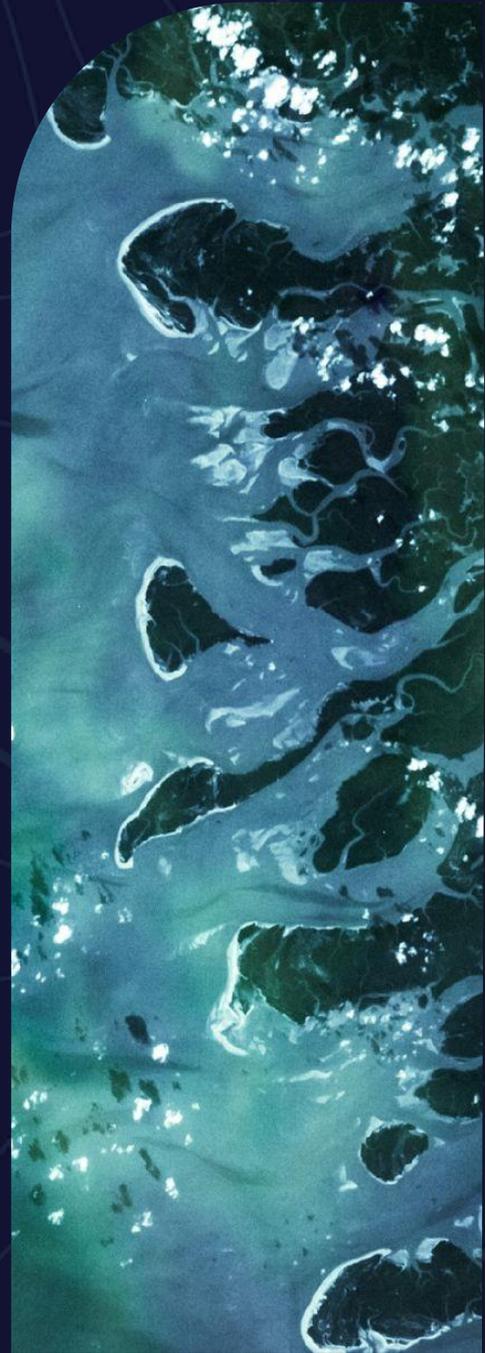


Scoping-Studie für die Einzugsgebiete von Vechte, Berkel und Issel

Projektteam, 5 July 2024



Colofon

Kunde	JCAR ATRACE
Kontaktperson	K.Slager
Referenzen	[Verweis(e)]
Schlüsselwörter	Vechte, Berkel, Issel, Delta - Rhein Ost, Klimaextreme, Wissenslücken, Hochwasser, Dürre

Daten dokumentieren

Version	1
Datum	5 juli 2024
Projektnummer	[Projektnummer]
Dokument-ID	[Dokument-ID]
Seiten	204
Klassifizierung	Keine
Status	Final

Autor(en)

Diese Tabelle dient der Überprüfung der korrekten Ausführung des Auftrags durch Deltares. Eine anderweitige Nutzung durch den Kunden oder eine externe Weitergabe ist nicht gestattet.

Version	Autor	Siehe	Genehmigt
0.1	A.Klein M.van der Vat	F.Diermanse	
0.9	A.Klein M.van der Vat	F.Diermanse	D.Morales Irato
1.0	A.Klein M.van der Vat	K. Slager	Wissenschaftlicher Programmrat

Dieser Bericht ist eine gemeinsame Arbeit von Forschern aus vier verschiedenen internationalen Wissensinstituten aus Deutschland und den Niederlanden.

Mit Beiträgen von:

Evelyn Lukat (Universität Osnabrück)
Pia Mueller (Universität Osnabrück)
Eva-Lotte Schriewer (RWTH Aachen)
Jens Reinert (RWTH Aachen)
Elena Klopries (RWTH Aachen)
Vasileos Kitsikoudis (Universität Twente)
Joanne Vinke-de Kruijf (Universität Twente)
Kris Lulofs (Universität Twente)
Maarten Krol (Universität Twente)
Martijn Booij (Universität von Twente)
Paul Vermunt (Universität Twente)
Bastian van den Bout (Universität Twente)
Denie Augustijn (Universität Twente)
Lieke Meijer (Deltares)
Kymo Slager (Deltares)
Jaap Kwadijk (Deltares)

Wir danken allen Beteiligten, die wir im letzten halben Jahr befragt haben, für ihre wertvollen Informationen und ihre Zeit.

Zusammenfassung

Dieser Bericht stellt die Ergebnisse der Scoping-Studie für die Flussgebiete Vechte, Oude IJssel (Issel) und Berkel im Rahmen des JCAR ATRACE-Programms vor. Es handelt sich dabei um ein gemeinsames Kooperationsprogramm für angewandte wissenschaftliche Forschung zum Hochwasser- und Dürrerisikomanagement in regionalen Flusseinzugsgebieten.

Die Ziele der Scoping-Studie sind:

- Beschreibung des aktuellen Stands der Wissensbasis für das erweiterte Einzugsgebiet Vechte¹
- Beschreibung des derzeitigen Managements von Hochwasser und Dürren im erweiterten Einzugsgebiet Vechte.
- Identifizierung von Wissenslücken, bei denen die Forschung zur Verbesserung des länderübergreifenden Managements von Hochwasser und Dürren beitragen könnte.

Der Bericht enthält eine Beschreibung des Gewässersystems aus physikalischer und institutioneller Sicht. Außerdem werden die relevanten Sektoren, die von Hochwasser und Dürren betroffen sind, behandelt. Es wird eine Bestandsaufnahme relevanter Daten und Berechnungsmodelle vorgelegt und ein Überblick über die Gesetzgebungen, Absprachen und Planungen zum Hochwasser- und Dürremanagement in beiden Ländern, Deutschland und den Niederlanden, gegeben. Die Beschreibung und die Bestandsaufnahme bilden die Ausgangspunkte für die Scoping-Studie. Die präsentierten Informationen stammen größtenteils aus bestehenden Berichten und Interviews mit relevanten und regional zuständigen Akteuren.

Es wird erwartet, dass sowohl das Hochwasser- als auch das Dürrerisiko in Zukunft aufgrund des Klimawandels und sozioökonomischer Entwicklungen wie Landnutzungsänderungen und Wirtschaftswachstum zunehmen werden. Dieser Bericht kombiniert alle verfügbaren Informationen, um den Status des Hochwasser- und Dürrerisikomanagements und die Herausforderungen des länderübergreifenden Managements zu bewerten.

¹ In diesem Bericht bezeichnen wir die drei Flussgebiete Vechte, Oude IJssel und Berkel als das erweiterte Vechte-Einzugsgebiet.

Es gibt einige Beispiele für eine erfolgreiche länderübergreifende Zusammenarbeit beim Hochwasserrisikomanagement im Untersuchungsgebiet, wie etwa das gemeinsame Hochwasservorhersagesystem für die Vechte und die Gründung der grenzüberschreitenden Plattform für regionales Wassermanagement (GPRW). Die GPRW hat mehrere gemeinsame Projekte initiiert, wie das INTERREG-Projekt Living Vechte-Dinkel. Dieses Projekt führte zu einer grenzüberschreitenden Auenrenaturierung im Gebiet der Vechte.

Darüber hinaus betonten die deutschen Akteure in den Interviews, wie wichtig es sei, von den niederländischen Kenntnissen und Erfahrungen in Bezug auf Wasserrückhaltmaßnahmen zu lernen, wie z. B. der Wasserrückhalt auf landwirtschaftlichen Feldern mit Hilfe kleiner Wehre. Die GPRW ist ein gutes Beispiel für länderübergreifende Zusammenarbeit. Einige Teilnehmer sind jedoch der Meinung, dass die Effektivität noch gesteigert werden kann. Auf niederländischer Seite verkörpern die Waterschappen alle wichtigen Instanzen. Auf deutscher Seite nehmen die Akteure der unteren Entscheidungs- und Umsetzungsebenen teil, die höchste Ebene jedoch nicht, was zu längeren Abstimmungsprozessen führt.

Trotz der vielen guten Beispiele beschränkt sich die länderübergreifende Zusammenarbeit noch häufig auf den Austausch von Informationen, obwohl eine gemeinsame Analyse sowie Planung des Risikomanagements oder der Abwehrbereitschaft erforderlich wären. Insbesondere wurde nach den letzten Dürrejahre in der Region (2018, 2019, 2020, 2022) die Notwendigkeit einer verstärkten länderübergreifenden Zusammenarbeit im Bereich des Dürre- und Hochwasserrisikomanagements erkannt, jedoch wurde dies bisher noch nicht umgesetzt.

Ein weiteres Hindernis bei der länderübergreifenden Zusammenarbeit sind Unterschiede bei Daten und Modellen. Ein länderübergreifendes Netzwerk relevanter Stakeholder zu diesem Thema ist noch nicht etabliert, wobei die Einreichung eines gemeinsamen INTERREG-Vorschlags zur nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung als ein erster Schritt gesehen werden kann.

Der Bericht schließt mit der Identifizierung der wichtigsten Wissenslücken, welche in den Interviews genannt wurden. Auf der Grundlage dieser Wissenslücken wurden Aktivitäten identifiziert, die als Teil von Folgeaktivitäten von JCAR ATRACE oder in anderen Projekten in Betracht gezogen werden könnten. Die folgenden Aktivitäten, wie Kooperationen und Forschungsprojekte wurden in der untenstehenden Reihenfolge vorgeschlagen:

1. Eine **quantitative Wassermanalyse** zur Bewertung der grenzüberschreitenden Interaktion unter normalen Umständen und ein länderübergreifender **Stresstest** für extreme Hochwasser- und Dürreereignisse. Sowie einschließlich einer Bewertung der Auswirkungen möglicher Interventionen. Wir sind der Meinung, dass dies eine der ersten gemeinsamen Aktivitäten sein sollte, um die weitere Vorbereitung auf extreme Klimaereignisse einzuleiten. Dies kann dazu beitragen, Prioritäten auf weitere Forschung und Planung zu setzen.
2. Es wird empfohlen, eine **umfassende Bewertung des Hochwasserereignisses 2023 / 2024** für das gesamte Einzugsgebiet vorzunehmen, einschließlich der Maßnahmen zur Vorbereitung auf das Ereignis. Die Evaluierung kann zu weiteren Erkenntnissen auf der Grundlage empirischer Daten führen und detaillierte Einblicke darüber liefern, wie die länderübergreifende Koordinierung verbessert werden kann. Wenn möglich, könnte dies ein integrierter Schritt in dem zuvor erwähnten Stresstest sein.
3. **Definitionsstudie** für die gemeinsame Entwicklung eines **zukunftsicheren Hochwasser- und Dürrevorhersagesystems**, das auch unter extremen Bedingungen verwertbare Informationen liefert. Dazu gehört auch eine Verbesserung des Überwachungsnetzes. Die Bedeutung dieser Aktivität liegt in der Integration von Hochwasser- und Dürrevorhersagen sowie in der Verbesserung der länderübergreifenden Vorhersage bei Extremereignissen.
4. Wichtig ist auch eine **Evaluierungsstudie** über die Wirkung aller Akteure für die länderübergreifende Zusammenarbeit innerhalb des derzeitigen **Governance-Rahmens**. Auch Möglichkeiten zur Anpassung dieses Rahmens für eine **längerfristig wirksamere Zusammenarbeit** müssen mitgedacht werden.
5. **Quantitative Folgenabschätzung von Maßnahmen** zur Schwammfunktion im Einzugsgebiet und anderer (naturbasierter) Lösungen sind ebenfalls notwendig. Diese Art von Maßnahmen hat das Potenzial, das Hochwasser- und Dürreerisiko zu senken. Da diese Maßnahmen am wirksamsten sind, wenn sie in den flussaufwärts gelegenen Teilen der Einzugsgebiete angewendet werden, hat diese Folgenabschätzung einen stark länderübergreifenden Charakter.

6. Die Einrichtung eines **grenzüberschreitenden Grundwasserüberwachungsnetzes** könnte ein erster Schritt zu einer umfassenden grenzüberschreitenden Strategie für das Dürremanagement sein. Grenzüberschreitende Einblicke in die (Trends der) Grundwasserverfügbarkeit sind ein wichtiges Element für eine gemeinsame Analyse und die Formulierung einer Strategie zur Bewältigung von Dürreerisiken.

Die GPRW könnte eine wirksame Plattform sein, um diese gemeinsamen Aktivitäten zu ermitteln, zu gestalten und zu lenken. Dies würde jedoch die Teilnahme weiterer staatlicher und nichtstaatlicher Akteure erfordern, sowie eine Erweiterung ihres Zeit- und Finanzbudgets für grenzübergreifende Aufgaben.

Inhalt

Zusammenfassung	5
Verzeichnis der Abkürzungen	13
Glossar	19
1 Einführung	21
2 Beschreibung des Beckens	23
2.1 Geographie	23
2.2 Klima	26
2.2.1 Tatsächliches Klima	26
2.2.2 Klimawandel	27
2.3 Hydrologie	31
2.4 Geohydrologie	35
2.5 Wasserverbrauch	40
2.6 Verwaltung der Vechte	45
2.7 Wasserbezogene Infrastruktur	48
3 Extremereignisse im Einzugsgebiet	53
3.1 Überschwemmungen	Error! Bookmark not defined.
3.2 Dürreperioden	60
4 Institutionen, Vereinbarungen und Planung	69
4.1 Deutschland	69
4.1.1 Wasserwirtschaft	69
4.1.2 Hochwasserrisiko und Katastrophenmanagement	74

4.1.3	Dürrierisiko- und Katastrophenmanagement	80
4.2	Die Niederlande	84
4.2.1	Wasserwirtschaft	84
4.2.2	Hochwasserrisiko und Katastrophenmanagement	90
4.2.3	Dürrierisiko- und Katastrophenmanagement	100
5	Grenzüberschreitende Zusammenarbeit	106
6	Daten und Modelle	116
6.1	Daten	116
6.2	Modelle	118
6.2.1	Abflussmodellierung	119
6.2.2	Überschwemmungsmodellierung	120
6.2.3	Hochwasservorhersage	121
6.2.4	Grundwassermodellierung	123
6.2.5	Frühere Initiativen für eine modellhafte Zusammenarbeit	124
6.2.6	Schlussfolgerung	Error! Bookmark not defined.
7	Schlussfolgerungen	126
7.1	Überschwemmungen	Error! Bookmark not defined.
7.2	Dürreperioden	127
7.3	Grenzüberschreitende Zusammenarbeit	129
7.4	Wissenslücken	130
8	Scoping für JCAR ATRACE	134
9	Referenzen	138
	Anhänge	154
	Anhang A: Übersicht über die durchgeführten Interviews	154

Anhang B: Beschreibung des Einzugsgebiets	158
Anhang C: Daten und Modelle	165
Anhang D: Institutionen, Vereinbarungen und Planung	186
Anhang E: Ermittelte Wissenslücken	194

Verzeichnis der Abkürzungen

AGDR	Arbeitsgruppe Deltarhein Deutsch: Arbeitsgruppe Deltarhein Niederländisch: Werkgroep <i>Rijndelta</i>
AMIGO	Aktuelles Modellinstrument Gelderland Ost Holländisch: Actueel Model Instrument Gelderland Oost
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und Verbraucherschutz Deutsch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BauGB	(Deutsch) Baugesetzbuch Deutsch: Baugesetzbuch
BOWAB	Deutsch: BODenWAsserBilanzierung
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
CER	Europäische Richtlinie über die Widerstandsfähigkeit kritischer Einrichtungen
DEM	Digitale Geländemodelle
DHZ	Deltaplan Hochsandige Böden Niederländisch: Deltaplan Hoge Zandgronden
DWD	Deutscher Wetterdienst Deutsch: Deutscher Wetter Dienst
ECMWF	Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage
EU	Europäische Union
FEWS	Hochwasser-Frühwarnsystem
FPA	Hochwasserschutzgesetz
FRM	Hochwasserrisikomanagement
FRMD	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
GER	Deutschland

GIS	Geografisches Informationssystem
GHOR	(Niederländische) Organisation für medizinische Hilfe in der Region Niederländisch: Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio
GPRW	Grenzüberschreitende Plattform für regionale Wasserwirtschaft Deutsch: Grenzüberschreitende Plattform für Regionale Wasserwirtschaft Niederländisch: Grensoverschrijdend Platform voor Regionaal Waterbeheer
GRADE	Generator für Niederschläge und Abflussextrême
HARMONIE	Hirlam Aladin Forschung auf mesoskaliger operativer Nwp in Euromed
HWVZ	Hochwasservorhersagezentrum Niedersachsen Deutsch: Hochwasservorhersagezentrale (Niedersachsen)
JenV	(Niederländisch) Minister für Justiz und Sicherheit Niederländisch: Minister van Justitie en Veiligheid
INTERREG	Europäische territoriale Zusammenarbeit
IPPC	Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen
JCAR ATRACE	Englisch: Gemeinsames Kooperationsprogramm für angewandte wissenschaftliche Forschung zur Beschleunigung der grenzüberschreitenden regionalen Anpassung an Klimaextreme Deutsch: Gemeinsames Kooperationsprogramm für angewandte wissenschaftliche Forschung zum Hochwasser- und Dürrerisikomanagement in regionalen Flusseinzugsgebieten Dutch: Samenwerkingsprogramma voor toegepast wetenschappelijk onderzoek naar overstromings- en droogterisicobeheer in grensoverschrijdende regionale stroomgebieden
KliBoG	Klimafolgenanpassung Boden und Grundwasser Deutsch: Klimafolgenanpassung Boden und Grundwasser
KNMI	Königliches Niederländisches Meteorologisches Institut

Niederländisch: Koninklijk Nederlands Meteorologisch
Instituut

KRITIS	Kritische Infrastrukturen Deutsch: Kritische Infrastrukturen
KWB	klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode Deutsch: Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode
LANUV	Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW Deutsch: Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
LAWA	Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser Deutsch: Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser
LBEG	Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Deutsch: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LCO	Nationaler Koordinierungsausschuss für Hochwassergefahren Niederländisch: Landelijke Coördinatiecomissie Overstromingsdreiging
LCW	Nationales Koordinationskomitee für die Wasserverteilung Niederländisch: Landelijke Coördinatiecommissie Waternverdeling
LGR	Nationales Grundwasserregister Niederländisch: Landelijk Grondwater Register
LHM	Nationales Hydrologisches Modell Niederländisch: Landelijk Hydrologisch Model
LWG	Wassergesetz des Landes NRW Deutsch: Landeswassergesetz NRW
MIPWA	Methodik Interaktive Planung Wasserwirtschaft Niederländisch: Methodiek Interactieve Planning Waterbeheer
MTW	Managementteam über Wasserknappheit Niederländisch: Managementteam Watertekorten
MU	Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Niedersachsen

	Deutsch: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
MUNV	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW Deutsch: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen
NCTV	Nationaler Koordinator für Terrorismusbekämpfung und Sicherheit Niederländisch: Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid
NFPP	(Niederländisch) Nationales Hochwasserschutzprogramm
NGO	Nicht-Regierungs-Organisation
NIPV	Niederländisches Institut für öffentliche Sicherheit Niederländisch: Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
NKatSG	Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz Deutsch: Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz
NKomVG	Niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz Deutsch: Niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz
NL	Niederlande
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Deutsch: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserschutz, Küsten- und Naturschutz
NLPG	Nationales Programm für ländliche Gebiete Niederländisch: Nationaal Programma Landelijk Gebied
NM7Q	Der jährliche Mindestdurchfluss, gemittelt über 7 Tage
NRW	Englisch: North-Rhine Westphalia Deutsch: Nordrhein-Westfalen
NWG	Niedersächsisches Wasserrecht Deutsch: Niedersächsisches Wassergesetz

OGewV	(Deutsch) Oberflächengewässerverordnung Deutsch: Oberflächengewässerverordnung
RBO	Regionale administrative Konsultation Niederländisch: Regionaal Bestuurlijk Overleg
RDO	Regionale Dürre-Treffen Niederländisch: Regionale Droogte Overleggen
ROG	(Deutsch) Raumordnungsgesetz deutsch: Raumordnungsgesetz
RS	Fernerkundung
RWS	(Niederländisch) Ministerium für Wasserstraßen und öffentliche Arbeiten Niederländisch: Rijkswaterstaat
SGDR	Lenkungsgruppe Deltarhein Deutsch: Steuerungsgruppe Deltarhein Niederländisch: Stuurgroep Rijndelta
SGI	Standardisierter Grundwasserstandsindex
SGK /PGK	Ständige Grenzgewässerkommission Deutsch: Ständige Grenzgewässerkommission Niederländisch: Permanente Nederlands-Duitse Grenswaterencommissie
SOG	(Deutsch) Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung Deutsch: Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung
THW	(Deutsch) Bundesanstalt Technisches Hilfswerk Deutsch: Technisches Hilfswerk
UDAG	Aktualisierung der Datengrundlage für die Anpassung an den Klimawandel in Deutschland
VR	Sicherheitsregionen Niederländisch: Veiligheidsregio's
WAZ	Wasser- und Abwasserverband Niedergrafschaft Deutsch: Wasser und Abwasser Zweckverband Niedergrafschaft
WMCN	Nationales Wasserwirtschaftszentrum der Niederlande

	Niederländisch: Watermanagementcentrum Nederland
WDOD	Regionale Wasserbehörde Drents Overijsselse Delta Niederländisch: Waterschap Drents Overijsselse Delta
WFD	Wasserrahmenrichtlinie
WHG	(Deutsch) Wassergesetz Deutsch: Wasserhaushaltsgesetz
WRIJ	Regionale Wasserbehörde Rijn und Ijssel Niederländisch: Waterschap Rijn en Ijssel
WRO	(Niederländisch) Raumordnungsgesetz Niederländisch: Wet Ruimtelijke ordening
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung Deutsch: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
ZON	Programm Süßwasserversorgung Ostniederlande Niederländisch: Zoetwater Oost Nederland

Glossar

Begriff (Englisch)	Sprachführung	Begriff	Definition (von den Autoren für den Geltungsbereich dieses Dokuments, wenn nicht anders angegeben)
Einzugsgebiet, Becken	Deutsch Niederländisch	Einzugsgebiet Stroomgebied	
Bezirk	Deutsch	Kreis, Landkreis, kreisfreie Stadt	Höhere Verwaltungsgliederung als eine Gemeinde.
Regierungsbezirk	Deutsch	Bezirk, Regierungsbezirk	Regionale Gebietskörperschaften der mittleren Ebene in vier deutschen Bundesländern, darunter Nordrhein-Westfalen
Kommune	Deutsch Niederländisch	Gemeinde gemeente	Niedrigste Ebene der territorialen Aufteilung.
stromaufwärts	Deutsch Niederländisch	oberstrom bovenstroms	Aufwärts entlang eines Wasserlaufs in Bezug auf eine bestimmte Stelle desselben Wasserlaufs gelegen Abwärts entlang eines Wasserlaufs in Bezug auf eine bestimmte Stelle desselben Wasserlaufs gelegen
stromabwärts	Deutsch Niederländisch	unterstrom benedenstroms	
Wasserverband (Deutschland)	Deutsch	Wasserverband	Eine öffentlich-rechtliche Einrichtung in Deutschland mit unterschiedlicher Organisationsstruktur und Aufgaben. Typische Aufgaben sind Abwasserreinigung, Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz und andere. Mitglieder sind industrielle Wassernutzer und Kommunen, die die privaten Wassernutzer vertreten.
Regionale Wasserbehörde (Niederlande)	Niederländisch	Waterschap	Öffentliche Einrichtung in den Niederlanden, die für die Wasserwirtschaft in einer bestimmten Region zuständig ist. Die regionalen Wasserbehörden haben einen gewählten Vorstand und erheben von den Einwohnern ihrer Region eine Wassersteuer.
Hochwasserrisikomanagementplan	Niederländisch Deutsch	Overstromingsrisicobeheerplan (ORBP) Hochwasserrisikomanagementplan	Hochwasserrisikomanagementpläne gemäß der europäischen Hochwasserrichtlinie (2007).
Europäische Hochwasserschutzrichtlinie	Niederländisch Deutsch	Europäische Richtlijn Overstromings-risico's (ROR) EU - Hochwasser-Richtlinie	
Wasserrahmenrichtlinie	Niederländisch Deutsch	Kaderrichtlijn Wasser (KRW) Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	

Vechte	Niederländisch Deutsch	Vecht Vechte	
Oude IJssel	Niederländisch Deutsch	Oude IJssel Issel	

1 Einführung

Das Gemeinsame Kooperationsprogramm für Angewandte Wissenschaftliche Forschung (JCAR) hat den Auftrag, die Zusammenarbeit im Bereich Hochwasser- und Dürremanagement und Forschung zu verbessern, um die grenzüberschreitende regionale Anpassung an Klimaextreme (ATRACE) zu beschleunigen. Um dies zu erreichen, will das JCAR ATRACE langfristige internationale Forschungspartnerschaften fördern, um die Wissensbasis und das Wissensnetzwerk zum Hochwasser- und Dürreerisikomanagement in grenzüberschreitenden regionalen Flusseinzugsgebieten zu verbessern.

Das erste Hauptziel ist die Verbesserung der Vorbereitung auf Überschwemmungen und Dürren, indem regionale Regierungen in Belgien, Deutschland, Luxemburg und den Niederlanden dabei unterstützt werden, die integrierte Planung, Entwicklung und Bewirtschaftung regionaler Flusseinzugsgebiete und die Vorbereitung auf extreme Klimaereignisse zu verbessern. Das zweite Ziel ist die Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit durch die Förderung langfristiger Partnerschaften zwischen europäischen Wissensinstituten, um die Wissensbasis zu verbessern und Informationen über Hochwasser- und Dürrestrategien in grenzüberschreitenden regionalen Einzugsgebieten zu liefern. Weitere Informationen über das Programm finden Sie unter <http://jcar-atrace.eu>.

Es sei darauf hingewiesen, dass sich das JCAR ATRACE-Programm auf die Folgen extremer Hochwasser und Dürren in regionalen Einzugsgebieten konzentriert. Überschwemmungen und Dürren entlang der (Haupt-)Arme der großen Flüsse wie Rhein, Maas, Ems und Schelde werden nicht berücksichtigt, da diese von den jeweiligen internationalen Flusskommissionen behandelt werden.

Das erweiterte Vechtebecken, das die Becken der Vechte, der Issel und der Berkel umfasst (Abbildung 1), steht im Mittelpunkt dieses Berichts.

Die Hauptziele dieser Scoping-Studie sind:

- Beschreibung des aktuellen Stands der Wissensbasis des erweiterten Vechtebeckens.
- Beschreibung des derzeitigen Umgangs mit Überschwemmungen und Dürren im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte.

- Ermittlung der Wissenslücken, bei denen die Forschung zur Verbesserung des grenzüberschreitenden Managements von Überschwemmungen und Dürren beitragen könnte.

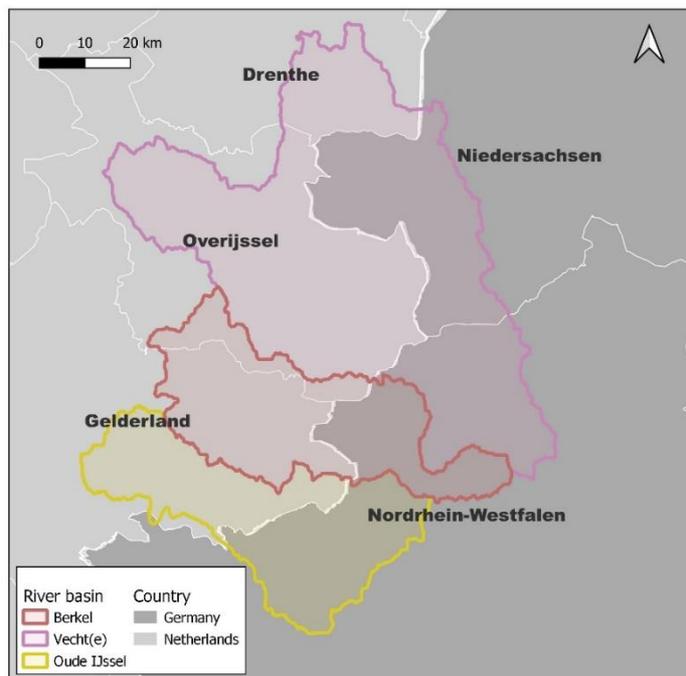


Abbildung 1: Das Untersuchungsgebiet mit der Lage der Flusseinzugsgebiete.

Der Inhalt dieses Berichts basiert auf einer Durchsicht bestehender Berichte, Papiere, Pläne und anderer relevanter Dokumente. Darüber hinaus wurden etwa 25 Gespräche mit relevanten Interessengruppen geführt. Die Liste der Interviews findet sich in Anhang A.

Kapitel 2 dieses Berichts enthält eine Beschreibung des erweiterten Einzugsgebiets der Vechte, einschließlich einer Beschreibung des Wassersystems und der relevanten Sektoren, die von Hochwasser und Dürre betroffen sind. In Kapitel 3 werden die vergangenen Extremereignisse im Studiengebiet in Bezug auf Hochwasser und Dürre beschrieben. Die für das Management von Hochwasser und Dürre relevanten Institutionen, Regelungen und Planungen werden in Kapitel 4 vorgestellt und in Kapitel 5 wird die grenzüberschreitende Zusammenarbeit evaluiert. Kapitel 6 gibt einen Überblick über die relevanten Daten und Berechnungsmodelle für das Einzugsgebiet und deren Nutzung. Der Bericht schließt in Kapitel 7 mit einer Bewertung des derzeitigen Hochwasser- und Dürrierisikos und der Praktiken des grenzüberschreitenden Managements, was zur Ermittlung der wichtigsten Wissenslücken führt. Die Folgeforschung im Rahmen von JCAR ATRACE wird sich auf diese Wissenslücken konzentrieren.

2 Beschreibung des Beckens

2.1 Geographie

Das Untersuchungsgebiet umfasst mehrere grenzüberschreitende regionale Flüsse, die vom Nordwesten Deutschlands in den Nordosten der Niederlande fließen. Das Gebiet besteht aus drei Haupteinzugsgebieten (die Vechte, die Berkel und die Issel), die in der folgenden Abbildung dargestellt sind. Aus Gründen der Kohärenz mit den lokalen Strukturen wurde das Untersuchungsgebiet durch das Arbeitsgebiet der GPRW (Grenzüberschreitende Plattform für regionales Wassermanagement) definiert, das gleichbedeutend ist mit dem Gebiet Deltarhein Ost, wie es im Hochwasserrisikomanagementplan für den Rhein definiert ist, und in diesem Bericht als erweitertes Vechte-Einzugsgebiet bezeichnet wird.

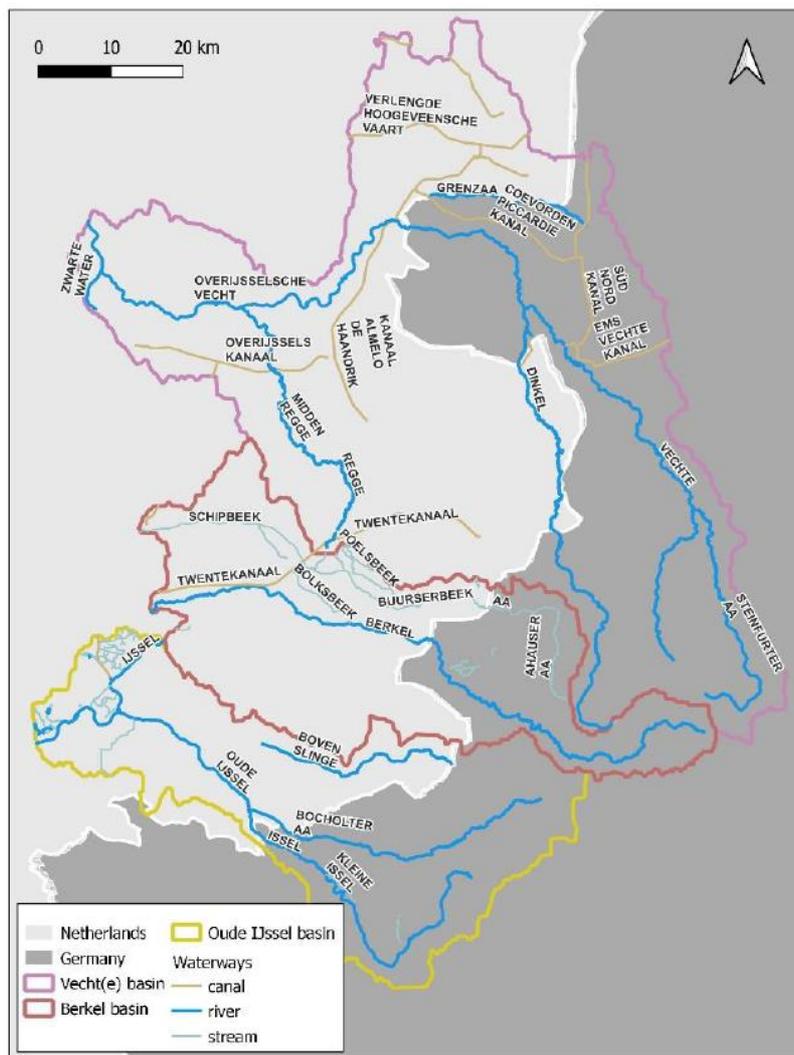


Abbildung 2: Das Untersuchungsgebiet mit den Flüssen und Kanälen

Das gesamte Gebiet hat eine Größe von 7.600 km², wovon etwa 57 % in den Niederlanden (4.300 km²) und die restlichen 43 % in Deutschland (3.300 km²) liegen.

In Deutschland erstreckt sich das Gebiet über zwei Bundesländer: Niedersachsen (1.100 km²) und Nordrhein-Westfalen (NRW, 2.200 km²), sowie drei Provinzen in den Niederlanden: Drenthe, Overijssel und Gelderland.

Tabelle 1 enthält eine kurze Beschreibung der drei Becken. Das Vechte-Becken ist mit 4 393 km² das größte der drei Becken. Es ist 2,5-mal größer als das Becken der Issel (1.638 km²) und 5,5 mal größer als das Berkelbecken (792 km²) (siehe Tabelle 1). Während die Berkel ein mittleres Gefälle von 0,9‰ aufweist, haben die Vechte und die Issel nur ein mittleres Gefälle von 0,4‰ bzw. 0,3‰.

Tabelle 1: Merkmale des Einzugsgebiets (MUNV, 2005, 2022)

Flusseinzugsgebiet	Größe des Beckens [km ²]	Flusslänge [km]	Höhendifferenz [m]	Hauptzuflüsse	Landnutzung
Vechte	4,393	182	70	Steinfurter Aa, Lee, Dinkel, Regge	Wiesen 32% Wälder 18% Landwirtschaft 38% Städtisches 10% Wasser 3%
Issel	1,638	178	49	Aa-Strang, Bocholter Aa	Wiesen 30% Wälder 19% Landwirtschaft 38% Städtisches 11% Wasser 2%
Berkel	792	114	103	Groen-Losche-Schlinge	Wiesen 38% Wälder 18% Landwirtschaft 35% Urbanes 7% Wasser 1%

Insgesamt leben im Untersuchungsgebiet etwa 2,08 Millionen Menschen, davon 1,41 Millionen in den Niederlanden und 0,66 Millionen in Deutschland. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Bevölkerungsdichte von 324 Personen/km² in den Niederlanden und 203 Personen/km² in Deutschland.

Auf beiden Seiten liegen mehrere Städte direkt an den Flüssen wie Schüttorf (GER), Nordhorn (GER), Emlichheim (GER), Coesfeld (GER), Vreden (GER), Borken (GER), Bocholt (GER), Hardenberg (NL), Ommen (NL), Zwolle (NL), Lochem (NL) und Doetinchem (NL). Während alle diese Städte ein Schadenspotenzial für ein mögliches Hochwasser entlang der Wasserläufe darstellen, haben nur fünf (Nordhorn, Bocholt, Hardenberg, Zwolle, Doetinchem) mehr als 50.000 Einwohner.

Im Untersuchungsgebiet ist die Landwirtschaft (37 %) die vorherrschende Landnutzung, gefolgt von Grünland (33 %), Wäldern (18 %) und städtischen Gebieten (9 %) (siehe Abbildung 3). In den Niederlanden wird das Winterbett der Vechte (Überschwemmungsgebiet im Winter) in der übrigen Zeit des Jahres regelmäßig landwirtschaftlich genutzt. Feuchtgebiete befinden sich hauptsächlich in der Grenzregion, und in beiden Ländern wurden und werden Anstrengungen unternommen, sie wiederherzustellen. Im Allgemeinen gibt es weder zwischen den beiden Ländern noch zwischen den einzelnen Einzugsgebieten große Unterschiede in der Landnutzung.

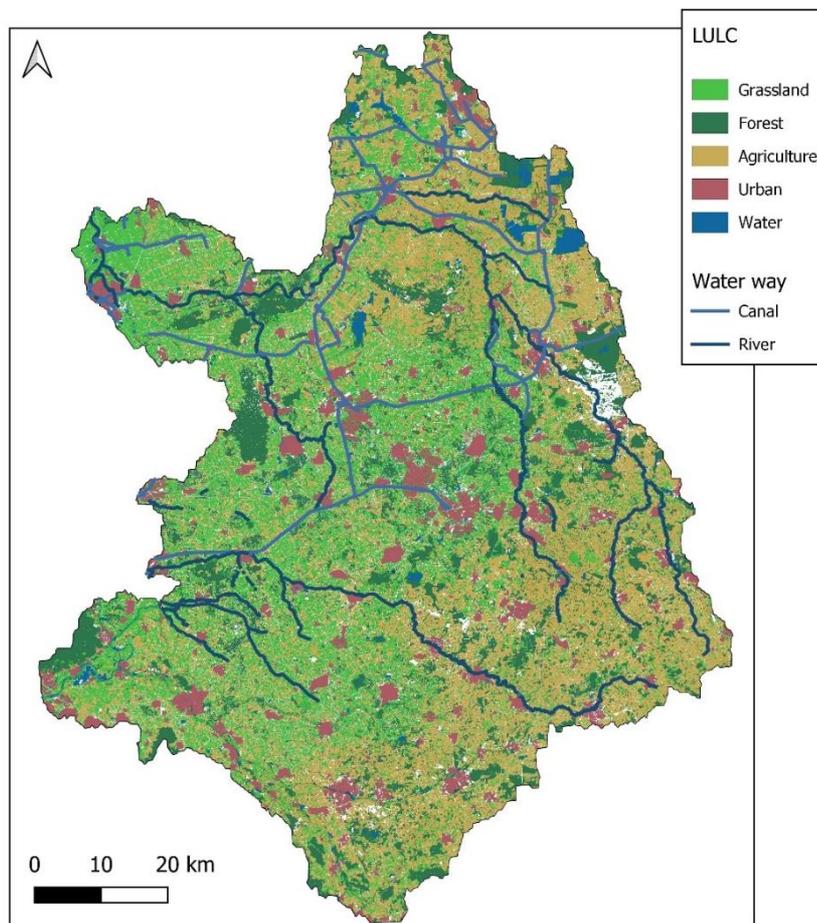


Abbildung 3: Landnutzungskarte (basierend auf CLC 2018)

Das Vechtebecken spielt eine wichtige Rolle für den Güterverkehr zwischen den Niederlanden und Deutschland (Europäische Kommission, 2017). Beide sind Teil des Nordsee-Ostsee-Korridors (Bundesnetzagentur, n.d.). Die A1 in den Niederlanden von Amersfoort bis Bad Bentheim, die in Deutschland in die A30 in Richtung Osnabrück übergeht, ist eine wichtige Route für den Gütertransport auf der Straße. Der Schienenverkehrskorridor North Sea Baltic Korridor durchquert das Vechtebecken auf seinem Weg von

Amersfoort nach Osnabrück (siehe Abbildung 4). Es gibt Pläne, den Güterverkehr über diese Strecke noch weiter auszubauen (Rijksoverheid, n.d.-b). Außerdem verfügen die Städte Almelo und Hengelo über wichtige Binnenhäfen für den Nord-Ostsee-Korridor (Europäische Kommission, 2017) was sie zu logistischen Hotspots macht (Omgevingsagenda Oost-Nederland, 2020).

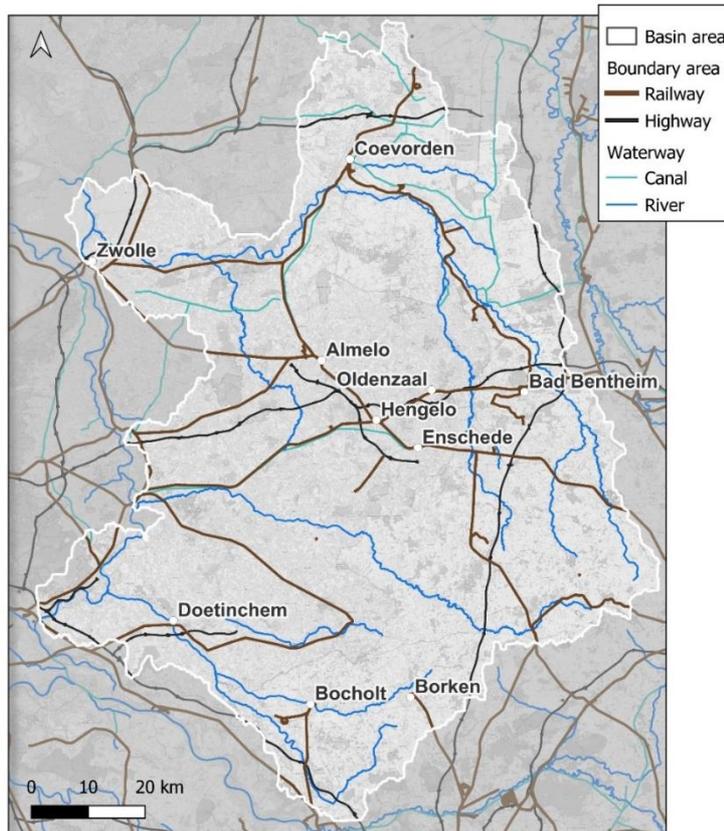


Abbildung 4: Eisenbahnen, Autobahnen, Kanäle und Flüsse im Untersuchungsgebiet auf der Grundlage von OpenStreetMap-Daten.

2.2 Klima

Historische Daten und zukünftige Klimaprojektionen werden in Deutschland vom Deutschen Wetter Dienst (DWD) und in den Niederlanden vom Königlichen Niederländischen Meteorologischen Institut (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut - KNMI) bereitgestellt.

2.2.1 Aktuelles Klima

Das Klima im Untersuchungsgebiet kann als gemäßigt und maritim mit kalten Wintern und warmen Sommern bezeichnet werden. Der durchschnittliche Jahresniederschlag im Untersuchungsgebiet beträgt ca.

835 mm, ohne klare saisonale Muster. Die jährliche Verdunstung im Untersuchungsgebiet beträgt etwa 555 mm (WRIJ, n.d.).

Die Grundwasserneubildung ist saisonal abhängig und erfolgt im hydrologischen Winterhalbjahr (November-April) durch die Versickerung der Niederschläge im Boden. Im Sommerhalbjahr (Mai - Oktober) überwiegt die Gesamtverdunstung (Evapotranspiration), so dass ein Großteil der Niederschläge verloren geht, ohne zur Grundwasserneubildung beizutragen (NLWKN, 2022a). Im Jahresmittel betrug die Grundwasserneubildung in Niedersachsen 156 mm (1981 - 2010; LBEG, 2019) und 110 mm in Nordrhein-Westfalen (2001 - 2020; LANUV, n.d.). Im niederländischen Untersuchungsgebiet betrug die durchschnittliche jährliche Grundwasserneubildung auf der Grundlage des nationalen hydrologischen Modells (LHM4.1) etwa 180 mm (2011 - 2018; NHI, n.d.). In Abbildung 5 ist zu erkennen, dass im niedersächsischen Teil des Untersuchungsgebiets die Grundwasserneubildungsrate meist zwischen 100 - 300 mm pro Jahr liegt.

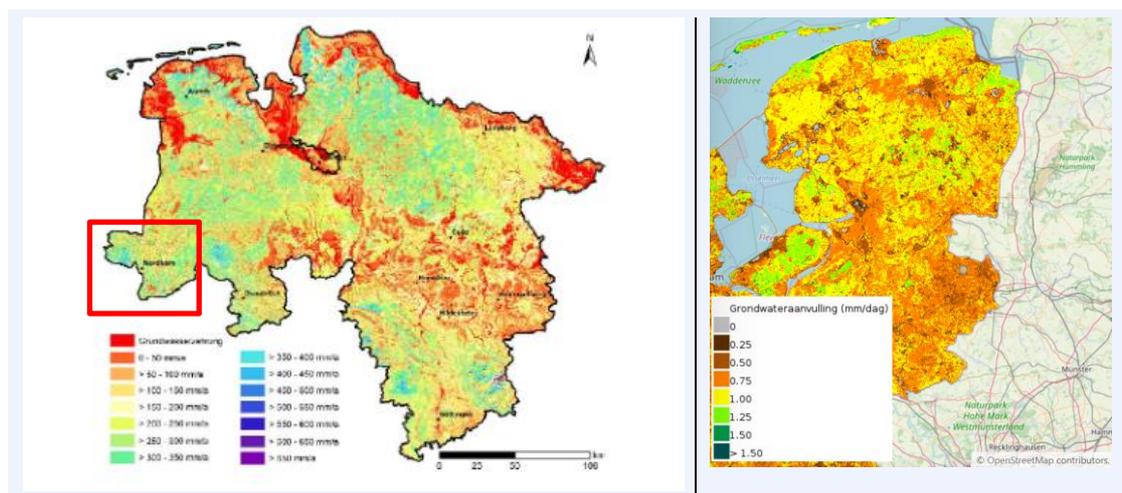


Abbildung 5: links: Verteilung der Grundwasserneubildungsrate in Niedersachsen (berechnet für den Zeitraum 1981-2010, LBEG 2019), rechts: Verteilung der Grundwasserneubildungsrate in Ostniederlanden, NHI, n.d.)

2.2.2 Klimawandel

Es wird erwartet, dass in Europa insgesamt die Wahrscheinlichkeit von Starkregenfällen zunimmt, die zu Überschwemmungen führen, sowie von längeren Perioden mit hohen Temperaturen und hoher Evapotranspiration, die Dürreperioden verursachen (Verdonschot, 2009). Höhere Niederschlagsmengen werden zu einem verstärkten Oberflächenabfluss in die Flüsse und zu höheren Flussüberschwemmungen führen (Verdonschot, 2009). Mit zunehmender globaler Erwärmung werden sowohl sommerliche Niedrigwassersituationen als auch landwirtschaftliche Dürreperioden verschärft (Samaniego et al., 2018).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf das Untersuchungsgebiet sind bereits sichtbar. Für die letzten 120 Jahre wird ein Anstieg der Jahrestemperatur von 1,5 °C bis 2,3 °C gemeldet. (KNMI, 2023; Scheihing, 2019). Der Anstieg geht mit mehr warmen Tagen (>25 Grad) und häufigeren Hitzewellen einher. Gleichzeitig hat die Zahl der Frosttage abgenommen, und die Gesamtniederschläge haben zugenommen, insbesondere im Herbst und Winter (NLWKN, 2022a; Scheihing, 2019). Der Deutsche Wetterdienst meldet für den Zeitraum 1881 bis 2015 eine Niederschlagszunahme von etwa 100 mm in Niedersachsen (Bender et al., 2009). In der niederländischen Studie nahm der Niederschlag in den Wintermonaten (Dezember - Februar) seit 1906 um 26 % zu (WRIJ, n.d.).

Auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren werden größer. Im Jahr 2023 wurden die höchsten Niederschlagsmengen seit mindestens 100 Jahren für Niedersachsen (1070 mm), die Niederlande (1153 mm) und Nordrhein-Westfalen (1203 mm) gemessen (DWD, 2023). Während 2018 mit 500 mm in Niedersachsen eines der trockensten Jahre war, fielen in den Niederlanden 607 mm Niederschlag (KNMI, 2018) und 601 mm in NRW (LANUV, o.J.-b). Schwankungen im Jahresmittel des Niederschlags von +/- 20 % sind in der letzten Dekade nicht ungewöhnlich (LANUV, 2024). In den letzten 15 Jahren wurden im Untersuchungsgebiet mehrere Starkregenereignisse beobachtet, z. B. im August 2010, Mai 2012, Juli 2014, Juni 2020, Dezember 2023; WRIJ, n.d.).

Der Deutsche Wetterdienst erstellt Klimaprojektionsdaten und liefert regionale Klimaprojektionen für die Zukunft. Die aktuellen Projektionen werden aus den globalen Klimaprojektionen des 5. Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR5) im Rahmen des Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) herunterskaliert. Da die globalen Klimaprojektionen aktualisiert und im IPCC AR6 Bericht vorgestellt wurden, gibt es derzeit ein Projekt UDAG (Aktualisierung der Datengrundlage für die Anpassung an den Klimawandel in Deutschland), um die regionalen Klimaprojektionen für Deutschland auf der Grundlage der CMIP6-Projektionen zu aktualisieren; die aktualisierten Projektionen werden voraussichtlich im Jahr 2026 fertig gestellt sein (DWD, n.d.).

Die vorhandenen regionalen Klimamodell-Ensembles deuten durchweg auf einen deutlichen Anstieg der Jahresmitteltemperatur für Norddeutschland hin. Die Bandbreite des Temperaturanstiegs für Niedersachsen reicht von einem Minimum von 0,6 °C bis zu einem Maximum von 4,9 °C bis zum Jahr 2100 (Referenzzeitraum 1971 bis 2000). Dieser projizierte Temperaturanstieg ist mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit von

Frosttagen (Mindesttemperatur < 0 °C), einer Zunahme der Anzahl warmer Tage (Höchsttemperatur ≥ 25 °C), heißer Tage (Höchsttemperatur ≥ 30 °C) und einer Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode verbunden (Scheiing, 2019). Sie zeigen auch ein breites Spektrum möglicher Veränderungen der saisonalen Niederschlagsmengen (Scheiing, 2019). Die Sommerniederschlagsmengen werden voraussichtlich um 6 % abnehmen, während die Winterniederschläge im Zeitraum von 2021 bis 2050 im Vergleich zu 1971 bis 2000 um 11 % zunehmen werden. Für den Zeitraum von 2021 bis 2050 werden relative Änderungen von -2 % bis 10 % der jährlichen Niederschlagsmenge im Vergleich zu 1971 bis 2000 prognostiziert. Für die Zukunft wird eine weitere Verschärfung der Niedrigwassersituation im Untersuchungsgebiet im Vergleich zum Referenzzeitraum (1971 - 2000) erwartet. Eine Verringerung des Abflusses bei sommerlichen Niedrigwasserereignissen (NM7Q) um 20 % ist möglich, während gleichzeitig mit einer Zunahme extremerer sommerlicher Hochwasserereignisse zu rechnen ist (Zunahme der HQ100-Abflüsse um 50 %, MU, 2019).

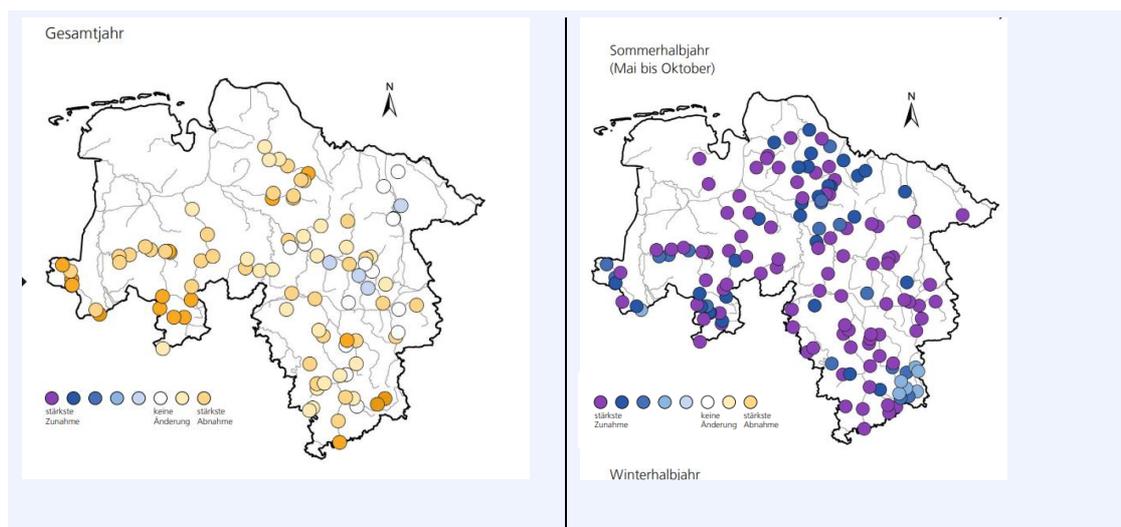


Abbildung 6: links: Veränderungen des Niedrigwasserabflusses NM7Q am Ende des 21. Jahrhunderts, die bei einem "business as usual"-Szenario auftreten könnten, rechts: Veränderungen des Spitzenabflusses für ein HQ100 am Ende des 21. Jahrhunderts, die unter einem "business as usual"-Szenario auftreten könnten (MU, 2019).

In den Niederlanden liefert das KNMI Klimaprojektionen für die Niederlande. Die neuen Klimaszenarien, die auf den CMIP6-Projektionen des IPCC basieren, wurden im Jahr 2023 veröffentlicht. Die Szenarien können in Kategorien eingeteilt werden:

- ein Szenario mit hohen Emissionen (gekennzeichnet durch ein großes 'H'), bei dem die Emissionen bis 2080 stark ansteigen und dann abflachen. Der globale Temperaturanstieg um 2100 wird auf 4,9°C geschätzt.
- ein Niedrigemissionsszenario (gekennzeichnet durch ein großes 'L'), bei dem die Emissionen rasch reduziert und die Treibhausgase aus

der Atmosphäre entfernt werden, um die globale Erwärmung auf unter 2°C zu begrenzen. Der globale Temperaturanstieg um 2100 wird auf 1,7°C geschätzt.

Diese beiden Szenarien sollen die Bandbreite der Klimawandeleffekte darstellen. Eine weitere Erwärmung wird in den Niederlanden zu trockeneren Sommern und feuchteren Wintern führen; die Klimamodelle unterscheiden sich jedoch hinsichtlich des Ausmaßes dieser Auswirkungen. Um diese Unterschiede aufzuzeigen, wurden die Szenarien weiter kategorisiert:

- ein "feuchtes" Szenario (gekennzeichnet durch den Buchstaben "n") mit sehr feuchten Wintern und leicht ausgetrockneten Sommern.
- ein "trockenes" Szenario (gekennzeichnet durch den Buchstaben "d") mit leicht feuchten Wintern und stark ausgetrockneten Sommern.

Weitere Informationen zu den verschiedenen Szenarien finden Sie in Abbildung 7. Im Allgemeinen gehen diese Szenarien von einem Anstieg der Durchschnittstemperatur aus (der im Sommer höher ausfällt als im Winter). Der Temperaturanstieg wird zu einer Zunahme der Niederschläge und zu einer Zunahme der intensiven Sommerregen führen. Im Winter wird es feuchter und im Sommer trockener sein. Im Sommer wird weniger Regen erwartet und die Verdunstung wird zunehmen, was zu mehr und längeren Dürreperioden führen wird (KNMI, 2023).



Abbildung 7: Vier Szenarien für den Klimawandel in den Niederlanden um 2100 (KNMI, 2023).

Die neuen Klimaszenarien können zur Berechnung der Auswirkungen auf verschiedene Sektoren verwendet werden. Die Szenarien werden

verwendet, um die Deltaszenarien² und die Nationale Anpassungsstrategie zu aktualisieren (Deltares, 2018).

Sowohl für den deutschen als auch für den niederländischen Teil des erweiterten Vechtebeckens wird eine Zunahme der Häufigkeit und Schwere von Hochwasser- und Dürreereignissen erwartet.

2.3 Hydrologie

Die Vechte entspringt in Nordrhein-Westfalen und fließt etwa 182 km durch Niedersachsen in die Niederlande. Sie hat fünf große Nebenflüsse, die zu ihrer Strömungsdynamik beitragen. Neben der Vechte sind die Berkel und die Issel die beiden anderen bedeutenden Wasserkörper im IJsselbecken. Die Vechte, die Berkel und die Issel entspringen alle in Deutschland.

Die Vechte tritt in der Nähe von Emlichheim in die Niederlande ein und mündet in der Nähe von Zwolle in das Zwarte Water, das in das Zwarte Meer und schließlich in das IJsselmeer fließt (WDOD, 2021). Der mittlere Abfluss an der Mündung des Flusses beträgt 50 m³/s, wobei er zwischen 5 m³/s bei Niedrigwasser und 300 m³/s bei Hochwasser schwanken kann.

Von flussabwärts nach flussaufwärts fließen in Deutschland die folgenden Nebenflüsse in die Vechte: Steinfurter Aa, Eilleringsbecke, Ahlder Bach, Lee, und Emlichheimer Entlastungskanal und in den Niederlanden: Beneden Regge, Ommerkanaal, Mariëberg Vechte Kanaal, Radewijkerbeek und Afwateringskanaal (Holthone). Die Scheitelabflüsse für verschiedene Wiederkehrperioden an mehreren Stellen entlang des niederländischen Teils der Vechte verdoppeln sich fast vom flussaufwärtssten zum flussabwärtssten Teil (Abbildung 8) (Haastregt, 2023).

² Die neuen Deltaszenarien werden auf der Kombination der 23 Klimaszenarien des KNMI und der sozioökonomischen Szenarien von PBL für die Niederlande (die WLO-Szenarien) basieren (KNMI, 2023). Das Ziel der Deltaszenarien ist es, gemeinsam ein kohärentes Bild der klimatischen und sozioökonomischen Entwicklungen, der damit verbundenen Unsicherheiten und ihrer Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft zu zeichnen (Deltares, 2018).

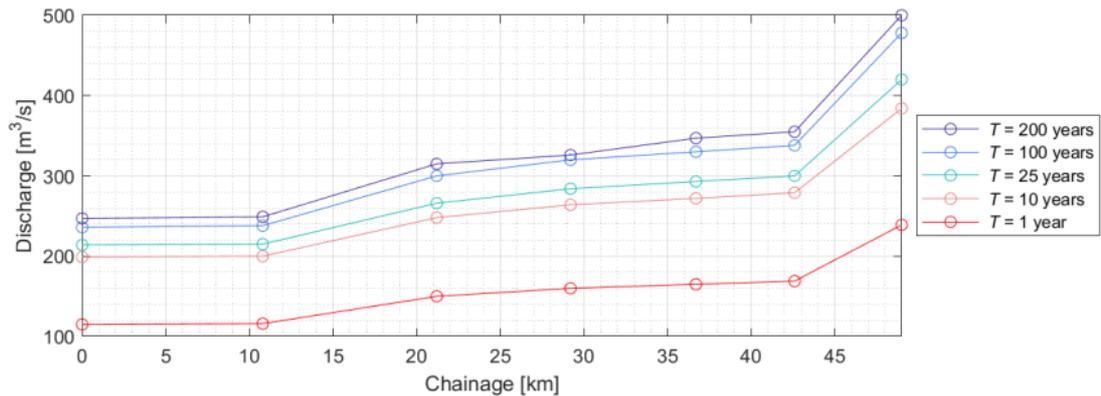


Abbildung 8: Abflussspitzen an verschiedenen Stellen der niederländischen Vechte (T =Rückflussdauer) (Haastregt, 2023)

Die Abflussdynamik der Vechte ist stark von den Niederschlägen und der Wasserentnahme im Sommer abhängig (Koronaci, 2022). Die umfangreichen Entwässerungsaktivitäten im Vechtetal führen in Verbindung mit der Begradigung der Vechte zu einem raschen Abfluss des Wassers (Maas & Woestenburger, 2013). Dies wiederum führt zu einem außergewöhnlich niedrigen Grundwasserstand während längerer Trockenperioden, wodurch die Wasserversorgung sowohl für die natürlichen Ökosysteme als auch für den landwirtschaftlichen Bedarf beeinträchtigt wird.

Durch die Abflussregulierung erfährt die Vechte über lange Zeiträume im Jahr verminderte Fließgeschwindigkeiten, während gleichzeitig hohe Abflüsse schnell abgeleitet werden. Die intermittierenden schnellen Fließgeschwindigkeiten tragen dazu bei, dass sich der Fluss einschneidet und eine tiefe Rinne mit wenig abwechslungsreichen Lebensräumen bildet. Außerdem führen die Staudämme im oberen Flusstal zu Feuchtigkeit und im unteren Tal zur Austrocknung. Große Teile des natürlichen Überschwemmungsgebiets sind nicht mehr mit dem Flusssystem verbunden, was zu einer unzureichenden Speicherkapazität führt. (Waterschap Vechtstromen, 2021b).

In den Niederlanden blickt das Gebiet auf eine lange Geschichte menschlicher Eingriffe zurück. Der natürliche Torf wurde seit dem Mittelalter abgebaut und das Gebiet wurde entwässert, um es für die landwirtschaftliche Nutzung nutzbar zu machen. Die Verringerung der Überschwemmungsflächen und der Rückhaltekapazität hat das Abflussregime der Vechte stark beeinflusst. Darüber hinaus wurde die Vechte kanalisiert, um den Transport zu ermöglichen, was ihre Fließigenschaften weiter beeinflusste.

Die Berkel fließt bei Zutphen in die IJssel. Der deutsche Teil der Berkel hat einen mäandrierenden Charakter mit einem schmalen Profil (Blom & Van

der Werf, 2022). Der niederländische Teil ist stark kanalisiert und hat ein breites und tiefes Sommerbett (Van Dongen, R., Eysink, F., Van de Weerd, 2015).

Der jährliche maximale Tagesabfluss der Berkel bei Rekken (nahe der deutsch-niederländischen Grenze) für Wiederkehrperioden von 1 und 100 Jahren beträgt 42 bzw. 78 m³/s (Van Dongen, R., Eysink, F., Van de Weerd, 2015).

Der jährliche maximale Tagesabfluss der Issel am Wehr De Pol für Wiederkehrperioden von 1 und 100 Jahren beträgt 54 bzw. 126 m³/s (Botterhuis & Klopstra, 2004).

Die beiden Hauptzuflüsse der Issel sind die Issel und die Bocholter Aa, die bei Ulft zusammenfließen. Stromabwärts des Wehrs De Pol mündet der Bielheimerbeek in die Issel (Botterhuis & Klopstra, 2004).

In De Jong (2023) wurde eine Wasserbilanz für einen Teil der Vechte erstellt. Die wichtigsten Zuflüsse und Abflüsse des Systems wurden quantifiziert. Auch in Luijkx (2020) wurde eine Wasserbilanz für einige Teile des Einzugsgebiets der Vechte (Ommerkanaal, Dinkel und Sallandse Wetering) erstellt.



Abbildung 9: Der niederländische Teil der Vechte mit den Standorten der Wehre und den wichtigsten seitlichen Zuflüssen (Haastregt, 2023)

Um den Durchfluss des Flusses an verschiedenen Stellen zu regulieren, wurden in der Vergangenheit Wehre gebaut (Abbildung 9) (Haastregt, 2023; Koronaci, 2022). Um den Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen, liegt der Schwerpunkt der Vechte-Stauwehre heute auf der Rückhaltung und Speicherung von Wasser bei Wassermangel und der Ableitung von Wasser flussabwärts bei Wasserüberschuss. Durch das Zurückhalten und Speichern von Wasser bleibt das Wasser im System, was später die negativen Auswirkungen von Dürreperioden abmildern kann (Waterschap Vechtstromen, 2021b). Die Wasserrückhaltung und -speicherung wurde durch die Schaffung mäandrierender Kanäle um die Wehre herum umgesetzt, um den Fluss an einigen Stellen wieder in seinen

ursprünglichen Zustand zu versetzen (Koronaci, 2022). Dies wird die Strömung und den Wasserstand des Flusses beeinflussen. Über die Veränderungen der Wasserwege wird in Dokumenten wie dem "Factsheet KRW 49 waterlichamen Vechtstromen" auf der Website der regionalen Wasserbehörde Vechtstromen (<https://www.vechtstromen.nl/bestuur/waterbeheerprogramma-2022-2027/>) oder den "KRW factsheets" auf der Website von Drents Overijsselse Delta (<https://www.wdodelta.nl/waterbeheerprogramma>) berichtet. Als Mittel zur Anpassung an den Klimawandel werden auch die Wehre anders verwaltet. Sie werden häufiger und schneller betätigt, wenn Dürreperioden oder extreme Niederschläge zu erwarten sind (Waterschap Vechtstromen, 2021b). All diese Maßnahmen werden ergriffen, um die Auswirkungen von Dürren und Wasserüberschüssen für die Wassernutzer zu verringern, bei denen es sich für die Vechte hauptsächlich um die Landwirtschaft und die Natur handelt (Waterschap Vechtstromen, 2021b).

Eine der ersten Studien über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Einzugsgebiet der Vechte wurde von Middelkoop et al. (2001) durchgeführt. Sie wendeten ein konzeptionelles Regen-Abfluss-Modell an, um die Auswirkungen des Klimawandels auf den Abfluss der Flüsse zu bewerten, und stellten einen Anstieg der jährlichen Spitzenabflüsse um etwa 20 % und einen Rückgang des Abflusses im Spätsommer um etwa 5 % unter dem Szenario UKHI2050 fest. Van Velzen et al. (2007) berichteten über einen erwarteten Anstieg des Abflusses zwischen 7 und 18 % im Jahr 2050 und zwischen 11 und 31 % im Jahr 2100 im Rahmen des WB21-Szenarios. Verdonschot (2009) erzielte Ergebnisse, die sich mit denen von Middelkoop et al. (2001) unter Verwendung eines physikalisch basierten hydrologischen Modells eines Teilbereichs der Vechte decken. Er stellte fest, dass sowohl die Häufigkeit von Abflussspitzen als auch die Anzahl von Dürreereignissen für verschiedene Klimaszenarien zunehmen werden. Kürzlich wurden die KNMI-Klimaszenarien und ihre Auswirkungen qualitativ auf das Vechte-Einzugsgebiet übertragen (Waterschap Vechtstromen & WDOD, 2022). Die hydrologischen Auswirkungen stimmen im Allgemeinen mit früheren Untersuchungen überein, die eine Zunahme der Häufigkeit von Dürren und der Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen zeigen. Studien zu den hydrologischen Auswirkungen des Klimawandels für die Issel und die Berkel wurden in der wissenschaftlichen und professionellen Literatur nicht gefunden.

2.4 Geohydrologie

Systembeschreibung

Die Einzugsgebiete der Vechte, der Berkel und der Oude IJssel sind Teil des Rheineinzugsgebiets, und ihre geologischen Merkmale werden durch die komplexe geologische Geschichte der Region beeinflusst. Die Einzugsgebiete weisen eine Vielfalt von Bodentypen auf, die auf das Vorhandensein von Gletscherablagerungen aus vergangenen Eiszeiten in Verbindung mit anhaltenden fluvialen Prozessen zurückzuführen sind.

Das Untersuchungsgebiet umfasst überwiegend frei entwässernde Sandflächen aus dem Pleistozän, in den Niederlanden Hoog Nederland genannt (Hendriks et al., 2022) und Niederungen im Nord- und Mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet in Deutschland (LBEG, 2016).

Die pleistozänen Sande zeichnen sich durch ihre einzigartige Geomorphologie und die vorherrschenden Sand- und Lehmlagerungen aus, die aus der pleistozänen Epoche [2,6 Millionen - 11700 Jahre v. Chr.] stammen (Stouthamer et al., 2020).

Der Wechsel zwischen eiszeitlichen und zwischeneiszeitlichen Warmzeiten mit abwechselnden Erosionen und Ablagerungen sowie vorrückenden und sich zurückziehenden Eiskappen führte zu einer Landschaft, die durch hohe Bergrücken (Moränen), feine äolische Sandablagerungen (Deckensande) und Bachtäler gekennzeichnet ist (Stouthamer et al., 2020), wie in Abbildung 10 zu sehen.

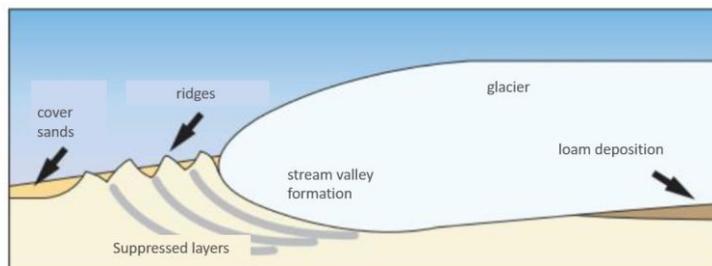


Abbildung 10: Formung der Landschaft im Untersuchungsgebiet (übersetzt aus Provincie Overijssel, 2013)

Die Moränen, die Deckensande und die Bachtäler bestimmen die derzeitige Funktionsweise des Grundwassersystems in diesem Gebiet. Die hydrogeologische Basis des Vechtebeckens liegt im Durchschnitt bei etwa 100 m ü. NN. (Waterschap Vechtstromen, 2017). Darüber befinden sich Ton- und Sandschichten aus verschiedenen Formationen aus dem Holozän und Pleistozän.

Auf den höher gelegenen Böden mit Sand oder Geschiebelehm infiltrieren Regen- und Oberflächenwasser über den phreatischen Grundwasserleiter

(hauptsächlich Sande) in tiefere Grundwasserleiter. Unterhalb des phreatischen Grundwasserleiters befindet sich eine relativ undurchlässige Schicht von 3 bis 4 Metern Mächtigkeit, die die Grenze zwischen dem phreatischen Grundwasser und dem ersten (halb-) gespannten Grundwasserleiter bildet. Die Mächtigkeit des ersten Grundwasserleiters schwankt zwischen 10 und 90 m (LBEG, 2016).

Die höher gelegenen Böden (Moränen) sind die wichtigsten Grundwasseranreicherungsgebiete. Aufgrund ihrer dicken ungesättigten Schicht ist die Verweilzeit des Grundwassers groß und die Gesamtdynamik im System gering (van Doorn & Jalink, 2017).

Das Grundwasser fließt von den höher gelegenen Böden zu den lehmigen und torfigen Böden in die tiefer gelegenen Gebieten, wo das Grundwasser an die Oberfläche sickert und zu den Abflüssen der Flüsse beiträgt. Im Allgemeinen sind der pleistozäne sandige Ober- und Unterboden durch eine hohe Durchlässigkeit und eine entsprechend hohe Infiltrationskapazität gekennzeichnet, was zu einer begrenzten Verweildauer des Wassers in der ungesättigten Zone führt (van Doorn & Jalink, 2017).

Im Prinzip folgt das Grundwasser dem Verlauf der Zuflüsse zu den Hauptgewässern. Lediglich entlang der Issel unterscheidet sich das unterirdische Einzugsgebiet vom topographisch bedingten Einzugsgebiet, da der Grundwasserleiter auch in den Rhein entwässert (MUNV, 2005).

Menschliche Interventionen

Der menschliche Einfluss auf das Grundwassersystem ist erheblich. Vor den menschlichen Eingriffen war der Grundwasserfluss von den höher gelegenen zu den tiefer gelegenen Gebieten stark verzögert. Intensive Entwässerung, Grundwasserentnahmen (z. B. für Trinkwasser, Bewässerung) und Änderungen in der Landnutzung wirkten sich jedoch auf den Grundwasserfluss aus und führten zu Veränderungen der Grundwasserspiegel und -ströme, siehe Abbildung 11. Sowohl in den Niederlanden als auch in Deutschland wurde und wird das Gebiet stark entwässert, um die landwirtschaftliche Nutzung zu maximieren.

Im Einzugsgebiet der Vechte ist das Grundwasser die wichtigste Quelle für die Trinkwasserversorgung, da die sommerlichen Flussabflüsse zu gering sind, um für die Trinkwasserversorgung ausreichend zu sein (Interview Vitens, NLWKN). In Deutschland ist der Issel-Grundwasserleiter eine wichtige Quelle für die Wasserversorgung, wobei das Wasser hauptsächlich aus den oberflächennahen Grundwasserleitern entnommen

wird (MUNV, 2005). Das Grundwasser wird auch für Bewässerungszwecke genutzt. Während im niederländischen Teil die Wasserversorgung für ein großes Gebiet (Berkel, Issel und Teile der Vechte) durch Wasser aus einem Oberflächenwassersystem (Twente-Kanäle, siehe Abschnitt 2.7) erfolgt, ist das übrige Gebiet ausschließlich von Niederschlägen und Grundwasser abhängig. Die Grundwasserentnahme nimmt in trockenen Jahren stark zu. Es wird erwartet, dass die Grundwassernutzung für Bewässerungszwecke in den Niederlanden bis 2050 um 55 % zunehmen wird (Waterschap Vechtstromen, 2024) und um 100 % im Jahr 2050 in NRW.

Aus diesen Gründen ist der Grundwasserspiegel im Untersuchungsgebiet seit 150 Jahren rückläufig (Hendriks et al., 2022) was einen großen Einfluss auf die Abflüsse der Flüsse im Sommer hat, dem Zeitraum, in dem die Flüsse in erheblichem Maße durch Grundwasser gespeist werden (MUNV, 2005). Besonders kleine Bäche trocknen in Trockenperioden oft aus (NLWKN, 2024a).

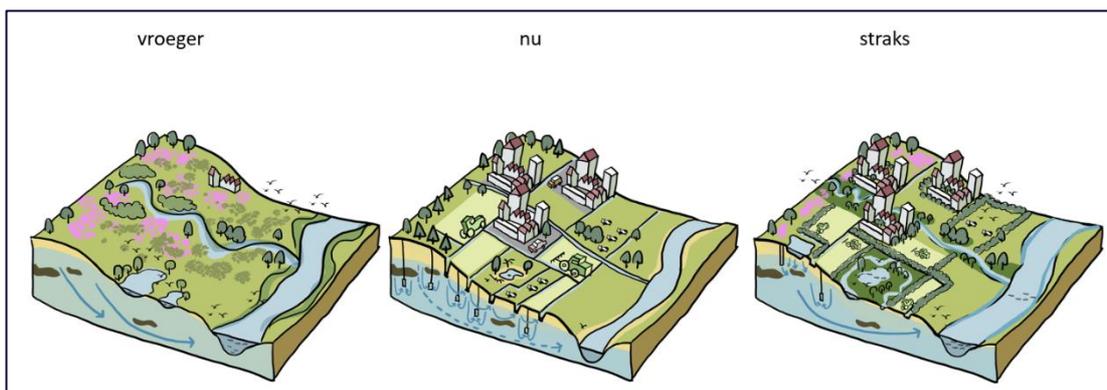


Abbildung 11: Veränderungen in der Land- und Wassernutzung in den höheren Niederlanden im Laufe der Zeit und ihre Auswirkungen auf Grundwasser und Natur. Links: natürliche Situation (bis vor etwa 200 Jahren); Mitte: aktuelle Situation; rechts: mögliche zukünftige Situation, in der mit einer Reihe von Maßnahmen der Grundwasserspiegel angehoben und die Sickerströmungen verstärkt werden können. Dazu gehören die folgenden Arten von Maßnahmen: weniger Entwässerung, weniger Entnahme, Versickerung von Oberflächenwasser (Hendriks et al., 2022).

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Oberflächenwasser hängt die lokale Grundwasserneubildung hauptsächlich von Niederschlägen ab und wird häufig durch die effektive Entwässerung behindert.

Aus diesem Grund ist das Grundwassersystem anfällig für Veränderungen des Niederschlagsregimes durch den Klimawandel (van Doorn & Jalink, 2017).

Durch den Klimawandel ist es wahrscheinlicher, dass der Grundwasserspiegel im Winter steigt und im Sommer sinkt, was zu größeren Schwankungen des Grundwasserspiegels führt und seine natürlichen Funktionen beeinträchtigt.

Im Sommer wird eine Zunahme längerer Dürreperioden und infolgedessen ein Anstieg des Wasserbedarfs den Druck auf die Grundwasserleiter weiter erhöhen (Waterschap Vechtstromen, 2024), da die Natur bereits jetzt unter strukturell abgesenkten Grundwasserspiegeln aufgrund umfangreicher Landnutzungsänderungen und zunehmender Grundwasserentnahmen leidet.

In den letzten Jahren wurden mehrere Projekte initiiert, um die ersten Schritte zur Wiederherstellung des Wassersystems zu unternehmen, z. B. [Emslandplan 2.0](#), [Zoetwatervoorziening Oost-Nederland \(ZON\)](#) und das EU-Horizont-Projekt [SpongeWorks](#) (ab September 2024).

Jüngste und laufende Studien in den Einzugsgebieten der Berkel und der Issel befassen sich mit den Auswirkungen einer Erhöhung des Grundwasserspiegels um 20 bis 40 cm auf verschiedene Landnutzungen. Eine Anhebung des Grundwasserspiegels ist erforderlich, um die Austrocknung abzumildern (Provinz Gelderland). Es gibt verschiedene Arten von Maßnahmen zur Erhöhung des Grundwasserspiegels in den Sandgebieten. Nach Hendriks (2022) sind die drei wirksamsten:

- Verringerung der Entwässerung: Entfernen oder Anheben von Entwässerungseinrichtungen (Wasserläufe, Gräben, Drainagen)
- Verringerung der Entnahme: Verringerung der Grundwasserentnahme und Ausgleich der Entnahmen durch zusätzliche Versickerung im Winter
- Versickerung von Oberflächenwasser in Gebieten mit tiefem Grundwasserspiegel

Grenzüberschreitende Auswirkungen

Aus den Interviews lässt sich schließen, dass das Wissen über grenzüberschreitende Auswirkungen des Grundwassers begrenzt ist. Insbesondere die niederländischen Behörden nannten die grenzüberschreitenden Auswirkungen des Grundwassers als eine der größten Wissenslücken im System (Provinz Gelderland, regionale Wasserbehörde Vechtstromen, Provinz Overijssel). Mehr Zusammenarbeit und gemeinsame Grundwassermodelle wurden auch von den deutschen Akteuren (LBEG, Wasserverbandstag, WAZ) genannt.

Im Allgemeinen lassen sich zwei Arten von grenzüberschreitenden Grundwasserauswirkungen feststellen:

- Direkte Beeinflussung des grenzüberschreitenden Grundwasserspiegels durch Entnahmen / Anreicherungen.
- Die Auswirkungen des (flussaufwärts gelegenen) Grundwasserspiegels auf den (flussabwärts gelegenen) Abfluss der Flüsse, z. B. Austrocknen von Flüssen oder niedrige

Grundwasserstände aufgrund niedriger Grundwasserstände flussaufwärts.

Laut Vitens sind die direkten grenzüberschreitenden Auswirkungen von Veränderungen in der Grundwasserdynamik begrenzt, da der Grundwasserleiter zur Grenze hin ausdünt (Interview Vitens), siehe Abbildung 12.

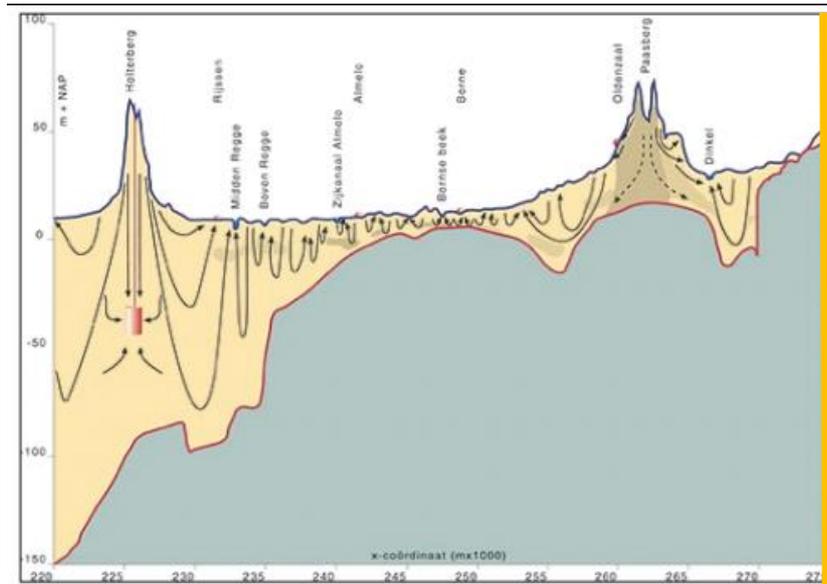


Abbildung 12: Konzeptuelles Modell des Grundwasserleiters im niederländischen Teil des Untersuchungsgebiets, der in Richtung Deutschland ausdünt (die Grenze ist als orangefarbene Linie auf der rechten Seite des x-Schnitts markiert) (RIWM, 2014).

Im Untersuchungsgebiet ist nur ein Standort in Manderveen bekannt, wo niederländische und deutsche (Trink-)Wasserentnahmen grenzüberschreitende Einflüsse haben.

Da es jedoch keine grenzüberschreitenden Grundwassermodelle auf regionaler Ebene gibt, sind die direkten grenzüberschreitenden Auswirkungen noch nicht gut untersucht worden. Nach Ansicht der Provinz Overijssel ist eine stärkere Zusammenarbeit erforderlich, um zu vermeiden, dass ein Beteiligter die Entnahme einschränken muss, während der andere Beteiligte die Entnahme erhöht (Interview Provinz Overijssel). In ähnlicher Weise erwähnte ein Trinkwasserunternehmen in Deutschland (WAZ) die Notwendigkeit einer grenzüberschreitenden Zusammenarbeit bei der Wiederauffüllung von Grundwasserkörpern (Interview WAZ).

Die zweite Art von Auswirkungen auf das Grundwasser sind die Auswirkungen des Grundwasserspiegels flussaufwärts auf den Grundwasserstrom flussabwärts. Die Mechanismen sind viel besser verstanden, aber nur begrenzt quantifizierbar. Im Sommer sind die grenzüberschreitenden Bäche und Flüsse von der Grundwasserneubildung

abhängig, und Naturschutzgebiete in der Grenzregion (z. B. Moorgebiete) leiden unter einem zu geringen Grundwasserfluss, was ihr Potenzial für die ökologische Wiederherstellung einschränkt und eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit erfordert (Interview Naturmonumenten). In diesem Zusammenhang wurde insbesondere der Buurserbeek genannt. Daher würden Wasserrückhaltmaßnahmen in Deutschland, die zu einem höheren Grundwasserspiegel führen, auch Naturschutzgebieten in den Niederlanden zugutekommen.

Wie in mehreren Interviews in beiden Ländern (Provinz Gelderland, GPRW) erwähnt wurde, ist die grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Bereich des Grundwassers im Allgemeinen viel weniger entwickelt als die Zusammenarbeit bei Oberflächengewässern, was auch mit dem begrenzten Wissen über das Ausmaß der grenzüberschreitenden Grundwasserinteraktion zusammenhängt.

2.5 Wasserverbrauch

Im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte dominiert die Grundwasserentnahme durch die öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen, die verschiedene Sektoren versorgen, aber in trockenen Jahren kann die Landwirtschaft zumindest ähnliche Wassermengen nutzen. Im niedersächsischen Pilotgebiet des Vechte-Einzugsgebiets wird die Trinkwassernutzung in drei Kategorien unterteilt. Nach Angaben des Trink- und Abwasserzweckverbands Niedergrafschaft (WAZ, WAZ, 2024) werden ca. 50 % des Trinkwassers von privaten Haushalten, 30 % von der Landwirtschaft und 20 % von der Industrie genutzt. Es ist jedoch zu erwähnen, dass einige Industriebetriebe in der Region über eigene Wasserrechte verfügen und ihr eigenes Wasser in ihren Prozessen verwenden. Außerdem betreiben viele landwirtschaftliche Betriebe ihre eigenen Brunnen zur Bewässerung der Felder und zur Versorgung der Tiere. Das macht es kompliziert, im Einzelnen zu beurteilen, wie viel Wasser von wem genutzt wird. Für alle genannten Nutzungen ist eine Genehmigung für die Entnahme erforderlich.

Im niederländischen Teil des Einzugsgebiets der Vechte ist für Entnahmen von mehr als 60 m³ /Stunde oder 50.000 m³ pro Monat oder innerhalb von Sperrgebieten eine Genehmigung erforderlich, die bei der Wasserbehörde beantragt werden muss. Entnahmen von mehr als 10 m³ /Stunde bedürfen mindestens einer Anzeige bei der Wasserbehörde. Genehmigte und angemeldete Entnahmen müssen auch überwacht und im LGR (Nationales Grundwasserregister) registriert werden, aber bei angemeldeten

Entnahmen wird dies in der Praxis nur teilweise umgesetzt (Rekenkamer Oost-Nederland, 2022).

Im Zeitraum 2000 bis 2015 war die Grundwasserentnahme in der Provinz Overijssel, die den größten Teil des niederländischen Teils des Vechte-Einzugsgebiets umfasst, nahezu konstant, aber zwischen 2015 und 2020 stieg die Entnahme um 10 %. Die industrielle Grundwasserentnahme macht 5 % der Gesamtentnahme aus und ist zurückgegangen (Rekenkamer Oost-Nederland, 2022).

Im Falle von Wasserknappheit wird das Wasser in den Niederlanden den Nutzern nach einer Politik der Priorisierung zugeteilt. Die Wassernutzung wird in vier Klassen von höchster bis niedrigster Priorität eingeteilt:

1. Sicherheit und Vermeidung irreversibler Schäden: Stabilität der Hochwasserschutzanlagen, Wasserstandsmanagement zur Verhinderung von Besiedlung und irreversiblen ökologischen Schäden.
2. Öffentliche Versorgungsbetriebe: Versorgungssicherheit bei Trinkwasser und (dem Wasserbedarf zugrunde liegender) Energieversorgung
3. Kleinere hochwertige Wassernutzungen (vorübergehende Bewässerung kapitalintensiver Kulturen, industrielles Prozesswasser)
4. Andere Nutzungen: Schifffahrt, Landwirtschaft, Natur (ohne irreversible Schäden), Industrie, Erholung, Binnenfischerei, Trinkwasser- und Energieversorgung (nicht notwendig für die Versorgungssicherheit) und andere Interessen (MInW, 2020).

Die industrielle Wassernutzung hat im Allgemeinen einen geringen Verbrauchsanteil: Das meiste Wasser wird in das Oberflächenwassersystem zurückgeführt. Was die Auswirkungen auf die Wassersysteme betrifft, so können die Probleme mit der Wasserqualität, die durch Schadstoffe im Rückfluss verursacht werden, die Probleme mit der Verknappung des Oberflächenwassers, die durch die verbrauchte Wassermenge verursacht werden, bei weitem übersteigen; bei der Grundwassernutzung kann sie die Nachhaltigkeit der Grundwasserleiter erheblich beeinträchtigen.

Die Wasserentnahme durch die Landwirtschaft nimmt in trockenen Jahren zu. Infolge des Klimawandels (siehe Kapitel 2.2) ist häufiger mit Ertragseinbußen aufgrund von Trockenperioden und Starkregenereignissen zu rechnen. Die Landwirtschaft wird sich an die veränderten Niederschläge anpassen, was zu einer deutlichen Zunahme der Bewässerung in den Sommermonaten führen wird (Anter & Kreins, 2013).

In weiten Teilen des Einzugsgebiets der Vechte ist Süßwasser für die landwirtschaftliche Nutzung aus lokalen Quellen wie privaten Brunnen und regionalen Wasserversorgern verfügbar.

Die flussabwärts gelegenen Gebiete, z. B. im Bewirtschaftungsgebiet der regionalen Wasserbehörde Drents Overijsselse Delta (WDOD) und in der Provinz Drenthe, werden über Kanäle mit Süßwasser aus dem Fluss IJssel versorgt, wobei sie teilweise auf Pumpen angewiesen sind. In den weiter flussaufwärts gelegenen Teilen des Einzugsgebiets in den Niederlanden wird in Trockenperioden während der Vegetationsperiode häufig zusätzliches Süßwasser für Acker- und Weideflächen durch Beregnung bereitgestellt. Für kurze Trockenperioden kann auch in Gräben oder lokalen Teichen gespeichertes Süßwasser von Bedeutung sein, doch ist das von den Landwirten hochgepumpte Grundwasser bei weitem die wichtigste Quelle für die Bewässerung.

Eine Analyse der landwirtschaftlichen Wassernutzung in den Jahren 2018 und 2019 ergab, dass die Grundwasserentnahme für die Landwirtschaft sogar genauso hoch sein könnte wie die Entnahme durch das öffentliche Wasserversorgungsunternehmen, aber dass die Unsicherheiten groß sind (Projektteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

Die geschätzten Entnahmen für die Bewässerung im Jahr 2018 für die regionale Wasserbehörde Vechtstromen wurden mit zwei Methoden auf 20 Millionen m³ (LHM - Nationales Hydrologisches Modell) und 45 Millionen m³ (RS - Fernerkundung) geschätzt. Auch für das Drents Overijsselse Delta ergab das LHM 25 Mio. m³ und das RS 51 Mio. m³. Der Hauptunterschied zwischen den Schätzungen ergab sich aus den Annahmen über die bewässerte Fläche. Bei der LHM-Schätzung wurden veraltete Informationen über landwirtschaftliche Praktiken im späten Frühjahr verwendet, während bei der RS-Schätzung Fernerkundung zur Diagnose der Bewässerungsanwendung eingesetzt wurde. Die Fernerkundung ergab, dass 30 bis 33 % der landwirtschaftlichen Fläche bewässert wurden, die LHM ging von etwa 10 % aus. Bei beiden Methoden besteht eine erhebliche Unsicherheit hinsichtlich der Bewässerungstiefe (in mm).

Eine dritte Schätzung, die auf dem registrierten Wasserverbrauch basiert, war für die beiden regionalen Wasserbehörden der Vechte nicht verfügbar. Für andere regionale Wasserbehörden lag die Schätzung auf der Grundlage der registrierten und gemeldeten Nutzung strukturell unter den modellbasierten Schätzungen.

Die registrierten Entnahmen für die Bewässerung in den Bewirtschaftungsgebieten der regionalen Wasserbehörde Vechtstromen und Drents Overijsselse Delta belaufen sich in einem durchschnittlichen Jahr auf 6 Mio. m³ bzw. 5 Mio. m³; in einem typischen Trockenjahr erhöht sich dieser Wert auf 19 Mio. m³ bzw. 17 Mio. m³. Der zusätzliche Wasserverbrauch durch kleine, nicht registrierte Entnahmen ist für Vechtstromen und Drents

Overijsselse Delta nicht bekannt, aber Modellschätzungen in den Gebieten der regionalen Wasserbehörden in Nord Brabant deuten darauf hin, dass sie in der gleichen Größenordnung liegen oder sogar die registrierten Entnahmen weit übersteigen können (UVW & IPO, 2021).

Um die landwirtschaftlichen Wasserentnahmen im Jahr 2018 in die richtige Perspektive zu rücken, belaufen sich die durchschnittlichen Grundwasserentnahmen des öffentlichen Wasserversorgungsunternehmens in Vechtstromen und Drents Overijsselse Delta auf 45 Mio. m³ bzw. 47 Mio. m³. Die RS-Schätzungen deuten darauf hin, dass die landwirtschaftliche Wassernutzung in Dürrejahren die Entnahmen für die vorrangige Nutzung erreichen oder übersteigen kann. Die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Wassernutzung auf die Natur werden durch den Standort der Entnahmen noch verstärkt, da 29 bis 33 % der landwirtschaftlichen Entnahmen in Naturgebieten und deren Pufferzonen in den Gebieten Vechtstromen und Drents Overijsselse Delta erfolgen (gegenüber 8 bis 13 % der anderen Arten von Entnahmen).

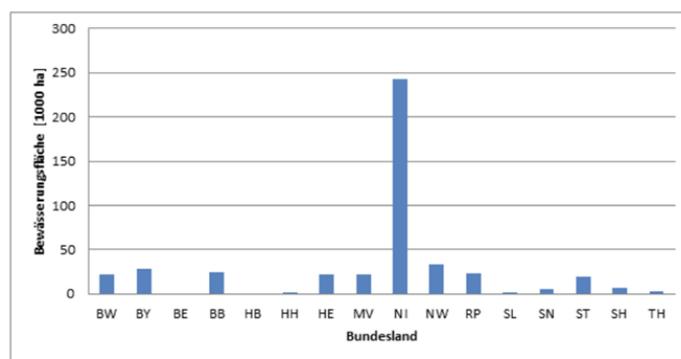
In der Literatur und in der Politik werden verschiedene wichtige Empfehlungen zur Wassernutzung in der Landwirtschaft erörtert:

- Die Erfassung der Wassernutzung sollte verbessert werden, sowohl was den Erfassungsbereich als auch die rechtzeitige Verfügbarkeit von Wassernutzungsdaten betrifft.
- Die Schwellenwerte für die Registrierung (oder die Meldepflicht) sollten gesenkt werden. Eine Region mit verstreuten kleineren Entnahmen aus einem Grundwasserleiter ist ein prototypisches Beispiel für ein Problem der gemeinsamen Ressourcen. Werden erhebliche Entnahmen ohne Meldepflicht belassen, kann dies zu einer "Tragödie der Allmende" und damit zu Wasserknappheit führen. Umfangreiche internationale Erfahrungen mit der Bewirtschaftung von Allmende-Ressourcen sprechen nachdrücklich für eine umfassendere Registrierung (und Berichterstattung) (Witte et al., 2020).
- Es sollten weniger wasserintensive Kulturen angebaut werden. Derzeit werden Gras- und Pflanzenkulturen nach dem wirtschaftlichen Nettoertrag und nicht nach dem Wasserverbrauch ausgewählt. Da Süßwasser (blaues Wasser) in normalen Jahren nicht als knapp empfunden wird, werden Kulturen gewählt, die in solchen Jahren sogar grünes Wasser (Regenwasser, vorübergehend im Boden gespeichertes Wasser) verbrauchen und in trockeneren Jahren mehr Bewässerungswasser benötigen (Witte et al., 2020).
- In diesem Zusammenhang wird empfohlen, grünes Wasser in der Wasserwirtschaft ausdrücklich zu berücksichtigen (Hoekstra, 2012). Die Berichterstattung über die Wassernutzung, die sich traditionell auf die Nutzung von blauem Wasser und die Bilanzen für blaues Wasser konzentriert, kann um Informationen über die Nutzung von grünem Wasser

erweitert werden und aufzeigen, wo eine intensive Nutzung von grünem Wasser die Sensibilität für blaues Wasser erhöhen und die Wasserknappheit verringern kann.

Im deutschen Einzugsgebiet der Vechte im Bereich des WAZ in Niedersachsen werden 30 % des öffentlichen Wassers für die Landwirtschaft verwendet, private Brunnen nicht mitgerechnet.

Insgesamt werden 2,7 % der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland bewässert (Statistisches Bundesamt, 2016). Niedersachsen ist mit rund 242.000 Hektar bewässerter Fläche im Jahr 2015 das bewässerungsintensivste Bundesland (siehe Balkendiagramm unten).



Quelle: Destatis (2016).

Abbildung 13: Bewässerte landwirtschaftliche Nutzfläche in 1000 ha in den Bundesländern in Deutschland im Jahr 2012 (Anter & Kreins, 2013). Niedersachsen wird mit NI abgekürzt, Nordrhein-Westfalen mit NW.

Die folgende Tabelle des Thünen-Instituts (2015) zeigt den Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung in Nordrhein-Westfalen für verschiedene Zeiträume. Für die Ausgangssituation wird für NRW ein Wasserbedarf von rund 19 Mio. m³ pro Jahr errechnet. Der Wasserbedarf für gärtnerische Kulturen in Nordrhein-Westfalen wird um weniger als 50% steigen, während sich der Wasserbedarf für landwirtschaftliche Kulturen bis 2050 etwa verdreifacht. Mit der Zeit verstärken sich diese Entwicklungstendenzen. Bis zum letzten betrachteten Zeitraum (2051-2080) wird der Wasserbedarf in Nordrhein-Westfalen voraussichtlich um das 19-fache ansteigen. Nach Kreins et al. (2015) bedeutet dies rund 350 Mio. m³ (Kreins et al., 2015). Mehr als 90 % davon entfallen auf die landwirtschaftliche Bewässerung.

	1961-1990			1990-2020		
	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau
NRW	14,1	3,4	10,7	25,1	12,6	12,4
Düsseldorf	6,2	1,9	4,4	10,9	6	4,9
Köln	3,4	0,8	2,6	7,1	4,2	3
Münster	2,9	0,6	2,3	4,9	2	2,9
Detmold	1,3	0,2	1,2	1,8	0,4	1,3
Arnsberg	0,3	–	0,3	0,4	0	0,4

	2021-2050			2051-2080		
	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau
NRW	56,6	39,4	17,1	128,6	101,9	26,6
Düsseldorf	22,7	15,9	6,9	50,2	39,5	10,7
Köln	21,5	17,5	4	50,5	44,3	6,2
Münster	7,2	3,5	3,7	12,5	7	5,6
Detmold	4,2	2,2	2	11,2	8	3,2
Arnsberg	1	0,4	0,6	4,1	3,1	1

Quelle: Kreins et al. (2013; 2015).

Abbildung 14: Entwicklung des Bewässerungsbedarfs in der Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen (in Mio. m³)³(Anter et al., 2018).

Der Transport durch die Schifffahrt und die Freizeitschifffahrt sorgen für einen zusätzlichen Wasserbedarf. Dieser besteht hauptsächlich in der Anforderung eines Mindestwasserstandes, was eine Form der nicht verbrauchenden Nutzung darstellt. Der Betrieb von Schleusen führt jedoch zu einem Abfluss flussabwärts, der als konsumtive Nutzung für das flussaufwärts gelegene Gebiet angesehen werden kann. Der Transport durch die Schifffahrt konzentriert sich in diesem Gebiet auf das Twente-Kanalsystem, während die Freizeitschifffahrt hauptsächlich auf der Vechte und der Issel stattfindet.

Die letzte wichtige Funktion, die das Wasser nutzt, ist die Natur. Dies bezieht sich sowohl auf die aquatische Natur als auch auf die terrestrische, wasserabhängige Natur, die hauptsächlich von einem ausreichend hohen Grundwasserspiegel abhängt. Die Quantifizierung dieses Wasserbedarfs für das Einzugsgebiet ist komplex. Für das Vechtegebiet wird derzeit in der Grenzwasserkommission diskutiert, Mindestwassermengen als Anhang zu den Grenzwasserverträgen aufzunehmen (siehe auch Kapitel 4.3).

2.6 Verwaltung der Vechte

Die Vechte hat eine lange Geschichte von Eingriffen des Menschen, die sich auf die Flussmorphologie auswirken. Die ersten Eingriffe erfolgten in der Zeit zwischen dem Ende des 19. und der Mitte des 20. Im deutschen Teil der Vechte gingen die Eingriffe mit der Entwässerung der Torfgebiete Nordwestdeutschlands für die landwirtschaftliche Nutzung in den 1950er

Jahren einher (Emslandplan) (DHV, 2009). Neben der Entwässerung wurde der Wasserabfluss durch parallel zur Vechte verlaufende Gräben (Talgräben) reguliert. Stromabwärts von Neuenhaus münden diese Gräben in den Fluss. Im Zuge der Umsetzung der WRRL wurden mehrere Wehre zur Durchgängigkeit verbessert³. Bereits vor dem Zweiten Weltkrieg wurde der Wasserstand des Flusses zu Bewässerungszwecken mit Wehren erhöht. Seit den 1960er Jahren wurde der untere Teil der Deutschen Vechte kanalisiert und begradigt. Bei diesen Eingriffen verringerte sich die Länge des Flusses um ca. 50 km.

In den Niederlanden wurden auch die Mäander des frei fließenden Flusses entfernt und der Fluss begradigt, um die Hochwasserwellen zum Schutz vor Überschwemmungen schneller abzuführen (Wolfert & Maas, 2007). Diese Kanalisierung des Flusses wurde durch die Begradigung von 69 Mäandern und die Verringerung der Flusslänge um 25 km erreicht (Spruyt & Fujisaki, 2021; Wolfert & Maas, 2007). Die unmittelbare Folge dieser Flussbegradigung war eine Erhöhung des Flussbettgefälles, was zu einer Degradierung des Flussbettes und einer Abnahme der Fließtiefe führte (Wolfert & Maas, 2007). Der Sohlenverschlechterung wurde durch den Bau von Uferbefestigungen und sieben Kippschützenwehren zur Regulierung der Fließtiefe entgegengewirkt, von denen sechs noch immer in Betrieb sind (Haastregt, 2023).

In den letzten 25 Jahren wurde versucht, die ökologischen Funktionen des Flusses zu verbessern, indem die morphologische Aktivität erhöht und der Fluss durch eine Reihe von Eingriffen entlang des Flusses teilweise wieder natürlich gestaltet wurde. Dies wurde für den niederländischen Teil der Vechte besonders gut dokumentiert (siehe Anhang A und Haastregt, 2023) für weitere Informationen. In Deutschland sind der Rückbau des Wehrs in Schüttorf (NLWKN, 2021e) die Schaffung von Auengewässern bei Nordhorn (NLWKN, 2021a) und die Schaffung von Sukzessions- oder Initialgerinnen bei Schüttorf (NLWKN, 2021c) aktuelle Projekte, die dokumentiert sind.

In den Niederlanden wurden bis zum Jahr 2000 an verschiedenen Stellen des Flusses Notrückhaltegebiete und Becken in

³ "Die Durchgängigkeit eines Flusses bezieht sich auf die Möglichkeit, dass Wasser, Sedimente und Wasserfauna ungehindert flussaufwärts und flussabwärts fließen können [...]. Jedes vom Menschen geschaffene Hindernis in einem Fluss kann diese Flusskontinuität unterbrechen, indem es den Flusskorridor und die fluvialen Lebensräume fragmentiert. Diese Fragmentierung verändert den Austausch und die Durchgängigkeit innerhalb des Flusskorridors und der Flusskonnektivität, von denen ökologische Prozesse abhängen. (ECRR, 2019)."

Überschwemmungsgebieten für die Wasserentnahme in Trockenperioden angelegt. Nach 2000 und bis vor kurzem wurden entlang des Flusses eine Reihe von Seitenkanalbauten und -änderungen durchgeführt. Gleichzeitig wurden die Ufer an Teilen der Vechte und an einigen Nebenkanälen durch vollständige oder teilweise Entsteinung wieder in einen natürlicheren Zustand versetzt. Die Überschwemmungsgebiete wurden von den Bemühungen um die Renaturierung der Vechte betroffen, indem entweder Teile von ihnen abgesenkt wurden oder dem Fluss an einigen Stellen mehr Raum gegeben wurde, indem der Querschnitt des Hauptgerinnes verbreitert und/oder umgewidmet wurde. Schließlich wurden verschiedene andere Maßnahmen durchgeführt, wie der Bau von Schleusen und die Erneuerung und Verstärkung von Deichen.

In ihrem derzeitigen Zustand weist die Vechte auf einer Gesamtlänge von 182 km ein Gefälle von 105 m auf, wobei 10 m dieses Gefälles auf den niederländischen Teil entfallen (Lamers, 2017). Der mediane Sedimentdurchmesser des Flusses beträgt 0,325 mm (Lamers, 2017).

Otermann (2015) gab einen Überblick über einige neuere morphologische Entwicklungen in der Berkel, der im Folgenden zusammengefasst wird. Die Berkel war früher ein dynamischer Fluss, hat aber seit dem Mittelalter viele Veränderungen erfahren (Driessen et al., 2000; Pinkert, 2017). Die bemerkenswerteste Veränderung ist wahrscheinlich die großflächige Begradigung des Flusses, die seine Länge von 170 km auf 110 km reduzierte. Die Berkel weist die größte Veränderung der Sohlenhöhe im deutschen Teil auf. Der gesamte Höhenunterschied beträgt etwa 100 Meter über den gesamten Wasserlauf, d. h. von der Nähe der Stadt Billerbeck, wo sie entspringt, bis zur Mündung in die IJssel bei Zutphen, nachdem sie die deutsch-niederländische Grenze bei Oldekott überschritten hat.

Vor den zahlreichen und weitreichenden Veränderungen, die sie durchlief, kam es an der Berkel regelmäßig zu Überschwemmungen. Im 19. Jahrhundert wurde die Landbewirtschaftung ausgeweitet, was durch die künstliche Entwässerung des Landes zu einer noch größeren Überschwemmungsgefahr führte. Die vielen groß angelegten Eingriffe und der Bau von Wehren verschlechterten den Charakter und die Dynamik des Flusses, so dass Fischarten verschwanden und die Überschwemmungsgebiete nicht mehr überflutet wurden. Seit 2005 werden jedoch Anstrengungen unternommen, um einige Funktionen des Flusses wiederherzustellen, indem naturnahe Uferbereiche und Fischtreppe gebaut und der Flusslauf durch alte Mäander umgeleitet wird. Darüber hinaus wird versucht, Wasser in den Überschwemmungsgebieten zu speichern, indem Landwirte dafür entschädigt werden, dass sie Wasser auf ihr Land lassen.

Im Jahr 2014 wurde der gerade Teil der Berkel zwischen Almen und Zutphen in seinen früheren dynamischen, mäandrierenden Verlauf zurückversetzt, indem der Fluss durch Kurven und frühere Fließwege wiederhergestellt wurde. Insgesamt wurden 15 Krümmungen eingebaut, wodurch sich die Flusslänge um 2,5 km erhöhte. Der Fluss erhielt ein für mäandrierende Flüsse typisches Strömungsmuster mit einer tieferen und schnelleren Strömung in der äußeren Kurve und einer flacheren und langsameren Strömung in der inneren Kurve. In dieser neuen Situation beträgt der maximal zulässige Abfluss am Wehr in Lochem $9 \text{ m}^3 / \text{s}$, wobei das überschüssige Wasser in den Twentekanal umgeleitet wird.

2.7 Wasserbezogene Infrastruktur

Abfluss und Wasserstand in den Hauptflüssen des Vechtebeckens werden in hohem Maße durch Infrastrukturen reguliert. Eine in den Jahren 2002 - 2004 durchgeführte Bestandsaufnahme für den niedersächsischen Teil des Vechtebeckens weist 109 wesentliche Sohlbauwerke mit einer Wasserspiegelhöhe von mehr als 30 cm und 9 Düker und Durchlässe mit einer Länge von mehr als 100 m aus (NLWKN, 2004). Während einige dieser Bauwerke angepasst oder entfernt wurden, um die Verbindung zwischen den verschiedenen Flussabschnitten zu verbessern, sind 90 % der katalogisierten Infrastruktur noch vorhanden (persönliche Mitteilung, Vechteverband). In diesem Abschnitt geben wir einen Überblick über die wichtigsten Infrastrukturtypen und ihre Auswirkungen auf das Wassersystem, insbesondere bei Hochwasser und Dürre. Darüber hinaus geben wir an, wie und von wem die wichtigsten Infrastrukturen gewartet und betrieben werden.

Verwallungen

Deiche zum Hochwasserschutz gibt es entlang der gesamten Vechte. Aufgrund der verstreuten Zuständigkeit für die wasserbezogene Infrastruktur in Deutschland sind Informationen über Deiche nicht zentral verfügbar. In den Niederlanden sind die regionalen Wasserbehörden ('Waterschappen') für die Instandhaltung der Deiche zuständig. An der Vechte verwaltet die regionale Wasserbehörde Drents Overijsselse Delta die Deiche. Die einzigen Deiche im Einzugsgebiet der Vechte, die Teil des niederländischen Systems des primären Hochwasserschutzes sind, sind die Deiche entlang der Vechte flussabwärts von Ommen (Abbildung 15). Diese Deiche haben eine maximal zulässige Versagenswahrscheinlichkeit von 1/300 pro Jahr für die Dämme auf der Nordseite des Flusses und 1/3000 pro Jahr für die Südseite, wie im nationalen Wassergesetz festgelegt. Der Unterschied zwischen diesen beiden Sicherheitsstandards ergibt sich aus

dem unterschiedlichen Schadenspotenzial bei einem Versagen dieser Deiche. Bei einem Versagen anderer Deiche im Einzugsgebiet ist mit geringeren Schäden zu rechnen, weshalb für sie weniger strenge Sicherheitsnormen gelten. In den Niederlanden werden diese Deiche als 'regionale Deiche' bezeichnet. Ihre maximal zulässige Versagenswahrscheinlichkeit wird von den Provinzen geregelt. Die Verwaltung dieser Deiche liegt bei den regionalen Wasserbehörden. In Deutschland ist das Schutzniveau nicht geregelt. Daher gibt es keine Informationen über die Sicherheitsstandards von Deichen in Deutschland.

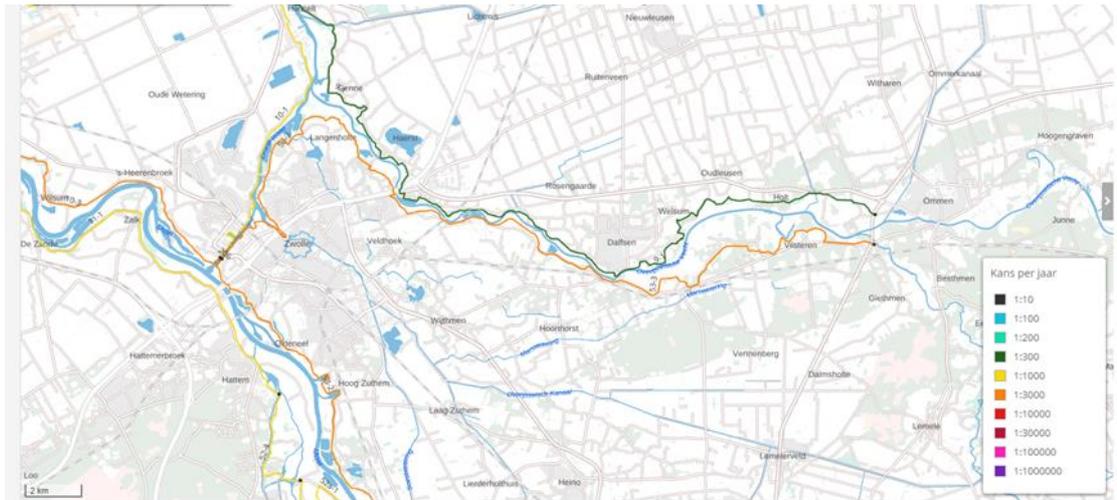


Abbildung 15: Karte der Deiche, die Teil des primären Hochwasserschutzes in den Niederlanden sind, und ihre maximale Ausfallwahrscheinlichkeit (WVP, n.d.) .

Stauräume

Ein weiterer Teil der Hochwasserschutzinfrastruktur sind die Flächen, die bei Hochwasserereignissen für die Speicherung von Wasser vorgesehen sind, um den Wasserstand und die daraus resultierenden Schäden flussabwärts zu senken. Teile der Flussbetten von Regge und Dinkel wurden für die Speicherung von Wasser umgestaltet. Auch entlang der Vechte wurden mehrere naturnahe Rückhalteflächen eingerichtet, z.B. bei Quendorf (NLWKN, 2021d). Darüber hinaus wurden entlang der Vechte zwischen Gramsbergen und De Haandrik zwei Speichergebiete (Noord - und Zuid Meene) ausgewiesen.

Wehre und Schleusen

Wehre dienen dazu, den Wasserstand über den Mindestwerten zu halten, um verschiedenen Zwecken zu dienen, z. B. der Bewässerung, der Natur und der Schifffahrt. Letzteres ist bei den größeren Flüssen und Kanälen wichtiger, während die beiden erstgenannten bei den kleineren Bächen und Gräben eine größere Rolle spielen. In den großen Flüssen und Kanälen werden Schleusen eingesetzt, damit Schiffe zwischen Abteilungen mit unterschiedlichen Wasserständen wechseln können. Neben den Wehren

wurden Fischtreppen angelegt, um wandernden Fischen den Durchgang zu ermöglichen (Abbildung 16).



Abbildung 16: Fischtreppe (links), Wehr (Mitte) und Schifffahrtsschleuse (rechts) an der Vechte (Fotos Marnix van der Vat)

In Niedersachsen wurden mehrere Wehre angepasst, um die Durchgängigkeit der Flüsse zu verbessern (siehe Abbildung 17).

eingesetzt, um Wasser aus Flüssen, Bächen und Kanälen abzuleiten, vor allem zu Bewässerungszwecken. Bei Trockenheit ist die wichtigste externe Wasserquelle für den niederländischen Teil des Gebiets das Twentekanal-System, das die Vechte bei De Haandrik speist. Ein großes Pumpwerk mit einer Kapazität von 22 m³ /s befindet sich am Schleusenkomplex in Eefde und entnimmt Wasser aus der IJssel in den Twentekanaal. Aufgrund von Leckagen und Schleusenverlusten wird die effektive Kapazität auf 16 m³ /s geschätzt. (Witteveen en Bos, 2016). Bei den jüngsten Niedrigwasserereignissen ist der Wasserstand in der IJssel auf ein kritisches Niveau gesunken, unter dem eine weitere Entnahme schwierig wird. Dies hätte schwerwiegende Auswirkungen auf die Wasserversorgung und die Schifffahrt entlang des Twentekanal-Systems. Außerdem gibt es etwa 20 Pumpwerke, die Wasser aus den umliegenden Gebieten in die Vechte leiten.

Betrieb, Wartung und Verwaltung

In den Niederlanden sind die regionalen Wasserbehörden für den Betrieb des größten Teils der wasserbezogenen Infrastruktur zuständig. Rijkswaterstaat ist für den Twentekanal sowie den Schleusenkomplex und das Pumpwerk in Eefde zuständig.

Während in Niedersachsen der NLWKN für die Kontrolle, den Ausbau und die Unterhaltung der Vechte zuständig ist, ist der Vechteverband für alle kleineren Fließgewässer mit überörtlicher Bedeutung zuständig. Das Vechtegebiet in Nordrhein-Westfalen wird von verschiedenen Unterhaltungsverbänden betreut.

3 Extremereignisse im Einzugsgebiet

3.1 Hochwasser

Die Schwere eines Hochwasserereignisses hängt stark von den Landschaftsmerkmalen ab. Die Vechte, die Berkel und die Issel fließen größtenteils durch eine ziemlich flache bis leicht hügelige Landschaft in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und den Niederlanden und weisen nur wenige topografische Unterschiede auf. In dieser Art von Landschaft können zwei Arten von Hochwasserereignissen unterschieden werden:

1. Flussüberschwemmungen: Lang anhaltende Regenfälle (mäßige Intensität) in Kombination mit nassen Böden, die zur Überflutung großer Gebiete führen. Diese Ereignisse treten vor allem in den Wintermonaten auf.
2. Pluviale Überschwemmungen: Kurze/mittelstarke Regenfälle, die lokale Hochwasserereignisse verursachen. Überwiegend in den Sommermonaten auftretende Ereignisse.

Historische Ereignisse und Auswirkungen

In den letzten 100 Jahren wurde das Untersuchungsgebiet in den Jahren 1960, 1998, 2010 und 2023/24 von Hochwasserereignissen heimgesucht. Im folgenden Abschnitt geben wir eine kurze Zusammenfassung der letzten drei Ereignisse und ihrer Auswirkungen auf das Gebiet.

Im Oktober 1998 erlebte das Gebiet ein großes Flusshochwasser. Übermäßiger Regen (203 mm/Monat in Niedersachsen - 363 % der durchschnittlichen Monatsmenge, 291 mm/Monat in Hoogeveen/Niederlande im Untersuchungsgebiet auf gesättigten Böden) führte zu hohen Flussabflüssen, die Überschwemmungen in Deutschland und den Niederlanden verursachten (KNMI, 1999; NLWKN, n.d.-a). Insbesondere die Dinkel trat über die Ufer und verursachte Überschwemmungen in den umliegenden Gebieten. Aufgrund der Jahreszeit kam es auf den intensiv bewirtschafteten Ackerflächen in den Überschwemmungsgebieten zu großen landwirtschaftlichen Verlusten. Andere Flächen waren gerade abgeerntet und ungeschützt der Erosion ausgesetzt, es kam zu einem hohen Verlust an Oberboden (NLWKN, n.d.-a).

In den Niederlanden war der Wasserstand der Vechte so hoch, dass die Städte Coevorden, Gramsbergen, Hardenberg und Ommen bedroht waren,

Deichbrüche für möglich gehalten wurden und fast Evakuierungen eingeleitet wurden (Waterschap Vechtstromen, 2020).

Das Hochwasser führte in den östlichen Niederlanden zu einem Umdenken. Es wurden Initiativen und Projekte zur Renaturierung der begradigten Flüsse gestartet, damit das Wasser allmählich abfließen konnte. Außerdem wurden große Wasserrückhaltegebiete (Gramsbergen, Meene) geschaffen.

Im Jahr 2010 verursachten starke Regenfälle in der Grenzregion zwischen Deutschland und den Niederlanden eine Überschwemmung. In Deutschland wurden im Münsterland lokal 180 mm Regen in 24 Stunden registriert, in den Niederlanden wurde an der Station Hupsel der höchste Tagesniederschlag (130 mm) in den Niederlanden seit 30 Jahren gemessen. Der extreme Regen führte zu überfluteten Straßen und Kellern sowie zu landwirtschaftlichen Schäden in der gesamten Region (Ems Vechte Welle, 2022; Vreugdenhil et al., 2010). Zahlreiche Rettungsdienste waren tagelang im Einsatz. In den Niederlanden wurde die Nationalstraße N18 überflutet (WRIJ, n.d.).

In Deutschland waren Nordhorn, Epe und Gronau bedroht, da die Flüsse an verschiedenen Stellen über die Ufer traten (Feuerwehr Gronau, 2020).

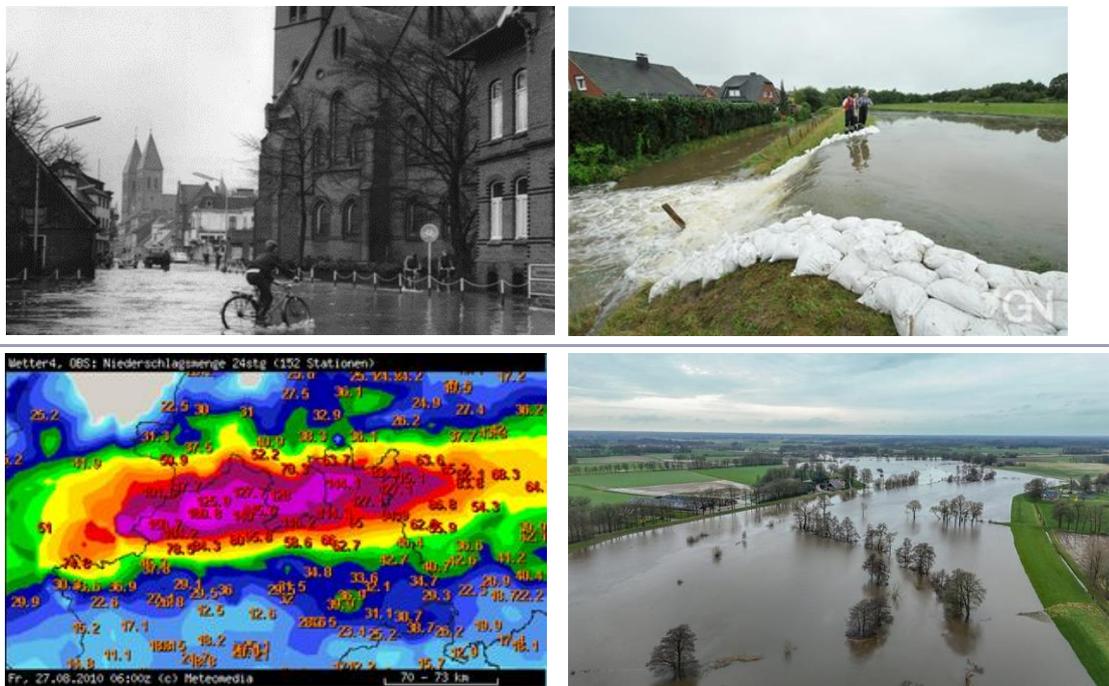


Abbildung 18: oben links: Hochwasser in Gronau 1960 (Dinkel) (WDR, 2016) oben rechts: Hochwasser im Landkreis Grafschaft Bentheim im Jahr 2010 (Grafschafter Nachrichten, 2016) links: punktuelle Niederschlagsmengen in 24 Stunden während eines Starkregenereignisses im Jahr 2010 in den Niederlanden, NRW und Niedersachsen (Unwetterzentrale, 2010); unten links: Ausdehnung der Vechte während des Hochwasserereignisses 2023/2024 (NU.nl, 2024)

Das letzte Hochwasser im Untersuchungsgebiet fand im Winter 2023/24 statt. Über die Weihnachtsfeiertage kam es im Untersuchungsgebiet zu hohen Wasserständen. In Emlichheim stieg der Wasserstand der Vechte über die dritte Meldestufe (NLWKN, 2024b). Das Hochwasser zeichnete sich durch eine große räumliche Ausdehnung (große Teile Niedersachsens, NRWs und der östlichen Niederlande waren betroffen) und die lange Dauer der Niederschläge aus. Zwischen dem 18.12.2023 und dem 3.1.2024 wurden im Untersuchungsgebiet kumulierte Niederschläge zwischen 100 und 200 mm registriert. Dies führte zu hohen Abflüssen (ECDM, 2024; NLWKN, 2024b).

In Abbildung 19 ist zu erkennen, dass die Wasserstände über Wochen hinweg hoch waren. Rekordwasserstände wurden an der Vechte in Emlichheim und Neuenhaus registriert (siehe Anhang B).

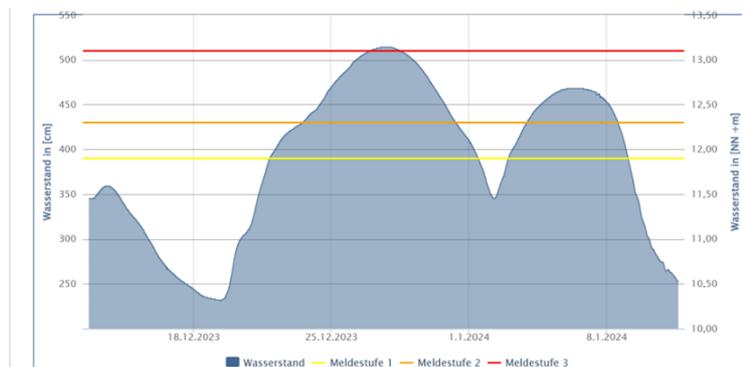


Abbildung 19: Vechte, Pegelstation Emlichheim mit Wasserständen von Mitte Dezember 2023 bis Mitte Januar (NLWKN, 2024b)

In der Gemeinde Emlichheim wurde ein Gebäudeschaden in der Größenordnung von 23.000 € gemeldet. Auch ein Schulzentrum, das als Notfallstandort im Falle einer Evakuierung und als Anlaufstelle in Krisensituationen gedacht ist, wurde überflutet. Außerdem kam es zu einem lokalen Wärmeausfall und es wurden aufgrund des hohen Grundwasserspiegels viele Keller überflutet. Auf regionaler Ebene wurden Freizeitinfrastrukturen sowie einige Radwege und kleine Straßen vorübergehend blockiert, zum Teil direkt durch das Hochwasser, zum Teil, weil die Regenwasserabflüsse durch natürliches Geröll blockiert waren (Waterschap Vechtstromen, 2023). Es wurden verschiedene lokale Hochwasserschäden gemeldet, darunter die Evakuierung eines Streichelzoos in einem Park in Hardenberg, sowie kleinere Wasserschäden in verschiedenen Straßen (RTV Oost, 2023; RTV Vechtdal, 2023).

Die Deiche in der Region Laar werden derzeit auf Schäden untersucht. Die lange Dauer des Hochwassers führte zu Verlusten bei Wintergetreide (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bereich Emsland). Das

Hochwasser hat auch deutlich gemacht, dass die derzeitigen Kommunikations- und Alarmierungspläne klarer gestaltet und stärker automatisiert werden müssen (Kreis Steinfurt).

Im niederländischen Untersuchungsgebiet, insbesondere entlang der Vechte, fielen viele Wasserstands- und Abflussmessstationen aus, da die Pegel außerhalb ihres Messbereichs lagen. Diese Messstationen sind für die operationellen Hochwasservorhersagesysteme von entscheidender Bedeutung. Das Hochwasservorhersagesystem für die Vechte (FEWS Vechte) funktionierte gut. Die Genauigkeit der Vorhersage könnte jedoch verbessert werden. Vorläufige Schlussfolgerungen und Empfehlungen einer laufenden Evaluierung sind:

- Die Qualität und Zuverlässigkeit der Abflussmessungen waren nicht ausreichend, so dass eine Erhöhung der Robustheit des Messnetzes erforderlich ist.
- Die Leistung des hydrologischen Modells ist aufgrund einer Reihe von Faktoren gering: (1) schlechte Abflussmessungen; (2) Modell ist veraltet, da es auf der Grundlage des Hochwasserereignisses von 1998 kalibriert wurde; (3) Schwierigkeiten bei der Modellierung der hohen Empfindlichkeit des tatsächlichen Abflusses gegenüber saisonalen Veränderungen (z. B. Erntestatus). Eine Neukalibrierung des hydrologischen Modells sorgt auch dafür, dass die jüngsten Veränderungen im Wassersystem berücksichtigt werden.
- Der deutsche Teil des Einzugsgebiets ist in den niederländischen Modellen nur unzureichend vertreten, um eine zeitnahe Vorhersage zu ermöglichen; die Modelldarstellung muss daher verbessert werden.

Das langfristige Ziel ist es, ein zukünftiges robustes FEWS Vechte System zu realisieren.

Bewertung des Hochwasserrisikos und der potenziellen Auswirkungen

Die EU-Hochwasserrichtlinie verlangt eine Bewertung der Hochwassergefahr und einen Plan für das Hochwasserrisikomanagement. In Abbildung 20 ist die Hochwasserausdehnung eines extremen Hochwasserereignisses (Wiederkehrperiode > 200 Jahre) für das Einzugsgebiet der Vechte dargestellt. Die Karte enthält Hochwassergehendaten aus den Niederlanden, Niedersachsen und NRW. Sie zeigt, dass insbesondere in der Grenzregion und flussabwärts in den Niederlanden bei einem solchen Extremereignis große Flächen überflutet werden dürften.

Nach Angaben des NLWKN und der Provinz Gelderland gibt es Unstimmigkeiten in den Hochwasserkarten auf beiden Seiten der Grenze; in guter Zusammenarbeit wird versucht, diese Unterschiede zu verstehen. Es gibt jedoch keine gemeinsame Methodik für die Erstellung der Hochwasseranalyse (Interview NLWKN, Provinz Gelderland).

Auf der Grundlage der Hochwasserrisikomanagementpläne wurde auch die Anzahl der Menschen, die von einem Hochwasserereignis betroffen sein werden, ermittelt. Tabelle 2 gibt Aufschluss über die Anzahl der betroffenen Menschen im Untersuchungsgebiet (Vechte-, Berkel- und Oude IJssel-Einzugsgebiet) bei Hochwasserereignissen mit drei verschiedenen Wiederkehrperioden (10-20 Jahre, 100 Jahre, 100+Jahre) auf der Grundlage des Hochwasserrisikomanagementplans für den Rhein.

Die Zahlen sind nicht eins zu eins miteinander vergleichbar, da in den niederländischen Berechnungen davon ausgegangen wird, dass es auch unter extremen Bedingungen, die über die bei der Planung des Hochwasserschutzes zugrunde gelegten Wiederkehrperioden hinausgehen, nicht zu einem Versagen der Wasserinfrastruktur kommt. Im Falle eines Versagens dieser Systeme sind möglicherweise Tausende bis Zehntausende von Einwohnern betroffen.

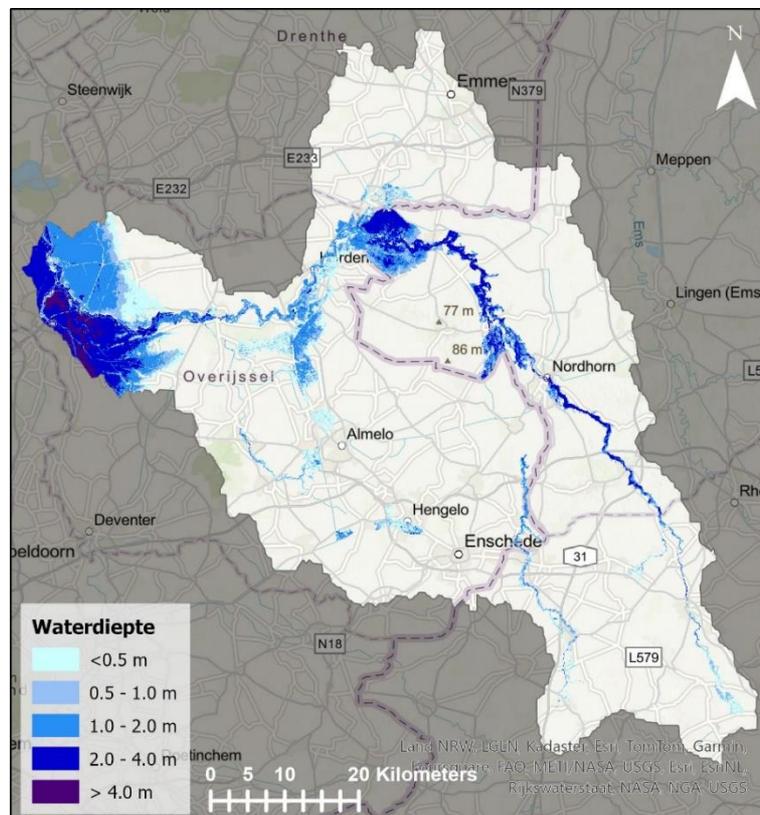


Abbildung 20: Hochwasserrisikokarten für das Einzugsgebiet der Vechte (basierend auf offenen Daten).

Tabelle 2: Anzahl der betroffenen Personen im Untersuchungsgebiet basierend auf den jeweiligen Hochwasserrisikomanagement-Informationen (Deltares, 2024)

Bereich	HQ _{häufig} (alle 10 - 20 Jahre)	HQ ₁₀₀ (alle 100 Jahre)	HQ _{extrem} (alle 100+ Jahre)
Deutsches Studiengebiet	3400	6300	77400*
Niederländisches Studiengebiet	117	250	1988

* In diesem Fall wird das Gebiet um Isselburg vom Rhein und nicht vom regionalen Wassersystem überflutet.

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, nehmen sowohl die Niederschlagsmengen als auch die Wahrscheinlichkeiten von extremen Niederschlagsereignissen zu und werden aufgrund des Klimawandels voraussichtlich weiter steigen (LANUV, 2018). Aus den Interviews kann geschlossen werden, dass sich die Wassermanager bewusst sind, dass es zu extremen Hochwasserereignissen (Wiederkehrperioden von 100+ Jahren) kommen kann, aber keine spezifischen Maßnahmen ergriffen werden, um die Auswirkungen solcher Ereignisse zu reduzieren (Interview Borken). In einer Modellierungsstudie in den Niederlanden, in der die Niederschläge der Überschwemmungen vom Juli 2021 in der Ardennen-Eifel in verschiedene niederländische Regionen verlagert wurden, wurde das Untersuchungsgebiet als eines der gefährdeten Gebiete identifiziert, insbesondere die Region um Zwolle, wo sich das gesamte Wasser konzentriert und die Stadt passieren muss (Deltares, 2022).

Kritische Infrastrukturen

Ob ein Hochwasser die Gesellschaft beeinträchtigt, hängt weitgehend von den Auswirkungen des Hochwassers auf kritische Infrastrukturen ab, da diese lebenswichtigen Funktionen für die Gesellschaft und das tägliche Leben bereitstellen. Zu diesen Funktionen gehören Dienste wie Telekommunikation, Verkehr und Strom. Der Ausfall eines kritischen Infrastruktursystems kann zum Ausfall anderer Systeme führen, was als "Kaskadeneffekt" bezeichnet wird und während und nach Hochwasserereignissen große Auswirkungen haben kann.

In Erwartung schwerer Naturereignisse wird der Schutz kritischer Infrastrukturen verstärkt in den Fokus gerückt. Nach dem Hochwasser von 2021 gab die niederländische Regierung eine Empfehlung zur Festlegung von Normen für kritische Infrastrukturen in Bezug auf pluviale Überschwemmungen heraus (Beleidstafel wateroverlast en hoogwater,

2022). Diese Empfehlung wird derzeit untersucht und ist noch nicht definiert und umgesetzt worden.

In Deutschland werden die Infrastrukturen unter dem Konzept der KRITIS (Kritische Infrastrukturen) zusammengefasst. Dieses verbindet Regierungen, Anlagen- und Netzbetreiber. KRITIS betrachtet etwas andere Infrastrukturfunktionen als lebenswichtig als in den Niederlanden (Tabelle 3) (BSI, n.d.). Bis Ende 2024 wird die europäische Richtlinie über die Widerstandsfähigkeit kritischer Einrichtungen (CER) in Kraft treten. Dies bedeutet, dass kritische Infrastrukturen in der gesamten Europäischen Union gegenüber einer Reihe von Bedrohungen, einschließlich Naturkatastrophen, widerstandsfähig sein müssen (EU, 2022)

Tabelle 3: Als kritische Infrastrukturen geltende Sektoren in den Niederlanden und in Deutschland

Kritische Infrastrukturen in den Niederlanden	Deutschland kritische Infrastruktur
Energie	Energie
Telekommunikation	Informationstechnologie und Telekommunikation
Transport	Transport und Verkehr
Trinkwasser	Lebensmittel
Wasser	Wasser
Chemisch	Gesundheit
Kernkraft	Kommunale Abfallentsorgung
Finanzen	Finanzen und Versicherungen
Regierung	Staat und Verwaltung
Öffentliche Ordnung und Sicherheit	Medien und Kultur
Militär	

Offene Datenquellen wurden genutzt, um kritische Infrastrukturen (wie Kraftwerke, Verkehrsinfrastrukturen und Krankenhäuser) bei einem Hochwasserereignis im Untersuchungsgebiet zu lokalisieren (siehe Abbildung 21).

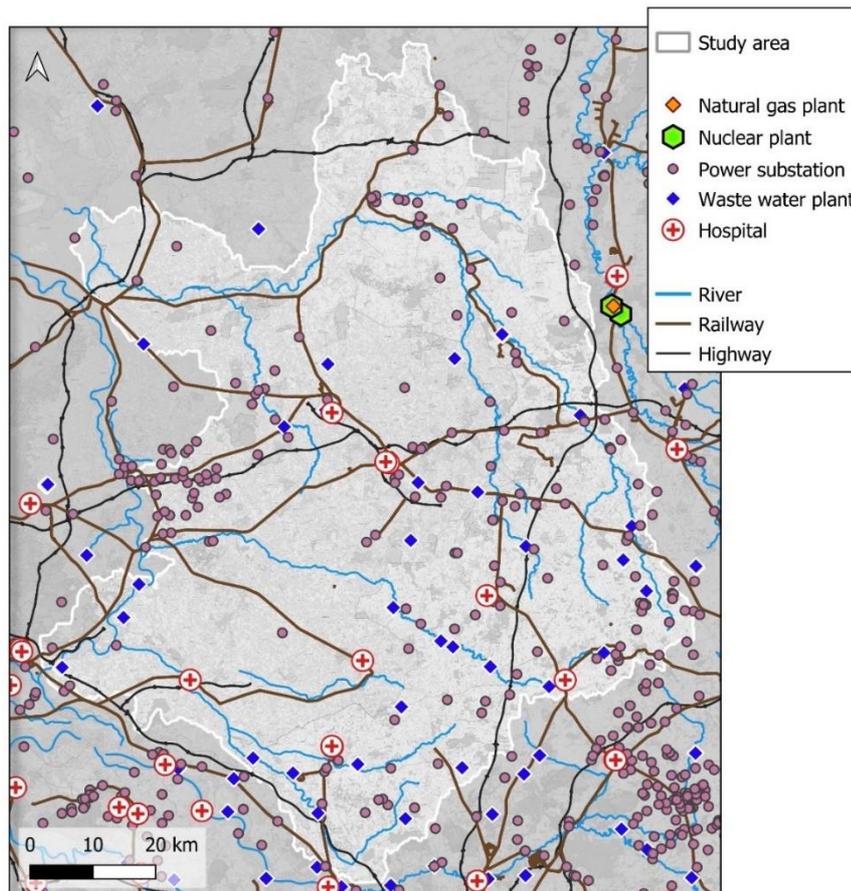


Abbildung 21: Standorte kritischer Infrastrukturen im Untersuchungsgebiet, abgerufen durch eine Open-Data-Suche (OSM, 2023)

In den Niederlanden verfügen die Sicherheitsregionen (Veiligheidsregio's) in der Regel über Kenntnisse über kritische Infrastrukturobjekte während einer nationalen Krise. Während jedoch zwischen Deutschland und den Niederlanden ein Konsens über die Einstufung der kerntechnischen Anlage in Lingen als kritisches Objekt für beide Länder erzielt wurde, besteht nach wie vor Bedarf an der Definition eines ähnlichen Status für andere kritische Infrastrukturobjekte, die Auswirkungen auf beide Länder haben können (Sicherheitsregion Twente). In mehreren Interviews wurde deutlich, dass es zu diesem Thema eine große Wissenslücke gibt: Es ist weder bekannt, wo sich die kritischen Infrastrukturen in den Nachbarländern befinden, noch wie sich Klimaextreme auf ihre Funktionsweise auswirken können und welche Auswirkungen dies auf die Sicherheit einer Region haben kann (Sicherheitsregion IJsseland, Kreis Borken und Samtgemeinde Neuenhaus).

3.2 Dürre

Die Region hat in den Jahren 1921, 1959-1960, 1976, 1996, 2003, 2018, 2019, 2020 und 2022 schwere Dürreperioden erlebt (Kremer Devesa, 2023;

Van der Heijde, 1978). Hier konzentrieren wir uns auf die jüngsten Dürren von 2018, 2019 und 2020, und zwar aus folgenden Gründen: (1) die meisten Informationen sind für diese Zeiträume verfügbar, (2) die Landschaft ist der heutigen Landschaft ähnlich, (3) die Dürren waren extrem, insbesondere im Jahr 2018.

Meteorologische Dürre, Bodenfeuchtigkeit und Grundwassertrockenheit

Abbildung 22(a) zeigt die kumulative Summe der Niederschläge im niederländischen Teil des Untersuchungsgebiets für 2018, 2019, 2020 und für die Klimatologie, d. h. den Durchschnitt des Zeitraums 1992-2021. Im Durchschnitt beträgt der jährliche Niederschlag im niederländischen Untersuchungsgebiet 835 mm, wobei es keine wesentlichen saisonalen Schwankungen gibt. Die Sommertrockenheit in den Jahren 2018 und 2019 ist teilweise auf die geringeren Niederschläge ab Juni zurückzuführen. Im Jahr 2018 blieb der Niederschlag monatelang niedrig, so dass die Jahressumme um 200 mm unter dem Durchschnitt lag. Im Jahr 2019 erhöhten die Herbstregen die Niederschlagsmenge auf eine fast normale Summe.

Um den Effekt der Evapotranspiration zu berücksichtigen, wird die meteorologische Trockenheit häufig durch die Angabe des Niederschlagsdefizits quantifiziert, d. h. der Referenz-Evapotranspiration abzüglich der Niederschläge während der Vegetationsperiode. Das Niederschlagsdefizit für das Untersuchungsgebiet ist dargestellt in Abbildung 22(b). Die Klimatologie zeigt, dass die Niederschlagsdefizite im Allgemeinen mit dem Fortschreiten der Vegetationsperiode zunehmen. Im Winter, wenn der Niederschlag die Evapotranspiration übersteigt, wird das Niederschlagsdefizit negativ sein. Im Vergleich zu durchschnittlichen Bedingungen waren 2018, 2019 und 2020 deutlich höhere Niederschlagsdefizite zu verzeichnen.

Ähnliche Zahlen werden auch für die deutsche Seite gemeldet. Nach Angaben des LANUV wurden 2018 knapp 620 Millimeter Jahresniederschlag gemessen, bei einem Niederschlagsdefizit von 230 Millimetern (LANUV, o.J.-b). Dieses Defizit blieb auch im Jahr 2019 bestehen. Nach einem außergewöhnlich regenreichen Februar 2020 folgte eine langanhaltende niederschlagsarme Periode bis in den Juni hinein, die die Situation noch verschärfte. Positive und negative Niederschlagsanomalien für Nordrhein-Westfalen sowie für Niedersachsen sind in Abbildung 23. In beiden Bundesländern liegt die Niederschlagsanomalie des Jahres 2018 fast bei -40%. Auch die meisten der folgenden Jahre weisen eine negative Niederschlagsanomalie auf.

Die klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWB), April-September für Itterbeck zeigt dasselbe und ist für den Standort Itterbeck im Landkreis Grafschaft Bentheim und die Jahre 2018 bis 2022 in Tabelle 4. Lediglich das Jahr 2021 weist eine positive KWB auf. Im Jahr 2018 zeigt die KWB die höchste negative Zahl an.

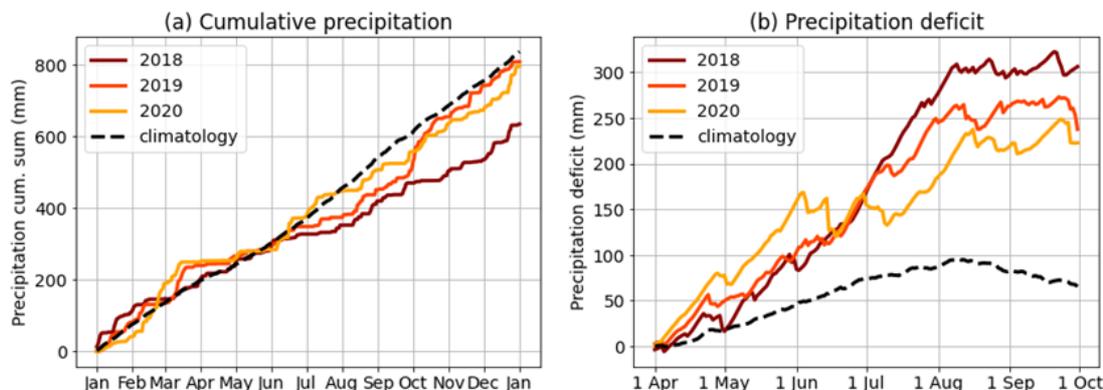


Abbildung 22: Meteorologische Daten in der Region mit (a) kumuliertem Niederschlag für die Klimatologie (1992-2021) und die Trockenjahre 2018, 2019 und 2020, basierend auf KNMI-Daten von sieben Stationen: Almelo, Denekamp, Enschede, Hengelo, Tubbergen, Twente und Weerselo, und (b) Niederschlagsdefizit für die gleichen Zeiträume, unter Verwendung von Referenz-ET-Daten (Makkink) der KNMI-Stationen Heino, Hoozeveen, Hupsel und Twente.

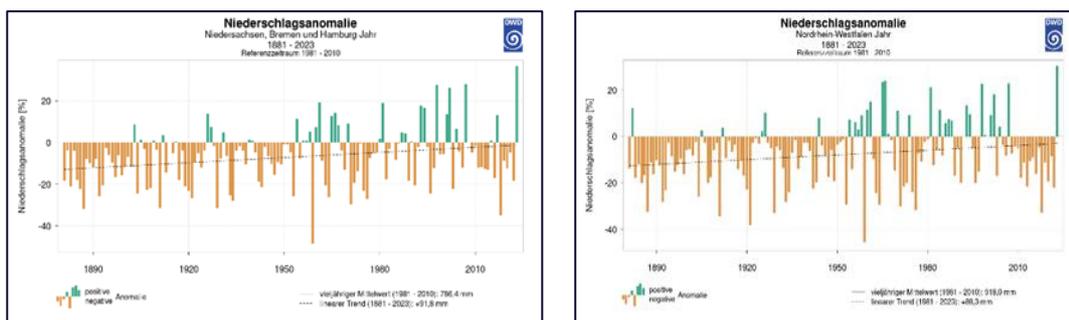


Abbildung 23: Übersicht der positiven (grün) und negativen (orange) Niederschlagsanomalien von 1881 bis 2023, einschließlich des Durchschnitts und des linearen Trends in Niedersachsen (links) und Nordrhein-Westfalen (rechts)

Tabelle 4: Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (KWB), April-September für Itterbeck (Landwirtschaftskammer Niedersachsen)

Jahr	Klimatische Wasserbilanz in der Wachstumsperiode (KWB), April-September für Itterbeck
2018	- 483 mm
2019	- 332 mm
2020	- 209 mm
2021	+ 69 mm
2022	-256 mm

Das langfristige Mittel (12 Jahre) in der Region Twente zeigt die normalen Auswirkungen des Niederschlagsdefizits und der winterlichen "Wiederauffüllung" der Bodenfeuchtigkeit. In den drei ausgewählten Jahren

sank die Bodenfeuchtigkeit auf kritische Werte, insbesondere in der Wachstumsperiode. Das Jahr 2019 begann mit einer deutlichen Abweichung von der Norm, da die Winterniederschläge nicht ausreichten, um das Niederschlagsdefizit in der vorangegangenen Wachstumsperiode auszugleichen.

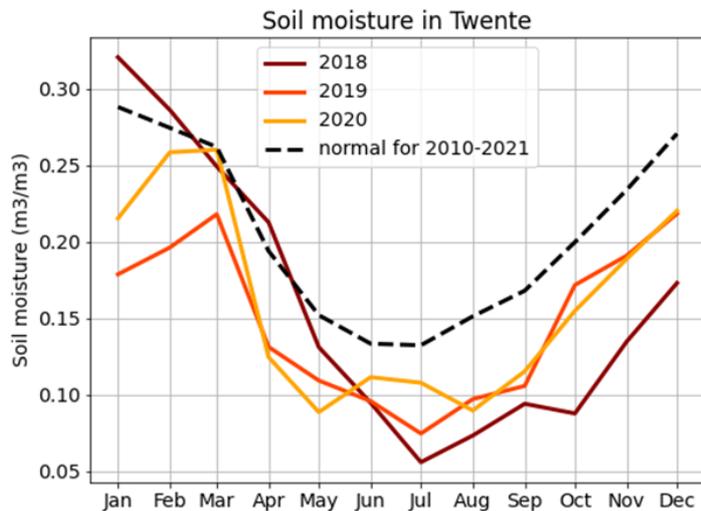


Abbildung 24: Feuchtigkeit im Oberboden (0-10 cm) in der Region Twente - gemittelte Daten von 17 Stationen. Die trockenen Jahre 2018, 2019 und 2020 sind mit der 12-jährigen Normalperiode dargestellt. Der Datensatz wird beschrieben von Van der Velde et al. (2023).

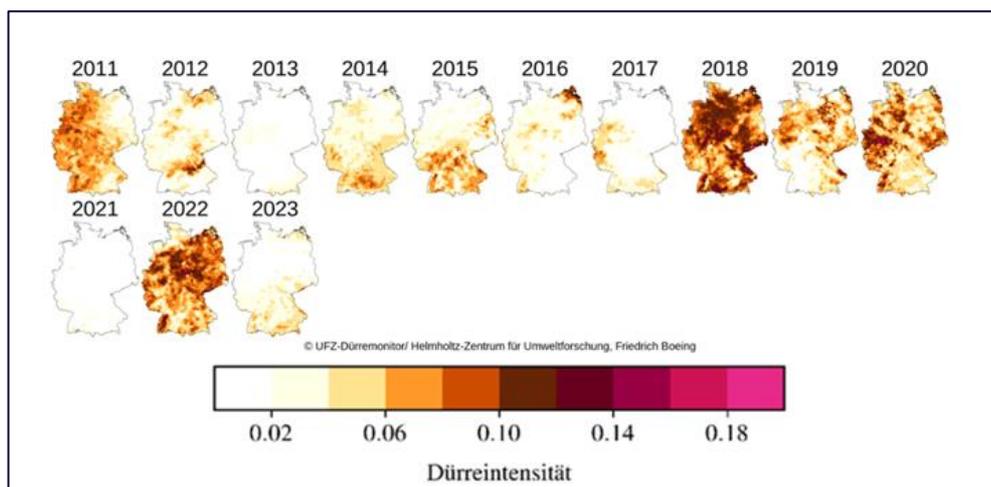


Abbildung 25: Trockenheitsintensität⁴ des Oberbodens (0-25cm) in der Vegetationsperiode April bis Oktober in Deutschland über die letzten Jahre (UFZ, 2024).

In Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen waren die Oberbodenschichten bis zu einer Tiefe von 25 Zentimetern in den Jahren 2018, 2019, 2020 und 2022 fast überall sehr trocken (siehe Abbildung 25).

Bodenfeuchtigkeitstrockenheit führt im Laufe der Zeit zu sinkenden

⁴ Die Dürreintensität ist ein dimensionsloses Maß, mit dem der Schweregrad einer Dürre über einen bestimmten Zeitraum oder für eine bestimmte Region geschätzt wird. In die Berechnung gehen die Länge der Dürreperiode und die absolute Trockenheit über die Zeit ein (UFZ, 2024)

Grundwasserständen, die wiederum zu einer verminderten Neubildung von Gräben, Bächen und größeren Gewässern führen. Nach Beendigung einer meteorologischen Trockenheit erholt sich zunächst der Bodenfeuchtegehalt, dann der Grundwasserspiegel und die Oberflächenwasserkörper (Projektteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021). Abbildung 26 zeigt den weit verbreiteten standardisierten Grundwasserindex (SGI) (Bloomfield & Marchant, 2013) zur Angabe der Grundwassertrockenheit am 1. August für die Jahre 2018, 2019, 2020 und das Referenzjahr 2023. Der SGI vergleicht den aktuellen Grundwasserstand mit dem durchschnittlichen Grundwasserstand auf der Grundlage historischer Daten (in der Regel 30 Jahre). Negative und positive Werte weisen auf ungewöhnlich trockene bzw. nasse Situationen hin (Van Huijgevoort et al., 2022). Diese Abbildung zeigt, dass die Grundwassertrockenheit im Untersuchungsgebiet im Juli 2018 extrem, 2019 sehr trocken und 2020 etwas bis mäßig trocken war.

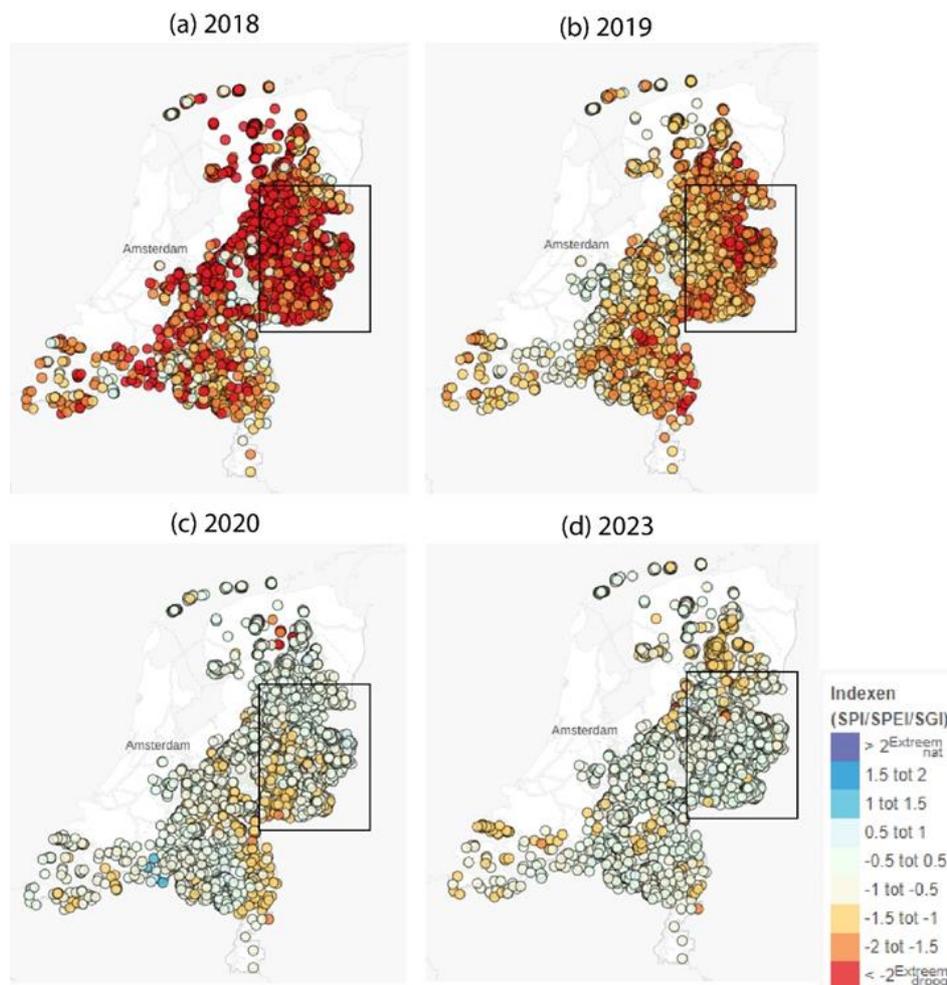


Abbildung 26: Standardisierter Grundwasserindex auf der Grundlage eines 1-Monats-Fensters (SGI-1) für den 1. August in den Niederlanden. Das Untersuchungsgebiet befindet sich innerhalb der Box (IPO & UVW, 2024).

Abbildung 27 zeigt die SGI-3-Zeitreihe (3-Monats-Fenster) für die Stadt Enschede. Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen einen abnehmenden Trend für die Grundwasserneubildung in Enschede, Niederlande, sowie für Niedersachsen. Die Grundwassertrockenheit der Jahre 2018, 2019 und 2020 ist deutlich erkennbar. Auch das Auftreten von nassen Bedingungen hat seit 2018 abgenommen.

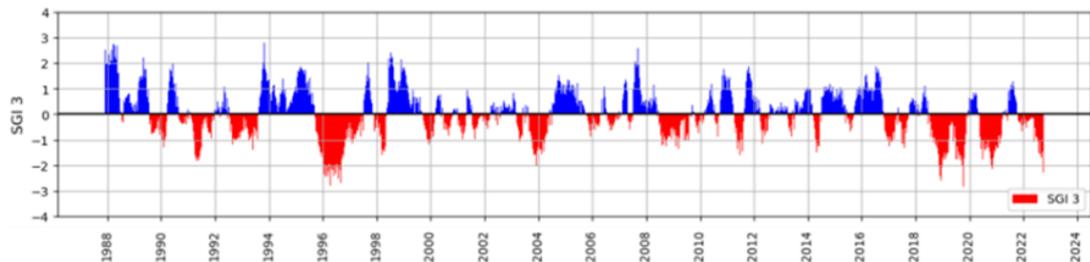


Abbildung 27: Standardisierter Grundwasserindex auf Basis eines 3-Monats-Fensters (SGI-3) für Enschede (Kremer Devesa, 2023).

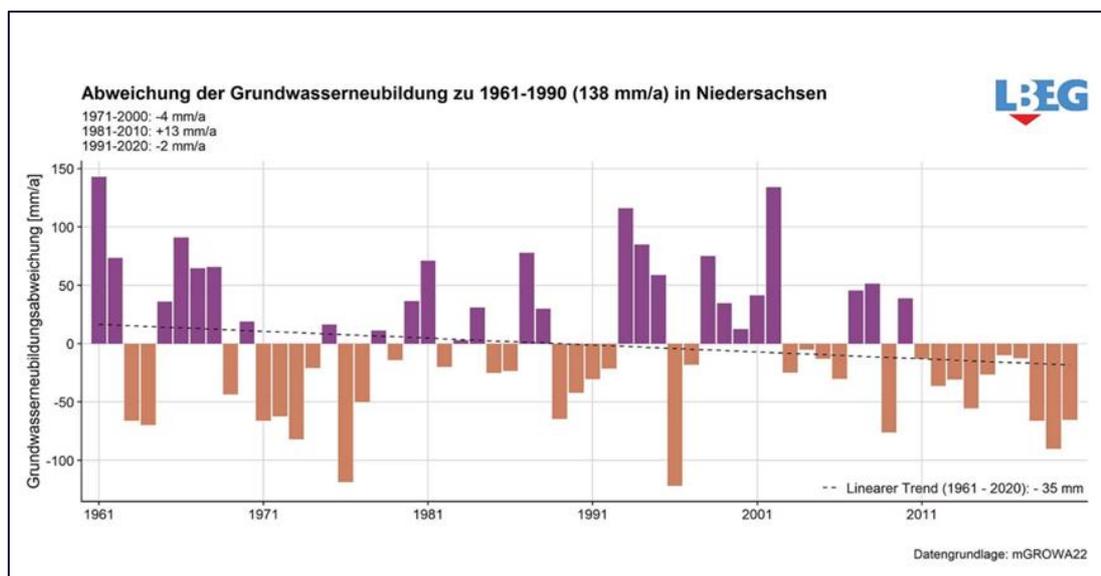


Abbildung 28: Abweichung der Grundwasserneubildung im Vergleich zu 1961 - 1990 (138 mm/a) in Niedersachsen, Deutschland (LBEG, 2023)

Das Projektteam Trockenheit (2021) berechnete den lokalen Abfluss (d. h. den Abfluss aus lokalem Niederschlag und Versickerung) für verschiedene regionale niederländische Wasserbehörden mithilfe des "Landelijk Hydrologisch Model (LHM)" (Englisch: National Hydrological Model). Sie fanden heraus, dass der lokale Sommerabfluss 2019 im Vergleich zu 2018 für die regionalen Wasserbehörden im Untersuchungsgebiet geringer war. Dies bedeutet, dass der Verzögerungseffekt von 2018 in Kombination mit der meteorologischen Trockenheit im Jahr 2019 zu einem geringeren Abfluss im Jahr 2019 führte. Abbildung 29 zeigt die lokalen Abflüsse für die regionalen Wasserbehörden Vechtstromen und Rijn und IJssel und vergleicht insbesondere die Abflüsse von 2018 mit der 90%-Bandbreite von

1988-2017. Ab Juli fällt der Abfluss 2018 unter die 90-prozentige Bandbreite. Obwohl die Abflüsse nicht den Nullpunkt erreichen, sind lokale Bäche ausgetrocknet (Projektteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

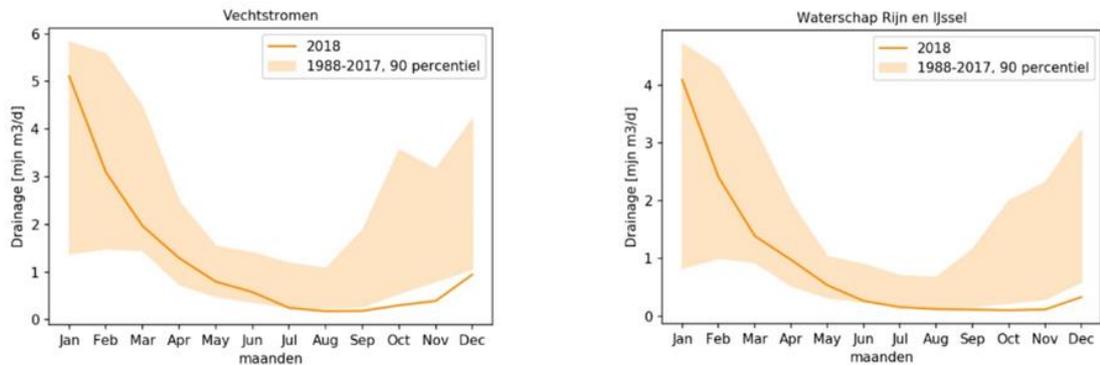


Abbildung 29: Lokale Abflüsse der regionalen Wasserbehörden Vechtstromen und Rijn und IJssel auf der Grundlage des LHM-Modells, Vergleich 2018 mit der 90%-Bandbreite der Klimatologie (Projektteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

Die Einzugsgebiete der Vechte, Berkel und IJssel überschneiden sich weitgehend mit dem "oostelijk zandgebied" (dt.: östliches Sandgebiet) in Van Asseldonk et al. (2020). Sie untersuchten die wirtschaftlichen Auswirkungen der Dürreperioden von 2003, 2006, 2018 und 2019 im Vergleich zu den umliegenden Jahren im Zeitraum 2001-2019. Bei fast allen Kulturen wurde im "oostelijk zandgebied" aufgrund der Trockenheit ein geringerer Ernteertrag erzielt. Die beiden vorherrschenden Kulturen in diesem Gebiet, Gras und Mais, erbrachten im Vergleich zu normalen Jahren 14 bzw. 18 Prozent weniger Trockenmasse. Die Auswirkungen der Bewässerung sind in diesen Berechnungen enthalten. Der nördliche Teil des Vechtebeckens gehört zu den 'noordelijke zandgebieden' (dt.: nördliche Sandgebiete), für die folgende Ertragsveränderungen festgestellt wurden: Gras -8%, Mais -8%, Kartoffeln (Saatgut) -6%, Kartoffeln (Stärke) -13%, Zuckerrüben -9%, Gerste +4% und Weizen +1% (Projektteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

Die Jahreseinkommen basieren jedoch nicht nur auf dem Ertrag, sondern auch auf den Marktpreisen, die auf europäischer oder globaler Ebene festgelegt werden. In den untersuchten Trockenjahren wurden sehr unterschiedliche Jahreseinkommen festgestellt (siehe

Tabelle 5).

Tabelle 5: Prozentuale Veränderungen des Jahreseinkommens in trockenen Jahren im Vergleich zu "normalen" Jahren. Basierend auf (Asseldonk et al., 2020).

	2003	2006	2018	2019	Durchschnitt
Ackerbau (östlicher, mittlerer und südlicher Sand)	11	4	50	-14	13

Ackerbau (nördlicher Sand und Torf)	-5	-1	-55	-73	-34
Milchvieh (östlicher Sand)	-27	-8	-8	22	-5
Milchvieh (Nordsand)	-33	-10	9	60	6

Wasserverbrauch

Der gesamte Wasserverbrauch in der Landwirtschaft steigt infolge von Dürreperioden. Die Quelle für dieses Wasser ist entweder Grundwasser oder Oberflächenwasser. Außerdem sind im Zeitraum zwischen 2001 und 2019 sowohl der Prozentsatz der Betriebe, die bewässern, als auch die bewässerte Fläche pro Betrieb allmählich gestiegen. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass kleinere Betriebe ohne Bewässerungssysteme durch größere Betriebe mit Bewässerungskapazitäten ersetzt wurden. Der Gesamtwasserverbrauch für die betreffenden Gebiete ist zusammengefasst in Tabelle 6. Van Asseldonk et al. (2020) stützen ihre Zahlen auf das *bedrijveninformatienet* (dt.: Betriebsinformationsnetz) der *Wageningen Economic Research*.

Tabelle 6: Wasserverbrauch in Millionen m³ für Trockenjahre im Zeitraum 2001-2019. Basierend auf Van Asseldonk et al. (2020).

	2003	2006	2018	2019
Ackerbau (östlicher, mittlerer und südlicher Sand)	5	<1	19	19
Ackerbau (nördlicher Sand und Torf)	5	4	12	16
Milchvieh (östlicher Sand)	10	7	18	22
Milchvieh (Nordsand)	<1	3	5	8

Auswirkungen auf die Natur

Obwohl wenig über die Auswirkungen der Dürren der letzten Jahre auf die einzelnen Naturgebiete im Untersuchungsgebiet berichtet wird, wissen wir allgemein, dass die Natur in diesem Gebiet unter der Dürre leidet. Die Naturtypen, die am anfälligsten für Dürren sind - z. B. Moore, Hochtorf, Heide, feuchte Wälder, Magerwiesen mit stehendem Wasser, Bäche (Jansen et al., 2020)- sind in diesem Gebiet vorhanden. Diese Naturtypen leiden bereits unter einer allmählichen Austrocknung aufgrund des vom Menschen verursachten Absinkens des Grundwasserspiegels seit über einem Jahrhundert, hauptsächlich zugunsten der Landwirtschaft (siehe Kapitel 2.4). Viele dieser Naturtypen sind auf einen höheren Grundwasserspiegel angewiesen. Dürreperioden wie die der Jahre 2018-2020 und 2022 können zu veränderten hydrologischen Prozessen, Veränderungen der Wasser- und Bodenchemie, einem Verlust der biologischen Vielfalt und Veränderungen in der Nahrungskette führen (Jansen et al., 2020). Van den Eertwegh et al. (2021) sammelten umfragebasierte Informationen über die Auswirkungen der Dürreperiode 2018-2019 auf die Natur in den Hochsandgebieten der Niederlande. Die

Befragten bestätigten die Ergebnisse von Jansen et al. (2020). Schäden an Fauna und Flora wurden hauptsächlich bei Naturtypen beobachtet, die für nasse und feuchte nährstoffarme Standorte charakteristisch sind. Dabei handelt es sich um Naturtypen, deren Wasserversorgung fast oder vollständig von Niederschlägen oder Versickerung abhängt. Darüber hinaus würde die Dürre die ökologischen Folgen der atmosphärischen Deposition verschärfen: Dürre und Versauerung sind eine toxische Mischung. Im Jahr 2019 lag der Sauerstoffgehalt in der Vechte (Nordhorn) aufgrund einer Hitzeperiode zwischen 2,0 und 3,8 mg/l, was für einige Fischpopulationen kritisch sein kann, wie in Abbildung 30 dargestellt (Grafschafter Nachrichten, 2019). Auch in den Jahren 2022 und 2023 wirkten sich die Trockenperioden auf die Flusssysteme aus und verursachten niedrige Wasserstände und trockene Böden, wie in den Bildern unten gezeigt. Allerdings haben van den Eertwegh et al. (2021) und Witte (2022) zu dem Schluss, dass die endgültigen Folgen der jüngsten Dürreperioden erst in einigen Jahren durch eine gründliche Analyse bestimmt werden können. Die erwartete langfristige Auswirkung ist eine Zunahme des Nährstoffreichtums feuchter und nasser Böden aufgrund der verstärkten Zersetzung organischen Materials und der Versauerung des Bodens als Folge dieser Zersetzung und des Verschwindens basenreichen Sickerwassers. Dies wird aufgrund der Konkurrenz zwischen den Arten zu einem Rückgang der weniger verbreiteten Arten führen (Witte, 2022).



Abbildung 30: oben links: Zu niedriger Sauerstoffgehalt in Gewässern schadet Fischbeständen (Grafschafter Nachrichten, 2019) oben rechts: Niedriger Wasserstand der Vechte (Neue Vechte) in Metelen (Westfälische Nachrichten, 2022) unten: Pflanzen leiden unter trockenem Boden (NDR, 2023)

4 Institutionen, Vereinbarungen und Planung

4.1 Deutschland

4.1.1 Wasserwirtschaft

In Deutschland gibt es eine konkurrierende Gesetzgebung für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen zwischen dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUV), das an den beiden Ministerien in Berlin und Bonn angesiedelt ist, und den Umweltministerien der Bundesländer.

Zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) verabschiedete der Bund das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das 2010 in Kraft trat. In der Folge mussten die Bundesländer den Vollzug des WHG und der EU-Richtlinien für ihr Gebiet konkretisieren. So hat das Land Niedersachsen 2012 das neue Niedersächsische Wassergesetz (NWG) verabschiedet, während in Nordrhein-Westfalen das Landeswassergesetz (LWG) kontinuierlich novelliert wurde und seit 1995 in einer überarbeiteten Fassung existiert.

Neben den Bundes- und Landesgesetzen hat die Bundesrepublik mehrere Verordnungen erlassen, die bestimmte Anforderungen der EU-Richtlinien regeln (vgl. Tabelle 7), z.B. ist die Einstufung, Typisierung und Abgrenzung der Oberflächenwasserkörper nach den Anforderungen der WRRL in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) detailliert geregelt.

Tabelle 7 Übersicht über Gesetze, Verordnungen, Pläne und Richtlinien auf europäischer, nationaler und Landesebene, die für das Wasserressourcen-, Hochwasserrisiko- und Dürremanagement in Deutschland relevant sind. Quelle: eigene Ausarbeitung

	Water resources management	Flood management	Drought management	
EU	Water Framework Directive (WFD)	Flood Risk Management Directive (FRMD)		
	Groundwater Directive (GWD)			
	Habitats Directive			
	Birds Directive			
Germany	Water Resources Act (WHG)			
	National Water Strategy			
	Federal Waterways Act (WaStrG)			
	Surface water Ordinance (OGewV)	Flood Protection Act II (2. HochwSchG)		
	Groundwater Ordinance (GrwV)	Federal Soil Protection Law (BBodSchG)		
	Federal Nature Protection Law (BNatSchG)			
		Ordinance on soil protection and contaminated lands (BBodSchV)		
	LAWA Guidelines	LAWA Guidelines		
	Federate states	Lower Saxony	Lower Saxony Water Law (NWG)	Lower Saxony Soil Protection Act (NBodSchG)
			Lower Saxony Nature Protection Law (NNatSchG)	
Ordinance on Responsibilities in the Field of Water Law (ZustVO-Wasser)			Lower Saxony Dike Act (NDG)	
Circular on the quantitative management of groundwater			Flood Damage Waterways Ordinance (HochwasserVO NI)	
			Circular on the designation of floodplains	
Lower Saxony's contribution to the management plans and programmes of measures 2022 to 2027 for the Elbe, Weser, Ems and Rhine river basins			Permanent Grassland Maintenance Ordinance (DGL-ErhV NI)	
			Erosion control regulation (ESchV NI)	
North-Rhine Westphalia			Flood hazard maps and flood risk maps	
			Flood risk management plan of the River Basin Community Rhine	
		State Water Law (LWG)		
		Flood risk management and Water Framework Directive funding guideline (FÖRL HWRM/WRRL)		
		State Nature Conservation Act (LNatSchG NRW)		
		Management plan and programmes of measures for the Rhine, Weser, Ems and Meuse river basins in NRW	State Erosion Protection Ordinance (LESchVO NRW)	
			Permanent Grassland Maintenance Ordinance (DGL-VO NRW)	
	Flood hazard maps and flood risk maps			
	Flood risk management plans and measures for the municipalities			
Legend	Laws and Directives	Ordinances	Plans, maps and guidelines	

Die Wasserwirtschaft in Deutschland ist auf verschiedenen Ebenen organisiert. Während das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUV) durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) grundlegende Aspekte regelt, ist die Umsetzung und der Vollzug der Gesetze Aufgabe der Bundesländer. Nordrhein-Westfalen arbeitet mit einer Aufteilung der Zuständigkeiten auf drei Ebenen, während in Niedersachsen die mittlere Verwaltungsebene 2005 abgeschafft wurde und daher nur noch zwei Ebenen existieren (siehe Tabelle 8 und Anhang D, in dem die Zuständigkeiten der Organisationsebenen erläutert werden).

Um ein einheitliches Vorgehen in gemeinsamen wasserwirtschaftlichen und wasserrechtlichen Fragen zu koordinieren, wurde 1956 die Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) als Arbeitsgruppe der Umweltministerkonferenz initiiert. In ihrer Verantwortung in der LAWA haben die Vertreter der Bundesländer beispielsweise ein gemeinsames Vorgehen zur Überprüfung und Aktualisierung der vorläufigen Risikobewertung zur HWRM-RL im Jahr 2017 beschlossen (MU, n.d.). Während im ersten Bewirtschaftungszyklus jedes Bundesland seine eigenen Hochwasserrisikomanagementpläne erarbeitete, koordinierte die Flussgebietsgemeinschaft Rhein den Hochwasserrisikomanagementplan (HWRM-Plan) für das gesamte Gebiet. Für die Flussgebietsmanagementpläne gibt es keine koordinierte Planung zwischen den Bundesländern.

Tabelle 8: Übersicht über die Zuständigkeiten der Wasserbehörden und Fachbehörden in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen (eigene Ausarbeitung auf Basis von BMUV, 2023, MUNV 2014, 2021, NWG 2011, ZuStVO-Wasser Niedersachsen 2014).

Föderationsstaat	Nordrhein-Westfalen	Niedersachsen
Oberste Wasserbehörden	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr	Das Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Technische Behörde	Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV)	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Höhere Wasserbehörden	Bezirksregierung Münster und Düsseldorf	
Untere Wasserbehörden	Kreise Borken und Steinfurt	Landkreis Grafschaft Bentheim

Gemeinden	Kreis Münster: Ahaus, Altenberge, Billerbeck, Bocholt, Borken, Coesfeld, Gescher, Gronau (Westfalen), Heek, Isselburg, Laer, Legden, Ochtrup, Rhede, Rosendahl, Stadtlohn, Steinfurt, Südlohn, Velen, Vreden, Wettringen Kreis Düsseldorf: Hamminkeln, Hünxe, Schilf, Schermbeck, Wesel	Samtgemeinden Emlichheim, Uelsen, Schüttorf; Städte Neuenhaus, Nordhorn, Bad Bentheim; Gemeinde Wietmarschen
Instandhaltungsverband	Unterhaltungsverband unterer Dinkelbereich	Vechteverband, kleinere Pflegeverbände (z.B. Hardinger Becke, Rammelbecke)

In den Interviews wies der NLWKN darauf hin, dass es zwar gemeinsame Ziele für das Dürrerisikomanagement und die WRRL gibt, in Niedersachsen aber derzeit nur Maßnahmen auf der Basis von Einzelprojekten geplant oder umgesetzt werden, so dass Synergieeffekte nicht genutzt werden. Zu solchen Projekten gehört der Wasserrückhalt durch Infrastruktur (z.B. Schottwände) und nicht die Auenrenaturierung (z.B. Anbindung von Altarmen, Re-Mäandrierung), die flächenintensiver ist.

Die Möglichkeiten zur Schaffung von Synergien zwischen der Umsetzung der WRRL, dem Trockenheits- und Hochwasserrisikomanagement sowie dem Naturschutz werden im Programm "Niedersächsische Gewässerlandschaften" aufgegriffen. Das Programm zielt darauf ab, bekannte Umsetzungsdefizite wie die Bereitstellung von Flächen sowie den koordinierten und abgestimmten Einsatz von Fördermaßnahmen zu überwinden. Das Programm berücksichtigt auch die Auswirkungen des Klimawandels und wirkt auf eine Anpassung hin. Maßnahmen werden vorrangig in Überschwemmungsgebieten mit prioritärem Status gemäß WRRL, in Gebieten mit Schutzstatus gemäß Naturschutzprogrammen und in Gebieten mit Handlungsbedarf für das Hochwasserrisikomanagement durchgeführt. Interessanterweise wurde dieses Programm von keinem der befragten niedersächsischen Wasserbehörden und Durchführungsstellen erwähnt, obwohl der Leiter der zuständigen unteren Wasserbehörde gleichzeitig auch Leiter der Naturschutzabteilung ist. Die Ziele des Programms werden durch die niedersächsische Naturschutzstrategie gestärkt (MU, 2017).

In Nordrhein-Westfalen werden bei der Umsetzung der WRRL vorrangig Maßnahmen mit "Strahlwirkung" (frei übersetzt: angenommener positiver Effekt als Folge von Maßnahmen in der Nähe) durchgeführt, was eine höhere

Wirkungsbereich, insbesondere in biologischer Hinsicht, bedeutet. Diese Maßnahmen sind entscheidend für die Verbesserung der ökologischen Bedingungen der Gewässer in der Region. Aufgrund der städtischen Entwicklung um Gronau und des Vorhandenseins von Hochebenen ist es nicht möglich, ein Kerngebiet (Quelle der Strahlwirkung) für die WRRL innerhalb Deutschlands festzulegen. Eine Studie von Arcadis-Keulen hat jedoch gezeigt, dass die Einrichtung eines solchen Kerngebiets gleich hinter der Grenze in den Niederlanden die Verpflichtungen Deutschlands im Rahmen der WRRL erfüllen könnte. Dieser Ansatz könnte in das Teilprojekt Losser Zuid der Provinz Overijssel/Regionalen Wasserbehörde Vechtstromen integriert werden, das im Rahmen des Projekts LIVING Vechte-Dinkel von verschiedenen grenzüberschreitenden Einrichtungen finanziell unterstützt wird.

Nach Angaben des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW ist die Erreichung der Ziele für alle Gewässer innerhalb des aktuellen Bewirtschaftungszyklus nicht zu erwarten (MUNV NRW, 2023). Für die Mehrzahl der Wasserkörper wurden die Fristen bis 2033 oder 2045 verlängert. Die Hauptgründe für diese Verlängerungen sind die unverhältnismäßigen Anstrengungen, die im Hinblick auf biologische Aspekte oder natürliche Bedingungen oder eine Kombination aus beidem erforderlich sind. Kooij et al. (2020) stellen fest, dass die Finanzierung von Projekten in Nordrhein-Westfalen kein großes Problem darstellt, da das Land 80-90% der WRRL-Maßnahmen finanziert, wenn die festgelegten Bedingungen erfüllt sind. Mit der Eco-Point-Kofinanzierung⁵ durch Kreise und Städte kann fast eine Vollfinanzierung erreicht werden.

Die Unterhaltung anderer Fließgewässer, wie z. B. Bäche, wird von zahlreichen Unterhaltungsverbänden durchgeführt (29 allein im Kreis Borken).

Die Unterhaltungsverbände in NRW sind klein und zersplittert im Vergleich zu ihren Pendanten wie dem Vechteverband in Niedersachsen oder einer regionalen Wasserbehörde in den Niederlanden. Da sie nach wie vor für die Umsetzung der WRRL-Maßnahmen zuständig sind, ist es wichtig, ihre Kapazitäten und Fähigkeiten zu stärken. Seit 2016 liegt die Verantwortung

⁵ Ökopunkte können durch die Wiederherstellung von Biotopen erworben werden und sind im Bundesnaturschutzgesetz geregelt. Außerdem sind sie ein Mittel zum Ausgleich negativer Auswirkungen von Bauvorhaben, die wertvolle Lebensräume zerstören.

für die Umsetzung der WRRL im Einzugsgebiet der Dinkel bei der Bezirksregierung Münster. Laufende Projekte aus früheren Perioden, die von den Kreisen initiiert wurden, werden unter deren Leitung weitergeführt. Für die Umsetzung der WRRL an anderen Gewässern sind die Kommunen zuständig. Im Kreis Borken ist diese Aufgabe auf Unterhaltungsverbände übertragen worden. Aufgrund ihrer geringen Größe sind aber auch die Städte und Gemeinden in die Umsetzung der WRRL eingebunden. Die Zuständigkeit für den Hochwasserschutz liegt in erster Linie bei den Kommunen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Finanzierung in NRW zwar weitgehend gesichert ist, die größten Herausforderungen jedoch in der organisatorischen Kapazität und der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit liegen. Die Stärkung der Effektivität kleiner lokaler Verbände und ihre Einbindung in umfassendere Initiativen sind entscheidend für eine erfolgreiche Wasserbewirtschaftung und die Erfüllung der WRRL-Verpflichtungen.

4.1.2 Hochwasserrisiko und Katastrophenmanagement

Hochwasser wird erst seit 2010 im deutschen Wasserhaushaltsgesetz (WHG) berücksichtigt (Hartmann & Albrecht, 2014). Während das WHG die Zuständigkeiten und administrativen Vorbereitungen für das Hochwasserrisikomanagement allgemein festlegt, regeln die Wassergesetze der Bundesländer weitere Details. Die Verordnung umreißt insbesondere die Melde- und Planungspflichten. Sie umreißt Nutzungsbeschränkungen für Überschwemmungsgebiete, legt aber kein Schutzniveau fest. Jede Kommune muss im Rahmen der kommunalen Selbstverwaltung das Niveau des Hochwasserschutzes in ihrem Gebiet weitgehend selbst bestimmen.

Bei der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) in Deutschland wurde im ersten Zyklus (2010-2015) zunächst eine vorläufige Risikobewertung auf der Grundlage verfügbarer oder leicht ableitbarer Informationen vorgenommen. Die Ermittlung der Gefährdungsgebiete für Binnengewässer erfolgte anhand der Fließgewässerabgrenzung für die Hochwassergefahrenkartierung.

Im März 2017 hat die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ein einheitliches Vorgehen zur Überprüfung und Aktualisierung dieser vorläufigen Risikobewertung im zweiten Zyklus beschlossen. Nach den Empfehlungen der LAWA dienen die Risikogebiete aus dem ersten Zyklus als Grundlage für die Überprüfung und Aktualisierung im zweiten Zyklus. Dabei wird das überschwemmungsgefährdete Gewässernetz auf

Veränderungen seit der letzten Bewertung untersucht, gefolgt von einer Überprüfung des restlichen Gewässernetzes außerhalb der Risikogebiete.

Im Juni 2017 wurde das Hochwasserschutzgesetz II (HWRMG II) verabschiedet, das auf den Erfahrungen des europäischen Hochwasserereignisses 2013 basiert, das zu schweren Überschwemmungen an Elbe und Donau führte. Dieses Gesetz betraf Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG), des Baugesetzbuchs (BauGB), des Bundesnaturschutzgesetzes und der Verwaltungsgerichtsordnung. Es räumt den Ländern unter anderem das Vorkaufsrecht für den Erwerb von Flächen ein, die für den Hochwasserschutz erforderlich sind. Das BauGB räumt den Kommunen ein Vorkaufsrecht für Grundstücke in hochwassergefährdeten Gebieten ein und verpflichtet sie, die Belange des Hochwasserschutzes bei der Bauleitplanung zu berücksichtigen.

Das Raumordnungsgesetz (ROG) und die Landesplanungsgesetze regeln die Raumplanung in Deutschland. Mit dem HWRMG II gibt es nun die Möglichkeit, einen Bundesraumordnungsplan für den Hochwasserschutz zu erstellen. Die "Verordnung über die Raumordnung auf Bundesebene für den länderübergreifenden Hochwasserschutz" ist am 1. September 2021 in Kraft getreten. Ein wesentliches Ziel ist der Erhalt und die Wiederherstellung von natürlichen Hochwasserrückhalteräumen im Rahmen der Raumordnung für den vorbeugenden Hochwasserschutz.

Das Land Niedersachsen hat den Masterplan Hochwasserschutz (NLWKN, 2021b) und eröffnete 2020 das Hochwasserkompetenzzentrum als Reaktion auf das vermehrte Auftreten und die Auswirkungen von Hochwasser. Der Masterplan richtet sich an die für den technischen Hochwasserschutz verantwortlichen Akteure.

Aufgrund der Hochwasserkatastrophe im Juli 2021 im Süden NRW hat das Land seine Aufgaben im Hochwasserrisikomanagement beschleunigt. Das Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen hat daraufhin einen 10-Punkte-Arbeitsplan für den Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels 2022 veröffentlicht, der u.a. die Einführung modellgestützter Hochwasservorhersagesysteme für Dinkel, Berkel, Issel und andere (Testbetrieb 2022) und die Umrüstung von hydrologischen Pegeln auf Hochwasserwarnpegel vorsieht. Die Verordnung über den Hochwasserinformations- und -meldedienst vom Oktober 2023 sieht vor, dass das für Umwelt zuständige Ministerium ermächtigt wird, im Einvernehmen mit dem Innenministerium durch Rechtsverordnung Vorschriften über die Information über und die Meldung von Hochwasser, insbesondere über die Verpflichtung von Personen zur Teilnahme am

Hochwassermeldedienst, dessen Organisation und die Meldewege sowie über die Warnung vor Hochwasser zu erlassen.

Der administrative Rahmen ist in den einzelnen Bundesstaaten unterschiedlich (siehe Tabelle 8). Mit der Verwaltungsreform in Niedersachsen im Jahr 2005 wurden die Aufgaben des Hochwasser(risiko)managements zwischen dem NLWKN und den unteren Wasserbehörden verteilt. Für das Rheineinzugsgebiet hat die "Flussgebietsgemeinschaft Rhein" einen gemeinsamen Bewirtschaftungsplan für die zweite Periode erarbeitet. Der NLWKN beteiligt sich an der Erstellung der Hochwasserrisikomanagementpläne für die Flussgebiete und organisiert die Abgrenzung der Hochwasserrisiken und -gefahren, während in NRW die Bezirksregierung Münster für diese Aufgaben zuständig ist. Die unteren Wasserbehörden setzen auf der Grundlage der Pläne die Überschwemmungsgebiete fest und erlassen eine Verordnung, die die Flächennutzung in diesen Gebieten regelt. In beiden Bundesländern sind die Kommunen für die Festlegung von Maßnahmen zum Hochwasserrisikomanagement zuständig. In NRW berichten die Kommunen einheitlich über die Festlegung von Maßnahmen im Rahmen der kommunalen Merkblätter zum Hochwasserrisikomanagementplan (Flussgebiete NRW). In Niedersachsen ist das Wissen über die Umsetzung von Maßnahmen dezentral und oft informell. Die Akteure werden gebeten, die von ihnen geplanten oder umgesetzten Maßnahmen zu melden, sind aber nicht dazu verpflichtet (NLWKN, 2015).

Generell ist das Hochwasserrisikomanagement in Niedersachsen weniger gut koordiniert als in NRW. In den Interviews betonten die Akteure, dass durch den Wegfall der Bezirksregierung keine koordinierende Rolle für das Hochwasserrisikomanagement existiert. Um diese Lücke zu schließen, hat das MU zusammen mit der NGO Kommunale Umwelt-Aktion Hochwasserpartnerschaften initiiert. In solchen Partnerschaften arbeiten Gemeinden, Verbände und andere Akteure innerhalb eines Wassereinzugsgebiets beim Hochwasserschutz zusammen, der technischen Hochwasserschutz, Hochwasserprävention, natürlichen Wasserrückhalt, Auenschutz und Schutz vor Starkregen umfasst. Die Zusammenarbeit ermöglicht den Austausch und bietet eine Plattform für kontinuierliche Weiterbildung. In Kooperationsvereinbarungen werden Ziele und Arbeiten festgelegt, die oft mit der Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes beginnen. Das Land Niedersachsen unterstützt diese Partnerschaften durch fachliche Beratung und Fördermöglichkeiten nach den Förderrichtlinien für den Hochwasserschutz im Binnenland. Die koordinierende, beratende und informierende Rolle der unteren Wasserbehörden (Kreise Steinfurt, Borken und Bad Bentheim) wurde in den Interviews immer wieder hervorgehoben.

Ihre Möglichkeiten zur direkten Einflussnahme auf die Kommunen bei der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagementplanung sind daher begrenzt.

In den Interviews gaben mehrere Akteure an, dass das Hochwasserrisikomanagement in den vergangenen Jahren sowohl in Niedersachsen als auch in Nordrhein-Westfalen vernachlässigt wurde. Daher hat die untere Wasserbehörde des Landkreises Grafschaft Bentheim einen Fördertopf für Hochwasserschutzbauten eingerichtet. Obwohl noch nicht viele Anträge gestellt wurden, rechnen die Befragten mit einem Anstieg in absehbarer Zeit. Für NRW ist die Förderung auf Landesebene mit einer eigenen Förderrichtlinie organisiert. Eine der größten Herausforderungen bei der Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist jedoch die begrenzte Verfügbarkeit von Flächen. Da es in der näheren Vergangenheit keine schadhafte Hochwasser in der Region gegeben hat, ist die Bereitschaft zur Flächenabgabe gering (Regierungsbezirk Düsseldorf).

Für Deiche sind in der Regel die Deichverbände oder andere Unterhaltungsverbände zuständig, sofern nicht der Staat zuständig ist. Diese sind für die Deichunterhaltung zuständig und müssen die Vorbereitungen für die Deichverteidigung sicherstellen, einschließlich der Instandhaltung zugänglicher Wege, der Bereitstellung der erforderlichen Ausrüstung und Materialien und der ständigen Gewährleistung der Zugänglichkeit der Deiche.

Katastrophenmanagement

Der Katastrophenschutz ist in Deutschland außerhalb von Kriegszeiten eine Aufgabe der Bundesländer. Daher unterscheiden sich die Ansätze in Niedersachsen und NRW. Die Länder können jedoch zusätzlich Polizeikräfte anderer Bundesländer, Kräfte und Organisationen anderer Verwaltungen, wie das Technische Hilfswerk (THW), die Bundespolizei oder die Bundeswehr um Unterstützung bitten (BMI, n.d.).

Nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist jeder, der von Hochwasser betroffen sein kann, verpflichtet, im Rahmen des Möglichen und Zumutbaren geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen. Dazu gehört auch die Anpassung der Landnutzung an mögliche nachteilige Folgen von Hochwasser für Mensch, Umwelt oder Eigentum. Erst wenn diese Maßnahmen nicht ausreichen, wird der Hochwasserschutz zu einer kommunalen Aufgabe.

Niedersachsen

Die Hochwasservorhersagen werden über die Hochwasservorhersagezentrale (HWVZ) in Niedersachsen erstellt. Die HWVZ arbeitet als landesweite Hochwasservorhersagezentrale und stellt über verschiedene Plattformen wichtige Hochwasserinformationen für Kommunen, Unternehmen und die Öffentlichkeit bereit. Sie wurde 2009 gegründet und berechnet Abfluss- und Wasserstandsvorhersagen für Binnenpegel. Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeit liegt in hochwassergefährdeten Regionen, unter anderem an der Vechte. Die HWVZ stützt sich auf eine vielfältige Datenbasis und bezieht hydrologische und hydrometeorologische Daten aus verschiedenen Quellen (NLWKN, Deutscher Wetterdienst DWD, Harzwasserwerke GmbH, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung WSV). Es verwendet ein hochauflösendes hydrologisches Modell (Panta Rhei) und bezieht Wettervorhersagen in die Vorhersagen ein. Allerdings können Unwägbarkeiten wie plötzliche starke Regenfälle die Vorhersagegenauigkeit beeinträchtigen. Eine enge Zusammenarbeit mit den Beteiligten, einschließlich der Hochwassermeldedienste, der Wasserwirtschaftsbehörden und der meteorologischen Dienste, ist unerlässlich.

Die Gemeinden sind für die Organisation des Hochwasserschutzes bei regelmäßigen Hochwasserereignissen zuständig (Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (SOG) und das Niedersächsische Kommunalverfassungsgesetz (NKomVG), NLWKN, 2015). Sie stützen sich dabei auf freiwillige Hilfsdienste wie die Feuerwehr oder das Rote Kreuz. Die Kommunen übernehmen die Alarm- und Einsatzplanung, die Organisation von Ressourcen (z.B. Sandsacklager), Übungen und die Ausbildung des Personals (Flasche, 2016). Eine weitere Maßnahme zur Unterstützung der Einsatzkräfte während der Dürre ist der Aufbau einer "Wasserwehr" (NWG § 132), einem Verbund aus Feuerwehren, Gemeinden und Deichverbänden. Dieser wird in Niedersachsen jedoch noch nicht angewendet (NDR, 2024).

Der Katastrophenschutz ist in Niedersachsen durch das Katastrophenschutzgesetz (NKatSG) geregelt, das die Aufgaben des Katastrophenschutzes den Landkreisen und kreisfreien Städten (Katastrophenschutzbehörden) zuweist. Für den Bereich der Vechte ist die Katastrophenschutzbehörde der Landkreis Graftschaft Bentheim.

Wenn der Landrat den Notstand ausruft, übernehmen die Katastrophenschutzbehörden die Verantwortung. Es gibt kein festes Protokoll darüber, was als Notstand anzusehen ist. In den Interviews erwähnen die Akteure jedoch, dass ein Deichbruch oder die Größe des betroffenen Gebiets bzw. die Anzahl der betroffenen Gemeinden Faktoren für diese Entscheidung sind. Die Katastrophenschutzbehörden haben die

Aufgabe, die notwendigen Maßnahmen für den Katastrophenschutz in ihrem jeweiligen Gebiet vorzubereiten und mögliche Katastrophengefahren zu bewerten. Die Katastrophenschutzbehörde ist verpflichtet, für ihren Zuständigkeitsbereich einen Katastrophenschutzplan zu erstellen, der auch externe Notfallpläne und spezielle Pläne für bestimmte Gefahren wie Hochwasser oder Sturmfluten enthält und ständig aktualisiert werden muss. In dem Plan werden das Alarmierungsverfahren, die Sofortmaßnahmen im Katastrophenfall sowie der Einsatz von Personal und Ressourcen beschrieben. Der Plan wird der zuständigen Polizeidirektion (als Aufsichtsbehörde) und den benachbarten Katastrophenschutzbehörden vorgelegt (weitere Informationen zu den Aufgaben der Katastrophenschutzbehörden siehe (NLWKN, n.d.-b)).

Nordrhein-Westfalen

In Nordrhein-Westfalen übernimmt das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) die Aufgabe, die Grundlagendaten für die Wasserwirtschaft zu ermitteln und betreibt den Hochwasserinformationsdienst. Durch den Betrieb von Fließgewässer- oder Hochwasserpegeln sowie Niederschlags- und Klimamessstationen werden hydrologische Daten erhoben, gespeichert, validiert, aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Werden an den Hochwasserpegeln des LANUV in Nordrhein-Westfalen definierte Wasserstände ("Informationswerte" 1 - 3; nicht bezogen auf den jährlichen Hochwasserabfluss, sondern nur beschreibend: Wert 1 = "Erstes Ausbruchshochwasser", Wert 2 = "Gefahr der Überflutung einzelner bebauter Grundstücke oder Infrastruktureinrichtungen", Wert 3 = "Gefahr der Überflutung bebauter Gebiete oder von Infrastruktureinrichtungen in größerem Umfang") überschritten, werden die betroffenen Kommunen sowie andere zuständige Behörden über die Pegelüberschreitung informiert. Die Informationen werden zusätzlich im Internet in Form eines hydrologischen Lageberichts des LANUV sowie der Daten ([Hochwasserportal](#)) veröffentlicht. Werden an den Hochwassermessstellen an den Fließgewässern Schwellenwerte überschritten, starten die zuständigen Behörden den aktiven Meldedienst. Ab diesem Zeitpunkt liegen die Schutz- und Abwehrmaßnahmen in der Verantwortung der zuständigen Behörden, wie z.B. der Feuerwehren und des Katastrophenschutzes vor Ort.

Die Hochwasserkatastrophe 2021 in NRW hat gezeigt, dass die Anstrengungen zum Schutz vor Hochwasser und Starkregen verstärkt werden müssen, auch bei der Umsetzung der Maßnahmen in den Kommunen. Die Wasserwirtschaftsverwaltung hat bisher versucht, die Umsetzung durch Fachtagungen zur Hochwasserrisikomanagementplanung, Informationsbroschüren und

Öffentlichkeitsarbeit sowie den Austausch mit den Kommunen im Rahmen des Erarbeitungsprozesses des Hochwasserrisikomanagementplans zu fördern. So sollen beispielsweise die Fördermittel für die Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen erhöht und wasserbauliche Maßnahmen zum Hochwasserschutz mit bis zu 80 Prozent bezuschusst werden, wenn öffentliche Flächen betroffen sind.

Geprüft wird auch, ob bei der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten ein "Klimazuschlag" angesetzt werden kann. Darüber hinaus sollen kommunale und regionale Starkregenkonzepte und die Umsetzung der in diesen Konzepten ermittelten Maßnahmen geprüft werden. Unabhängig von den Vorgaben der EG-Hochwasserrichtlinie werden in Nordrhein-Westfalen die Überschwemmungsgebiete der hochwassergefährdeten Gewässer berechnet und durch Rechtsverordnung festgesetzt oder vorläufig gesichert. Grundlage für die Berechnung ist ein Hochwasserereignis, das statistisch gesehen einmal in 100 Jahren zu erwarten ist (HQ100). Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten gehört zu den strategischen Vorsorgemaßnahmen im Hochwasserschutz mit unmittelbarer planungsrechtlicher Wirkung, wie z.B. die Beschränkung der Ausweisung oder Erweiterung von kommunalen Baugebieten. Diese Aufgabe bleibt - unabhängig von der EG-Hochwasserrichtlinie - eine gesetzliche Verpflichtung und wird von den Bezirksregierungen wahrgenommen. Bei Hochwasserereignissen, die statistisch seltener als alle 100 Jahre auftreten (HQextrem), sind die Gemeinden in den betrachteten Flussgebieten für den Katastrophenschutz zuständig (z.B. Ahaus, Altenberge, Billerbeck, Bocholt, Borken, Coesfeld, Gescher, Gronau, Hamminkeln, Heek, Hünxe, Isselburg, Laer, Legden, Ochtrup, Rees, Rhede, Rosendahl, Schermbeck, Stadtlohn, Steinfurt, Südlohn, Velen, Vreden, Wesel, Wettringen).

4.1.3 Dürrierisiko- und Katastrophenmanagement

In Deutschland ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) für die Regelung der Anforderungen an die integrierte Wasserwirtschaft zuständig. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft ist zuständig für wirtschaftliche Instrumente zur Förderung hitzeresistenter Kulturen. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr sorgt für eine sichere und reibungslose Schifffahrt auf den Bundeswasserstraßen und verlässlich kalkulierbare Transportbedingungen, auch bei häufigen klimawandelbedingten extremen Niedrigwasserperioden (Kampa & Rouillard, 2023). Mehrere Gesetze und Maßnahmen zielen nicht speziell auf den Umgang mit Dürre ab, enthalten aber Abschnitte mit diesem Schwerpunkt sowie Instrumente zur Minimierung von Dürrefolgen:

1. Wasserhaushaltsgesetz (WHG): Das Wasserhaushaltsgesetz ist das zentrale Gesetz in Deutschland, das die Wasserwirtschaft regelt. Es enthält Bestimmungen zur nachhaltigen Wassernutzung, zum Schutz vor Wasserknappheit und zur Sicherstellung einer ausreichenden Wasserversorgung. In Zeiten der Trockenheit sind die unteren Wasserbehörden befugt, Maßnahmen zu ergreifen, um eine gerechte Verteilung der Wasserressourcen zu gewährleisten.
2. Landeswassergesetze: Die Bundesländer setzen das WHG in Landeswassergesetzen um (Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) und Landeswassergesetz NRW (LWG)). Diese Gesetze enthalten spezifische Regelungen für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen auf Landesebene. In Trockenperioden können zum Schutz der Wasserreserven besondere Regelungen und Beschränkungen erlassen werden.

Tabelle 7 gibt einen detaillierten Überblick über die Gesetze und Richtlinien auf den verschiedenen staatlichen Ebenen. Gesetze und Verordnungen, die sich auf die Erhaltung des Wasserrückhaltevermögens des Bodens konzentrieren, sind nicht speziell auf Dürren ausgerichtet, sondern unterstützen einen nachhaltigen Wasserhaushalt (z. B. Bodenschutzgesetze/-verordnungen, Verordnungen zur Erhaltung von Grünland, Naturschutzgesetze). Darüber hinaus können auch Programme zur Entwicklung des ländlichen Raums und darin enthaltene Agrarumweltmaßnahmen die Aufrechterhaltung eines natürlichen Wasserhaushalts unterstützen, indem sie Landwirte dazu anregen, nachhaltige Praktiken anzuwenden, die zur Bewältigung von Dürren beitragen (z. B. moorschonende Aufstauung, dauerhafte Umwandlung von Ackerland in Grünland, Anlage von Uferrandstreifen).

Bis vor einigen Jahren wurde dem Dürrierisiko und der Wahrscheinlichkeit negativer Auswirkungen von Dürren in Deutschland nicht viel Aufmerksamkeit geschenkt, und im Vergleich zu Überschwemmungen sind die Auswirkungen von Dürren immer noch schwer zu quantifizieren (Blauhut & Stahl, 2018). In der kürzlich veröffentlichten Nationalen Wasserstrategie (BMUV, 2023) wird Wasserknappheit als eine der aktuellen und zukünftigen Herausforderungen anerkannt, insbesondere nach den Dürrejahre 2018, 2019, 2020 und 2022. Aufgrund der aktuellen Rahmenbedingungen, wie z.B. den Folgen der Klimakrise, wird es in Zukunft notwendig sein, Lösungen zu entwickeln, um Nutzungskonkurrenzen und Zielkonflikte um die Wasserressourcen zu vermeiden, wie es in der nationalen Wasserstrategie vorgesehen ist. So sieht die Strategie vor, kurzfristig eine einheitliche Definition von Kerngrößen für Wassermangel und Wasserknappheit, einschließlich Dürren, umzusetzen (BMUV, 2023, S. 85). Das Thema Dürre

wird auch in einigen anderen Maßnahmen der nationalen Wasserstrategie erwähnt.

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ist die zentrale Plattform für die Koordination aller diesbezüglichen Aktivitäten. Die Arbeitsgruppen der LAWA haben zahlreiche strategische Dokumente zum Thema Trockenheit und Wasserknappheit erarbeitet, zum Beispiel "Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft" (LAWA, 2020) oder "Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel" (LAWA, 2022). Diese Leitlinien sollen die Entscheidungs- und Politikgestaltung in den Bundesländern unterstützen, sie sind nicht verbindlich.

Konkrete Ansätze zum Dürremanagement werden bis heute weder in der Nationalen Wasserstrategie noch in der LAWA genannt. Ein Grund dafür mag sein, dass die direkten Auswirkungen von Dürren weniger sichtbar sind als die von Hochwassern und die Existenz der deutschen Bevölkerung noch nicht bedrohen (Blauhut & Stahl, 2018). Obwohl nach den extremen Dürreperioden 2018 und 2019 in Europa das Bewusstsein für eine zukünftige Zunahme des Dürreerisikos weit verbreitet ist, wird Dürre in Mittel-, Nord- und Osteuropa oft noch nicht als Risiko angesehen (Blauhut et al., 2022). In den Interviews, die im Rahmen dieser Studie durchgeführt wurden, wurde deutlich, dass der Bedarf an einem grenzüberschreitenden Dürreerisikomanagement noch weitgehend ungedeckt ist.

In den Verwaltungsstrukturen wird eher von niedrigen Wasserständen und Trockenperioden als von Dürren gesprochen (z. B. in den Interviews im Rahmen dieses Projekts und in der nationalen Wasserstrategie). Die Strukturen innerhalb der Behörden, die sich mit Dürren befassen, werden gerade erst entwickelt. Bisher gibt es in Deutschland keine Regelung, die sich umfassend und explizit mit dem Thema Dürre befasst (vgl. Tabelle 8). Die bestehenden Regelungen (Wasserhaushaltsgesetze des Bundes und der Länder) befassen sich mit Trockenheit und Dürre aus der Perspektive der integrierten Wasserwirtschaft (Kampa & Rouillard, 2023).

Bisher wurde den Wasserrückhaltmaßnahmen, die das Dürreerisiko langfristig beeinflussen würden, wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Die WRRL spricht von naturnahen Gewässern, um zum Beispiel Dürren abzumildern. Bisher wurden Dürreperioden beispielsweise durch die Begrenzung der Wasserentnahme in Trockenperioden bewältigt. Tatsächlich gibt es während einer Dürre keine generelle Priorisierung von Wasser. Eine solche Prioritätensetzung wird derzeit breit diskutiert und ist in der nationalen Wasserstrategie erwähnt. Während landwirtschaftlicher und

sozialer Dürreperioden kommt es auf lokaler Ebene zu Wassereinschränkungen. In Niedersachsen beispielsweise wurde die Wasserentnahme für Landwirte, Gärtner und Teichwirte während der letzten Trockenperioden ganztägig durch vorübergehende Verbote geregelt. Dies geschieht zunächst als Empfehlung der Wasserversorger, bei akuten Problemen wird eine Beschränkung durch die unteren Wasserbehörden erlassen. Dies ist jedoch nur eine punktuelle Lösung des Problems und geht nicht an die Ursache. Als langfristige Lösung sieht die Nationale Wasserstrategie ein wassersensibles Landschaftsmanagement einschließlich der Erhöhung des Wasserrückhalts in der Landschaft vor. In den Interviews wurden solche Projekte von den Beteiligten bereits erwähnt (z.B. DIWA, Wasserrückhalt in landwirtschaftlichen Gräben durch den Vechteverband).

In den Interviews wiesen die Akteure darauf hin, dass die Zahl der Anträge auf Bewässerungsbeihilfen in den letzten Jahren aufgrund der Dürre gestiegen ist. Dieser Trend könnte sich in Zeiten langanhaltender Trockenheit und Hitze noch verstärken. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es in Zukunft zu einer stärkeren Nutzung der in den Wintermonaten gebildeten Grundwasserreserven in den Sommermonaten und zu längeren Perioden mit niedrigen Grundwasserständen kommen wird (LAWA, 2020). Außerdem ist eine Grundwasserüberwachung der Wasserstände und der Wasserqualität notwendig. Es müssen Maßnahmen zur Erhöhung des Grundwasserdargebots und zur Förderung der Grundwasserneubildung ergriffen werden. Ein sparsamer und schonender Umgang mit der Ressource Grundwasser ist notwendig. Gemäß den Bewirtschaftungszielen der WRRL, des WHG und der Grundwasserverordnung darf die Grundwasserentnahme die Grundwasserneubildung nicht übersteigen.

Erste Schritte zum Dürremanagement sind getan. Niedersachsen hat ein Wasserversorgungskonzept entwickelt (NLWKN, 2022b). Zur Bewältigung künftiger Dürreperioden unterstreicht das Konzept die Notwendigkeit der Zusammenarbeit der Akteure und damit einer integrierten Wasserressourcenplanung. Ein grundlegendes Ziel ist es, die Sensibilität und das Wissen der Grundwasserakteure hinsichtlich des durch den Klimawandel zunehmenden Dürreerisikos für die Landwirtschaft und grundwasserabhängige Ökosysteme zu stärken und das Bewusstsein für den Umgang mit begrenzten Wasserressourcen weiter zu schärfen.

In diesem Sinne hat das niedersächsische Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) im Jahr 2022 ein Projekt zur Anpassung an den Klimawandel gestartet. Das Projekt heißt KliBoG - Klimafolgenanpassung Boden und Grundwasser - und besteht aus drei Teilen. Alle drei Teilprojekte

sind Teil des Maßnahmenprogramms der niedersächsischen Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Im Teilprojekt 1 werden Wasserhaushaltsmodelle weiterentwickelt, um u.a. mit Hilfe der Bodenfeuchte und der Sickerwasserbildung Dürresituationen heute und in Zukunft besser abschätzen zu können. Zu diesem Zweck werden Daten und Modelle aktualisiert. Teilprojekt 2 besteht in der Verbesserung des Wasserrückhalts im Gebiet durch Entsiegelung und angepasste Landnutzung, einschließlich klimaresistenter Ökosysteme, als Beitrag zur Anpassung an die Klimaauswirkungen. Teilprojekt 3 besteht aus einem klimaangepassten Grundwassermanagement und einer 3D-Modellierung im Raum Lüneburg.

In Nordrhein-Westfalen verfügt das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ebenfalls über ein spezielles Informationssystem zum Klimawandel in Bezug auf Trockenheit. Das Land ist sich also auch der klimatischen Veränderungen durch den Klimawandel und die zunehmenden Dürren bewusst. Auf der Website der kommunalen Beratungsstelle für Klimafolgenanpassung finden Betroffene Informationen zu Beratung, Unterstützung und Vernetzungsmöglichkeiten (LANUV, o.J.-c).

Das Dürrerisikomanagement steht in Deutschland erst am Anfang. Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen haben noch einen langen Weg vor sich, um das zunehmende Dürrerisiko zu bewältigen. In der nationalen Wasserstrategie wird die Wasserknappheit in vielen wichtigen Punkten angesprochen. Entscheidend ist, dass die Strategie nun in Vorschriften und Projekte umgesetzt wird, damit sie Wirklichkeit wird. Erste Schritte sind gemacht, zum Beispiel mit dem KliBoG, das die Überwachung, die Landschaftspflege und die Verbesserung des Wasserrückhalts verstärkt. Neben den Bundesländern sind sich auch die Regionen wie einzelne Gemeinden oder Landkreise bewusst, dass zum Schutz des Grund- und Oberflächenwassers langfristig Wasser in Gebieten für die Trockenperioden gespeichert werden muss. Dies kann durch Renaturierung, Moorschutz, bewusste Bewässerung, aber auch durch Privatpersonen mit Zisternen in eigenen Garten geschehen.

4.2 Die Niederlande

4.2.1 Wasserwirtschaft

Das Waterwet ("Wassergesetz") in den Niederlanden verteilt die Zuständigkeiten für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen auf mehrere Verwaltungsebenen und Organisationen. Das Wassergesetz ist seit Ende

2009 in Kraft und basiert auf einer integrierten Bewirtschaftung des gesamten Wassersystems. Mit dem Wassergesetz wurden acht spezifische Wassergesetze in einem einzigen Rechtsakt zusammengefasst: Wasserwirtschaftsgesetz, Hochwasserschutzgesetz, Grundwassergesetz, Gesetz über die Verschmutzung von Oberflächengewässern, Gesetz über die Verschmutzung von Meeressgewässern, Gesetz über die Eindeichung von Gewässern, Gesetz über Wasserressourcen und Gesetz über die Infrastruktur und die Verschmutzung von Unterwasserböden (ein früherer Paragraph des Bodenschutzgesetzes). Die autonomen Zuständigkeiten sind nun im Wassergesetz im Sinne einer engen Zusammenarbeit geregelt. In der Vergangenheit waren vor allem die Hochwasserkatastrophen von 1916 und 1953 ausschlaggebend für eine bessere Koordinierung zwischen den Ebenen und Maßstäben sowie für die Zusammenlegung der zahlreichen regionalen Wasserbehörden zu weniger und größeren Organisationen (Kuks, 2009).

Das Wassergesetz regelt die Bewirtschaftung der Oberflächengewässer und des Grundwassers und verbessert die Kohärenz zwischen Wasserpolitik und Raumplanung. Es berührt sowohl die Wasserqualität als auch die Wasserquantität. Zeitgleich mit dem Wassergesetz trat das erneuerte System der "Wasserverordnungen" der Provinzen und der regionalen Wasserbehörden in Kraft. Diese mussten ebenfalls an das neue integrale Recht angepasst werden und basieren auf den Landesverfassungsgesetzen über die Provinzen und regionalen Wasserbehörden sowie auf dem Wassergesetz. Die sich daraus ergebende Aufgabenteilung ist in der folgenden Tabelle schematisch dargestellt. Die Bewirtschaftung der regionalen Wassersysteme obliegt den regionalen Wasserbehörden, während die RWS für die Bewirtschaftung des Hauptwassersystems, bestehend aus den großen Flüssen und Kanälen, zuständig ist.

Tabelle 9: Aufteilung der Zuständigkeiten gemäß dem Wassergesetz (angepasst aus IPLO, 2023; Ministerium für allgemeine Angelegenheiten, 2023)

Ebene der Regierung	Verantwortlich für:
Zentralregierung (Ministerium und Rijkswaterstaat)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nationale Politik und nationale Maßnahmen ✓ Hochwasserschutznormen für die primären Hochwasserschutzsysteme⁶, wie Deiche und Dünen, die das Land vor Wasser aus dem Meer und den großen Flüssen schützen. ✓ Verwaltung des Hauptwassersystems (die wichtigsten Flüsse und Kanäle)
Provinzen	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Umsetzung der nationalen Wasserpolitik in regionale Maßnahmen ✓ Entwicklung der regionalen Wasserprogramme ✓ Operative Aufgaben in Bezug auf bestimmte wasserwirtschaftliche Fragen, wie z. B. Genehmigungen für Grundwasserentnahmen und Grundwasserüberwachung ✓ Bewirtschaftung der Grundwasserqualität (Bodenschutzgesetz). ✓ Beaufsichtigung der Verwaltung der regionalen Wassersysteme ✓ Koordinierung der regionalen Beiträge zu den nationalen Hochwasserrisikomanagementplänen und -programmen im Rahmen der europäischen Hochwasserrisikorichtlinie
Regionale Wasserbehörden	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verwaltung von Plänen für die Wasserqualität in ihrem Bezirk ✓ Verwaltung regionaler Hochwasserschutzsysteme, die das Land z. B. vor Wasser aus den Kanälen schützen. ✓ Management des regionalen Wassersystems (Festlegung und Durchführung von Maßnahmen) ✓ Behandlung kommunaler Abwässer
Gemeinden	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Regen - und Grundwasser in städtischen Gebieten ✓ Ableitung von Abwässern und überschüssigem Regenwasser über die Kanalisation (Wassergesetz und Umweltmanagementgesetz).

Entwicklungen im Laufe der Zeit, einschließlich des neuen Umweltgesetzes

Der Diskurs über Fragmentierung und Integration in den Niederlanden, der bis in die 1960er Jahre zurückreicht, ist für das Verständnis der heutigen

⁶ Die primären Hochwasserschutzanlagen bieten Schutz vor Überschwemmungen durch die Nordsee, das Wattenmeer, die großen Flüsse Rhein, Maas und Westerschelde, die Oosterschelde, das IJsselmeer, das Volkerak-Zoommeer, das Grevelingenmeer und den Gezeitenteil der Hollandschen IJssel und der Veluwerandmeren.

Herausforderungen von entscheidender Bedeutung. Kuks (2009) stellt fest, dass die mangelnde Integration in dieser Zeit den aktuellen Agenden abträglich ist, insbesondere im Hinblick auf die Anfälligkeit für den Klimawandel und die geringere Widerstandsfähigkeit.

Das Raumordnungsgesetz von 1962 spielte eine Schlüsselrolle, da es die Enteignung von Land für die Entwässerung ermöglichte, was zu einer Umstrukturierung der Landschaft und des Wirtschaftssektors führte. Diese gesetzgeberische Maßnahme erhöhte die Entwässerungskapazität und führte zur Kanalisierung der Wasserläufe. Gleichzeitig verstärkten die Flurbereinigung und die Aufteilung der landwirtschaftlichen Flächen zur Steigerung der Produktivität die Entwässerungsbemühungen.

Die Trennung zwischen allgemeiner Demokratie und funktionaler Demokratie behinderte die Koordinierung zwischen Wasser- und Landnutzungspolitik. Bis in die späten 1980er Jahre waren die regionalen Wasserbehörden überwiegend von Landwirten dominiert, aber durch Verwaltungszusammenlegungen verringerte sich ihre Zahl von über 2500 im Jahr 1950 auf 21 im Jahr 2009. Diese Konsolidierung führte zu mehr Kapazität, Fachwissen und der Einführung von Wahlen für den allgemeinen und täglichen Vorstand der 21 regionalen Wasserbehörden.

Die Regulierung des Grundwassers in den 1980er Jahren durch das Grundwassergesetz legte den Grundstein für die Integration. Änderungen Anfang der 90er Jahre schufen eine gemeinsame Grundlage für die Berücksichtigung von Umwelt- und ökologischen Erwägungen. Trotz dieser Bemühungen stand die Integration der Ziele des Sektors in den Bereichen Wasser, Umwelt, Natur und Landnutzung aufgrund der Komplexität und der zersplitterten Behörden vor Herausforderungen. Eine Verfassungsänderung im Jahr 1992 räumte den regionalen Wasserbehörden das Primat über die regionale Wasserwirtschaft ein und übertrug operative Aufgaben von den Provinzen und Gemeinden auf die regionalen Wasserbehörden.

Trotz dieser Bemühungen hielt die Unzufriedenheit mit der Fragmentierung in den Bereichen Wasser, Natur, Umwelt und Raumplanung an. Diese Unzufriedenheit veranlasste die Entwicklung eines integrativen Umweltgesetzes (auf Niederländisch: Omgevingswet). Seit dem 1. Januar 2024 (IPLO, n.d.) konsolidiert dieses Gesetz über 20 bestehende Gesetze, darunter das Wassergesetz, das Raumplanungsgesetz, das Naturschutzgesetz, das Enteignungsgesetz, das Ausgrabungsgesetz, das Umweltmanagementgesetz und das Bodenschutzgesetz.

Das Umweltgesetz zielt darauf ab, die Integration auf dezentraler Ebene zu verbessern, wobei dezentrale Akteure wie Provinzen, Gemeinden und regionale Wasserbehörden die Führung bei der Verwirklichung der sektoralen Integration übernehmen. Auf der dezentralen Ebene sind zwei Wege vorgesehen (Lulofs, 2020): die Ableitung von Regeln für die Lebensumwelt und die Vorbereitung und Umsetzung von Programmen und Projekten, die sich an festgelegten Normen und Zielen orientieren.

Während die EU- und die nationale Gesetzgebung den Rahmen vorgeben, erfolgt die Koordinierung durch Weisungsregeln über die verschiedenen Ebenen und politischen Programme hinweg. Beispiele hierfür sind das Nationale Hochwasserschutzprogramm und das Programm zur Süßwasserpoltik. Trotz der laufenden Integrationsbemühungen bleibt das Verhältnis zwischen der nationalen Regierung, den Provinzen und den Gemeinden im Wesentlichen unverändert, insbesondere in der Wasserwirtschaft. Das Umweltgesetz sieht jedoch eine stärkere Integration von Wasser, Natur, Umwelt und Landnutzung auf dezentraler Ebene vor.

Das Gesetz erweitert den Spielraum für den Erlass Ebenen übergreifender Weisungen und erleichtert so die praktische Integration, synergetische politische Programme und Maßnahmen. Es ist ein politischer Zyklus vorgesehen, in dem die sektoralen Agenden, einschließlich Wasser, durch Konsultationen konsolidiert werden. Es folgen Überprüfungen der Umweltqualitätsstandards und die Erstellung von Programmen mit den erforderlichen Projekten und Aktivitäten, wobei die Bewertung zu einem neuen Zyklus führt.

Der nationale Wasserplan, der von einem Vierjahresplan auf einen Sechsjahresplan umgestellt wurde und nun als Nationaler Deltaplan bekannt ist, steht im Einklang mit der Sechsjahresplanung der EU-Wasserrichtlinien. Der Deltaplan umfasst Aspekte wie Hochwasserrisikomanagement, Frischwasserversorgung und räumliche Anpassung. Letzteres unterstreicht die Bemühungen um eine weitere Verflechtung von Wasserwirtschaft und Flächennutzungsplanung.

Pläne

Die Wasserpläne der nationalen Regierung und der Provinzen spiegeln jeweils die nationale und regionale (strategische) Wasserpolitik wider. Für die Regierung ist dies der Nationale Wasserplan und für die Provinzen sind es die regionalen Wasserpläne. Der Nationale Wasserplan enthält auch eine Zusammenfassung der vier Bewirtschaftungspläne für die Flusseinzugsgebiete (Rhein, Maas, Schelde und Ems) sowie das

Maßnahmenprogramm, das in den Plänen der Provinzen, regionalen Wasserbehörden und Gemeinden ausgearbeitet wurde.

Die Wasserwirtschaftspläne sind operativer Natur und werden von Rijkswaterstaat und den regionalen Wasserbehörden erstellt. In diesen Plänen werden die Bedingungen für die Erreichung der strategischen Ziele der Wasserwirtschaft festgelegt und konkrete Maßnahmen beschrieben. Die Bewirtschaftung umfasst auch das Management des Hochwasserschutzes.

Die Pläne müssen die Ziele des Wassergesetzes (Artikel 2.1 Wassergesetz), die sich auf das Hochwasserrisikomanagement, den Umgang mit Trockenheit und Wasserknappheit, die chemische und ökologische Qualität der Wassersysteme und die sozialen Funktionen beziehen, berücksichtigen und ausarbeiten. Dies führt zur Ausweisung von (Teilen von) Gewässersystemen für bestimmte Funktionen (siehe auch: Funktionszuweisung) und zu einem Maßnahmenprogramm zur Erreichung der Ziele. In den Plänen werden auch die Ziele der WRRL und die Ziele der Hochwasserrisikorichtlinie konkretisiert.

Artikel 4.8 des Wassergesetzes legt fest, dass die Pläne in Übereinstimmung mit dem WRRL-Planungszyklus alle sechs Jahre überarbeitet werden. Eine Zwischenrevision ist ebenfalls möglich.

Das Wassergesetz steht auch für eine größere Kohärenz zwischen Wasserpolitik und Raumplanung. Was die räumlichen Aspekte der Wasserpolitik betrifft, so sind die Wasserpläne der nationalen Regierung und der Provinzen auch strukturelle Visionen auf der Grundlage des Raumordnungsgesetzes ('Wet Ruimtelijke ordening' - Wro). Das bedeutet zum Beispiel, dass dort, wo in den Plänen Raum für Wasser geschaffen wird, dieser Raum (reservierte Fläche für z.B. einen Wasserspeicher) sozusagen als Teil der strukturellen Vision angesehen wird, die von beiden Regierungsstellen festgelegt wurde. Es ist daher wichtig, dass der Wasserplan als Strukturvision auch Aussagen enthält, die die politische Grundlage für den Einsatz von Wro-Instrumenten wie Weisungen, allgemeine Regeln und staatliche Integrationspläne bilden.

Für die Gemeinden ist keine Zahl im kommunalen Wasserplan vorgeschrieben. Die Art und Weise, wie die Gemeinde ihre Sorgfaltspflichten im Bereich des kommunalen Abwassers, des Regenwassers und des Grundwassers erfüllt, ist im kommunalen Abwasserplan enthalten. Räumliche Aspekte der kommunalen Wasserpolitik spiegeln sich in den Strukturvisionen und Flächennutzungsplänen der Gemeinden auf der Grundlage des Raumplanungsgesetzes wider.

Zusätzlich zu der beschriebenen Planungs- und Koordinierungsstruktur verfolgen die Städte in der Regel einen ganzheitlicheren und integralen Ansatz und verfügen häufig über einen "städtischen Wasserplan", der auch die kommunale Abwasserplanung und beispielsweise Bemühungen um Klimaresilienz (wie im Delta-Plan für räumliche Anpassung festgelegt) umfasst. Und in einer viel umfassenderen Perspektive werden im Laufe der Jahre alle möglichen Querverbindungen hergestellt, die über die Grenzen zu anderen Sektoren als nur Wasser hinausgehen, in Wasserzielen und Wasserregeln und noch mehr in Wasserprogrammen und Wassermaßnahmen (van Leussen & Lulofs, 2009). Damit wurde der Boden für neue institutionelle Reformen bereitet.

4.2.2 Hochwasserrisiko und Katastrophenmanagement

Das Hochwasserrisikomanagement in den Niederlanden war lange Zeit durch eine starke Abhängigkeit von baulichen Schutzmaßnahmen wie Deichen, Dünen und Dämmen gekennzeichnet. Nach mehreren Beinahe-Hochwasserereignissen in den 1990er Jahren hat sich dieser Ansatz mit der Einführung des Konzepts der mehrschichtigen Sicherheit im niederländischen Wasserrecht im Jahr 2009 geändert. Das Konzept der mehrschichtigen Sicherheit bezieht sich im Wesentlichen auf die Idee, dass das HWRM - soweit möglich - drei Arten von Maßnahmen berücksichtigen und kombinieren sollte: 1) Prävention, 2) Flächennutzungsplanung und 3) Notfallmanagement (Bosoni et al., 2023).

Seit einer Überarbeitung des Wassergesetzes im Jahr 2017 sind die Sicherheitsstandards in den Niederlanden risikobasiert und werden auf der Grundlage von Überschwemmungswahrscheinlichkeiten anstelle von Wahrscheinlichkeiten der Überschreitung des Wasserstands berechnet. Das bedeutet, dass die Anzahl der Menschen, die durch den Hochwasserschutz geschützt werden, bei der Festlegung des Sicherheitsstandards (eine maximal zulässige Ausfallwahrscheinlichkeit des Hochwasserschutzes) berücksichtigt wird. So werden für Gebiete mit einer großen Zahl potenzieller Hochwasseropfer strengere Sicherheitsstandards festgelegt als für Gebiete mit einer geringen Zahl potenzieller Hochwasseropfer. Um zu beurteilen, ob Hochwasserschutzanlagen den Sicherheitsstandards entsprechen, werden verschiedene potenzielle Versagensmechanismen von Hochwasserschutzanlagen (z. B. innere Erosion, Hanginstabilität oder beschädigtes Deckwerk) berücksichtigt (Jonkman et al., 2011). Die erste Bewertung von Hochwasserschutzanlagen nach diesem neuen Ansatz wurde 2023 abgeschlossen, und es wurde festgestellt, dass ein erheblicher Prozentsatz der Hochwasserschutzanlagen in den Niederlanden diese neuen

Sicherheitsstandards nicht erfüllt. Dies war bis zu einem gewissen Grad vorhersehbar, weshalb beschlossen wurde, einen Zeitraum von 30 Jahren zu reservieren, um die Hochwasserschutzanlagen auf den neuen Standard zu bringen (im Jahr 2050). Um sicherzustellen, dass alle primären Schutzanlagen bis 2050 den neuen Normen entsprechen, haben die Niederlande ein nationales Hochwasserschutzprogramm (NFPP, Teil des übergreifenden Deltaprogramms), Nationaal Deltaprogramma, n.d.). Das NFPP ist eine Zusammenarbeit zwischen allen 21 regionalen Wasserbehörden und der nationalen Generaldirektion für öffentliche Arbeiten und Wasserwirtschaft (Rijkswaterstaat).

Das NFPP bezuschusst Projekte, die darauf abzielen, die Sicherheit von Deichverläufen zu verbessern, die nicht den Sicherheitsstandards entsprechen. Solche Projekte bestehen in der Regel aus drei Phasen, die jeweils etwa drei Jahre dauern: Erkundung, Ausarbeitung und Realisierung. Wenn der Umfang eines Projekts unklar ist, geht der Erkundung eine breitere Untersuchungsphase voraus. Das NFPP bezuschusst auch Explorationsstudien, in denen innovative Lösungen für allgemeinere Herausforderungen detaillierter entwickelt werden.

Das NFPP zielt darauf ab, die Verteidigungsanlagen auf die effizienteste und wirksamste Weise zu verbessern. Entlang von Flüssen bedeutet dies im Allgemeinen, dass bestehende Deiche erhöht und/oder verstärkt werden. Vor allem in der Großregion Zwolle befinden sich derzeit eine Vielzahl von NFPP-Projekten in der Explorations-, Planungs- oder Realisierungsphase (siehe Abbildung auf der nächsten Seite). Ein besonders großes laufendes NFPP-Projekt ist "Veilige Vechte" (Sichere Vechte, Nummer 9 in der Abbildung), für das gerade eine Vorzugsvariante zur Verstärkung der verschiedenen Teile der Deichstrecke zwischen Dalfsen und Zwolle vorgeschlagen wurde (WDOD, 2023).

Die Projekte sind nicht auf die Vechte beschränkt. So werden derzeit Pläne für eine Deichverstärkung in der Nähe eines Industriegebiets in Doetinchem entlang der Issel (Nummer 50 in der Abbildung) vorbereitet. Das NFPP finanziert auch Innovationsprojekte. Beispiele für laufende Innovationsprojekte in der Region Zwolle sind Dijken & Natuur (mit Schwerpunkt auf der Weiterentwicklung der Umsetzung von Hochwasserrisikominderungsmaßnahmen in Naturschutzgebieten; Nummer 3 in der Abbildung) und hochwasserresistente Landschaften (mit Schwerpunkt auf der Weiterentwicklung einer Methode, die Erzählungen, Lösungen und Bewertungsmethoden umfasst, um künftige Hochwasserrisikominderungsmaßnahmen besser in sich verändernde Landschaften zu integrieren; nicht in der Abbildung). Beide Projekte werden von der

Wasserbehörde Drents-Overijsselse Delta geleitet und schließen die Universität Twente und Deltares als Partner ein.

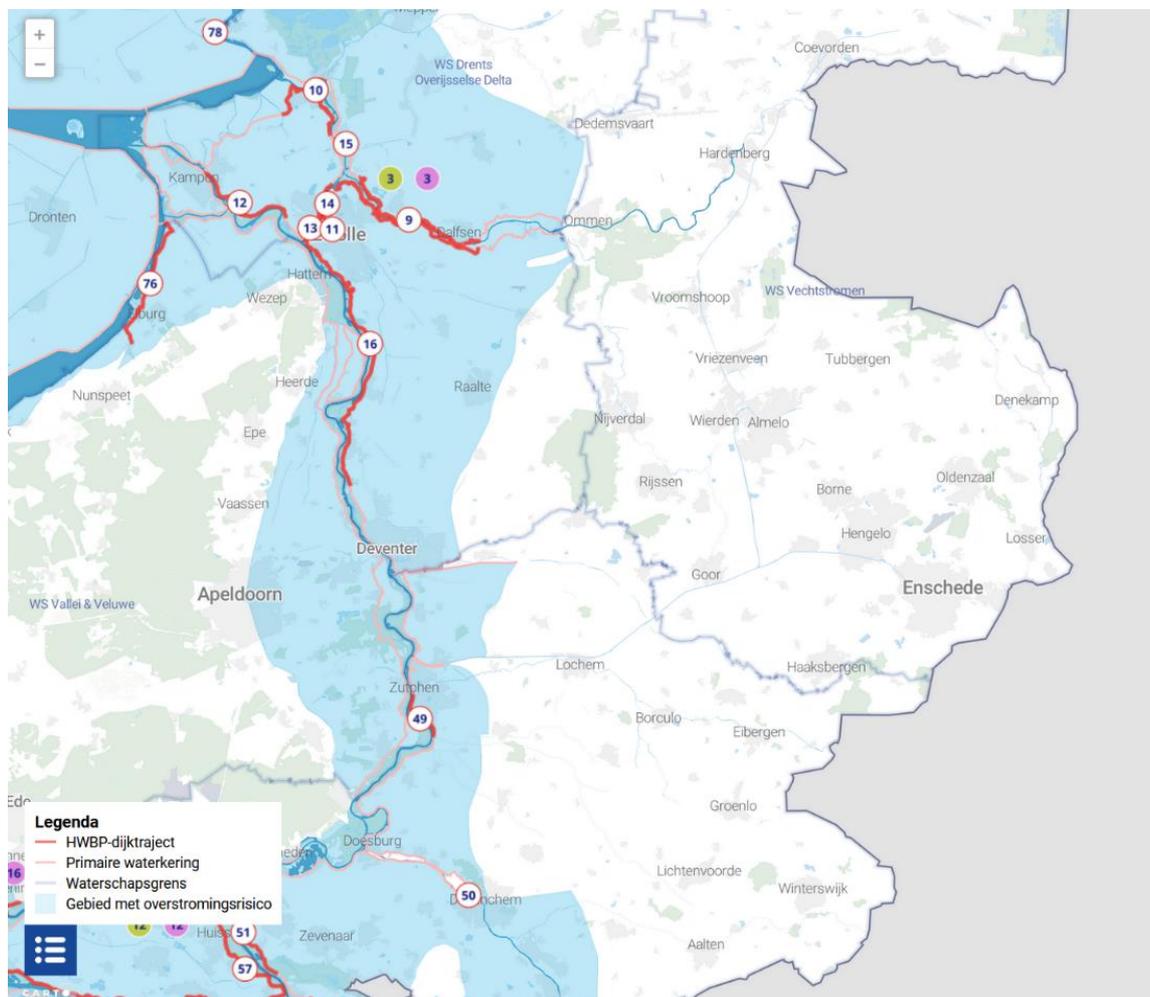


Abbildung 31: Übersicht über die laufenden NFPP-Projekte im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte (HWBP, 2024)

Ein abgeschlossenes NFPP-Projekt, das für das größere Einzugsgebiet der Vechte von Bedeutung ist, ist die Erkundungsstudie für die Vechte (auf Niederländisch: POV Vecht). Das Projekt wurde von der regionalen Wasserbehörde Vechtstromen und Drents-Overijsselse Delta sowie der Provinz Overijssel initiiert (WDOD, n.d.-b). Ziel war es, zu untersuchen, ob diversifizierte HWRM-Maßnahmen dazu beitragen können, die Kosten für die Deichverstärkung zu senken. Das Projekt wurde 2017 ins Leben gerufen, da die meisten Deiche entlang des flussabwärts gelegenen Teils des Flusses nicht den neuen Normen entsprechen. Die Frage war, ob andere Maßnahmen flussaufwärts oder flussabwärts im Einzugsgebiet eine positive Auswirkung auf die Herausforderung der Deichverstärkung haben und vielleicht auch zur Lösung anderer gesellschaftlicher Herausforderungen, wie Trockenheit und Wasserknappheit im flussaufwärts gelegenen Teil des Einzugsgebiets, beitragen könnten (WDOD, n.d.-a). Um die

Durchführbarkeit und Wirksamkeit alternativer Maßnahmen zu bewerten, wurden im Rahmen des Projekts technische Studien mit Aktivitäten von Interessengruppen kombiniert (Vinke-de Kruif & de Weerd, 2019). Das Projekt umfasste zwei Informationsaustauschsitzungen mit deutschen Akteuren, die für die Wasserwirtschaft im obersten Teil des Einzugsgebiets zuständig sind. Die Ergebnisse fließen nun in neue Projekte und Programme ein.

Während der gesamten Untersuchung gab es viele Gespräche und Interaktionen mit Organisationen, die an "Raum für die Vechte" beteiligt sind (auf Niederländisch: "Raum für die Vechte"): 'Ruimte voor de Vecht', n.d.). Diese Netzwerkorganisation wurde 2007 gegründet und ist ein Zusammenschluss von dreizehn Organisationen (Wasserbehörden, Provinz, Gemeinden und Organisationen für Natur, Grundbesitzer, Marketing, Landwirtschaft und Unternehmen), die im niederländischen Teil des Vechtebeckens tätig sind. Die Zusammenarbeit erfolgt sowohl auf administrativer (Zusammenarbeit zwischen Beamten) als auch auf politischer Ebene (auf Niederländisch: breed bestuurlijk overleg). In der jüngsten Kooperationsvereinbarung für 2023-2026 verpflichteten sich alle Partner, ihre Zusammenarbeit fortzusetzen, einen Masterplan und eine Vision für 2050 zu entwickeln und regionale Pläne weiterzuentwickeln, die vom Nationalen Programm für den ländlichen Raum (NPLG) gefordert werden. Der Umfang der Aktivitäten umfasst Klimaanpassung und Sicherheit, Natur und biologische Vielfalt, nachhaltige Landwirtschaft und sozioökonomische Entwicklung sowie ein attraktives Lebensumfeld.

In den vergangenen Jahren wurde im Rahmen des Programms "Raum für die Vechte" eine Vielzahl von Maßnahmen initiiert. So wurden im Rahmen der WRRL und des ersten Nationalen Hochwasserschutzprogramms in den vergangenen Planungsperioden u.a. Entsteinungen von Ufern angestrebt. Und die Überwindung von Wehren durch natürlich gestaltete Seitengerinne. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Wasserstand der Vechte. Der regionale Wasserverband Vechtstromen hat sich längerfristig für eine feste Pegelvariante entschieden, also nicht mehr höhere Pegel im Sommer, niedrigere Pegel im Winter. Zu diesem Zweck werden Konsultationen mit dem regionalen Wasserverband Drents Overijsselse Delta (WDOD) geführt. Man geht davon aus, dass ein fester Wasserstand für die ökologische Entwicklung des Ufers günstiger ist als die derzeitigen unnatürlichen Wasserstände mit einem hohen Wasserstand im Sommer und einem niedrigen Wasserstand im Winter. Die Folgen von Trockenheit scheinen in dieser Diskussion noch nicht ausreichend berücksichtigt worden zu sein (Knol et al., 2020). Im Allgemeinen besteht jedoch ein enger Zusammenhang zwischen den Strategien und Maßnahmen zur Bekämpfung

von Dürren (siehe unten) und der Umsetzung der WRRL. Vorgelagerte Maßnahmen zielen oft auf mehr natürliche Flussverläufe; dies bringt Vorteile sowohl für die Wasserqualität als auch für Dürren und die Anfälligkeit für Dürren. Solche Projekte werden häufig aus Mitteln zur Wiederherstellung der Natur finanziert und stehen daher im Zusammenhang mit Natura 2000. Bei Maßnahmen zur Wiederherstellung von Flüssen und Bächen werden die Projekte ebenfalls häufig von regionalen Wasserbehörden verwaltet, obwohl sie von der Provinz (mit-)finanziert werden und mit Naturfonds in Verbindung stehen. Bei Umstrukturierungsprojekten sind neben den regionalen Wasserbehörden auch Gemeinden und Interessengruppen beteiligt (Helder et al., 2017). Regionale Projekte können auch durch einen der nationalen Delta-Teilpläne kofinanziert werden.

Die regionalen Wasserbehörden sind die Organisationen, die die Details ausarbeiten, von den Zielen bis hin zu Programmen, Projekten und Maßnahmen. In den vergangenen Jahrzehnten galt die meiste Aufmerksamkeit den Hochwasserrisiken und den bevorstehenden Anforderungen der WRRL an die Wasserqualität und die ökologische Qualität der Gewässer. Erst in jüngster Zeit ist das Thema Dürre hinzugekommen.

Katastrophenmanagement

In den Niederlanden sind Hochwasser- und Dürrekatastrophen eng miteinander verknüpft und fallen in den Zuständigkeitsbereich von Wasser- und Dürrierisikomanagern wie den regionalen Wasserbehörden und der Abteilung für Wasserstraßen und öffentliche Arbeiten (Rijkswaterstaat - RWS). Diese Parteien sind Teil der regulären Wasserbewirtschaftungskette. Bei Ereignissen, die als Krisen oder Katastrophen gelten, verlagert sich die Verwaltung und das Mandat auf Krisenmanagementstrukturen, die von regionalen Behörden, Sicherheitsregionen (Veiligheidsregio's) und lokalen oder regionalen Notfall Helfern geleitet werden. Diese Krisenstäbe sind Teil einer allgemeinen Krisenkette (Rijksoverheid, n.d.-a; RWS VWL, 2021).

Für die öffentliche Ordnung und Sicherheit sind die Verwaltungsorgane innerhalb der allgemeinen Krisenkette zuständig. Diese Kette von Organisationen besteht aus dem Ministerium für Justiz und Sicherheit, den Provinzen, den Sicherheitsregionen und den Gemeinden (Waterschap Vechtstromen, 2021a). Auf nationaler Ebene ist das Ministerium für Justiz und Sicherheit (JenV) in erster Linie für die Krisenbewältigung, das Funktionieren der Krisenbewältigungspolitik sowie die Krisenbewältigungsstrukturen und -organisationen zuständig (Rijksoverheid, n.d.-a). Darüber hinaus verfügt jedes Ministerium über ein Krisenkontrollzentrum für Krisen in seinem Zuständigkeitsbereich (NCTV, 2022). Das Ministerium für Infrastruktur und Wasserbau ist für die Politik zum Schutz vor Überschwemmungen und Dürren zuständig (IenW, n.d.).

Der größte Teil der Krisenkoordination und des Krisenmanagements auf regionaler Ebene liegt in den Händen der Sicherheitsregionen. Die niederländischen Sicherheitsregionen sind für die öffentliche Sicherheit einer Region bei allen Arten von Ereignissen (nicht nur bei Überschwemmungen und Dürren) zuständig und überwachen diese. In den Niederlanden gibt es 25 Sicherheitsregionen (Abbildung 33). Die Sicherheitsregionen übernehmen die Krisenkoordination und -kontrolle. Sie sind auch für die Beaufsichtigung von Einsatzkräften wie Feuerwehr, Polizei und Krankenwagen zuständig (Rijksoverheid, n.d.-c). Wenn ein Ereignis groß genug ist und sich über mehrere (Sicherheits-)Regionen erstreckt, werden im Allgemeinen auch die nationalen Krisenkettensstrukturen aktiviert.

In den Niederlanden verwaltet die Wasserwirtschaftskette sowohl das Hochwasser- als auch das Dürrierisiko. Die Parteien innerhalb dieser Kette haben in der Regel ein bestimmtes Fachgebiet. In dieser Kette finden wir das Ministerium für Infrastruktur und Wasserwerke und Rijkswaterstaat auf nationaler Ebene und die regionalen Wasserbehörden auf regionaler und lokaler Ebene. Die regionalen Wasserbehörden stehen in engem Kontakt mit dem Nationalen Wasserwirtschaftszentrum der Niederlande (WMCN), das die Hochwasser- und Dürrierisiken für die gesamten Niederlande kontinuierlich überwacht. Das WMCN hat eine Kommission für Hochwasser (Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging - LCO) und Dürre (Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling - LCW) (Waterschap Vechtstromen, 2021). Bei einem größeren Hochwasser- oder Dürreereignis arbeiten wasser- und dürrebezogene Parteien (wie das WMCN, KNMI, Rijkswaterstaat, regionale Wasserbehörden) und die Krisenmanagementkette (Sicherheitsregionen und Provinzen), aber auch Beteiligte an wichtigen Prozessen wie Trinkwasserparteien (Landelijk draaiboek hoogwater en overstromingsdreiging, 2023) eng zusammen (siehe Abbildung 32 für weitere Einzelheiten zu den Akteuren). Die Rolle der zuständigen Behörden bei nationalen Überschwemmungen und Dürren wird ausführlich in Krisenplänen und Handbüchern für Überschwemmungen und Dürren beschrieben (z. B. Nationaler Krisenplan Hochwasser und Überschwemmungen, Nationales Handbuch Hochwasser und Überschwemmungsgefahren, Nationales Handbuch Wasserverteilung und Dürre).



Abbildung 32: Krisenpartner während einer (drohenden) wasserbezogenen Krise (van der Klei, 2017). Aus: (NIPV, 2023)

Provinzen, Sicherheitsregionen und regionale Wasserbehörden im Untersuchungsgebiet

Im niederländischen Teil des Untersuchungsgebiets gibt es drei relevante Provinzen (Overijssel, Gelderland und Drenthe), vier Sicherheitsregionen (Twente, IJsselland, Drenthe und Noord- und Oost- Gelderland) und drei regionale Wasserbehörden (Vechtstromen, Rijn und IJssel, Drents Overijsselse Delta).

Die Sicherheitsregionen (VR) spielen eine wichtige Rolle beim Krisenmanagement. Sie sind eine Erweiterung der Gemeinden und werden von einem Vorstand geleitet, der sich aus allen Bürgermeistern der Gemeinden in dieser Sicherheitsregion zusammensetzt. Der Vorsitzende ist in der Regel der Bürgermeister der größten Gemeinde. Die VRs sind nicht nur für Überschwemmungen und Dürren zuständig, sondern für jede Art von Bedrohung der öffentlichen Sicherheit. Wenn eine Bedrohung mehrere Gemeinden gleichzeitig betrifft, ist der Vorsitzende der Sicherheitsregion zuständig (Rijksoverheid, n.d.-a). Der Vorstand und die Sicherheitsregionen sind verantwortlich für die Einrichtung und Unterhaltung der Feuerwehr, der GHOR (Organisation für medizinische Hilfe in der Region), die Vorbereitung auf Brände und die Organisation der Katastrophenhilfe und des Krisenmanagements (Rijksoverheid, n.d.-a). Die Kernaufgaben sind im Gesetz für Sicherheitsregionen (Wet Veiligheidsregios) geregelt. Die Zuständigkeiten sind:

- a. Die Bestandsaufnahme der mit Bränden, Katastrophen und Krisen verbundenen Risiken und die Erstellung eines Risikoprofils;

- b. Beratung der zuständigen Behörde in Bezug auf Risiken im Zusammenhang mit Bränden, Katastrophen und Krisen, die durch das Gesetz oder gemäß dem Gesetz bestimmt werden, sowie in den im Strategieplan festgelegten Fällen;
- c. Beratung des Bürgermeisters und von Entscheidungsträgern
- d. Vorbereitung auf die Bekämpfung von Bränden und Organisation von Katastrophenschutz und Krisenmanagement;
- e. Aufbau und Unterhaltung einer Feuerwehr;
- f. Einrichtung und Unterhaltung eines öffentlichen Gesundheitsdienstes (GHOR);
- g. Bereitstellung der Funktion der Notrufzentrale;
- h. Anschaffung und Verwaltung der gemeinsamen Ausrüstung;
- i. Aufbau und Pflege der Informationsversorgung innerhalb der Dienste der Sicherheitsregion und zwischen diesen Diensten und anderen Diensten und Organisationen, die an den unter d, e, f und g genannten Aufgaben beteiligt sind.

Wie bereits erwähnt, arbeiten die VRs nicht allein. Bei wasserbezogenen Krisen, einschließlich Dürren, besteht eine enge Verbindung mit den regionalen Wasserbehörden, Provinzen und Gemeinden. In der Regel verlassen sich die Sicherheitsregionen auf die Informationen, die die regionalen Wasserbehörden bereitstellen. Sie arbeiten auch formell zusammen, wie im Krisenplan, Risikoplan und Entscheidungsplan festgelegt. Die beiden Sicherheitsregionen IJsselland und Twente erklärten in den Interviews, dass diese Zusammenarbeit recht reibungslos verläuft.

Die VR haben auch eine informative Funktion, indem sie mit den Interessenvertretern über verschiedene Szenarien kommunizieren, die eintreten könnten, und darüber, wie man sich auf diese vorbereiten kann. Die VRs versuchen zum Beispiel zu bewerten, wie man klimaresilient sein kann. Obwohl das Nachdenken über und die Vorbereitung auf klimabezogene Szenarien eine relativ neue Entwicklung ist, beschäftigen sich die VRs Twente und IJsselland, die im erweiterten Vechtebecken liegen, bereits seit einiger Zeit damit. Die VR Twente konzentriert sich eher auf Szenarien mit Auswirkungen von Trockenheit als auf Hochwasser und Überschwemmungen. VR IJsselland bereitet sich ebenfalls auf wasserbezogene Szenarien vor. Sie gaben jedoch an, dass sie auf das Hochwasserereignis von 2023/2024 mit der Kombination aller aufgetretenen Faktoren nicht ausreichend vorbereitet waren.

Gleichzeitig berichtet das NIPV (2023), dass, obwohl Sicherheitsregionen in der Regel Klimafaktoren wie Überschwemmungen und Dürren in ihren Risikoprofilen berücksichtigen, dies ein relativ neues Thema ist, dessen Auswirkungen auf das Krisenmanagement und die Krisenreaktion noch nicht

bekannt sind. Infolgedessen sind die Risiken von Klimabedrohungen nicht immer in den Krisenreaktionsplänen und im Wissen der Einsatzkräfte verankert. Insbesondere Ereignisse, die sich über mehrere Sicherheitsregionen erstrecken, können sich bei der Krisenreaktion als Herausforderung erweisen, da jede Sicherheitsregion anders organisiert ist und es nur begrenzte Erfahrungen mit solchen Ereignissen gibt (NIPV, 2023).

12 der 25 Sicherheitsregionen in den Niederlanden haben eine gemeinsame Grenze mit Deutschland oder Belgien. Diese 12 Regionen müssen ihre Krisenpläne mit dem grenzüberschreitenden Pendant koordinieren. Dies kann zum Beispiel dazu führen, dass niederländische Feuerwehrleute bei einem Brand in Deutschland zum Einsatz kommen und andersherum (Rijksoverheid, n.d.-a). In der Regel ist diese operative Seite (Feuerwehr/Polizei) auch über die Grenze hinweg gut koordiniert. In den Gesprächen wurde deutlich, dass die Zusammenarbeit und der Informationsaustausch in Bezug auf andere Elemente (meist präventive Maßnahmen) begrenzter sind. Es gibt immer mindestens eine Person, die die Niederlande vertritt, wenn es zu einer grenzüberschreitenden Krise kommt. Aber es gibt nicht immer eine systematische oder regelmäßige Zusammenarbeit oder einen Informationsaustausch über die Grenze hinweg. In den Interviews mit den VRs IJsselland und Twente betonten die Befragten die Bedeutung eines rechtzeitigen Informationsaustauschs mit Deutschland. In der Vergangenheit hat sich die rechtzeitige Aktivierung aller relevanten Krisenstrukturen aufgrund von Unterschieden in der Kommunikation und der zeitlichen Abstimmung der Informationen als schwierig erwiesen. Bei Hochwasser müssen die Sicherheitsregionen darauf vertrauen, dass die Informationen von den deutschen Partnern rechtzeitig an die regionalen Wasserbehörden weitergegeben werden und dass die regionalen Wasserbehörden die Sicherheitsregionen rechtzeitig informieren, um ein angemessenes Krisenmanagement durchführen zu können.

Was passiert bei Überschwemmungen und Dürren?

Es gibt verschiedene Phasen, die für das **Hochwasserkrisenmanagement** relevant sind: vom "business as usual" bis zu extremen Ereignissen/Katastrophen. Die verschiedenen Phasen werden im Folgenden beschrieben und sind an einen nationalen Rahmen angepasst (Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen, 2020). In der Phase "business as usual" führen die niederländischen regionalen Wasserbehörden in enger Zusammenarbeit mit Rijkswaterstaat und den Provinzen die täglichen Aktivitäten im Bereich Wasser-/Hochwassermanagement durch. Ihre Zuständigkeiten bleiben in erster Linie bei erhöhter Bedrohung durch extreme Niederschläge, Hochwasser oder Überschwemmungen bestehen. Darüber hinaus werden sie enger mit anderen Partnern der

Wasserwirtschaft wie Rijkswaterstaat sowie mit den Provinzen und Gemeinden zusammenarbeiten (Waterschap Vechtstromen, 2021a). Die regionalen Wasserbehörden verfügen über Krisenpläne, da sie gesetzlich dazu verpflichtet sind (Waterwet, Artikel 5.29). Für den Fall, dass ein Ereignis eintritt, das nicht im Rahmen der normalen Geschäftstätigkeit bewältigt werden kann, verfügen die regionalen Wasserbehörden über spezielle Krisenteams, die auf taktischer und strategischer Ebene im Einsatz sind. Das Ausmaß, die Bedrohung und die finanziellen Folgen eines Ereignisses bestimmen die Art des Krisenmodus und die Ebene, auf der die regionalen Wasserbehörden andere Parteien und die Region informiert werden (Waterschap Vechtstromen, 2021). In diesem Krisenmodus setzen die regionalen Wasserbehörden Freiwillige vor Ort ein.

Wenn die Bedrohung zunimmt, können sie zusätzliche Unterstützung von Hochwasserkrisenstellen wie dem Wasserwirtschaftszentrum oder den allgemeinen Krisenstellen wie der Sicherheitsregion anfordern. Wenn ein Hochwasserereignis die öffentliche Sicherheit zu bedrohen beginnt, geht die Verantwortung auf die Organisationen in der Krisenkette über, in der Regel auf die Sicherheitsregion.

Tabelle 10 zeigt die verschiedenen Stadien, die unterschieden werden können, vom "business as usual" (Code grün) bis hin zu einer Krise, für die die Krisenmanagementparteien verantwortlich sind (Code rot) (WMCN, 2023). Wenn sich eine Katastrophe oder Krise über einen bestimmten Ort hinaus ausbreitet, wird die Verantwortung auf die Sicherheitsregionen übertragen, die dann die volle Zuständigkeit haben, auch für die regionalen Wasserbehörden und ihre Aktivitäten (Wet Veiligheidsregio's, Abschnitt 39).

Tabelle 10: Farbcodes für Hochwasserereignisse nach Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging (WMCN, 2023)

Code grün	Business as usual
Code gelb	Bei einigen Hochwassern ergreifen die Wasserbehörden Vorsichtsmaßnahmen, einige Aktivitäten könnten eingeschränkt werden. WMCN und Krisenstäbe können informiert werden.
Code orange	Die Hochwassergefahr steigt oder es wird ein Anstieg vorhergesagt. Die Wasserbehörden ergreifen zusätzliche Maßnahmen, groß angelegte Maßnahmen werden vorbereitet, es kann zu Schäden kommen. Die Wasserbehörden informieren die Krisenbehörden und arbeiten mit ihnen zusammen.
Code rot	Extreme Situation (vorhergesagt). Groß angelegte Maßnahmen sind in Vorbereitung. Schäden können auftreten. Die Sicherheit kann gefährdet sein. Hier geht die Verantwortung vollständig auf die Krisenstrukturen über, in der Regel auf nationaler Ebene, aber die Durchführung wird von den Sicherheitsregionen übernommen.

Veiligheidsregio's



Abbildung 33: Sicherheitsregionen in den Niederlanden. Aus: CBS-Gebiete 2016-2024 (CBS, 2024).

4.2.3 Dürrierisiko- und Katastrophenmanagement

Was in den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.2 dargelegt wurde, gilt auch für Dürrierisiken in der Wasserwirtschaft. Die Institutionen, Regelungen und Planungen sind weitgehend identisch organisiert.

Im Falle einer Dürre wird das Frischwasser aus den großen Flüssen und Seen so gut wie möglich auf alle Wassernutzer in den verschiedenen Regionen verteilt.

Im Osten der Niederlande wird das Wasser vor allem über den Twentekanal in die hohen Sandböden geleitet. Auf diese Weise kann Wasser aus der IJssel nach Enschede und in die Vechte bei De Haandrik (südlich von Coevorden) geleitet werden (siehe Abbildung 40, Anhang E). Die Wasserversorgung durch den Twentekanal wird durch ein Wasserabkommen (Waterakkoord) zwischen Rijkwaterstaat, den Provinzen Overijssel und Drenthe und den regionalen Wasserbehörden von Rijn und IJssel und Vechtstromen geregelt. Die Vereinbarung regelt die Wasserversorgung von Teilen der Provinzen Overijssel, Gelderland und Drenthe sowie die Wassereinleitung in den Twentekanal durch die frei abfließenden Gebiete von Overijssel und Gelderland. Das Kanalsystem versorgt jedoch nicht das gesamte Gebiet mit Wasser, so dass erhebliche Teile der Wasserversorgung vom Niederschlag abhängig sind.

Das Delta-Programm ist der führende nationale Wasserplan für Überschwemmungsrisiken, Dürrerisiken und Klimaanpassung. Das niederländische Kabinett und das Parlament haben sich kürzlich darauf geeinigt, Wasser und Boden als Leitprinzipien für die Flächennutzungsplanung zu verwenden. Mit dieser Entscheidung werden weitreichende Wiederaufbaumaßnahmen auf dem Land angekündigt. Dies geschieht zum Beispiel, um die Schwammkapazität von Böden unterschiedlicher Nutzung zu erhöhen und die Bewässerung zu verlangsamen und zu steuern. Man könnte dies auch als "Wiederherstellung von Landschaften zur Erhöhung der Klimaresistenz und der Widerstandsfähigkeit zur Abschwächung der Auswirkungen des Anthropozäns auf Land-Wasser-Systeme" bezeichnen. Ein Jahrhundert der Landentwicklung führte zu einer immer schnelleren Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen und bebauten Gebieten. Jetzt geht es darum, das Regenwasser vor Ort zu sammeln, zu speichern, langsam zu versickern und zu bewässern. Die Provinzen spielen dabei eine wichtige Rolle, da sie die strategischen Grundwasserressourcen sowie die Raumplanung der ländlichen Gebiete verwalten.

Im Hinblick auf die Verantwortlichkeiten und Aufgaben bei Dürreperioden wird die Situation in den Niederlanden seit einigen Jahren in mehreren Studien intensiv diskutiert (Freriks et al., 2016; Lulofs, 2018). Im Wesentlichen sind die tatsächlichen Verantwortlichkeiten in Bezug auf die Verhinderung des Verlusts der Schwammkapazität und die Wiederherstellung der Schwammkapazität auf dem Land in den Institutionen nicht richtig zugeordnet. Nach ausgiebigen Diskussionen über die Bedeutung der Festlegung solcher Zuständigkeiten werden im neuen Umweltgesetz die Zuständigkeiten und Befugnisse der Regionalregierungen

in der allgemeinen Demokratie von der alleinigen Umsetzung der nationalen chemischen Qualitätsstandards (dem bekannten Thema der Bodenverschmutzung) auf die biologische und physikalische Qualität des Bodens ausgeweitet. Dies bezieht sich auf die Landentwicklung und -nutzung, die sich an den Grundsätzen der "Schwammlandschaften" und "Schwammstädte" orientieren. Daher sind die Regionalregierungen dafür verantwortlich, darauf zu reagieren, zum Beispiel durch Anpassung der Raumplanung. Dadurch wird die Provinz ermächtigt, entsprechend zu handeln und wasserlandbezogene Klimaanpassungsmaßnahmen zu unterstützen, wenn dies mit Hilfe von Befugnissen erforderlich ist, während ein zu geringes Handeln die Behörden sogar anfällig für Gerichtsentscheidungen bei Vernachlässigung machen könnte. (Lulofs, 2020). Dies mag sich als kleine Anpassung lesen, eröffnet aber die Möglichkeit, Landeigentümer und Landnutzer bei der Schaffung von Schwammkapazität auf ihren Parzellen zu regulieren, indem Standards für die Bodenqualität festgelegt werden. Hohe Standards für die biologische und physikalische Qualität können nur durch bestimmte Wiederherstellungsmaßnahmen und eine spezifische (landwirtschaftliche) Nutzung erreicht werden.

Ob es politische Unterstützung geben wird, bleibt abzuwarten, und die Umsetzung des neuen Gesetzes wird sich über einen längeren Zeitraum erstrecken. Es wird jedoch die institutionelle Grundlage geschaffen, um mit anderen Instrumenten als nur Anreizen auf die Umsetzung der politischen Strategien und Pläne hinzuwirken. Die Verantwortung dafür und die gesetzliche Pflicht, sich darum zu kümmern, wird nun den Provinzen und Gemeinden zugewiesen. Die regionalen Wasserbehörden müssen sich mit ihnen abstimmen und Fachwissen und Beratung über das Land-Wasser-System im Politikzyklus anbieten.

Abgesehen von den rechtlichen Aspekten der Aufgaben, Zuständigkeiten und der Buchführung gibt es inzwischen Maßnahmen zur Anpassung an die Dürre (weitere Informationen über Dürre und Dürrepolitik in den östlichen Niederlanden (Bressers et al., 2016)). Seit etwa einem Jahrzehnt werden im Rahmen des Programms für die Süßwasserversorgung der Ostniederlande (auf Niederländisch: ZON - Zoetwater Oost Nederland) Projekte und Maßnahmen vorbereitet und durchgeführt (ZON, n.d.). Dies ist die regionale Entsprechung des nationalen Deltaplans Süßwasser (auf Niederländisch: Deltaplan zoetwatervoorziening), der den Mehrebenencharakter der niederländischen Politik in Bezug auf Hochwasser (Raum für den Fluss, NFPP 1 und 2) und Dürre betont. Im Osten und Süden der Niederlande entwickeln die Regionale Verwaltungskonsultation Rhein-Ost (RBO) und die Lenkungsgruppe des Deltaplans für Hochsandböden (DHZ) ein

gemeinsames Programm für eine zukunftssichere Wasserversorgung auf Hochsandböden. Das regionale Süßwasserprogramm für die östlichen Niederlande ist Teil des nationalen Deltaplan und zielt als solches auf die Koordination zwischen nationalen, überregionalen und regionalen Wassersystemen ab. In diesen Plänen werden die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie und die Bestrebungen zur Bekämpfung der Dürre miteinander verknüpft. Im regionalen Hauptwassersystem finanziert die Regierung regionale Projekte, 75% regional, 25% national (Werkgroep zon, 2020). Wie in 4.2.1 erläutert, wird der Deltaplan selbst alle sechs Jahre erneuert.

Das Krisenmanagement bei Dürre ähnelt dem Krisenmanagement bei Überschwemmungen in dem Sinne, dass die verantwortlichen Parteien in erster Linie die alltäglichen Parteien sind. Wenn eine Krise die öffentliche Sicherheit betrifft, werden die Krisenmanagementstrukturen aktiviert. Wenn sich eine Wasserknappheit abzeichnet, werden die Zusammenarbeit und die Beratung durch die am Krisenmanagement Beteiligten intensiviert. Die Beteiligten arbeiten in regionalen Dürrebesprechungen (RDO) zusammen, wo sie Informationen austauschen und die Kommunikation koordinieren. Dabei kann es sich um Ratschläge von Dürre-Krisenparteien wie dem Wasserwirtschaftszentrum in Bezug auf Dürren (LCW) handeln. Wenn sich die Situation verschlimmert und in Richtung öffentliche Sicherheit und/oder zivile Unruhen übergeht, liegt die Hauptverantwortung in den Händen der allgemeinen Krisenstäbe, und die Sicherheitsregion übernimmt die Hauptrolle, während die Dürrestäbe eine beratende Funktion übernehmen. Bei Extremereignissen kommt es in der Regel zu einer Kombination aus regionaler und nationaler Ebene. Es kann sein, dass die nationale Struktur im Managementteam für Wasserknappheit (MTW) die Führung übernimmt. Die regionale Durchführung der öffentlichen Sicherheit bleibt jedoch in den Händen der Sicherheitsregion (RWS VWL, 2021).

Um Dürreperioden angemessen zu bewältigen, verwenden die Niederlande auch ein Rangordnungssystem zur Priorisierung von Aktivitäten, die während (extremer) Dürreperioden noch Wasser verbrauchen können, die "Verdringingsreeks" (Verdrängungsreihen, siehe Abschnitt 2.6). Einige Regionen haben die Kategorien noch genauer definiert. In der Region Twentekanal - Overijsselse Vecht beispielsweise gehören zu den Aktivitäten der Kategorie 4 auch die Bewässerung von Gras und Mais (Handleiding verdringingsreeks, 2020). Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Bedeutung der verschiedenen nationalen Katastrophenfarbcodes in Bezug auf Dürren, ähnlich wie Tabelle 10 in Bezug auf Überschwemmungen.

Tabelle 11: Farbcodes für Dürreperioden. Angelehnt an die nationalen Farbcodes zur Veranschaulichung der verschiedenen Phasen des Krisenmanagements bei Dürren (RWS VWL, 2021).

Code grün	Business as usual
Code gelb	Es droht eine gewisse Wasserknappheit. Die Wasserbehörden und der Rijkswaterstaat sind federführend, suchen aber die Zusammenarbeit mit Strukturen für Dürrekrisen (z. B. WMCN-LCW). Es gibt eine regionale Zusammenarbeit, um Informationen auszutauschen und eine einheitliche Kommunikation zu gewährleisten.
Code orange	Tatsächliche Wasserknappheit. Die regionalen Wasserbehörden, der Rijkswaterstaat und die Provinzen sind nach wie vor federführend, lassen sich aber zusätzlich von Dürre-Krisenorganisationen (wie dem WMCN-LCW) und öffentlichen Krisenorganisationen (z.B. Sicherheitsregionen und/oder nationales Managementteam Wassermangel (MTW)) beraten. Es gibt eine regionale Zusammenarbeit, um Informationen auszutauschen und eine einheitliche Kommunikation zu gewährleisten. Die Verdrängungsserie muss verwendet werden (auf nationaler Ebene können die Kategorien 3 und 4, auf regionaler Ebene die Kategorien 1 und 2 bedroht sein).
Code rot	Extreme Situation (vorhergesagt). Die Krisenstruktur (Sicherheitsregionen, Rettungsdienste, Krisenzentren der Ministerien, usw.) wird führend, während die Dürreparteien beraten. Es wird gesellschaftliche Konsequenzen geben.

Sowohl Rijkswaterstaat als auch die regionalen Wasserbehörden haben während Niedrigwasserperioden eine operative Rolle, indem sie mit ihrer Infrastruktur die Wasserversorgung auf nationaler und regionaler Ebene strategisch steuern, um eine möglichst genaue Wasserversorgung zu gewährleisten. In Zeiten von Dürrekrisen organisiert Rijkswaterstaat ein Team, das die regionalen Krisenteams mit Informationen, Prognosen und Unterstützung versorgt. Es gibt einen ständigen nationalen Ausschuss für die Wasserzuteilung (Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling), der sich mit der Wasserzuteilung einschließlich der Dürreerisiken befasst, aber auch mit anderen damit zusammenhängenden Interessen wie der Frischwasserversorgung, der Kontrolle der Versalzung und Dienstleistungen wie Schifffahrt, Landwirtschaft und Natur. Auf regionaler Ebene gibt es regionale Dürreberatungsstellen (Regionale Droogte Overleggen - RDO). Zwei im Rahmen dieses Berichts relevante Beispiele sind die Regionale Dürreberatung Twente Kanalen und Overijsselsche Vecht bzw. die RDO Gelderland. In Anbetracht aller angesprochenen Interessen und Belange gibt es Wasservereinbarungen, die in regionalen Koordinierungsstellen entwickelt wurden, die sich im Wesentlichen mit den RDOs überschneiden, auch im Fall der genannten RDOs. Außerdem gibt es im Vorfeld vereinbarte Arbeitsbedingungen und Orientierungshilfen. Die Aktualisierung von Wasservereinbarungen und Orientierungshilfen basiert unter anderem auf den Erfahrungen mit Dürreperioden und der Verteilung von Niedrigwasser. Es wurde ein Fahrplan als Orientierungshilfe entwickelt (RWS VWL, 2021). Die Vorsitzenden der RDOs nehmen an der LCW teil, wenn es um die

Aufstockung der Wassermenge aufgrund von Wassermangel und Dürre geht.

Nachdem wir erörtert haben, wie es organisiert ist, gibt es auch einige Beobachtungen zum Krisenmanagement von unten nach oben aus den schweren Dürreperioden 2006 und 2018 bis heute. Regionale Wasserbehörden berichten, dass bei den Dürren in den Jahren 2006 und 2018 überwiegend auf der Grundlage von Fachwissen und vielleicht sogar Intuition der Mitarbeiter ad hoc gehandelt wurde, während Leitlinien, Checklisten und Merkblätter auf der Arbeitsebene kaum vorhanden sind (Braak et al., 2019). Es scheint, dass der Katastrophenplan der vier regionalen Wasserbehörden im WRRL-Gebiet Rhein-Ost und ihre Erfahrungen von Hochwasserrisiken dominiert werden. Erfahrungen mit Dürren in den extrem trockenen Sommern 2006 und 2018 wurden in den regionalen Wasserbehörden ausgewertet, z.B. in der regionalen Wasserbehörde Vechtstromen. Im Jahr 2018 wurden Entnahmeverbote aus Teichen und Oberflächengewässern ausgesprochen. Es gab auch ein Verbot der Entnahme aus dem Grundwasser. Die regionalen Wasserbehörden haben diese Möglichkeit auf der Grundlage ihrer "Keur", der dezentralen Wasserverordnung der regionalen Wasserbehörde. Die Befugnis zum Erlass von Vorschriften für die Nutzung von Wasserressourcen und für Grundstückseigentümer ist auf ihre Hauptaufgaben beschränkt. Während der Dürre wurde die Bewirtschaftung der Mäh-, Stau- und Schöpfwerke intensiviert. Zusätzliches Wasser aus der IJssel und dem IJsselmeer wurde in die östlichen Hochsandböden geleitet, und die Koordinierung zwischen Wasserverwaltern und Wassernutzern wurde intensiviert. Dies verhindert jedoch nicht per definition Schäden, da ein erheblicher Teil des niederländischen GPRW-Gebiets, etwa 60 %, das Grenzgebiet, allein vom Niederschlag abhängig ist. Außerdem gibt es Gebiete mit empfindlicher Natur, in denen keine Entnahme erlaubt ist.

Zur Vorbereitung auf künftige Krisen schlägt der Evaluierungsbericht vor, einen regelmäßigen Datenaustausch über die grenzüberschreitenden Wasserwege zu organisieren, wie es Vechte, Dinkel und Berkel zur Optimierung in Extremsituationen vorschwebt. Die Notfallvorbereitung für das Dürrekrisenmanagement muss weiter ausgebaut werden (Braak et al., 2019).

5 Grenzüberschreitende Zusammenarbeit

Der Grundstein für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit wurde 1958 mit der EUREGIO gelegt (EUREGIO n.d.). Die **EUREGIO**, ein öffentlich-rechtlicher Zweckverband, verbindet das Münsterland, das Osnabrückerland und die benachbarten niederländischen Gemeinden. Sie wurde gegründet, um die wirtschaftliche Entwicklung durch Projektförderung in der Grenzregion zu stärken. Die EUREGIO gilt als Vorreiterin des europäischen INTERREG-Programms. Seit 2016 können auch regionale Wasserbehörden der EUREGIO beitreten. Dies scheint zwar für die niederländischen Akteure interessant zu sein (Waterschap Vechtstromen, 2020) scheint, wurde diese Möglichkeit der Zusammenarbeit in den Gesprächen mit den deutschen Akteuren nicht erwähnt.

Der Ursprung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit in der Wasserwirtschaft sind die Grenzverträge aus den Jahren 1816 und 1824, die durch den Grenzvertrag von 1960 und die Vereinbarungen für einzelne Grenzgewässer außer Kraft gesetzt wurden (für weitere Informationen zu den Grenzverträgen, siehe Mostert & Lukat, 2021 für weitere Informationen zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit bis 2010, siehe Renner et al., 2017). Die meisten der befragten Akteure sind mit dem bestehenden institutionellen Rahmen zur Behandlung grenzüberschreitender Fragen zufrieden. In ihrer derzeitigen Form befassen sich die Grenzverträge mit der Instandhaltung der Gewässer, die die Bewirtschaftung eines bestimmten Wasserstands zur Folge hat. Im Vertrag über die Vechte wird anerkannt, dass alle Parteien in Zeiten niedriger Wasserführung Wasser mit Vorsicht entnehmen müssen (Abschnitt 5). Der Vertrag über die Dinkel regelt, dass der Wasserstand für verschiedene Flussabschnitte nicht unter bestimmte Werte fallen darf (§§ 4 und 5). Die befragten Akteure halten diese Regelungen jedoch für unzureichend. In der Grenzgewässerkommission wird diskutiert, die Grenzgewässerverträge, um Niedrigwasserstände und Abflüsse zu ergänzen.

Im Allgemeinen sind sich die Akteure einig, dass keine zusätzlichen formellen Institutionen erforderlich sind. Einige Akteure, insbesondere diejenigen, die in der praktischen Wasserbewirtschaftung tätig sind (Vechteverband, regionale Wasserbehörde Rijn und IJssel), schlagen jedoch vor, informelle Vereinbarungen über Wasserrückhaltmaßnahmen

zu treffen, um Konflikte zu vermeiden. Derzeit wird in Deutschland viel weniger Wasser zurückgehalten als in den Niederlanden. Mehrere geplante und laufende Projekte zielen darauf ab, den Wasserrückhalt in Deutschland zu erhöhen, was sich auch auf das erweiterte Vechte-Einzugsgebiet auswirken wird (z. B. im Rahmen des DIWA-Projekts Wasserrückhalt in landwirtschaftlichen Gräben im Bentheimer Gebiet). Ein Beispiel für eine solche informelle Vereinbarung ist die Vereinbarung über die Radewieke. Das Abkommen besteht zwischen niederländischen und deutschen Organisationen für Situationen mit geringem Wasserdurchfluss. In diesen Fällen wird das Wasser aus dem IJsselmeer in die Radewieke auf deutscher Seite zurückgepumpt.

Die Ständige Grenzgewässerkommission (SGK) wurde auf der Grundlage des Grenzgewässerabkommens von 1960 eingerichtet. Diese Kommission ist das formale Gremium zur Koordinierung grenzüberschreitender wasserwirtschaftlicher Fragen. Die Akteure in der SGK und in Unterausschüssen treffen sich jährlich, um wasserwirtschaftliche Fragen zu diskutieren, die die Vertragsparteien betreffen. In den ersten Jahren konzentrierte sich der Austausch vor allem auf die Wasserqualität und Überschwemmungen (Waterschap Vechtstromen, 2020). Die Kultur der SGK wird von vielen Beteiligten als sehr formell beschrieben. Die Leitung der jeweiligen Unterausschüsse legt die Tagesordnung fest, im Fall der Vechte sind dies der NLWKN und die Provinz Overijssel, während die Teilnehmer lediglich der Leitung Bericht erstatten. Neben den Vereinbarungen zu den einzelnen Grenzgewässern aus den 1970er und 1980er Jahren waren der Vechte-Bewirtschaftungsplan (1997) und der Dinkel-Plan (2002), der die ökologische Wiederherstellung der gesamten Dinkel zum Ziel hatte, Meilensteine in der Zusammenarbeit (Waterschap Vechtstromen, 2020).

Auf der Grundlage der Grenzgewässerabkommen finden auch halbjährliche Gewässerinspektionen statt. Dabei handelt es sich um Begehungen der betreffenden Gewässerabschnitte, an denen niederländische und deutsche Akteure teilnehmen (vor allem die deutschen Wasserverbände, die regionale Wasserbehörde Vechtstromen und die deutschen unteren Wasserbehörden). Diese Begehungen bilden die Grundlage für einen informellen Austausch zwischen den operativen Akteuren.

Im Rahmen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der HWRM-RL wurden 2005 die **Arbeitsgruppe Deltarhein (AGDR)** und die **Lenkungsgruppe Deltarhein (SGDR)** gegründet, um die gesetzlich vorgeschriebene Koordinierung zwischen den Mitgliedstaaten in Flusseinzugsgebieten mit einer Fläche von mehr als 2500 km² zu erfüllen. Nach Ansicht einiger Akteure haben diese Koordinierungsgremien die

grenzüberschreitende Zusammenarbeit neu belebt, indem sie die richtigen Akteure zusammenbringen und in technischen Arbeitsgruppen (AGDR) zu bestimmten Themen zusammenarbeiten (Waterschap Vechtstromen, 2020). In diesen Gremien wird ein gemeinsamer Ansatz zur Umsetzung der Wasserrichtlinien diskutiert. Sie tauschen Informationen über die Überwachung der Wasserqualität, die Fischmigration, die Grundwasserbewirtschaftung und den Hochwasserschutz aus und berichten der EU-Kommission über ihre Aktivitäten. In einer Bewertung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit seit den 1950er Jahren haben Renner et al. (2017) dass der Erfolg dieser Plattformen bei der Bewältigung komplexer Umweltprobleme wie diffuser Verschmutzung oder Flussrenaturierung begrenzt ist.

Die grenzüberschreitende Vechte-Tal-Strategie, die eine grenzüberschreitende Vision enthält, wurde im Jahr 2009 veröffentlicht. Es handelte sich um eine gemeinsame Zusammenarbeit zwischen den Wasserbehörden in Deutschland und den Niederlanden. Es wurde eine Beteiligungsstruktur für die Entwicklung der Region geschaffen, die grenzüberschreitende Lenkungsgruppe Vechte und Vechtetal und das grenzüberschreitende Programmteam, das für die Entwicklung und Umsetzung bestimmter Themen zuständig ist. Ziel der Vechtetalstrategie ist es, die Vechte bis 2050 unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes zu einem naturnahen Tieflandfluss zu entwickeln (OHV & NWP Planungsgesellschaft mbH, 2009).

Ausgelöst durch den mäßigen Erfolg bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (Renner et al., 2017) und nach dem Hochwasserereignis im Jahr 2010, das durch mangelnde Kommunikation und unkoordinierte Katastrophenhilfe gekennzeichnet war, wurde Ende 2011 die **Grenzüberschreitende Plattform für regionales Wassermanagement** (GPRW) gegründet (Waterschap Vechtstromen, 2020), um die Zusammenarbeit in der Region zu stärken. Mitglieder sind die regionalen Wasserbehörden von Vechtstromen und Rijn und IJssel, die Landkreise Grafschaft Bentheim, Emsland, Borken und Steinfurt sowie der Regierungsbezirk Münster. Der GPRW befasst sich mit einer breiten Palette von Themen im Zusammenhang mit der Wasserwirtschaft wie Hochwasser, Wasserqualität, Fischwanderung, Umgang mit Nutrias und Bisamratten, städtisches Wasser und Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels, einschließlich des Themas Trockenheit. Die Plattform hat auch einen grenzüberschreitenden Datenaustausch organisiert. Das GPRW wird von vielen Akteuren auf beiden Seiten der Grenze als treibende Kraft für gemeinsame Projekte beschrieben. Zwar gibt es mehrere Plattformen für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit, doch die meisten Akteure betrachten den GPRW als die praxisorientierteste und effektivste Plattform.

Dies wird zum einen auf den hohen Organisationsgrad zurückgeführt (z.B. ein Organisationsbüro, kontinuierlicher Austausch durch häufige Treffen). Andererseits erwähnen die Akteure den eher informellen Charakter der Plattform, der einen regen Austausch zwischen den Partnern ermöglicht.

Ein Leuchtturmprojekt des GPRW war das INTERREG-Projekt Lebendige Vechte-Dinkel (2017-2021), das sich an den Zielen der Vechtetalstrategie von 2009 orientierte und in 15 Teilprojekten die naturnahe Entwicklung der Gewässer, die wirtschaftliche Stärkung der Region durch Betonung der regionalen Identität und des Tourismus sowie die grenzüberschreitende Zusammenarbeit stärkte. Das Projekt Lebendige Vechte-Dinkel wird als Übergang vom grenzüberschreitenden Dialog zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit gesehen (Pergens, 2018. Interviews). Die befragten Akteure sind sich jedoch einig, dass mehr grenzüberschreitende Maßnahmen erforderlich sind.

Im März 2021 wurde vor dem Hintergrund der Erfahrungen der Dürrejahre die Absichtserklärung zur grenzüberschreitenden Klimaanpassung verfasst, in der sich die GPRW-Akteure zum Thema Klimafolgenanpassung bekennen. Dies kann als Start für weitere praktische Maßnahmen gesehen werden, die bereits zu dem gemeinsamen INTERREG-Antrag für das DIWA-Projekt geführt haben. Dieses Projekt befasst sich mit Dürrestrategien in der Wasserwirtschaft. Neben der Umsetzung spezifischer Maßnahmen (Wasserrückhaltung) und der Bewertung ihrer Auswirkungen auf das gesamte System werden neue Strategien und Instrumente entwickelt und angewandt. Es baut auf dem früheren Projekt Lebendiger Vechte-Dinkel (INTERREG-finanziert) auf, das 2021 ausläuft. Obwohl sich DIWA noch in der Antragsphase befindet, sehen mehrere Akteure darin eine fruchtbare Grundlage für die weitere Zusammenarbeit.

Während die Akteure auf beiden Seiten der Grenze gleichermaßen von der sich bietenden Möglichkeit der Zusammenarbeit im Rahmen des DIWA-Projekts begeistert zu sein scheinen, scheint es, dass einige niederländische Akteure die Bereitschaft deutscher Akteure zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit mit den niederländischen Partnern als begrenzt wahrnehmen. Aus den Interviews ergeben sich zwei mögliche Erklärungen. Zum einen sind die deutschen Akteure, insbesondere die in Niedersachsen, durch die Verwaltungsreform 2005, bei der eine wasserwirtschaftliche Ebene aufgegeben wurde, stark ausgelastet. Projektarbeit, die nicht zu den regulären Aufgaben gehört, ist zusätzlicher Aufwand, der mit dem vorhandenen Personal bewältigt werden muss. Daher sind deren Kapazitäten für eine zusätzliche grenzüberschreitende Zusammenarbeit begrenzt. Auf der anderen Seite ist die deutsche Wasserwirtschaftsverwaltung dezentralisiert. Daher sind in manchen

Situationen, z.B. innerhalb der GPRW, nicht alle relevanten Akteure anwesend, und die Entscheidungsfindung nimmt mehr Zeit in Anspruch, was den Eindruck einer geringeren Priorität der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit auf deutscher Seite begünstigen könnte. Außerdem sind die Niederlande in Bezug auf Informationen und wirksame Hochwasser- und Dürrebekämpfungsmaßnahmen in höherem Maße von Deutschland abhängig als umgekehrt, so dass der Bedarf an einer engeren Zusammenarbeit natürlich höher ist.

Daher ist es wichtig, die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zeitlich und inhaltlich so weit wie möglich in die tägliche Arbeit der deutschen Partner einzupassen und die Projekte auf frühere gemeinsame Aktivitäten aufzubauen (Interview GPRW).

Die Trinkwasserversorgung in der Grenzregion wird aus einem grenzüberschreitenden Grundwasserleiter entnommen (siehe Abschnitt 2.3). Die Trinkwasserversorger Vitens und der Wasser- und Abwasser-Zweckverband Niedergrafschaft (WAZ) stehen in engem Kontakt zueinander, da sie gemeinsame Wasserrechte für diesen Grundwasserleiter haben. Im Falle einer Dürre bestehen jedoch Zweifel, ob die getroffenen Maßnahmen ausreichen werden. Einerseits ist es wahrscheinlich, dass eine Dürre auf beiden Seiten der Grenze sowie bei benachbarten Wasserquellen, für die Fördervereinbarungen bestehen, auftritt, was eine zusätzliche Versorgung in einer schweren Dürresituation schwierig macht. Andererseits ist die Regelung im Falle einer Dürre nicht ausreichend klar. Hier ist eine stärkere grenzüberschreitende Koordinierung erforderlich (Provinz Overijssel, Kreise Grafschaft Bentheim und Steinfurt).

Aus Sicht des Naturschutzes sind die Moore und die natürlichen Fließgewässer im Kreis Borken von hohem Wert für den Naturschutz und die Wasserwirtschaft in den Niederlanden (Naturmonumenten). Der Kreis Borken misst diesen Naturgütern keinen großen Wert bei, da sie relativ klein sind und die Landwirtschaft ein wichtiger Wirtschaftsfaktor in der Region ist. Vor allem in Dürrezeiten können die entwässerten Moore das Wasser jedoch nicht speichern, was zum Austrocknen natürlicher Wasserläufe führt, was wiederum Auswirkungen auf das Achterhoek-Gebiet hat. Es gibt mehrere Projekte, die sich mit diesem Gebiet und den Auswirkungen von Trockenheit und Überschwemmungen befassen und sich auf die Flüsse Berkel und Issel (Vitens, Waterschap Rijn und Ijssel) konzentrieren. Wir empfehlen, die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu verstärken, um im Kreis Borken das Bewusstsein für den grenzüberschreitenden Wert seiner Naturgüter zu schärfen.

Auch im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte werden die Böden entwässert, was zu einer verminderten Grundwasserneubildung und zum

Austrocknen der Fließgewässer in den Sommermonaten führt. Die Ziele der WRRL können nur erreicht werden, wenn der Wasserrückhalt im deutschen Teil des Einzugsgebietes als Ziel formuliert wird. Die Funktionsweise des integrierten Wassersystems insbesondere in der Grenzregion, also das Zusammenspiel von Grund- und Oberflächenwasserkörpern, wurde in den Interviews als Wissenslücke hervorgehoben (GPRW, Grafschaft Bentheim). Es sind jedoch mehrere Projekte geplant, um das systemische Verständnis für die Wasserrückhaltung und das Zusammenspiel von Oberflächen- und Grundwasser zu verbessern (z.B. DIWA, SpongeWorks, Wassermengenmanagement des Landkreises Grafschaft Bentheim, Wasserressourcenstudie von GPRW, Bekämpfung der Dürre in der Achterhoek durch die regionalen Wasserbehörden Rijn und IJssel, Wassersicherheitslandschaften durch die regionalen Wasserbehörden Drents Overijsselse Delta und Provinz Overijssel). Diese Projekte können zum Verständnis der grenzüberschreitenden Auswirkungen von Wasserbewirtschaftungsmaßnahmen beitragen und sollten zur Unterstützung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit genutzt werden.

Während Aspekte des Wasserrückhalts im Zusammenhang mit der Dürreprävention häufig genannt werden, wurden hochwasserbezogene Projekte mit grenzüberschreitendem Charakter in den Interviews nicht erwähnt. Da die GPRW aus den Erfahrungen des Hochwassers 2010 entstanden ist, sind Hochwasserrisikomanagement und Hochwasserschutz wichtige Themen für die Partnerschaft. Im Jahr 2012 wurde ein Hochwasseralarmplan herausgegeben, auf dessen Grundlage zwei Hochwasserschutzübungen in den Jahren 2016 und 2021 durchgeführt wurden. Die Auswertung der letztgenannten Übung hat gezeigt, dass vor allem in den Bereichen Kommunikation (wer ist zuständig und wie kann man diese Person erreichen?) und Informationsaustausch (Analyse des bestehenden und notwendigen Informationsaustauschs und Umsetzung im Alarmplan) Verbesserungen möglich sind (van der Kleij, 2021). Während des Winterhochwassers 2023/24 wurde die Notwendigkeit einer klareren und automatisierten Kommunikation hervorgehoben, da der bestehende Hochwasseralarmplan mit den Niederlanden unklare Zuständigkeiten und Aufgaben enthält (Kreis Steinfurt).

Tabelle 12 zeigt die Probleme auf, die die Akteure als Hindernis für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit identifiziert haben. Insbesondere bei der Bewältigung der Dürre betonen mehrere Akteure die Notwendigkeit einer stärkeren grenzüberschreitenden Zusammenarbeit (Vechteverband, Vitens, regionale Wasserbehörde Rijn und IJssel, Provinz Gelderland, Provinz Overijssel, Naturmonumenten, Kreis Steinfurt, GPRW). Einerseits

sollte der Informationsaustausch über trockenheitsrelevante Maßnahmen verbessert werden (Vitens, Vechteverband). Andererseits sollte die Zusammenarbeit zwischen bestimmten Akteuren (z.B. Unterhaltungsverbände, Untere Wasserbehörde und Vechtstromen) und anderen Akteuren als den Wasserbehörden (z.B. Gemeinden und andere nicht wasserbezogene Akteure) verstärkt werden.

Wie von Renner et al. (2017) und in unseren Interviews (z.B. GPRW) deutlich wurde, ist die Effektivität der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit und ihr Umsetzungserfolg aufgrund des Charakters des Flussgebiets als regionales Flussgebiet, das nur kleine Anteile der Bundesländer Niedersachsen und NRW umfasst, begrenzt. Aufgrund der zentralisierten Entscheidungsstruktur der niedersächsischen Wasserwirtschaft sind nicht alle für die Entscheidungsfindung erforderlichen Akteure regelmäßig bei Kooperationstreffen anwesend. Außerdem ist ihr Einfluss auf eine Änderung der Politik zur Harmonisierung der niederländischen und deutschen Wasserpolitik gering.

In den Interviews wurde hervorgehoben, dass die grenzüberschreitende Zusammenarbeit oft von Einzelpersonen auf beiden Seiten der Grenze abhängt, die als Wissensträger fungieren. Dieses System ist jedoch sehr anfällig. Wenn diese "Verbindungspersonen" das System verlassen, entsteht oft eine Lücke und das Wissen geht verloren. Aus diesem Grund ist es von entscheidender Bedeutung, dass Kapazitäten für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit geschaffen werden und dass diese in den Organisationen gut verankert sind.

Im Rahmen der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zwischen den Niederlanden und NRW findet seit 2019 jährlich eine Grenzgebietskonferenz statt. Diese Konferenz fungiert als Netzwerk, das verschiedene politische Ebenen einbezieht. In den Interviews im Rahmen dieser Scoping-Studie erwähnte keiner der Stakeholder, dass diese Plattform für das grenzüberschreitende Wassermanagement relevant sei. Auf der Konferenz 2021 beschloss die Führungsgruppe jedoch, die Aufnahme von Wasser und Stickstoff als neue Themen für eine verstärkte Zusammenarbeit zu prüfen. Die Relevanz der Themen wurde in einer explorativen Studie bewertet (Lieshout & Werven, 2022). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen ähnliche Probleme auf, wie sie von den Beteiligten in unseren Interviews angesprochen wurden. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Interviews und der Literaturrecherche im Rahmen dieser Studie haben van Lieshout & van Werven (2022) die Notwendigkeit einer Anpassung der Grenzwasserverträge an die aktuellen Bedingungen und politischen Rahmenbedingungen (d. h. die Struktur der Wasserkörper) angegeben. Während die Aufnahme von Niedrigwasserabflüssen in die

Grenzwässerverträge derzeit diskutiert wird, sieht die Mehrheit der befragten Akteure keinen Bedarf für weitreichende Änderungen. Auch eine Studie von Mostert & Lukat (Mostert & Lukat, 2021) hebt hervor, dass die Akteure über die Grenzverträge hinaus Arbeitsroutinen haben. Eine Anpassung der rechtlichen Grundlagen ist für eine erfolgreiche grenzüberschreitende Koordinierung nicht erforderlich. Anders als van Lieshout & van Werven (2022) halten wir die GPRW für weitaus erfolgversprechender als die SGK als Koordinationsgremium für wasserbezogene Fragen. Die Stakeholder sind sich einig, dass nur innerhalb dieser Plattform eine tatsächliche Zusammenarbeit stattgefunden hat.

Tabelle 12: Überblick über die von den Beteiligten in den Interviews genannten Probleme, die die grenzüberschreitende Zusammenarbeit behindern. Es wird zwischen nationalen und internationalen Aspekten unterschieden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass alle genannten Probleme die grenzüberschreitende Zusammenarbeit beeinträchtigen. (Die Tabelle enthält nur Akteure, die Hindernisse für die Koordinierung genannt haben).

Identifiziertes Problem	NLWKN	Landkreis Grafschaft Bentheim	Vechteverband	Emlichheim	Wasserverbandstag	WAZ	Regierungsbezirk Duesseldorf	Kreis Borken	Kreis Steinfurt	Provinz Overijssel	Provinz Gelderland	Naturmonumente	Regionale Wasserbehörde Rijn und IJssel	Sicherheitsregion Twente	GPRW
Auf nationaler Ebene															
Das zentralisierte und fragmentierte System der Wasserbewirtschaftung in Deutschland führt zu einer weniger effektiven Entscheidungsfindung in der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit (d.h. GPRW)		x	x				x						x		x
Fehlende Kapazitäten für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit	x		x						x	x				x	x
Innerdeutsche Koordination und Kooperation bindet neben der grenzüberschreitenden Koordination und Kooperation Kapazitäten					x						x				
Auf internationaler Ebene															
Nutzungskonflikte: In den Niederlanden liegt der Schwerpunkt auf Naturschutz und Wirtschaft, in Niedersachsen und NRW auf der Landwirtschaft					x				x			x			
Sprache	x		x			x			x						x
Datenaustausch	x				x			x	x						
Unterschiedliche Vorgaben in der Gesetzgebung für Managementinstrumente (Hochwasserrisikokarten, Modellierung, Dürremanagementpläne)	x				x	x					x				
Grenzüberschreitende Transparenz bei Zuständigkeiten und Ansprechpartnern			x								x				

Kulturelle Unterschiede (bürokratische Kultur, Kommunikation)	x			x			x		X					x	x
Wenig Austausch zwischen Kommunen und anderen relevanten Akteuren anderer Sektoren				x						x					x

6 Daten und Modelle

Die in diesem Kapitel vorgestellten Informationen wurden durch Interviews und eine kurze Literaturrecherche zusammengetragen. Ein vollständiger Überblick kann nicht garantiert werden, aber es wird eine kurze Zusammenfassung gegeben, und einige wichtige Aspekte werden angesprochen. Tabellen mit Übersichten über Daten und Modelle finden sich in Anhang C.

6.1 Daten

Datenübersicht und internationaler Austausch

Anhang C enthält eine Tabelle mit einem vollständigen Überblick über die für das Hochwasser- und Dürremanagement in den Niederlanden und Deutschland verfügbaren relevanten Daten für das erweiterte Einzugsgebiet der Vechte. Sie verdeutlicht den umfassenden Rahmen für die Erhebung von Oberflächenwasser-, Grundwasser-, Meteorologie- und Landnutzungsdaten. Der Abfluss wird über ein Messnetz von Pegelstationen im Untersuchungsgebiet gemessen. Das Messnetz wird vom NLWKN in Niedersachsen, vom LANUV in NRW und von den regionalen Wasserbehörden in den Niederlanden unterhalten. In den Niederlanden ist die Abdeckung des Pegelnetzes gut, aber das jüngste Winterhochwasser hat gezeigt, dass die Qualität und Zuverlässigkeit der Pegel unter hohen Abflussbedingungen verbessert werden muss. Für das Einzugsgebiet der Vechte werden die Daten der deutschen Abflusstationen in das FEWS Vechte System eingespeist.

Die Grundwasserüberwachung wird in beiden Ländern durch Messungen an Brunnen sichergestellt, die öffentlich zugängliche Erkenntnisse mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung bieten. Die meteorologische Datenerfassung erfolgt durch eine Mischung aus lokalen Wetterstationen, Bodenradar und Satelliten, die von den nationalen meteorologischen Instituten bereitgestellt werden.

Geografische, geomorphologische und Landnutzungsdaten werden aus öffentlich zugänglichen Landnutzungs- und Bodenkarten gewonnen, wobei detaillierte Höhendaten das Einzugsgebiet charakterisieren. In NRW sind viele Geodaten online verfügbar (LANUV), wie z.B. Digitale Höhenmodelle (DEM), Luftbilder, Wasserläufe, Topographie, Lage von Bauwerken. Das

Gleiche gilt für die niederländischen regionalen Wasserbehörden. Wichtige Daten wie die Abmessungen von wasserbezogenen Infrastrukturen und Wasserläufen sind jedoch nicht öffentlich zugänglich (Interview WRIJ). In Niedersachsen sind DEM-Daten nicht öffentlich zugänglich.

Herausforderungen beim Datenaustausch

Trotz der Verfügbarkeit umfassender Daten gibt es nach wie vor Probleme beim (inter-)nationalen Datenaustausch, der für eine wirksame Überwachung und Modellierung unerlässlich ist. Ursprünglich tauschten die niederländischen und deutschen Behörden während der frühen Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie regelmäßig Daten aus, eine Praxis, die im Laufe der Zeit eingestellt wurde. Aus den Interviews geht hervor, dass der internationale Datenaustausch erheblich verbessert werden könnte, wobei Probleme mit fehlenden Daten, der Zugänglichkeit und der grenzüberschreitenden Anwendbarkeit genannt werden. Siehe Anhang C für eine Tabelle mit einer Liste nicht verfügbarer Daten.

Die (hydro)geologische Nomenklatur ist in den einzelnen Ländern unterschiedlich, was zu (hydro)geologischen Karten führt, die an der Grenze nicht übereinstimmen. Es gibt Übersetzungstabellen, die jedoch als unzureichend angesehen werden.

Außerdem unterscheiden sich die Hochwasserrisikokarten und stimmen an der Grenze nicht überein, weil die zugrunde liegenden Statistiken in den einzelnen Ländern unterschiedlich sind. (Der Abfluss eines Flusses bei einem Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren ist in den einzelnen Ländern unterschiedlich, so dass auch das Ausmaß des Hochwassers und die Gefahr unterschiedlich sind.)

Ein Beispiel für fehlende Daten und Probleme mit der Zugänglichkeit sind die Messdaten für Wasserstände und Durchflussmengen. Die Daten des LANUV können leicht heruntergeladen werden, aber auch die Landkreise in Deutschland messen diese Daten an vielen Stellen, aber diese Informationen sind nicht öffentlich zugänglich (Interview WRIJ).

Ein weiteres Beispiel ist die (fehlende) Verfügbarkeit von grenzüberschreitenden Informationen in offiziellen Karten. Offizielle deutsche Grundkarten zeigen nur Abschnitte aus Deutschland und nicht aus den Niederlanden (und umgekehrt). Dadurch wird die Planung im Grenzgebiet erschwert. Es gibt auch keine offiziellen Luftbilder von Deutschland und den Niederlanden zusammen. Um dieses Problem zu lösen, werden inoffizielle Luftbilder von Google Earth verwendet (WaBo untere Dinkel).

Beispiele für einen erfolgreichen grenzüberschreitenden Datenaustausch sind Niederschlagsdaten, bei denen das Modell HARMONIE (Hirlam Aladin Research on Mesoscale Operational Nwp In Euromed) und die Vorhersage des ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) Hybride aus niederländischen und deutschen radargestützten Schätzungen verwenden, sowie Abflussdaten, die durch eine Vereinbarung über die gemeinsame Nutzung von Daten zur Unterstützung des FEWS-Vechte-Modells ermöglicht werden. Eine Herausforderung stellen die Bodendaten dar, wobei detaillierte Daten in den Niederlanden über DinoLoket verfügbar sind, während deutsche Teile des Einzugsgebiets auf Standortdaten und Extrapolationen für Modellschematisierungen angewiesen sind (WaBO untere Dinkel).

Der internationale Datenaustausch wird auch durch die derzeitige Entwicklung einer interaktiven Infiltrationskarte gefördert. Sie wird zur Bewertung der Versickerungsfähigkeit genutzt und soll auf der GPRW-Website zugänglich sein. Außerdem werden Anstrengungen unternommen, bestehende Grundwasserdatenquellen zusammenzuführen, um das Verständnis des Grundwasserspiegels zu verbessern (Kreis Steinfurt, WaBo Untere Dinkel).

Schlussfolgerung

Das umfangreiche Spektrum an Datenerfassungs- und Überwachungsmaßnahmen in den Niederlanden und Deutschland unterstreicht die dringende Notwendigkeit einer grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Bereich des Umweltschutzes und des Einzugsgebietsmanagements, um die Effektivität des Hochwasser- und Dürremanagements zu verbessern. Die Bewältigung der Herausforderungen beim Datenaustausch und die Betonung der Stärken der bestehenden Datenerhebungssysteme sind wesentliche Schritte auf dem Weg zu einem nachhaltigen Management des erweiterten Einzugsgebiets der Vechte.

6.2 Modelle

Für das erweiterte Einzugsgebiet der Vechte wird eine große Vielfalt von Modellen verwendet. Die verfügbaren Modelle mit ihrem Zweck, dem geografischen Geltungsbereich des Modells, dem Eigentümer/Entwickler/Initiator des Modells und dem Jahr der Erstellung und letzten Aktualisierung sind für Deutschland und die Niederlande in Anhang C aufgeführt. Die wichtigsten Modelle werden im Folgenden vorgestellt.

6.2.1 Abflussmodellierung

HBV

Das HBV-Modell ist ein kontinuierliches, räumlich geklumpertes, konzeptionelles hydrologisches Modell, bei dem die Komponenten des Wasserkreislaufs mit einer Kombination aus physikalisch basierten und empirischen Ansätzen geschätzt werden. Der sich daraus ergebende Flusslauf wird mithilfe eines 1D-Routing-Schemas geleitet. Das kombinierte System ist in der Lage, die Hydrologie und die Hydraulik zu simulieren und die durch Niederschläge ausgelöste Ereignisdynamik vorherzusagen.

Das HBV-Modell, das für das gesamte Einzugsgebiet der Vechte eingerichtet wurde, besteht aus 14 Teileinzugsgebieten und wird auch im Vorhersagesystem von FEWS Vechte verwendet.

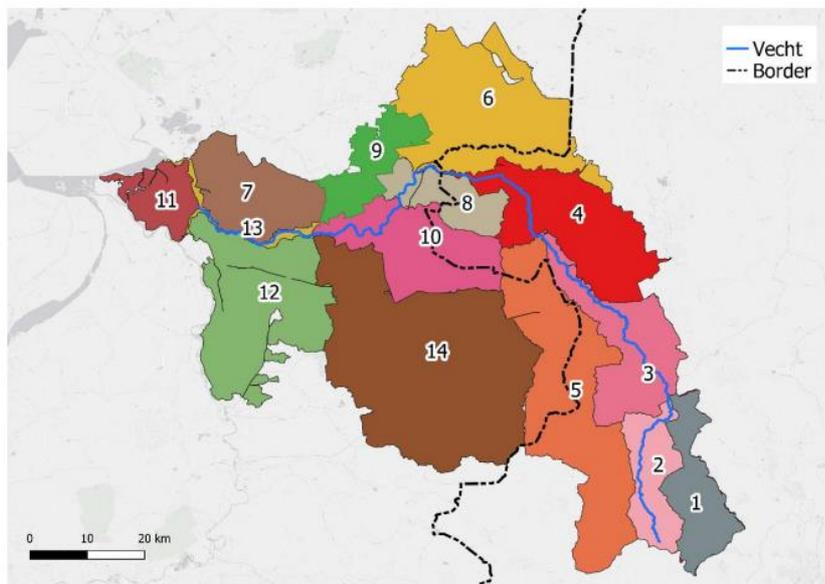


Abbildung 34: Die im HBV-Modell verwendeten hydrologischen Einheiten (Luijckx et al., 2020)

GRADE - Vechte

GRADE ist ein System zur stochastischen Niederschlagsgenerierung, mit dem sich Intensitäts-Häufigkeits-Kurven mit räumlicher Abdeckung unter den derzeitigen klimatischen Bedingungen oder alternativen Klimaszenarien bewerten lassen. Dieses System wird seit langem für das Rheinsystem verwendet, und die jüngsten Entwicklungen haben dazu geführt, dass das Modell auch für die Vechte eingesetzt wird. HKV lijn in water und Deltares arbeiten gemeinsam an der Implementierung einer Verbindung zwischen GRADE-Vechte und FEWS-Vechte, um die Intensitäts-Häufigkeits-Arbeiten für das Einzugsgebiet der Vechte durchzuführen.

6.2.2 Überschwemmungsmodellierung

Nationales Hochwassermodell Niederlande

Auf nationaler Ebene unterhält Rijkswaterstaat in den Niederlanden eine Reihe von landesweiten Modellen, die für die nationale Bewertung der Hochwassergefahr und für Simulationen verwendet werden. Diese Modelle kombinieren viele der standardisierten nationalen Datensätze und wurden entwickelt, um großräumige Hochwasser von großen Flüssen, Seen und dem Meer zu simulieren. Sie bieten einen Ausgangspunkt für die Erstellung detaillierterer Hochwassersimulationen für bestimmte Regionen. Die Sammlung dieser Modellschematisierungen wird als Baseline-NL (IPLO, 2024) die von hydraulischen Modellen wie SOBEK, WAQUA und DELFT3D verwendet werden kann. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für ein Modellergebnis für den niederländischen Teil des Untersuchungsgebiets.

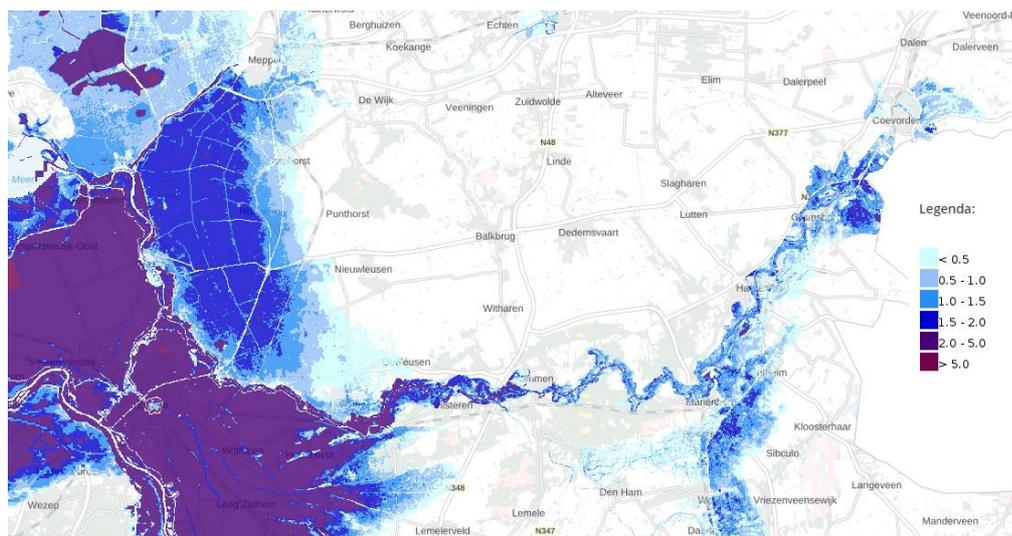


Abbildung 35: Ein Beispiel für die Ergebnisse des nationalen niederländischen Hochwassermodells, in diesem Fall die maximale Überschwemmungstiefe nach einem Deichbruch. Die Karten sind verfügbar unter Atlas Leefomgeving (IPLO, 2024).

Tygron-Wassermodul

Das Tygron-Hochwassersimulationstool (basierend auf den 2D-Saint-Venant-Gleichungen) wurde für die lokale Bewertung der Hochwassergefahr entwickelt (TYGRON, 2020). Die Studie befasste sich insbesondere mit der Nutzung der schnellen Simulationsplattform und der 3D-Visualisierungswerkzeuge für die Bewertung des Versagens struktureller Wasserinfrastrukturen. Die Ergebnisse des Tygron-Modells (2D) wurden mit den Ergebnissen der SOBEK-Modellierung (1D) in einer Master-Flussstudie von van Renswoude (2020) (Abbildung 35). Die Ergebnisse zeigten typische Unterschiede zwischen den 1D- und 2D-Ansätzen, einschließlich einer allgemein höheren Auflösung des Tygron-

Modells. Andererseits wiesen die Ergebnisse des Tygron-Modells insbesondere bei niedrigen Abflüssen Ungenauigkeiten auf, die auf falsch implementierte Wehre zurückzuführen waren.

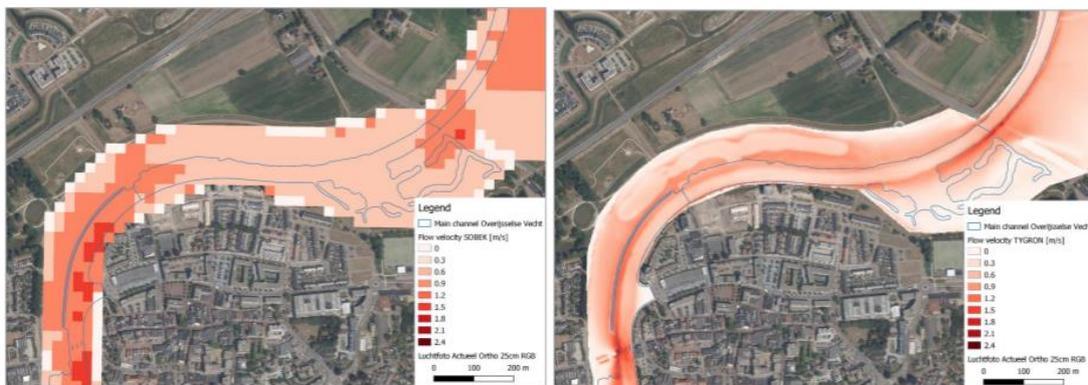


Abbildung 36: Vergleich zwischen den SOBEK-Modellierungsergebnissen bei niedrigerer Auflösung (linkes Feld) und den höher aufgelösten Ergebnissen mit Tygron (rechtes Feld) für die Vechte bei Hardenberg (van Renswoude, 2020)

Jabron

Das Programm Jabron von Hydrotec ermöglicht 1D-Wasserstandsberechnungen für stationäre, gleichmäßige und ungleichmäßige Abflussverhältnisse und kann mit GIS-Anwendungen verbunden werden. Es wird für die Fließgewässerplanung und die Entwicklung von Hochwasserschutzkonzepten eingesetzt. Im Rahmen des grenzüberschreitenden Strategiprojekts Vechtetal von 2007 bis 2009 wurde es eingesetzt, um Verbesserungen des Hochwasserschutzes und des ökologischen Zustands der Vechte zu bewerten. Im Rahmen des Projekts wurde ein 1D-Modell für die niedersächsischen Abschnitte der Vechte und ihres Nebenflusses Dinkel erstellt (Hydrotec, 2013).

6.2.3 Hochwasservorhersage

FEWS - Vechte

Die regionale Wasserbehörde Vechtstromen unterhält und betreibt ein Hochwasserfrühwarnsystem (FEWS)-Vechte-Modell, das sowohl den niederländischen als auch den deutschen Teil der Vechte abdeckt, jedoch weniger detailliert in Bezug auf Pegelstationen und Darstellung des Flussnetzes im deutschen Teil (Interview Deltares). Dieses Frühwarnsystem wurde zunächst zwischen 2010 und 2013 im Rahmen einer Zusammenarbeit entwickelt, die von der regionalen Wasserbehörde Vechtstromen geleitet wurde und an dem deutschen Partner wie die Kreise Grafschaft Bentheim, Borken und Steinfurt sowie die regionale Wasserbehörde Drents Overijsselse Delta beteiligt waren. Seit seiner Entwicklung wurde eine Reihe von Analysen, Verbesserungen und Forschungsaktivitäten veröffentlicht, die die Weiterentwicklung des FEWS-

Vechte-Modells begleiten.

In den niederländischen Vechte-Einzugsgebieten werden die Vorhersagen des Systems genutzt, um Warnungen herauszugeben und sie an die Einsatzkräfte weiterzuleiten.

Darüber hinaus gibt es laufende Bemühungen, Komponenten des FEWS-Vechte-Modells und des deutschen PANTA-RHEI-Systems zusammenzuführen. Diese Initiative ist Teil des Kooperationsrahmens "Lebendige Vechte" zwischen niederländischen und deutschen Wasserbehörden und ist noch nicht abgeschlossen.

FEWS - Berkel und Oude IJssel

Es gibt auch ein operationelles grenzüberschreitendes Hochwasservorhersagesystem für die Berkel und Issel, das eine stündliche Vorhersage für sieben Tage im Voraus erstellt. Die Schematisierung in den Niederlanden ist detaillierter als in Deutschland, aber die regionale Wasserbehörde Rijn und IJssel (WRIJ) hat die wichtigsten Wasserläufe in Deutschland (Querschnitte) vermessen und verwendet sie im Modell. Hauptpunkte für Verbesserungen sind Anpassungen der hydrologischen Modelle und die Erweiterung der Messpunkte in Deutschland. Außerdem soll untersucht werden, ob das derzeitige System so angepasst werden kann, dass es auch für die Dürrevorhersage verwendet werden kann.

PANTA RHEI

Das Modell PANTA RHEI ist ein Hochwasserfrühwarnsystem, das von den deutschen Wasserbehörden betrieben und gewartet wird. Panta Rhei ist ein halbverteiltetes Wasserhaushaltsmodell. Das Vechte-Modell wurde 2016 eingerichtet und deckt den gesamten deutschen Teil des Einzugsgebiets der Vechte ab. Das System prognostiziert die Abflüsse entlang des Flusses bis zu 7 Tage im Voraus. Während eines Hochwasserereignisses werden die Prognosen alle 3 bis 6 Stunden aktualisiert und auf der NLWKN-Website [Pegelonline](#) veröffentlicht.

Im Falle eines Hochwasserereignisses werden die berechneten Modellabflüsse für Emlichheim (dem flussabwärtssten Punkt des Panta Rhei-Modells) über das FEWS-Vechte-System an die niederländischen Behörden weitergeleitet.

FEWS - NRW

In NRW werden derzeit unter Federführung des LANUV Hochwasservorhersagesysteme für alle regionalen Flüsse des Landes aufgebaut. Diese Initiative ist Teil des 10-Punkte-Aktionsplans zum Hochwasserschutz (als Reaktion auf das Hochwasserereignis 2021 in den Ardennen und der Eiffel), in dem der Aufbau von modellgestützten

Hochwasservorhersagesystemen für regionale Flüsse empfohlen wird. Das System wird auf der Plattform DELFT-FEWS eingerichtet und verwendet das Vorhersagemodell LARSIM.

6.2.4 Grundwassermodellierung

NHI

In den Niederlanden existieren im Rahmen des NHI (Nationales Hydrologisches Instrumentarium) mehrere regionale Grundwassermodelle (ModFlow-MetaSwap/iMOD) mit einer Auflösung von 25 m x 25 m. Im Untersuchungsgebiet sind zwei Modelle vorhanden - AMIGO und MIPWA. AMIGO (Actueel Model Instrument Gelderland Oost) deckt das Gebiet ab, das von der regionalen Wasserbehörde Rijn und IJssel verwaltet wird und wurde gemeinsam von der regionalen Wasserbehörde Rijn und IJssel, der Provinz Gelderland und dem Trinkwasserunternehmen Vitens in Auftrag gegeben. MIPWA (Methodiek Interactieve Planning Waterbeheer) ist das regionale Grundwassermodell für die nördlichen Niederlande und umfasst vier Provinzen: Groningen, Friesland, Drenthe und Overijssel.

BOWAB und mGROWA

In Niedersachsen verwendet das LBEG (Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) derzeit zwei Modelle zur Grundwasserbewirtschaftung: BOWAB (BOdenWASserBilanzierung) und mGROWA. BOWAB ist ein Wasserhaushaltsmodell, das am LBEG entwickelt wurde. Mit dem Modell kann der Bodenwasserhaushalt von landwirtschaftlichen Flächen tagesaktuell berechnet werden, um Aussagen zur Bewässerungssteuerung und Informationen über die Verlagerung gelöster Stoffe zu treffen. Es ist auf der Website des LBEG öffentlich zugänglich (LBEG, n.d.).

Das Modell mGROWA wurde vom LBEG in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich entwickelt und gibt Aufschluss über den monatlichen Grundwasserhaushalt in einem großen Maßstab. Es berechnet die Grundwasserneubildungsraten (Ertl et al., 2019). Ein landesweites Grundwassermodell soll ab 2024 entwickelt werden.

In NRW wurde das Modell mGROWA zur Tages- und Langzeit-Grundwasserstandsvorhersage ebenfalls flächendeckend eingeführt (Herrmann et al., 2019). Es verfügt über die gleichen Funktionalitäten wie in Niedersachsen und ist im GeoPortal NRW öffentlich zugänglich (NRW, 2020). Auf lokaler Ebene in den Kommunen und den regionalen Wasserbehörden wird ein detaillierteres und anspruchsvolleres Grundwassermodell als vorteilhaft angesehen. Wenn ein Grundwassermodell auf lokaler Ebene implementiert würde, könnten die

jeweiligen Akteure von realistischeren Daten und einem besseren Zugang und einer besseren Kompatibilität der Modellergebnisse profitieren.

6.2.5 Frühere Initiativen für eine modellhafte Zusammenarbeit

Es gibt verschiedene laufende Initiativen für eine stärkere Zusammenarbeit zwischen den niederländischen und deutschen Wasserbehörden bei der Hochwasser- und Dürremodellierung. In der folgenden Liste sind einige davon aufgeführt, die Pläne zur weiteren Kombination und Verbesserung von Modellierungsmethoden zwischen den Organisationen beinhalten.

- Veilige Vecht: <https://veiligevecht.wdodelta.nl/default.aspx>
 - Scoping-Bericht: <https://veiligevecht.wdodelta.nl/bibliotheek/default.aspx#folder=2583417>
- De Vecht POV: <https://devecht.eu/pov/>
- Vecht Visie: <https://devecht.eu/vechtvisie/>
 - https://devecht.eu/publish/pages/29934/nl_vechtvisie_internet_1.pdf
 - https://devecht.eu/publish/pages/29934/themakaart_water_090527_1.pdf
- Der Interreg-Vorschlag DIWA, der ein Arbeitspaket zur grenzüberschreitenden Grundwassermodellierung sowie zur Datenanalyse und zum Datenaustausch umfasst.

6.2.6 Zusammenfassung Modelle

Wie die Übersicht über die im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte verwendeten Modelle zeigt, gibt es eine große Vielfalt an verwendeten Modellen. Diese reicht von hydrologischen Modellen über hydraulische Modelle bis hin zu Grundwassermodellen. Zwar hat jeder Modellansatz seinen Wert und seine Daseinsberechtigung, doch erschwert dies die einheitliche Nutzung der Modellergebnisse durch die verschiedenen Akteure.

Die Modelllandschaft im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte ist vielfältig und umfasst mehrere Modellansätze und -zwecke. Lokale Modelle haben den Vorteil, dass sie im Allgemeinen gut an ihr Untersuchungsgebiet angepasst und validiert sind. Darüber hinaus verfügen die Nutzer in der Regel über detaillierte Ortskenntnisse und sind in der Lage, Unstimmigkeiten in den Modellergebnissen leicht zu erkennen. Diesen lokalen Modellen fehlt jedoch die Fähigkeit, Zusammenhänge im gesamten Einzugsgebiet darzustellen. Auf diese Weise geht ein Potenzial für die

Zusammenarbeit und den Wissensaustausch verloren, das im Falle eines bevorstehenden Hochwasser- oder Dürreereignisses wertvoll sein könnte.

Es gab nachweislich Initiativen zur Zusammenarbeit und Kombination niederländischer und deutscher Modelle, aber in der Praxis hat es sich als schwierig erwiesen, international nützliche Produkte zu entwickeln. Das System FEWS Vechte beispielsweise wurde zwischen 2010 und 2013 gemeinsam entwickelt. Wie in den Kapiteln 2.8 und 3.2.1 erörtert, sind jedoch noch erhebliche Verbesserungen erforderlich, um ein robustes und zuverlässiges Hochwasservorhersagesystem zu schaffen.

7 Schlussfolgerungen

7.1 Hochwasser

Die extremen Überschwemmungen in Westeuropa im Jahr 2021 haben dazu geführt, dass das Hochwasserrisikomanagement in regionalen Flusseinzugsgebieten stärker in den Mittelpunkt rückt.

In NRW wurde der 10-Punkte-Arbeitsplan für den Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels im Jahr 2022 veröffentlicht. In den Niederlanden hat der politische Rat für Hochwasser 21 Vorschläge zur Anpassung der Hochwasser- und Hochwasserschutzpolitik gemacht, um besser auf extreme Niederschläge vorbereitet zu sein. Nach Angaben der Befragten wurden in Niedersachsen nach dem Hochwasser von 2021 keine spezifischen Maßnahmen ergriffen.

In NRW war eine der Empfehlungen die Einführung von Hochwasserwarnsystemen in regionalen Flusseinzugsgebieten. So sind modellgestützte Hochwasservorhersagesysteme für die Dinkel, Berkel und Issel in der Entwicklung. Im Gegensatz zu vielen anderen grenzüberschreitenden Einzugsgebieten gibt es bereits ein grenzüberschreitendes Hochwasservorhersagesystem für das Einzugsgebiet der Vechte (FEWS Vechte). Das System wurde nach den Überschwemmungen von 1998 gemeinsam entwickelt. Es wird auf der niederländischen Seite der Grenze regelmäßig aktualisiert, während die Aktualisierungen für das deutsche Gebiet viel seltener sind.

Eine der Empfehlungen des politischen Rates in den Niederlanden ist, dass jede Region einen regionalen Stresstest ihres Wassersystems sowie grenzüberschreitende Stresstests durchführen sollte. Diese Stresstests umfassen eine "Wassersystembewertung" (waterbeeld) sowie eine Folgenabschätzung. Die niederländischen Akteure betonten in ihren Interviews, dass ein großes Interesse daran besteht, eine solche Bewertung des erweiterten Einzugsgebiets der Vechte durchzuführen, um das grenzüberschreitende Wassersystem selbst besser zu verstehen und die potenziellen (grenzüberschreitenden) Auswirkungen extremer Hochwasser auf das Untersuchungsgebiet zu bewerten.

Im erweiterten Einzugsgebiet der Vechte kommt es häufig zu Hochwasserereignissen, wie z.B. die Hochwassersituation während der Weihnachtsferien 2023/2024. Dieses Winterhochwasserereignis führte im

Allgemeinen zu begrenzten Schäden; in Zukunft sind jedoch weitere extreme Hochwasserereignisse zu erwarten.

Die Akteure im Untersuchungsgebiet auf beiden Seiten der Grenze wiesen darauf hin, dass die potenziellen Auswirkungen eines extremen Hochwassers nur unzureichend bekannt sind, insbesondere die Auswirkungen auf kritische und empfindliche Infrastrukturen und die Kaskadeneffekte sind nicht gut erfasst.

Die Akteure auf beiden Seiten der Grenze sind sich bewusst, dass der Klimawandel die Wahrscheinlichkeit und Intensität von extremen Hochwassern erhöhen wird. Gleichzeitig gibt es jedoch keinen gemeinsamen Ansatz bzw. keine Richtlinie, wie die Auswirkungen des Klimawandels in die Hochwasserwahrscheinlichkeiten einbezogen werden können. Hochwasserwahrscheinlichkeiten basieren in der Regel auf historischen Hochwasserereignissen und berücksichtigen nicht die zukünftigen Klimaveränderungen.

Unterschiedliche Hochwasserwahrscheinlichkeiten und Modellansätze führen auch zu Inkonsistenzen in den Hochwasserrisiko- und Hochwassergefahrenkarten entlang der Grenze. Bisher ist die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren effektiv, um die Unterschiede zu kommunizieren; es gibt jedoch noch keine Pläne für eine gemeinsame Erstellung dieser Karten. Ein erster Schritt könnte sein, die Hochwasserrisiko- und Hochwassergefahrenkarten des erweiterten Vechtebeckens in den [Rheinatlas](#) aufzunehmen, der eine einheitliche Darstellung des Hochwasserrisikos entlang des gesamten Flusses bietet.

Während in den Niederlanden der Ansatz zum Hochwasserrisikomanagement landesweit einheitlich ist, betonen vor allem die Akteure in Niedersachsen die Herausforderungen eines fehlenden landesweiten Ansatzes zum Hochwasserrisikomanagement. Dies hat zur Folge, dass das Niveau des Hochwasserschutzes in den einzelnen Gemeinden sehr unterschiedlich ist.

7.2 Dürre

In den letzten Jahren war das Untersuchungsgebiet von mehreren großen Dürreereignissen betroffen. Insbesondere die niederländischen Akteure betonten, dass sie sich viel mehr Sorgen um die Auswirkungen von Dürren (wie Trinkwasserversorgung, Austrocknung und Bodensenkungen) machen als um die Auswirkungen von Überschwemmungen.

Das Wassersystem auf niederländischer Seite ist viel stärker reguliert als im deutschen Untersuchungsgebiet. In Deutschland sind die Flüsse in größerem Umfang frei fließend und die Möglichkeiten der Wasserbewirtschaftung sind viel geringer. In den Niederlanden ermöglicht die Infrastruktur die Entnahme von Wasser aus der IJssel, um einen Teil des erweiterten Vechtebeckens mit importiertem Wasser zu versorgen (durch das Twente-Kanalsystem), und es gibt mehr Möglichkeiten, Wasser im System zurückzuhalten (durch Wehre usw.). In der Vergangenheit wurde die Wasserinfrastruktur im niederländischen Teil des Untersuchungsgebiets hauptsächlich dazu genutzt, das Wasser so schnell wie möglich abzuleiten, um Staunässe und Überschwemmungen zu vermeiden. Da das Gebiet jedoch stark unter Austrocknung litt, hat in den letzten Jahren ein Paradigmenwechsel stattgefunden, und man konzentriert sich jetzt viel stärker auf die Wasserrückhaltung. Es wurden zahlreiche Projekte zum Dürreerisikomanagement durchgeführt, um mehr Wasser in den Systemen zurückzuhalten und den Grundwasserspiegel in dem Gebiet zu erhöhen. Das Dürremanagement und damit die Wasserrückhaltung ist einer der Schwerpunkte der lokalen regionalen Wasserbehörden.

In Deutschland betonten die Akteure sowohl in NRW als auch in Niedersachsen die Bedeutung eines landesweiten Dürremanagementkonzepts und -plans sowie von Personal, das für das Dürremanagement eingesetzt wird. Eine solche landesweite Strategie ist erforderlich, um Wasserrückhaltemaßnahmen strukturell und großflächig umzusetzen und die Grundwasseranreicherung als Mittel zur strategischen Erhöhung des Grundwasserspiegels zu nutzen. Die Akteure betonten auch, wie wichtig es ist, von den niederländischen Kenntnissen und Erfahrungen in Bezug auf die Wasserrückhaltung zu lernen, z. B. bei der Rückhaltung von Wasser in landwirtschaftlichen Gebieten durch kleine Wehre.

In der Vergangenheit wurde die Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet hauptsächlich mit Regenwasser betrieben. Die jüngsten trockensten Frühlings- und Sommermonate machten jedoch eine Bewässerung erforderlich, um die Schäden an den Kulturen zu begrenzen. Infolgedessen nimmt die potenziell bewässerte Fläche zu, und es ist abzusehen, dass sie in Zukunft weiter zunehmen wird. In Niedersachsen gibt es Pläne, aufbereitetes Wasser für die Bewässerung zu verwenden. Derzeit wird dieses Wasser wieder in den Fluss eingeleitet und trägt zum Abfluss in die Niederlande bei.

Im Vergleich zu den grenzüberschreitenden Auswirkungen von Überschwemmungen sind die grenzüberschreitenden Wechselwirkungen von Dürreperioden weit weniger bekannt. Wenn in Deutschland mehr Wasser zurückgehalten wird, hat dies Auswirkungen auf die Abflüsse in den Niederlanden. Die grenzüberschreitenden Auswirkungen und insbesondere das Ausmaß der Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel jenseits der Grenze sind jedoch weit weniger bekannt.

Die grenznahen Naturgebiete in den Niederlanden leiden darunter, dass die Bäche im Sommer austrocknen, weil der Grundwasserspiegel auf deutscher Seite zu niedrig ist, um diese zu speisen. Auf beiden Seiten der Grenze ist der Überblick über die (geringen) Grundwasserentnahmen begrenzt, so dass man nicht genau weiß, wie viel Wasser genau aus den Grundwasserleitern entnommen wird. Auf beiden Seiten der Grenze laufen Aktivitäten, um ein besseres Bild der Grundwasserentnahmen zu erhalten. Eine gemeinsame grenzüberschreitende Grundwasserstudie/ein gemeinsames Grundwassermodell könnte ein Mittel sein, um die grenzüberschreitende Zusammenarbeit und das grenzüberschreitende Verständnis für das Grundwasser zu verbessern.

7.3 Grenzüberschreitende Zusammenarbeit

Die GPRW-Kooperation wird auf beiden Seiten der Grenze einhellig positiv gesehen. Allerdings werden Plattformen wie die (ständige) Grenzkommission vor allem für den Informationsaustausch gesehen und genutzt. Die GPRW wird als Vehikel für die aktive Zusammenarbeit und die gemeinsame Durchführung von Projekten wie dem Interreg DIWA (Vorschlag) oder dem in diesem Jahr beginnenden EU-Horizon SpongeWorks Projekt anerkannt. Die Beteiligten sind sich einig, dass nur innerhalb dieser Plattform eine tatsächliche Zusammenarbeit stattgefunden hat.

Auf beiden Seiten der Grenze wurde betont, dass es für eine erfolgreiche Zusammenarbeit und Projekte von größter Bedeutung ist, dass über die Grenze hinweg die richtigen Personen mit dem richtigen Mandat beteiligt sind, damit Entscheidungen vor Ort getroffen werden können. Die derzeitige mangelnde Beteiligung des NLWKN am GPRW erfordert einen zusätzlichen Abstimmungsaufwand, der zu längeren Entscheidungsprozessen führt. Aus diesem Grund wird eine stärkere Beteiligung des NLWKN von den niedersächsischen Wasserbehörden dringend gewünscht. Auf niederländischer Seite sind die Provinzen, die in

Fragen der Trockenheit eine entscheidende Rolle spielen, nicht Teil des GPRW.

Unterschiede bei Daten und Modellen werden als eines der Hindernisse bei der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit angesehen. Aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Statistiken und Modelle unterscheiden sich die Hochwasserrisikokarten zwischen Deutschland und den Niederlanden. Diese Unterschiede wurden diskutiert, jedoch gibt es noch kein Projekt/keine Initiative zur gemeinsamen Bewertung des Hochwasserrisikos im Einzugsgebiet.

Was die Modelle betrifft, so sehen die befragten Akteure die größte Notwendigkeit in gemeinsamen grenzüberschreitenden Grundwasser- und Klimaanpassungsmodellen. Auch ein gemeinsames Hochwasservorhersagemodell für die Berkel und die Issel wurde genannt.

Dem grenzüberschreitenden Hochwasserrisikomanagement scheint mehr Aufmerksamkeit geschenkt zu werden als dem grenzüberschreitenden Dürreerisikomanagement. Während die Akteure, die sich mit Hochwasserthemen befassen, ihre Ansprechpartner auf der anderen Seite der Grenze gut kennen, betonten die niederländischen Akteure im Bereich des Dürremanagements, dass es schwierig sei, ihre Ansprechpartner in Niedersachsen / NRW zu finden. Zudem müssen beim Dürremanagement andere Akteure einbezogen werden als beim Hochwassermanagement. Trinkwasserversorger, Bauernverbände und Naturschutzorganisationen müssen eng eingebunden werden.

Um künftige Konflikte zu vermeiden, schlugen die Akteure auf beiden Seiten der Grenze vor, Vereinbarungen über Rückhalteflächen sowie über die erforderlichen Mindestabflüsse von Deutschland in die Niederlande zu treffen.

7.4 Wissenslücken

Insgesamt wurden in mehr als 25 Interviews über 80 Wissenslücken gesammelt (siehe Anhang E). Der Großteil der Wissensfragen fällt in die biophysikalische Kategorie. Die Wissenslücken der niederländischen Behörden konzentrieren sich stark auf:

1. ein besseres Systemverständnis, um die grenzüberschreitenden Wechselwirkungen hydrologischer Prozesse bei Überschwemmungen und Dürren mit Hilfe grenzüberschreitender Modelle quantifizieren zu können
2. die Notwendigkeit integrierter Stresstests für das gesamte Einzugsgebiet

3. ein besseres Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Schwammfunktion der Landschaft

Diese Wissenslücken werden auch in den Kapiteln 2.4 (Geohydrologie), 3.1 (Hochwasser) und 6 (Daten und Modelle) angesprochen. Während der Informations- und Datenaustausch etabliert ist, sind gemeinsame Methoden und Analysen, die das Systemverständnis verbessern, begrenzt.

Die Wissensfragen der deutschen Stakeholder sind stark auf die folgenden Themen bezogen:

1. die Notwendigkeit landesweiter umfassender Dürremanagementkonzepte und -strategien (Niedersachsen und NRW)
2. die Notwendigkeit von Hochwasserschutzkonzepten und -plänen (Niedersachsen)
3. das Interesse, vom niederländischen Ansatz zur Dürrebewältigung zu lernen

Diese Wissensfragen knüpfen an den Stand des Dürremanagements in Deutschland an, wie in Kapitel 4.1.3 (Dürrisiko- und Katastrophenmanagement) beschrieben. Zwar wurde im Jahr 2023 eine Nationale Wasserstrategie veröffentlicht, konkrete Ansätze zum Dürremanagement werden jedoch noch nicht genannt. Die Notwendigkeit umfassender Hochwassermanagementkonzepte wird auch in Kapitel 4.1.2 (Hochwasserrisiko und Katastrophenmanagement) diskutiert.

Auf beiden Seiten wurde die Notwendigkeit einer besseren Überwachung (insbesondere des Grundwassers) sowie die Notwendigkeit einer Datenharmonisierung (insbesondere hydrogeologischer Daten) erwähnt. Die Notwendigkeit der Entwicklung geeigneter Modelle (z.B. ein grenzüberschreitendes Grundwassermodell, ein dynamisches Grundwassermodell für Niedersachsen, grenzüberschreitende Hochwasservorhersagemodelle für Berkel und Issel) wurde in mehreren Interviews von einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure betont und wird auch in Kapitel 6.2 über die Modelle hervorgehoben.

Die am Krisenmanagement beteiligten Akteure (Sicherheitsregionen in den Niederlanden und Kommunen in Deutschland) betonten, dass die Auswirkungen extremer Überschwemmungen und Dürren in der Studienregion noch nicht gut verstanden werden, insbesondere die Auswirkungen und Kaskadeneffekte in Bezug auf kritische und sensible Infrastrukturen. Darüber hinaus werden die Auswirkungen von Extremereignissen (z. B. über HQ100) oft überhaupt nicht berücksichtigt.

Kritische Infrastrukturen sowie das Verständnis der Auswirkungen von Hochwasser und Dürren werden in Kapitel 3.1 (Hochwasser) und 3.2 (Dürren) behandelt.

Vor allem auf niederländischer Seite besteht großes Interesse an den Möglichkeiten und Grenzen von Maßnahmen zur Schwammfunktion in Einzugsgebieten bei extremen Überschwemmungen und Dürreperioden:

- wie man das richtige Gleichgewicht zwischen zu nass und zu trocken findet
- die Auswirkung von Hochwasser-/Dürremaßnahmen auf das andere Extrem (im Hinblick auf künftige Maßnahmen, aber auch die Notwendigkeit, die Wirkung bereits durchgeführter Maßnahmen zu quantifizieren)
- die mögliche Rolle wiederhergestellter grenzüberschreitender Moore/Gebiete mit großen ungesättigten Zonen für die Abschwächung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren sowie ihre Bedeutung für den Naturschutz. Viele (grenzüberschreitende) kleine Bäche trocknen im Sommer aus, weshalb die Möglichkeiten zur ökologischen Wiederherstellung dieser Bäche derzeit begrenzt sind.

In den Kapiteln über das Klima (2.2), Hochwasser (3.1) und Dürren (3.2) wird betont, dass die Häufigkeit und Intensität von Überschwemmungen und Dürren zunehmen wird, was auch den Bedarf an Maßnahmen erhöht, die im Idealfall Überschwemmungen und Dürren abschwächen können.

Aus den Interviews geht hervor, dass die niederländischen Akteure keinen Überblick über die geplanten Maßnahmen zum Hochwasser- und Trockenheitsschutz im deutschen Teil des erweiterten Einzugsgebiets der Vechte haben. Es besteht auch eine Wissenslücke über die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf das Hochwasser- und Dürrierisiko in den Niederlanden und darüber, welche Art von Maßnahmen zu einer veränderten Situation führen würde.

Auf beiden Seiten der Grenze wurden in den Interviews auch Wissensfragen im Zusammenhang mit der Verwaltung angesprochen. In den Niederlanden konzentrieren sich die Fragen auf Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit und auf Wege zur Überwindung der Schwierigkeiten, die sich aus den unterschiedlichen wasserwirtschaftlichen Strukturen in den Ländern/Staaten ergeben. In Deutschland konzentrieren sich die Wissensfragen auf das Fehlen von Plänen, Strategien und Konzepten sowie auf den Zielkonflikt zwischen der Wasserrahmenrichtlinie (frei fließendes Wasser) und den Strategien des Trockenheitsmanagements

(Wasserrückhaltung). Dieser Konflikt behindert die Umsetzung dringend benötigter Maßnahmen zum Trockenheitsschutz im System. Diese Wissenslücken stehen im Zusammenhang mit der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit und den in Kapitel 5 beschriebenen Herausforderungen.

Eine Übersicht über alle Wissenslücken, die im Rahmen der Vechte-Scoping-Studie ermittelt wurden, findet sich in Anhang E.

8 Scoping für JCAR ATRACE

Auf der Grundlage der ermittelten Wissenslücken und der Ergebnisse der Literaturstudie könnten die folgenden Aktivitäten im Rahmen der Folgemaßnahmen von JCAR ATRACE oder anderer Projekte in Betracht gezogen werden:

Die Notwendigkeit einer **grenzüberschreitenden Wassersystemanalyse** und eines **grenzüberschreitenden Stresstests** wurde in den Interviews nachdrücklich betont. Das gemeinsame Verständnis des Risikos von extremen Überschwemmungen und Dürren kann als Grundlage für die gemeinsame Bewältigung dieser Risiken angesehen werden. Folgenabschätzungen werden es ermöglichen, die (grenzüberschreitenden) Auswirkungen auf kritische und lebenswichtige Infrastrukturen zu analysieren. Im Untersuchungsgebiet ist das derzeitige Verständnis begrenzt, was das Krisenmanagement im Falle eines Extremereignisses stark behindern wird.

Umfassende Bewertung des Hochwassers 2023 / 2024 für das gesamte Einzugsgebiet. Das Ereignis wird derzeit lokal von den verschiedenen regionalen Wasserbehörden ausgewertet und in Deutschland wertet der NLWKN die Hochwasserereignisse in Niedersachsen aus. Die Zusammenführung dieser Bewertungen wird eine einzugsgebietsweite Analyse der Dinge ermöglichen, die gut gelaufen sind und der Dinge, an denen gearbeitet werden muss. Im Rahmen des Umsetzungsplans für den Stresstest können die Bewertungen zusammengeführt und ausgewertet werden.

Vorhersagesysteme - Das System von FEWS Vechte hatte Schwierigkeiten bei der Vorhersage des jüngsten Hochwasserereignisses, was zu einem Vertrauensverlust der lokalen regionalen Wasserbehörden in das System führte. Es gibt mehrere Herausforderungen. Zunächst einmal muss das zugrunde liegende Überwachungssystem im Untersuchungsgebiet verbessert werden. Das jüngste Hochwasser hat gezeigt, dass der Messbereich vieler Messstellen zu begrenzt ist (z. B. an der Regge), was dazu führt, dass keine zuverlässigen Messpunkte vorhanden sind, die für das Vorhersagesystem benötigt werden. Außerdem müssen die hydrologischen und hydrodynamischen Modelle im FEWS Vechte neu kalibriert und weiterentwickelt werden, da sie nicht ausreichend in der Lage sind, die hydrologischen und hydraulischen Prozesse im Einzugsgebiet unter extremen Bedingungen zu simulieren. Im

Rahmen des JCAR ATRACE-Programms wird eine Analyse des FEWS-Vechte-Systems durchgeführt, um die drei wichtigsten Maßnahmen zu skizzieren, die erforderlich sind, um eine klimaresistente FEWS-Vechte für das gesamte Einzugsgebiet zu schaffen.

Es gibt ein grenzüberschreitendes FEWS-System für die Berkel und die Issel, das von den regionalen niederländischen Wasserbehörden betrieben wird, und gleichzeitig wird ein FEWS-System für alle regionalen Flüsse in NRW entwickelt. Die Kenntnisse und das Fachwissen auf beiden Seiten der Grenzen könnten in einem gemeinsamen Vorhersagesystem zusammengeführt werden.

Untersuchung von Möglichkeiten zur **weiteren Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit** und von Wegen zur Überwindung der Schwierigkeiten, die sich aus den unterschiedlichen Wasserbewirtschaftungsstrukturen ergeben, einschließlich einer Überprüfung des Hochwassers im Dezember 2023 aus der Sicht der Governance. Bewertung des Einflusses aller Akteure auf die grenzüberschreitende Zusammenarbeit innerhalb des derzeitigen Governance-Rahmens und Möglichkeiten zur Anpassung dieses Rahmens für eine wirksamere Zusammenarbeit zur Bewältigung künftiger Klimaextreme.

Maßnahmen zur Schwammfunktion im Einzugsgebiet werden als Möglichkeit gesehen, die Widerstandsfähigkeit der Einzugsgebiete gegen Überschwemmungen und Dürren zu erhöhen. Es gibt jedoch noch viele Unsicherheiten in Bezug auf ihre mildernde Wirkung bei Extremereignissen und ihre Auswirkungen auf beide Extreme. Im Rahmen des EU-Horizon-Projekts SpongeWorks werden im Einzugsgebiet der Vechte verschiedene Maßnahmen zur Schwammfunktion umgesetzt und ihre Auswirkungen quantifiziert.

In mehreren Interviews wurde auf die Notwendigkeit einer **umfassenden Strategie für das Dürremanagement** hingewiesen. Die Zusammenarbeit beim Dürreerisikomanagement ist jedoch begrenzt und ein grenzüberschreitendes Netzwerk existiert noch nicht. Auch das Verständnis der (grenzüberschreitenden) Grundwasserinteraktion und damit der Bedarf an grenzüberschreitender Zusammenarbeit ist nicht bekannt. Die Einrichtung **eines grenzüberschreitenden Grundwasserüberwachungsnetzes** kann nicht nur das Verständnis für die grenzüberschreitenden Wechselwirkungen verbessern, sondern auch ein Ausgangspunkt für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit in diesem Bereich sein.

Die Überschwemmungen im Jahr 2021 haben das Hochwasserrisikomanagement in kleineren Einzugsgebieten in den Mittelpunkt gerückt. Im Untersuchungsgebiet läuft eine Fülle von Projekten an, die sich auf verschiedene Aspekte des Hochwasserrisikomanagements konzentrieren.

Im Jahr 2009 wurde eine gemeinsame Vision für die Vechte entwickelt, in der die notwendigen Schritte zur Umwandlung der Vechte in einen halbnatürlichen Fluss mit sauberem Wasser, gesunder Natur und einer wirtschaftlich florierenden Umwelt beschrieben wurden. Eine **Neubewertung der Vision** und der Fortschritte, Erfolge und Herausforderungen könnte wertvolle Erkenntnisse für die derzeit anlaufenden Projekte und Initiativen liefern.

Im Idealfall werden laufende und neu anlaufende Projekte (z. B. Interreg DIWA, SpongeWorks, JCAR ATRACE) ihre Aktivitäten aufeinander abstimmen, um Synergien zu schaffen und den Nutzen für das Untersuchungsgebiet zu maximieren.

9 Referenzen

- Anter, J., & Kreins, P. (2013). *Thünen: Zukünftiger Bewässerungsbedarf in Nordrhein-Westfalen*.
<https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/zukuenftiger-bewaesserungsbedarf-in-nordrhein-westfalen>
- Anter, J., Kreins, P., Heidecke, C., & Gömann, H. (2018). *Bewässerung in der Landwirtschaft - Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg*. Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:253-201801-dn059620-3>
- Asseldonk, M. van, Stokkers, R., Jager, J., & Meer, R. van der. (2020). *Economische effecten van droogte in 2018 en 2019: een regionale analyse akkerbouw en melkveehouderij*. Wageningen Economic Research. <https://research.wur.nl/en/publications/economische-effecten-van-droogte-in-2018-en-2019-een-regionale-an>
- Beleidstafel wateroverlast en hoogwater. (2022). *Eindadvies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater*.
- Bender, S., Butts, M., Hagemann, S., Scmith, M, Vereecken, H., & Wendland, F. (2009). *Der Einfluss des Klimawandels auf die terrestrischen Wassersysteme in Deutschland. Eine Analyse ausgewählter Studien der Jahre 2009 - 2013*. www.climate-service-center.de
- Blauhut, V., & Stahl, K. (2018). (PDF) Risikomanagement von Dürren in Deutschland: von der Messung von Auswirkungen zur Modellierung. *Tag der Hydrologie*.
https://www.researchgate.net/publication/324702549_Risikomanagement_von_Durren_in_Deutschland_von_der_Messung_von_Auswirkungen_zur_Modellierung
- Blauhut, V., Stoelzle, M., Ahopelto, L., Brunner, M. I., Teutschbein, C., Wendt, D. E., Akstinas, V., Bakke, S. J., Barker, L. J., Bartošová, L., Briede, A., Cammalleri, C., Kalin, K. C., De Stefano, L., Fendeková, M., Finger, D. C., Huysmans, M., Ivanov, M., Jaagus, J., ... Zivković, N. (2022). Lessons from the 2018-2019 European droughts: a collective need for unifying drought risk management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(6), 2201-2217.
<https://doi.org/10.5194/NHESS-22-2201-2022>
- Blom, C., & Van der Werf, K. (2022). Waterhuishouding in het Berkelgebied. *Stromingen*, 28(4), 23-32.
https://www.researchgate.net/publication/369649537_Waterhuishouding_in_het_Berkelgebied_Stromingen_202228_nr4_23-32

- Bloomfield, J. P., & Marchant, B. P. (2013). Analyse von Grundwassertrockenheit auf der Grundlage des standardisierten Niederschlagsindex-Ansatzes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(12), 4769-4787. <https://doi.org/10.5194/HESS-17-4769-2013>
- BMI. (n.d.). *Zuständigkeiten im Katastrophenschutz*. Abgerufen am 23. März 2024, von <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bevoelkerungsschutz/zivil-und-katastrophenschutz/gefahrenabwehr-und-katastrophenschutz/gefahrenabwehr-und-katastrophenschutz-node.html>
- BMUV. (2023). *Nationale Wasserstrategie*. <https://www.bmuv.de/en/publication/nationale-wasserstrategie>
- Bosoni, M., Tempels, B., & Hartmann, T. (2023). Understanding integration within the Dutch multi-layer safety approach to flood risk management. *International Journal of River Basin Management*, 21(1), 81-87. <https://doi.org/10.1080/15715124.2021.1915321>
- Botterhuis, T., & Klopstra, D. (2004). *Onderzoek afvoer Oude IJssel : uitgangspunten voor RVW2006 | Wageningen University and Research Library catalog*. <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/2083934>
- Braak, D. ter, Grobbe, T., Heitbrink, L., Lenne, R. de, & Worm, B. (2019). *Beleidsevaluatie droogte 2018*. 26.
- Bressers, H., Bleumink, K., Bressers, N., Browne, A., Larrue, C., Lijzenga, S., Lordkipanidze, M., Özerol, G., & Stein, und U. (2016). *Das Fragmentierungs-Kohärenz-Paradoxon in Twente*. (pp. 181-201). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29671-5>
- BSI. (n.d.). *BSI - Allgemeine Informationen zu KRITIS*. Abgerufen am 22. März 2024, von https://www.bsi.bund.de/EN/Themen/KRITIS-und-regulierte-Unternehmen/Kritische-Infrastrukturen/Allgemeine-Infos-zu-KRITIS/allgemeine-infos-zu-kritis_node.html
- Bundesnetzagentur. (n.d.). *Kooperationsvereinbarung zwischen den Regulierungsbehörden in den Ländern des Korridors N8 "Nordsee-Ostsee"*.
- CBS. (2024). *CBS gebiedsindelingen*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/cbs-gebiedsindelingen>
- Deltares. (2018). *Deltascenario's voor de 21 e eeuw*. https://media.deltares.nl/deltascenarios/Deltascenarios_actualisering_2017_hoofdrapport.pdf
- Deltares. (2022). *Wat als "de waterbom" elders in Nederland was gevallen?*
- Deltares. (2024). *Quickscan regionale grensoverschrijdende wateren en stroomgebieden (unveröffentlicht)*.

- DHV. (2009). *Die Vechte; ein grenzenloser, lebendiger Fluss. Grenzüberschreitende Vechtetal-Strategie.*
https://devecht.eu/publish/pages/30361/d_vechtvisie_internet_1.pdf
- Driessen, A. (Anna M. A. J., Ven, G. P. van de (Gerardus P., & Wasser, H. J. (2000). *Gij beken eeuwigvloeiend : water in de streek van Rijn en IJssel.*
- DWD. (n.d.). *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Klimaprojektionen für Deutschland.* Abgerufen am 13. März 2024, von https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtld_homenode.html.
- DWD. (2023). *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Presse - Deutschlandwetter im Jahr 2023.*
https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229_deutschlandwetter_jahr2023_news.html
- ECDM. (2024). *Emergency Response Coordination Centre (ERCC) - DG ECHO Daily Map | 05/01/2024.*
- ECRR. (2019). *Flusskontinuität.* <https://www.ecrr.org/River-Restoration/River-continuity>
- Emser Vechte Welle. (2022). *25 Jahre ems-vechte-welle: Das Hochwasser in Nordhorn und der Obergrafschaft - Ems Vechte Welle.*
<https://www.emsvechtewelle.de/25-jahre-ems-vechte-welle-das-hochwasser-in-nordhorn-und-der-obergrafschaft/>
- Ertl, G., Bug, J., Elbracht, J., Engel, N., & Herrmann, F. (2019). *GeoBerichte 36 - Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18.*
https://doi.org/10.48476/geober_36_2019
- EU. (2022). *Richtlijn (EU) 2022/2557 van het Europees Parlement en de Raad van 12 juli 2022 tot wijziging van Richtlijn 2008/114/EG van de Raad.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32022L2557&from=EN#d1e911-164-1>
- Europäische Kommission. (2017). *2nd Study on the North Sea-Baltic TEN-T Core Network Corridor.*
https://transport.ec.europa.eu/system/files/2018-09/2018-2nd-study-north_sea-baltic-ten-t-core-network-corridor.pdf
- Statistisches Bundesamt. (2016). *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben / Agrarstrukturerhebung 2016.*
- Feuerwehr Gronau. (2020). *Vor 10 Jahren bedrohte das Hochwasser Gronau und Epe - Feuerwehr Gronau.* <https://feuerwehr-gronau.de/einsatz/grossschadenslage-durch-hochwasser-in-gronau-und-epe-2/>

- Flasche, K. (2016). *Zuständigkeiten beim Hochwasserschutz - Wer macht was?*
- Freriks, A., Keessen, A., Korsse, D., Rijswick, M. van, & Bastmeijer, K. (2016). *Zover het eigen instrumentarium reikt : Een onderzoek naar de positie van de provincie Noord-Brabant en de Noord-Brabantse waterschappen bij de realisatie van Kaderrichtlijn Waterdoelstellingen, met bijzondere aandacht voor de Omgevingswet.*
- Grafschafter Nachrichten. (2016). *Hochwasser in der Grafschaft 2010.* <https://www.gn-online.de/grafschaft/hochwasser-in-der-grafschaft-2010-g1853.html>
- Grafschafter Nachrichten. (2019). *Hitze und Trockenheit: Tote Fische treiben in der Vechte.* <https://www.gn-online.de/nordhorn/hitze-und-trockenheit-tote-fische-treiben-in-der-vechte-311519.html>
- Haastregt, A. V. van. (2023). *Modellierung der morphologischen Entwicklung der Vecht aufgrund von Änderungen in der Wehrpolitik* [Master Thesis, Universität Twente]. <https://essay.utwente.nl/97154/>
- Hartmann, T., & Albrecht, J. (2014). Vom Hochwasserschutz zum Hochwasserrisikomanagement: Zustandsbezogene und leistungsbezogene Regelungen im deutschen Wasserrecht. *Journal of Environmental Law*, 26(2), 243-268. <https://doi.org/10.1093/JEL/EQU015>
- Helder, A., Huizenga, R., & Damsté, P. J. (2017). *De Vecht, uitwerking van halfnatuurlijke rivier. Van visie naar ontwerp.*
- Hendriks, D., Passier, H., Marsmann, A., & Levelt, O. (2022). *Integrale Grondwaterstudie Nederland module 1: landelijke analyse.* https://publications.deltares.nl/11208092_001_0001.pdf
- Herrmann, F., Tetzlaff, B., & Wendland, F. (2019). *GROWA+NRW2021 Modellsystem: RAUMIS-mGROWA-DENUZ-WEKU Diffuse N-Quellen (ohne Erosion).* https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/4_fzj_mgrowa_growanrw2021.pdf
- Hoekstra, M. (2012). *Das Handbuch zur Bewertung des Wasserfußabdrucks: ein globaler Standard.* <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/962651468332944887/the-water-footprint-assessment-manual-setting-the-global-standard>
- HWBP. (2024). *HWBP projectenkaart.* <https://hwbp.cartonext.nl/>
- Hydrotec. (2013). *Ökologische Verbesserung und Hochwasserschutz - Hydrotec.* <https://www.hydrotec.de/vechte-und-dinkel-2013-oekologische-verbesserung-und-hochwasserschutz/>
- IenW. (n.d.). *Waterkwantiteit | Thema's | DCC-IenW.* Abgerufen am 24. März 2024, von <https://www.dcc-ienw.nl/themas/waterkwantiteit>

- IPLO. (n.d.). *De Omgevingswet | Informatiepunt Leefomgeving*. Abgerufen am 23. März 2024, von https://iplo.nl/regelgeving/omgevingswet/#PagCls_1767026
- IPLO. (2023). *Organisatie van het waterbeheer | Informatiepunt Leefomgeving*. <https://iplo.nl/thema/water/beleid-regelgeving-water/organisatie-van-waterbeheer/>
- IPLO. (2024). *Baseline | Informatiepunt Leefomgeving*. <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/watermanagementmodellen/baseline/>
- IPO, & UVW. (2024). Droogteportaal. <https://droogteportaal.nl/droogteportaal/web/>
- Jansen, A., Bouma, J., de Meij, T., Vegter, U., & Wallis de Vries, M. (2020). *Droogte ingrijpend voor natuur in hoog Nederland ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit*. KNNV Publishing. <https://www.knmi.nl>
- Jong, W. R. de. (2023). *Hydrologische Wasserhaushaltsmodellierung: Bestimmung der Durchführbarkeit der Schließung von Wasserbilanzen der Teileinzugsgebiete im Einzugsgebiet der Overijsselse Vecht* [Bachelor Thesis]. Universität Twente.
- Jonkman, S. N., Jongejan, R., & Maaskant, B. (2011). The use of individual and societal risk criteria within the Dutch flood safety policy--nationwide estimates of societal risk and policy applications. *Risk Analysis : An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 31(2), 282-300. <https://doi.org/10.1111/J.1539-6924.2010.01502.X>
- Kampa, Dr. E., & Rouillard, Dr. J. (2023). *Bestandsaufnahme, Analyse und Ausblick der Dürrepolitik, -planung und -bewältigung in den EU-Mitgliedstaaten*. <https://doi.org/10.2779/21928>
- KNMI. (1999). *Jaarverslag 1998 In het teken van de regen*.
- KNMI. (2018). *KNMI - Jaar 2018*. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2018/jaar>
- KNMI. (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland*. https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatscenarios23/KNMI23_klimaatscenarios_in_het_kort_samenvatting.pdf
- KNMI. (2024). *KNMI - De staat van ons klimaat 2023: warmste en natste jaar ooit gemeten*. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2023-warmste-en-natste-jaar-ooit-gemetten>
- Knol, B., Durand, A., Reeze, B., Bijvank, R. N., & Schmidt, G. (2020). *Kaderrichtlijn Water 2022-2027 Waterschap Vechtstromen: Achtergronddocument onderbouwing maatregelen*. https://www.vechtstromen.nl/publish/pages/33091/bijlage_2_achtergronddocument_krw_vechtstromen.pdf
- Kooij, H.-J., Ploegmakers, H., & Meijerink, S. (2020). *Grenzüberschreitende Studie Und Wissenstransfer Living Vecht-Dinkel*

- MR03 Von Der Planung Bis Zur Umsetzung Grenzüberschreitender Wasserprojekte - DocsLib. *Naturgefahren und Erdsystemwissenschaften*.
<https://docslib.org/doc/3356583/grenzüberschreitende-studie-und-wissenstransfer-living-vecht-dinkel-mr03-von-der-planung-bis-zur-umsetzung-grenzüberschreitender-wasserprojekte>
- Koronaci, K. (2022). *Datenassimilation für verbesserte Abflussschätzungen mit dem wflow_sbm-Modell: eine Fallstudie des Flusses Overijsselse Vecht (Niederlande)* [Master Thesis, Universität Ljubljana]. <https://repositorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141743>
- Kreins, P., Henseler, M., Anter, J., Herrmann, F., & Wendland, F. (2015). Quantifizierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die regionale landwirtschaftliche Bewässerung und den Grundwasserbedarf. *Water Resources Management*, 29(10), 3585-3600.
<https://doi.org/10.1007/S11269-015-1017-8/METRICS>
- Kremer Devesa, V. (2023). *Dürreindikatoren im Osten der Niederlande* [Bachelor Thesis, Universität Twente].
<https://essay.utwente.nl/94536/>
- Kuks, S. (2009). "Technologische ontwikkeling leidt tot institutionele vragen." *H2O*, 25/26. <https://edepot.wur.nl/340464>
- Lamers, M. (2017). *Analyse der morphologischen Folgen der bevorzugten Gestaltung der Overijsselse Vecht mit SOBEK 3*.
- LANUV. (n.d.-a). *Grundwasser*. Abgerufen am 13. März 2024, von <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/grundwasser>.
- LANUV. (n.d.-b). *Klimaatlas NRW*. Abgerufen am 13. März 2024, von <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-erklaert/klimawandel>.
- LANUV. (n.d.-c). *Kommunalberatung Klimafolgenanpassung NRW | LANUV Klima*. Abgerufen am 27. März 2024, von <https://www.klimaatlas.nrw.de/beratung-klimaanpassung>.
- LANUV. (2018). *KLimat Atlas NRW: Niederschlagsextreme*.
<https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-monitoring/klimaentwicklung/niederschlag/niederschlagsextreme>
- LANUV. (2024). *Hydrologischer Status NRW zum 31.12.2023*.
<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/hydrologische-berichte/hydrologischer-status-nrw-31-dazember-2023>
- LAWA. (2020). *Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft: Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder 2020*.
- LAWA. (2022). *Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel*. www.lawa.de
- LBEG. (n.d.). *Bereitstellung von Daten zum Bodenwasserhaushalt mit BOWAB | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie*. Abgerufen am 23. März 2024, von

- https://www.lbeg.niedersachsen.de/boden_grundwasser/landwirtschaft/bereitstellung_von_daten_zum_boden_wasserhaushalt_isip/bereitstellung-von-daten-zum-bodenwasserhaushalt-mit-bowab-746.html
- LBEG. (2016). *Geoberichte 3: Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen*.
- LBEG. (2019). *GeoBerichte 36: Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18*.
https://doi.org/10.48476/geober_36_2019
- LBEG. (2023). *Zeitreihenanalysen zur Abweichung der Grundwasserneubildung im Grundwasserkörper von 1961 bis 2020 (mGROWA22) (WMS Dienst) - NUMIS*.
<https://numis.niedersachsen.de/trefferanzeige?docuuid=7ae8f720-b666-4a27-bd69-0ba4679e15fe>
- Lieshout, M. van, & Werven, B. van. (2022). *Endbericht Erkundung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zum Thema Wasser*.
- Luijkx, G. (2020). *Assimilation von fernerkundeten Bodenfeuchtedaten in einem hydrologischen Vorhersagemodell der Overijsselse Vecht*. [Master Thesis, Universität Twente]. <https://essay.utwente.nl/83526/>
- Luijkx, G., Augustijn, D. C. M., Booij, M. J., & De Jong, I. J. F. (2020). *Assimilation von fernerkundeten Bodenfeuchtedaten in einem hydrologischen Vorhersagemodell für die Overijsselse Vecht* [Master Thesis, Universität Twente].
<https://www.utwente.nl/en/et/cem/research/wem/education/msc-thesis/2020/luijkx.pdf>
- Lulofs, K. (2018). Incoherenties in wet- en regelgeving, bevoegdhedenverdeling en instrumentatie Belemmeringen en oplossingen inzake waterkwaliteit en vitale bodem. *CSTM - SR, 387*, 1-57.
- Lulofs, K. (2020). *Sturingsinstrumentarium voor een vitale bodem | STOWA*. <https://www.stowa.nl/deltafacts/lumbricus-klimaatrobuustehogere-zandgronden/implementeren-en-uitvoeren-hoe-regelen-we-0>
- Maas, G., & Woestenburger, M. (2013). *Bausteine für die grenzüberschreitende Vechte Ein lebendiger Flachlandfluss zwischen Emlichheim und Hardenberg*. www.wageningenUR.nl/en/alterra.
- Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D., Grabs, W., Kwadijk, J. C. J., Lang, H., Parmet, B. W. A. H., Schädler, B., Schulla, J., & Wilke, K. (2001). Auswirkungen des Klimawandels auf das hydrologische Regime und die Wasserwirtschaft im Rheineinzugsgebiet. *Climatic Change, 49*(1-2), 105-128.
<https://doi.org/10.1023/A:1010784727448>
- Ministerium für allgemeine Angelegenheiten. (2023). *Webportal Informationen der Regierung (www.rijksoverheid.nl)*,.

- <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/waterbeheer-in-nederland>
- MInW. (2020). *Handleiding verdringingsreeks*.
<https://iplo.nl/thema/water/beheer-watersysteem/verdringingsreeks/@212059/handleiding-verdringingsreeks/>
- Mostert, E., & Lukat, E. (2021). *Nederlands-Duitse grenswaterovereenkomsten: inventarisatie, evaluatie en vooruitblik - Hoofdrapport*.
- MU. (n.d.). *Vorgehen in Niedersachsen bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*. Abgerufen am 10. April 2024, von https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/hochwasser_amp_kustenschutz/hochwasserrisikomanagement_richtlinie/bewertung_des_hochwasserrisikos/bewertung-des-hochwasserrisikos-104681.html
- MU. (2017). *Niedersächsische Naturschutzstrategie*.
- MU. (2019). *Klimawirkungsstudie Niedersachsen | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*.
<https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/klima/klimawirkungsstudie-niedersachsen-176873.html>
- MUNV. (2005). *Ergebnisbericht Ijssel Wasserrahmenrichtlinie in NRW - Bestandsaufnahme Staatliches Umweltamt Herten*. www.ijssel.nrw.de
- MUNV. (2014). *Bericht zu den Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten im Rahmen der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EGHWRM-RL) in NRW*. www.umwelt.nrw.de
- MUNV. (2021). *Bewirtschaftungsplan 2022-2027 für die nordrheinwestfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas*.
https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/bewirtschaftungsplan_nrw_2022-2027.pdf
- MUNV. (2022). *Hochwasserrisiken-Vorsorgemassnahmen im Teileinzugsgebiet Deltarhein*.
https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/teg_broschue_re_hwrm_deltarhein.pdf
- MUNV NRW. (2023). *ELWAS-WEB*. <https://www.elwasweb.nrw.de/elwasweb/index.xhtml?jsessionid=4A299EF8F7A2D9AFC1692317F820AF0F>
- Nationaal Deltaprogramma. (n.d.). *Delta-Plan für Hochwasserrisikomanagement | Drei Themen | Delta-Programm*. Abgerufen am 23. März 2024, von <https://english.deltaprogramma.nl/three-topics/flood-risk-management/delta-plan>

- NCTV. (2022). *Nationale Crisisstructuur | Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid*.
<https://www.nctv.nl/onderwerpen/nationale-crisisstructuur>
- NDR. (2023). *"Außergewöhnliche Dürre": Pflanzen leiden unter trockenen Böden | NDR.de - Nachrichten - Niedersachsen*.
<https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/Aussergewoehnliche-Duerre-Pflanzen-leiden-unter-trockenen-Boeden,trockenheit540.html>
- NDR. (2024). *Wasserwehr soll künftig Verden besser vor Hochwasser schützen | NDR.de - Nachrichten - Niedersachsen - Studio Oldenburg*.
https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Wasserwehr-soll-kuenftig-Verden-besser-vor-Hochwasser-schuetzen,aktuelloldenburg14554.html
- NHI. (n.d.). *Welkom op het NHI Dataportaal - Nederlands Hydrologisch Instrumentarium*. Abgerufen am 13. März 2024, von
<https://data.nhi.nu/bekijk>
- NIPV. (2023). *Klimaatrisico's: werk voor de Veiligheidsregio's?*
- NLWKN. (n.d.-a). *Dokumentation des Hochwassers im Oktober / November 1998 im Einzugsgebiet von Weser, Aller und Leine*. Abgerufen am 22. März 2024, von
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/hintergrundinformationen/dokumentation_von_hochwasserereignissen/leinehochwasser_1998/-38546.html.
- NLWKN. (n.d.-b). *Katastrophenmanagement im Hochwasserfall in Niedersachsen | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz*. Abgerufen am 23. März 2024, von
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/hintergrundinformationen/organisation_im_hochwasserschutz/katastrophenmanagement/aufgaben-und-organisation-in-der-gefahrenabwehr-119250.html
- NLWKN. (n.d.-c). *Schifffahrt auf den "Nordhorner Kanälen"*.
- NLWKN. (2004). *Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Oberflächengewässer. Teil-Bearbeitungsgebiet Vechte/ Niedersachsen*.
<https://wasserblick.bafg.de/servlet/is/29228/>
- NLWKN. (2007). *Vorläufiger Überblick über die wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen im niedersächsischen Teil der Flussgebietseinheit Rhein / Vechte gemäß Artikel 14 EG-WRRL und §184 a NWG. Information und Anhörung der Öffentlichkeit*.
- NLWKN. (2015). *Kommunale, verbandliche und allgemeine Zuständigkeiten im Hochwasserrisikomanagement*.
- NLWKN. (2021a). *Ausblick 2021: Wehrrückbau macht Weg an der Vechte frei | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz*.

- https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/Rueckbau_Vechtewehr_Schuettorf/ausblick-2021-wehrrueckbau-macht-weg-an-der-vechte-frei-201185.html
- NLWKN. (2021b). *Masterplan Hochwasserschutz: Technischer Hochwasserschutz. Band 5.*
<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/MasterplanHWS/https-nlwkn-niedersachsen-de-masterplan-hws-215314.html>
- NLWKN. (2021c). *Mit Motivation und Engagement zum Erfolg an Vechte und Hase | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.*
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/Entwicklungsmassnahmen_an_Vechte_und_Hase/mit-motivation-und-engagement-zum-erfolg-an-vechte-und-hase-201184.html
- NLWKN. (2021d). *Renaturierungsmaßnahmen des NLWKN an der Vechte | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.*
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse_und_offentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/renaturierungsmaßnahmen-des-nlwkn-an-der-vechte-200998.html
- NLWKN. (2021e). *Rückblick 2021: Großprojekt an der Vechte erfolgreich abgeschlossen | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.*
<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2022/rueckblick-2021-grossprojekt-an-der-vechte-erfolgreich-abgeschlossen-212346.html>
- NLWKN. (2022a). *Grundwasserband 53: Niedersächsisches Messprogramm Klima - Grundwasserstand.*
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/veroeffentlichungen/publikationsreihe_grundwasser/veroeffentlichungen-zum-thema-grundwassertrinkwasser-zum-downloaden-198537.html
- NLWKN. (2022b). *Wasserversorgungskonzept Niedersachsen | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.*
<https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/wasserversorgungskonzept-niedersachsen-210626.html>
- NLWKN. (2024a). *Niedersächsische Umweltkarten.*
<https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/?lang=de&topic=Hydrologie&bgLayer=TopographieGrau&E=417489.60&N=5816497.76&zoom=4&layers=VerzeichnistrockenfallendeGewaesser>
- NLWKN. (2024b). *NLWKN Pegelonline.*
<https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de/Start>
- NRW. (2020). *MGrowa - Modelldaten.* <https://open.nrw/dataset/5f56f062-1de9-4a56-94cc-121ad577fae2>

- NU.nl. (2024). *Overijsselse Vecht op recordhoogte, ook elders blijft hoogwater overlast geven | Binnenland | NU.nl*.
<https://www.nu.nl/binnenland/6295795/overijsselse-vecht-op-recordhoogte-ook-elders-blijft-hoogwater-overlast-geven.html>
- OHV, & NWP Planungsgesellschaft mbH. (2009). *De vecht een grenzeloze, halfnatuurlijke rivier Grensoverschrijdende Vechtvisie*.
- Omgevingsagenda Oost-Nederland. (2020). *Omgevingsagenda Oost-Nederland*.
<https://www.denationaleomgevingsvisie.nl/publicaties/onderzoeken+de+adviezen+publicaties/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=1699544>
- OSM. (2023). *OpenStreetMap*.
<https://www.openstreetmap.org/#map=7/52.157/5.295>
- Oterman, K. (2015). De Berkel op de schop. *Natura*, 4, 16-17.
<https://natuurtijdschriften.nl/pub/641957/Natura2015112004005.pdf>
- Pergens, T. (2018). "Grenzenloos? Een beleidsevaluatie- en implementatiestudie van de grensoverschrijdende Vechtvisie (2009)." <https://theses.ubn.ru.nl/handle/123456789/7123>
- Pinkert, B. (2017). *Broekgebieden in het stroomgebied van de Berkel (1600-1850 [Master Thesis, University of Groningen]*.
www.rug.nl/let/kenniscentrumlandschap
- Projektteam Droogte Zandgronden Nederland. (2021). *Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland*.
https://droogteportaal.nl/rapporten/Droogte_zandgronden_fase_3.pdf
- Provincie Overijssel. (2013). *Atlas van de Vecht von Provincie Overijssel - Issuu*.
https://issuu.com/provincieoverijssel/docs/atlas_van_de_vecht_lr
- Rekenkamer Oost-Nederland. (2022). *Grondwateronttrekkingen en verdroging: Nota van Bevindingen Overijssel*. www.rekenkameroost.nl
- Renner, T., Meijerink, S., & van der Zaag, P. (2017). Die Entwicklung regionaler grenzüberschreitender Wasserregime, der Fall Deltarhine. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(10), 1701-1721. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1371005>
- Rijksoverheid. (n.d.-a). *Crisisbeheersing | Veiligheidsregio's en crisisbeheersing*. Abgerufen am 24. März 2024, von <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/veiligheidsregios-en-crisisbeheersing/crisisbeheersing>
- Rijksoverheid. (n.d.-b). *Routes voor goederentreinen | Goederenvervoer | Rijksoverheid.nl*. Abgerufen am 13. März 2024, von <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/goederenvervoer/routes-voor-goederentreinen>
- Rijksoverheid. (n.d.-c). *Veiligheidsregio's | Veiligheidsregio's en crisisbeheersing | Rijksoverheid.nl*. Abgerufen am 24. März 2024, von

- <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/veiligheidsregios-en-crisisbeheersing/veiligheidsregios>
- RIWM. (2014). *Conceptuele modellen grondwaterlichamen KRW: Rijn Oost*. <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/grondwater/grondwater-krw/conceptuele-modellen/>
- RTV Oost. (2023). *Zoveel last hebben Overijsselaars van het hoge water - RTV Oost*. <https://www.rtvoost.nl/nieuws/2296155/zoveel-last-hebben-overijsselaars-van-het-hoge-water>
- RTV Vechtdal. (2023). *RTV Vechtdal - Deel Vechtpark Hardenberg afgesloten*. <https://rtvvechtdal.nl/vechtdal/tv/nieuws?view=article&id=6617:deel-vechtpark-hardenberg-afgesloten&catid=18>
- Ruimte voor de Vecht. (n.d.). *Regio Deal Regio Zwolle*. Abgerufen am 24. März 2024, von <https://www.ruimtevoordevecht.nl/regiodealprojecten/>
- RWS VWL. (2021). *Landelijk Draaiboek Waterverdeling en Droogte - Helpdesk Wasser*. <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/crisismanagement/landelijk-draaiboek/>
- Samaniego, L., Thober, S., Kumar, R., Wanders, N., Rakovec, O., Pan, M., Zink, M., Sheffield, J., Wood, E. F., & Marx, A. (2018). Anthropogene Erwärmung verschlimmert europäische Bodentrockenheit. *Nature Climate Change* 2018 8:5, 8(5), 421-426. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5>
- Scheihing, K. W. (2019). Klimawandel in Niedersachsen (Deutschland) und mögliche Folgen für die Grundwasserbewirtschaftung: ein Überblick. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*. https://doi.org/10.5675/HyWa_2019.2_2
- Spruyt, A., & Fujisaki, A. (2021). *Ontwikkeling zesde-generatie model Overijsselse Vechtdelta : modelbouw, kalibratie en validatie | Deltares*. <https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/ontwikkeling-zesde-generatie-model-overijsselse-vechtdelta-modelbouw-kalibratie-en-validatie>
- Stouthamer, E., Cohen, K., & Hoek, W. Z. (2020). *De vorming van het land. Geologie en geomorfologie* (Ausgabe Dezember).
- TYGRON. (2020). *Overstromingen simuleren aan de hand van big-data en slimme algoritmes - Voorbeeld van het Waterschap Vechtstromen*. <https://www.tygron.com/blog/2020/04/17/overstromingen-simuleren-aan-de-hand-van-big-data-en-slimme-algoritmes-eeen-voorbeeld-van-het-waterschap-vechtstromen/>
- UFZ. (2024). *Dürremonitor Deutschland - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ*. <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>

- Unwetterzentrale. (2010). *Unwetterzentrale Deutschland - Alle Warnungen*. <https://www.unwetterzentrale.de/uwz/>
- UVW, & IPO. (2021). *Overzicht grondwateronttrekkingen - Unie van Waterschappen*. <https://unievanwaterschappen.nl/publicaties/overzicht-grondwateronttrekkingen/>
- Van der Heijde, P. K. M. (1978). *Een samenvatting en overzicht van de over de droogte van 1976 verschenen literatuur*. <https://edepot.wur.nl/179963>
- van der Klei. (2021). *Evaluierungsbericht grenzüberschreitende Hochwasserschutzübung "Wasserwettlauf 2021"*.
- Van Der Velde, R., Benninga, H. J. F., Retsios, B., Vermunt, P. C., & Salama, M. S. (2023). Zwölf Jahre Profilmessungen der Bodenfeuchte und -temperatur in Twente, Niederlande. *Earth System Science Data*, 15(4), 1889-1910. <https://doi.org/10.5194/ESSD-15-1889-2023>
- Van Dongen, R., Eysink, F., Van de Weerd, R. (2015). *Advies 'ambitie en effectieve maatregelen voor de Berkel tussen Borculo & Lochem.'* https://www.natuurkennis.nl/Uploaded_files/Publicaties/advies-berkel-borculo-lochem.270fcf.pdf
- van Doorn, A., & Jalink, M. (2017). *BTO rapport: Functiecombinatie waterwinning en natuur: verkenning in drie landschapstypen*. www.kwrwater.nl
- Van Huijgevoort, M., Brakkee, E., De Wit, J., Van Deijl, D., & Bartholomeus, R. (2022). Uniform inzicht in droogte met behulp van indices. *Stromingen: Vakblad Voor Hydrologen*, 41-51. <https://droogteportaal.nl/>
- van Leussen, W., & Lulofs, K. (2009). Kapitel: Governance von Wasserressourcen. In *Wasserpolitik in den Niederlanden: Integrated Management in a Densely Populated Delta* (S. 1-258). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781936331413>
- van Renswoude, R. (2020). *Vergleich der Modelleleistung der hydrodynamischen Modelle SOBEK und TYGRON_Thesis_RvR_Final.pdf - Alle Dokumente* [Master Thesis]. Universität Twente.
- Van Velzen, E., Beyer, D., Berger, H., Geerse, C., & Schelfhout, H. (2007). Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het rivierengebied. In *TR28. Rijkswaterstaat - Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)*. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A75fb4010-f8aa-4b5b-97fd-58ca514859b2>
- Verdonschot, P. F. M. (2009). Die Bedeutung des Klimawandels in vom Menschen genutzten Fließgewässern. *Fundamental and Applied*

- Limnology*, 174(1), 101-116. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2009/0174-0101>
- Vinke-de Kruijff, J., & de Weerd, H. (2019). *Handreiking Stroomgebiedsbenadering Hoogwaterbeschermingsprogramma: Ervaringen en inzichten vanuit de Project Overstijgende Verkenning Vecht*.
- Vreugdenhil, H., Hakvoort, H., & Verhoeven, R. (2010). *Evaluatie regionale wateroverlast augustus 2010 Auteurs: Durk Klopstra*.
- Waterschap Vechtstromen. (2017). *Achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht, Van visie naar Ontwerp*.
- Waterschap Vechtstromen. (2020). *Historie van de Vecht - Vechtstromen*. <https://www.vechtstromen.nl/beleven/vecht/historie-vecht/>
- Waterschap Vechtstromen. (2021a). *Krisenplan 2022-2025*.
- Waterschap Vechtstromen. (2021b). *Waterbeheerprogramma 2022 - 2027*. <https://www.vechtstromen.nl/bestuur/waterbeheerprogramma-2022-2027/>
- Waterschap Vechtstromen. (2023). *Vecht, Regge en Dinkel buiten oevers, enige overlast niet te voorkomen - Vechtstromen*. <https://www.vechtstromen.nl/@44748/vecht-regge-dinkel-buiten-oevers-enige/>
- Waterschap Vechtstromen. (2024). *Integraal Beleidskader Grondwater*.
- Waterschap Vechtstromen, & WDOD. (2022). *Koersdocument Vecht | Waterschap Drents Overijsselse Delta*. <https://www.wdodelta.nl/koersdocument-vecht>
- WAZ. (2024). *WAZ Niedergrafschaft*. <https://www.waz-sw-neuenhaus.de/waz-niedergrafschaft>
- WDOD. (n.d.-a). *Onderzoek watersysteemmaatregelen | Veilige Vecht*. Abgerufen am 23. März 2024, von <https://veiligevecht.wdodelta.nl/over+het+project/onderzoek+watersysteemmaatregelen/default.aspx>
- WDOD. (n.d.-b). *Waarom versterken we de Vechtdijken? | Veilige Vecht*. Abgerufen am 23. März 2024, von <https://veiligevecht.wdodelta.nl/bibliotheek/waarom+versterken+we+de+vechtdijken/default.aspx>
- WDOD. (2021). *Maatregelen voor een Delta met toekomst (waterbeheerprogramma 2022-2027, deel 1. Programma)*. https://www.wdodelta.nl/_flysystem/media/wbp-deel-1.-waterbeheerprogramma.pdf
- WDOD. (2023). *Voorstel voor dijkversterking tussen Dalfsen en Zwolle bekend | Veilige Vecht*. <https://veiligevecht.wdodelta.nl/nieuws/2581199.aspx>
- WDR. (2016). *Fotochronik: Hochwasser an Vechte, Weser, Werre, Dinkel und Ems - Extras - Wetter - WDR*.

- <https://www1.wdr.de/wetter/wettervorhersage/extras/fotostrecke-hochwasser-vechte-weser-werre-dinkel-ems-100.html>
- Werkgroep zon. (2020). *Regionaal Strategiedocument Hoge Zandgronden Oost*.
<https://www.deltaprogramma.nl/binaries/deltacommissaris/documenten/publicaties/2021/07/01/strategiedocument-zoetwater---hoge-zandgronden-oost-nederland-2022-2027/Hoge+Zandgronden+Oost-Nederland+-+Regionaal+strategiedocument+Oost+2022-2027.pdf>
- Westfälische Nachrichten. (2022). *Vechte-Niedrigwasser und seine Folgen*.
<https://www.wn.de/muensterland/kreis-steinfurt/metelen/der-fluss-ist-nur-noch-ein-dunnes-rinnsal-2614142?pid=true>
- Witte, J. P. M. (2022). *Gevolgen van de droogte van 2018 voor de vegetatie van natuurgebieden op de Hogere Zandgronden van Nederland, afgeleid van het Landelijk Meetnet Flora*.
- Witte, J. P. M., Louw, P. G. B. de, Ek, R. van, Bartholomeus, R. P., Eertwegh, G. A. P. H. van den, Gilissen, H. K., Beugelink, G. P., Ruijtenberg, R., & Kooij, W. van der. (2020). Aanpak droogte vraagt transitie waterbeheer. *Water Governance*, 3, 120-131.
<https://research.wur.nl/en/publications/aanpak-droogte-vraagt-transitie-waterbeheer>
- Witteveen en Bos. (2016). *Schlankes Wassermanagement Regio Oost NL*.
- WMCN. (2023). *Landelijk draaiboek hoogwater en overstromingsdreiging*.
- Wolfert, H. P., & Maas, G. J. (2007). Stromabwärts gerichtete Veränderungen von Mäanderstilen im Unterlauf der Vecht, Niederlande. *Geologie En Mijnbouw*, 86(3), 257-271.
<https://research.wur.nl/en/publications/downstream-changes-of-meandering-styles-in-the-lower-reaches-of-t>
- WRIJ. (n.d.). *Klimaatverandering in Oost-Nederland*. Abgerufen am 13. März 2024, von
<https://storymaps.arcgis.com/stories/a6f46c7974e34edf98de9f452d391b6b>
- WVP. (n.d.). *Waterveiligheidsportaal*. Abgerufen am 27. März 2024, von
<https://waterveiligheidsportaal.nl/#!/nss/nss/norm>
- ZON. (n.d.). *Zoetwater voorziening Oost-Nederland*. Abgerufen am 24. März 2024, von <https://zoetwatervoorzieningoostnederland.nl/>

Anhänge

Anhang A: Übersicht über die durchgeführten Interviews

Tabelle 13: Überblick über die Befragungen in den Niederlanden

Interessensverte r	Beschreibu ng	Datum	Intervie w	Typ
Rijkswaterstaat	Nationale Behörde für Infrastruktur und Wasserbau	15.01.2024 08.02.2024	Deltares	online
Provincie Overijssel	Regionale staatliche Behörde	05.12.2023	Deltares	online
Provincie Gelderland	Regionale staatliche Behörde	26.09.2023	Deltares	@location
Waterschap Vechtstromen	Örtliche Wasserbehörde	23.01.2023	Deltares	@location
Wasserschap Drents Overijsselse Delta	Örtliche Wasserbehörde	06.11.2023	Deltares	online
Wasserscheide Rijn und IJssel	Örtliche Wasserbehörde	16.11.2023	Deltares	@location
Veiligheidsregio Twente	Krisenmanagement	12.12.2023	Deltares	online
Veiligheidsregio IJsselland	Krisenmanagement	15.01.2024	Deltares	online
Vitens	Unternehmen für Trinkwasser	13.12.2023	Deltares	online

Naturmonumente	Organisation der Natur	07.12.2023	Deltares	online
GPRW	Koordinierungsstelle	23.01.2023	Deltares	online

Tabelle 14: Übersicht Interviews in Niedersachsen

Interessensvertreter	Beschreibung	Datum	Interview	Typ
Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	Höchste Oberflächenwasserbehörde	21.11.2023	UOs, Deltares	online
NLWKN	Staatliche Behörde	21.11.2023	UOs, Deltares	online
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie inkl. Grundwasser	30.11.2023	UOs, Deltares	online
Grafschaft Bentheim	Untere Wasserbehörde	22.10.2023	UOs	online
Vechtverband	Verein für Pflege und Landschaftsschutz	14.11.2023	UOs	online
Wasser- und Abwasserzweckverband	Unternehmen für Trinkwasser	14.12.2023	UOs	online
Samtgemeinde Neuenhaus	Stadtverwaltung (Krisenmanagement)	12.12.2023	UOs	online
Samtgemeinde Emlichheim	Stadtverwaltung (Krisenmanagement)	04.01.2024	UOs	online
Amt für regionale Landesentwicklung	Regionale Landesentwicklung einschließlich der Renaturierung von Torfgebieten	18.12.2023	UOs	online

Wasserverband Dachverband der 17.11.2023 UOs online
 dstag e.V. Wasserverbände

Tabelle 15: Übersicht Interviews in NRW

Interessen svertreter	Beschreibu ng	Datum	Interview	Typ
MULNV	Höchste Wasserbehör de		RWTH Aachen, Deltares	
LANUV	Staatliche Behörde	05.04.2023	RWTH Aachen, Deltares	online
Bezirksregier ung Münster	Obere Wasserbehör de			
Bezirksregier ung Duesseldorf	Obere Wasserbehör de	19.03.2023	RWTH Aachen	online
Kreis Borken	Untere Wasserbehör de	14.12.2023	RWTH Aachen	online
Kreis Steinfurt	Untere Wasserbehör de	22.01.2024	RWTH Aachen	online
Wasser- und Bodenverba nd 'Unteres Dinkelgebied ,		04.12.2023	RWTH Aachen, UOs	online

Anhang B: Beschreibung des Einzugsgebiets

Geographie:

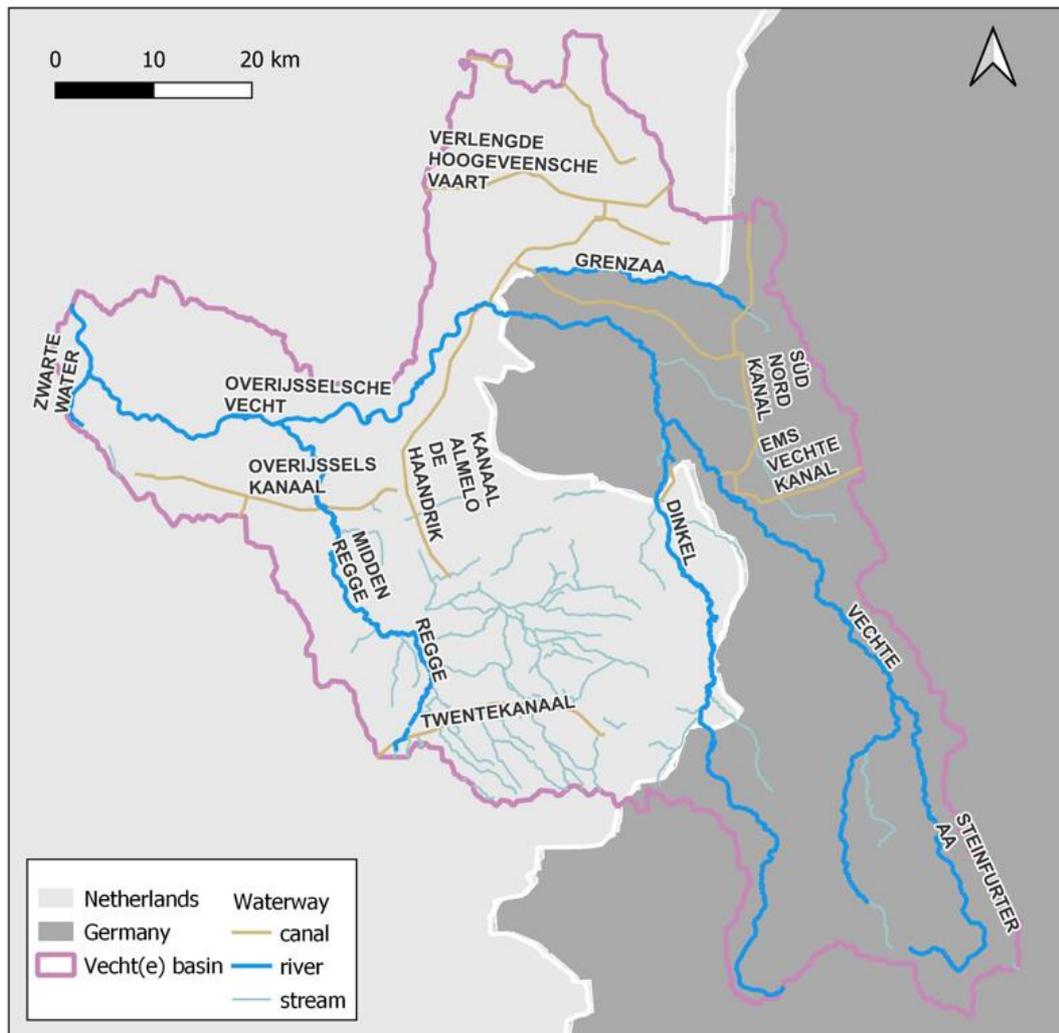


Abbildung 37: Einzugsgebiet der Vechte

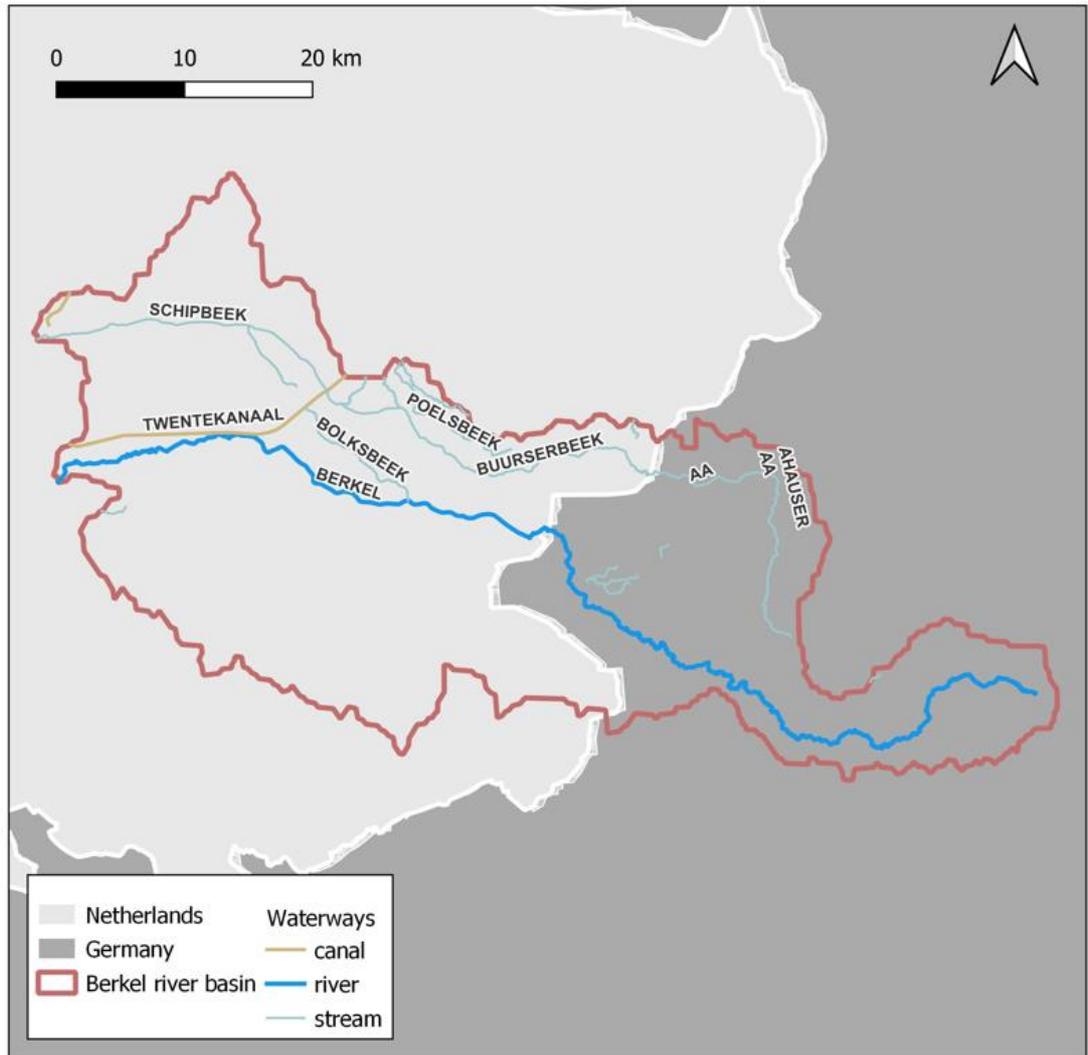


Abbildung 38: Berkel-Einzugsgebiet

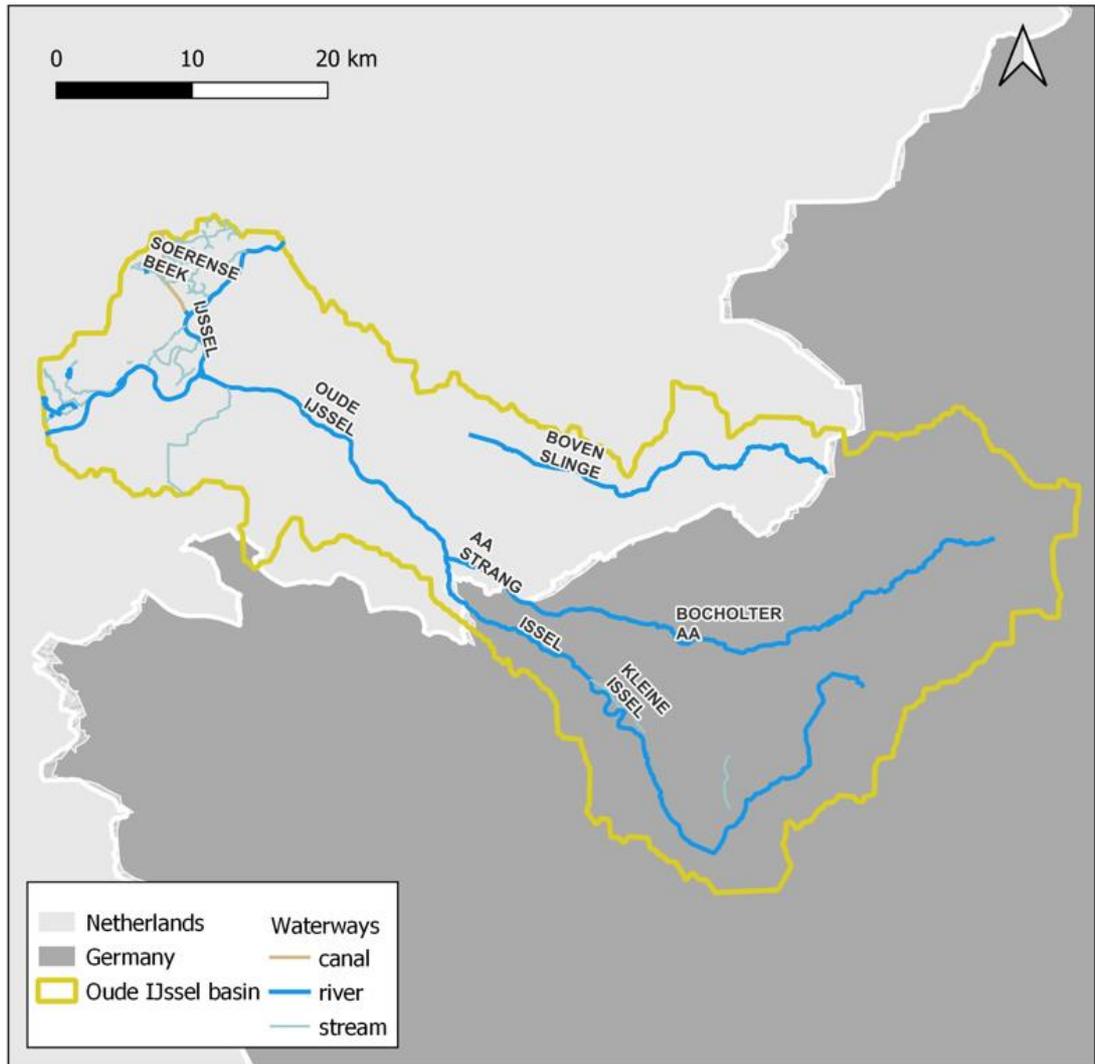


Abbildung 39: Einzugsgebiet der Oude IJssel

Morphologie:

Tabelle 16: Projekte entlang der niederländischen Vechte, die seit 1998 in dem von der regionalen Wasserbehörde Vechtstromen verwalteten Gebiet durchgeführt wurden (in Anlehnung an van Haastregt, 2023).

Fertige	Projekt (übersetzt)	Beschreibung des Projekts
1999/2000	Bauwesen Noord- & Zuid-Meene	Notfall-Rückhaltebereich
2004	Uilenkamp	Seitenkanal graben
2008	Molnmarsch	Ausbaggern des Wehrs durch den Seitenkanal neben dem Wehr Marienberg
2008	Brucht	Verbreiterter, seichter, mäandrierender Fluss, 2 Bodenwellen
2009	Loozense Linie	Seitenkanal graben

2010/2017	Vechteparcs Hardenberg	Absenkung des Bodenniveaus, Entsteinung, Kanugraben, Bau einer Fischtreppe
2012	Seitenkanal Junne Phase 1	Ausbaggern des Wehrs durch den Seitenkanal neben dem Wehr Junne
2012	Barriere Vechte	Barrieren bei Ommen Süd, Stekkenkamp und der Laar auf höheres Niveau gebracht
2013	Schleuse Hardenberg	Bau einer Schleuse am Wehr
2014/2016	Grensmeander	Seitenkanal, Entsteinung, Verflachung, Deicherneuerung
2016	Vechte-Ufer Nord	Verbreiterung der nördlichen Ufer (städtische Seite) und Verbreiterung unter der Brücke Ommen
2017	Barriere Vechte	Regionale Barriere auf höheres Niveau gebracht
2018	Vechteufer Süd	Seitenkanal in der Nähe des Campingplatzes Koeksebelt realisiert
2019	Schleuse Junne	Bau einer Schleuse am Wehr
2019	Schleuse Mariënberg	Bau einer Schleuse am Wehr
2022	Baalder Aue	Ausheben des Grabens, Entfernen der sandbeständigen Böschung
2022	Verlängerter Seitenkanal Junne	Seitenkanal - wurde auf der stromaufwärts gelegenen Seite verlängert
2022	Karshoek-Stegeren	Verlängerndes Nebengerinne, Mäander, naturnahe Ufer, Entstauung
2022	Rhezermaten	Mäander, naturverträgliche Ufer, Gestaltungsmaßstäbe Vechte, Destonierung
2023 (zu diesem Zeitpunkt in Arbeit)	Gramsbergen	Ausbaggern des Seitenkanals De Haandrik, Beseitigung von sandbeständigen Ufern, naturnahe Ufergestaltung, Entsteinung
Unbekannt	De Haandrik - Vechte	Verbreiterung des Querschnitts der Kreuzung mit dem Kanal

		Almelo de Haandrik bis zum Einlass Zuid-Meene
--	--	--------------------------------------------------

Tabelle 17: Projekte entlang der niederländischen Vechte, die seit 1998 in dem von WDOD verwalteten Gebiet durchgeführt wurden (in Anlehnung an van Haastregt, 2023).

Fertige	Projekt (übersetzt)	Beschreibung des Projekts
2000	Wasserversorgungsplan Dalfsen (Emmertochtsloot)	Bau von Becken in der Aue, aus denen in Trockenzeiten Wasser entnommen werden kann
2002	Bau Absetzbecken Vilsteren	Bau eines Absetzbeckens an der Südseite der Vechte
2006	Zerstörung des Flussufers Vechterweerd	Zerstörung des südlichen Flussufers des Sommerbettes
2007	Bauüberschwemmungsg ebiet Berkum	Baugraben im Überschwemmungsgebiet und kleine Gestaltungsmaßnahmen
2010	Bau natürlicher Puffer Agnietenberg	-
2010	Konstruktion Seitenkanal Den Doorn	Bau eines flachen Seitenkanals in Huis Den Doorn
2012	Vernichtung von Varse	Zerstörung des Seitenkanals Varse (Nordseite)
2012	Zerstörung von Flussufern der Vechte	Zerstörung (vollständig und teilweise) eines Teils der Flussufer auf dieser Flugroute
2014	Naturfreundliches Flussufer Vilsteren-Dalfsen	Zerstörung von Flussufern, Durchbruch von Sommerufern, Bau von Unebenheiten im Sommerbett
2014	Konstruktion Vechtepark Dalfsen	Bau Vechtepark mit Aufstockung/Vertiefung im Überschwemmungsgebiet Vechte
2014	Baufront Dalfsen	Deichverstärkung im Stadtgebiet Dalfsen (Nordseite Vechte)
2014	Konstruktion Vechtekorridor	-
2015	Konstruktion Seitenkanal Vilsteren	Konstruktion blauer Seitenkanal mit Einlauf
2015	Deichverstärkung Hessum	Ein sehr kleiner Teil der Barriere wurde erhöht (bis T1250)
2015	Bau grüner Graben Vechterweerd	Bau eines grünen Grabens im südlichen Auenwehr Vechterweerd
2015	Bau Zufahrtsbrücke Wehr Vechterweerd	Der Zufahrtsweg mit Durchlass zum Wehrkomplex wurde durch

		eine Brücke ersetzt (Durchflussbreite ±90 m)
2016	Gebietsentwicklung Varse	Grabung nördliche Aue der Vechte

Überschwemmungen:

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Pegelspitzen an bestimmten Wasserstandsmessstellen. Die Werte liegen zwischen 1964 und 2017 und umfassen verschiedene Messstellen an Vechte und Dinkel. Die Daten des Hochwasserwinters 2023/24 wurden jedoch nicht berücksichtigt. Die Daten wurden im Januar 2024 manuell über das Zeitbereichsdiagramm (30 Tage) ergänzt. Für Neuenhaus und Emlichheim zeigt das Hochwasser 2023/24 den höchsten Extremwert des Flusswasserspiegels. Für Ohne an der Vechte und Pegel I an der Dinkel waren andere Hochwasser noch höher, wie die Tabelle zeigt.

Tabelle 18: Extremwerte der Wasserstände von Vechte und Dinkel an verschiedenen Pegelmessstellen (1964-2017). Quelle: [Pegelonline, NLWKN](#)

*2023 Winter-/Weihnachtshochwasser manuell hinzugefügt

Fluss	Pegelmessstelle	Extremwerte (1964 - 2017*)	
		Datum	Wasserstand
Vechte	Ohne, Deutschland	12.12.1965	328 cm / NN + 36,94 m
		15.01.1968	336 cm / NN + 37,02 m
		27.08.2010	355 cm / NN + 37,21 m
		27.12.2023	302 cm / NN + 36,68 m
	Neuenhaus, Deutschland	01.01.1987	512 cm / NN + 16,12 m
		29.10.1998	510 cm / NN + 16,1 m
		30.08.2010	512 cm / NN + 16,12 m
		27.12.2023	515 cm / NN + 16,15 m
	Emlichheim, Deutschland	14.03.1981	485 cm / NN + 12,85 m
		02.01.1987	498 cm / NN + 12,98 m
		31.10.1998	508 cm / NN + 13,08 m
		27.12.2023	514 cm / NN + 13,14 m
Dinkel	Lage I, Deutschland	09.02.1966	334 cm / NN + 18,34 m
		01.01.1968	339 cm / NN + 18,39 m
		23.02.1970	333 cm / NN + 18,33 m
		26.12.2023	316 cm / NN + 18,16 m

Anhang C: Daten und Modelle

Tabelle 19: Verfügbare Daten für das Untersuchungsgebiet für die Niederlande (NL) und Deutschland (G)

Oberflächengewässer - Wasserstände und Abflüsse	
NL	<p>Wasserstand</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemessen mit: Wehren <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Verschiedene - Verfügbarkeit: meist eigene Daten der regionalen Wasserbehörden/Provinzen, (teilweise) öffentlich zugänglich - Einheit: mm über NAP <p>Entladung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemessen mit: Messstationen*, meist mit Querschnitt kombiniert mit Fließgeschwindigkeit <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Meistens stündlich an bestimmten Orten gemessen - Verfügbarkeit: meist eigene Daten der regionalen Wasserbehörden/Provinzen, (teilweise) öffentlich zugänglich - https://waterinfo.rws.nl/#/publiek/waterhoogte - Einheit: m /s³ - Basierend auf: Wasserstände (basierend auf Q-h-Relationen) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Verschiedene - Verfügbarkeit: meist eigene Daten der regionalen Wasserbehörden/Provinzen, (teilweise) öffentlich zugänglich - Einheit: m /s³
G	<p>Wasserstand und Abfluss</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pegel des NLWKN Meppen (4 Pegel im Einzugsgebiet der Vechte) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: 15 min, - Verfügbarkeit: 15-Minuten-Werte der letzten 30 Tage können unter https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de abgerufen werden, - Einheit: m & cm/NN - Pegel des LANUV NRW (2 Pegel im Einzugsgebiet der Vechte) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Kontinuierliche Messungen - Verfügbarkeit: Die Werte für das letzte Jahr können unter https://hochwasserportal.nrw eingesehen werden. - Einheit: cm

	<p>Zusätzliche Informationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Neben den Pegeln und Daten, die das Land Nordrhein-Westfalen zur Verfügung stellt, sollen auch regionale Pegelnetze die Bevölkerung informieren. Ein Teil der Informationen wird auch an die NL weitergegeben. (Interview mit dem Kreis Borken) - Der Kreis Borken verfügt über einen Hochwasserdienst mit Rufbereitschaft, der unabhängig vom Land NRW agiert, um steigende Wasserstände frühzeitig zu melden (interne Vereinbarung) (Interview Kreis Borken)
Grundwasser - Grundwasserspiegel	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Brunnen (mit Punktmessungen) Kann mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze in räumliche Daten umgewandelt werden (Beltman, 2020) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Hängt von der Station ab. - Verfügbarkeit: Frei verfügbar auf der Dinoloket-Website (das zuständige Institut ist TNO - alle Untergrunddaten aus den Niederlanden sind im Basisregistratie Ondergrond (BRO) dokumentiert). Oder sie werden für regionale Wasserbehörden von externen Unternehmen wie z. B. Wareco gesammelt. - https://www.grondwatertools.nl/qwsinbeeld/ - Einheit: mm relativ zu MSL (mittlerer Meeresspiegel)
G	<ul style="list-style-type: none"> - NLWKN Meppen Messstationen (4+3 im Einzugsgebiet der Vechte mit online verfügbaren Daten, weitere Pegel sind vorhanden) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Täglich gemessen - Verfügbarkeit: Die Werte können unter https://www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de/Messwerte eingesehen werden, - Einheit: m über NN und m unter NN - Brunnen (Punktmessungen) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: monatlich - Verfügbarkeit: frei verfügbar auf https://www.elwasweb.nrw.de - Einheit: m über NHN (Normalhöhennull)
Meteorologie - Niederschlag	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - (Lokale) KNMI-Wetterstationen: 3 im niederländischen Teil: Twente, Heino und Hupsel (am Rande), seit 1951, 1991 bzw. 1981. <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Stündlich, zweimal am Tag verarbeitet - Räumliche Auflösung: Punkt - Verfügbarkeit: Gesammelt von KNMI, öffentlich zugänglich

	<ul style="list-style-type: none"> - https://www.knmi.nl/producten-en-diensten/ - Einheit: mm - Bodenradardaten (gerastert), korrigiert mit Regenmessern [KNMI, 2023a,b] <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: 5 min, stündlich - Verfügbarkeit: Der vom KNMI gesammelte Datensatz kann über die Open Data API heruntergeladen werden. - Einheit: mm - Die Satellitenkonstellation der globalen Niederschlagsmessung (GPM) [West et al. (2019)]. <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Alle 1-2h, in Betrieb seit 2014 - Räumliche Auflösung: 0.1° - 0.25° - Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar - Einheit: mm - E-OBS gitterförmiges Ensemble <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Tagessumme, seit 1950. - Räumliche Auflösung = 0,1° - 0,25° - Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar [Cornes et al. (2018)]. - Einheit: mm - ERA5-Reanalyse des Copernicus Climate Change Service (C3S) beim ECMWF (Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Stündlich, seit 1950. - Räumliche Auflösung: 0.25° - 0.5°. - Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar [Vicente-Serrano et al. (2023)]. - Einheit: mm
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD-Daten <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: 10-Minuten, stündliche, tägliche und monatliche Daten - Verfügbarkeit: öffentlich zugänglich unter https://www.dwd.de - Einheit: mm - Zusätzliche Informationen zu Luftdruck, Temperatur, Bewölkung, Dampfdruck, relativer Luftfeuchtigkeit, Bodenbeschaffenheit, Wind und Sichtweite verfügbar
Geographie/ Geomorphologie/ Landnutzung	
Feuchtigkeitsgehalt des Bodens	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - In-situ-Stationen (Twenter Netzwerk), verwaltet von UT-ITC (Bodenfeuchte in der Wurzelzone) [Van der Velde et al. (2023)]. <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: Alle 15 Minuten - Räumliche Auflösung: Punkt

	<ul style="list-style-type: none"> - Verfügbarkeit: Öffentlich zugänglich über dans-easy oder International Soil Moisture Network, ISMN (2009-2022). Neue Daten werden zweimal pro Jahr heruntergeladen. Kontakt: Paul Vermunt (UT-ITC). - https://ismn.earth/en/dataviewer/ - Einheit: m³/m³ <ul style="list-style-type: none"> - Satelliten (nur die oberste Schicht wird gemessen) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: abhängig vom Satelliten (siehe Tabelle 4 unten) - Räumliche Auflösung: abhängig vom Satelliten (siehe Tabelle 4 unten) - Verfügbarkeit: Meistens öffentlich verfügbar (oder von Unternehmen wie z. B. Planet) - Einheit: m³/m³ (Luijkx, 2020) <p>Zusätzliche Informationen: Außerdem gibt es Algorithmen [z.B. Bauer-Marschallinger et al. (2018)], mit denen die Bodenfeuchte aus dem Radarsatelliten der Wahl berechnet werden kann. Im Jahr 2024 werden NISAR [Kellogg et al. (2020)] und BIOMASS [Quegan et al. (2019)], Radare mit synthetischer Apertur (SAR), gestartet, die ein hohes Potenzial für die Schätzung der Bodenfeuchte mit einer räumlichen Auflösung von <200 m haben.</p>
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD-Daten (Berechnet mit dem AMBAV-Modell des ZAMF in Braunschweig) <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: täglich - Räumliche Auflösung: Punktdaten, die dann interpoliert werden - Verfügbarkeit: öffentlich zugänglich unter https://www.dwd.de - Einheit: %nFK (Feldkapazität) - Feuchtigkeit des Bodens <ul style="list-style-type: none"> - Wenige Messstationen in Deutschland (und den Niederlanden) - https://ismn.earth/en/dataviewer/ - Messungen durch den GD NRW, das LANUV NRW und die Landwirtschaftskammer NRW <ul style="list-style-type: none"> - Zeitliche Auflösung: täglich - Räumliche Auflösung: Punktdaten - Verfügbarkeit: öffentlich zugänglich unter https://www.gd.nrw.de - Einheit: pF (Potenz der freien Energie des Wassers) - Zusätzliche Informationen über Temperatur, Niederschlag und potenzielle Evapotranspiration verfügbar
Landnutzungskarten (einschließlich der Lage von Flüssen)	
NL	- Landnutzungskarten

	<ul style="list-style-type: none"> - Einzelheiten: Karten von 2010 und 2015. Formate = .shp, WMS, WFS. Verantwortliches Institut = Statistics Netherlands. - Verfügbarkeit: Öffentlich zugänglich über die pdok-Website (PDOK, 2023a). <ul style="list-style-type: none"> - Register der landwirtschaftlichen Parzellen (Basisregistratie gewaspercelen) <ul style="list-style-type: none"> - Einzelheiten: Jährlich aktualisierte Kulturartenkarte. Formate = .gdb, WMS, WFS, WMTS. - Verfügbarkeit: Öffentlich zugänglich über die Website der Regierung (MEACP, 2023). Für die Jahre 2009 - 2020 sind Downloads auf der Registerkarte "Databronnen" und unter "INSPIRE Atom" verfügbar, ab 2016 auch Ansichtsdienste.
G	<ul style="list-style-type: none"> - Vermessungsregister <ul style="list-style-type: none"> o Einzelheiten: Vierteljährlich aktualisiert. Formate = NAS, GML. Verantwortliches Institut = Geobasis NRW. o Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar auf https://www.geoportal.nrw
Bodenkarten	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Bodentextur, bodenphysikalische Parametrisierungen <ul style="list-style-type: none"> o Einzelheiten: Verantwortliches Institut: Wageningen Environmental Research. Verfügbare Formate = .shp, .gdp. o Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar (BOFEK, 2020; Heinen et al., 2021).
G	<ul style="list-style-type: none"> - Bodentyp, physikalische Parametrisierung <ul style="list-style-type: none"> o Einzelheiten: Letzte Aktualisierung 08.2023. Zuständiges Institut: Geologischer Dienst NRW. Verfügbare Formate = .shp, Geodatenbank o Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar auf https://geoportal.nrw
Elevation, Bettniveau	
NL	<p>Erhebungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actueel Hoogtebestand Nederland. <ul style="list-style-type: none"> o Einzelheiten: Zuständige Stellen: RWAs, Provinzen, Generaldirektion für öffentliche Arbeiten und Wasserwirtschaft. Verfügbare Formate = GeoTIFF, WMS, WFS, WMTS, WCS. o Verfügbarkeit: Öffentlich zugänglich über die pdok-Website (PDOK, 2023b). <p>Bett-Ebene Gesammelt von:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feldmessungen (es können mehrere Instrumente verwendet werden)

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitliche Auflösung: Meistens zu Forschungszwecken gemessen, also keine ständigen Messungen ○ Verfügbarkeit: unklar ○ Einheit: unklar <p>- Satellitenmessungen (für Überschwemmungsgebiete) In den Niederlanden zusammengefasst in Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitliche Auflösung: basierend auf der Vorbeifluggeschwindigkeit des Satelliten, meist einmal pro Tag ○ Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar ○ Einheit: m
G	<p>Erhebungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Einzelheiten: Zuständiges Institut: Geobasis NRW. Verfügbare Formate: WMS, PNG, JPEG, TIFF. ○ Verfügbarkeit: öffentlich zugänglich unter https://geoportal.nrw
Potenzielle Evapotranspiration	
NL	<p>Basierend auf Daten (Temperatur, Wind und Sonne) von:</p> <p>- Lokale KNMI-Wetterstationen: 3 im niederländischen Teil: Twenthe, Heino und Hupsel</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitliche Auflösung: Stündlich, zwei Mal täglich verarbeitet ○ Räumliche Auflösung: Punkt ○ Verfügbarkeit: Gesammelt von KNMI, öffentlich zugänglich ○ Einheit: mm <p>- E-OBS gittergestützte Ensembles von Temperatur, Druck, Windgeschwindigkeit und Strahlung, aus denen die potenzielle ET berechnet werden kann.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitliche Auflösung: Tagesmittel, seit 1950. ○ Räumliche Auflösung = 0,1° - 0,25° ○ Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar [Cornes et al. (2018)]. ○ Einheit: mm <p>- Die ERA5-Reanalyse des Copernicus Climate Change Service (C3S) beim ECMWF (Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage) enthält die potenzielle ET auf der Grundlage der Oberflächenenergiebilanz.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitliche Auflösung: Stündlich, seit 1950. ○ Räumliche Auflösung: 0.25° - 0.5°. ○ Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar [Vicente-Serrano et al. (2023)]. ○ Einheit: mm

	<ul style="list-style-type: none"> - Satellitendatengesteuerte Algorithmen wie GLEAM [Miralles et al. (2011)], SEBAL [Bastiaanssen et al. (1998)] und METRIC [Allen et al. (2007)]. <ul style="list-style-type: none"> o Zeitliche Auflösung: GLEAM: täglich, seit 1980; SEBAL & METRIC: 5-10 Tage o Räumliche Auflösung: GLEAM: 0,25°; SEBAL & METRIC: hoch, z.B. 20m. o Verfügbarkeit: Satellitendaten und Algorithmen öffentlich verfügbar.
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD-Daten <ul style="list-style-type: none"> o Zeitliche Auflösung: täglich o Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar unter https://www.dwd.de o Einheit: mm - Mesoanalyse <ul style="list-style-type: none"> o Zeitliche Auflösung: stündlich, seit 2019 o Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar unter https://www.kachelmannwetter.de o Einheit: mm
Indizes für die Trockenheit der Vegetation	
NL	<p>Basierend auf Messungen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Passive Multispektralsensoren (z. B. Landsat, Sentinel-2/-3) <ul style="list-style-type: none"> o Zeitliche Auflösung: 5-10 Tage o Räumliche Auflösung: 20 m o Verfügbarkeit: Satellitendaten öffentlich verfügbar. o Einheit: einheitenlos (Index) o Beispiele für Indizes, die auf passiven Multispektralsensoren basieren, sind: NDVI, NDWI, VHI, WUE - Mikrowellensensoren (z.B. Sentinel-1 oder AMSR-E). <ul style="list-style-type: none"> o Zeitliche Auflösung: 2-6 Tage o Räumliche Auflösung: 14-62 km (AMSR2) bzw. 100m (Sentinel-1) o Verfügbarkeit: Satellitendaten öffentlich verfügbar. AMSR2 fertiges VOD-Produkt. Das Sentinel-1-Produkt muss noch erstellt werden (nicht einfach). o Einheit: einheitenlos (Index) o Ein Beispiel für einen Mikrowellenindex ist: VOD (AMSR2 (fertiges VOD-Produkt) oder Sentinel-1)
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD Dürre-Index: <ul style="list-style-type: none"> o Zeitliche Auflösung: monatlich o Räumliche Auflösung: Europa o Verfügbarkeit: öffentlich zugänglich unter https://www.dwd.de o Einheit: DWD-SPI (Standardisierter Niederschlagsindex)

	<ul style="list-style-type: none"> - Passiver Multispektralsensor Sentinel-3: <ul style="list-style-type: none"> o kann zur Berechnung des NDVI verwendet werden o Zeitliche Auflösung: seit Juli 2020 o Räumliche Auflösung: Global, 300 m o Verfügbarkeit: Satellitendaten verfügbar über den Copernicus Global Land Service o Einheit: ohne Einheit
Verwaltung	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Richtlijn Overstromingsrisico's <ul style="list-style-type: none"> o Verfügbarkeit: Öffentlich verfügbar
G	<ul style="list-style-type: none"> - Überschwemmungsgebiete NRW <ul style="list-style-type: none"> o basierend auf: statistischer Bestimmung eines 100-jährlichen Hochwassers o Aktualisierungen: fortlaufend, letzte Veröffentlichung im Mai o Verfügbarkeit: Landesregierung NRW, offene Daten in Form von Shapefiles - Risiko- und Gefahrenkarten NRW & Starkniederschlagskarten <ul style="list-style-type: none"> o Verfügbarkeit: Erreichbar über https://www.flussgebiete.nrw.de

Fehlende, nicht verfügbare oder nicht übereinstimmende Daten

In Tabelle 20 sind die fehlenden, nicht verfügbaren oder nicht übereinstimmenden Daten auf der Grundlage der oben genannten Interviews und Tabellen aufgeführt.

Tabelle 20: Nicht verfügbare, fehlende oder nicht passende Daten für das Einzugsgebiet der Vechte

Oberflächengewässer - Wasserstände und Abflüsse	
NL	Teilweise nicht verfügbar: - Die von den Bezirken gewonnenen Informationen sind nicht öffentlich zugänglich (Interview Regional Water Authority Rijn and IJssel, 2023)
Meteorologie - Niederschlag	
NL	Nicht verfügbar und nicht vorhanden: - Echtzeitdaten sind kaum verfügbar und die Qualität ist nicht immer gewährleistet (Interview Regional Water Authority Rijn and IJssel, 2023) Zusätzliche Informationen: Durch das Aufstellen von persönlichen Wetterstationen im Grenzgebiet (in Deutschland) können mehr Daten leicht gesammelt werden (Interview Regional Water Authority Rijn and IJssel, 2023)
Geographie/ Geomorphologie/ Landnutzung	
Wasserwerk	
NL	Fehlt: - Abmessungen/Höhen der Wasserwerke (Interview Regionaler Wasserverband Rijn und IJssel, 2023)
GER	Die jährliche digitale Erfassung von (landwirtschaftlichen) Entnahmen und ein standardisiertes digitales Wasserbuch sollten vorrangig verbessert werden (Interview mit NIKO)
Karten	
GER	eine umfassende Kartierung von Entwässerungsgräben und Entwässerungssystemen ist notwendig, da beide einen erheblichen Einfluss auf den Landschaftswasserhaushalt haben und wesentliche Informationen für die Modellierung sind (Interview mit NIKO)
Landnutzung	
	Niederländische und deutsche Karten stimmen nicht immer überein (Interview Provinz Gelderland, 2023)
Geologie und hydrogeologische Daten	
	Die niederländischen und deutschen geologischen und hydrogeologischen Daten stimmen nicht überein und es werden Übersetzungstabellen benötigt, um die Daten abzugleichen.
Verwaltung	
NL	Nicht passend:

	<ul style="list-style-type: none"> - (Interview Provinz Gelderland, 2023) <p>Richtlijn Overstromingsrisico's</p> <ul style="list-style-type: none"> - Niederländische und deutsche Karten stimmen nicht überein (Interview Provinz Gelderland, 2023)
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabelle 21: Übersicht der Modelle im Untersuchungsgebiet Einzugsgebiet (Deutschland und Niederlande)

Modell	Zweck	Geografischer Geltungsbereich / Einzugsgebiet	Entwickler / Eigentümer / Initiator	Jahr der Errichtung	Jahr der letzten Aktualisierung	Zusätzliche Kommentare	Quelle/Referenz
3Di	Hydraulisches Modell (für das Verständnis von Hochwasser und Maßnahmen zur Verhinderung und Abschwächung von Hochwasserfolgen)	?	Nelen und Schuurmans	?	?		
AMIGO	Modell Grundwasser	Regional (Oost-Gelderland)	Beauftragt durch: Regionale Wasserbehörde Rijn und IJssel, die Provinz Gelderland und Vitens	?	?	Die Modelle schließen Deutschland teilweise ein, aber die Daten sind begrenzt	https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/media/document/file/top6_mgrowa_fzj.pdf
BOWAB	Bodenwasserhaushaltsmodell zur flächenspezifischen Bestimmung des Bodenwasserhaushalts. mGROWA basiert auf BOWAB.						
Delft FEWS, Larsim	Hochwasservorhersage	14 Gewässer in Nordrhein-Westfalen: Berkel, Dinkel, Emmer, Ems, Erft, Inde, Issel, Lenne, Lippe, Nethe, Ruhr, Rur, Sieg und Werre	Hydrotec auf Basis von Deltares	2022			https://www.hydrotec.de/hochwasservorhersage-nrw-mit-delft-fews/?highlight=%22hochwassergefahrenkarte%20nrw%22

Delft3D FM	Dynamische 2D-Strömungssimulation oder 3D-Wasserströmungsmodellierung		Deltares		2023		https://www.deltares.nl/en/software-and-data/products/delft3d-flexible-mesh-suite https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/media/document/file/bericht_hwak_hwrk.pdf
Delft-FEWS	Hochwasservorhersage und Frühwarnung	National und international (auch internationaler Austausch von Wissen)	Deltares	2002/2003	?		https://www.deltares.nl/software-en-data/producten/delft-fews-zicht-op-verwachtingen
D-Hydro	Überschwemmungen, Sturmfluten, Orkane, Wellen, Überschwemmungen aufgrund von Starkniederschlägen, Sedimenttransport, Morphologie, Wasserqualität und Ökologie		Deltares	2015			
Duflow	Simulation von eindimensionalen instationären Strömungen in offenen Kanalsystemen. Das Programm ist für einfache Netzwerke von Kanälen mit einfachen Strukturen konzipiert.			1989		alle Funktionalitäten sind in SOBEK enthalten	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027312239600193X
FEWS Vechte	Hochwasservorhersagemodell	Vechte	Vechtstromen	2014			https://gprw.eu/images/pdf/Artikel_Land_Water_FEWS_Vecht_June_2012_komp.pdf
Hochwassergefahrenkarte	Die Hochwassergefahrenkarten geben Auskunft darüber, welche Gebiete bei Hochwasser überflutet werden und welche Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten zu erwarten sind.	NRW	Hydrotec und INFRASTRUKTUR & UMWELT im Auftrag von MKULNV	2014		kein Modell, sondern basiert auf Modellierungen	https://www.flussgebiete.nrw.de/hochwassergefahrenkarte-und-hochwasserrisikokarten

G3D	Auf der Grundlage der Lockergesteinsmodelle werden Grundwassermodelle (G3D) erstellt. Diese werden vor allem für die Prognose, Planung und Berechnung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen eingesetzt. Auf diese Weise können die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse der Grundwasserkörper detailliert untersucht und analysiert werden.	Belgien, Dänemark, Deutschland (Niedersachsen, Bremen), Niederlande, Vereinigtes Königreich	Das Modell wurde im Rahmen des EU-Interreg-Projekts Topsoil erstellt und basiert auf der Auswertung von aeroelektromagnetischen Daten.	zwischen 2015 und 2022		Angewandt vom LBEG[3]	
Glofas	Hochwasser-Frühwarnsystem; kombinierte Informationen von Satelliten, Modellen und In-situ-Messungen	global mit einer Auflösung von 20 km	Kopernikus	2018	2023	begrenzter Nutzen für das Einzugsgebiet der Vechte aufgrund der geringen Auflösung	https://www.globalfloods.eu
GREATER	Umweltverträglichkeitsprüfung und Management von Chemikalien in Flusseinzugsgebieten	Regional	Initiative von: Lenkungsausschuss für Umweltrisikobewertung	1999	2014	In der Arbeit von Lämmchen et al. (2021) wird bereits auf die transnationale Umsetzung eingegangen.	https://www.usf.uni-osnabrueck.de/en/forschung/applied-systems-science/graduate-project https://cefic-iri.org/toolbox/great-er/
HBV	Modell Niederschlag Abfluss	Einzugsgebiet (Eingabeparameter charakterisieren das Gebiet)	-	-	-		
HydroAs	2D-Simulation von Wasserläufen und Oberflächenabfluss aus Niederschlägen		Hydrotec		2023		https://www.hydrotec.de/software/hydroas/
HydroAs-2D	Berechnung des Überschwemmungsgebiets		Hydrotec			Beworben beim NLWKN	

Jabron	1D-Wasserstandsberechnungen, die mit GIS verbunden werden können	Vechte und ihr Nebenfluss, die Dinkel, in Niedersachsen	Hydrotec im Auftrag des NLWKN	2004	2018		https://www.hydrotec.de/vechte-und-dinkel-2013-oekologische-verbesserung-und-hochwasserschutz/
Larsim	Hochwasservorhersage, Wasserhaushaltsmodellierung	wurde von NRW, Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz verwendet	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	2000			https://geoportal.bafg.de/dokumente/kliwas/modelle/factsheets/factSheet_LARSIM_de.pdf
mGROWA	Um die Grundwasserneubildung zu bestimmen, entwickeln Hydrogeologen komplexe Wasserhaushaltsmodelle, z. B. mGROWA, und kalibrieren sie an Abflussdaten. Hydrogeologen haben mit mGROWA die Grundwasserneubildung für die verschiedenen Gebiete Niedersachsens berechnet. Das Modell basiert teilweise auf BOWAB. Die Wasserhaushaltsgrößen reale Verdunstung, Gesamtabfluss und Grundwasserneubildung wurden für NRW quantifiziert	Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen	FZ Jülich	2003	2023	Angewandt bei LBEG ^[1] und LANUV ^[2]	https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/files/atoms/files/4_fzj_mgrowa_growanrw2021.pdf

MIPWA	Modell Grundwasser	Regional (Overijssel, Drenthe und Groningen)	in Auftrag gegeben von: Die Provinzen Overijssel, Drenthe und Friesland, die regionalen Wasserbehörden von Hunze en Aa's, Friesland, Noorderzijlvest, Vechtstromen und Drents Overijsselse Delta, das Trinkwassernetzwerk von Groningen, Vitens	2007	2022	Bonilla (2021) untersuchte die Kombination des MIPWA-Modells mit dem SOBEK- und dem Walrus-Modell und kam zu dem Schluss, dass die Zusammenführung dieser Modelle weitere Einblicke in den Betrieb eines Wassersystems und seine Reaktionsfähigkeit auf Eingriffe ermöglichen kann.	https://www.mipwa.nl/
NASIM	Das Niederschlags-Abfluss-Modell bildet die hydrologischen Prozesse in natürlichen und städtischen Einzugsgebieten ab		Hydrotec		2023	kann mit Delft-FEWS für die Hochwasservorhersage kombiniert werden	
NASIM (N-A-Modell)	NASIM wird zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten, zur Abschätzung der Wirkung abflussmindernder Maßnahmen, zur Ermittlung der Grundwasserneubildung oder zur Unterstützung der Echtzeitsteuerung eines Hochwasserschutzsystems eingesetzt.					Beworben beim NLWKN	

PAN TA RHE I	<p>Operatives Hochwasservorhersagemodell</p> <p>Grundwassermodell für den Bewässerungsverband Itter</p> <p>Wassermengenbewirtschaftungsmodell Grundwassermodell gekoppelt mit Oberflächengewässern zum Verständnis ihrer Wechselwirkungen, einschließlich aller Entnahmemengen</p>	<p>Niedersachsen</p> <p>Grundwasserkörper Itter (Niedersachsen und die Niederlande)</p> <p>Landkreis Grafschaft Bentheim</p>	<p>Abteilung Hydrologie, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau an der TU Braunschweig, Institut für Wasserwirtschaft IfW GmbH, genutzt im NLWKN</p> <p>Vechteverband, Eigentümer und Entwickler ist ein Hydrologe in Diensten des Vechteverbandes</p> <p>Untere Wasserbehörde beim Landkreis Grafschaft Bentheim</p>	~ 2022, in Entwicklung	?	<p>Das Modell wird für das geplante landesweite Modell der unteren Wasserbehörde beim Landkreis Grafschaft Bentheim verwendet</p> <p>Das Modell soll eine gemeinsame Ressource für alle Beteiligten sein. Das Projekt umfasst auch die Bewertung des aktuellen Zustands und die Planung für die Zukunft unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien für die Jahre 2030 und 2050.</p>	<p>(Kapitel 7, NLWKN 2021: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/klimawandelkompakt/klimafolgenmodellierung/im-pactmodellierung-186636.html)</p>
PCR - GlobWB	großmaßstäbliches hydrologisches Modell für globale und regionale Studien	global mit einer Auflösung von 5 km	Universität Utrecht	2011	2018	begrenzter Nutzen für das Einzugsgebiet der Vechte aufgrund der geringen Auflösung	https://globalhydrology.nl/research/models/pcr-globwb-1-0/
SOB EK	Hochwasservorhersage, Optimierung von Entwässerungssystemen, Steuerung von Bewässerungssystemen, Planung von Kanalisationsüberläufen, Flussmorphologie, Salzintrusion, Oberflächenwasserqualität, 1D/2D-Modell, Hochwasservorhersage, Wellenabfluss	Weser (Hochwasservorhersage, Wellenabfluss) Teile der Vechte modelliert in 'Rivieren' und 'Ijsselmereengebied' (ohne flussaufwärts gelegen)	Deltares			<p>Kleinere Gräben können dem Modell hinzugefügt werden, dies wurde in</p> <p>Angewandt beim NLWKN</p>	<p>(Hehenkamp, 2019)</p> <p>https://www.deltares.nl/software-en-data/producten/sobek-suite</p>

		e Teile der Einzugsgebiete, nur die großen Flüsse und Kanäle)					
Modul Tygron Wasser	Bewertung der lokalen Hochwassergefahr auf der Grundlage der 2D-Saint-Levant-Gleichungen	Vechte und andere Flusseinzugsgebiete	Tygron	2019			https://www.tygron.com/water-safety/
Walross, SOB EK, FEWS, Pantaf Rhei	Hochwasservorhersagemodell für das gesamte Einzugsgebiet der Vechte in Deutschland und den Niederlanden	einzugsgebiet der Vechte und der dinkel	Regionaler Wasserverband Vechtstromen	2020		alles im Rahmen des Projekts "living Vechte dinkel", einer Kooperation zwischen Deutschland und den Niederlanden	https://devecht.eu/de/living-vechte-dinkel/massnahmen-0/massnahme-04a/
WALRUS-Modell	Modell Niederschlag Abfluss		Universität Wageningen	2014	?		
WAQUA	Modellierung von Wasserständen, Durchflüssen und Konzentrationen gelöster Stoffe in Oberflächengewässern						https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/watermanagement-modellen/waqua/
Modell der Wasserbewertung und -planung (WEAP)	Wasserhaushaltsmodell für Landwirtschaft und städtische Systeme (zur Bestimmung des Wasserverbrauchs)	Regional, kann aber auch für grenzüberschreitende Einzugsgebiete verwendet werden (Terink, van Deijl, & van den Eertwegh, 2022)	?	1988	?		

<p>Waterwijzer Landwirtschaft (WWL)</p>	<p>Bewertung der Auswirkungen von Veränderungen der hydrologischen Bedingungen auf die Ernteerträge</p>	<p>National & regional (mit der WWL-Tabelle) Regional (mit WWL-regional) Parzelle/spezifischer Standort (mit WWL-maatwerk)</p>	<p>STOWA (im Auftrag von: Ministerie van I&M/Deltaprogramma Zoetwater, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Provincien Gelderland, Noord-Brabant, Limburg und Utrecht, STOWA und die regionalen Wasserbehörden von Vechtstromen und Aa und Maas sowie die Trinkwasserbetriebe Vitens und Brabant Water, Staatsbosbeheer und Natuurmonumenten)</p>	<p>2018</p>	<p>2023 (Validierung) Neueste Version 2021</p>	<p>Grenzüberschreitend: In Belgien bereits angewandt</p>	<p>https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/ https://waterwijzer.nl/publicaties https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzerlandbouw https://edepot.wur.nl/554082</p>
<p>Waterwijzer Natuur</p>	<p>Bewertung der Auswirkungen der Wasserverfügbarkeit/Bewirtschaftung auf die Vegetationsziele (meist im Zusammenhang mit Trockenheit)</p>	<p>Regional</p>	<p>STOWA (im Auftrag von: Ministerie van I&M/Deltaprogramma Zoetwater, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Provincien Gelderland, Noord-Brabant, Limburg und Utrecht, STOWA und die regionalen Wasserbehörden Vechtstromen und Aa en Maas sowie die Trinkwasserbetriebe Vitens und Brabant Water, Staatsbosbeheer und Natuurmonumenten)</p>	<p>2018</p>	<p>2023 (weitere Entwicklung)</p>		<p>https://waterwijzer.nl/publicaties https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzer-natuur</p>

			heer en Natuurmonumenten)				
Wfloodsbm	Hydrologisches Modell	Einzugsgebiet der Vechte flussaufwärts	Deltares (PhD)	2023	2024		
	Hochwasservorhersage	umfasst die wichtigsten grenzüberschreitenden Wasserläufe des WRIJ (d.h. auch die Aauser Aa, Berkel, Schlinge, Bocholter Aa und IJssel)	WRIJ	?	?	erstellt stündliche Prognosen für 7 Tage im Voraus	
	1D2D D-Hydro Hochwassermodell	grenzüberschreitender Deichring 48 (von Wesel bis Doesburg)	WRIJ	?	?	Derzeit bauen wir ein grenzüberschreitendes 1D2D D-Hydro Modell der Flüsse Schipbeek und Berkel auf (andere Flussgebiete werden später folgen). Deutschland ist Teil dieses Modells, allerdings	

						etwas gröber als die Niederlande, da es an deutschen Daten mangelt (uns fehlen viele Profile und Artwork-Dimensionen).	
--	--	--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Zusätzliche Modellbeschreibungen:

1) Delft3D FM

Ähnlich wie bei der Verwendung von Baseline NL mit Sobek kann der Datensatz auch für die Modellierungssuite Delft3D FM verwendet werden. Die Hauptunterschiede betreffen die Art und Weise, wie die Physik im Modell approximiert wird und wie die Landschaft räumlich diskretisiert wird. Delft3D FM ermöglicht eine vollständige dynamische 2D-Strömungssimulation mit einem flexiblen Dreiecksnetz oder eine 3D-Wasserströmungsmodellierung mit regelmäßigem oder gekrümmtem Gitter, wobei auch Sedimentprozesse einbezogen werden können.

2) WFLOW

In einer Arbeit von Koronaci et al. aus dem Jahr 2022 wurde die Verwendung des WFLOW-Modells für das Einzugsgebiet der Vechte untersucht (Koronaci, 2022). Dieses hydrologische Modell kann für die Berechnung der Niederschlag-Abfluss-Beziehungen verwendet werden.

Die Studie konzentrierte sich auf die Verbesserung der Schätzungen von Extremereignissen durch angepasste Datenassimilationsmethoden. Das Modell kombinierte lokale und globale Datensätze (DWD für Niederschlag, ERA5 für Evapotranspiration), um eine Wasserbilanzberechnung auf der Grundlage empirischer Modellierung mit kinematischem 1D-Routing durchzuführen. Das Modell umfasst verschiedene Werkzeuge für die automatische Datenerfassung und die Einrichtung des Modells und arbeitet mit einem regelmäßigen quadratischen Gitter.

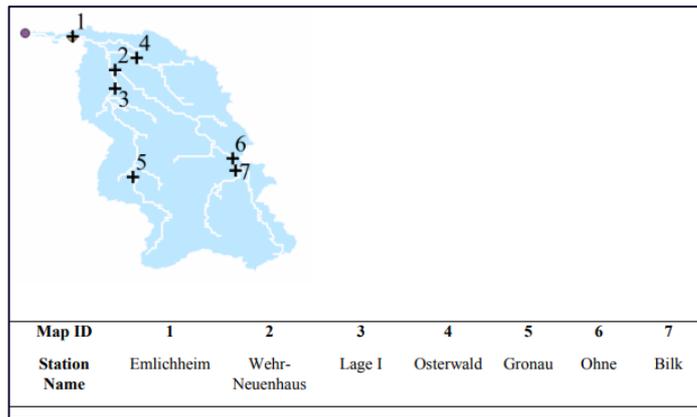


Abbildung 7 Die Abflussstationen, die zur Kalibrierung des wflow-Modells für das Einzugsgebiet der Vechte verwendet wurden (Koronaci, 2022).

Globale Modelle und Datensätze

3) Glofas und PCR-GlobWB

Das Glofas-Modellierungssystem ist ein operationelles Hochwasser-Frühwarnsystem, das von der Gemeinsamen Forschungsstelle entwickelt und von Copernicus gehostet und betrieben wird. Das Programm sammelt nationale und lokale Daten zur automatischen Kalibrierung und Assimilierung von Daten für die hydrologischen und hydraulischen Berechnungen, die im Modell durchgeführt werden. Die Methode ist vollständig quelloffen, läuft täglich auf globaler Ebene, und alle Ergebnisse werden über das Copernicus-Datenportal veröffentlicht. Die Simulationen und das Routing werden mit geringer Auflösung (ca. 20 km) durchgeführt, um die Effizienz zu erhöhen. Ein ähnliches Modell, PCR-GLOBWB, wird an der Universität Utrecht mit höherer Auflösung (5 km-Gitterzellen) entwickelt. Aufgrund der geringen Auflösung sind diese Modelle für das Vechte-Einzugsgebiet nur bedingt geeignet. Viele europäische Regionen verlassen sich jedoch auf diese Plattform für eine aktive Hochwasserfrühwarnung.

4) Verschiedene globale Handelsprodukte

Neben den oben genannten Produkten gibt es eine weitere Kategorie von Hochwasserprodukten, die das Einzugsgebiet der Vechte abdecken. Eine Reihe von kommerziellen Organisationen haben globale Hochwassergefahrenkarten erstellt. Beispiele hierfür sind der Aquaduct analyzer, die globalen Hochwassergefahrenkarten der Weltbank und die globalen Hochwasserwerkzeuge von Nelen&Schuurmans. Trotz ihrer räumlichen Abdeckung sind diese Produkte für den deutsch-niederländischen Kontext aus verschiedenen Gründen wenig effektiv.

Erstens gibt es bessere Modelle, deren Qualität aufgrund der geringen Auflösung und der Kursannahmen leidet. Zweitens leiden diese Produkte insbesondere für die Niederlande oft darunter, dass die geringe Auflösung die Auswirkungen von Böschungen auf die Simulationen nicht unterstützt. Die Ergebnisse zeigen die Niederlande so, als ob es praktisch keine Deiche gäbe, und die Hochwasserauswirkungen werden selbst bei niedrigen Wahrscheinlichkeiten stark überschätzt.

Anhang D: Institutionen, Vereinbarungen und Planung

Institutionen:

Tabelle 22: Übersicht über die Zuständigkeiten der Wasserbehörden und Fachbehörden in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen (eigene Ausarbeitung auf Basis von BMUV 2023 , MULNV NRW 2021 , MKLNUV NRW 2014 ,ZuStVO-Wasser Niedersachsen (2014), NWG (2011)).

Föderationsstaat	Nordrhein-Westfalen	Niedersachsen
Oberste Wasserbehörde	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Kontrolle der Wasserwirtschaft und übergeordneter Verwaltungsverfahren. Entscheidungen über die RBMPs und Maßnahmenprogramme Rechtliche und technische Aufsicht sowie Koordination der Aufgaben gegenüber den Wasserwirtschaftsbehörden. Koordinierung der Bewertung des Hochwasserrisikos und der damit verbundenen Aktivitäten zur Planung des Hochwasserrisikomanagements	Das Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Überwachung der Gewässer sowie Vollzug der Verordnungen der Europäischen Gemeinschaft über die Bewirtschaftung der Gewässer und der hierzu ergangenen Bundes- oder Landesgesetze Entscheidungen über Maßnahmenprogramme und RBMPs, FRMPs Fachaufsicht sowie Koordination der Aufgaben gegenüber den Wasserwirtschaftsbehörden
Technische Behörde	Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) Überwachung von Gewässern Bewertung von Hochwasserrisiken und Aktivitäten im Zusammenhang mit der Planung des Hochwasserrisikomanagements	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) Entscheidungen über die Wassernutzung Überwachung, Unterhaltung der Gewässer 1 st und bestimmter Gewässer 2 nd (z.B. Vechte) Entscheidungen über die Entwicklung von Gewässern Durchführung spezifischer Aufgaben im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie Bewertung von Hochwasserrisiken und Aktivitäten im Zusammenhang mit der Planung des Hochwasserrisikomanagements (z. B. Vorschlag von Überschwemmungsgebieten), Entwurf von FRMPs
Höhere Wasserbehörde	Bezirk Münster und Düsseldorf	

	<p>Regionale wasserwirtschaftliche Planung, wichtige wasserrechtliche Verfahren, Verwaltungsverfahren zur Wassernutzung.</p> <p>Überwachung, Unterhaltung und Entwicklung von Gewässern 1st, Überwachung von Gewässern 2nd</p> <p>Umsetzung der HWRM-RL:</p> <p>Bewertung von Hochwasserrisiken und Aktivitäten im Zusammenhang mit der Planung des Hochwasserrisikomanagements, Koordination und Überwachung von Maßnahmen</p> <p>Überwachung von Hochwasserschutzmaßnahmen an Gewässern der Ordnung 1st und 2nd</p>	
Untere Wasserbehörde	<p>Kreise Borken und Steinfurt</p> <p>Wasserrechtliche Verfahren</p> <p>Überwachung, Unterhaltung und Entwicklung von Gewässern anderer Ordnung als 1st und 2nd</p> <p>behördliche Entscheidungen, zum Beispiel über Abwassereinleitungen</p> <p>Regelung der Flächennutzung in Überschwemmungsgebieten</p>	<p>Landkreis Grafschaft Bentheim</p> <p>Wasserrechtliche Verfahren</p> <p>Kontrolle der Umsetzung der Pflichten durch die Unterhaltsverbände</p> <p>Behördliche Entscheidungen, zum Beispiel über Abwassereinleitungen.</p> <p>Regelung der Flächennutzung in Überschwemmungsgebieten</p>
Gemeinden	<p>Kreis Münster: Ahaus, Altenberge, Billerbeck, Bocholt, Borken, Coesfeld, Gescher, Gronau (Westfalen), Heek, Isselburg, Laer, Legden, Ochtrup, Rhede, Rosendahl, Stadtlohn, Steinfurt, Südlohn, Velen, Vreden, Wettringen</p> <p>Kreis Düsseldorf: Hamminkeln, Hünxe, Schilf, Schermbeck, Wesel</p> <p>Durchführung und Instandhaltung von Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser in ihrem Gebiet</p> <p>Katastrophenhilfe</p>	<p>Samtgemeinden Emlichheim, Uelsen, Schüttorf; Städte Neuenhaus, Nordhorn, Bad Bentheim; Gemeinde Wietmarschen</p> <p>Durchführung und Instandhaltung von Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser in ihrem Gebiet</p> <p>Katastrophenhilfe</p>
Unterhaltvereinigungen	<p>Unterhaltungsverband untere Dinkel</p> <p>Entwicklung und Unterhaltung von Gewässern, Bau und Instandhaltung von Anlagen in und an Gewässern,</p>	<p>Vechteverband, kleinere Pflegeverbände (z.B. Hardinger Becke, Rammelbecke)</p> <p>Überwachung & Unterhaltung von Gewässern 2nd Ordnung, wenn die Zuständigkeit nicht beim Staat liegt^[2]</p>

Schutz von Grundstücken vor Sturmfluten und Überschwemmungen, Verbesserung von landwirtschaftlichen und anderen Flächen, einschließlich der Regulierung des Wasser- und Lufthaushalts des Bodens, Herstellung, Beschaffung, Betrieb, Wartung und Demontage von Beregnungsanlagen sowie Be- und Entwässerungsanlagen, Technische Maßnahmen für die Bewirtschaftung von Grundwasser und Oberflächengewässern, Beschaffung und Bereitstellung von Wasser, Herstellung, Erhaltung und Pflege von Flächen, Anlagen und Gewässern zum Schutz des Naturhaushalts, des Bodens und zur Landschaftspflege, Förderung der Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft und Weiterentwicklung des Wasser-, Boden- und Naturschutzes, Förderung und Überwachung der oben genannten Aufgaben.^[1]

Alle anderen Aspekte wie für NRW angegeben.

^[1] "Wasserverbandsgesetz vom 12. Februar 1991 (BGBl. I S. 405), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Mai 2002 (BGBl. I S. 1578) geändert worden ist"

^[2] Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. S. 64), Zuletzt geändert durch Art. 5 G zur Änd. des G über den Nationalpark "Niedersächsisches Wattenmeer" und des Ausführungsg zum BundesnaturschutzG sowie zur Änd. weiterer Gesetze vom 22.9.2022 (Nds. GVBl. S. 578)

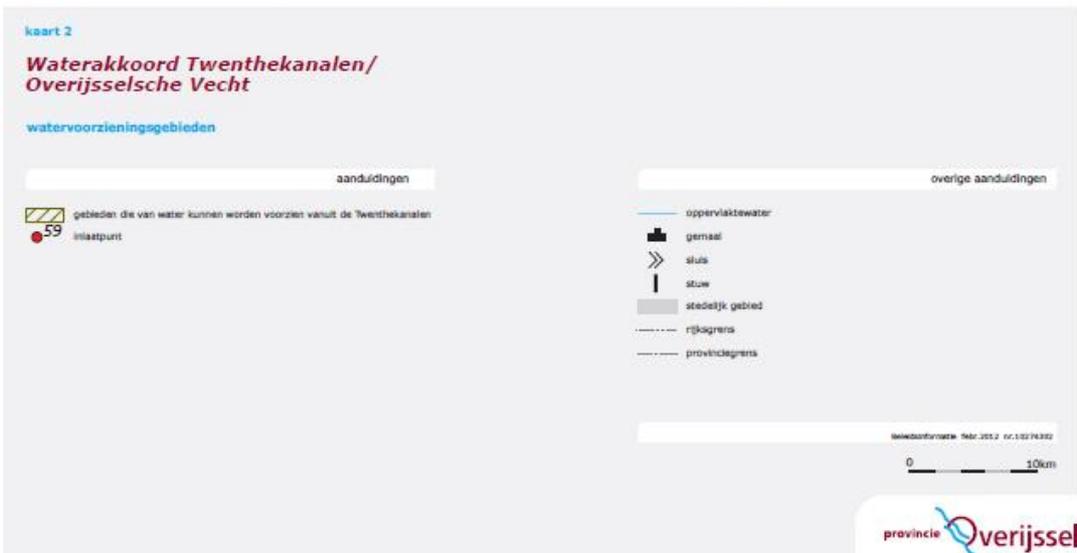
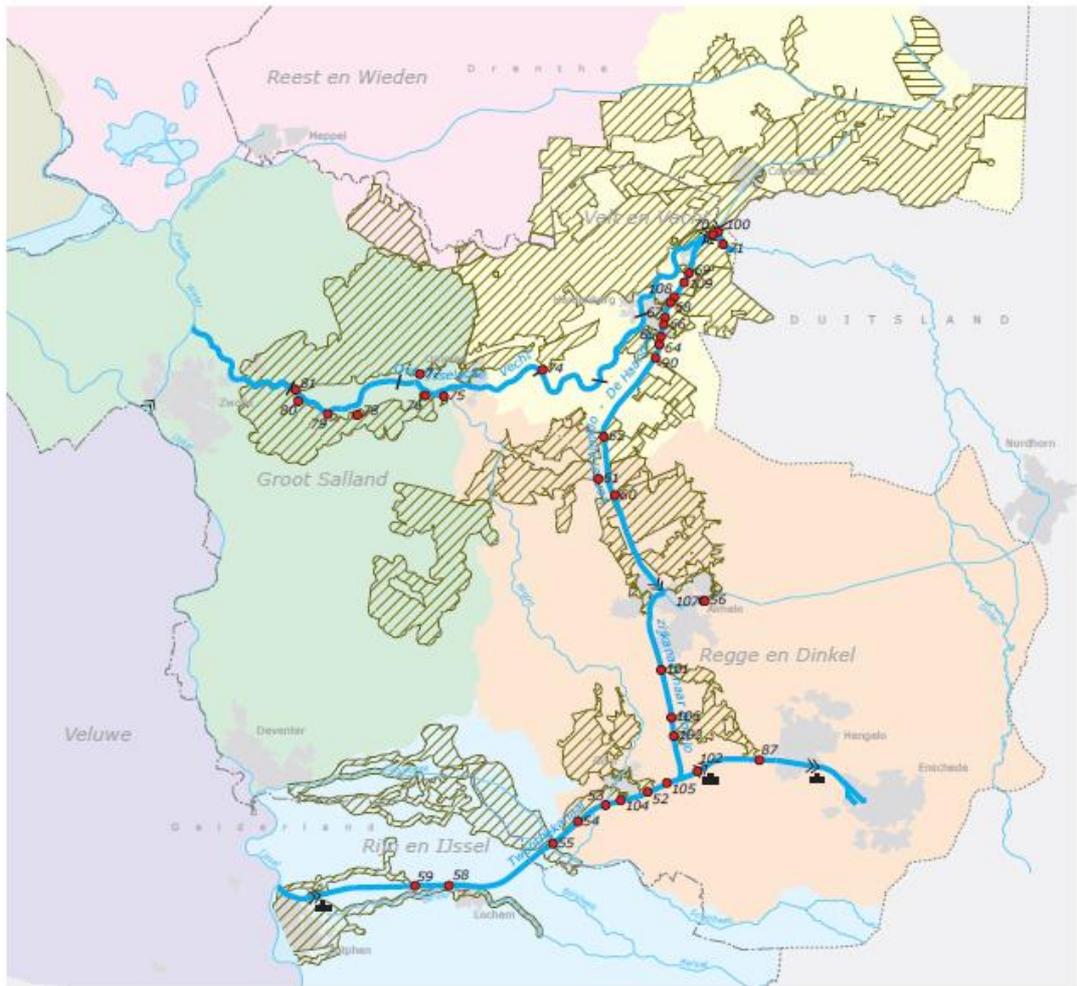


Abbildung 40: Karte des Wasserversorgungsnetzes - Twenthekanalen

Überblick über Projekte und Pläne:

Diese Tabellen geben einen Überblick über die Pläne und Initiativen, die in den Interviews genannt wurden.

Es ist ersichtlich, dass derzeit viele Projekte und Initiativen im Untersuchungsgebiet stattfinden, die sich auf das Hochwasser- und Dürremanagement und die Klimaanpassung konzentrieren. Es gibt auch einige grenzüberschreitende Projekte, die für die nächsten Jahre geplant sind, wie z.B. der INTEREG-Vorschlag

Tabelle 23: Überblick über Projekte zum Hochwasser- und Dürremanagement in den Niederlanden

Projekt	Projektleitung	Thema	Partner	Dauer
Klimaatrobuste Vechtstromen	Vechtstromen	Dürre-Management		
GRADE Vechte	RWS	Modellentwicklung	Vechtstromen, Deltares	2024
HWBP Vechte	WDOD	Hochwasser-Infrastruktur	Vechtstromen	2020-2023
Zoetwatervoorziening Oost Nederland (ZON) Fase 2		Wasserversorgung	Provinzen, Gemeinden, regionale Wasserbehörden	2022 - 2027
Haarvaten op Peil (HOP) - ZON onderdeel	Vechtstromen	Dürre-Management		
Schlankes Wassermanagement	RWS	Dürre-/Hochwassermanagement	regionale Wasserbehörden	2022 - 2027
Panorama Wasserland	Vitens	Räumliche Planung		2020 -
Klimaanpassung in der Praxis KLIMAP	KLIMAP-Konsortium	Klimaanpassung	23 verschiedene Organisationen	2020 -2024
Aanpak Droogte in de Achterhoek	Provinz Gelderland	Dürre-Management	19 verschiedene Partner	2020 - aktuell
Bovenregionale Stresstests Oude IJssel und Berkel	WRIJ	Hochwasserrisikomanagement		Laufend

Berkel en Oude Ijssel Hochwasserprognose	WRIJ	Hochwasservo rhersage		laufend
Verkennende Studie robuste wateraanvoer Twentekanalen- Overijsselse Vecht	RWS	Wasserversorg ung		2020 - aktuell
Quickscan Droogte Ijsselvallei	HKV	Wasserversorg ung		2023
FEWS Vechte Update	WDOD	Vorhersage	Vechtstromen, Deltares	laufend
Waterveiligheidslandsch appen	WRIJ	Klima - Anpassung	13 Partner	2023 -
Adaptatieve Strategie Drinkwater Voorziening	Provinz Overijssel	Wasserversorg ung	WDOD, Vechtstromen Vitens	

Tabelle 24: Übersicht über die Projekte zum Hochwasser- und Dürremanagement in Niedersachsen

Projekt	Projektleit ung	Thema	Partner	Dau er
KliWaKo (Klima- Wasser - Kooperation)	Landkreis Emsland	Wasserversorgung, Dürrebekämpfung	Unter anderem: Trink- und Abwasserverband Bad Bentheim, Vechteverband	2019 - 2022
Emslandplan 2.0 - Nachhaltiges Wassermengenman agemen	Landkreis Emsland	Dürre-Management	Unter anderem: Landkreis Grafschaft Bad Bentheim, NLWKN, LBEG	2020- 2021
Wasserversorgungs konzept Niedersachsen	MU	Wasserversorgungs konzept		2017 - aktue ll
Projekt KliBoG - Klimafolgenanpassu ng Boden und Grundwasser	LBEG	Modellentwicklung, Dürremanagement		2022 - 2027

Hydrogeologische Modellierung der NBank	Landkreis Grafschaft Bentheim	Modellentwicklung	Vechteverband	
NBank Anpassung an den Klimawandel	Vechteverband	Dürre-Management	TAV (Trink und Abwasserverband Schüttdorf, Instandhaltungsverbände)	
Klimafolgenanpassung Wasserwirtschaft	MU	Richtlinie zur Finanzierung der Klimaanpassung		Laufend
Projekt kommunale Starkregenvorsorge in Niedersachsen	UAN	Pluviale Überschwemmung		2023 - 2025
KliBiW (Globaler Klimawandel - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland)	MU	Klimafolgenabschätzung für Binnengewässer	Unter anderem: NLWKN, LBEG	2008 - 2023
Programm Niedersächsische Moorlandschaften	MU	Programm zum Schutz von Torfgebieten		laufend

Tabelle 25: Überblick über Projekte zum Hochwasser- und Trockenheitsmanagement in NRW

Projekt	Projektleitung	Thema	Partner	Daue r
Hochwasserschutzkonzept (HWSK) Bocholter Aa	Kreis Borken	Hochwasserrisikomanagement	Gemeinden entlang des Flusses	2017 - 2022
10-Punkte-Arbeitsplan Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels	MUNV	Hochwasserrisikomanagement		laufend

Tabelle 26: Überblick über grenzüberschreitende Projekte zum Hochwasser- und Dürremanagement

Projekt	Projektleitung	Thema	Partner	Dauer
Interreg DIWA: Dürrestrategien in der Wasserwirtschaft	Regionale Wasserbehörde Vechstrome	Dürre-Management	Unter anderem: Landkreis Grafschaft Bad Bentheim, Provinz Gelderland	Vorgeschlagene
SpongeWorks	LU Hannover	Hochwasser- und Dürremanagement	Unter anderem: Landkreis Grafschaft Bad Bentheim, Vechteverband, Regionaler Wasserverband Vechtstromen, Gemeinde Hardenberg	Sep 2024 - Sep 2028
KrisenManagement Saxion Projekt	GPRW	Krisenmanagement	Regionale Wasserbehörde Vechtstromen	laufend
Interreg Wohnen-Vechte Dinkel	Regionaler Wasserverband Vechtstromen	Klima-Anpassung	Regionale Wasserbehörde DOD, Provinz Overijssel, Kreis Borken, Kreis Steinfurt, Kreis Grafschaft Bentheim, NLWKN usw.	2017 - 2021

Bewässerungsverb
and Itter /
Reutumer Ringen

Grenzüberschreitend WAZ, Vitens
e
Grundwasserbewirts
chaftung

Anhang E: Ermittelte Wissenslücken

ID	(Forschungs-)Thema	Wissen Kunde	Kat.
1	Welche Auswirkungen hat die Wasserqualität auf die Natur im Zusammenhang mit der Wasserspeicherung (z. B. Überflutung von Flusstälern, Wasseraufnahme aus anderen Gebieten)? Und in welchen Situationen spielt dies eine wichtige Rolle (feuchte Böden nehmen weniger Wasser auf als trockenere Böden)?	Natuur-Monumente	WQ
2	Echte Integration von Grundwasser- und Oberflächenwassermodellen, um Prozesse besser simulieren zu können (z. B. Reinfiltration)	Natuurmonumente	MOD
3	Die Entwicklung gemeinsamer grenzüberschreitender Modelle könnte zur Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit beitragen, da eine gemeinsame Wissensbasis vorhanden ist.	Natuurmonumente	MOD
4	Sollten wir einfach akzeptieren, dass die grenzüberschreitende Zusammenarbeit kompliziert ist, oder gibt es Möglichkeiten, sie zu verbessern?	Provinc Gelderland	GOV
5	Grenzüberschreitende Wassersystemanalyse erforderlich, um grenzüberschreitende Wechselwirkungen aufzuzeigen (1. Identifizierung von grenzüberschreitenden Hotspots, 2. Identifizierung weiterer Lücken, 3. besseres Verständnis der Grundwasserinteraktion)	Provinc Gelderland	USDS
6	Grenzüberschreitende Stresstests (einheitliche Methodik, Bewertung der grenzüberschreitenden Wirkung von Maßnahmen, Verknüpfung von Stresstest und Risikodialog)	Provinc Gelderland	ST

7	Was ist im Hinblick auf eine gemeinsame Überwachung erforderlich? Quantifizierung der Auswirkungen der Maßnahmen auch auf die Nachbarländer	Provinz Gelderland	MON
8	Zusammentreffen von Hochwasserwellen, die durch die Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen in einem Teil des Einzugsgebiets/Zuflusses verursacht werden?	Provinz Overijssel	BLB
9	Auswirkungen auf die Raumplanung (können Maßnahmen flussaufwärts auch eine Aufgabe flussabwärts übernehmen, so dass flussabwärts weniger Deichverstärkungen/Maßnahmen erforderlich sind, was bedeutet zu viel und zu wenig Wasser für die anderen zu erfüllenden Funktionen)	Provinz Overijssel	USDS
10	Strategie für das Funktionieren von Schwämmen: Wie wirksam sind Maßnahmen zur Verbesserung der Schwammfunktionalität? Welche Auswirkungen haben die Maßnahmen in Deutschland auf die Abflüsse in den Niederlanden?	Provinz Overijssel	USDS
11	Welche Rolle können grenzüberschreitende Feuchtgebiete in dieser Region spielen? (z.B. Bourtanger Moor) Können diese auch zu den Wasserfunktionen beitragen.	Provinz Overijssel	SF
12	Forschung zum Schwammeffekt: Gleichgewicht zwischen zu trocken und zu nass (warum genau funktioniert er, der Schwamm kann nur einmal verwendet werden), Wie wirken sich Trockenheitsmaßnahmen auf Überschwemmungen aus und umgekehrt?)	Rijn und Ijssel	SF
13	Grenzüberschreitende Stresstests: Wie weit wird der Peak in Deutschland reduziert / Systemverständnis für das Gesamtsystem	Rijn und Ijssel	ST SF
14	Was passiert, wenn auf deutscher Seite mehr Hochwasser- oder Trockenheitsmaßnahmen ergriffen werden? Was bedeutet die Rückhaltung von Wasser flussaufwärts (in Deutschland) für den Abfluss von grenzüberschreitenden Flüssen und Bächen flussabwärts?	Rijn und Ijssel	USDS

15	Was ist der Kosten-Nutzen-Kipppunkt für vorgelagerte Maßnahmen?	Rijn und Ijssel	USDS
16	Kipppunkt für die Rückhaltung: Indikatoren für das Betriebsmanagement: Wann müssen wir die Wehre absenken?	Rijn und Ijssel	DM
17	Können Sie etwas für die Frühwarnung tun? Grenzüberschreitend? - Definieren Sie gemeinsam Threats und Szenarien, um die grenzüberschreitende Komponente zu erhöhen.	Rijn und Ijssel	FF
18	Verbesserung der Vorhersage Dürrevorhersage --> auch grenzüberschreitend. Ist es möglich, den Abfluss von Bächen an der Grenze aus den deutschen Messdaten abzuleiten?	Rijn und Ijssel	MON
19	Die Art und Weise der Regulierung und der Regierungen ist auf den verschiedenen Seiten der Grenze sehr unterschiedlich. Wie kann man das besser regeln?	Rijn und Ijssel	GOV
20	Kartierung der Auswirkungen von Dürren (Verfügen wir über die richtigen Modelle zur Vorhersage von Dürreereignissen? Wie wirksam sind die Maßnahmen zur Verringerung der Dürreauswirkungen? Wie wirken sich Maßnahmen zur Eindämmung der Dürre auf die Landschaft aus? Auswirkungen auf die Bodensenkung? Genügend Wasser für die Brandbekämpfung?)	Veiligheidsregio Twente	IMP
21	Wasser-Körper sturend: Wie wirkt es sich aus, wenn mehr flussaufwärts gelegene Maßnahmen ergriffen werden (z. B. zur Wasserrückhaltung)? Wie wirkt sich die Anwendung von Grundwassermaßnahmen zur Verringerung des Dürreerisikos auf Ihr Hochwasserrisiko aus?	Drentse Overijsselse Delta	BLB
22	(Grenzüberschreitende) Stresstests und Wasserbombenstudien: Die Auswirkungen aus Deutschland sowie die Auswirkungen flussabwärts vom Ijsselmeer sind unbekannt. Was ist das Worst-Case-Szenario?	Drentse Overijsselse Delta	ST BLB
23	Zuverlässige Prognosen für Extremereignisse: FEWS? Was kann KI dabei leisten?	Drentse Overijsselse Delta	FF

24	Risikokommunikation: Wie interpretieren und kommunizieren Sie die Risiken, die sich aus den verschiedenen laufenden Studien ergeben (hydraulische Belastungen aus Inspektionen, NBW-Tests, Grundwassersimulationen, Stresstests in städtischen Gebieten, die über dem Standard liegen)?	Drentse Overijsselse Delta	RC
25	Auch im Zusammenhang mit der Schwammstrategie: Wie macht man daraus eine gute Geschichte? In der Vergangenheit kam es immer wieder zu Überschwemmungen flussabwärts, aber jetzt wollen Sie die Überschwemmungen wieder mehr auf das Gebiet verteilen. Wie kommuniziert man das auf gute Art und Weise?	Drentse Overijsselse Delta	SF
26	Die Qualität der Messdaten ist ein großes Problem und stellt bei vielen Projekten ein Hindernis dar.	Drentse Overijsselse Delta	MON
27	Entwicklung eines Leitfadens für den Umgang mit Dürreperioden (derzeit werden nur Ad-hoc-Maßnahmen durchgeführt)	Vechteverband	DM
28	Wissensmanagement: Wie kann der Wissensaustausch und das Verständnis erleichtert werden, da die jüngeren Generationen mit den alten Plänen und Strukturen weniger vertraut sind (z. B. müssen bei Genehmigungsverfahren die Ausgangsbedingungen definiert werden, es gibt jedoch unterschiedliche Definitionen der Ausgangsbedingungen --> eine gemeinsame Grundlage zu finden, würde die Zusammenarbeit verbessern)	Vechteverband	KM
29	Forschungsbedarf im Bereich der Verhältnismäßigkeit oder Angemessenheit von ökologischen Bewertungen (z.B. ökologische Bewertungen für Gewässer, die seit vielen Jahren trocken liegen). Sie schlagen vor, Leitlinien oder einen Rahmen zu schaffen, der zwischen verschiedenen Wasserkörpern wie fließenden Bächen oder stehenden Gräben unterscheidet, und schlagen vor, dass vereinfachte Verfahren auf Wasserkörper angewendet werden könnten, von denen bekannt ist, dass sie periodisch austrocknen. Forschung, die sich auf das Verständnis der	Vechteverband	GOV DM EA

Ökosysteme periodisch trockener Gewässer konzentriert und darauf abzielt, wissenschaftliche Unterstützung zu leisten, um ökologische Erwägungen mit regulatorischen Anforderungen in Einklang zu bringen.

30	Notwendigkeit eines umfassenden Hochwasserschutzkonzepts für alle Gemeinden - auch für Starkregen und Trockenheit. Übergeordnetes Konzept als Leitfaden für die einzelnen Gemeinden erforderlich	Grafschaft Bentheim	FM
31	Es wird festgestellt, dass es keine dürrspezifischen Konzepte gibt. Bedeutung grenzüberschreitender, gut koordinierter Konzepte für eine bessere Vorbereitung und eine solidere Wissensbasis.	Grafschaft Bentheim	DM
32	Einrichtung eines Dürremonitors (derzeit werden Informationen über die Grundwasserentwicklung nur auf Anfrage bereitgestellt)	Grafschaft Bentheim	MON
33	Einrichtung von Austauschrunden auf verschiedenen Ebenen (z. B. über einen Newsletter)	LBEG	TC
34	Gemeinsame Grundwasserbewirtschaftung: einheitliche oder harmonisierte Bewertungskriterien	LBEG	TC
35	Die Auswirkung von vorgelagerten (Dürre-)Maßnahmen auf die Abflüsse flussabwärts.	Vitens	USDS
36	Wie wirkt sich die Tatsache, dass die RWZI sauberer werden (die europäische Gesetzgebung schreibt für große RWZI 4. künftig eine Aufbereitungsstufe vor), auf die Wasserqualität bei Trockenheit aus?	Vitens	WQ
37	Kann Versickerungswasser/Wasser, das zur Grundwasseranreicherung verwendet wird, besser geschützt werden? Derzeit ist eine umfangreiche Aufbereitung erforderlich, da das Versickerungswasser/Oberflächenwasser von schlechter Qualität ist. Was geschieht im Falle einer Katastrophe?	Vitens	WQ

38	Notwendige Modelle: gesamtes Grundwassermodell in Deutschland (NDS), grenzüberschreitendes Grundwassermodell und Modelle zur Klimaanpassung	Wasserverbandstag	MOD
39	Wie kann man das Bewusstsein für Wasserverbrauch und -nutzung schärfen?	Wasserverbandstag	PA
40	Es werden mehr Daten benötigt	Samtgemeinde Neuenhaus	MON
41	Wie geht man mit kritischen Infrastrukturen bei Überschwemmungen und Dürreperioden um?	Samtgemeinde Neuenhaus	CI
42	Umdenken und Kooperationen (auch mit dem Naturschutz) müssen funktionieren, vor allem um langfristige Trockenperioden aufzufangen: Die Grundwasserkörper müssen wieder aufgefüllt werden	WAZ	DM TC
43	Überwachungsdaten für Überschwemmungen und Dürreperioden	ArL	MON
44	Was ist ein Extremereignis? Wie hoch wird das künftige Hochwasser sein, um als extrem zu gelten? Mit welcher Wettervorhersage müssen wir in Zukunft arbeiten?	Samtgemeinde Emlichheim	FM MON
45	Was können wir jetzt tun, um künftigen Dürren lösungsorientiert entgegenzuwirken?	Samtgemeinde Emlichheim	DM
46	Die Entwicklung der Niederschläge und ihre potenziellen Auswirkungen auf Hochwasserereignisse in Flüssen oder Schwemmland. Die Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels von der retrospektiven Analyse statistischer Niederschlagsdaten zu zukunftsorientierten Prognosen wird hervorgehoben.	MU & NLWKN	FM
47	Verständnis des Verhaltens von Fließgewässern während Niedrigwasserperioden, insbesondere in Regionen wie der Elbe. Die Wissenslücken erstrecken sich auf Niedrigwasserbedingungen, Hydromorphologie, Grundwasser sowie Wassersicherheit und -qualität.	MU & NLWKN	DM
48	Es wird hervorgehoben, dass detailliertere Modelle erforderlich sind, die sowohl Niedrigwasser als auch Hochwasser genau vorhersagen können.	MU & NLWKN	MOD

49	Die Funktionsweise des integrierten Wassersystems in der Grenzregion (der gesamte Kreislauf: Verbindung zwischen Oberflächen- und Grundwasser, wie sehen die Grundwasserkörper in den Grenzregionen aus): Wie ist alles miteinander verbunden? Welche Austauschbeziehungen gibt es? Was sind wichtige Teilbereiche, auf die wir uns konzentrieren sollten? Wo werden Sie Maßnahmen durchführen? Wo ist der beste Ort, um Wasser zurückzuhalten?	GPRW	BLB
50	Bewertung des Wassersystems mit quantitativem Stresstest auch bei Trockenheit.	Deltares - Dimmie Hendriks	BLB ST
51	Möglichkeiten zur Wiederherstellung großflächiger Gebiete in Grenznähe / Wasserrückhalt im Untergrund (Torfmoore, Gebiete mit dicker ungesättigter Zone à Hanglagen); so dass beide Länder davon profitieren.	Deltares - Dimmie Hendriks	SF
52	Bewertung des Hochwassers: Analyse der Grundwasserstände: Wie schnell ist der Grundwasserspiegel wieder gesunken? An welchen Stellen geschah dies sehr schnell oder langsam? Gibt es Teile des Gebiets, in denen der derzeitige hohe Grundwasserspiegel die Auswirkungen einer kommenden Dürreperiode auf das Grundwasser begrenzen könnte? Wie können wir in Zukunft das überschüssige Wasser aus einem nassen Winter auffangen?	Deltares - Dimmie Hendriks	MON
53	Möglichkeiten für ein grenzüberschreitendes Grundwassermesssystem und -monitoring (Ausbau des Dürreportals und des Duerre-Monitors)	Deltares - Dimmie Hendriks	MON
54	Einrichtung eines FEWS-Umfelds (oder ähnliches), um verschiedene Modelle und Überwachungen zusammenzuführen.	Deltares - Dimmie Hendriks	MOD
55	Ein Wunsch ist es, mehr über die Erholungskapazität des Grundwassersystems in den östlichen Niederlanden zu erfahren. Was ist ein akzeptabler Rückgang in einem trockenen Jahr und kann in einem (hydrologisch) durchschnittlichen Winter erholen. Dies könnte von	RWS	DM

großem Wert in Diskussionen über die Infiltrierung von Flusswasser in zB De Veluwe (Wasser-Batterie) sein.

56	Auswirkungen der Bodenerosion auf den Wasserstand, das Grundwasser und die Wasserverteilung (die Waal erhält immer mehr Wasser, die IJssel immer weniger).	RWS	WA
57	Möglichkeiten für den Bezug zur Natur und zu den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie (Nebenkanäle, Uferkanäle, Längsdämme).	RWS	WQ
58	Können wir Systeme entwickeln, bei denen wir Trinkwasser aus Oberflächenwasser aus dem Fluss in Verbindung mit der Natur aufbereiten können?	RWS	WA
59	Um bessere Aussagen über den zukünftigen Landschaftswasserhaushalt machen zu können, müssen die Niederschlagsprojektionen mit globalen und regionalen Klimamodellen weiterentwickelt werden. Während diese die Temperatur bereits gut projizieren können, sind die Projektionen des Niederschlags noch mit großen Unsicherheiten verbunden. Unterschiedliche Wetterlagen, wie z.B. die Vb-Wetterlagen, können noch nicht ohne weiteres projiziert werden. Diese Aussagen sind jedoch notwendig, um Anpassungsmaßnahmen gezielt planen zu können.	NIKO	MOD
60	Große Datenlücken bei der Flächenkartierung von Entwässerungsgräben und Drainagen. Beide haben einen erheblichen Einfluss auf den Landschaftswasserhaushalt, und die Informationen werden für die Modellierung benötigt	NIKO	MON
61	Eine jährliche digitale Erfassung der (landwirtschaftlichen) Entnahmen und ein einheitlich geführtes digitales Wasserbuch sollten vorrangig verbessert werden. Generell ist die Überwachung, z. B. auch von Pegeln, und die Erhebung von Messdaten wichtig, um zukünftige Zustände besser prognostizieren zu können.	NIKO	MON

62	Bessere Planung für kritische Infrastrukturen und lebenswichtige Funktionen im Vorfeld einer Krise	VR Ijsselland	CI
63	Verstehen, wo Probleme entstehen (Hotspots)	VR Ijsselland	CM
64	Wie kann die Sicherheitsregion (Veiligheidsregio) ihre eigene Rolle bei der Klimaanpassung einer Stadt/eines Landes erfüllen, damit man den Problemen einen Schritt voraus ist? Wie kann sichergestellt werden, dass man weder von zu viel noch von zu wenig Wasser direkt betroffen ist?	VR Ijsselland	CM
65	Aus der Sicht des Informationsmanagements: Wie kann man besser vorhersagen, was passieren wird? Und wie lässt sich das leicht in Krisenmanagement umsetzen? Die Zusammenarbeit und Interpretation von Informationen ist sehr kompliziert.	VR Ijsselland	CM
66	Was tun Sie, wenn etwas schief geht, und welche Lösungen gibt es dann? Was sind die Konsequenzen und wie kommuniziert man sie? Die regionalen Wasserbehörden machen sich in der Regel keine Gedanken über schwerwiegende Folgen	VR Ijsselland	CM
67	Raumplanung auf lange Sicht: Nicht mehr darüber nachdenken, wie wir es in 10 Jahren organisieren, sondern wie es in 100 Jahren aussehen wird? Wie macht man sie robust? Und was ist mit dem Anstieg des Meeresspiegels?	VR Ijsselland	SP
68	<p>1. Was passiert flussabwärts, wenn in Deutschland Maßnahmen zum Trockenheits- und/oder Hochwasserschutz ergriffen werden:</p> <p>a. Auswirkung des großflächigen Einsatzes von mobilen Deichen in Deutschland auf die flussabwärts gelegenen Abflüsse? Was sind die möglichen Folgen des Versagens eines mobilen Deiches?</p> <p>b. Folge der strukturellen Investitionen in die Wassersicherheit in Deutschland?</p> <p>c. Folge der Grundwasserbewirtschaftung in Deutschland auf den Oberflächenabfluss der grenzüberschreitenden Flüsse? d</p> <p>. Folge der Grundwasserbewirtschaftung auf das Grundwasser in NL?</p>	Waterschap Vechtstromen	BLB

69	Was bedeuten die neuen Klimaszenarien für die Vechtestadt? Welche Szenarien werden in Deutschland verwendet? Was sind die Unterschiede?	Waterschap Vechtstromen	CS
70	Was ist unter extremer Trockenheit zu verstehen? Was geschieht während eines solchen Ereignisses?	Waterschap Vechtstromen	DM
71	Fehlen eines grenzüberschreitenden Grundwassermodells zum Verständnis der Abhängigkeit des Grundwasserflusses	Waterschap Vechtstromen	DM
72	Möglichkeiten zum Austausch mit den Niederlanden über digital gesteuerte Dämme : Wie funktioniert das? Wie verändert die Wassernutzung und -bewirtschaftung in Deutschland die Gewässer in den Niederlanden? Wäre eine Zusammenarbeit bei der digitalen Steuerung von Staudämmen möglich? Wie kann dieses System in Deutschland (NDS) etabliert werden? Wäre eine Exkursion zu den Standorten in den Niederlanden möglich?	Landwirtschaftskammer Niedersachsen	TC
73	Verbesserung der Kommunikation: von der Forschung bis zu beratenden Institutionen wie der Landwirtschaftskammer	Landwirtschaftskammer Niedersachsen	KE
74	Verordnungen und Leitlinien für den Umgang mit Dürre, wie in den Niederlanden, werden als nützlich angesehen und fehlen in Deutschland.	Kreis Borken	DM
75	Extremsituationen oberhalb der geltenden HQ100- und HQextreme-Szenarien werden nicht berücksichtigt.	Kreis Borken	FM
76	Das Verständnis der Auswirkungen auf kritische Infrastrukturen bei extremen Hochwasser- und Dürreereignissen ist von entscheidender Bedeutung.	Kreis Steinfurt	CI
77	Diskussion über die Umsetzung von EU-Richtlinien, die sich auf die Wasserwirtschaft auswirken, über den Ausgleich unterschiedlicher Bedürfnisse und Anforderungen und den Umgang mit politischen Konflikten.	Kreis Steinfurt	DM
78	Umfassende (deutsche) Dürre-Strategie und -Management erforderlich (ähnlich der niederländischen Dürre-Management-Strategie)	Bezirksregierung Duesseldorf	DM
79	Nowcasting-System für regionale Flüsse	LANUV	MOD

80	Wie kommuniziere ich Ungewissheiten gegenüber Bürgern und Organisationen? Wie motiviere ich Menschen, angesichts von Unsicherheiten Entscheidungen zu treffen?	LANUV	RC
81	Definition der standardisierten nationalen Terminologie: Was ist Information / Warnung / Maßnahmen	LANUV	RC
82	Wie kann ich Modelle schneller erstellen? Z.B. dynamische Flutkarten? Inwieweit kann ich dafür KI verwenden?	LANUV	MOD

Kategorien: WQ = Wasserqualität, MOD = Modellierung, GOV = Governance, USDS = Upstream-Downstream-Abhängigkeiten, ST = Stresstest, MON = Monitoring, SU = Systemverständnis, SF = Schwammfunktion, DM = Dürremanagement, FF = Hochwasservorhersage, IMP = Auswirkungen, RC = Risikokommunikation, KM = Wissensmanagement, EA = Ökologische Bewertung, FM = Hochwassermanagement, TC = Grenzüberschreitende Zusammenarbeit, PA = Public Awareness, CI = Kritische Infrastruktur, WA = Wasserverfügbarkeit, CM = Krisenmanagement, SP = Raumplanung, CS = Klimaszenarien