

# fbr - wasserspiegel

Zeitschrift des fbr - Bundesverband für Betriebs- und Regenwasser e. V.

1/26



Integrierte Bewertung des Klimawandels 6 | Grauwasser und Wärmerecycling 12  
Analyse v. Inhaltsstoffen in Regenwasser 16 | Retentionsdächer planen 32



Bild: Adobe Stock, haveseen

# Integrierte Bewertung des Klimawandels für Kommunen

Mark Braun, René Kremer, Dr. André Assmann, Isabelle Beutelspacher

Die Auswirkungen des Klimawandels sind längst auch in Deutschland spürbar. Extreme Wetterereignisse, wie Starkniederschläge oder langanhaltende Dürre- und Hitzeperioden, treten immer häufiger auf. Kommunen stehen vor der Herausforderung, sich an die veränderten klimatischen Bedingungen anzupassen. Doch häufig fehlen Informationen über die vielfältigen Klimawirkungen auf den Menschen, die Infrastruktur, die Umwelt und die Wirtschaft. Um Klimaanpassungsmaßnahmen wie blau-grüne Infrastrukturen möglichst effizient planen und umsetzen zu können, benötigen Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung eine objektive und nachvollziehbare fachliche Entscheidungsunterstützung. Im vom BMFTR geförderten Forschungsprojekt R2K-Klim+ entwickelt ein interdisziplinäres Konsortium das sektorübergreifende Entscheidungsunterstützungstool KLAUS (Klimaanpassung urbaner Systeme) für die Stadt Duisburg. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei die integrierte Bewertungsmethodik, die es ermöglicht, die Auswirkungen des Klimawandels auf mehrere Rezeptoren zu vergleichen.

## Herausforderungen in der Stadt Duisburg

Die Stadt Duisburg steht als Industriegroßstadt am Rhein mit dem größten Binnenhafen Europas multiplen Herausforderungen gegenüber. Das Stadtgebiet ist geprägt von einer dichten Bebauung, einem hohen Anteil an Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen und einem hohen Versiegelungsgrad. Der Duisburger Hafen, ein für das Rheineinzugsgebiet besonders relevanter intermodaler Umschlagplatz für zahlreiche Güter, sowie die dazuge-

hörige Logistik und Transportstruktur, prägen die Wirtschaft in der Ruhrmetropole.

Seit dem Jahr 2018 ist im Hinblick auf die Funktionalität von Lieferketten das Thema Niedrigwasser verstärkt in den Fokus gerückt. Bei niedrigen Pegelständen reduzieren sich die Kapazitäten der Binnenschifffahrt und nicht alle Güter können (rechtzeitig) zu ihren Zielorten gelangen. Gleichzeitig war die Stadt in den vergangenen Jahren von mehreren Überflutungen, entwe-

der infolge von Flusshochwasser oder lokalen Starkregenereignissen, betroffen. Zusätzlich hat aufgrund der hohen Versiegelung auch die thermische Belastung in den Sommermonaten, bspw. in den häufig als „Hitzeinseln“ betroffenen Siedlungsräumen, zugenommen.

Im Stadtkonzern Duisburg hat die Bedeutung des Themas Klimawandel, auch in Folge der eigenen Betroffenheiten, in den vergangenen Jahren daher deutlich zugenommen. Ein Klimaanpassungskonzept (KLIA, 2022)

wurde verabschiedet, als Teilnehmerkommune der Zukunftsinitiative KlimaWerk und der begleitenden KRiS-Förderung kann die Stadt zudem Fördermittel zur Umsetzung blau-grüner Infrastrukturen beantragen. Diese sollen Niederschlagswasser im Stadtgebiet zurückhalten und gleichzeitig durch höhere Verdunstungsraten das Mikroklima positiv beeinflussen. An dieser Stelle tangiert das Thema Klimaanpassung dann auch andere städtische Bereiche und führt dort sowohl zu Synergieeffekten als auch Zielkonflikten, bspw. in den Bereichen Stadtplanung, Wirtschaft und Verkehr.

### Klimaanpassung und Umweltgerechtigkeit

Die Betrachtung der Klimaanpassung als gesellschaftliche und zuständigkeitsübergreifende Querschnittsaufgabe ist zur Überwindung von Hemmnissen von zentraler Bedeutung. Eine nachhaltige Stadtentwicklung ist zwingend auf eine Resilienz gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels angewiesen. Im Hinblick auf soziale und stadtstrukturelle Unterschiede gewinnt das Thema „Umweltgerechtigkeit“, das sich mit der Aggregation mehrerer negativer Auswirkungen in bestimmten Siedlungsbereichen beschäftigt, an Bedeutung. Für all diese

Fragestellungen ist eine Sensibilisierung und Information von relevanten Akteuren erforderlich, woraus sich ein Erfordernis an fachlichen Grundlagen- daten zur Entscheidungsunterstützung und eine zielgruppengerechte Darstellung ableiten.

Einige dieser Daten liegen als Einzelprodukte bereits vor, u.a. Starkregen- und Hochwassergefahrenkarten, stadtclimatiscche Modellierungen sowie Baum- oder Gründachkataster. Viele weitere Daten sind über die verschiedenen Zuständigkeiten in den Kommunen verteilt, teils nicht räumlich verortet und häufig noch nicht digitalisiert. Insbesondere sozioökonomische Daten sind für die „Umweltgerechtigkeit“ relevant, aufgrund ihrer sensiblen Informationen gleichzeitig aber auch besonders zu schützen.

### Das Projekt R2K-Klim+

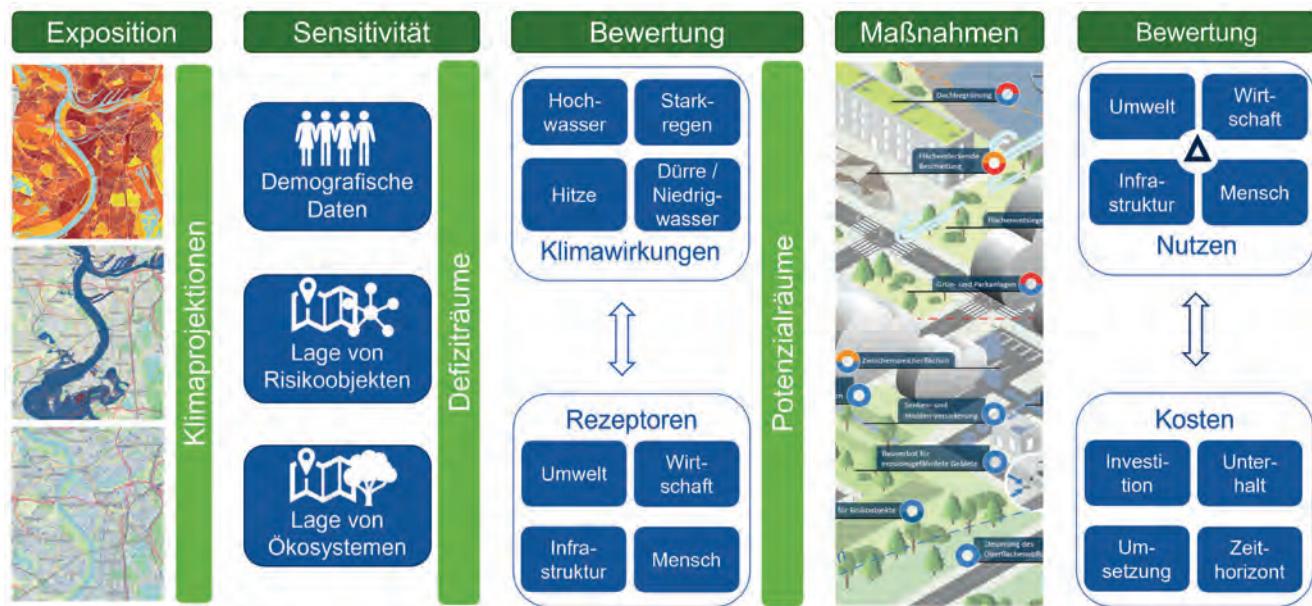
Im Forschungsprojekt R2K-Klim+ (FKZ 01LR2008A-F) arbeitet ein siebenköpfiges Konsortium unter Federführung des Forschungsinstitutes für Wasserwirtschaft und Klimazukunft (FiW) an der RWTH Aachen e. V. daran, ein Tool zur Stärkung der kommunalen Klimaresilienz zu entwickeln. Das Entscheidungsunterstützungssystem KLAUS wird aktuell in die Geodateninfra-

struktur der Stadt Duisburg integriert, steht aber danach auch für weitere Anwendungen offen. Die technische Implementierung wird von der geomer GmbH vorgenommen. Die Befüllung der Anwendung mit den entsprechenden Fachdaten geschieht durch alle Konsortialpartner, neben dem FiW und geomer sind dies die Stadt Duisburg, das Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung an der RWTH Aachen (gaiac) e. V., das Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e. V. und das Zentrum für Logistik und Verkehr (ZLV) an der Universität Duisburg-Essen sowie die Prognos AG.

### Integrierte Bewertungsmethodik

Als zentraler Baustein von KLAUS wird auf Grundlage eines Geoinformationssystems eine integrierte Bewertungsmethodik für Klimawirkungen und Anpassungsmaßnahmen auf Grundlage der räumlich verfügbaren Daten entwickelt. Über diese werden Auswirkungen durch Starkregen, Fluss- hochwasser und Hitze auf Mensch, Infrastruktur, Wirtschaft und Umwelt vergleichend betrachtet. Zwei Leitfragen, die über KLAUS beantwortet werden können, verdeutlichen den praktischen Nutzen:

>>



▲ Abbildung 1: Schematische Darstellung der integrierten Bewertungsmethodik. | Quelle: © FiW

- In welchen Räumen aggregieren sich negative Klimawirkungen und wie können diese über eine einheitliche Metrik dargestellt werden?
- Wo bewirke ich unter Berücksichtigung von eingeschränkten Ressourcen den größtmöglichen Nutzen mit Klimaanpassungsmaßnahmen?

Um diese Fragen zu beantworten, wurde vom FiW eine Bewertungsmethodik nach dem Schema in Abbildung 1 konzipiert.

Auf dieser Grundlage entwickelt das FiW ein QGIS-Tool, das Fachanwender\*innen in die Lage versetzt, eigene Vulnerabilitätsanalysen durchzuführen. Eingeladen werden Geodaten, die in der Regel öffentlich verfügbar sind. Wenn präzisere Datensätze vorliegen, bspw. neu berechnete Starkregen Gefahrenkarten oder verwaltungsinterne demografische Informationen, können diese ergänzend eingebunden werden und die Ergebnisse verfeinern.

Der Schwerpunkt des Tools liegt nicht auf den einzelnen Modellierungen, sondern auf der wissenschaftlich basierten Verschneidung und Bewertung.

Die Anwendung führt durch die erforderlichen Schritte, prüft Eingaben, wendet festgesetzte Bewertungskriterien konsequent an und gibt die Ergebnisse als Geodateien aus. So entsteht aus heterogenen Daten ein konsistentes Bild der Vulnerabilität über mehrere Skalen hinweg, von objektscharfen Auswertungen bis zu quartierbezogenen Übersichten.

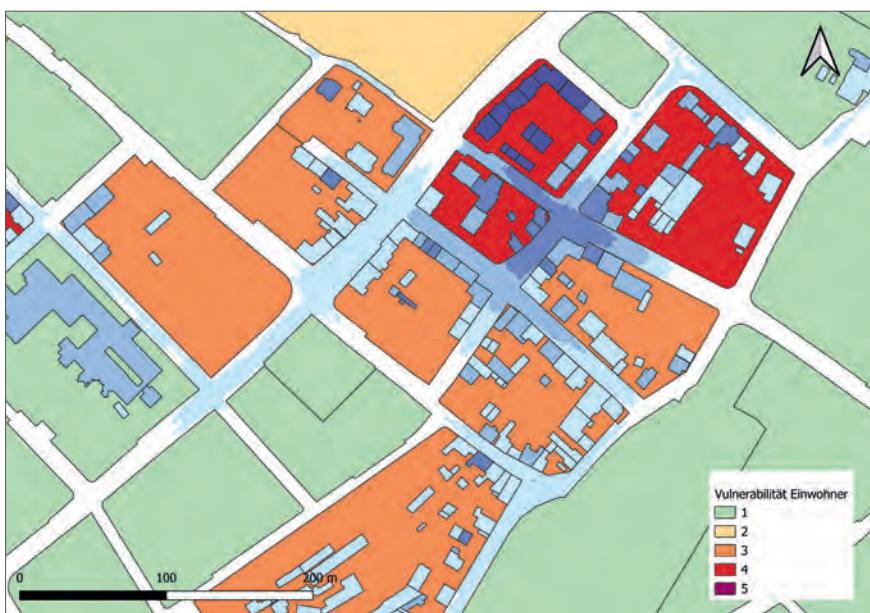
Das Grundkonzept beruht auf der Verknüpfung von Expositionsdaten aus Gefahren- und Risikokarten mit der Sensitivität der untersuchten Rezeptoren. Statt einer einfachen Geogenüberstellung werden Kenngrößen gemeinsam betrachtet, etwa die Bevölkerungsdichte, Anteile vulnerabler Gruppen, Lage und Funktion kritischer Infrastrukturen, Erreichbarkeit im Ereignisfall sowie bauliche und ökologische Rahmenbedingungen. Greifbar wird dies am Beispiel von Starkregen. Entscheidend ist nicht nur, ob Wasser auftritt, sondern wie Wasserstand, Fließgeschwindigkeit und Abflusswege zusammen mit der Zahl der betroffenen Personen, der Schutzbedürftigkeit einzelner Gruppen und der räumlichen Nähe zu sensiblen Einrichtungen wirken. Aus der Gesamtbewertung im Hin-

blick auf diese Rezeptoren lassen sich Potenzialräume ableiten, in denen eine Verbesserung durch Klimaanpassungsmaßnahmen realisierbar ist.

Ein im Rahmen des Projekts entwickelter Maßnahmenkatalog stellt eine Auswahl an Maßnahmenoptionen zur Verfügung. Dachbegrünung, flächendeckende Beschattung, zusätzliche Grün- und Parkanlagen, Zwischen-speicherflächen, Senken und Muldenversickerung, Bauverbote in erosionsgefährdeten Bereichen sowie eine Steuerung des Oberflächenabflusses sind nur einige Beispiele, die mitunter gleich mehrere Klimawirkungen adressieren können und über eine Wirkungsmatrix abgebildet werden. Über eine Parametrisierung der Maßnahmen können deren potenzielle Wirkungen auch in die Modelle integriert und in den Bewertungsfaktoren abgebildet werden.

Abbildung 2 veranschaulicht beispielhaft ausschließlich die Vulnerabilität der ansässigen Einwohner in einer baublockweisen Betrachtung bei einem Starkregenereignis. Den einzelnen Wohngebäuden wird ein Wasserstand zugeordnet, wobei dunklere Blautöne größere Wassertiefen bedeuten. Die zunehmende Vulnerabilität der entsprechenden Baublöcke wird mit dunkleren Rottönen verdeutlicht. Einige Baublöcke werden trotz betroffener Gebäude in grün dargestellt, da es sich hierbei nicht um Wohngebäude handelt, sodass dort keine Einwohnerdaten hinterlegt sind.

Vergleichbare Darstellungen existieren für verschiedene Kriterien, wie beispielsweise die Lage von Risikoobjekten, die Erreichbarkeit eines Ortes durch Einsatzkräfte im Ereignisfall oder ökonomische Schadenspotenziale. So haben die Anwendenden stets den Überblick darüber, welche Wirkungen zu einer hohen Vulnerabilität führen und können diese Risiken passgenau mit Maßnahmen adressieren.



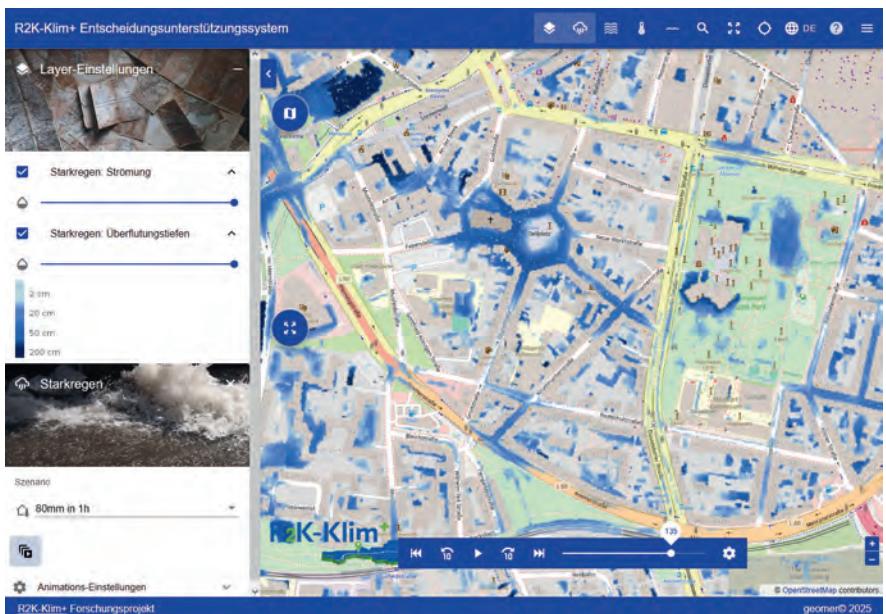
▲ Abbildung 2: Vulnerabilität von Einwohnern in Duisburg bei einem Starkregenereignis mit einer Niederschlagshöhe von 90 mm/h | Quelle: © FiW

Die Methodik ermöglicht zudem die Darstellung der Ergebnisse in mehreren räumlichen Auflösungen. Die Auswirkungen können sowohl objektscharf ermittelt, als auch auf Baublock- und Quartierebene aggregiert und für einen stadtweiten Vergleich genutzt werden, wodurch lokale Besonderheiten und Muster sichtbar werden. Prioritäten und konkrete Handlungen legen die Anwendenden passend zu spezifischen Zielen, Mitteln und Anforderungen vor Ort fest. Die integrierte Bewertungsmethodik schafft so einen gemeinsamen Rahmen für die vergleichende Betrachtung verschiedener Auswirkungen des Klimawandels.

### KLAUS (Klimaanpassung urbaner Systeme)

Um einen Überblick von KLAUS zu bekommen, ist unter folgender Webadresse ein öffentlicher Zugang möglich: <https://r2k.geomer-maps.de>. Die Benutzeroberfläche ist intuitiv bedienbar und in Abbildung 3 dargestellt. In der obenstehenden Navigationsleiste stehen die vier zentralen Klimawirkungen Starkregen, Hochwasser, Hitze und Niedrigwasser zur Auswahl. Ergänzend dazu sind hier auch hilfreiche Tools zur Adresssuche, Strecken- und Flächenmessung sowie zur Bildschirmvideoaufnahme zu finden. Auf der linken Seite befinden sich – abhängig von den jeweils ausgewählten Themen – die Layereinstellungen mit Legenden und Transparenzanpassungen sowie die passenden Analyse- und Bewertungstools. Eine Auswahl wird im weiteren Abschnitt kurz vorgestellt. Im Hauptfenster werden die entsprechenden Kartenansichten gezeigt. Dabei kann der Kartenhintergrund flexibel zwischen verschiedenen Darstellungsoptionen wie Satellit, OpenStreetMap (OSM) oder topografischer Karte gewechselt werden.

Insgesamt stehen u.a. sechs verschiedene Starkregenszenarien zur Auswahl, die eine differenzierte Analyse von Überflutungstiefen und Strömungsverhalten ermöglichen. Die zugrundeliegende dreistündige Simulation,



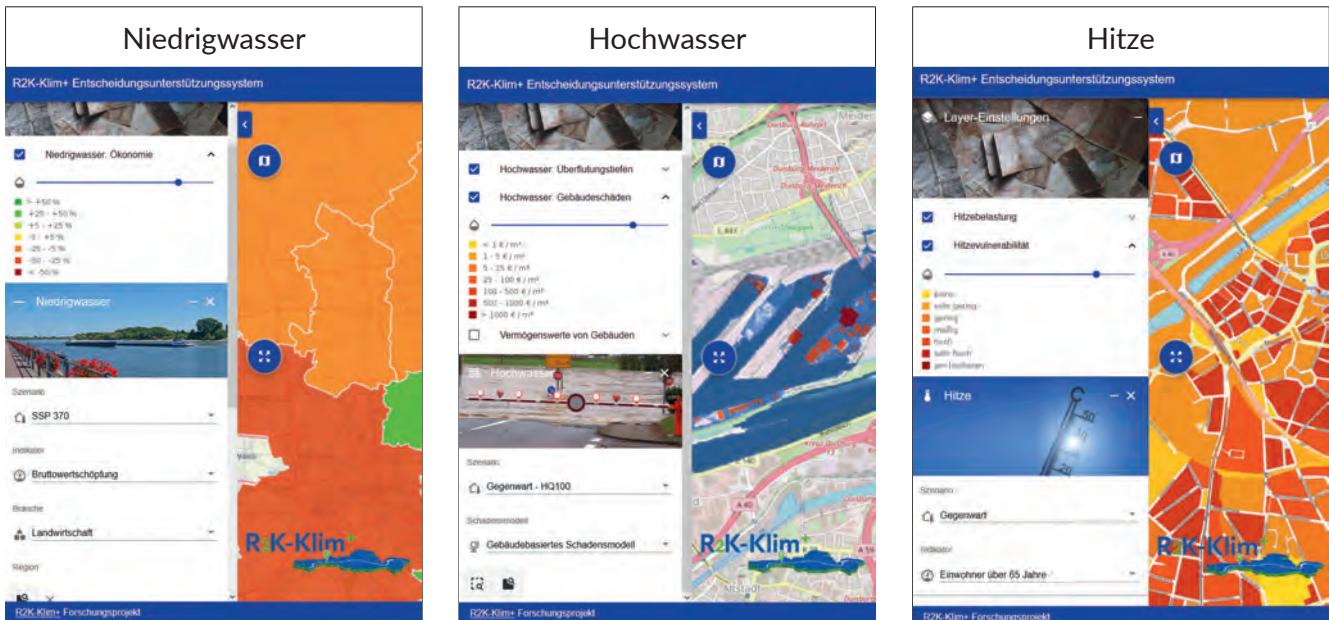
▲ Abbildung 3: KLAUS-Benutzeroberfläche zum Thema Starkregen. | Quelle: © geomer

bei der die erste Stunde den Berechnungszeitraum umfasst, erlaubt eine detaillierte Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Überflutungstiefen, der Fließgeschwindigkeiten sowie der Fließrichtungen. Dadurch lassen sich sowohl kurzfristige Abflussdynamiken als auch längerfristige Rückstau- und Ausbreitungsprozesse nachvollziehen. Darüber hinaus ist vorgesehen, für eine umfassendere Bewertung auch Schadenspotenziale zeitnah in die Anwendung zu integrieren.

In Abbildung 4 sind exemplarisch die Module Niedrigwasser, Hochwasser und Hitze abgebildet. Die Niedrigwasserthematik konzentriert sich in der Anwendung auf die ökonomische Betrachtung von Niedrigwasserereignissen im Rhein und bezieht dabei das gesamte Rheineinzugsgebiet in die Analyse ein. Ziel ist es, die wirtschaftlichen Auswirkungen von sinkenden Wasserständen auf unterschiedliche Regionen und Branchen zu erfassen und vergleichbar zu machen. Die Detailauswertungen können je nach Einzugsgebiet vorgenommen werden, wodurch regionale Unterschiede in der Betroffenheit und Anpassungsfähigkeit sichtbar werden. Für eine zukunftsorientierte Analyse stehen zwei verschiedene Zukunftsszenarien zur Ver-

fügung, die mögliche Entwicklungen unter veränderten klimatischen und wirtschaftlichen Bedingungen abbilden. Zur Bewertung der ökonomischen Folgen werden zentrale Indikatoren herangezogen, darunter die Importmenge, die Erwerbstätigenzahl sowie die Bruttowertschöpfung. Diese Kennzahlen ermöglichen eine umfassende Einschätzung der volkswirtschaftlichen Relevanz von Niedrigwasserereignissen.

Im Themenbereich Hochwasser stehen in KLAUS zehn verschiedene Szenarien zur Verfügung, die zwischen HQ1 und HQ500 variieren und in Form von Überflutungstiefen visualisiert werden. Zur Ermittlung der potenziellen Schäden bei Hochwasser werden zwei unterschiedliche Schadensmodelle eingesetzt: ein gebäudebasiertes Modell und ein flächenbasiertes Modell, wobei die Schadenswerte jeweils in Euro pro Quadratmeter [ $\text{€}/\text{m}^2$ ] angegeben werden. Diese beiden Ansätze erlauben eine differenzierte Betrachtung, da beim gebäudebasierten Modell die bauliche Nutzung der Gebäude im Vordergrund steht, während beim flächenbasierten Modell auch außerhalb der Gebäude liegende Flächen, wie etwa Verkehrs- oder Freiflächen, berücksichtigt werden.



▲ Abbildung 4: KLAUS Oberfläche zu den Themen Niedrigwasser, Hochwasser und Hitze. | Quelle: © geomer

Beim Thema Hitze liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung der Hitzelastung und der Hitzevulnerabilität auf Baublockebene. Die Vulnerabilität wird in unterschiedliche Kategorien von „keine“ bis „am höchsten“ eingeteilt, wodurch sich die Gefährdung einzelner Baublöcke schnell und anschaulich erfassen lässt. Es besteht die Möglichkeit, verschiedene Indikatoren wie die Anzahl der Einwohner\*innen, die Einwohner\*innen über 65 Jahre, vulnerable Einrichtungen sowie die Gesamtvulnerabilität auszuwählen.

#### Ausblick auf mögliche 3. Förderphase, weitere Forschungsaktivitäten

Das Forschungsprojekt R2K-Klim+ befindet sich noch bis Ende 2026 in seiner zweiten Förderphase, die ggf. in eine weitere Förderphase zur Verstärkung übergeht. Hierbei würde die Anwendung von KLAUS nach erfolgter Implementierung in die Geodateninfrastruktur der Stadt Duisburg zwei Jahre lang wissenschaftlich begleitet. Darüber hinaus soll auch ein Methodentransfer in weitere Kommunen des Ruhrgebiets, speziell über die Zukunftsinitiative Klima.Werk, erfolgen.

Auf Grundlage der Bewertungsmethodik verfolgt das FiW auch weitere Forschungsthemen zur Klimaanpassung. So startet im ersten Quartal 2026 das

dreijährige EFRE-Forschungsprojekt „IndiKlimA – Indikatorenbasiertes Klimaanpassungsmonitoring auf regionaler und kommunaler Ebene“, bei der das FiW in einem interdisziplinären Konsortium aufbauend auf der erarbeiteten Methodik ein Monitoringkonzept entwickelt. Perspektivisch soll das GIS-Tool auch um weitere städtische Themen wie Stadtplanung, Verkehr oder Klimaschutz ergänzt werden, die in Form georeferenzierter Daten mit Informationen zu Klimawandel und Klimaanpassung verschnitten werden können. Die Ziele dieser verschiedenen kommunalen Aufgaben können so in einem ganzheitlichen Tool zukunftsgerichtet, auch vor dem Hintergrund des Klimawandels, bewertet und angepasst werden.

#### Autor\*innen:

Mark Braun,  
René Kremer,  
Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft und Klimazukunft an der RWTH Aachen e. V.  
[braun@fiw.rwth-aachen.de](mailto:braun@fiw.rwth-aachen.de),  
[www.fiw.rwth-aachen.de](http://www.fiw.rwth-aachen.de)

Dr. André Assmann,  
Isabelle Beutelspacher,  
geomer GmbH, Heidelberg  
[info@geomer.de](mailto:info@geomer.de); [www.geomer.de](http://www.geomer.de)