



# EM UR

## KLIMAWIRKUNGSANALYSE

Ziele | Nutzen | Methode | Zugang

## IMPRESSUM

### **Herausgeber**

Institut für Raumplanung (IRPUD)  
Technische Universität Dortmund  
August-Schmidt-Straße 10, 44227 Dortmund

### **Autoren**

Jörg Peter Schmitt; Alina Tholen; Sophie Holtkötter; Juliane Wright; Till D'Aubert

### **Stand**

Dezember 2022, KWA Version 2022.10

Der Bericht ist im Rahmen des Forschungsprojektes Evolving Regions entstanden. Das Projekt wird durch das EU-Umweltprogramm LIFE gefördert und kofinanziert durch das MULNV NRW.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	Einführung.....	1
<b>2</b>	Ziele und Umfang der Klimawirkungsanalyse.....	3
	Ziele der Klimawirkungsanalyse .....	3
	Prämissen der Klimawirkungsanalyse .....	4
	Inhaltlicher Umfang der Klimawirkungsanalyse.....	4
	Klimawirkungsanalyse in Tableau .....	5
<b>3</b>	Planerische Anwendungsfälle der Klimawirkungsanalyse .....	7
	Räumliche Planung .....	7
	Vorsorgender Katastrophenschutz.....	9
	Sensibilisierung .....	10
<b>4</b>	Methodische Grundlagen der Klimawirkungsanalyse .....	11
	Szenariobasierter Analyseansatz .....	11
	Eingangsdaten.....	14
	Ermittlung der Klimawirkung.....	18
<b>5</b>	Klimawirkungsanalyse im Überblick .....	22
	Bereich Siedlung - Kennblätter KWA .....	23
	Bereich Infrastruktur - Kennblätter KWA .....	29
	Bereich Freiraum - Kennblätter KWA.....	36
<b>6</b>	Zugang zur Klimawirkungsanalyse .....	40
	Geodaten Klimawirkungsanalyse .....	40
	Zugang zur Klimawirkungsanalyse in Tableau .....	41
	Empfohlene Anwendungsschritte zur Interpretation der KWA in Tableau .....	44
	Literaturverzeichnis .....	46

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Klimawirkung und Vulnerabilität .....	3
Abbildung 2: Übersicht der analysierten Klimawirkungen .....	5
Abbildung 3: Beispielhafter Auszug aus der Klimawirkungsanalyse .....	6
Abbildung 4: Ansatz der parallelen Modellierung .....	11
Abbildung 5: Szenarien der klimatischen Einflüsse .....	12
Abbildung 6: Übersicht Exposition und Sensitivitätswerte nach Nutzungstyp .....	13
Abbildung 7: Beispielhafte Werte Wohnen-Starkregen .....	19
Abbildung 8: Auszug der aufbereiteten Geodaten .....	40

# 1 EINFÜHRUNG

Die Erstellung der Klimawirkungsanalysen stellt einen wichtigen und elementaren Baustein des Projektes Evolving Regions dar. „Mit Hilfe von [...] Klimawirkungsanalysen können Schwerpunkte [...] der Betroffenheit durch den Klimawandel auf wissenschaftlicher Grundlage identifiziert werden“ (UBA 2017: 8). Für die Ermittlung der Klimawirkung werden für die sieben beteiligten Kreise die klimatischen Einflüsse mit räumlichen Expositionen und Sensitivitäten verschnitten. Dabei werden die gegenwärtigen und möglichen zukünftigen Ausprägungen der klimatischen Einflüsse betrachtet.

Die Entwicklung der Methode ist ein dynamischer Prozess. In diesem Bericht wird nun die finale Version der KWA (Stand Oktober 2022 - Version V2022.10) dargestellt.

Der Bericht startet mit Ausführungen zu den Zielen, Prämissen und Umfang der Klimawirkungsanalyse sowie zur interaktiven Aufbereitung der Ergebnisse mit der Software Tableau (Kapitel 2), bevor planerische Anwendungsfälle zur Nutzung der Klimawirkungsanalyse aufgezeigt werden (Kapitel 3). Darauf folgen Erläuterungen zu Methodik, Verfahren und Eingangsdaten der Klimawirkungsanalyse (Kapitel 4) sowie eine Zusammenstellung zu allen analysierten Klimawirkungen bzgl. grundlegender Daten, Indikatoren und Rechenschritten zur Wertermittlung (Kapitel 5). Informationen zur Bereitstellung und Zugang zur Klimawirkungsanalyse befinden sich in Kapitel 6, wo auch Hinweise zu Arbeitshilfen aufgezeigt werden.

## DAS PROJEKT EVOLVING REGIONS

In dem Projekt Evolving Regions liegt der Fokus auf der Anpassung an die Folgen des Klimawandels auf regionaler Ebene. Durch die Veränderungen des Klimas und die daraus resultierende Zunahme von extremen Wetterereignissen entstehen neue Herausforderungen. Um diese zu bewältigen, müssen auch die Akteur\*innen abseits der urbanen Zentren für das Thema sensibilisiert und dazu befähigt werden, den Herausforderungen entsprechend zu handeln. Dafür entwickelt die Sozialforschungsstelle der TU Dortmund als Verbundkoordination in Zusammenarbeit mit weiteren Partnerinstitutionen ein Konzept, das in sieben Partnerregionen in NRW und einer Partnerregion in den Niederlanden angewendet und erprobt wird. Anhand der dadurch gewonnenen Erkenntnisse soll eine Standardvorlage für regionale Klimaanpassungsstrategien in NRW und Europa entwickelt werden.

### Ziele

1. Die Verbesserung der Widerstandsfähigkeit der teilnehmenden Regionen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels.
2. Die Integration des Themas Klimaanpassung in die kommunalen und regionalen Planungsprozesse.
3. Die Unterstützung der regionalen Akteur\*innen beim Erlangen von Kompetenzen sowie der Entwicklung eines Beratermarktes für Klimaanpassung.

**Projektidee**

Durch das Projekt Evolving Regions soll die Widerstandsfähigkeit sowie die Anpassung an den Klimawandel in den beteiligten Regionen erhöht werden. Dafür durchlaufen die Regionen einen 19-monatigen Prozess, in dem regionsspezifisch die Auswirkungen des veränderten Klimas analysiert werden. Darüber hinaus erfolgt eine fachliche Beratung zur Konkretisierung der Planungen zur Klimaanpassung sowie zu Möglichkeiten der Finanzierung von Maßnahmen.

**Zielgruppe**

Es werden planende, steuernde und handelnde Akteur\*innen angesprochen. Diese sollen mit Hilfe der Methode des Integrierten Roadmappings auf der Basis einer bestimmten Abfolge von Prozessschritten dazu befähigt werden, für ihre Region Strategien und Ziele sowie Maßnahmen zur Klimaanpassung zu erarbeiten.



## 2 ZIELE UND UMFANG DER KLIMAWIRKUNGSANALYSE

Klimawirkungsanalysen (KWA) ermitteln die Wirkung verschiedener klimatischer Einflüsse (z.B. Hitzebelastung oder Starkregenabflüsse) auf konkrete räumliche Gegebenheiten. Dabei wird zum einen die Exposition (z.B. das Vorhandensein von Wohnflächen oder Infrastrukturen), zum anderen die Sensitivität (z.B. Anteil vulnerabler Bevölkerungsgruppen, Gebäudedichte oder Größe der sozialen Infrastrukturen) mit einbezogen. Im Gegensatz zu Vulnerabilitätsanalysen wird im Rahmen von KWA die Ebene der Anpassungskapazität (z.B. Willen, Wissen und Mittel zur Klimaanpassung) nicht mitbetrachtet. Durch die Ergebnisse der KWA kann jedoch die Anpassungskapazität an sich gesteigert werden: 1. durch die Erstellung einer quantitativen Entscheidungsgrundlage für die Klimaanpassung, 2. durch eine Erhöhung der Sensibilität bei den handelnden Akteur\*innen durch eine praxisorientierte Ergebnisaufbereitung. Weitere Begriffsdefinitionen finden sich im Bericht „Der Klimawandel und seine Auswirkungen in NRW“ (IRPUD 2022).

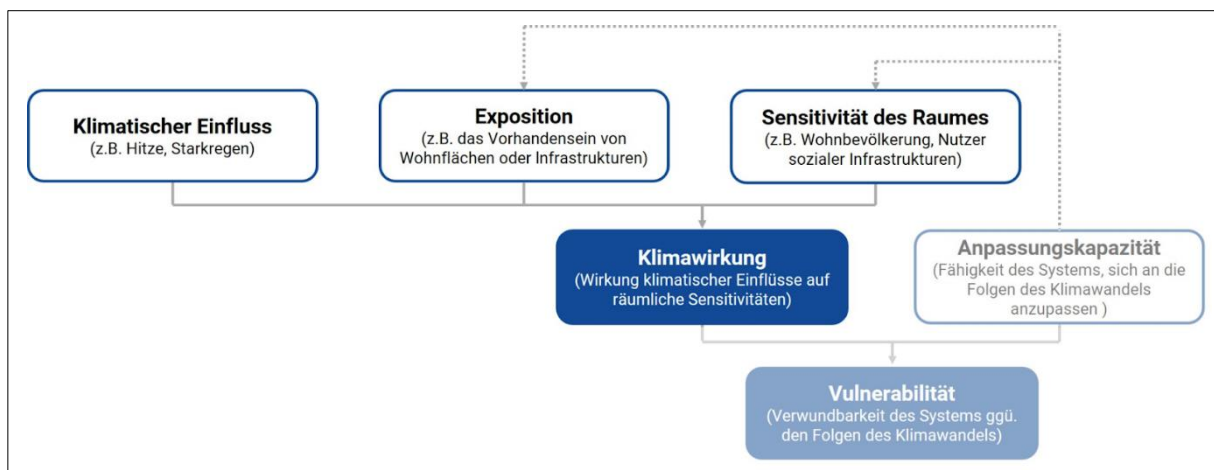


Abbildung 1: Klimawirkung und Vulnerabilität (eigene Darstellung nach UBA 2015)

### ZIELE DER KLIMAWIRKUNGSANALYSE

Ziel der Analysen im Rahmen von Evolving Regions ist es, für die klimatischen Einflüsse Hitze, Starkregen, Hochwasser und Dürre die lokalen und kreisweiten Klimawirkungen aufzuzeigen. Mit den Ergebnissen werden im Roadmap-Prozess Handlungsschwerpunkte identifiziert und Entscheidungsgrundlagen zu konkreten Handlungs- und Anpassungsmaßnahmen geliefert. Die KWA unterstützt somit konkret die Arbeitsschritte im Roadmap-Prozess in den jeweiligen Kreisen. Die Analyse soll auch über das Projekt hinaus für die kreisweite und lokale Klimaanpassung genutzt werden.

#### Ableitung und Priorisierung von Handlungsräumen

Die Klimawirkung resultiert aus der Verschneidung des klimatischen Einflusses mit der räumlichen Exposition und Sensitivität. Durch die anschließende Normalisierung der Ergebnisse (s. Kapitel 3) können vergleichsweise stark betroffene Räume identifiziert und Handlungsschwerpunkte für die Klimaanpassung abgeleitet werden.

### **Schaffung einer Evidenz- und Entscheidungsbasis**

Mithilfe der KWA werden Schwerpunkte der Betroffenheit durch den Klimawandel auf wissenschaftlicher Grundlage identifiziert. Dadurch wird eine Evidenz- und Entscheidungsbasis für die (kommunalen) Akteur\*innen geschaffen.

### **Erhöhung der Anpassungsfähigkeit<sup>23</sup>**

Durch die Ergebnisse der KWA kann die Anpassungskapazität in den Kommunen gesteigert werden. Einerseits durch die Schaffung einer quantitativen Evidenz- und Entscheidungsbasis für die Klimaanpassung, andererseits durch die Erhöhung der Sensibilität bei den handelnden Akteur\*innen durch eine praxisorientierte Ergebnisaufbereitung.

## **PRÄMISSEN DER KLIMAWIRKUNGSANALYSE**

Die Prämissen der KWA zielen auf eine Übertragbarkeit der Analysemethode auf weitere Kreise und Regionen, eine intra- und interregionale Vergleichbarkeit der Klimawirkungen, eine stetige Weiterentwicklung der Analysemethode im Verlauf des Projektes und einen szenario-basierten Ansatz zur Abbildung verschiedener Entwicklungsszenarien ab.

### **Weiterentwicklung des methodischen Vorgehens**

Die Analysen werden im Rahmen des Projekts Evolving Regions im Austausch mit Experten und der kommunalen Praxis weiterentwickelt. Allen Kreisen wird die finale Version der KWA zur Verfügung gestellt (Version 2022.10).

### **Übertragbarkeit der Analysen**

Das Vorgehen der KWA soll sowohl in weiteren Kreisen in NRW als auch darüber hinaus Anwendung finden. Die Nutzung zugänglicher und schematisch einheitlicher Datensätze sowie eine transparente und nachvollziehbare Methodik sind daher essentiell.

### **Intra- und interregionale Vergleichbarkeit der Ergebnisse**

Zusätzlich zur kreisinternen Ermittlung der Klimawirkung ist auch die kreisübergreifende Vergleichbarkeit der Ergebnisse von zentraler Bedeutung, um Klimawirkungen im Kreis besser einordnen und interpretieren zu können.

### **Szenariobasiertes Vorgehen**

Eine Veränderung der klimatischen Situation sowie der räumlichen Nutzungen (Exposition und Sensitivität) ist unumstritten, jedoch besteht eine Unsicherheit hinsichtlich des Ausmaßes und der Intensität der Veränderung. Daher ist es elementar, szenariobasiert zu arbeiten und so einen „Möglichkeitsraum“ für mögliche Entwicklungen aufzuzeigen.

## **INHALTLICHER UMFANG DER KLIMAWIRKUNGSANALYSE**

Im Rahmen des Projektes Evolving Regions werden allen sieben Kreisen die KWA zur Verfügung gestellt, welche die im Folgenden beschriebenen Klimawirkungen umfasst. Diese Klimawirkungen stellen dabei eine im Projekt getroffene Auswahl dar und bilden keine abschließende Darstellung der tatsächlich möglichen Klimawirkungen ab. Für einen umfassenderen



Überblick über klimatische Veränderungen und die Auswirkungen in NRW, dient der Bericht „Der Klimawandel und seine Auswirkungen in NRW“ (IRPUD 2022) im Rahmen des Projektes Evolving Regions. Die Auswahl der in der KWA betrachteten Klimawirkungen erfolgte anhand der folgenden Vorgehensweise:

1. Auseinandersetzung mit klimatischen und räumlichen Zusammenhängen anhand der Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie (Bundesregierung 2008) und den Wirkungsketten des Umweltbundesamtes (UBA 2016a)
2. Identifizierung von Wirkungszusammenhängen, die für NRW eine Relevanz haben - siehe Bericht „Der Klimawandel und seine Auswirkungen in NRW“ (IRPUD 2022)
3. Auswahl von Klimawirkungen anhand der Datenverfügbarkeit

Der Umfang der hier beschriebenen (finalen) Version der KWA beinhaltet 17 Klimawirkungen, die sich mit den klimatischen Einflüssen Hitze, Starkregen, Hochwasser und Dürre sowie den entsprechenden räumlichen Expositionen befassen:

	1 Hitze	2 Stark- regen	3 Hoch- wasser	4 Dürre
<b>Siedlung</b>				
1 Wohnen	KW 1 1	KW 1 2	KW 1 3	
2 Gewerbe	KW 2 1	KW 2 2	KW 2 3	
<b>Infrastruktur</b>				
3 Soziale Infrastruktur	KW 3 1	KW 3 2	KW 3 3	
4 Punktuelle Infrastruktur		KW 4 2	KW 4 3	
5 Verkehrliche Infrastruktur		KW 5 2	KW 5 3	
<b>Freiraum</b>				
6 Landwirtschaftliche Fläche	KW 6 1	KW 6 2		KW 6 4
7 Waldfläche				KW 7 4

Abbildung 2: Übersicht der analysierten Klimawirkungen (eigene Darstellung)

## KLIMAWIRKUNGSANALYSE IN TABLEAU

Die KWA in Evolving Regions wurde (zusätzlich zu den erarbeiteten Geodaten) mit der Visualisierungs-Software Tableau aufbereitet. Gerade für Nutzer\*innen, die keine oder nur geringe GIS-Kenntnisse aufweisen, bietet sich die Nutzung der interaktiv aufbereiteten KWA in Tableau an.

Bei der Aufbereitung der KWA in Tableau ist es von zentraler Bedeutung, eine Balance zwischen Datentiefe und Verständlichkeit zu halten. Aus diesem Grund werden die umfangreichen Daten und Ergebnisse in unterschiedlichen, miteinander verknüpften „Dashboards“ auf-

bereitet, die einerseits auf den ersten Blick einen Überblick über die Ergebnisse geben, andererseits jedoch auch individuelle Abfragen tiefergehender Informationen ermöglichen. Durch Filtermöglichkeiten in den jeweiligen Dashboards können die Ergebnisse zudem der Interessenlage entsprechend ausgewählt werden. So können beispielsweise nur bestimmte Räume ausgewählt und angezeigt werden. Die Vorteile der KWA in Tableau sind im Überblick:

### Datentiefe

Auch Nutzer\*innen und Akteur\*innen, welche keine oder nur geringe GIS-Kenntnisse haben, sind in der Lage, sich mit der enormen Datentiefe der Ergebnisse und Wertigkeiten im Detail auseinanderzusetzen.

### Interaktion

Die Dashboards sind interaktiv aufbereitet und arbeiten mit Funktionen zur Filterung oder Hervorhebung von Daten. Mit der KWA wird ein „spielerischer“ und leicht zu bedienender Ansatz gewählt. Die Nutzer\*innen erarbeiten sich die räumlich und inhaltlich komplexen Ergebnisse der KWA eigenständig.

### Übersichtlichkeit / Kartengenerierung

Durch die Nutzung von Dashboards, in denen zentrale Kartenwerke, Tabellen und Diagramme auf einer Seite zusammen dargestellt sind, lassen sich die wichtigsten Ergebnisse plakativ auf einen Blick erfassen. Aus den Dashboards lassen sich beliebig viele „statische“ Kartenwerke exportieren, die untereinander vergleichbar sind.

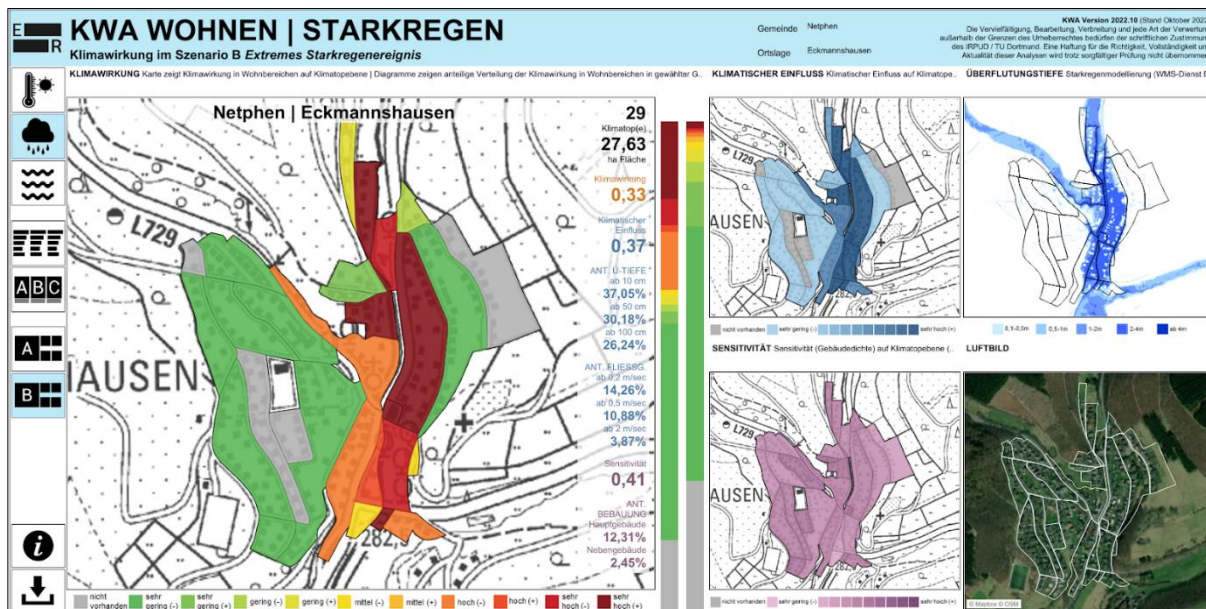


Abbildung 3: Beispielhafter Auszug aus der Klimawirkungsanalyse (eigene Darstellung)

## 3 PLANERISCHE ANWENDUNGSFÄLLE DER KLIMAWIRKUNGSANALYSE

„Klimawandelfolgen erreichen zunehmend eine städtebauliche Dimension und werden infolgedessen vermehrt mit differenzierten Auswirkungen auf die Stadtentwicklung verbunden sein“ (UBA 2016b: 132). Die KWA soll für die Kommunen und Kreise einen praktischen und planerischen Mehrwert - auch über das Projekt Evolving Regions hinaus - liefern. Neben den expliziten Hilfestellungen für den Roadmap-Prozess können die KWA sowie die zugrundeliegenden Daten bei der räumlichen Planung, dem vorsorgenden Katastrophenschutz und der Sensibilisierung von Akteur\*innen unterstützend wirken.

### RÄUMLICHE PLANUNG

Im Folgenden werden exemplarische praktische Anwendungsfälle der Klimaanpassung im Bereich der räumlichen Planung aufgezeigt. Die Ergebnisse der KWA und die zugrundeliegenden Daten können hier unterstützen, indem beispielsweise Bereiche mit einem hohen Anpassungsbedarf ermittelt werden oder die Grundlagendaten zur Bewertung potenzieller Neuausweisungen von Baugebieten genutzt werden.

#### Bauleitplanung

In § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB wird die Klimaanpassung als expliziter Planungsgrundsatz genannt: „[Die Bauleitpläne] sollen dazu beitragen, [...] die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern, [...]“. Hinzu kommt die Klimaschutzklausel § 1 a Abs. 5 BauGB, wonach den Erfordernissen des Klimaschutzes durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden soll (§ 1 a Abs. 5 BauGB).

Durch die §§ 5 und 9 BauGB bestehen umfassende Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten, die auf der Ebene der vorbereitenden Bauleitplanung, also dem Flächennutzungsplan (FNP) und der verbindlichen Bauleitplanung, also dem Bebauungsplan (B-Plan), für die Anpassung an den Klimawandel angewendet werden können. Im FNP können bspw. Anlagen, Einrichtungen und sonstige Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, dargestellt werden (vgl. § 5 Abs. 2 S. 2c BauGB). So bietet sich durch den FNP u. a. die Möglichkeit der Sicherung von Freiflächen, die der Kaltluftproduktion dienen, sowie von Frischluftbahnen und Ventilationsbahnen. Nach § 8 Abs. 2 sind B-Pläne aus dem FNP heraus zu entwickeln, sodass die dort getroffenen Regelungen berücksichtigt werden müssen. B-Pläne bieten zusätzlich u. a. Festsetzungsmöglichkeiten, wie öffentliche und private Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünung oder das Maß der baulichen Nutzung, um den stadtklimatischen Anforderungen zu begegnen (vgl. § 9 Abs. 1 BauGB).

#### Umweltprüfung

Im Rahmen einer Strategischen Umweltprüfung (SUP) für Pläne und Programme und einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für Projekte, wird überprüft, wie sich ein Projekt oder ein Plan auf unterschiedliche Schutzgüter, u. a. das Schutzgut Klima auswirkt (vgl. § 2 Abs.

1 UVPG). Eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), die ein „unselbständiger Teil verwaltungsbehördlicher Verfahren“ (0.1.1 UVPVwV) für bestimmte Projekte ist, wurde durch die Einführung der Richtlinie 2001/42/EG um die Strategische Umweltprüfung ergänzt, um Umweltbelange auf einer vorgelagerten Planungs- und Entscheidungsebene zu untersuchen (vgl. § 1 Abs. 1 UVPG).

Wegen der engen inhaltlichen Verknüpfung einer UVP und einer SUP werden beide Prüfungen im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) geregelt. Bezüglich der Prüfung des Schutzgutes Klima geht es dabei nicht um eine abstrakte globale Größe, sondern um „die Aufenthalts- und Lebensqualität des Menschen in seinem Umfeld.“ (Grauthoff 2008: 10). Das Schutzgut Klima wird also anhand seiner Bedeutung für das Leben des Menschen innerhalb einer Umweltprüfung beurteilt. Laut § 2 Abs. 4 BauGB können die SUP und UVP in einem Verfahren durchgeführt werden und somit eine integrierende Überprüfung beider Prüfinstrumente als PlanUP stattfinden: „Wird eine Umweltprüfung für das Plangebiet oder für Teile davon in einem Raumordnungs-, Flächennutzungs- oder Bebauungsplanverfahren durchgeführt, soll die Umweltprüfung in einem zeitlich nachfolgend oder gleichzeitig durchgeführten Bauleitplanverfahren auf zusätzliche oder andere erhebliche Umweltauswirkungen beschränkt werden“ (§ 2 Abs. 4 BauGB).

### **Informelle Prozesse**

Für die Klimaanpassung werden neben formellen Instrumenten sinnvollerweise oftmals auch informelle Prozesse genutzt. Während die formellen, also die gesetzlich normierten Instrumente zur Umsetzung der Planung, insbesondere für die mittel- bis langfristigen Rahmensetzung der Raumentwicklung, angewendet werden, verfolgen informelle Instrumente das Ziel, unterschiedliche Akteur\*innen einzubinden und dabei einen Konsens oder zumindest Kooperationen zu etablieren. Diese können somit als Unterstützung, im Sinne von Vorbereitung, Ergänzung und Realisierung formeller Planung gesehen werden (UBA 2018: 49). Beispiele für informelle Prozesse sind: Lokale und regionale Klimaanpassungskonzepte, Bewertung und Priorisierung von Potenzialflächen, Ableitung von Stadtentwicklungsgebieten Klimaanpassung.

### **Fachplanungen**

Auch einzelne (kommunale) Fachdisziplinen müssen sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auseinandersetzen. Hervorzuheben sind in diesem Bereich die Wasserwirtschaft, der Natur- und Umweltschutz, sowie die Forst- und Landwirtschaft (UBA 2016b). Nach dem Wasserhaushaltsgesetz stehen die folgenden Instrumente im Bereich des Hochwasserschutzes zur Verfügung, welche der Anpassung an den Klimawandel dienen können: Erstellung von Gefahren- und Risikokarten (§74 WHG), Risikomanagementplänen (§75 WHG), Festsetzung von Überschwemmungsgebieten (§76 WHG) und Rückhalteflächen für den Wasserabfluss (§77 WHG). Zentrales Planungsinstrument für den Naturschutz ist nach §§ 8 ff. des Bundesnaturschutzgesetzes die Landschaftsplanung. Aus dem Gesetz lassen sich zwar keine direkten Regelungen für die Klimaanpassung ableiten, „implizit lassen sich aber einige Bezugnahmen auf die Folgen des Klimawandels für den Naturschutz herleiten“ (UBA 2016b). Das Bundesbodenschutzgesetz kann als elementares Instrument zur Klimaanpassung die-

nen, indem insbesondere Vorgaben zu Flächenversiegelungen getroffen werden. Unversiegelte Flächen haben neben positiven Effekten auf den Wasserrückhalt und Wasserabfluss auch einen starken Einfluss auf die Wärmebelastung (UBA 2016b).

Die Ergebnisse der KWA können in den Fachdisziplinen zur Anwendung kommen, indem z.B. Räume für fachliche Detailuntersuchungen aus der KWA abgeleitet werden.

### **Fördermittel-Akquise**

Eine Studie des difu zeigt, dass Maßnahmen der Klimaanpassung zu 64% aus kommunalen Mitteln und zu 33% aus öffentlichen Fördermitteln finanziert werden (difu 2019: 41). Fördermittel werden von der EU, vom Bund oder dem Land NRW zur Verfügung gestellt. Seit dem Jahr 2011 fördert das Bundesumweltministerium mit dem Programm „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ lokale und regionale Projekte, um sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Dabei wurden drei Förderschwerpunkte festgelegt (BMU 2019: 2): 1. Anpassungskonzepte für Unternehmen, 2. Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung, 3. Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen. Neben Förderprogrammen, die explizit der Klimaanpassung dienen, können auch weitere Förderprogramme, wie solche aus dem Wohnungs- und Städtebau, genutzt werden, um die Konzipierung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen voranzutreiben.

Die Ergebnisse der KWA unterstützen bei der Begründung des Fördererfordernisses, indem die Betroffenheit einzelner Räume hervorgehoben wird und können so dazu beitragen, öffentliche Fördermittel für die Klimaanpassung zu erhalten.

### **VORSORGENDER KATASTROPHENSCHUTZ**

Laut des Umweltbundesamtes bringen „die Auswirkungen des Klimawandels [...] neue Herausforderungen für die Katastrophenvorsorge und das Katastrophenmanagement mit sich, auf die sich der Bevölkerungsschutz einstellen muss“ (UBA 2020). Diese Herausforderungen werden durch die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen verschärft. Neben der Vermeidung von materiellen Schäden geht es zudem um den Schutz der menschlichen Gesundheit und des menschlichen Lebens. In diesem Kontext sind insbesondere die Funktionalität und die Kaskadeneffekte bei einem Ausfall von Kritischen Infrastrukturen (KRITIS), wie beispielsweise von „Energie- und Wasserversorgung, Transport und Verkehr sowie Telekommunikations- und Informationstechnik“ (UBA 2020), zu betrachten.

Die KWA liefert in diesem Zusammenhang erste Hinweise, welche Infrastrukturen und Siedlungsbereiche bei Extremwetterereignissen besonders betroffen sind. In Bezug auf Infrastrukturen können Ziel-, als auch Quellinfrastrukturen bezüglich ihrer Betroffenheit bewertet werden. Für besonders stark betroffene Infrastrukturen bieten sich detaillierte vorsorgende Planungen für den Katastrophenfall an.

## SENSIBILISIERUNG

„Die Anpassung von Städten und Regionen an den Klimawandel bedarf einer Aufbereitung und Kommunikation in verständlicher Sprache, so dass auch unbeteiligte Bürger oder fachfremde Entscheider in Politik und Verwaltung die mit diesen Aktivitäten verbundenen Intentionen und Ziele nachvollziehen können.“ (UBA 2016b). Die Erhöhung der Sensibilisierung bzw. der Aufmerksamkeit seitens der Entscheidungsträger kann die Anpassungskapazität erhöhen, z.B. durch Schaffung neuer Stellen oder Bereitstellung finanzieller Kapazitäten. Zudem ist eine Sensibilisierung für das Thema Klimawandel und Anpassung auch für die Bürger und andere private Akteur\*innen (z.B. Betriebe und Gewerbetreibende) wichtig, damit eine private Anpassung an den Klimawandel zielgerichtet stattfinden kann und öffentliche Maßnahmen zur Klimaanpassung auf Akzeptanz stoßen (UBA 2016b).

Die aufbereiteten Ergebnisse der KWA lassen sich sehr gut für die Sensibilisierung von (kommunalen) Akteur\*innen einsetzen. Da es sich bei den Adressaten in der Regel nicht um Expert\*innen für den Klimawandel oder der Klimaanpassung handelt, sind niederschwellige und nachvollziehbare Aufbereitungen sowie die Schaffung starker Bilder wichtig, welche mit der KWA geschaffen wurden.



## 4 METHODISCHE GRUNDLAGEN DER KLIMAWIRKUNGSANALYSE

Die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse stellt ein elementares Qualitätsmerkmal der KWA dar, insbesondere bzgl. der Prämisse der Übertragbarkeit. Entsprechend werden in diesem Kapitel die genutzten Eingangsdaten, die abgeleiteten Indikatoren, die gewählten Szenarien bezüglich des klimatischen Einflusses und der Sensitivität sowie das Verfahren zur Ermittlung der Klimawirkung erläutert.

Im Rahmen der Analyse wurden viele Arbeitsschritte durchgeführt und eine große Anzahl an Expertengesprächen, insbesondere mit dem LANUV und den teilnehmenden Kreisen, geführt, um die methodische Herangehensweise sowohl aus fachlicher Sicht zu fundieren als auch einen deutlichen praktischen Nutzen für die kommunalen Akteur\*innen zu erzielen.

### SZENARIOBASIERTER ANALYSEANSATZ

Es gibt keine Gewissheit über die zukünftige Entwicklung, weder bei den Prognosen über die klimatischen Einflüsse noch bei den Prognosen, die die Ebene der Exposition und Sensitivität betreffen. Um diesen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, wird in der KWA mit unterschiedlichen Szenarien gearbeitet, um eine Bandbreite möglicher Ausprägungen abbilden zu können.

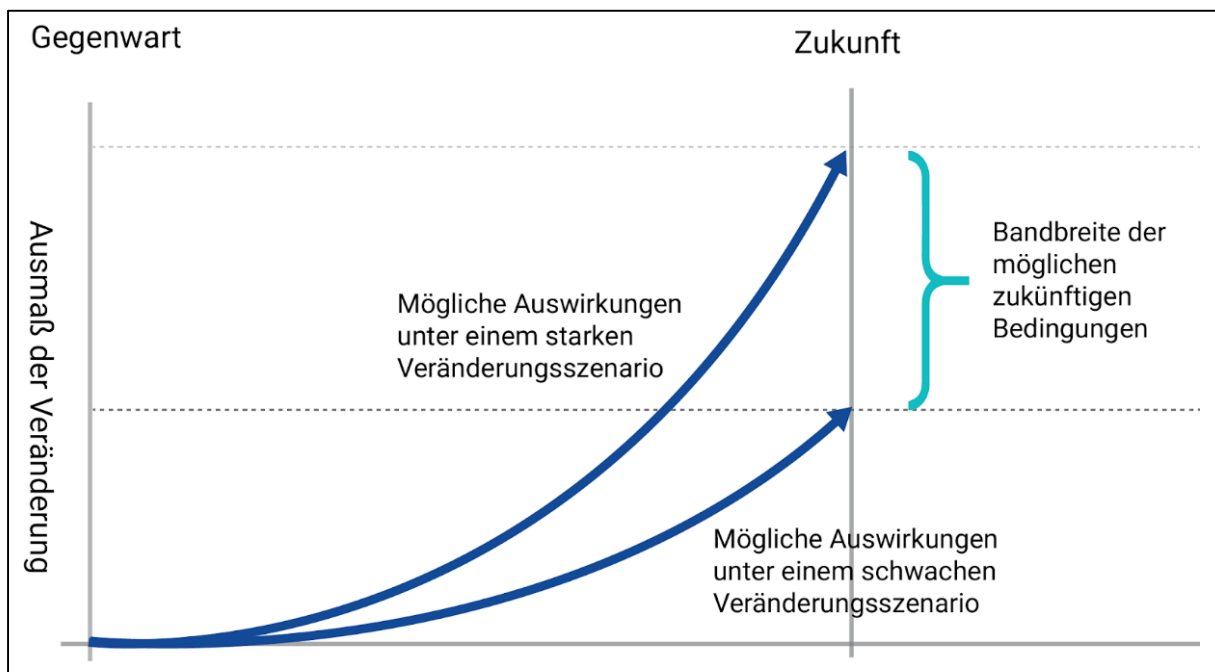


Abbildung 4: Ansatz der parallelen Modellierung (eigene Darstellung)

Zugang zu diesem Thema findet über den vom Umweltbundesamt empfohlenen Ansatz der parallelen Modellierung statt, in welchem neben der heutigen Ausprägung (sog. Zeithorizont  $t_0$ ) der klimatischen Einflüsse und der Expositionen/Sensitivitäten auch die möglichen zukünftigen Ausprägungen mit einem definierten zeitlichen Betrachtungshorizont (sog. Zeithorizont  $t_1$ ) modelliert werden. Die sozioökonomischen und baulichen Veränderungen werden dabei parallel zu den Veränderungen der klimatischen Einflüsse betrachtet (s. Abbildung 2),

um die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf eine zukünftige Gesellschaft modellieren zu können. Dadurch wird ein sog. entscheidungstheoretischer „Möglichkeitsraum“ mit unterschiedlichen Veränderungsszenarien aufgezeigt, in welchem sich die zukünftigen Ausprägungen vermuten lassen (vgl. Greiving et al. 2018).

Der Ansatz der parallelen Modellierung wird im Rahmen des Projektes ausschließlich für temperaturbasierte klimatische Einflüsse (Hitze, Dürre) angewendet, da die verfügbaren Projektionen auf den RCPs und somit unterschiedlichen Ausprägungen für denselben Zeithorizont basieren. Für die Ausprägungen von Hochwasser und Starkregen wird mit Häufigkeiten bzw. Wahrscheinlichkeiten gearbeitet (z.B. seltenes, extremes Ereignis), die sich nicht so leicht in das Schema eines definierten Zeithorizonts (t0, t1) überführen lassen. Daher wird von einem strikten Folgen des Ansatzes abgesehen und die verfügbaren bzw. gängigen Szenarien für die klimatischen Einflüsse entsprechend ihrer Bezeichnung (z.B. Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit, seltenes Starkregenereignis) genutzt.

### Szenarien des klimatischen Einflusses

Aufgrund der fachlichen Ungewissheit bezüglich der klimatischen Veränderungen liegt die Auswahl der Szenarien bei dem Plangeber (Einschätzungsprärogative). Die Plangeber entsprechen in diesem Fall den Kernteams der Kreise von Evolving Regions. Die Kernteams aller Kreise haben sich mit der fachlichen Unterstützung des Projekt-Konsortiums von Evolving Regions auf einheitliche Szenarien bzgl. der klimatischen Einflüsse verständigt, welche im Folgenden dargestellt werden (s. Tabelle 1). Dadurch werden ein einheitliches Vorgehen und somit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

	Szenario A	Szenario B	Szenario C
1 Hitze	<b>Gegenwärtige Situation:</b> Beobachtungsdaten 1991 - 2020	<b>Mitte 21. Jhd.</b> <b>Moderater Klimawandel:</b> RCP-Szenario 4.5 (50. Perzentil)	<b>Mitte 21. Jhd.</b> <b>Starker Klimawandel:</b> RCP-Szenario 8.5 (50. Perzentil)
2 Starkregen	<b>Seltenes Ereignis:</b> Starkregen-Abfluss- Modellierung KOSTRA-Werte 100a / 60min	<b>Extremes Ereignis:</b> Starkregen-Abfluss- Modellierung ortsunabhängige Regen- spende von 90 mm/h	-
3 Hochwasser	<b>Mittlere Wahrscheinlichkeit:</b> Hochwassergefahrenkarte Überflutungsflächen Lastfall HQ100	<b>Niedrige Wahrscheinlichkeit:</b> Hochwassergefahrenkarte Überflutungsflächen Lastfall HQextrem	-
4 Dürre (Landwirtschaft)	<b>Acker:</b> Beobachtungsdaten 1981 - 2010	<b>Grünland:</b> Beobachtungsdaten 1981 - 2010	-
4 Dürre (Wald)	<b>Gegenwärtige Situation:</b> Beobachtungsdaten 1981 - 2010	<b>Ende 21. Jhd.</b> <b>Moderater Klimawandel:</b> RCP-Szenario 4.5 (50. Perzentil)	<b>Ende 21. Jhd.</b> <b>Starker Klimawandel:</b> RCP-Szenario 8.5 (50. Perzentil)

Abbildung 5: Szenarien der klimatischen Einflüsse (eigene Darstellung)

### Expositionen und Szenarien der Sensitivität

Ein Einbeziehen von Veränderungsszenarien auf der Ebene der Exposition und Sensitivität ist bislang in der Planungspraxis kaum durchgeführt worden. Im Rahmen von Evolving Regions wurden unterschiedliche Möglichkeiten für eine solche Modellierung ausprobiert. Da potentielle Veränderungen der baulichen Struktur jedoch auch Auswirkungen auf die Ausprägung sowie das Vorkommen von klimatischen Einflüssen (z.B. Verschattungen durch neue Gebäude) haben können, wird für die KWA von einer solchen Modellierung abgesehen. Um diese zukünftigen Klimawirkungen abzubilden, wären zusätzliche Klimamodellierungen für alle klimatischen Einflüsse notwendig, die im Rahmen des Projektes nicht leistbar sind. Daher wurden für die Komponente der Sensitivität ausschließlich die Bevölkerungsprognosen auf die Wohn- und gemischt genutzten Gebäude umgelegt, um den demografischen Wandel abzubilden.

	Exposition (Voraussetzung)	Sensitivität
1 Wohnen	Klimatope mit einer <b>Wohn- oder Mischnutzung ab 50%</b>	<i>Hitze</i> Szenario A: <b>Alterskohorten je ha 2021</b> Szenario B: <b>Alterskohorten je ha 2050</b>
		<i>Starkregen / Hochwasser</i> <b>Gebäudedichte 2021</b> (Haupt- und Nebengebäude)
2 Gewerbe	Klimatope mit einer <b>Gewerbenutzung ab 50%</b>	<b>Gebäudedichte 2021</b> (Haupt- und Nebengebäude)
3 Soziale Infrastruktur	<b>Standorte</b> mit Buffer 100m (Krankenhaus 250m)	<b>Sensitivitätswerte 2021</b> (unterschiedliche Werte für die Infrastrukturen)
4 Punktuelle Infrastruktur	<b>Standorte</b> mit Buffer 100m (Kläranlage 250m)	<b>Sensitivitätswerte 2021</b> (unterschiedliche Werte für die Infrastrukturen)
5 Verkehrliche Infrastruktur	<b>Linien</b> mit Buffer 10m (Autobahn 25m)	<i>Straßen</i> Durchschnittliche <b>PKW-Belastung 2021</b>
		<i>Bahn</i> Anzahl <b>Fahrten pro Woche 2021</b>
6 Landwirtschaftliche Fläche	Klimatope mit einer <b>landwirtschaftlichen Nutzung ab 25%</b>	-
7 Waldfläche	Klimatope mit <b>Waldnutzung ab 25%</b>	-

Abbildung 6: Übersicht Exposition und Sensitivitätswerte nach Nutzungstyp (eigene Darstellung)

## EINGANGSDATEN

Die Qualität einer KWA hängt stark von der Qualität der Eingangsdaten ab. Um eine gute Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit der KWA zu gewährleisten, wurde nach Möglichkeit mit Datensätzen gearbeitet, welche NRW-weit in einem einheitlichen Schema vorliegen - idealerweise Open Data. In Bezug auf den klimatischen Einfluss wurden zum Großteil die Daten des DWD (Deutscher Wetterdienst), des BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie), des LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) sowie des MULNV NRW (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) verwendet und teilweise weiterverarbeitet. Im Bereich der Sensitivität wurden als Grundlage vornehmlich Geobasisdaten verwendet, jedoch war in Bezug auf eine vertiefende Analyse eine starke Mitwirkung der Kreise und Gemeinden in Bezug auf die punktuellen Infrastrukturen notwendig.

Im Folgenden werden alle Datensätze ausführlich erläutert. Eine kompakte Zusammenstellung aller Daten, Indikatoren und Rechenschritte je KW findet sich in Kapitel 5.

### **Klimatischer Einfluss - Klimaanalyse NRW (LANUV)**

Die Analyseergebnisse beruhen auf mesoskaligen Klimamodellierungen des LANUV aus dem Jahr 2018, bei denen ein „typischer Sommertag“ als klimatische Eingangsdaten verwendet werden, um die gegenwärtige Ausprägung abzubilden. Die Analyse beinhaltet die folgenden Ausprägungen: PET-Werte (physiologisch äquivalente Temperatur) für den Tag (15:00 Uhr), nächtliche Temperaturen / nächtliche Überwärmungen (4:00 Uhr), Ausprägungen und Bedeutung von Kaltluftentstehungsgebieten und Kaltluftschneisen. Für zukünftige Ausprägungen bzgl. des Klimawandels wird seitens des LANUV eine generalisierte Erhöhung des PET-Werts von 1,5°C und eine generalisierte Erhöhung der nächtlichen Temperaturen von 1°C angenommen. Die Geodaten der Klimaanalyse NRW sind frei verfügbar und über den Klimaatlas NRW zu beziehen. Dieser Datensatz bildet mit den Klimatopen die räumliche Auswertungs- und Darstellungsebene der KWA (mit Ausnahme der Infrastrukturen).

### **Klimatischer Einfluss - Meteorologische Kenntage (DWD / LANUV)**

Die Daten zeigen anhand von rasterbasierten Werten (1km x 1km) die absolute Anzahl für die meteorologischen Kenntage „Sommertage“ und „Heiße Tage“ für NRW an (Beobachtungsdaten für die Zeitspannen 1971-2000, 1981-2010 und 1991-2020). Zusätzlich liegen sog. Projektionsdaten in einem Raster von 5km vor, welche die zukünftigen absoluten Veränderungen der Kenntage anhand verschiedener Modellrechnungen aufzeigen (Projektionsdaten für die Zeitspannen 2031-2060 und 2071-2100).

Im Rahmen der Analyse von Evolving Regions werden die Beobachtungsdaten der Zeitspanne 1991-2020 als gegenwärtige Ausprägung der Kenntage betrachtet. Als Zeitspanne zukünftiger Ausprägungen werden die Projektionsdaten der Jahre 2031-2060 mit den entsprechenden Ausprägungen der gewählten RCP-Szenarien für den moderaten und starken Klimawandel betrachtet. Die Eingangsdaten werden dabei vor der Weiterverarbeitung seitens des IRPUD auf 100m x 100m interpoliert, um die starren Rastergrenzen aufzulösen und realitätsnähere Übergänge zu schaffen. Die Daten sind frei über das Climate Data Center des DWD abrufbar, für NRW ist im Klimaatlas NRW eine Fülle von Karten und Zeitreihen verfügbar.

### **Klimatischer Einfluss - Starkregenhinweiskarte für NRW (BKG)**

Die im Oktober 2021 veröffentlichte Starkregenabflussmodellierung des BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) beinhaltet zwei jeweils einstündige Niederschlagsszenarien, die in Anlehnung an die Arbeitshilfe NRW modelliert sind: a) Seltenes Starkregenereignis (TN = 100 a); b) Extremes Starkregenereignis (90 mm/h). Während für das seltene Ereignis die ortsabhängige Regenmenge aus den KOSTRA-Daten die Grundlage ist, wird für das extreme Ereignis ein ortsunabhängiger Wert von 90 mm/h für das Modell angenommen. Das DGM1 des Landes NRW stellt die maßgebende topographische Datengrundlage dar. Durchlässe sind automatisch als auch manuell angepasst worden. Die Berechnungszeit beträgt 60 Minuten mit 60 Minuten Nachlaufzeit. Der Datensatz beinhaltet die maximalen Einstautiefen und maximalen Fließgeschwindigkeiten der Modellierungszeit für beide Szenarien in einem 1x1 m Raster.

Um der Prämisse der Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit zu folgen, wird der NRW-weit verfügbare und einheitliche Datensatz des BKG für die Analyse genutzt. Für das Szenario A wird die Modellierung eines seltenen Starkregenereignisses genutzt, für das Szenario B entsprechend das extreme Starkregenereignis mit einem ortsunabhängigen Wert von 90 mm/h. Die Daten sind über das BKG als WMS-Dienst abrufbar und als Darstellungsdienst im Klimaatlas NRW abrufbar. Geodaten können ggf. auf Anfrage beim BKG zur Verfügung gestellt werden.

### **Klimatischer Einfluss - Hochwassergefahrenkarten (MULNV NRW)**

Für NRW liegen landesweit Daten des MULNV zu Überflutungsflächen und überschwemmungsgefährdeten Gebieten (deichgeschützte Gebiete) für verschiedene Lastfälle bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten vor. Für Evolving Regions wurden die Ergebnisse der unterschiedlichen Flusseinzugsgebiete in einen zentralen Datensatz überführt, um weitere Auswertungsschritte durchführen zu können. Die Daten liegen in einer räumlichen Auflösung von 2m vor und liefern insbesondere Informationen zu den Überflutungsflächen, den Überflutungshöhen und (teilweise) den Fließgeschwindigkeiten.

Für die Abschätzung zukünftiger Hochwassergefahren unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels bieten die Ergebnisse des europaweiten LISFLOOD-Modells (Distributed Water Balance and Flood Simulation Model) erste Ansätze. Hierbei handelt es sich um eine Simulation der Auswirkungen verschiedener Klimaszenarien auf das Abflussverhalten größerer europäischer Flusseinzugsgebiete (zwölf verschiedene Szenarien). Als zentrales Ergebnis lässt sich für die Zukunft eine durchschnittliche Zunahme der Pegelstände für ein 100-jährliches Hochwasserereignis erwarten, welches den Pegelständen eines heutigen HQextrem nahekommt. Für das Szenario B werden daher die Überflutungsflächen des Lastfalls HQextrem (Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit) betrachtet. Für die Darstellung des Szenario A werden die Überwemmungsflächen des Lastfalls HQ100 (Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit) genutzt. Die Daten sind landesweit als georeferenzierte Rasterdaten verfügbar und können in GIS-Systeme eingebunden werden. Die Daten sind für alle Szenarien frei verfügbar und über den Klimaatlas NRW zu beziehen.

### **Klimatischer Einfluss bzw. Klimawirkung - Dürreempfindlichkeit von landwirtschaftlichen Nutzungen (Geologischer Dienst NRW)**

Die Analyse des LANUV bildet die potenzielle Dürreempfindlichkeit aller landwirtschaftlichen Nutzungen in NRW ab. Diese ergibt sich aus den Eigenschaften des Bodens (Wasser- und Wärmehaushalt), den Geländebedingungen sowie klimatischen Einflussfaktoren. Dabei handelt es sich um eine statische Berechnung, da das tatsächliche Auftreten einer meteorologischen oder hydrologischen Dürre nicht modelliert wird. Die Ergebnisse der Dürreempfindlichkeit werden in fünf Stufen von „gering“ bis „hoch, (sehr) trocken“, unterschieden nach Ackerland und Grünland, eingeteilt. Die Auswertung basiert auf den Standortwasserhaushaltsstufen der landwirtschaftlichen Standortkarte im Maßstab 1:50.000 (LWSTO 50), die auf folgenden Datensätzen basiert:

- Bodenkarte 1:50.000 (BK50)
- Klimadaten des DWD für den Zeitraum 1981-2010: Monatswerte für Niederschlag und klimatischer Wasserbilanz sowie Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode (Anzahl Tage > 5 °C)
- Reliefanalysen auf Basis des digitalen Höhenmodells (DGM10)

Aktuell sind noch keine Modellierungen für zukünftige Ausprägungen verfügbar. Für die Klimawirkung Landwirtschaft-Dürre wird für das Szenario A auf die gegenwärtige Situation für Acker und für das Szenario B auf die gegenwärtige Situation für Grünland zurückgegriffen. Die Daten sind bisher (Stand November 2022) nicht öffentlich zugänglich gemacht worden und ggf. auf Anfrage beim LANUV erhältlich. Als Darstellungsdienst sind die Daten im Klimaatlas NRW abrufbar.

### **Klimatischer Einfluss bzw. Klimawirkung - Dürreempfindlichkeit für forstliche Standorte (Geologischer Dienst NRW)**

Die Analyse des LANUV bildet die potenzielle Dürreempfindlichkeit aller Waldstandorte in NRW ab. Diese ergibt sich aus den Eigenschaften des Bodens (Wasser- und Wärmehaushalt), den Geländebedingungen sowie klimatischen Einflussfaktoren. Dabei handelt es sich um eine statische Berechnung, da das tatsächliche Auftreten einer meteorologischen oder hydrologischen Dürre nicht modelliert wird. Die Ergebnisse der Dürreempfindlichkeit werden in fünf Stufen von „gering“ bis „hoch, (sehr) trocken“ eingeteilt. Die Auswertung basiert auf den Gesamtwasserhaushaltsstufen der Forstlichen Standortkarte im Maßstab 1:50.000 (FSK50) (GD NRW 2020). Für die FSK50 wurden folgende Datensätze ausgewertet:

- Bodenkarte 1:50.000 (BK50)
- Klimadaten des DWD, aufbereitet durch das LANUV, für den Zeitraum 1981-2010: Monatswerte für Niederschlag und klimatischer Wasserbilanz sowie Tagesmitteltemperaturen (1 km-Raster); Dauer der forstlichen Vegetationsperiode (Anzahl Tage > 10 °C, 5 km-Raster)
- Reliefanalysen auf Basis des digitalen Höhenmodells (DGM10)

Die Dürreempfindlichkeit von Waldflächen ist sowohl für die gegenwärtige Situation, als auch für zwei unterschiedliche Szenarien für den Zeithorizont „Ende 21. Jhd.“ modelliert worden. Um im Rahmen der KWA einen „Möglichkeitsraum“ zukünftiger Ausprägungen abbilden zu



können, werden diese entsprechend für die Szenarien A, B und C genutzt. Die Daten sind für alle Szenarien frei verfügbar und über den Klimaatlas NRW zu beziehen.

### **Exposition/Sensitivität - Geobasisdaten (IT.NRW)**

Für eine Vielzahl an Indikatoren bezüglich der Exposition und Sensitivität werden Geobasisdaten des Landes NRW verwendet (ALKIS / ATKIS). Aufgrund ihres einheitlichen Schemas und der Detailtiefe eignen sich diese Daten gut für die Auswertungsebene der KWA in Evolving Regions. Diese bezieht sich zum einen auf flächenhafte Daten der tatsächlichen Nutzung (z.B. Wohnbauflächen, gewerbliche Flächen), zum anderen auf den Datensatz der Bestandsgebäude. In den Gebäudedatensätzen sind neben den räumlichen Informationen insbesondere die Attribute zur Gebäudenutzung interessant, aus denen sich z.B. relevante Standorte von punktbezogenen Infrastrukturen ableiten bzw. validieren lassen. Geobasisdaten stehen als Open Data zur freien Nutzung bereit und werden regelmäßig aktualisiert.

### **Sensitivität - Bevölkerungsverteilung (IRPUD / IT.NRW)**

Grundlage für diesen Datensatz bilden zum einen die Datentabellen der Landesdatenbank zur heutigen und prognostizierten Bevölkerungszahl auf Gemeindeebene, zum anderen der ALKIS-Datensatz der tatsächlichen Nutzungen für Wohnbauflächen und gemischt genutzte Flächen. In den Datentabellen sind landesweit für jede Gemeinde unter anderem die absoluten Zahlen der Bevölkerung und der relevanten Alterskohorten für die Gegenwart (2021) sowie für den Betrachtungshorizont der Zukunft (2050) gelistet. Die Bevölkerungsvorausberechnung von IT.NRW basiert dabei auf einem empirischen Basisbestand und schätzt auf der Grundlage von altersspezifischen Geburten- und Sterbewahrscheinlichkeiten sowie differenzierten Annahmen zum Volumen und der Reichweite der Wanderung, die zukünftige Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen (IT.NRW 2020). Als Alterskohorten werden in den KWA Personen unter 7 Jahren, Personen zwischen 7 und 64 Jahre, Personen zwischen 65 und 79 Jahren sowie Personen ab 80 Jahren ausgewertet.

Über ein Disaggregationsverfahren werden die gemeindescharken Werte der Gesamtbevölkerung und der relevanten Alterskohorten gewichtet auf die Wohn- und gemischt genutzten Gebäude jeder Gemeinde verteilt sowie schließlich auf Ebene der Klimatope wieder aggregiert. Die gemeindescharken Daten zur Bevölkerung können über die Datenbanken von IT.NRW abgerufen werden.

### **Exposition/Sensitivität - Punktuelle Infrastruktur (eigene Erhebung, Geobasisdaten)**

Die Standorte der sozialen Infrastrukturen (Schulen, Kindertagesstätten, Seniorenheime, Krankenhäuser), der technischen Infrastrukturen (Kläranlagen, Umspannwerke), der Infrastrukturen für den Bevölkerungsschutz (Rettungswesen / Polizei) und der Störfallbetriebe wurden von den Kreisen ermittelt. Zusätzlich wurden für diese Standorte aktuelle Sensitivitätswerte erhoben (z.B. Anzahl Betten für Krankenhaus, Einwohnergleichwert für Kläranlagen). Die Standorte wurden mithilfe von Geobasisdaten validiert und angepasst. Die Daten für die Infrastrukturen sind nicht frei zugänglich.

### **Exposition/Sensitivität - Infrastruktur Straße (Landesbetrieb Straßenbau NRW)**

Für die linearen verkehrlichen Infrastrukturen wurden die Daten des Landesbetriebs Straßenbau NRW verwendet. Die Daten beinhalten alle Straßen bis zur Ebene der Kreisstraße (Gemeindestraßen und andere untergeordnete Straßen wurden somit in der Analyse nicht berücksichtigt). Die Daten enthalten durchschnittliche Belastungszahlen (Verkehrszählungen) für verschiedene Ausprägungen. Für die KWA wurden die Linien an den Gemeindegrenzen sowie in Abschnitte von 250 m geteilt, um kleinräumige Aussagen zu ermöglichen. Die Daten werden alle fünf Jahre aktualisiert und sind über den Landesbetrieb Straßenbau NRW zu beziehen.

### **Exposition/Sensitivität - Infrastruktur Bahn (Openstreetmap, Deutsche Bahn)**

Die Bahnlinien entstammen aktuellen Openstreetmap-Daten (Layer ÖPNV). Diese Daten enthalten u.a. Informationen zur Streckenbezeichnung. Die räumlichen Daten wurden mit Fahrplandaten der Deutschen Bahn ergänzt und nach der durchschnittlichen Anzahl von Fahrten pro Woche kategorisiert. Zusätzlich wurde erhoben, ob auf dieser Strecke ausschließlich Regionalbahnen fahren, oder ob die Strecke auch für den Fernverkehr genutzt wird. Die Geodaten sind über Openstreetmap zu beziehen.

## **ERMITTLUNG DER KLIMAWIRKUNG**

Im Folgenden werden die zentralen methodischen Schritte für die Wertermittlung der Klimawirkungen erläutert:

1. Wertermittlung der Merkmalsausprägungen für die Indikatoren des klimatischen Einflusses und der Sensitivität auf der räumlichen Ebene der Klimatope (z.B. Anzahl an Sommertagen oder der Anteil der überfluteten Fläche ab 50cm) bzw. der Radien der Infrastrukturen
2. Normalisierung der Merkmalsausprägungen des klimatischen Einflusses und der Sensitivität auf Ebene der Klimatope bzw. der Radien der Infrastrukturen anhand der Wertigkeiten innerhalb eines Kreises und einer Exposition (z.B. Wohnen oder Landwirtschaft) über alle Szenarien hinweg
3. Ermittlung der Klimawirkung der Klimatope und der Infrastruktur anhand der Verschneidung der Gesamtbewertungen des klimatischen Einflusses und der Sensitivität

Zusätzlich zur kreisinternen Normalisierung findet auch eine kreisübergreifende Einordnung der Merkmalsausprägungen statt. Diese dient vor allem der besseren Einschätzung bzw. Interpretation der Betroffenheit und folgt der Prämisse der überregionalen Vergleichbarkeit.

### **Wertermittlung der Merkmalsausprägungen auf Ebene der Klimatope**

Die zentrale räumliche Auswertungs- und Darstellungsebene der KWA im Projekt Evolving Regions ist die Ebene der Klimatope (gemeinsamer Beschluss des Projekts mit den Kreisen); die Ausnahme bilden hier die Klimawirkungen bzgl. der Infrastrukturen. Der Datensatz der Klimatope entstammt der Klimaanalyse NRW und ist in Siedlungsbereichen mit der Baublockebene vergleichbar. Mit der Wahl der Klimatope als zentrale räumliche Einheit sind die Ergebnisse der KWA an das Vorgehen des LANUV anschlussfähig.

Die grundlegenden Klimatope des LANUV werden mit den räumlichen Informationen zu Gemeinde und Ortslage verschnitten, um etwa aggregierte Auswertungen auf Gemeindeebene zu erhalten. Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Struktur und Flächengröße der Klimatope werden ausschließlich relative Werte der Indikatoren verwendet, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten (z.B. Anteil der überfluteten Fläche ab 50cm). So werden für alle Indikatoren der KWA die entsprechenden Werte auf dieser räumlichen Ebene ermittelt (für Infrastrukturen bezieht sich dieser Punkt auf die Radien um die Infrastruktur). Eine Auflistung aller Indikatoren je Klimawirkung befindet sich in Kapitel 4.

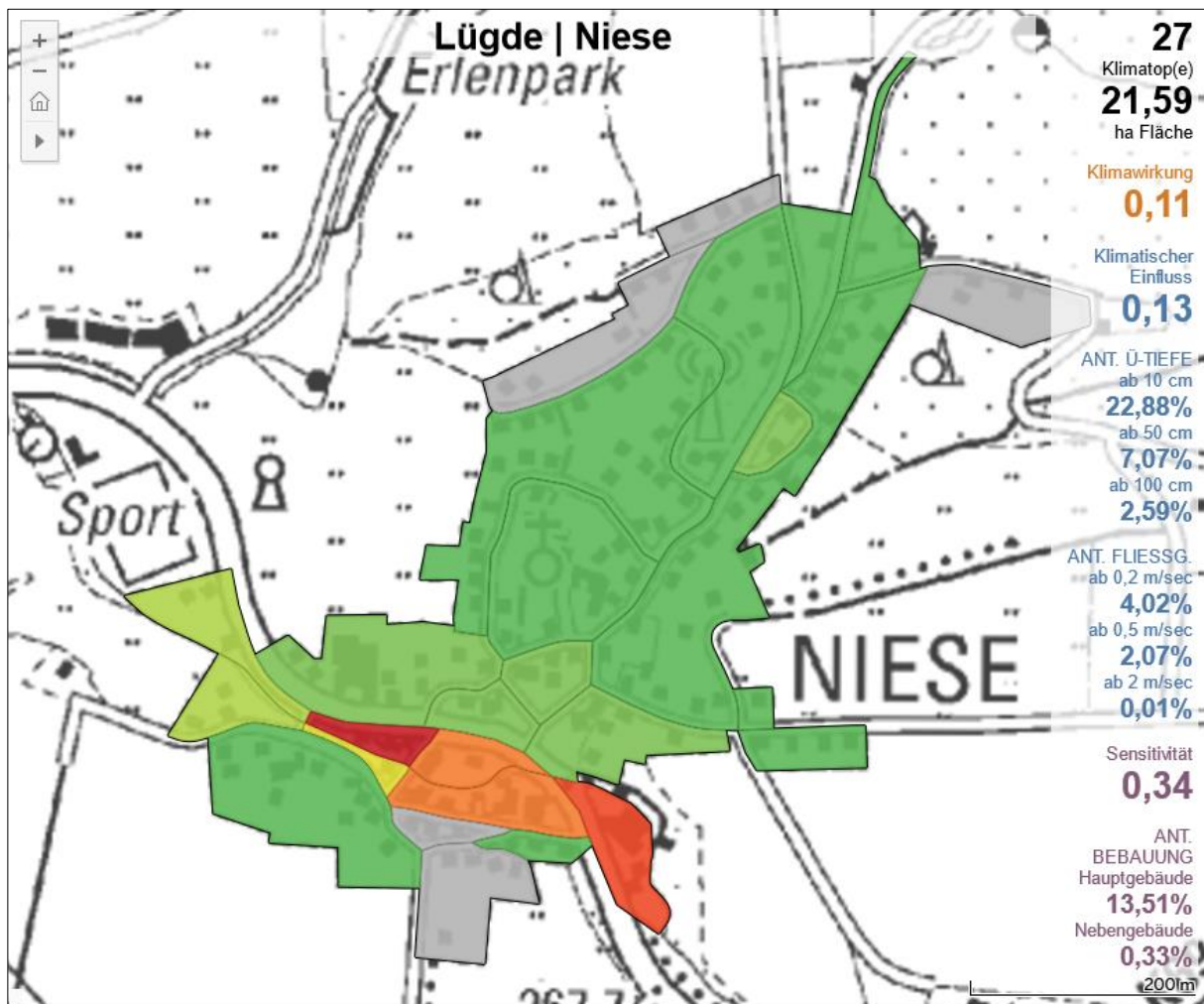


Abbildung 7: Beispielhafte Werte Wohnen-Starkregen (eigene Darstellung)

### Normalisierung der Merkmalsausprägungen

Um die Indikatoren des klimatischen Einflusses und der Sensitivität miteinander zu verknüpfen sowie die Maße und Skalen aller Kennwerte zu vereinheitlichen, werden alle Werte auf einer dimensionslosen Skala zwischen 0 und 1, entsprechend des UBA Leitfadens für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen, normalisiert (UBA 2017). Für die Analysen entspricht der Wert 1 dabei dem maximalen Wert eines Indikators, der Skalenwert 0 wird in der Regel dem Wertebereich 0 zugewiesen (bei Skalenwerten wie Temperaturen wird der minimale Wert dem Wertebereich 0 zugewiesen). Über die Höhe der Klimawirkung wird dementsprechend keine absolute, sondern eine vergleichende Aussage getroffen.

### **METHODISCHER EXKURS**

Die Sensitivität wird nur dann normalisiert und mit dem klimatischen Einfluss multipliziert, wenn einheitliche und vollständige Sensitivitätswerte vorliegen. Dies ist für die Klimawirkungen zu Wohnen und Gewerbe der Fall. Bei den anderen Klimawirkungen fließt die Sensitivität deskriptiv in die Analysen mit ein, eine Normalisierung findet in diesen Fällen für diese nicht statt - dort basieren die Klimawirkungen ausschließlich auf der Verschneidung von Exposition und klimatischem Einfluss.

Um zu vermeiden, dass Extremwerte (sog. „Ausreißer“), die insbesondere bei sehr kleinen Klimatopen und außergewöhnlich stark betroffenen Flächen entstehen, die Betroffenheit der anderen Klimatope herabsetzen, werden für die Normalisierung nur Klimatope einbezogen, welche eine Mindestgröße von 1 ha aufweisen. Zudem wird von den Werten der Klimatope mit entsprechender Mindestgröße das 99. Perzentil als Maximalwert angenommen. Dadurch kann es mitunter vorkommen, dass manche Klimatope einen normalisierten Wert über 1 aufweisen, den eigentlichen Maximalwert 1 also übersteigen. Dies ist zur Interpretation der Werte jedoch weniger relevant, da ab einem normalisierten Wert  $> 0,8$  von einer vergleichsweise sehr hohen Klimawirkung auszugehen ist.

Normalisiert wird separat nach Kreis und Exposition bzw. Nutzungstyp (z.B. separate Normalisierungen für Wohnen - Hitze und Gewerbe - Hitze). Dadurch gibt es für jede der Klimawirkungen in jedem Kreis den Maximalwert 1. Dies wird aus unterschiedlichen Gründen als sinnvoll erachtet:

#### *Kreisweite Normalisierung*

Die Kreise in Evolving Regions weisen sehr unterschiedliche räumliche Gegebenheiten auf und sind daher nur bedingt miteinander vergleichbar. Durch die kreisinterne Normalisierung wird ein „Unterschätzen“ der Betroffenheit im eigenen Kreis vermieden und es können für den eigenen Kreis die räumlichen Hotspots ermittelt werden. Zusätzlich zur kreisweiten Normalisierung, die für die Wertermittlung genutzt wird, findet eine kreisübergreifende Einordnung der Werte statt. Durch diesen überregionalen Vergleich können die Betroffenheiten im Kreis besser eingeordnet und interpretiert werden.

#### *Normalisierung nach Exposition (Nutzungstyp)*

Unterschiedliche Nutzungen bzw. Expositionen weisen sehr unterschiedliche klimatische Betroffenheiten auf. Gewerbeflächen sind beispielsweise aufgrund ihres meist sehr hohen Versiegelungsgrads und geringen Grünanteils höheren Hitzebelastungen ausgesetzt als Wohngebiete. Durch das getrennte Normalisierungsverfahren wird ein „Unterschätzen“ der Betroffenheit z.B. in Wohngebieten vermieden und es können für jede der Expositionen die räumlichen Hotspots ermittelt werden.

#### **Ermittlung der Klimawirkung**

Für die beiden Ebenen des klimatischen Einflusses und der Sensitivität werden die Teilindikatoren jeweils zu einem normalisierten Gesamtwert zusammengefasst. Für die Ermittlung der konkreten Klimawirkung werden die bislang voneinander getrennten Ebenen des klimati-

schen Einflusses und der Sensitivität zusammengeführt, indem die normalisierten Gesamtwerte der beiden Ebenen miteinander multipliziert werden. Auch die so ermittelten Wertigkeiten der Klimawirkung werden der Normalisierung unterzogen (s. oben). Die Ermittlung der Klimawirkung dient somit insbesondere der Vergleichbarkeit der Ergebnisse auf Ebene der jeweiligen Kreise mit den zugehörigen Gemeinden sowie der Identifizierung von räumlichen Hotspots.

Die normalisierten Werte weisen in ihrem Selbstverständnis einen abstrakten Charakter auf - daher werden die absoluten Wertigkeiten, welcher der Normalisierung zugrunde liegen, mit abgebildet. Zudem findet eine Einteilung in feste Klassen und somit eine gewisse „Vorinterpretation“ von „sehr gering (-)“ bis „sehr hoch (+)“ statt. Dadurch können die Wertigkeiten besser abgeschätzt und folglich auch die Betroffenheit vergleichend besser eingeordnet werden.

# 5 KLIMAWIRKUNGSANALYSE IM ÜBERBLICK

Die folgenden Seiten beinhalten 17 Kennblätter zu den im Rahmen des Projektes Evolving Regions analysierten Klimawirkungen:

	1 Hitze	2 Stark- regen	3 Hoch- wasser	4 Dürre
<b>Siedlung</b>				
1 Wohnen	KW 1 1	KW 1 2	KW 1 3	
2 Gewerbe	KW 2 1	KW 2 2	KW 2 3	
<b>Infrastruktur</b>				
3 Soziale Infrastruktur	KW 3 1	KW 3 2	KW 3 3	
4 Punktuelle Infrastruktur		KW 4 2	KW 4 3	
5 Verkehrliche Infrastruktur		KW 5 2	KW 5 3	
<b>Freiraum</b>				
6 Landwirtschaftliche Fläche	KW 6 1	KW 6 2		KW 6 4
7 Waldfläche				KW 7 4

Die Kennblätter dienen der Schaffung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit der KWA und enthalten Informationen zu den folgenden Aspekten:

- Die **Beschreibung** erläutert den in der Klimawirkung betrachteten klimatischen Einfluss sowie die Sensitivität und erläutert die Relevanz
- Die **Zusammensetzung der Klimawirkung** aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss stellt dar, auf welchen Indikatoren und Parametern die Berechnung der Sensitivität, des klimatischen Einflusses und der entsprechenden Klimawirkung basiert
- Die **Szenarien** zeigen die im Sinne der parallelen Modellierung die für die KWA genutzten Szenarien für den klimatischen Einfluss und die Sensitivität
- Die verwendeten **Datensätze** beinhalten eine Aufzählung der Daten, die für die Berechnung der jeweiligen KWA genutzt wurde



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Hitzebelastung und der (besonders empfindlichen) Wohnbevölkerung

- Hitzebelastungen entstehen vermehrt in stark verdichteten Quartieren. Dies ist auf die hohe Zahl an versiegelten Flächen zurückzuführen, die die eintreffende Sonnenstrahlung absorbieren und dadurch die Umgebung aufheizen (sog. städtische Wärmeinseln).
- Hitze ist dabei von erheblicher gesundheitlicher Bedeutung für den Menschen, weil sie das körpereigene Kühlsystem überlasten und den Organismus dementsprechend in besonderer Weise beanspruchen kann.
- Vor allem Nachts ist die Beeinträchtigung der Wohnbevölkerung durch Hitze hoch, da diese die Regenerationsfähigkeit und den Schlaf negativ beeinflussen kann.
- Gefährdet sind insbesondere ältere und chronisch kranke Menschen sowie kleine Kinder. Eine differenzierte Betrachtung zwischen sensiblen Altersgruppen und weniger sensiblen Bevölkerungsgruppen ist somit erforderlich.
- Angesichts des Klimawandels ist mit einem Anstieg der Temperaturen zu rechnen, wodurch sich hitzebedingte Belastungen für die Wohnbevölkerung zukünftig verstärken werden. Diese Entwicklungen werden dabei durch den demografischen Wandel und den damit einhergehenden ansteigenden Zahlen sensibler Bevölkerungsgruppen zusätzlich verstärkt.

## Szenarien

### Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Kenntage Hitze (1981-2010) | Klimaanalyse NRW: PET-Wert (15:00 Uhr) und Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario B; Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 4.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario C: Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 8.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)

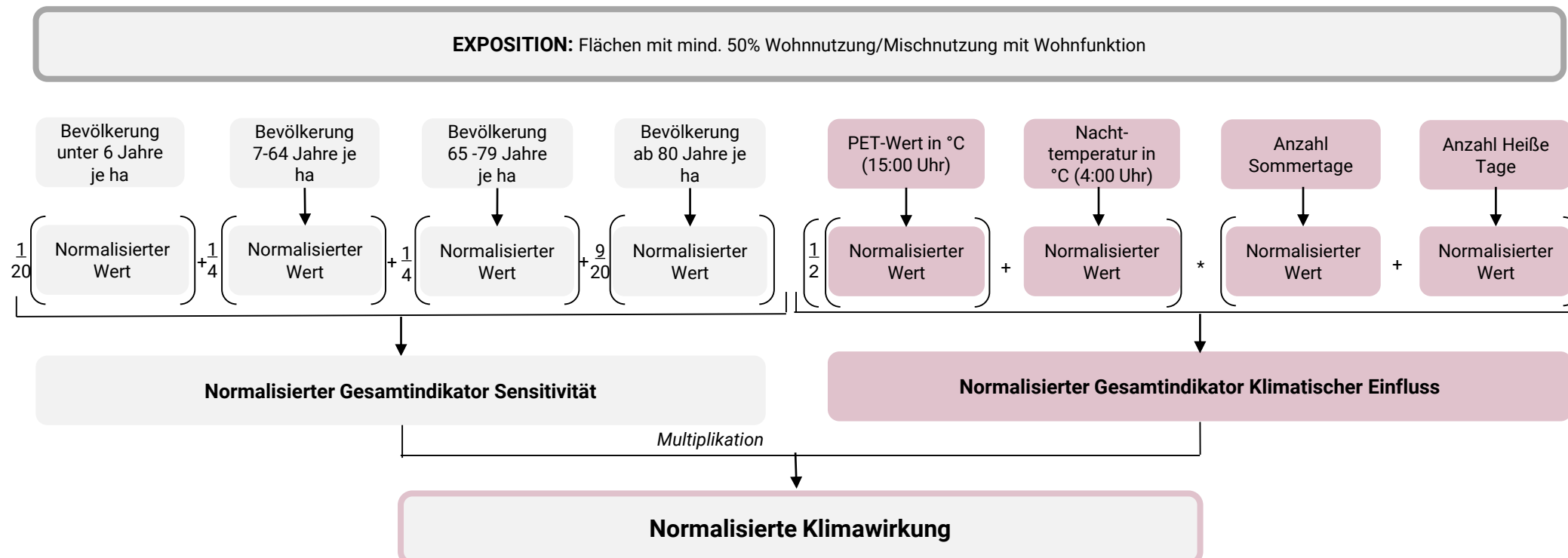
### Sensitivität

- Szenario A: Umlegung Bevölkerungsdaten (Gemeindeebene) auf Wohngebäude und gemischt genutzte Gebäude (mit Wohnfunktion)
- Szenario B und C: Umlegung Bevölkerungsprognosedaten (Gemeindeebene) auf Wohngebäude und gemischt genutzte Gebäude (mit Wohnfunktion)

## Verwendete Datensätze

- Bevölkerungsdaten (IT.NRW)
- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- LANUV / DWD – Kenntage Hitze
- LANUV – Klimaanalyse NRW 2018

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Starkregenereignissen und den dadurch verursachten Schäden an Gebäuden

- Starkregen sind problematisch, da sie jederzeit und überall auftreten und nur sehr kurzfristig vorhergesagt werden können. Gefährdet sind vor allem urbane Bereiche, da dort ein großer Teil des Bodens versiegelt ist und somit kein Wasser aufnehmen kann. Zudem besteht aufgrund des hohen Gebäudeanteils ein besonders großes Schadenspotenzial.
- Diese Klimawirkung fokussiert sich auf Gebäudeschäden. Räume bzw. Gebäude, die sich in Senken befinden und nicht gegen Starkregen geschützt sind, sind bei einem Ereignis von hohen Sachschäden betroffen. Insbesondere Erdgeschosse und Keller können geflutet werden.
- Wie vergangene Ereignisse gezeigt haben, müssen bei extremen Starkregenereignissen auch Personenschäden mitgedacht werden.
- Klimamodelle zeigen, dass Starkregenereignisse zukünftig voraussichtlich in Häufigkeit und Intensität zunehmen werden.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Modellierung des BKG mit KOSTRA-Werte 100a / 60min
- Szenario B: Modellierung des BKG mit einer ortsunabhängigen Regenspende von 90 mm/ 60 min

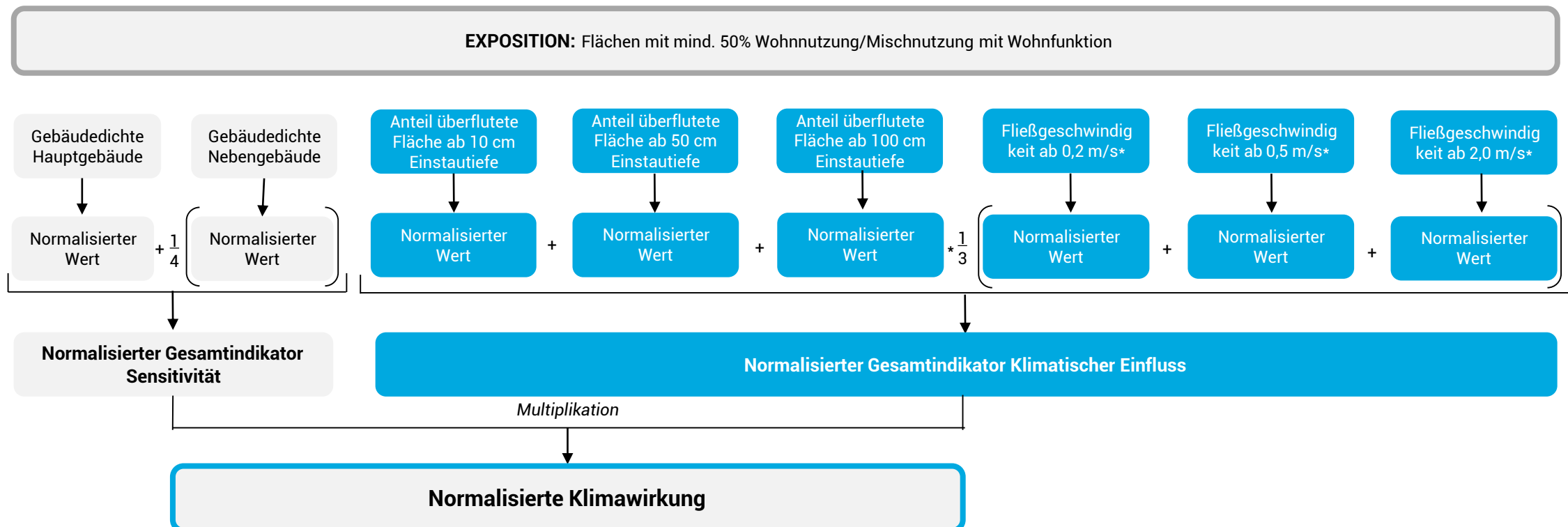
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- BKG-Starkregenmodellierung

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen den mit Hochwasser verbundenen Überflutungen und den dadurch verursachten Schäden an Gebäuden.

- Flusshochwasser sind i.d.R. das Ergebnis von großräumigen, ausgiebigen und anhaltenden Niederschlägen. Besonders gefährdet sind Gebiete und Bereiche, in denen Flüsse aufeinandertreffen. Zudem erhöhen steile Täler, begradigte, kanalisierte Gewässer und ein hoher Versiegelungsgrad die Gefahr, dass Niederschlagswasser direkt in naheliegende Gewässer fließt und zu Überflutungen führt.
- Die Klimawirkung fokussiert sich auf Gebäudeschäden. Je nach Gebäudehöhe können, besonders bei Gebäuden in lokalen Senken, das Erdgeschoss und der Keller geflutet werden.
- Wie vergangene Ereignisse gezeigt haben, müssen bei extremen Hochwasserereignissen auch Personenschäden mitgedacht werden.
- In NRW ist eine Zunahme von Flusshochwasser-Ereignissen bedingt durch den Klimawandel nicht signifikant.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Hochwassergefahrenkarte NRW - Überflutungsflächen Lastfall HQ100
- Szenario B: Hochwassergefahrenkarte - Überflutungsflächen Lastfall HQextrem

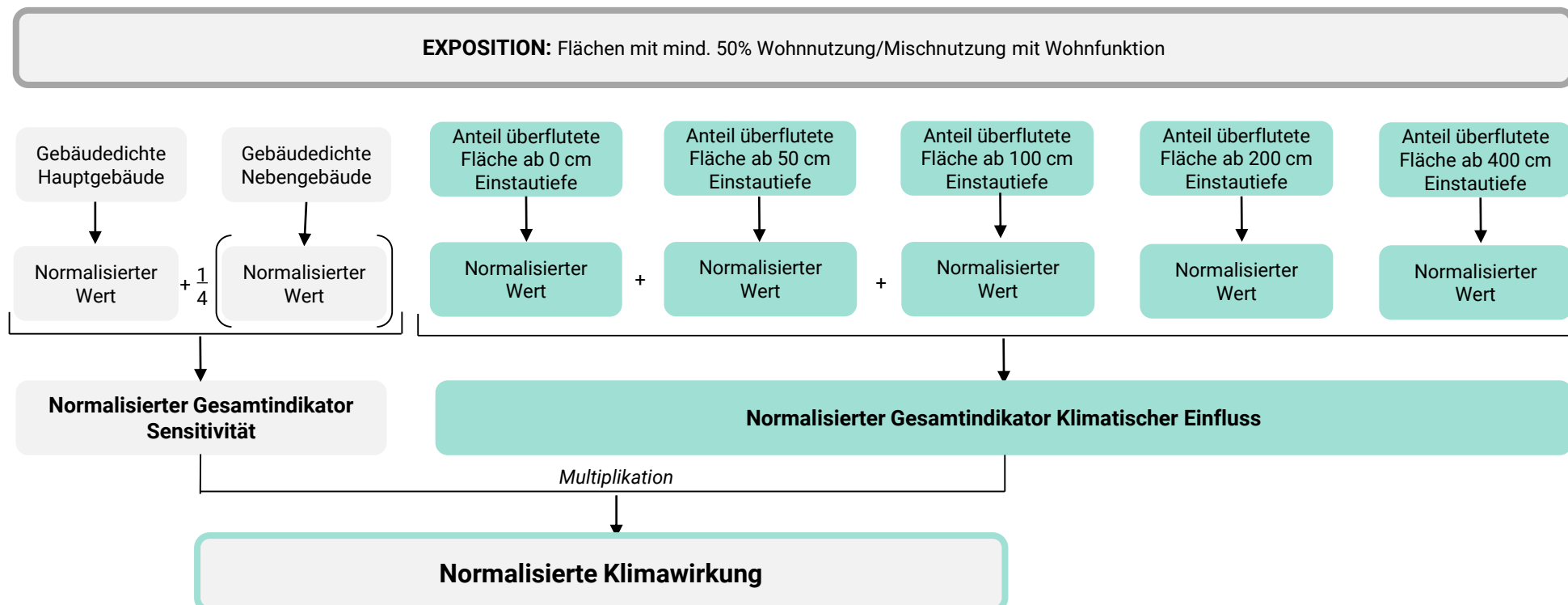
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- Hochwassergefahrenkarten NRW - MULNV NRW

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Hitzebelastung und der Arbeitsbevölkerung

- Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Wärmebelastung und der Arbeitsbevölkerung.
- Die Hitzebelastung in Industrie- und Gewerbegebieten spielt eine wichtige Rolle. Ein meist hoher Anteil an versiegelten Flächen mit wärmespeichernden dunklen Oberflächen, wie Beton oder Asphalt, sowie ein geringer Grünanteil verstärken dort die Überwärmung.
- Dabei betrifft Hitzebelastung im Gewerbe sowohl die Gesundheit, Konzentrations- und Leistungsfähigkeit der Arbeitsbevölkerung als auch Produktionsmittel und Maschinen, die bei dauerhafter Exposition gegenüber Hitze empfindlich reagieren können.
- Angesichts des Klimawandels ist mit einem Anstieg der Temperaturen sowie mit deutlich häufigeren und längeren Hitzeperioden zu rechnen, wodurch sich hitzebedingte Belastungen für die Arbeitsbevölkerung zukünftig verstärken werden.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Kenntage Hitze (1981-2010) | Klimaanalyse NRW: PET-Wert (15:00 Uhr) und Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario B: Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 4.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario C: Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 8.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)

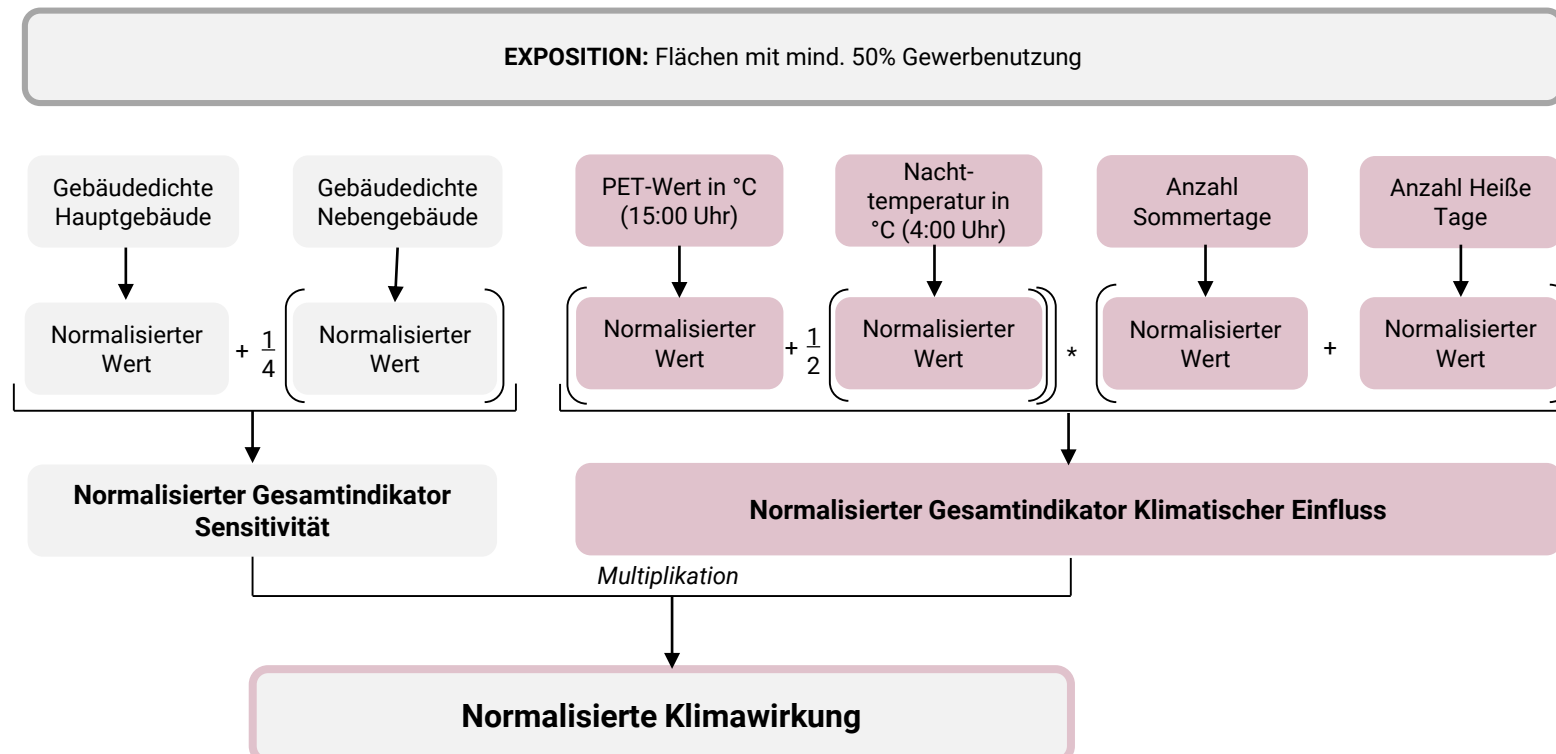
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- LANUV / DWD – Kenntage Hitze
- LANUV – Klimaanalyse NRW 2018

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Starkregenereignissen und den dadurch verursachten Schäden an Gebäuden

- Starkregen sind problematisch, da sie jederzeit und überall auftreten und nur sehr kurzfristig vorhergesagt werden können. Gewerbe- und Industriegebiete sind besonders gefährdet, da dort ein großer Teil des Bodens versiegelt ist und dieser somit kein Wasser aufnehmen kann.
- Diese Klimawirkung fokussiert sich auf Gebäudeschäden. Räume bzw. Gebäude, die sich in Senken befinden und nicht gegen Starkregen geschützt sind, sind bei einem Ereignis von hohen Sachschäden betroffen. Insbesondere Erdgeschoss und Keller können geflutet werden. In gewerblich genutzten Gebäuden liegen Technikräume häufig noch in Kellern, die bei Starkregen zu den gefährdetsten Bereichen gehören. Dadurch kann es bei einer Überflutung zu einer Aneinanderkettung negativer Folgen kommen.
- Klimamodelle zeigen, dass Starkregenereignisse zukünftig voraussichtlich in Häufigkeit und Intensität zunehmen werden.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Modellierung des BKG mit KOSTRA-Werte 100a / 60min
- Szenario B: Modellierung des BKG mit einer ortsunabhängigen Regenspende von 90 mm / 60 min

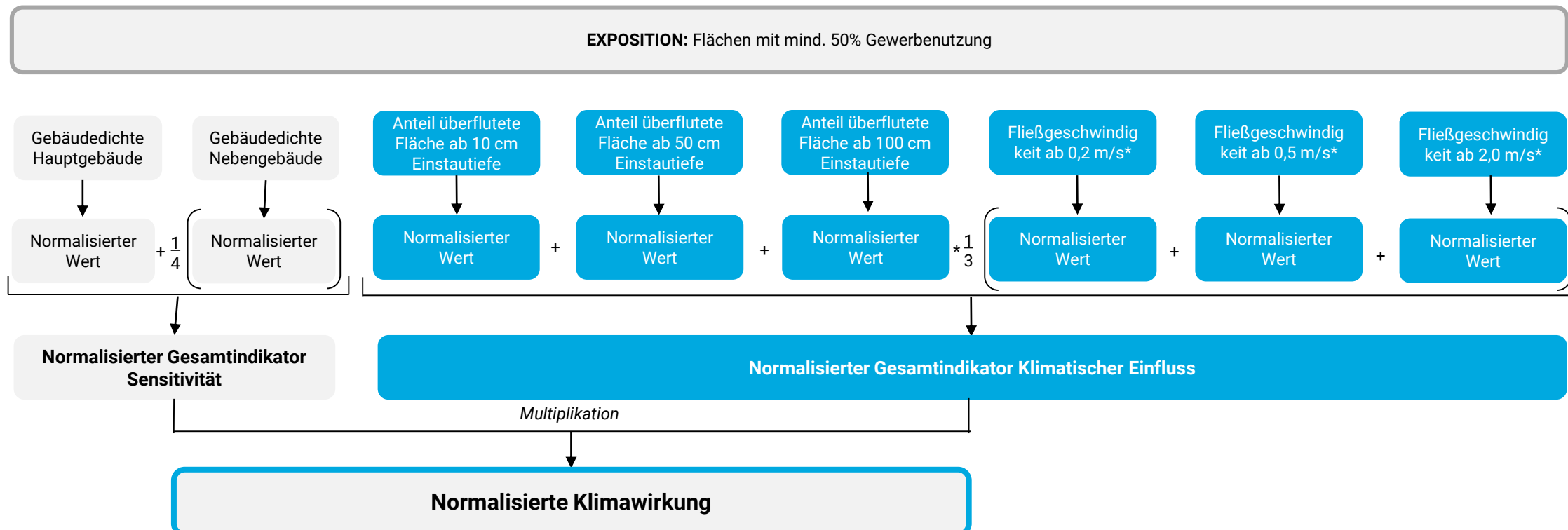
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- BKG-Starkregenmodellierung

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen den mit Hochwasser verbundenen Überflutungen und den dadurch verursachten Schäden an Gebäuden.

- Flusshochwasser sind das Ergebnis von großräumigen, ausgiebigen und anhaltenden Niederschlägen. Besonders gefährdet sind Gebiete und Bereiche, in denen Flüsse aufeinandertreffen. Zudem erhöhen steile Täler, begradigte, kanalisierte Gewässer und ein hoher Versiegelungsgrad die Gefahr, dass Niederschlagswasser direkt in naheliegende Gewässer fließt und zu Überflutungen führt.
- Die Klimawirkung fokussiert sich auf Gebäudeschäden. Je nach Gebäudehöhe können, besonders bei Gebäuden in lokalen Senken, das Erdgeschoss und der Keller geflutet werden. Auch hier besteht aufgrund der Lage von Technikräumen in Kellern ein hohes Schadenspotenzial, welches zu weiteren negativen Folgen führen kann.
- In NRW ist eine Zunahme von Flusshochwasser-Ereignissen bedingt durch den Klimawandel nicht signifikant.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Hochwassergefahrenkarte NRW - Überflutungsflächen Lastfall HQ100
- Szenario B: Hochwassergefahrenkarte - Überflutungsflächen Lastfall HQextrem

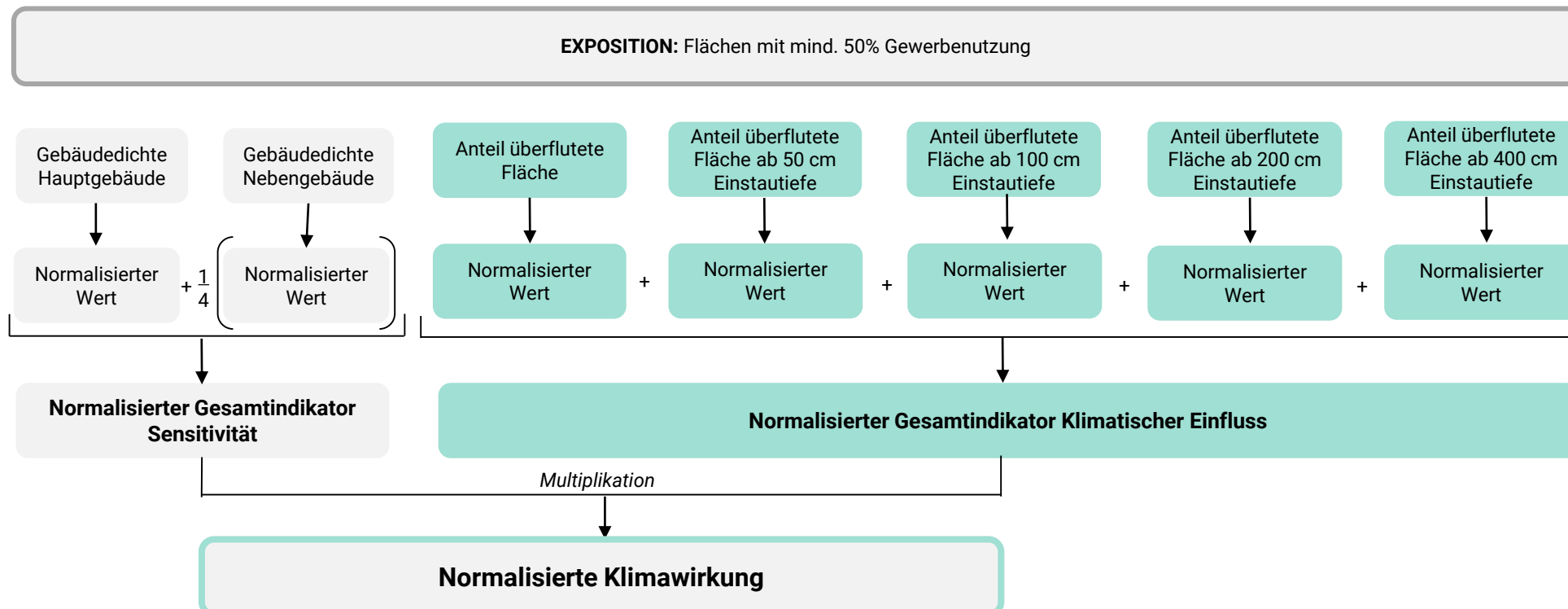
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- Hochwassergefahrenkarten NRW - MULNV NRW

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss





## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Hitzebelastung und besonders hitzeempfindlichen sozialen Infrastrukturen

- Der Begriff "Soziale Infrastruktur" ist nicht einheitlich definiert. Im Rahmen von Evolving Regions werden Schulen, Ausbildungsstätten, Kindergärten, Pflege- und Altenheime sowie Krankenhäuser betrachtet. Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich (z.B. Schülerzahlen, Anzahl der Betten in Krankenhäusern) und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt.
- Hitzebelastungen entstehen vermehrt in stark verdichteten Quartieren. Dies ist auf die hohe Zahl an versiegelten Flächen zurückzuführen, die die eintreffende Sonnenstrahlung absorbieren und dadurch die Umgebung aufheizen (sog. städtische Wärmeinseln).
- Hitze ist von erheblicher gesundheitlicher Bedeutung für den Menschen, weil sie das körpereigene Kühlsystem überlasten und den Organismus dementsprechend in besonderer Weise beanspruchen kann. Vor allem Nachts ist die Beeinträchtigung durch Hitze hoch, da diese die Regenerationsfähigkeit und den Schlaf negativ beeinflussen kann. Die Bevölkerungsgruppen, die die genannten sozialen Infrastrukturen nutzen, sind gegenüber Hitze auf Grund des Alters oder Erkrankungen besonders sensibel.
- Angesichts des Klimawandels ist mit einem Anstieg der Temperaturen zu rechnen, wodurch sich hitzebedingte Belastungen zukünftig verstärken werden. Diese Entwicklungen werden dabei durch den demografischen Wandel und den damit einhergehenden ansteigenden Zahlen sensibler Bevölkerungsgruppen zusätzlich verstärkt.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Kenntage Hitze (1981-2010) | Klimaanalyse NRW: PET-Wert (15:00 Uhr) und Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario B; Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 4.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario C: Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 8.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)

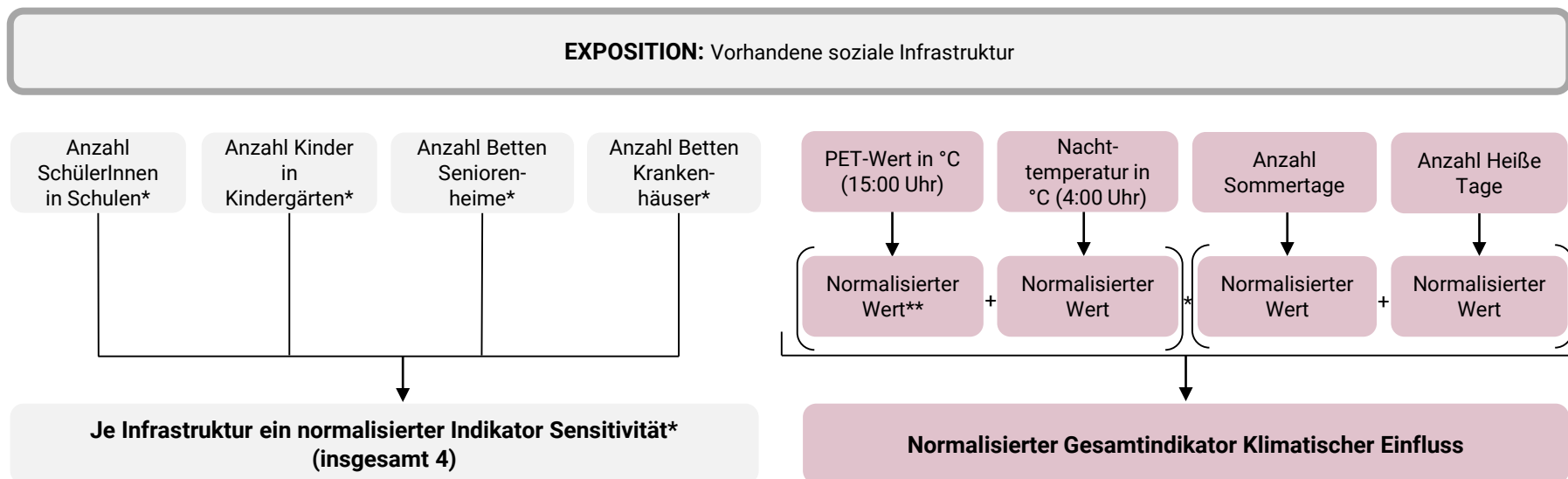
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- Gesammelte Daten in den Kreisen: Die Sensitivitätsdaten wurden innerhalb der Kreise erhoben. Aufgrund dessen sind die Indikatoren bzw. die Qualität dieser von den gesammelten Daten der Kreise abhängig und somit nicht einheitlich
- LANUV / DWD – Kenntage Hitze
- LANUV – Klimaanalyse NRW 2018

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



\* Eine Normalisierung konnte nur bei der Verfügbarkeit der Sensitivitätsdaten durchgeführt werden

\*\* Bei Seniorenheimen und Krankenhäusern fließt der PET-Wert nur mit einer Gewichtung von 50% in die Analysen ein

# KWA 3 | 2 – SOZIALE INFRASTRUKTUR | STARKREGEN

## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Starkregenereignissen und (besonders empfindlichen) sozialen Infrastrukturen.

- Der Begriff "Soziale Infrastruktur" ist nicht einheitlich definiert. Im Rahmen vorEvolving Regions werden Schulen, Ausbildungsstätten, Kindergärten, Pflege und Altenheime sowie Krankenhäuser betrachtet. Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich (z.B. Schülerzahlen, Anzahl der Betten in Krankenhäusern) und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt.
- In den genannten sozialen Einrichtungen sind die Menschen in der Regel weniger mobil und besonders bei Starkregenereignissen auf die Hilfe Anderer angewiesen.
- Klimamodelle zeigen, dass Starkregenereignisse zukünftig voraussichtlich in Häufigkeit und Intensität zunehmen werden.
- 

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Modellierung des BKG mit KOSTRA-Werte 100a / 60min
- Szenario B: Modellierung des BKG mit einer ortsunabhängigen Regenspende von 90 mm/ 60 min

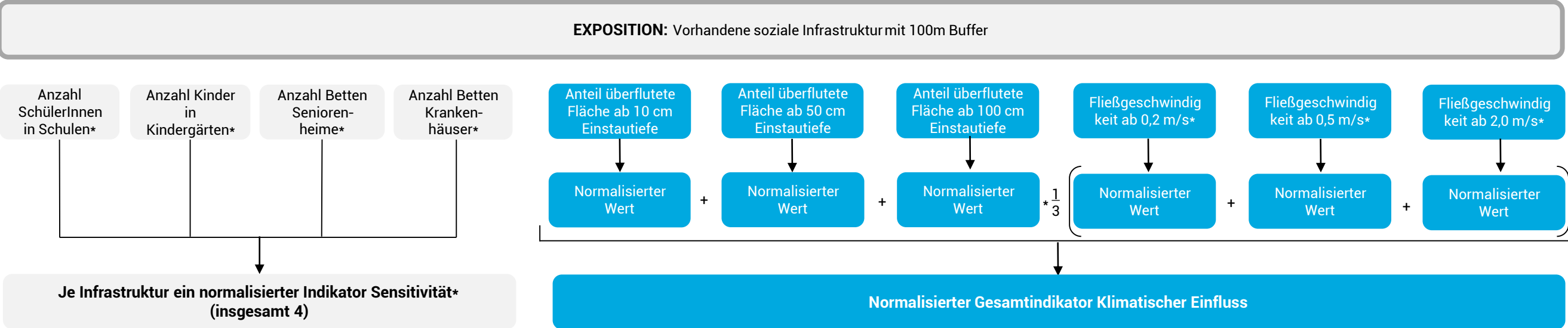
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- Gesammelte Daten in den Kreisen: Die Sensitivitätsdaten wurden innerhalb der Kreise erhoben. Aufgrund dessen sind die Indikatoren bzw. die Qualität dieser von den gesammelten Daten der Kreise abhängig und somit nicht einheitlich
- BKG - Starkregenmodellierung

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



\* Eine Normalisierung konnte nur bei der Verfügbarkeit der Sensitivitätsdaten durchgeführt werden

## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen den mit Hochwasser verbundenen Überflutungen und (besonders empfindlichen) sozialen Infrastrukturen

- Der Begriff "Soziale Infrastruktur" ist nicht einheitlich definiert. Im Rahmen von Evolving Regions werden Schulen, Ausbildungsstätten, Kindergärten, Pflege- und Altenheime sowie Krankenhäuser betrachtet. Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich (z.B. Schülerzahlen, Anzahl der Betten in Krankenhäusern) und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt.
- Flusshochwasser sind das Ergebnis von großräumigen, ausgiebigen und anhaltenden Niederschlägen. Besonders gefährdet sind Gebiete und Bereiche, in denen Flüsse aufeinandertreffen. Zudem erhöhen steile Täler, begradigte, kanalisierte Gewässer und ein hoher Versiegelungsgrad die Gefahr, dass Niederschlagswasser direkt in naheliegende Gewässer fließt und zu Überflutungen führt.
- In sozialen Einrichtungen sind die Menschen in der Regel weniger mobil und besonders bei Flusshochwasserereignissen auf die Hilfe Anderer angewiesen.
- In NRW ist eine Zunahme von Flusshochwasser-Ereignissen bedingt durch den Klimawandel nicht signifikant.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Hochwassergefahrenkarte NRW - Überflutungsflächen Lastfall HQ100
- Szenario B: Hochwassergefahrenkarte - Überflutungsflächen Lastfall HQextrem

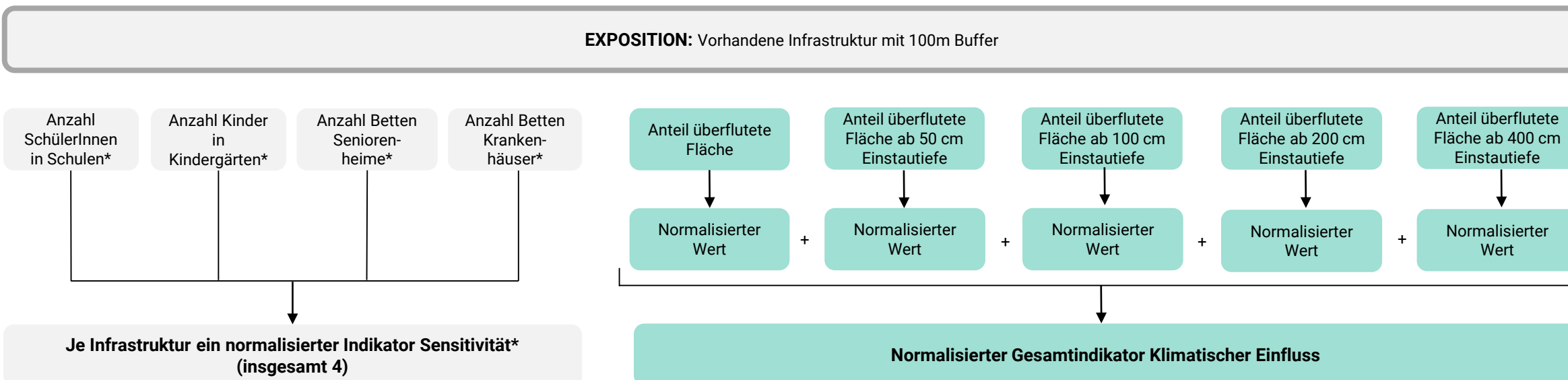
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- Gesammelte Daten in den Kreisen: Die punktuellen Infrastrukturen wurden innerhalb der Kreise erhoben. Aufgrund dessen sind die Indikatoren bzw. die Qualität dieser von den gesammelten Daten der Kreise abhängig und nicht einheitlich.
- Hochwassergefahrenkarten NRW - MULNV NRW

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



\* Eine Normalisierung konnte nur bei der Verfügbarkeit der Sensitivitätsdaten durchgeführt werden

## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Starkregenereignissen und punktuellen Infrastrukturen

- Unter die punktuellen Infrastrukturen fallen in Evolving Regions technische Infrastrukturen (Umspannwerke, Kläranlagen, Kraftwerke, Störfallbetriebe), verkehrliche Infrastrukturen (Bahnhöfe und Halte) sowie Infrastrukturen des Bevölkerungsschutzes (Feuerwehr, Polizei). Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt
- Starkregen sind problematisch, da sie jederzeit und überall auftreten und nur sehr kurzfristig vorhergesagt werden können. Gefährdet sind vor allem städtische Bereiche, da dort ein großer Teil des Bodens versiegelt ist und somit kein Wasser aufgenommen werden kann.
- Die Erhaltung der Funktionsfähigkeit technischer Infrastrukturen ist von hoher Relevanz und kann von Starkregenereignissen durch Sachschäden am Gebäude sowie im Inneren gefährdet werden. Unter vielen technischen Infrastrukturen bestehen Abhängigkeiten, sodass Ausfälle in einem Sektor zu Ausfällen in anderen Sektoren führen können. In besonderen Fällen kann aus diesem "Dominoeffekt" ein sog. Kaskadeneffekt entstehen, bei dem mehrere Bereiche in Mitleidenschaft gezogen werden und sich der Schaden flächendeckend weiter ausbreitet.
- Starkregenereignisse können zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur und der Unpassierbarkeit von Verkehrswegen führen, beispielsweise durch Überschwemmungen oder Unterspülungen. Eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur ist jedoch besonders wichtig, da hiervon viele andere gesellschaftliche Bereiche abhängig sind.
- Im Fall eines Starkregenereignisses ist es sehr wichtig, dass Infrastrukturen des Bevölkerungsschutzes weiterhin agieren können. So können durch Starkregen verursachte Überflutungen beispielsweise ein Ausfahren von Einsatzfahrzeugen verhindern oder erschweren.
- Klimaprojektionen zeigen, dass Starkregenereignisse zukünftig voraussichtlich in Häufigkeit und Intensität zunehmen werden.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Modellierung des BKG mit KOSTRA-Werte 100a / 60min
- Szenario B: Modellierung des BKG mit einer ortsunabhängigen Regenspende von 90 mm/ 60 min

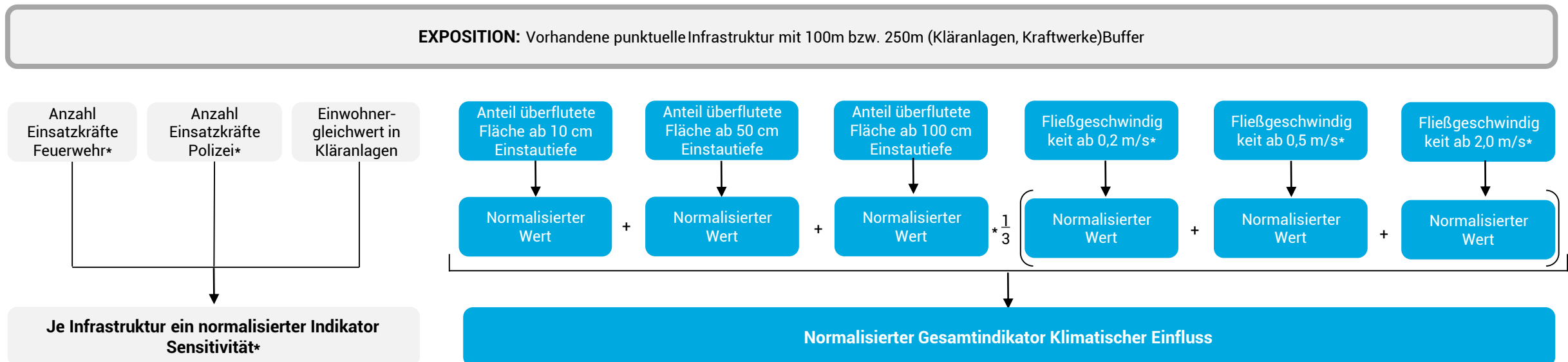
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- Gesammelte Daten in den Kreisen: Die Sensitivitätsdaten wurden innerhalb der Kreise erhoben. Aufgrund dessen sind die Indikatoren bzw. die Qualität dieser von den gesammelten Daten der Kreise abhängig und somit nicht einheitlich
- BKG - Starkregenmodellierung

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



\* Eine Normalisierung konnte nur bei der Verfügbarkeit der Sensitivitätsdaten durchgeführt werden

## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen den mit Hochwasser verbundenen Überflutungen und punktuellen Infrastrukturen.

- Unter die punktuellen Infrastrukturen fallen in Evolving Regions technische Infrastrukturen (Umspannwerke, Kläranlagen, Kraftwerke, Störfallbetriebe), verkehrliche Infrastrukturen (Bahnhöfe und -halte) sowie Infrastrukturen des Bevölkerungsschutzes (Feuerwehr, Polizei). Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt.
- Flusshochwasser sind das Ergebnis von großräumigen, ausgiebigen und anhaltenden Niederschlägen. Besonders gefährdet sind Gebiete und Bereiche, in denen Flüsse aufeinandertreffen. Zudem erhöhen steile Täler, begradigte, kanalisierte Gewässer und ein hoher Versiegelungsgrad die Gefahr, dass Niederschlagswasser direkt in naheliegende Gewässer fließt und zu Überflutungen führt.
- Die Erhaltung der Funktionsfähigkeit technischer Infrastrukturen ist von hoher Relevanz und kann von Flusshochwasser durch Sachschäden am Gebäude sowie im Inneren gefährdet werden. Dabei bestehen unter vielen technischen Infrastrukturen Abhängigkeiten, sodass Ausfälle in einem Sektor zu Ausfällen in anderen Sektoren führen können. In besonderen Fällen kann aus diesem "Dominoeffekt" ein sog. Kaskadeneffekt entstehen, bei dem mehrere Bereiche in Mitleidenschaft gezogen werden und sich der Schaden flächendeckend weiter ausbreiten kann.
- Hochwasser können zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur und der Unpassierbarkeit von Verkehrswegen führen, beispielsweise durch Überschwemmungen oder Unterspülungen. Eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur ist jedoch besonders wichtig, da hiervon viele andere gesellschaftliche Bereiche abhängig sind.
- Im Fall eines Flusshochwassers ist es sehr wichtig, dass Infrastrukturen des Bevölkerungsschutzes weiterhin agieren können. So können durch Hochwasser verursachte Überflutungen beispielsweise ein Ausfahren von Einsatzfahrzeugen verhindern oder erschweren.
- In NRW ist eine Zunahme von Flusshochwasser-Ereignissen bedingt durch den Klimawandel nicht signifikant.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Hochwassergefahrenkarte NRW - Überflutungsflächen Lastfall HQ100
- Szenario B: Hochwassergefahrenkarte - Überflutungsflächen Lastfall HQextrem

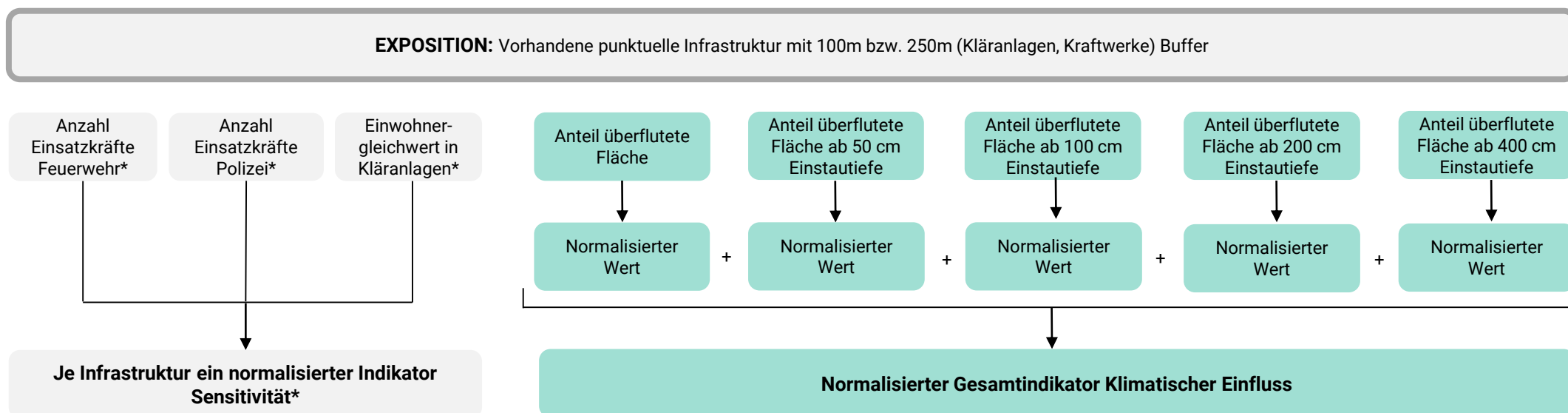
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- Gesammelte Daten in den Kreisen: Die punktuellen Infrastrukturen wurden innerhalb der Kreise erhoben. Aufgrund dessen sind die Indikatoren bzw. die Qualität dieser von den gesammelten Daten der Kreise abhängig und nicht einheitlich.
- Hochwassergefahrenkarten NRW - MULNV NRW

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



\* Eine Normalisierung konnte nur bei der Verfügbarkeit der Sensitivitätsdaten durchgeführt werden

## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Starkregenereignissen und verkehrlichen Infrastrukturen

- In Evolving Regions werden Straßen und Bahntrassen betrachtet. Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt
- Starkregen sind problematisch, da sie jederzeit und überall auftreten und nur sehr kurzfristig vorhergesagt werden können.
- Starkregenereignisse können zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur und der Unpassierbarkeit von Verkehrswegen führen, beispielsweise durch Überschwemmungen oder Unterspülungen. Eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur ist jedoch besonders wichtig, da hiervon viele andere gesellschaftliche Bereiche abhängig sind.
- Klimaprojektionen zeigen, dass Starkregenereignisse zukünftig voraussichtlich in Häufigkeit und Intensität zunehmen werden.
- In dieser Analyse werden nur Autobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen und Kreisstraßen betrachtet. Unterklassige Straßen sind aufgrund der Datenfülle nicht mit in die Analyse eingeflossen.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Modellierung des BKG mit KOSTRA-Werte 100a / 60min
- Szenario B: Modellierung des BKG mit einer ortsunabhängigen Regenspende von 90 mm / 60 min

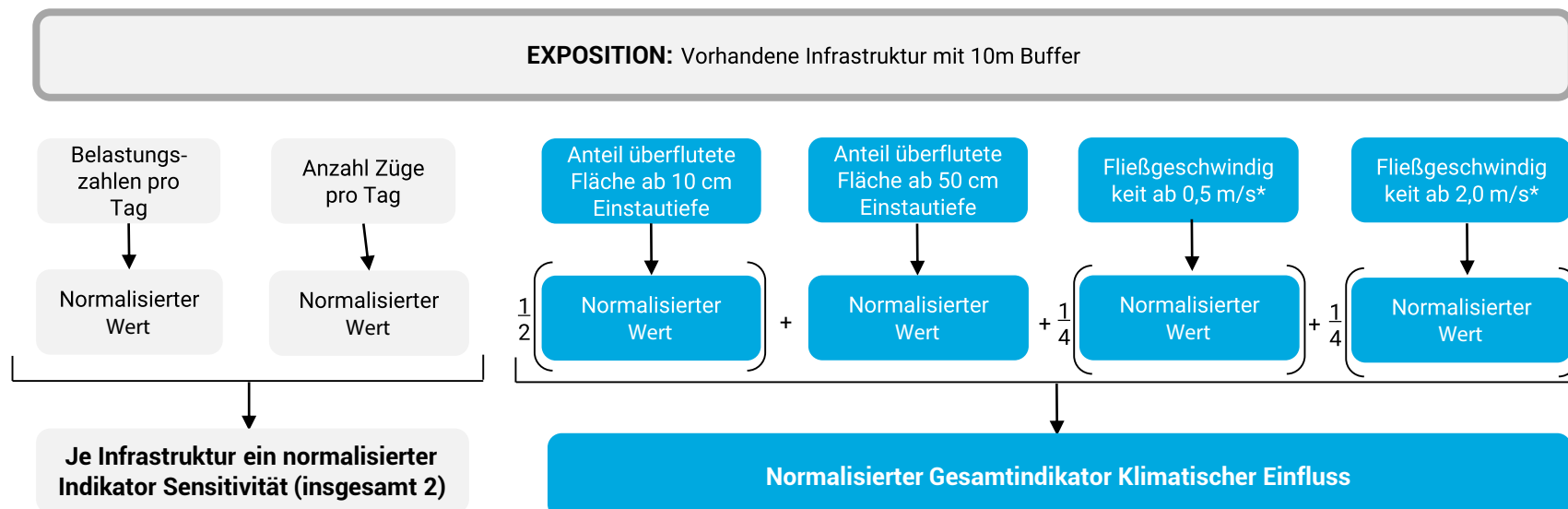
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- Straßennetz des Landesbetrieb Straßenbau NRW
- Fahrpläne der Bahnunternehmen
- BKG-Starkregenmodellierung

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen den mit Flusshochwasser verbundenen Überflutungen und verkehrlichen Infrastrukturen.

- In Evolving Regions werden Straßen und Bahntrassen betrachtet. Die Sensitivitätswerte dieser Einrichtungen sind sehr unterschiedlich und untereinander nicht vergleichbar. Daher findet keine direkte Ableitung der Klimawirkung statt.
- Flusshochwasser sind das Ergebnis von großräumigen, ausgiebigen und anhaltenden Niederschlägen. Besonders gefährdet sind Gebiete und Bereiche, in denen Flüsse aufeinandertreffen. Zudem erhöhen steile Täler, begradigte, kanalisierte Gewässer und ein hoher Versiegelungsgrad die Gefahr, dass Niederschlagswasser direkt in naheliegende Gewässer fließt und zu Überflutungen führt.
- Flusshochwasser können zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur und der Unpassierbarkeit von Verkehrswegen führen, beispielsweise durch Überschwemmungen oder Unterspülungen. Eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur ist jedoch besonders wichtig, da hiervon viele andere gesellschaftliche Bereiche abhängig sind.
- In NRW ist eine Zunahme von Flusshochwasser-Ereignissen bedingt durch den Klimawandel nicht signifikant.
- In dieser Analyse werden nur Autobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen und Kreisstraßen betrachtet. Unterklassige Straßen sind aufgrund der Datenfülle nicht mit in die Analyse eingeflossen.

## Szenarien

### Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Hochwassergefahrenkarte NRW - Überflutungsflächen Lastfall HQ100
- Szenario B: Hochwassergefahrenkarte - Überflutungsflächen Lastfall HQextrem

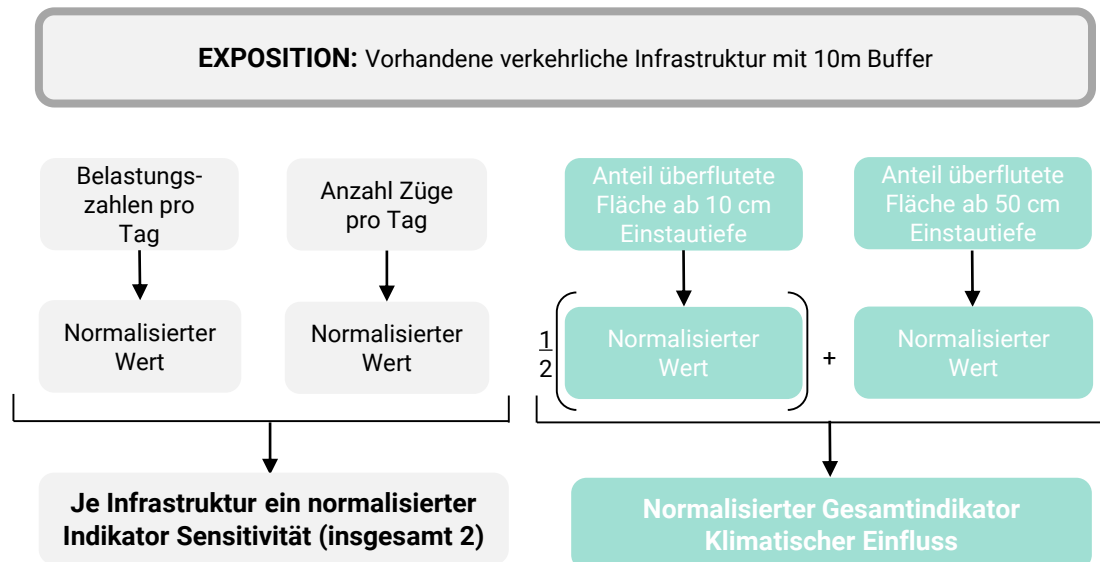
### Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- Straßennetz des Landesbetrieb Straßenbau NRW
- Fahrpläne der Bahnunternehmen
- Hochwassergefahrenkarten NRW - MULNV NRW

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



\* Eine Normalisierung konnte nur bei der Verfügbarkeit der Sensitivitätsdaten durchgeführt werden



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Hitze und landwirtschaftlichen Nutzungen

- Hitze erhöht in der Viehhaltung die Morbidität sowie Mortalität und führt zu einer Abnahme der Produktivität, die mit geringeren wirtschaftlichen Erträgen einhergeht
- Zudem übernehmen landwirtschaftliche Flächen oftmals eine Erholungsfunktion für die Bevölkerung, welche durch Wärmebelastungen eingeschränkt wird
- Angesichts des Klimawandels ist mit einem Anstieg der Temperaturen zu rechnen, wodurch sich hitzebedingte Belastungen zukünftig verstärken werden.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Kenntage Hitze (1981-2010) | Klimaanalyse NRW: PET-Wert (15:00 Uhr) und Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario B; Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 4.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)
- Szenario C: Kenntage Hitze (2031-2060), RCP 8.5, 50. Perzentil | Klimaanalyse NRW: Klimazuschlag von 1,5°C auf den PET-Wert (15:00 Uhr) und 1°C auf die Nachttemperatur (4:00 Uhr)

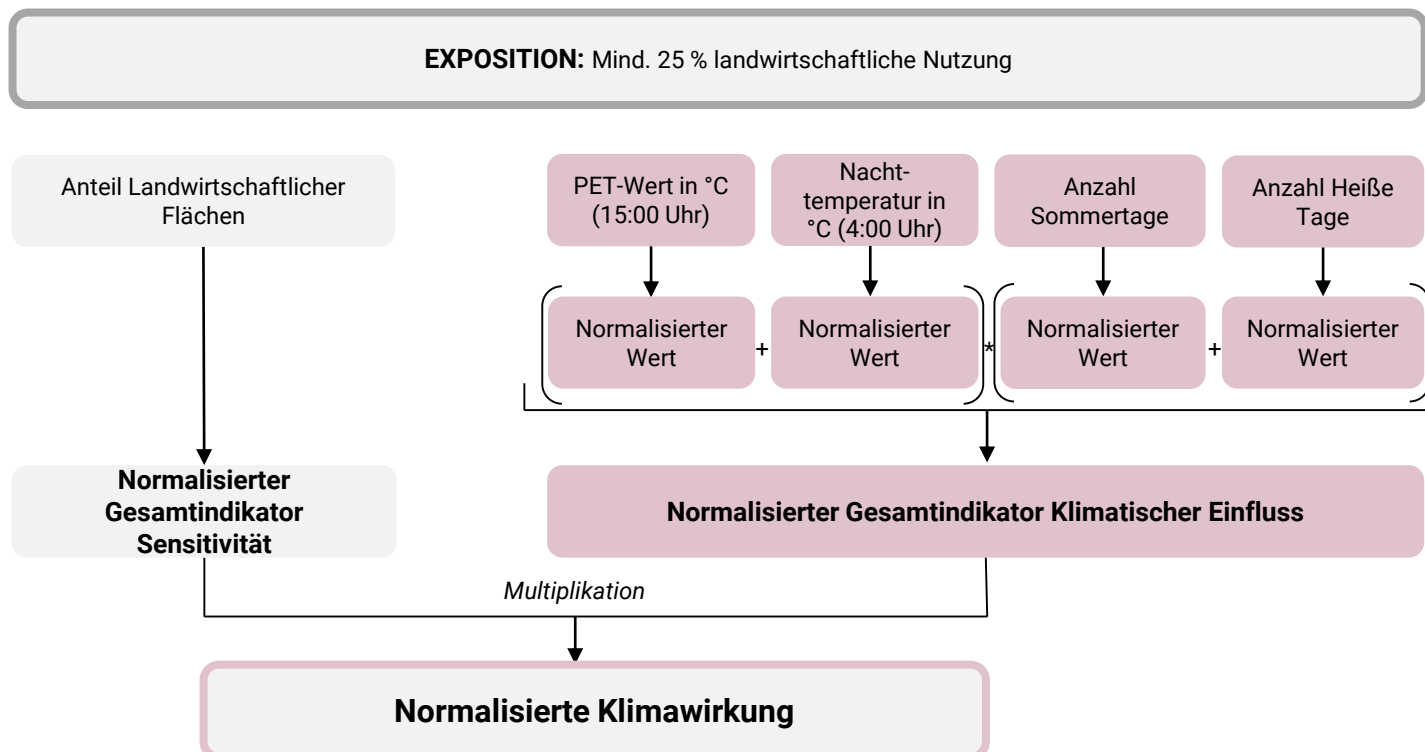
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW - ALKIS
- LANUV / DWD – Kenntage Hitze
- LANUV – Klimaanalyse NRW 2018

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Starkregenereignissen und landwirtschaftlichen Nutzungen

- Starkregenereignisse können insbesondere in Hanglagen Bodenverschlammung und Erosionsschäden verursachen
- Unwetter mit Starkregen können die Ernte verzögern und zu großflächigen Ernteaussfällen führen
- Durch starke Niederschläge kann es zum Umknicken der Pflanzen (Lagerbildung) und Kornverlust kommen, bei Obstbäumen können Pflanzenteile abbrechen oder das Erntegut herabfallen
- Indirekte Wirkung auf Viehhaltung sind möglich, da die Futtermittelproduktion beeinträchtigt wird
- Klimamodelle zeigen, dass Starkregenereignisse zukünftig voraussichtlich in Häufigkeit und Intensität zunehmen werden.

## Szenarien

Klimatischer Einfluss

- Szenario A: Modellierung des BKG mit KOSTRA-Werte 100a / 60min
- Szenario B: Modellierung des BKG mit einer ortsunabhängigen Regenspende von 90 mm / 60 min

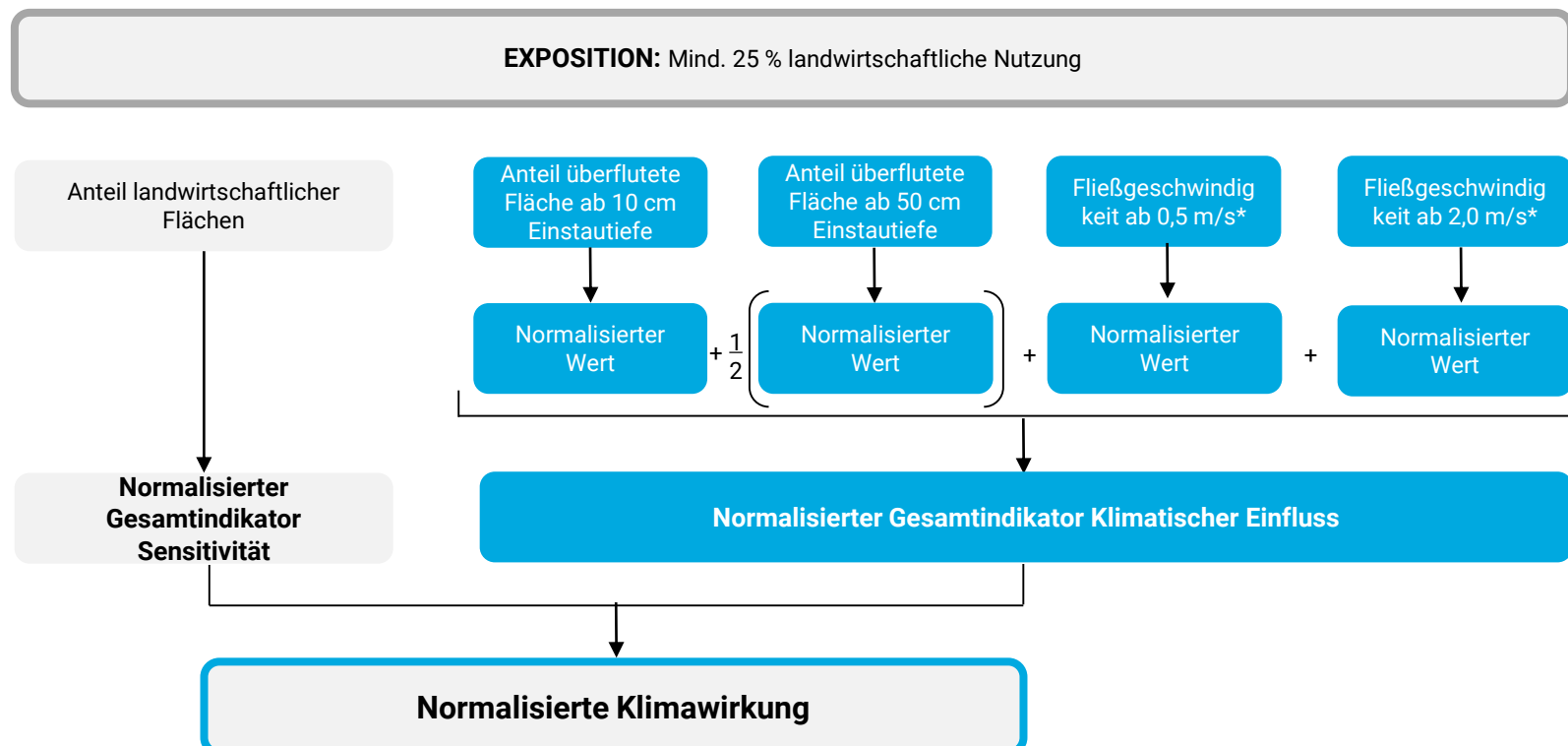
Sensitivität

- Keine unterschiedlichen Szenarien

## Verwendete Datensätze

- Geobasisdaten NRW – ALKIS
- BKG-Starkregenmodellierung

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Dürre und landwirtschaftlichen Nutzungen

- Lange Trockenperioden bei gleichzeitig hohen Temperaturen führen dazu, dass der Boden stark austrocknet. Pflanzen stehen dann nicht mehr genügend Wasser und Nährstoffe zur Verfügung, um genügend Ertrag zu liefern.
- Ackerbaubetriebe haben dadurch mit erheblichen Ernteaufschlägen zu kämpfen.
- Viehbetriebe leiden darunter, dass die meisten Wiesen und Weiden aufgrund der Witterung nicht mehr genügend Futter für die Tiere hergeben, was in Zukauf von Futter und somit geringeren wirtschaftlichen Erträgen resultiert.
- Zudem steigt in vielen Gebieten auch das Risiko von Flächenbränden, die Mensch und Tier gefährden.
- Die Analyse der zukünftigen Dürreentwicklung stellt sich durch die verschiedenen Definitionen von Dürre und das Fehlen langfristiger Beobachtungsdaten als komplex dar. Allerdings ist davon auszugehen, dass es durch den Klimawandel immer häufiger zu extremer Trockenheit kommt.

## Szenarien

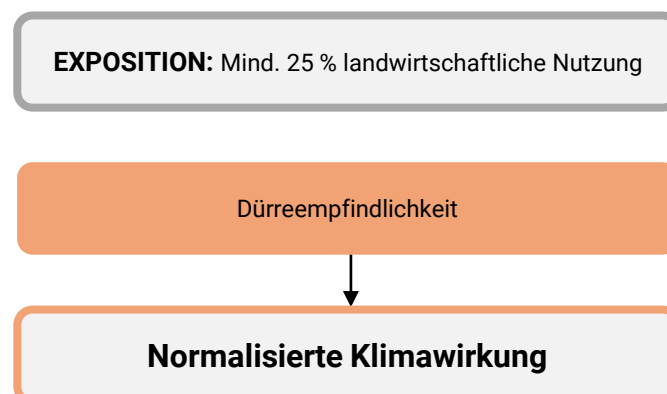
Klimawirkung

- Szenario A: Beobachtungsdaten - Acker
- Szenario B: Beobachtungsdaten - Grünland

## Verwendete Datensätze

- Dürreempfindlichkeit von landwirtschaftlichen Standorten

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## Beschreibung

Die Klimawirkung beschreibt den Zusammenhang zwischen Dürre und Waldbeständen

- Eine Zunehmende Gefährdung von Wäldern durch Dürre konnte in den letzten Jahren beobachtet werden
- Durch den Wassermangel können Pflanzen sterben
- Es kommt zu Veränderungen der Artenvielfalt sowie von Wuchs- und Konkurrenzbedingungen für verschiedene Baumarten und somit von Wuchs- und Konkurrenzbedingungen für verschiedene Baumarten und somit zu Verschiebungen der Waldtypen
- Eine geringe Pflanzenvitalität erhöht die Anfälligkeit gegenüber Insektenbefall und kann zu Waldbränden führen
- Die vermehrte sommerliche Trockenheit in Verbindung mit niedrigen Grundwasserständen kann Lebensräume, die ganzjährig auf hohe Wasserstände angewiesen sind, erheblich beeinträchtigen
- Höhere Temperaturen tragen jedoch auch zu einer schnellen Pflanzenentwicklung und früheren Erntezeitpunkten bei
- Durch Dürre geschädigte Wälder sind in ihrer Schutzfunktion gegenüber Starkregen erheblich eingeschränkt.
- Die Analyse der zukünftigen Dürreentwicklung stellt sich durch die verschiedenen Definitionen von Dürre und das Fehlen langfristiger Beobachtungsdaten als komplex dar. Allerdings ist davon auszugehen, dass es durch den Klimawandel immer häufiger zu extremer Trockenheit kommt.

## Szenarien

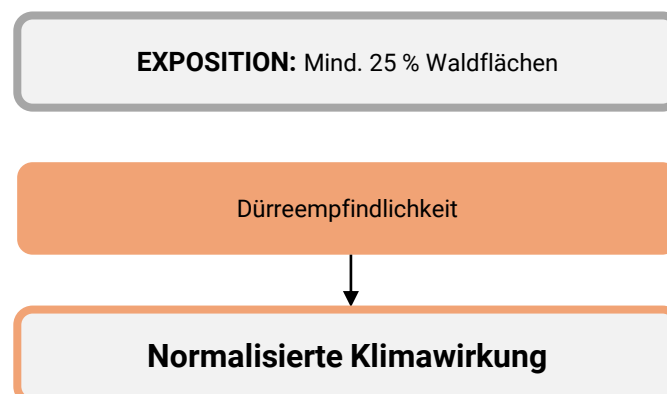
Klimawirkung

- Szenario A: Beobachtungsdaten
- Szenario B: Projektionsdaten RCP 4.5, 50. Perzentil
- Szenario C: Projektionsdaten RCP 8.5, 50. Perzentil

## Verwendete Datensätze

- Dürreempfindlichkeit von forstlichen Standorten

## Zusammensetzung der Klimawirkung aus den Indikatoren Sensitivität und klimatischer Einfluss



## 6 ZUGANG ZUR KLIMAWIRKUNGSANALYSE

Die Ergebnisse und Daten der KWA stehen als Geodaten und als interaktive Aufbereitung mit Tableau zur Verfügung. Je nach Nutzer\*in oder Nutzungsabsicht haben beide Aufbereitungsebenen ihre Vorteile. So erlauben die Geodaten z.B. eine Weiterverarbeitung der Daten durch GIS-Experten, während die Aufbereitung der KWA mit Tableau sehr gut für Nutzer\*innen geeignet ist, die keine oder kaum GIS-Kenntnisse aufweisen. In diesem Kapitel werden die Zugänge zu den Ergebnissen und Daten dargelegt. Zudem werden zentrale Dokumente zur Nutzung von Tableau sowie die empfohlenen Interpretationsschritte der KWA aufgezeigt.

### GEODATEN KLIMAWIRKUNGSANALYSE

Die ermittelten Werte der KWA werden mit ArcGIS 10.4 kartografisch aufbereitet und den Kreisen über einen Downloadlink zugänglich gemacht, sodass die Ergebnisse in den kreiseigenen GIS-Server eingebunden werden können. Die Daten können weiterhin auch für weiterführende bzw. vertiefende Analysen genutzt werden. Die Datenlieferung erfolgt in Form eines gepackten und gelayouteten ArcGIS-Dokuments, welches auf die mitgelieferte Geodatenbank zugreift.

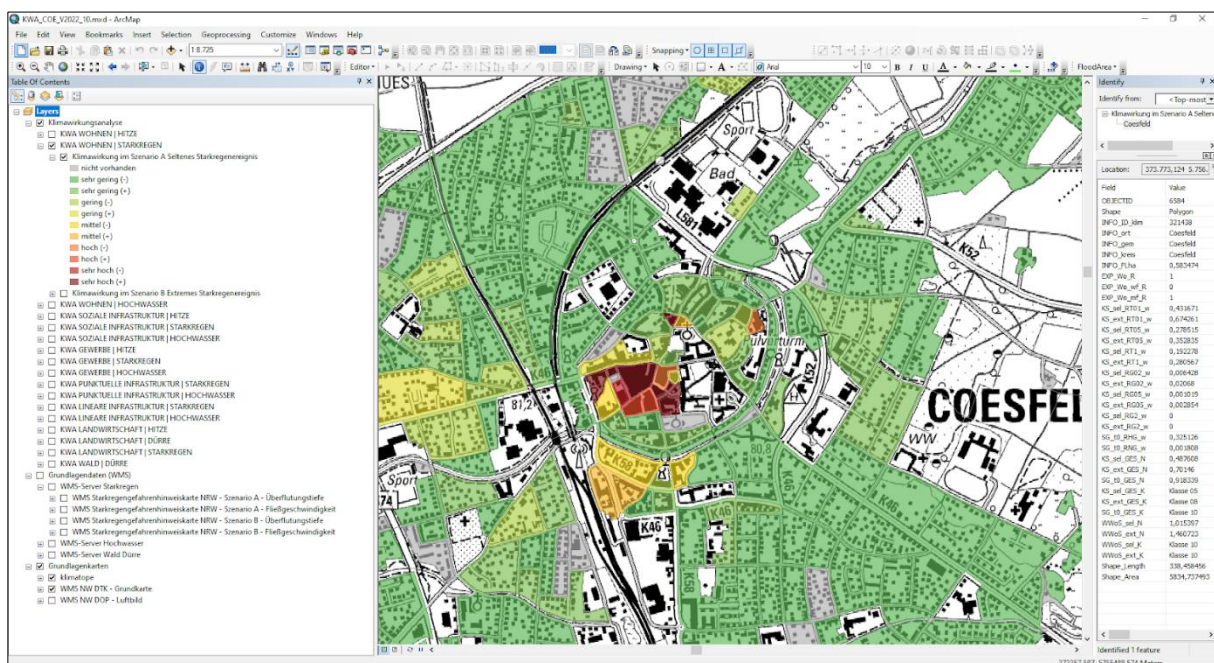


Abbildung 8: Auszug der aufbereiteten Geodaten (eigene Darstellung)

Die Geodatenbank enthält Feature-Classes für alle 17 KW (10 flächenhafte KW auf Grundlage der Klimatope, 5 punktuelle KW, 2 lineare KW) mit sämtlichen Informationen zu den Gesamtwerten des klimatischen Einflusses, der Exposition, der Sensitivität und der Klimawirkung für alle Szenarien. Grundlagendaten zu den klimatischen Einflüssen sind in den Geodaten als WMS-Dienst eingebunden und können bei Bedarf an den entsprechenden Stellen eingesehen, heruntergeladen oder angefragt werden (s. Kapitel 4). Zudem stehen die klimatischen Grundlagendaten im Klimaatlas NRW des LANUV für alle zur Einsicht zur Verfügung (z.B. Starkregenhinweiskarte für NRW des BKG).

Um eine möglichst hohe Transparenz und somit Akzeptanz der Daten zu erzielen, werden die Inhalte bzw. Attribute der Geodaten detailliert in Tabellen aufgelistet und beschrieben. Die Geodaten zur KWA können bei Bedarf beim Kreis angefragt werden. Unter Nennung der Quelle „IRPUD 2022“ dürfen die Daten von jedermann zu allen Zwecken genutzt und weiterverarbeitet werden.

## ZUGANG ZUR KLIMAWIRKUNGSANALYSE IN TABLEAU

Die interaktiv aufbereiteten KWA in Tableau können grundsätzlich über drei Wege erreicht werden: 1) Tableau Online, 2) Tableau Reader oder 3) Tableau Public. Im Folgenden werden Informationen zum Zugang dieser drei Möglichkeiten aufgezeigt.

### Zugang über Tableau Online

Tableau Online ist ein browserbasierter Zugang zu Tableau-Inhalten mit einer sehr guten Performance und einer geschlossenen Datenstruktur sowie individuellen Berechtigungsmöglichkeiten für einzelne Nutzer\*innen. Tableau Online ist kostenpflichtig und es werden Lizenzen für das Erstellen und Hosten von Inhalten (Creator-Lizenz) sowie für das Betrachten von Inhalten (Viewer-Lizenz) benötigt.

Über das Projekt Evolving Regions steht den sieben Kreisen jeweils eine Tableau Online Viewer-Lizenz zur Verfügung, mit denen die KWA im Browser genutzt werden kann (das IRPUD besitzt eine Creator-Lizenz für das Hosten der KWA in Tableau Online über das Projekt). Eine Übertragung bzw. Mehrfachnutzung einer Viewer-Lizenz ist nicht möglich, da diese Lizenzen personenbezogen ausgestellt sind. Diese Lizenz bleibt bis zum Projektende von Evolving Regions erhalten; es können jedoch keine weiteren Viewer-Lizenzen über Evolving Regions ausgegeben oder die Laufzeit verlängert werden. Es besteht für die Kreise oder einzelne Gemeinden (oder Zusammenschlüsse von Gemeinden) aber die Möglichkeit, eine eigene Tableau Online Creator-Lizenz zu erwerben, an die beliebig viele (erworbene) Viewer-Lizenzen gekoppelt werden können.

### Zugang mit dem Tableau Reader

Der Tableau Reader ist eine kostenlose Software, welche zum Betrachten von Tableau-Inhalten zum Download bereitgestellt wird. Es bedarf einer Installation der Software auf den lokalen Rechnern der Nutzer\*innen. Zudem wird eine kostenfreie Anmeldung von Tableau verlangt. Der Reader weist, in Abhängigkeit von der Leistung des genutzten Rechners, eine sehr gute Performance auf. Zusätzlich zur Software wird die gepackte Tableau-Datei mit der KWA (TWBX-Datei) benötigt, welche lokal gespeichert und in den Reader eingeladen werden kann. Die Tableau-Datei steht den Kreisen zur Verfügung und kann von Interessierten bei den Kreisen angefragt werden. Der Reader kann unter dem folgenden Link heruntergeladen werden: <https://www.tableau.com/de-de/products/reader>.

### Tableau Public

Tableau Public ist die dritte Zugangsmöglichkeit zu den KWA-Inhalten in Tableau und stellt eine einfache Alternative zur Veröffentlichung der Ergebnisse dar. Die KWA ist in Tableau Public prinzipiell für jedermann einsehbar und browserbasiert über einen Link zu erreichen; die Inhalte können in bestehende Internetseiten eingebettet werden, was die Reichweite der

KWA deutlich steigert. Public ist kostenfrei und benötigt keine Installation oder Anmeldung. Die Performance von Tableau Public ist langsamer als bei den anderen beiden Optionen.

### **Aufbau der KWA in Tableau**

Die Ergebnisdarstellung in den interaktiven Tableau Dashboards bündelt die Ergebnisse der KWA mit Detailkarten zu den klimatischen Einflüssen. Es lässt sich grundlegend zwischen den folgenden Dashboards unterscheiden:

#### *Hauptmenü*

Das Hauptmenü ist der Startpunkt der KWA in Tableau. Es enthält kurze, einleitende Informationen zur KWA, zudem können von hier aus die einzelnen Klimawirkungen angesteuert werden.

#### *Gemeindevergleich*

Im Gemeindevergleich werden die Ausprägungen der Klimawirkung für alle Szenarien auf kreisinterner und kreisübergreifender Ebene sowie auf Gemeindeebene in Form von Balkendiagrammen dargestellt. Dadurch lässt sich auf einen Blick einordnen, wie hoch die Betroffenheit des Kreises im Vergleich zu den anderen Kreisen des Projekts Evolving Regions ist. Zudem wird ersichtlich, welche der Gemeinden innerhalb eines Kreises eine besonders hohe Betroffenheit aufweisen. Der Gemeindevergleich ist für jede Klimawirkung separat verfügbar.

#### *Szenarienvergleich*

Im Szenarienvergleich werden die Ergebnisse und die grundlegenden Werte zur Klimawirkung für die unterschiedlichen Szenarien kartografisch und tabellarisch gegenübergestellt. Dadurch lassen sich auf einen Blick Unterschiede bzw. Veränderungen auf allen räumlichen Ebenen erkennen. Auch der Szenarienvergleich ist für jede Klimawirkung separat verfügbar.

#### *Detailansicht Szenario*

In den Detailansichten zu den einzelnen Szenarien werden die Ergebnisse je Klimawirkung detailliert kartographisch und tabellarisch dargestellt. Die Dashboards werden durch Einbinden der Ausprägung des klimatischen Einflusses und der Sensitivität sowie der klimatischen Grundlagendaten (u.a. WMS-Server) und einer Auflistung der Wertigkeiten ergänzt. Die Detailansichten sind für jede Klimawirkung und für jedes der unterschiedlichen Szenarien separat verfügbar und können unkompliziert über die Menüführung angesteuert werden. Dadurch wird eine hohe Informationstiefe kompakt und übersichtlich abgebildet. Die Detailansichten der verschiedenen Klimawirkungen unterscheiden sich in den Darstellungsinhalten.

### **Arbeitshilfen Tableau**

Um die Arbeit mit der KWA in Tableau zu erleichtern, stehen verschiedene Hilfestellungen zur Verfügung. Zu diesen Arbeitshilfen zählt ein Kurzdokument mit den grundlegenden Hinweisen im Umgang mit der KWA in Tableau (s. unten), welches Nutzer\*innen insb. vor der ersten Nutzung mit Tableau zur Verfügung stehen sollte. Des Weiteren gibt es ein Videotutorial zum Umgang mit der KWA, um das Verständnis zu erhöhen und die Bedienung des Tools zu erleichtern und so die Hemmschwelle der Nutzung der KWA in Tableau zu reduzieren. Link zum Youtube-Kanal von Evolving Regions:

<https://www.youtube.com/channel/UCAJ51BgQf4vu4-ZuyPSq3Jg>









# KURZANLEITUNG TABLEAU | KWA EVOLVING REGIONS

Um die KWA in Tableau zu starten, benötigen Sie entweder: a) einen Account für **Tableau Online** oder b) einen Link zur KWA für **Tableau Public** (nicht für jeden Kreis vorhanden) oder c) den **Tableau Reader** (<https://www.tableau.com/de-de/products/reader>) und die aktuelle TWBX-Datei.

Vor dem Start von Tableau, stellen Sie bitte die **Auflösung** auf ALLEN Bildschirmen (z.B. Laptop und externer Bildschirm) auf 1920 x 1200 bzw. 1920 x 1080 Pixel und die **Textgröße** auf 100% ein. Die Anzeigeeinstellungen erreichen Sie per Rechtsklick auf den Desktop. Beim Start der KWA bitte direkt auf den **Vollbildmodus** umstellen (Online rechts oben; Public rechts unten; Reader rechts oben).

## NAVIGIEREN IN DER KWA

Das Navigieren in der KWA und zwischen den einzelnen Dashboards findet ausschließlich über die Navigationsleiste (ganz links in den Dashboards) statt (die Reiterleiste im Reader bitte ignorieren).

	Zurück zum Hauptmenü
	Wechseln zu einer anderen KWA in der jeweiligen Nutzung
	Wechseln zum Gemeindevergleich / Szenarienvergleich
	Wechseln zu Szenarioübersicht A/B/C
	Wechseln zu Hintergrundinformationen des jeweiligen Dashboards
	Herunterladen der aktuellen Ansicht als Bild


## FILTERN VON DATEN

Sie können in der KWA **feste Filter** (oben in der Leiste) für Gemeinden, Ortslage (bei Wohnen und Gewerbe) und die Art der Infrastruktur (bei Infrastrukturen) einstellen. Diese Filter bleiben auf allen Dashboards der jeweiligen Klimawirkung bestehen.

Darüber hinaus kann auf den Karten mit den Darstellungen der Klimawirkung eine **händische Auswahl** durchgeführt werden, indem einzelne oder mehrere Klimatope bzw. Infrastrukturen ausgewählt werden (im Szenarienvergleich und in den Szenarioübersichten). Die Auswahl wirkt sich auf die anderen Szenarien und Darstellungen der Klimawirkung aus. In den Diagrammen der Klimawirkung werden die ausgewählten Klimatope bzw. Infrastrukturen hervorgehoben. Bevor eine neue händische Auswahl durchgeführt wird, bitte zunächst die bestehende händische Auswahl auf DERJENIGEN Karte entfernen, wo die Auswahl gesetzt worden ist.

## UMGANG MIT KARTEN

In den Karten sind verschiedene **Werkzeuge** hinterlegt (erscheinen links oben in den Karten). Grundsätzlich ist das Werkzeug „Rechteckige Auswahl“ voreingestellt. Grundsätzlich zoomen sämtliche Karten automatisch auf den räumlichen Bereich, für den feste Filter oder eine händische Auswahl gesetzt worden ist (Klick auf Nadel mit X zurück zum Ausgangszoom).

	Hinein- und Herauszoomen Karte (alternativ: Mausrad)
	Links: Ausgangszoom aktiviert; Mitte: Händischer Zoom aktiviert (Klick!); Rechts: Zurück zum Ausgangszoom
	Händisches Zoomen per Rechteck
	Schwenken der Karte
	Auswahlwerkzeuge Rechteck, Kreis, Lasso

Des Weiteren stehen Infoboards zur Verfügung, die direkt in Tableau integriert sind und die Nutzer\*innen bei der praktischen Bedienung von Tableau unterstützen. Die Inhalte und Funktionen der einzelnen Elemente der Dashboards werden erläutert, Filterfunktionen sind gekennzeichnet. Die Infoboards sind für jedes Dashboard separat verfügbar und lassen sich bei Bedarf in Tableau direkt über den Info-Button aufrufen. Mit den Arbeitshilfen können sich interessierte Akteur\*innen die Ergebnisse und die Interpretation dieser eigenständig aneignen.

## EMPFOHLENE ANWENDUNGSSCHRITTE ZUR INTERPRETATION DER KWA IN TABLEAU

Für die Auswertung und Interpretation der KWA für die unterschiedlichen Szenarien werden fünf Interpretationsschritte empfohlen. Das Vorgehen ermöglicht es, für große Räume zunächst räumliche Handlungsschwerpunkte zu identifizieren, um in den nachfolgenden Schritten detaillierteres Wissen über die Ausprägung des klimatischen Einflusses und der Sensitivität zu erlangen:

### 1. EINORDNUNG- Betroffenheit Kreis und Gemeinden im Vergleich

In einem ersten Schritt ist es wichtig, sich einen Überblick über die Klimawirkungen im Kreis zu verschaffen. Dazu eignet sich das Dashboard Gemeindevergleich, in welchem die Ausprägungen der Klimawirkung für alle Szenarien auf kreisinterner und kreisübergreifender Ebene sowie auf Gemeindeebene in Form von Balkendiagrammen dargestellt werden. So lässt sich beispielsweise identifizieren, wie stark der Kreis im Vergleich zu den anderen ER-Regionen betroffen ist, sowie welche Gemeinden innerhalb des Kreises besonders hohe Betroffenheiten aufweisen.

### 2. HOTSPOTS - Konkrete Ermittlung hoch betroffener Bereiche

In einem zweiten Schritt geht es darum, kleinräumige Hotspots, die besonders hohe Betroffenheiten aufweisen, zu ermitteln. Dazu sollte man in Tableau vom Gemeindevergleich in den Szenarienvergleich wechseln, in dem die Klimawirkungen für alle Szenarien auf Klimatopenebene kartographisch gegenübergestellt sind. So lässt sich dort beispielsweise nach einer Gemeinde filtern, die in Schritt 1 als besonders betroffen identifiziert wurde und anhand der farblichen Darstellung der Klimawirkungen mithilfe eines der Auswahltools ein bestimmter Bereich mit vergleichsweise sehr hoher Klimawirkung auswählen.

### 3. BETROFFENHEIT - Betrachtung Indikatoren klimatischer Einfluss und Sensitivität

In einem dritten Schritt ist es von Bedeutung, die Gründe für die vergleichsweise hohe Klimawirkung zu ermitteln. Dazu lassen sich in den Detailansichten, die für alle Szenarien separat verfügbar sind, Informationen zur Ausprägung der Sensitivität sowie des klimatischen Einflusses entnehmen. So kann man identifizieren, ob der Grund für die vergleichsweise sehr hohe Klimawirkung auf einer Fläche ein hoher klimatischer Einfluss oder eine hohe Sensitivität (oder beides) ist.

### 4. DETAILBETRACHTUNG - Betrachtung der Grundlagendaten

In Schritt 4 ist es sinnvoll, sich einen detaillierten Überblick zur Klimawirkung in den lokalen Hotspots zu verschaffen. Dazu sind in den Detailansichten der Szenarien neben den Karten

zum klimatischen Einfluss und der Sensitivität Grundlagendaten zum klimatischen Einfluss (z.B. als WMS-Dienst) eingebunden. So lassen sich etwa Informationen zu Überflutungstiefen, Fließgeschwindigkeiten, PET-Werte oder Nachttemperaturen aus den Dashboards entnehmen.

## **5. QUALITATIVE EINSCHÄTZUNG - Überprüfung und Einschätzung der Ergebnisse**

Zu guter Letzt ist in jedem Fall eine qualitative Einschätzung bzw. Überprüfung der quantitativen Ergebnisse aus den KWA von zentraler Bedeutung. Dieser Schritt lässt sich im Rahmen der KWA nicht leisten - vielmehr ist dazu lokale Expertise und Fachwissen unerlässlich.

## LITERATURVERZEICHNIS

Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung vom 03. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 08. August 2020 (BGBl. I S. 1728)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2019: Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) über die Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Abgerufen von [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Foerderprogramme/das\\_foerderbekanntmachung\\_2019\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Foerderprogramme/das_foerderbekanntmachung_2019_bf.pdf) (zugegriffen am 16.02.2021)

Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen

Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) in der Fassung vom 29. Juli 2009, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2022

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 03. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2694)

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Fassung vom 31. Juli 2009, zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 20. Juli 2022

Grauthoff, Manfred 2008: Die Klimaanalyse in Zeiten des Klimawandels: Werkzeug zur klimagerechten Stadtplanung. In: Vereinigung für Stadt-, Regional- und Landesplanung SRL E.V. (Hg.): Planerin: Tief durchatmen. Berlin, 10–12

Greiving, Stefan; Arens, Sophie; Becker, Dennis; Fleischhauer, Mark 2018: Improving the Assessment of Potential and Actual Impacts of Climate Change and Extreme Events Through a Parallel Modeling of Climatic and Societal Changes at Different Scales. *Journal of Extreme Events* . Vol. 04, No. 04

IT.NRW 2020: Bevölkerungsvorausberechnung. Amtliche Statistiken zum Thema: Bevölkerungsvorausberechnung. Abgerufen von <https://www.it.nrw/statistik/gesellschaft-und-staat/gebiet-und-bevoelkerung/bevoelkerungsvorausberechnung> (zugegriffen am 16.02.2021)

Institut für Raumplanung (IRPUD) 2022: Der Klimawandel und seine Auswirkungen in NRW. Projektbericht Evolving Regions. Stand November 2022

Umweltbundesamt (UBA) 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem> (zugegriffen am 28.05.2020)

Umweltbundesamt (UBA) 2016a: Klimawirkungsketten. Stand November 2016. eurac research und bosch & partner. Abgerufen von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/klimawirkungsketten\\_umweltbundesamt\\_2016.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/klimawirkungsketten_umweltbundesamt_2016.pdf) (zugegriffen am 16.02.2021)

Umweltbundesamt (UBA) 2016b: Klimaanpassung in der räumlichen Planung: Starkregen, Hochwasser, Massenbewegung, Hitze, Dürre. Korrigierte Fassung vom 06.02.2020. Dessau-Roßlau

Umweltbundesamt (UBA) 2017: Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen: Empfehlungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung

Umweltbundesamt (UBA) 2018: Klimaanpassung im Raumordnungs-, Städtebau- und Umweltfachplanungsrecht sowie im Recht der kommunalen Daseinsvorsorge. Grundlagen, aktuelle Entwicklungen und Perspektiven. Dessau-Roßlau, 2018

Umweltbundesamt (UBA) 2020: Anpassung: Handlungsfeld Bevölkerungs- und Katastrophenschutz. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-laenderebene/handlungsfeld-bevoelkerungs-katastrophenschutz> (zugegriffen am 02.12.2021)