



Evolving Regions

LIFE18 CCA/DE/001105

LIFE Roll-outClimAdapt

Roll-out of innovative climate change adaptation processes in regional networks from North Rhine-Westphalia for Europe

Der Klimawandel und seine Auswirkungen in NRW

(Vulnerability Assessment Compilation Report)

Deliverable 10, Action A.1

Beneficiary responsible for the deliverable

TU Dortmund/IRPUD

Author(s):

Juliane Wright, Jörg Schmitt, Julia Grosse, Alina Tholen

Version 2.0 (wird ggf. durch neue Erkenntnisse während der Projektlaufzeit ergänzt)

17/11/2020

Project start date:
July 2019

End date:
March 2023

Coordinating beneficiary:
TU Dortmund University/sfs

Dissemination level: **PUBLIC**



Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



The project LIFE Roll-outClimAdapt is
funded by the LIFE programme of the EU
and co-financed by the MULNV NRW.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Das Projekt Evolving Regions	1
Ziele	1
Projektidee	1
Zielgruppe	1
1 Einführung	2
2 Grundlagen	3
2.1 Definitionen und Zusammenhänge	3
2.2 Relevante Berichte und Literatur	6
Literaturverzeichnis Kapitel 2	10
3 NRW im Kontext des globalen Klimawandels	11
3.1 Klimawandel global und in Deutschland	11
3.2 Klimawandel in NRW	12
3.3 Sensitivität in NRW	13
Literaturverzeichnis Kapitel 3	15
4 Faktenblätter NRW	16
4.1 Hitze	17
4.2 Dürre	19
4.3 Starkregen	21
4.4 Flusshochwasser	23
4.5 Vergangene Extremwetterereignisse	25
Literaturverzeichnis Kapitel 4	27
5 Fazit und Zusammenfassung	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Klimawirkung nach UBA 2015	5
Abbildung 2: Vulnerabilität nach UBA 2015	5
Abbildung 3: Der Ansatz der parallelen Modellierung nach Greiving et. al 2018	6

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: RCP - Szenarien für den 5. IPCC - Sachstandsbericht (Quelle: eigene Darstellung nach IPCC 2014)	4
--	---

Das Projekt Evolving Regions

In dem Projekt Evolving Regions liegt der Fokus auf 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 und um diese zu bewältigen, müssen auch die Akteure 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 gewonnen 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 Akteure 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 Akteure angesprochen. Diese sollen mithilfe der Methode des Integrierten Roadmappings auf der Basis einer bestimmten Abfolge an Prozessschritten dazu befähigt werden, für ihre Region Strategien und Ziele sowie Maßnahmen zur Klimaanpassung zu erarbeiten.

1 Einführung

Der Klimawandel und seine bereits heute zum Teil problematischen Auswirkungen sind in der Wissenschaft unumstritten. Dieser Bericht stellt den aktuellen Forschungsstand zu den gegenwärtigen klimatischen Gegebenheiten, den zukünftig zu erwartenden Veränderungen sowie deren Auswirkungen auf den Raum und die Gesellschaft in Nordrhein-Westfalen (NRW) vor. Der Bericht untergliedert sich dazu in drei übergeordnete Kapitel: Grundlagen (Kap. 2), eine klimatische Einordnung von NRW in den globalen Kontext (Kap. 3) und Faktenblätter für NRW (Kap. 4), die die zentralen Erkenntnisse, ausgehend von den jeweiligen Klimasignalen bzw. Klimawirkungen 1. Ordnung, zusammenfassen.

NRW ist mit einer Fläche von ca. 34.000 km² und fast 18 Millionen Einwohner*innen das bevölkerungsreichste sowie am dichtesten besiedelte Bundesland (517 Einwohner*innen pro km²) Deutschlands. Acht von 18 Millionen, also knapp die Hälfte der Menschen leben in verdichteten Städten mit mehr als 100.000 Einwohner*innen, insbesondere in den urbanen Ballungsräumen der Rhein-Ruhr-Region (vgl. LANUV 2018). Mehr als die Hälfte der Einwohner von NRW leben demnach in weniger urbanen bis ländlichen Regionen. Diese stehen im Fokus des Forschungsvorhabens von Evolving Regions.

Der Bericht erfüllt eine Lotsenfunktion für den Leser/ die Leserin, um einen schnellen Überblick über den Klimawandel in NRW und seinen Folgen zu erlangen. Der Bericht bietet im Rahmen des Forschungsprojektes Evolving Regions eine kompakte Informations- und Datengrundlage – insbesondere für die beteiligten kommunalen Akteure – und stellt eine Hilfestellung für die Klimaanpassung in NRW, insbesondere im ländlichen Raum dar. Die möglichen Anwendungsoptionen für die Akteure bestehen aus:

- 1) Kompaktes Wissen aneignen und einen Überblick über die Thematik bekommen
- 2) Auf verwiesene Literatur zurückgreifen und Wissen vertiefen
- 3) Das Wissen auf den eigenen Planungsraum anwenden

Der Bericht umfasst die Ergebnisse aus Action 1 „Compilation of existing regional and national data and climate scenario reports“ (1.1, 1.2, 1.3) und stellt das Deliverable 10 „Vulnerability Assessment Compilation Report“ dar.

2 Grundlagen

Im Rahmen des Grundlagenkapitels werden die für den Klimawandel und seinen Einfluss auf den Raum wichtigen Definitionen und Zusammenhänge erläutert sowie eine Übersicht über relevante Literatur gegeben.

2.1 Definitionen und Zusammenhänge

Die folgenden Definitionen beruhen zum größten Teil auf dem Bericht "Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel" des Umweltbundesamtes (vgl. UBA 2015) und werden durch meteorologische Begriffe ergänzt. Ziel ist es, begriffliche Grundlagen zu schaffen und erste Zusammenhänge aufzuzeigen. .

Klimasignale

Ein Klimasignal beschreibt alle klimatischen Einflüsse auf das System (vgl. ebd.: 37). Darunter zählen die Veränderung der Lufttemperatur und Niederschläge, die Veränderung von klimatischen Kenntagen und meteorologischen Extremen, wie beispielsweise heiße Tage oder niederschlagsfreie Tage sowie die Veränderung von Klimawirkungen erster Ordnung, wie beispielsweise Flusshochwasser (vgl. ebd.: 65).

Klimasignale – Daten

Ein Klimasignal bezieht sich auf unterschiedliche Zeiträume. Grundsätzlich wird dabei zwischen Beobachtungsdaten und Projektionsdaten unterschieden. Beobachtungsdaten werden von Wetterstationen aufgezeichnet (viele dieser Daten sind ab dem Jahr 1952 verfügbar). Auf Grund der unterschiedlichen Dichte an Messstationen sowie unterschiedlichen Zeitreihen sind diese für die Klimasignale jedoch häufig nicht einheitlich. Projektionsdaten hingegen stammen aus Klimamodellierungen und sind daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Projektionsdaten beziehen sich häufig auf die nahe Zukunft (2021 - 2050) und ferne Zukunft (2071-2100). Daraus ergibt sich eine Unterscheidung nach drei Zeiträumen: „die Ausprägung des heutigen Klimas (t0) [..], des Klimas in der nahen (t1) und fernen Zukunft (t2)“ (ebd.: 37). Im Rahmen von Evolving Regions werden die Zeiträume t0 und t1 dargestellt.

Klimamodelle – Ensembles

Da die Modellierungen zukünftiger klimatischer Veränderungen mit Unsicherheiten behaftet sind und stark von den Modellen, Eingangsdaten und getroffenen Annahmen abhängig sind, wird i.d.R. mit Ensembles gearbeitet. Ein Ensemble besteht aus den Ergebnissen unterschiedlicher Klimamodellierungen und dient dem Zweck, eine Bandbreite möglicher Entwicklungen aufzuzeigen (vgl. LfU Bayern 2018).

Klimamodelle – Perzentile

Da unterschiedliche Klimamodellierungen unterschiedliche Ergebnisse erzielen, werden diese in einem Datensatz vom niedrigsten bis zum höchsten Wert geordnet. Anschließend wird der Datensatz in 100 gleich große Teile zerlegt. Das x% Perzentil stellt den Schwellenwert innerhalb dieses geordneten Datensatzes dar, bei dem x% aller Werte kleiner oder gleich dieses Schwellenwertes sind. Im Bereich von Klimaprojektionen sind das 15., das 50. und das 85. Perzentil gängige Schwellenwerte (vgl. DWD 2016).

Klimaszenarien

Die Ergebnisse von Klimamodellierung sind abhängig von Klimaszenarien. An dieser Stelle besteht eine Verknüpfung zum Klimaschutz, da dieser die zukünftige klimatische Situation mitbestimmt, die auf den Raum trifft und worauf dieser dementsprechend angepasst werden muss. Für den fünften Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (vgl. IPCC 2014) wurden dazu neue Emissionsszenarien entwickelt. Die „Representative Concentration Pathways“ (RCP) basieren auf der angenommenen Treibhausgas Konzentration in der Atmosphäre und der zukünftigen Landnutzung und den damit verbundenen Strahlungsantrieb (siehe Tabelle 1).

Szenario	RCP 8.5	RCP 6.0	RCP 4.5	RCP 2.6
Treibhausgaskonzentration im Jahre 2100	1370 ppm CO ₂ -äq	850 ppm CO ₂ -äq	650 ppm CO ₂ -äq	400 ppm CO ₂ -äq
Strahlungsantrieb 1850 - 2100	8,5 W/m ²	6,0 W/m ²	4,5 W/m ²	2,6 W/m ²

Tabelle 1: RCP - Szenarien für den 5. IPCC - Sachstandsbericht (Quelle: eigene Darstellung nach IPCC 2014)

Das RCP 2.6 Szenario, welches dem Pariser Abkommen entspricht, beschreibt einen drastischen Rückgang der Emissionen und somit einen moderaten Klimawandel. Das 8.5 Szenario spiegelt hingegen eine „Weiter-wie-bisher“ Strategie wider. Global kommt es in diesem Szenario zur Überschreitung von "Kippunkten" gefolgt von einer starken Klimaveränderung gegenüber heute (vgl. DWD 2020a).

Sensitivität gegenüber Klimasignal

Die Sensitivität beschreibt „in welchem Maße ein bestehendes nicht-klimatisches System [...] auf ein definiertes Klimasignal reagiert“ (UBA 2015: 37). Dabei sind die „sozio-ökonomischen, räumlichen, politischen und kulturellen Faktoren“ (ebd.: 37) von Bedeutung. Eine Abgrenzung zu den zum Teil natürlichen oder anthropogenen Gegebenheiten, wie die Beschaffenheit von Böden oder ein hoher Versiegelungsgrad, auf die das Klimasignal zunächst trifft und dadurch die Intensität des Auftretens mitbestimmen, ist dabei nicht immer eindeutig. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes bezeichnet die Sensitivität die Betroffenheit der tatsächlichen Nutzung gegenüber eines bestimmten Klimasignals. Die 16 Handlungsfelder gegenüber dem Klimawandel der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) werden als Grundlage genutzt, um an die aktuelle Debatte in Deutschland anzuknüpfen. Sie wurden in dem Aktionsplan Anpassung II in die sechs Cluster Wasser, Infrastrukturen, Land, Gesundheit, Wirtschaft, Raumplanung und Bevölkerungsschutz gegliedert und durch „handlungsfeldübergreifende Aktivitäten“ ergänzt (vgl. UBA 2019).

Wirkungsketten

Wirkungsketten beschreiben eine „Ursache-Wirkungs-Beziehung“ (UBA 2015: 40) und stellen somit „das Grundgerüst für die Vulnerabilitätsanalyse dar“ (ebd.). Sie zeigen zum einen wie sich die Klimasignale gegenseitig beeinflussen und zum anderen, wie sie auf den Raum und

somit auf unterschiedliche Handlungsfelder wirken. Dabei ist es wichtig die klimatischen von den nicht-klimatischen Faktoren zu unterscheiden (vgl. ebd.).

Klimawirkung

Eine Klimawirkung setzt sich aus dem Klimasignal sowie der Sensitivität zusammen (siehe Abb. 1). Dabei kann sich eine Klimawirkung auf unterschiedliche Zeiträume beziehen und somit auch einen Veränderungsprozess zwischen Zeiträumen aufzeigen. Der Zeitpunkt t_0 beschreibt die Wirkung des gegenwärtigen Klimas auf das gegenwärtige System. Die Zeiträume t_1 und t_2 beschreiben eine nahe bzw. ferne Klimawirkung in Bezug auf die zukünftigen klimatischen Auswirkungen auf das zukünftige System (UBA 2015: 38).



Abbildung 1: Klimawirkung nach UBA 2015

Vulnerabilität

Wird über die Klimawirkung hinaus zusätzlich die Anpassungskapazität des Raumes und der Menschen betrachtet, wird von Vulnerabilität bzw. Verwundbarkeit gesprochen. Die Anpassungskapazität beschreibt die Fähigkeit des Systems sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen und damit verbundene Klimawandel induzierte Schäden zu reduzieren. Dabei bezieht sich die Anpassungskapazität „immer auf die Zukunft beziehungsweise die Möglichkeit, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. Es handelt sich also um mögliche Vermeidungs-, Minderungs- oder Schutzmaßnahmen, die über das bereits Bestehende hinausgehen“ (UBA 2015: 38). Die Vulnerabilität ist also abhängig von dem Klimasignal, der Sensitivität und der Anpassungskapazität des Systems (siehe Abb. 2).

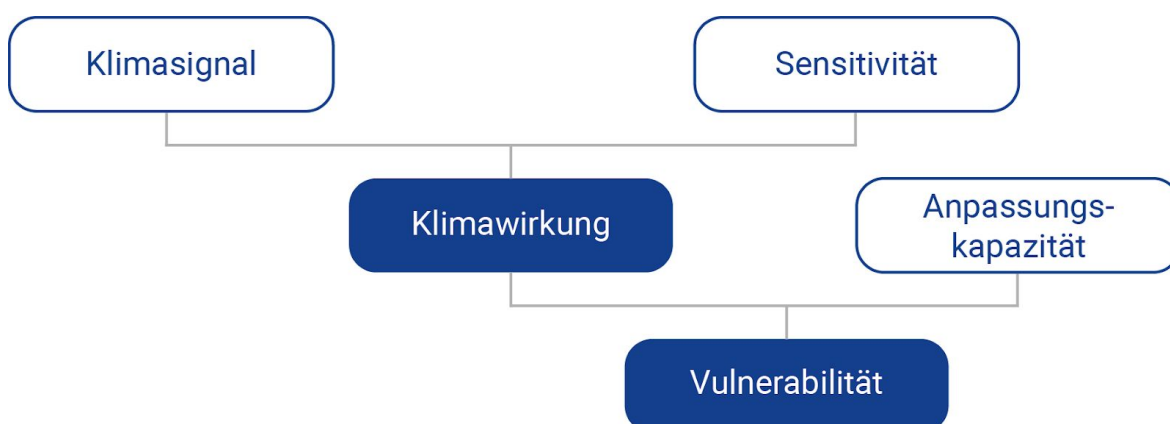


Abbildung 2: Vulnerabilität nach UBA 2015

Parallele Modellierung

Die Methode der parallelen Modellierung verfolgt das Ziel die gegenwärtige als auch die zukünftige klimatische sowie sozio-ökonomische Situation zu betrachten. Neben der heutigen Ausprägung der Klimasignale und der Sensitivitäten werden auch die möglichen

zukünftigen Ausprägungen mit einem definierten zeitlichen Betrachtungshorizont modelliert (siehe Abb. 3). Die demografischen und sozio-ökonomischen Veränderungen werden dabei parallel zu den Veränderungen des Klimas betrachtet, um die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf eine zukünftige Gesellschaft modellieren zu können. (vgl. Greiving et. al 2018).

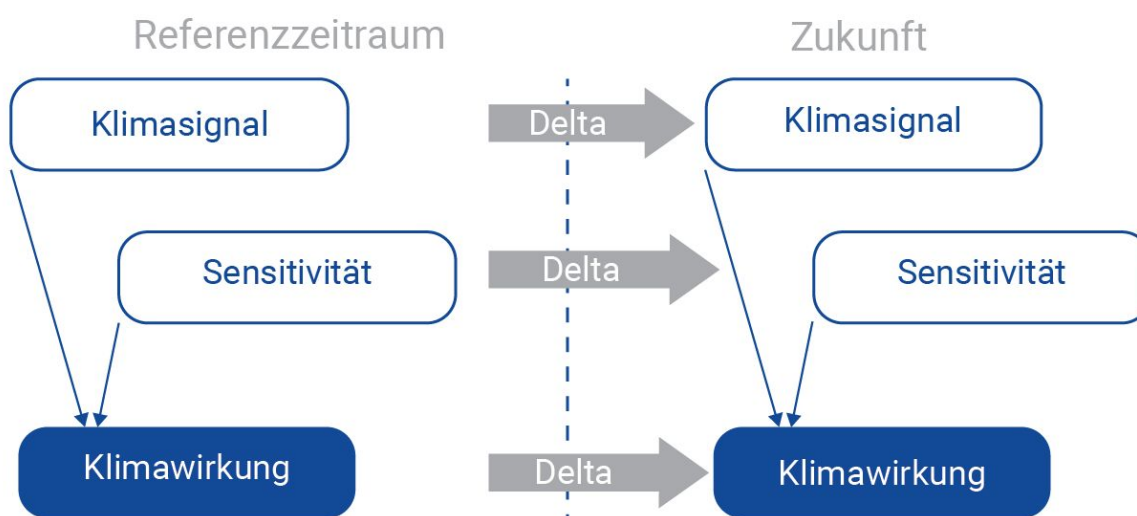


Abbildung 3: Der Ansatz der parallelen Modellierung nach Greiving et. al 2018

2.2 Relevante Berichte und Literatur

Dieses Kapitel stellt eine Übersicht über die zentrale Literatur, differenziert nach unterschiedlichen räumlichen Ebenen, dar. Da der vorliegende Bericht eine Lotsenfunktion erfüllen und somit eine Hilfestellung geben soll, bietet diese Zusammenfassung Anknüpfungspunkte für weitere Leseoptionen, um Wissen zu vertiefen. Neben der nachfolgend aufgelisteten Literatur gibt es eine Vielzahl an weiteren Forschungsprojekten und damit einhergehenden Veröffentlichungen, auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter hingewiesen wird.

Globale und europaweite Studien

Fifth Assessment Report by the IPCC, 2014

Im Hinblick auf die globale Perspektive auf den Klimawandel trägt der fünfte Sachstandsbericht des IPCC von 2013-2014 den aktuellen Stand der Klimaforschung zusammen und stellt somit eine wichtige Funktion in Bezug auf eine spätere Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen dar. Der Bericht unterscheidet zwischen Wissen aus Beobachtungsdaten und Klimaprojektionen. Bezüglich der Klimaprojektionen werden im Vergleich zu dem vierten IPCC Sachstandsberichts von 2007 die im Rahmen des neuen IPCC Berichts entwickelten RCP-Szenarien als Grundlage für die Klimaprojektionen gewählt (siehe Kap. 2.1).

ESPON Climate project, insbesondere das Update von 2014

Der Bericht beinhaltet Profile zu den einzelnen Regionen innerhalb der EU28 bezüglich der Auswirkungen des Klimas auf den Raum und der Vulnerabilität. Dabei besteht ein starker räumlicher Bezug durch die Betrachtung unterschiedlicher Regionen. Die klimatische

Grundlage ist das veraltete Emissionsszenario A1B, wodurch keine klimatische Variabilität aufgezeigt werden kann.

EEA report. Climate change, impacts and vulnerability in Europe, 2016

Der EEA Bericht stellt eine europaweite indikatorbasierte Bewertung des vergangenen und prognostizierten Klimawandels sowie dessen Auswirkungen auf Ökosysteme und die Gesellschaft dar. Dabei behandelt er insbesondere die Anpassungsfähigkeit und Vulnerabilität des Raumes. Es findet eine Unterscheidung zwischen den Auswirkungen auf die Umwelt (ab Seite 107) und die Gesellschaft (ab Seite 189) statt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf bestimmte Sektoren werden umfassend dargestellt, jedoch werden besonders betroffene Regionen nur grob identifiziert. Deutschland wird beispielsweise in ca. 12 Rasterzellen aufgeteilt.

Deutschlandweite Studien

Klimawandel in Deutschland. Entwicklungen, Folgen, Risiken und Perspektiven, Climate Service Center (Guy P. Brasseur, Daniela Jacob, Susanne Schuck-Zöller), 2017

Dieser Bericht hat einen zusammenfassenden Charakter und soll somit auch als Entscheidungsgrundlage für Fragestellungen bezüglich des Umgangs mit dem Klimawandel dienen. Der aktuelle Forschungsstand wird strukturiert und in verständlicher Sprache sowie durch Grafiken und Tabellen anschaulich visualisiert. Der Bericht liefert eine prägnante Zusammenfassung des klimatischen Zustandes und der Entwicklung in Deutschland, wobei der Fokus auf der Beschreibung der Auswirkungen des Klimawandels auf unterschiedlichen Themenbereichen und gesellschaftlichen Sektoren liegt.

Material des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

Der Aufgabenbereich des DWD basiert „auf einem gesetzlichen Informations- und Forschungsauftrag“ (DWD 2020b). Dabei stellt der DWD eine Vielzahl an meteorologischen und klimatologischen Dienstleistungen zur Verfügung.

- *Der nationale Klimareport von 2020 fasst das bekannte Wissen über das vergangene, gegenwärtige und zukünftige Klima in Deutschland kurz und knapp zusammen und gibt somit einen fundierten Überblick über den Klimawandel.*
- *Das DWD Wetterlexikon ist ein Online-Lexikon, beinhaltet die wichtigsten meteorologischen Begriffe und wird laufend erweitert.*
- *Das Climate Data Center stellt einen freien Zugang zu Klimadaten des DWD dar und wird ebenfalls laufend durch neue Daten aktualisiert.*

Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel, Umweltbundesamt, 2015

Dieser Bericht beinhaltet eine quantitative, bundesweite, integrierte Bewertung auf NUTS3-Ebene für alle 16 Handlungsfelder der deutschen Anpassungsstrategie. Der Fokus liegt auf der Verschneidung der klimatischen Einflüsse mit der Sensitivität und der Anpassungsfähigkeit des Raumes, um so die Vulnerabilität zu bestimmen. Sektorale als auch sektorenübergreifende und räumliche Schwerpunkte der Klimawirkungen in Deutschland sowie Dokumentationen der Methodik werden in diesem Bericht umfassend dargestellt.

NRW Studien

Material des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)

Das LANUV ist eine technisch-wissenschaftliche Fachbehörde des Landes NRW für den Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz. Sie dient als zentrale Informations- und Koordinationsstelle für Klimaschutz und Klimawandel und bereitet Wissen und Daten für die weitere Nutzung in NRW auf.

- Die *ExUS-Studie, Extremwertstatistische Untersuchungen von Starkniederschlägen in NRW* von 2010 untersucht Starkniederschläge in NRW in Bezug auf die mögliche Veränderung in Dauer, Intensität und Raum auf der Grundlage beobachteter Ereignisse von 1950-2008. Ziel der Studie ist es herauszufinden, ob statistisch signifikante Veränderungen im Niederschlagsverhalten vorliegen. Diese werden differenziert nach Dauerstufe und Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet. Aufgrund des komplexen Verfahrens ist eine Aktualisierung der Studie alle 10 Jahre, also für 2020, geplant.
- Der *Fachbericht 27, Klimawandel in Nordrhein-Westfalen Daten und Hintergründe* von 2010 liefert Informationen zu Klimaveränderungen in den verschiedenen Regionen in NRW (Zeitraum 1901-2008) sowie deren Auswirkung auf die Natur, den Wasserhaushalt und Böden. Außerdem wird auf besondere Wetterereignisse in den Jahren 2007-2009 (besonders heiße Tage, strenge Winter und Niederschläge etc.) eingegangen.
- Der *Fachbericht 74, Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen - Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm* von 2016 liefert einen Überblick über das aktuelle Klima und seine zukünftige Entwicklung, insbesondere bezüglich Temperatur und Niederschlag sowie deren Auswirkungen auf NRW. Der Bericht enthält Zeitreihen, Trends sowie viele Daten und Visualisierungen.
- Die *LANUV-Info 38, Auswirkungen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen – Klimafolgenmonitoring* von 2017 beschreibt die Effekte des Klimawandels auf die Natur und Umwelt, um Risiken frühzeitig entgegenwirken zu können. Die Veränderungen der unterschiedlichen Kategorien wie Klima, Boden, Gesundheit, Wasser und Landwirtschaft werden anhand verschiedener Indikatoren, basierend auf Beobachtungsprogrammen des LANUV und Daten des DWD, kompakt zusammengefasst.
- Die *Datenblätter für die acht Großlandschaften NRWs* von 2018 stellen Kurzinformationen zum bereits erfolgten Klimawandel, den Klimafolgen und der möglichen zukünftigen Klimaentwicklung für die Großlandschaften sowie Gesamt-NRW dar.
- Das *online Klimafolgenmonitoring NRW* ist ein Online-Fachinformationssystem u.a. mit Informationen zu dem Thema „Klima und Atmosphäre“ mit dem Fokus auf Beobachtungsdaten. Dabei werden zahlreiche Indikatoren (u.a. Hitze, Schnee, Starkniederschlag, Unwetter), Definitionen, klimatische Zusammenhänge, Zeitreihen und Trends sowie grafische Darstellungen der Daten zur Verfügung gestellt.

Material des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) NRW

Das „Ministerium plant und bereitet Landesgesetze vor, die vom Landesparlament – dem Landtag NRW – behandelt und beschlossen werden“ (MULNV 2020) und erstellt Berichte zu umweltrelevanten Themen.

- Der *Umweltbericht NRW* von 2016 liefert Informationen bezüglich des Umweltzustandes NRWs in unterschiedlichen Bereichen. Dazu gehören Umwelt und Gesundheit; Abfall, Boden und Wasser, sowie Natur und ländliche Räume. Auf den Seiten 20-35 sind zudem zukünftige Projektionen und Zeitreihen zu Temperatur und Niederschlag in NRW zu finden.
- Der Bericht *Klimawandel und Wasserwirtschaft* von 2011 enthält klimatische Prognosen, Maßnahmen und Handlungskonzepte bezüglich der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel.

Impact Klimaanpassung als Vorstudie zur zukünftigen praktischen Anwendung im Dialog mit Institutionen und als Handlungshilfe für regionale Akteure, Prognos, 2018 (bisher unveröffentlicht, wird verlinkt sobald möglich)

Der Bericht bereitet Wirkungszusammenhänge von Anpassungsmaßnahmen auf und gibt Hilfestellungen, „um die kommunale und regionale Ebene im Aufbau von Resilienz in Bezug auf den Klimawandel zu unterstützen“. Der Bericht enthält fünf Fallstudien in den Kreisen Wesel, Steinfurt und Soest. Außerdem stellt der Bericht eine Übersicht über Studien und Forschungsprojekten auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen zur Verfügung.

Literaturverzeichnis Kapitel 2

IPCC 2014: Fifth Assessment Report. Abgerufen von <https://www.ipcc.ch/>
(zugegriffen am 28.05.2020)

DWD: RCP-Szenarien. Abgerufen von
<https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien.html>
(zugegriffen am 28.05.2020)

DWD 2016: Dokumentation. Perzentile. Abgerufen von
https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/dokumentationen/allgemein/perzentile_erlaeuterung.pdf;jsessionid=EE4BB76C6E235A5B38526FDD215B089C.live21072?__blob=publicationFile&v=4 (zugegriffen am 25.03.2020)

DWD 2020: Aufgaben des DWD. Abgerufen von
https://www.dwd.de/DE/derdwd/aufgaben/aufgaben_node.html (zugegriffen am 10.07.2020)

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

LANUV 2018: Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen: LANUV-Fachbericht 86. Recklinghausen

LfU Bayern 2018: Zukünftige Klimaentwicklung - ein Ensemble von Möglichkeiten. Abgerufen von https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/klimaentwicklung/index.htm
(zugegriffen am 29.05.2020)

MULNV 2020: Aufbau und Aufgaben. Abgerufen von
<https://www.umwelt.nrw.de/ueber-uns/aufbau-und-aufgaben>
(zugegriffen am 10.07.2020)

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

UBA 2019: Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie. Abgerufen von
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-auf-bundesebene/aktionsplan-anpassung#aktionsplan-anpassung-der-deutschen-anpassungsstrategie> (zugegriffen am 15.06.2020)

3 NRW im Kontext des globalen Klimawandels

Ziel dieses Kapitels ist die klimatische Einordnung von NRW in einen globalen Kontext. Dafür wird zunächst der globale Kontext des Klimawandels erläutert, um schließlich auf NRW-relevante klimatische Veränderungen einzugehen.

3.1 Klimawandel global und in Deutschland

Die Erwärmung des Klimasystems ist in der Wissenschaft unumstritten. Die globale Temperatur stieg in der Vergangenheit und steigt auch zukünftig weiter an. Die Periode von 1983 bis 2012 war die wärmste 30-Jahres-Periode der letzten 1400 Jahre (vgl. IPCC 2014: 2). Die Atmosphäre und der Ozean haben sich erwärmt, die Schnee- und Eismengen haben abgenommen und der Meeresspiegel ist gestiegen (vgl. ebd.: 40). Für das 21. Jahrhundert wird je nach Emissionsszenario mit einer weiteren globalen Erderwärmung zwischen 0,3 und 4,8 °C gerechnet (vgl. ebd.: 10).

Voraussichtlich werden global in den meisten Gebieten verstärkt Heiße Tage (Anzahl der Tage > 30°C) zu beobachten sein. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Hitzewellen öfter auftreten und länger andauern werden (vgl. ebd.: 10). Gleichzeitig werden weniger kalte Temperaturextreme auftreten und die Anzahl an Frost- (Minimum < 0°C) und Schneetagen wird abnehmen (vgl. ebd.: 53). Neben der Lufttemperatur nimmt auch die globale mittlere Oberflächentemperatur zu. Der Anstieg der globalen mittleren Oberflächentemperatur für den Zeitraum 2016-2035 wird voraussichtlich im Bereich von 0,3 - 0,7 °C liegen (vgl. ebd.: 10). Aufgrund der Erderwärmung und der damit verbundenen Schmelze von gefrorenen Wassermassen ist es außerdem sehr wahrscheinlich, dass eine signifikante Zunahme künftiger Meeresspiegelextreme bis zum Jahr 2100 eintreten wird (vgl. ebd.: 62).

Ein Temperaturanstieg führt zur Veränderung des Niederschlagregimes, da warme Luft vermehrt Wasser aufnehmen kann. Die Anzahl der Landgebiete, in denen die Häufigkeit von Niederschlagsereignissen gestiegen ist, ist dabei im Vergleich zu denen mit sinkender Anzahl höher. Dementsprechend wird die globale Erwärmung voraussichtlich zu einer höheren Niederschlagsintensität führen, gleichzeitig aber auch längere Trockenperioden mit sich bringen. Bezüglich der Entstehung von Trockenperioden und Dürren besteht bisher jedoch eine geringe Aussagekraft der beobachteten globalen Trends. Dies ist auf fehlende direkte Beobachtungen, die Abhängigkeit abzuleitender Trends, die diversen Definitionen von Dürre sowie auf geographisch unterschiedliche Dürretrends zurückzuführen (vgl. IPCC 2014: 54).

Des Weiteren nimmt die Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlagsereignissen (vgl. IPCC 2014: 53), als auch von Stürmen zu (vgl. EEA 2016: 77). Bezüglich Flusshochwasser besteht nur eine geringe Sicherheit, dass der anthropogene Klimawandel die Häufigkeit und das Ausmaß von Flusshochwassern auf globaler Ebene beeinflusst. Die Belastbarkeit der Belege ist insbesondere durch fehlende langfristige Aufzeichnungen aus nicht bewirtschafteten Wassereinzugsgebieten begrenzt (vgl. ebd.: 53). Dennoch implizieren die jüngsten Nachweise zunehmende Trends extremer Niederschläge und Abflüsse in einigen Einzugsgebieten mit einem erhöhten Überschwemmungsrisiko (vgl. ebd.: 53).

Diese globalen Entwicklungen gelten zu großen Teilen auch für Europa und sind somit auch auf Deutschland und NRW übertragbar. Für eine differenzierte Betrachtung der Unterschiede in Europa, geben der EPSON und EEA Bericht detaillierte Informationen (siehe Kap. 2.2).

In Deutschland lagen seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen im Jahr 1881 bis 2019 neun der zehn wärmsten Jahre in den letzten 20 Jahren (vgl. F. Kaspar, K. Friedrich 2020). Von 1881 bis 2014 stieg die Jahresdurchschnittstemperatur um 1,3 °C, im Frühling um 1,4,

im Sommer um 1,2 °C, im Herbst um 1,3 und im Winter um 1,1 °C (vgl. Brasseur et al. 2017: 21). Deutschland erwärmte sich dementsprechend mehr als die Erde im Durchschnitt (vgl. ebd.). Dabei stieg die Temperatur im Westen des Landes etwas mehr an als im Osten (vgl. ebd.).

Von 1881 bis 2014 nahmen die Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1961 bis 1990 um 10,2 % zu (vgl. ebd.: 21). Im Sommer wurden dagegen 0,6 % weniger Niederschläge beobachtet (vgl. ebd.). In vielen Regionen haben die winterlichen Starkniederschläge zugenommen, während bei den sommerlichen eine geringfügige, oft nicht signifikante Abnahme zu verzeichnen ist. Durch eine hohe natürliche Niederschlagsvariabilität ist die Signifikanz zukünftiger Trends eher gering (vgl. ebd.: 58), jedoch nahm die Anzahl der Tage mit Starkniederschlägen in den letzten Jahrzehnten in weiten Teilen Deutschlands zu (vgl. ebd.: 59). Dabei konnte eine Veränderung der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen dokumentiert werden, die regional und saisonal stark variieren (vgl. ebd.: 60).

Bezüglich Hochwasser konnte von 1951 bis 2002 an ca. 30 % der untersuchten Pegel ein Anstieg des Wasserspiegels beobachtet werden (vgl. ebd.: 99). Dabei kann zwischen den jeweiligen Flusseinzugsgebieten unterschieden werden: Während der ansteigende Trend in den Einzugsgebieten von Donau und Rhein durchaus erkennbar ist, ist er dies an der Weser und der Elbe weniger (vgl. ebd.). Weitere Informationen zum Klima(wandel) und seinen Auswirkungen können den deutschlandweiten Studien entnommen werden (siehe Kap.2.2).

3.2 Klimawandel in NRW

Auch in NRW sind anhand meteorologischer Daten sowie Beobachtungen in Natur und Umwelt Veränderungen des Klimas und die daraus resultierenden Folgen bereits zu erkennen (LANUV 2016: 9). NRW-spezifische Klimadaten werden zu diesem Zweck aus Daten des DWDs gemäß international festgelegter Normen gewonnen und stehen dementsprechend seit Beginn der Messungen zur Verfügung (ebd.: 10).

NRW ist gekennzeichnet durch eine abwechslungsreiche Topographie, wodurch unterschiedliche Ausprägungen des Klimas vorzufinden sind. Das LANUV unterteilt das Bundesland in acht klimatische Großlandschaften, die sich nicht an administrativen Grenzen orientieren: Westfälisches Tiefland, Westfälische Bucht, Weserbergland, Sauer- und Siegerland, Bergisches Land, Niederrheinisches Tiefland, Niederrheinische Bucht und Eifel (vgl. LANUV 2019). Für diese Großlandschaften werden vom LANUV klimatische Datenblätter zur Verfügung gestellt, welche die klimatischen Parameter der Regionen beschreiben (siehe Kap. 2.2). Da die allgemeine klimatische Entwicklung auf den Datenblättern des LANUV bereits ausführlich erläutert wird, folgt eine komprimierte Darstellung der klimatischen Beobachtungsdaten und Projektionen:

- die Sommer werden heißer und trockener,
- die Winter werden nasser und milder
- Starkregenereignisse nehmen zu

Im Vergleich zur Klimanormalperiode von 1881 bis 1910 konnte bis zur aktuellen Klimaperiode von 1981 bis 2010 ein Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur von 8,4°C auf 9,6°C aufgezeichnet werden (vgl. LANUV 2019: 2f). Klimatische Kenntage wie Heiße Tage, Sommertage und Tropennächte haben in der Vergangenheit zugenommen. Bezüglich der zukünftigen klimatischen Veränderung projizieren alle Szenarien einen weiteren Anstieg

der mittleren Temperatur und der entsprechenden klimatischen Kenntage (LANUV 2019: 3). Somit ist vermehrt mit **Hitze und Hitzewellen** zu rechnen (siehe Kapitel 4.1).

Bezüglich der mittleren Jahresniederschlagssumme reicht „die Spanne über alle Klimaszenarien hinweg von einer leichten Abnahme bis zu einer Zunahme des Niederschlags“ (LANUV 2019: 3). In der Vergangenheit konnte ein Anstieg der jährlichen mittleren Niederschlagssumme um +110 mm beobachtet werden, wobei der Maximalwert 1966 mit 1138 mm gemessen wurde. Hingegen kann insbesondere in den Sommermonaten ein Rückgang verzeichnet werden, während in den Wintermonaten eine Zunahme vorliegt (vgl. LANUV 2019: 2f). Die Abnahme von Niederschlag im Sommer bei gleichzeitiger Zunahme der Lufttemperatur und der dazugehörigen temperaturbezogenen Kenntage, führt zu Wassermangel und Trockenheit. Somit ist mit einer weiteren Zunahme von **Trockenperioden und Dürren** zu rechnen (siehe Kapitel 4.2).

Die veränderten klimatischen Bedingungen können zusätzlich zu häufiger und intensiver auftretenden konvektiven Wetterereignissen, wie Sturm, Hagel und Starkregen führen. Dementsprechend kann von einer Zunahme von **Starkregenereignissen** ausgegangen werden (siehe Kapitel 4.3). Auf Grund der Abnahme von Frost- und Eistagen, sinkenden Schneemengen und der Zunahme von Niederschlag, steigt die Gefahr für Flusshochwasser potentiell weiter an. Durch den Temperaturanstieg nimmt jedoch auch die Verdunstungsrate zu, wodurch diesem Trend entgegengewirkt wird. Somit kann in Zukunft zwar mit einer Zunahme von **Flusshochwasser** gerechnet werden, jedoch ist dieser Trend nicht signifikant (siehe Kapitel 4.4). Neben Flusshochwasser kann es durch das veränderte Niederschlagsregime und höhere Verdunstungsraten jedoch auch zu Flussniedrigwasser kommen.

3.3 Sensitivität in NRW

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf den Raum und den Menschen zu bestimmen, müssen betroffene Bereiche und Räume identifiziert und damit einhergehend Klimawirkungen diskutiert werden. Die soziodemografischen Gegebenheiten und Veränderungen einer Region beschreiben dabei die Sensitivität des Raumes gegenüber dem Klimawandel. Erst die Betrachtung des Klimasignals in Verbindung mit der Sensitivität stellt die Klimawirkung im Raum dar (siehe Kap. 2.1).

In der Vulnerabilitätsstudie des Umweltbundesamtes wurden die Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie bezogen auf ihre Klimawirkungen für jedes Bundesland untersucht und ausführliche Wirkungsketten für diese erstellt. Für NRW existieren diesbezüglich bereits sieben Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudien, die sich mit insgesamt 61 Klimawirkungen auseinandersetzen (vgl. UBA 2015: 160). Damit stehen für NRW im deutschlandweiten Vergleich bezüglich der Auseinandersetzung mit der Thematik vergleichsweise viele Informationen zur Verfügung. In diesen Berichten wurden insbesondere die Handlungsfelder Boden, Biologische Vielfalt, Energiewirtschaft, Landwirtschaft, Tourismus, Wald- und Forstwirtschaft sowie Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft behandelt (vgl. ebd.: 162 ff). Das Datenblatt des LANUV für NRW verweist bezüglich der Sensitivität auf die Handlungsfelder Menschliche Gesundheit, Wald und Forstwirtschaft, Wasser und Landwirtschaft (vgl. LANUV 2019: 5).

Die Bedeutung der jeweiligen Handlungsfelder ist dabei unter anderem abhängig von den Gegebenheiten des Raumes. In Bezug auf das Handlungsfeld „menschliche Gesundheit“ beispielsweise kann auf Grund der hohen Bevölkerungsdichte in NRW, insbesondere in den städtischen Gebieten, von einer sehr hohen Sensitivität gesprochen werden, weil zum einen

viele Menschen betroffen sind und zum anderen der hohe Versiegelungsgrad klimatische Phänomene verstärken kann. Auch der demographische Wandel und der damit zusammenhängende Trend hin zu einer älteren Bevölkerung spielen im Bereich Gesundheit eine zentrale Rolle, da ältere Menschen z.B. in Bezug auf Hitze als besonders gefährdet gelten. Während im Jahr 2008 19% der Bevölkerung über 65 Jahre alt war, trifft dies im Jahr 2020 auf 21,2% und 2040 auf 27,6% der Bevölkerung zu (vgl. IT.NRW 2019). Diese Zunahme des Anteils der älteren Bevölkerung betrifft, im Gegensatz zur Bevölkerungsdichte, verstärkt den ländlichen Raum (vgl. BBSR 2009: 8).

Eine Verschärfung der Sensitivität, wie beispielsweise eine alternde Bevölkerung oder das Bauen in gefährdeten Bereichen spielt bei der Bewertung der Klimawirkung oftmals eine größere Rolle als die sich verändernden klimatischen Bedingungen. Dies betont den Stellenwert der Sensitivität bei der Ermittlung von Klimawirkungen. Regionale Merkmale sind somit in Bezug auf das Klima als auch ihre sozioökonomische Struktur divers und unterscheiden sich in ihrer räumlich konkreten Entwicklung. Die zukünftige Betrachtung der Sensitivität ist dabei ebenfalls mit Unsicherheiten verbunden. Der Ansatz der parallelen Modellierung (siehe Kap. 2.1) ermöglicht es sowohl für das Klimasignal als auch für die Sensitivität einen möglichen Entwicklungskorridor abzubilden. Somit wird der soziodemografischen Entwicklung einer Region ein ebenso großer Stellenwert zugesprochen wie den klimatischen.

Literaturverzeichnis Kapitel 3

BBSR (Hg.) 2009: Ländliche Räume im demografischen Wandel. BBSR-Online-Publikation, Nr. 34. Abgerufen von <https://downloads.eo-bamberg.de/9/883/1/39776177391270917991.pdf#page=4> (zugegriffen am 19.05.2020)

Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela; Schuck-Zöller, Susanne 2017: Klimawandel in Deutschland. Entwicklungen, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer.

EEA 2016: Climate change, impacts and vulnerability in Europa 2016. An indicator-based report. Abgerufen von <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016> (zugegriffen am 28.05.2020)

F. Kaspar, K. Friedrich 2020: Rückblick auf die Temperatur in Deutschland im Jahr 2019 und die langfristige Entwicklung. Abgerufen von https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/200103/temperatur_d_2019_langfristig.html (zugegriffen am 31.03.2020)

IPCC 2014: Fifth Assessment Report. Abgerufen von <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/> (zugegriffen am 28.05.2020)

IT NRW 2019: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen am 1. Januar. Abgerufen von <https://www.it.nrw/node/971/pdf> (zugegriffen am 27.05.2020)

LANUV 2016: Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. LANUV-Fachbericht 74. Recklinghausen

LANUV 2018: Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen: LANUV-Fachbericht 86. Recklinghausen

LANUV 2019: Daten und Fakten zum Klimawandel. Abgerufen von https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klima/uploads/LANUV_Klima_Datenblatt_01_NRW_WEB_StandSep19.pdf (zugegriffen am 28.05.2020)

LANUV 2020: Klimaatlas NRW. Abgerufen von <https://www.klimaatlas.nrw.de/> (zugegriffen am 27.05.2020)

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

4 Faktenblätter NRW

Aufbauend auf dem Kapitel „NRW im Kontext des globalen Klimawandels“ beziehen sich die folgenden Faktenblätter auf die vier (raumrelevanten) Klimasignale:

- **Hitze** – Hitze(wellen) wird/werden in Zukunft deutlich häufiger und intensiver auftreten
- **Dürre** - Trocken- und Dürreperioden werden in Zukunft häufiger und spürbarer auftreten
- **Starkregen** - Starkregenereignisse werden in Zukunft wahrscheinlich häufiger und intensiver auftreten
- **Flusshochwasser** - Eine Zunahme von Flusshochwasserereignissen ist nicht signifikant nachweisbar

Die Faktenblätter kombinieren plakative Aussagen mit ausgewählten, wissenschaftlichen Erkenntnissen und enthalten Informationen zu den folgenden Aspekten:

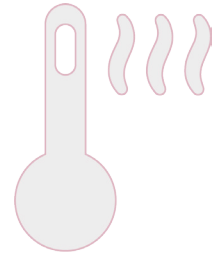
- Die **Definition** beschreibt das Extremwetterereignis und beinhaltet für das Klimasignal wichtige Begriffe und Zusammenhänge.
- Die **vergangene Ausprägung** trifft Aussagen über die Entwicklung des Klimasignals in den vergangenen Jahren. Dazu werden Beobachtungsdaten genutzt, die hinsichtlich eines zeitlichen Trends ausgewertet wurden.
- Die **zukünftige Ausprägung** beschreibt die erwartete zukünftige Entwicklung des Klimasignals durch den Klimawandel. Dazu werden Ergebnisse von Klimamodellierungen herangezogen, die im Rahmen von Ensembles einen möglichen Szenariokorridor aufzeigen.
- Die **Sensitivität des Raumes** umfasst die Handlungsfelder, welche insbesondere von dem Klimasignal in NRW betroffen sind. Aus dem Grund, dass Wirkungsketten stark verwoben und sehr komplex sind, werden zur Vereinfachung nur die besonders betroffenen und relevanten Handlungsfelder dargestellt.
- Die **planerische Relevanz** nennt die Bedeutung des Klimasignals für die räumliche Planung und geht dabei auf die unterschiedlichen Planungsebenen ein. Dabei wird deutlich, auf welchen Planungsebenen Maßnahmen ergriffen werden können.
- Die **Datenverfügbarkeit** beinhaltet eine Auflistung zentraler Klimadaten in NRW, die für eine räumliche Analyse von Bedeutung sind. Dabei wird ihre räumliche Auflösung und Zugänglichkeit thematisiert.

Am Ende jedes Faktenblattes wird auf weitere raumrelevante Extremwetterereignisse verwiesen, wodurch die vielfältigen klimatischen Zusammenhänge verdeutlicht werden. Eine Literaturliste, gegliedert nach den Faktenblättern, ermöglicht eine weitere Auseinandersetzung mit der gesamten Thematik und unterstreicht die Lotsenfunktion des gesamten Berichts.

4.1 Faktenblatt

HITZE in NRW

Hitze(wellen) wird/werden in Zukunft deutlich häufiger und intensiver auftreten



Definition



Es gibt unterschiedliche klimatische Parameter und Kenntage, die das Klimasignal Hitze beschreiben:

Lufttemperatur in 2m Höhe

(vgl. LANUV 2018a)

- PET, physiologisch äquivalente Temperatur um 15 Uhr
- T04, Nachttemperatur um 4 Uhr nachts

Kenntage (vgl. DWD 2020a)

- Anzahl der Heißen Tage > 30°C
- Anzahl der Sommertage > 25°C
- Anzahl der Tropennächte > 20°C

Hitzewelle (vgl. DWD 2020a)

- mehrtägige, in der Regel länger als 3 Tage andauernde Periode mit einer ungewöhnlich hohen thermischen Belastung, wie beispielsweise das 98. Perzentil

Wärmeinsel (vgl. LANUV 2017: 25)

- ein mikroklimatisches Phänomen, welches insbesondere in Ballungsgebieten mit einer hohen Dichte und einem hohen Versiegelungsgrad entsteht

Vergangene Ausprägung



In der Vergangenheit wurde ein Anstieg des Klimasignals Hitze in NRW verzeichnet:

- Signifikanter Anstieg der Lufttemperatur in der Vergangenheit (vgl. LANUV 2019)
- Signifikanter Anstieg von Heißen Tagen, Sommertagen und Tropennächten
 - Heiße Tage: Während 1891 - 1920 im Mittel 3,4 Heiße Tage auftraten, waren es 1990 - 2019 bereits 7,5. 2018 traten insgesamt 18 heiße Tage auf, nur 1911 und 1947 konnten mehr heiße Tage registrieren werden (vgl. LANUV 2020a)
 - Sommertage: Während 1891 - 1920 im Mittel 23,7 Sommertage auftraten, waren es 1990 - 2019 bereits 35,3. 2018 traten in NRW 76 Sommertage auf (vgl. ebd.)
 - Tropennächte: Während 1951 - 1980 im Mittel 0,2 Tropennächte auftraten, waren es 1990-2019 bereits 0,6 (vgl. ebd.). Treten aktuell noch sehr selten auf, wodurch die Aussagen noch wenig belastbar sind (vgl. Hübener et al. 2017: 32f.)

Zukünftige Ausprägung



Klimamodellierungen zeigen für NRW eine zukünftigen Verstärkung des Klimasignals Hitze, die Ausprägung ist jedoch abhängig von den Emissionsszenarien und den gewählten Zeiträumen:

- Anstieg der bodennahen Lufttemperatur gegenüber der Referenzperiode 1971 bis 2000 mit einer Bandbreite von 0,6 °C - 4,4 °C (vgl. LANUV 2019)
- Anstieg der Anzahl an Heißen Tagen, Sommertagen und Tropennächte gegenüber der Referenzperiode 1971 bis 2000
 - Zunahme Heiße Tage um 2 - 23 Tage (vgl. LANUV 2019)
 - Zunahme Sommertage um 4 - 49 Tage (unveröffentlichte Daten des LANUV)
 - Zunahme der Tropennächte um 0 - 30 Tage in Deutschland, NRW spezifische Daten liegen nicht vor (vgl. Hübener et al. 2017: 32f.)
- Hitzewellen werden in Zukunft häufiger auftreten sowie länger und intensiver verlaufen (vgl. Brasseur et al. 2017: 32)

Sensitivität des Raumes



Die folgende Darstellung der betroffenen Themenfelder stellte eine priorisierte Vorauswahl in Anlehnung an die DAS Handlungsfelder und die UBA Wirkungsketten dar:

- Menschliche Gesundheit: Hitze führt dabei zu gesundheitlichen Beschwerden von Hitzestress und Kreislaufproblemen bis zu einem Hitzekollaps, Hitzeschlag (vgl. LANUV 2019b: 8). Besonders betroffen sind Alte, chronisch Kranke, Personen mit einer geringeren Fitness und Kinder (vgl. LANUV 2019b: 8)
- Bauwesen + Verkehr und Verkehrsinfrastruktur: Hitze stellt eine Belastung für die bauliche Umwelt dar, wodurch mehr Schäden durch Hitze an Straßen und Gebäuden entstehen (vgl. Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg)

Weitere Betroffenenheiten: Biologische Vielfalt, Boden, Energiewirtschaft, Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe, Tourismus, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur

Planerische Relevanz



Die planerische Relevanz ist hoch!

- Der planerische Umgang mit Hitze findet grundsätzlich auf lokaler Ebene statt, jedoch haben planerische Entscheidungen auch einen Einfluss auf die Hitzeentwicklung in anderen Kommunen. Die Kaltluftproduktion und der Kaltlufttransport (Kaltluftentstehungsgebiete und Ventilation) sind dabei von regionaler Bedeutung. Die Klimaanalyse NRW wird dieser interkommunalen Perspektive gerecht
- Das Auftreten von Hitze ist abhängig vom Versiegelungsgrad, der Durchlüftungssituation und der Vegetation, wodurch planerisch gut reagiert werden kann. Das Klimasignal Hitze wird in NRW durch eine hohe Dichte und einen hohen Versiegelungsgrad verstärkt, wodurch viele Menschen von diesem Klimasignal in NRW, insbesondere in Städte, jedoch auch im Umland betroffen sind (vgl. LANUV 2017: 24)

Datenverfügbarkeit



LANUV - Klimaanalyse NRW 2018

- Bezug: frei verfügbar; Format: Geodaten / Shape-Files
- Daten beziehen sich räumlich auf Geobasisdaten (i.d.R. Baublöcke und ähnliche räumliche Größen)
- Inhalte: PET-Werte (physiologisch äquivalente Temperatur) für 15:00 Uhr und nächtliche Temperaturen für 4:00 Uhr anhand eines modellierten "typischen Sommertags"; Kaltluftentstehungsgebiete und Kaltluftschneisen; generalisierte Klimatopkartierung
- Die PET-Werte für 15:00 Uhr und die nächtlichen Temperaturen eignen sich gut, um die derzeitigen und zukünftigen Auswirkungen von Sommertagen oder heißen Tagen auf den konkreten Raum zu beurteilen

LANUV / DWD - Kenntage Hitze

- Bezug: für Deutschland open Data des DWD, beziehbar über Climate Data Center, für NRW aufbereitete Beobachtungsdaten über Anfrage beim LANUV, Projektionsdaten werden nur für Forschungsprojekte o.ä. weitergegeben
- Rastergröße: 1 km für Beobachtungsdaten; 5 km für Projektionsdaten
- Es werden die absolute Anzahl an Sommertagen und Heißen Tagen dargestellt
- Zeitspannen der Beobachtungsdaten (1971-2000 und 1981-2010)
- Zeitspannen der Projektionsdaten (2021-2050 und 2071-2100) - die Projektionsdaten stellen die absolute Veränderung der Kenntage zur Zeitspanne 1971-2000 dar - Projektionsdaten für unterschiedliche Emissionsszenarien und Perzentile

Verweis auf Faktenblätter

Faktenblatt Dürre

- Durch die hohen Temperaturen und einer damit einhergehenden hohen Verdunstungsrate wird die Entstehung von Trockenheit und Dürre begünstigt

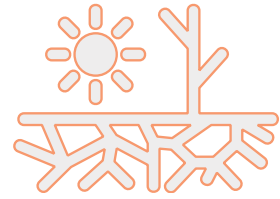
Faktenblatt Starkregen

- Hitze begünstigt die Entstehung konvektiver Wetterereignisse und somit auch von Starkregenereignissen

4.2 Faktenblatt

DÜRRE in NRW

Trocken- und Dürreperioden werden in Zukunft häufiger und spürbarer auftreten



Definition



Dürre beschreibt einen Mangel an Wasser, der durch eine Abnahme des Niederschlages und/oder einer höheren Verdunstung durch steigende Temperaturen entsteht (vgl. DWD 2020a)

- Abgrenzung von Dürre zu Trockenheit: nicht immer trennscharf, jedoch beschreibt Trockenheit grundsätzlich eine Vorstufe einer Dürre (vgl. UFZ 2020)
- Es gibt unterschiedliche Bezeichnungen von einer Dürre, die sich nach der Dauer, Intensität und somit Auswirkung einer Dürre unterscheiden (weitere Informationen: DWD Wetterlexikon)
- Dürre sollte insbesondere durch den Standardized Precipitation Index (SPI) beschrieben werden, da die Verdunstungsmengen oft nicht temperatur-, sondern wasserbasiert sind
- Landwirtschaftliche Dürre wird anhand des Bodenfeuchte-Index SMI gemessen (weitere Informationen: UFZ 2020)
- Die Erkenntnisse zum Thema Dürre und der Umgang mit diesem Thema sind bislang deutlich weniger wissenschaftlich fundiert als andere Klimasignale. Die Relevanz von Dürre und zugehöriger Forschungen nehmen in den letzten Jahren allerdings deutlich zu

Vergangene Ausprägung



Der globale Temperaturanstieg und das veränderte Niederschlagsregime mit weniger Wasser im Sommer führte in den letzten Jahren zu einer Verstärkung von Dürre in Deutschland und auch NRW:

- Dokumentation der deutschlandweiten Dürreentwicklung durch den UFZ Dürremonitor seit 2014: Eine Verstärkung von Dürre ist deutschlandweit zu erkennen, NRW ist im Vergleich zu anderen Bundesländern bisher weniger stark betroffen (vgl. UFZ 2020)
- In NRW fällt zur Zeit zu wenig Niederschlag. Dies führt zu trockenen Böden und niedrigen Grundwasserständen (vgl. LANUV 2020)
- "In 2018 wurde lediglich ein Jahresniederschlag von nur knapp 620 Millimeter gemessen, ein Niederschlagsdefizit von 230 Millimetern im Verhältnis zum langjährigen Mittel der Periode 1961 bis 1990, das über das Jahr 2019 unverändert bestehen blieb. Dem

außergewöhnlich regenreichen Februar 2020 folgte direkt eine lange niederschlagsarme Zeit bis in den Juni, so dass sich die Situation derzeit weiterhin verschärft." (ebd.)

- Auftrittswahrscheinlichkeit von milder Dürre alle drei bis vier Jahre mit einem geringfügig eingeschränkten Pflanzenwachstum sowie einem erhöhten Waldbrandrisiko bis zu einer exzeptionellen Dürre, die seltener als 43 Jahre auftritt und zu großflächigen Ernteausfällen, einer hohen Feuergefahr und einer Erschöpfung der Wasservorräte führt (vgl. LWF 2011: 19f.).

Zukünftige Ausprägung



Die Analyse der zukünftigen Dürreentwicklung stellt sich durch die verschiedenen Definitionen von Dürre und das Fehlen langfristiger Beobachtungsdaten als komplex dar (Field et al. 2014: 1275–1276):

- Die globale Erderwärmung wird das Problem der agrarischen Dürre ver-

schärfen; Dürren werden länger dauern und mehr Menschen betreffen (vgl. Thober et al. 2018: 7)

- "Bei einer globalen Erwärmung von 3°C steigt diese Zahl bundesweit um über 50 %" (ebd.)
- Für das Jahr 2020 wird eine erneute Dürre erwartet

Sensitivität des Raumes



Die folgende Darstellung der betroffenen Themenfelder stellte eine priorisierte Vorauswahl in Anlehnung an die DAS Handlungsfelder und die UBA Wirkungsketten dar:

- **Boden:** Die Beschaffenheit des Bodens ist ein grundlegender Faktor, der einen Wassermangel verstärken kann. Standorte mit sandigen Böden sind stärker betroffen als Standorte mit Böden, die Wasser gut speichern können (vgl. Thober et al. 2018: 9)
- **Landwirtschaft:** Reduziert die Pflanzenproduktivität und stellt somit eine Betroffenheit der landwirtschaftlichen Erträge dar (vgl. ebd.)
- **Forstwirtschaft:** Austrocknen und Absterben der Bäume und erhöhtes Waldbrandrisiko
- **Finanz- und Versicherungswirtschaft:** Zwischen 1990 -2013 lag der jährliche Schadensaufwand bei 511 Mio €, 54% der Ernteschäden sind auf Trockenheit zurückzuführen (vgl. GDV o.J.)
- **Bauwesen:** Die Bewässerung von öffentlichen als auch privaten Grün- und Freiflächen als auch die Planung einzelner Bauvorhaben sind betroffen

Weitere Betroffenheiten: Biologische Vielfalt, Energiewirtschaft, Hochwasser- und Küstenschutz, Industrie und Gewerbe, menschliche Gesundheit, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Wasser

Planerische Relevanz



Die planerische Relevanz ist hoch!

- Auf der Ebene der Regionalplanung ist die Trinkwasser- und Wasserwirtschaft als auch die Land- und Forstwirtschaft als Fachplanungen betroffen
- Auf der Ebene der Landkreise spielt

Dürre für die Landschaftsplanung eine bedeutende Rolle und sollte dort Beachtung finden

- Auf der Ebene der kommunalen Planung ist Dürre bei der Gestaltung und Unterhaltung öffentlicher Grünflächen als auch bei der Planung von Flächen und einzelner Objekte zu berücksichtigen
- Die Flächennutzung, Flächenversiegelung und die Auswahl von Pflanzen haben u.a. einen Einfluss auf die Anpassungskapazität des Raumes auf Dürre

Datenverfügbarkeit



Der Datenbestand bzw. die Benennung von Indikatoren kann zum jetzigen Zeitpunkt des Projekts noch nicht abschließend dokumentiert werden.

Relevante Kenngrößen:

- Insbesondere Daten aus dem Fachinformationssystem des LANUV zum Thema Dürre: SPI, UFZ Dürremonitor, Dürreempfindlichkeit von Waldflächen
- Zusätzlich: Pflanzenverfügbares Bodenwasser, Daten zur Evapotranspiration, Niederschlagssummen, Kenntage ohne Niederschlag (Anzahl der Trockentage)

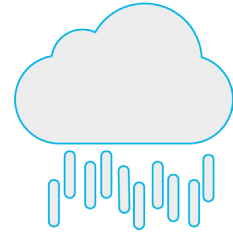
Verweis auf Faktenblätter

Faktenblatt Starkregen

- Dürren können ein Starkregenereignis verstärken, da ein trockener Boden Wasser nicht schnell aufnehmen kann. Bei starken Winden knicken ausgetrocknete Bäume außerdem schneller um

4.3 Faktenblatt

STARKREGEN in NRW



Starkregenereignisse werden in Zukunft
wahrscheinlich häufiger und intensiver auftreten

Definition



Starkregen beschreibt ein konvektives Wetterereignis mit Niederschlagssummen, die im Verhältnis zu ihrer Dauer eine hohe Intensität aufweisen (vgl. DWD 2020a)

- Unterscheidung zwischen kurzen und kaum vorhersehbaren Starkregenereignissen (z.B. 60 Minuten) mit großen Schäden auf der einen Seite und lang anhaltenden Starkregen (z.B. 24 Stunden) mit vergleichsweise geringen Schäden und einer besseren räumlichen Vorhersehbarkeit (z.B. Mittelgebirge) auf der anderen Seite (vgl. Becker 2019)
- Eine entscheidende Größe stellt der Starkregenabfluss dar, welcher hauptsächlich durch die regionale und lokale topografische Situation und anderer nicht-klimatischer Faktoren wie der Versiegelung bestimmt ist

Vergangene Ausprägung



Der Anstieg von Starkregenereignissen in NRW ist signifikant

- Die Auswertung zeigt für NRW seit 1961 einen signifikanten Anstieg von Starkregenereignissen der Dauerstufe von 60 Minuten (vgl. LANUV 2018)
- Beispiele für die Häufigkeit von Starkregenereignissen in NRW: Orkan Kyrill Januar 2007, Ela Juni 2014, Tief Quintia in Münster August 2014 (vgl. LANUV 2017: 5)

deckend vorliegenden Radardaten deuten regional auf eine Zunahme von Starkniederschlägen kurzer Dauer hin. Jedoch sind diese Ergebnisse aufgrund der geringen Länge der Zeitreihen aus klimatologischer Sicht nicht aussagekräftig und können durch kurz- und mittelfristige Variationen bedingt sein" (DWD 2016b)

- Die extremen Starkniederschläge in NRW mit mehr als 70 mm pro Tag variieren je nach Modell für die nahe als auch ferne Zukunft: von leicht abnehmend (-10 %) bis deutlich steigend (+40 %) (vgl. LANUV 2010)

Zukünftige Ausprägung



Eine Prognose der räumlichen Verteilung und Intensität von Niederschlägen ist mit den jetzigen regionalen Klimamodellen nicht genau möglich, jedoch ist mit einer Zunahme zu rechnen:

- Aufgrund der steigenden Lufttemperatur und der steigenden Anzahl an Sommertagen und heißen Tagen steigt das Potential für höhere Niederschlagsmengen und somit auch Starkregen (vgl. DWD 2016b)
- "Analysen der seit 15 Jahren flächen-

Sensitivität des Raumes



Die folgende Darstellung der betroffenen Themenfelder stellt eine priorisierte Vorauswahl in Anlehnung an die DAS Handlungsfelder und die UBA Wirkungsketten dar:

- Bauwesen / Verkehr- und Verkehrsinfrastruktur: Betroffen sind insbesondere die bauliche Struktur und Substanz und wichtige Infrastruktur-

einrichtungen (technisch, verkehrlich und sozial). Dabei sind insbesondere die Kaskadeneffekte, also die nachfolgenden Auswirkungen, von großer Bedeutung, die sich die Funktionsfähigkeit von Infrastrukturen häufig gegenseitig bedingen

- Land- und Forstwirtschaft : Starkregen führt zu Erosion und stellt somit eine Betroffenheit dieser Flächen dar, jedoch können land- und forstwirtschaftliche Flächen auch als Rückhalteräume für große Wassermengen dienen
- Hochwasserschutz: Starkregen oder lang anhaltender Regen können zu Flusshochwasser führen

Weitere Betroffenheit: Biologische Vielfalt, Boden, Energiewirtschaft, Finanz- und Versicherungswirtschaft, Industrie und Gewerbe, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Menschliche Gesundheit

lichkeiten des Auftretens (1a bis 100a)

- Zur Abbildung der derzeitigen Ausprägung von Starkregenereignissen wird in der Praxis i.d.R. die Dauerstufe 60 Minuten eines 100-jährlichen Ereignisses verwendet
- Zur Abbildung der zukünftigen Ausprägung des Klimasignals gibt es in der Praxis kein einheitliches Vorgehen (ohne Aufschlag bis hin zu 100%igen Klimawandel-Aufschlag)

Geobasisdaten NRW - Höhendaten

- Daten werden zur Durchführung von Starkregen-Abflussmodellierungen benötigt (Ergebnis sind je nach Modellierungsverfahren Rasterdaten mit Überflutungshöhen und Fließgeschwindigkeiten nach verschiedenen Zeitspannen)
- Bezug: frei verfügbar; Format: geografische Rasterdaten
- Rastergröße: 1m

Planerische Relevanz



Die planerische Relevanz ist hoch!

- Kommunale Daseinsvorsorge, Gefahrenabwehr auf der kommunalen Ebene
- Da konvektive Starkregenereignisse "immer und überall" auftreten können, muss der Raum auch überall auf ein solches Extremereignis und dementsprechend einem möglichst kontrollierten Starkregenabfluss vorbereitet werden
- Die Planung kann keinen direkten Einfluss auf den Starkregen nehmen, jedoch kann der Starkregenabfluss beeinflusst und somit die Schäden minimiert werden

Verweis auf Faktenblätter

Faktenblätter Flusshochwasser

- Starkregen oder lang anhaltender Regen kann zu Flusshochwasser führen

Datenverfügbarkeit

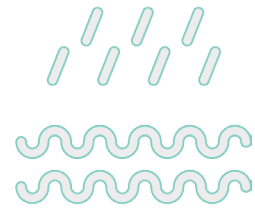


DWD - KOSTRA-Daten

- Bezug: frei verfügbar; Format: Geodaten / Shape-Files
- Gleichförmige Rasterzellen mit einer Rastergröße von ca. 8 km
- Modellerte Niederschlagshöhen für Starkregenereignisse verschiedener Dauerstufen (5min bis 72h) und verschiedener statistischer Wahrschein-

4.4 Faktenblatt

FLUSSHOCH- WASSER in NRW



Eine Zunahme von Flusshochwasserereignissen ist nicht signifikant nachweisbar.

Definition



Hochwasser beschreibt eine zeitlich begrenzte Überschwemmung von Land, welches normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Dies geschieht vor allem durch oberirdische Gewässer oder durch eindringendes Meerwasser in Küstengebieten (vgl. § 72 WHG)

- Entstehung von Hochwasser insbesondere durch großflächigen ergiebigen Niederschlag, der Vorfeuchte im Boden und dem Schneespeicher (vgl. Thober et al. 2018: 13)
- Die Abflussmenge stellt eine statistische Größe des Wasserhaushalts von Fließgewässern dar. Häufig wird in diesem Zusammenhang der mittlere Abfluss (MQ) betrachtet
- Zur Einordnung von Hochwasserabflüssen werden Hochwasserwahrscheinlichkeiten (Wiederkehrintervalle) angegeben. Beispiel HQ100: tritt statistisch alle 100 Jahre auf
- Das gegenteilige Ereignis von Flusshochwasser ist Flussniedrigwasser: Abflüsse, die deutlich unter dem mittleren Abflussniveau liegen und durch Niederschlagsmangel und einer hohen Verdunstung im Sommer entstehen (vgl. KLIWA 2020b)

Vergangene Ausprägung



In NRW ist eine Zunahme von Flusshochwasser-Ereignissen nicht signifikant:

- Bei den mittleren Hochwasserabflüssen und auch extremen Hochwasserabflüssen ist eine signifikante Veränderung durch den Klimawandel in Deutschland und somit auch NRW zum jetzigen Zeitpunkt nicht eindeutig nachweisbar (vgl. LANUV 2010: 50f.)
- Zeitraum von 1951-2001: In Deutschland konnte für die Mehrheit aller Pegel (zwischen 71 und 97%) kein signifikanter Trend festgestellt werden (vgl. Brasseur et al. 2017: 89)
- Zeitraum von 1951-2001: Jahreshöchstabflüsse weisen für die Mehrzahl der Pegel eine leicht ansteigende Tendenz für das Winterhalbjahr auf, jedoch betrifft dies nur selten die Scheitel eines HQ100. Daher ist keine fundierte Aussage zur Entwicklung von

gravierenden Hochwasserereignissen möglich (vgl. LANUV 2010: 50f.)

- Nachgewiesene Veränderungen bei den mittleren Abflüssen und auch extremen Hochwasserabflüssen am Rhein resultieren vor allem aus dem Ausbau des Oberrheins und dem Bau von Retentionsräumen an Ober- und Niederrhein (LANUV 2010: 50f.)

Zukünftige Ausprägung



Die aktuell verfügbaren Datenanalysen von Hochwasser-Zeitreihen sowie prozessbasierten Modellierungen haben aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit sowie der vernachlässigten Komplexität meist nur eingeschränkte Aussagekraft:

- Nur rund die Hälfte aller Modellsimulationen zeigen statistisch verlässliche Änderungen (vgl. Thober et al. 2018: 14)
- In den Sommer- als Wintermonaten ist

mit einer Zunahme der jährlichen Maxima zu rechnen (vgl. ebd: 13)

- "Sollte die Erderwärmung 1,5°C nicht übersteigen, dann liegen die relativen Änderungen in den meisten Gebieten unterhalb von 10%" (ebd: 13f)
- Das Modell LISFLOOD modelliert Ensembles für die zukünftige Entwicklung von Flusshochwasser anhand der drei Parametern Niederschlag, Verdunstungsrate und Temperatur. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass für die nahe Zukunft ein HQ100 durch die Ausprägung eines HQextrem abgebildet werden kann (vgl. Burek et al. 2013: 5)

Sensitivität des Raumes



Die folgende Darstellung der betroffenen Themenfelder stellte eine priorisierte Vorauswahl in Anlehnung an die DAS Handlungsfelder und die UBA Wirkungsketten dar:

- Wasser, Hochwasserschutz: Die Betroffenheit dieses Handlungsfelder ergibt sich aus dem Ereignis an sich
- Bauwesen / Verkehr- und Verkehrsinfrastruktur: Betroffen ist insbesondere die bauliche Struktur und Substanz, die in Überschwemmungsgebieten oder gefährdeten / deichgeschützten Bereichen liegt
- Menschliche Gesundheit: Die menschliche Gesundheit ist insbesondere bei starken Ereignissen betroffen
- Finanz- und Versicherungswirtschaft: Gehört in Deutschland zu den Naturkatastrophen mit den höchsten wirtschaftlichen Schäden, bei verhältnismäßig geringer räumlicher und zeitlicher Ausdehnung der Ereignisse (vgl. Thober et al. 2018: 13)

Weitere Betroffenheiten: Boden, Fischerei, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft, Tourismus

Planerische Relevanz



Die planerische Relevanz ist hoch!

- Die Schutzmaßnahmen gegen Überschwemmungen durch Flusshochwasser finden zwar auf örtlicher Ebene statt, müssen jedoch hinsichtlich ihrer Auswirkung regional und bei großen Flusseinzugsgebieten auch über nationale Grenzen hinaus betrachtet werden
- Grund dafür ist die Ober- und Unterliegerproblematik, da Schutzmaßnahmen als auch städtebauliche Entwicklungen eine Überschwemmung an flussabwärts liegenden Orten schwächen oder verstärken können
- Da die umliegende Topografie einen zentralen Faktor für das Schadensausmaß darstellt, können gefährdete Räume gut identifiziert und mit Hilfe der Planung baulich angepasst bzw. geschützt werden
- Viele Schutzeinrichtungen sind auf ein heutiges HQ100 ausgerichtet, gegen stärker ausgeprägte Ereignisse sind viele gefährdete Bereiche häufig nicht ausreichend geschützt

Datenverfügbarkeit



Hochwassergefahrenkarten NRW - MULNV NRW

- Bezug: frei verfügbar; Format: geografische Rasterdaten
- Rastergröße: 2m
- Überflutungshöhen und Fließgeschwindigkeiten verschiedener bemessener Hochwasserereignisse
- Überflutungsbereiche und gefährdete Bereiche (deichgeschützte Bereiche)
- Zur Abbildung der derzeitigen Ausprägung werden i.d.R. die Daten des HQ100 verwendet
- Aufgrund der starken Unsicherheiten bzgl. der zukünftigen Ausprägung von Hochwasserereignissen sollte ein "Worst-Case-Szenario", also die Daten des HQextrem verwendet werden

4.5 Übersicht über vergangene Extremwetterereignisse

Die genannten Ereignisse stellen lediglich eine beispielhafte Auflistung dar und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Hitze

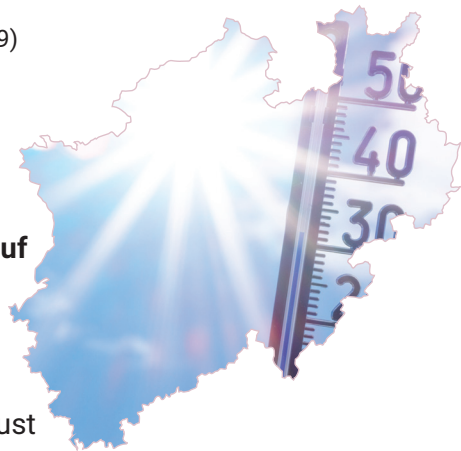


2020 - Heißer August in Deutschland - auch Tropennächte in NRW (Giustolosi 2020)

- Höchsttemperatur: 37,4°C in Weilerswist, 31. Juli 2020 (LANUV 2020a)
- Nachttemperatur: 25,1°C in Gevelsberg am 21. August 2020
- Köln - Heiße Tage: 17; Sommertage: 43; Tropennächte: 27 (ebd.)
- Warstein - Heiße Tage: 5; Sommertage: 24; Tropennächte: 8 (ebd.)
- Hitzewelle: 07. - 20. August 2020 (ebd.)

2019 - Auch in NRW neue Hitzerekorde (Land NRW 2019)

- Höchsttemperatur: 41,2°C in Tönisvorst, Kreis Viersen am 24. - 26. Juli 2019 (LANUV 2020a)
- Heiße Tage: 17; Sommertage: 49 (LANUV 2020b)
- Hitzewelle: 24. - 26. Juli 2019 (Wetteronline 2019)



2018 - Hitzewelle in NRW: Anzahl der Sommertage auf Rekordkurs (WA 2018)

- Höchsttemperatur: 38,7°C in Sankt Augustin am 07. August 2018 (WDR 2018)
- Heiße Tage: 20,4; Sommertage: 76 (LANUV 2020b)
- Hitzewelle (deutschlandweit): 24. Juli bis 09. August 2018 (Mühr et al. 2018)

2003 - Der Jahrhundertssommer - Hitzewellen über NRW (WDR 2020a)

- Höchsttemperatur: 40,1°C in Euskirchen am 12. August 2003 (WDR 2020a)
- Heiße Tage: 16; Sommertage: 51 (LANUV 2020b)

Dürre



2018 & 2019 - Aufgrund eines anhaltenden Niederschlagsdefizites und hohen Temperaturen lag eine Dürre vor (LANUV 2020a)

- Zunehmende Bodentrockenheit
- Wassermangel im durchwurzelten Boden führte zu zu wenig Wasser für das Pflanzenwachstum
- Auswirkungen auf die Landwirtschaft mit Ernteausfällen und die Forstwirtschaft mit Baumschäden (ebd.)

2003 - Der Sommer war nicht nur extrem heiß, sondern auch extrem trocken (Wetteronline 2013)

- Getreide verdorrte auf den Feldern, Bäume warfen ihr Laub ab, kleinere Flüsse und sogar einige Stauseen trockneten komplett aus (ebd.)

Starkregen



2020 - Heftige Unwetter im August (WDR 2020b)

- Kreis Warendorf: 86,5 l/qm
- Warburg, Kreis Höxter: 53 l/qm innerhalb einer Stunde (WDR 2020b)
- Dortmund: bis zu 40 l/qm (Bender 2020)

2016 - Starkregen sorgte besonders am Niederrhein für Probleme (Gies 2016)

- Unwetterserie im Mai und Juni mit den Tiefs „Elvira“, „Friederike“ und „Lea“ (Sand-gathe & Martella 2016)

2014 - Extremregen in Münster

(Sävert & Laps 2014a)

- Münster, August: innerhalb weniger Stunden traten lokale Regenmengen von insgesamt über 290 l/qm auf – davon 220 l/qm innerhalb von 1,5 Stunden (MKULNV 2018: 8)



2008 - Extremes Unwetter über Teilen der Stadt Dortmund (Wagner & Laps 2008)

- Dortmund, Juli: innerhalb von 4 Stunden traten lokal Regenmengen von rund 203 l/qm auf, davon 119 l/qm innerhalb einer Stunde (ebd.)

Flusshochwasser



2018 - Rheinhochwasser im Januar

- Pegelstand Düsseldorf: 8 - 8,5 m (RP Online 2018)
- Pegelstand Köln: 8,78 m (Kölnische Rundschau 2018)

1995 - Rheinhochwasser im Januar/Februar

- Pegelstand Köln: 10,64 m (BfG 1996)
- Gesamtschaden im deutschen Rheineinzugsgebiet: 550 Mio. DM, davon alleine in der Stadt Köln rund 65 Mio. DM
- 5 Todesopfer (Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 1999)

1993 - Rheinhochwasser im Dezember

- Pegelstand Bonn: 10,13 m (Wetteronline)
- Pegelstand Köln: 10,63 m (WDR 2013)
- Gesamtschaden: rund 1 Milliarde DM
- Mehrere Todesopfer (Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 1999)



Literaturverzeichnis Kapitel 4

Faktenblatt Hitze

Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela; Schuck-Zöller, Susanne 2017: Klimawandel in Deutschland. Entwicklungen, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer. DWD 2020a: Das Wetterlexikon des DWD erläutert die wichtigsten meteorologischen Begriffe und wird ständig ausgebaut. Abgerufen von <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=10007> (zugegriffen am 31.03.2020)

DWD 2020b: Daten des Climate Data Center. Abgerufen von https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html (zugegriffen am 27.05.2020)

Hübener, Heike; Spekat, Arne; Bülow, Katharina; Früh, Barbara; Keuler, Klaus; Menz, Christoph; Radtke, Kai; Ramthun, Hans; Rathmann, Torsten; Steger, Christian; Toussaint, Frank; Warrach-Sagi, Kirsten 2017: ReKliEs-De Nutzerhandbuch. Abgerufen von <http://reklies.hlnug.de/fileadmin/tmp/reklies/dokumente/ReKliEs-De-Nutzerhandbuch.pdf> (zugegriffen am 27.05.2020)

LANUV 2017: Auswirkungen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen. Klimafolgenmonitoring 2016, LANUV-Info 38. Recklinghausen

LANUV 2018a: Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen: LANUV-Fachbericht 86. Recklinghausen

LANUV 2019: Daten und Fakten zum Klimawandel. Abgerufen von https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klima/uploads/LANUV_Klima_Datenblatt_01_NRW_WEB_StandSep19.pdf (zugegriffen am 28.05.2020)

LANUV 2020a: Klimafolgenmonitoring. Abgerufen von <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/> (zugegriffen am 02.04.2020)

LANUV 2020b: Klimaatlas NRW. Abgerufen von <https://www.klimaatlas.nrw.de/> (zugegriffen am 27.05.2020)

LANUV 2020c: FIS Klimaanpassung NRW. Abgerufen von <https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen> (zugegriffen am 27.05.2020)

Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg. Abgerufen von <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/startseite> (zugegriffen am 27.05.2020)

Umweltbundesamt 2016: Klimawirkungsketten. Abgerufen von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/klimawirkungsketten_umweltbundesamt_2016.pdf (zugegriffen am 27.05.2020)

Faktenblatt Dürre

DWD 2020a: Das Wetterlexikon des DWD erläutert die wichtigsten meteorologischen Begriffe und wird ständig ausgebaut. Abgerufen von <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=10007> (zugegriffen am 31.03.2020)

Field, Christopher B.; Barros, Vicente R.; Dokken, David (Hg.) 2014: Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York NY: Cambridge University Press

GDV o.J.: Ernteschäden durch Extremwetter. Schadenaufwand durch verschiedene Wetterextreme 1990 – 2013 in Deutschland. Abgerufen von <https://www.gdv.de/resource/blob/21616/b5c5dee573d32bc27224b002b22fb39b/-639359943-data.pdf> (zugegriffen am 22.05.2020)

LANUV 2020: Dürre in NRW: Niederschlagsdefizite der vergangenen Jahre haben erhebliche Folgen. Abgerufen von <https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/pressemitteilungen/details/2386-duerre-in-nrw-niederschlagsdefizite-der-vergangenen-jahre-haben-erhebliche-folgen-lanuv-praesentiert-neue-informationsangebote-zur-trockenheit-in-nordrhein-westfalen> (zugegriffen am 20.10.2020)

LWF 2011: Forschungsverbund FORKAST Ökosystem im Wandel. 18. Jahrgang. Abgerufen von <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/forkast-oekosysteme-im-klimawandel-a85.pdf> (zugegriffen am 22.05.2020)

Thober, Stephan; Marx, Andreas; Boeing, Friedrich 2018: Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland: Ergebnisse aus dem Projekt HOKLIM: Hochaufgelöste Klimaindikatoren bei einer Erderwärmung von 1.5 Grad. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

UFZ 2020: Dürremonitor Deutschland. Abgerufen von <https://www.ufz.de/index.php?de=37937> (zugegriffen am 27.05.2020)

Faktenblatt Starkregen

Becker, Dr. Andreas 2019: Starkregen in Deutschland Trifft es einzelne Regionen besonders? Worauf müssen wir uns im Zuge des Klimawandels einstellen? Vortrag am 25. November 2019. Berlin

DWD 2016b: Starkniederschläge in Deutschland. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland, 4 Seiten. Abgerufen von https://www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimateport/download_einleger_report_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (zugegriffen am 27.05.2020)

DWD 2020a: Das Wetterlexikon des DWD erläutert die wichtigsten meteorologischen Begriffe und wird ständig ausgebaut. Abgerufen von <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=10007> (zugegriffen am 31.03.2020)

LANUV 2010: Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW (ExUS) - Veränderung in Dauer, Intensität und Raum auf Basis beobachteter Ergebnisse und Auswirkungen auf die Eintretenswahrscheinlichkeit. Abschlussbericht. Recklinghausen. Abgerufen von https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klima/pdf/ExUS_Bericht_1a.pdf (zugegriffen am 27.05.2020)

LANUV 2018: Auswirkungen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen. Klimafolgenmonitoring. Niederschlagsextreme. Abgerufen von

<https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?indikator=5&aufzu=1&mode=indi>
(zugegriffen am 20.10.2020)

Faktenblatt Flusshochwasser

Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela; Schuck-Zöller, Susanne 2017: Klimawandel in Deutschland. Entwicklungen, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer.

Burek, Peter; Van der Knijff, Johan, de Roo, Ad 2013: LISFLOOD. Distributed Water Balance and Flood Simulation Model. Abgerufen von https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC78917/lisflood_2013_online.pdf (zugegriffen am 22.05.2020)

KLIWA 2020b: Niedrigwasser. Abgerufen von <https://www.kliwa.de/hydrologie-niedrigwasser.htm> (zugegriffen am 22.05.2020)

LANUV 2010: Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Daten und Hintergründe. Fachbericht 27. Recklinghausen. Abgerufen von https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30027.pdf (zugegriffen am 01.04.2020)

Thober, Stephan; Marx, Andreas; Boeing, Friedrich 2018: Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland: Ergebnisse aus dem Projekt HOKLIM: Hochaufgelöste Klimaindikatoren bei einer Erderwärmung von 1.5 Grad. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Wasserhaushaltsgesetz in der Fassung vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254)

Vergangene Extremwetterereignisse

Bender, Lisa 2020: Unwetter in Dortmund sorgen für Überflutungen und Chaos: Feuerwehr mit dramatischer Rettung. Abgerufen von <https://www.ruhr24.de/dortmund/dortmund-huckarde-unwetter-gewitter-unter-wasser-chaos-feuerwehr-bilder-regen-ueberflutung-13860547.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

BfG 1996: Das Januarhochwasser 1995 im Rheingebiet. BfG-Mitteilung Nr. 10. Koblenz

Gies, Gabi 2016: Starkregen sorgte 2016 am Niederrhein für Probleme. Abgerufen von <https://www.nrz.de/staedte/moers-und-umland/starkregen-sorgte-2016-am-niederrhein-fuer-probleme-id208913551.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

Giustolosi, Daniele 2020: Tropennächte in NRW: So belastend ist die Hitze in der Nacht für die Gesundheit. Abgerufen von <https://www.ruhr24.de/service/hitze-nrw-2020-wetter-deutschland-tropennaechte-2020-dwd-definition-gesundheit-umweltbundesamt-13855401.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

Kölnische Rundschau 2018: Hochwasser 2018 in Köln. Abgerufen von <https://www.rundschau-online.de/region/koeln/bilder-hochwasser-2018-in-koeln-29454174?originalReferrer=https://www.google.com/> (zugegriffen am 16.11.2020)

Land NRW 2019: Hitzerekord in Nordrhein-Westfalen. Abgerufen von <https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/erwarteter-hitzerekord-nordrhein-westfalen> (zugegriffen am 16.11.2020)

LANUV 2020a: Aktuelle Einordnung der Witterung in NRW. Abgerufen von <https://www.klimaatlas.nrw.de/Witterungsverlauf> (zugegriffen am 16.11.2020)

LANUV 2020b: 1.04 - Temperaturkennttage warm. Abgerufen von <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?indikator=3&aufzu=1&mode=indi> (zugegriffen am 16.11.2020)

MKULNV 2018: Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement. Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW. Abgerufen von https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/arbeitshilfe_kommunales_starkregenrisikomanagement_2018.pdf (zugegriffen am 16.11.2020)

Mühr, Bernhard; Kubisch, Susanne; Marx, Andreas; Stötzer, Johanna; Wisotzky, Christina; Lat, Christian; Siegmann, Fabian; Glattfelder, Maren; Mohr, Susanne; Kunz, Michael 2018: CEDIM Forensic Disaster Analysis Group (FDA). Dürre & Hitzewelle Sommer 2018 (Deutschland). Abgerufen von https://www.cedim.kit.edu/download/FDA_Duerre_Hitzewelle_Deutschland_report1_final.pdf (zugegriffen am 16.11.2020)

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 1999: Naturkatastrophen in Deutschland. Schadenerfahrungen und Schadenpotentiale.

RP online 2018: So hoch steht der Rhein in Düsseldorf. Abgerufen von https://rp-online.de/nrw/staedte/duesseldorf/hochwasser-2018-so-hoch-steht-der-rhein-in-duesseldorf-am-7-januar_bid-17629975#1 (zugegriffen am 16.11.2020)

Sävert, Thomas; Laps, Stefan 2014a: Unwetterlage Deutschland Ende Juli 2014. Extremregen in Münster. Abgerufen von <http://www.unwetterzentrale.de/uwz/958.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

WA 2018: Hitzewelle in NRW: Zahl der Sommertage auf Rekordkurs. Abgerufen von <https://www.wa.de/nordrhein-westfalen/hitzewelle-nrw-zahl-sommertage-rekordkurs-10138839.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

Wagner, Andreas; Laps, Stefan 2008: Extremes Unwetter über Teilen der Stadt Dortmund (26.07.2008). Abgerufen von <http://www.unwetterzentrale.de/uwz/393.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

WDR 2013: Hochwasserchronik für Köln. Fast alle Jahre wieder. Abgerufen von <https://www1.wdr.de/archiv/rheinpegel-104.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

WDR 2018: Neuer Hitzerekord für diesen Sommer in NRW. Abgerufen von <https://www1.wdr.de/nachrichten/hitze-bilanz-nrw-100.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

WDR 2020a: Der Jahrhundertssummer. Hitzewelle über NRW. Abgerufen von <https://www1.wdr.de/fernsehen/heimatflimmern/sendungen/jahrhundertsommer-nrw-100.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

WDR 2020b. Heftige Unwetter in NRW. Abgerufen von <https://www1.wdr.de/nachrichten/gewitter-unwetter-nrw-100.html> (zugegriffen am 16.11.2020)

wetteronline: Weihnachtshochwasser am Rhein. Evakuierungen und Sachschäden.

Abgerufen von

<https://www.wetteronline.de/extremwetter/weihnachtshochwasser-am-rhein-evakuierungen-und-sachschaeden-1993-12-24-wh> (zugegriffen am 16.11.2020)

wetteronline 2013: Unwetter im Rückblick. Abgerufen von

<https://www.wetteronline.de/extremwetter/vor-zehn-jahren-40-grad-heiss-rueckblick-hitze-so-mmer-2003-2013-08-09-ex> (zugegriffen am 16.11.2020)

wetteronline 2019: Wetterrückblick. Abgerufen von

<https://www.wetteronline.de/wetterrueckblick/rueckblick-juli-2019-rekordhitze-und-trockenheit-2019-07-31-jr> (zugegriffen am 16.11.2020)

5 Fazit und Zusammenfassung

Die gegenwärtige als auch zukünftige Ausprägung des Klimas als auch die sozioökonomischen Strukturen sind divers und müssen auch innerhalb von NRW als solches betrachtet werden. Der vorliegende Bericht zeigt diese Diversität und Komplexität klimatischer Veränderungen und den daraus resultierenden Auswirkungen auf den Raum. Dabei übernimmt der Bericht eine Lotsenfunktion für Akteure und Akteurinnen in der Planung. Die Zusammenfassung des Klimawandels in NRW und seinen Auswirkungen auf den Raum bildet eine übersichtliche Informationssammlung für Aktivitäten im Rahmen des Forschungsprojekts Evolving Regions und soll auch darüber hinaus Anwendung finden.

Eine Abgrenzung von Begriffen und ein Verständnis der Zusammenhänge stellt dabei eine wichtige Grundlage dar. Darüber hinaus bietet die Strukturierung der umfangreichen und zahlreichen Literatur die Möglichkeit bei gewünschten Themen weiter in die Tiefe zu gehen. Die Einordnung von NRW in einen globalen Kontext schärft den Blick für den globalen Klimawandel und seiner Bedeutung für NRW. Die Faktenblätter zu den Themen Hitze, Dürre, Starkregen und Flusshochwasser stellen eine kompakte Wissensgrundlage für die weitere Auseinandersetzung mit klimatischen Einflüssen in der Planung dar und schaffen eine Verbindung zu den Klimawirkungsanalysen und Roadmap Prozessen für die beteiligten Kreise im Rahmen des Forschungsprojekts Evolving Regions.