

# Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement – Bericht aus der DWA-Arbeitsgruppe HW 4-7

Robert Jüpner (Kaiserslautern), Daniel Bachmann (Magdeburg), Ekkehard Christoffels (Vettweiß), Markus Disse (München), Thomas Hartmann (Dortmund), Wolfgang Kron (Neuried), Jorge Leandro (Siegen), Reinhard Pohl (Dresden)

Hochwasser und Starkregenereignisse häufen sich. Neben dem operativen Management der Ereignisse sowie Fragen der Vorbeugung sind daher auch vermehrt Fragen des Wiederaufbaus im Fokus der fachlichen und öffentlichen Debatte. Hierbei ist immer wieder von Resilienz die Rede. Es ist aber nicht immer klar, was Resilienz im Hochwasser- und Starkregenmanagement eigentlich bedeutet. Im Oktober 2018 wurde in der KW zur Mitarbeit in der neu gegründeten DWA-Arbeitsgruppe „Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement“ aufgerufen [1]. Nach intensiver fachlicher Diskussion liegt nunmehr das gleichnamige Themenheft in der Endfassung vor und wird von der DWA voraussichtlich bis Ende des Jahres veröffentlicht. In diesem Artikel werden die wichtigsten Ergebnisse der Arbeitsgruppe vorgestellt und wesentliche inhaltliche Schwerpunkte erläutert. Reflektiert wird dabei die intensive interdisziplinäre Fachdiskussion, die in die erarbeitete Publikation mündet und den aktuellen thematischen Wissensstand umfassend darstellen und einen Beitrag zur laufenden fachlichen Diskussion liefern will.

## 1 Arbeitsgruppe

Resilienz – dieses Wort hat mittlerweile Eingang in den täglichen Sprachgebrauch gefunden. Es ist jedoch häufig zu beobachten, dass unter Resilienz weniger konkrete Begriffsinhalte mit vielfältigen Definitionen [2] verstanden werden als vielmehr eine allgemeine Absicht. Vor diesem Hintergrund hat die zuständige

DWA-Arbeitsgruppe die Aufgabe übernommen, das Themenfeld „Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement“ zu bearbeiten und in einem Themenband den aktuellen Stand der Fachdiskussion, bereits entwickelte (oder in der Entwicklung befindliche) methodische Ansätze sowie konkrete Beispiele ausführlich darzustellen. Das Vorhaben ist innerhalb der DWA eingebunden in die Bearbeitung des breiten Themenfeldes „Anpassung an den Klimawandel“, zu dem auch Initiativen wie die „wasser-sensible Stadtentwicklung“ gehören.

Die DWA-Arbeitsgruppe HW 4.7 begann ihre Arbeit im Mai 2018 mit Vorabstimmungen innerhalb der DWA. Von Beginn an war es der ausdrückliche Konsens aller Beteiligten, die Themenbereiche Hochwasser und Starkregen gemeinsam zu denken und zu betrachten. Diese Sichtweise wird durch die interdisziplinäre Zusammensetzung der Arbeitsgruppe ausgedrückt, die Fachleute aus den Bereichen Hochwasserschutz, Katastrophenschutz, Wasserwirtschaft, Wasserbau, Raumplanung, Stadtplanung, Sozialwissenschaft und aus weiteren relevanten Fachdisziplinen für eine gemeinsame Betrachtung des Themenkomplexes vereint (Mitglieder der DWA-Arbeitsgruppe HW 4-7 siehe [www.fachgremien.dwa.de](http://www.fachgremien.dwa.de)).

Als Arbeitsergebnis ist nunmehr ein Themenheft vorgelegt und der DWA zur Veröffentlichung übergeben worden. Es umfasst mehr als 80 Seiten und ist in folgende Kapitel gegliedert:

- Nach der Einleitung wird im Kapitel 2 „Resilienz: Begriffsbestimmungen und methodische Ansätze“ in die Thematik eingeführt und der Versuch un-

ternommen, die Vielzahl der Herangehensweisen und Begriffsbestimmungen einzuordnen und im Kontext des Hochwasser- und Starkregenrisikomanagements darzustellen.

- Das folgende Kapitel 3 „Ansätze für die Bewertung von Resilienz“ beschreibt qualitative, quantitative und weitere Ansätze zur Bewertung und Vergleichbarmachung von Resilienz.
- Im Kapitel 4 „Beispiele für die Bestimmung von Resilienz“ werden einige ausgewählte Ansätze vorgestellt und näher beschrieben.
- Das Kapitel 5 „Wirkung von Maßnahmen auf die Resilienz“ beschreibt die Auswirkungen einzelner (Starkregen- bzw. Hochwasservorsorge-)Maßnahmen und erzielbare Effekte im Hinblick auf die Resilienz.
- Im Kapitel 6 sind „Praxisbeispiele“ aufgelistet, die nach Einschätzung der DWA-Arbeitsgruppe eine Erhöhung der Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement aufzeigen, auch wenn im Einzelnen eine trennscharfe Abgrenzung zum „klassischen“ Hochwasserrisikomanagement sicher nicht immer möglich ist.
- Abgerundet wird das Themenheft durch ein Glossar, in dem wesentliche Begriffe im Kontext des Themenheftes dargestellt und erläutert sind.

## 2 Begriffsbestimmung

Was genau bedeutet Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement? Das DWA-Themenheft „Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement“ trägt hierzu theoretische,

konzeptuelle sowie methodische Ansätze zur Begriffsbestimmung und zur Messung von Resilienz zusammen. Dabei steht weniger eine vollständige Aufarbeitung im Zentrum (siehe [3, 4]), sondern eine Operationalisierung und Konkretisierung für das Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement. Zielgruppen sind somit die wasserwirtschaftliche Praxis, aber auch weitere Akteure, die zur Resilienz beitragen können (wie etwa kommunale und regionale Fachplanungsgruppen und Verwaltungen, zivilgesellschaftliche Akteure, Katastrophenschutz bis hin zur Versicherungswirtschaft).

Resilienz verspricht einen Beitrag zum Hochwasser- und Starkregenmanagement zu liefern. Was ihr Mehrwert für das Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement bedeutet, erschließt sich nicht unmittelbar aus dem Begriff selbst. Es existieren unterschiedliche Definitionen des Begriffs, aber die Übersetzung in konkretes Management von Hochwasser und Starkregen bleibt hierbei oft vage. Was unter Resilienz verstanden wird, hängt von der Fachdisziplin bzw. der thematischen Perspektive ab.

Das Wort Resilienz stammt aus dem Lateinischen und leitet sich von *resilire* (für zurückspringen oder abprallen) ab. Dieses Grundverständnis wurde in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen weiterentwickelt und differenziert (vgl. u. a. [5], [6]). Aus einer normativen Perspektive ist es häufig nicht erstrebens- oder wünschenswert, nach einem Schock oder einer Krise zum Ursprungszustand zurückzukehren. Ein zerstörtes Haus, das z. B. nach einem Hochwasser an Ort und Stelle in gleicher Weise schnell wiederaufgebaut wird, kann durchaus als resilient beschrieben werden (bzw. der Eigentümer/die Eigentümerin). Durch den Wiederaufbau wird aber die Exposition für das nächste Hochwasser geschaffen. Ein hochwasserangepasster Wiederaufbau wäre also durchaus wünschenswerter, da damit langfristig die Verwundbarkeit des Hauses reduziert werden würde. Auch daher spielt das Prinzip *build back better* in internationalen Rahmenwerken, wie z. B. im Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030 [7] eine wichtige Rolle. In diesem Sinne bieten Krisen auch die Möglichkeit, grundlegenden Veränderungen (Transformationen) anzustoßen, die langfristig die Verwundbarkeit reduzieren. Daraus ergeben sich drei wesentliche Merkmale für die Be-



Abb. 1: Reaktion eines resilienten Systems auf ein Schockereignis [8]

schreibung und Analyse von Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement. Diese drei Merkmale sind durchaus als ein Kontinuum zu verstehen und umfassen folgende Eigenschaften (Abbildung 1):

- (1) Resistenz (Widerstandskraft): Beschreibt die Fähigkeit eines Systems, einer Störung bzw. einer Krise zu widerstehen und die Ausgangsbedingungen zu erhalten
- (2) Erholung (Wiederherstellung, recovery): Beschreibt die Fähigkeit eines Systems, nach einer Störung zu den gewünschten Bedingungen zurückzukehren
- (3) Transformation: Beschreibt die Ermöglichung bzw. die Erleichterung des Übergangs zu neuen, weniger verwundbaren Bedingungen (*adaptive, build back better*)

Ein sehr resilientes System ist somit durch eine hohe Widerstandskraft bzw. beim Eintreten eines Schocks durch eine hohe Erholungskapazität definiert (schnelle und effektive Wiederherstellung). Während der Erholungsphase können Übergänge zu weniger verwundbaren Bedingungen geschaffen werden (*build back better*).

Daraus ergibt sich des Weiteren, dass ein wenig resilientes System durch eine geringe Widerstandskraft (kann einem Schock nicht lange widerstehen) bzw. beim Eintreten eines Schocks durch eine geringe Erholungskapazität definiert ist (langsame und nicht effektive Wiederherstellung) und es gleichzeitig nicht möglich ist, während der Erholung von einem Schock Übergänge zu weniger verwundbaren Bedingungen zu schaffen.

Die Fähigkeiten des Absorbierens bzw. des Anpassens sind die Variablen in der Definition der Resilienz. In der Messung dieser Fähigkeit findet sich das Ausmaß an Resilienz. Hieraus lässt sich auch schlussfolgern, dass der „Schock“, also

das Hochwasserereignis oder die Starkregenüberflutung, nicht notwendigerweise die Variable ist und somit Resilienz im Bereich des Hochwassers/Starkregens sich schwerpunktmäßig auf die Fähigkeit zur Anpassung und weniger auf die Schadensminderung fokussiert. Wird hingegen das prozessauslösende Niederschlagsereignis selbst als Schock definiert, kann man auch hochwasser- und überflutungsmindernde Maßnahmen mit einbeziehen. Letztendlich bleibt die Abgrenzung von Resilienz auf der Ebene der Hochwasservorsorgemaßnahmen immer problematisch, da Resilienz eine Systemeigenschaft ist.

### 3 Resilienz als Erweiterung von Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement

Die Resilienz kann als Erweiterung des Risikokonzeptes angesehen werden, die insbesondere den Aspekt des „Wiederaufstehens bzw. der Erholung“ (engl.: *recovery*) betont ([9]). Sie beinhaltet auch die Fähigkeit, den Wiederaufbau schneller zu ermöglichen, indem Hindernisse systematisch reduziert werden.

Besonders im Starkregenrisikomanagement fehlt es bislang noch an belastbaren, umfassenden Schadensdaten, sodass es erst recht an Ansätzen zur Bewertung des Wiederaufstehens mangelt. Die Bemessung von Resilienz ist naturgemäß schwierig und wird insbesondere von Wissenschaftlern und Ingenieuren präferiert, die eine quantitativ messbare Konzeption von Resilienz bevorzugen ([10, 11]).

Es zeigt sich allerdings, dass auch solche Ansätze zur quantitativen Messung von Resilienz an ihre Grenzen stoßen, da in der Quantifizierung bereits inhärent einige normative Annahmen enthalten sind. In der wissenschaftlichen Debatte wird Resilienz mitunter auch in verschiedenen Dimensionen diskutiert [12]. Der Vorteil einer solchen multidimensionalen Betrachtung liegt darin, deutlich zu machen, dass Resilienz kein absolutes und deterministisches Konzept ist, das durch objektiv tatsächlich messbare Befunde überprüft werden kann, sondern auch immer von sozialen Gegebenheiten abhängt und im Kern normative und sogar politische Aspekte beinhaltet, die sich einer rein ingenieurwissenschaftlichen Herangehensweise zum Teil entziehen.

Multidimensionale Resilienz kann man demzufolge verstehen als die Fähig-

keit eines Systems, auf eine Einwirkung mit möglichst hohen Widerständen in Bezug auf unterschiedliche Merkmale (Dimensionen) zu reagieren und in möglichst kurzer Zeit wieder in den Ausgangszustand (oder gegebenenfalls einen verbesserten, resilienteren Zustand) zurückzukehren. Ein multidimensionales Verständnis von Resilienz bedeutet, dass die verschiedenen Dimensionen ortsspezifisch und kontextabhängig abgewogen werden müssen. Geht man etwa von vier Dimensionen aus, (1) physisch-konstruktive Resilienz (also etwa durch angepasste Bauwerke), (2) finanzielle Resilienz (die Kapazität, die Schäden monetär abzufangen), (3) sozio-psychologische Resilienz (also die Fähigkeit der betroffenen Personen und Gemeinschaften, mit einem Ereignis umzugehen) und (4) Ökosystemresilienz (bezogen auf die betroffene Umwelt), kann man diese in einem Tetraeder darstellen (Abbildung 2). Darin ließe sich die Systemresilienz für jede Hochwasser- oder Starkregensituation einordnen und durch einen Punkt im Inneren des Körpers visualisieren.

Bei der physisch-konstruktiven Dimension der Resilienz sind erweiterte Betrachtungen möglich und sinnvoll, wenn neben der Resilienz des betrachteten Objekts die Nutzbarkeit oder Funktionalität des Systems mit einbezogen werden kann. Dabei muss die Fragestellung dahingehend abgewandelt werden, wie lange die Funktionsfähigkeit eines Systems unter Berücksichtigung der Nutzer aufrechterhalten werden kann. Dieser Ansatz wird in ähnlicher Form genutzt, um Anforderungen an redundante Systeme, wie u. a. den Antrieb von Wehranlagen, zu formulieren. Dabei wird z. B. die Kombination eines elektrischen Antriebs mit einem unabhängig davon funktionieren-

den manuellen Antrieb gefordert, um die Sicherheit des Systems zu erhöhen.

Die sozio-psychologische Resilienz beschreibt die Fähigkeit von Individuen, Haushalten, Gruppen bzw. Kommunen/Städten, mit Hochwasser-/Starkregenereignissen umzugehen. Es erscheint wesentlich, zwei Dimensionen von sozio-psychologischer Resilienz zu unterscheiden: Auf der einen Seite stehen die Folgen von Hochwasser-/Starkregenereignissen für Individuen (u. a. Stress, Krankheiten, Depression, Angst, posttraumatische Belastungsstörung [PTBS]), aber auch das generelle Befinden) sowie von Kollektiven (Stress, Verlust von Handlungswirksamkeit). Auf der anderen Seite stehen die physischen Faktoren, die die Fähigkeit beschreiben, mit Hochwasser-/Starkregenereignissen umzugehen. Dies können u. a. sozio-ökonomisch-demographische Faktoren (z. B. Alter, Einkommen etc.) oder soziale Netzwerke sein [13].

#### 4 Ansätze zur Bewertung von Resilienz

folgt man der Beschreibung von Resilienz als Funktion von Vulnerabilität und Wiederherstellung (eines Ausgangszustandes) über die Zeit, so spielen offensichtlich drei Größen eine wesentliche Rolle:

- die Größe bzw. Schwere des Schocks, ausgedrückt durch die Abweichung vom Ausgangszustand unter Berücksichtigung der Pufferkapazität bzw. Absorptionsfähigkeit des betroffenen Systems (resistance) bzw. dessen Vulnerabilität
- die Wiederherstellungszeit (Rückkehrzeit des Systems bis zur Wiederherstellung „lebensnotwendiger Funktionen“) sowie
- die etwaige Anpassungs- und Lernfähigkeit eines Systems als der Grad der

im Nachgang erreichten positiven Abweichung vom Ausgangszustand (adaptation)

Die Definition der Resilienz hängt von einer Reihe von Faktoren sowie der gewählten (z. B. politisch oder technisch orientierten) Sichtweise ab. Grundsätzlich sind sowohl die Dimensionen der Resilienz als auch die methodische Herangehensweise zu berücksichtigen. Nach Auffassung der Autoren kann eine resilienzbasierte Bemessung von wasserwirtschaftlichen Bauwerken und Anlagen noch nicht als Stand der Technik betrachtet werden. Die Entwicklungen befinden sich im Fluss und können hinsichtlich ihrer Möglichkeiten in Tabelle 1 überblicksmäßig eingeordnet werden. Wegen der vielfältigen Entwicklungen, Anwendungen und Definitionen kann die Tabelle jedoch nur eine ungefähre Orientierung geben.

Die verschiedenen Dimensionen der Resilienz erfordern durchaus unterschiedliche Maßstäbe der Betrachtungsebenen. Die physisch-konstruktive Resilienz beleuchtet mit einer mikroskaligen Betrachtung einzelne Bauwerke oder Infrastrukturanlagen mit ihren physikalisch-technischen Parametern und Wirkungsweisen oder mit einer großräumigen (makroskaligen) Betrachtung dieser Resilienzdimension die Wechselwirkungen von technischen Maßnahmen innerhalb des betrachteten Systems. Dahingegen orientiert sich die sozio-psychologische Resilienz an anderen räumlichen Betrachtungsebenen, wie etwa lokalen Gemeinschaften oder Stadtquartieren (Mikro- oder Mesoskala) oder auch sozialen Netzwerken weit über die regionale Ebene hinaus (z. B. über soziale Medien etc.). Bei der finanziellen Resilienz spielen institutionelle Rahmenbedingungen wie das Versicherungsrecht oder auch fi-

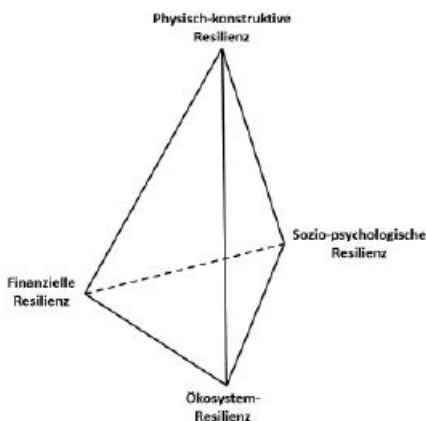


Abb. 2: Vier Dimensionen der Resilienz [8]

		Physisch-konstruktive Resilienz	Finanzielle Resilienz	Sozio-psychologische Resilienz	Ökosystem-Resilienz
Qualitative Ansätze			O		
Quantitative Ansätze	semi-quantitativ				
	quantitativ			O	O

Tabelle 1: Methodische Ansätze zu den Dimensionen (Ausprägungen, Komponenten) der Resilienz ■ in Beispielfällen erprobt; ■ Forschungsgegenstand; O unbekannt; ■ beides wird praktiziert



nanzielle (Teil-)Märkte eine wichtige Rolle in der maßstäblichen Betrachtungsebene. Die Ökosystem-Resilienz ist wiederum vielmehr an naturräumlichen Gegebenheiten und Wechselwirkungen ausgerichtet. Es gibt also bei der multidimensionalen Resilienz unterschiedliche räumliche und maßstäbliche Betrachtungsebenen. Das ist bei der Betrachtung einer solchen Resilienz eine besondere Herausforderung im bestehenden institutionellen System und kann als eine Erweiterung des „institutional misfit“ verstanden werden, wie etwa von [14] oder [15] beschrieben.

### 5 Beispiele für die Bestimmung von Resilienz

Im DWA-Themenheft werden verschiedene Verfahren und Vorschläge zur Beschreibung, Ermittlung oder Quantifizierung von Resilienz mit Beispielen unterlegt und erläutert. Die Ergebnisse dieser Ansätze sollen eine vergleichende Einschätzung der Resilienz von Objekten und Systemen [4, 16] gestatten. Außerdem wird es möglich, die Wirkung von Maßnahmen auf die zeitliche Reaktion unterschiedlich resilienter Systeme auf ein Schockereignis [17] abzuschätzen. Folgende Ansätze wurden unterschieden:

- Resilienz als qualitative Eigenschaft
- Resilienz als Bemessungs- und Rechengröße
- Resilienz ausgedrückt durch Indikatoren
- Resilienz als Erweiterung einer modellbasierten, multikriteriellen Hochwasserrisikoanalyse
- Erweiterte Betrachtungen durch Einbeziehung der Funktionalität

Diese Ansätze werden im Themenheft erläutert und mit Beispielen unterlegt.

### 6 Wirkung von Maßnahmen auf die Resilienz

Für die praktische Anwendung wurde in einem separaten Kapitel die zuvor theoretisch beschriebene Wirkung von Maßnahmen auf die Resilienz durch Beispiele erläutert und konkretisiert, um die dargestellten Grundlagen anschaulicher zu machen. Die genannten Beispiele sind rein exemplarisch zu sehen und stellen nicht die vollständigen Möglichkeiten dar.

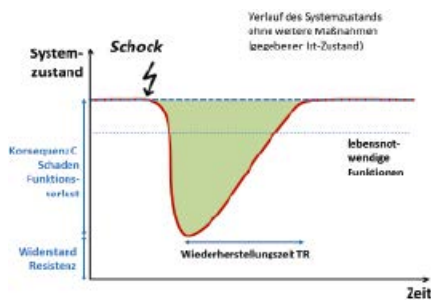


Abb. 3: Ausgangszustand (Ist-Zustand ohne weitere Maßnahme)

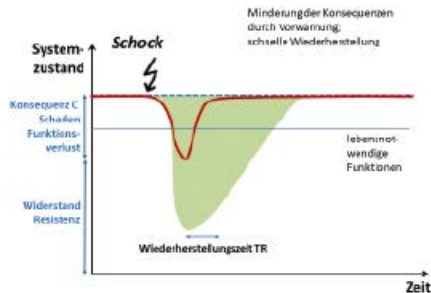


Abb. 4: Vorhersage- und Warnsystem: Ad-hoc-Maßnahmen reduzieren die Folgen (grün: Ist-Zustand ohne weitere Maßnahme)

Um die generellen Zusammenhänge zu verdeutlichen, wird die konkrete Wirkungsweise einer Maßnahme in Abhängigkeit von der Art und Ausprägung ausgehend von Abbildung 1 dargestellt. Dabei wird von einem gefährdeten Bereich ohne Maßnahme im Ausgangszustand ausgegangen (Abbildung 3). Ein Ereignis mit einer gewissen Intensität beginnt (Schock). Es wirkt bis zu seiner vollen Ausprägung (tiefste Stelle der Kurve). Dann erfolgt die Wiederherstellung. Nach einer Wiederherstellungszeit TR sind die notwendigen Reparaturen abgeschlossen und das System in seinen Ausgangszustand zurückgekehrt.

Nachfolgend ist die generelle Herangehensweise beispielhaft erläutert. Bei Einsatz eines Vorhersage- und Warnsystems tritt das Ereignis zur gleichen Zeit und in der gleichen Ausprägung auf wie beim Ist-Zustand, aber durch die verfügbare Vorbereitungszeit können Menschen und Sachgüter in Sicherheit gebracht und eventuell zusätzliche Schutzmaßnahmen (z.B. mobile Hochwasserschutzsysteme oder Sandsäcke) eingesetzt werden. Dadurch werden die Konsequenzen höchstwahrscheinlich reduziert und die Wiederherstellungszeit verkürzt (Abbildung 4).

Eine größtmögliche Resilienz als Ziel eines Systems wird prinzipiell nur mit ei-

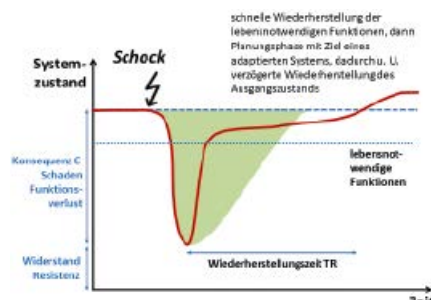


Abb. 5: Adaptive Wiederherstellung (Verzögerung des Schock-Moments und Erhöhung des Widerstands sind hier nicht berücksichtigt) (grün: Ist-Zustand ohne weitere Maßnahme)

nem Bündel von Maßnahmen erreicht. Neben der Hinauszögerung des Schock-Zeitpunktes (größere Vorwarnzeit) und der Erhöhung des Widerstands müssen Vorbereitungen getroffen werden, damit das Ereignis unmittelbar nach seinem Eintreten effizient bewältigt und das System schnellstmöglich wieder in die Lage versetzt werden kann, seine wesentlichen Aufgaben zu erfüllen (die „lebensnotwendigen Funktionen“). Ist dieser Zustand erreicht, braucht nicht unbedingt der Zustand vor dem Ereignis mit allen seinen „Annehmlichkeiten“ sofort wiederhergestellt werden. Es sollte eine überlegte und nachhaltige Planung des Wiederaufbaus und Analyse der früheren Organisationsabläufe vorgenommen werden, was in Abbildung 5 durch den flachen Verlauf der Kurve nach Erreichen der lebensnotwendigen Funktionen dargestellt ist. Diese Planungsphase erfordert Zeit, sodass die Wiederherstellungsphase bis zum Ausgangszustand länger dauert. Dadurch besteht aber die Chance, letztendlich einen besseren Systemzustand zu erreichen, verbunden mit einer höheren Resilienz. Bei einem zukünftigen Ereignis würden damit Ausmaß der Konsequenzen und Wiederherstellungszeit auch ohne weitergehende Ad-hoc-Maßnahmen geringer sein als bisher.

Im Themenheft werden weitere Beispiele gezeigt, wie sich bestimmte Maßnahmen auf die Resilienzkurve auswirken.

### 7 Ausblick

Die DWA-Arbeitsgruppe hat nun die Endfassung des Themenheftes erarbeitet und legt diese demnächst der DWA zur Fertigstellung und Veröffentlichung vor. Nach jetzigem Stand ist davon auszuge-

hen, dass dies bis zum Ende des Jahres 2023 erfolgen wird. Dann liegt eine umfassende Abhandlung der Thematik vor, die sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Beispiele enthält und zur notwendigen weiteren Fachdiskussion eine fundierte Basis liefern wird.

Resilienz spielt insbesondere im Zusammenhang mit den Auswirkungen des Klimawandels eine immer wichtigere Rolle im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement. Auch das Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030 [7] zielt darauf ab, Katastrophen zu verhindern und die Vulnerabilität und Gefährdung zu verringern sowie die Reaktions- und Wiederherstellungsbereitschaft zu erhöhen, und widmet sich daher speziell der Stärkung der Resilienz. Dabei kommt die DWA-Arbeitsgruppe zu dem Schluss, dass Resilienzansätze eine substantielle Erweiterung des bestehenden Systems von Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement leisten können.

## Literaturverzeichnis

- [1] Barion, D. (2018): *Vorhabensbeschreibung und Aufruf zur Mitarbeit, Resilienz im Hochwasser- und Starkregenmanagement*. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 10|18, S. 620 – 621, Hennef: GFA
- [2] Fischer, L. (2015): *More than 70 ways to show resilience*. In: Nature 518, 35 (2015). DOI: 10.1038/518035a
- [3] Rodina, L. (2018): *Defining "water resilience"*. Debates, concepts, approaches, and gaps. In: WIREs Water 6 (2), e1334. DOI: 10.1002/wat2.1334
- [4] Jüpner, R.; Bachmann, D.; Huber, N. P.; Fekete, A.; Hartmann, T.; Pohl, R.; Schmitt, T.; Schulte, A. (2018): *Resilienz im Hochwasserrisikomanagement*. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft: KW, Heft 11|18, S. 656 – 663, Hennef: GFA – ISSN: 1865-9926
- [5] Alexander, D. E. (2013): *Resilience and disaster risk reduction. An etymological journey*. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 13 (11), S. 2707–2716. DOI: 10.5194/nhess-13-2707-2013
- [6] Peterson St-Laurent, G; Oakes, L. E.; Cross, M.; Hagerman, S. (2021): *R-R-T (resistance-resilience-transformation) typology reveals differential conservation approaches across ecosystems and time*. In Communications Biology 4(1), p. 39. DOI: 10.1038/s42003-020-01556-2
- [7] UNISDR (2017): *Build Back Better*. In recovery, rehabilitation and reconstruction. Available online at [https://www.unisdr.org/files/53213\\_bbb.pdf](https://www.unisdr.org/files/53213_bbb.pdf)
- [8] DWA-Themenheft „Resilienz im Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement, in Vorbereitung
- [9] Duckstein, L.; Plate, E. J. (Hrsg.) (1987): *Engineering Reliability and Risk in Water Resources*. Dordrecht: Springer (NATO ASI Series, Series E, 124). DOI: 10.1007/978-94-009-3577-8
- [10] Disse, M., Johnson, T., Leandro, J.; Hartmann, T. (2020): *Exploring the relation between flood risk management and flood resilience*, Water Security, April
- [11] Hashimoto, T.; Stedinger, J. R.; Loucks, D. P. (1982): *Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation*. In: Water Resources Research 18 (1), pp. 14 – 20. DOI: 10.1029/WR018i001p00014
- [12] Hammond, M. J.; Chen, A. S.; Djordjević, S.; Butler, D.; Mark, O. (2015): *Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review*. Urban Water Journal, 12(1), pp. 14 – 29. DOI: 10.1080/1573062X.2013.857421
- [13] Kuhlicke et al. (2020): *The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications*. Wires Water
- [14] Moss, T. (2004): *The governance of land use river basins: prospects for overcoming problems of institutional interplay with the EU Water Framework Directive*. In Land Use Policy (21), pp. 85 – 94
- [15] Thaler, T.; Löschner, L.; Hartmann, T. (2017): *The introduction of catchment-wide co-operations: Scalar reconstructions and transformation in Austria in flood risk management*. In Land Use Policy 68, pp. 563–573. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.08.023
- [16] Rinnert, C.; Pohl, R.; Jüpner, R. (2019): *Ist Resilienz messbar? Ein Beitrag aus Sicht des Hochwasserrisikomanagements*. In: Wasserwirtschaft 109(2019)12, S. 52-55, ISSN 0043-0978
- [17] Chen, K.; Leandro, J. (2019): *A conceptual time-varying flood resilience index for urban areas: Munich city*, Water 11 (4), 830

## Autoren

Prof. Dr. Robert Jüpner  
Rheinland-Pfälzische Technische  
Universität Kaiserslautern-Landau  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Fachgebiet Wasserbau und  
Wasserwirtschaft  
Paul-Ehrlich-Straße 14  
67663 Kaiserslautern  
E-Mail: [robert.juepner@rptu.de](mailto:robert.juepner@rptu.de)

Prof. Dr.-Ing. Daniel Bachmann  
Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Wasser, Umwelt,  
Bau und Sicherheit  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg  
E-Mail: [daniel.bachmann@h2.de](mailto:daniel.bachmann@h2.de)

Dr. Ekkehard Christoffels  
IBC – Ingenieurtechnische Beratung  
Christoffels  
Jagdrain 5  
52391 Vettweiß  
E-Mail: [ekkehard.christoffels@ibc-ingenieure.com](mailto:ekkehard.christoffels@ibc-ingenieure.com)

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse  
Technische Universität München  
Ingenieurfaculty Bau Geo Umwelt  
Lehrstuhl für Hydrologie und  
Flussgebietsmanagement  
Arcisstraße 21  
80333 München  
E-Mail: [markus.disse@tum.de](mailto:markus.disse@tum.de)

Prof. Dr. Thomas Hartmann  
Technische Universität Dortmund  
Fakultät Raumplanung  
Lehrstuhl Bodenpolitik, Boden-  
management und kommunales  
Vermessungswesen  
August-Schmidt-Straße 10  
44227 Dortmund  
E-Mail: [thomas.hartmann@tu-dortmund.de](mailto:thomas.hartmann@tu-dortmund.de)

Dr.-Ing. Wolfgang Kron  
ehemals Munich Re (Geo Risks Research)  
Fasanenweg 4  
82061 Neuried

Prof. Dr. phil. habil. Jorge Leandro  
Universität Siegen  
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt  
Lehrstuhl für Hydromechanik und  
Wasserbau  
Paul-Bonatz-Straße 9 - 11  
57068 Siegen  
E-Mail: [jorge.leandro@uni-siegen.de](mailto:jorge.leandro@uni-siegen.de)

Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl  
Technische Universität Dresden  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Wasserbau und  
technische Hydromechanik  
01062 Dresden  
E-Mail: [Reinhard.Pohl@tu-dresden.de](mailto:Reinhard.Pohl@tu-dresden.de) **KW**