

Naturgefahren als Systemrisiko: Extremereignisse, Schäden und Prävention

Extremereignisse treten unter veränderten klimatischen Rahmenbedingungen tendenziell häufiger auf, als es historische Zeitreihen nahelegen. Wir müssen insbesondere häufiger mit Ereignissen rechnen, die jenseits unserer Erfahrungen liegen. Insofern ist es wichtig, Worst-Case-Szenarien mitzudenken. Insgesamt stärkt die Förderung von Resilienz die Fähigkeit der Gesellschaft, Schäden zu begrenzen und Funktionsfähigkeit schneller wiederherzustellen – unabhängig davon, ob die Störung durch Wetterextreme, Cyberangriffe oder Anschläge auf kritische Infrastruktur verursacht wird.

1. Klimabedingte Extremereignisse:

Historische Referenzen verlieren an Aussagekraft

Naturgefahren verursachen in Deutschland regelmäßig Schäden in Milliardenhöhe. Den größten Anteil an den Schäden haben wetterbedingte Ereignisse wie Sturm, Hagel, Starkregen und Hochwasser. Naturgefahren sind hierzulande vor allem Klimaextreme. Der Klimawandel verändert diese Ereignisse. Für Temperaturextreme ist die Evidenz eindeutig: Hitzetage nehmen deutlich zu, Frosttage gehen zurück. Komplexer ist die Entwicklung beim Niederschlag. Während sich die Jahresniederschläge vielerorts nur moderat ändern, verschiebt sich ihre zeitliche Verteilung: mehr Regen im Winter und trockenere Sommer. Zusätzlich fallen Niederschläge häufig in kürzeren, intensiveren Episoden. Dadurch können sowohl Dürren als auch Überschwemmungen zunehmen. Eine belastbare Risikobewertung erfordert daher eine differenzierte Betrachtung.

Am Beispiel Hochwasser und Überflutung wird dies deutlich. Zu unterscheiden sind Flusshochwasser, Sturzfluten und pluviale Überflutungen – drei Phänomene mit unterschiedlichen Risikoprofilen. Flusshochwasser entstehen durch das Zusammenspiel von Niederschlag, Bodenfeuchte, Abflussprozessen und teilweise Schneeschmelze. Sie treten häufig im Winter oder Frühjahr auf, wenn Böden gesättigt sind. Sturzfluten sind kurzzeitige Ereignisse infolge sehr intensiver Niederschläge, meist im Sommer. Pluviale Überflutungen entstehen unabhängig von Gewässern, wenn der Regen so intensiv ist, dass Boden und Kanalisation das Wasser nicht aufnehmen können – sie kommen besonders häufig im Sommer in besiedelten Räumen vor.

Da sich die Entstehungsprozesse unterscheiden, wirkt der Klimawandel unterschiedlich. Für Flusshochwasser



Dr. Milena Latinović

Dr. Milena Latinović ist seit 2020 als Wissenschaftlerin in der Sektion Hydrologie am GFZ Potsdam tätig. Ihre Arbeit konzentriert sich hauptsächlich auf die Analyse großer Datensätze sowie die Anwendung statistischer Modelle zur Quantifizierung wasserbezogener Auswirkungen des Klimawandels.

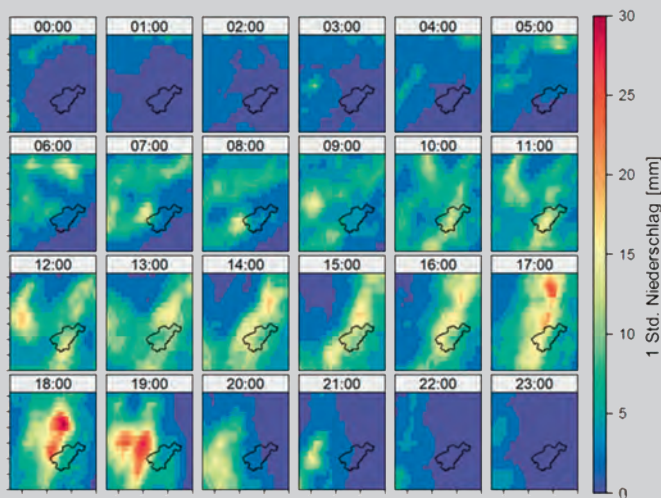


Prof. Dr. Bruno Merz

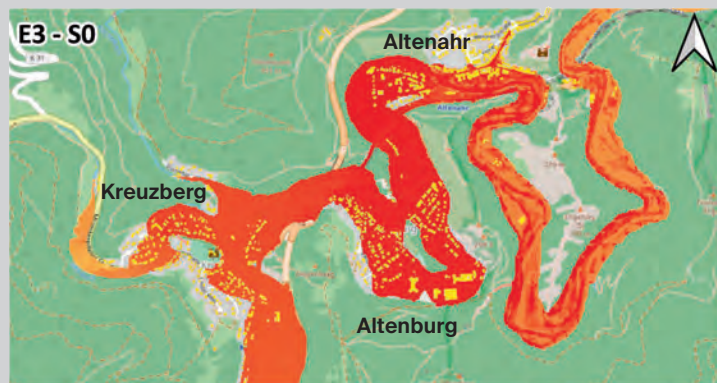
Prof. Dr. Bruno Merz leitet die Arbeitsgruppe Hydrologische Extreme am GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung und ist Professor für Georisiken an der Universität Potsdam. In seiner Forschung untersucht er die Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasser- und Dürreereignisse sowie Strategien zum gesellschaftlichen Umgang mit Georisiken.

zeigen Studien für Deutschland überwiegend Zunahmen, allerdings liegt Deutschland in einem Übergangsbereich zwischen steigenden Hochwassern in Nordwesteuropa und rückläufigen Trends in Nordosteuropa. In Nordwesteuropa haben sowohl mittlere Winterniederschläge als auch mehrtägige Starkniederschläge zugenommen – mit entsprechenden Effekten auf winterliche Hochwasser. In Nordosteuropa werden Hochwasser stärker durch Schnee bestimmt und treten überwiegend im Frühjahr auf. Da durch

Was wäre gewesen, wenn der Regen 15 km weiter östlich gefallen wäre?



Links oben: Regenmengen am 14. Juli 2021: Die höchsten Intensitäten sind nördlich bzw. westlich des Ahrgebiets (schwarz umrandetes Gebiet) gefallen.
Links unten: Überflutungsflächen und -tiefen im Juli 2021
Links Mitte: Falls der Regen 15 km weiter östlich gefallen wäre, wären bis zu 2 m höhere Überflutungstiefen aufgetreten.
 (Vorogushyn et al., 2025: It could have been much worse: spatial counterfactuals of the July 2021 flood in the Ahr Valley, Germany. nness, <https://doi.org/10.5194/nhess-25-2007-2025>).



Gebäude
 Differenz max. Wassertiefe [m]
 2
 0



max. Wassertiefe [m]
 12
 0

den Klimawandel ein höherer Anteil des Niederschlags im Winter als Regen fällt und direkt abfließt, entzerrt sich das Hochwassergeschehen. Sturzfluten und pluviale Überflutungen hingegen sind primär niederschlagsgetrieben. Mit steigenden Temperaturen kann die Atmosphäre pro Grad Erwärmung rund sieben Prozent mehr Wasserdampf aufnehmen, was das Potenzial für intensivere Niederschläge erhöht. Doch auch die Dynamik der Atmosphäre verändert sich: Zugbahnen von Tiefdruckgebieten, die Dauer von Großwetterlagen oder blockierende Hochdrucksysteme

beeinflussen, wo und wie lange Niederschläge auftreten oder wie intensiv Dürren sind. Es gibt Hinweise, dass Wetterlagen dazu neigen, länger anzudauern – diese Entwicklung kann Dürren und Hochwasser verstärken.

2. Schadendimensionen: wenn Naturereignisse auf verletzte Systeme treffen

Ein Extremereignis wird dann zur Katastrophe, wenn es auf verletzte Systeme trifft. Schadenhöhe und Erholungsfähigkeit hängen maßgeblich von Risikobewusstsein, Vorsor-

ge, Ressourcen und institutioneller Handlungsfähigkeit ab. Die Rheinhochwasser 1993 und 1995 zeigen, wie wirksam Lernen sein kann: Obwohl 1995 der Pegel in Köln leicht höher lag als 1993, war der Schaden nur etwa halb so groß. Das Ereignis von 1993 wirkte als Weckruf – Warnsysteme, private Vorsorge und Krisenmanagement wurden verbessert. Solche Anpassungen reduzieren Risiken oft schneller und kosteneffizienter als technische Schutzmaßnahmen, wie Deiche oder Rückhaltebecken, deren Umsetzung Jahrzehnte dauert.

Statistiken zeigen substantielle Anstiege der Schäden durch Klimaextreme: Der Klimawandel intensiviert Extremereignisse und gleichzeitig steigen die Werte durch Siedlungsentwicklung, Gewerbegebiete und Infrastrukturausbau in gefährdeten Gebieten. Analysen zeigen: Das Wachstum der Werte ist ein zentraler Schadentreiber. Die Begrenzung neuer Nutzungen und der Rückbau in Risikogebieten gehören daher zu den effektivsten Maßnahmen der Risikoreduktion. Daneben rücken Sekundäreffekte und systemische Risiken in den Fokus: Produktionsausfälle, Lieferkettenstörungen und Ausfälle kritischer Infrastrukturen. Überflutungen können weit über das betroffene Gebiet hinauswirken. Eine Studie für Deutschland zeigt, dass Hochwasser Verkehrsnetze so stark beeinträchtigen können, dass sich Patientenströme verlagern. Die Analyse identifizierte 75 Kliniken, die unter solchen Bedingungen potenziell überlastet würden – obwohl sie mehr als 10 km von der nächsten Überflutung entfernt liegen. Der Schaden vergrößert sich also durch Netzwerkeffekte, wie beim Hochwasser im Juli 2021 verdeutlicht: Ausfälle traten sektorübergreifend auf, von mobiler Kommunikation bis zur Trinkwasserversorgung. Solche kaskadierenden Dynamiken zu antizipieren, ist eine zentrale Herausforderung.

Besonders kritisch sind Schäden an Leib und Leben. Im Juli 2021 starben in Deutschland 186 Menschen – viele, weil sie vom Hochwasser überrascht wurden. Andere, weil sie die Gefahr unterschätzen und versuchten, den Schaden zu begrenzen. Besonders auffällig: In Nordrhein-Westfalen ereigneten sich rund 50 Prozent der Todesfälle außerhalb der offiziell ausgewiesenen Überschwemmungszonen, in Rheinland-Pfalz sogar 75 Prozent. Diese Zahlen zeigen: Gefahrenkarten und Notfallpläne bilden solche Extremszenarien nur unzureichend ab. Aber wie bringt man Gesellschaften dazu, sich über Extremszenarien Gedanken zu machen, die jenseits der Vorstellungskraft liegen? Ein Ansatz sind kontrafaktische Analysen: Was wäre geschehen, wenn sich ein Ereignis anders entwickelt hätte? Ein nur geringfügig verschobenes Regenfeld hätte die Abflüsse im Ahrtal im

Juli 2021 um bis zu 30 Prozent (an der Ahr selbst) bzw. 160 Prozent (an Nebenflüssen) erhöht (siehe auch Abbildung 1). Kontrafaktische Analysen können helfen, Verdrängung von Risiken zu überwinden und Maßnahmen zu diskutieren.

3. Präventionsmaßnahmen: Resilienz stärken

Risikomanagement von Extremereignissen erfordert einen abgestimmten Mix aus staatlichen, unternehmerischen und privaten Maßnahmen. Staatliche Aufgaben umfassen Raumordnung und Bauleitplanung, Gefahren- und Risikokarten, technische Schutzsysteme, naturbasierte Lösungen wie Renaturierungen sowie Frühwarnsysteme und Notfallpläne. Auf unternehmerischer Seite spielen Notfallpläne, bauliche Schutzmaßnahmen und widerstandsfähige Lieferketten eine wichtige Rolle. Private Haushalte können Schäden durch bauliche Schutzmaßnahmen, Elementarschadenssicherung und persönliche Notfallvorbereitungen reduzieren.

Es geht nicht nur darum, das standardmäßige Szenario, etwa ein 100-jährliches Hochwasser, abzusichern. Angesichts zunehmender Extremereignisse müssen auch Worst-Case-Szenarien berücksichtigt werden. Selbst wenn Schäden nicht vollständig verhindert werden können, lassen sich katastrophale Folgen mindern, etwa durch Absicherung zentraler Standorte kritischer Infrastruktur oder die Berücksichtigung sensibler Einrichtungen wie Kindergärten und Pflegeheime. Strategische Notentlastungen in Deichsystemen können Überschwemmungen gezielt steuern, wodurch Gesamtschäden minimiert werden. Solche Konzepte sind sehr effektiv, erfordern aber klare Regeln und Kompensationsmechanismen.

Die Wahrnehmung von Risiken ist subjektiv, und Risikobewusstsein verblasst mit der Zeit. Menschen, die Extremereignisse erlebt haben, überschätzen oft das Risiko, andere unterschätzen es. In den USA steigen Versicherungsabschlüsse nach Hochwasser kurzfristig stark an, fallen dann jedoch wieder auf das Ausgangsniveau. Das Community Rating System zeigt, wie staatliche Anreize diesen Effekt abfedern: Gemeinden, die Risikomanagementmaßnahmen umsetzen, erhalten Punkte, die Rabatte auf Hochwasserversicherungen für Haushalte ermöglichen. Dies erhöht die Bereitschaft von Haushalten, Versicherungen proaktiv abzuschließen. Eine Studie in Deutschland belegt zudem: Haushalte, die Schutzmaßnahmen bereits umgesetzt haben, sind im Ereignisfall besser informiert, reagieren besser und können dadurch Schäden deutlich reduzieren. Das Wissen um Risiken und Vorsorgemaßnahmen hilft also im aktuellen Krisenfall.