

Digitale Lösungen zur Hochwasservorsorge bei Starkregen

Franziska Sahr, Alexandra Auer, Lisa Junghans, Jochen Rabe



IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat RS 5 „Digitale Stadt, Risikoversorgung und Verkehr“
Dr. Ralf Schüle
ralf.schuele@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities:
Franziska Sahr, Alexandra Auer, Lisa Junghans
KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Jochen Rabe
RSUP Rabe Strategic Urban Planning

Redaktion

Marius Matheja

Stand

Mai 2026

Satz und Layout

Philipp Minten

Bildnachweis

Titelbild: Juan Manuel Sanchez on Unsplash
Solingen.digital 2026: S. 27



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung-Share Alike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers und der Weitergabe unter gleichen Bedingungen die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. Nähere Informationen zu dieser Lizenz finden sich unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>. Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitiervorschlag

Sahr, F.; Auer, A.; Junghans, L.; Rabe, J., 2026: Digitale Lösungen zur Hochwasservorsorge bei Starkregen Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). <https://doi.org/10.58007/ncej-kw14>

DOI 10.58007/ncej-kw14
ISBN 978-3-98655-178-0

Bonn 2026

Digitale Lösungen zur Hochwasservorsorge bei Starkregen

Das Projekt des Förderprogramms „Modellprojekte Smart Cities“ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Einleitung	7
2 Hochwasserschutz in Deutschland	9
2.1 Arten von Hochwasser nach der Herkunft des Wassers	9
2.2 Zentrale Herausforderungen durch Starkregen	9
2.3 Verantwortlichkeiten im Hochwasserschutz	10
2.4 Hochwasserschutz durch planerische Leitbilder: Entwicklungsziele und politische Rahmenwerke	13
3 Digitale Hochwasservorsorge bei Starkregen	15
3.1 Nutzung digitaler Lösungen in der Hochwasservorsorge der Modellprojekte Smart Cities	17
3.1.1 Prävention: Grundlagenaufbau und Risikomodellierung	17
3.1.2 Vorbereitung: Frühwarnung, Prognose und Bevölkerungsinformation	17
3.1.3 Bewältigung: Echtzeitinformation und Systemresilienz	17
3.1.4 Nachbereitung: Lernen aus Ereignissen	18
3.2 Fallbeispiele einer smarten Hochwasservorsorge	18
3.2.1 Prävention: Risiken erkennen und reduzieren	18
3.2.2 Vorbereitung: Rechtzeitig warnen und Handlungsfähigkeit sicherstellen	23
3.2.3 Bewältigung: Akute Gefahren managen	25
3.2.4 Nachbereitung: Wiederaufbau und Lernen	27
4 Fazit und Handlungsempfehlungen	31
Quellen und Verweise	33
Anhang	36

Zusammenfassung

Die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen stellt Kommunen vor wachsende Herausforderungen in der Hochwasservorsorge. Eine häufig unterschätzte Risikolage besteht dabei insbesondere an Gewässern zweiter und dritter Ordnung: Lokal begrenzte Starkregen können dort kurzfristig zu eigenständigen Überflutungen durch erhöhten Oberflächenabfluss (pluviale Hochwasserereignisse) führen und sich im schlimmsten Falle mit Flusshochwasser (fluviale Ereignisse) kumulativ überlagern. Während in der Klimafolgenanpassung bisher der Hochwasserschutz der Gewässer erster Ordnung im Zentrum der Aufmerksamkeit stand, verdeutlichte gerade die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal (2021) die bedeutende Rolle nachgeordneter Gewässer.

Digitale Lösungen können Kommunen prinzipiell dabei unterstützen, die gesetzlichen Pflichten des Hochwasserrisikomanagements wirksamer umzusetzen, etwa durch verbesserte Risikobewertungen (§ 73 WHG), digitale Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten (§ 74 WHG) oder integrierte Datenplattformen für die Risikomanagementpläne (§ 75 WHG). Zudem lassen sich damit auch bislang weniger systematisch erfasste Risikolagen an Gewässern zweiter und dritter Ordnung beziehungsweise pluviale Ereignisse besser adressieren. Gerade hier bietet die Digitalisierung einen spezifischen Mehrwert: Dezentrale Sensornetzwerke ermöglichen eine kleinteilige Echtzeiterfassung von Pegelständen an Gewässern sowie lokalen Niederschlagsintensitäten, KI-gestützte Prognosemodelle können verfügbare Datengrundlagen mit bestehenden hydrologischen Fachmodellen integrieren, digitale Visualisierungen machen Gefahrenlagen für die Bevölkerung und kommunale Entscheidungsträger sichtbar und automatisierte Benachrichtigungs- beziehungsweise Warnsysteme ergänzen bestehende Alarmketten um lokale Frühwarnungen.

Insofern können digitale Lösungen Kommunen in den **vier Phasen eines umfassenden Katastrophenmanagements (Prävention, Vorbereitung, Bewältigung und Nachbereitung) maßgeblich unterstützen**. Dies zeigen einige Fallbeispiele aus der Programmlinie der Modellprojekte Smart Cities (MPSC): In Berlin und Dresden ermöglichen kartenbasierte Analysewerkzeuge und digitale Zwillinge die Planung präventiver Maßnahmen und tragen gleichzeitig als Visualisierungstools dazu bei, Bürgerinnen und Bürger für die Risiken von Starkregen und Hochwasser zu sensibilisieren. Die Fallbeispiele Eifelkreis Bitburg-Prüm und Solingen zeigen, wie sensorbasierte Informationsgrundlagen Entscheidungsträgerinnen und -träger vor, während und nach einem Hochwasserereignis unterstützen. Er-

hobene Daten werden in einer urbanen Datenplattform zusammengeführt und systematisch ausgewertet. Damit lässt sich auch die Nachbereitung gegebenenfalls eingetretener Hochwasserkatastrophen unterstützen. Im Landkreis Hof ist es zudem möglich, die Wirkung präventiver Maßnahmen zur Hochwasservorsorge systematisch auszuwerten.

Aus den Ergebnissen dieser Studie lassen sich folgende Handlungsempfehlungen für Smart-City-Verantwortliche in Kommunen ableiten:

- **Digitale Lösungen sollten konsequent vom konkreten Ausgangsproblem und Anwendungsfall her entwickelt werden.** Anforderungen an Datenqualitäten und Ausfallsicherheiten für den Katastrophenschutz unterscheiden sich erheblich von denen planerischer Anwendungen oder der Sensibilisierung von Bürgerinnen und Bürgern, etwa durch die Notwendigkeit validierter Pegeldaten oder ausfall- beziehungsweise cybersichere Übertragungswege. Eine klare Zieldefinition des jeweiligen Anwendungsfalls ist daher unerlässlich, um geeignete Datenquellen, Technologien und Qualitätsanforderungen festzulegen. Gleichzeitig kann es sinnvoll sein, strengere Anforderungen an Datenqualitäten und Übertragungswege zu stellen, wenn dadurch zum Beispiel Synergien mit anderen Anwendungsfällen von Katastrophenschutz oder Wasserwirtschaft entstehen.
- **Digitale Lösungen im Hochwasserschutz sollten handlungsfeldübergreifend und überregional angelegt werden.** Im administrativen Mehrebenensystem Deutschlands besteht eine Herausforderung im interkommunalen und gegebenenfalls landesübergreifenden Management von Flussgebietseinheiten beziehungsweise in der Hochwasservorsorge. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Wasserwirtschaft, Katastrophenschutz und weiteren Fachakteuren verbessert sowohl die Datenbasis als auch die langfristige Nutzbarkeit möglicher digitaler Lösungen. Gerade beim Aufbau beziehungsweise Ausbau kommunaler Sensornetze ist die fachliche Expertise der zuständigen Wasserbehörde unerlässlich. Eine gemeinsame Planung mit den zuständigen Wasserbehörden und benachbarten Kommunen ermöglicht es beispielsweise, Messstandorte für Sensoren an neuralgischen Punkten entlang von Gewässern zweiter und dritter Ordnung auszuwählen, sodass sie bestehende Messnetze sinnvoll ergänzen. Wie der Eifelkreis Bitburg-Prüm als Teil des interkommunalen Südwest-Clusters zeigt, können gemeinsame Datenplattformen auch über Kreis- und Bundeslandgrenzen hinweg ein

geteiltes Lagebild schaffen und eine frühzeitige Integration in Landeshochwasserportale erleichtern. Auch digitale Lösungen zur Hochwasservorsorge lassen sich entlang von Flussgebietseinheiten entwickeln und betreiben. Dies stellt allerdings eine besondere Herausforderung dar, da auch kommunale IT-Infrastrukturen in der Regel an administrative Grenzen gebunden und mögliche IT-Dienstleister nicht entlang hydrologischer Einzugsgebiete organisiert sind.

- **Bestehende Datenstrukturen und Systeme sollten eingebunden werden.** Zusammen mit der Überwindung administrativer Grenzen besteht auch die Herausforderung, digitale Anwendungen in der Hochwasservorsorge kompatibel mit bestehenden Dateninfrastrukturen anzulegen. Dies wahrt Rechtssicherheit, ermöglicht Synergien und eröffnet das Potenzial für Skalierungen. Die Nutzung offener Standards und interoperabler Schnittstellen erleichtert es dabei, Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzuführen. Beispiele aus der Praxis zeigen, dass kommunale Sensordaten (trotz unterschiedlicher Datenqualität) in bestehende Landeshochwasserportale integriert werden können. So werden etwa im Landeshochwasserportal Rheinland-Pfalz kommunale Pegeldaten aus dem Eifelkreis angezeigt und durch eine klare Kennzeichnung des Pegelbetreibers sowie den Hinweis auf nicht amtlich validierte Messwerte von offiziellen Warnmeldungen abgegrenzt.
- **Datenzugang und Datennutzung sollten durch eine kommunale Datenstrategie geregelt werden, die das Katastrophenrisikomanagement phasenübergreifend abdeckt.** Häufig sind in Querschnittsbereichen wie der Klimafolgenanpassung Datengrundlagen noch stark entlang bestehender Organisationsstrukturen und Verantwortlichkeiten organisiert. Kommunen benötigen jedoch klare und übergreifende Leitlinien für den Umgang mit offenen, sensiblen und sicherheitskritischen Daten, um Analyse- und Handlungspotenziale zu erschließen und gleichzeitig Anforderungen an Datenschutz und Sicherheit kritischer Infrastrukturen (KRITIS) zu erfüllen. Solche Data-Governance-Leitlinien sind übli-

cherweise Bestandteil einer kommunalen Datenstrategie und sollten zumindest konkrete Regelungen zu Zugriffsrechten, Verantwortlichkeiten und Prozessen beinhalten. Kommunen können sich dabei an bestehenden Datenstrategien anderer Kommunen sowie den Ergebnissen der ExWoSt-Forschungsprojekte „Digitale Stadt gemeinwohlorientiert gestalten durch kommunale Datenkompetenzen“ (Sautter et al. 2024) und „Digitale Resilienz in der kommunalen Verwaltung“ (Chwalek et al. 2025) orientieren und diese für ihre Anforderungen konkretisieren.

- **Digitale Werkzeuge sollten auch für politische Entscheidungsprozesse genutzt werden.** Neben einer fachlichen Integration verfügbarer Datenbestände besteht gerade bei komplexen Risikolagen die Herausforderung, Daten und Basisinformationen derart aufzubereiten und zu visualisieren, dass sie als Entscheidungsgrundlage in politischen Entscheidungs- beziehungsweise planerischen Abwägungsprozessen verwendet werden können. So tragen anschauliche Visualisierungen, beispielsweise zur Simulation von Starkregenereignissen und deren Auswirkungen im Stadtraum, dazu bei, Risiken verständlich darzustellen und mögliche Handlungsoptionen aufzuzeigen. Neben Planenden und der Bürgerschaft sollten bei der Entwicklung solcher Lösungen gezielt auch politische Entscheidungsträgerinnen und -träger eingebunden werden, um eine klimaresiliente Entwicklung auch durch politische Entscheidungsprozesse zu fördern.

Insgesamt zeigt sich, dass digitale Lösungen für eine vorausschauende Hochwasservorsorge unerlässlich sind. Ihr größtes Potenzial entfalten sie erst dann, wenn sie nicht als isolierte Einzellösungen eingeführt werden, sondern als Bestandteil einer integrierten, überregional abgestimmten Strategie zur klimaresilienten und wassersensiblen Entwicklung von Städten und Regionen – indem sie gemeinsame Datengrundlagen schaffen, komplexe Zusammenhänge sichtbar machen und evidenzbasierte Entscheidungsprozesse in Hochwasserlagen über administrative Grenzen hinweg ermöglichen.

1 Einleitung

Die klimatisch bedingte Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen erhöht das Risiko von Überflutungen. Starkregen kennzeichnet sich durch intensive Regenmengen, die in kurzer Zeit und lokal begrenzt auftreten (vgl. DWD 2021). Bisher lag das Augenmerk insbesondere auf den großen Gewässern erster Ordnung. Dass es auch abseits größerer Flüsse zu dramatischen Überflutungen kommen kann, haben eine Vielzahl von Starkregenereignissen der vergangenen Jahre gezeigt, insbesondere die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021.

Die Kombination eines ergiebigen und andauernden, gleichmäßigen Starkregens (advektiver Starkregen) und eines punktuellen und heftigen Starkregens (konvektiver Starkregen) kann besonders katastrophale Auswirkungen haben: Kapazitätsengpässe im Abwasserabfluss sowie eine Kombination aus Oberflächenabfluss und ausufernden Gewässern können zu erheblichen Schäden und Todesopfern führen. Aber auch beide Starkregenformen können einzeln Überflutungen auslösen. Eine weitere Gefahr birgt Grundhochwasser, bei dem das Grundwasser aufgrund veränderter Fließrichtung ansteigen und zu überfluteten Kellern oder gar zu Anhebungen von unzureichend gesicherten Gebäuden führen kann (vgl. Verbraucherzentrale 2024).

Vor dem Hintergrund des vermehrten Aufkommens und gestiegenen Risikos derartiger Starkregenereignisse warnte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz im Oktober 2024 mit Verweis auf die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal: „Als Folge der Klimaveränderung sind derartige Hochwasser kein Jahrhundertereignis mehr, sie werden zu einer neuen Realität“ (BMUV 2024: 1). Konvektive Starkregenereignisse stellen dabei eine besondere Herausforderung dar: Anders als langanhaltende Niederschläge entstehen sie innerhalb kurzer Zeit und sind hinsichtlich ihres Ortes, ihres Zeitpunktes und ihrer Intensität nur sehr begrenzt prognostizierbar (vgl. LAWA o. J.). Entsprechend sind Vorwarnzeiten häufig sehr kurz, wodurch Überflutungen für Betroffene oft überraschend auftreten. Gleichzeitig zeigen aktuelle Studien, dass der fortschreitende globale Klimawandel die Intensität und Häufigkeit solcher lokaler Extremniederschläge weiter erhöht (vgl. Schwarz et al. 2024: 1).

Vor diesem Hintergrund gewinnt eine vorausschauende und technologisch gestützte Starkregenvorsorge zunehmend an Bedeutung. Neben baulichen Maßnahmen der Wasserwirtschaft wie der Ertüchtigung von Schutzanlagen oder dem Einrichten von Stauraumkanälen in Abwassersystemen (vgl. DWA 2016) tritt ein datenbasiertes Risikomanagement verstärkt in den Vor-

i

Alle Regionen Deutschlands sind nahezu gleichermaßen von Starkregen betroffen. Das verdeutlicht die Starkniederschlagskarte auf dem Geoportal des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (o. J.). Ursache für Starkniederschläge ist häufig ein sogenanntes konvektives Ereignis, das durch die schnelle vertikale Anhebung feuchter und warmer Luft entsteht. Mit steigender Höhe kühlt sich die feuchtwarme Luft ab, wodurch optisch dicke und hohe Wolken entstehen. Konvektive Zellen können sehr schnell entstehen, wachsen oder „zerfallen“, was die Unwetterwarnung erschwert. Allerdings sind die hohen und kalten Wolken gut mittels Fernerkundungsdaten beobachtbar (vgl. DWD o. J.).

dergrund. Dazu zählen etwa die Einrichtung sensorbasierter Messnetze, die Erfassung von Echtzeit-Niederschlagsdaten, der Aufbau digitaler Geländemodelle und urbaner digitaler Zwillinge, sowie die Nutzung KI-gestützter kurzfristiger Frühwarnsysteme (sog. Nowcasting-Systeme). Durch die Integration solcher Technologien können sowohl strukturelle als auch akute Risiken frühzeitig erkannt, Einsatzkräfte besser koordiniert und betroffene Bevölkerungsgruppen schneller informiert werden. Digitale Lösungen können damit einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der urbanen Resilienz gegenüber Hochwasserereignissen durch Starkregen leisten. Bereits im international vereinbarten Sendai-Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015–2030 wurde die Stärkung nationaler und lokaler Resilienz als zentrale Priorität des Katastrophenschutzes verankert, insbesondere durch die Förderung baulicher und nichtbaulicher Maßnahmen (vgl. Vereinte Nationen 2015).

In der wissenschaftlichen Debatte wird **Resilienz** nicht mehr allein als Fähigkeit verstanden, externe Störungen zu absorbieren oder Systemfunktionen aufrechtzuerhalten. Vielmehr gilt sie zunehmend als Voraussetzung für einen zielgerichteten Wandel von Systemen. Resilienz beschreibt demnach eine Systemeigenschaft, die einerseits die Kontinuität zentraler Funktionen vor, während und nach einer Störung sichert, andererseits jedoch auch die adaptive Transformation bestehender Strukturen entlang eines gewünschten Entwicklungspfad ermöglicht (vgl. Elmqvist et al. 2019: 269). Auf urbane Kontexte übertragen bezeichnet urbane Resilienz daher zweierlei: Zum einen die Fähigkeit städtischer Systeme – einschließlich Institutionen, Gemeinschaften, Unternehmen und Individuen – akute Schocks und chronische Belastungen zu bewältigen, zum anderen die Fähigkeit, sich proaktiv an künftige Risikolagen anzupassen (vgl. Sahr et al. 2023: 8).

Angesichts zunehmender Extremwetterereignisse gewinnen Resilienzstrategien insbesondere für Kommunen an Bedeutung. Als unmittelbar Betroffene und zugleich zentrale Handlungsebene für Vorsorge, Anpassung und Gefahrenabwehr tragen Kommunen eine besondere Verantwortung: Sie müssen auf lokale Risiken reagieren und ihre Bevölkerung im Katastrophenfall schützen, während ein hoher Versiegelungsgrad und begrenzte Entwässerungsmöglichkeiten die Überflutungsgefahr in Städten gleichzeitig verschärfen. Entsprechend spiegeln sich Resilienzansätze zunehmend auch in Leitbildern der integrierten Stadt- und Regionalentwicklung wider, etwa im Konzept der Schwammstadt, in integrierten Stadtentwicklungskonzepten (ISEK) oder kommunalen Klimaanpassungskonzepten. Eine Voraussetzung gestärkter Resilienz gegenüber Hochwassergefahren besteht darin, dass Kommunen in allen vier Phasen des Katastrophenrisikomanagements handlungsfähig sind (vgl. BMI 2022: 26; BBK o. J.b):

1. Prävention
2. Vorbereitung von Maßnahmen
3. Bewältigung eintretender Starkregen- und/oder Schadensereignisse
4. Nachbereitung

Digitale beziehungsweise Smart-City-Lösungen können Kommunen hierbei unterstützen, indem sie datenbasierte Entscheidungsgrundlagen, verbesserte Frühwarnsysteme und digitale Koordinationsinstrumente bereitstellen.

Die übergreifende **Zielsetzung dieser Kurzstudie** besteht darin, die Potenziale und Rollen digitaler Instrumente sowie eines integrierten Datenmanagements in der präventiven Hochwasservorsorge darzustellen und Akteure auf kommunaler, Landes- und Bundesebene für die Einführung entsprechender digitaler Lösungen zu sensibilisieren. Sie legt dabei einen Schwerpunkt auf digitale Lösungen, die Kommunen bei einer frühzeitigen Risikoerkennung, Bewertung, Kommunikation und Vorbereitung in der Hochwasservorsorge bei kleineren Gewässern zweiter und dritter Ordnung unterstützen.

Methodisch basiert die Studie auf einer mehrstufigen Analyse aller Maßnahmen im Förderprogramm „Modellprojekte Smart Cities“ im Themenfeld „Hochwasser“. Dazu wurde die [Datenbank aller Maßnahmen des Förderprogramms](#) gefiltert, ausgewertet und in einer Gesamtübersicht zusammengeführt. Anschließend erfolgte eine vertiefte Analyse der Maßnahmen mit besonderem Fokus auf pluvialem, also durch Starkregen verursachtem Hochwasser. Auf dieser Grundlage wurde eine engere Auswahl geeigneter Beispiele getroffen und dahingehend geprüft, welche Maßnahmen die verschiedenen Phasen des Katastrophenrisikomanagements besonders anschaulich abbilden. Zur vertieften Beschreibung der Fallbeispiele wurden Interviews mit beteiligten Akteuren geführt sowie ein Vor-Ort-Besuch in Solingen durchgeführt.

2 Hochwasserschutz in Deutschland

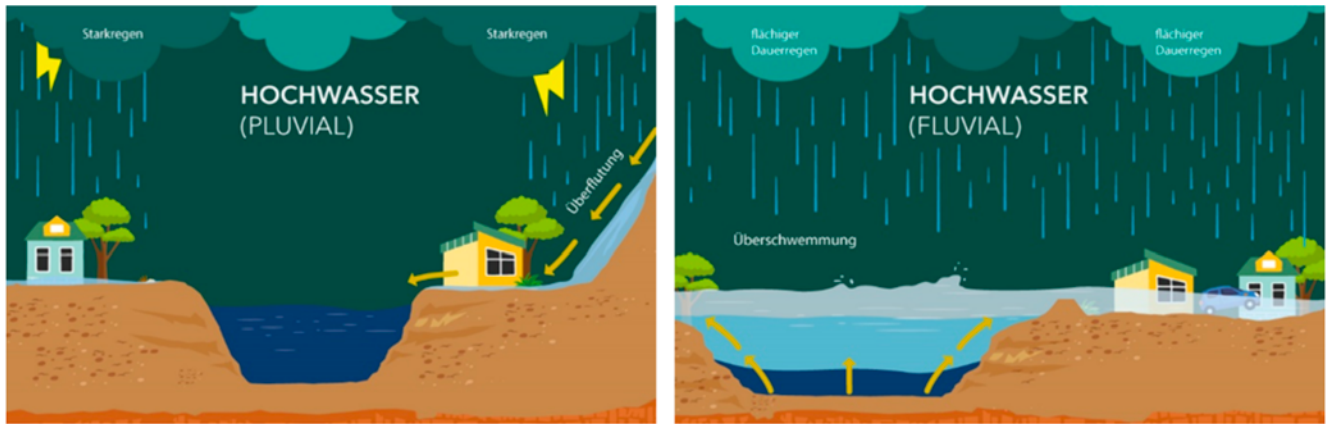


Abbildung 1: Abgrenzung der Überflutung infolge konvektiver Starkregen (pluviales Hochwasserereignis, links) von der Überschwemmung infolge von Flusshochwasser durch advective Dauerregenereignisse (fluviales Hochwasserereignis, rechts)

Quelle: Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, in: LAWA 2024: 12

2.1 Arten von Hochwasser nach der Herkunft des Wassers

Als Hochwasser wird gemäß § 72 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) eine zeitlich beschränkte Überschwemmung durch oberirdische Gewässer oder eindringendes Meerwasser (in Küstengebieten) definiert. Bei einer Überflutung durch wild abfließendes Wasser (pluviales Hochwasser) handelt es sich nach Auslegung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ebenfalls um ein Hochwasser im Sinne des Gesetzes (vgl. LAWA 2024).

Zur Abgrenzung der Begrifflichkeiten nutzt die LAWA den Begriff „Überschwemmung für fluviale Hochwasserereignisse“, also durch langanhaltende Niederschläge oder Schneeschmelze ausgelöstes Flusshochwasser. Der Begriff „Überflutung“ beschreibt hingegen pluviale Hochwasserereignisse, also Überflutung in Folge von Starkregen (vgl. LAWA 2024: 12).

Eine klare Abgrenzung zwischen Überflutungen durch Starkregen und Überschwemmungen durch Flusshochwasser ist bei kleinen im Gegensatz zu größeren Gewässern nicht immer ohne Weiteres möglich, da oftmals eine Kombination beider Ereignisse auftritt (vgl. LAWA 2024: 15). Diese Kurzepertise konzentriert sich auf pluviale Überflutungen durch Starkregen, insbesondere in Gewässern zweiter und dritter Ordnung. Bei diesem Typ von Überflutung sind besonders kurzfristige Reaktionszeiten erforderlich. Darüber hinaus können hier smarte beziehungsweise Smart-City-Technologien wie dezentrale Sensorik, Echtzeit-Datenplattformen und KI-gestützte Prognosemodelle

ein spezifisches Potenzial entfalten, das klassischen Hochwasserschutzsystemen in ihrer Kleinteiligkeit bislang oft fehlt.

2.2 Zentrale Herausforderungen durch Starkregen

Hochwasser sind natürliche Ereignisse, deren Folgewirkungen durch die Gestaltung unserer Umwelt und den Klimawandel verstärkt werden (vgl. UBA 2022). Die versiegelte Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland steigt stetig (vgl. UBA 2025), was mit einem Rückgang der natürlichen Infiltrations- und Retentionsflächen von Wasser einhergeht. Dadurch können auf Starkniederschläge Überflutungen folgen, da diese entweder nicht regulär versickern oder durch die Kanalisation nicht mehr abgeführt werden können (vgl. Thieken et al. 2022a: 1).

Besonders kritisch sind lokal begrenzte Starkregenereignisse mit hohen Niederschlagsintensitäten innerhalb kurzer Zeiträume. Solche kurzzeitigen Niederschlagsspitzen führen zu stark erhöhten Oberflächenabflüssen, die die hydraulische Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme rasch überschreiten können.

Dicht besiedelte, urbane Räume sehen sich dadurch einem signifikant erhöhten Überflutungsrisiko ausgesetzt (vgl. Nikogosian/Kwiatkowski 2024: 82). Im ländlichen Raum wird dieses Risiko hingegen stärker durch topografische Bedingungen oder die Art der landwirtschaftlichen Bodennutzung geprägt. Dort kann es

bei Starkregen zum Beispiel zu Flächenerosionen kommen, die die Durchlässigkeit eines Bodens maßgeblich einschränken und einen verstärkten Oberflächenabfluss verursachen können.

Doch auch organisatorische und gesellschaftliche Faktoren können einen vorsorgenden Umgang mit Überflutungen erschweren: Insbesondere die Vielzahl beteiligter Akteure sowie komplexe Zuständigkeitsstrukturen stellen eine Herausforderung für ein schnelles und koordiniertes Risikomanagement dar. Im Vergleich zu trägeren Hochwassern in großen Fließgewässern der ersten Kategorie ist das Gefahrenpotential durch Überflutungen in unmittelbarer Folge von konvektiven Starkregenereignissen aufseiten der Betroffenen weniger bekannt und die Eigenvorsorge vermindert bis ungenügend (vgl. Thieken et al. 2022b).

Da die Folgen extremer Starkregenereignisse technisch nicht vollständig beherrscht werden können, kann es keinen umfassenden Schutz vor Überflutungen geben. Vorsorgemaßnahmen müssen deshalb auf die Begrenzung potenzieller Schäden, die Dämpfung von Abflussspitzen (Peak-Abflüssen) sowie die Stärkung der Resilienz gegenüber pluvialen Überflutungen ausgerichtet sein, inklusive einer wirksamen Risikokommunikation und Sensibilisierung der betroffenen Akteure.

2.3 Verantwortlichkeiten im Hochwasserschutz

Die Organisation der Zuständigkeiten verläuft formal entlang der Trennung von **Überflutung aus Abwassersystemen** (Verantwortung bei Entwässerungsbetrieben) und **Überflutung aus wild abfließendem Oberflächenwasser** (Verantwortung bei Kommune und Länderbehörden) (vgl. DWA 2022: 1). Das WHG betrachtet allerdings nicht die Möglichkeit von Starkregenereignissen, die sowohl Überflutungen aus Abwassersystemen als auch aus Oberflächenwasser umfassen. Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) warnt vor dem Fehlen rechtlicher Bestimmungen im WHG für eine integrale Betrachtung entlang des gesamten Wasserkreislaufs inklusive der **Gefahren aus pluvialen Ereignissen** (vgl. LAWA 2024: 2).

Vor dem Hintergrund zunehmender Risikolagen werden gegenwärtig Zuständigkeiten und Handlungsansätze in der Hochwasservorsorge auf mehreren Governance-Ebenen weiterentwickelt. Auf Bundes- und Länderebene erfolgt dies vor allem im Rahmen koordinierender Gremien wie der LAWA, die **gemeinsame Leitlinien und strategische Empfehlungen** erarbeitet. Parallel dazu entwickeln Fachverbände wie die **Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA)** technische Regelwerke und fachliche Standards, etwa für die Planung und

Anpassung kommunaler Entwässerungssysteme sowie die Vorsorge gegenüber Starkregenereignissen (vgl. DWA 2022: 1). Ergänzend dazu treiben Organisationen wie der **Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)** insbesondere im Bereich der digitalen Wasserinfrastruktur die Entwicklung und Anwendung intelligenter Monitoring-, Steuerungs- und Datenlösungen voran. Auf kommunaler Ebene werden diese strategischen und technischen Rahmenbedingungen schließlich durch Verwaltungen, Entwässerungsbetriebe und Katastrophenschutzbehörden in konkrete organisatorische Strukturen und Vorsorgemaßnahmen übersetzt.

Dies ist kein unüblicher Prozess. Der Bevölkerungsschutz insgesamt musste in der Geschichte der Bundesrepublik immer wieder auf sich verändernde Risiken und Umstände reagieren und Zuständigkeiten neu verhandeln (vgl. BBK o. J.b; Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestags 2021). Die Aushandlung von Zuständigkeiten schlägt sich vor allem in Verordnungen sowie Planwerken und Strategiepapieren nieder. Im Kontext „Hochwasservorsorge“ spielen unter anderem die folgenden Werke eine Rolle (s. Abbildung 2).

Auf übergeordneter Ebene setzt der Bund gesetzliche und planerische Grundlagen fest. Die zentrale wasserrechtliche Grundlage bildet das **WHG**: Bereits mit dem **Hochwasserschutzgesetz I** (2005) wurden Überschwemmungsgebiete und Bebauungsrestriktionen als Reaktion auf das Jahrhunderthochwasser der Elbe im Jahr 2002 (ausgelöst durch advektiven Dauerregen im Erzgebirge) in das WHG eingeführt. Das neue WHG (2010) präziserte diese Regelungen in §§ 76–78 und setzte gleichzeitig die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (2007/60/EG) in nationales Recht um. Sie schreibt eine systematische Risikobewertung sowie die Erstellung von Gefahrenkarten und Hochwasserrisikomanagementplänen verbindlich vor. Das **Hochwasserschutzgesetz II** (2021) erweiterte den Schutz um überschwemmungsgefährdete Gebiete (§ 78a WHG). Ergänzend setzt der Bund über das Raumordnungsrecht (ROG) bindende Ziele für die Landes- und Regionalplanung: Der 2021 verabschiedete **länderübergreifende Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz** (BBSR 2021) zieht großräumig abgestimmte raumordnerische Vorgaben nach und konkretisiert unter anderem, dass Retentionsflächen freizuhalten sind, Neubauten in überschwemmungsgefährdeten Gebieten ausgeschlossen werden, das Wasserversickerungs- und Wasserrückhaltevermögen des Bodens zu erhalten ist sowie eine bundesweite Harmonisierung raumplanerischer Standards erfolgt. Dies inkludiert gleichermaßen die Pflicht zur Prüfung von Klimawandelauswirkungen und dem Schutz von KRITIS-Anlagen.

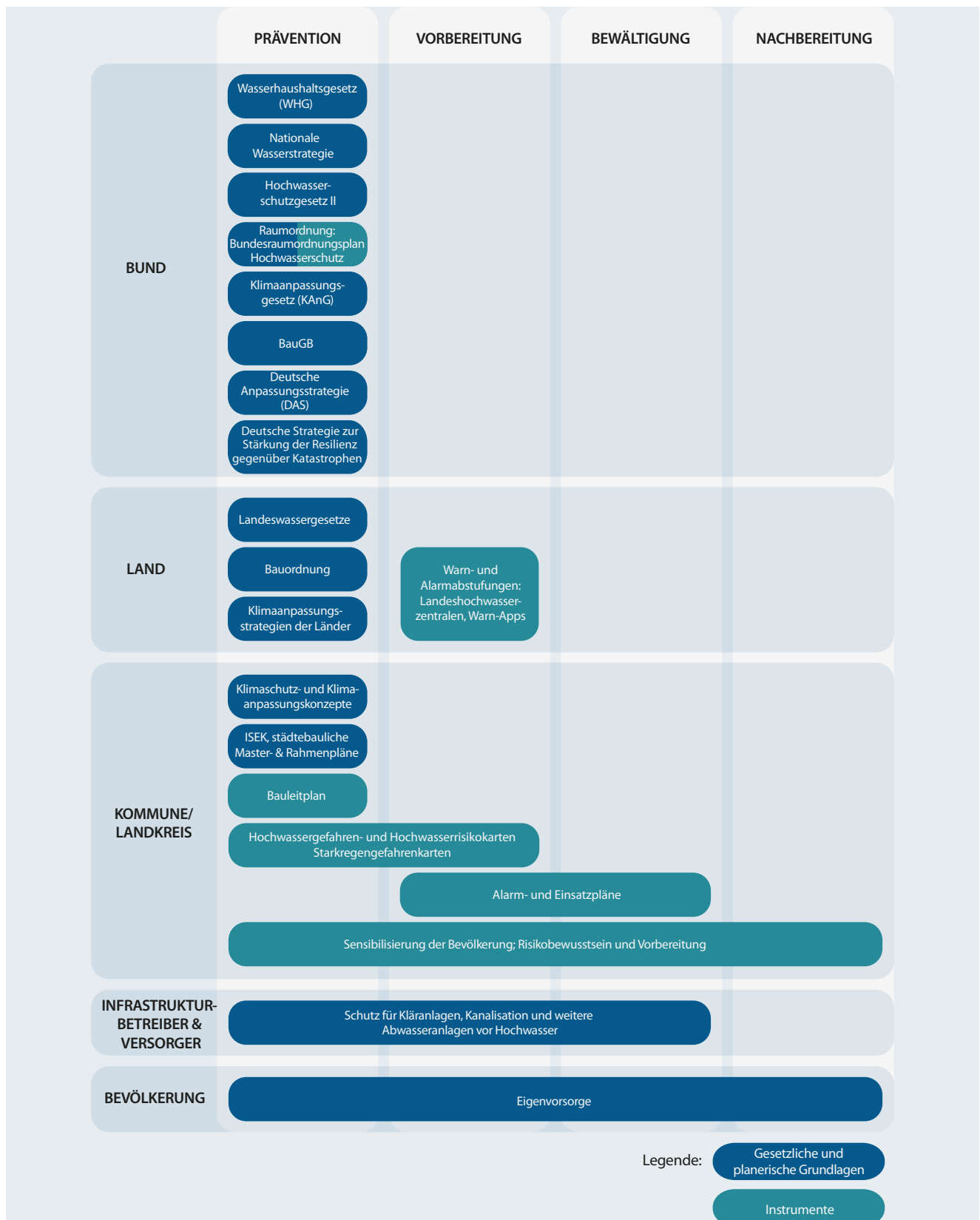


Abbildung 2: Hochwasservorsorge als Handlungsfeld der kommunalen Klimaanpassung. Gesetzliche und planerische Grundlagen, Instrumente und Verantwortlichkeiten in der Hochwasservorsorge auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH

Neben den Vorgaben des Bundes zum vorbeugenden Hochwasserschutz müssen auch entsprechende Vorkehrungen für den Katastrophenfall getroffen werden. Der Katastrophenschutz obliegt verfassungsrechtlich den Ländern, die ihn durch eigene **Katastrophenschutzgesetze** regeln. Als untere Katastrophenschutzbehörden nehmen Landkreise und kreisfreie Städte dabei eine zentrale operative Rolle ein. Bei länderübergreifenden Lagen unterstützt der Bund die Länder über das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Dieses bündelt als Fachlagezentrum den Informationsaustausch zwischen Bund und Ländern und steuert das sogenannte Engpassressourcenmanagement (§ 16 ZSKG). Die Landeshochwasserzentralen, angesiedelt bei den jeweiligen Wasserbehörden der Bundesländer, legen Warn- und Alarmabstufungen fest und sprechen im Hochwasserfall Warnungen aus (vgl. Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz o. J.).

Kommunen nehmen bei der **Ausarbeitung und Umsetzung resilienzsteigernder Maßnahmen** sowie als unterste Ebene des Katastrophenschutzes eine Schlüsselrolle ein. Auf Grundlage der in Art. 28 Abs. 2 GG garantierten kommunalen Selbstverwaltung verfügen sie über die Planungshoheit und sind insbesondere für die Bauleitplanung verantwortlich. Damit tragen sie die Verantwortung, die räumliche Entwicklung ihres Gebiets zu steuern und lokale Nutzungs- und Interessenkonflikte nach Maßgabe des Abwägungsgebots (§ 1 Abs. 7 BauGB) zu bewältigen. Hierzu gehört auch, die Auswirkungen von Starkregenrisiken bei der Planung kommunaler Infrastruktur sowie in der Flächennutzungs- und Bebauungsplanung angemessen zu berücksichtigen, etwa im Sinne einer vorsorgenden Flächen- und Stadtentwicklung. Dies setzt die wiederkehrende systematische Analyse der Überflutungsgefährdungen, Schadenspotenziale und Risiken voraus. Während Hochwassergefahren- und -risikokarten nach § 74 WHG eine Länderpflicht sind, können Kommunen ergänzend eigene Starkregengefahrenkarten erstellen, die sowohl die kommunale Planung unterstützen als auch der Bevölkerung einen niedrigschwelligen Zugang zu lokalen Gefährdungsinformationen bieten. Im Zuge des Katastrophenschutzes führen die zuständigen Behörden zudem regelmäßige Übungen durch, passen Alarm- und Einsatzpläne an und klären die Bevölkerung über angemessene Schutzmaßnahmen im Ereignisfall auf (geregelt in den jeweiligen Landeskatastrophenschutzgesetzen).

Eine eigenständige und bislang oft unterschätzte Rolle nehmen gerade für die Gewässer zweiter und dritter Ordnung **Wasser- und Bodenverbände** (umgangssprachlich häufig „Wasserverbände“) als Körperschaften des öffentlichen Rechts ein. Sie sind nach den jeweiligen Landeswassergesetzen unter anderem für

die Unterhaltung und den Ausbau von Gewässern zuständig, wobei das Wasserverbandsgesetz (WVG) des Bundes die Verbandsverfassung (Gründung, Organisation, zulässige Aufgaben) regelt. Gerade an kleineren Fließgewässern, die bislang weniger systematisch überwacht wurden, können Starkregenereignisse kurzfristig zu eigenständigen und kumulativen Hochwasserlagen mit überregionalen Ausmaßen führen. Dies zeigt die Flutkatastrophe im Ahrtal im Jahr 2021. Die je nach Bundesland unterschiedlichen Zuständigkeiten (Kreise, Verbände oder Anlieger) erschweren eine koordinierte Vorsorge und machen eine enge Abstimmung zwischen Wasserwirtschaft und kommunalen Akteuren besonders bedeutsam.

Kommunale Eigenbetriebe, kommunale Unternehmen (z. B. in der Rechtsform einer Anstalt des öffentlichen Rechts oder GmbH) sowie gegebenenfalls **beauftragte private Betreiberinnen und Betreiber** sind für die Abwasser- und Entwässerungsinfrastruktur zuständig. Dazu gehören insbesondere Kanalnetze, Pumpwerke, Regenrückhaltebecken sowie Kläranlagen. Im Rahmen der Abwasserbeseitigungspflicht nach § 56 WHG sowie den Landeswassergesetzen sind Kommunen primär für die Abwasserbeseitigung zuständig und sorgen dafür, dass anfallendes Abwasser sowie Niederschlagswasser gesammelt, abgeleitet und behandelt werden. Starkregenereignisse können die Abwasserbehandlung maßgeblich einschränken, was schwerwiegende Folgen für die Gewässerqualität und den Gesundheitsschutz haben kann. Im Falle eines Hochwasserereignisses spielen Wasserbetriebe eine zentrale Rolle im Krisenmanagement und müssen ihre Anlagen sowie Infrastruktur auf das mögliche Hochwasser ausrichten (BBK o. J.a). Konkret ist dies von der Betreibergröße und den lokalen Gegebenheiten abhängig, bedeutet aber beispielsweise kurz vor oder während eines akuten Hochwasserereignisses die mögliche Freigabe von Retentionsflächen, die Anpassung der Pumpleistungen sowie die proaktive Steuerung von Wehren und Schleusen.

Neben den Zuständigkeiten auf Ebene von Bund, Ländern, Wasserverbänden und Kommunen weist das WHG auch den **Eigentümerinnen und Eigentümern von Grundstücken** eine Verantwortung zu. Gemäß § 5 Abs. 2 WHG ist jede Person, die von Hochwasser betroffen sein kann, verpflichtet, im Rahmen des Zumutbaren Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor Hochwassererfolgen zu treffen und die Nutzung von Grundstücken an mögliche Gefahren anzupassen. Damit entsteht ein Übergang von der öffentlichen Gefahrenvorsorge zur privaten Eigenvorsorge, die auch Eigentümerinnen und Eigentümern die Verantwortung für Maßnahmen wie der Anpassung der Gebäudenutzung, der Umsetzung baulicher Schutzvorkehrungen oder den Schutz technischer Anlagen überträgt. Als privatrechtliches Absicherungsinstrument ergänzt die Elementarschadenversicherung

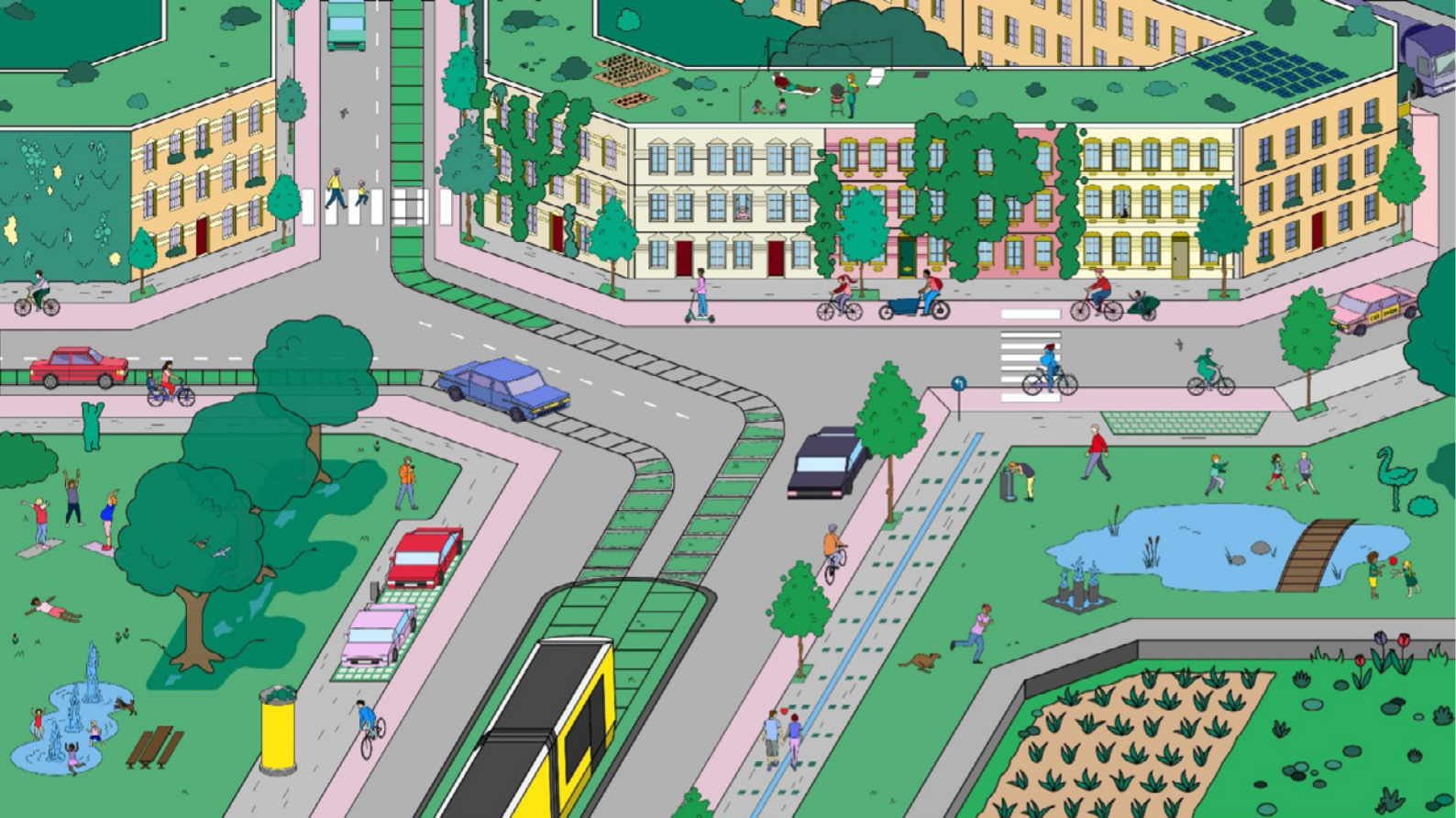


Abbildung 3: Beispielhafte Schwammstadtmaßnahmen im urbanen Kontext

Quelle: Sonja Sterling/ KWB

diese Eigenvorsorge. Bundesweit sind jedoch nur rund 57 % aller Wohngebäude gegen Elementarschäden versichert (vgl. GDV 2024). Der Koalitionsvertrag zwischen CDU/CSU und SPD (2025) sieht jedoch die Einführung einer Pflichtversicherung gegen Elementarschäden in der Wohngebäudeversicherung vor.

Um die Auswirkungen von Hochwasserereignissen so gering wie möglich zu halten, besteht die Herausforderung, dass Akteure, Instrumente und Entscheidungsprozesse auf unterschiedlichen Ebenen koordiniert zusammenwirken. Digitale beziehungsweise Smart-City-Lösungen können dazu beitragen, sowohl Informationen zu bündeln als auch die Abstimmung zwischen beteiligten Akteuren zu verbessern – auch über administrative Grenzen hinweg, denen hydrologische Einzugsgebiete naturgemäß nicht folgen. Ihr volles Potenzial entfalten sie dabei jedoch nur auf Basis etablierter Kooperationsstrukturen zwischen Behörden, Wasserwirtschaft, Katastrophenschutz und weiteren Fachakteuren. Zugleich sind sie häufig selbst Ergebnis institutioneller Zusammenarbeit und können diese langfristig festigen.

2.4 Hochwasserschutz durch planerische Leitbilder: Entwicklungsziele und politische Rahmenwerke

Über die geschilderten Koordinierungs- und Abstimmungserfordernisse hinaus können unterschiedliche planerische Leitbil-

der Kommunen dabei bei der hochwasserresilienten Entwicklung unterstützen.

Das **Leitbild der wassersensiblen Stadtentwicklung** beschreibt die Gestaltung beziehungsweise Umgestaltung von bebauten Gebieten mit dem Ziel, Wasser in der Stadt ausreichenden Raum zu geben und einen möglichst naturnahen Wasserkreislauf auch im Stadtraum zu ermöglichen (vgl. LAWA 2021: 4). Somit umfasst die wassersensible Stadtentwicklung diverse Disziplinen und Handlungsfelder wie Stadtplanung, Stadtentwässerung und Gefahrenabwehr (vgl. ebd.). Unter dieses Leitbild fällt auch das Konzept der **Schwammstadt**. Dabei geht es primär um Regenwasserbewirtschaftung und Entsiegelung: Das Ziel ist, einen proaktiven Umgang mit anfallenden Regenwassermengen zu erzielen, etwa um Regenwasser aufzunehmen, zu speichern oder verdunsten und versickern zu lassen und dadurch Abflussspitzen zu dämpfen (vgl. Hartz 2021). Diesen Ansätzen wohnen **Resilienzleitbilder** inne, weswegen sie auf Bundesebene nicht nur im Bereich der Planung, sondern auch im Bevölkerungsschutz aufgegriffen werden.

Die **Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)** betont, dass zukünftig alle Regionen Deutschlands von einer Zunahme von Hitze- und Trockentagen sowie einer erhöhten Gefahr von Starkregen- und Überflutungsereignissen betroffen sein werden. Die Strategie konkretisiert die Anforderung des **Klimaanpassungsgesetzes (KANg)** und formuliert messbare Ziele, die prioritäre Bereiche der Klimaanpassung adressieren,

zu denen der Bund innerhalb seiner föderalen Zuständigkeiten beitragen kann.

Zu den besonders dringenden Handlungserfordernissen zählen dabei der Umgang mit Klimarisiken durch Trockenheit besonders für alle wassernutzenden und -abhängigen Systeme sowie Klimarisiken durch Starkregen, Hochwasser, Sturzfluten und Überschwemmungen (vgl. BMUKN 2024: 6). Mehrere Themencluster in der DAS adressieren diesen Aspekt. Ein Ziel, diese Risiken zu mindern, ist die stärkere Annäherung an einen naturnahen Wasserhaushalt für eine **wassersensible Stadtentwicklung**. Ein weiteres Ziel im Handlungsfeld „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ ist die Erhöhung der Reichweite und Latenz von Warnmeldungen an die Bevölkerung sowie des Informations- und Vorsorgegrades in der Bevölkerung zu klimawandelbedingten Risiken, insbesondere Extremwetterereignissen. Daneben adressiert die Strategie auch übergreifende Handlungsfelder, die systemische Handlungserfordernisse und die Rahmenbedingungen für die vorsorgende Klimaanpassung umfassen.

„Im Bereich der kommunalen Anpassungsplanung ist das Ziel, dass bis 2030 für 80 Prozent der von den Ländern im Rahmen des Bundes-Klimaanpassungsgesetzes §12 Absatz 1 dazu verpflichteten Gemeinden beziehungsweise Landkreise **Klimaanpassungskonzepte** vorliegen“ (ebd.: 8). Neben den clusterbezogenen Zielen sind auch Ziele in Aktionsfeldern formuliert. Dazu gehört die „Bereitstellung digitaler Datengrundlagen für die Klimaanpassung“ (ebd.: 100).

Das **Memorandum Urbane Resilienz** (BMI 2021) fordert unter anderem, das Risiko- und Krisenmanagement stärker als Querschnittsaufgabe der integrierten und nachhaltigen Stadt-

entwicklung wahrzunehmen. Wichtig sind die Vernetzung und Koordinierung über Stadtgrenzen hinweg, „da sich Gefahren ungeachtet administrativer Grenzen ausbreiten können“ (vgl. ebd.: 87). Dies trägt dazu bei, Kompetenzen und Kapazitäten zu bündeln und somit auch finanzielle Engpässe einzelner Städte und Gemeinden besser zu bewältigen. Das unterstreicht auch die **Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen (kurz: Resilienzstrategie)** (BMI 2022): Sie setzt eine Ebene höher an und fordert eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen Bundesländern, Staaten und ihren Behörden, indem sie auf die Förderung eines integrierten Katastrophenrisikomanagements zielt. Dieser ganzheitliche Ansatz betont, dass Katastrophenschutz nicht nur als einmalige Reaktion, sondern als kontinuierlicher Entwicklungsprozess zu sehen ist, der sowohl die Prävention als auch die Minderung und Bewältigung von Risiken umfasst. So wird digitalen Lösungen in der **Resilienzstrategie** ein zentraler Stellenwert im Aufbau eines vorsorgenden Risikomanagements zugesprochen.

Konkretisiert wird die Rolle digitaler Lösungen beispielsweise durch die LAWA. Sie hat die 2018 erstellte **LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement** im Jahr 2024 fortgeschrieben und ergänzt. Neu ist unter anderem die Definition bundesweit einheitlicher Mindeststandards für Hinweiskarten zur Darstellung von Starkregen Gefahren. Bisher werden dazu je nach Land und Kommune unterschiedliche Eingangsdaten und methodische Ansätze verwendet.

Wie digitale Lösungen Kommunen dabei konkret unterstützen können, zeigt das folgende Kapitel anhand ausgewählter Modellprojekte entlang der vier Phasen des Katastrophenrisikomanagements.

3 Digitale Hochwasservorsorge bei Starkregen

Die Stärkung von urbaner Resilienz gegenüber Hochwassergefahren setzt voraus, dass Kommunen in allen Phasen des Katastrophenrisikomanagements (engl. disaster risk management) handlungsfähig sind. Die vier Phasen umfassen Prävention, Vorbereitung, Bewältigung und Nachbereitung. Während die **Prävention** langfristig darauf abzielt, Risiken durch die Identifikation von Gefährdungen zu reduzieren, Verwundbarkeiten zu verringern und Siedlungs- und Infrastrukturen strukturell anzupassen, steht in der Vorbereitungsphase die Herstellung einer organisatorischen und operativen Einsatzbereitschaft im Vordergrund, insbesondere durch Monitoring, Frühwarnsysteme und abgestimmte Alarm- und Einsatzpläne. Die **Bewältigung** umfasst das Management akuter Gefahrenlagen während eines Hochwassereignisses mit dem Ziel, Menschenleben zu schützen und Schäden zu begrenzen. Die **Nachbereitung** dient dem Wiederaufbau, der systematischen Auswertung des Ereignisses und dem institutionellen Lernen, um künftige Risiken besser zu reduzieren.

Diese Phasen sind nicht als lineare Abfolge, sondern als zirkulärer Prozess zu verstehen: Erkenntnisse aus der Nachbereitung fließen in die Prävention zurück, Vorbereitungsmaßnahmen werden durch Bewältigungserfahrungen angepasst. Der Katastrophenrisikomanagementzyklus ist dabei als vereinfachendes Ordnungsmodell zu verstehen, das Orientierung bietet, ohne die Komplexität realer Abläufe vollständig abzubilden.

Digitale Technologien können unter bestimmten Voraussetzungen eine wichtige Rolle in diesem Zyklus spielen. Über **Sensoren** und weitere Datenquellen lassen sich umweltrelevante Parameter erheben, in digitalen **Datenplattformen** zusammenführen, analysieren und in entscheidungsunterstützende Informationen überführen. Wo dies gelingt, können sie die Bewertung von Handlungsoptionen für Verwaltung, Einsatzkräfte und Bevölkerung unterstützen sowie **automatisierte Systemsteuerungen** ermöglichen. Ob und in welchem Umfang digitale Lösungen tatsächlich zur Resilienzsteigerung beitragen, hängt jedoch maßgeblich von organisatorischen, institutionellen und kapazitären Rahmenbedingungen in den Kommunen ab.

Vor diesem Hintergrund definiert diese Studie smarte Hochwasservorsorge als den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien und weiteren technologischen Mitteln, um sowohl die Resilienz von Kommunen gegenüber Hochwassereignissen zu stärken als auch Aktivitäten in den Phasen des

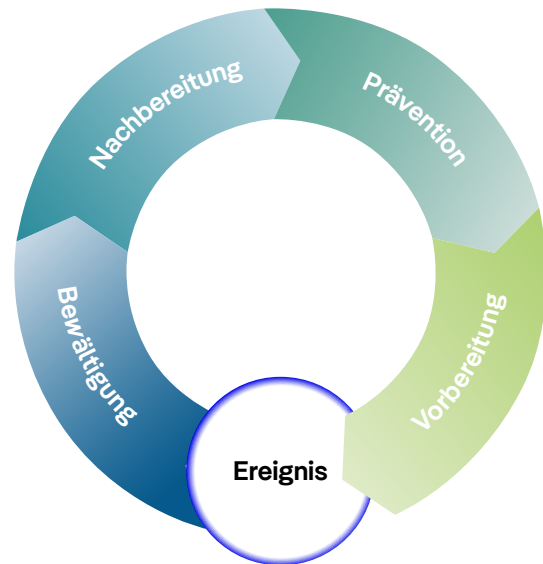


Abbildung 4: Phasen des integrierten Risikomanagements

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH, nach BBK o. J.b.

Katastrophenrisikomanagements zu unterstützen und zu verbessern (vgl. Josipovic/Viergutz 2023: 945).

Kommunen entwickeln hierfür vielfältige Lösungsansätze, die in Art, Umfang und Reifegrad stark variieren. Die MPSC geben einen beispielhaften Einblick in diese Vielfalt: Dort entstandene Lösungen zur smarten Hochwasservorsorge sind sowohl hinsichtlich der eingesetzten digitalen Dienstleistungen als auch ihrer Einordnung in den Katastrophenrisikomanagementzyklus breit gefächert. Da viele Projekte in mehreren Phasen wirken, ist eine eindeutige Zuordnung nicht immer möglich. Die Maßnahmen dieser Modellprojekte stellen dabei lediglich einen Ausschnitt aus dem breiten Spektrum kommunaler Lösungsansätze dar.

Im Mittelpunkt der Analyse der Fallbeispiele stehen die jeweilige digitale Lösung und ihr Entwicklungsstand sowie die Frage, wie Informationen erhoben, verarbeitet und für Verwaltung, Einsatzkräfte oder die Öffentlichkeit bereitgestellt werden. Darüber hinaus wird untersucht, welche Akteurinnen und Akteure, etwa Kommunen, Wasserverbände oder weitere Fachbehörden, in Konzeption, Betrieb und Nutzung eingebunden sind und wie die Zusammenarbeit jeweils organisiert ist. Abschließend werden Ansätze zum Monitoring sowie bestehende Erfolgskriterien betrachtet, um später Rückschlüsse auf die Wirksamkeit und den Mehrwert der Lösungen zu ermöglichen.

	PRÄVENTION	VORBEREITUNG	BEWÄLTIGUNG	NACHBEREITUNG
Aalen & Heidenheim	Klimazentrierte Datennutzung zur Identifikation von Belastungshotspots			
Berlin	Planungstool für blau-grüne Infrastruktur			
LK Bitburg-Prüm	Digitale Hochwassermelder und KI-Prognose			
Dresden	Digitaler Starkregenzwilling zur Risikoanalyse, Warnung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit			
Dortmund & Schwerte		Unwetter- und Katastrophenwarnung		
Eichenzell	Starkregenfrühwarnsystem und Ableitung von Handlungsempfehlungen für gefährdete Gebiete			
Flensburg & Kreise	Mess- und Prognosesystem zur Optimierung des Wassermanagements			
Gütersloh		Hochwasserfrühwarnsystem		
LK Hameln-Pyrmont		Hochwasserinformationssystem		
Haßfurt	Risikomanagementsystem für den intelligenten Hochwasserschutz			
Hildesheim		Hochwassersensorik zur Erfassung kritischer Pegelstände		
LK Hof	Sensorbasierte Erfassung von Wasserständen und Integration in Digitalen Zwilling			
LK Hof	Transfer- & Beratungsstelle Schwammregion			Transfer- & Beratungsstelle Schwammregion
Kiel Region	Smarte Wasserplanung im Quartier			
LK Kusel	Aufbau eines Sensornetzwerks zur Hochwasserinformation			
Lemgo/Kalletal		Hochwasserinformationssystem		
Lemgo/Kalletal	Smarte Entwässerung bei Starkregen			
LK Mayen-Koblenz		Hochwasserinformationssystem		
Münster	Wasserwirtschaftsmodell zur Analyse, Bewertung und Planung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen			
Münster		Risikoanalyse kleiner Fließgewässer zur Starkregen und Hochwasservorsorge		
Solingen		Smartest Unwetterwarnsystem		
Wuppertal	Digitaler Zwilling zur Entscheidungsunterstützung			
Zwönitz	Sensortechnik zur Risikovermeidung im Bereich Hochwasser			

Abbildung 5: Überblick über MPSC-Maßnahmen zum Thema Hochwasserschutz und -vorsorge

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH, nach BBK o. J.b.

3.1 Nutzung digitaler Lösungen in der Hochwasservorsorge der Modellprojekte Smart Cities

Die MPSC-Maßnahmen zur smarten Hochwasservorsorge verteilen sich über alle vier Phasen des Katastrophenrisikomanagementzyklus. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Aufbau digitaler Dateninfrastrukturen als Grundlage für eine verbesserte Hochwasservorsorge. Den Kern bilden sensorbasierte Systeme zur Erfassung von Pegelständen, Niederschlags- und Wetterdaten sowie teilweise von Bodenfeuchte. Diese Daten werden zu meist in urbanen Datenplattformen zusammengeführt und über Dashboards visualisiert. Dass viele Kommunen mit dem Infrastrukturaufbau beginnen, ist nicht allein Ausdruck vorausschauender Planung: Häufig haben erst die Erfahrungen realer Hochwasserereignisse den Bedarf nach belastbaren Datengrundlagen für Verwaltung, Einsatzkräfte und Bevölkerung angestoßen.

3.1.1 Prävention: Grundlagenaufbau und Risikomodellierung

In der Präventionsphase konzentrieren sich die MPSC-Maßnahmen auf zwei aufeinander aufbauende Ansätze: Zum einen geht es darum, flächendeckende Sensornetzwerke auszubauen, um eine belastbare Datengrundlage für alle weiteren Phasen zu schaffen. Dazu kommt der Aufbau einer zentralen Datenplattform als Datendrehscheibe, in der Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt und analysiert werden können, um ursächliche Risiken zu identifizieren. Neben der Erfassung von Pegelständen spielt demnach auch die Erfassung weiterer klimarelevanter Daten eine Rolle, wie zum Beispiel im Landkreis Kusel sowie den Städten Zwönitz und Aalen/Heidenheim.

Ergänzend erproben mehrere Kommunen digitale Zwillinge und dreidimensionale Modelle, um potenzielle Überflutungsszenarien räumlich abbilden und deren Auswirkungen verständlich darstellen zu können. Dresden und Wuppertal simulieren unterschiedliche Starkregenszenarien und unterstützen damit sowohl die fachliche Planung als auch die Sensibilisierung der Bevölkerung. Auch zweidimensionale, kartenbasierte Darstellungen wie in Berlin können Planenden ein Werkzeug an die Hand geben, um besonders von Starkregen betroffene urbane Gebiete zu identifizieren und im Anschluss passende Maßnahmen einzuleiten, zum Beispiel zur Reduktion des Oberflächenabflusses.

In Münster wird zusätzlich ein digitaler Wasserzwillling mit 1D-2D-Simulation zur Analyse, Bewertung und Planung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen erprobt, um eine integrierte Betrachtung städtischer Wasserinfrastrukturen zu ermöglichen. Um hydraulische Spitzen bei Starkregen abzufedern, soll in

Lemgo/Kalletal auch das Kanalnetz zur „smarten Entwässerung“ einbezogen und durch Aktoren, die Steuerbefehle in konkrete Handlungen umsetzen, automatisiert geregelt werden.

3.1.2 Vorbereitung: Frühwarnung, Prognose und Bevölkerungsinformation

In der Vorbereitungsphase liegt der Schwerpunkt darauf, drohende Gefahrenlagen frühzeitig zu erkennen und Informationen für Verwaltung, Einsatzkräfte und Bevölkerung bereitzustellen.

Kern vieler Maßnahmen ist die Verknüpfung von Sensordaten mit definierten Schwellenwerten, die meist zur internen Beurteilung der Lage durch Expertinnen und Experten genutzt werden. Die Landkreise Hameln-Pyrmont und Mayen-Koblenz sowie die Kommunen Hildesheim, Haßfurt und Lemgo/Kalletal bauen sensorbasierte Hochwasserinformationssysteme auf, die Pegelstände und Niederschlagsdaten in Echtzeit erfassen und für solche Lagebeurteilungen nutzbar machen. Kommunale Sensordaten ergänzen dabei überregionale Systeme wie die des Deutschen Wetterdienstes oder der Landeshochwasserzentralen: Ihr Mehrwert liegt in der höheren räumlichen Auflösung und der Erfassung kleinerer Fließgewässer.

Einzelne Maßnahmen gehen über die reine Echtzeiterfassung hinaus und erproben KI-gestützte Prognosemodelle. Der Landkreis Bitburg-Prüm und die Stadt Gütersloh entwickeln Ansätze, die Hochwasserereignisse frühzeitiger vorhersagen sollen. Dieser Schritt von der reaktiven Erfassung zur vorausschauenden Prognose stellt höhere Anforderungen an Datenqualität, Modellvalidierung und Systempflege.

Die Information der Bevölkerung bildet einen weiteren Schwerpunkt. Über verschiedene Benachrichtigungskanäle wie unter anderem einer Stadt-App kann die Bevölkerung bei bedrohlichen Starkregenlagen schnell gewarnt werden, etwa in Dortmund und Schwerte oder Solingen. Diese lokalen Systeme können überregionale Warnungen räumlich konkretisieren und damit Lücken schließen, die allgemeine und räumlich kaum differenzierte Warnmeldungen hinterlassen.

3.1.3 Bewältigung: Echtzeitinformation und Systemresilienz

In der Bewältigungsphase steht die operative Unterstützung von Einsatzkräften und Infrastrukturbetreibern im Vordergrund. Echtzeitdaten ermöglichen einen gezielteren und sichereren Einsatz von Rettungskräften und verringern das Risiko von Fehleinsätzen in dynamischen Lagen.

Dabei stößt eine kommunal getragene Datenerhebung an strukturelle Grenzen: Betreiber kritischer Infrastrukturen sind auf besonders hohe Anforderungen an Datenqualität, Verfügbarkeit und IT-Sicherheit angewiesen. Viele der in kommunalen Sensornetzen eingesetzten Übertragungstechnologien – etwa LoRaWAN oder NB-IoT – sind allerdings primär für energieeffiziente IoT-Kommunikation ausgelegt und erfüllen diese Anforderungen teilweise nur sehr eingeschränkt. Dies ist besonders relevant, da hochwasserbezogene Informationssysteme im Ereignisfall unmittelbar sicherheitsrelevante Entscheidungen beeinflussen und damit potenziell KRITIS-relevante Funktionen berühren.

In einigen Projekten wird daher die Resilienz der digitalen Infrastruktur selbst mitgedacht: Diversifizierte Übertragungswegen – Mobilfunk, Glasfaser und LoRaWAN im Verbund – können technische Ausfallrisiken reduzieren. Kooperationen mit Wasserverbänden zeigen wie im Fall von Wuppertal, dass eine frühzeitige Einbindung regionaler Fachakteure die technische und organisatorische Robustheit der Systeme stärken kann und zugleich die Grundlage für eine abgestimmte Definition von Datenqualitätsanforderungen und Sensorstandorten legt.

3.1.4 Nachbereitung: Lernen aus Ereignissen

Die systematische Nachbereitung, also das organisatorische und institutionelle Lernen aus vergangenen Hochwasserereignissen, ist in den MPSC-Maßnahmen bislang eher implizit verankert. Viele Projekte schaffen durch den Aufbau dauerhafter Monitoringstrukturen und die Integration von Daten in urbane Datenplattformen die Voraussetzungen für spätere Auswertungen. Ein explizit auf Wissenssicherung und Erfahrungstransfer ausgerichteter Ansatz spielt jedoch zum Zeitpunkt der Analyse der MPSC-Maßnahmen datenbank (Mai 2026) eine sehr untergeordnete Rolle.

Der Landkreis Hof bildet mit der „Transferwerkstatt Wasser“ eine Ausnahme: Das Projekt zielt ausdrücklich auf den strukturierten Wissensaustausch zwischen Kommunen und verankert institutionelles Lernen als eigenständiges Ziel. Gleichzeitig zeigt die Gesamtschau, dass die neu gewonnenen Daten bislang nur teilweise systematisch für die nachträgliche Analyse von Überflutungsereignissen genutzt werden – etwa um daraus Hinweise für bauliche oder räumliche Maßnahmen abzuleiten, die Hochwassergefährdungen im Einzugsgebiet ursächlich mindern könnten.

Insgesamt legt die Übersicht nahe, dass die MPSC-Maßnahmen einen deutlichen Schwerpunkt auf die Phasen der Prävention und Vorbereitung setzen. Die Nachbereitung als explizite Phase bleibt demgegenüber unterrepräsentiert, auch wenn die aufgebauten Infrastrukturen dafür schrittweise die Grundlage legen.

3.2 Fallbeispiele einer smarten Hochwasservorsorge

Die folgenden fünf Fallbeispiele zeigen, welchen Beitrag digitale Lösungen zur smarten Hochwasservorsorge leisten können. Sie sind entlang der Phasen des Katastrophenrisikomanagements – Prävention, Vorbereitung, Bewältigung und Nachbereitung – eingeordnet. Die vorgestellten Ansätze adressieren allerdings zumeist nicht nur eine einzelne Phase, sondern wirken übergreifend entlang mehrerer Phasen im Zyklus.

- Berlin und Dresden stehen beispielhaft für den Einsatz digitaler Lösungen, um **präventive Hochwasservorsorge** durch die strategische Planung von Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung zu unterstützen.
- Der Eifelkreis Bitburg-Prüm nutzt seine Sensorik, um die Datenlage insbesondere an kleineren Fließgewässern zu verbessern und somit zu **vorbereitenden Maßnahmen** des Risikomanagements beizutragen. Ein KI-basiertes Prognosemodell birgt zudem die Chance, frühzeitigere Hochwasserwarnungen zu kommunizieren.
- Solingen setzt ebenfalls auf den Ausbau lokaler Umweltsensorik, um lokale Extremwetterereignisse genau zu beobachten, die Bevölkerung im Ereignisfall über diverse Kommunikationskanäle gezielt zu warnen und damit das eigentliche Starkregenereignis besser zu **bewältigen**.
- Der Landkreis Hof richtet für alle 27 landkreisangehörigen Kommunen eine zentrale Entwicklungs- und Beratungsstelle am Institut für nachhaltige Wassersysteme (inwa) der Hochschule Hof ein, unter anderem um **Erfahrungen aus vergangenen Ereignissen** und Projekten systematisch auszuwerten und das Wissen strukturiert weiterzugeben.

3.2.1 Prävention: Risiken erkennen und reduzieren



Prävention im Hochwasserrisikomanagement zielt darauf ab, Verwundbarkeiten langfristig zu reduzieren sowie urbane und regionale Resilienz strukturell zu stärken. Die Stärkung des natürlichen Wasserhaushalts durch Entsiegelung, Renaturierung sowie den Ausbau von Rückhalteflächen und Auen verbessert Versickerung und Wasserrückhalt im Einzugsgebiet, dämpft Abflussspitzen bei Starkregen und reduziert die hydraulische Belastung von Gewässern und Entwässerungssystemen. Da Einzugsgebiete in der Regel mehrere Kommunen umfassen, erfordert dies ein abgestimmtes interkommunales Einzugsgebietsmanagement.

Ein zentrales Element besteht in der systematischen Erhebung und Auswertung von Informationen, um gefährdete Gebiete, kritische Infrastrukturen oder besonders exponierte Bevölkerungsgruppen zu identifizieren. Instrumente wie Hochwasser- und Starkregengefahrenkarten, Raumordnung und Bauleitplanung werden dabei durch Maßnahmen der Sensibilisierung der Bevölkerung ergänzt, da individuelle Eigenvorsorge einen wesentlichen Beitrag zur Risikominderung leisten muss.

Digitale Lösungen schaffen in dieser Phase vor allem raum- und handlungsfeldübergreifende Wissensgrundlagen zur Unterstützung von Planungsentscheidungen: GIS-gestützte Analysen, Simulationen und digitale Zwillinge integrieren heterogene Datenquellen (z. B. hydrologische Modelle, Topografie, Landnutzung oder Klimaszenarien) und machen sowohl Risiken als auch Wirkungen möglicher Maßnahmen sichtbar, etwa im Bereich blau-grüner Infrastrukturen. Datenbasierte Methoden, einschließlich KI-gestützter Verfahren, können zudem zur Optimierung und adaptiven Steuerung von Kanalnetzen und Rückhaltebecken beitragen. Dies zeigen die folgenden Beispiele: Berlin nutzt ein webbasiertes Planungs- und Simulationstool, das die Wirkungen blau-grüner Maßnahmen modellbasiert bewertet und damit die strategische Infrastrukturplanung direkt unterstützt. Dresden integriert Sensor-, Radar- und Modelldaten in einem öffentlich zugänglichen urbanen digitalen Zwilling, der Gefährdungen bis auf Gebäudeebene sichtbar macht.

Fallbeispiel Berlin: Gezielte Planung blau-grüner Infrastruktur

Zunehmende Starkregenereignisse führen auch in Berlin zu erheblichen Belastungen: Der hohe Versiegelungsgrad verhindert ein ausreichendes Versickern des Regenwassers, was wiederholt zu Überlastungen der Kanalisation, flächigen Überflutungen und Einträgen in Spree und angrenzende Gewässer geführt hat – zuletzt in den Jahren 2017, 2019 und 2023 (vgl. Jacobs/ Appenzeller 2018; Loy 2019; dpa 2023). Die MPSC-Maßnahme SmartWater adressiert diese Herausforderungen, indem sie die Berliner Verwaltung auf Senats- und Bezirksebene bei der strategischen Planung und Umsetzung blau-grüner Infrastrukturmaßnahmen zur Stärkung der Klimaresilienz unterstützt. Darüber hinaus zielt SmartWater darauf ab, die Berliner Bevölkerung für Starkregenrisiken und den Mehrwert von Klimaanpassungsmaßnahmen zur Reduktion urbaner Klimafolgen zu sensibilisieren.

Digitale Lösung und bisherige Schritte: Die digitale Lösung besteht aus drei Bausteinen. Zentrales Tool ist der sogenannte **Blau-Grüne-Infrastruktur-Planer (BGI-Planer)**, ein webbasiertes Planungstool, das Simulationen nutzt, um Auswirkungen verschiedener Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaft-

Tabelle 1: Typische Maßnahmen und Instrumente der Vorbereitungsphase und Erläuterung des Beitrags digitaler Lösungen

Prävention	
Typische Instrumente und Maßnahmen	Beitrag digitaler Lösungen
• Hochwassergefahren- und -risikokarten (HQ₁₀, HQ₁₀₀, HQ_{extrem}) • Starkregengefahrenkarten • Ausweisung von Rückhalteflächen sowie Maßnahmen zur Entsiegelung und Renaturierung • Entwicklung von Konzepten bzw. Strategien des Hochwasserschutzes und der Klimaanpassung • Optimierung der Siedlungsentwässerung	• GIS-basierte Risikoanalysen: Analyse von Gefährdung, Exposition und Vulnerabilität • Simulationen: Maßnahmenplanung und Visualisierung von Effekten • digitale Zwillinge: Visualisierung von Szenarien zur Identifikation gefährdeter Gebiete; Integration von unter anderem hydrologischen und hydrodynamischen Fachmodellen, Topografie, Landnutzung, Pegeln, Klimaszenarien • Satellitendaten und Fernerkundung: Bodenfeuchte, Versiegelung, Gewässerverläufe • Optimierung, Steuerung von Kanalnetzen

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH

tung darzustellen und ihre Effekte vergleichbar zu machen. Der BGI-Planer folgt einem dreistufigen modularen Analyse- und Planungsprozess:

Zunächst definieren die Nutzenden ihr Projektgebiet direkt in der Kartenanwendung oder laden bestehende Planungen als Geodaten in das Web-Tool hoch. Im ersten Modul werden auf Basis thematischer Karten Handlungsbedarfe identifiziert, etwa in Bezug auf Starkregen, Hitzebelastung, Versiegelung oder Gewässerschutz. Dadurch werden räumliche Verwundbarkeiten sichtbar. Im zweiten Modul werden Machbarkeiten und Potenziale analysiert, etwa durch Gründachpotenziale oder planerische Restriktionen wie Denkmalschutz. Das dritte Modul ermöglicht schließlich die Platzierung konkreter blau-grüner Maßnahmen aus einem standardisierten Katalog. Die zu erwartenden Wirkungen werden modellbasiert bewertet, unter anderem mithilfe des Wasserhaushaltsmodells ABIMO sowie vorberechneter Szenarien zu Starkregen und Hitze.

Die folgenden Abbildungen zeigen die drei zentralen Bausteine von SmartWater: die kartografische Darstellung des Versiegelungsgrads zur Identifikation räumlicher Handlungsbedarfe (Abbildung 6), das Hochwasser-Infoportal, das überflutungsgefährdete Straßen bei Starkregenereignissen visualisiert (Abbildung 7), sowie das digitale Spiel mit ersten Ideen zur Visualisierung von blau-grünen Infrastrukturmaßnahmen (Abbildung 8).

Ein weiterer Baustein von SmartWater ist der Aufbau eines **Hochwasser-Infoportals**, in dem sich Bürgerinnen und Bürger kartenbasiert über Starkregen Gefahren und potenzielle Überschwemmungen beziehungsweise Überflutungen in ihrer Umgebung informieren können. Über die Eingabe einer Adresse erhalten sie eine Einschätzung zur bestehenden Gefährdungslage. Zusätzlich erhalten sie konkrete Handlungs- und Maßnahmevorschläge, die sowohl im Ereignisfall als auch zur Eigenvorsorge hilfreich sind. Den dritten Baustein von SmartWater bildet ein **digitales Spiel**. Interessierte können sich über eine Web-App auf spielerische Art mögliche blaue und grüne Infrastrukturmaßnahmen und deren Nutzen zur Reduktion von Hitzeinseln oder Überflutungsfahren auf fotorealistischen Abbildungen ihres Quartiers visualisieren lassen.

Technisch greifen alle Anwendungen auf eine zentrale Datenplattform zurück, die unter Berücksichtigung offener Schnittstellen und Standards (z. B. GeoJSON, REST-API) unterschiedliche Datenquellen integriert und verwaltungsweit verfügbar macht. Die Open-Source-Lösungen in SmartWater basieren unter anderem auf dem FIWARE-Framework sowie PostgreSQL als Open-Source-Datenbank. Der BGI-Planer und das Hochwasser-Infoportal werden mit offenen Frameworks (z. B. ReactJS, MapLibre) umgesetzt und der Quellcode auf GitHub und gegebenenfalls openCode unter Open-Source-Lizenzen veröffentlicht. Die Datenanalysen erfolgen mit QGIS, Python (Spyder) oder R-Studio. Proprietäre Modellierungssoftware (z. B.

InfoWorks ICM, ENVI-met) wird nur zur Ableitung vereinfachter, offener Modelle verwendet.

Der Prozess zur Entwicklung der digitalen Lösungen von SmartWater startete im Februar 2023 mit diversen Expertendialogen und Steuerungsrunden, in denen Anforderungen definiert und zwei unterschiedliche Pilotgebiete ausgewählt wurden: ein Bestandsquartier im Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg und ein Neubaugebiet im Bezirk Pankow. Seit Mitte 2024 wurden Prototypen in Tests mit Fachleuten und künftigen Nutzenden erprobt. Parallel begann ab 2025 die technische Programmierung der Anwendungen, die sich derzeit (März 2026) in der finalen Phase befindet. Bis September 2026 sollen die finalen Tools an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen sowie die Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt als künftige Betreibende übergeben und langfristig verstetigt werden.

Eingebundene Akteurinnen und Akteure: Die fachliche Projektkoordination liegt beim Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH. Die Federführung für die drei Prototypen liegt bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen (SenStadt) sowie der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMKVU). Weitere Projektpartner sind die Berliner Wasserbetriebe, die Technologiestiftung Berlin, die Berliner Regenwasseragentur sowie Bezirksämter aus Friedrichshain-Kreuzberg und Pankow.

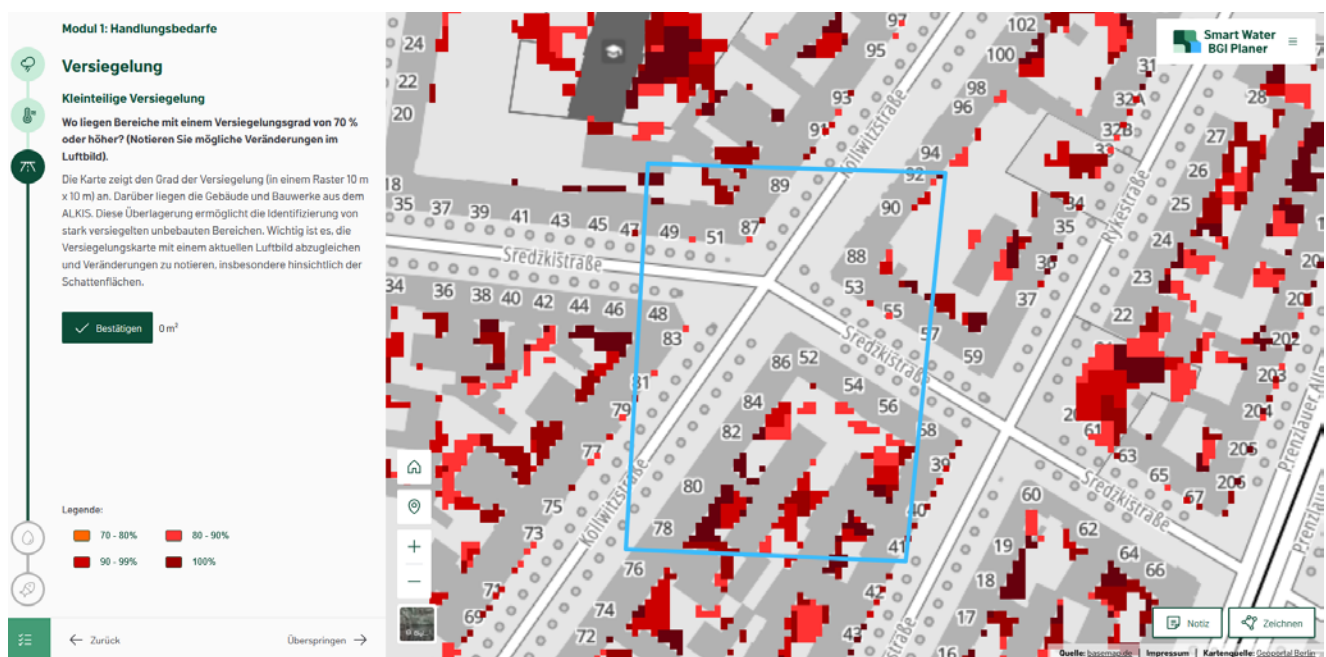


Abbildung 6: Planer für Blau-Grüne Infrastruktur (BGI), Modul 1: Darstellung des Versiegelungsgrads

Quelle: Technologiestiftung Berlin

Abbildung 7: Das Hochwasser-Infoportal zeigt die bei Starkregen überflutungsgefährdeten Straßen an



Quelle: Technologiestiftung Berlin

Erfolgskriterien und Monitoring: Zur Überprüfung der Wirksamkeit wurde ein begleitendes Monitoring aufgebaut. Zentrale Kennzahlen sind eine Nutzerzufriedenheit von mindestens 80 % für den BGI-Planer und Infoportal sowie je 250 monatliche Nutzende für das Infoportal und digitale Spiel.

Ähnliche Maßnahmen in MPSC (siehe Kurzbeschreibungen im Anhang): [Kiel](#) und [Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön](#)

Fallbeispiel Dresden: Urbaner digitaler Starkregenzwilling zur Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit sowie Aufzeigen von Handlungsmöglichkeiten zur Risikominimierung

Dresden ist sowohl durch pluviales als auch fluviales Hochwasser erheblichen Risiken ausgesetzt. Insgesamt werden 13 Stadtteile der höchsten und weitere 22 Stadtteile einer erhöhten Starkregengefährdung zugeordnet (vgl. dpa Sachsen 2025). Auch Hochwasserereignisse infolge eines Übertritts der Elbe betreffen mit 6 stark und weiteren 20 moderat gefährdeten Stadtteilen große Teile des Stadtgebiets (vgl. ebd.). Für die kommunale Verwaltung ergibt sich daraus das Problem, dass zwar große Mengen fachlicher Daten vorliegen, diese jedoch bislang nicht in integrierter Form aufbereitet und genutzt werden können. Vor diesem Hintergrund setzt die Stadt beim Aufbau ihres urbanen digitalen Zwillings auf eine hohe räumliche Auflösung, um Ge-

fährdungslagen differenziert zu analysieren und Maßnahmen gezielt planen zu können.

Als zentrales Instrument für das Starkregenrisikomanagement hat der Aufbau eines urbanen digitalen Zwillings zwei Zielgruppen: Der Verwaltung soll der digitale Zwillings ein leistungsfähiges Werkzeug zur Erstellung von Szenarien bereitstellen, um potenzielle Überflutungssituationen frühzeitig zu analysieren, Risikoanalysen durchzuführen und darauf aufbauend planerische und bauliche Maßnahmen im öffentlichen Raum ableiten zu können. Gleichzeitig soll er eine differenzierte Risikokommunikation und Sensibilisierung der Bevölkerung vor Starkregen ermöglichen und durch Aufzeigen von Handlungsmöglichkeiten die Eigenvorsorge stärken.

Digitale Lösung und bisherige Schritte: Im Rahmen des MPSC Dresden arbeitet die Stadtverwaltung seit 2024 zusammen mit Forschenden der Technischen Universität Dresden und der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden an der Entwicklung eines urbanen digitalen Starkregenzwillings auf Open-Source-Basis. Dafür wurden zunächst drei Pilotgebiete im Dresdner Süden ausgewählt. Ein Prototyp für die Öffentlichkeit auf Basis freier und offener Software liegt bereits unter vor (vgl. Landeshauptstadt Dresden o. J.).

Die technische Grundlage bildet die Weiterentwicklung eines bereits verfügbaren 3D-Stadtmodells Dresdens zu einem umfassenden digitalen Abbild der gebauten und unbebauten Umwelt. Über die bereits vorhandenen, in 3D erfassten Gebäude hinaus wird die bisher nur als Luftbild abgebildete städtische Oberfläche digital ausdifferenziert. Hierzu wird das 3D-Stadtmodell mit starkregenrelevanten typisierten und adressierbaren Objekten der grauen (z. B. Gebäude und Straßen), blauen (z. B. Gewässer und Abwasserkanäle) und grünen Infrastruktur (z. B. Grün- und Freiflächen) angereichert. Diesen werden am Beispiel Starkregen die wasserbezogenen Fachinformationen vom Niederschlag über den resultierenden Abfluss oder Überstau bis hin zu Schadenspotenzialen zugewiesen. Für die Darstellung des Ist-Zustands werden sensorgestützte Daten zum tatsächlich fallenden Niederschlag sowie zu seinen potenziellen Auswirkungen kontinuierlich erfasst und online bereitgestellt, sodass digital ein zeitnahes Lagebild entsteht. Das informationstechnische Herzstück hierfür bildet die urbane Datenplattform der Stadt (UDP), welche als zentrale Datenquelle des Zwillings fungiert. Dieses methodisch-technische Vorgehen ist in Zukunft auf weitere fachliche Themenfelder übertragbar, insbesondere im Bereich der Klimaanpassung (z. B. Umgang mit Hitze, wassersensible Stadtentwicklung) und des Klimaschutzes (z. B. Abbilden von Wärmebilanzen von Gebäuden, Solarpotentiale). Für die Gefährdungsprognose werden zusätzlich Sensor- und Regenra-

daten sowie hydrodynamische Modellsysteme integriert, um Überflutungsszenarien zu simulieren und potenzielle Schadenslagen präventiv sichtbar zu machen.

Über eine 3D-Web-App, die auf Desktop- und Mobilgeräten verfügbar ist, können sich Nutzende Überflutungstiefen für ausgewählte Starkregenszenarien im Stadtgebiet von Dresden anzeigen lassen. Das System erlaubt eine Bewertung der Gefahren für den gesamten Stadtbereich bis hin zum einzelnen Gebäude. Gleichzeitig werden sensorgestützte Echtzeit-Informationen bereitgestellt. Der verwaltungsinterne digitale Zwilling soll als Plattform zur ämterübergreifenden Zusammenarbeit und zur Vernetzung von Fachdaten insbesondere für Risikoanalysen und die wassersensible Stadtplanung dienen.

Eingebundene Akteurinnen und Akteure: Die Projektleitung des MPSC liegt beim Eigenbetrieb IT-Dienstleistungen der Landeshauptstadt Dresden. Die Maßnahme „Digitaler urbaner Starkregenzwilling und Umweltmonitoring“ wird unter Leitung des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden umgesetzt. Das Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik der TU Dresden ist für die technische Entwicklung des Starkregenzwillings verantwortlich. Ein Team der HTW Dresden erarbeitet Werkzeuge zur 3D-Visualisierung und Schadensberechnung von

Wohngebäuden. Daten liefern unter anderem das Amt für Geodaten und Kataster sowie die Stadtentwässerung Dresden.

Monitoring und Erfolgskriterien: Der Erfolg des Projekts wird unter anderem an der Vollständigkeit der typisierenden Abbildung der digitalen Oberfläche im 3D-Stadtmodell bewertet. Ein Ziel ist es, die Pilotgebiete vollständig und den Dresdner Süden zu mindestens 70 % abzubilden, um alle für Starkregen relevanten Flächen zu erfassen. Darüber hinaus gilt die Vorbereitung der Übertragbarkeit der Technologien auf weitere Stadtbereiche bis zum Projektende (12/2026) als zentrales Erfolgskriterium. Die Bereitstellung von Teilergebnissen im 3D-Stadtmodell für die Öffentlichkeit sowie die Anzahl der Seitenaufrufe, Rückmeldungen und Umfrageergebnisse dienen der Evaluation von Nutzung, Interesse und Zufriedenheit seitens der Zielgruppen.

Ähnliche Maßnahmen in MPSC (siehe Kurzbeschreibungen im Anhang): [Wuppertal \(DigiTal Zwilling\)](#), [Landkreis Hof \(hoferLand.digital\)](#)



Abbildung 8: Berlin: In einer Web-App können Interessierte blaue und grüne Infrastrukturmaßnahmen fotorealistisch visualisieren lassen und damit der interessierten oder betroffenen Bevölkerung näherbringen

Quelle: Invisible Room

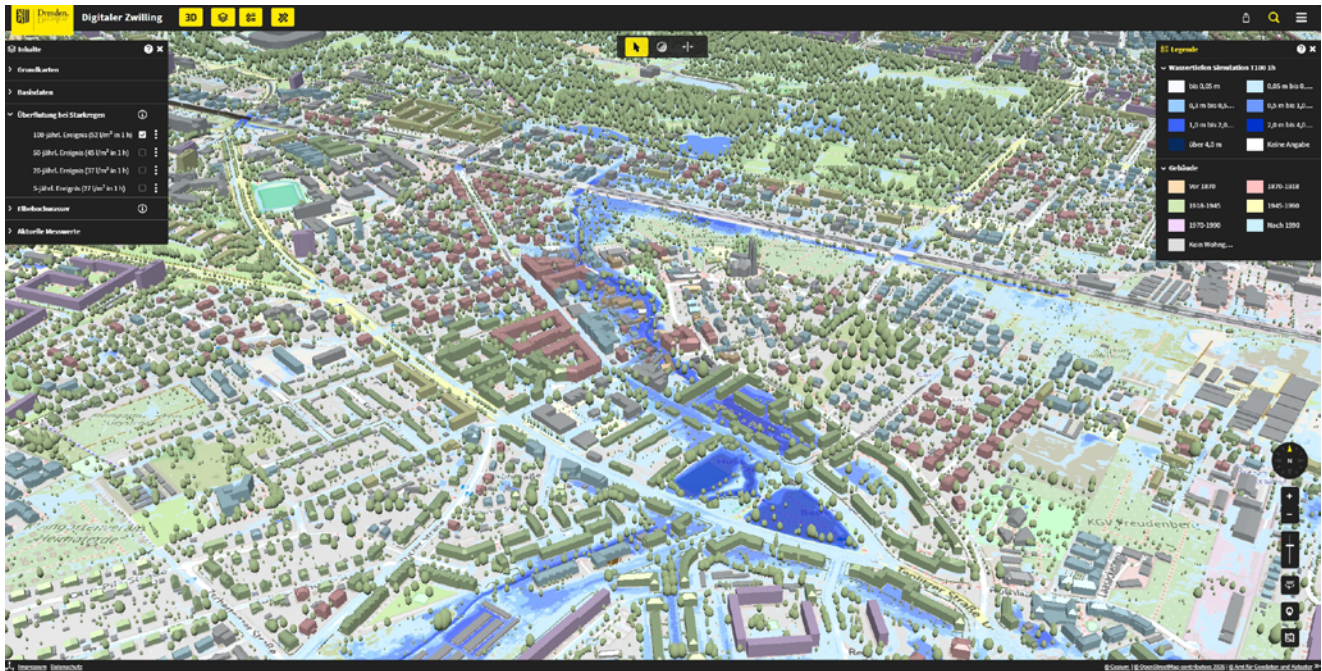


Abbildung 9: Screenshot des öffentlich zugänglichen digitalen Zwillings: 3D-Visualisierung der von Überflutung betroffenen Gebiete bei einem 100-jährlichen Starkregenereignis

Quelle: Landeshauptstadt Dresden

3.2.2 Vorbereitung: Rechtzeitig warnen und Handlungsfähigkeit sicherstellen



Das Ziel der Vorbereitungsphase besteht darin, die Handlungsfähigkeit aller relevanten Akteure im Fall eines Hochwasserereignisses sicherzustellen. Während die Prävention auf langfristige strukturelle Veränderungen abzielt, fokussiert die Vorbereitungsphase auf die organisatorische und operative Einsatzbereitschaft. Dafür werden kontinuierlich Informationen gesammelt, um etwa Niederschlagsmengen und Pegelstände zu beobachten und mögliche Extremereignisse frühzeitig zu erkennen. Einen klaren Vorteil bringt dabei der Faktor „Zeit“: Je früher ein potenzielles Hochwasser erkannt wird, desto größer sind die Handlungsspielräume für schützende Maßnahmen. Die frühzeitige Information und Warnung der Bevölkerung ist ein integraler Bestandteil dieser Phase. Eine wichtige Voraussetzung für ein präventives Hochwassermanagement ist die Entwicklung und Aktualisierung von Alarm- und Einsatzplänen sowie die Einrichtung von Krisenstäben. Die Pläne und die Verteilung der Aufgaben müssen in regelmäßigen Übungen gefestigt werden, damit alle Beteiligten im Ereignisfall handlungssicher agieren können.

Digitale Lösungen spielen bei der zeitkritischen Informationsbeschaffung eine wesentliche Rolle: Sensoren erheben kontinuierlich Pegelstände und Niederschlagsdaten und machen eine Überwachung möglich, ohne dass Pegelstände vor Ort abgelesen

werden müssen. Durch die automatisierte Auswertung dieser Daten lassen sich kritische Situationen über Dashboards schnell abbilden. Über Warn-Apps kann die Bevölkerung zielgerichtet und in Echtzeit informiert werden. Die langfristige Datenerhebung ermöglicht es zudem, KI-basierte Prognosemodelle aufzubauen, die Informationen zu einem möglichen Hochwasserereignis im Voraus ausgeben können. Voraussetzung hierfür sind eine hohe Datenqualität, verlässliche Übertragungswege sowie eine robuste IT-Infrastruktur.

Wie ein solches System in der Praxis aufgebaut wird, zeigt der Eifelkreis Bitburg-Prüm: Mit einem dezentralen Netz batteriebetriebener Radarsensoren an Gewässern zweiter und dritter Ordnung werden Pegelstandsänderungen in Echtzeit erfasst und in einem öffentlich zugänglichen Dashboard sichtbar gemacht. Ein KI-gestütztes Prognosemodell soll künftig Warnungen mehrere Stunden im Voraus ermöglichen.

Fallbeispiel Eifelkreis Bitburg-Prüm: Datenerhebung und KI-Prognose zur frühzeitigen Warnung vor Hochwasser durch Starkregen

Der Eifelkreis Bitburg-Prüm gehörte mit dem Ahrtal zu den von der Hochwasserkatastrophe 2021 besonders betroffenen Regionen. Das Ereignis verdeutlichte die Schwachstellen der bisherigen Hochwasservorsorge: Gewässer zweiter und dritter Ordnung wurden bislang nicht systematisch überwacht, obwohl sie bei Starkregen kurzfristig stark ansteigen und lokale Gefährdungen

auslösen können. Vor dem Hintergrund der erwarteten Zunahme intensiver Starkregenereignisse sieht der Eifelkreis daher einen erhöhten Bedarf an einer frühzeitigen, datenbasierten Erkennung von Gefährdungslagen aus diesen Gewässerkategorien.

Ziel der Maßnahme ist der Aufbau eines digitalen Gewässermonitorings, das dem Katastrophenschutz eine frühere und räumlich präzisere Einschätzung der Gefährdungslage erlaubt. Durch die kontinuierliche Erfassung und Auswertung von Pegelständen sollen kritische Entwicklungen schneller erkannt und geeignete Maßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden.

Digitale Lösung und bisherige Schritte: Entlang der Gewässer zweiter Ordnung sowie ausgewählter Gewässer dritter Ordnung wurden bislang 32 autarke, batteriebetriebene Pegelstandssensoren an Brückengeländern im Kreis installiert. Die radarbasierten Sensoren erfassen Pegelstände in kurzen Zeitintervallen und übertragen die Daten über eine LTE-M Funkverbindung an eine zentrale Open-Source-Datenplattform mit projektspezifischer Datenbank zur Datenerfassung, -speicherung, -glättung und -bereitstellung.

Die Visualisierung erfolgt technisch über Grafana-Open-Source-Dashboards. Ein internes Dashboard mit Login-Funktion steht rund 50 autorisierten Nutzerinnen und Nutzern aus Katastrophenschutz, Feuerwehren und Fachämtern zur Verfügung und bietet erweiterte Informationen wie Pegelverläufe, Batteriestände, Empfangsstärke des Mobilfunknetzes und perspektivisch Pegelprognosen. Seit März 2025 ist zusätzlich ein öffentliches Dashboard freigeschaltet, das aktuelle Pegelstände und ihren Verlauf zugänglich macht. Zusätzlich sind die Pegelstände in der App „Meine Pegel“ enthalten, der amtlichen Wasserstands- und Hochwasser-Informationen-App der Hochwasserzentralen in Deutschland. Des Weiteren ist geplant, Pegelpatinnen und -paten beziehungsweise Pegelbeauftragte zu definieren, welche die Sensorik vor Ort warten und die Messergebnisse validieren. Hierzu ist zum aktuellen Zeitpunkt (März 2026) noch keine Stelle gefunden, die dies verbindlich durchführt. Infotafeln für Einwohnende und Mängelmelder an den Brücken, die mit Sensoren ausgestattet sind, sind ebenfalls in Planung.

Zusätzlich zur Erfassung und Visualisierung der Pegelstände werden die Pegeldaten mit weiteren relevanten Parametern wie Niederschlag und Bodenfeuchte auf derselben Plattform verknüpft. Auf dieser Datengrundlage wird ein KI-gestütztes Prognosetool entwickelt, das Hochwasserinformationen mehrere Stunden im Voraus generieren soll. Die Entwicklung des Algorithmus erfolgt im fachlichen Austausch mit dem Fachbereich „Hydrologie“ der Universität Trier. Die technische Umsetzung übernimmt das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI).

Tabelle 2: Typische Maßnahmen der Vorbereitungsphase und Erläuterung des Beitrags digitaler Lösungen

Vorbereitung	
Typische Maßnahmen	Beitrag digitaler Lösungen
- Erstellung, Bereitstellung und regelmäßige Aktualisierung von Alarm- und Einsatzplänen - Durchführung von Schulungen und Übungen für Einsatzkräfte und Krisenstäbe zur Sicherstellung der Handlungsfähigkeit im Ereignisfall - Aufbau und Entwicklung von Warnsystemen und Kommunikationskonzepten (z. B. Warn-Apps) unter Berücksichtigung und Einbindung bestehender Fachsysteme - Sensibilisierung der Bevölkerung für Hochwasserrisiken durch Informations- und Aufklärungsmaßnahmen und Befähigung zur Eigenvorsorge	Digitale Info- und Frühwarnsysteme: automatische Pegel- und Niederschlagsauswertung, KI-basierte Prognose - Dashboards für Lagebilder: Echtzeitdaten aus verschiedenen Quellen Warn-Apps: zielgerichtete Information der Bevölkerung digitale Einsatz- und Ressourcenplanung ggf. Koordinierung mit benachbarten Kommunen digitale Krisenkommunikation im sich abzeichnenden Notfall: Alarmierungs- und Reaktionsplattformen sowie behördenübergreifende Kommunikationstools für eine koordinierte Information von Einsatzkräften, Verwaltung und Bevölkerung

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH

Eingebundene Akteurinnen und Akteure: Die Pegeldaten werden bereits über eine Schnittstelle dem Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz bereitgestellt. Hierüber erfolgt die Einbindung in die [Landeshochwasserzentrale](#) und in die „Meine Pegel“-App. Darüber hinaus ist der Eifelkreis Teil des „Südwest-Clusters“ von MPSC in den Bundesländern Rheinland-Pfalz und Saarland. Hier wird gemeinsam mit weiteren Landkreisen und Kommunen des Förderprogramms eine modulare Datenplattform aufgebaut, die als gemeinsame technische Infrastruktur für sechs Kommunen beziehungsweise Landkreise betrieben wird. Dabei verbleibt die Datenhoheit jeweils bei den einzelnen Mandanten. Sie umfasst zusätzlich zur Datenaufbereitung und -auswertung einen Datenkatalog, ein Open-Data-Portal sowie Visualisierungsdienste. Ein erster zentraler Anwendungsfall dieser Plattform ist die Echtzeit-Überwachung von Pegelständen. Neben dem Eifelkreis sind die rheinland-pfälzischen Landkreise Kusel, Mayen-Koblenz, die Stadt Kaiserslautern sowie die Stadt und Verbandsgemeinde Linz am Rhein und der saarländische Landkreis Sankt Wendel beteiligt.

Durch diese interkommunale Zusammenarbeit wird Hochwasservorsorge entlang hydrologischer Zusammenhänge gedacht. Da alle Beteiligten der Flussgebietseinheit Rhein angehören, profitieren sie von einem gemeinsamen Lagebild über Kreis- und Bundeslandgrenzen hinweg.

Pegelstände können in Echtzeit verglichen, Abflussentwicklungen flussabwärts frühzeitig antizipiert und Maßnahmen abgestimmt werden. Besonders relevant ist dies für den Unterliegerschutz: Stei-

gende Wasserstände im Oberlauf werden für nachgelagerte Kommunen früh sichtbar. Gleichzeitig ermöglicht die gemeinsame Datenplattform eine Verstetigung durch geteilte Ressourcen und sorgt durch standardisierte Schnittstellen und modulare Erweiterbarkeit potenziell für eine Übertragbarkeit beziehungsweise Skalierung der Plattform auf weitere Kommunen.

Monitoring und Erfolgskriterien: Der Erfolg der Maßnahme bemisst sich insbesondere an der aktiven Nutzung der Dashboards durch den Katastrophenschutz und die Feuerwehren. Als Ziel gilt, dass der Katastrophenschutz des Eifelkreises sowie mindestens 60 % der lokalen Feuerwehren das System regelmäßig nutzen. Als übergeordnete Ebene der 207 Feuerwehren wurden die Wehrleitungen des Landkreises adressiert und in Schulungen und Informationsveranstaltungen bereits über das System informiert. Eine vollständige Integration der Pegel in die Hochwasserportale des Landes stellt einen weiteren Erfolgsindikator dar.

Ähnliche Maßnahmen in MPSC (siehe Kurzbeschreibung im Anhang): [Lemgo/Kalletal](#), [Hameln-Pyrmont](#), [Gütersloh](#), Münster (SafeStream), [LK Mayen-Koblenz](#), [LK St. Wendel](#), [LK Kusel](#)

3.2.3 Bewältigung: Akute Gefahren managen



Ziel der Bewältigungsphase ist es, im akuten Ereignisfall Menschenleben zu schützen und Schäden zu begrenzen. Diese Phase ist durch hohe zeitliche Dynamik und große Unsicherheit geprägt. Kommunen übernehmen hier eine zentrale Koordinationsrolle: Sie stellen die Zusammenarbeit von Feuerwehr, THW, Polizei und Rettungsdiensten sicher und bewältigen logistische Herausforderungen wie den Zugang zu betroffenen Gebieten oder die Bereitstellung von Notunterkünften. Ausschlaggebend ist dabei die Verfügbarkeit aktueller Informationen und funktionsorientierter Kommunikationsstrukturen.

Aufbauend auf Hochwasserinformationssystemen und Prognosemodellen kann die gezielte Information der Bevölkerung im Krisenfall maßgeblich dazu beitragen, Gefährdungen zu minimieren. Kommunikationsplattformen wie Apps oder digitale Stelen unterstützen die Bevölkerungswarnung; interne Dashboards mit Echtzeitdaten zu Pegelständen und Wetterbedingungen dienen der operativen Einsatzsteuerung. Crowdsourcing-Meldungen der Bevölkerung sowie Drohnen- und Satellitenbilder ergänzen das Lagebild, etwa bei versperrten Zugangswegen.

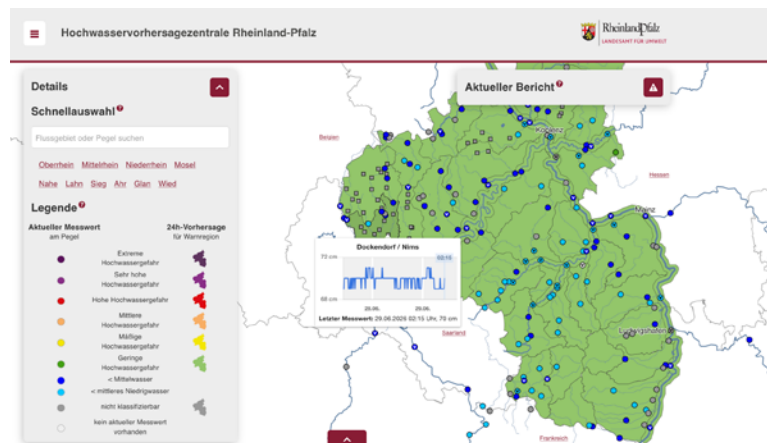


Abbildung 10: Einbindung der Pegeldata aus Dockendorf / Nims in das öffentliche Dashboard der Landeshochwasserzentrale Rheinland-Pfalz

Quelle: Eifelkreis Bitburg-Prüm

Zusätzlich beugen resiliente digitale Infrastrukturen dem Ausfallrisiko von Kommunikationskanälen und Informationsplattformen vor, etwa durch krisenfeste Übertragungswege wie Glasfaser, Mobilfunk und LoRaWAN. Wie eine solche dezentrale, widerstandsfähige Sensorinfrastruktur im Ernstfall quartierscharfe Gefahreninformationen liefern kann, zeigt das Beispiel Solingen.

Fallbeispiel Solingen: Datenerhebung zur frühzeitigen Einschätzung und Kommunikation der lokalen Gefahrenlage und zur effizienten Unterstützung der Rettungskräfte

Solingen liegt im Bergischen Land und weist eine für das Hochwasserrisiko prägende Topographie auf: Der Großteil der Stadt

Tabelle 3: Typische Maßnahmen der Vorbereitungsphase und Erläuterung des Beitrags digitaler Lösungen

Bewältigung	
Typische Maßnahmen	Beitrag digitaler Lösungen
- Durchführung von Evakuierungen gefährdeter Bevölkerungsgruppen und Gebiete - Sicherung von Deichen und Aufbau mobiler Hochwasserschutzsysteme in gefährdeten Bereichen - Einrichtung und Betrieb von Notunterkünften sowie Versorgungseinrichtungen für betroffene Personen - Koordination des Einsatzes von Feuerwehr, THW und Verwaltung zur Gefahrenabwehr	digitale Kommunikationsplattformen: Für Krisenstab, Einsatzkräfte, Leitstellen, Bürgerschaft Crowdsourcing und Bürger-Feedback: Meldungen über überflutete Straßen Drohnen und Satellitenbilder: schnelle Lageerkundung bei eingeschränktem Zugang zu betroffenen Gebieten

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH

erstreckt sich auf den topographischen Rücken des Bergischen Landes, während zahlreiche dörfliche Hofschaften und historische Kotten in den Tälern in unmittelbarer Gewässernähe liegen. Diese Siedlungsstruktur macht Teile des Stadtgebiets besonders vulnerabel gegenüber Starkregenereignissen, die lokal begrenzt, schwer vorherzusagen und in ihrer Dynamik kaum mit überregionalen Warnsystemen zu erfassen sind. Solingen war in den vergangenen Jahren wiederholt von solchen Extremereignissen betroffen, insbesondere 2018 und 2021: In den Tallagen entwickelten auch kleinere Gewässer kurzfristig erhebliche Gefahren für Menschen, Tiere und Sachwerte. Die bislang durch Hochwasserzentralen ausgegebenen landesweiten Warnungen, etwa über Apps wie „NINA“ oder „Katwarn“, sind häufig zu unspezifisch, um eine tatsächliche lokale Gefahrenlage auf Quartiersebene oder örtlich abgeschlossenen Kleinsiedlungen der Tallagen abzubilden. Die mangelnde räumliche Präzision der Warnungen birgt die Gefahr sinkender Akzeptanz in der Bevölkerung.

Ziel der Maßnahme ist der Aufbau eines Unwetterwarnsystems, das eine kontinuierliche Beobachtung des gesamten Verlaufs einer Starkregenlage ermöglicht. Die Schwellenwerte, auf deren Basis Warnhinweise ausgegeben werden, stammen vom Wupperverband als zuständigem Flussgebietsmanager. Die Alarmkette beginnt beim Hydrologen vom Dienst beim Wupperverband, der die Schwellenwerte überwacht und bei Überschreitung Warnungen weitergibt. Die erhobenen Daten sind frei zugänglich und richten sich an zwei Zielgruppen:

1. Feuerwehr und Katastrophenschutz erhalten valide Echtzeitdaten für einen gezielten, effizienten und sicheren Einsatz.
2. Bürgerinnen und Bürger werden über eine City-App („Mensch, Solingen!“-App) in die Lage versetzt, auf Grundlage einer quartierssscharfen Risikobewertung eigenständig zu reagieren.

Digitale Lösung: Kern der digitalen Lösung ist die sensorbasierte Erfassung, Darstellung und Dokumentation von Starkregenereignissen. Im Stadtgebiet werden entlang der Bäche und der Wupper Sensoren verschiedener Hersteller eingesetzt, die die Gewässer in den Tallagen in einem einminütigen Datenintervall überwachen. Die Datenübertragung erfolgt über Glasfaser, Mobilfunk und LoRaWAN, was die Ausfallsicherheit und Resilienz des Systems stärkt.

Die erfassten Daten werden über die zentrale städtische Datenplattform, den sogenannten Open SmartCity Hub, zusammengeführt und verschiedenen Verwaltungsstellen zur Verfügung gestellt. Sie werden um Daten weiterer Datenlieferanten er-

gänzt, insbesondere des Wupperverbands. Die offene, interoperable Dateninfrastruktur ermöglicht die Verknüpfung mit weiteren Maßnahmen und Systemen. Auf dieser Grundlage lassen sich lokale Prognosemodelle entwickeln.

Die Kommunikation an die Bevölkerung erfolgt primär über die „Mensch, Solingen!“-App, die eine nahezu in Echtzeit verfügbare, lokal präzise Gefahreninformation bereitstellt und überregionale Warnsysteme ergänzt beziehungsweise konkretisiert. Derzeit verfügt die App über 22.000 aktive Nutzende bei rund 160.000 Einwohnenden und 80.000 Haushalten. Ergänzend werden Informationen über digitale Stelen im öffentlichen Raum, die „Open SmartCity Screens“, ausgespielt. Das System ist als Open-Source-Lösung konzipiert und soll perspektivisch übertragbar sein. In einer Entwicklungspartnerschaft haben sich bereits mehrere Kommunen zusammengetan und arbeiten gemeinsam an der Weiterentwicklung der App. Derzeit (Stand Juni 2026) beteiligt sind Lemgo/Kalletal, Dortmund, Oberhausen, Mönchengladbach, Remscheid, Kassel und Wolfsburg.

Monitoring und Erfolgskriterien: Der Erfolg der Maßnahme wird anhand der zeitlichen Vorlaufzeit von Warnungen, der Trefferquote der Frühwarnungen sowie der Anzahl der Warnmeldungen bewertet, die zu konkreten präventiven oder schadensmindernden Maßnahmen geführt haben. Ein erneuter Ernstfall ist seit Inbetriebnahme des Systems bislang nicht eingetreten, sodass noch keine empirischen Erfahrungswerte vorliegen. Im Rahmen des Forschungsprojekts SMARTKRIS („Kritikalität und Krisenkommunikation am Beispiel der SmartCity“) ist eine systematische Übung geplant, die erstmals eine Evaluation der Warnketten und Kommunikationsprozesse unter realistischen Bedingungen ermöglichen soll. Dabei soll auch die Einbindung der digitalen Stelen in die Kommunikationskette weiter verfeinert werden.

Eingebundene Akteurinnen und Akteure: Für die Umsetzung und den Betrieb des Unwetterwarnsystems arbeitet die Stadt Solingen eng mit dem städtischen IT-Dienstleister, einem Beratungsunternehmen sowie dem Wupperverband als zuständigem Flussgebietsmanager zusammen.

Zukünftige Schritte: Das Hochwasser 2021 legte strukturelle Vulnerabilitäten in der Stadtverwaltung Solingen offen: Wasserschäden in Serverräumen drohten den Betrieb städtischer IT-Systeme zu unterbrechen und hätten damit unter anderem die Auszahlung von Sozialleistungen gefährdet – ein Beispiel für soziale Kaskadeneffekte, die über das unmittelbare Schadensereignis hinauswirken. Diese Erfahrungen bilden den Ausgangspunkt des Forschungsprojekts SMARTKRIS, das vom

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit“ seit Mai 2024 gefördert wird (vgl. Stadt Solingen 2026). Das Projekt verfolgt drei Ziele:

1. Stärkung der Resilienz von Stadtverwaltungen in einer Smart City
2. Erhöhung der Reaktionsfähigkeit im Krisenfall
3. Inklusion der Stadtgesellschaft in die Krisenkommunikation durch Smart-City-Technologien

Das von der TU Braunschweig bearbeitete Teilvorhaben konzentriert sich darauf, kritische Eskalationspunkte und Kaskadeneffekte in der Verwaltung zu identifizieren sowie Smart-City-Infrastruktur für eine vertrauensbildende Krisenkommunikation zu nutzen. Aufbauend auf der „Mensch Solingen App“ und den digitalen Stelen wird eine situationsbezogene Kommunikation erprobt, die Bürgerinnen und Bürger in der akuten Bewältigungsphase kontinuierlich mit ortsspezifischen, handlungsrelevanten Informationen versorgt – darunter Hinweise zu Ansprechpartnern, Hotlines, konkreten Verhaltensmaßnahmen und verfügbaren Unterstützungsangeboten.

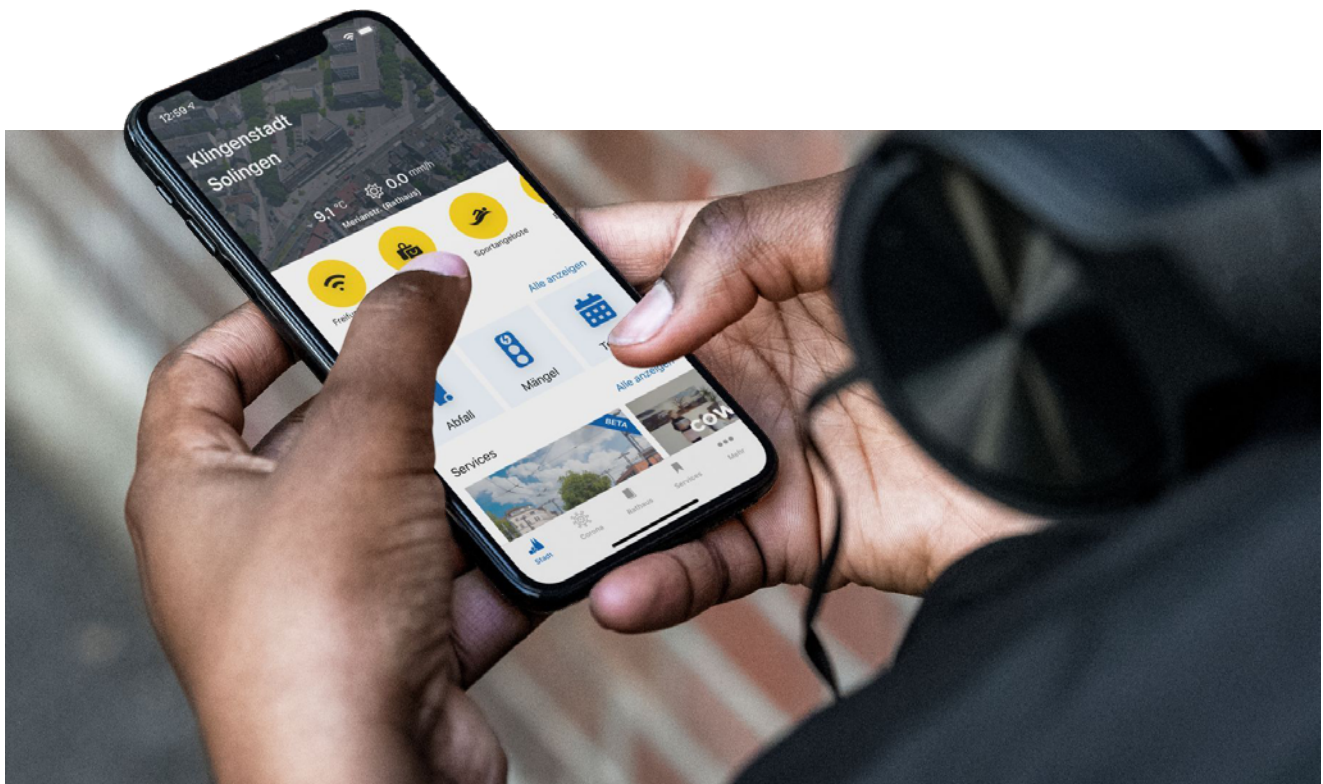
In Projekten wie „EKLIPS3plus1“ (Effizient und klimaresilient Planen mit 3 städtischen digitalen Zwillingen in 1 Region) und dem Hochwassermeldesystem 4.0 (HWS 4.0) beteiligt sich Solingen darüber hinaus an weiteren regionsübergreifenden Handlungsansätzen und technologischen Innovationen. Während „EKLIPS3plus1“ digitale Zwillinge für eine datenbasierte, klimaresiliente Planung im Bergischen Städtedreieck (Solingen, Remscheid, Wuppertal) entwickelt (vgl. Wupperverband 2025: 24), zielt das HWS 4.0 auf KI-gestützte Pegelprognosen für die Region (vgl. ebd.). Beide Projekte ergänzen die kommunale Sensorinfrastruktur um eine regionale Dimension und verankern Solingens Unwetterwarnsystem in einem übergeordneten Netzwerk der Hochwasservorsorge im Bergischen Land.

Ähnliche Projekte (siehe Kurzbeschreibung im Anhang):
[Dortmund/Schwerte \(Unwetter- und Katastrophenwarnung\)](#)

3.2.4 Nachbereitung: Wiederaufbau und Lernen



Die Phase der Nachbereitung bildet den Rahmen für die Weiterentwicklung der kommunalen Resilienz und eine wesentliche Grundlage für gezielte Präventionsmaßnahmen, die auf den Erfahrungen aus vergangenen Hochwasserereignissen aufbauen.



Die „Mensch Solingen App“ der Stadt ist ein wichtiges Kommunikationsmittel, um unter anderem lokal präzise Gefahreninformationen in nahezu Echtzeit bereitzustellen

Quelle: Solingen.digital 2026

Neben dem Wiederaufbau beschädigter Gebäude und von Infrastrukturen umfasst die Nachbereitung auch die organisatorische und gesellschaftliche Aufarbeitung, etwa die Unterstützung Betroffener, die Auswertung von Einsatzabläufen und die Anpassung bestehender Strategien und Pläne.

Ein zentraler Bestandteil der Nachbereitung ist insbesondere die kritische Überprüfung bisheriger Annahmen und Planungsgrundlagen über Eintrittswahrscheinlichkeiten beziehungsweise Schadensausmaße. Extremereignisse wie die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal 2021 haben gezeigt, dass historische Messreihen allein keine ausreichende Planungsgrundlage mehr darstellen, da der fortschreitende Klimawandel Intensität und Häufigkeit von Starkregen- und Hochwasserereignissen verändert. Institutionelles Lernen bedeutet daher auch, Bemessungsgrundlagen, Gefährdungsannahmen und statistische Modelle an neue klimatische Realitäten anzupassen.

Auch hier können digitale Lösungen Beiträge zur Wissenssicherung und für Rückkopplungsschleifen (Feedback-Loops) leisten. Digitale Schadenskataster erlauben eine strukturierte Erfassung und räumliche Analyse von Schäden. Datenbasierte Evaluationen helfen, erfolgreiche und weniger erfolgreiche Maßnahmen zum Hochwasserschutz zu identifizieren und daraus konkrete Optimierungsbedarfe abzuleiten. Monitoring-Systeme unterstützen die langfristige Beobachtung der Wirksamkeit von Wiederaufbau-, aber auch Präventionsmaßnahmen und liefern wichtige Rückkopplungen für zukünftige Planungsprozesse.

Eine wesentliche Voraussetzung hierfür bilden digitale Datenplattformen. Sie führen im Idealfall Informationen aus unterschiedlichen Fachbereichen zusammen, etwa aus Wasserwirtschaft, Stadtplanung oder Krisenmanagement, und machen sektorübergreifende Zusammenhänge sichtbar. Damit ermöglichen sie integrierte Bewertungen und schaffen die Datenbasis für strategische Anpassungen. Dies schließt zugleich den Kreislauf im Katastrophenrisikomanagement: Die in der Nachbereitung gewonnenen Erkenntnisse fließen potenziell direkt in Präventionsmaßnahmen ein und stärken so langfristig die Resilienz gegenüber Hochwasserereignissen.

Landkreis Hof: Transferwerkstatt zur systematischen Weiterentwicklung zur Schwammregion und Hochwasservorsorge

Der Landkreis Hof steht mit seinen 27 Kommunen vor der Herausforderung, die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen unter sehr unterschiedlichen lokalen Bedingungen umzusetzen und ihre Wirkung bewerten zu können. Unterschiede bei personellen und finanziellen Ressourcen, Datenverfügbarkeit sowie topografischen Voraussetzungen, etwa

i

Ein Beispiel für die kritische Überprüfung bisheriger Annahmen ist das vom Land Nordrhein-Westfalen geförderte Projekt „StatExNi“ (Statistische Extremniederschläge), in dem die Emschergenossenschaft und der Lippeverband gemeinsam mit dem Wasserverband Eifel-Rur neue Berechnungen zu Extremniederschlägen unter Berücksichtigung zukünftiger Klimaszenarien bis 2100 entwickeln. Ziel ist es, längere und klimaangepasste Zeitreihen bereitzustellen, um künftige Risiken realistischer einzuschätzen und daraus robuste Maßnahmen abzuleiten (vgl. EGLV 2025).

zwischen Tallagen mit Überflutungsrisiken und Höhenlagen mit erhöhtem Oberflächenabfluss, erschweren eine systematische Planung und den Erfahrungstransfer zwischen den Kommunen. Gleichzeitig fehlen bislang geeignete Methoden und zentral auffindbare Wissensgrundlagen, um Maßnahmen vergleichbar zu bewerten, aus vergangenen Extremereignissen zu lernen und erfolgreiche Ansätze auf andere Kommunen zu übertragen.

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der MPSC-Maßnahme „H2O Management“ die „Transferwerkstatt Wasser hofer-Land.digital“ aufgebaut. Diese ist am Kompetenz- und Transferzentrum nachhaltige Schwammstadt/-region (ktns) am Institut für nachhaltige Wassersysteme (inwa) der Hochschule Hof angesiedelt. Die Transferwerkstatt fungiert als interkommunaler Lern- und Beratungsort für wasserbezogene Klimaresilienz und unterstützt die Kommunen bei der Identifikation von Herausforderungen, der Entwicklung geeigneter Maßnahmen sowie dem Transfer von Wissen und Lösungen.

Digitale Lösung und bisherige Schritte: Zentrale methodische Grundlage der Transferwerkstatt ist die von der Hochschule Hof entwickelte Mehrebenenanalyse (MEA). In Workshops mit allen 27 Kommunen werden Aufgabenlagen, bestehende Planungen, „Sowieso-Potenziale“ sowie mögliche Schwammstadt-beziehungsweise Schwammregion-Maßnahmen systematisch erhoben, digital dokumentiert und mit einem webbasierten Analysetool bewertet und priorisiert. Die Ergebnisse sollen schließlich in eine landkreisweite Metaanalyse einfließen, die kommunale Schnittstellen, Synergien und gemeinsame Maßnahmenpotenziale identifiziert und damit eine strategische Grundlage für interkommunale Kooperation schafft.

Darauf aufbauend werden in einem zweiten Schritt konkrete digitale Fachanwendungen in einer zentralen Dateninfrastruktur

Tabelle 4: Typische Maßnahmen der Vorbereitungsphase und Erläuterung des Beitrags digitaler Lösungen

Nachbereitung	
Typische Maßnahmen	Beitrag digitaler Lösungen
• Erfassung von Schäden, um eine belastbare Grundlage für Entschädigungsverfahren, Wiederaufbauplanung und zukünftige Risikobewertungen zu schaffen • Einrichtung von Wiederaufbauprogrammen, um betroffene Haushalte, Unternehmen und Kommunen bei der Instandsetzung von Gebäuden, Infrastruktur und öffentlichen Einrichtungen zu unterstützen • Evaluation von Einsatzabläufen, um Stärken und Schwachstellen im Katastrophenschutz zu identifizieren und operative Prozesse kontinuierlich zu verbessern • Überprüfung und Anpassung von Hochwasserschutz- und Krisenmanagementstrategien auf Basis gewonnener Erkenntnisse und veränderter Klimabedingungen, um die langfristige Resilienz zu stärken	• Digitale Schadenskataster: systematische Erfassung von Schäden • Datenbasierte Evaluation: Beurteilung des Hochwasserrisikomanagements und Anpassung von Gefährdungsannahmen • Monitoring-Systeme: langfristige Wirkung von Maßnahmen

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH

tur gebündelt. Dazu zählen eine landkreisweite Wasser-Datenplattform zur Zusammenführung von Trinkwasserbedarfen und Wasserdargeboten. Außerdem werden Fremdwasseranalysen zur Optimierung und Sanierung von Abwasserinfrastrukturen sowie die IoT-gestützte Zustandserfassung wasserbezogener

i

Das Konzept der Schwammregion erweitert die Idee der Schwammstadt räumlich, um auch im ländlichen Umland zukunftsgerichtete Lösungen für extreme Wetterereignisse wie Hitze und Starkregen umzusetzen. Insbesondere das „Aktionsprogramm Schwammregion“ des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums unterstützt Kommunen bei einer solchen Entwicklung.

Bodenkenndaten in Wald- und Forstflächen durchgeführt. Eine Lösungsdatenbank für Klimaanpassungsmaßnahmen erfasst technische, naturbasierte und organisatorische Ansätze, bietet Bewertungshinweise und dient den Kommunen als Planungs- und Lernressource. Für Planungsarbeiten sind die Informationen weiter zu bearbeiten und auf den Kontext zu übertragen. Für wasserwirtschaftliche Anlagen kommt ein KI-basierter virtueller Betriebsassistent zum Einsatz, der Betriebs- und Wartungsprozesse unterstützen soll.

Der bereits vorhandene digitale Zwilling [hoferLand.digital](#) dient als übergeordnete Integrations- und Visualisierungsebene, in der die erhobenen Daten, Analysen und Maßnahmen zusammengeführt, ausgewertet und für Verwaltung und Öffentlichkeit nutzbar gemacht werden. Erste Hochwasserdaten und Pegelstandsmessungen sind bereits integriert und können auch

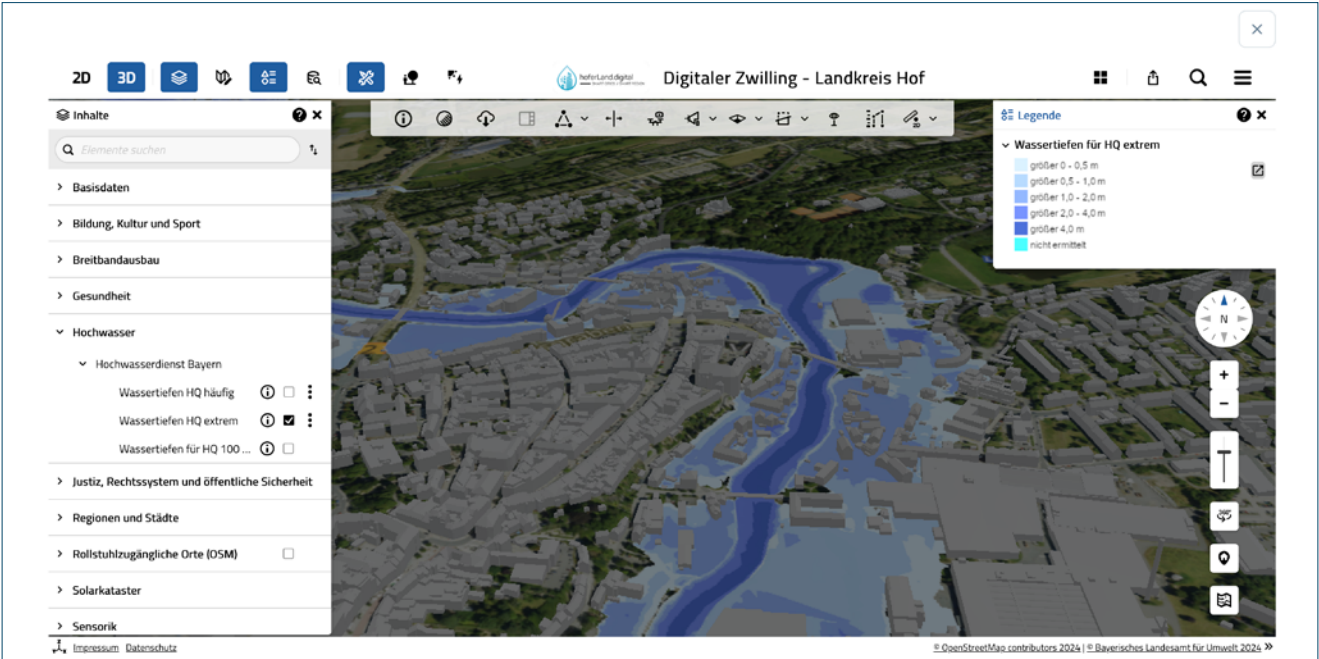


Abbildung 11: Starkregen- und Hochwassersimulation im digitalen Zwilling des Landkreises Hof

Quelle: Landkreisamt Hof

von der Öffentlichkeit eingesehen werden (vgl. Landratsamt Hof o. J.).

Mit dem geplanten Projekt „Schwamm-Campus Resilience Lab“, das vom BMFTR gefördert wird, wird die Transferwerkstatt auch langfristig institutionell abgesichert und als regionales Kompetenzzentrum für das Thema „Schwammregion“ weiterentwickelt.

Eingebundene Akteurinnen und Akteure: Für die übergeordnete Maßnahme „H2O Management“ arbeitet der Landkreis Hof eng mit den 27 kreisangehörigen Kommunen zusammen. Des Weiteren sind IT-Dienstleister, Feuerwehren, Wasserwirtschaftsamt, Landkreisbehörden, Landschaftspflegeverband und der Kreisbauhof eingebunden. Die Transferwerkstatt Wasser wird federführend vom Institut für nachhaltige Wassersysteme (inwa) der Hochschule Hof geleitet. Die landkreisweite urbane Datenplattform und der digitale Zwilling wurden durch ein Konsortium aus den Unternehmen Daten-Kompetenzzentrum

Städte und Regionen (DKSR), RIWA und Virtual City Systems entwickelt.

Aufgebautes Monitoring und Erfolgskriterien: Der Erfolg der Transferwerkstatt Wasser hoferLand.digital wird anhand der entwickelten digitalen Fachanwendungen gemessen. Bewertet wird unter anderem, ob die landkreisweite Wasser-Datenplattform technisch funktionsfähig ist, eine nutzbare Weboberfläche bereitstellt und Wasserdaten in die Urbane Datenplattform integriert werden konnten. Für die Lösungsdatenbank zur Entwicklung einer Schwammregion sind die Weiterentwicklung des vom inwa entwickelten Web-Portals „[Digital Lotse Wasser](#)“ zum sogenannten „Schwamm Lotsen Hofer Land“ sowie der Aufbau einer Best-Practice-Plattform maßgeblich. Die Beratungsstelle am ktms wird unter anderem über Anzahl und Durchführung von Service- und Weiterbildungsangeboten bewertet. Sämtliche erhobenen Daten werden in die urbane Datenplattform überführt oder aus datentechnischen Gründen verlinkt und dort gebündelt.

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die fünf Fallbeispiele verdeutlichen, dass digitale Lösungen entlang des gesamten Katastrophenrisikomanagementzyklus einen Beitrag zur Hochwasservorsorge leisten können. Gleichzeitig zeigen sie, dass ihr Erfolg weniger von einzelnen technologischen Lösungen als vielmehr von den organisatorischen und strategischen Rahmenbedingungen abhängt, unter denen sie entwickelt und eingesetzt werden. Über die verschiedenen Ansätze hinweg lassen sich mehrere gemeinsame Erfolgsbedingungen identifizieren:

Zielgruppe in die Entwicklung einbeziehen

Eine zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche digitale Lösung zur Hochwasservorsorge ist die enge Zusammenarbeit mit der kommunalen Verwaltung und den zuständigen Fachämtern. Digitale Werkzeuge entfalten ihren Nutzen insbesondere dann, wenn sie gemeinsam mindestens mit den späteren Anwenderinnen und Anwendern entwickelt und deren Bedarfe berücksichtigt werden. Dies zeigt sich etwa beim BGI-Planer in Berlin sowie beim digitalen Zwilling in Dresden, die als Analysewerkzeuge von den Fachverwaltungen für städtische Planungsprozesse eingesetzt werden. Auch die Transferwerkstatt Wasser im Landkreis Hof verfolgt einen solchen Ansatz, indem sie alle kreisangehörigen Kommunen systematisch in Workshops einbindet und ihre Ausgangslagen und Erfahrungen in die Weiterentwicklung von Maßnahmen integriert.

Kleinräumige Beobachtung von Hochwassergefahren ist sinnvoll

Auch wenn kommunale Hochwasserportale „nur“ als zusätzliche Information angesehen werden, da ihre Daten häufig nicht den hohen Anforderungen von KRITIS-Betreibern und Landesämtern für rechtlich verbindliche Warnungen entsprechen, bietet eine kleinräumige, kommunale Datenerfassung wichtige Vorteile: Kommunale Pegelmessstellen ermöglichen eine Überwachung kleiner und kleinster Fließgewässer, die in den Landeshochwasserportalen bislang durch vermehrte kleinteilige Starkregenereignisse nicht ausreichend abgedeckt sind. So lassen sich lokale Prognosen und Vorwarnzeiten erheblich verbessern. Die erhobenen lokalen Daten können sowohl den Katastrophenschutz unterstützen als auch die Öffentlichkeit informieren, etwa wenn sie, wie in Rheinland-Pfalz, gemeinsam mit Landesdaten auf bestehenden Hochwasserportalen veröffentlicht werden. Kommunale Pegelmessungen tragen damit dazu bei, bestehende Messnetze zu verdichten, lokale Informationslücken zu schließen und die Vorsorge gegenüber schnell eintretenden Hochwasserereignissen zu stärken.

Kooperation der Umweltämter mit Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz ist geboten

Voraussetzung für einen möglichst hohen Nutzen kommunaler Sensornetze ist eine enge Abstimmung mit den (teil-)zuständigen Fachbehörden. Insbesondere die Zusammenarbeit mit unteren Wasserbehörden, Wasserverbänden sowie den jeweils verantwortlichen Landes- oder Kreisbehörden ermöglicht es, geeignete Standorte für Sensoren fachlich fundiert auszuwählen. Diese Akteurinnen und Akteure verfügen über hydrologische Daten, Kenntnisse der Gewässerstrukturen sowie Erfahrungen aus vergangenen Hochwasserereignissen, die für eine sinnvolle Platzierung von Pegelsensoren entscheidend sind. Gleichzeitig sollten Smart-City-Lösungen nicht isoliert aufgebaut werden, sondern bestehende Fachsysteme ergänzen. Dazu zählt insbesondere die Anbindung an etablierte Fach- und Informationssysteme des Katastrophenschutzes, damit relevante Daten und Lageinformationen organisationsübergreifend verfügbar gemacht und effizient genutzt werden können. Eine enge Zusammenarbeit mit Akteurinnen und Akteuren der Wasserwirtschaft zeigt sich beispielhaft in der Entwicklungspartnerschaft „Hochwasserinfosystem“ der MPSC, in der Kommunen gemeinsam mit Wasserverbänden und unteren Wasserbehörden an der fachlich fundierten Weiterentwicklung von Hochwasserinformationssystemen arbeiten.

Offene Standards und interoperable Schnittstellen nutzen

Ein weiterer Erfolgsfaktor liegt in der Verwendung offener Standards und interoperabler Schnittstellen. Offene Standards legen dabei gemeinsame, öffentlich zugängliche Regeln und Formate für die Beschreibung, Speicherung und den Austausch von Daten fest (z. B. standardisierte Datenformate oder Kommunikationsprotokolle). Offene Schnittstellen (APIs) setzen auf diesen Standards auf und ermöglichen den technischen Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen. Digitale Lösungen entfalten ihren Mehrwert vor allem dann, wenn Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt werden können. Offene Schnittstellen erleichtern es beispielsweise, Sensordaten in bestehende Datenplattformen zu integrieren, wie im Fall des Landkreises Bitburg-Prüm. Dadurch können Informationen sowohl innerhalb der Verwaltung als auch zwischen verschiedenen Institutionen ausgetauscht und weiterverwendet werden.

Bevölkerung als Zielgruppe bedenken und einbinden

Neben technischen und organisatorischen Voraussetzungen spielt auch die Einbindung der Bevölkerung eine wichtige Rolle. Digitale Anwendungen können dazu beitragen, Informationen über Hochwasserrisiken verständlich aufzubereiten und das Be-

wusstsein für Eigenvorsorge zu stärken. Dies zeigt sich etwa im Fall des Unwetterwarnsystems und der Warn-App in Solingen, die darauf abzielen, Hinweise schnell an die Bevölkerung weiterzugeben und Handlungsmöglichkeiten im Ereignisfall aufzuzeigen. Auch leicht verständliche 3D-Visualisierungen in einem digitalen Zwilling oder öffentlich zugängliche Dashboards können dazu beitragen, Risiken nachvollziehbarer zu machen und Bürgerinnen und Bürger stärker für ihre eigene Vorsorge zu sensibilisieren.

Ursächliche Risiken erkennen und planerisch-baulich begegnen

Darüber hinaus sollten Kommunen digitale Systeme und die damit erhobenen Daten gezielt nutzen, um ursächliche Risikofaktoren für Hochwasser- und Starkregenereignisse zu identifizieren. Monitoring- und Analysewerkzeuge schaffen die Grundlage dafür, strukturelle Schwachstellen im Siedlungsraum sichtbar zu machen, etwa unzureichend dimensionierte Kanalnetze, versiegelte Flächen ohne Rückhaltekapazität oder ungeschützte Senken und Mulden. Die eigentliche Wirksamkeit der Vorsorge liegt jedoch nicht allein in der Digitalisierung, sondern in der konsequenten Umsetzung planerischer und baulicher Maßnahmen, die diese Erkenntnisse aufgreifen: Entsiegelungsmaßnahmen, Entwicklung blau-grüner Infrastruktur, angepasste Bauleitplanung oder der Rückhalt von Wasser in der Fläche. Digitale Lösungen entfalten ihren vollen Mehrwert erst dann, wenn sie nicht nur zur Warnung und Bewältigung eingesetzt werden,

sondern als Entscheidungsgrundlage dienen, um Ursachen zu reduzieren und die Vulnerabilität von Siedlungsräumen strukturell zu verringern.

Konzept in übergeordnete Strategien einbetten

Schließlich wird deutlich, dass digitale Lösungen besonders wirksam sind, wenn sie in ein übergeordnetes strategisches Konzept zur klimaresilienten Entwicklung von Städten und Regionen eingebettet sind. Der Beitrag digitaler Lösungen liegt vor allem darin, Daten besser verfügbar und komplexe Zusammenhänge sichtbar zu machen sowie Informationen zwischen den beteiligten Akteuren schneller bereitzustellen. Für Kommunen entsteht daraus ein besonderer Mehrwert für Entscheidungsprozesse entlang aller vier Phasen des Katastrophenrisikomanagements: In der Präventionsphase unterstützen digitale Werkzeuge die Risikoanalyse, Szenarienentwicklung und Planung langfristiger Anpassungsmaßnahmen. In der Vorbereitungsphase ermöglichen sie Monitoring, Frühwarnung und eine bessere Abstimmung zwischen den beteiligten Akteuren. In der Bewältigungsphase von Hochwasserereignissen tragen sie zu einer schnelleren Lageerfassung, koordinierten Einsatzplanung und zielgerichteter Information der Bevölkerung bei. In der Nachbereitungsphase können digitale Daten und Analysen schließlich genutzt werden, um Ereignisse systematisch auszuwerten und daraus Anpassungen für Planung, Infrastruktur und Vorsorge abzuleiten.

Quellen und Verweise

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, o. J.a: KRITIS-Sektor: Wasser. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren-B Branchen/Wasser/wasser_node.html#vt-sprg-6 [abgerufen am 13.03.2026].

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, o. J.b: Historischer Rückblick. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/DE/Das-BBK/Historischer-Rueckblick/historischer-rueckblick_node.html#vt-sprg-3 [abgerufen am 25.02.2026].

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2021: Länderübergreifender Raumordnungsplan für den Hochwasserschutz. Zugriff: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/artikel/brp-hochwasserschutz/bundesraumordnungsplan-hochwasserschutz.html> [abgerufen am 25.02.2026].

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, o. J.: WMS Hinweiskarte Starkregengefahr (wms_starkregen). Zugriff: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/wms-hinweiskarte-starkregengefahren-wms-starkregen.html> [abgerufen am 15.06.2026].

BMI – Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2021: Memorandum Urbane Resilienz. Berlin. Zugriff: https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/SharedDocs/Publikationen/DE/Publikationen/bmi-memorandum-urbane-resilienz.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am 30.06.2026].

BMI – Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2022: Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Nationale-Kontaktstelle-Sendai-Rahmenwerk/Resilienzstrategie/resilienz-strategie_node.html [abgerufen am 25.02.2026].

BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2024: BMUV Informationspapier zum Hochwasserschutz. Hochwasser: vom Jahrhundertereignis zur neuen Realität. Zugriff: https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/hochwasserschutz_inopapier_bf.pdf [abgerufen am 19.02.2026].

Chwalek, J.; Berg, M.; Eichholz, L.; Hübsch, V., 2025: Informationssicherheit in Kommunen - Maßnahmen gegen digitale Angriffe. Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2025/informationssicherheit-kommunen-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [abgerufen am 11.03.2026].

DWD – Deutscher Wetterdienst, 2021: Dauerregen kontra Starkregen oder doch gemeinsame Sache? Zugriff: https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2021/7/24.html [abgerufen am 19.02.2026].

DWD – Deutscher Wetterdienst, o. J.: Früherkennung konvektiver Ereignisse. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/forschung/wettervorhersage/met_fachverfahren/wettersatellitenverfahren/konvektive_initialisierung.html [abgerufen am 19.02.2026].

Die Zeit, 2023: Nach Unwetter: Berlins Feuerwehr im Ausnahmezustand. 24. Juli. Zugriff: <https://www.zeit.de/news/2023-07/24/nach-unwetter-berlins-feuerwehr-im-ausnahmezustand> [abgerufen am 23.02.2026].

Die Zeit, 2025: Dresden stellt Konzept zur Klimaanpassung vor. 27. Juni. Zugriff: <https://www.zeit.de/news/2025-06/27/dresden-stellt-konzept-zur-klimaanpassung-vor> [abgerufen am 06.03.2026].

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2016: Merkblatt DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. Hennef.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2022: DWA-Positionen. Hochwasser und Sturzfluten. Zugriff: https://de.dwa.de/files/_media/content/01_DIE_DWA/Politikinformationen/Positionspapiere/Positionspapier_Hochwasser%20Sturzfluten_2022_Netz.pdf [abgerufen am 23.02.2026].

EGLV – Emschergenossenschaft Lippeverband, 2025: Vorhersage von Extremwetter unter Berücksichtigung des Klimawandels. Zugriff: <https://www.eglv.de/medien/vorhersage-von-extremwetter-unter-beruecksichtigung-des-klimawandels/> [abgerufen am 15. Juni 2026].

Hartz, A. M., 2023: Die Wassersensible Stadt. Herausgeber: ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft. Nachrichten der ARL 01/2023: 18–24. Zugriff: [https://www.arl-net.de/system/files/pdf/2024-03/04_hartz.pdf#:~:text=Die%20wassersensible%20Stadtentwicklung%20wird%20als%20Baustein%20der,ausreichenden.%20Raum%20zu%20geben%E2%80%9C%20\(LAWA%202021:%204](https://www.arl-net.de/system/files/pdf/2024-03/04_hartz.pdf#:~:text=Die%20wassersensible%20Stadtentwicklung%20wird%20als%20Baustein%20der,ausreichenden.%20Raum%20zu%20geben%E2%80%9C%20(LAWA%202021:%204) [abgerufen am 23.02.2026].

Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft, 2025: Data Governance Wegweiser. Wer bestimmt, wer die Daten nutzen darf? Zugriff: <https://data-governance-wegweiser.super.site/daten-nutzen/datenteilungsmodelle> [abgerufen am 11.03.2026].

Jacobs, S; Appenzeller, G., 2018: Starkregen im Juni 2017: Als Berlin unter Wasser stand. Tagesspiegel, 29. Juni. Zugriff: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/als-berlin-unter-wasser-stand-3965680.html> [abgerufen am 23.02.2026].

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, o. J.: Hochwasservorhersagezentrale Rheinland-Pfalz. Zugriff: <https://hochwasser.rlp.de/> [abgerufen am 30.06.2026].

Landeshauptstadt Dresden, o. J.: 3D-Starkregenportal. Zugriff: <https://digitaler-zwilling.dresden.de> [abgerufen am 02.06.2026].

Landratsamt Hof, o. J.: Digitaler Zwilling - Landkreis Hof. Zugriff: <https://dz.hoferland-digital.de> [abgerufen am 30.06.2026].

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, o. J.: Was ist Starkregen? Zugriff: <https://starkregenportal.de/starkregen/> [abgerufen am 19.02.2026].

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2021: Auf dem Weg zur wassersensiblen Stadtentwicklung. Positionspapier. Zugriff: https://www.lawa.de/documents/lawa-positionspapier-wassersensible-stadtentwicklung-barrierefrei_1689856479.pdf [abgerufen am 27.02.2026].

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2023: Verbesserung des rechtlichen Rahmens des Hochwasserschutzes. Positionspapier. Zugriff: https://www.lawa.de/documents/positionspapier-lawa-ar-verbesserung-hwschutz-juli2023_1731320031.pdf [abgerufen am 27.02.2026].

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2024: LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement. Zugriff: https://www.lawa.de/documents/lawa-strategie-srrm-final-barrfrei_1726058183.pdf [abgerufen am 11.03.2026].

Loy, T., 2019: Unwetterbilanz in Berlin: Regenmenge war ein „Jahrhundertereignis“. Tagesspiegel, 3. August. Zugriff: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/regenmenge-war-ein-jahrhundertereignis-5336308.html> [abgerufen am 23.02.2026].

Nikogosian, C.; Kwiatkowski, R., 2024: Starkregen – Herausforderung für den Bevölkerungsschutz. Trends, Auswirkungen und Handlungsempfehlungen. Herausgeber: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Bonn. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/PiB/PiB-23-starkregen.pdf?__blob=publicationFile&v=8#-Ziel5_2_6 [abgerufen am 19.02.2026].

Sahr, F.; Schäfer, N.; Caradot, N.; Rabe, J.; Diringer, J.; Stein, C.; Abt, J.; Libbe, J., 2023: Resilienz in der Smart City: wie Kommunen besser mit Krisen umgehen und proaktiv eine nachhaltige Zukunft gestalten können. Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Bonn. Zugriff: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2023/resilienz-smart-city.html> [abgerufen am 19.02.2026].

Sautter, J.; Lindner, M.; Lödige, M.; Dobrokhotova, E.; Kirchner, J.; Seick, J.-P.; Braun, S., 2024: Datenkompetenz in kommunalen Verwaltungen: Vorgehensmodell und Referenzrahmen für strategisches Handeln – ein Handlungsleitfaden für die kommunale Praxis. Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). BBSR-Online-Publikation 96/2024. Bonn. <https://doi.org/10.58007/s7fg-q691>

Schwarz, M.; von Keyserlingk, J.; Thiebes, B.; Thieken, A., 2024: WaX-Impulspapier: Starkregen und Sturzfluten. Neue Ansätze und Erkenntnisse für einen vorsorgenden Umgang mit Starkregen- und Sturzflutereignissen für die kommunale Praxis. Herausgeber: Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e. V. (DKKV); Universität Potsdam. Bonn, Potsdam. Zugriff: https://www.bmbf-wax.de/wp-content/uploads/WaX-Impulspapier_Starkregen-Sturzfluten.pdf [abgerufen am 19.02.2026].

Stadt Solingen, 2026: Projekt SMARTKRIS – Krisenkommunikation in der Smart City. Zugriff: <https://solingen.de/inhalt/projekt-smartkris> [abgerufen am 27.02.2026].

Thieken, A.; Otto, A.; Haupt, W.; Eckersley, P.; Kern, K.; Ullrich, S.; Hautz, T.; Rucker, P.; Schulz, R.; Sausen, H.; Dillenardt, L.; Rose, C.; Schmidt, K.; Huber, B.; Sterzel, T.; Marken, M.; Miechielsen, M., 2022a: Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen. Herausgeber: Institut für Umweltwissenschaften und Geographie (Universität Potsdam). Potsdam.

Thielen, A. H.; Samprogna Mohor, G.; Kreibich, H.; Müller, M., 2022b: Compound inland flood events: different pathways, different impacts and different coping options. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22. Jg. (1): 165–185. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-165-2022>

TU Dresden – Technische Universität Dresden, 2024: Smarte Lösung für Hochwasserschutz: Forscher:innen der TU Dresden entwickeln eine App für die Simulation von Starkregenereignissen. Zugriff: <https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/smart-loesung-fuer-hochwasserschutz-forscher-innen-der-tu-dresden-entwickeln-eine-app-fuer-die-simulation-von-starkregenereignissen> [abgerufen am 06.03.2026].

UBA – Umweltbundesamt, 2022: Hochwasser – wie sie entstehen und wie der Mensch sie beeinflusst. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/extremereignisse/hochwasser#hochwasser-sind-natrlche-ereignisse> [abgerufen am 23.02.2026].

UBA – Umweltbundesamt, 2025: Bodenversiegelung. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#bodenversiegelung-in-deutschland> [abgerufen am 23.02.2026].

Verbraucherzentrale, 2024: Grundhochwasser: die unterschätzte Gefahr. Zugriff: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/umwelt-haushalt/wohnen/grundhochwasser-die-unterschaetzte-gefahr-22044> [abgerufen am 12.03.2026].

Vereinte Nationen, 2015: Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015–2030. Herausgeber: Nationale Kontaktstelle für das Sendai Rahmenwerk beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Bonn. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fremd-Publikationen/SENDAI/sendai-rahmenwerk-2015-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [abgerufen am 27.02.2026].

Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, 2021: Die Entwicklung des Bevölkerungsschutzes in Deutschland. Dokumentation WD 3 - 3000 - 154/21. Zugriff: <https://www.bundestag.de/resource/blob/868128/2d6987ceec86ec029eba2f45445be193/WD-3-154-21-pdf.pdf> [abgerufen am 26.02.2026].

Wupperverband, 2025: Jahresbericht 2025. Wuppertal. Zugriff: [https://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/med_HVAL-DPGBAU_2B7A93/\\$file/2025_Jahresbericht%20WV.pdf](https://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/med_HVAL-DPGBAU_2B7A93/$file/2025_Jahresbericht%20WV.pdf) [abgerufen am 26.02.2026].

Anhang

Tabelle 5:
Detaillierte Übersicht über MPSC-Maßnahmen zur Hochwasservorsorge entlang der Phasen des Katastrophenrisikomanagements

Phase	Kommune / Projekt	Ziel der Maßnahme	Digitale Dienstleistung	Kurzbeschreibung der Funktionsweise
PRÄVENTION	Aalen & Heidenheim – Klimazentrierte Datennutzung ermöglichen	Die Maßnahme zielt darauf ab, Klima- und Umweltdaten zu erfassen und für ein Frühwarn- und Gefahrenmanagement nutzbar zu machen. So sollen insbesondere Starkregen- und Hochwasserrisiken frühzeitig erkannt und Krisensituationen proaktiv entgegengewirkt werden.	Sensorik, LoRaWAN, Datenplattformen	Sensoren erfassen kontinuierlich Klima- und Umweltparameter und übertragen diese in ein zentrales Daten- und Analysemodell. Dazu sollen beispielsweise Straßenlaternen oder eine smarte Stadtmöblierung als modellhafte und nachhaltige Trägerinfrastruktur einbezogen werden. Auf Basis der erhobenen Daten werden Belastungshotspots identifiziert sowie Gefahrenlagen, etwa durch Starkregen, prognostiziert und ein präventives Gegensteuern ermöglicht.
	LK Kusel – Schlauer Landkreis – Aufbau eines Sensornetzwerks	Die Maßnahme hat zum Ziel, eine zentrale Dateninfrastruktur aufzubauen. Im Bereich Hochwasserschutz soll ein Frühwarnsystem etabliert werden, um Schäden an bebauter sowie unbebauter Umwelt zu minimieren. Dies gilt für den akuten Katastrophenfall aber auch präventiv für die Stärkung der klimaresilienten Raumentwicklung des Landkreises.	IoT-Sensorik, LoRaWAN, Datenplattform, Dashboards, App	Sensoren erfassen kontinuierlich relevante Umweltparameter und übertragen diese über das LoRaWAN-Netz an die zentrale Datenplattform. Dort werden die Daten gebündelt, verarbeitet und in Dashboards sowie in der LandkreisApp visualisiert. Bei kritischen Entwicklungen können frühzeitig Warn- und Informationsmeldungen generiert werden. So entsteht ein integriertes Informations- und Frühwarnsystem, das Entscheidungsprozesse datenbasiert unterstützt und die Hochwasserresilienz im gesamten Landkreis erhöht.
	Zwönitz – Nutzung von Sensortechnik zur Risikovermeidung im Bereich Hochwasser	Verbesserung der Datengrundlage für den Hochwasserschutz in Zwönitz – insbesondere in den Ortsteilen Niederzwönitz und Dorfchemnitz. Im Vordergrund steht dabei weniger die Warnung im Katastrophenfall als vielmehr die Datenerhebung, um Risikobereiche zu identifizieren und künftige Hochwasserschutzmaßnahmen besser planen und koordinieren zu können.	IoT-Sensorik, LoRaWAN, Datenplattform, Dashboards	An mehreren Standorten entlang des Bachs Zwönitz und seiner Zuflüsse werden Pegelsensoren installiert, die kontinuierlich Wasserstände erfassen. Die Daten werden per LoRaWAN übertragen, zentral gespeichert und visuell aufbereitet. Über ein Dashboard können aktuelle Pegelstände und Entwicklungen eingesehen und analysiert werden. Auf dieser Grundlage lassen sich Risikobereiche identifizieren und zukünftige Hochwasserschutzmaßnahmen gezielt vorbereiten.
	Berlin – SmartWater	Unterstützung der Verwaltung bei Planung und Umsetzung blau-grüner Infrastrukturen sowie Information und Sensibilisierung der Bevölkerung zu Starkregengefahren	Datenplattform, kartenbasiertes Planungstool, Online-Spiel	Eine Datenplattform integriert Verwaltungs- und Umweltdaten für die Planung von Regenwasserbewirtschaftung und macht Effekte kartenbasiert sichtbar. Ein öffentliches Starkregenportal informiert über Überflutungsgefahren. Ein Online-Spiel visualisiert Effekte blau-grüner Maßnahmen.
	Kiel und Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön – Smarte Wasserplanung im Quartier	Stärkung der Planungskompetenz der Kommune hinsichtlich der Blauen Infrastruktur zur Anpassung an den Klimawandel (Starkregen/Dürre)	IoT-Sensorik, Datenplattform, Simulation	An mehreren Pilot-Standorten werden LoRaWAN-Sensoren zur digitalen Pegelstandsmessung eingesetzt. Diese erfassen Wasserstände in Feuerlöschteichen, Regenrückhaltebecken und anderen Wasserläufen und ermöglichen eine effiziente digitale Überwachung. Visualisierung in der Datenplattform

Phase	Kommune / Projekt	Ziel der Maßnahme	Digitale Dienstleistung	Kurzbeschreibung der Funktionsweise
PRÄVENTION	Flensburg und Kreise Nordfriesland und Schleswig-Flensburg – Smartes Wassermanagement	Verbesserung der Resilienz gegenüber Klimaveränderungen und zu einer besseren Planbarkeit gegenüber Hochwasser. Ein zentraler Anwendungsfall ist ein Mess- und Prognosesystem für größere Gewässereinzugsgebiete und Gewässersysteme zur Optimierung des Wassermanagements	IoT-Sensorik, Datenplattform, Dashboards, GIS-basierte Karten	Digitale Wasserstands- und Niederschlagsmessung. Dazu werden GIS-basierte Kartenwerke erstellt, die nach dänischem Vorbild Daten zu Hochwasser-/Niederschlagsereignissen und Abflussregimen miteinander verschneiden und Prognosen modellieren.
	Münster – Urbanes Wasser	Erstellung eines umfangreichen Wasserwirtschaftsmodells zur resilienten und effizienten Umsetzung von Planungs-, Wartungs-, Versorgungs- und Instandsetzungsmaßnahmen aller Wasserstakeholder des Stadtkonzerns	IoT-Sensorik, Aktorik, Modellierung, digitaler Zwilling	Sensorbasierte Erfassung von Abfluss- und Klimadaten (Kanalisation, Klimastationen) als Datengrundlage für ein gekoppeltes Kanalnetz-, Oberflächen- und Klimamodell. Aufbau eines kalibrierten digitalen Wasserzwillings mit 1D-2D-Simulation und Webportal zur Analyse, Bewertung und Planung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen. Ergänzend: Anwendungstool zur Simulation von Niederschlagsrückhalt auf privaten Grundstücken.
	Lemgo/Kalletal – Smarte Entwässerung	Die Maßnahme verfolgt hinsichtlich Stadtentwässerung das Ziel, die Resilienz gegenüber Starkregenereignissen deutlich zu erhöhen. In Kombination mit dem Hochwasserinfosystem entsteht so ein vernetztes Frühwarn- und Steuerungssystem, das Hochwasserrisiken reduziert und die kommunale Planung datenbasiert unterstützt.	IoT-Sensorik, LoRaWAN, Datenplattform, Dashboards, digitalisiertes Kanalnetz	Sensoren erfassen Wasserstände, Durchflussmengen und Bodenfeuchte in Kanälen, Gewässern und Rückhaltebecken. Die Daten werden zusammengeführt, analysiert und in Dashboards visualisiert, sodass Fachbereiche frühzeitig auf kritische Entwicklungen reagieren können. Bei Bedarf steuern Akteure gezielt Abflüsse oder Rückhaltekapazitäten, um hydraulische Spitzen bei Starkregen auszugleichen.
	Landkreis Hof – H2O Management	Transparenz über Wasserressourcen und Aufbau digitaler Infrastruktur zur sektorübergreifenden Gefahrenprävention	IoT-Sensorik, LoRaWAN, Data Lake, Dashboards, digitaler Zwilling	Flächendeckende Sensorik erfasst Wasserstände. Die Daten werden automatisiert in einen Data Lake eingespeist und über den Digitalen Zwilling bzw. Dashboards visualisiert.
	Dresden – Digitaler Starkregenzwilling	Aufbau eines digitalen urbanen Zwillings zur Risikoanalyse, Warnung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit bei Starkregen	digitaler Zwilling, IoT-Sensorik, hydrodynamische Modelle	Erweiterung des 3D-Stadtmodells um graue, blaue und grüne Infrastrukturen zur Simulation von Starkregenereignissen und Visualisierung von Überflutungsrisiken.
	Wuppertal – DigiTal Zwilling	Aufbau eines digitalen Zwillings zur Effizienzsteigerung interdisziplinärer Entscheidungen der nachhaltigen Stadtentwicklung, wie z. B. Starkregenvorsorgesensorik, LoRaWAN	digitaler Zwilling, IoT-Sensorik, LoRaWAN	Der digitale Zwilling unterstützt Verwaltungsentscheidungen durch digitale Analyse, Simulation und Visualisierung diverser Geodaten.

Phase	Kommune / Projekt	Ziel der Maßnahme	Digitale Dienstleistung	Kurzbeschreibung der Funktionsweise
VORBEREITUNG	Eifelkreis – Bitburg-Prüm – Digitale Hochwassermelder	Verbesserung der Hochwasserwarnung. Dem Katastrophenschutz eine frühere und zielgenauere Analyse der Gefährdungslage ermöglichen, um entsprechende Schritte rechtzeitig einzuleiten. In der Folge wird die Steuerung der Siedlungsentwicklung hin zu nachhaltigeren Siedlungsstrukturen in den von Hochwasser unmittelbar oder mittelbar bedrohten Kommunen erwartet.	IoT-Sensorik, LTE-M, Datenplattform, Dashboards, KI-gestützte Prognose	Pegelstandssensoren entlang der Gewässer zweiter und dritter Ordnung erfassen und leiten Pegelstände per Funkverbindung an eine zentrale Datenplattform weiter. Die Daten werden über Dashboards der Verwaltung und Öffentlichkeit zugänglich gemacht, um eine bessere Information des Katastrophenschutzes und der Anwohnenden zu ermöglichen. KI-gestützte Auswertung und Pegelprognose sollen im weiteren Verlauf präzisere Hochwasserinformationen liefern.
	Gütersloh – Hochwasserfrühwarnung / Urban Stack	Entwicklung eines Hochwasserfrühwarnsystems, durch das sich sowohl Bürgerinnen und Bürger als auch die Verwaltung und Unternehmen oder die Landwirtschaft frühzeitig vorbereiten und Vorkehrungen treffen können.	IoT-Sensorik, Dashboards, Datenplattform, KI-gestützte Prognose	Pegelstandsmessungen fließen in die urbane Datenplattform ein und geben einen tagesaktuellen oder ereignisbasierten Überblick über die einzelnen Wasserstände. Langfristig bilden die Datenmengen die Grundlage für ein KI-gestütztes Hochwasserwarnsystem
	LK Hameln-Pyrmont – Hochwasser- und Regensensoren (Pool der Datenmöglichkeiten)	Aufbau eines Sensornetzes zur genaueren und frühzeitigen Information über Überflutungsereignisse. Ziel des Landkreises Hameln-Pyrmont ist es, im Pilotgebiet Coppenbrügge Erfahrungen zu sammeln und diese als Grundlage zur weiteren Ausweitung des Sensor-Netzwerkes zu nutzen.	IoT-Sensorik, LoRaWAN, Datenplattform, Dashboards	Mittels Pegelstands- und Regensensoren werden Daten gesammelt und in einer urbanen Datenplattform zusammengeführt. Die Daten werden per Dashboards visualisiert und öffentlich zur Verfügung gestellt.
VORBEREITUNG	Lemgo/Kalletal – Hochwasserinfosystem (Umweltmonitoring)	Das Hochwasserinfosystem soll auf Basis einer umfassenden Datengrundlage Risiken frühzeitig erkennen, um gezielte Schutzmaßnahmen zu ergreifen und die Klimaresilienz zu stärken. Im Rahmen der übergeordneten Maßnahme Umweltmonitoring soll langfristig zudem eine klimaangepasste Raumplanung sowie Strategien zur Klimaanpassung unterstützt werden.	IoT-Sensorik, Datenplattform, Dashboards, (ggf. KI-gestützte Prognose)	Durch Installation eines sensorbasierten Pegel-Info-Systems wird eine umfassende Dateninfrastruktur aufgebaut, die durch ein Dashboard visualisiert wird. Durch langfristige Datenanalyse wird ein Prognosemodul und ein Informationssystem entwickelt, um frühzeitige Informationen und eine bessere Vorbereitung auf Extremwetterereignisse zu ermöglichen.
	Mayen-Koblenz – Smarter Hochwasserschutz	Erhebung von Daten zur digitalen Wasserstandsüberwachung, um Hochwasser frühzeitig zu erkennen und Katastrophenschutzstellen, Bürgerinnen und Bürger zu informieren.	IoT-Sensorik, Datenplattform, Dashboards	Erhebung von Pegelständen, Niederschlagsmengen sowie Bodenfeuchtigkeit um den Flusslauf herum. Die Daten werden zentral zusammengeführt, ausgewertet und auf einem Dashboard visualisiert. Zugriff für Katastrophenschutzstellen, lokale Einsatzkräfte, aber auch für interessierte Bürgerinnen und Bürger, um einen Überblick über die aktuelle Situation erhalten. Bei Bedarf können frühzeitig Warnungen veröffentlicht und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.
	Eichenzell – Starkregenfrühwarnsystem	Aufbau eines Starkregenfrühwarnsystems, das anhand von Echtzeitdaten drohende Starkregenereignisse, sowie potenzielle Sturzfluten erkennt und die Bürgerinnen und Bürger, Feuerwehren, Rettungsdienste, Katastrophenschutz usw. über Alarmsysteme alarmiert, z. B. Katwarn, sowie im besten Fall direkt über die Eichenzell App.	IoT-Sensorik, Dashboards, App	Niederschlagswerte sowie Pegel- und Kanalstände werden über IoT-Sensorik erfasst. Außerdem werden aktuelle Wetterdaten und -prognosen herangezogen. Bestehende Starkregen Gefahrenkarten, die insbesondere Gefährdungsflächen, Fließpfade und Fließwege aufzeigen, können bedrohte Gebiete identifizieren und differenzieren. Durch Zusammenführung dieser Daten werden Handlungsempfehlungen für Bürgerschaft und Rettungsorganisationen (z. B. Feuerwehren) abgeleitet.

Phase	Kommune / Projekt	Ziel der Maßnahme	Digitale Dienstleistung	Kurzbeschreibung der Funktionsweise
VORBEREITUNG	Münster – SafeStream: Hochwasserrisikoanalyse an Kleinfließgewässern	Kleinteilige Risikoanalyse kleiner Fließgewässer zur Verbesserung der Starkregen- und Hochwasservorsorge	IoT-Sensorik, LoRaWAN	Sensorbasierte Erfassung von Wasserständen kleiner und kleinster Fließgewässer, Darstellung in Hochwasser- und Starkregenkarten der offiziellen Risikogewässer zur Integration in kommunales Risikomanagement.
	Hildesheim – Hochwasser-Sensorik	Die Maßnahme zielt darauf ab, den Hochwasserschutz in Hildesheim nachhaltig zu verbessern und frühzeitig auf kritische Pegelstände reagieren zu können. Nach dem schweren Hochwasserereignis 2017 soll der Aufbau eines Sensorsystems helfen, Gefahrenlagen schneller zu erkennen und Schäden zu minimieren.	IoT-Sensorik, Datenplattform, Dashboards	Die installierten Sensoren messen kontinuierlich die Pegelstände der Gewässer und übertragen die Daten in Echtzeit an die städtische Datenplattform. Dort werden sie verarbeitet, gespeichert und übersichtlich dargestellt. So entsteht eine digitale Datengrundlage, die der Stadt als Basis zur Stärkung der Resilienz gegenüber Hochwasser dient.
	Haßfurt – Intelligenter Hochwasserschutz	Aufbau eines effektiven Risikomanagementsystems mit abgestuften Hochwasserwarnstufen, um im Katastrophenfall Informationsmeldungen an die Bevölkerung zu senden und koordinierte Maßnahmen zu ermöglichen. Die Ausweitung der Sensordaten für Kanalnetze soll dazu beitragen, die Infrastruktur und Entwässerungssituation der Stadt zu verbessern und damit die Resilienz gegenüber Hochwasserereignissen zu erhöhen.	IoT-Sensorik, LoRaWAN, Datenplattform, Dashboards	Sensoren erfassen kontinuierlich Pegelstände. Ergänzend werden Wetter-, Geo- und Abwassernetzdaten eingebunden. Die Daten werden über Schnittstellen zusammengeführt und mithilfe von Algorithmen analysiert, die Risiken bewerten und Meldestufen definieren. Bei Überschreiten festgelegter Schwellenwerte werden automatisiert Informationsmeldungen an die Bevölkerung ausgegeben.
BEWÄLTIGUNG	Solingen – Smartes Unwetterwarnsystem	Das smarte Unwetterwarnsystem soll die Bevölkerung in Solingen bei Starkregen- und Hochwasserlagen frühzeitig und lokal präzise warnen. Ziel ist es, kleinräumige Gefahrenlagen transparent abzubilden und konkrete Handlungsoptionen auf Quartiers- und Hofschaftebene bereitzustellen. Gleichzeitig unterstützt das System den gezielten und sicheren Einsatz von Rettungs- und Hilfskräften, wodurch die Hochwasserresilienz der Stadt gestärkt wird.	Sensorik, LoRaWAN, Datenplattform, Dashboards, App	Sensoren erfassen kontinuierlich relevante Umwelt- und Wetterdaten, die auf der städtischen Datenplattform gebündelt und mit überregionalen Warninformationen verschnitten werden. Mithilfe lokaler Prognosemodelle und definierter Grenzwerte werden Gefahrenlagen nahezu in Echtzeit bewertet. Bei Überschreiten bestimmter Schwellenwerte löst das System automatisierte Warnungen über App und digitale Informationskanäle aus.
	Dortmund/Schwerte – Öffentliche Sicherheit (Unwetter- und Katastrophenvorwarnung)	Das Projekt zielt darauf ab, die Resilienz gegenüber Extremwetterereignissen, wie Starkregen und Hochwasser, deutlich zu erhöhen. Durch frühzeitige Information und transparente Kommunikation soll das Sicherheitsniveau in den Städten nachhaltig gestärkt werden.	IoT-Sensorik, Datenplattform, App	Sensoren in beiden Städten erfassen kontinuierlich Umwelt- und Wetterdaten, die auf einer IoT-Plattform zusammengeführt und ausgewertet werden. Bei kritischen Entwicklungen, etwa bei Starkregen oder drohenden Hochwasserlagen, werden automatisiert Warnmeldungen generiert. Diese werden über verschiedene Kanäle – unter anderem über die Stadt-App – an die Bevölkerung kommuniziert. So entsteht ein vernetztes Frühwarnsystem, das schnelle Reaktionen ermöglicht, Schäden reduziert und die öffentliche Sicherheit im Klimawandel stärkt.
NACHBEREITUNG	Landkreis Hof – Transferwerkstatt Wasser	Aufbau einer zentralen Entwicklungs- und Beratungsstelle zur Schwammregion Hof.	Datenplattform, IoT-Sensornetz, GIS, KI-Support-Bot	Aufbau und Integration mehrerer Datenplattformen zur Erfassung von Wasserbedarfen und -ressourcen sowie Analyse kommunaler Klimaresilienzmaßnahmen.

Quelle: KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH

