
Emslandplan 2.0:

Nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen.

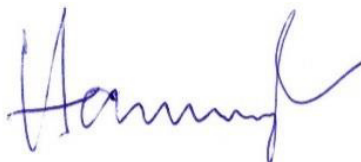
Auftraggeber: Dachverband der Wasserwirtschaft im Landkreis Emsland

c/o: Landkreis Emsland
Fachbereich Umwelt
Ordeniederung 1
49716 Meppen

Auftragnehmer: HYDOR Consult GmbH
Am Borsigturm 31
13507 Berlin

Bearbeitung: M. Sc. Jenny Kröcher
M. Sc. Alexander Strom
Dipl. Geol. Dr. Stephan Hannappel

Berlin, 08.12.2021



Dr. S. Hannappel

Geschäftsführer HYDOR Consult GmbH

Ἀριστον μὲν ὕδωρ – Das Beste aber ist das Wasser

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Zielsetzung	7
2.	Einbindung der Akteure	8
3.	Datengrundlage	9
4.	Charakterisierung des Untersuchungsgebietes	10
4.1	Topographie und Gewässernetz.....	10
4.2	Klimatische Verhältnisse	12
4.3	Landnutzung und Naturschutz.....	15
4.4	Böden.....	18
4.5	Geologie und Hydrogeologie	20
5.	Hydrogeologische Bestandsaufnahme	24
5.1	Entwicklung der Grundwasserneubildung.....	24
5.2	Zeitliche Entwicklung der Grundwasser- und Pegelstände	29
5.2.1	Methodik	29
5.2.2	Grundwasserstände	31
5.3	Pegelstände	34
5.4	Bestimmung des Grundwasserflurabstands	36
5.4.1	Datenaufbereitung.....	37
5.4.2	Regionalisierung mittels Variographie und Kriging	39
5.4.3	Ergebnisse	42
5.5	Entwicklung der nutzbaren Dargebotsreserven	45
6.	Maßnahmen für den Wasserrückhalt in der Fläche	49
6.1	Hintergrund und politischer Rahmen	49
6.2	Grundlagen und Ansätze für Wasserrückhaltmaßnahmen.....	50
6.3	Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen für das Projektgebiet.....	53
6.4	Synergieeffekte und Konfliktpotenziale von Wasserrückhaltmaßnahmen	56
6.5	Potenziell geeignete Bereiche für den Wasserrückhalt.....	57
6.5.1	Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration	57
6.5.2	Eignung für Maßnahmen an Entwässerungssystemen und zum ökologischen Gewässerausbau	60
6.5.3	Eignung für Flächenmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft.....	63
6.6	Wasserwirtschaftliche Einheiten	63
6.7	Bewertung der Maßnahmen	63
6.7.1	Erläuterung der Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse	64
6.7.2	Eignungsbewertung.....	66
6.7.3	Einordnung der Ergebnisse	68
7.	Fallstudie: Modelltechnische Wirkungsanalyse von Wasserrückhaltmaßnahmen im Einzugsgebiet der Lotter Beeke	69

7.1	Auswahl und Charakterisierung des Modellgebiets	69
7.2	Datengrundlagen und -aufbereitung	72
7.3	Modellaufbau und -kalibrierung	77
7.3.1	Modellkalibrierung	79
7.3.2	Modelltest.....	80
7.3.3	Modellierte Wasserhaushaltsgrößen	81
7.4	Wirkungsanalyse von Wasserrückhaltmaßnahmen	83
7.4.1	Auswahl der Maßnahmen.....	83
7.4.2	Ergebnisse der Maßnahmenmodellierung	84
7.4.3	Einordnung der Modellergebnisse	89
8.	Ausblick und Empfehlungen	91
9.	Zusammenfassung.....	92
10.	Literaturverzeichnis	94

Verzeichnis des Anhangs

- Anhang 1: Protokolle der vier durchgeführten Projektveranstaltungen im Jahr 2021
- Anhang 2: Grundwassergleichenpläne charakteristischer hydrologischer Zeitpunkte (Niedrig-, Mittel- und Hochwasser)
- Anhang 3: Grundwasserflurabstandskarten charakteristischer hydrologischer Zeitpunkte (Niedrig-, Mittel- und Hochwasser)
- Anhang 4: Vorauswahl geeigneter Wasserrückhaltmaßnahmen
- Anhang 5: Übersichtskarte wasserwirtschaftlicher Einheiten im Projektgebiet
- Anhang 6: Bewertungsmatrix der Maßnahmen, Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse
- Anhang 7: Handlungsleitfaden zur Planung und Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Digitales Geländemodell (DGM25).....	11
Abbildung 2: Gewässernetz für einen Ausschnitt des Projektgebiets im Bereich des entwässerten Bourtanger Moors.....	12
Abbildung 3: Niederschläge in den hydrologischen Jahren 1960 bis 2020 in Lingen.....	13
Abbildung 4: Niederschläge in den hydrologischen Jahren 1960 bis 2020 in Groß Berßen.....	13
Abbildung 5: Entwicklung langjähriger durchschnittlicher Niederschläge und Temperaturen bezogen auf das hydrologische (Halb-) Jahr für Lingen.....	14
Abbildung 6: Landnutzung im Projektgebiet anhand des Digitalen Landschaftsmodells.....	16
Abbildung 7: Geschützte Gebiete naturschutzfachlicher Art im Projektgebiet.....	17
Abbildung 8: Verteilung der bodenartigen Profiltypen im Projektgebiet.....	19
Abbildung 9: Geologische Übersichtskarte 1:500.000 (GÜK500) des Projektgebiets.....	21
Abbildung 10: Grundwassergleichenkarte (HK50GWO) des Projektgebiets für das Mittelwasserereignis im Januar 1993.....	22
Abbildung 11: Grundwasserkörper und Wasserschutzgebiete im Projektgebiet.....	23
Abbildung 12: Mittlere monatliche Grundwasserneubildung nach mGROWA18 für den Zeitraum von 1981 bis 2010 im Projektgebiet.....	25
Abbildung 13: Differenz der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung der 30-jährigen Perioden (1981 bis 2010 minus 1961 – 1990).....	26
Abbildung 14: Veränderung der mittleren Grundwasserneubildung im Projektgebiet für 2021 – 2050 und 2071 – 2100 im Vergleich zu 1971 – 2000.....	28
Abbildung 15: Standorte der ausgewählten Grundwassermessstellen und Pegel.....	30
Abbildung 16: Entwicklung der mittleren Grundwasserstände zwischen 1950 und 2021.....	32
Abbildung 17: Räumliche Darstellung der Trendentwicklung der Grundwasserganglinien für den Zeitraum von 1991 bis 2020.....	33
Abbildung 18: Entwicklung der mittleren Pegelstände zwischen 1950 und 2021.....	34
Abbildung 19: Räumliche Darstellung der Trendentwicklung der Pegelganglinien für den Zeitraum 1991 bis 2020.....	35
Abbildung 20: Begriffsbestimmung des Flurabstands bei gespanntem und ungespanntem Grundwasser....	36
Abbildung 21: Entwicklung der mittleren Grundwasserstände zwischen 1950 und 2021 mit für die Bestimmung des Flurabstands ausgewählten Zeitpunkten der Systemzustände hohes, mittleres und niedriges Grundwasser.....	37
Abbildung 22: Omnidirektionales experimentelles Semivariogramm der Messdaten für das MGW (Mai 2018) und angepasstes exponentielles Variogramm-Modell.....	39
Abbildung 23: Zweidimensionales experimentelles Semivariogramm der Messdaten für den Zeitpunkt des MGW im Mai 2018.....	40
Abbildung 24: Differenz der berechneten Flurabstände basierend auf dem DGM1 und dem DGM5 für ein Teilgebiet.....	42
Abbildung 25: Ausschnitt der Grundwassergleichenplan für das MGW (Mai 2018) im Projektgebiet.....	43
Abbildung 26: Ausschnitt der Flurabstandskarten.....	44
Abbildung 27: Nutzbares Grundwasserdargebot, genehmigte Entnahmemengen und nutzbare Dargebotsreserve je Grundwasserkörper.....	46
Abbildung 28: Aktuelle Erfassung der Entnahmerechte; Datengrundlage: Einträge im digitalen Wasserbuch mit Zusatzinformationen der UWB.....	47
Abbildung 29: Entwicklung der tatsächlichen Grundwasserentnahme durch die öffentlichen Wasserversorger je Grundwasserkörper.....	48
Abbildung 30: Entwicklung der Entnahmerechte von 2014 – 2021 je Grundwasserkörper.....	48
Abbildung 31: Liste der 53 NWRM gemäß EU-Katalog.....	51
Abbildung 32: Algorithmus zur Ermittlung der Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration.....	58
Abbildung 33: Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration.....	59

Abbildung 34: Algorithmus für die Eignung von Flächen für Maßnahmen an Entwässerungssystemen und zum ökologischen Gewässer Ausbau	60
Abbildung 35: Eignung von Flächen bzw. Gewässern für Maßnahmen an Drainagen oder Gräben	61
Abbildung 36: Eignung von Flächen für landwirtschaftliche Maßnahmen oder Waldumbau	62
Abbildung 37: Differenz der berechneten Grundwasserflurabstände der Zeitpunkte hohen und niedrigen Grundwassers im gesamten Projektgebiet.....	70
Abbildung 38: Landnutzung im Modellgebiet nach ATKIS DLM25	71
Abbildung 39: Vergleich der aus dem DGM1 und DGM5 extrahierten Fließgewässer und Abflussbahnen im Modellgebiet	74
Abbildung 40: Lage der dokumentierten drainierten landwirtschaftlich genutzten Flächen basierend auf Unterlagen des WBV Lotter Beeke und der mittels BK50 abgeleiteten drainierten Flächen ...	76
Abbildung 41: Modellierter und gemessener mittlerer monatlicher Abfluss am Pegel Lotten	81
Abbildung 42: Jährliche Summe der modellierten Wasserhaushaltsgrößen im Einzugsgebiet über den Modellzeitraum von 2013-2019	81
Abbildung 43: Monatliche modellierte reale Evapotranspiration	82
Abbildung 44: Gemittelte Grundwasserganglinien der GWM im Modellgebiet und der jeweiligen Teileinzugsgebiete.....	82
Abbildung 45: Modellierter mittlerer monatlicher Abfluss am Pegel Lotten mit und ohne Maßnahme „Rückbau der Drainage“	85
Abbildung 46: Änderung des Grundwasserstands je Teileinzugsgebiet durch die Maßnahme "Rückbau der Drainage".....	86
Abbildung 47: Modellierter mittlerer monatlicher Abfluss am Pegel Lotten mit und ohne Maßnahme „Anhebung der Gewässersohle“	87
Abbildung 48: Änderung des Grundwasserstands je Teileinzugsgebiet durch die Maßnahme "Anhebung der Gewässersohle"	88
Abbildung 49: Modellierter mittlerer monatlicher Abfluss im betrachteten Graben mit und ohne Maßnahme „Aktive Stauhaltung“	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitpunkte der hydrogeologischen Systemzustände zur Erstellung der Karten des Flurabstands	37
Tabelle 2: Abweichungen zwischen gemessenen Pegelwasserständen und aus dem DGM1 abgegriffenen Höhen der Wasseroberfläche an den Fließgewässerpegeln	38
Tabelle 3: Variogramm-Parameter der Regionalisierung des Grundwasserstands für den Zeitpunkt des mittleren Grundwassers im Mai 2018	40
Tabelle 4: LAWA-BLANO Maßnahmen Nr. 61 - 87	52
Tabelle 5: Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen für den Wasserrückhalt in der Fläche	55
Tabelle 6: Klassifikation der Durchlässigkeitsklassen nach Petrographie bzw. Genese	58
Tabelle 7: Übersicht der Wirkungsindikatoren mit ihren Gewichtungen und der Umsetzungshemmnisse....	64
Tabelle 8: Bewertungssystem für die Wirkungsindikatoren der Wasserrückhaltmaßnahmen	67
Tabelle 9: Bewertungssystem für die Umsetzungshemmnisse der Wasserrückhaltmaßnahmen	67
Tabelle 10: Datengrundlagen für das Erstellen eines Wasserhaushaltsmodells mit Datenquelle	73
Tabelle 11: Voreinstellung von Modellparametern auf Basis bestehender Datengrundlagen	78
Tabelle 12: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse und Modellkalibrierung	80
Tabelle 13: saisonale Stauhöhen für die Modellierung der Maßnahme "Aktive Stauhaltung" mit SWAT	84

Abkürzungsverzeichnis

AMBAV	Agrarmeteorologische Berechnung der aktuellen Verdunstung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BK	Bodenkarte
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DGM	Digitales Geländemodell
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DTK	Digitale Topographische Karte
DWD	Deutscher Wetterdienst
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst
GOK	Geländeoberkante
GÜK	Geologische Übersichtskarte
HGW	Hohes Grundwasser
HK50GWO	Hydrogeologische Karte der Grundwasseroberfläche 1:50.000
HUEK	Hydrogeologische Übersichtskarte
HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
IPCC	Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Weltklimarat)
KliWaKo	Klima-Wasser-Kooperation Ahlde
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Rohstoffe
LfV	Landesfischereiverband
LAWA	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LK	Landkreis
LROP	Landesraumordnungsprogramm
LSN	Landesamt für Statistik Niedersachsen
LWK	Landwirtschaftskammer Niedersachsen
mGROWA	monatliches großräumiges Wasserhaushaltsmodell
MGW	Mittleres Grundwasser
MSRL	Meeresschutzrichtlinie
NABU	Naturschutzbund Deutschland e. V.
N-A-Modell	Niederschlags-Abfluss-Modell
nFKWe	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum
NGW	Niedriges Grundwasser
NHWSP	Nationales Hochwasserschutzprogramm
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NSE	Nash-Sutcliffe Effizienz
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
NWRM	Wasserrückhaltemaßnahmen „Natural Water Retention Measures“
PET	potentielle Evapotranspiration
RCP	repräsentativer Konzentrationspfad
SLA	Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung
SWAT	Soil & Water Assessment Tool
ULV	Unterhaltungsverband
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UWB	Untere Wasserbehörde
WBV	Wasser- und Bodenverband
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRM	Wasserrückhaltemaßnahme
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WVU	Wasserversorgungsunternehmen

1. Veranlassung und Zielsetzung

Das Emsland ist eine Region im Westen Niedersachsens. Der 1977 gebildete Landkreis Emsland erstreckt sich über eine Fläche von 2.880 km². Einst geprägt durch großflächige Moorniederungen und Heidegebiete, auf denen eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung wenig ertragreich war, hat sich das Emsland heute zu einer wirtschaftlich prosperierenden Region entwickelt. Der am 5. Mai 1950 vom Bundestag beschlossene „Emslandplan“ trug maßgeblich zu dieser Entwicklung bei. Besonders die erste Umsetzungsphase des Plans zielte auf die Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft und damit auf eine großflächige Melioration durch Kultivierung von Moor- und Heideböden ab. Auch die zunehmende Entwässerung der Landschaft durch Drainage und den Ausbau von Gräben und Vorflutern wirkte sich positiv auf den landwirtschaftlichen Ertrag aus. Insgesamt wurden im Rahmen des Plans rund 128.000 ha Böden kultiviert. Zur flächenhaften Entwässerung des Emslands wurden über 6.800 km Gräben und Vorfluter ausgebaut und etwa 17.000 ha Fläche drainiert. Hinzu kommen Flussregulierungen und -begradigungen, die bereits im 19. Jahrhundert durchgeführt und durch den Emslandplan erweitert wurden (Landkreis Emsland 2021).

Noch heute ist das Emsland durch das dichte Entwässerungssystem geprägt, das die großflächige Landwirtschaft ermöglichte. Angesichts der in den letzten Jahren verstärkt zu beobachtenden Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt im Emsland entstand jedoch das Bestreben, das Wassermengenmanagement im Emsland neu zu konzipieren. Mit der Initiative „Wasser im Emsland“ sollen in den kommenden Jahren Konzepte zur langfristigen Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung und Maßnahmen für ein nachhaltiges Wassermengenmanagement mit allen relevanten Akteuren diskutiert, geplant und umgesetzt werden. Mit der „KlimaWasserKooperation Ahlde - KliWaKo“¹ und der Machbarkeitsstudie zur Nachnutzung des Speicherbeckens Geeste existieren bereits zwei lokale Einzelprojekte, die an diese Initiative anknüpfen. Für ein gemeinsam getragenes, nachhaltiges Wassermengenmanagement im Emsland ist jedoch ein ganzheitlicher Ansatz unter Einbeziehung aller Akteure unabdingbar. Dieser Ansatz wird durch das hier dokumentierte Projekt „Emslandplan 2.0 – nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen“ verfolgt.

Ziel des am 15.12.2020 durch den Dachverband an HYDOR beauftragten Projektes ist es, alle Akteure im Landkreis Emsland für einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen und Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu sensibilisieren und eine gemeinsame Wissensbasis der hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu schaffen. Gemeinsam mit allen Akteuren werden darauf aufbauend Herangehensweisen zur Entwicklung und Umsetzung von Wassermengenmanagementkonzepten erarbeitet und diskutiert.

Im Rahmen dieses Projekts leisten die hier dokumentierten Arbeiten eine hydrologische und hydrogeologische Wissensbasis für das Projektgebiet „Emslandplan 2.0“ und fassen die recherchierten und mit allen Akteuren in einem Abstimmungsprozess entwickelten Maßnahmen für ein optimiertes

¹ Informationen zum Projekt verfügbar unter: <https://www.emsland.de/wirtschaft-struktur/klimaschutz/umwelt-und-natur/kliwako/klima-wasser-kooperation-zur-anpassung-des-trinkwassergewinn.html> (Stand: 22.11.2021)

Wassermengenmanagement zusammen. Die Ergebnisse der Maßnahmenmodellierung mittels eines Wasserhaushaltsmodells in einem Teilgebiet werden analysiert und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte abgeleitet.

2. Einbindung der Akteure

Um möglichst alle Akteure anzusprechen und zur Partizipation bewegen zu können, wurden vom Dachverband der Wasserwirtschaft im Landkreis Emsland u. a. folgende Institutionen in den einjährigen Projektverlauf eingebunden:

- die Unteren Wasserbehörden der Landkreise Emsland, Osnabrück, Cloppenburg, der Grafenschaft Bentheim und der Stadt Lingen (Ems),
- das Emsländische Landvolk,
- die Landwirtschaftskammer (LWK) Niedersachsen,
- die Niedersächsischen Landesforsten,
- der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küstenschutz und Naturschutz (NLWKN) als Gewässerkundlicher Landesdienst (GLD),
- das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG),
- der Naturschutzbund Deutschland e. V. (NABU),
- der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND),
- die Landesjägerschaft Niedersachsen,
- der Landesfischereiverband Weser-Ems,
- die Wasser- und Bodenverbände (WBV) im Landkreis Emsland,
- das Emsland Moormuseum sowie
- die Staatliche Moorverwaltung.

Die Einbindung erfolgte im Wesentlichen in drei Hauptveranstaltungen, in denen der laufende Projektfortschritt und Ergebnisse in Form von Fachvorträgen von der HYDOR Consult GmbH vorgestellt und im Anschluss mit den Akteuren breit diskutiert wurden. Die Projektergebnisse wurden in einer Abschlussveranstaltung präsentiert. Die Protokolle der Veranstaltung können aus Anhang 1 entnommen werden. Die Veranstaltungen trugen folgende Themenschwerpunkte:

1. Veranstaltung am 3. März 2021 (online): Erfahrungsaustausch und Schaffung einer gemeinsamen Informationsbasis,
2. Veranstaltung am 3. Mai 2021 (online): Maßnahmen des Wasserrückhalts,
3. Veranstaltung am 30. September 2021 (vor Ort): Maßnahmenbewertung und Herangehensweise an lokale Wassermengenmanagementkonzepte,

4. Abschlussveranstaltung am 2. Dezember 2021 (online): Präsentation der Projektergebnisse und des Handlungsleitfadens zu Planung und Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte.

Darüber hinaus fand ein intensiver bilateraler Austausch mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen fachlichen Richtungen oben genannter Institutionen für die Maßnahmenvorauswahl und -bewertung im Vorfeld der zweiten und dritten Veranstaltung statt (siehe Kapitel 6). Für die Erstellung eines Wasserhaushaltsmodells im Einzugsgebiet der Lotter Beeke im Rahmen des Projekts wurden die Akteurinnen und Akteure vor Ort im Rahmen einer Geländebegehung und einer Diskussion über Maßnahmen zur Förderung des Wasserrückhalts im Gebiet eingebunden.

3. Datengrundlage

Für die hydrogeologische Bestandsaufnahme und die Erarbeitung von Maßnahmen des Wasserrückhalts in der Fläche wurden die notwendigen hydrologischen und hydrogeologischen Daten bei den fachlich zuständigen Behörden und wissenschaftlichen Diensten recherchiert. Dabei handelte es sich im Wesentlichen um die Dienststellen:

- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küstenschutz und Naturschutz (NLWKN),
- Landkreis Emsland - Fachbereich Umwelt - ,
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Ems-Nordsee - Standort Meppen,
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG),
- Deutscher Wetterdienst (DWD) und
- lokale Wasserversorgungsunternehmen (WVU).

Für die Modellierung von Maßnahmen im Einzugsgebiet der Lotter Beeke wurden zudem Daten bei folgenden Behörden und Verbänden recherchiert:

- Unterhaltungsverband ULV 99 „Untere Hase“,
- Wasser- und Bodenverband Lotter Beeke und
- Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung.

Die Datengrundlagen umfassten unter anderem Zeitreihen der Wasserstände des Grundwassers, der oberirdischen Gewässer und des Klimas, räumliche Daten des Gewässernetzes, der Landnutzung und Geologie sowie Daten zur Wasserentnahme. Die räumlichen Daten wurden in einem ersten Schritt auf das Projektgebiet zugeschnitten und die Zeitreihen auf ihre Plausibilität überprüft.

4. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die Erarbeitung der Grundlagen für nachhaltige Wassermengenmanagementkonzepte steht im Mittelpunkt des Projekts. Für eine ganzheitliche Betrachtung des Wassermengenmanagements in der Fläche setzt sich das Projektgebiet daher, über die politischen Grenzen des Landkreises Emsland hinaus, aus den oberirdischen Einzugsgebieten der Gewässer II. und III. Ordnung zusammen. Innerhalb des Projektgebiets befinden sich somit der Landkreis Emsland und Teile der Landkreise Grafschaft Bentheim, Osnabrück und Cloppenburg. Die Gesamtfläche des zu betrachtenden Gebiets beträgt 3.321 km². Die naturräumlichen Eigenschaften des Projektgebiets werden in diesem Kapitel beschrieben.

4.1 Topographie und Gewässernetz

Das Emsland ist Teil des Landschaftsraums „Norddeutsches Tiefland“. Charakteristisch dafür sind die großflächigen Moorniederungen, die vereinzelt noch bestehenden Hochmoore und die sandigen Geestflächen im Projektgebiet. Naturräumlich ist das Gebiet im Westen und Norden in die Ostfriesisch-Oldenburgische Geest und im Süd-Osten in die Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung untergliedert. Die großflächigen Niederungen, darunter das Bourtanger Moor und die Küsten-Kanal-Moore, befinden sich im Westen und Norden, überwiegend tiefliegend, mit Höhen unter 5 m NN bis etwa 20 m NN. Dagegen ist das Projektgebiet im Osten und Süden von glazial entstandenen Geestbereichen wie dem Hümmling, der Ankumer Höhe, der Lingener Höhe und der Emsbürener Höhe geprägt. Der maximale Höhenunterschied im Projektgebiet beträgt etwa 100 Meter. Die Topographie ist in Abbildung 1 anhand des Digitalen Geländemodells (DGM25) dargestellt.

Hydrologisch ist das Projektgebiet durch die Flussläufe Ems und Hase geprägt, die als Hauptvorfluter fungieren. Die Ems fließt von Süden nach Norden durch das Projektgebiet. Die Hase fließt von Ost nach West und mündet bei Meppen in die Ems. Für die Binnenschifffahrt spielen der Küstenkanal und der Dortmund-Ems-Kanal eine wesentliche Rolle. Der Dortmund-Ems-Kanal verläuft im Süden des Gebiets rechts der Ems. Ab Meppen ist die Ems als Bestandteil des Dortmund-Ems-Kanals zunehmend begradigt.

Die Fließgewässer natürlichen Ursprungs wurden gemäß der Bewertung nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL; Richtlinie 2000/60/EG) aufgrund menschlichen Eingriffs überwiegend als „erheblich verändert“ eingestuft. Hinsichtlich des ökologischen Zustands bzw. Potenzials erfüllt lediglich die Diekbäke im Einzugsgebiet der Hase einen guten ökologischen Zustand. Alle anderen Fließgewässer I. und II. Ordnung befinden sich gemäß der Bewertung in einem mäßigen bis schlechten Zustand bzw. Potenzial (FGG Ems 2015).

Neben diesen durch den Menschen veränderten Gewässern natürlichen Ursprungs wurden im Rahmen des Emslandplans großflächige Entwässerungssysteme in den Niederungen angelegt. Über ein dichtes Netz kleiner Gräben und Vorfluter wird noch heute Wasser aus Flächen ehemaliger Moorniederungen abgeführt (Abbildung 2).

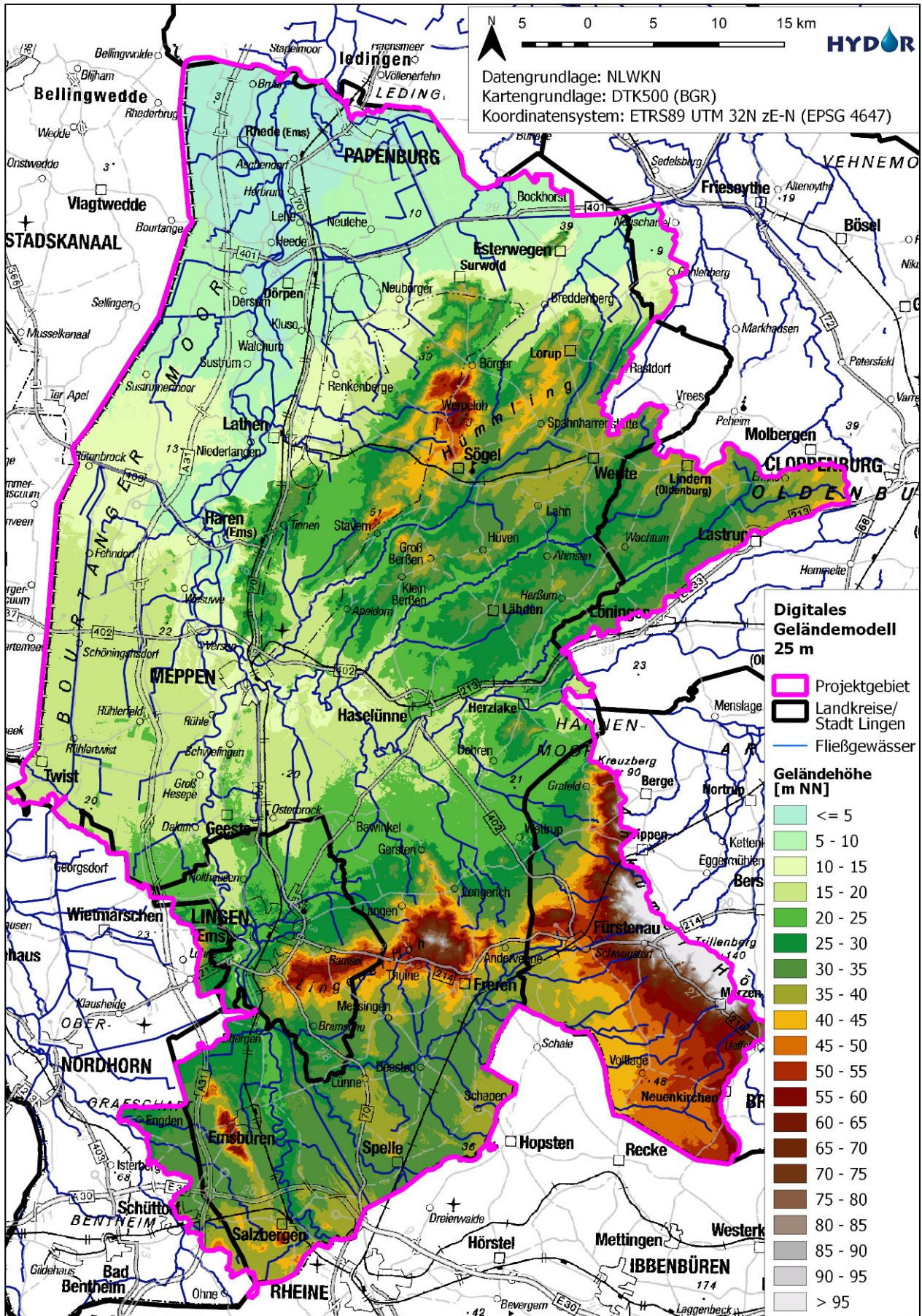


Abbildung 1: Digitales Geländemodell (DGM25)

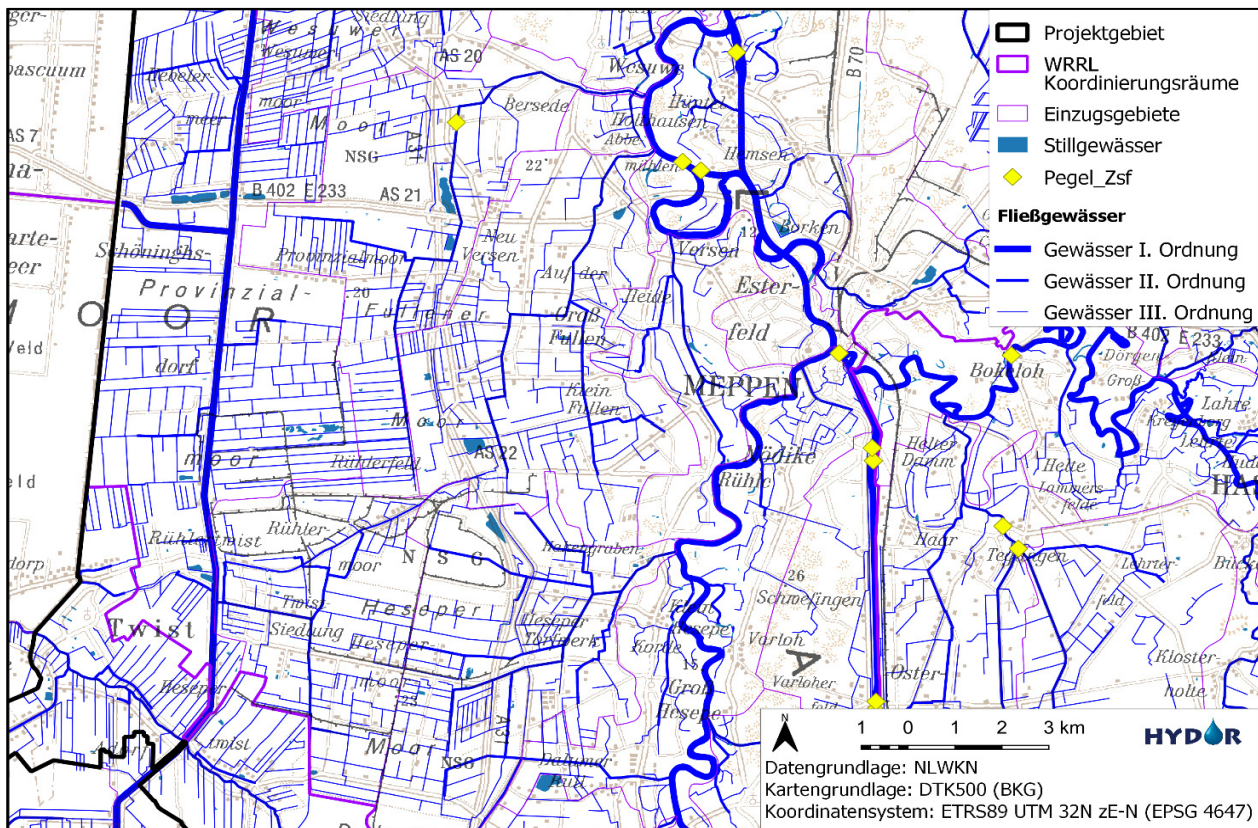


Abbildung 2: Gewässernetz für einen Ausschnitt des Projektgebiets im Bereich des entwässerten Bourtanger Moors

Das Speicherbecken Geeste stellt mit einer Fläche von rund 230 ha das größte Stillgewässer im Projektgebiet dar. Das künstliche Gewässer befindet sich zwischen Lingen und Meppen und dient als Kühlwasserbecken für das Kernkraftwerk Emsland und die Lingener Gaskraftwerke. Das Speicherbecken besitzt eine Sohlabdichtung und hat daher keinen Kontakt zum Grundwasser (Franke et al. 2002). Die natürlichen Stillgewässer der Region haben eine geringe Ausdehnung von meist unter 5 ha, nehmen jedoch eine große Bedeutung für die Artenvielfalt ein (Franke et al. 2002).

4.2 Klimatische Verhältnisse

Zur Beschreibung der klimatischen Verhältnisse im Projektgebiet wurden Daten des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Für die Tagesmitteltemperaturen wurden Daten der Wetterstation Lingen (Station-Nr. 3023) zwischen Januar 1960 und Juni 2020 ausgewertet. Diese wurden zwischen Juni 2020 und Dezember 2020 um Daten der Wetterstation in Meppen (Station-Nr. 3254) ergänzt. Für die täglichen Niederschlagshöhen wurden ebenfalls Daten der Station Lingen herangezogen und ab Juni 2020 um Daten der rund 20 km in nordwestlicher Richtung von Lingen entfernten Wetterstation in Twist (Station-Nr. 5131) ergänzt. Des Weiteren wurden tägliche Niederschlagshöhen der Station Groß Berßen (Station-Nr. 1792) im Zeitraum von 1960 bis 2020 ausgewertet. Die Jahresniederschlagssummen und –durchschnittstemperaturen für Lingen sind in Abbildung 3 dargestellt. Abbildung 4 zeigt die Jahresniederschlagssummen für Groß Berßen. Dabei sind die Jahre nicht als Kalenderjahre, sondern als hydrologische Jahre mit Beginn zum 1. November definiert, d. h. das hydrologische Jahr 2020 reicht vom 1. November 2019 bis 31. Oktober 2020.

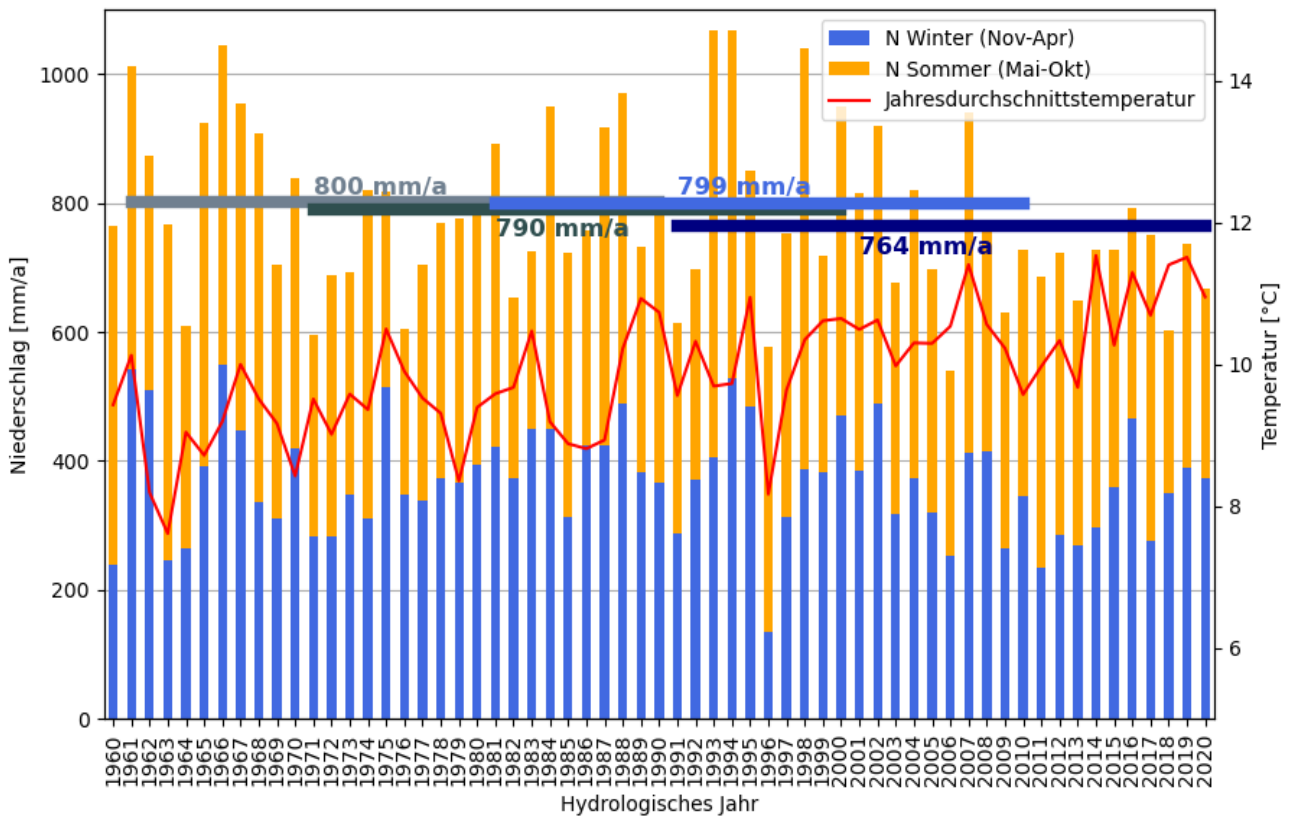


Abbildung 3: Niederschläge in den hydrologischen Jahren 1960 bis 2020 in Lingen (Daten: DWD)

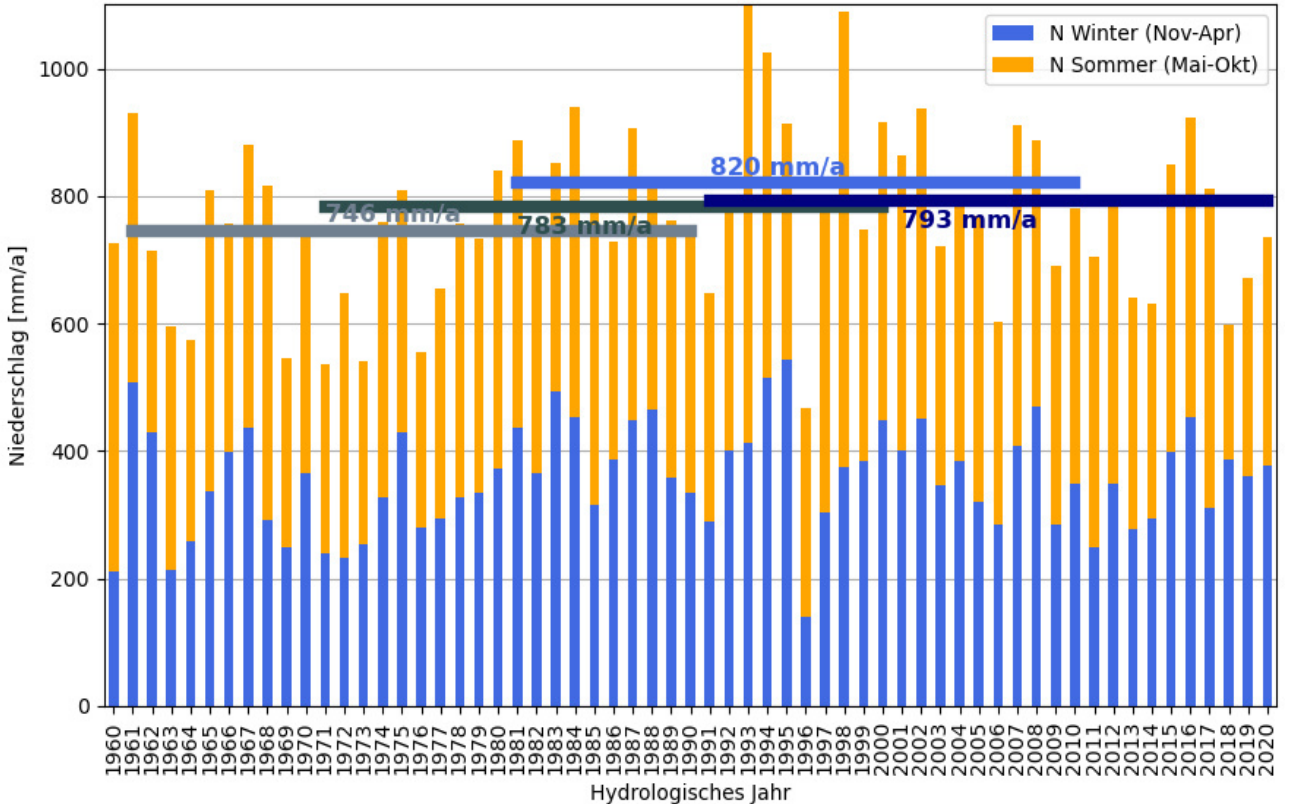


Abbildung 4: Niederschläge in den hydrologischen Jahren 1960 bis 2020 in Groß Berßen (Daten: DWD)

Im Zeitraum 1961 bis 1990 lag die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme in Lingen bei 800 mm/a und sank im Zeitraum 1991 bis 2020 um rund 5 % auf 764 mm/a. In Groß Berßen betrug die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme zwischen 1961 und 1990 dagegen nur 746 mm/a, und stieg im Zeitraum 1991 bis 2020 um etwa 6 % auf 793 mm/a an.

Die Jahresdurchschnittstemperatur der Station Lingen zeigt einen stetigen Anstieg von etwa 9°C in den 60er Jahren auf derzeit etwa 11°C mit periodischen Schwankungen. Es deutet sich darüber hinaus an, dass Jahre mit überdurchschnittlich hohen Niederschlagsmengen von über 900 mm/a seit den 00er Jahren seltener auftreten. In den Trockenjahren 2018 bis 2020 lag die Jahresniederschlagsmenge durchschnittlich bei ca. 700 mm/a. Insbesondere die Summe der Niederschlagshöhen in den Sommermonaten während dieser Trockenjahre fiel mit rund 250 mm deutlich geringer aus als im Mittel im Zeitraum von 1991 bis 2020 (409 mm).

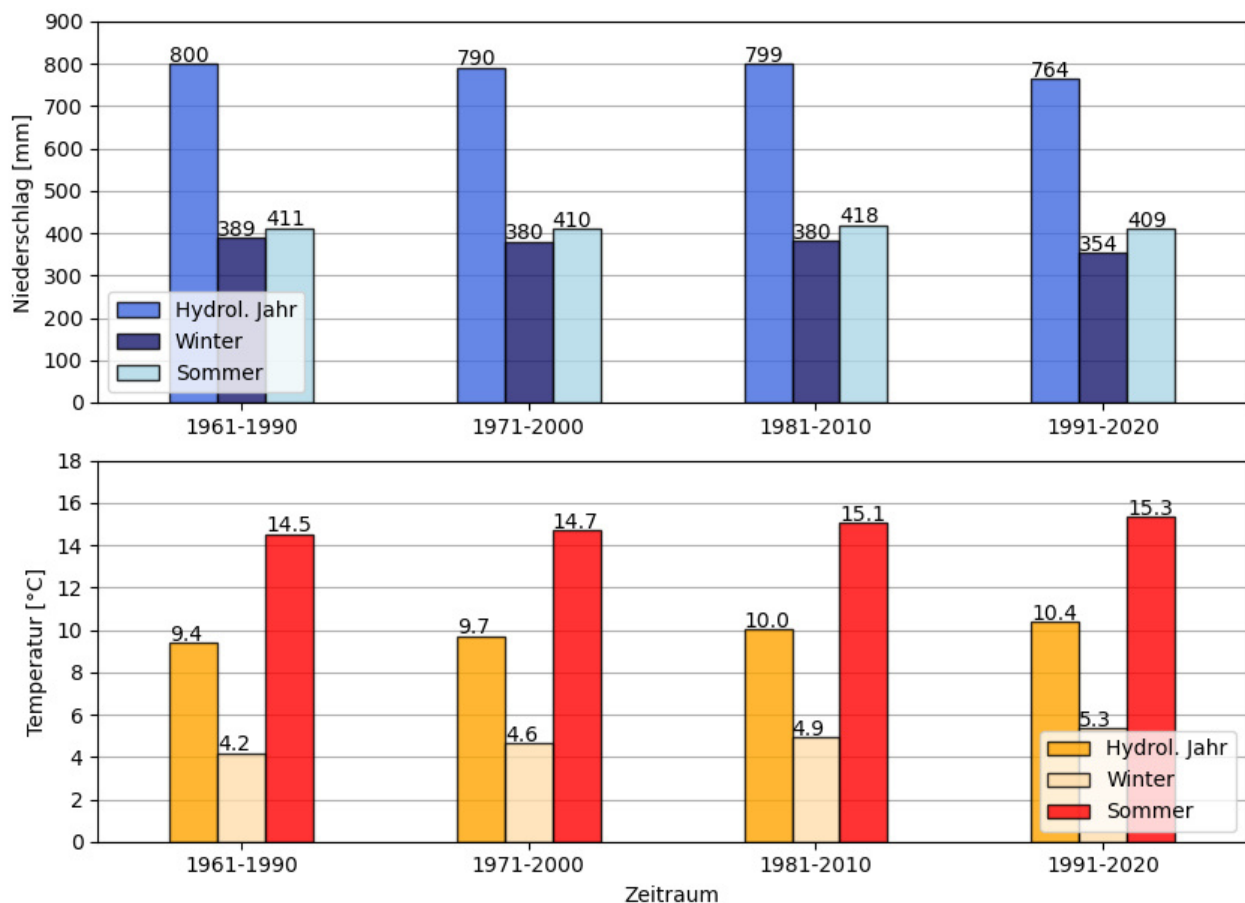


Abbildung 5: Entwicklung langjähriger durchschnittlicher Niederschläge und Temperaturen bezogen auf das hydrologische (Halb-) Jahr für Lingen (Daten: DWD)

Die langjährige Entwicklung der Niederschläge und Temperaturen für Zeiträume von 30 Jahren ist in Abbildung 5 für die Winter- bzw. Sommerhalbjahre aufgeführt. Betrachtet man die Winterhalbjahre (November bis April), so ist im Zeitraum 1991 bis 2020 ein Rückgang der Niederschläge um 7 % auf 354 mm im Vergleich zu den vorhergehenden Zeiträumen festzustellen. Die Sommerniederschläge sind hingegen verglichen mit den vorhergehenden Zeiträumen im Mittel konstant geblieben. Bezogen auf das gesamte hydrologische Jahr ergibt sich damit ein Rückgang der Gesamtniederschläge

im Zeitraum von 1991 bis 2020. Die Reduktion der durchschnittlichen Niederschläge wird von einem Temperaturanstieg begleitet. In den Winterhalbjahren sind die Durchschnittstemperaturen von 4,2°C (1961 bis 1990) auf 5,3°C (1991 bis 2020) angestiegen. Die Sommerhalbjahre zeigen für diesen Vergleich eine Temperaturzunahme von 14,4°C auf 15,3°C.

Zusammenfassend lässt sich im Jahresdurchschnitt eine relativ starke Temperaturzunahme um 1°C von durchschnittlich 9,4°C im Zeitraum von 1961-1990 auf 10,4°C im Zeitraum von 1991-2020 konstatieren. Den Niederschlägen wirkt im Sommer eine erhöhte Evapotranspiration aufgrund des Temperaturanstiegs entgegen, sodass eine Auswirkung auf den Verlauf der Grundwasserstände langfristig zu erwarten ist.

4.3 Landnutzung und Naturschutz

Die Beschreibung der Landnutzung im Projektgebiet basiert auf dem Digitalen Landschaftsmodell (DLM25). Eine Übersicht der Landnutzung im Gebiet ist in Abbildung 6 gegeben. Über die Hälfte der Fläche des Projektgebiets ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Rund 52 % der Gebietsfläche wird als Ackerland genutzt. Diese Flächen liegen sowohl im Bereich der Geest als auch in den Niederungen. Auf etwa 10 % der Gesamtfläche, überwiegend in Niederungsbereichen, findet eine landwirtschaftliche Nutzung als Grünland statt. Mit insgesamt 62 % liegt der Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche demnach über dem landesweiten Durchschnitt. Der Anteil bewaldeter Fläche liegt mit 16 % hingegen unter dem landesweiten Durchschnitt (LSN 2018).

Die als Siedlungsflächen zusammengefassten Wohn-, Industrie- und Infrastrukturf lächen nehmen einen Flächenanteil von rund 17 % ein. Ein geringer Flächenanteil von jeweils unter 3 % entfällt auf Moore, Unland (Gehölz, Heide) und Gewässer. Einst großflächige Moorgebiete wie das Bourtanger Moor wurden aufgrund ihrer heute überwiegenden landwirtschaftlichen Nutzung nicht als Moor ausgewiesen, sodass der Anteil der Moorflächen gering ausfällt.

Die verbliebenen Moorflächen ohne primäre landwirtschaftliche Nutzung stellen bedeutende Habitate für zumeist geschützte Arten dar und sind daher überwiegend nach § 32 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) geschützt. Zudem sind die gesetzlich geschützten Flächen überwiegend als EU-Vogelschutzgebiet (Richtlinie 79/409/EWG) und FFH-Schutzgebiet (Richtlinie 92/43/EWG) Teil des Biotopnetzwerks Natura 2000. Entlang der Ems erstreckt sich im Projektgebiet ein zusammenhängendes Netz aus Natura-2000-Gebieten und Landschaftsschutzgebieten. Weitere großflächige Landschaftsschutzgebiete und Natura-2000-Gebiete befinden sich am Unterlauf der Hase, im Oberlauf der Mittel- und Südradde sowie auf dem Hümmling und der Ankumer Höhe. Eine Übersicht der geschützten Flächen ist in Abbildung 7 dargestellt.

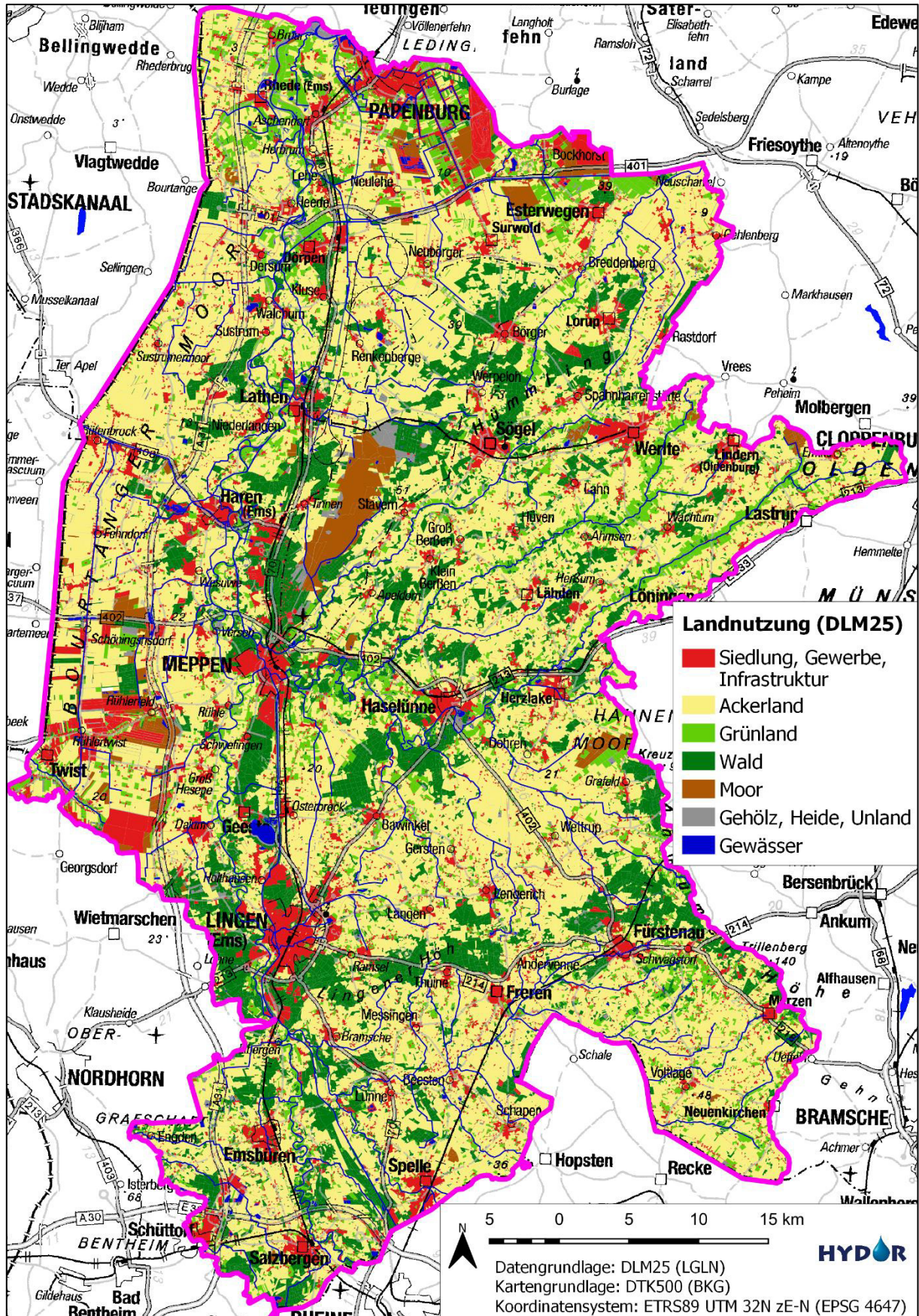


Abbildung 6: Landnutzung im Projektgebiet anhand des Digitalen Landschaftsmodells (DLM25)

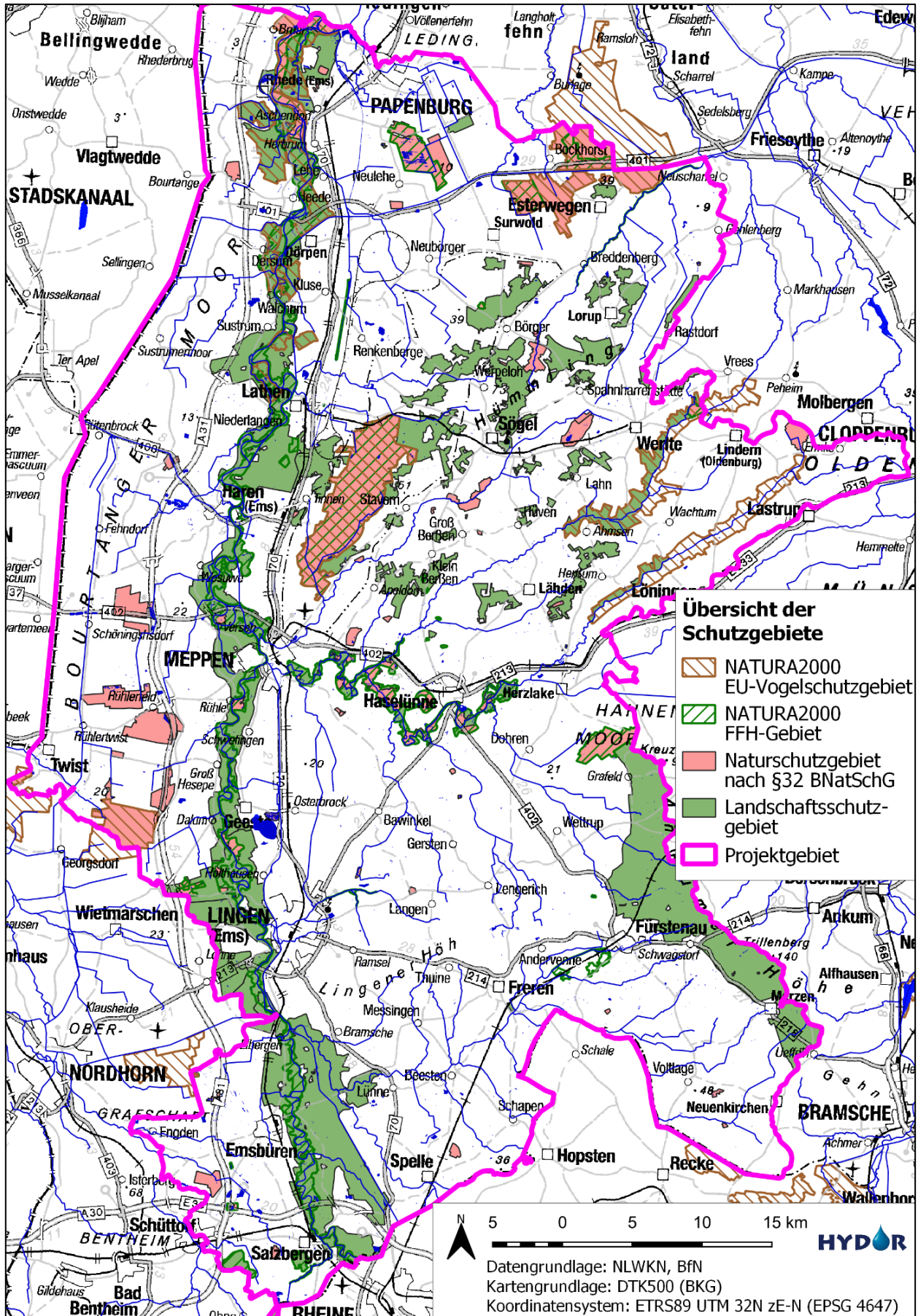


Abbildung 7: Geschützte Gebiete naturschutzfachlicher Art im Projektgebiet

4.4 Böden

Eine Übersicht zu den bodenartigen Profiltypen der Bodenkarte im Maßstab 1 : 50.000 (BK 50) ist in Abbildung 8 dargestellt. Auf den Geestflächen sind überwiegend Lehmsande bzw. Sandlehme (Pseudogley-Podsol) anzutreffen. Auf der Sögeler Geest sind darüber hinaus auch Reinsande über Lehm (Podsol-Pseudogley) verbreitet. Der hohe Lehmanteil auf den Geestflächen resultiert aus den Geschiebemergeln bzw. -leimen, die das Ausgangssubstrat bilden (siehe nachfolgendes Kapitel 4.5 zu Geologie). Die nutzbaren Feldkapazitäten im effektiven Wurzelraum (nFKWe) liegen meist im Bereich von rund 100 mm.

Die Niederungen sind von Reinsanden (Podsol, Gley) geprägt, die den größten Flächenanteil im Projektgebiet besitzen. Die nutzbaren Feldkapazitäten im effektiven Wurzelraum liegen bei diesen Böden in der Regel bei ca. 130 bis 140 mm.

In den Mooren (Bourtanger Moor, Tinner und Staverter Dose, Wildes Moor und Leegmoor bei Papenburg, Hahnenmoor) sind Niedermoor- und Hochmoorböden vorherrschend, die historisch jedoch häufig eine intensive Tiefenpflügung zu Sandmischkulturen erfahren haben, insbesondere im Bourtanger Moor. Daraus resultiert auch eine hohe Variabilität hinsichtlich der nutzbaren Feldkapazität bezogen auf den effektiven Wurzelraum, die von 150 bis 350 mm reichen kann.

In Flussnähe, vor allem bei Ems und Hase, finden sich Lehmschluffe, Lehmsande und Normallehme, die als Gleye ausgeprägt sind. Die nFKWe-Werte liegen dort um 130 bis 150 mm.

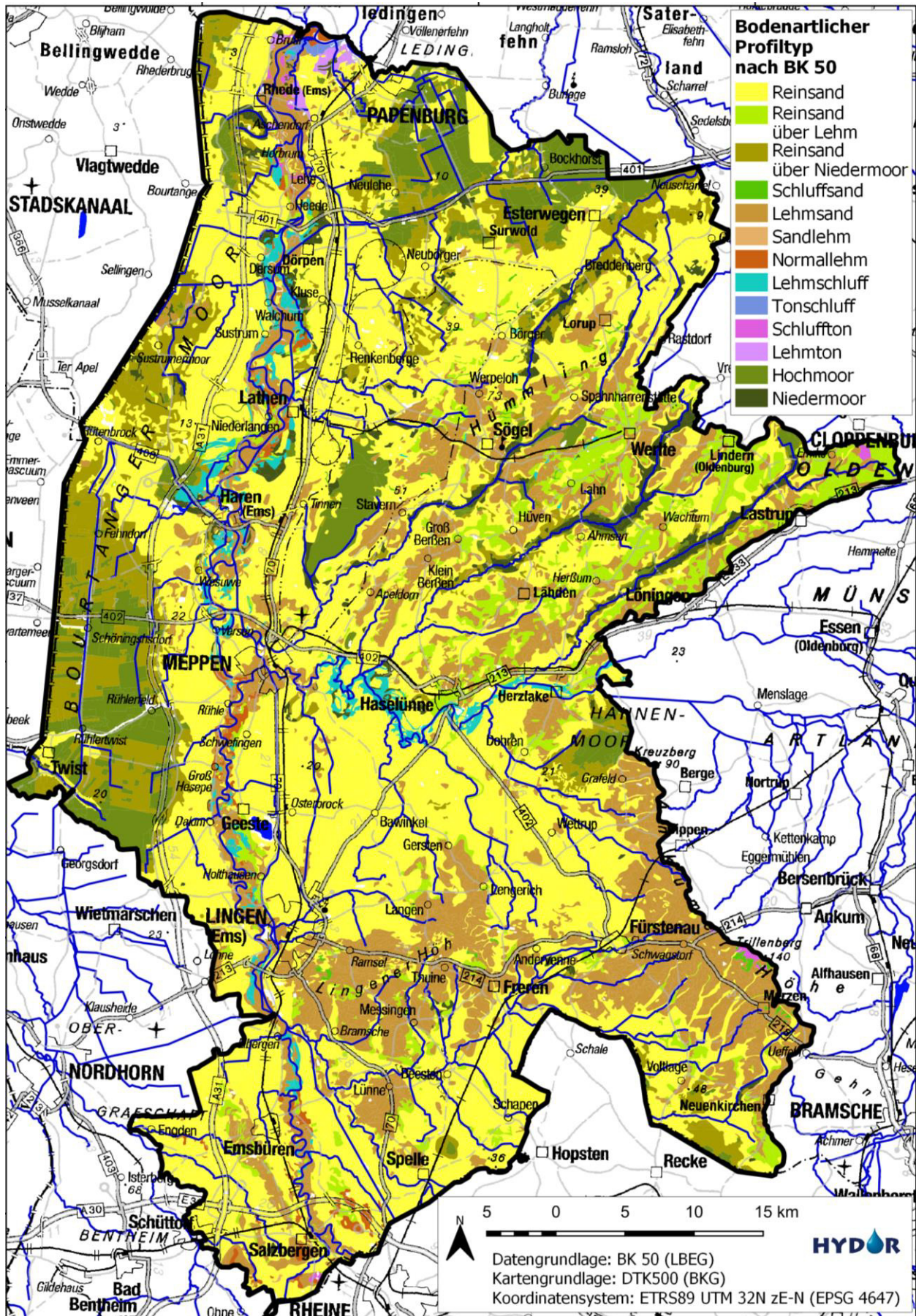


Abbildung 8: Verteilung der bodenartlichen Profiltypen im Projektgebiet

4.5 Geologie und Hydrogeologie

Einen Überblick der oberflächennahen Geologie im Projektgebiet gibt die Geologische Übersichtskarte im Maßstab 1 : 500.000 (GÜK500) in Abbildung 9. Auf den Geestflächen befinden sich oberflächlich sandig-kiesige Schmelzwasserablagerungen aus der Saale-Kaltzeit, die von Geschiebelehm und -mergel überlagert werden und lehmig-sandige Böden ausbilden. Die Niederungen sind dagegen von fluviatil abgelagerten Sanden der Weichsel-Kaltzeit geprägt, deren Mächtigkeit dort bis zu 40 m beträgt. Die glazialen Sedimente auf den Geestflächen und in den Niederungen werden im gesamten Projektgebiet teilweise durch wenige Meter mächtige, im Holozän entstandene Sanddünen überlagert. Im westlichen und nördlichen Teil des Projektgebiets bildeten sich Hoch- und Nieder Moore. Entlang der natürlichen Flussläufe lagerten sich im Holozän wenige Meter mächtiger Auelehm und -sand ab.

Die während der letzten drei Kaltzeiten abgelagerten Sande besitzen Mächtigkeiten zwischen 25 m und 100 m. Aufgrund ihrer sandigen Ausprägung wird eine hydraulische Durchlässigkeit (k_f) im Bereich zwischen 10^{-4} bis 10^{-3} m/s erwartet. Auf den Geestflächen sind die oberflächennahen Grundwasserleiter durch Geschiebemergel bzw. -lehm bedeckt, wodurch sich gespannte Grundwasserhältnisse ausbilden können. In den Niederungen sind die Grundwasserleiter hingegen weitestgehend unbedeckt.

Zur Erfassung der hydraulischen Verhältnisse im oberen Grundwasserleiter wurde zunächst die landesweite Grundwassergleichenkarte des LBEG für das Mittelwasserereignis im Januar 1993 herangezogen (Abbildung 10). Die Neubildungsgebiete mit Grundwasserständen zwischen 30 und 65 m NN auf den Geestflächen treten deutlich hervor. Von dort fließt das Grundwasser den Druckentlastungsgebieten bzw. Niederungen in Richtung der Hauptvorfluter Ems und Hase zu. Lediglich im Nordosten fließt das Grundwasser vom Hümmling in nördlicher Richtung der Jümme zu.

Im Projektgebiet befinden sich insgesamt 8 ausgewiesene Trinkwassergewinnungsgebiete (Abbildung 11), davon liegen 7 vollständig oder teilweise im Landkreis Emsland. Zum Schutz des Grundwassers, zur öffentlichen Wasserversorgung als Trinkwasser, wurden im Projektgebiet 9 Trinkwasserschutzgebiete, davon vier im Landkreis Emsland, ausgewiesen. Abbildung 11 zeigt zudem die im Rahmen des Landes-Raumordnungsprogramms (LROP) von 2017 festgelegten Vorranggebiete Trinkwasser. Die Vorranggebiete umfassen bestehende und geplante Trinkwassergewinnungsgebiete, die nicht als Wasserschutzgebiet festgesetzt sind sowie Gebiete mit bedeutenden Grundwasservorkommen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung (ML 2017). Das Projektgebiet setzt sich aus elf Grundwasserkörpern zusammen (Abbildung 11). Vier dieser Grundwasserkörper befinden sich vollständig oder mindestens zu einem Flächenanteil von mehr als 75 % im Projektgebiet:

- Obere Ems links (über 75 % im Projektgebiet),
- Mittlere Ems Lockergestein rechts 1,
- Mittlere Ems Lockergestein rechts 2 und
- Mittlere Ems Lockergestein links.

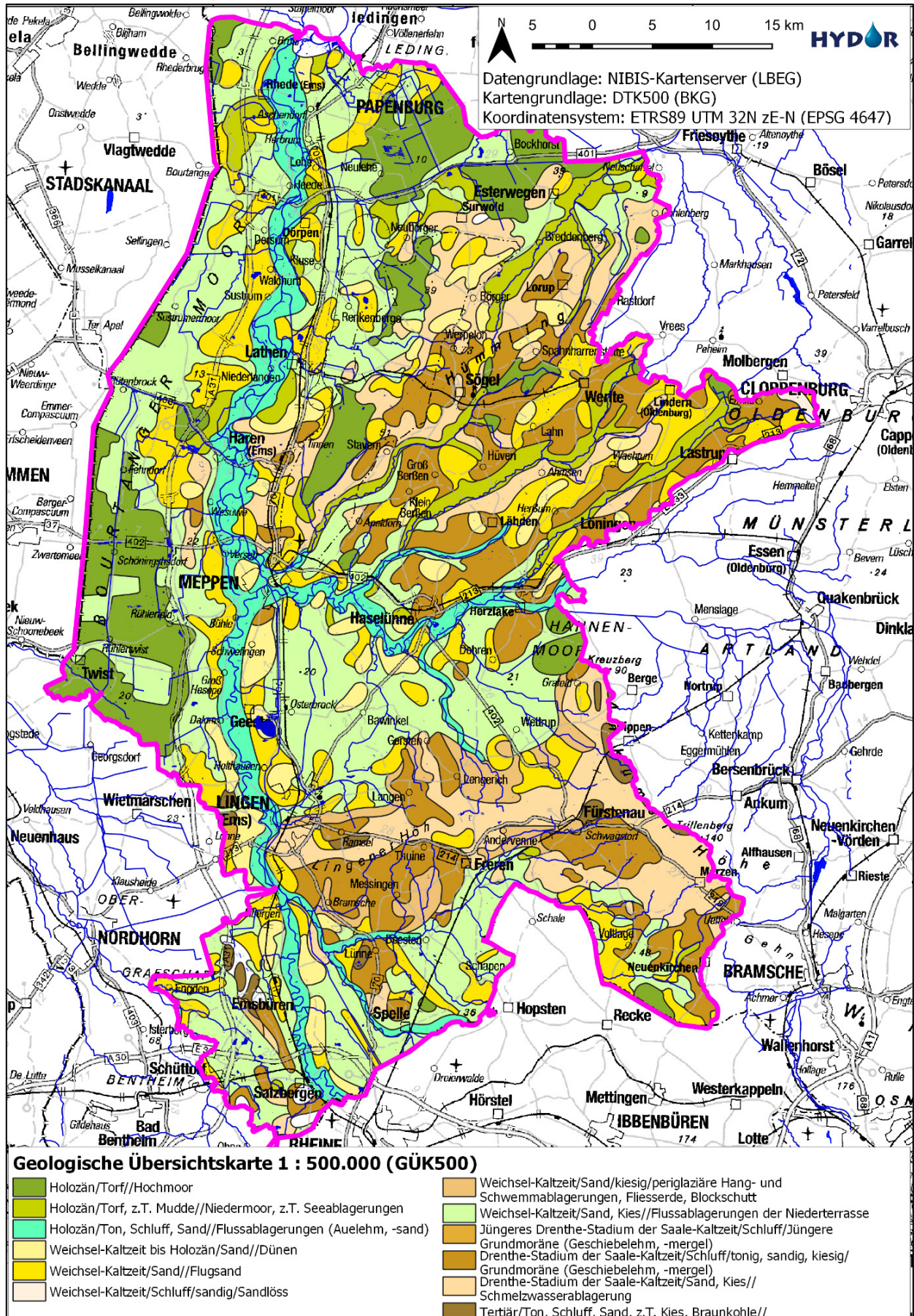


Abbildung 9: Geologische Übersichtskarte 1:500.000 (GÜK500) des Projektgebiets

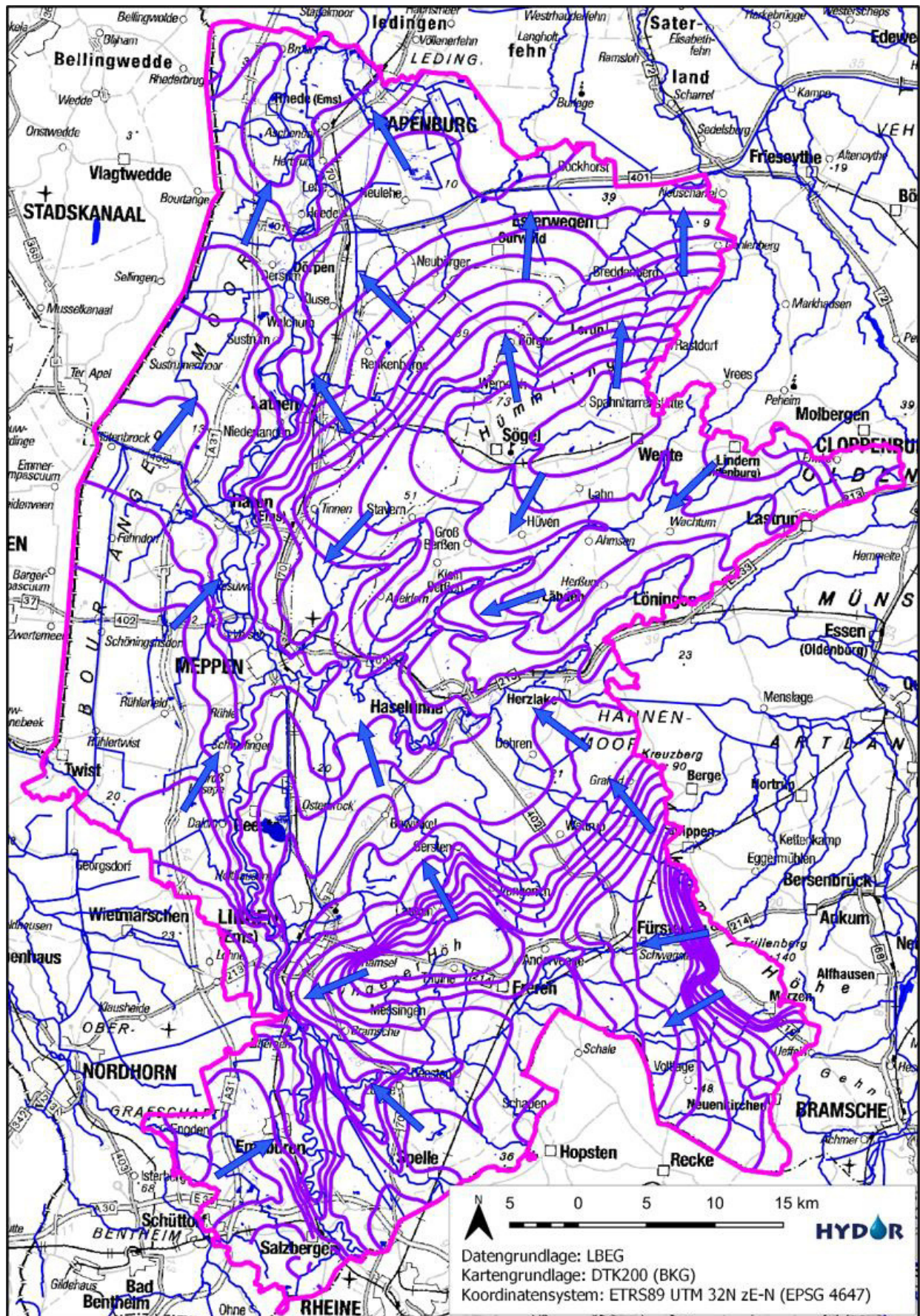


Abbildung 10: Grundwassergleichkarte (HK50GWO) des Projektgebiets für das Mittelwasserereignis im Januar 1993

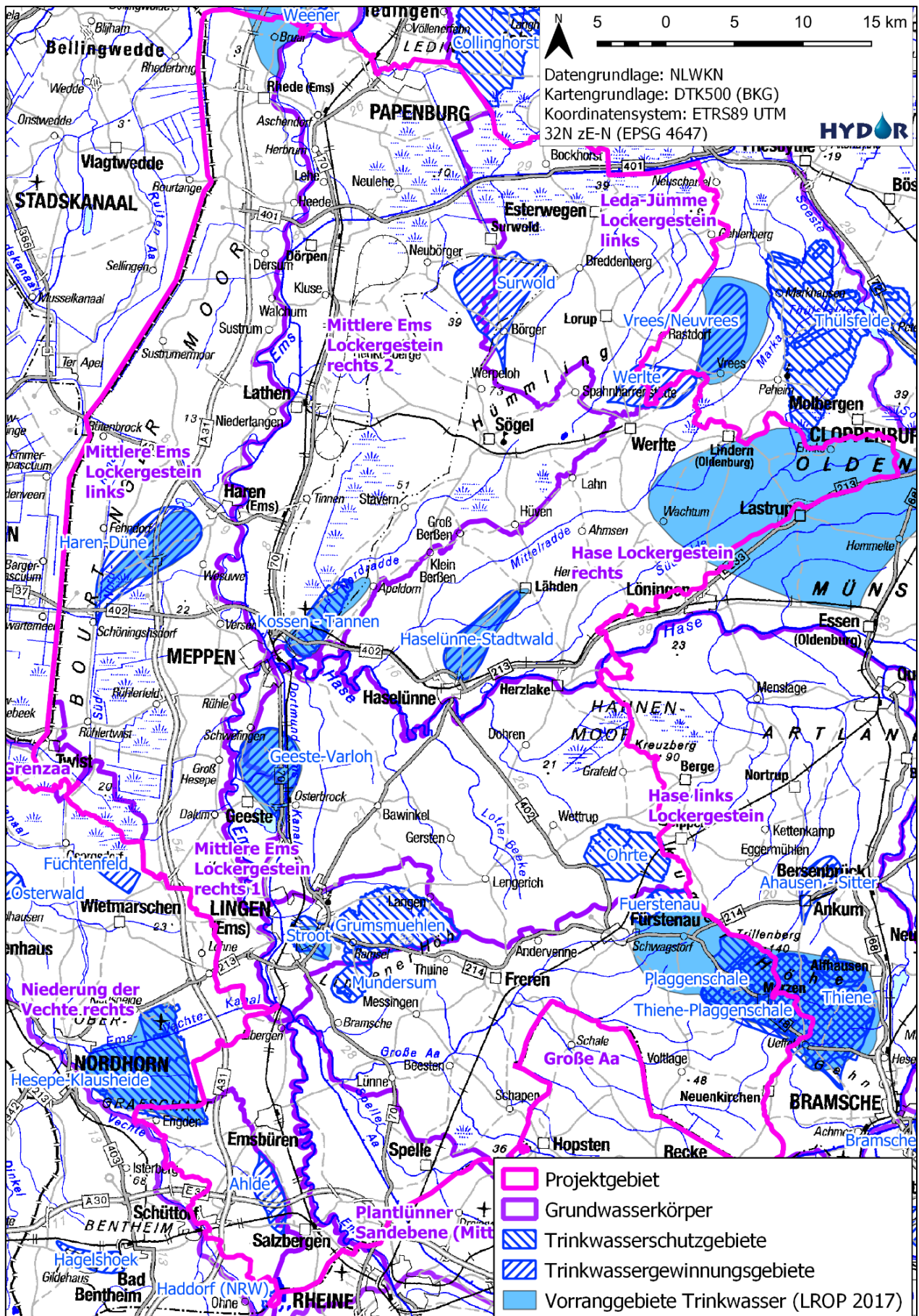


Abbildung 11: Grundwasserkörper und Wasserschutzgebiete im Projektgebiet

5. Hydrogeologische Bestandsaufnahme

Dieses Kapitel umfasst eine eingehende Analyse der langjährigen Entwicklung und des Ist-Zustands der Hydrogeologie im Projektgebiet. Betrachtet werden die Grundwasserneubildung, die Grundwasser- und Pegelstände und die Dargebotsreserven im Projektgebiet. Der Bestandsaufnahme dieser betrachteten hydrogeologischen Grundlagen schließt sich jeweils eine Bewertung an. Zudem werden hochaufgelöste und flächendeckende Grundwasserflurabstandskarten für die drei hydrogeologischen Systemzustände hohes, mittleres und niedriges Grundwasser präsentiert und das Vorgehen zur Anfertigung dieser erläutert.

5.1 Entwicklung der Grundwasserneubildung

Zur Beurteilung des Wasserdargebots für die Konzeption eines nachhaltigen Wassermengenmanagements ist die Kenntnis der Grundwasserneubildung und ihrer Entwicklung entscheidend. Mit dem monatlichen großräumigen Wasserhaushaltsmodell (mGROWA18) stehen für das Land Niedersachsen neben langfristigen Jahresmittelwerten auch Monatsmittelwerte der Grundwasserneubildung zur Verfügung (Ertl et al. 2019). Diese Daten mit einer räumlichen Auflösung von 1x1 km wurden durch das LBEG für die hydrogeologische Bestandsaufnahme des Projektgebiets bereitgestellt. Zur Bestimmung der Jahres- und Monatsmittel wird dabei jeweils ein Zeitraum von 30 Jahren zugrunde gelegt. Insgesamt liegen Daten für die drei Zeiträume 1961 – 1990, 1971 – 2000 und 1981 – 2010 vor.

Die monatliche Entwicklung der Grundwasserneubildung für den aktuellsten Zeitraum von 1981 bis 2010 ist in Abbildung 12 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass die Grundwasserneubildung im Projektgebiet überwiegend in den Monaten zwischen November und März stattfindet. Zwischen April und Oktober ist die Grundwasserneubildung flächenhaft sehr gering oder es findet eine Grundwasserzehrung statt. Räumlich lassen sich im Jahresverlauf ebenfalls Unterschiede im Projektgebiet konstatieren. So weisen die Niederungen in den Sommermonaten zumeist eine Grundwasserzehrung auf. Die Grundwasserneubildung findet dort vor allem im November und Dezember statt.

Auf den Geestflächen findet dagegen kaum Grundwasserzehrung zwischen April und Oktober statt. In den Wintermonaten ist die Grundwasserneubildung mit über 40 mm je Monat durchgängig hoch. Eine Erklärung für diese räumlichen Unterschiede liegt im geringeren Grundwasserflurabstand in den Niederungen verglichen zu den Geestflächen. Aufgrund des geringen Flurabstands sind die Grundwasserspeicher dieser Gebiete schneller gefüllt, sodass der Grundwasserneubildung durch Niederschlag in den Wintermonaten bereits ein erhöhter Abfluss durch Vorfluter aus diesen Gebieten entgegensteht. In den Sommermonaten unterliegen die Gebiete geringer Grundwasserflurabstände einem höheren kapillaren Aufstieg des Grundwassers, der zu einer höheren Evapotranspiration führt. In der Folge findet dort in diesem Zeitraum eine Grundwasserzehrung statt.

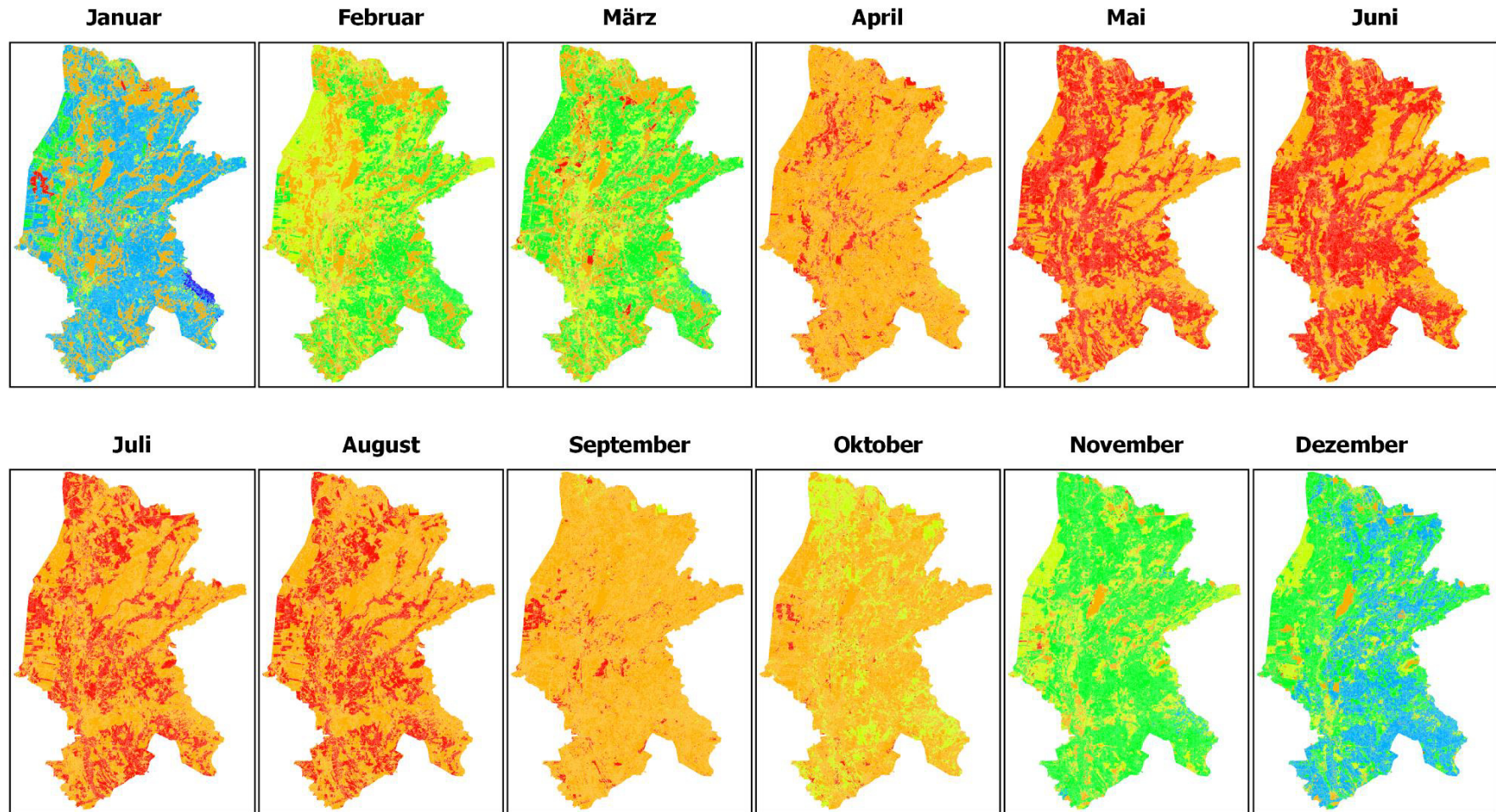


Abbildung 12: Mittlere monatliche Grundwasserneubildung nach mGROWA18 für den Zeitraum von 1981 bis 2010 im Projektgebiet

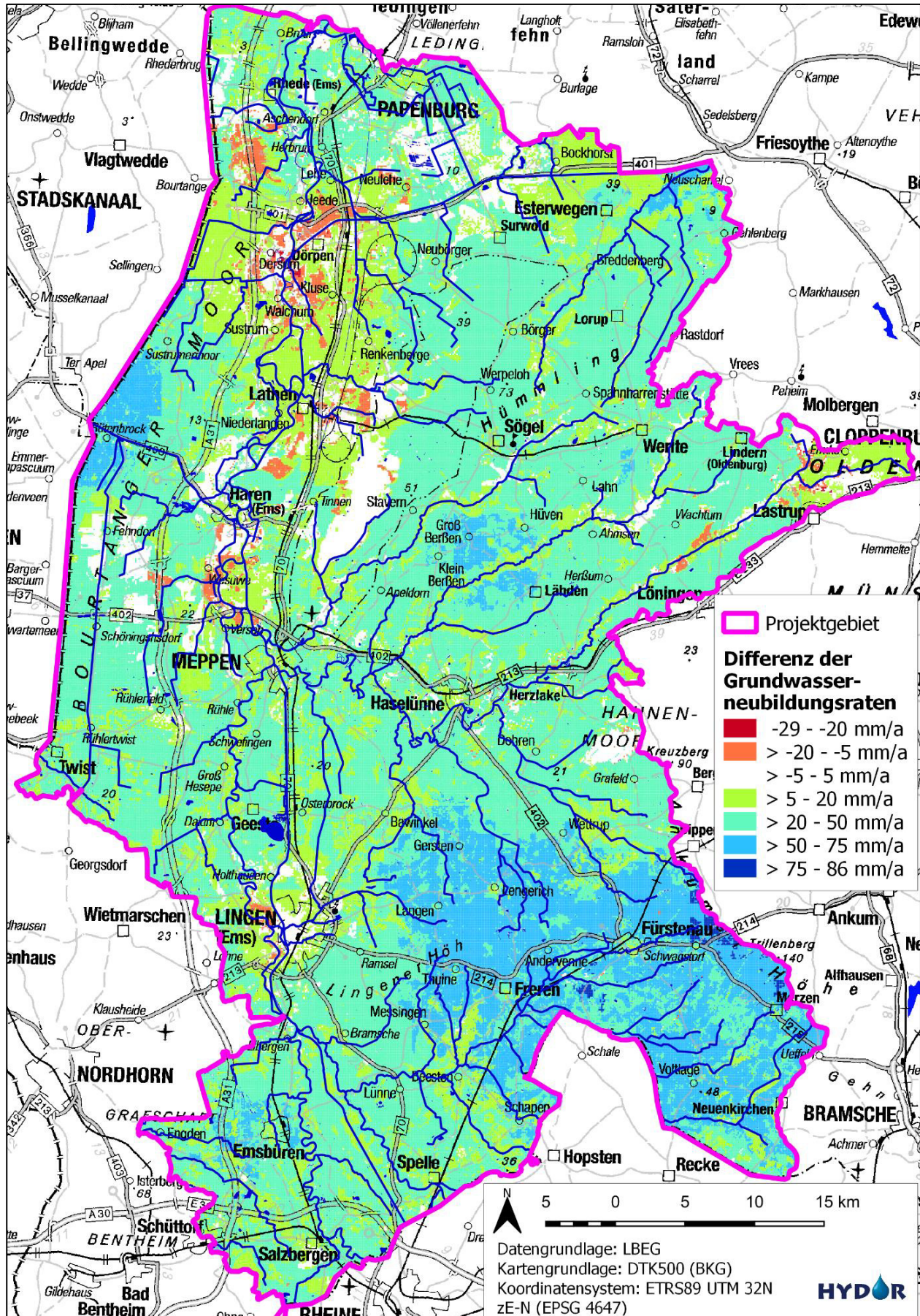


Abbildung 13: Differenz der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung der 30-jährigen Perioden (1981 – 2010 minus 1961 – 1990)

Aus der Differenz der Grundwasserneubildung verschiedener Zeiträume kann die Entwicklung der jährlichen Grundwasserneubildung der letzten Jahrzehnte im Projektgebiet abgeleitet werden. Abbildung 13 zeigt die Differenz der Jahresmittelwerte der Zeiträume 1961 bis 1990 und 1981 bis 2010. Demnach nahm die Grundwasserneubildung im gesamten Projektgebiet um etwa 36 mm/Jahr zu. Die Veränderung der Grundwasserneubildung ist jedoch lokal unterschiedlich ausgeprägt. In einigen Niederungsbereichen, überwiegend im Norden, nahm die Grundwasserneubildung um bis zu 29 mm/Jahr ab. In Mooregebieten wie dem Hahnenmoor, der Tinner Dose und den Mooren nördlich und südlich des Küsten-Kanals blieb die Grundwasserneubildung konstant. Geringe Zunahmen der Neubildungen zwischen 5 und 20 mm/Jahr sind für die Flussniederungen, hohe Zunahmen über 50 mm/Jahr überwiegend für die Geestflächen im Südosten zu verzeichnen.

Die Zunahme der Grundwasserneubildung geht mit einer Zunahme der Niederschläge im Projektgebiet zwischen den Zeiträumen von 1961 bis 1990 und 1981 bis 2010 einher (vgl. Kapitel 3.2). Aufgrund der Zunahme der Niederschläge erhöht sich die Grundwasserneubildung vor allem auf den Geestflächen. Die geringere Zunahme und teilweise Abnahme der Grundwasserneubildung in den Niederungen kann wiederum mit einer steigenden Temperatur und der damit einhergehenden Zunahme der Evapotranspiration erklärt werden.

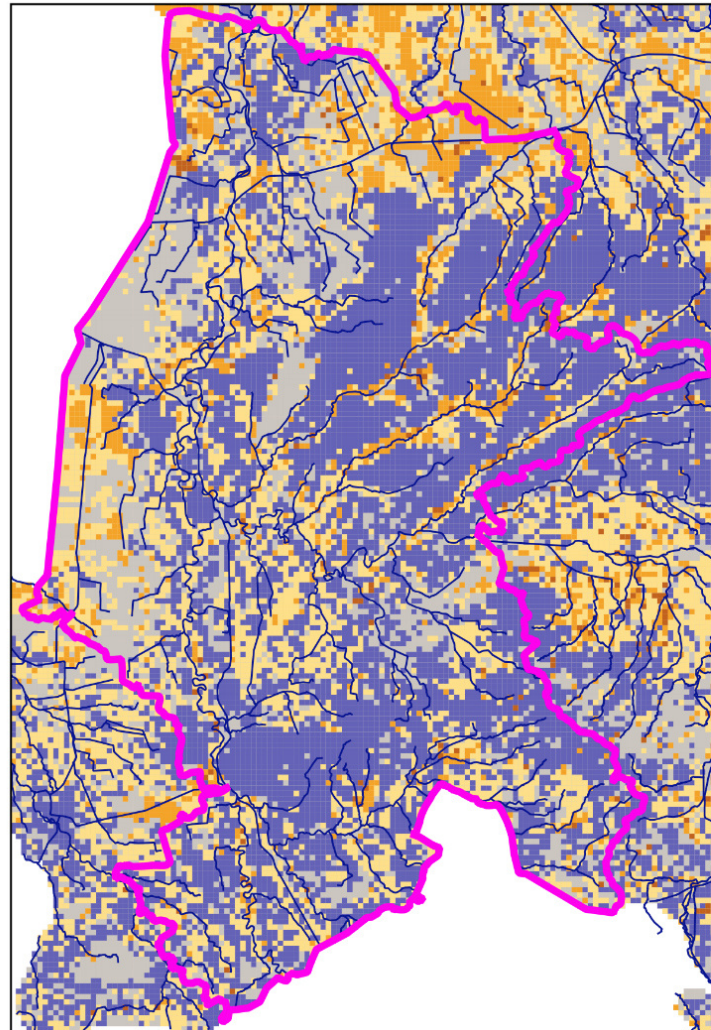
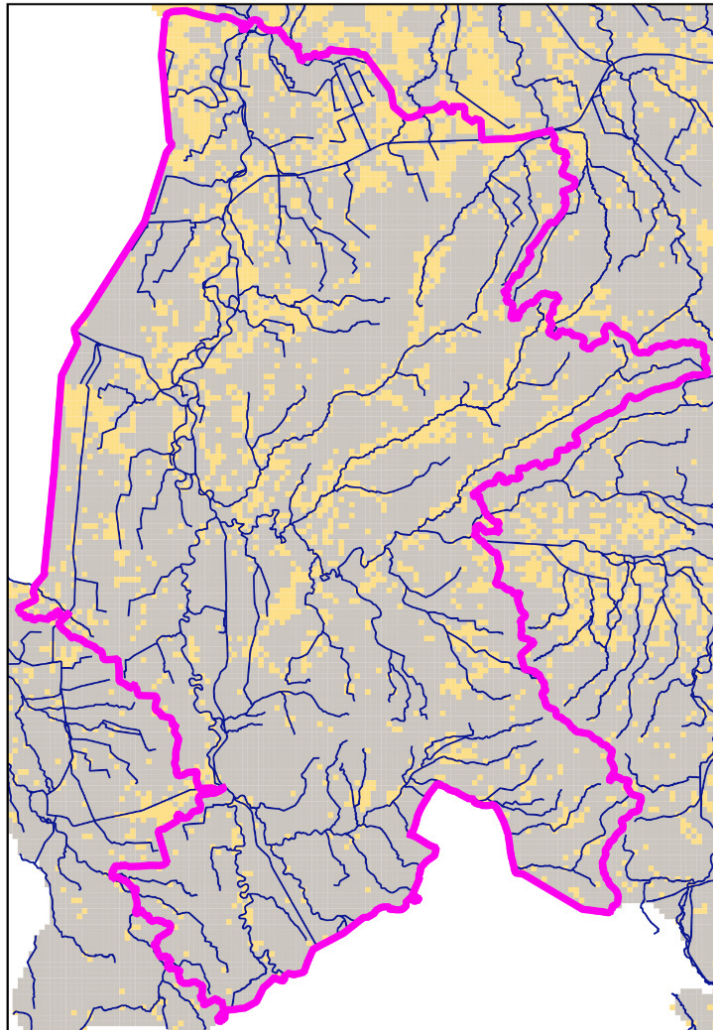
Um die zukünftige Entwicklung der Grundwasserneubildung vor dem Hintergrund des Klimawandels abzuschätzen, wurde durch das LBEG eine Projektion der Grundwasserneubildung für die Zeiträume 2021-2050 und 2071-2100 unter Einbeziehung des Klimaszenarios RCP 8.5 des Weltklimarats (IPCC) vorgenommen. Das Klimaszenario RCP 8.5 basiert auf der Annahme eines zusätzlichen Strahlungsantriebs von 8,5 W/m² bis 2100 im Vergleich zu 1750 (Pachauri und Meyer 2016). Dieses Szenario stellt einen kontinuierlichen Anstieg der globalen Treibhausgasemissionen dar und geht damit gegenüber den anderen Klimaszenarien des IPCC vom stärksten Anstieg aus (Stocker 2014).

Für dieses Klimaszenario stehen eine Vielzahl von Klimaprojektionen zur Verfügung, aus denen insgesamt 10 Klimaprojektionen der Projektion der Grundwasserneubildung zugrunde gelegt wurden (MU 2019). Die Klimaprojektionen bilden eine Bandbreite verschiedener Annahmen über zukünftige sozioökonomische und klimatische Entwicklungen ab.

Die zugrundeliegenden Klimaprojektionen gehen von einer Zunahme der Jahrestemperatur um ca. 0,8°C bis 2,2°C für den Zeitraum von 2021 bis 2050 im Vergleich zu 1971 bis 2000 und einer Zunahme um ca. 2,6°C bis 4,9°C für den Zeitraum von 2071 bis 2100 aus (MU 2019). Für den Niederschlag wird für den Zeitraum von 2021 bis 2050 eine relative Veränderung von -2 % bis 10 % im Vergleich zu 1971 bis 2000 prognostiziert. Für den Zeitraum von 2071 bis 2100 wird eine relative Veränderung zwischen -12 % bis 18 % angenommen (MU 2019). Die Werte beziehen sich jeweils auf die in der Klimawirkungsstudie Niedersachsen angegebene Region „westliches Flachland“.

2021-2050

2071-2100



Änderung der mittleren Grundwasserneubildung im Vergleich zu 1971 – 2000 (Projektion) [mm]

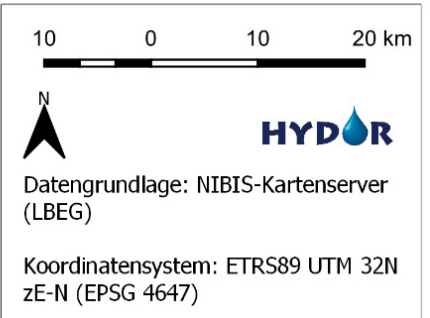
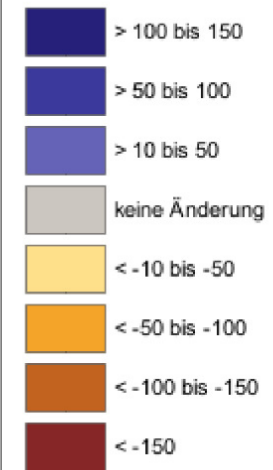


Abbildung 14: Veränderung der mittleren Grundwasserneubildung im Projektgebiet für 2021 – 2050 und 2071 – 2100 im Vergleich zu 1971 – 2000

In Abbildung 14 sind die auf den Klimaprojektionen basierenden, prognostizierten Veränderungen der Grundwasserneubildung in den Perioden von 2021 bis 2050 und 2071 bis 2100 verglichen mit der Grundwasserneubildung im Zeitraum von 1971 bis 2000 für das Projektgebiet dargestellt. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Grundwasserneubildung in den Niederungen für die nahe Zukunft im Zeitraum 2021 bis 2050 geringfügig abnimmt. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 verstärkt sich die Abnahme innerhalb der Niederungen teilweise. Auf den Geestflächen ist für den Zeitraum 2071 bis 2100 dagegen eine Zunahme der Grundwasserneubildung zu verzeichnen.

Der Abbildung liegen die aus den Klimaprojektionen gemittelten Grundwasserneubildungsraten zugrunde. Aufgrund großer Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger sozioökonomischer und klimatischer Entwicklungen geht mit den zugrunde gelegten Klimaprojektionen jedoch eine hohe Bandbreite der prognostizierten Veränderungen einher. Die Ergebnisse der einzelnen Klimaprojektionen besitzen grundsätzlich die gleiche Wahrscheinlichkeit (MU 2019). Die dargestellten, mittleren Veränderungen geben somit nur einen möglichen Trend wieder, der innerhalb eines Schwankungsbereichs sowohl abnehmender als auch zunehmender Grundwasserneubildungsraten liegt.

5.2 Zeitliche Entwicklung der Grundwasser- und Pegelstände

Für die flächendeckende Analyse der Grundwasser- und Pegelstandentwicklung im Projektgebiet wurden Zeitreihen der Grundwasserstände seitens des NLWKN und der Wasserversorgungsunternehmen und Zeitreihen der Wasserstände der oberirdischen Gewässer seitens der WSA und des NLWKN zur Verfügung gestellt. Die Analyse der Daten erfolgte für den Zeitraum zwischen 1950 bis 2020. Eine Trendanalyse wurde für den Zeitraum zwischen 1991 bis 2020 für die Grundwassermessstellen und die Oberflächengewässerpegel durchgeführt. Insgesamt wurden 674 von 1.241 Ganglinien von Grundwassermessstellen ausgewertet. Eine Auswahl der Grundwassermessstellen erfolgte bei mehrfach verfilterten Messstellen nach dem Kriterium, nur die Ganglinie der oberflächennah verfilterten Messstelle zu verwenden, sofern diese keine großen Datenlücken aufweist. Für die Auswertung der Pegelstände wurden 39 von 50 Pegel im Projektgebiet herangezogen. Pegel mit unvollständigen Daten über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren wurden nicht in die Analyse einbezogen. Abbildung 15 zeigt die räumliche Verteilung der Messstellen und Pegel.

5.2.1 Methodik

Für die Auswertung der Wasserstandsganglinien wurden zunächst Monatsmittelwerte berechnet, sofern bei einer Zeitreihe mehr als eine Messung pro Monat vorlag. Um die mittlere Entwicklung der Wasserstände der Grundwassermessstellen und Pegel des gesamten Messzeitraums abzubilden, wurden die Wasserstände jeder Zeitreihe durch Subtraktion des entsprechenden Mittelwerts der Zeitreihe zentriert. Aus den zentrierten Wasserständen wurde anschließend über alle Messstellen hinweg das Monatsmittel sowie die Quantile berechnet. Daraus ergibt sich eine mittlere Zeitreihe, die die Entwicklung aller zugrunde gelegten Ganglinien widerspiegelt. Die Vorgehensweise wurde analog für die Zeitreihen der Pegel durchgeführt.

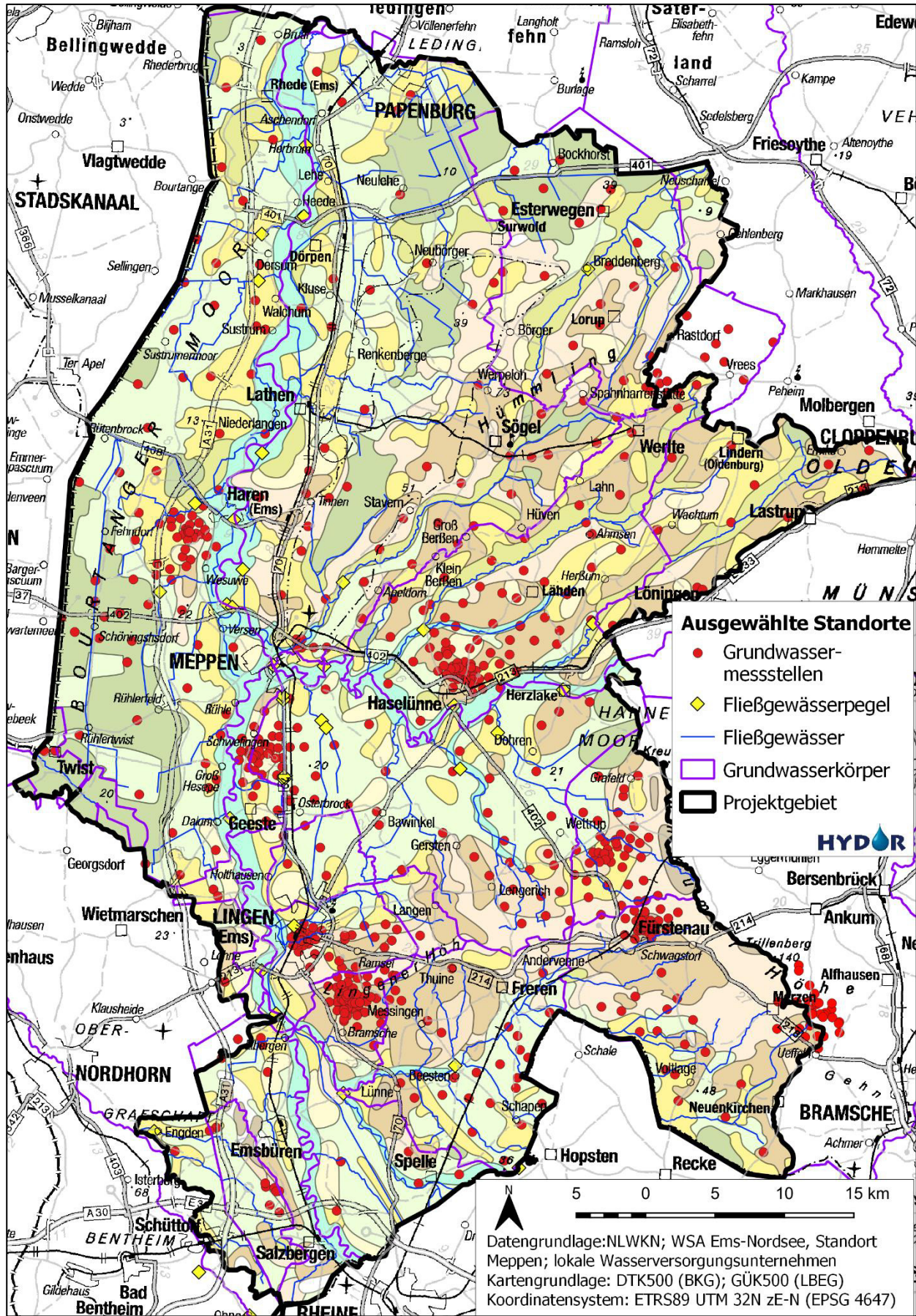


Abbildung 15: Standorte der ausgewählten Grundwassermessstellen und Pegel

Die Methodik der Trendanalyse orientiert sich an der Grundwasserverordnung (GrwV Anlage 6) und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Anlage 13). In einem ersten Schritt wurden die Messdaten je Messstelle und Zeitraum auf eine Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test überprüft. Im Falle einer Normalverteilung der Daten wurden Ausreißer ermittelt und aus dem Datensatz entfernt.

Die Bestimmung der statistischen Signifikanz eines Trends in den Daten erfolgte anschließend anhand eines t-Tests. Lag keine Normalverteilung der Daten vor, wurde der Mann-Kendall-Test zur Bestimmung der statistischen Signifikanz eines Trends in den Daten angewendet. Als Signifikanzniveau wurde ein Wert von 5 % zugrunde gelegt. Bei einem Signifikanzniveau über 5 % bis 10 % wurde die Entwicklung der Messwerte als „Tendenz“ eingestuft.

Für Messstellen, die einen signifikanten Trend oder eine Tendenz aufwiesen, wurde zusätzlich die Magnitude des Trends je Messstelle und Zeitraum berechnet. Die Bestimmung der Magnitude orientiert sich am für Niedersachsen modifizierten Grimm-Strele-Verfahren. Die prozentuale Steigung einer Ganglinie berechnet sich demnach aus dem Verhältnis der Steigung ihrer Regressionsgeraden in cm pro Jahr und der Spannweite ihrer Extremwerte in cm (NLWKN 2013). Zur Bestimmung der Regressionsgerade wurde das Kleinste-Quadrate-Verfahren angewendet. Die Unterteilung der berechneten Magnituden erfolgte in folgende Klassen:

- Stark fallend: < -1 %
- Fallend: -1 % bis -0,5 %
- Leicht fallend: -0,5 % bis < 0 %
- Leicht steigend: >0 % bis 0,5 %
- Steigend: 0,5 % bis 1 %
- Stark steigend: > 1 %

Bei zusammenhängenden Datenlücken von über 20 % der Länge des betrachteten Gesamtzeitraums innerhalb einer Zeitreihe wurde keine Trendanalyse durchgeführt.

5.2.2 Grundwasserstände

Abbildung 16 zeigt die langfristige mittlere Entwicklung der ausgewählten Grundwasserganglinien im Zeitraum von 1950 bis 2021. Dargestellt ist die monatliche Abweichung der Grundwasserstände in Meter vom langjährigen Mittel. Die mittlere Ganglinie weist in den 1950er und 60er Jahren hohe Wasserstände mit Ausnahme in den Trockenjahren 1959/60 und 1965 auf. Dagegen folgt in den 1970er Jahren eine Periode, die von niedrigen Wasserständen, meist unter dem langjährigen Mittel, geprägt ist. Hierbei handelt es sich womöglich bereits um die Folgen der Entwässerung im Rahmen des Emslandplans der 50er Jahre. Die hohen Wasserstände in den 1990er Jahren gehen mit Feuchtperioden und Hochwasserereignissen einher. Etwa ab 2000 sind dagegen stetig abnehmende Grundwasserstände erkennbar, die überwiegend unterhalb des langjährigen mittleren Wasserstands liegen. Insbesondere in den Trockenjahren 2018 und 2019 sind im direkten Vergleich zu anderen Trockenperioden während des Zeitraums niedrigere mittlere Wasserstände zu verzeichnen.

Die durchgeführte Trendanalyse für den Zeitraum 1991 bis 2020 bestätigt den abnehmenden Trend der Grundwasserstände. Abbildung 17 zeigt die räumliche Verteilung der Ergebnisse der Trendanalyse im Projektgebiet. Fallende bis stark fallende Grundwasserstände mit statistischer Signifikanz treten vor allem bei Grundwassermessstellen auf den Geestflächen auf. Die Ganglinien der Grundwassermessstellen in den Niederungen weisen dagegen meist keine statistische Signifikanz auf. Bei den Messstellen der Niederungen mit statistisch signifikantem Ergebnis entspricht die prozentuale Steigung einem leicht fallenden bis fallenden Trend. Lediglich eine Messstelle im Nordwesten weist einen leicht steigenden Trend auf.

Die Ergebnisse der Trendanalyse decken sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. So wurden im Rahmen von Untersuchungen des mengenmäßigen Zustands und der Trendentwicklung verschiedener Grundwasserleiter im Projektgebiet ebenfalls fallende Trends in den Geestbereichen und gleichbleibende Trends in den Niederungen festgestellt (NLWKN 2017; Fugro Germany Land GmbH 2018).

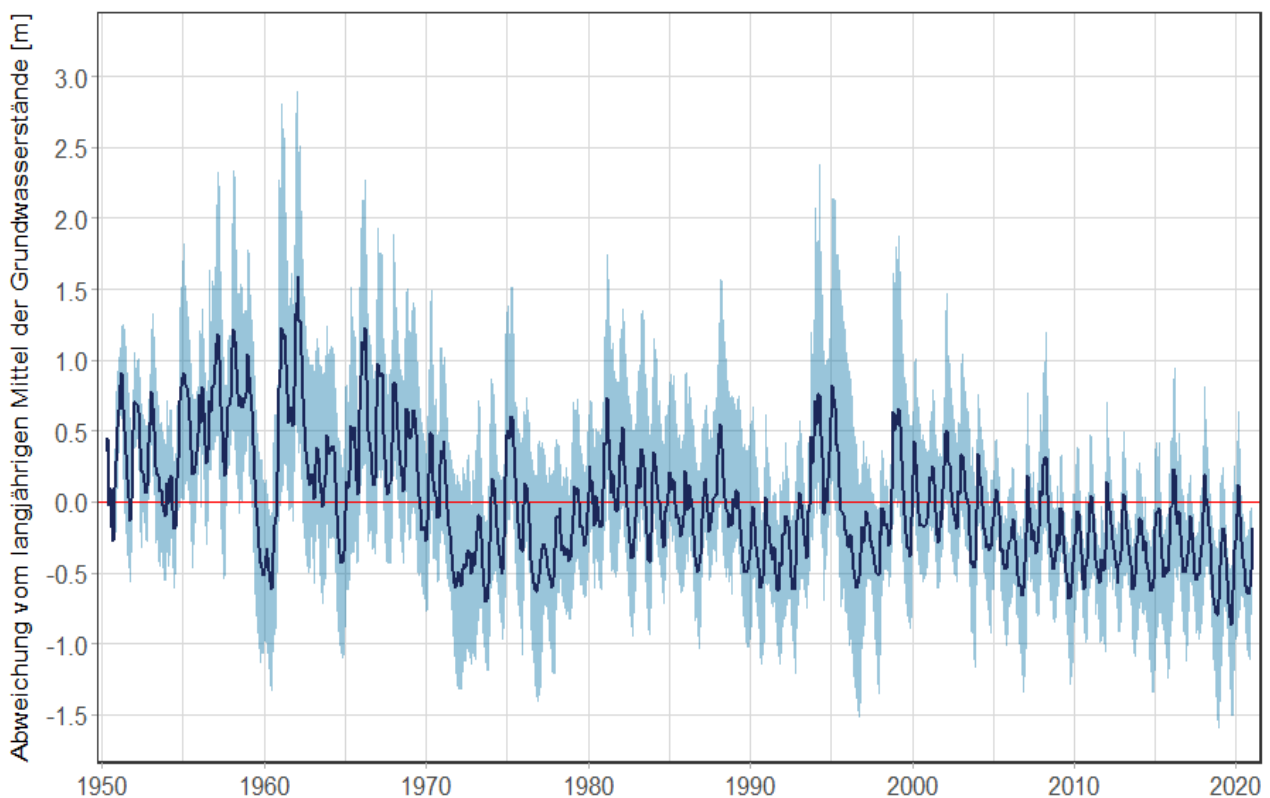


Abbildung 16: Entwicklung der mittleren Grundwasserstände zwischen 1950 und 2021 (dunkelblau: Mittelwert der Messwerte je Monat; hellblau: 2,5%-97,5%-Quantile der Messwerte je Monat)

Das räumliche Muster der Trendentwicklung lässt sich durch die klimatischen Bedingungen und durch die noch immer wirkende Entwässerung der Landschaft erklären. Die verstärkte Evapotranspiration in den Sommermonaten, die sich vor allem in den Niederungen auswirkt, und die zusätzliche Entwässerung der Niederungen durch Drainagen und Grabensysteme wird dort durch den Zustrom von Grundwasser aus den Geestflächen in die Druckentlastungsgebiete kompensiert.

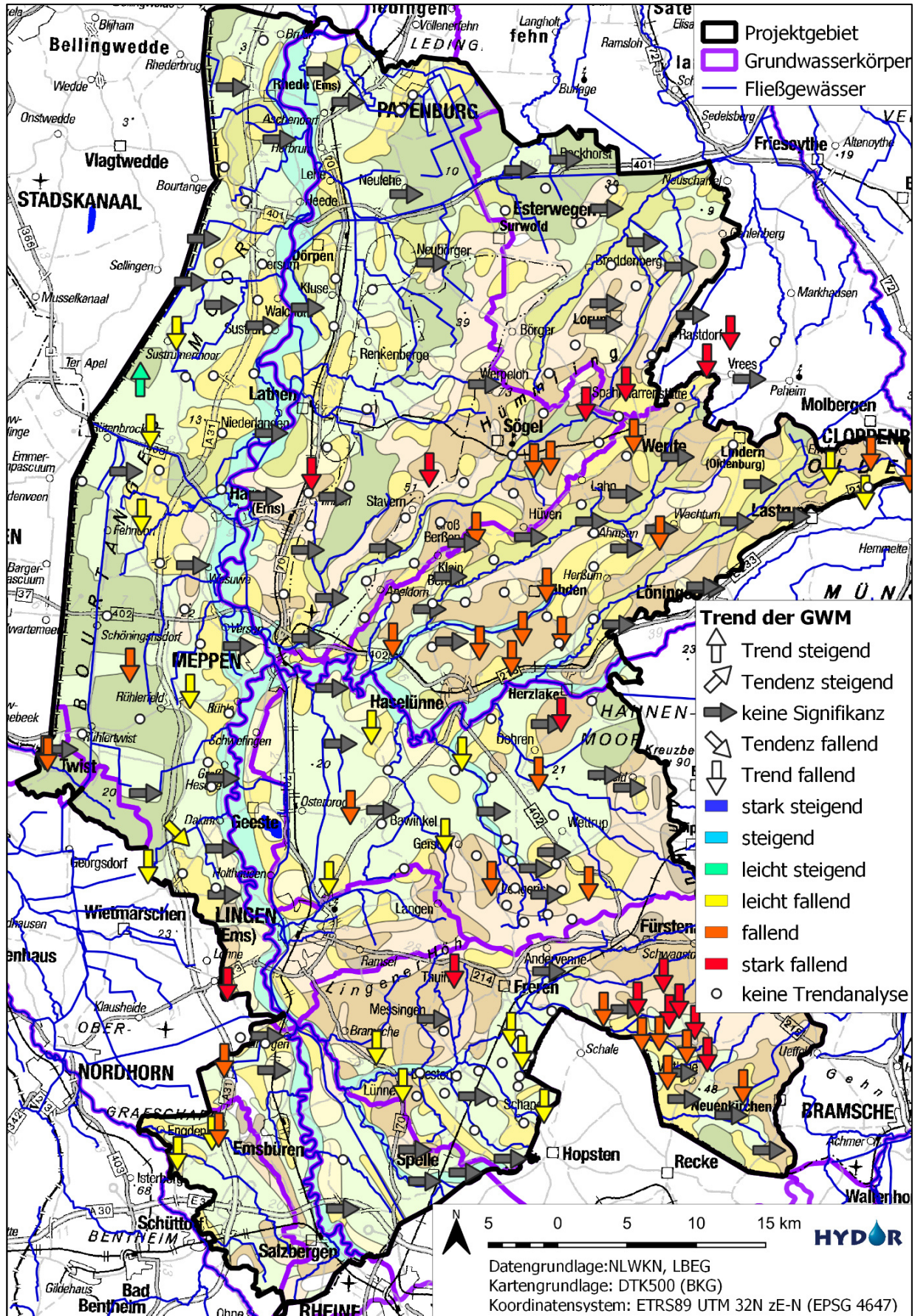


Abbildung 17: Räumliche Darstellung der Trendentwicklung der Grundwasserganglinien für den Zeitraum von 1991 bis 2020

Die Grundwasserdruckhöhen in den Niederungen bleiben dadurch weitestgehend konstant mit Ausnahme der saisonalen Schwankungen und Schwankungen durch Extremereignisse. Der Grundwasserzustrom in die von Entwässerung geprägten Druckentlastungsgebiete, wirkt sich jedoch auf die Geestflächen aus. Dort kann der verstärkte Grundwasserabstrom nicht durch die Grundwasserneubildung kompensiert werden und führt zu den beobachteten, teils kontinuierlich abnehmenden Grundwasserdruckhöhen.

5.3 Pegelstände

Die langfristige mittlere Entwicklung der Pegelstände ist in Abbildung 18 dargestellt. In den 1950er und 1960er Jahren sind hohe Schwankungen der Pegelstände zu erkennen. Diese sind jedoch auf die geringe Anzahl der für diesen Zeitraum zur Verfügung stehenden Daten zurückzuführen. Mit zunehmender Pegelerrichtung und Datenerfassung, insbesondere an stauregulierten Fließgewässern, ab etwa 1972 fällt die Gewichtung der Pegel mit hoher periodischer Schwankung geringer aus. In der Folge reduziert sich die annuelle Schwankung des Mittelwerts. Trocken- und Feuchteperioden lassen sich durch Niedrig- und Hochwasserstände dennoch erkennen.

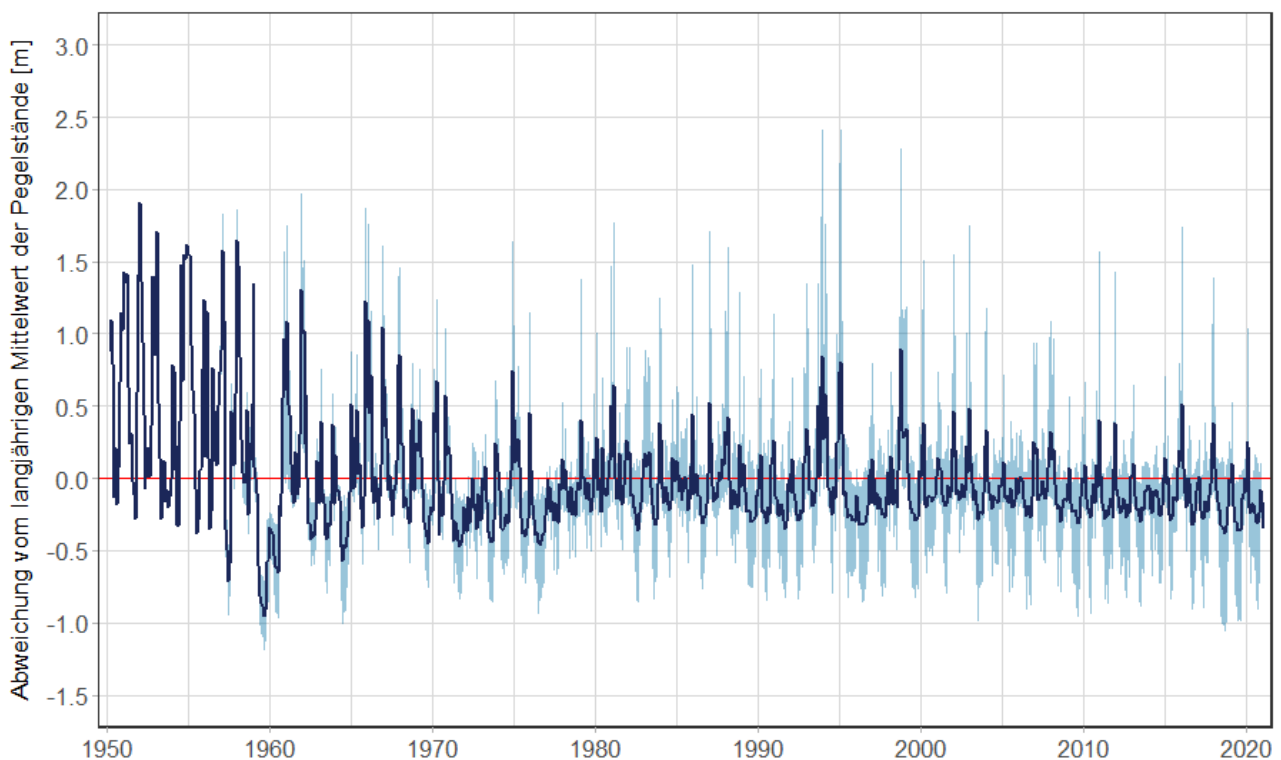


Abbildung 18: Entwicklung der mittleren Pegelstände zwischen 1950 und 2021 (dunkelblau: Mittelwert der Messwerte je Monat; hellblau: 2,5 % - 97,5 %-Quantile der Messwerte je Monat)

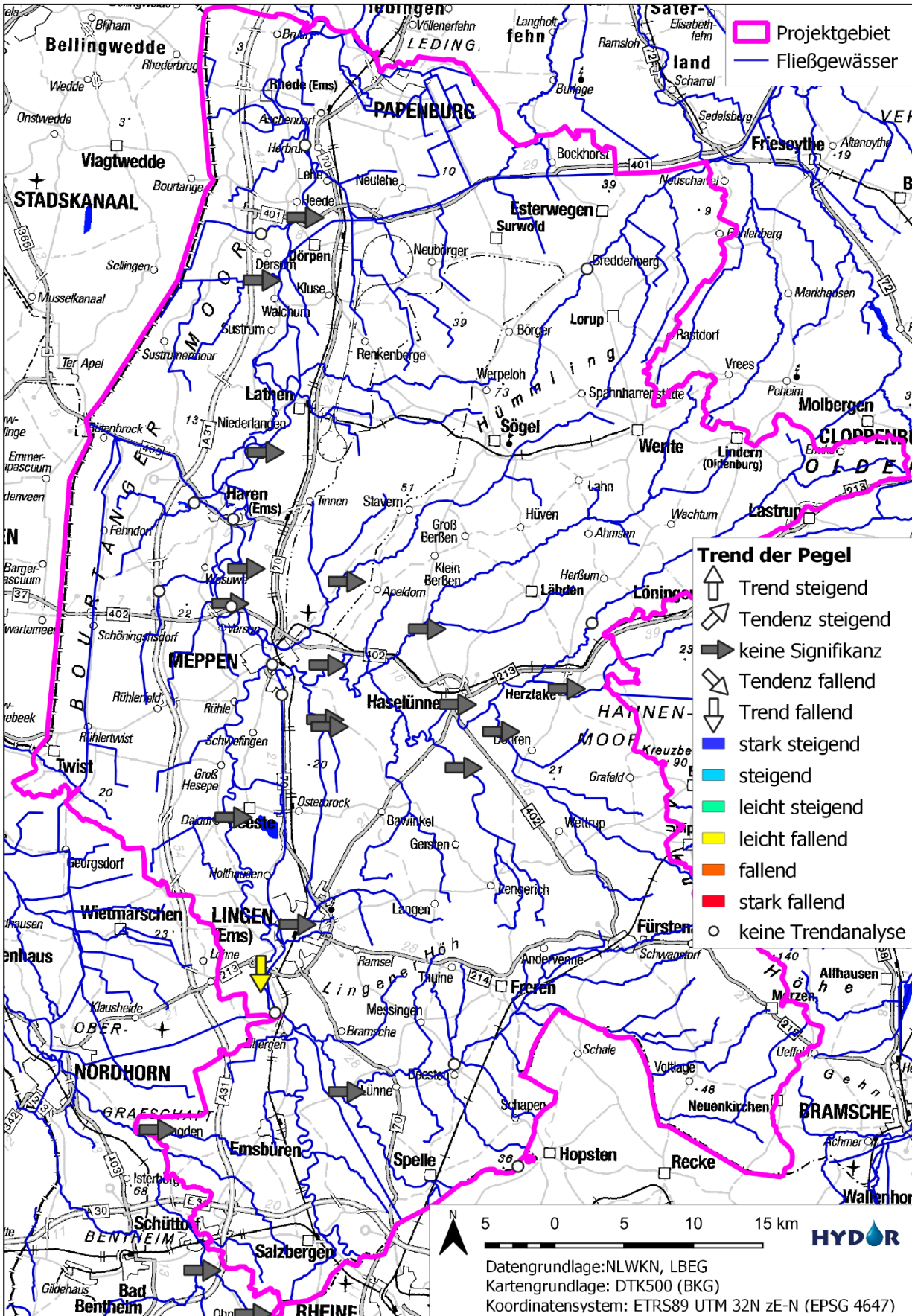


Abbildung 19: Räumliche Darstellung der Trendentwicklung der Pegelganglinien für den Zeitraum 1991 – 2020

Im Gegensatz zu den Grundwasserständen weisen die Pegel langfristig konstante Wasserstände auf. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen der Trendanalyse der Pegel (Abbildung 19). Über den Zeitraum von 1991 bis 2020 weist lediglich ein Pegel eine statistische Signifikanz mit leicht fallendem Trend auf. Die übrigen Pegel, für die eine Trendanalyse durchgeführt wurde, weisen hingegen keinen statistisch signifikanten Trend auf. Dieses Ergebnis nicht signifikanter Trendentwicklungen der Pegelganglinien im Projektgebiet deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (Hölscher et al. 2017; Hölscher et al. 2019).

5.4 Bestimmung des Grundwasserflurabstands

Der Grundwasserflurabstand ist definiert als der Abstand zwischen der Geländeoberkante und der Grundwasseroberfläche (Abbildung 20). In Bezug auf das Wassermengenmanagement und die Erarbeitung von Maßnahmen des Wasserrückhalts spielt diese hydrogeologische Größe eine entscheidende Rolle. Eine flächendeckende und hochauflösende Berechnung des Flurabstands im Projektgebiet ist daher unerlässlich. In diesem Kapitel werden die im Rahmen des Projekts erstellten Flurabstandskarten vorgestellt und das Vorgehen zur Ausarbeitung dieser erläutert.

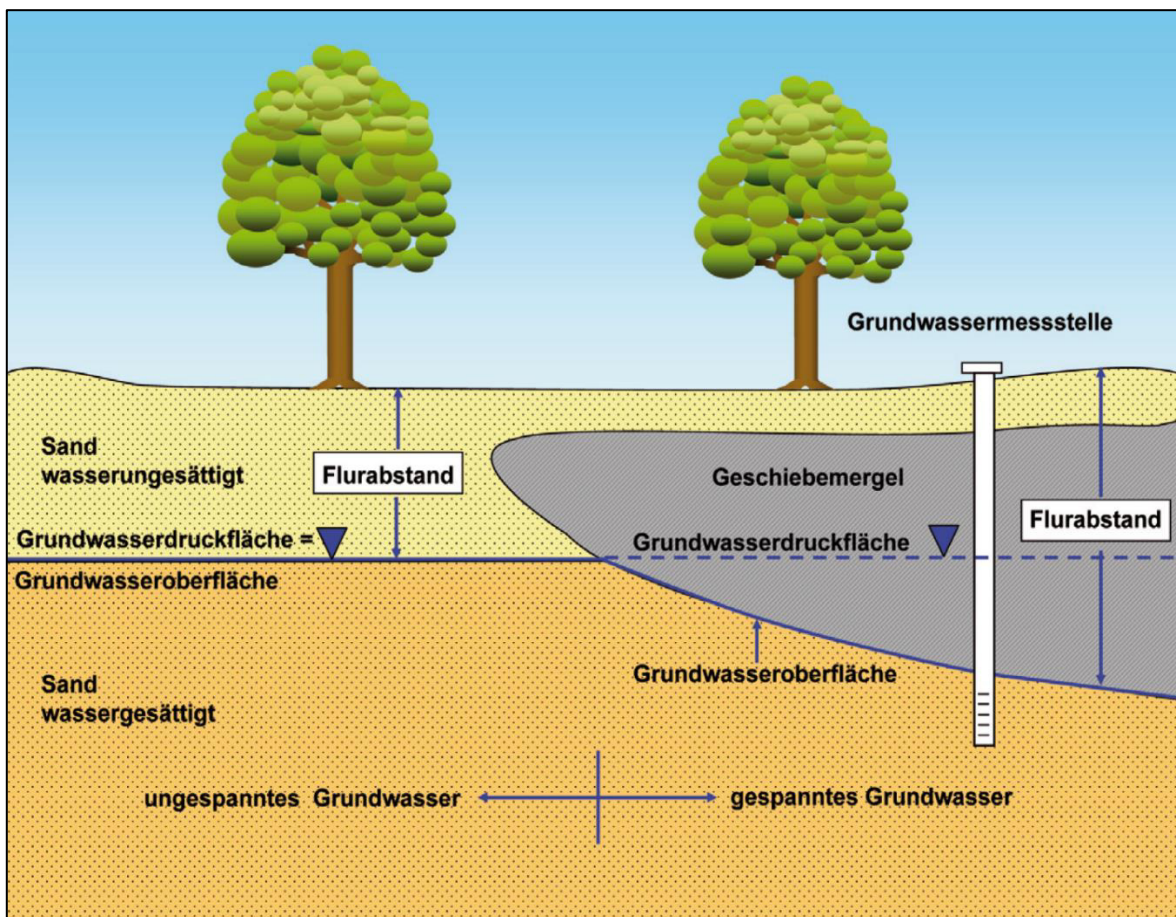


Abbildung 20: Begriffsbestimmung des Flurabstands bei gespanntem und ungespanntem Grundwasser (Hannappel und Limberg 2007)(Hannappel und Limberg 2007)

5.4.1 Datenaufbereitung

Vor der Berechnung des Flurabstands wurde die Grundwasseroberfläche im Projektgebiet zu den Zeitpunkten der drei hydrogeologischen Systemzustände hohes Grundwasser (HGW), mittleres Grundwasser (MGW) und niedriges Grundwasser (NGW) aus Punktmessungen flächendeckend regionalisiert. Zur Auswahl der Zeitpunkte der drei Systemzustände wurde die mittlere Wasserstandszeitreihe aller verwendeten Messstellen des NLWKN und der lokalen Wasserversorgungsunternehmen (vgl. Kapitel 5.2.1) berechnet. Die Zeitpunkte wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

1. ein hoher, mittlerer bzw. niedriger gemittelter Wasserstand über alle Messstellen hinweg (Abbildung 21),
2. eine möglichst große Anzahl Messstellen mit Messwerten zu den Zeitpunkten,
3. die Aktualität der Zeitpunkte und
4. eine möglichst geringe Abweichung der Messstellen zum gemittelten Wasserstand.

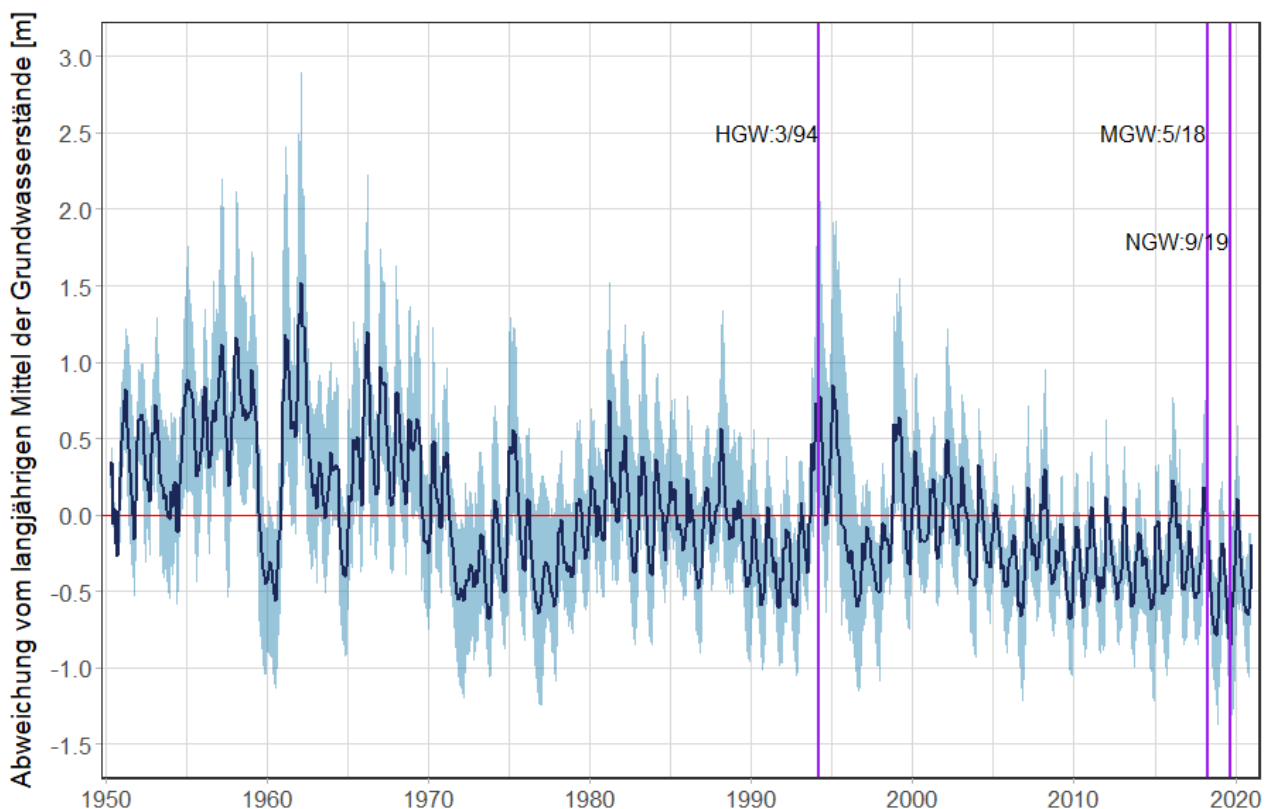


Abbildung 21: Entwicklung der mittleren Grundwasserstände zwischen 1950 und 2021 mit für die Bestimmung des Flurabstands ausgewählten Zeitpunkten der Systemzustände hohes (HGW), mittleres (MGW) und niedriges Grundwasser (NGW)

Folgende Zeitpunkte ergaben sich für niedrige, mittlere und hohe Grundwasserstände:

Tabelle 1: Zeitpunkte der hydrogeologischen Systemzustände zur Erstellung der Karten des Flurabstands

Bezugsgröße	Zeitpunkt	Abweichung vom langjährigen mittleren Grundwasserstand
Niedriges Grundwasser (NGW)	September 2019	- 85 cm
Mittleres Grundwasser (MGW)	Mai 2018	± 0 cm
Hohes Grundwasser (HGW)	März 1994	+ 76 cm

Die gewählten Zeitpunkte beziehen sich jeweils auf den gesamten Monat. Lag für eine Messstelle mehr als ein Wasserstand zu den jeweiligen Zeitpunkten vor, wurde das arithmetische Mittel der Messwerte dieser Messstelle gebildet. Insgesamt wurden Daten von 674 Grundwassermessstellen zur Regionalisierung verwendet. Eine Auswahl der Grundwassermessstellen erfolgte bei mehrfach verfilterten Messstellen nach dem Kriterium, nur die oberflächennah verfilterte Messstelle zu verwenden. Die Daten der Messstellen wurden auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft. Die Standorte der verwendeten Messstellen sind Abbildung 15 zu entnehmen.

Zusätzlich zu den Grundwassermessstellen wurden die Wasserstandsdaten der Oberflächenwasserpegel zu den drei Zeitpunkten zusammengetragen. Da dieser Datenbestand mit insgesamt 39 Pegeln zur Einbeziehung der Oberflächengewässer in die Regionalisierung zu gering ist, wurden Stützpunkte entlang der Fließgewässer erstellt. Diese Stützpunkte wurden entlang der Gewässer 1. und 2. Ordnung in einem Abstand von ca. 2 km gesetzt. An diesen Stützpunkten wurde die Geländehöhe aus einem zugrundeliegenden Digitalen Geländemodell abgegriffen. Die abgegriffene Geländehöhe entspricht bei Oberflächengewässern der Wasseroberfläche zum Zeitpunkt der Aufnahme der DGM-Daten. Um zu garantieren, dass die abgegriffene Geländehöhe je Stützpunkt der Wasseroberfläche entspricht, wurde jeweils die niedrigste Höhe im Umkreis von 50 m um die Stützpunkte verwendet.

Zu beachten ist, dass die extrahierten Werte aus dem zugrundeliegenden DGM die Wasseroberfläche im Bereich der Fließgewässer zum Zeitpunkt der Datenakquise für das DGM abbilden und daher nicht mit dem Wasserstand der gewählten Zeitpunkte übereinstimmen. Um von den abgegriffenen Höhen des DGM auf den Wasserstand zu den drei Zeitpunkten zu schließen, wurden die mittleren Abweichungen zwischen den gemessenen Wasserständen der Pegel und den aus dem DGM abgegriffenen Höhen der Wasseroberfläche an den Pegeln berechnet (Tabelle 2). Die berechneten Differenzen wurden anschließend mit den abgegriffenen Höhen der Stützpunkte verrechnet. Insgesamt wurden ca. 1.000 Stützpunkte in die Regionalisierung einbezogen.

Die Aufbereitung und statistische Auswertung der Wasserstandsdaten erfolgte mit der Software *R* in der Version 4.0.3 (R Core Team 2021).

Tabelle 2: Abweichungen zwischen gemessenen Pegelwasserständen und aus dem DGM1 abgegriffenen Höhen der Wasseroberfläche an den Fließgewässerpegeln

Bezugsgröße	Anzahl Pegel	Mittlere Abweichung zwischen Pegelwasserstand und extrahierter Geländehöhe	Maximale Abweichungen zwischen Pegelwasserstand und abgegriffener Geländehöhe
NGW (09/2019)	23	-36 cm	-99 cm; +24 cm
MGW (05/2018)	24	-21 cm	-79 cm; +30 cm
HGW (03/1994)	25	+68 cm	-43 cm; +221 cm

5.4.2 Regionalisierung mittels Variographie und Kriging

Die Übertragung der punktuell vorliegenden Informationen in die Fläche erfolgte durch ein geostatistisches Verfahren. Verwendet wurde das auf der Variogrammanalyse beruhende Kriging-Verfahren, welches in der Modellierung von Grundwasseroberflächen vielfach Anwendung findet (Utrecht et al. 2019). Das Kriging-Verfahren basiert auf der Annahme, dass eine räumliche Korrelation zwischen den Datenpunkten vorliegt, die durch die Variographie abgebildet werden kann. Die Analyse und Ermittlung der Variographie erfolgte mit der Software *R* und der Erweiterung *gstat* in der Version 2.0-6 (Pebesma E.J. 2004; Gräler et al. 2016). Durch die Berechnung und Darstellung der experimentellen Semivarianz für verschiedene Intervalle des Abstands zwischen den Messpunkten ergibt sich das experimentelle Semivariogramm. An dieses wurde ein Variogramm-Modell manuell angepasst, um die für die Regionalisierung notwendigen Parameter zu bestimmen.

Abbildung 22 zeigt das omnidirektionale experimentelle Semivariogramm der Punktdaten und das angepasste Variogramm-Modell für den Zeitpunkt Mai 2018 (mittleres Grundwasser – MGW). Im Semivariogramm wurde die Distanz zwischen den Punktdaten gegen die Semivarianz aufgetragen. Je kleiner die Semivarianz ist, desto größer ist die Korrelation zwischen den Punktdaten gleichen Abstands zueinander. In der Abbildung wird ersichtlich, dass die Semivarianz mit wachsender Distanz (Range) der Punktdaten zueinander zunimmt. Die räumliche Korrelation der Punktdaten nimmt entsprechend ab. Über einem Schwellenwert der Semivarianz (Sill) von 60 und einer Range von etwa 35.000 m besteht keine räumliche Korrelation der Daten zueinander.

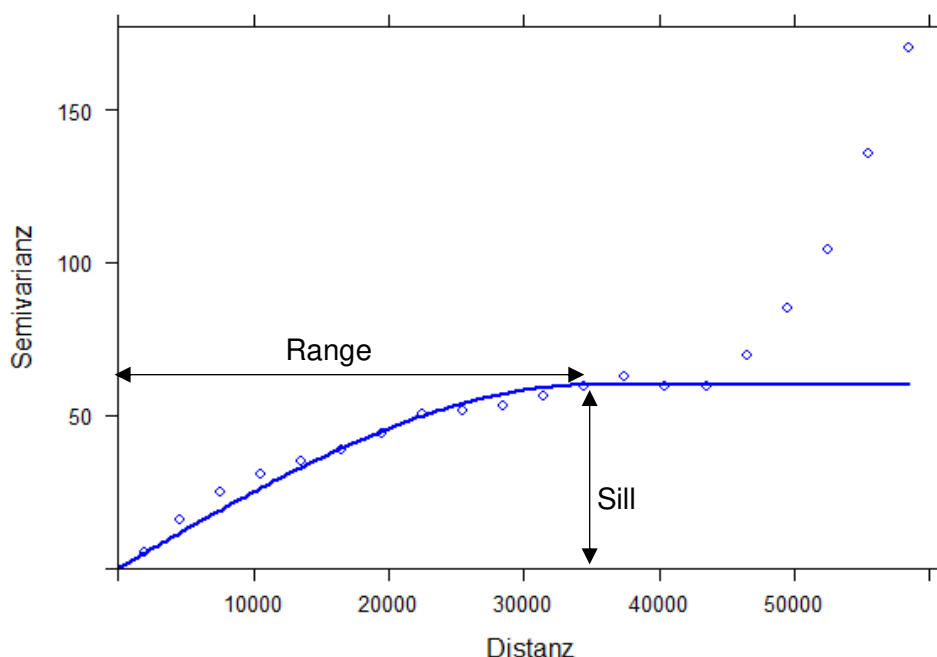


Abbildung 22: Omnidirektionales experimentelles Semivariogramm der Messdaten für das MGW (Mai 2018) und angepasstes exponentielles Variogramm-Modell

Diese Beziehung wurde mathematisch durch ein sphärisches Modell angepasst. Eine Varianz zwischen Datenpunkten mit geringen Abständen nahe Null (Nugget) ist nicht erkennbar, da das angepasste Modell in Abbildung 22 durch den Nullpunkt verläuft.

Zur Analyse, ob eine richtungsbezogene Abhängigkeit (Anisotropie) der Daten vorliegt, eignet sich die Darstellung eines zweidimensionalen experimentellen Variogramms (Abbildung 23). Daraus geht für die Messdaten zum Zeitpunkt des MGW deutlich hervor, dass die Daten in Richtung Nordost-Südwest über einen größeren Abstand geringere Semivarianzen aufweisen. Dagegen ist in nordwestlicher bzw. südöstlicher Richtung für Messdatenabstände größer 35 km eine starke Zunahme der Semivarianz sichtbar, die auf einen regionalen Trend („Drift“) zurückzuführen ist.

Die Anisotropie und Drift werden durch die entsprechend ausgerichteten geomorphologischen Elemente in der Region hervorgerufen. Ihre Ausrichtung spiegelt sich in der Grundwasserdruckfläche wider. So wird der starke Abfall der Grundwasserdruckfläche, von den Geestflächen nach Nordosten zu den Hauptvorflutern Ems und Hase hin, durch die Drift abgebildet. Entsprechend erfolgte eine Anpassung an das omnidirektionale Variogramm-Modell in Richtung 25° und mit einem Anisotropieverhältnis von 0,7.

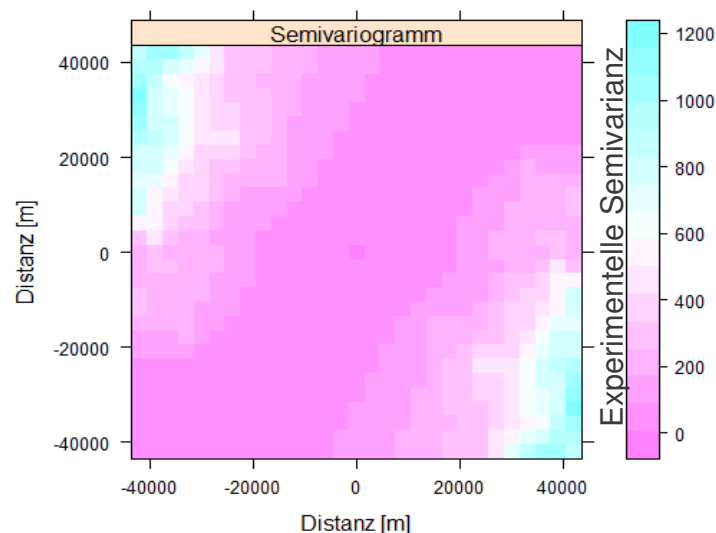


Abbildung 23: Zweidimensionales experimentelles Semivariogramm der Messdaten für den Zeitpunkt des MGW im Mai 2018

Die genannten Parameter des Variogramm-Modells für den Zeitpunkt des MGW (Mai 2018) sind nachfolgend tabellarisch zusammengefasst:

Tabelle 3: Variogramm-Parameter der Regionalisierung des Grundwasserstands für den Zeitpunkt des mittleren Grundwassers im Mai 2018

Name des Parameters	Modellparameter
Variogramm-Modell	Sphärisch
Sill	60
Range	35.000 m
Nugget	0
Anisotropie	25° ; 0,7

Die ermittelten Parameter des Modells wurden im nächsten Schritt zur Regionalisierung der Punktdaten durch das *Ordinary Kriging*-Verfahren zum Zeitpunkt des MGW angewendet.

Zur Regionalisierung wurde die Software *Surfer*[®] in der Version 9.11.947 (Golden Software 2021) verwendet. Das Ergebnis der Regionalisierung wurde mehrfachen manuellen Plausibilitätskontrollen unterzogen, bevor eine abschließende Regionalisierung erfolgte. Zur Visualisierung der Ergebnisse wurde die Software *QGIS* in der Version 3.16.6 (QGIS Development Team 2021) verwendet.

Die Regionalisierung der Punktdaten für die Zeitpunkte des NGW und des HGW erfolgte, anders als für das MGW, mittels *Kriging-Verfahrens mit externer Drift* (engl. *External Drift Kriging*). Grund dafür ist, dass dieses Verfahren das Hinzuziehen der räumlichen Struktur der zuvor regionalisierten Grundwasserdruckfläche des MGW unterstützend zu den Punktdaten ermöglicht. Hohe Unsicherheiten durch fehlende oder fehlerhafte Datenpunkte werden so in den betreffenden Gebieten reduziert (Möhler et al. 2014). Die Regionalisierung mittels Kriging mit externer Drift erfolgte mit der Funktion „*hydrokrige*“ der R-Erweiterung *hydroTSM* in der Version 0.6-0 (Zambrano-Bigiarini 2020). Die Anpassung eines Variogramm-Modells an das experimentelle Variogramm erfolgt bei dieser Funktion automatisiert.

In den Gebieten ungespannten Grundwassers ist der Flurabstand als die Abweichung zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasseroberfläche definiert. Folglich wurde die Differenz zwischen dem DGM und der regionalisierten Grundwasseroberfläche der drei Zeitpunkte berechnet, um den Flurabstand in diesen Gebieten zu bestimmen. Gebiete mit bedeckten Grundwasserleitern, in denen potenziell gespanntes Grundwasser auftritt, wurden mit Hilfe der Hydrogeologischen Übersichtskarte im Maßstab 1 : 200.000 (HUEK200) ermittelt.

Als Gebiete mit potenziell gespanntem Grundwasser wurden die Flächen der HUEK200 definiert, in denen bindige Deckschichten des Miozäns und Pleistozäns ausgewiesen wurden. Da die Grundwasseroberfläche bei gespannten Verhältnissen der Unterkante der bindigen Deckschicht entspricht, wurden Bohrdaten des LBEG (NIBIS Kartenserver) hinsichtlich der Lage der Unterkante der Deckschicht ausgewertet. Insgesamt wurden 60 Bohrungen verwendet. Diese punktuellen Daten wurden wiederum mittels Ordinary Kriging-Verfahren regionalisiert und der Abstand der regionalisierten Unterkante zur Geländeoberkante berechnet. Ist dieser Abstand größer als der berechnete Flurabstand des ungespannten Grundwassers, liegen gespannte Verhältnisse vor. In einem letzten Schritt erfolgte das Zusammenfügen des Flurabstands der Flächen ungespannten und gespannten Grundwassers zu einer flächendeckenden Karte für das gesamte Projektgebiet.

Das Digitale Geländemodell dient zur Berechnung des Flurabstands, indem die regionalisierte Grundwasseroberfläche von der Geländehöhe subtrahiert wird. Darüber hinaus hat das DGM direkten Einfluss auf die Regionalisierung, da die Wasserstände der Gewässerstützpunkte aus dem DGM abgegriffen werden. Anfänglich wurde zur Berechnung des Flurabstands das DGM5 verwendet, welches für das gesamte Projektgebiet vorliegt. Das DGM1 bietet gegenüber dem DGM5 eine höhere Auflösung, welche insbesondere beim Abgreifen von Wasserständen in schmalen oder steilen Fließgewässern zu einer höheren Genauigkeit führen kann. Da mit der Nutzung des DGM1 jedoch auch ein erhöhter Rechenaufwand einhergeht, wurde der Grundwasserflurabstand zunächst nur in einem

Teilgebiet auf Basis des DGM1 berechnet und mit dem Grundwasserflurabstand auf Basis des DGM5 verglichen. Die Lage der Gewässerstützpunkte war bei der Berechnung des Flurabstands unter Verwendung des DGM1 identisch zur Berechnung mittels des DGM5.



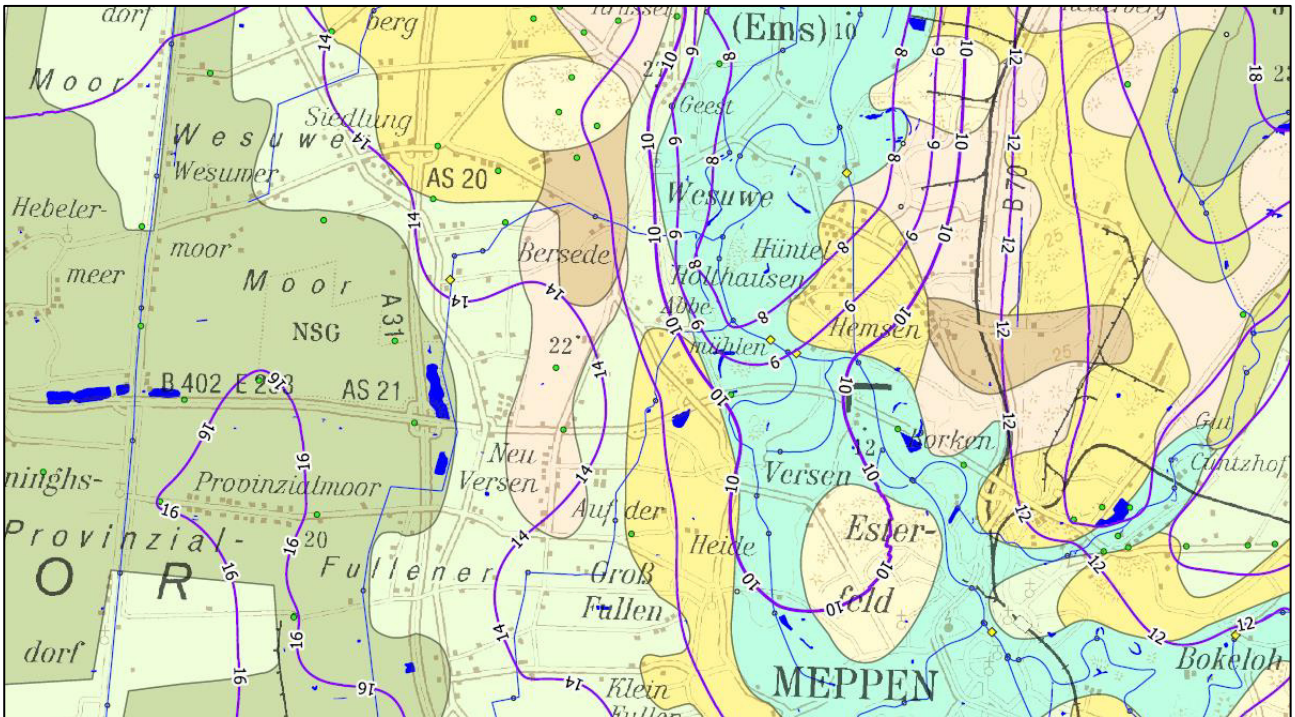
Abbildung 24: Differenz der berechneten Flurabstände basierend auf dem DGM1 und dem DGM5 für ein Teilgebiet

In Abbildung 24 ist die Differenz der berechneten Flurabstände basierend auf dem DGM1 und dem DGM5 dargestellt. Für das DGM1 wurde im Vergleich zum DGM5 beobachtet, dass die Geländeoberfläche überwiegend um wenige Zentimeter bis zu einem Meter niedriger ausfällt. Die größten Abweichungen zeigten sich im Bereich der Fließgewässer II. und III. Ordnung. Dies hat zur Folge, dass der Flurabstand basierend auf dem DGM1 im Vergleich zum DGM5 nahe den Gewässern mit Stützpunkten höher und in den Gebieten mit größerer Entfernung zu den Gewässern etwas geringer ausfällt (Abbildung 24). Die Differenzen sind hauptsächlich auf die unterschiedliche Genauigkeit der beiden Digitalen Geländemodelle beim Abgreifen der Gewässerhöhen zurückzuführen. Aufgrund dieser großen Differenzen wurde die Berechnung des Grundwasserflurabstands auf Basis des DGM1 für das Projektgebiet, sofern Daten verfügbar waren, wiederholt.

5.4.3 Ergebnisse

Das Ergebnis der Regionalisierung der Grundwasserstände, der Grundwassergleichenplan, ist für einen Ausschnitt im Westen des Projektgebiets in Abbildung 25 dargestellt. Darin ist die Ems als Hauptvorfluter erkennbar, sowie die lokal gekrümmten Grundwassergleichen. Westlich der Ems grenzt das Bourtanger Moor mit geringem Gefälle, nordöstlich der Ems befinden sich Geestflächen.

Das zunehmende Gefälle wird in diesem Bereich durch die hohe Dichte der Grundwassergleichen abgebildet.



Geologische Übersichtskarte 1 : 500.000 (GÜK500)

- Holozän/Torf//Hochmoor
- Holozän/Torf, z.T. Mudde//Niedermoor, z.T. Seeablagerungen
- Holozän/Ton, Schluff, Sand//Flussablagerungen (Auelehm, -sand)
- Weichsel-Kaltzeit bis Holozän/Sand//Dünen
- Weichsel-Kaltzeit/Sand//Flugsand
- Weichsel-Kaltzeit/Schluff/sandig/Sandlöss
- Weichsel-Kaltzeit/Sand/kiesig/periglaziäre Hang- und Schwemmlagerungen, Fließerde, Blockschutt
- Weichsel-Kaltzeit/Sand, Kies//Flussablagerungen der Niederterrasse
- Jüngeres Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit/Schluff/Jüngere Grundmoräne (Geschiebelehm, -mergel)
- Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit/Schluff/tonig, sandig, kiesig/ Grundmoräne (Geschiebelehm, -mergel)
- Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit/Sand, Kies// Schmelzwasserablagerung
- Tertiär/Ton, Schluff, Sand, z.T. Kies, Braunkohle//

- Grundwassermessstellen
- ◆ Pegel
- Gewässerstützpunkte
- Fließgewässer
- Grundwassergleichen (MGW Mai 2018)



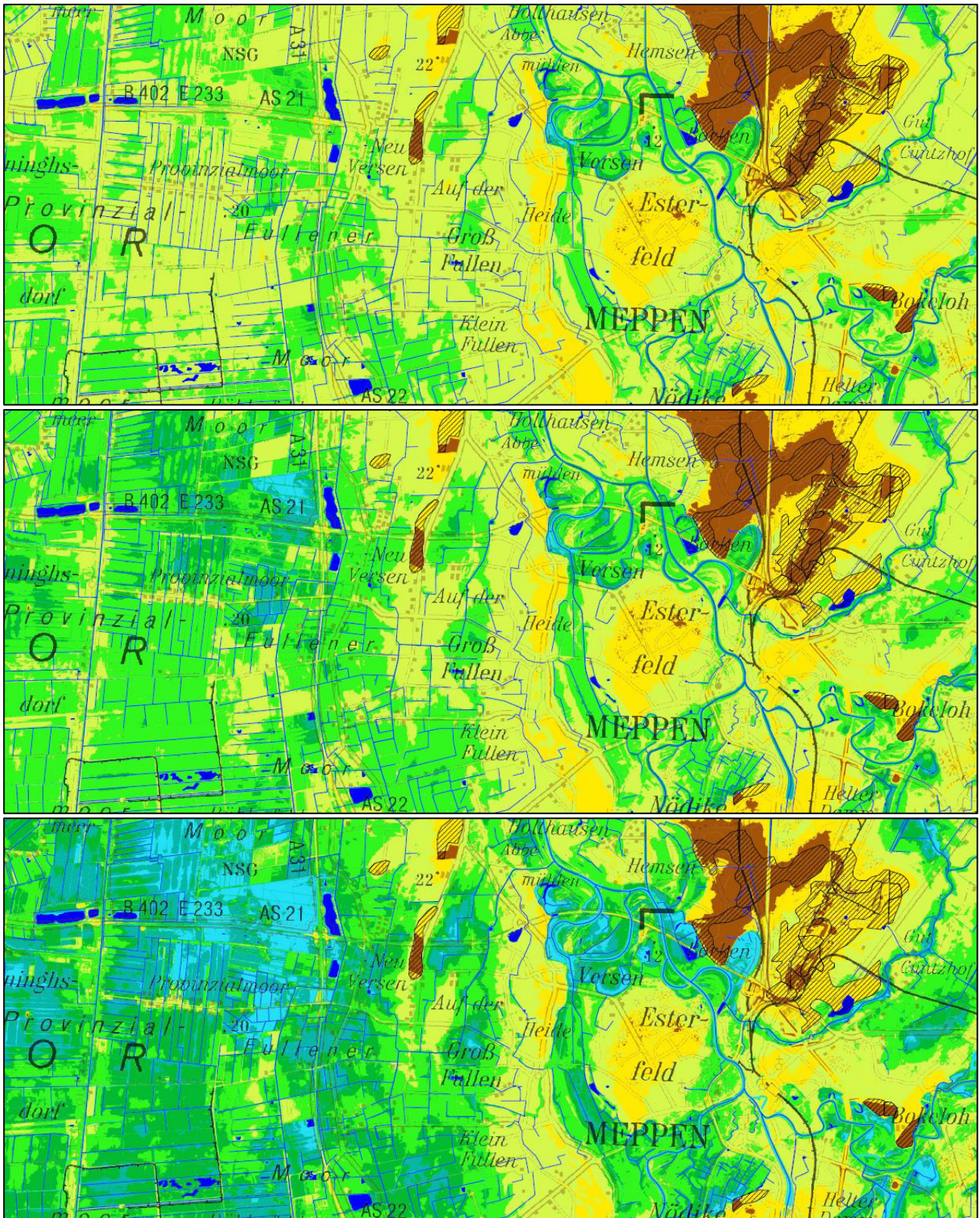
Datengrundlage: Grundwasserstände und Pegeldaten (NLWK, WSV und lokale Wasserversorger), DGM1 (LK EL)
 Kartengrundlage: DTK200 (BKG), GÜK500 (LBEG)
 Koordinatensystem: ETRS89 UTM 32N zE-N (EPSG 4647)



Abbildung 25: Ausschnitt der Grundwassergleichenplan für das MGW (Mai 2018) im Projektgebiet

Einen Ausschnitt der Flurabstandskarte für die drei Zeitpunkte des NGW, MGW und HGW zeigt Abbildung 26. Darin werden die geringen Flurabstände in den Niederungen der Ems und im Bour-tanger Moor deutlich mit Flurabständen von 2 bis 5 m bei niedrigen Grundwasserständen bis hin zu Flurabständen kleiner 0,5 m bei hohen Grundwasserständen. Nach Nordosten nimmt der Flurabstand zur Geest hin zu und weist dort zu allen Zeitpunkten Flurabstände über 5 m auf. Vereinzelt befinden sich dort Bereiche gespannten Grundwassers.

Die Grundwassergleichenpläne und Flurabstandskarten des gesamten Projektgebiets sind den Anhängen 2 und 3 zu entnehmen. Die erstellten Grundwassergleichenpläne bilden die Strukturen der Grundwasseroberfläche gut ab und sind daher dem Grundwassergleichenplan des LBEG (HK50GWO) (Abbildung 10) hinsichtlich der Lage der regionalen Grundwassergleichen und der



Flurabstand [m]

- | | | |
|----------|---------|-----------------------|
| <= 0 | >2 - 5 | bedecktes Grundwasser |
| >0 - 0.5 | >5 - 10 | Fließgewässer |
| >0.5 - 1 | >10 | Standgewässer |
| >1 - 2 | | |



Datengrundlage: Grundwasserstände und Pegeldata (NLWKN, WSV und lokale Wasserversorger), DGM1 (BKG via LK Emsland)
 Kartengrundlage: DTK200 (BKG)
 Koordinatensystem: ETRS89 UTM 32N zE-N (EPSG 4647)

Abbildung 26: Ausschnitt der Flurabstandskarten, oben: NGW (09/2019), mittig: MGW (05/2018), unten: HGW (03/1994)

Fließrichtung des Grundwassers ähnlich. Im Unterschied zur HK50GWO weisen die erstellten Karten jedoch einen deutlich höheren Detailgrad auf, da sie für eine lokale statt landesweite Betrachtung auf einer höheren Dichte der Stützpunkte und Grundwassermessstellen sowie auf dem DGM1 und DGM5 beruhen. Der höhere Detailgrad erzeugt wiederum plausiblere Flurabstände, die für die Konzeption des lokalen Wassermengenmanagements im Projektgebiet notwendig sind.

Die dargestellten Grundwasserflurabstände in Anhang 3 basieren überwiegend auf dem DGM1. Lediglich im Osten des Gebiets standen keine Daten des DGM1 zur Verfügung. In diesen Bereichen werden die auf Basis des DGM5 berechneten Grundwasserflurabstände dargestellt.

Zur detaillierten Betrachtung eines Teilgebiets und zur Maßnahmenplanung wird die Verwendung des DGM1 für die Bestimmung des Flurabstands empfohlen. Die Bereiche der Flurabstandskarten, die auf dem DGM5 basieren, geben dennoch einen guten Überblick und vervollständigen die Übersicht über die Flurabstände im gesamten Projektgebiet. Sie ermöglichen damit die nachfolgende, vollständige Ausweisung geeigneter Gebiete für Maßnahmen des Wasserrückhalts im gesamten Projektgebiet (Kapitel 5.5). Für eine detaillierte Betrachtung und Maßnahmenplanung in den Gebieten, in denen kein DGM1 vorlag, wird die Verwendung des DGM1 zur Berechnung des Flurabstands empfohlen.

5.5 Entwicklung der nutzbaren Dargebotsreserven

Die mengenmäßige Bewirtschaftungsgrundlage der Grundwasserkörper in Niedersachsen bildet der Runderlass „Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers“ des MU vom 29.05.2015 (RdErl. d. MU 2015). In Anlage 1 des Runderlasses sind das nutzbare Grundwasserdargebot und die nutzbare Dargebotsreserve je Grundwasserkörper aufgelistet. Die Bestimmung der Dargebotsreserve erfolgt durch Abzug regional spezifischer Abschläge (Ergiebigkeits-, Versalzungs- und Öko-Abschlag) vom Trockenwetterdargebot. Das nutzbare Dargebot setzt sich aus den genehmigten Entnahmemengen nach Stand 05/2014 und der nutzbaren Dargebotsreserve zusammen.

Das nach dieser Methode bestimmte, nutzbare Grundwasserdargebot ist in Abbildung 27 dargestellt. Das nutzbare Dargebot der Grundwasserkörper im Projektgebiet variiert sehr stark von 2 bis 67 Mio. m³/a. Da das Dargebot jedoch direkt von der Fläche der Grundwasserkörper abhängt, fällt es bei kleinen Grundwasserkörpern naturgemäß geringer aus als bei großflächigen Grundwasserkörpern. Für drei der Grundwasserkörper beträgt die bereits genehmigte Entnahmemenge über 50 % des gesamten nutzbaren Dargebots. Bei keinem der Grundwasserkörper liegt zum Zeitpunkt des Erlasses eine vollständige Ausnutzung des Dargebots vor.

Die genehmigten Entnahmemengen in Abbildung 28 wurden durch Zuarbeit der Unteren Wasserbehörden der Landkreise Emsland, Cloppenburg und Osnabrück sowie der Stadt Lingen (Ems) aus den Einträgen des Wasserbuchs entnommen und nach Rechtszwecken kategorisiert. Dabei wurden lediglich aktuelle Wasserrechte im aktiven Zustand und mengenbilanzrelevante Wasserrechte erfasst.

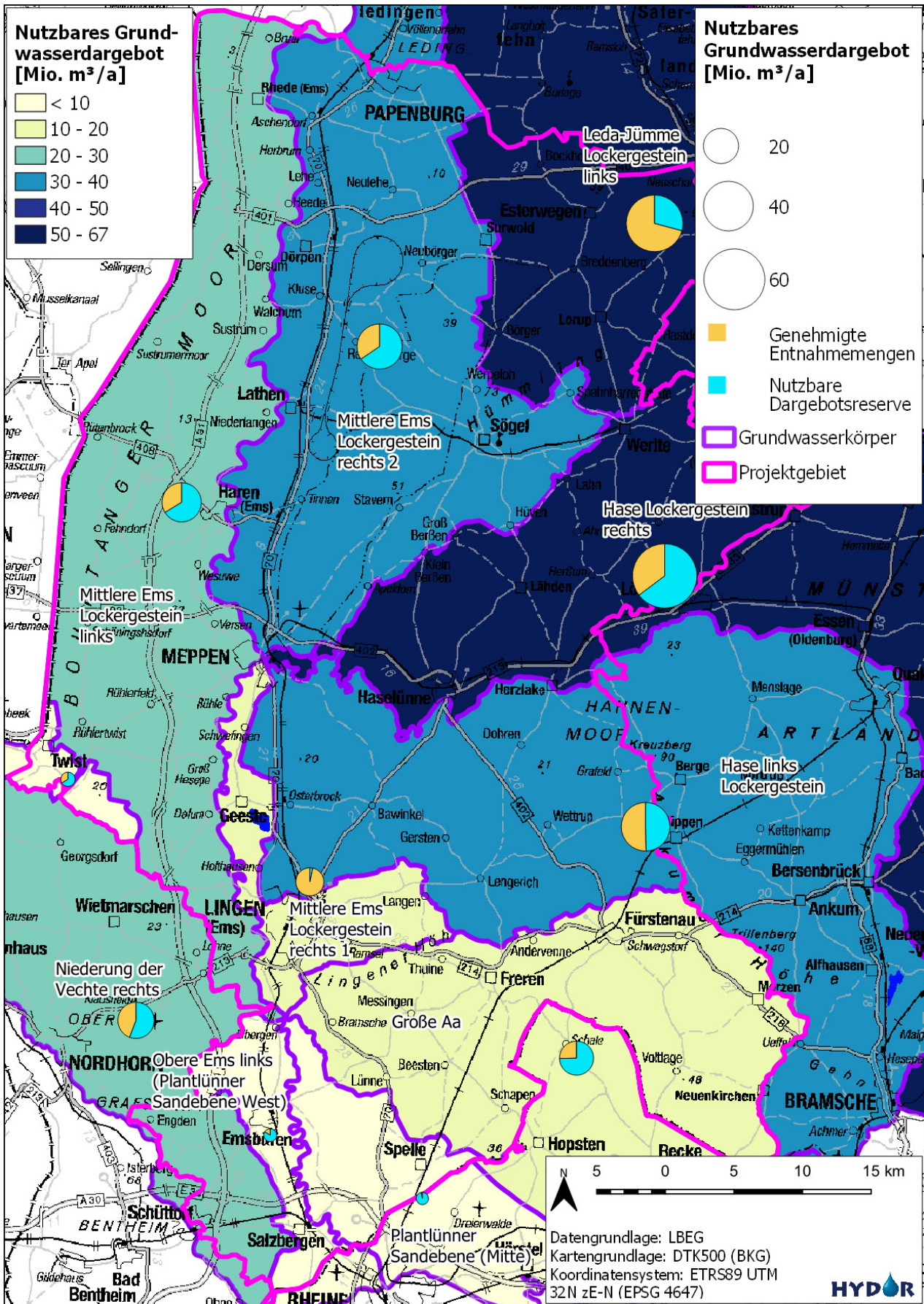


Abbildung 27: Nutzbares Grundwasserangebot, genehmigte Entnahmemengen und nutzbare Dargebotsreserve je Grundwasserkörper

Wasserrechte zur Wasserkraftnutzung und für den Betrieb von Wärmepumpen wurden daher nicht in die Bilanzierung einbezogen. Die Wasserrechte zur Kühlwassernutzung von Oberflächenwasser wurden hingegen in der Bilanzierung berücksichtigt, da die Mengen dieser Nutzungsart erheblich sind und Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Wassers (Temperaturänderung) zu erwarten sind. Da das entnommene Wasser jedoch wieder den Oberflächengewässern zugeführt wird, ergibt sich durch diesen Rechtszweck kein direkter mengenmäßiger Eingriff in den hydrologischen Kreislauf. Für die eingetragenen Wasserrechte mit hohen Entnahmemengen wurde eine manuelle Plausibilitätsprüfung durchgeführt.

Aus Abbildung 28 geht hervor, dass die öffentliche Wasserversorgung mit insgesamt 54 % den Großteil der zulässigen Jahresentnahmen aus dem Grundwasser im Projektgebiet einnimmt. Etwa 18 % und 16 % der gesamten zulässigen Jahresentnahmen aus dem Grundwasser entfällt auf die Betriebswasserversorger und die landwirtschaftliche Beregnung. Die unter dem Rechtszweck „Sonstiges“ zusammengefassten, zulässigen Jahresentnahmen für das Grundwasser umfassen noch etwa 8 %. Die übrigen Rechtszwecke nehmen dagegen eine untergeordnete Rolle ein. Bezogen auf die zulässige Jahresentnahme aus Oberflächengewässern liegen die Wasserrechte bei allen Rechtszwecken in der Summe unter 2 Mio. m³/a. Lediglich für die Nutzung als Kühlwasser liegt die zulässige Jahresentnahme mit ca. 24 Mio. m³/a weitaus höher, was auf die Bewirtschaftung des Speicherbeckens Geeste zurückzuführen ist.

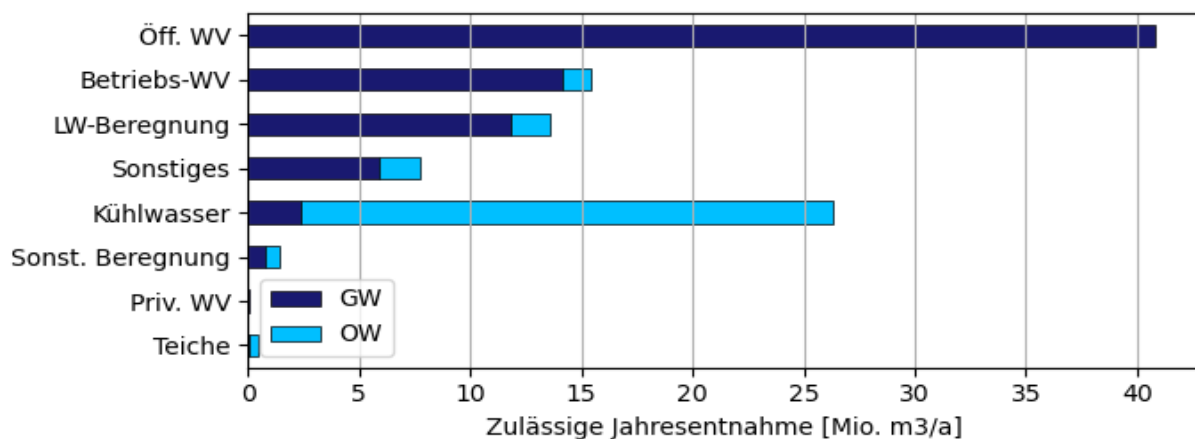


Abbildung 28: Aktuelle Erfassung der Entnahmerechte; (Quelle: Digitale Wasserbücher mit Zusatzinformationen der UWB (LK Emsland, Stadt Lingen, LK Cloppenburg, LK Osnabrück))

Um die Entwicklung der Entnahmen und die damit einhergehende Dargebotsreserve zwischen 2010 und 2020 abzubilden, wurden die tatsächlichen Entnahmemengen je Grundwasserkörper ausgewertet. Hierbei wurden die Daten der öffentlichen Wasserversorger herangezogen, da nur diese lückenlos verfügbar waren und durch diese der überwiegende Teil der Entnahmen aus dem Grundwasser abgebildet wird. Demnach erfolgte in allen Grundwasserkörpern ein Anstieg der tatsächlichen Grundwasserentnahmen (Abbildung 29). Für die drei Grundwasserkörper, die vollständig im Projektgebiet liegen (Mittlere Ems Lockergestein rechts 1 und 2 sowie Mittlere Ems Lockergestein links), nahm die Entnahme um 8 % bis 38 % zu. Zwischen 2018 und 2020 blieb die tatsächliche Entnahme jedoch konstant oder nahm in einigen Grundwasserkörpern ab.

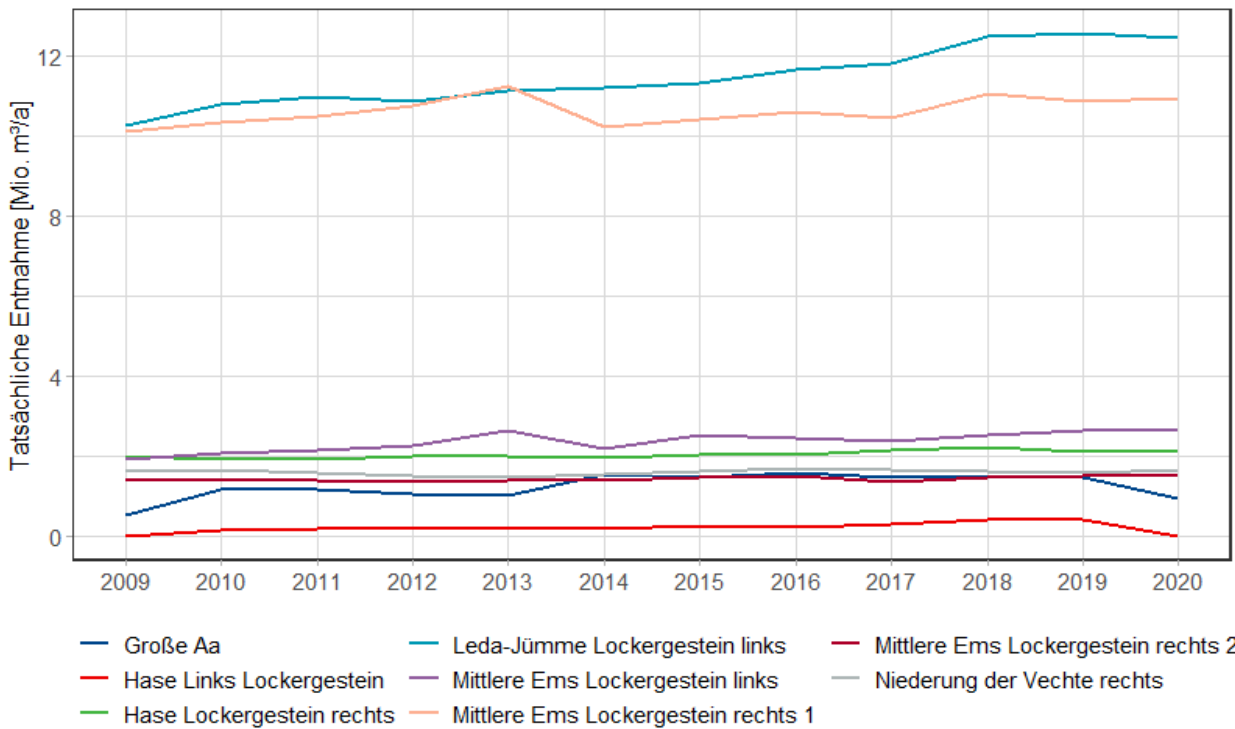


Abbildung 29: Entwicklung der tatsächlichen Grundwasserentnahme durch die öffentlichen Wasserversorger je Grundwasserkörper

Für die zukünftige Entwicklung ist dennoch mit einem Anstieg der Wasserentnahmen durch die öffentliche Wasserversorgung und die Landwirtschaft zu rechnen. So nahm die genehmigten Entnahmemengen in den vollständig im Projektgebiet gelegenen Wasserkörpern seit 2014 um ca. 1,6 Mio. m³/a zu (Abbildung 30). Für den teilweise im Projektgebiet liegenden Grundwasserkörper „Obere Ems links“ verdoppelte sich die genehmigte Entnahmemenge seit 2014 von 0,45 auf 0,8 Mio. m³/a.

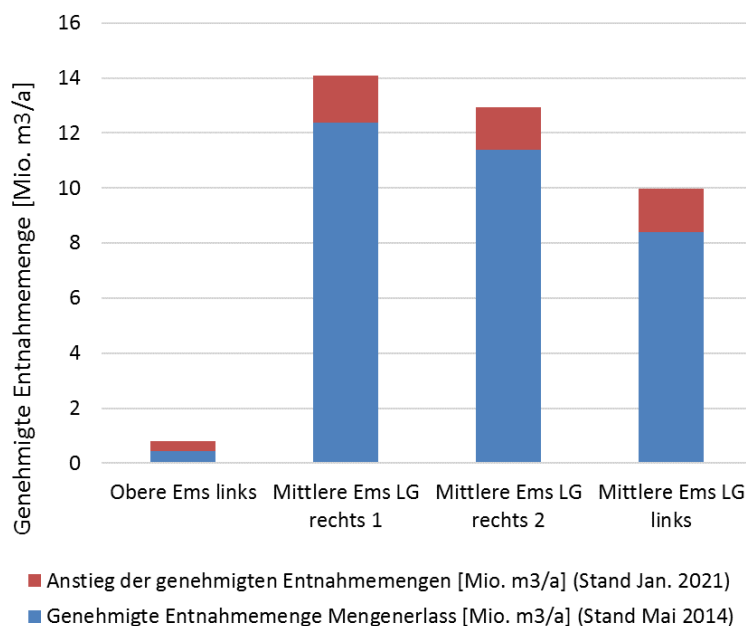


Abbildung 30: Entwicklung der Entnahmerechte von 2014 – 2021 je Grundwasserkörper

6. Maßnahmen für den Wasserrückhalt in der Fläche

6.1 Hintergrund und politischer Rahmen

Die Trocken- bzw. Dürreperioden der letzten Sommer führten zu Wasserstress für Pflanzen mit erheblichen Auswirkungen auf Ökosysteme und die Landwirtschaft. Gleichzeitig waren die letzten Jahre vermehrt von intensiven Stark- und Dauerregen geprägt, die Hochwasser, aber auch Überflutungen abseits von größeren Flüssen mit sich brachten und zu erheblichen Sachschäden sowie zur Gefährdung von Menschenleben führten. Aufgrund des immer häufigeren Auftretens solcher Extremereignisse hat sich die Diskussion um dezentrale Wasserrückhaltmaßnahmen in den letzten Jahren bundesweit intensiviert.

Der letzte Monitoringbericht (UBA 2019) zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) aus dem Jahr 2019 dokumentiert auf Bundesebene ein vermehrtes Auftreten niedriger Grundwasserstände und eine signifikante Abnahme der mittleren Abflusshöhe im hydrologischen Sommerhalbjahr. Als Ziele werden in diesem Zusammenhang die „Förderung der dezentralen Niederschlagsversickerung als Beitrag zur Grundwasserneubildung“, die „verstärkte raumordnerische Sicherung von Wasserressourcen“ und „planerisches Hinwirken auf angepasste Nutzungen bei sinkenden Grundwasserneubildungsraten“ genannt. Diese Ziele beziehen sich auf die in der ursprünglichen DAS aus dem Jahr 2008 (Bundesregierung 2008) genannten Querschnittsthemen „Raum-, Regional- und Bauleitplanung sowie Bevölkerungsschutz“ und implizieren damit bereits die Notwendigkeit des Zusammenwirkens von Akteuren aus unterschiedlichen Disziplinen.

Neue Strukturen, die für einen Wasserrückhalt geschaffen werden, müssen jedoch auch den Anforderungen der Entwässerung bei Stark- und Dauerregen entsprechen. Die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) definiert in ihrer Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement (LAWA 2018a) Rahmenbedingungen und Handlungserfordernisse, aus denen Aufgaben des Starkregenrisikomanagements verschiedener Akteure auf kommunaler, privater und verwaltungsfachlicher Ebene hervorgehen.

Mögliche Auswirkungen von Starkregen sind bei der kommunalen Infrastruktur-, Flächennutzungs-, Bauungs- und Stadtplanung im Rahmen der Flächenvorsorge angemessen zu berücksichtigen. Oberflächenabfluss sollte vermieden, natürlicher Wasserrückhalt hingegen geschaffen und bewahrt werden. Konkret wird die Verantwortung der Landwirte für die Einhaltung der guten fachlichen Praxis genannt, um Bodenerosion und Oberflächenabfluss zu vermeiden. Auch strukturelle Elemente wie Hecken und Grünstreifen sollten erhalten oder neu angelegt werden. Die Aufgaben der Forstwirtschaft liegen in der Anlage geeigneter Holzlagerplätze und der gezielten Wasserversickerung und Vermeidung langer Fließwege, wodurch Verklausungen und Überflutungen in Siedlungsgebieten reduziert werden können (LAWA 2018a). Maßnahmen zur Förderung des Wasserrückhalts in der Fläche sind daher in Hinblick auf einen klimaresilienten Wasserhaushalt und damit einhergehender Sicherung der Daseinsvorsorge unausweichlich. In der Praxis werden solche Wasserrückhaltmaß-

nahmen häufig entweder im Kontext der Hochwasser- und Sturzflut-, Erosions- oder Dürreproblematik gedacht und geplant. Die Auswirkungen können jedoch weitreichend sein und müssen vollumfänglich erfasst werden. So kann sich z. B. eine Aufforstung entschärfend auf das Hochwasserrisiko und die Erosionsgefährdung auswirken, aber gleichzeitig die Grundwasserneubildung verringern und damit den Wasserstress in Trockenperioden potenziell verschärfen.

Daher ist eine sorgfältige, auf die regionalen Herausforderungen angepasste Auswahl der Wasserrückhaltmaßnahmen und die Quantifizierung aller ihrer relevanten Auswirkungen für die erfolgreiche Umsetzung neuer Wassermengenmanagementkonzepte unabdingbar.

6.2 Grundlagen und Ansätze für Wasserrückhaltmaßnahmen

Auf verschiedenen politischen Ebenen und mit unterschiedlichem Fokus auf die standörtlichen Gegebenheiten wie Landbedeckung und -nutzung werden Wasserrückhaltmaßnahmen zusammengetragen, diskutiert und evaluiert. Folgende Kataloge und Standardwerke wurden für die Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen zusammengetragen:

- EU-Katalog (*nwrn.eu*) naturverträglicher Wasserrückhaltmaßnahmen (Office International de l'Eau 2021),
- Maßnahmenkatalog des Forschungsprojektes „Instrumente zur Förderung naturverträglicher dezentraler Wasserrückhaltmaßnahmen (NWRM)“ des Bundesamts für Naturschutz,
- LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog (LAWA 2015),
- DWA-Themenheft T5/2015: Wasserrückhalt in der Fläche durch Maßnahmen in der Landwirtschaft (DWA 2015) sowie die aktuell im Entwurf befindliche²
- „Nationale Wasserstrategie“ des BMU mit den wichtigsten Herausforderungen und Zielen für die Entwicklung der Wasserwirtschaft in Deutschland.

Im Pilotprojekt *nwrn.eu* (Office International de l'Eau 2021) werden sogenannte *Natural Water Retention Measures (NWRM)* als übergeordnetes Konzept und nicht als genau definierter Katalog von Maßnahmen verstanden. Die in Abbildung 31 aufgelisteten 53 NWRM aus den Sektoren Landwirtschaft, Forst, Gewässer und Aue sowie Siedlung stellen zum Teil Ergänzungsmaßnahmen (*Supplementary Measures*) im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie dar, die gezielt zur Behebung bzw. Minderung von Problemen bezüglich des Wasser- oder Stoffhaushalts in Einzugsgebieten gefördert und umgesetzt werden sollen. NWRM fokussieren vor allem auf

- Multifunktionalität,
- den natürlichen Wasserrückhalt der Böden und Grundwasserleiter,
- Wiederherstellung oder Erhalt wasserabhängiger Ökosysteme und
- eine naturnahe Umsetzung.

In einem aktuell laufenden Forschungsvorhaben des Bundesamts für Naturschutz (BfN) mit dem Titel „Instrumente zur Förderung naturverträglicher dezentraler Wasserrückhaltmaßnahmen

² <https://www.bmu.de/download/nationale-wasserstrategie>

(NWRM)“ (UFOPLAN FKZ 3519841000) wurden solche NWRM übernommen, die gleichzeitig Naturschutzmaßnahmen darstellen, fehlende Maßnahmen ergänzt und im Hinblick auf ihre synergistischen Wirkungen bewertet. Das Ergebnis stellt eine Weiterentwicklung der ursprünglichen 53 NWRM dar, jedoch mit naturschutzfachlichem Schwerpunkt und es zeigt, dass je nach Zielstellung eine Anpassung der Maßnahmenliste notwendig ist.

Sektor LANDWIRTSCHAFT	Sektor HYDROMORPHOLOGIE
A01 Wiesen und Weiden	N01 Becken und Teiche
A02 Pufferzonen und Hecken	N02 Feuchtgebietsrenaturierung und -bewirtschaftung
A03 Fruchtfolge	N03 Wiederherstellung und Management von Überschwemmungsflächen
A04 Streifenkultur entlang den Höhenlinien	N04 Remäandrierung
A05 Zwischenkulturanbau	N05 Renaturierung des Flussbetts
A06 Direktsaat Anbauverfahren	N06 Renaturierung und Wiederanschluss saisonaler Wasserläufe
A07 Reduzierte Bodenbearbeitung	N07 Wiederanbindung von Altarmen und ähnlichen Elementen
A08 Begrünung	N08 Flussbettrenaturierung
A09 Frühsaat	N09 Beseitigung von Dämmen und anderen Längsbarrieren
A10 Traditionelle Terrassenkultur	N10 Natürliche Uferbefestigung
A11 Permanente Fahrwege	N11 Beseitigung des Uferschutzes
A12 Reduzierte Besatzdichte	N12 Renaturierung von Seen
A13 Mulchen	N13 Wiederherstellung der natürlichen Infiltration in das Grundwasser
	N14 Renaturierung von Polderflächen
Sektor FORSTWIRTSCHAFT	Sektor STADT- UND RAUMPLANUNG
F01 Auenstreifen	U01 Gründächer
F02 Erhaltung von Waldflächen in Quellgebieten	U02 Regenwassergewinnung
F03 Aufforstung in Einzugsgebieten von Wasserspeicherbecken	U03 Durchlässige Oberflächen
F04 Gezielte Bepflanzung zum Auffangen von Niederschlag	U04 Versickerungsmulden
F05 Landnutzungsänderung	U05 Kanäle und Rinnen
F06 Dauerwald	U06 Filterstreifen
F07 "Wasserschonende" Fahrweise	U07 Sickergruben
F08 Zweckmäßige Gestaltung von Straßen und Bachquerungen	U08 Sickergräben
F09 Sedimentfang-Teiche	U09 Regengärten
F10 Totholz	U10 Speicherbecken
F11 Städtischer Waldpark	U11 Rückhaltebecken
F12 Bäume in Stadtgebieten	U12 Infiltrationsbecken
F13 Schutzbauten gegen Abflussspitzen in bewirtschafteten Wäldern	
F14 Oberflächenabflussgebiete in Moorwäldern	

Abbildung 31: Liste der 53 NWRM gemäß EU-Katalog (nach nwrn.eu)

Der von der LAWA (2015) herausgegebene LAWA-BLANO-Katalog stellt eine Harmonisierung der Maßnahmen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), der EG-Hochwasserrisiko-management-Richtlinie (HWRM-RL) und der EG-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) dar. Vor allem die ergänzenden Maßnahmen 61 – 87 *Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen* (siehe Tabelle 4) sind für den dezentralen Wasserrückhalt relevant, besonders die Maßnahme Nr. 65 „*Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Wasserrückhalts*“ bezieht sich direkt auf eine ganze Bandbreite möglicher Maßnahmen.

Darüber hinaus sind die landwirtschaftlichen Maßnahmen mit den Nummern 28 und 29 zu nennen, bei denen es prinzipiell um die Anlage von Gewässerschutzstreifen oder Bewirtschaftungsmaßnahmen (z. B. reduzierte Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau etc.) geht, um Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer- und Grundwasserkörper durch Verringerung von Oberflächenabflusses und Erosion zu reduzieren.

Tabelle 4: LAWA-BLANO Maßnahmen Nr. 61 - 87 (Quelle: LAWA 2018b/LAWA 2018b)

Handlungsfeld	LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog		
	Maßnahmen der WRRL		
	Belastungstyp nach WRRL, Anhang II	Nr.	Maßnahmenbezeichnung
Gewässerstruktur	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	70	Maßnahmen zur Habitatverbesserung durch Initiieren/Zulassen einer eigendynamischen Gewässerentwicklung
		71	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im vorhandenen Profil
		72	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im Gewässer durch Laufveränderung, Ufer oder Sohlgestaltung
		73	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im Uferbereich
		74	Maßnahmen zur Auenentwicklung und zur Verbesserung von Habitaten
		75	Anschluss von Seitengewässern, Altarmen (Quervernetzung)
		77	Maßnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaushaltes bzw. Sedimentmanagement
		78	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen die aus Geschiebeentnahmen resultieren
		79	Maßnahmen zur Anpassung/Optimierung der Gewässerunterhaltung
		80	Maßnahmen zur Verbesserung der Morphologie an stehenden Gewässern
		81	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Bauwerke für die Schifffahrt, Häfen, Werften, Marinas
		82	Maßnahmen zur Reduzierung der Geschiebe-/Sedimententnahme bei Küsten- und Übergangsgewässern
		83	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen durch Sandvorspülungen bei Küsten- und Übergangsgewässern
		84	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Landgewinnung bei Küsten- und Übergangsgewässern
		85	Maßnahmen zur Reduzierung anderer hydromorphologischer Belastungen
Durchgängigkeit	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Durchgängigkeit	68	Maßnahmen zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit an Talsperren, Rückhaltebecken, Speichern und Fischteichen im Hauptschluss
		69	Maßnahmen zur Herstellung/Verbesserung der linearen Durchgängigkeit an Staustufen/Flusssperren, Abstürzen, Durchlässen und sonstigen wasserbaulichen Anlagen gemäß DIN 4048 bzw. 19700 Teil 13
		76	Technische und betriebliche Maßnahmen vorrangig zum Fischschutz an wasserbaulichen Anlagen
Wasserhaushalt	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Wasserhaushalt	61	Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Mindestabflusses
		62	Verkürzung von Rückstaubereichen
		63	Sonstige Maßnahmen zur Wiederherstellung des gewässertypischen Abflussverhaltens
		64	Maßnahmen zur Reduzierung von nutzungsbedingten Abflussspitzen
		65	Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Wasserrückhalts
		66	Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushalts an stehenden Gewässern
		67	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Tidesperrwerke/-wehre bei Küsten- und Übergangsgewässern

Das DWA-Themenheft T5/2015 (DWA 2015) behandelt schwerpunktmäßig Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich, die sich auf die Flächennutzung, Landschaftsstruktur und Flurneuordnung beziehen. Dabei werden für den Wasserrückhalt relevante Themen wie die Bewirtschaftungsfaktoren, Drainagen und andere Entwässerungsstrukturen, Schlaggestaltung und Wegentwässerung sowie Landschaftsstrukturelemente bewertet. Es zeigen sich deutliche Überschneidungen mit den Maßnahmen 28 und 29 des LAWA-BLANO-Katalogs.

Darüber hinaus werden spezielle Anlagen für den Wasserrückhalt genannt, u.a. natürliche und künstliche Geländemulden, Erdbecken, Mulden, Rückhaltebecken, Kleinstauräume und Polder in Auen. Diese können mit oder ohne oberirdischen Auslass konzipiert sein. In den obersten Einzugsbereichen der Gewässer können spezielle Maßnahmen implementiert werden, z.B. Mulden-Rigolen-Systeme, flache Wälle im Gerinneverlauf mit Abflusssdrossel und Kleinstrückhalte an Wegedämmen. Seibert und Auerswald (2020) befassen sich ebenfalls mit dem effektiven Wasserrückhalt im ländlichen Raum. Neben ausführlichen Beispielen bieten die Autoren Werkzeuge zur Quantifizierung. Zudem werden verschiedene Bewirtschaftungsvarianten und Möglichkeiten zur nachhaltigeren Abflussführung auf Schlagebene, u. a. auch im Rahmen der Flurneuordnung, thematisiert.

Der Masterplan Ems 2050 (Gortheil und Kuchta 2017) sieht Wasserrückhaltmaßnahmen im Gebiet flussabwärts der Schleuse Herbrum vor. Dies betrifft jedoch nur den nördlichen Teil des Projektgebietes. Als Maßnahmen wird die Öffnung bzw. der Rückbau von Sommerdeichen und Verwallungen vorgesehen, u. a. in Tunxdorf/Vellage. Zudem sollen Durchstiche bzw. Wiederanschlüsse von Mäandern und Nebenrinnen als Revitalisierungsmaßnahmen erfolgen, u. a. oberhalb von Tunxdorf. Deichrückverlegungen sind neben der gesteuerten Hochwasserrückhaltung (Polder) als Maßnahmen im Nationalen Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) (LAWA 2014) vertreten und gelten im Allgemeinen als sehr wirksame Hochwasserschutzmaßnahmen.

6.3 Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen für das Projektgebiet

Aus den verschiedenen Quellen und Katalogen wurde eine Bandbreite an Maßnahmen zusammengetragen, die als grundsätzlich anwendbar und geeignet für das Emsland angesehen werden können. Grundlage der Vorauswahl potenzieller Wasserrückhaltmaßnahmen für das Projektgebiet ist zum einen das Gewässernetz mit seinen ausgedehnten und dichten Grabensystemen, die bis heute weite Teile des Emslands entwässern. Zum anderen wurde die Landnutzung mit überwiegend landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Flächenanteilen von 52,2 % Ackerland und 9,6 % Grünland sowie untergeordnet auch Wald (16,3 %) und Siedlungsflächen (16,6 %) berücksichtigt.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde herausgearbeitet, dass sich das Projektgebiet vor allem durch fallende Grundwasserstände auszeichnet. Auch das höhere Verdunstungspotenzial aufgrund steigender Temperaturen impliziert ein sich verringeres Wasserdargebot und einen erhöhten Wasserstress in Sommermonaten. Aus diesen Gründen sind in Hinblick auf die Wirkung potenzieller Wasserrückhaltmaßnahmen besonders solche Maßnahmen zu favorisieren, die die Resilienz des Wasserhaushalts gegenüber Trockenperioden fördern.

Das Überflutungsrisiko durch Hochwasser und Sturzfluten muss dabei ebenfalls berücksichtigt werden.

Die Vorauswahl der Wasserrückhaltemaßnahmen wurde mit ausgewählten Stakeholdern aus den Bereichen der Wasserwirtschaft (NLWKN, WVU, WBV, Landesfischereiverband), der Landwirtschaft (Landwirtschaftskammer, Landvolk) und der Forstwirtschaft (Forstamt Weser-Ems) sowie der Staatlichen Moorverwaltung diskutiert.

Dabei wurden die Maßnahmen erörtert, sodass die Vorauswahl durch die Stakeholder eingegrenzt und erweitert werden konnte. Die Ergebnisse der bilateralen Gespräche lieferten die Grundlage für die breite Diskussion in der zweiten Veranstaltung zum Erfahrungsaustausch und zum Abgleich des Wissenstands mit dem Schwerpunkt „Wasserrückhaltemaßnahmen“.

In Tabelle 5 ist die Vorauswahl der Wasserrückhaltemaßnahmen mit Kategorisierung und sektoraler Einordnung zusammengefasst. Die detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise und der einzelnen Maßnahmen finden sich in Anhang 4.

Tabelle 5: Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen für den Wasserrückhalt in der Fläche

Kategorie	Subkategorie	Maßnahme	Primärer Sektor	Sekundärer Sektor
Baumaßnahmen	Anlagen zur Wasserspeicherung oder Versickerung	Rückhaltebecken/Speicherbecken	Alle Sektoren	-
		Infiltrationsbecken	Alle Sektoren	-
		Flache Verwallungen	Alle Sektoren	-
	Eingriffe in Entwässerungssysteme	Aktive/passive Stauhaltung im Graben	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
		Gesteuerte Drainage	Landwirtschaft	-
		Grabenrückbau	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
	Maßnahmen zum ökologischen Gewässerausbau	Kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
		Anhebung der Gewässersohle/Umbau des Gewässerprofils	Gewässer und Aue	-
		Remäandrierung/Flusslaufverlängerung	Gewässer und Aue	-
		Wiederanschluss von Altarmen	Gewässer und Aue	-
	Deichrückverlegung	Gewässer und Aue	-	
Flächenmaßnahmen	Landwirtschaft	Direktsaat Anbauverfahren	Landwirtschaft	-
		Reduzierte Bodenbearbeitung/Mulchsaatverfahren	Landwirtschaft	-
		Pufferzonen und Hecken	Landwirtschaft	-
	Forstwirtschaft	Waldumbau	Forst	-

6.4 Synergieeffekte und Konfliktpotenziale von Wasserrückhaltmaßnahmen

Aufgrund verschiedener Unsicherheiten bei der Prognose von Klimafolgen wird in der DAS gefordert, dass flexible und nachsteuerbare Maßnahmen bei der Auswahl bevorzugt werden sollten. Zudem werden Maßnahmen mit Synergieeffekten für verschiedene Felder von Klimafolgen (z.B. Entschärfung der Sturzflut- oder Hochwassergefahr *und* von Niedrigwassersituationen) favorisiert. In diesem Zusammenhang werden hydromorphologische Maßnahmen, z. B. Wiederanbindung von Altarmen und Deichrückverlegungen, und die Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche genannt (Bundesregierung 2008).

Weitere synergistische Potenziale bestehen zum Naturschutz. So kann ein Gewässerumbau unter gegebenen Umständen als Renaturierungsmaßnahme umgesetzt werden, um neben dem Wasserrückhalt im Sinne der Wasserwirtschaft gleichzeitig die naturschutzfachliche Zielerreichung zu fördern. Bei Maßnahmen mit besonders hohen Synergieeffekten ist zudem eine erhöhte und breitere Akzeptanz zu erwarten. Daher ist es sinnvoll, solche Synergien bei der Planung mit zu berücksichtigen.

Häufiger Gegenstand aktueller Diskussionen zur Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel sind die Zielkonflikte der Maßnahmen. Eine Anpassungsmaßnahme der Wasserwirtschaft zur Deckung des steigenden Trinkwasserbedarfs kann z. B. die Erhöhung der Grundwasserfördermenge sein, die mit einer zusätzlichen Erschöpfung der Grundwasservorräte verbunden ist. Daraus entsteht ein Zielkonflikt mit der EG-WRRL einerseits (mengenmäßiger Zustand) und mit der Landwirtschaft andererseits (Beregnungsbedarf). Wasserrückhaltmaßnahmen werden – neben der Wassereinsparung und der Erschließung neuer Ressourcen – als zentraler Baustein angesehen, um solche Zielkonflikte bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel zu mildern (IWW und IKU GmbH 2021).

So wurde bereits in einer länderübergreifenden Analyse der Themenfelder Niedrigwasser, Trockenheit/Dürre und Niederschlagswasser/Starkniederschläge des IWW (2019) herausgearbeitet, dass der Wasserrückhalt in allen drei Themenfeldern eine wichtige Rolle spielt.

Gleichzeitig führt die konkrete Umsetzung von Wasserrückhaltmaßnahmen jedoch zu neuen Konflikten, die im Zusammenhang mit der konkreten Umsetzung stehen. Im Wesentlichen handelt es sich um folgende konfliktbehafteten Themenfelder:

- **Flächenentzug** oder **Nutzungseinschränkung** (z. B. durch den Bau von Infiltrationsbecken oder Veränderung der Flächenzugänglichkeit durch die Remäandrierung),
- **ökologische Durchgängigkeit** (z. B. durch Stauhaltung) und
- **Ertragsminderung** (z. B. aufgrund von Direktsaat).

Die Konflikte müssen im Vorfeld identifiziert und erörtert werden, um die Umsetzung möglicher Was-

serrückhaltmaßnahmen zu prüfen und zu priorisieren. Dabei sind hinreichende Kenntnisse der regionalen Wasserwirtschaft und Hydrogeologie sowie die frühzeitige Einbeziehung aller relevanten Akteure besonders wichtig, um die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung zu schaffen (IWW und IKU GmbH 2021).

6.5 Potenziell geeignete Bereiche für den Wasserrückhalt

Der Wasserrückhalt in der Fläche kann ober- sowie unterirdisch (Erhöhung der Grundwasserneubildung) erfolgen. Um potenziell geeignete Flächen für einen Wasserrückhalt zu identifizieren, wurden Datensätze zur Topographie, Landnutzung, Geologie, Hydrogeologie und Bodenkunde ausgewertet. Daraus wurden thematische Karten mit folgenden Schwerpunkten erzeugt:

- Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration (Versickerungsfähigkeit),
- Eignung für Maßnahmen an Drainagesystemen und Gewässern III. Ordnung und
- Eignung für Flächenmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft.

Dazu war die Entwicklung individueller Algorithmen notwendig, die die relevanten Flächeneigenschaften für die entsprechenden Maßnahmentypen berücksichtigen.

6.5.1 Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration

Zur Ermittlung der Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration in das Grundwasser (z. B. über Infiltrationsbecken) wurde die Landnutzung, Hangneigung, der Flurabstand und die hydraulische Durchlässigkeit (k_f -Wert) der oberen 2 Meter miteinbezogen. Um eine Klassifikation der hydraulischen Durchlässigkeit vornehmen zu können, wurden die Informationen der Geologischen Karte im Maßstab 1:25.000 (GK25) herangezogen, da es sich um die detailliertesten verfügbaren Flächeninformationen der oberflächennahen Geologie handelt. Die Wertebereiche in Tabelle 6 wurden so gewählt, dass die Versickerungsfähigkeit des Materials gemäß DWA-A 138-1 (DWA 2020) hinreichend abgebildet wird. Demnach gelten Materialien mit k_f -Werten $<10^{-6}$ m/s als nicht versickerungsfähig und solche mit k_f -Werten zwischen 10^{-3} und 10^{-6} m/s als versickerungsfähig. Zusätzlich wurde hier ein Übergangsbereich für Durchlässigkeiten zwischen 10^{-5} und 10^{-6} m/s eingeführt, um Geschiebelehme nicht Sanden gleichzusetzen.

Abbildung 32 zeigt das Fließschema des Algorithmus zur Flächenausweisung dargestellt. Als geeignet wurden landwirtschaftliche Nutzflächen, Siedlungs- und Waldflächen mit geringer Hangneigung < 5 %, ausreichendem Flurabstand von mehr als 2,5 Metern und einer hydraulischen Durchlässigkeit $> 10^{-5}$ m/s angesehen. Bei höheren Hangneigungen, geringeren Flurabständen oder hydraulischen Durchlässigkeiten wurde die Eignung eingeschränkt bzw. abgesprochen. Moorflächen wurden als ungeeignet eingestuft, da der Bau von Versickerungsbecken im Moor als zu invasiv angesehen wird.

Tabelle 6: Klassifikation der Durchlässigkeitsklassen nach Petrographie bzw. Genese

Petrographie/Genese	Wertebereich der hydraulischen Durchlässigkeit [m/s]	Durchlässigkeitsklasse nach Hydrogeologischer Kartieranleitung
Grobsand, fluviatil/glazifluviatil	10^{-3} bis 10^{-5}	hoch bis mäßig
Mittelsand, fluviatil/glazifluviatil	10^{-3} bis 10^{-5}	hoch bis mäßig
Feinsand, fluviatil/glazifluviatil	10^{-3} bis 10^{-5}	hoch bis mäßig
Sandmischkultur	10^{-3} bis 10^{-5}	hoch bis mäßig
Torfe	10^{-5} bis 10^{-6}	gering
Auelehm	10^{-5} bis 10^{-6}	gering
Hochflutlehm	10^{-5} bis 10^{-6}	gering
Sand-Schluff (Geschiebelehm)	10^{-5} bis 10^{-6}	gering
Ton-Schluff (Geschiebelehm)	$<10^{-6}$	gering bis äußerst gering
Schluff, Ton, Mergel (Geschiebemergel)	$<10^{-6}$	gering bis äußerst gering
Ton	$<10^{-6}$	gering bis äußerst gering
Tonstein, Tonmergelstein	$<10^{-6}$	gering bis äußerst gering

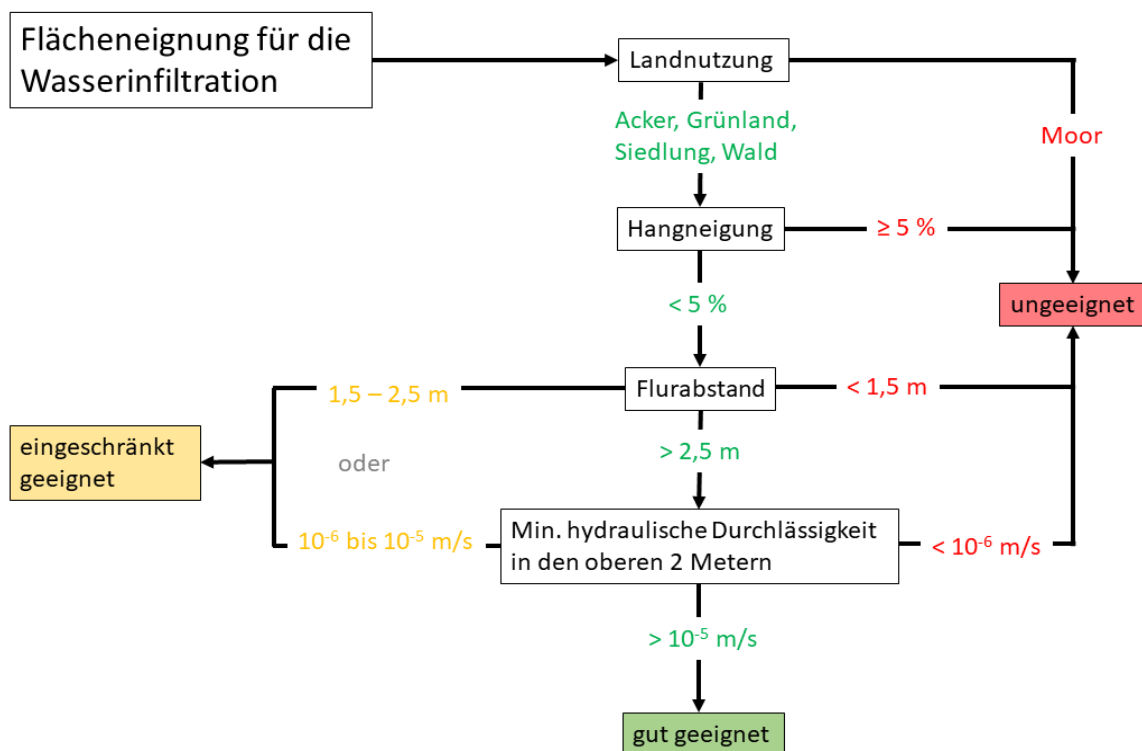


Abbildung 32: Algorithmus zur Ermittlung der Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration

Nach Anwendung des Algorithmus zur Ermittlung potenziell geeigneter Flächen für die Wasserinfiltration auf das Projektgebiet ergibt sich die Karte in Abbildung 33. Ungeeignete Flächen finden sich als größere zusammenhängende Gebiete, die Moore sind oder zu geringe Flurabstände aufweisen. Kleinteilige Flächen in hangigen Lagen werden hingegen durch die Hangneigung begrenzt. Dort sind unter Umständen Verwallungen in Abflussbahnen sinnvoller. Mäßig geeignete Flächen zeichnen sich in den Niederungen durch einen geringen Flurabstand, auf den Geestflächen hingegen durch geringer durchlässige Lehmböden aus. Für die Wasserinfiltration geeignete Flächen bestehen in der Regel aus sandigem Untergrund sowie höheren Flurabständen und finden sich dort, wo es flach ist, z. B. an der Ems und der Hase mit gewissem Abstand zur Vorflut oder nördlich des Hümmllings.

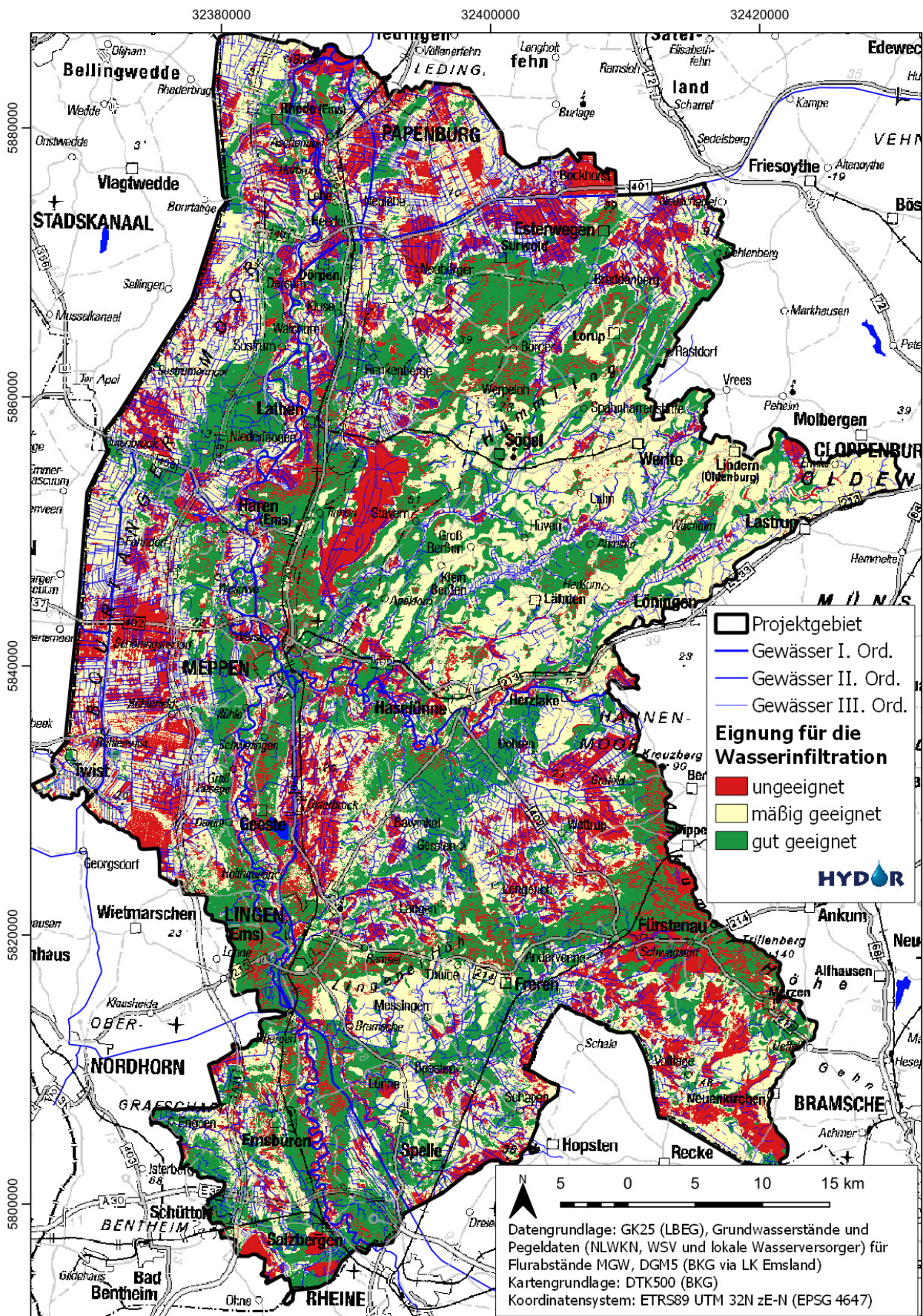


Abbildung 33: Eignung von Flächen für die Wasserinfiltration

6.5.2 Eignung für Maßnahmen an Entwässerungssystemen und zum ökologischen Gewässerausbau

Um die Eignung von Maßnahmen an Entwässerungssystemen und für den ökologischen Gewässerausbau zu beurteilen, werden die Flächenparameter der Landnutzung und des Flurabstands herangezogen. Bei der Eignung wird erneut zwischen Moor- und sonstigen Flächen unterschieden, da die Bemessung der Flurabstände nutzungsbezogen erfolgt (siehe Abbildung 34).

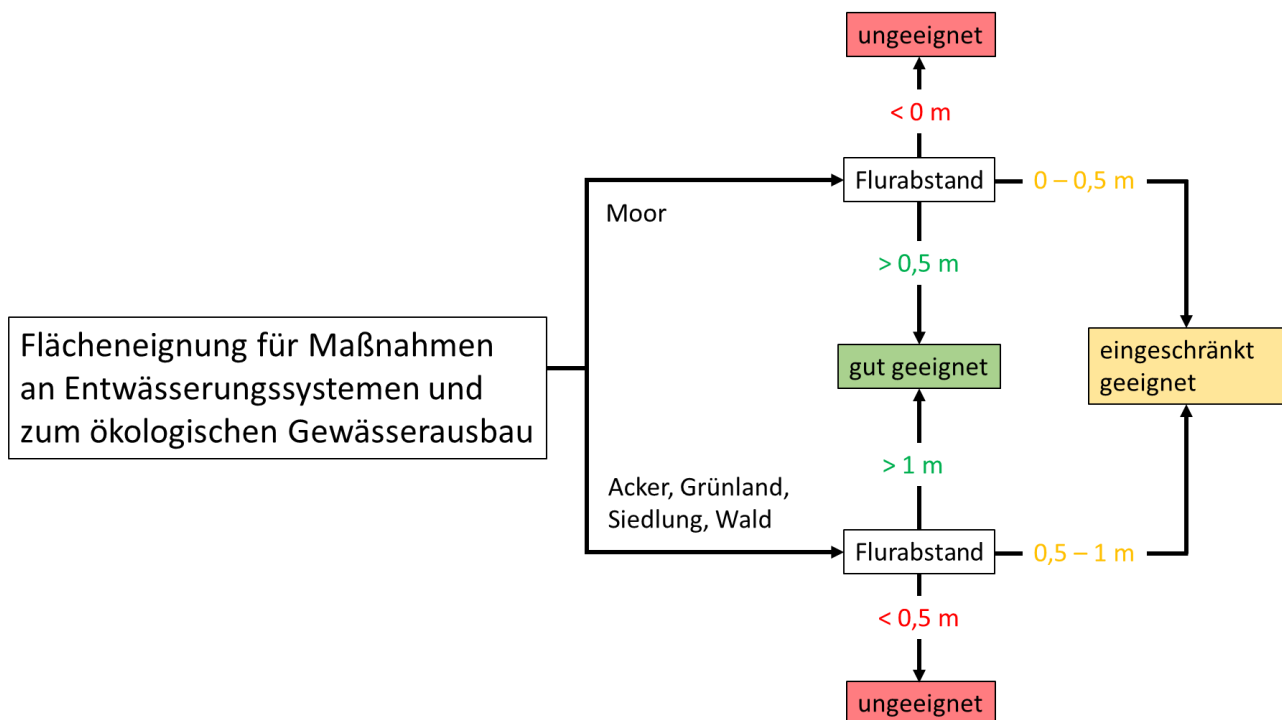


Abbildung 34: Algorithmus für die Eignung von Flächen für Maßnahmen an Entwässerungssystemen und zum ökologischen Gewässerausbau

In Abbildung 35 sind die Berechnungsergebnisse nach Anwendung des Algorithmus dargestellt. Es zeigt sich, dass sich viele Flächen für Maßnahmen an Drainagen und Gewässern dritter Ordnung eignen, da die nutzungsspezifischen mittleren Flurabstände ausreichend hoch sind. Nur vereinzelte Flächen, die sich meist in Gewässeroberläufen befinden eignen sich aufgrund der sehr geringen Flurabstände nicht für einen Wasserrückhalt.

Die Moorflächen sind in Abbildung 35 orange hervorgehoben. Häufig liegen dort die mittleren Flurabstände bei > 0,5 Metern, z. B. auf den verbleibenden Moorflächen des Bourtanger Moors, den Moorflächen südlich von Papenburg, der Tinner und Staverner Dose sowie dem Hahnenmoor. Von den Akteuren (Staatliche Moorverwaltung) wurde im Rahmen der Erarbeitung der Maßnahmenvorauswahl hervorgehoben, dass der sehr schwache Wasserrückhalt im Untergrund aufgrund der historischen Tiefenpflüfung zur Herstellung der Sandmischkulturen eine wesentliche Herausforderung für den Erfolg der Maßnahmen darstellt.

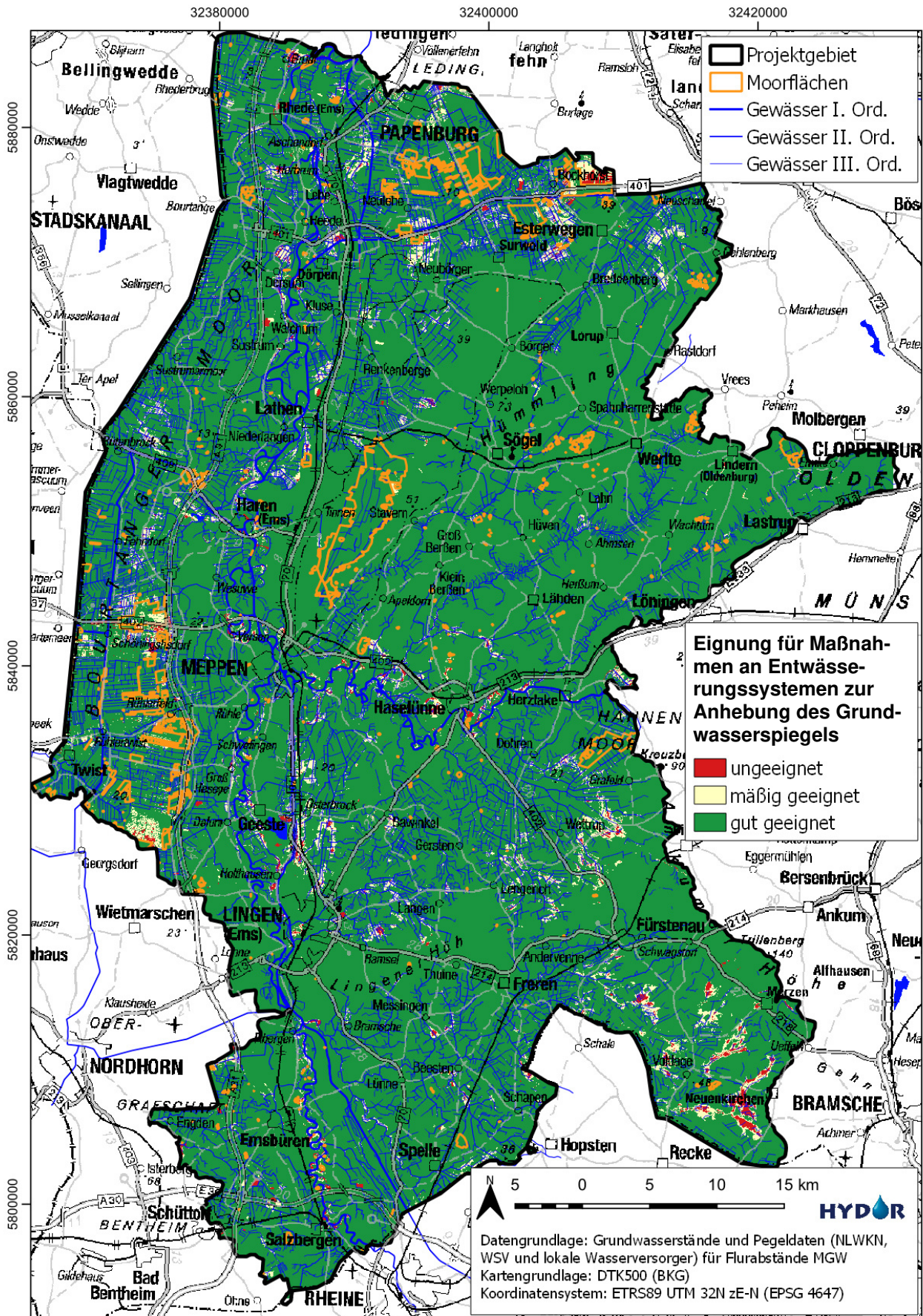


Abbildung 35: Eignung von Flächen bzw. Gewässern für Maßnahmen an Drainagen oder Gräben

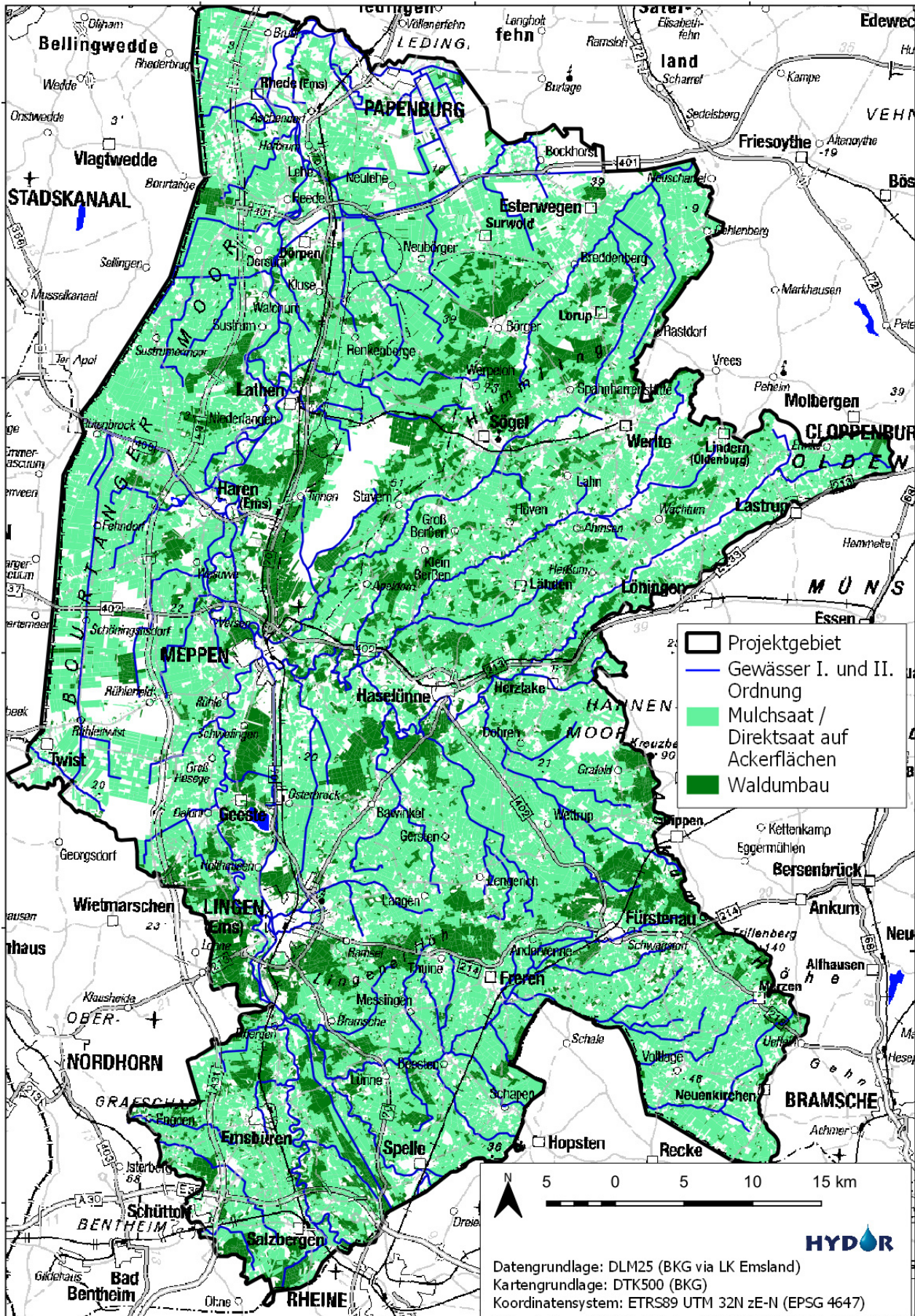


Abbildung 36: Eignung von Flächen für landwirtschaftliche Maßnahmen oder Waldumbau

6.5.3 Eignung für Flächenmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft

Die Eignung für Flächenmaßnahmen in der Landwirtschaft sowie Forstwirtschaft wurde vereinfacht anhand der Landnutzung ausgewiesen. Detaillierte Eignungsprüfungen bedürfen einer standortabhängigen Analyse, da die Umsetzung der Mulch- bzw. Direktsaat fruchtfolge- bzw. kulturabhängig sind und das Potenzial für den Waldbau von den Beständen und dem Waldzustand abhängt. In Abbildung 36 sind die potenziellen Gebiete für die Flächenmaßnahmen dargestellt. Da der Flächenanteil der landwirtschaftlichen Nutzflächen und der Waldflächen gemeinsam über 75 % des Untersuchungsgebietes darstellen, besitzen die Flächenmaßnahmen grundsätzlich ein hohes Potenzial für den Wasserrückhalt.

6.6 Wasserwirtschaftliche Einheiten

Die ermittelten potentiell geeigneten Flächen aus Kapitel 6.5 widerspiegeln Flächen vergleichbarer Eigenschaften hinsichtlich ihrer Wasserrückhaltewirkung bezogen auf den jeweiligen Maßnahmentyp. Im Rahmen eines ganzheitlichen Wassermengenmanagements sollten jedoch Maßnahmen aus allen Subkategorien gleichermaßen berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund wurden die geeigneten Flächen für die Wasserinfiltration und die Maßnahmen an Drainagesystemen und Gewässern III. Ordnung sowie die geeigneten Flächen für die Maßnahmen der Land- und Forstwirtschaft in Übersichtskarten kombiniert.

Die Übersichtskarten sind Anhang 5 entnehmbar. Daraus gehen in den Niederungen großflächige Gebiete mit Eignung für landwirtschaftliche Maßnahmen sowie Maßnahmen an Drainagesystemen und Gewässern III. Ordnung hervor. Auf den Geestflächen werden die Gebiete um die Eignung zur Wasserinfiltration erweitert. Neben diesen großflächigen Gebieten sind zudem kleinräumige Flächen verschiedener Maßnahmeneignung ersichtlich. Die Flächen vergleichbarer Eigenschaften hinsichtlich der Maßnahmeneignung können zu großflächigen wasserwirtschaftlichen Einheiten zusammengefasst werden. Die wasserwirtschaftlichen Einheiten sind als eine Grundlage bei der lokalen Maßnahmenkonzeption anzusehen. Einerseits können Maßnahmen im Planungsprozess anhand der Einheiten direkt ausgeschlossen bzw. einbezogen werden. Andererseits bietet das Konzept der wasserwirtschaftlichen Einheiten den Vorteil, dass bereits bestehende lokale Wassermengenmanagementkonzepte innerhalb einer Einheit auf andere Gebiete aufgrund vergleichbarer naturräumlicher Voraussetzungen übertragen werden können und dadurch der Planungsaufwand reduziert wird.

6.7 Bewertung der Maßnahmen

Die Bewertung stellt ein Instrument zur objektiven Einschätzung der Eignung von Wasserrückhaltmaßnahmen und ihrer Priorisierung dar. Zu Grunde liegt ein Indikator-basierter Ansatz, der eine differenzierte Bewertung ermöglicht. Der Bewertung maßnahmenspezifischer Indikatoren ging ein Diskussionsprozess unter Beteiligung von ExpertInnen, unter anderem des GLD, der LWK Niedersachsen und des Landesfischereiverbands Weser-Ems, voraus. Nachfolgend wird der Bewertungsansatz mit seinen Indikatoren erläutert und die Ergebnisse dargestellt.

6.7.1 Erläuterung der Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse

Die vorausgewählten Maßnahmen (vgl. Kapitel 6.3) wurden in eine maßnahmenspezifische Bewertungsmatrix überführt. Die Bewertung der Maßnahmentypen erfolgte anhand definierter wasserwirtschaftlicher, boden- und stoffhaushaltlicher, naturschutzfachlicher sowie soziokultureller Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnissen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Wirkungsindikatoren mit ihren Gewichtungen und der Umsetzungshemmnisse

	Indikator/Hemmnis	Indikatorenge- wichtung
Wirkungs- indikatoren	Ökologischer Zustand / Potenzial der Oberflächenwasser- körper	1,0
	Hydromorphologie	0,25
	Wasserhaushalt	0,25
	Durchgängigkeit	0,25
	Chemische Qualitätskomponenten	0,25
	Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper	2,0
	Chemischer Zustand der Grundwasserkörper	1,0
Umsetzungs- hemmnisse	Verringerung des Hochwasserrisikos	0,5
	Biodiversität, semiaquatische Habitats	0,5
	Genehmigungsaufwand	
	Akzeptanz der Betroffenen	
	Flächenspezifität bezogen auf das Untersuchungsgebiet	

Wirkungsindikatoren

Die Auswahl der Indikatoren beruhte auf den Projektzielen, ein Wassermengenmanagementkonzept zu erarbeiten und besonders geeignete Maßnahmen zum Wasserrückhalt in der Fläche zu identifizieren. Darüber hinaus orientierte sich die Indikatorenauswahl an den Zielen der EG-WRRRL, der EG-HWRM-RL und an naturschutzfachlichen Zielen. Insgesamt wurden neun Indikatoren definiert. Die Priorisierung der Ziele wurde mittels Gewichtung der Indikatoren zum Ausdruck gebracht. So bekommt der Indikator „mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper“ als zentrales Projektziel eine Gewichtung von 2. Dagegen ist eine geringere Gewichtung der Wirkungsindikatoren „Verringerung des Hochwasserrisikos“ und „Biodiversität, aquatische Habitats“ aufgrund der Zielstellung des Projektes berechtigt und erwünscht. Die Wirkungsindikatoren werden nachfolgend erläutert.

Ökologischer Zustand / Potenzial der Oberflächenwasserkörper und unterstützende Komponenten

Die EG-WRRRL schreibt für die Zielerreichung den guten ökologischen Zustand für Oberflächenwasserkörper bzw. das gute ökologische Potenzial für künstliche und erheblich veränderte Oberflächengewässer vor. Durch ihren Einfluss auf den Wasser- und Stoffhaushalt (z.B. durch Verzögerung von Abfluss und Nähr- und Schadstoffrückhalt) sowie morphologische Eigenschaften (z.B. durch naturnahe Gestaltung der Gewässersohle) von Oberflächengewässern können die Maßnahmen eine Veränderung der Struktur und Funktionsfähigkeit von aquatischen Ökosystemen und deren Lebensgemeinschaften bewirken. Die vier nach EG-WRRRL unterstützenden Komponenten des ökologischen

Zustands wurden nach Rücksprache mit dem GLD zusätzlich zum ökologischen Zustand / Potenzial als Indikatoren in die Bewertung aufgenommen und mit einem Gewichtungsfaktor von 0,25 versehen.

Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper

Das Projektziel des Wasserrückhalts in der Fläche widerspiegelt das Ziel der EG-WRRL einer Verbesserung des mengenmäßigen Zustands von Grundwasserkörpern. Maßnahmen zur Erhöhung der Grundwasserneubildung tragen maßgeblich zur Verbesserung des mengenmäßigen Zustands des Grundwassers bei. Zudem führen Maßnahmen zur Verringerung der Fließgeschwindigkeit im Gerinne oder das Erhöhen des Sohlniveaus zu einem geringeren hydraulischen Gradienten in Bezug auf den Grundwasserstand. Der Grundwasserleiter wird dadurch weniger beansprucht und der Basisabfluss stabilisiert.

Chemischer Zustand der Grundwasserkörper

Die Erreichung des guten chemischen Zustands der Grundwasserkörper stellt ein weiteres Ziel der EG-WRRL dar. Die Wirkung der Maßnahmen sollte demnach darauf abzielen, dass Belastungspfade unterbrochen und Belastungsquellen reduziert werden, um die Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen mit dem Sickerwasser ins Grundwasser zurückzuhalten.

Verringerung des Hochwasserrisikos

Die EG-WRRL definiert Hochwasser als „zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist“ und spricht damit flussseitiges Hochwasser an. Überflutungen können jedoch auch infolge von Starkregen abseits von Fließgewässern auftreten. Bei Überflutungen infolge von Starkregen und Hochwasser handelt es sich zwar im Hinblick auf den Entstehungsort und den Ort der Wirkung um unterschiedliche Prozesse, jedoch teilen die Phänomene auch Gemeinsamkeiten. Vorbeugungen vor Überflutungen infolge von Starkregen, z. B. durch eine Erhöhung des Bodenwasserrückhalts, hemmen schließlich auch die Hochwasserentstehung. Die Speicherung und Verzögerung von Direktabfluss und Abfluss aus dem Gerinne sowie der Bodenwasserrückhalt in der Fläche definieren daher diesen Indikator.

Biodiversität, semiaquatische Habitate

Biodiversität kann auf folgenden unterschiedlichen funktionalen Ebenen gefördert werden (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012):

- auf genetischer Ebene,
- auf Ebene der Artendiversität,
- auf Ökosystemebene und
- auf der Ebene der funktionalen Diversität, welche die Vielfalt an ökologischen Funktionen und Prozessen innerhalb von Ökosystemen beschreibt.

Der Erhalt und die Entwicklung aquatischer, uferbegleitender und terrestrischer Habitate hat eine hohe Relevanz für die Förderung von Biodiversität auf allen funktionalen Ebenen.

Umsetzungshemmnisse

Bei der Umsetzung von Wasserrückhaltemaßnahmen kann es zu potentiellen Konflikten oder Hemmnissen bei der Umsetzung kommen. Im Synthesedokument Nr. 9 (Office International de l'Eau 2015) werden diesbezüglich die Finanzierung, Zuständigkeiten für Unterhaltungskosten, Akzeptanz bei Beteiligten und der Öffentlichkeit sowie die begrenzte Flächenverfügbarkeit genannt. Die Aspekte sind von zentraler Bedeutung für die Umsetzungschancen von Wasserrückhaltemaßnahmen. Sie finden bei der Bewertung in Form der Beurteilung von Umsetzungshemmnissen Berücksichtigung. Insgesamt wurden drei Umsetzungshemmnisse definiert (Tabelle 10), die nachfolgend erläutert werden.

Genehmigungsaufwand

Die Umsetzung bestimmter Maßnahmen kann mit einem erhöhten Genehmigungsaufwand einhergehen. So sind beispielsweise für das Anlegen von Rückhalte- und Infiltrationsbecken Genehmigungen zum Einleiten von Stoffen in das Grundwasser nach § 9 des WHG notwendig. Maßnahmen am Gewässer zum Um- und Rückbau erfordern hingegen eine Planfeststellung nach § 68 WHG. Darüber hinaus sind maßnahmenspezifisch gesetzliche Grundlagen wie die EG-WRRRL, EG-HWRM-RL und UVPG zu beachten. Ein erhöhter Genehmigungsaufwand kann zu zeitlichen Verzögerungen bei der Maßnahmenumsetzung oder einer geringeren Akzeptanz seitens der beteiligten Akteure führen.

Akzeptanz der Betroffenen

Konflikte können bei der Umsetzung von Wasserrückhaltemaßnahmen entstehen, wenn die Betroffenen, wie beispielsweise Flächeneigentümer und Bewirtschafter, oftmals Landwirte oder Grundstückseigentümer, die geplanten Maßnahmen nicht akzeptieren. Eine Maßnahme kann zu Ertragsverlusten, erhöhtem Arbeitsaufwand oder Flächenverlust führen. Sind die Nachteile einer Maßnahme größer als die Vorteile durch finanzielle Förderung, Entschädigung oder reduziertem Sachschaden bei Niedrigwasser oder Überschwemmungen, sinkt die Akzeptanz und je nach Ausmaß der Nachteile können die Betroffenen mit Widerstand reagieren.

Flächenspezifität bezogen auf das Untersuchungsgebiet

Die Umsetzung vieler Wasserrückhaltemaßnahmen ist an gebietsspezifische Eigenschaften wie die Hangneigung, den Grundwasserflurabstand, die Landnutzung oder die Bodenart geknüpft (vgl. Kapitel 6.5). Die Eignung von Flächen zur Maßnahmenumsetzung stellt damit lokal ein maßgebliches Hemmnis bei der Auswahl und Umsetzung geeigneter Maßnahmen dar.

6.7.2 Eignungsbewertung

Die Bewertungen der Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse jeder Rückhaltemaßnahme stützen sich auf Erkenntnisse aus recherchierten Projekten, auf eine Fachliteraturrecherche sowie die gutachterliche Einschätzung von Experten vor Ort und des GLD. Die Bewertung der Wirkungen von Wasserrückhaltemaßnahmen beruht auf einer fünfstufigen Bewertungsskala (Tabelle 9). Das

Bewertungssystem der Umsetzungshemmnisse wurde gemäß Tabelle 10 dreistufig aufgebaut. Den Bewertungsstufen wurden jeweils Werte zugeordnet. Das Ergebnis der einzelnen Bewertungen findet sich in Anhang 6.

Tabelle 8: Bewertungssystem für die Wirkungsindikatoren der Wasserrückhaltemaßnahmen

Symbol	Wert	Erläuterung
++	+2	Sehr positive Wirkung
+	+1	Positive Wirkung
o	0	Keine erhebliche Wirkung zu erwarten
-	-1	Negative Wirkung
--	-2	Sehr negative Wirkung

Tabelle 9: Bewertungssystem für die Umsetzungshemmnisse der Wasserrückhaltemaßnahmen

Symbol	Wert	Erläuterung
o	0	Keine Genehmigung erforderlich / hohe Akzeptanz / überall anwendbar
-	-1	Moderater Genehmigungsaufwand / mäßige Akzeptanz, ggf. Widerstände / im überwiegenden Teil des Gebietes anwendbar
--	-2	Hoher Genehmigungsaufwand / geringe Akzeptanz, viele Widerstände / nur in wenigen Teilen des Gebietes anwendbar

Berechnung des Wirkungsindex

Für jede Wasserrückhaltemaßnahme wurde ein Wirkungsindex berechnet. Der maßnahmenspezifische Wirkungsindex (S_{WRM}) setzt sich aus dem Summenprodukt der spezifischen Wirkungsindikatoren (e_k) und ihren Gewichtungen (w_k) geteilt durch den maximalen Wirkungsindex zusammen (Gleichung 1). Der maximale Wirkungsindex entspricht einer fiktiven Maßnahme mit einer durchgehenden Bewertung mit „++“.

$$S_{WRM} = \frac{\sum_{k=1}^9 e_k * w_k}{2 * \sum_{k=1}^9 w_k} \quad \text{Gl. 1}$$

Der spezifische Wirkungsindex S_{WRM} liegt zwischen 0 und 1 und gibt die gesamtheitliche Wirkung einer Wasserrückhaltemaßnahme wieder.

Berechnung des Hemmnisindex

Analog zum Wirkungsindex berechnet sich der maßnahmenspezifische Hemmnisindex B_{WRM} . Die

Bewertungen der drei Umsetzungshemmnisse gehen dabei ohne spezifische Gewichtung in die Berechnung ein:

$$B_{WRM} = \frac{1}{2 * n} * \sum_{k=1}^3 h_k \quad \text{Gl. 2}$$

Priorisierung der Maßnahmen

Durch die maßnahmenspezifische Bewertung von Wirkungen und Hemmnissen können besonders geeignete Maßnahmen jeder Maßnahmenkategorie identifiziert werden. Dies erfolgt durch die Erstellung einer Rangfolge der WRM auf Basis des Quotienten aus Wirkungsindex und Hemmnisindex.

Maßnahmen verschiedener Subkategorien wirken auf unterschiedlichen Ebenen. Zur nachhaltigen Förderung des Wasserrückhalts in der Fläche ist daher lokal die Umsetzung von Maßnahmen verschiedener Subkategorien anzustreben. Um in die Priorisierung Maßnahmen aller Maßnahmenkategorien trotz potentiell geringerer Wirkung oder höherem Umsetzungshemmnis einzuschließen, erfolgte die Erstellung der Rangfolge jeweils für Maßnahmen innerhalb einer Subkategorie.

6.7.3 Einordnung der Ergebnisse

Der Vorteil des für die Bewertung angewendeten Indikator-spezifischen Ansatzes liegt vor allem in der Möglichkeit einer differenzierteren Bewertung der einzelnen Maßnahmen. Die Bewertung der Maßnahmen erfolgt dabei mit geeigneten, problemspezifischen Indikatoren. Die resultierende Priorisierung stellt eine Entscheidungshilfe für die Umsetzung von Maßnahmen dar. Sie dient dagegen nicht dem kategorischen Ausschluss von Wasserrückhaltemaßnahmen. Trotz der Priorisierung sollten stets Maßnahmen aus allen Subkategorien bzw. Handlungsfeldern zur Diskussion stehen.

Die Ergebnisse der Bewertung und die abschließende Priorisierung sind Anhang 6 entnehmbar. Im Ergebnis können folgende Maßnahmen als priorisiert eingestuft werden:

- Rückhalte-/Speicherbecken und Infiltrationsbecken,
- Gesteuerte Drainage, Stauhaltung in gering wasserführenden Gräben, Rückbau von (trockenfallenden) Gräben auf Extensivgrünland,
- Kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung und Anhebung der Gewässersohle,
- Direktsaat und Mulchsaatverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung und
- Waldumbau.

Die Priorisierung kann bei der detaillierten Betrachtung von Teilgebieten aufgrund bestimmter Standortgegebenheiten jedoch unterschiedlich ausfallen. Für diese gebietsspezifische Bewertung bietet der Indikator-basierte Bewertungsansatz die Möglichkeit flexibler Anpassungen und Erweiterung der Indikatoren. Die differenzierte Bewertung ermöglicht zudem eine sinnvolle Kombination von Maßnahmenbündeln, um Synergien von Maßnahmen in Bezug auf ihre Wirkung zu maximieren.

7. Fallstudie: Modelltechnische Wirkungsanalyse von Wasserrückhaltmaßnahmen im Einzugsgebiet der Lotter Beeke

Die Wirkung von Wasserrückhaltmaßnahmen wurde mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell SWAT (Soil & Water Assessment Tool) für das Einzugsgebiet der Lotter Beeke modelliert. Bei SWAT handelt es sich um ein etabliertes, prozessbasiertes Modell zur Simulation von Quantität und Qualität von Oberflächen- und Grundwasser. SWAT bildet die Prozesse der Niederschlag-Abfluss-Beziehung auf Basis physikalischer Modelle ab. Prozesse wie die Grundwasserbewegung werden hingegen vereinfacht abgebildet. Eine zeitlich kontinuierliche Diskretisierung des Modells kann mit einer täglichen bis jährlichen Auflösung erfolgen. Räumlich ist eine Modellierung kleinster Einzugsgebiete <1 km² bis hin zu ganzen Kontinenten möglich (Guse et al. 2019). In das Modell gehen Daten zu Topographie, Landnutzung, Boden und Klima sowie hydrologische, hydrogeologische und landwirtschaftliche Parameter und Randbedingungen ein. Im Ergebnis quantifiziert das Modell Wasserhaushaltsgrößen wie den Gewässerabfluss, die Grundwasserneubildung und die Evapotranspiration im Modellgebiet.

7.1 Auswahl und Charakterisierung des Modellgebiets

Im Rahmen der zweiten Projektveranstaltung, bei der mögliche Wasserrückhaltmaßnahmen vorgestellt wurden, und im Rahmen des Austauschs mit dem GLD und der LWK erhielten Maßnahmen an Drainagesystemen und Gewässern III. Ordnung große Zustimmung. Die Auswahl des Modellgebiets orientierte sich demnach auf ein zur Umsetzung dieser Maßnahmen (vgl. Kapitel 6.5.2) geeignetes Gebiet. Zur Auswahl des Modellgebiets wurden zusätzlich zur Karte geeigneter Flächen aus Kapitel 6.5.2 die Grundwasserflurstände und ihre Veränderungen zwischen niedrigen und hohen Grundwasserständen anhand der erstellten Flurabstandskarten visualisiert. Im Ergebnis ist in den Niederungen des gesamten Projektgebiets eine flächendeckende Absenkung des Grundwassers zwischen hohem Grundwasser im März 1994 und niedrigem Grundwasser im September 2019 um 1-1,5 m zu verzeichnen (Abbildung 37). In den Niederungen sinkt der Grundwasserstand der oberen Grundwasserleiter damit auf etwa durchschnittlich 2 m unter GOK (Anhang 3). Weitere Voraussetzungen für die Auswahl eines Modellgebiets waren zudem das Vorhandensein eines Pegels am Auslass eines Einzugsgebiets sowie ein dichtes Grabennetz im Einzugsgebiet. Die Auswahl fiel dabei auf das Einzugsgebiet der Lotter Beeke.

Das Einzugsgebiet der Lotte Beeke weist im Mittel- und Unterlauf eine gute Eignung zur Umsetzbarkeit dieser Maßnahmen auf. Ferner existieren durch den Pegel Lotten im Unterlauf der Lotter Beeke täglich gemessene Wasserstände und daraus abgeleitete Abflüsse. Letztere sind zur Kalibrierung des Modells zwingend erforderlich.

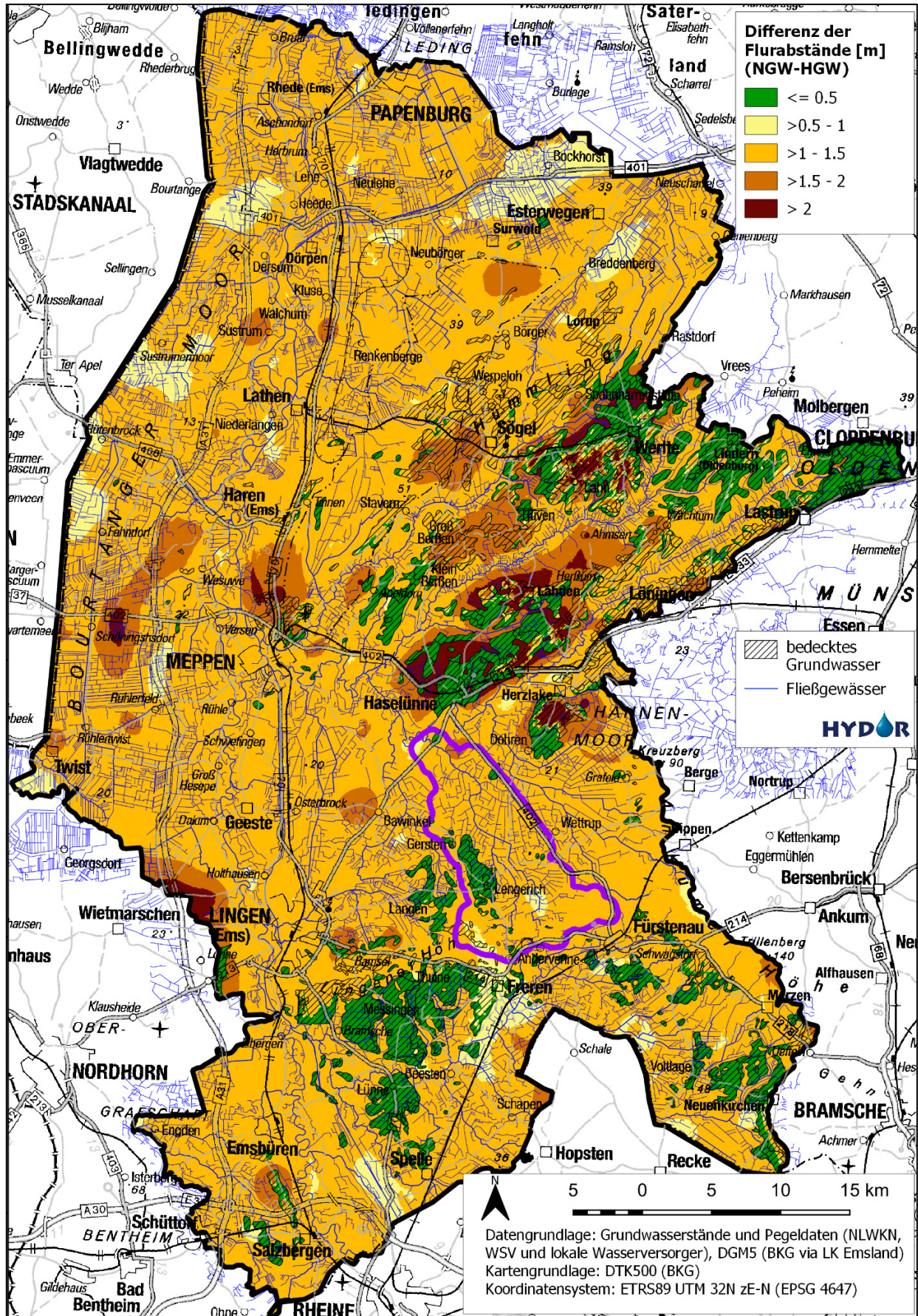


Abbildung 37: Differenz der berechneten Grundwasserflurabstände der Zeitpunkte hohen und niedrigen Grundwassers im gesamten Projektgebiet

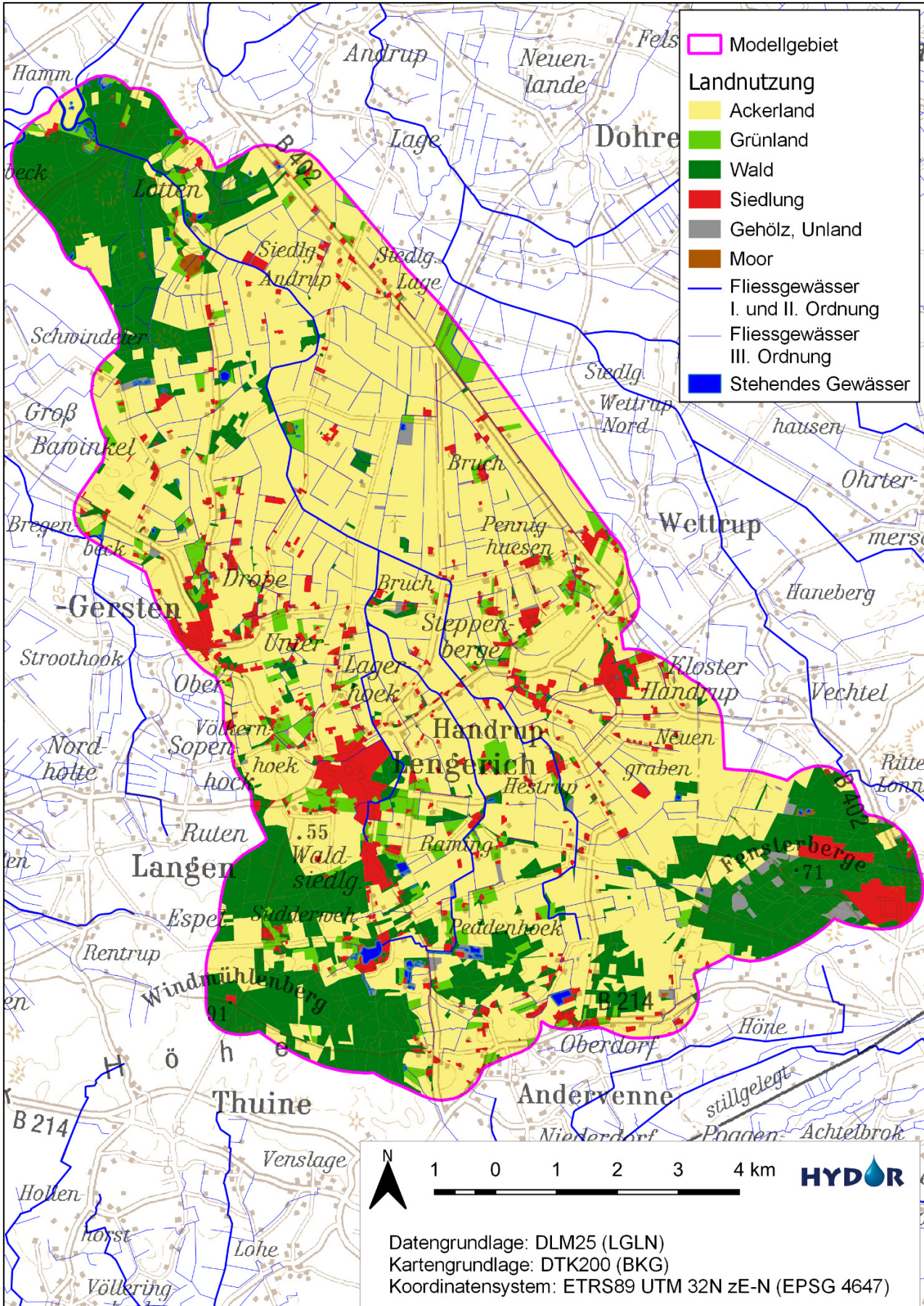


Abbildung 38: Landnutzung im Modellgebiet nach ATKIS DLM25

Die Lotter Beeke ist ein linker Nebenfluss der Hase. Sie entspringt südlich der Gemeinde Lengerich auf der Lingener Höhe. Nach Norden fließend mündet sie westlich des Orts Lotten in die Hase. Auf gut 20 km überwindet sie dabei einen Höhenunterschied von rund 40 m. Die Fläche ihres Einzugsgebiets beträgt 91 km². Im Süden wird das Einzugsgebiet durch die Lingener Höhe und einen entsprechend stärkeren Höhengradienten geprägt. Nördlich ist das Gebiet durch die Niederung mit geringem Gradienten und Hangneigungen von fast ausschließlich kleiner 1 % charakterisiert.

Abbildung 38 zeigt die Landnutzung im Einzugsgebiet. Die Landnutzung als Ackerland überwiegt mit etwa 65 % und liegt damit über dem prozentualen Anteil an Ackerland im Projektgebiet. Dagegen fällt der Anteil der als Grünland genutzten Flächen mit 4 % im Vergleich zum Projektgebiet geringer aus. 21 % der Landbedeckung entfallen auf bewaldete Gebiete auf den Geestflächen im Süden sowie auf den Bereich der Mündung der Lotter Beeke. Etwa 9 % der Fläche sind besiedelt. Die vereinzelt vorhandenen Moorflächen nehmen einen Flächenanteil von nur ca. 0,2 % ein.

Hinsichtlich der Bodenart dominieren in den Niederungen des Einzugsgebiets Reinsande. Auf den Geestflächen im Süden und Südwesten des Gebiets sind dagegen überwiegend Lehmsande anzutreffen.

Die Lotter Beeke ist nach §§ 38 bis 40 des Niedersächsischen Wassergesetz (NWG) ein Gewässer II. Ordnung. Das Fließgewässer und seine Nebengewässer II. Ordnung, der Hestruper Mühlenbach und der Lengericher Dorfbach, werden aufgrund der im Rahmen des Emslandplans umgesetzten Landentwässerung als erheblich verändert eingestuft.

Im Zuge der Umsetzung der Landesentwässerung wurden die vorhandenen Fließgewässer vertieft. Die Mündung der Lotter Beeke wurde flussabwärts der Hase versetzt, sodass der Gewässerverlauf verkürzt und das Sohlgefälle der Lotter Beeke erhöht wurde. Das Einzugsgebiet der Lotter Beeke ist zudem geprägt durch das dichte Grabensystem, das im Rahmen des Emslandplans zur Entwässerung ausgebaut wurde. Im Oberlauf der Lotter Beeke befindet sich der Saller See, der Anfang der 1970er Jahre als Hochwasserrückhaltebecken angelegt wurde.

Die Lotter Beeke und ihre Nebengewässer II. Ordnung weisen ein unbefriedigendes ökologisches Potenzial auf. Um ihre ökologische Durchgängigkeit und ihre Funktion als Laich- und Aufwuchsgewässer zu gewährleisten, wurden in den vergangenen 10 Jahren Sohlschwellen und Staue im Unterlauf zu Sohlgleiten zurückgebaut.

7.2 Datengrundlagen und -aufbereitung

In die Modellierung fließen zahlreiche Datengrundlagen ein, die im Vorfeld bei den fachlich zuständigen Behörden und wissenschaftlichen Diensten recherchiert wurden. Die Datengrundlagen sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Die räumlichen Daten wurden auf das Gebiet zugeschnitten. Das DGM5 wurde mit dem DGM1 hinsichtlich der Erfassung des Gewässernetzes und der Hangneigung verglichen. Dabei zeigte sich,

dass die Fließgewässer aus dem DGM5 ähnlich gut wie aus dem DGM1 extrahiert wurden (Abbildung 39). Die Hangneigung unterscheidet sich zwischen beiden DGM's im Mittel um 1 %. Der deutlich höhere Detailgrad des DGM1 stellt in der Modellierung des Einzugsgebiets somit keine erhebliche Zunahme der Genauigkeit dar, die den höheren Rechenaufwand bei Verwendung des DGM1 rechtfertigen würde. Als Grundlage der Modellierung wurde daher das DGM5 verwendet.

Tabelle 10: Datengrundlagen für das Erstellen eines Wasserhaushaltsmodells mit Datenquelle

Bezeichnung	Beschreibung	Datenquelle
DGM5	Digitales Geländemodell in der räumlichen Auflösung 5m	BKG über LK EL
ATKIS BASIS DLM	Digitales Landschaftsmodell im Maßstab 1:25.000	BKG über LK EL
BK50	Bodenkarte im Maßstab 1:50.000	LBEG
Fließgewässernetz	Verlauf der Fließgewässer I., II., III. Ordnung	NLWKN
Klimatische Zeitreihen	DWD-Station Lingen (3023) von 1951-2019	DWD
Niederschlagszeitreihe	DWD-Station Lingen (3023) von 1951-2019, DWD-Station Haselünne (2049) von 1941-2020, DWD-Station Fürstenau (4683) von 1931-2020, DWD-Station Berge (5826) von 1941-2020	DWD
Zeitreihe der Globalstrahlung	DWD-Station Belm (342) von 2011-2020	DWD
Bewirtschaftung der Schläge 2020	Angebaute Kulturarten je Schlag im Jahr 2020 als Vektordatei	SLA Niedersachsen
Abflusszeitreihe Pegel Lotten	Zeitreihe des aus dem gemessenen Wasserstand berechneten Abflusses am Pegel Lotten von 1973-2020	NLWKN
Querbauwerke	Lage der Querbauwerke in den Gewässern II. Ordnung	NLWKN
Gewässerprofil	Unterlagen zum geplanten Ausbau der Lotter Beeke und ihrer Gräben im EZG sowie Feldmessungen der Gewässergeometrie	LK EL und ULV 99 „Untere Hase“
Entwurfsunterlagen Saller See	Entwurfsunterlagen zum Ausbau des Saller Sees	ULV 99 „Untere Hase“
Lage und Parameter der Drainagen	Unterlagen zum Bau von Drainagen	WBV Lotter Beeke
Wasserentnahme	Wasserentnahmerechte für Grund- und Oberflächenwasser	LK EL

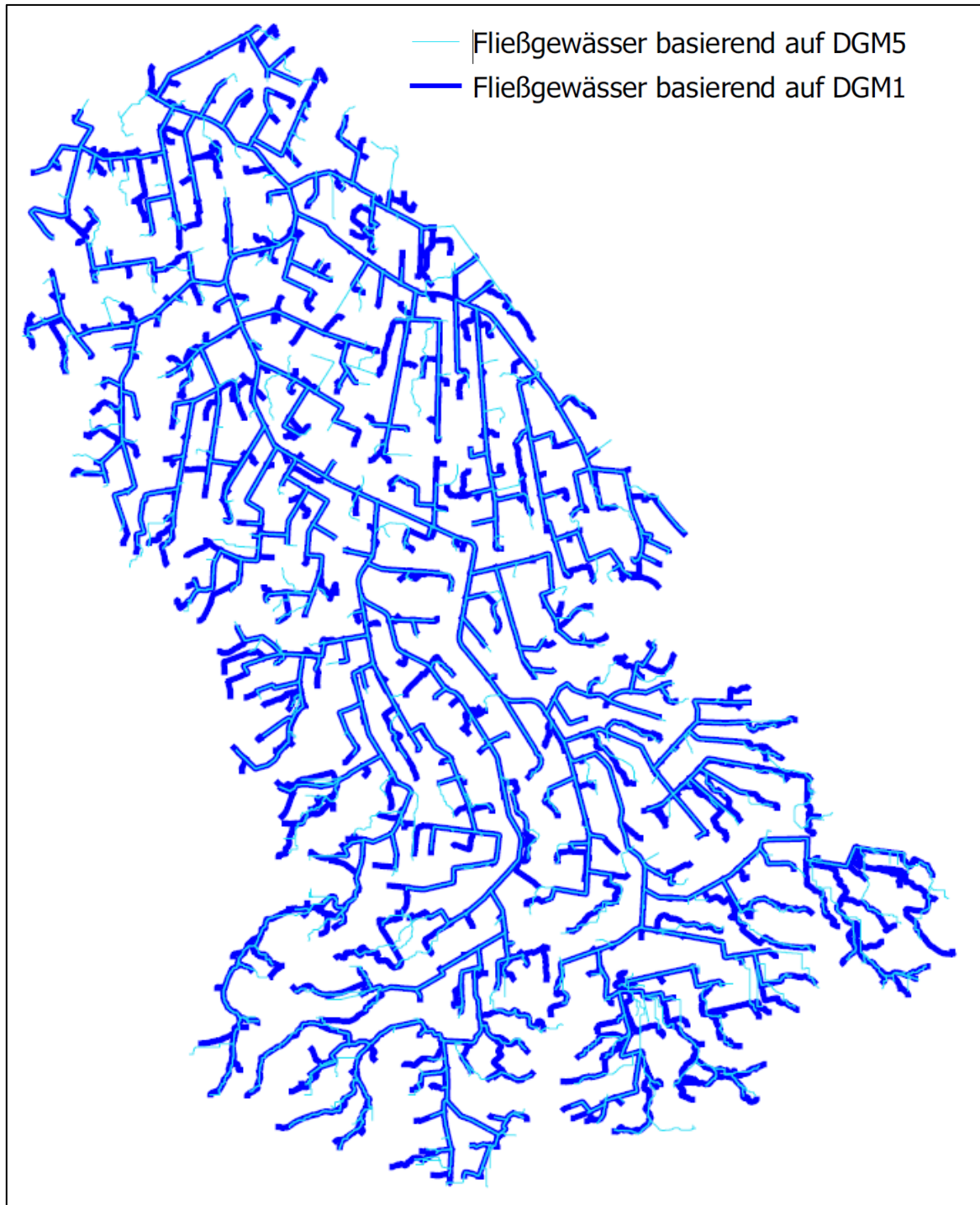


Abbildung 39: Vergleich der aus dem DGM1 und DGM5 extrahierten Fließgewässer und Abflussbahnen im Modellgebiet

Daten zur Bodenart wurde aus den bodenartigen Profiltypen der Bodenkarte im Maßstab 1 : 50.000 entnommen und eine Tabelle mit den Parametern je Bodenart erstellt. Die räumlichen Daten wurden in eine Rasterdatei mit einer räumlichen Auflösung von 25 m konvertiert.

Die Landnutzung wurde aus dem ATKIS Basis-DLM und der Bewirtschaftung der Schläge 2020 des SLA Niedersachsen abgeleitet. Die Landnutzung wurde entsprechend der in SWAT mitgelieferten Landnutzungstabelle in 18 Klassen unterteilt:

- Urbane Flächen (unterteilt nach geringer, mittlerer und dichter Besiedlung),
- Industrieflächen,
- Infrastrukturflächen,
- Bewaldete Flächen (unterteilt in Laubwald, Nadelwald und Mischwald),
- Feuchtgebiete,
- Unland,
- Grünland,
- Ackerland (unterteilt in Mais, Kartoffel, Getreide ohne Mais jeweils mit und ohne Drainage),
- Wasser.

Um eine Aussage für die landwirtschaftlich genutzten Flächen hinsichtlich der Drainage abzuleiten, wurden Unterlagen des WBV Lotter Beeke und bodenkundliche Daten basierend auf der BK50 herangezogen. Die Lage der drainierten Flächen im Gemeindegebiet Gersten wurde aus den vom WBV Lotter Beeke zur Verfügung gestellten Unterlagen entnommen. Für diese Flächen zeigte sich, dass sich diese nahezu vollständig auf Böden befinden, die als Gley ausgewiesen wurden. Um drainierte Flächen für das übrige Modellgebiet auszuweisen, wurde die durch das LBEG aus der BK50 abgeleitete Karte der Grundwasserstufe herangezogen. Die Grundwasserstufe gibt anhand der Horizontierung der grundwasserbeeinflussten Böden Rückschlüsse auf den Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche. Die dokumentierten drainierten Flächen im Gemeindegebiet Gersten befinden sich überwiegend in Gebieten, die mit sehr tiefer bis mittlerer Grundwasserstufe ausgewiesen wurden. Aufgrund der Aussage verschiedener Akteure bei der Geländebegehung vor Ort, dass nur etwa 50 % der landwirtschaftlichen Flächen im Gebiet drainiert werden, wurden nur die Flächen mit tiefer oder flacherer Grundwasserstufe als drainiert ausgewiesen. Der Anteil der daraus abgeleiteten drainierten Flächen im Gebiet beträgt rund 40 %. Die Überschneidung der dokumentierten und aus der BK50 abgeleiteten drainierten Flächen liegt bei 60 %. Abbildung 40 zeigt die dokumentierten und ausgewiesenen drainierten Flächen.

Die Zeitreihen der DWD-Wetterstationen wurden auf eine tägliche Auflösung sowie das monatliche Mittel je Station aggregiert. Für die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit wurden die Daten der Wetterstation Lingen im Modell verwendet. Daten zur Globalstrahlung wurden der Station Belm entnommen. Diese klimatischen Größen wurden für das gesamte Modellgebiet als räumlich konstant angenommen.

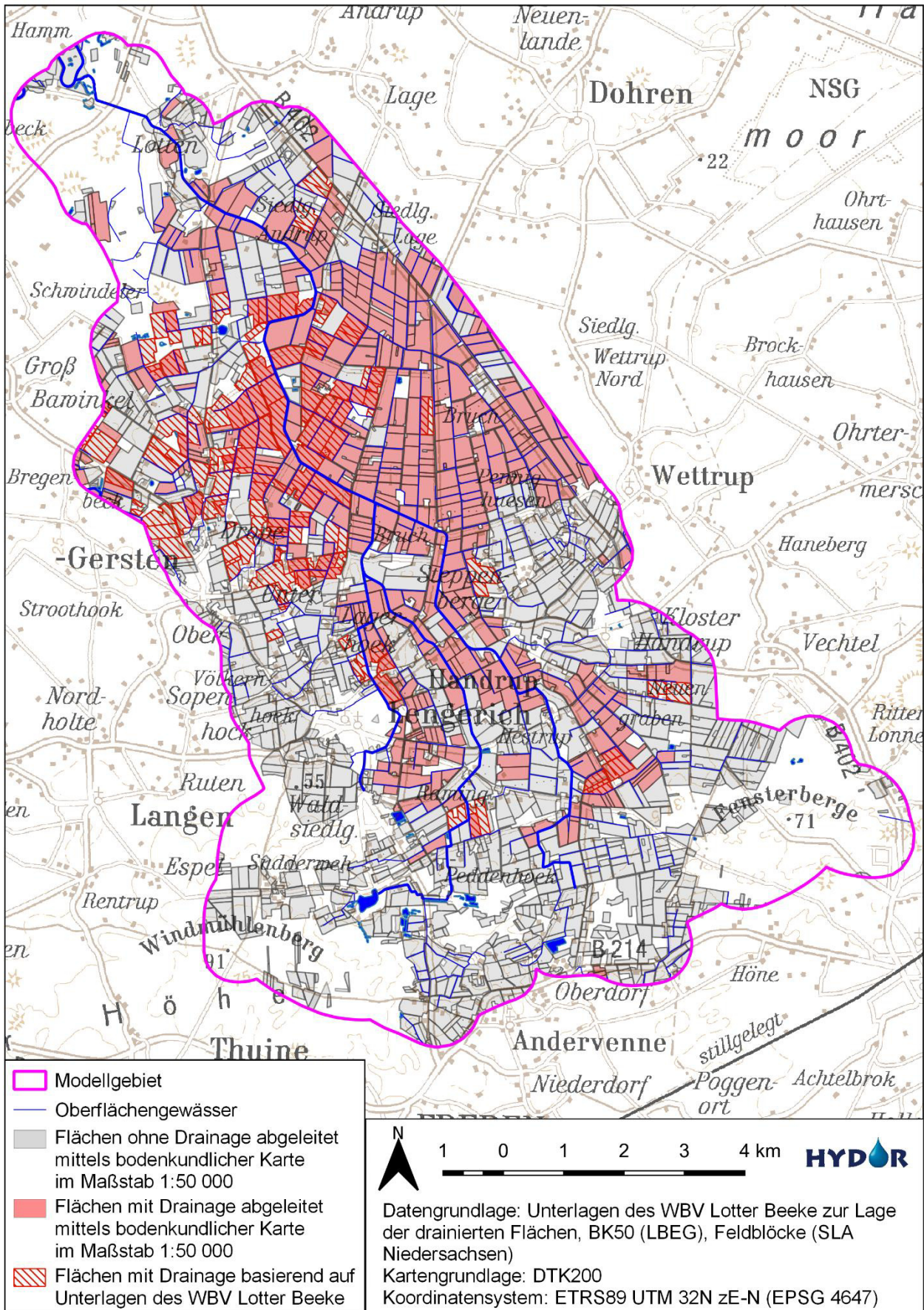


Abbildung 40: Lage der dokumentierten drainierten landwirtschaftlich genutzten Flächen basierend auf Unterlagen des WBV Lotter Beeke und der mittels BK50 abgeleiteten drainierten Flächen

Für den Niederschlag wurde eine tägliche Korrektur nach Richter 1995 vorgenommen. Die Niederschlagskorrektur dient zur Reduzierung des je nach Art des Messgeräts durch Wind, Benetzung und Verdunstung auftretenden systematischen Messfehlers. Beim Niederschlag handelt es sich im Gegensatz zu den anderen klimatischen Größen um eine kleinräumig variable Größe. Jedoch ist es in der verwendeten, aktuellen Softwareversion von SWAT nur möglich, Daten einer Niederschlagsstation einzubinden und auf das gesamte Modellgebiet angewendet werden. Um die Variabilität des Niederschlags dennoch abzubilden, wurde eine distanzgewichtete, mittlere tägliche Niederschlagsmenge aus den umliegenden Niederschlagsstationen berechnet. In die Berechnung gingen die gemessenen Niederschlagsmengen der Stationen in Lingen, Haselünne, Berge und Fürstenau ein. Zur Berechnung der täglichen mittleren Niederschlagsmenge wurde das *Inverse Distance Weighting*-Verfahren (IDW) angewendet. Durch das Verfahren wird aus den Niederschlagsmengen der Stationen ein gewichteter Mittelwert berechnet. Die Gewichtung erfolgt anhand der Distanz zwischen den Stationen und dem Mittelpunkt des Modellgebiets.

Aus der Entwurfsplanung der Entwässerung des Gebiets Lotter Beeke wurden die Fließgewässerparameter Tiefe, Breite, Gefälle und Hangneigung entnommen, um daraus die Gewässergeometrie für alle Gewässer im Gebiet abzuleiten. Die durch den Landkreis Emsland stichprobenartig vermessenen Gewässerprofile dienten dabei zur Validierung der abgeleiteten Gewässergeometrie.

7.3 Modellaufbau und -kalibrierung

Zunächst wurde das DGM5 in SWAT eingelesen, um das Gewässernetz zu extrahieren. Die minimale Einzugsgebietsfläche der zu extrahierenden Fließgewässer wurde dafür auf 0,05 km² gesetzt. Diese Einstellung bewirkt, dass lediglich Fließgewässer und Abflussbahnen mit einem Einzugsgebiet größer 0,05 km² extrahiert werden. Das berechnete Fließgewässernetz wurde anschließend mit dem Fließgewässernetz, welches durch das NLWKN zur Verfügung gestellt wurde, verglichen. Fließgewässern, die sich mit dem Datensatz des NLWKN deckten, wurden die entsprechenden Gewässergeometrie-Parameter zugewiesen. Bei den übrigen Fließgewässern wurde angenommen, dass es sich um Abflussbahnen handelt. Die aus dem DGM5 extrahierten Parameter der Abflussbahnen wurden beibehalten. Nach der Berechnung des Gewässernetzes erfolgt die Unterteilung des Modellgebiets in Subeinzugsgebiete. Dafür wurde der Gebietsauslass am Pegel Lotten definiert. Der Pegel befindet sich südlich des Orts Lotten etwa 3,5 km flussaufwärts der Mündung in die Hase. Das Rückhaltebecken *Saller See* wurde als Vektordatei in SWAT eingelesen und Volumen und Fläche bei Normal- und Maximalabfluss angegeben.

Im nächsten Schritt wurden die räumlichen Daten der Bodenart und Landnutzung eingelesen. Flächen gleicher Bodenart, Landnutzung und Hangneigungsklasse werden in SWAT zu so genannten *Hydrologic Response Units* (HRU) zusammengefasst. Die aus dem DGM5 abgeleitete Hangneigung wurde in folgende drei Klassen unterteilt:

- <1 %,
- 1 - 3 % und
- >3 %.

Die klimatischen Zeitreihen der ausgewählten Wetterstationen sowie die Mittelwerte der Klimaparameter wurden in das Modell eingespeist. Da die Daten der Globalstrahlung der Station Osnabrück erst ab Dezember 2010 und die klimatischen Daten der Station Lingen nur bis Mitte 2020 vorliegen, erfolgt die Modellierung von 2011 bis 2019 über einen Zeitraum von 9 Jahren. Die ersten zwei Jahre wurden dabei von SWAT als so genannten „warm-up“ Zeitraum genutzt. In diesem Zeitraum stabilisieren sich Modellparameter, die für die nachfolgenden Jahre als Eingangsparameter fungieren. Modellergebnisse werden erst nach dem „warm-up“ Zeitraum, d.h. von 2013-2019 ausgegeben.

Neben den genannten Datensätzen gehen in die Modellierung zahlreiche weitere Parameter ein. Die Parameterwerte sind in SWAT bereits voreingestellt, können jedoch beliebig verändert und auf das Modellgebiet angepasst werden. Basierend auf den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen wurden folgende Parameter verändert:

Tabelle 11: Voreinstellung von Modellparametern auf Basis bestehender Datengrundlagen

Parameter	Einheit	Parameterwert
Grundwasserflurabstand, ab dem kapillarer Aufstieg in die ungesättigte Bodenzone auftritt	m	Mittelwert des berechneten Flurabstands zum Mittelwasserzeitpunkt Mai 2018 auf Basis des DGM1 je Subeinzugsgebiet
Grundwasserflurabstand, ab dem Basisabfluss in die Vorfluter auftritt	m	Mittelwert des berechneten Flurabstands zum Niedrigwasserzeitpunkt September 2019 auf Basis des DGM1 je Subeinzugsgebiet
Unterkante des oberen GWK	m	20
Flurabstand des unteren GWK	m	30
Unterkante des unteren GWK	m	100
Rezessionskonstante des Basisabflusses α	1/Tag	0,022-0,026
Tiefe der Drainageschläuche	m	1
Abstand der Drainageschläuche	m	12
Radius der Drainageschläuche	cm	5
Nutzbare Feldkapazität	mm/mm	Mittelwert je Bodenart auf Basis der BK50

Für die Berechnung der potentiellen Evapotranspiration (PET) wurde die weit verbreitete und für humide Gebiete geeignete Methode nach Penman-Monteith im Modell eingestellt. Das Einlesen von Datensätzen zur PET ist in der verwendeten SWAT-Version nicht möglich.

Der Abfluss im Gewässer wurde anhand des Muskingum-Verfahrens modelliert.

7.3.1 Modellkalibrierung

Der Modellzeitraum von 2013 bis 2019 wurde in den Kalibrierungszeitraum von 2013 bis 2016 und den Zeitraum für den anschließenden Modelltest von 2017 bis 2019 unterteilt. Die Modellkalibrierung dient der Anpassung von simulierten an gemessene Wasserhaushaltsgrößen. Dabei können nicht messbare Parameter und Randbedingungen für das Modellgebiet indirekt justiert werden. Die Güte des kalibrierten Modells wird anschließend in einem Modelltest für einen unabhängigen Zeitraum bewertet. Der Modellkalibrierung geht die Sensitivitätsanalyse voraus. Durch diese lässt sich der Einfluss der zu justierenden Parameter auf die jeweilige Wasserhaushaltsgröße bestimmen. Parameter mit einem geringen Einfluss, also einer geringen Sensitivität, bleiben in der nachfolgenden Kalibrierung unberücksichtigt.

Die Sensitivitätsanalyse und Kalibrierung des Modells wurde anhand der täglichen Abflüsse für die in Tabelle 12 aufgelisteten Parameter mit dem Programm *SWAT+ Toolbox* in der Version 0.7.6 durchgeführt. Die Sensitivitätsanalyse ergab, dass der Evaporations-Kompensationsfaktor *esco* und die Rezessionskonstante α des Basisabflusses die höchste Sensitivität mit 0,51 und 0,22 aufweisen. Acht der 14 Parameter wiesen einen geringen Einfluss auf den Abfluss mit einer Sensitivität kleiner gleich Null auf. Für die Kalibrierung wurden nachfolgend nur die sechs Parameter mit einer Sensitivität größer Null berücksichtigt. Für die unberücksichtigten Parameter mit geringerer Sensitivität wurden die voreingestellten Werte des SWAT-Modells verwendet.

Als Gütemaß der Kalibrierung diente die *Nash-Sutcliffe Effizienz* (NSE). Dieses Gütemaß basiert auf den absoluten quadratischen Abweichungen zwischen Simulation und Beobachtung. Stimmen die beobachtete und simulierte Zeitreihe überein, nimmt der NSE den Wert 1 an. Der NSE wurde in insgesamt 400 Modellläufen anhand eines Optimierungsalgorithmus durch Anpassung der Modellparameter optimiert. Als weiteres Gütemaß wurde die prozentuale Abweichung (*Pbias*) zwischen beobachtetem und kalibriertem Abfluss berechnet. Für den monatlichen Abfluss im Zeitraum 2013-2016 beträgt der NSE des kalibrierten Modells 0,89 und der *Pbias* 0,6 %. Damit liegt nach Moriasi et al. (2007) eine sehr gute Modellanpassung vor.

Abbildung 41 zeigt die beobachteten und simulierten monatlichen Abflüsse im Kalibrierungszeitraum. Während der Wintermonate und im Frühsommer ist im gesamten Zeitraum eine Übereinstimmung zwischen beobachteten und simulierten Abflüssen erkennbar. Dagegen wird der Abfluss in den Sommermonaten etwa zwischen Juli und September durch das Modell unterschätzt. Die geringen modellierten Abflüsse gehen mit einer überschätzten Evapotranspiration (Abb. 43) einher. Diese weist im Vergleich mit der vom DWD auf Basis des AMBAV-Modells berechneten realen Evapotranspiration höhere Werte in den Sommermonaten auf. Die Abweichung im Abfluss Ende Juni 2016 kann zudem auf das Starkregenereignis vom 23.6.2016 (DWD 2016) zurückgeführt werden. Starkniederschläge treten häufig räumlich eng begrenzt auf. Daher ist nicht auszuschließen, dass die gewählten punktuellen Messstationen dieses Ereignis im Modellgebiet nicht in vollem Ausmaß repräsentieren und der simulierte Abfluss im Ergebnis unterschätzt wird.

Tabelle 12: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse und Modellkalibrierung

Parameter	Erläuterung	Einheit	Sensitivität	Kalibrierter Wert
alpha_bf	Rezessionskonstante α des Basisabflusses	1/d	0,22	0,024
bf_max	Basisabflussrate des Subeinzugsgebiets	mm	0,02	1,33
revap_co	Koeffizient des kapillaren Aufstiegs von Grundwasser in die ungesättigte Bodenzone		0,00	/
lat_ttime	Fließzeit des Zwischenabflusses	d	-0,02	/
esco	Evaporations-Kompensationsfaktor (je geringer, desto größer ist Beitrag tieferer Bodenschichten zur Evaporation)		0,51	0,13
epco	Pflanzenaufnahme-Kompensationsfaktor (je höher, desto größer ist der Beitrag tieferer Bodenschichten zur Wasseraufnahme)		0,02	0,003
cn2	Curve Number-Wert bei mittlerer Bodenfeuchte		0,00	/
cn3_swf	Korrekturfaktor des Bodenwasserhaushalts bei feuchten Bodenverhältnissen		-0,03	/
latq_co	Koeffizient des Zwischenabflusses		0,15	0,8
perco	Koeffizient zur Anpassung der Bodenfeuchte, damit Perkolation auftritt		0,14	0,19
tile_lag	Verzögerungszeit des Drainageabflusses	d	-0,02	/
tile_drain	Drainagekoeffizient	mm/d	-0,04	/
awc	Nutzbare Feldkapazität des Bodens	mm/mm	-0,04	/
k	Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des Bodens	mm/hr	-0,01	/

7.3.2 Modelltest

Das kalibrierte Modell wurde im nächsten Schritt auf den Zeitraum von 2017 bis 2019 angewendet. Die simulierten monatlichen Abflüsse wurden mit den für das Modellgebiet vorhandenen Daten abgeglichen. Die simulierten monatlichen Abflüsse weisen eine sehr gute Anpassung mit einem NSE von 0,9 zu den beobachteten Abflüssen am Pegel Lotten auf. Lediglich in den Monaten mit Niedrigabfluss von etwa Juli bis November ist eine Unterschätzung des Abflusses erkennbar (Abbildung 41). Aufgrund dieser Unterschätzung fällt die prozentuale Abweichung für den Modelltest-Zeitraum mit 7,5 % deutlich höher aus als für den Kalibrierungszeitraum. Dennoch liegt die prozentuale Abweichung nach Moriasi et al. (2007) noch im Bereich einer sehr guten Modellanpassung.

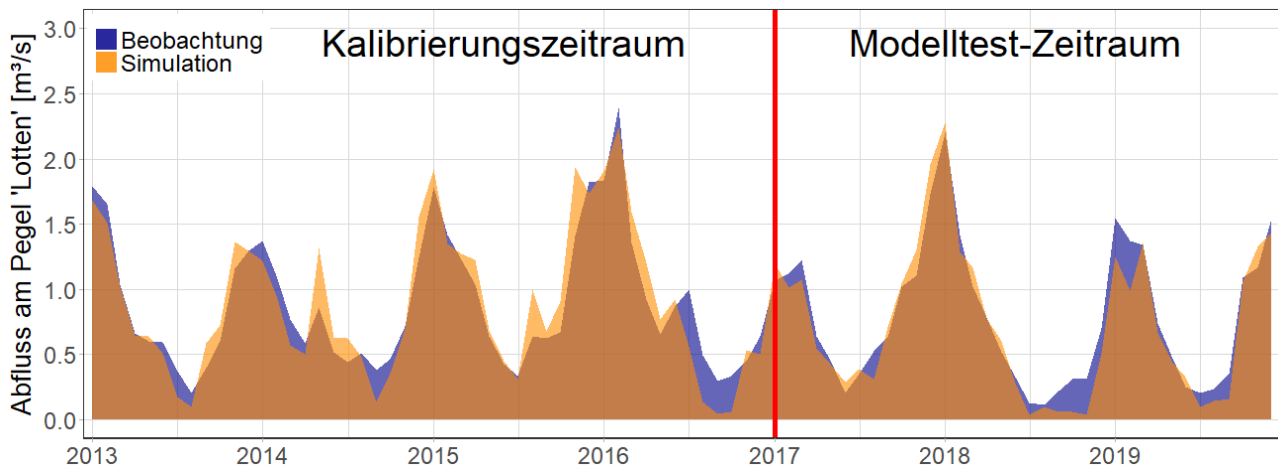


Abbildung 41: Modellierter und gemessener mittlerer monatlicher Abfluss am Pegel Lotten

7.3.3 Modellerte Wasserhaushaltsgrößen

Die vom Modell berechneten Wasserhaushaltsgrößen sind in Abbildung 42 dargestellt. Sofern Literaturwerte oder externe Modellergebnisse für einen Vergleich verfügbar waren, wurden diese mit den modellierten Wasserhaushaltsgrößen verglichen.

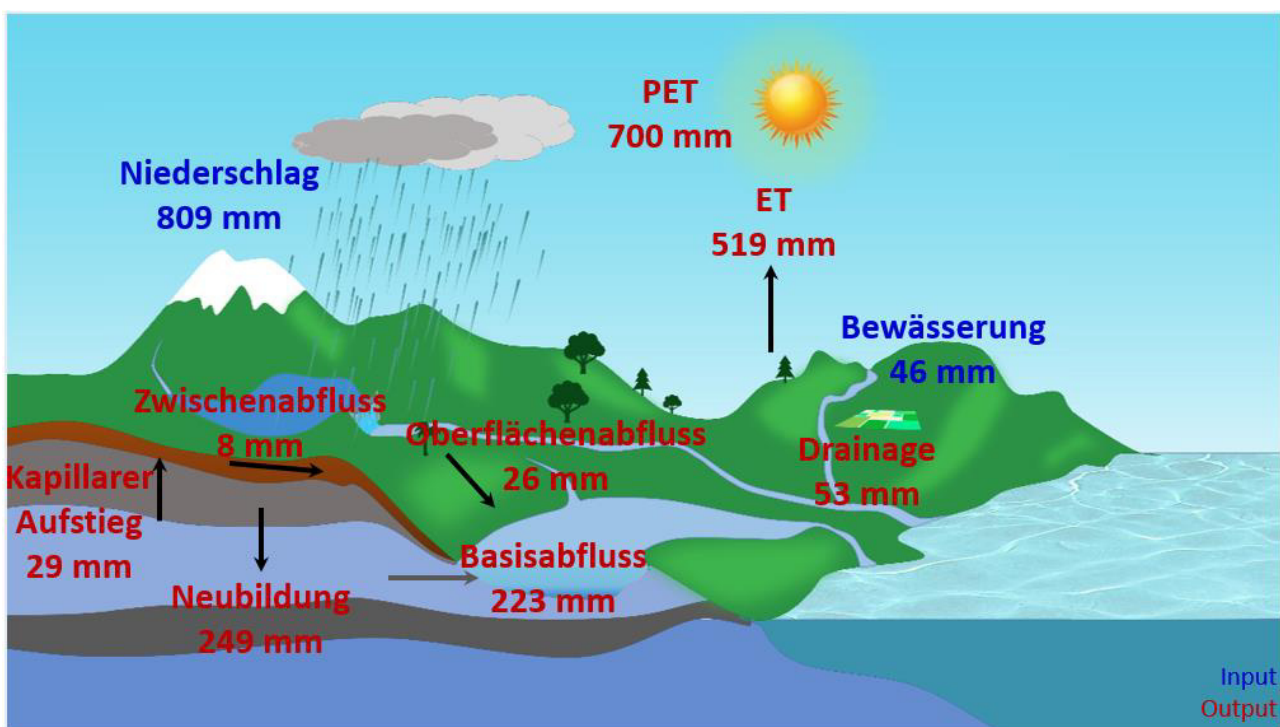


Abbildung 42: Jährliche Summe der modellierten Wasserhaushaltsgrößen im Einzugsgebiet über den Modellzeitraum von 2013-2019

Für eine Einschätzung der modellierten Evapotranspiration wurden Daten der Evapotranspiration aus dem agrarmeteorologischen Modell AMBAV des DWD über Gras (DWD Climate Data Center 2019) herangezogen. Die Gegenüberstellung zeigt Abbildung 43. Die mittlere reale Evapotranspiration wird durch das SWAT Modell im Vergleich zum AMBAV-Modell um rund 17 % überschätzt. Dies ist vor allem auf die Überschätzung der Verdunstung in Trockenjahren zurückzuführen. In den übrigen Jahren ist dagegen eine Unterschätzung von bis zu 20 % während der Vegetationsperiode erkennbar.

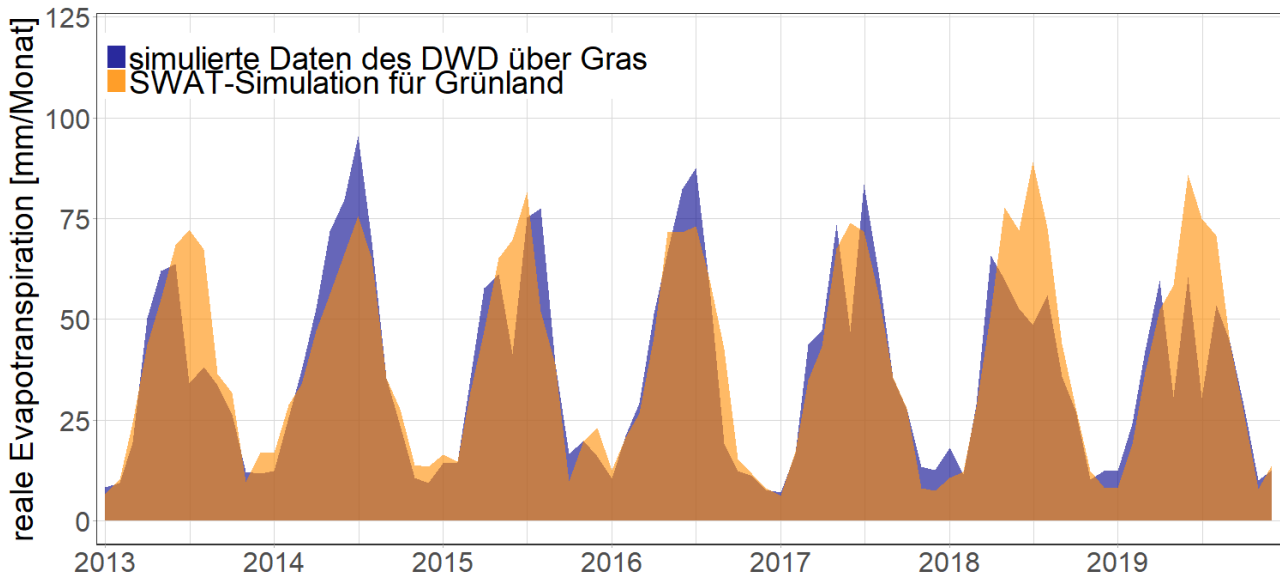


Abbildung 43: Monatliche modellierte reale Evapotranspiration

Die Grundwasserneubildung wurde mit dem langjährigen Mittelwert des mGROWA-Modells des LBEG im Zeitraum von 1981-2010 verglichen. Diese beträgt im Einzugsgebiet rund 260 mm.

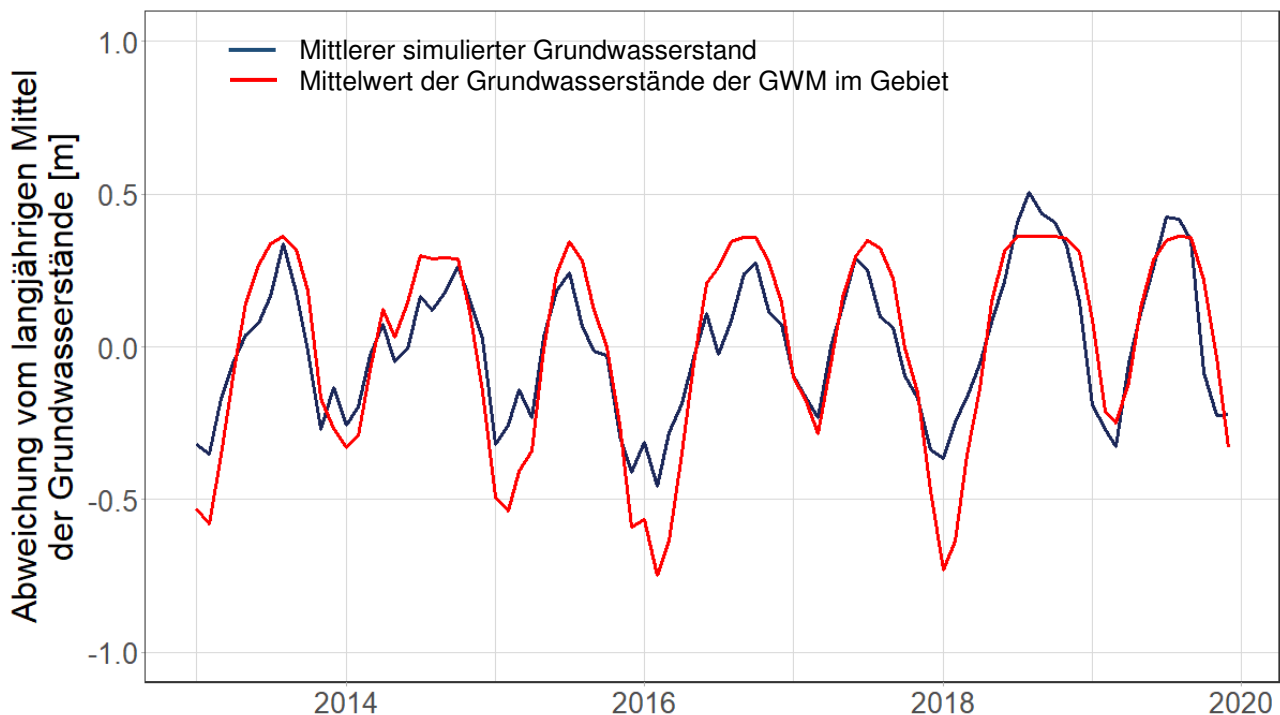


Abbildung 44: Gemittelte Grundwasserganglinien der GWM im Modellgebiet und der jeweiligen Teileinzugsgebiete

Der Flurabstand wird in SWAT über ein festgesetztes Teileinzugsgebiet gemittelt. Dadurch können kleinräumige Unterschiede der Flurabstände durch Geländeerhebungen oder durch den Einfluss der Entwässerungsgräben im jeweiligen Gebiet nicht durch das Modell abgebildet werden. Ein direkter Vergleich zu punktuellen Grundwassermessstellen ist dadurch erschwert. In Abbildung 44 wurden

daher die Ganglinien der im Gebiet vorhandenen Grundwassermessstellen mit Messwerten zwischen 2013 und 2019 gemittelt und vergleichend dazu der mittlere Flurabstand der jeweiligen Teileinzugsgebiete dargestellt. Die absoluten Differenzen zwischen simulierten und beobachteten Flurabständen sind auf die flächenhafte Diskretisierung der Aquifere in SWAT zurückzuführen. So wird der Flurabstand über eine festgesetzte Fläche gemittelt, wohingegen die Messstelle einen punktuellen Ausschnitt des Aquifers darstellt, der vom Gebietsmittel abweichen kann. Für die Wirkungsanalyse von Wasserrückhaltemaßnahmen steht jedoch die Grundwasserdynamik und ihre Veränderung durch die Maßnahmen im Vordergrund. Diese Dynamik geht aus der Darstellung in Abbildung 44 hervor und wird daher durch das Modell gut nachgebildet.

7.4 Wirkungsanalyse von Wasserrückhaltemaßnahmen

Das erstellte Modell des Einzugsgebiets der Lotter Beeke dient der Quantifizierung der Maßnahmenwirkung. Dazu wurden verschiedene Maßnahmen simuliert und die Ergebnisse mit den Modellergebnissen ohne Berücksichtigung der Maßnahmen verglichen. Die Vorgehensweise und Ergebnisse werden nachfolgend erläutert.

7.4.1 Auswahl der Maßnahmen

Die landwirtschaftlichen Flächenmaßnahmen zielen auf einen Wasserrückhalt durch Verringerung von Oberflächenabfluss und Erosion ab (vgl. Kapitel 6.2). Aufgrund des überwiegend sandigen Bodens und der geringen Hangneigung von im Mittel 1,2 % auf landwirtschaftlich genutzten Flächen spielt der Oberflächenabfluss im Modellgebiet jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Die Modellumsetzung der Maßnahme des Waldumbaus entfällt im Gebiet aufgrund des geringen bewaldeten Flächenanteils. Ferner ist eine Modellierung von Anlagen zur Versickerung aufgrund der groben räumlichen Diskretisierung des Grundwasserkörpers in SWAT nicht zielführend.

Als geeignete und umsetzbare Maßnahmen für die Wirkungsanalyse im Modellgebiet „Lotter Beeke“ wurden daher folgende Maßnahmen im Gewässer identifiziert:

- Anhebung der Gewässersohle,
- Rückbau der Drainage und
- aktive Stauhaltung im Graben.

Implementierung der Rückhaltemaßnahmen in SWAT

Die Maßnahme „Rückbau der Drainage“ wurde im gesamten Modellgebiet angewendet. Dazu wurde die Drainage auf allen drainierten Flächen deaktiviert. Dies führt zur Versickerung des Wassers im Bodenspeicher in den Grundwasserkörper und damit zu einer Förderung der Grundwasserneubildung und einer Verzögerung des Abflusses.

Zur Umsetzung der Maßnahme „Anhebung der Grabensohle“ wurde die Sohle aller Gewässer im Modellgebiet um eine einheitliche Höhe von 50 cm angehoben. In den Entwässerungsgräben wird die Sohle entsprechend auf etwa 1,3 m bis 1,5 m angehoben. Das Sohlgefälle bleibt durch die Anhebung aller Gewässer um eine einheitliche Höhe unverändert. Um den Abfluss bei Hochwasser zu

garantieren, wurden die Querprofile der Gewässer im Modell aufgeweitet. Dafür wurde vereinfacht angenommen, dass die Böschungsneigung jedes Gewässers konstant bleibt. Die Gewässer wurden dementsprechend um 0,8 bis 2 m verbreitert.

Die Maßnahme „Aktive Stauhaltung“ wurde aufgrund des hohen Implementierungsaufwands in einem Teilgebiet des kalibrierten Modellgebiets für ein Gewässer durchgeführt. Bei dem Gewässer handelt es sich um einen Entwässerungsgraben, der in den Unterlauf der Lotter Beeke mündet, und seine Nebengräben. Die Implementierung der Stauhaltung erfolgt in SWAT über das Anlegen eines Rückhaltebeckens (Reservoir oder Pond) mit Auslass an der Gewässermündung. Das Volumen des Rückhaltebeckens entspricht dabei dem Stauvolumen des Grabens. Für das Rückhaltebecken können saisonal variable Stauziele festgelegt werden. Die Stauziele werden über ihre jeweiligen Stauvolumina definiert. Die Berechnung der Stauvolumina erfolgte auf Basis der recherchierten Gewässergeometrie für Gewässer III. Ordnung im Modellgebiet.

Tabelle 13: saisonale Stauhöhen für die Modellierung der Maßnahme "Aktive Stauhaltung" mit SWAT

Stauhöhe h im Graben	Stauziel [unter Böschungsoberkante]	Dauer des Stauziels
60 cm	120 cm	März – April
100 cm	80 cm	Mai – September
140 cm	40 cm	Oktober – Februar

Die Stauhöhe außerhalb der Vegetationsperiode wurde auf 140 cm gesetzt (Tabelle 13). Bei einer Grabentiefe von 180 cm entspricht dies einem Stauziel von 40 cm unter Böschungsoberkante. Um die Befahrbarkeit und Frühjahrsbestellung der landwirtschaftlichen Flächen zu gewährleisten, wird die Stauhöhe von März bis April auf 60 cm reduziert. Eine optimale Wasserversorgung der Feldfrüchte nach Renger et al. (2020) auf sandigem Boden wird in der anschließenden Vegetationsperiode dagegen bei einem mittleren Grundwasserflurabstand zwischen 50 und 100 cm erreicht. Daher wurde die Stauhöhe im Graben für die Vegetationsperiode von Mai bis September auf 100 cm erhöht und das Stauziel damit auf 80 cm unter Böschungsoberkante gesetzt (Tabelle 13).

7.4.2 Ergebnisse der Maßnahmenmodellierung

Maßnahme „Rückbau der Drainage“

Durch einen Rückbau der Drainage entfällt der Drainageabfluss in die Vorfluter. Der Anteil des Niederschlags, welcher vorher den Drainageabfluss gebildet hat, versickert stattdessen im Boden und gelangt in den Grundwasserleiter. Die Grundwasserneubildung nimmt zu. Durch den Anstieg des Grundwassers erhöht sich der Gradient zwischen Grundwasser und Vorfluter, sodass der Basisabfluss zunimmt. Etwa 90 % der zusätzlichen Neubildungsmenge gelangt als Basisabfluss in die Vorfluter. Zudem nimmt der kapillare Aufstieg von Wasser aus dem Grundwasserleiter aufgrund des angestiegenen Grundwasserspiegels zu.

Durch die Veränderung des Abflusses in den Vorflutern von Drainage- zu mehr Basisabfluss kommt es zu einer zeitlichen Verschiebung und Dämpfung des Abflusses (Abbildung 45). Abflussspitzen in den Wintermonaten werden gedämpft und der Abfluss im Frühjahr verzögert, sodass sich der Niedrigwasserabfluss ebenfalls verzögert und seine Dauer verkürzt wird.

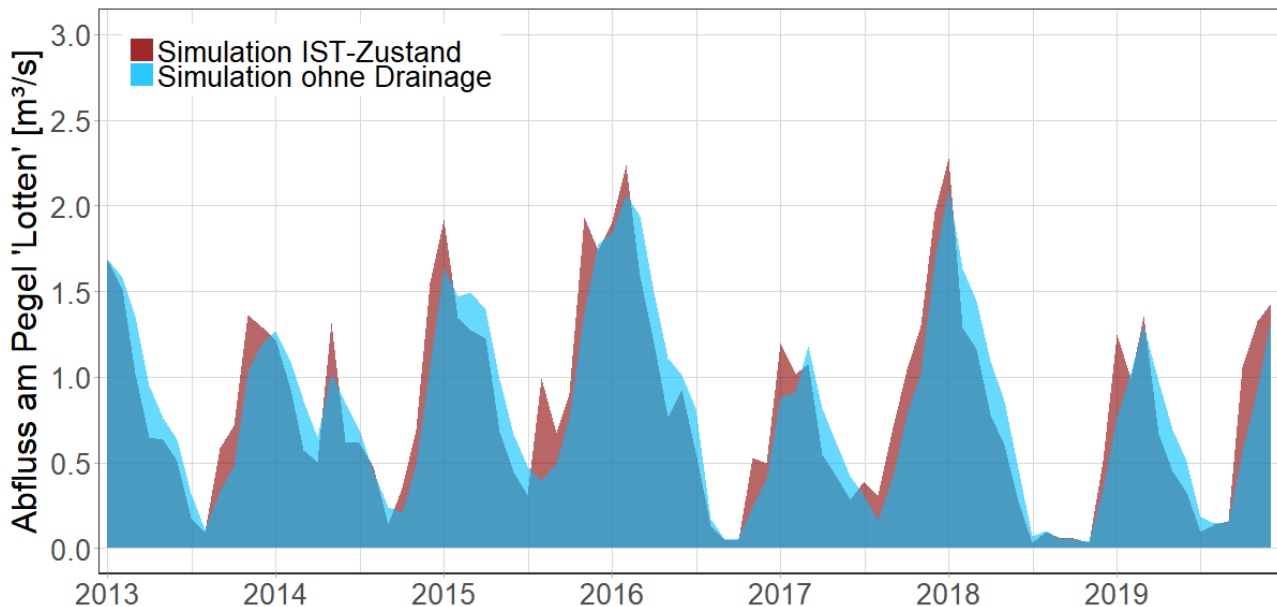


Abbildung 45: Modellierter mittlerer monatlicher Abfluss am Pegel Lotten mit und ohne Maßnahme „Rückbau der Drainage“

Der Grundwasserspiegel steigt aufgrund der Zunahme der Grundwasserneubildung im Gebiet im Mittel um 15 cm im Winter- und um 10 cm im Sommerhalbjahr an. Die Anhebung des Grundwasserstands variiert dabei lokal in Abhängigkeit von der Dichte der drainierten Flächen (Abbildung 46). In Bereichen mit höherer Dichte der drainierten Flächen steigt der Grundwasserspiegel durch die Maßnahme entsprechend stärker an, in den Wintermonaten um bis zu 65 cm und in den Sommermonaten um bis zu 40 cm.

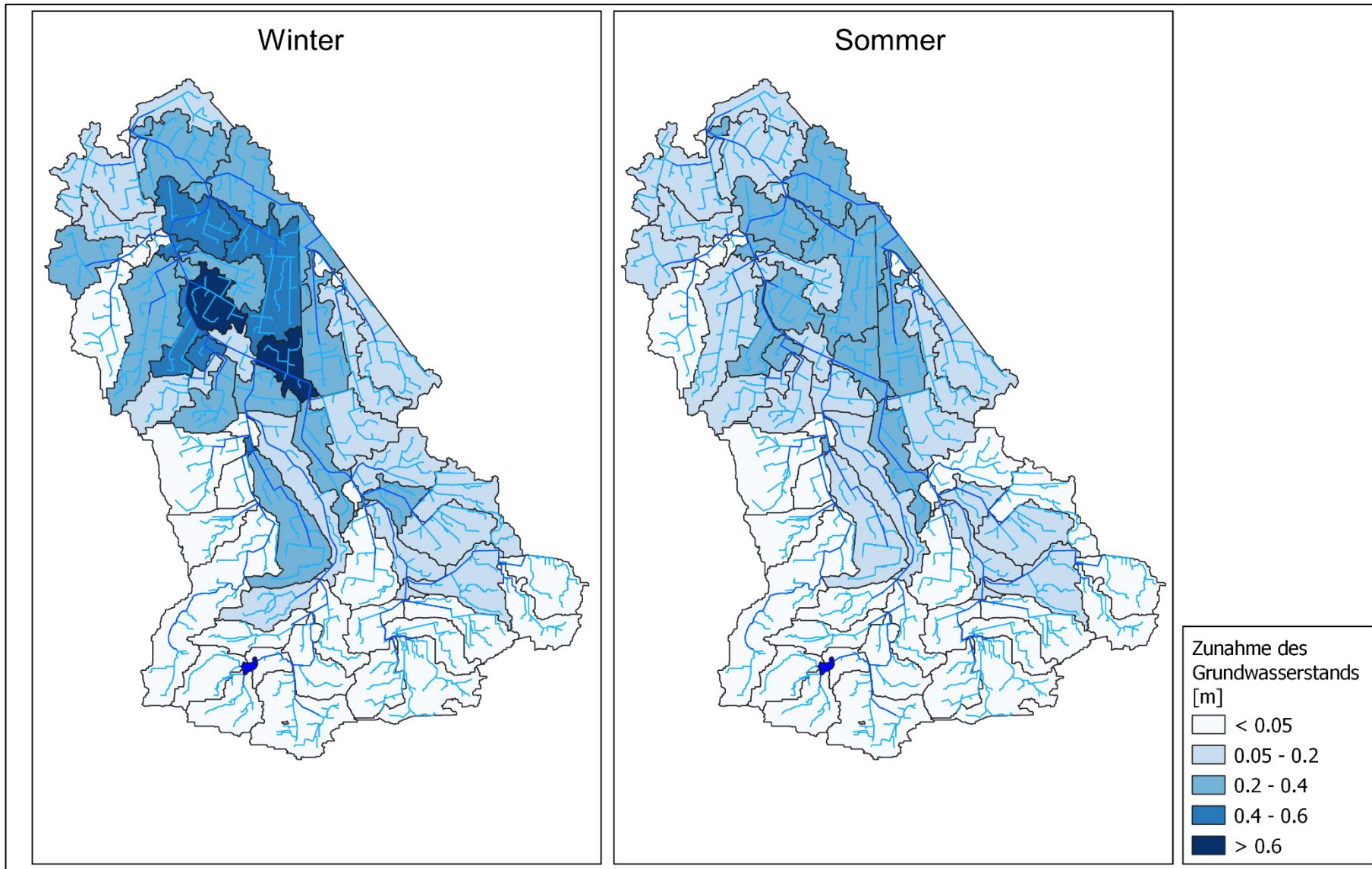


Abbildung 46: Änderung des Grundwasserstands je Teileinzugsgebiet durch die Maßnahme "Rückbau der Drainage"

Maßnahme „Anhebung der Gewässersohle“

Die Anhebung der Gewässersohle bewirkt eine Verringerung des Gradienten zwischen Grundwasser und Fließgewässer. Dies geht mit dem Rückhalt von Grundwasser und einem um etwa 20 % reduzierten Basisabfluss einher. Durch den Rückhalt des Grundwassers steigt der Grundwasserspiegel an, wodurch der kapillare Aufstieg von Grundwasser zunimmt. In Folge des reduzierten Basisabflusses nimmt der Abfluss in den Gewässern ab (Abbildung 47).

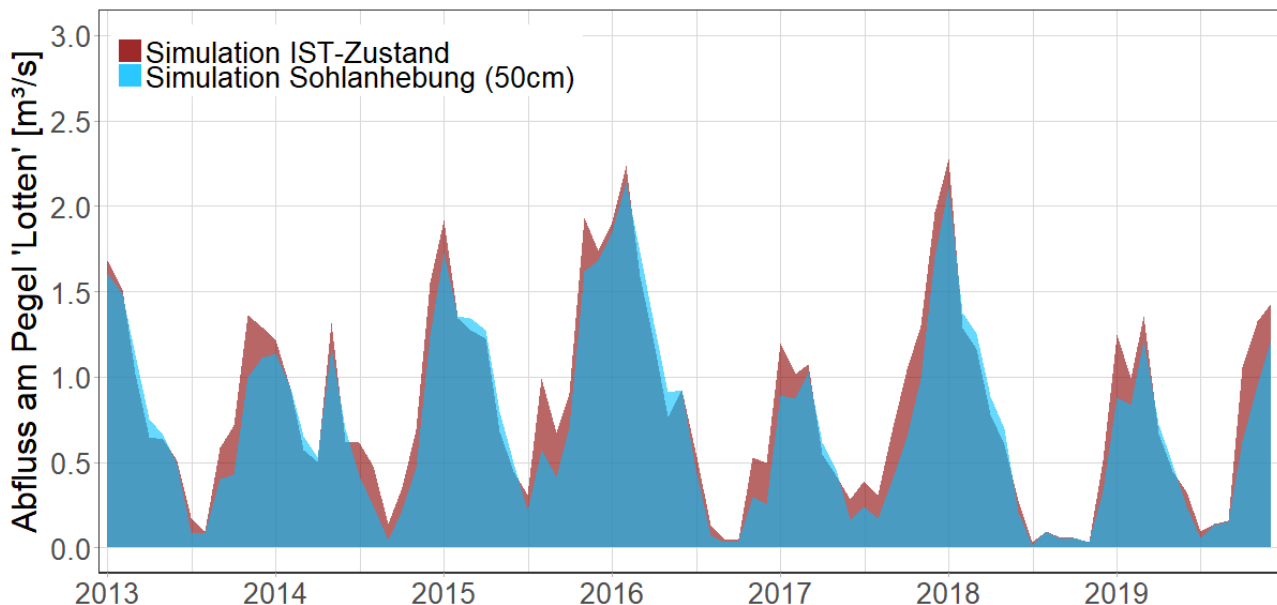


Abbildung 47: Modellierter mittlerer monatlicher Abfluss am Pegel Lotten mit und ohne Maßnahme „Anhebung der Gewässersohle“

Dagegen steigt der Grundwasserspiegel im Gebiet im Mittel um 37 cm im Winter- und um 35 cm im Sommerhalbjahr an. In Teilgebieten mit geringerer Dichte des Gewässernetzes wirkt sich der Grundwasseranstieg geringer aus. Zudem limitiert die auf den landwirtschaftlichen Flächen wirkende Drainage den Rückhalt von Grundwasser. In Teilgebieten mit geringerer Dichte der drainierten Flächen wie beispielsweise im Süden des Modellgebiets ist demnach ein stärkerer Anstieg des Grundwasserstands durch die Maßnahme ersichtlich (Abbildung 48).

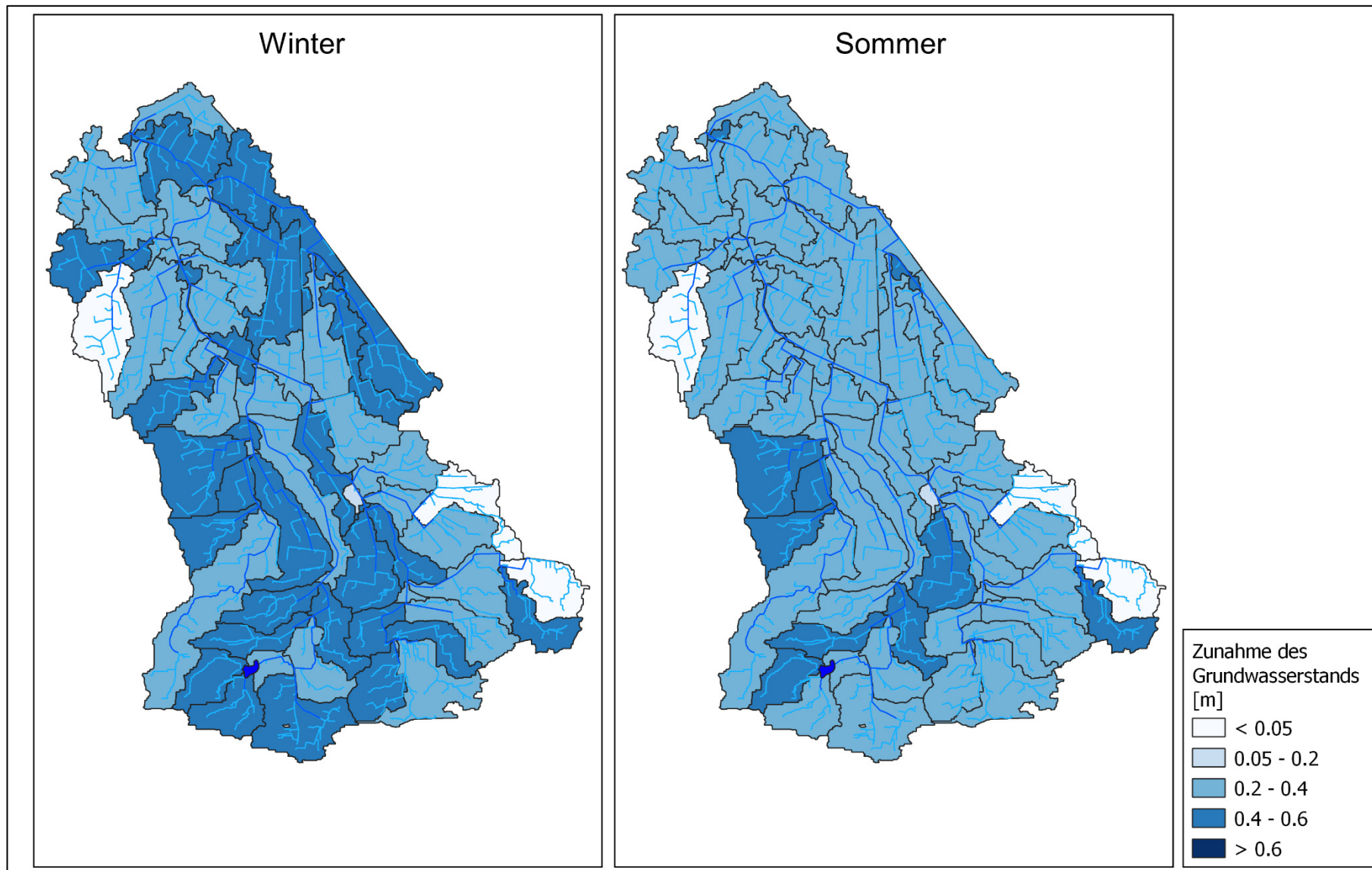


Abbildung 48: Änderung des Grundwasserstands je Teileinzugsgebiet durch die Maßnahme "Anhebung der Gewässersohle"

Maßnahme „Aktive Stauhaltung im Graben“

Eine Stauhaltung im Gewässer bewirkt ähnlich zur Anhebung der Gewässersohle eine Verringerung des Gradienten zwischen Grundwasser und Entwässerungsgraben. Der Basisabfluss in das angestaute Gewässer wird reduziert und der Grundwasserspiegel steigt. Bei einer aktiven Stauhaltung mit saisonal unterschiedlichen Stauzielen verändern sich jedoch der Gradient und damit der Basisabfluss und die Höhe des Grundwasserspiegels in Abhängigkeit vom Stauziel.

Im Einflussgebiet des aufgestauten Grabens steigt der Grundwasserspiegel im Modell im Mittel um etwa 29 cm im Winter- und um 24 cm im Sommerhalbjahr an. Der Anstieg des Grundwassers zieht wiederum die Zunahme kapillaren Aufstiegs nach sich.

Durch den Aufstau im Graben werden Abflussspitzen gedämpft und der Abfluss stromabwärts des Staus zeitlich verzögert. Der Niedrigwasserabfluss wird durch die Stauhaltung um etwa 60 % erhöht. Diese Verzögerung des Abflusses bis in die Sommermonate zeigt im Modell jedoch nur in den Jahren von 2013 bis 2017 Wirkung (Abbildung 49). In den darauffolgenden Trockenjahren sinkt der Abfluss in den Niedrigwasserperioden unter den simulierten Abfluss ohne Stauhaltung. Grund dafür ist eine simulierte verringerte Grundwasserneubildung durch geringere Niederschläge und eine Überschätzung der Evapotranspiration des Modells, sodass das Stauziel im Graben in den Trockenjahren nicht mehr gehalten werden kann.

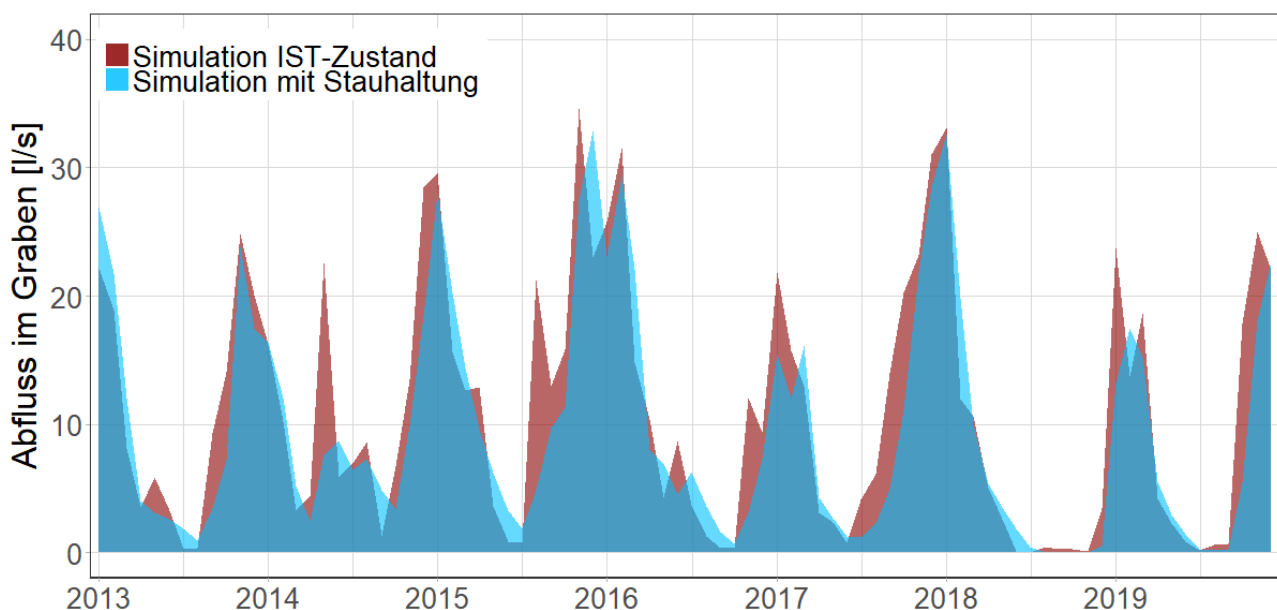


Abbildung 49: Modellierter mittlerer monatlicher Abfluss im betrachteten Graben mit und ohne Maßnahme „Aktive Stauhaltung“

7.4.3 Einordnung der Modellergebnisse

Die Modellierung mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell SWAT liefert plausible quantitative Ergebnisse zum Abfluss und zur Grundwasserneubildung. Die Auswirkungen der simulierten Maßnahmen auf den Wasserhaushalt werden sowohl für das gesamte Modellgebiet als auch für einzelne Teilgebiete abgebildet. Aussagen über kleinräumigere Maßnahmenwirkungen als die Teilgebiete sind mit

dem Modell jedoch nicht möglich. Für die Maßnahme „Aktive Stauhaltung im Graben“ und „Anhebung der Gewässersohle“ ist beispielsweise davon auszugehen, dass die Maßnahmen gewässernah einen größeren Anstieg des Grundwassers bewirken und die Wirkung mit zunehmender Entfernung zum Gewässer abnimmt. Durch die auf die Teilgebiete beschränkte räumliche Auflösung des Modells kann bei diesen Maßnahmen jedoch nur ein mittlerer Wert des Grundwasseranstiegs innerhalb der Teileinzugsgebiete der Gewässer ermittelt werden.

Alle drei simulierten Maßnahmen zeigen eine Anhebung des Grundwasserspiegels. Ihre Wirkung unterscheidet sich jedoch nicht nur in der Höhe der Anhebung des Grundwasserspiegels, sondern auch räumlich und zeitlich. So wirkt der Rückbau der Drainage auf den betreffenden Flächen räumlich homogen auf das Grundwasser wohingegen die Anhebung des Grundwassers bei den anderen beiden Maßnahmen räumlich stark an das jeweilige Gewässer geknüpft ist und die Wirkung mit zunehmender Entfernung zum Gewässer abnimmt. Die aktive Stauhaltung unterscheidet sich zu den anderen beiden Maßnahmen durch ihre Möglichkeit, den Grundwasseranstieg zeitlich zu steuern und das Grundwasser auch in Trockenperioden höher zu halten.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass die Wirkung der Maßnahmen durch das Vorhandensein anderer Entwässerungsmaßnahmen begrenzt wird wie beispielsweise bei der Entwässerung über die Grabensysteme trotz Rückbau von Drainagen. Eine verbesserte Wirkung kann hier durch gezielte Kombination mehrerer Maßnahmen erreicht werden.

Vor der Umsetzung der Maßnahmen gilt es, diese zeitlichen und räumlichen Variationen der Maßnahmenwirkungen zu berücksichtigen und dementsprechend geeignete Maßnahmen für das Projektgebiet auszuwählen. Die Modellergebnisse bilden eine Grundlage dafür.

8. Ausblick und Empfehlungen

Im Rahmen des Projekts „Emslandplans 2.0“ wurde eine Bestandsaufnahme und Grundlagenermittlung zu naturraumbezogenen, hydro(geo)logischen und wasserwirtschaftlichen Daten durchgeführt. Zudem erfolgte eine Analyse zu möglichen Maßnahmen des Wasserrückhalts auf regionaler Ebene. Die gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, dass ein gemeinsamer Wissensabgleich und Erfahrungsaustausch zwischen möglichst allen betroffenen Personen und Institutionen zielführend ist, sodass diese Vorgehensweise auch in zukünftigen Projekten beibehalten werden sollte.

Neben der Analyse von Bestandsdaten wurden auch aktualisierte Grundwassergleichenpläne und detaillierte Flurabstandskarten (DGM1) für drei Szenarien (mittleres, niedriges und hohes Grundwasser) auf Landkreisebene erstellt, wodurch relevante Daten- bzw. Wissenslücken geschlossen werden konnten. Detaillierte Grundwassergleichenpläne und Flurabstandskarten sind nicht nur für die Ableitung von geeigneten Flächen für die Anhebung des Grundwasserstands von Relevanz, sondern bilden auch die Grundlage für die Umsetzung von Wasserrückhaltmaßnahmen. Deutlich wurde dabei, dass Datenlücken, z. B. zu Drainagen, bestehen, die zukünftig geschlossen werden müssen. Hierzu wäre die Erstellung eines Drainagekatasters für das Projektgebiet empfehlenswert, das im Rahmen von Maßnahmenumsetzungen, bei denen das Drainagesystem relevant ist, abgefragt werden kann. Neben der orts- und tiefenkonkreten Lage der drainierten Flächen sollte es auch den aktuellen Erhaltungszustand des Drainagesystems, die Tiefenlage, Abstand und Durchmesser der Rohrstränge, und Lage der Sammelstränge beinhalten. Eine solche Aufnahme ist mit großem Aufwand verbunden. Sie könnte durch Umfragen bei LandwirtInnen erfolgen, ggf. in Zusammenarbeit mit dem Emsländischen Landvolk und der Landwirtschaftskammer.

In Zukunft ist der Schritt von der Bestandsaufnahme und breiten Diskussion auf regionaler Ebene zur praktischen Planung und Umsetzung von lokalen Maßnahmen notwendig. Die Fortführung und Intensivierung der Dialoge zwischen AkteurInnen auf lokaler Ebene ist wünschenswert und bedarf der fachlichen Unterstützung sowie finanziellen Förderung. Als Grundlage dient der ebenfalls im Rahmen des Projekts erarbeitete Handlungsleitfaden zur Planung und Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte (Anhang 7), der eine allgemeine Orientierung zur Maßnahmenumsetzung bietet. Er greift vorhandenes Wissen auf und strukturiert maßnahmenübergreifende Umsetzungsschritte von der Eingrenzung des Gebiets, über die Definition der Ziele und der Maßnahmenauswahl, die Prüfung rechtlicher Vorgaben und der Finanzierbarkeit bis zur Maßnahmenumsetzung.

Da der Handlungsleitfaden keine Detailanleitung zur Umsetzung spezifischer Maßnahmen ist, bedarf es in jedem Fall weiterer, über die allgemeinen Umsetzungsschritte des Handlungsleitfadens hinausgehender, standortspezifischer Analysen und Detailplanungen. Wünschenswert ist eine zukünftige Ergänzung des Leitfadens um konkret umgesetzte Maßnahmenbeispiele im Projektgebiet („Best-Case-Beispiele“), um die Anschaulichkeit zu erhöhen, Erfahrungen weiterzugeben und impulsgebend für die weitere Maßnahmenumsetzung zu sein. Darüber hinaus bedarf es in Zukunft auch einer regionalen Austauschplattform zum Fortschritt von Maßnahmenumsetzungen.

9. Zusammenfassung

Unter dem Einfluss des Menschen hat sich das Emsland über die vergangenen Jahrzehnte von einem einst durch großflächige Moorniederungen geprägten Gebiet zu einer wirtschaftlich prosperierenden Region entwickelt. Diese Entwicklung ging mit einer großflächigen Landentwässerung durch Regulation und Begradigung von Vorflutern, das Anlegen tiefreichender Entwässerungsgräben und den Bau von Drainagen einher.

Diese „Wasserinfrastruktur“ i.S. der Nationalen Wasserstrategie² – also Kanalnetze, Rückhaltebecken, Wasserstraßen und Deiche – wurde somit in der Vergangenheit erheblich verändert. Eine erneute Anpassung wird in der Nationalen Wasserstrategie angesichts des Klimawandels angemahnt und steht auch regional und lokal auf der Agenda. Durch den Emslandplan 2.0 soll hierzu ein wesentlicher Beitrag geliefert werden.

Angesichts der in den letzten Jahren verstärkt zu beobachtenden Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt im Emsland entstand bereits das Bestreben, das Wassermengenmanagement im Emsland umzudenken. Mit dem Projekt „Emslandplan 2.0 – Nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen“ wurde ein ganzheitlicher Ansatz zur Entwicklung solcher nachhaltigen Wassermengenmanagementkonzepten unter Einbeziehung aller Akteure verfolgt.

Der Entwicklung und Bewertung geeigneter Maßnahmen zum Wasserrückhalt ging eine hydrogeologische Bestandsaufnahme im Projektgebiet voraus. Das Projektgebiet umfasst den gesamten Landkreis Emsland sowie oberirdische Einzugsgebiete der Gewässer II. und III. Ordnung in den östlich und westlich angrenzenden Landkreisen in Niedersachsen.

Das Emsland ist durch seine Entwässerungsgeschichte und das ausgedehnte, dichte Grabensystem charakterisiert. Mit einem Flächenanteil von 62 % dominiert die landwirtschaftliche Nutzung. Unterlagert wird das Projektgebiet von bis zu 100 Meter mächtigen Grundwasserleitern aus pleistozänen Sanden, die auf Geestflächen teilweise bedeckt sind und gespannte Verhältnisse aufweisen. Klimatisch lässt sich im Gebiet ein Anstieg der Temperatur um 1°C im 30-jährigen Mittel beim Vergleich zwischen 1961 bis 1990 und 1991 bis 2020 konstatieren. Die mittlere langjährige Niederschlagsmenge nimmt an der DWD-Klimastation Lingen um 5 % ab, an der DWD-Niederschlagsstation Groß Berßen ist dagegen ein Anstieg um 6 % zu verzeichnen. Der Vergleich der langjährigen mittleren Grundwasserneubildung in den Zeiträumen von 1961 bis 1990 und von 1981 bis 2010 zeigt eine Zunahme von 36 mm/Jahr. Die Grundwasserstände im Projektgebiet weisen im Zeitraum von 1991-2020 hingegen einen fallenden Trend auf, der auf den Geestflächen stärker ausgeprägt ist als in den Niederungen. Eine Erklärung für den fallenden Trend ist die anhaltende, großflächige Entwässerung im Projektgebiet. Aufgrund der unterschiedlichen Zeiträume sind die dargestellten Trends von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung nicht direkt vergleichbar. Vor allem in den vergangenen 2010er Jahren wurden durch niedrige Niederschlagssummen auch fallende Grundwasserstände induziert.

Für 2021 ist im direkten Vergleich zu 2014 ein Anstieg der genehmigten Entnahmemengen in den

Grundwasserkörpern, die vollständig oder überwiegend im Projektgebiet liegen, zu verzeichnen. Gleichzeitig wurde eine Zunahme der tatsächlichen Entnahmemengen durch die Wasserversorgungsunternehmen in den letzten Jahren festgestellt. Die Beanspruchung der Grundwasserkörper durch Wasserversorgung und Landwirtschaft wird voraussichtlich weiter zunehmen.

Im Rahmen der hydrogeologischen Bestandsaufnahme wurden Grundwasserflurabstandskarten für niedrige, mittlere und hohe Grundwasserstände berechnet. Die Flurabstände liegen in den Niederungen zwischen einem und zwei Meter, auf den Geestflächen dagegen über fünf Meter. Zwischen den Zeitpunkten hohen und niedrigen Grundwassers schwanken die Grundwasserstände in den Niederungen großflächig zwischen 1 bis 1,50 Meter. Auf den Geestflächen liegt die Differenz zwischen den Zeitpunkten des hohen und niedrigen Grundwassers hingegen über 1,5 Meter, lokal sogar über zwei Meter. Die ausgearbeiteten Flurabstandskarten wurden zudem als Werkzeug für die Ausweisung geeigneter Bereiche zur Umsetzung ausgewählter Maßnahmen angewendet.

Geeignete Maßnahmen für das Projektgebiet wurden aus verschiedenen Maßnahmenkatalogen vorausgewählt und anschließend mit den betroffenen Personen und Institutionen diskutiert. Für einen Vergleich der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkung und Umsetzungshemmnisse wurde ein Indikator-basiertes Bewertungsverfahren entwickelt. Das Bewertungsverfahren ermöglicht eine Priorisierung der Maßnahmen für eine mögliche Umsetzbarkeit. Zur räumlichen Eingrenzung geeigneter Flächen für eine Maßnahmenumsetzung wurden verschiedene maßnahmenspezifische Algorithmen entwickelt. Die daraus jeweils abgeleiteten, geeigneten Flächen wurden zu einer Übersichtskarte zusammengefasst, die die räumliche Abgrenzung wasserwirtschaftlicher Einheiten für eine Umsetzung gleicher Maßnahmen ermöglicht.

Die Wirkung möglicher Maßnahmen im Projektgebiet wurde anhand des Niederschlag-Abfluss-Modells SWAT im Einzugsgebiet der Lotter Beeke exemplarisch untersucht. Modelliert wurden insgesamt drei Wasserrückhaltemaßnahmen am Drainagesystem und den Gewässern im Einzugsgebiet. Die Modellergebnisse bilden die Wirkung der Maßnahmen auf den Wasserhaushalt und insbesondere die Wirkung auf den Abfluss in den Gewässern und auf den Grundwasserflurabstand ab. Sie dokumentieren zudem die Unterschiede zwischen den Maßnahmen. Dadurch leisten die Modellergebnisse nicht nur einen Mehrwert im Rahmen der Vorplanung und Maßnahmenkonzipierung, sondern machen die Maßnahmenwirkungen für betroffene Personen und Institutionen nachvollziehbarer und erleichtern dadurch die Kommunikation über das bedeutende Thema Wasserrückhalt.

Für die Zukunft sollte der Schritt von der Bestandsaufnahme und der Vorauswahl von Maßnahmen auf regionaler Ebene zur Umsetzung von Wassermengenmanagementkonzepten bzw. Maßnahmen auf lokaler Ebene vollzogen werden. Bestehende Datenlücken, z. B. zu drainierten Flächen sollten dabei geschlossen werden, um eine uneingeschränkte Umsetzung zu ermöglichen. Der im Rahmen des Projektes entwickelte Leitfaden zur „Herangehensweise an lokale Wassermengenmanagementkonzepte“ soll betroffene Personen und Institutionen in Zukunft bei der Erarbeitung und Weiterentwicklung besagter Konzepte unterstützen.

10. Literaturverzeichnis

- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hg.) (2015): Wasser-rückhalt in der Fläche durch Maßnahmen in der Landwirtschaft - Bewertung und Folgerungen für die Praxis. September 2015. Hennef: DWA (DWA-Themen, T 5/2015).
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2020): Entwurf Arbeitsblatt DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Planung, Bau, Betrieb. Entwurf, November 2020, 1. Auflage. Hennef (DWA-Regelwerk, A 138-1).
- DWD Climate Data Center (2019): Berechnete tägliche Werte von charakteristischen Elementen aus dem Boden. Version Version v19.3.
- DWD - Deutscher Wetterdienst (2016): Statt Sommer viele Unwetter mit Blitz, Donner und Starkregen. Deutschlandwetter im Juni 2016. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2016/20160629_deutschlandwetter_juni.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Ertl, G.; Bug, J.; Elbracht, J.; Engel, N.; Herrmann, F. (2019): Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18. Hg. v. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG). Hannover (GeoBe-richte, 36).
- FGG Ems (2015): Internationaler Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems. Bewirtschaftungszeitraum 2015 - 2021. Hg. v. Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems).
- Franke, W.; Grave, J.; Schüpp, H.; Steinwascher, G. (Hg.) (2002): Der Landkreis Emsland. Geographie, Geschichte, Gegenwart ; eine Kreisbeschreibung. Geographie, Geschichte, Gegenwart ; eine Kreisbeschreibung. Meppen: Landkreis Emsland.
- Fugro Germany Land GmbH (Hg.) (2018): Analyse der Grundwasserstandsentwicklung, ihrer Einflussfaktoren sowie der Auswirkungen auf den mengenmäßigen Zustand von vier Grundwasser-körpern in Niedersachsen. Zusammenfassender Abschlussbericht.
- Golden Software (2021): Surfer®. Online verfügbar unter <http://www.goldensoftware.com/>.
- Gortheil, R.; Kuchta, T. (2017): Masterplan Ems 2050. Die ökologischen und ökonomischen Interessen der Emsregion. Online verfügbar unter https://www.masterplan-ems.info/fileadmin/media/06_Service/Downloads/Broschuere-D-20170501.pdf, zuletzt geprüft am 01.05.2017.
- Gräler, B.; Pebesma, E. J.; Heuvelink, G. (2016): Spatio-Temporal Interpolation using gstat. In: *The R Journal* (8), S. 204–218. Online verfügbar unter <https://journal.r-project.org/archive/2016/RJ-2016-014/index.html>.

- Guse, B.; Pilz, T.; Stoelzle, M.; Bormann, H. (2019): Charakterisierung und Analyse hydrologischer Modelle im deutschsprachigen Raum. In: *Wasser Abfall* 21 (5), S. 43–52. DOI: 10.1007/s35152-019-0043-x.
- Hannappel, S.; Limberg, A. (2007): Ermittlung des Flurabstands des oberflächennahen Grundwassers im Mai 2006 in Berlin. In: *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge* (1).
- Hölscher, J.; Schnorr, C.; Petry, U.; Anhalt, M.; Haberlandt, U.; Fangmann, A. et al. (2019): Globaler Klimawandel - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. Gesamtbericht des Projektes KliBiW - Themenbereich Niedrigwasser. Hg. v. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (Oberirdische Gewässer, Band 42).
- Hölscher, J.; Schnorr, C.; Petry, U.; Anhalt, M.; Haberlandt, U.; Plötner, S. et al. (2017): Globaler Klimawandel - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. Gesamtbericht des Projektes KliBiW - Themenbereich Hochwasser. Hg. v. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (Oberirdische Gewässer, Band 41).
- IWW - Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH (2019): Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel - Abschlussbericht. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- IWW - Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH; IKU GmbH (2021): Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel. Projektphase 2: Entwurf zu Lösungsstrategien (AP2/3). Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- Landkreis Emsland (2021): Emslandplan. Online verfügbar unter <https://www.emsland.de/das-emsland/kreisbeschreibung/emslanplan/emslanplan.html>, zuletzt geprüft am 15.03.2021.
- LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2014): Nationales Hochwasserschutzprogramm. Kriterien und Bewertungsmaßstäbe für die Identifikation und Priorisierung von wirkenden Maßnahmen sowie ein Vorschlag für die Liste der prioritären Maßnahmen zur Verbesserung des präventiven Hochwasserschutzes. Kiel.
- LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2015): LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog (WRRL, HWRMRL, MSRL).
- LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2018a): LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement. Erfurt.
- LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2018b): Umsetzungsstand der Maßnahmen nach Wasserrahmenrichtlinie. Zwischenbilanz 2018. Erfurt.
- LSN - Landesamt für Statistik Niedersachsen (Hg.) (2018): Bodenflächen in Niedersachsen nach Art der tatsächlichen Nutzung 2016. Hannover (Statistische Berichte Niedersachsen).

- RdErl. d. MU (29.05.2015): Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers.
- ML - Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hg.) (2017): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2017. i. d. Fassung vom 26.09.2017 (nicht amtliche Textfassung). Hannover.
- Möhler, F.; Dinse, S.; Hermsdorf, A. (2014): Grundwassergleichenplan für Brandenburg – Interpolation mittels Kriging mit externer Drift. In: *Grundwasser* 19 (3), S. 189–199. DOI: 10.1007/s00767-014-0255-7.
- Moriasi, D. N.; Arnold, J. G.; van Liew, M. W.; Bingner, R. L.; Harmel, R. D.; Veith, T. L. (2007): Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. In: *Transactions of the ASABE* 50 (3), S. 885–900. DOI: 10.13031/2013.23153.
- MU - Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (Hg.) (2019): Klimawirkungsstudie Niedersachsen. Wissenschaftlicher Hintergrundbericht.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (Hg.) (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft. Eine Einführung.
- NLWKN (Hg.) (2013): Leitfaden für die Bewertung des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper in Niedersachsen und Bremen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Braunschweig.
- NLWKN (Hg.) (2017): Regionalbericht für das Einzugsgebiet Ems-Nordradde. Darstellung der Grundwassersituation (Grundwasser, Band 31).
- Office International de l'Eau (Hg.) (2015): Synthesis document no 9. Barriers and success factors for Natural Water Retention Measures.
- Office International de l'Eau (2021): Natural Water Retention Measures. Online verfügbar unter <http://nwrn.eu/>, zuletzt geprüft am 23.03.2021.
- Pachauri, R. K.; Meyer, L. (2016): Klimaänderung 2014. Synthesebericht : Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Genf, Schweiz: IPCC. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle Bonn 2016.
- Pebesma E.J. (2004): Multivariable geostatistics in S: the gstat package. In: *Computers & Geosciences* (30), S. 683–691.
- QGIS Development Team (2021): QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Online verfügbar unter <http://qgis.osgeo.org>.
- R Core Team (2021): R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Online verfügbar unter <https://www.R-project.org/>.

- Renger, M.; Bug, J.; Heumann, S.; Müller, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. Hg. v. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG). Hannover (Geofakten, 35).
- Seibert, S. P.; Auerswald, K. (2020): Hochwasserminderung im ländlichen Raum. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Stocker, T. (Hg.) (2014): Climate change 2013. The physical science basis : Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The physical science basis : Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau.
- Utrecht, R. M.; Elmore, A. C.; Guggenberger, J. D.; Helwig, Z. D. (2019): Practical considerations for kriging groundwater surfaces. In: *Remediation* 29 (4), S. 83–91. DOI: 10.1002/rem.21615.
- Zambrano-Bigiarini, M. (2020): hydroTSM: Time Series Management, Analysis and Interpolation for Hydrological Modelling. R package version 0.6-0. Online verfügbar unter <https://github.com/hzambran/hydroTSM>.

Anhang 1:

Protokolle der vier durchgeführten

Projektveranstaltungen im Jahr

2021

Erste Veranstaltung mit den Akteuren: Bestandsaufnahme & Wissensabgleich

Stichwort-Protokoll, Online-Veranstaltung am Mittwoch, 3. März 2021 von 9:30 bis 15:30

1. Vorstellung der Tagesordnung (Alexander Strom (HYDOR))

2. Grußworte:

Landrat Marc-André Burgdorf: ging auf den Emslandplan als große Errungenschaft für das Emsland ein; hinterfragte, ob der Umgang mit Wasser vor dem Hintergrund des sich ändernden Klimas noch zeitgemäß ist; benannte die im Landkreis Emsland laufenden Aktivitäten und Projekte zum Thema „Wasser im Emsland“ und betonte die Bedeutung von gemeinsamem Handeln

Bernd-Carsten Hiebing (MdL und Vorsitzender DV Wasserwirtschaft im LK Emsland): ging auf die Arbeit des Dachverbands als Zusammenschluss der wasserwirtschaftlichen Akteure im Landkreis Emsland ein; zunächst in der Umsetzung der WRRL – Oberflächengewässer, zunehmend im Bereich der Wassermenge (Stichwort: Nachhaltigkeitskorridore); Emslandplan 2.0 als Nährboden für lokale Initiativen

Cornelia Scupin (MU): erläuterte den Hintergrund des Förderprogramms, Emslandplan 2.0 ist als eines von neun Projekten landesweit in 2020 durch MU ausgewählt worden; Verstärkung der Förderung über 2021 hinaus ist in Planung und kann in Aussicht gestellt werden

3. Erläuterung zum Hintergrund des Emslandplans 2.0 und der Projektinhalte sowie Vorstellung des Projektteams:

Kirstin Meyer & Michael Reiners (LK Emsland, Fachbereich Umwelt) erläuterten, dass mit dem Projekt „Emslandplan 2.0“ ein Umdenken „weg von der schnellen Ableitung zu mehr Wasserrückhalt in der Fläche“ initiiert werden solle. Ziel sei es, ein nachhaltiges, klimaangepasstes Wassermanagementsystem im Projektgebiet zu entwickeln. Der Zuwendungsbescheid datiert vom 18.11.2020, der Projektzeitraum ist auf ein Jahr begrenzt. Die wesentlichen Arbeitspakete bestehen aus einer Bestandsaufnahme, der Erarbeitung von Maßnahmenkonzepten für den dezentralen Wasserrückhalt sowie dem Abstimmungsprozess mit den einschlägigen Interessen und Trägern öffentlicher Belange. Im Rahmen des Projektes sind insgesamt vier Informations- bzw. Diskussionsveranstaltungen eingeplant. Das Projektteam besteht aus: Stephan Hannappel, Alexander Strom, Jenny Kröcher (alle HYDOR Consult GmbH) sowie Kirstin Meyer, Theresa Berends-Reich und Michael Reiners (alle Landkreis Emsland, FB Umwelt)

4. Einleitende Umfrage für alle Teilnehmer:

„Haben die letzten Trockenjahre Ihre Sichtweise auf den Umgang mit der Ressource Wasser verändert?“

- Ja: 71
- Nein: 9
- Enthaltung: 21

5. Vortrag Teil 1: Klimatische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Grundlagen im Projektgebiet „Emslandplan 2.0“ (Dr. Stephan Hannappel (HYDOR))

Ergänzung Herr Münster (im Chat): Grundwasserstände sind seit 2010 rückläufig

Hinweis Herr Lietzow (LBEG): bitte Vorranggebiete Trinkwassergewinnung (potentiell möglicher zukünftiger) Grundwassernutzungen in die Bestandsaufnahme integrieren.

6. Impulsbeiträge zu sektorspezifischen Erfahrungen der Akteure zum Wasserhaushalt in den letzten Jahren

- a. Landkreis Emsland, FB Umwelt: Hermann Jossen
 - Stetige Zunahme der Grundwasserentnahmemengen
 - Alle vollständig im LK liegenden GWK in mengenmäßig gutem Zustand
- b. NLWKN: Dorothea Altenhofen
 - Trockenjahre haben direkte Auswirkungen auf Oberflächengewässer und Grundwasser
 - niedrigere Pegel- und Grundwasserstände in Trockenjahren im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt
- c. WBV Ems-Süd: Helmut Schwering
 - Niedrigere Wasser- und Grundwasserstände
 - Zum Flächenrückhalt von Wasser in Zukunft auch kleinräumige Maßnahmen notwendig, an deren Umsetzung WBVs beteiligt sein werden
- d. WV Hümmling: Thomas Rakers
 - Zunehmende Rohwasserförderung im Gebiet WV Hümmling
 - Grundwasserstand im Zentrum des Entnahmegebiets von Entnahme geprägt; nach außen hin und am Rand stärker von Niederschlag geprägt
 - Wasserrechte im Sommer stärker ausgeschöpft
- e. LWK Niedersachsen, Bezirksstelle Emsland: Dr. Vinzenz Bauer
 - Oberflächenwassermanagement nicht mehr ausreichend, sodass weiterer Wasserrückhalt notwendig
 - Große Bereitschaft seitens LWK Niedersachsen und Landwirte selbst angesichts der Trockensituation
 - Gemeinschaftlichere Organisation des Wassermanagement in Form von Be-
regnungsverbänden gewünscht
- f. NABU: Hanna Clara Wiegmann
 - Direkte Auswirkungen der Trockenjahre vor allem auf Feuchtbiotop, aber auch auf Trockenbiotop
 - Degradierung von Habitaten verbunden mit Rückgang der darin vorkom-
menden, teils geschützten Arten.
- g. Forstamt Weser-Ems: Dr. Florian Stockmann
 - Trockenjahre hatten direkte Auswirkung auf Waldzustand und damit einher-
gehend auch volkswirtschaftlicher Schaden
 - Anteil der Waldbrände gestiegen seit 2018
 - Zukünftige Entwicklung/Wiederaufforstung zu stabilen, standortgemäßen
Wäldern.

7. Plenum: Raum für eine kurze Diskussion und für weitere Beiträge zu den Erfahrungen

- Schulz/Elbracht: bisher keine flächendeckenden Basisdaten zu hydrogeologi-
schen Modellen für Wirksamkeitsabschätzung von Maßnahmen → langfris-
tige Aufgabe; Verschneidung einzelner bestehender Modelle aufgrund un-
terschiedlichen Maßstabs und Schwerpunkt schwierig
-

- Mönster/Hannappel: Modelle/Daten von Wasserversorgern einbeziehbar → in weiterem Projektverlauf werden Maßnahmen entwickelt und dementsprechende Daten angefordert
- Kopmeyer/Lietzow: Konfliktbetrachtung zwischen Wasserrückhalt und WRRL (z.B. in Hinblick auf Durchgängigkeit von Gewässern) → Impulse/Lösungswege aus umliegenden Landkreisen
- Wilcke: keine Beregnungsverbände im Landkreis OS/Emsland, aber wichtig für Diskussion über Wasserrückhalt und die Rolle der Akteure → Strukturen für Beregnungsverbände schaffen
- Altenhofen: Rückhalt durch Renaturierung von Fließgewässern (bspw. Anschluss von Altarmen) als mögliche Maßnahmen in Betracht ziehen.

8. Vortrag Teil 2 und Diskussion: Wasserhaushalt und Trendentwicklungen im Projektgebiet „Emslandplan 2.0“ (Alexander Strom (HYDOR))

- Lietzow: durch Emslandplan flächenhafte Absenkung des Grundwassers in landwirtschaftlichen Bereichen → inwiefern diese Maßnahmen insbesondere auf Geestflächen bis heute nachwirken noch nicht geklärt

9. Podiumsdiskussion: „Welche wasserwirtschaftlichen Herausforderungen ergeben sich aus den Erfahrungen der Akteure und der wissenschaftlichen Bestandsaufnahme?“

- Rakers/Meyer: Konkurrenz zwischen landwirtschaftlichen Entnahmerechten und Trinkwasserversorgung bisher nur in einzelnen Fällen
- Rakers: Potenzielle Konflikte bei Maßnahmen des Wasserrückhalts abhängig von Ort der Maßnahmenumsetzung und direkt betroffenen Akteuren
- Bauer/Altenhofen/Maier: Alternativen der Wasserentnahme für Feldberegnung → Feldberegnung ohne Konkurrenz zur Trinkwassergewinnung möglich?
- Bauer/Altenhofen: Zurückhaltung von Nährstoffen mittels Drainierung (Denitrifikation) und gesteuerte Drainierung als Maßnahme
- Hiebing: Vermittlung zwischen allen Akteuren im weiteren Prozess, um Maßnahmen zu erarbeiten.

10. Zusammenfassung und Ausblick (Kirstin Meyer)

- Durch Veranstaltung Einblick gegeben in wissenschaftliche Grundlagen, die für Erarbeitung von Maßnahmen im Projektverlauf relevant sind
 - Letzte Trockenjahre zeigten Auswirkungen in allen Bereichen der verschiedenen Akteure.
-

Zweite Veranstaltung mit den Akteuren: Maßnahmen des Wasserrückhalts

Stichwort-Protokoll Online-Veranstaltung, 3. Mai 2021 von 10:00 bis 15:00 (71 Teilnehmer)

1. Vorstellung der Tagesordnung

2. Grußworte:

- Bernd-Carsten Hiebing: bewusster Umgang mit der Ressource Wasser gefordert, insbesondere vor dem Hintergrund von Veränderungen durch den Klimawandel; neuen Herausforderungen stellen und Grundlagen für Entwicklungen und Umgang mit Ressource im Landkreis schaffen.
- Dirk Kopmeyer: neue Wege in Wasserwirtschaft denken und gehen aufgrund zukünftig zu erwartender klimatischer und hydrologischer Veränderungen.

3. Fachvortrag 1: Rückblick zur ersten Veranstaltung und Aktualisierung regionaler Grundwassergleichenpläne mit Flurabstandskarten (Dr. S. Hannappel; J. Kröcher, HYDOR)

Rückfragen/Wortmeldungen:

- Herr Elbracht:
 1. Wie erfolgte Auswahl der Grundwassermessstellen?
 - Frau Kröcher: Verwendung der Messstellen des jeweils oberen Grundwasserleiters bei mehrfach verfilterten Messstellen und möglichst zeitlich lückenlose Messreihen.
 2. Wurde das Ergebnis der Flurabstandskarte mit der BK50 verglichen?
 - Frau Kröcher: ja, es zeigte sich eine großflächige Übereinstimmung zwischen geringen Grundwasserflurabständen (< 2 m) und Grundwasser-beeinflussten Böden bzw. hohen Grundwasserflurabständen (> 2 m) und Grundwasser-unbeeinflussten Böden.
 3. Warum wurde DGM5 statt DGM1 verwendet?
 - Herr Hannappel: DGM5 für Berechnung über gesamtes Projektgebiet hinweg; Vergleichsrechnungen zu DGM1 werden durchgeführt; DGM1 wird später zudem für exemplarische Teilräume verwendet, sofern es zur Verfügung steht.
- Herr Schwering: Bildet Flurabstand Verlauf der Grundwasseroberfläche ab?
 - Frau Kröcher: Grundwasseroberfläche folgt in etwa der Geländeoberfläche, ist jedoch stark geglättet; in Berechnung des Grundwasserflurabstands fließt Geländeoberfläche direkt ein, sodass kleinteilige Strukturen sichtbar werden.
- Herr Bauer: Ist die Repräsentativität der gewählten Zeiträume zur Erstellung der Flurabstandskarten gegeben angesichts der letzten trockenen Jahre?
 - Herr Hannappel: da regionale Unterschiede im Projektgebiet vorhanden sind, wurde Mittelwert über alle Messstellen berechnet, um hydrologisch typische Systemzustände in der Zeitreihe des Grundwasserstands zu identifizieren.

4. Fachvortrag 2: Überblick zur Selektion von Maßnahmen und Ermittlung geeigneter Gebiete für den Wasserrückhalt im Projektgebiet (Alexander Strom, HYDOR)

Rückfragen/Wortmeldungen und Diskussion zum Fachvortrag:

- Herr Hurink: bestehende Zielkonflikte der Landnutzung möglichst entschärfen und bei Ausweisung von Flächen für Maßnahmen keine neuen Konflikte schüren.
- Herr Münster: Werden Siedlungsgebiete ebenfalls im Projekt betrachtet?
 - Frau Meyer: Projekt konzentriert sich auf Maßnahmen außerhalb besiedelter Gebiete.
- Herr Meyring: Wie passen Mulchsaat und die Direktsaat mit dem Glyphosat Verbot zusammen?
 - Rückfrage Herr Strom: Alternativen zu Totalherbizid Glyphosat?
 - Herr Bauer: keine Alternativen zu Glyphosat bekannt; Mulchsaat und Direktsaat für Landwirt mit hohem Aufwand und Risiko behaftet.
- Herr Wilcke: gewählter Ansatz (GIS-basierter Decision-Support-Ansatz) zur Auswahl von Gebieten für Maßnahmen sehr gut.
- Hannappel: Recherche zu Daten der Drainage bisher erfolglos; ggf. Nutzung von Dränageraten aus Forschungsarbeiten FZ Jülich zur landesweiten Nährstoffmodellierung möglich (nachträglicher Hinweis NLWLN, wird recherchiert).
- Hurink/Herr Meiners/Herr Bauer: bieten Unterstützung bei Datenrecherche zur Umsetzung konkreter Maßnahmen im Projektgebiet an.

5. Diskussion Themenraum 1: Maßnahmen zur Wasserspeicherung/-infiltration sowie Flächenmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft

- Herr Stockmann: Privatwaldbesitzer grundsätzlich bereit zu Waldumbaumaßnahmen; entsprechende Flächenkulissen vorhanden.
 - Herr Hiebing: Modellprojekte zu Maßnahmen in bestimmten Gebieten, um Wasser in Fläche zu halten und gemeinsam nach Lösungen zu suchen.
 - Herr Meiners: Winterbegrünung als geeignete Maßnahme sowohl zum Wasserrückhalt als auch zur Verringerung des Nährstoffaustrages (win-win-Situation).
 - Frau Meyer: vorgestellte Flächenmaßnahmen sprechen vor allem Land- und Forstwirtschaft an; jeder kann zu Wasserrückhalt beitragen.
 - Herr Stockmann: Hinweis auf finanzielle Hürden bzw. Hürden bei den Förderrichtlinien.
 - Herr Aegerter/Herr Stockmann: für bodenschonende Waldbewirtschaftung spielt Bodenfeuchte maßgebliche Rolle.
-

- Herr Stockmann: Wiederbewaldung: Flächen werden aufgrund von Schäden durch Trockenheit und Schädlinge; Waldumbau: findet n gesunden Beständen statt, die nicht an standörtliche Verhältnisse angepasst sind, entscheidend dafür sind Wasser- verhältnisse nach Standortkartierung, die sich an Szenarien des IPCC orientiert.
- Frau Schulz: Laubwald ist wasserwirtschaftlich interessanter Wald, aber Widerspruch zur finanziellen Förderung dieser auf Standorten mit sandigen Böden; Erstauffors- tungsmaßnahme ist kontraproduktiv für Wasserrückhalt; Zwischenfrüchteanbau kann in trockenen Jahren Wassermangel zusätzlich verstärken.
- Herr Stockmann: Waldumbau zu idealer Artenvielfalt nicht zu 100% möglich.

6. Diskussion Themenraum 2: Maßnahmen durch Eingriffe in Entwässerungssysteme oder Gewässer III. Ordnung

- Herr Reiners: Maßnahmen an Gewässern mit Einzugsgebiet <150 ha.
 - Frau Altenhofen: Einzelfallprüfung an Gräben unbedingt notwendig, inwiefern deren Ökosysteme und Biozöosen durch Maßnahmen profitieren.
 - Herr Derks: Grabenspeicher als weiterer Ansatz für Maßnahmen, da Gräben als Spei- cher in trockenen Monaten fungieren könnten.
 - Herr Schwering: kleinräumiges Denken vor allem beim Stauen und Halten von Was- ser in Gräben gefordert.
 - Frau Meyer: Vernässung durch Grabenanstau nicht auszuschließen; Inwiefern ist Landwirtschaft bereit, dass Flächen durch Stauung nasser werden?
 - Herr Schwering: Solidarität seitens Landwirtschaft bei Vernässung der Flächen durch Stauung eher gering.
 - Herr Schwanken: Gewässer aller Ordnungen stehen in direktem Kontakt, sodass sich Aufstau Gewässer 3. Ordnung auch auf Gewässer 2. und ggf. 1. Ordnung auswirkt; daher ganzheitliche Betrachtung der Maßnahmen im Gebiet notwendig.
 - Herr Droste: Stauwehre regulierbar machen, damit flexible Reaktion auf Witterung möglich;
 - Herr Reiners: Bestätigt durch erste Erfahrungen aus KliWaKo-Projekt.
 - Herr Hannappel: Einigkeit der Bedeutung der kleinteiligen Umsetzung von Maßnah- men im Projektgebiet, soll auch durch noch ausstehende Niederschlags-Abflussmo- dellierung exemplarisch kleinräumig im Projekt untersucht werden.
-

7. Diskussion Themenraum 3: Maßnahmen durch Eingriffe in Gewässer I. und II. Ordnung

- Frau Meyer: Was bringen uns die Maßnahmen zum Wasserrückhalt wirklich?
- Herr Salva: bei diesen Maßnahmen ist Flächenverfügbarkeit entscheidend; Betrachtung von Maßnahmen und deren Auswirkungen im gesamten Gewässernetz; Laufverlängerungen an Ems und Hase möglich, aber diese Maßnahmen müssen zusammen unter Beteiligung aller Akteure umgesetzt werden.
- Herr Schwanken: An Hase und anderen Gewässern 2. Ordnung sind Potenziale für entsprechende Maßnahmen; positive Synergie-Effekte könnten hinsichtlich Hochwasserschutz und Artenschutz (FFH-Gebiete an Flussläufen) auftreten.
- Herr Meiners: Bereitschaft bei Landwirten vorhanden, aber Diskussion und Planung muss gemeinsam im Einverständnis erfolgen.
- Herr Schwanken: ebenfalls Potenzial bei Maßnahmen zur Anhebung der Gewässer-sole und Umbau des Gewässerprofils.
- Herr Bauer: Rückhaltepotenzial bei tiefen, breiten Gräben im Gebiet prüfen;
 - Frau Meyer: Einzelfallbetrachtung der Gräben, um deren Funktion auch in Zukunft gewährleisten zu können.
- Frau Schulz: Beispiel aus Landkreis Lüchow-Dannenberg: im Einzugsgebiet der Jeetze werden seit 20 Jahren erfolgreich Wehre eingesetzt, sodass Wasserstände an Bedürfnisse der Landwirtschaft anpassbar

8. Zusammenfassung und Ausblick (Kirstin Meyer)

- Durch aktuelle Veranstaltung derzeitiger Arbeitsstand des Projekts vorgestellt und mögliche Maßnahmen und deren Verortung umrissen.
 - Anregende Diskussion zu Maßnahmen geführt mit zentralem Ergebnis, dass diese finanzierbar sein müssen und bei zukünftiger Umsetzung (ggf. in Folgeprojekten ab 2022) immer eine Einzelfallbetrachtung zugrunde liegen sollte.
 - Veranstaltung im Frühherbst (August) wird Konkretisierung der Maßnahmen zum Inhalt haben.
-

Dritte Veranstaltung mit den AkteurInnen: Maßnahmenbewertung und Herangehensweise an lokale Wassermengenmanagementkonzepte

Stichwort-Protokoll Präsenz-Veranstaltung, 30. September 2021 von 10:30 bis 15:30 (61 TeilnehmerInnen) im Saal Kamp in Meppen

1. Vorstellung der Tagesordnung (K. Meyer)

2. Grußworte:

- Bernd-Carsten Hiebing
 - Thema Wasser gewinnt in Zeiten des Klimawandels und zunehmender Wetterextreme an Bedeutung.
 - Wir müssen resilienter werden für beide Extreme, Dürre und Hochwasser, denn für beides braucht es Paradigmenwechsel von Entwässerung hin zu Rückhalt in der Fläche.
- Dirk Kopmeyer
 - Schwung aus den Veranstaltungen mitnehmen für die Umsetzung in den kommenden Jahren.
 - Für die Umsetzung gemeinsam neu denken zusammen mit den Bewirtschaftern, Wasserversorgern und mit Unterstützung behördlicherseits.

3. Fachvortrag 1: Bewertung und Priorisierung von Maßnahmen des dezentralen Wasserrückhalts (A. Strom, HYDOR)

Rückfragen/Wortmeldungen und Diskussion zum Fachvortrag:

- Bei welchem Gefälle funktioniert die gesteuerte Drainage?
Strom: Gesteuerte Drainage funktioniert auch bei Geländegefälle. Die Verlegung der Dränrohre kann fast ohne Gefälle quer zum Hang erfolgen.
- Gewichtungen und Bewertung wurden sehr differenziert betrachtet. Hemmnisse orientieren sich jedoch an technischen Einschätzungen. Darüber hinaus sind auch Menschen und ihre Motivation bei Umsetzung zu berücksichtigen.
- Priorisierung der Maßnahmen ist nicht in Stein gemeißelt. In Abhängigkeit vom Ort, den Umständen und Informationen vor Ort kann sich Priorisierung verändern.
Meyer: Bewertung wurde gebietsübergreifend erstellt. Sie kann aber auch als unterstützendes Instrument bei der Auswahl von Maßnahmen für ein konkretes Gebiet angesehen werden.

4. Fachvortrag 2: Überblick zur Selektion von Maßnahmen und Ermittlung geeigneter Gebiete für den Wasserrückhalt im Projektgebiet (J. Kröcher, HYDOR)

Rückfragen/Wortmeldungen und Diskussion zum Fachvortrag:

- Um wie viel wird die Gewässerbreite bei Sohlanhebung erhöht?
Kröcher: Bei unserem Beispiel mit einer Anhebung von 50cm und unter der Annahme, dass wir den gleichen Gewässerquerschnitt beibehalten möchten, beträgt die Aufweitung 0,8 - 2m.
-

- Ist der modellierte Wert für den Drainageabfluss plausibel?
Kröcher: Der Wert ist als Mittelwert aller landwirtschaftlichen Flächen, sowohl drainiert als auch undrainiert, zu verstehen. Das LBEG gibt für den Drainageabfluss für Niedersachsen außerhalb der Marschgebiete zwischen 100 und 150mm/a an.
- Nur bei der Maßnahme „Rückbau der Drainage“ gibt es eine Erhöhung der Grundwasserneubildung?
Kröcher: Die Grundwasserneubildung bleibt durch die beiden anderen Maßnahmen unverändert. Sie bewirken lediglich einen Rückhalt von Grundwasser oder eine zeitliche Verzögerung des Abflusses von Grundwasser in die Gewässer.
- Widerspruch zwischen Ökologie (Durchgängigkeit) und Wasserrückhalt bei Stauhaltung?
Hannappel: WRRL sollte nicht als pauschales Argument gegen Maßnahmen verwendet werden. Sie beinhaltet nicht nur ökologische Aspekte, sondern auch u.a. den mengenmäßigen Zustand des Grundwassers.

5. Erläuterungen zum Maßnahmencafé (A. Strom, HYDOR)

6. Maßnahmencafé

- Diskussion nachfolgender Maßnahmen in Kleingruppen in Hinblick auf die Erarbeitung eines Handlungsleitfadens:
 - Gesteuerte Drainage
 - Stauhaltung
 - Anhebung der Gewässersohle
- Diskussion zu folgenden Aspekten:
 - Um die Maßnahme umzusetzen, brauchen wir folgende Kenntnisse über das Gebiet...
 - Es müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein...
 - Es müssen folgende Schritte unternommen werden...
 - Wir müssen folgende AkteurInnen einbinden...
 - Folgende Genehmigungen sind erforderlich...

7. Präsentation der Ergebnisse des Maßnahmencafé (Dr. S. Hannappel, HYDOR; M. Reiners, LK EL; A. Strom, HYDOR)

- Umsetzung bei Anhebung der Gewässersohle sinnvoller bei Gräben, da bei Gewässer höherer Ordnungen sonst Umsetzung komplexer und größere Hindernisse.

8. Zusammenfassung und Ausblick (K. Meyer)

- Rückblick auf Fachvorträge:
 - Bewertung durch Wirkungs- und Hemmungsanalyse der Maßnahmen.
 - Wirkungsmodellierung drei verschiedener Maßnahmen.
 - Maßnahmencafé als fachlicher Austausch als Anknüpfungspunkt für Handlungsleitfaden.
 - Ausblick: Erarbeitung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte und Abschlussveranstaltung im Dezember 2021.
-

Abschlussveranstaltung

Stichwort-Protokoll Online-Veranstaltung am 2. Dezember 2021 von 10:00 bis 12:45

(84 TeilnehmerInnen)

1. Vorstellung der Tagesordnung (K. Meyer, Landkreis Emsland)

2. Grußworte:

- Bernd-Carsten Hiebing
 - Errungenschaften aus Emslandplan nicht in Frage stellen, aber vor dem Hintergrund des Klimawandels und sich ändernden Anforderungen an das Wassermengenmanagement ist eine Anpassung hin zu einem nachhaltigen ganzheitlichen Wassermengenmanagement erforderlich.
 - Angestoßener Prozess im Rahmen des Emslandplan 2.0 soll Wasserwirtschaft im Emsland stärken und zukunftsfähig machen. Gemeinsames Handeln ist dabei notwendig, um voranzukommen.
- Dirk Kopmeyer
 - Gemeinsames Handeln beim Thema Wasserrückhalt spielt zentrale Rolle im Projekt.
 - Das Thema Wasser nimmt ebenfalls wichtige Stellung in der Fortschreibung des regionalen Raumordnungsprogramms unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit im Dezember ein. Die Fortschreibung des regionalen Raumordnungsprogramms und die Ziele, die im Rahmen des Projekts Emslandplan 2.0 langfristig angestrebt werden, ergänzen einander.

3. Fachvortrag 1: Vom Armenhaus zum Musterländle – Das Emsland und der Emslandplan (H. Schüpp, ehemaliger Leiter des Kreisarchivs des Landkreises Emsland)

- Emsland bis Mitte des 20. Jahrhunderts trotz vieler Entwicklungsprojekte und -ideen rückständig.
 - Viele Bereiche wiesen bis dahin Merkmale auf, die typisch für Entwicklungsländer sind (z.B.: Infrastruktur: unterdurchschnittliches Straßen- und Schienennetz; Wirtschaft: hauptsächlich kleinflächige landwirtschaftliche Betriebe und kaum Industriebetriebe; Landwirtschaft: kleinteilige landwirtschaftliche Flächen, die ohne technische Hilfsmittel bewirtschaftet wurden).
 - Böden von geringer bis schlechter Qualität und hohe Grundwasserstände erschwerten landwirtschaftliche Nutzung.
 - Finanzielle Unterstützung der Pläne zur Erschließung des Emslands durch den Bund mit dem Beschluss des Bundestags vom 5. Mai 1950.
 - Erschließung des Emslands im Rahmen des Emslandplans in drei Phasen gegliedert:
-

- Erste Umsetzungsphase in den 1960er Jahren: Ansiedlung von Flüchtlingen, Verbesserung des Infrastrukturnetzes, Ausbau der Landwirtschaft.
 - Zweite Umsetzungsphase: Vergrößerung landwirtschaftlicher Betriebe, Verbesserung der Infrastruktur und Unterstützung von Kommunen, um die Ansiedlung von Industriebetrieben zu ermöglichen.
 - Dritte Entwicklungsphase: Forcierung von Industrie- und Gewerbegebieten (Bund bewertete die Erschließung als abgeschlossen und damit erfolgte eine Finanzierung nur noch projektbezogen).
- Mit Kultivierung von Mooren, Begradigung von Gewässern wurde erheblich in Landschaft eingegriffen.
- 4. Fachvortrag 2:** Alles nach Plan. Der Emslandplan und die Wasserwirtschaft – ein Rückblick auf die Geschichte des Wasserbaus seit den 1950er Jahren
(A. Kaltenecker, Wort & Tat Service Geschichte Osnabrück)
- 5. Fachvortrag 3:** Zusammenfassung der Ergebnisse des Projekts Emslandplan 2.0
(A. Strom, HYDOR)

Rückfragen/Wortmeldungen und Diskussion zum Fachvortrag:

- Münster: Wie passt der dargestellte abnehmende Trend des Grundwasserstands zu dem dargestellten zunehmenden Trend der Grundwasserneubildung?
Strom: Den Entwicklungen liegen unterschiedliche Zeiträume zugrunde. Die Grundwasserneubildung aus mGROWA18 reicht bis 2010, die Trendbetrachtung wurde von 1991 bis 2020 durchgeführt. Aufgrund der Abnahme der Niederschläge in den letzten 10 Jahren wäre für den Zeitraum auch eine Abnahme der Grundwasserneubildung zu erwarten.
 - Münster: Kann die modellierte Wirkung für verschiedene Maßnahmen des Wasserrückhalts kumuliert werden?
Strom: Die Maßnahmen beeinflussen sich. So würde sich bei Umsetzung einer Sohlanhebung und Stauhaltung der Wasserstand des Staus einstellen und die Wirkungen würden sich nicht kumulieren.
 - Altenhofen: Bei mittleren und höheren Wasserständen, also in Zeiten, wo Wasser zurückgehalten wird, muss sich dies bei der Maßnahme „Stauhaltung“ auf das Gebiet unterhalb des Staus auswirken. Wurden die Auswirkungen auf die Gewässerqualität gem. WRRL geprüft und dabei die relativ hohen Nährstoffgehalte im Gebiet berücksichtigt?
Strom: Maßnahmen haben Auswirkungen auf angrenzende Flächen und auf den Unterlauf. Das Verschlechterungsverbot gemäß WRRL bzw. WHG muss dabei eingehalten werden. Eine Modellierung des Stoffhaushalts wurde nicht vorgenommen.
- 6. Fachvortrag 4:** Vorstellung des Handlungsleitfadens zur Planung und Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte (J. Kröcher, HYDOR)
-

7. Abschließende Diskussion im Plenum

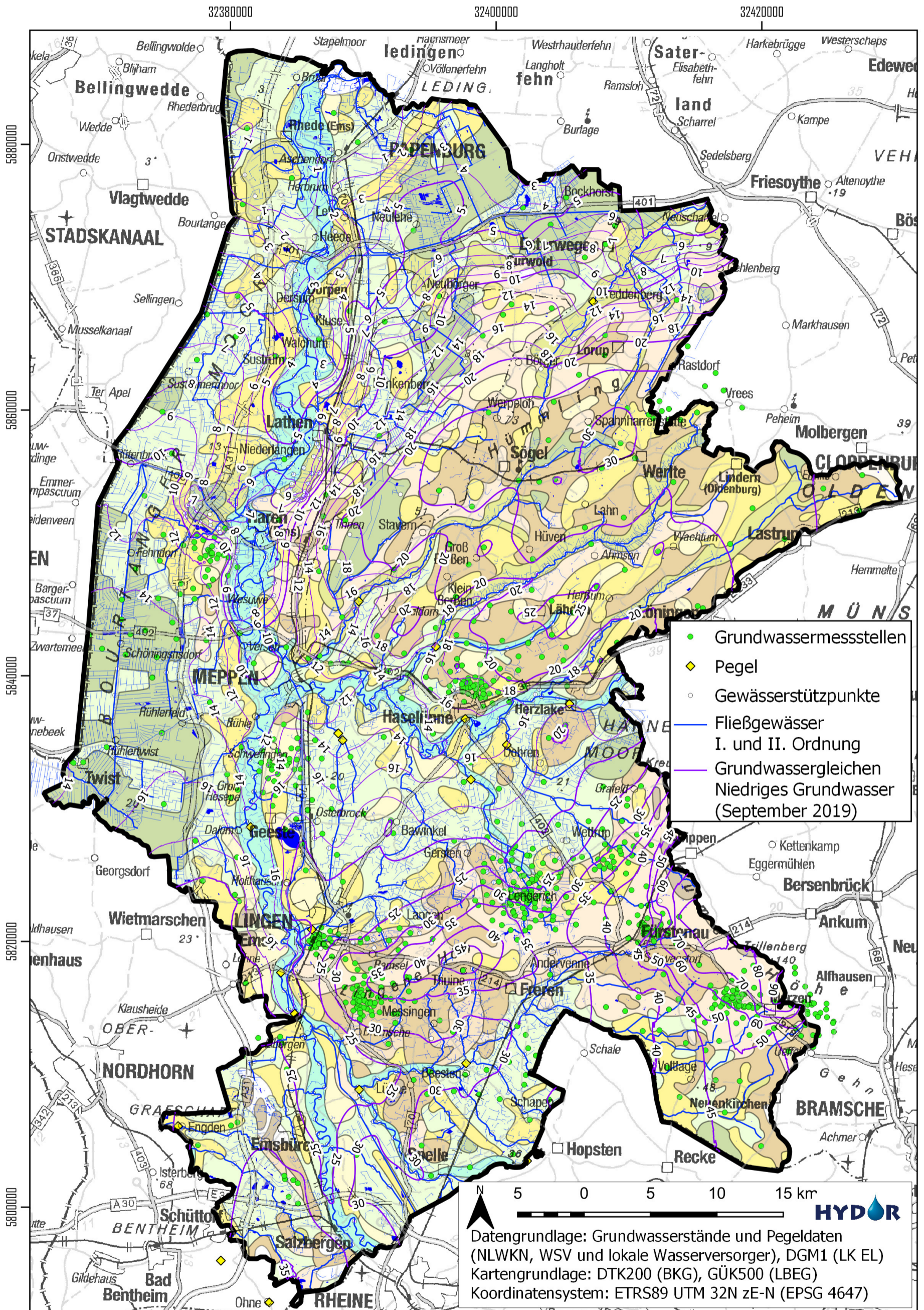
- Kröcher: Handlungsleitfaden dient als Hilfestellung für AkteurInnen, die an einer zukünftigen Umsetzung des Wassermengenmanagements interessiert sind. Der Handlungsleitfaden ist für die Zukunft erweiterbar um Maßnahmenbeispiele, die wiederum eine Orientierungshilfe für die Umsetzung geben können.
- Hiebing: Organisation innerhalb von bestehenden Strukturen, beispielsweise den Wasser- und Bodenverbänden denkbar.
- Kopmeyer: Paradigmenwechsel durch Nutzung verbandlicher Wasserwirtschaft -> Unterstützung durch Politik, Umweltverwaltung und ehrenamtlichem Umweltschutz. Die Kreisverwaltung wird versuchen, schnellstmöglich in die Umsetzung zu kommen und die Ausarbeitungen und etablierte Gesprächskultur aus diesem Jahr in die Zukunft mitzunehmen.
- Schwering: Genehmigungspraxis ist für zukünftige Umsetzung schlank zu halten.

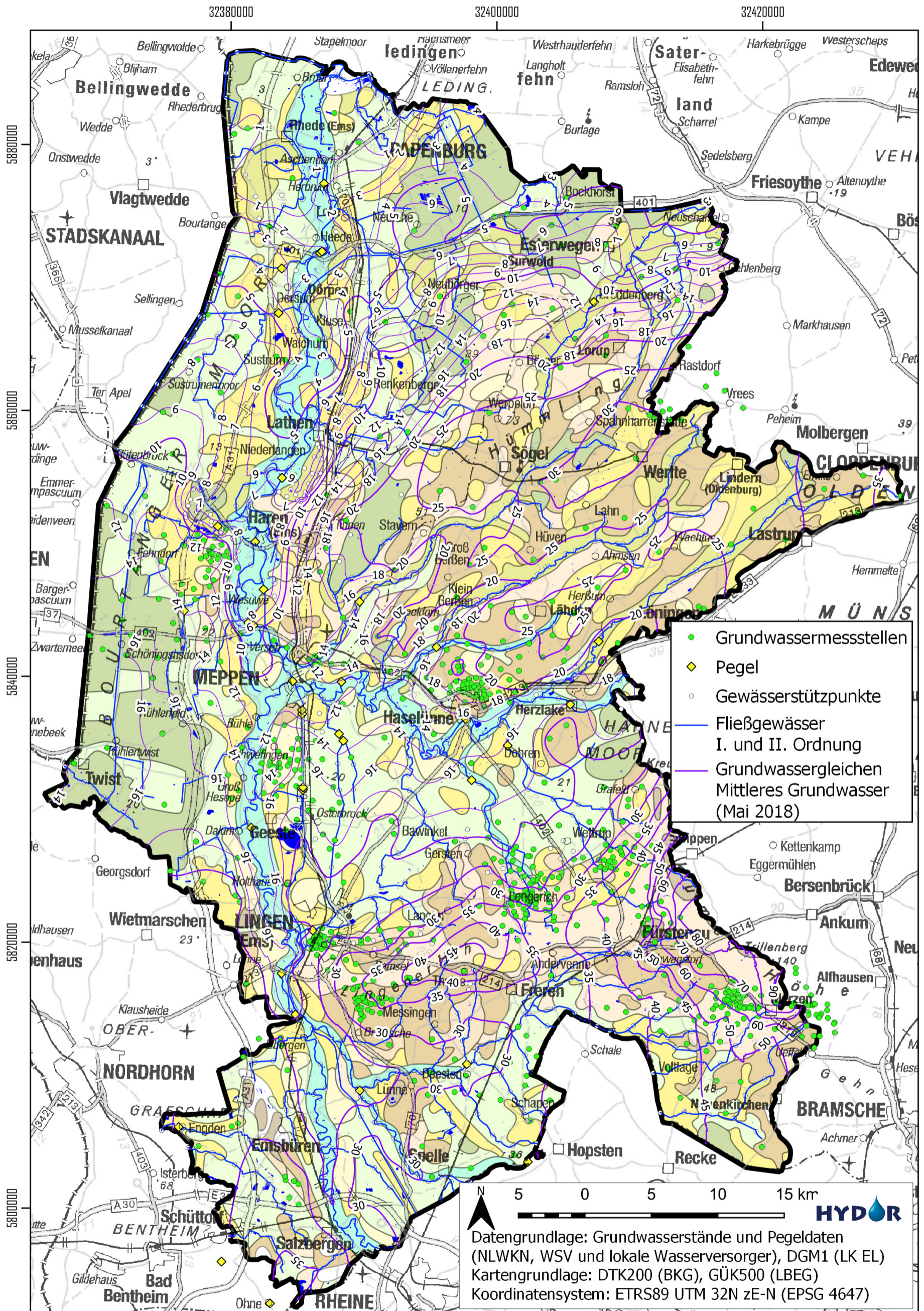
8. Zusammenfassung und Ausblick (K. Meyer, Landkreis Emsland)

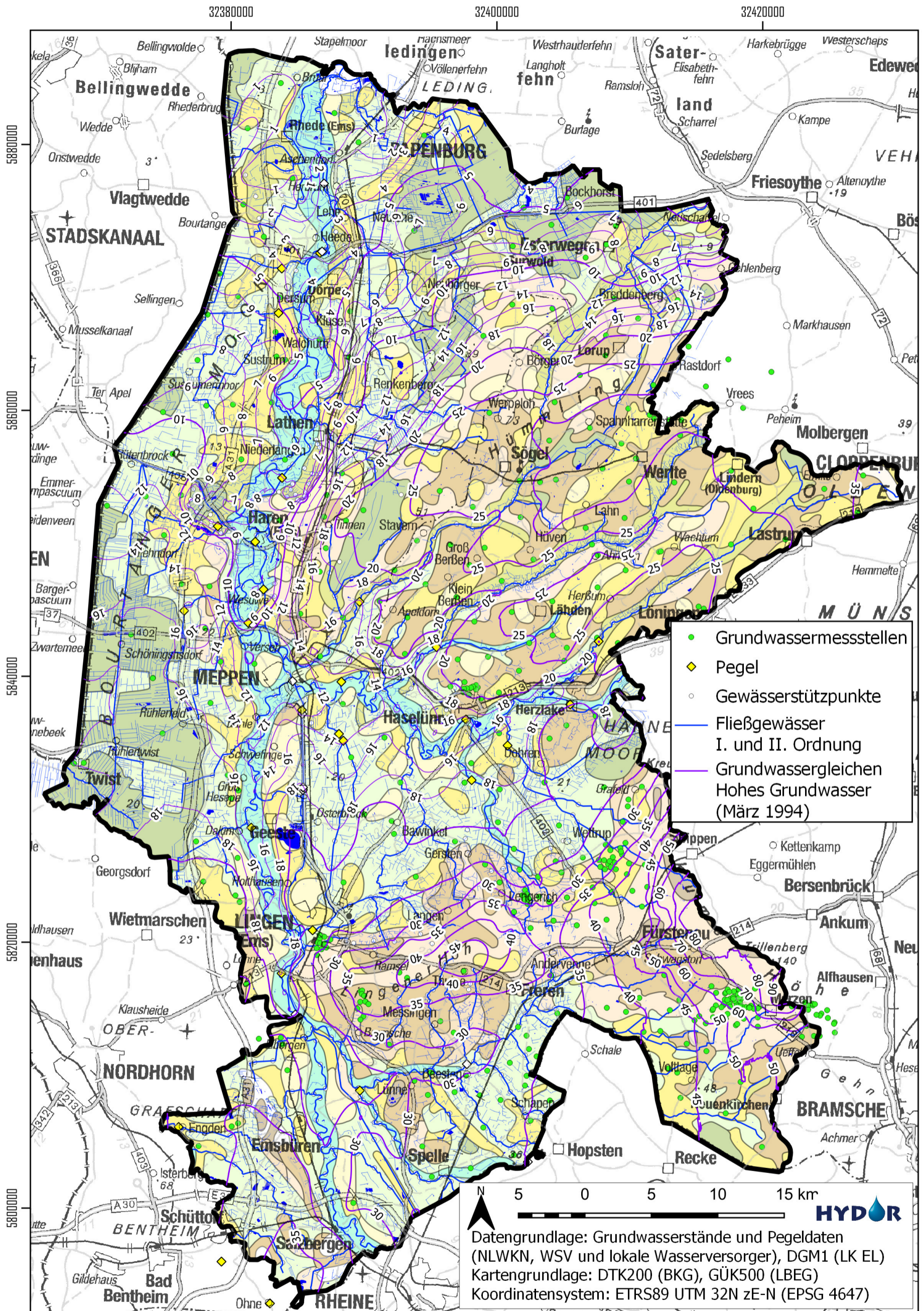
- Förderrichtlinie des Landes Niedersachsen für ein nachhaltiges Wassermengenmanagement ab kommendem Jahr.
 - Im nächsten Jahr wird eine Förderung beantragt für die Maßnahmenumsetzung im Gebiet der Lotter Beeke, das als Best-Practice-Beispiel für folgende lokale Umsetzungsprojekte dienen soll.
-

Anhang 2:

Grundwassergleichenpläne
charakteristischer hydrologischer
Zeitpunkte
(Niedrig-, Mittel-, Hochwasser)

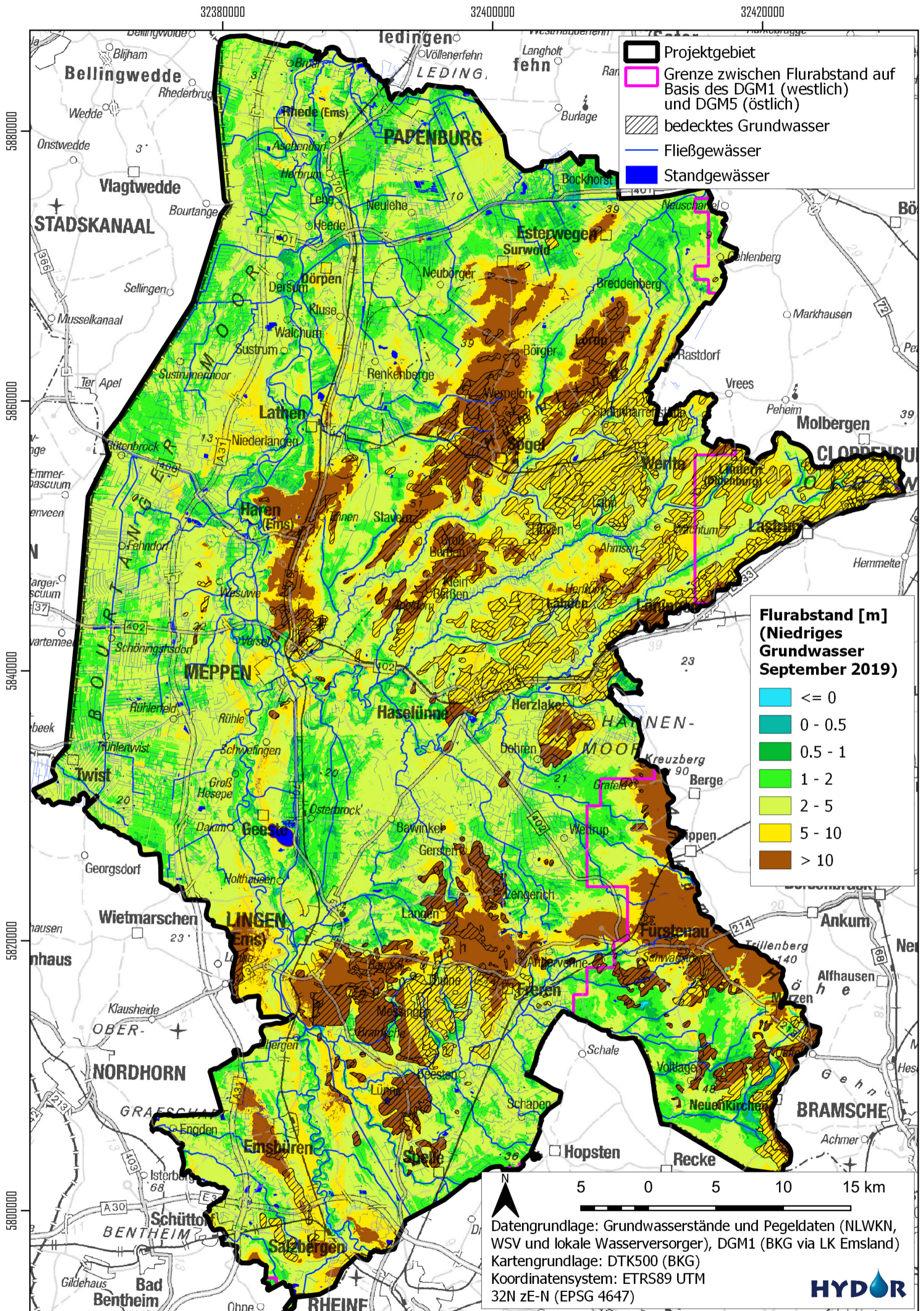


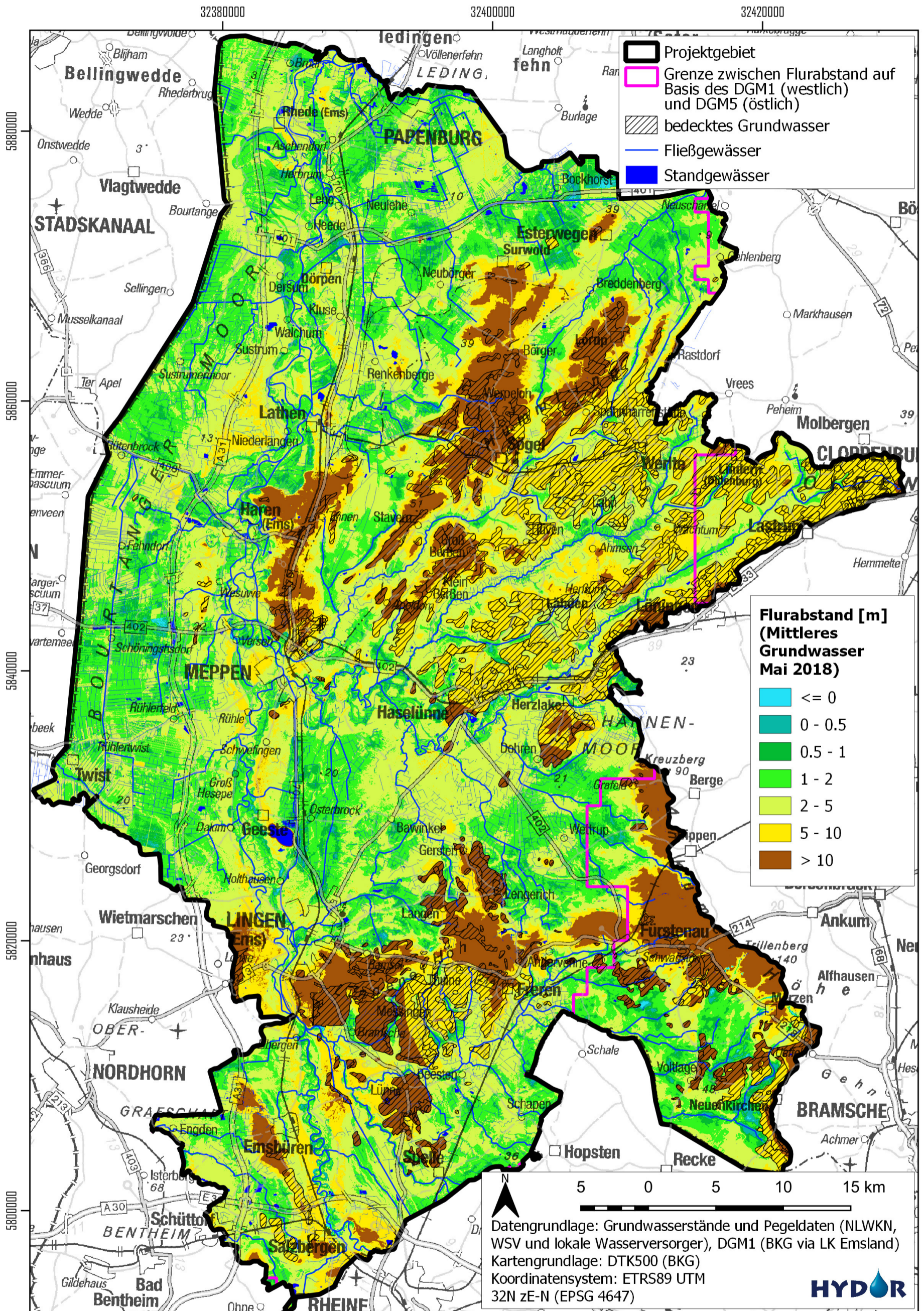


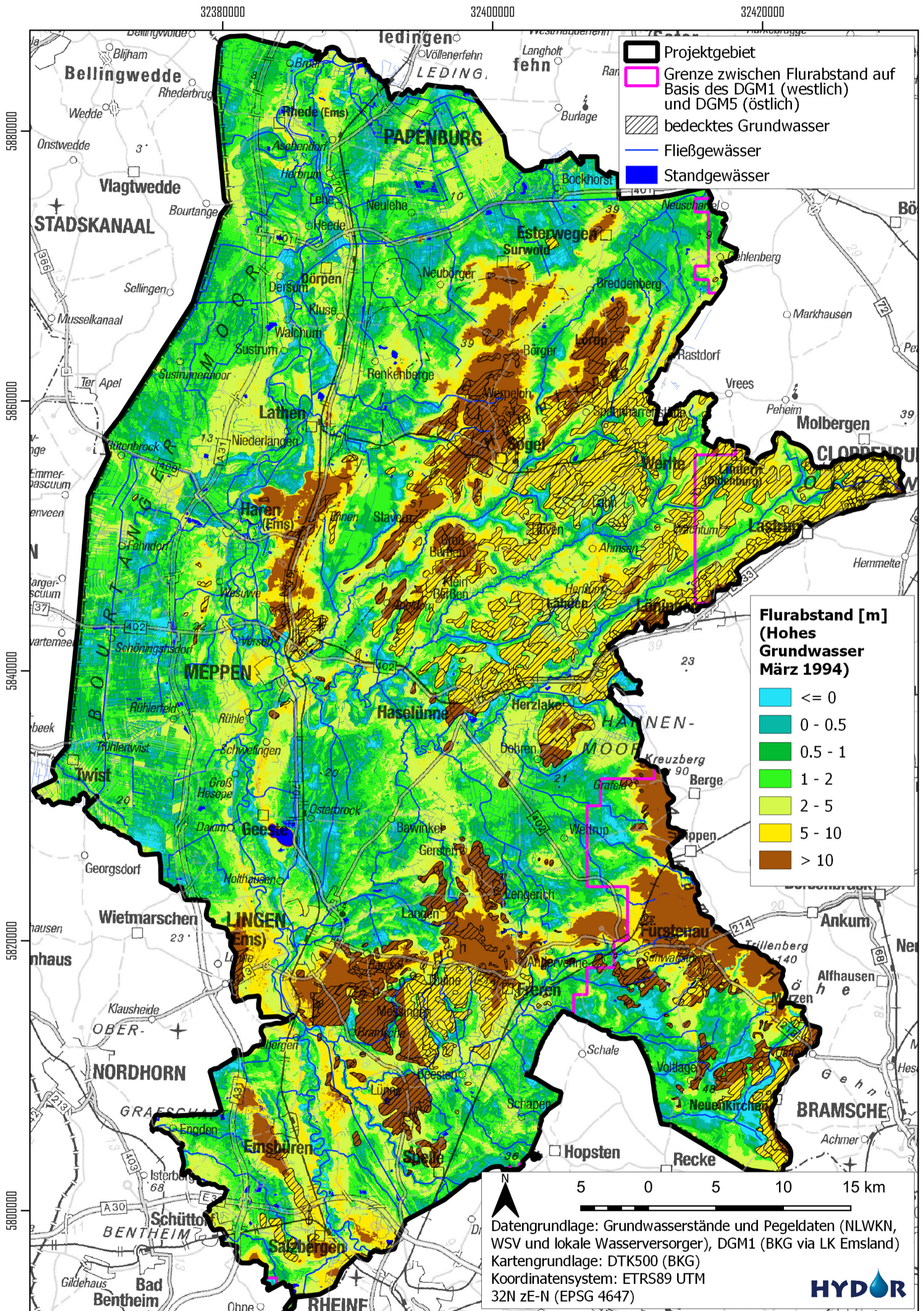


Anhang 3:

Grundwasserflurabstandskarten charakteristischer hydrologischer Zeitpunkte (Niedrig-, Mittel-, Hochwasser)







Anhang 4:

Vorauswahl geeigneter

Wasserrückhaltemaßnahmen

Katalog der Maßnahmenvorauswahl

Inhaltsverzeichnis

1.	Hintergrund und Maßnahmenüberblick.....	2
2.	Baumaßnahmen	5
2.1	Anlagen zur Wasserspeicherung oder Versickerung	5
2.1.1	Rückhaltebecken/Teiche mit Abdichtung	5
2.1.2	Infiltrationsbecken.....	6
2.1.3	Flache Verwallungen	7
2.2	Eingriffe in Entwässerungssysteme oder Gewässer III. Ordnung	8
2.2.1	Aktive/passive Stauhaltung im Graben	8
2.2.2	Gesteuerte Drainage	9
2.2.3	Anhebung der Grabensohle/Umbau des Grabenprofils.....	9
2.2.4	Grabenrückbau/kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung.....	10
2.3	Eingriffe in Gewässer I. oder II. Ordnung.....	11
2.3.1	Anhebung der Gewässersohle.....	11
2.3.2	Remäandrierung/Flusslaufverlängerung	11
2.3.3	Wiederanschluss von Altarmen	12
2.3.4	Deichrückverlegung.....	13
3.	Flächenmaßnahmen	14
3.1	Bewirtschaftung in der Landwirtschaft	14
3.1.1	Direktsaat Anbauverfahren	14
3.1.2	Reduzierte Bodenbearbeitung/Mulchsaatverfahren	15
3.1.3	Pufferzonen und Hecken	15
3.2	Bewirtschaftung in der Forstwirtschaft.....	16
3.2.1	Wiederbewaldung/Waldumbau	16
4.	Literaturverzeichnis	17

1. Hintergrund und Maßnahmenüberblick

Die Projektziele zum „Emslandplan 2.0 – Nachhaltiges Wassermanagement in die Fläche bringen“ sind folgende:

1. Die einschlägigen Akteure im Landkreis Emsland sollen vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden klimatischen Veränderungen, aber auch steigender Bedarfe zu einem nachhaltigen **Umgang mit der Ressource Wasser sensibilisiert** werden.
2. Es sollen grundlegende **Möglichkeiten eines effizienten Wassermengenmanagements** aufgezeigt und gemeinsam Herangehensweisen erarbeitet werden, um innerhalb der nächsten zehn Jahre lokale Wassermengenmanagementkonzepte zu entwickeln und umzusetzen.

Um diesen Zielen Rechnung zu tragen, ist die Diskussion über Maßnahmen notwendig, die den Landschaftswasserhaushalt stärken. Im Rahmen der hydrogeologischen Bestandsaufnahme konnte herausgearbeitet werden, dass vor allem langfristig fallende Grundwasserstände und die damit einhergehende Verknappung des Wasserdargebots eine Herausforderung für alle Wassernutzer darstellen. Gleichzeitig muss jedoch gewährleistet werden, dass Flächen nachhaltig nutzbar bleiben und Wasser schadfrei von diesen abgeführt werden kann, sodass keine Vernässungs- oder Überflutungsgefahr entsteht bzw. die Risiken für Hochwasser und Sturzfluten nicht erhöht werden (Hochwasserneutralität).

Die Maßnahmen zur Stärkung des Wasserrückhalts natürlicher Systeme stellen unterschiedliche Eingriffe in Gewässer und Landschaft sowie Veränderungen in Hinblick auf die Flächenbewirtschaftung dar. Aus den folgenden Quellen wurde eine Vorauswahl von Maßnahmen für den Wasserrückhalt zusammengetragen:

- EU-Katalog (nwrn.eu) naturverträglicher Wasserrückhaltmaßnahmen (Office International de l'Eau 2021),
- Maßnahmenkatalog des Forschungsprojektes „Instrumente zur Förderung naturverträglicher dezentraler Wasserrückhaltmaßnahmen (NWRM)“ des Bundesamts für Naturschutz,
- LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog (LAWA 2015),
- DWA-Themenheft T5/2015: Wasserrückhalt in der Fläche durch Maßnahmen in der Landwirtschaft (DWA 2015).

Grundlage der Vorauswahl potenzieller Wasserrückhaltmaßnahmen für das Projektgebiet ist zum einen das Gewässernetz mit seinen ausgedehnten Grabensystemen, die bis heute weite Teile des Emslands entwässern. Zum anderen wurde die Landnutzung mit überwiegend landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Flächenanteilen von 52,2 % Ackerland und 9,6 % Grünland sowie untergeordnet auch Wald (16,3 %) und Siedlungsflächen (16,6 %) berücksichtigt.

Die Vorauswahl wurde mit ausgewählten Stakeholdern aus den Bereichen der Wasserwirtschaft (NLWKN, Wasserversorger, Wasser- und Bodenverbände, Landesfischereiverband), der Landwirtschaft (Landwirtschaftskammer, Landvolk) und der Forstwirtschaft (Forstamt Weser-Ems) sowie der Staatlichen Moorverwaltung diskutiert. Dabei wurden die Maßnahmen erörtert, sodass die Vorauswahl durch die Stakeholder eingegrenzt und erweitert werden konnte. Die Ergebnisse der bilateralen Gespräche lieferten die Grundlage für die breite Diskussion in der zweiten Veranstaltung zum Erfahrungsaustausch und zum Abgleich des Wissenstands mit dem Schwerpunkt „Wasserrückhaltmaßnahmen“.

Die Maßnahmen der weiter unten folgenden Vorauswahl gliedern sich in die Kategorien *Baumaßnahme* und *Flächenmaßnahme* mit entsprechenden Subkategorien. Baumaßnahmen stellen teilweise technische (z. B. Rückhaltebecken) oder naturnahe Lösungen (z. B. Teiche oder flache Verwallungen) dar, um Infrastruktur für die Wasserspeicherung oder -infiltration zu schaffen. Zudem umfassen sie Eingriffe in Grabensysteme und Gewässer höherer Ordnung, um die Entwässerung zu begrenzen und den Wasserrückhalt zu erhöhen.

Die sektorale Gliederung erfolgt in Gewässer und Aue, Landwirtschaft und Forstwirtschaft, um das Anwendungsfeld zu spezifizieren. Die Zuordnung ist jedoch nicht starr. So kann z. B. die Stauhaltung in Grabensystemen nicht nur der Wiedervernässung von Feuchtgebieten, sondern auch der Optimierung der Wasserversorgung der Kulturen auf Ackerflächen dienen.

Durch wasserschonende Bewirtschaftungsformen kann das Wasserrückhaltepotenzial von Flächen ausgenutzt und unter Umständen die Grundwasserneubildung erhöht oder auf landwirtschaftlichen Nutzflächen der Bewässerungsbedarf gesenkt werden. Die Flächenmaßnahmen betreffen die Sektoren Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Sie stellen mögliche „alternative“ Nutzungsformen (z. B. Grünland statt Ackerland oder Erstaufforstung) oder Bewirtschaftungsformen (z. B. Mulch- oder Direktsaat in der Landwirtschaft oder Waldumbau in der Forstwirtschaft) dar, die teilweise schon Anwendung finden.

Kategorie	Subkategorie	Maßnahme	Primärer Sektor	Sekundärer Sektor
Baumaßnahme	Anlagen zur Wasserspeicherung oder Versickerung	Rückhaltebecken/Teiche mit Abdichtung	Alle Sektoren	-
		Infiltrationsbecken	Alle Sektoren	-
		Flache Verwallungen	Alle Sektoren	-
	Eingriffe in Entwässerungssysteme oder Gewässer III. Ordnung	Aktive/passive Stauhaltung im Graben	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
		Gesteuerte Drainage	Landwirtschaft	-
		Anhebung der Grabensohle/Umbau des Grabenprofils	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
		Grabenrückbau/kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
	Eingriffe in Gewässer I. oder II. Ordnung	Anhebung der Gewässersohle/Umbau des Gewässerprofils	Gewässer und Aue	-
		Remäandrierung/Flusslaufverlängerung	Gewässer und Aue	-
		Wiederanschluss von Altarmen	Gewässer und Aue	-
Deichrückverlegung		Gewässer und Aue	-	
Flächenmaßnahme	Landwirtschaft	Direktsaat Anbauverfahren	Landwirtschaft	-
		Reduzierte Bodenbearbeitung/Mulchsaatverfahren	Landwirtschaft	-
		Pufferzonen und Hecken	Landwirtschaft	-
	Forstwirtschaft	Wiederbewaldung/Waldumbau	Forst	-

2. Baumaßnahmen

2.1 Anlagen zur Wasserspeicherung oder Versickerung

2.1.1 Rückhaltebecken/Teiche mit Abdichtung

In Rückhaltebecken und Teichen kann oberirdischer Abfluss benachbarter Flächen, die hydraulisch gering- oder undurchlässig (z. B. tonige Böden) bzw. teil- oder vollversiegelt (z. B. Verkehrs- und Dachflächen) sind, gespeichert werden. So kann die Verweilzeit von Wasser, das auf schnellem Weg als oberirdischer Abfluss von den Flächen zu den Vorflutern gelangt, im Einzugsgebiet erheblich verlängert werden. Bei einer Abdichtung des Beckens mit mineralischem Substrat oder Kunststoffdichtungsbahnen kann das aus Winterniederschlägen oder Starkregenereignissen gesammelte Wasser in der Vegetationsphase als Beregnungswasser genutzt werden. Die Sammlung und Überleitung des Wassers ist vom Standort und der individuellen Ausführung abhängig. Die angeschlossenen Flächen werden über die wassertechnische Infrastruktur (Gräben, Rohrleitungen) mit dem Speicherbecken verbunden. Im Idealfall erfolgt die Speisung rein gravitativ ohne zusätzlichen Energieaufwand für einen Hebebetrieb.

Eine Umsetzung der Maßnahme ist sowohl in dicht besiedelten Gebieten als auch im ländlichen Raum denkbar. Bei der Sammlung von Oberflächenabfluss ist hinsichtlich der Verwendung für die Beregnung die Wasserqualität zu berücksichtigen. Bei Verkehrsflächen sind straßenbürtige Abflüsse je nach Nutzungsintensität (Befahrungshäufigkeit und Geschwindigkeit) mit Schadstoffen oder Salzen belastet, da Reifen- und Bremsabrieb entsteht und in Wintermonaten Tausalz ausgebracht wird. Bei Hofflächen landwirtschaftlicher Betriebe besteht aufgrund des Umgangs mit verschiedenen Stoffen (Düngemittel, Maschinenbetrieb, Mineralöle für Maschinenwartung etc.) eine ähnliche Problematik.

Im ländlichen Raum gestaltet sich daher die Frage nach der Wasserquelle als schwierig. Eine Möglichkeit bietet sich durch die Ableitung überschüssigen Wassers aus Grabensystemen in Wintermonaten, das in Rückhaltebecken oder Teiche abgeleitet werden kann. Eine Wassernutzung aus den Becken wäre in den sich anschließenden Sommermonaten für die Beregnung möglich. Vor der Anwendung wäre jedoch eine Überprüfung auf die Nährstoffgehalte und der Gehalte an Pflanzenschutzmitteln sinnvoll.

In besiedelten Gebieten hingegen ist aufgrund der Qualitätsfrage vor allem der ausschließliche Anschluss von Dachflächen bei der Erschließung von Neubaugebieten zu favorisieren, da die potenzielle Schadstoffbelastung eher gering ist. Die technischen Ausführungsmöglichkeiten gibt es als oberirdische und unterirdische Speicher. Die Größe bzw. das Speichervolumen der Becken hängt im Einzelfall vom Bemessungsniederschlag und der Größe sowie den hydraulischen Eigenschaften des Einzugsgebietes bzw. der angeschlossenen Flächen ab. Unter Umständen ist ein Überlauf bzw. eine Drossel einzubauen, um den Speicher im Bedarfsfall zu entlasten.

Darüber hinaus stellen Rückhaltebecken Speicherräume dar, die hochwasserentlastend wirken. So entstehen neben einer Nutzbarmachung von Wasser aus feuchteren Perioden weitere Synergieeffekte in Hinblick auf eine potenziell verbesserte Gewässerqualität und den Hochwasserschutz.

2.1.2 Infiltrationsbecken

Infiltrationsbecken besitzen viele Gemeinsamkeiten mit Rückhaltebecken und Teichen, wobei bei diesem Maßnahmentyp weniger die Wasserspeicherung, sondern die Infiltration und die Versickerung von Oberflächenwasser in das Grundwasser im Vordergrund steht. Dabei kann das von teil- und vollversiegelten Flächen (z. B. Verkehrs- und Dachflächen) als Oberflächenabfluss abfließende Wasser gesammelt und versickert werden.

Die Sammlung und Überleitung des Wassers ist – wie bei den Speicherbecken bereits beschrieben – standortabhängig. Angeschlossene Flächen werden mit dem Ort der Infiltration über Gräben oder Leitungen verbunden. Im Idealfall erfolgt die Speisung des Infiltrationsbeckens rein gravitativ, um zusätzlichen Energieaufwand von Hebeeinrichtungen zu vermeiden.

Die Maßnahme ist an keinen spezifischen Sektor gebunden und kann prinzipiell in dicht besiedelten und ländlichen Gebieten sowie in Mooren und Feuchtgebieten umgesetzt werden. Vor allem aber in Gebieten mit sinkenden Grundwasserständen wären Lösungen, die die Grundwasserneubildung fördern, zu favorisieren.

Eine sinnvolle Anwendungsmöglichkeit für dichter besiedelte Gebiete würde sich bei der Ausweisung von Neubaugebieten ergeben, die an eine zentrale und/oder dezentrale vor Ort Versickerung geknüpft werden, um einer potenziellen Verringerung der Grundwasserneubildung durch Versiegelung und schnellen Ableitung der Dach- und Straßenabwässer vorzubeugen.

In unbesiedelten oder eher ländlichen Gebieten ist das Anwendungsfeld in Hinblick auf die Frage nach der Wasserherkunft zu prüfen. Analog zu den Ausführungen im vorangegangenen Kapitel kann dabei über die Zuleitung aus Gräben in Wintermonaten nachgedacht werden. Eine anschließende Nutzung in Sommermonaten, z. B. für die Feldberegnung, wäre hierbei jedoch nur unter Verwendung von Brunnen zur Förderung des versickerten Wassers möglich. Eine Überprüfung auf die Konzentrationen an Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln wäre vor einer Versickerung sinnvoll. Bei einer Anwendung in Hochmoorgebieten ist zu beachten, dass nur nährstoffarmes Wasser zur Anreicherung in Frage kommt.

Eine Umsetzung von Infiltrationsbecken ist technisch nur in Gebieten mit sandigem Untergrund sinnvoll. Gering durchlässige oder undurchlässige Flächen im Geschiebemergel sind zur Versickerung nicht geeignet. Die hydraulische Durchlässigkeit des Substrats sollte zwischen 10^{-3} und 10^{-6} m/s liegen und der Abstand zwischen Bauwerkssohle und Grundwasseroberfläche mindestens einen Meter betragen, um die Sicker- sowie Reinigungsleistung gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138-1 (DWA 2020) zu gewährleisten und genügend Speicherraum im Untergrund zur Verfügung zu haben.

Gemäß § 48 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) muss beim Einbringen und Einleiten von Stoffen in das Grundwasser sichergestellt sein, dass keine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit zu besorgen ist. Die potenzielle Belastung des Grundwassers hängt von der Qualität des einzuleitenden Wassers, von der Beschaffenheit des Untergrunds sowie vom Flurabstand ab („Filterleistung“). Die Qualität des einzuleitenden Wassers wird von der Nutzung und Beschaffenheit der angeschlossenen Flächen bestimmt. Bei Verkehrsflächen und Betriebsflächen in der Landwirtschaft muss mit Belastungen des Abwassers, u. a. mit Metallen (Bremsabriebe) und organischen Schadstoffen (Gummiabrieb, Umgang mit Mineralölkohlenwasserstoffen), gerechnet werden. Im Sickerbereich zwischen Gelände- und Grundwasseroberfläche können die Stoffe – im Gegensatz zu Rückhaltebecken – sorbiert und organische Schadstoffe ggf. mikrobiell abgebaut werden.

Durch die erhöhte Grundwasserneubildung im beckennahen Bereich erfolgt lokal eine Erhöhung des Grundwasserspiegels. Damit einher gehen potenzielle Richtungsänderungen der lokalen Grundwasserfließrichtung, was vor allem bei benachbarten Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen berücksichtigt und überprüft werden muss.

2.1.3 Flache Verwallungen

In hangigen Lagen kann der Wasserrückhalt durch Verwallungen bzw. Wallkaskaden im Gerinneverlauf erhöht werden. Die Maßnahme wird im DWA-Themenheft T 5/2015 „Wasserrückhalt in der Fläche durch Maßnahmen in der Landwirtschaft“ (DWA 2015) vor allem in Gewässeroberläufen als geeignet angesehen, jedoch sind Ausführungen in Abflussbahnen und -mulden, z. B. auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, ebenso denkbar. Bereits leichte Wälle mit 1 Meter bis 1,5 Meter Höhe und langen Böschungsverläufen können einen Wassereinstau bringen. Solche flachen Wallkaskaden sind komplett überströmbar und in der Landschaft unauffällig.

Das hinter den Wällen eingestaute Wasser kann in den Boden infiltrieren, sodass die Grundwasserneubildung erhöht wird. Dadurch wird ebenfalls eine Hochwasserschutzwirkung erreicht, da der Oberflächenabfluss verringert wird. Ein Synergieeffekt ist hier auch zum Bodenschutz zu sehen, da durch die Abflussminderung die Erosionsgefährdung sinkt. In der DWA (2015) heißt es einschränkend: *„Für den Fall, dass ein Volumen von mehr als 5.000 m³ durch die Wallanlage zurückgehalten werden soll, werden hohe technische und damit finanzielle Anforderungen verlangt. Eine Wallanlage kann nämlich auch eine Gefahrenquelle darstellen (Dambruch mit Verfrachtung von Bodenmaterial talwärts); es ist also auf Anlagensicherheit zu achten.“* Die maximalen Speichervolumina müssen daher in der Entwurfs- und Genehmigungsplanung besonders berücksichtigt werden, da Dammbauwerke bei größeren Speicherkapazitäten ein Sicherheitsrisiko für Unterlieger darstellen können.

Je nach Ausführung können durch solche Maßnahmen erhebliche Eingriffe in bestehende Feldstrukturen entstehen, die sich nachteilig auf die Bewirtschaftungsmöglichkeiten auswirken, vor allem, wenn die Verwallungen nicht befahrbar sind. Die Schläge werden in solchen Fällen zerschnitten und verkleinert. Es ist daher sinnvoll und ratsam, diese Maßnahme im Rahmen von Flurneuerungsverfahren zu diskutieren und umzusetzen.

2.2 Eingriffe in Entwässerungssysteme oder Gewässer III. Ordnung

2.2.1 Aktive/passive Stauhaltung im Graben

Primärer Sektor: Gewässer und Aue

Sekundärer Sektor: Landwirtschaft

Die ausgedehnten Grabensysteme im Projektgebiet wurden angelegt, um vernässte Flächen landwirtschaftlich nutzbar zu machen. Durch die Grabendrainage sinkt der sonst höher anstehende Grundwasserspiegel auf ein niedrigeres Niveau, sodass eine Flächenbewirtschaftung möglich wird. Bei intensiver Entwässerung aufgrund der Grabentiefe besteht die Gefahr, dass der Grundwasserspiegel tiefer sinkt als nötig und potenziell nutzbares Grundwasser bzw. Oberflächenwasser aus dem Einzugsgebiet abgeführt wird. Durch eine aktive oder passive Stauhaltung kann dem entgegengewirkt werden.

Eine aktive Stauhaltung wird durch ein regulierbares Staubauwerk ermöglicht (z. B. bewegliches Wehr). So kann die Stauhaltung den Anforderungen der Hauptkulturen und der Bewirtschaftungspraxis auch kurzfristig angepasst werden. Das Grundwasser aus der Neubildungsphase kann so unter Umständen länger bis in die Vegetationsphase hinein nutzbar gemacht werden. Die Vegetation auf der Böschung muss sich den wechselnden Wasserständen einer aktiven Stauhaltung anpassen, was nicht immer gelingt und zu instabilen Böschungsbereichen führen kann, die Probleme bei der Gewässerunterhaltung verursachen.

Die passive Stauhaltung zeichnet sich hingegen durch unbewegliche Elemente aus (z. B. festes Wehr, Sohlschwelle, Sohlstütze, Sohlgleite) und ist weniger flexibel.

Im Rahmen veränderter Stauhaltungen mit dem Ziel höhere Wasserstände zu etablieren, besteht in Geländeabschnitten mit höherem Gefälle die Gefahr, dass einige Flächen übermäßig vernässt oder überschwemmt werden, ohne dass merkliche Verbesserungen des Wasserhaushalts beim Oberlieger eintreten. Bei der Anhebung des (Grund-) Wasserspiegels sollte außerdem sichergestellt werden, dass die Gebäudenutzung im Einflussbereich nicht nachteilig verändert wird, z. B. durch vernässte Keller. Außerdem müssen Drainageauslässe und deren Höhe bekannt sein, um unerwünschten Vernässungen auf benachbarten Flächen vorzubeugen.

Die Stauhaltung im Sinne eines Gewässerausbaus bedarf einer Planfeststellung bzw. -genehmigung gemäß § 68 Abs. 1 WHG. Dem Gebot der Durchgängigkeit in Hinblick auf die Erreichung der Bewirtschaftungsziele gemäß § 27 WHG ist dabei Rechnung zu tragen. Tatsächlich haben jedoch trockene Gräben ohnehin einen geringen naturschutzfachlichen Wert, der durch eine Stauhaltung gesteigert werden kann. Der Wasserrückhalt würde so trotz eingeschränkter Durchgängigkeit einen ökologischen Mehrwert erzeugen, z. B. als Habitat für Amphibien.

2.2.2 Gesteuerte Drainage

Primärer Sektor: Landwirtschaft

Die Flächendrainage dient einer effektiven Entwässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Einzelne unterirdisch verlegte Stränge laufen in Hauptsträngen zusammen, die das Wasser in die Vorflut (z. B. Gräben) leiten. Historisch wurden im Untersuchungsgebiet viele Flächendrainagen umgesetzt. Grundlage dafür waren die genehmigungsfreien Dränpläne.

Die Drainage kann prinzipiell bei entsprechender technischer Umsetzung gesteuert werden. Dabei wird ein Regelbauwerk in Form eines Schachts mit Staulement vor das Ableitungsrohr geschaltet. Dadurch wird – analog zur aktiven Stauhaltung – eine nutzungsspezifische Anpassung der angrenzenden Grundwasserstände ermöglicht. Nach der Ernte kann ein maximaler Einstau erfolgen und die Entwässerung im Frühjahr zu Beginn der Bewirtschaftungsphase. In der nachfolgenden Vegetationsphase kann ein erneuter Einstau mit verringerter Einstauhöhe erfolgen, um potenzielle Sommerniederschläge im Erdreich zu halten und eine optimale Wasserversorgung der Pflanzen zu ermöglichen.

Prinzipiell ließe sich auch ohne technischen Aufwand bereits eine „primitiv“ gesteuerte Drainage einfach über einen Dränverschluss mittels Stopfen am Ableitungsrohr realisieren. Dieser könnte bei zu starker Vernässung der Flächen bzw. vor der Bewirtschaftungsphase im Frühjahr entfernt werden, um eine Entwässerung und Befahrbarkeit der Flächen zu ermöglichen.

Probleme ergeben sich – analog zur Stauhaltung in Gräben – in hangigen Lagen. Flächen mit geringem Gefälle von rund kleiner als 1 % können als gut geeignet für eine gesteuerte Drainage angesehen werden.

Gesammelte digitale Datensätze zu drainierten Flächen und den technischen Ausführungen (Lage, Tiefe, Ort des Auslasses etc.) existieren nicht, sodass eine detaillierte Bestandsaufnahme zu in Frage kommenden Flächen für eine potenzielle Umsetzung für die Zukunft wünschenswert wäre.

2.2.3 Anhebung der Grabensohle/Umbau des Grabenprofils

Primärer Sektor: Gewässer und Aue

Sekundärer Sektor: Landwirtschaft

Ein flacher Graben mit höher liegender Grabensohle besitzt ein geringeres Entwässerungspotenzial als ein tiefer Graben gleicher Breite und Form. Durch eine Erhöhung der Grabensohle sinkt der Grundwasserstand in Niedrigwasserperioden weniger stark, sodass ein Wasserrückhalt in solchen Zeiten erreicht werden kann.

Aufgrund der Anhebung der Sohle und der damit einhergehenden Erhöhung des Wasserstandes im Graben sowie im Grundwasser muss darüber hinaus im Vorfeld geprüft werden, ob trotz Sohlanhebung die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen weiterhin möglich ist. Auch die Auswir-

kung auf in der Nähe befindliche Gebäude muss geprüft werden, um vernässten Kellern vorzubeugen. Um unerwünschten Vernässungen auf benachbarten Flächen vorzubeugen, müssen Drainageauslässe und deren Höhe berücksichtigt werden.

Nahezu alle Gewässer im Projektgebiet wurden in der Vergangenheit im Rahmen des ursprünglichen Emslandplans ausgebaut und müssen Bemessungsabflüsse abführen können, was im Rahmen der Unterhaltung und entsprechend auch bei strukturellen (baulichen) Veränderungen von den Unterhaltungspflichtigen grundsätzlich berücksichtigt werden muss (Leitfaden Gewässerunterhaltung in Niedersachsen, Wasserverbandstag e.V. 2020). Die Erhöhung der Grabensohle kann daher mit einer Verbreiterung des Grabens kombiniert werden, um die notwendige hydraulische Leistungsfähigkeit im Hochwasserfall weiterhin gewährleisten zu können. Eine schmale Vertiefung für Niedrigwasserabflüsse in der Grabenmitte („Bett im Bett“) kann unter Umständen die Wasserführung in Niedrigwasserperioden fördern. Ein breiterer Graben mit permanenter Wasserführung hätte zudem einen höheren naturschutzfachlichen Wert als ein ausgetrockneter vertiefter Graben.

Die Anhebung der Grabensohle stellt einen Gewässerausbau dar und bedarf gemäß § 68 WHG eines Planfeststellungsbeschlusses oder einer Plangenehmigung.

2.2.4 Grabenrückbau/kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung

Primärer Sektor: Gewässer und Aue

Sekundärer Sektor: Landwirtschaft

Der Grabenrückbau umfasst die Eliminierung von Entwässerungsstrukturen, die durch Auffüllung der Gräben mit Bodenmaterial oder kontrolliertes Unterlassen der Grabenunterhaltung erreicht werden kann. Die Maßnahme zielt darauf ab, dass die Entwässerung der Flächen gestoppt wird und dadurch im primären Anwendungsbereich auf Feuchtwiesen bzw. im Moor die charakteristischen Biotopeigenschaften und ökologischen Funktionen wiederhergestellt oder intakt gehalten werden. Für Ackerflächen eignet sich die Maßnahme weniger, hierbei wäre je nach Ausmaß des Rückbaus eine extensive Grünlandbewirtschaftung eventuell noch möglich. Ohne dauerhafte Ausgleichszahlungen könnte die Fläche allerdings keinen Beitrag zu landwirtschaftlichem Einkommen leisten.

Ein intakter Wasserhaushalt ist für die Funktionsfähigkeit von Mooren unabdingbar. Darüber hinaus wird die Torfzersetzung durch Sauerstoffabschluss und damit verbundene Treibhausgasemission gehemmt. Durch die Renaturierung von Feuchtwiesen werden feuchte bzw. nasse Biotope zur Etablierung feuchtliebender Pflanzengesellschaften (z. B. Seggen- und Binsenreiche Feuchtwiesen, Pfeifengraswiesen) sowie Habitate, z. B. für Wiesenbrüter und Amphibien, geschaffen.

Im Untersuchungsgebiet haben die Moorböden aufgrund der Tiefenpflügung zur Herstellung von Sandmischkulturen und des Torfabbaus erhebliche Veränderungen erfahren, die zu einer starken Verringerung des Wasserrückhaltevermögens führten. Bei Wiedervernässungsmaßnahmen muss daher damit gerechnet werden, dass trotz einer weniger intensiven Entwässerung, z. B. durch einen

Grabenrückbau, eine effektive Dränung des wiedervernässten Gebietes über das Grundwasser erfolgt und dadurch der Maßnahmenenerfolg eingeschränkt wird. Potenzielle Wiedervernässungsgebiete mit stark veränderten Moorböden bedürfen daher besonderer Aufmerksamkeit bei einer Maßnahmenumsetzung.

Analog zu Kapitel 2.2.4 muss auch bei dieser Maßnahme geprüft werden, ob das Vorhaben realisierbar und mit den Vorgaben des Leitfadens zur Gewässerunterhaltung in Niedersachsen Teil B (Wasserverbandstag e.V. 2020) vereinbar ist. Der Grabenrückbau bedarf gemäß § 68 WHG einer Planfeststellung bzw. Plangenehmigung.

2.3 Eingriffe in Gewässer I. oder II. Ordnung

2.3.1 Anhebung der Gewässersohle

Primärer Sektor: Gewässer und Aue

Sekundärer Sektor: Landwirtschaft

Die Höhenlage der Gewässersohle beeinflusst die Wechselwirkung und Transferrate zwischen Grundwasser und oberirdischem Fließgewässer. Eine höher liegende Gewässersohle besitzt ein geringeres Entwässerungspotenzial als niedrig liegende Sohlen. So sinkt der Grundwasserstand in Niedrigwasserperioden weniger stark, sodass Wasser in Trockenperioden zurückgehalten werden kann.

Es muss beachtet werden, dass betroffene ausgebaute Gewässer bzw. Gewässerabschnitte Bemessungsabflüsse weiterhin abführen können müssen. Zudem bedarf der Gewässerausbau gemäß § 68 WHG einer Plangenehmigung bzw. eines Planfeststellungsbeschlusses. Um die hydraulische Leistungsfähigkeit beizubehalten, müsste außerdem das Gewässerprofil verbreitert werden, was einen Verlust angrenzender Flächen bedeuten würde. Um der Durchgängigkeit in Trockenperioden Rechnung zu tragen, ließe sich eine Fließrinne in der Gewässermitte anlegen, die bei Niedrigwasser noch aktiv ist, ohne überproportional viel Wasser abzuführen („Bett im Bett“).

Die Geometrie und der Aufbau der Gewässersohle steuert maßgeblich die Geschwindigkeitsverteilung im Fließgewässerprofil. Eine geeignete Fließgeschwindigkeit ist Voraussetzung für das Ansiedeln von Biota, sodass Sohlanhebungen mit Renaturierungsmaßnahmen (z. B. Kiesschüttungen als Laichplätze) kombiniert werden können. Eine Höhenvariation in der Gewässersohle führt zu unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten und fördert damit die Biodiversität.

2.3.2 Remäandrierung/Flusslaufverlängerung

Sektor: Gewässer und Aue

Mäander sind natürliche Formen von Fließgewässern. Durch die Mäandrierung nehmen Flüsse Raum ein, in welchem sich ihre Fließgeschwindigkeit durch die langen Fließwege verringert. Solche

Räume stellen natürliche Wasserspeicher dar, steuern das Fließverhalten und den Wasserstand, regulieren den Sedimenthaushalt und bilden zudem naturschutzfachlich wichtige Ökosysteme.

Aufgrund historischer Flussbegradigungen für die Schifffahrt und zur Gewinnung von kultivierbaren Flächen sind diese Systeme in der Regel nicht mehr vorhanden oder aufgrund der Störung ihres lokalen Wasserhaushalts nicht mehr intakt. Remäandrierungen dienen daher der Wiederherstellung eines natürlichen (verlängerten) Flusslaufs bzw. dem Wiederanschluss von trockengelegten Mäandern. Durch die Laufverlängerung wird die Fließgeschwindigkeit herabgesetzt und der Wasserstand in der Vorflut erhöht. Dadurch kann die Entwässerung des Einzugsgebietes potenziell herabgesetzt werden, was vor allem für Niedrigwasserperioden relevant sein kann.

Durch eine Remäandrierung des Flusslaufes können neben der Verbesserung des Wasserhaushalts Synergieeffekte zum Naturschutz durch neue Habitatstrukturen geschaffen werden, die die Struktur- und Artenvielfalt erhöhen. Es entstehen u. a. neue Bruthabitate für seltene Vogelarten (z. B. Eisvogel, Uferschwalbe, Flussregenpfeifer).

2.3.3 Wiederanschluss von Altarmen

Sektor: Gewässer und Aue

Der Wiederanschluss von Altarmen kann als einseitiger Anschluss oder durchflusswirksamer Vollanschluss erfolgen. Er bewirkt bei Vollanschluss, dass Wasser sowohl im Hauptgerinne als auch im Altarm fließt, was den Fließquerschnitt erhöht, die mittlere Fließgeschwindigkeit mindert, das Flussbett stabilisiert und die laterale Vernetzung fördert. Auf dieser Grundlage werden auch Flussprofilaufweitungen umgesetzt, manchmal als Teilmaßnahme zur Anlage oder dem Wiederanschluss von Tot- und Nebenarmen. Bei einem einseitigen Anschluss ist der Altarm nicht durchflusswirksam und kann potenziell Speicherraum zur Verfügung stellen. In Abhängigkeit der Sohlhöhe kann gesteuert werden, ob dieser ständig mit Wasser gefüllt ist oder ab wann der Speicherraum beansprucht wird, z. B. ab einem zweijährigen, fünfjährigen oder hundertjährigen Hochwasser.

Die konkrete Umsetzung des Altarmanschlusses ist in hohem Maß standortabhängig. Die Sohle des Altarmes ist in der Regel höher, sodass entweder Material im Altarm ausgehoben (Durchstoß bei Vollanschluss) oder die Sohle des Hauptgerinnes angehoben werden muss. Bei Aushebung des Altarms müssen naturschutzfachliche Belange (Eingriffsregelung gemäß §§14 und 15 BNatSchG) und die unter Umständen kostenintensive Baggergutentsorgung aufgrund der Schadstoffbelastung der Schlämme berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund kann in der Praxis der Bau eines völlig neuen Gewässerarmes sinnvoller sein.

Im Rahmen des Masterplans Ems 2050 (Gortheil und Kuchta 2017) sollen Durchstiche bzw. Wiederanschlüsse von Mäandern und Nebenrinnen als Revitalisierungsmaßnahmen erfolgen, u.a. oberhalb von Tunxdorf, d. h. im Norden des Projektgebietes.

Analog zur Remäandrierung können Altarmanschlüsse Synergieeffekte zum Naturschutz fördern. Es werden sowohl terrestrische als auch aquatische Habitate geschaffen, die zur Erhöhung der

Struktur- und Artenvielfalt beitragen. Die einseitige Wiederanbindung von Altarmen führt zur Ausbildung von Stillgewässerzonen, die u. a. als Laichplätze für Fische dienen können.

2.3.4 Deichrückverlegung

Sektor: Gewässer und Aue

Auen bilden wichtige Ökosysteme und bieten Raum für Überflutungen bei Hochwasser. Nur wenige Auen befinden sich noch in einem naturnahen Zustand, nur noch ca. 10 % sind ökologisch funktionsfähig (Jessel und Heyden 2018). Infolge von Gewässerbegradigungen, Entwässerungsmaßnahmen und dem Bau von Deichen zum Hochwasserschutz sind an den großen Flüssen in Deutschland etwa zwei Drittel der ursprünglichen Auenflächen verloren gegangen (BMU und BfN 2009), was dazu führte, dass die natürlichen Funktionen von Auen – genannt seien hier neben dem Hochwasserschutz auch die Habitatfunktion und der Nährstoff- bzw. Schadstoffrückhalt – nicht mehr gewährleistet sind.

Die Maßnahme zielt daher als zentrales Element auf die Wiederherstellung dieser ursprünglichen Funktionen. In der Praxis geschieht dies u. a. in Form von Deichrückverlegungen sowie Renaturierungen und die naturnahe Bewirtschaftung der neu gewonnenen Überschwemmungsflächen. In der Aue zeichnet sich ein funktionsfähiger Wasserhaushalt nicht nur durch einen der Vegetation angepassten statischen Grundwasserstand aus, sondern auch durch eine Wasserstandsdynamik mit entsprechender Grundwasserschwankungsbreite, die zur Etablierung und für den Schutz auentypischer Arten notwendig ist.

Deichrückverlegungen sind neben der gesteuerten Hochwasserrückhaltung (Polder) als Maßnahmen im Nationalen Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) (LAWA 2014) vertreten und gelten als sehr wirksame Hochwasserschutzmaßnahmen. Die dämpfende und verzögernde Wirkung von Deichrückverlegungen auf die Hochwasserwelle hängt vom Durchfluss und dem geschaffenen Speichervolumen ab. Da im Hochwasserfall das Wasser auch die neu geschaffene Überflutungsfläche durchfließt und diese füllt, bewirken Deichrückverlegungen eine Wasserspiegelabsenkung, die sich vor allem auf den Oberstrom auswirkt. Durch zusätzliche Strukturen in der Aue, z. B. Becken und Flutrinnen, kann Wasser aus dem Hochwasserscheitel gespeichert und unter Umständen für nachfolgende Zeiträume zur Verfügung stehen.

Die durch Deichrückverlegungen entstehenden Synergien zwischen Hochwasserschutz und Naturschutz wurden durch wissenschaftliche Begleitungen der Projekte häufig im Detail herausgearbeitet. So werden von Jährling (2013) hinsichtlich des Naturschutzes beispielhaft vor allem die Förderung des Verbunds echter, überfluteter Hartholzauenwälder, vom Aussterben bedrohter Tierarten, gefährdeter Pflanzenarten und die eigendynamische Gewässerentwicklung sowie der nachhaltige Eigenhalt genannt. Zur Renaturierung von Auenökosystemen (u. a. durch Wiedervernässung, Anschluss von Altarmen, Bepflanzung, natürliche Sukzession) wurden politische Programme und Strategien verabschiedet (u. a. Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, „Förderprogramm Auen“)

und schon zahlreiche Projekte durchgeführt (LAU 2018). In einer Datenbank des BfN wurden bereits über 170 Projekte überregionaler Bedeutung erfasst (Ehlert und Natho 2017).

Bei der Renaturierung der Hase spielten Deichrückbauten und -verlegungen im Maßnahmenkomplex eine wichtige Rolle. Weitere Maßnahmen umfassten die Dynamisierung der Aue, die Reaktivierung von Altläufen, den Waldumbau, die Eigendynamik und freie Sukzession. Das Ziel war die langfristige Überführung der Auen in einen guten Zustand. Die Schaffung neuer Überschwemmungsflächen und extensiver Grünlandflächen sowie die Anlage von Feuchtbiotopen entlang des Flussverlaufes waren von besonderer Bedeutung.

Der Masterplan Ems 2050 (Gortheil und Kuchta 2017) sieht wasserbauliche Maßnahmen im Gebiet ab Schleuse Herbrum flussabwärts vor. Dies betrifft nur einen kleinen Teil im Norden des Projektgebietes. Als Maßnahmen wird die Öffnung bzw. der Rückbau von Sommerdeichen und Verwallungen vorgesehen, u.a. in Tunxdorf/Vellage.

3. Flächenmaßnahmen

3.1 Bewirtschaftung in der Landwirtschaft

3.1.1 Direktsaat Anbauverfahren

Sektor: Landwirtschaft

Direktsaat ist die Bestellung einer Kultur ohne vorherige Bodenbearbeitung, wodurch ein hoher Bedeckungsgrad des Bodens mit organischer Substanz erreicht wird, der bei starken Niederschlagsereignissen die Verschlammung reduziert (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen 2016). Auch werden das Bodenleben und das Bodengefüge positiv gefördert, was zu einer deutlich höheren Anzahl an Bio- und Makroporen führt. Dadurch wird das Wasseraufnahme- und Wasserspeichervermögen des Bodens gefördert und dadurch der Bodenwassergehalt potenziell verbessert. Durch den erhöhten Bedeckungsgrad wird der Boden zudem vor Austrocknung geschützt, sodass dadurch auf Flächen mit Beregnungsbedarf die Erstberegnung verzögert werden kann.

Die Direktsaat hat Einfluss auf Infiltration, Oberflächenabfluss und die Bodenerosion und kann darüber hinaus als indirekte Maßnahme auf den Naturschutz eingestuft werden. Die Synergien sind im Bereich des Naturschutzes jedoch ambivalent. Das Direktsaatverfahren ist mit dem Einsatz von Totalherbiziden verbunden, was sich wiederum negativ auf den Gewässerschutz und Ökosystem auswirkt. Zudem sind viele seltene und gefährdete Ackerwildkräuter auf eine Bodenbearbeitung angewiesen.

3.1.2 Reduzierte Bodenbearbeitung/Mulchsaatverfahren

Sektor: Landwirtschaft

Bei der reduzierten Bodenbearbeitung bzw. Mulchsaat findet die Aussaat in die Erntesterne der letzten Hauptfrucht statt. Dabei wird pfluglos, möglichst bodenschonend mit reduzierter Bodenbearbeitungsintensität gearbeitet. Eine Mulchschicht mit einer Bodenbedeckung von mindestens 30 % schützt den Boden vor Austrocknung und erhöht somit das Wasserspeichervermögen (Beisecker et al. 2020). Auf Flächen, die beregnet werden müssen, kann so die Erstberegung verzögert werden.

Der Bodenwassergehalt wird damit potenziell erhöht. Außerdem wird bei Starkregen die Verschlammungsgefahr reduziert, was den Oberflächenabfluss und die Erosion reduziert. Somit werden Nähr- und Schadstoffe auf der Fläche zurückgehalten. Die Maßnahme hat zudem indirekte Auswirkungen auf naturschutzfachliche Teilaspekte, z. B. durch die Erhöhung der mikrobiellen Aktivität der Bodenlebewesen. Häufig ist bei einer reduzierten Bodenbearbeitung bzw. beim Mulchsaatverfahren der Einsatz von Totalherbiziden mit potenziellen Folgen für den Gewässerschutz und das Ökosystem erforderlich.

3.1.3 Pufferzonen und Hecken

Sektor: Landwirtschaft

Pufferzonen und Hecken befinden sich am Rand von landwirtschaftlichen Flächen am Übergang zu Verkehrsflächen, Gewässern oder benachbarten Flächen. Diese Bereiche sind mit natürlicher Vegetation wie Gras, Büschen oder Bäumen bedeckt. Auch Ackerrandstreifen, die eingesät werden, und Gewässerrandstreifen zählen zu dieser Maßnahme. Letztere werden in § 38 WHG behandelt, nach dem eine Breite von 5 Metern bei Gewässerrandstreifen vorgesehen ist. Abweichend davon sieht das Niedersächsische Wassergesetz (NWG) nach § 58 eine Breite von 10 Metern an Gewässern erster Ordnung und 3 Meter an Gewässern dritter Ordnung vor. Für Gebiete mit hoher Gewässerdichte, in denen die Fläche der Gewässerrandstreifen mindestens 3 % der landwirtschaftlichen Fläche einnimmt, wird an Gewässern zweiter und dritter Ordnung eine geringere Breite vorgegeben, die jedoch mindestens einen Meter beträgt. An temporär wasserführenden Gewässern mit regelmäßig weniger als 6 Monaten Wasserführung sind gesetzlich keine Gewässerrandstreifen vorgesehen.

Pufferzonen und Hecken bzw. Acker- oder Gewässerrandstreifen ermöglichen gute Bedingungen für die Wasserinfiltration in den Boden, was sich positiv auf das Abflussgeschehen auf Schlag- und auf Einzugsgebietsebene und somit auf den Wasserrückhalt und Hochwasserschutz auswirkt. Da der Flächenanteil von Pufferzonen und Hecken im Vergleich zur Ackerfläche gering ist, ist die Wirkung auf den Wasserrückhalt darauf begrenzt. Auch werden hier Eintragspfade von Schad- und Nährstoffen sowie von Sedimenten in Gewässer unterbrochen.

Des Weiteren sind Pufferzonen und Hecken eine Maßnahme mit direkten Effekten auf den Naturschutz, da sie Lebensraum für verschiedenste Tier- und Pflanzenarten bieten und somit zur Erhöhung der Biodiversität beitragen.

3.2 Bewirtschaftung in der Forstwirtschaft

3.2.1 Wiederbewaldung/Waldumbau

Sektor: Forst

Diese Maßnahme umfasst die Wiederbewaldung ehemals bewaldeter Flächen und durch Kalamität (Trockenheit, Borkenkäfer, Pilzbefall) entwaldete Flächen sowie den Waldumbau mit langfristiger ökologischer Bewirtschaftung. Zu den erarbeiteten Grundsätzen der ökologischen Waldbewirtschaftung seien exemplarisch eine kahlschlagfreie Bewirtschaftung, die Reduktion von kalamitätsanfälligen Nadelholzreinbeständen, der Erhalt und die Entwicklung von Kleinstrückhalten (z. B. Geländemulden), der Erhalt bzw. die Begründung von ökologisch stabilen Mischbeständen aus standortgerechten, klimaangepassten Baumarten und bodenschonenden Holzernteverfahren (Wirtz 2013; Böhme et al. 2008; FVA Rheinland-Pfalz 2002; Schüler 2006) zu nennen.

Es können darüber hinaus die Synergien zur Biodiversität gefördert werden. Durch die Begründung von Mischbeständen mit Baumarten des natürlichen Vegetationspotentials kommt es zu einer Verbesserung der Naturnähe und zur Erhöhung von Arten- und Strukturvielfalt. Das Risiko von Schäden (u. a. Massenvermehrung von Schadinsekten) und somit entstehenden Freiflächen durch großflächige Absterbeerscheinungen, v. a. bei der Fichte, kann reduziert werden. Struktureiche Waldbilder tragen außerdem zu einer verbesserten Wahrnehmung und Erholungsnutzung im Wald bei.

Die Wiederbewaldung und der Waldumbau mit langfristiger ökologischer Bewirtschaftung haben potenziell positive Auswirkungen auf den Wasserhaushalt in Form einer geringeren Beanspruchung des Bodenwasserspeichers und der Grundwasserneubildung. Durch die Kleinstrückhalte kann die Versickerung gefördert und Abfluss zurückgehalten sowie verzögert werden. Dadurch entstehen positive Synergien zur Minderung des Überflutungsrisikos durch Hochwasser und Sturzfluten.

Pöhler et al. (2013) ermittelten mittels numerischer Simulation verschiedener Waldbewirtschaftungsvarianten in Ost-Niedersachsen, dass die Grundwasserneubildung einer „wasserschonenden“ Variante (70 % Eiche und 30 % Buche) mit 115 mm/a gegenüber der traditionellen (100 % Kiefer) mit 89 mm/a in einem Zeitraum von 30 Jahren erheblich höher ausfällt. Das Risiko für Trockenstress ist dabei nur leicht erhöht. Der Ertrag ist bei solchen Varianten jedoch geringer. In einem Projekt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Schultze und Scherzer 2015) kam man zu einem ähnlichen Ergebnis. Das zentrale Produkt der Studie ist eine Sickerwassermehrertragstabelle für die einzelnen Waldentwicklungstypen. Demnach erzielt ein Eichenreinbestand die erste Dekade nach dem Umbau einen Sickerwassermehrertrag von durchschnittlich 57 mm/a und steigt in den ersten 60 Jahren nach dem Umbau auf 95 mm/a im Vergleich zur traditionellen Variante.

Der Umbau von Nadelholzreinbeständen in standortangepasste Laubholzbestände kann vor allem in Wasserschutzgebieten von prioritärer Bedeutung sein, da in diesen Gebieten die Erhöhung der

Grundwasserneubildung für die Wasserversorgung von besonderer Relevanz ist. Ein weiterer potenzieller Effekt ist die Demobilisierung von Schwermetallen im Boden durch höhere pH-Werte im Auflagehumus bei Laubholzbeständen.

Literaturverzeichnis

- Beisecker, Richard; Dießelberg, Frederike; Seith, Theresa; Senoner, Florian; Zettl, Elisabeth; Strom, Alexander; Hannappel, Stephan (2020): Veränderungen der Wasseraufnahme und -speicherung landwirtschaftlicher Böden und Auswirkungen auf das Überflutungsrisiko durch zunehmende Stark- und Dauerregenereignisse (TEXTE, 63/2020). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/190905_abschlussbericht_walabo-final1_0.pdf, zuletzt geprüft am 19.05.2020.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; BfN - Bundesamt für Naturschutz (Hg.) (2009): Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland.
- Böhme, Wolfgang; Butter, Dietrich; Denner, Maik; Dittrich, Ingo; Döring, Normann (2008): Waldbehandlung, Waldmehrung und Auengestaltung unter Berücksichtigung von Hochwasservorsorge und Naturschutz im Osterzgebirge. Abschlussbericht zum DBU-Projekt: Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirges. Hg. v. Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2020): Entwurf Arbeitsblatt DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Planung, Bau, Betrieb. Entwurf, November 2020, 1. Auflage. Hennef (DWA-Regelwerk, A 138-1).
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hg.) (2015): Wasserrückhalt in der Fläche durch Maßnahmen in der Landwirtschaft - Bewertung und Folgerungen für die Praxis. September 2015. Hennef: DWA (DWA-Themen, T 5/2015).
- Ehlert, Thomas; Natho, Stephanie (2017): Auenrenaturierung in Deutschland - Analyse zum Stand der Umsetzung anhand einer bundesweiten Datenbank. In: Auenzentrum Neuburg Ingolstadt (Hg.): Auenmagazin. Magazin des Auenzentrums Neuburg a.d. Donau. In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (12), S. 4–9.
- FVA Rheinland-Pfalz (Hg.) (2002): Empfehlung Waldwegebau 2002. Empfehlung für Planung, Bau und Instandhaltung von Waldwegen im Staatswald des Landes Rheinland-Pfalz. Online verfügbar unter https://www.waldwissen.net/technik/holzernte/arbeit/fva_sturmholz_aufarbeitung/fva_sturmholz_aufarbeitung_waldwegebau_rhpf.pdf.
- Gallus, M.; Ley, M.; Schubert, D.; Schüler, G.; Segatz, E. (2007): Erstaufforstung in Hotspots der Abflussentstehung. In: Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnahmen in der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, S. 41–50.
- Gortheil, Rosemarie; Kuchta, Torsten (2017): Masterplan Ems 2050. Die ökologischen und ökonomischen Interessen der Emsregion. Online verfügbar unter https://www.masterplan-ems.info/fileadmin/media/06_Service/Downloads/Broschuere-D-20170501.pdf, zuletzt geprüft am 01.05.2017.
- Jährling, Karl-Heinz (2013): Synergieeffekte zwischen Wasserwirtschaft und Naturschutz bei Deichrückverlegungen am Beispiel der Mittleren Elbe. Weiterentwicklung von Instrumenten zum Auenschutz, 26.06.2013.
- Jessel, Beate; Heyden, Janika (2018): Flüsse und Auen in Deutschland. In: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) (Hg.): Deichrückverlegung im Naturschutzgroßprojekt „Mittlere Elbe“. Beiträge der Abschlusskonferenz vom 20. bis 21. September 2018 in Dessau. Halle (Saale) (Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2018), S. 17–23.
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (Hg.) (2016): Dezentraler Hochwasserschutz im ländlichen Raum.
- LAU - Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hg.) (2018): Deichrückverlegung im Naturschutzgroßprojekt „Mittlere Elbe“. Beiträge der Abschlusskonferenz vom 20. bis 21. September 2018 in Dessau. Beiträge der Abschlusskonferenz vom 20. bis 21. September 2018 in Dessau. Halle (Saale) (Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2018).
- LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2014): Nationales Hochwasserschutzprogramm. Kriterien und Bewertungsmaßstäbe für die Identifikation und Priorisierung von wirksamen Maßnahmen sowie ein Vorschlag für die Liste der prioritären Maßnahmen zur Verbesserung des präventiven Hochwasserschutzes. Kiel.
- LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2015): LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog (WRRL, HWRMRL, MSRL).
- Office International de l'Eau (2021): Natural Water Retention Measures. Online verfügbar unter <http://nwrm.eu/>, zuletzt geprüft am 23.03.2021.

Pöhler, Hannaleena; Schultze, Bernd; Wendel, Sybille; Rust, Steffen; Scherzer, Jörg (2013): Auswirkungen von Klimawandel und Waldbaustrategien auf das Grundwasserdargebot im Privatwald der niedersächsischen Ostheide. Abschlussbericht.

Schüler, Gebhard (2006): Dezentraler Wasserrückhalt im Wald in Abhängigkeit des Standortpotenzials. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung.

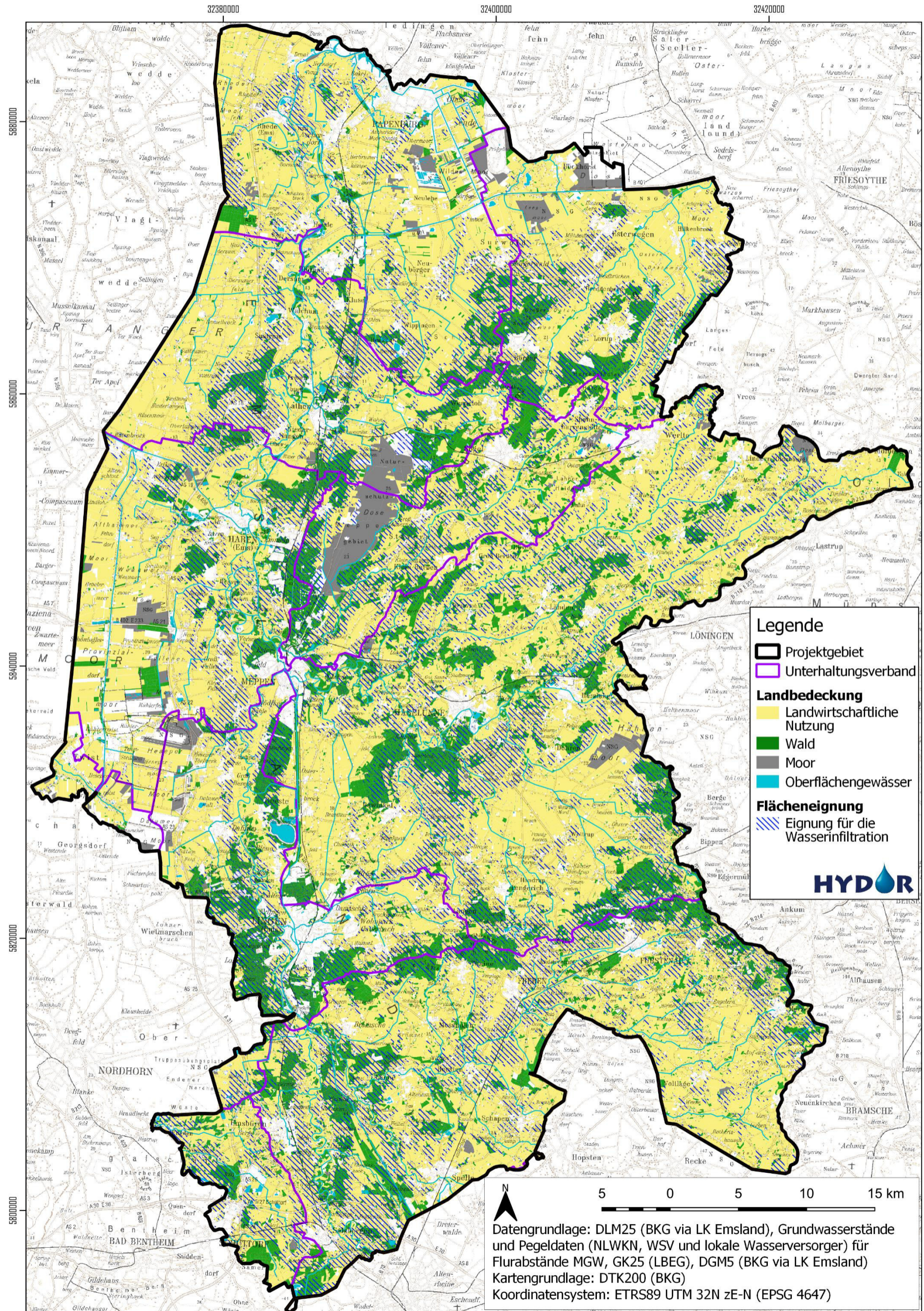
Schultze, Bernd; Scherzer, Jörg (2015): Wasserhaushaltssimulationen, Versickerungstabellen und Versickerungskarten. Projekt Wasserwald im Privatwald der östlichen Lüneburger Heide in Niedersachsen.

Wasserverbandstag e.V. (Hg.) (2020): Gewässerunterhaltung in Niedersachsen. Teil B: Grundlagen, Anforderungen, Entscheidungs- und Umsetzungsprozesse. 1. Auflage. Hannover.

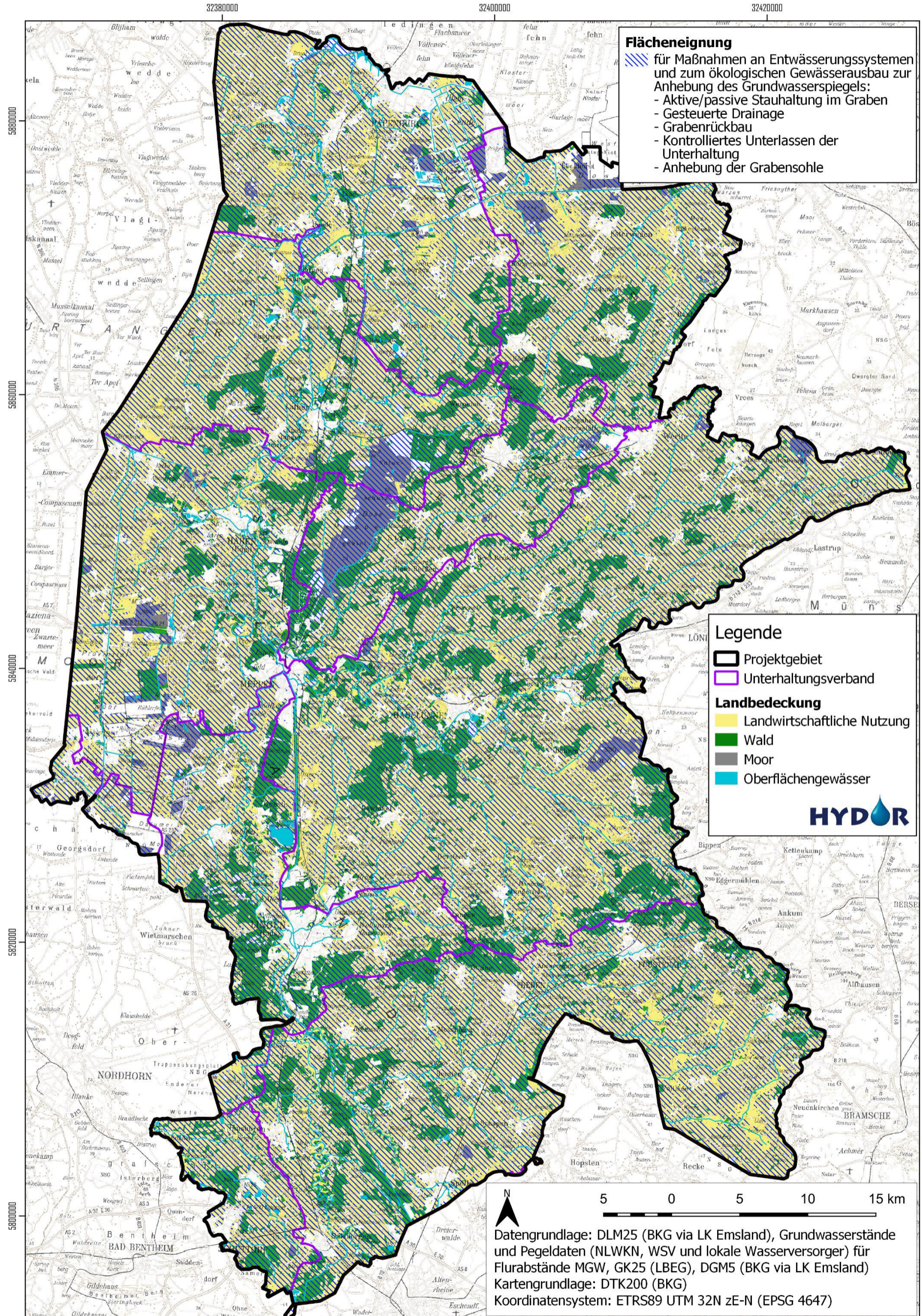
Wirtz, Roland (2013): Möglichkeiten der Wasserretention im Wald. Beispiele aus der Wiedervernässung von Bruch- und Moorwäldern und von Rückhaltesystemen an Wegen.

Anhang 5: Übersichtskarte wasserwirtschaftlicher Einheiten im Projektgebiet

Anhang 5-1: Flächeneignung für Infiltrationsbecken zur Ableitung von wasserwirtschaftlichen Einheiten im Projektgebiet



Anhang 5-2: Flächeneignung für Maßnahmen an Drainagesystemen und Gewässern III. Ordnung zur Ableitung von wasserwirtschaftlichen Einheiten im Projektgebiet



Anhang 6:

Bewertungsmatrix der Maßnahmen, Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse

Kategorie	Subkategorie	Maßnahme	Wirkungsindikatoren										Umsetzungshemmnisse					Wirkungsindex : Hemmnisindex	Rang in Subkategorie
			Hydro-morphologie	Wasserhaushalt	Durchgängigkeit	Phys.-chem. Qualitätskomponenten	Ökologischer Zustand/Potenzial	Mengenmäßiger Zustand GWK	Chemischer Zustand GWK	Verringerung Hochwasser-risikos	Biologische Vielfalt, semi-aquatische Habitate	Wirkungsindex	Genehmigungsaufwand	Akzeptanz	Flächenspezifität	Hemmnisindex	Beschreibung der Hemmnisse		
Gewichtung:			0.25	0.25	0.25	0.25	1	2	1	0.5	0.5		1	1	1				
Anlagen zur Wasserspeicherung oder Versickerung	Rückhaltebecken/ Speicherbecken	o	o	o	+	o	+	o	+	+	0.27	-	o	o	0.2	Flächenentzug durch Becken und Infrastruktur; Planungs- und Baukosten; Genehmigung für das Einleiten von Stoffen in Gewässer (§ 9 WHG) und ggf. für die Entnahme aus oberirdischen Gewässern	1.63	1	
	Infiltrationsbecken	o	o	o	+	o	++	o	+	+	0.44	-	-	-	0.5	Flächenentzug durch Becken; Planungs- und Baukosten sowie Genehmigung für das Einleiten von Stoffen in das GW (§ 9 WHG) und ggf. für die Entnahme aus oberirdischen Gewässern	0.88	2	
	Flache Verwallungen	o	o	o	+	o	+	o	+	+	0.27	o	-	--	0.5	Temporär überschwemmte Flächen nach Regenereignissen -> ggf. Einfluss auf Ertrag	0.54	3	
Baumaßnahmen	Eingriffe in Entwässerungssysteme	Stauhaltung in Gräben mit permanenter Wasserführung	o	+	--	-	--	+	o	o	+	0.00	-	o	-	0.3	Behördliche Erlaubnis für die Gewässerbenutzung durch Stauhaltung erforderlich (§ 9 WHG) -> Klärung zur Durchgängigkeit erforderlich; im Vgl. zu anderen Maßnahmen kein Flächenentzug	0.00	5
		Stauhaltung in gering wasserführenden Gräben	o	+	o	-	o	+	o	o	+	0.21	-	o	-	0.3	Erlaubnis für die Gewässerbenutzung erforderlich (§ 9 WHG), jedoch geringe Hürde, wenn Durchgängigkeit nicht relevant; im Vgl. zu anderen Maßnahmen kein Flächenentzug	0.63	2
		Gesteuerte Drainage	o	o	o	++	o	+	o	+	o	0.25	o	o	--	0.3	Planungs- und Baukosten	0.75	1
		Rückbau von (trockenfallenden) Endgräben auf Ackerflächen	o	o	o	o	o	++	-	+	o	0.29	--	o	-	0.5	Gewässerrückbau erfordert Plangenehmigung/-feststellung (§ 68 WHG)	0.58	4
		Rückbau von (trockenfallenden) Endgräben auf Extensivgrünland	o	o	o	o	o	++	o	+	+	0.42	--	o	--	0.7	Gewässerrückbau erfordert Plangenehmigung/-feststellung (§ 68 WHG)	0.63	2
Maßnahmen zum ökologischen Gewässerausbau	Kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung	+	+	o	+	++	+	o	o	+	0.44	o	--	-	0.5	Keine Genehmigung erforderlich, da kein Gewässerausbau; Hochwasserneutralität zweifelhaft	0.88	1	
	Anhebung der Gewässersohle/ Umbau des Gewässerprofils	+	+	+	+	+	+	o	o	+	0.38	-	-	-	0.5	Gewässerausbau ist genehmigungspflichtig (§ 68 WHG); Flächenentzug bei Anliegern bei Verbreiterung	0.75	2	
	Remäandrierung/ Flusslaufverlängerung	++	+	+	+	+	+	o	+	+	0.44	--	--	-	0.8	Gewässerausbau erfordert Planfeststellung (§ 68 WHG); Flächenentzug bei Anliegern	0.53	3	
	Wiederanschluss von Altarmen	++	+	+	+	+	+	o	+	+	0.44	--	-	--	0.8	Gewässerausbau erfordert Plangenehmigung/-feststellung (§ 68 WHG); ggf. Eingriffsregelung bei Altarmen problematisch	0.53	3	
	Deichrückverlegung	++	+	o	++	+	+	o	++	++	0.52	--	--	--	1.0	Deichrückbau erfordert Planfeststellung (§ 68 WHG); Flächenerwerb aufwendig und kostspielig	0.52	5	
Flächenmaßnahmen	Landwirtschaft	Direktsaat Anbauverfahren	o	o	o	+	o	+	o	+	o	0.23	o	--	-	0.5	Direktsaatverfahren führt ggf. zu Minderertrag; Glyphosatverbot schränkt Umsetzung zusätzlich ein	0.46	2
		Reduzierte Bodenbearbeitung/ Mulchsaatverfahren	o	o	o	+	o	+	o	+	o	0.23	o	-	-	0.3	Glyphosatverbot schränkt Umsetzung zusätzlich ein	0.69	1
		Pufferzonen und Hecken	o	o	o	++	+	o	o	+	+	0.21	o	--	-	0.5	Flächenentzug auf landwirtschaftlicher Flur	0.42	3
	Forstwirtschaft	Waldumbau	o	o	o	o	o	++	+	+	+	0.50	o	-	--	0.5	Ertragsminderung durch Mischbestände statt Monokulturen	1.00	1

Wirkungen
 ++ sehr positive Wirkung
 + positive Wirkung
 o keine erhebliche Wirkung
 - negative Wirkung
 -- sehr negative Wirkung

Hemmnisse (Genehmigungsaufwand / Akzeptanz (Betroffene) / Flächenspezifität)
 o keine Genehmigung erforderlich / hohe Akzeptanz / überall anwendbar
 - moderater Genehmigungsaufwand / mäßige Akzeptanz, ggf. Widerstände / im überwiegenden Teil des Gebietes anwendbar
 -- hoher Genehmigungsaufwand / geringe Akzeptanz, hohes Widerstandspotenzial / nur in wenigen Teilen des Gebietes anwendbar

Anhang 7:

Handlungsleitfaden zur Planung und Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementgebiete

Handlungsleitfaden zur Planung und Umsetzung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung und Zielsetzung des Leitfadens	2
1.1	Wassermengenmanagement im Emsland	2
1.2	Ziel des Handlungsleitfadens	3
2.	Wasserhaushalt und Wasserrückhalt in der Fläche	4
3.	Maßnahmen des Wasserrückhalts.....	5
4.	Umsetzung von Maßnahmen des Wasserrückhalts.....	7
4.1	Schritt 1: Eingrenzung des Wassermengenmanagementgebiets.....	8
4.2	Schritt 2: Ziele definieren.....	8
4.3	Schritt 3: Auswahl von Maßnahmen	8
4.4	Schritt 4: Prüfung rechtlicher Vorgaben und der Finanzierbarkeit	9
4.5	Schritt 5: Einbindung der AkteurInnen	10
4.6	Schritt 6: Maßnahmenumsetzung.....	10
5.	Herangehensweise an die Umsetzung – Maßnahmenbeispiele.....	10
6.	Literaturverzeichnis	15

1. Einführung und Zielsetzung des Leitfadens

Wassermengenmanagement bezeichnet allgemein die Nutzung und Steuerung des Umgangs mit der natürlichen Ressource Wasser. Betrachtet werden dabei sowohl ober- als auch unterirdische Wasserkörper, d. h. Fließgewässer, Seen und das Grundwasser. Diese gilt es im Sinne des Wassermengenmanagements in Hinblick auf die Bedürfnisse von Mensch und Umwelt zu bewirtschaften. In Zeiten eines beobachtbaren Klimawandels unterliegt die Bewirtschaftung hingegen einem Wandel. Der Schutz der Wasserressourcen in quantitativer und qualitativer Hinsicht und die Anpassung gegenüber Dürre- und Hochwasserperioden rücken in den Fokus. Daraus resultiert die Notwendigkeit eines nachhaltigen, zukunftsfähigen Wassermengenmanagements, das einen resilienten Wasserhaushalt gegenüber Extremereignissen anstrebt (MKULNV 2011; DVGW 2020).

1.1 Wassermengenmanagement im Emsland

Die Moorniederungen des Emslands sind bis heute prägend für das Wassermengenmanagement. Ihre einst großflächige Ausdehnung, die hohen Grundwasserstände und ertragsarme Böden schränkten die wirtschaftliche Entwicklung der Region, allen voran die Landwirtschaft, ein. Der Bedarf an landwirtschaftlich nutzbaren Flächen zwang die Bewohner des Emslandes bereits ab dem 16. Jahrhundert zu einem Wassermengenmanagement, das auf die gezielte Entwässerung von Moorflächen ausgerichtet war (Franke et al. 2002). Mit dem Bau des linksemsischen Kanalnetzes wurde die Entwässerung der Landschaft ab 1870 fortgeführt.

Im Rahmen des vom Deutschen Bundestag am 5. Mai 1950 beschlossenen „Emslandplan“ erfuhr die Landschaft schließlich eine Intensivierung der Entwässerung. Diese ging mit dem Ausbau von Gräben und Vorflutern, der Drainage landwirtschaftlicher Flächen sowie der Regulierung und Begradigung von Fließgewässern einher (Franke et al. 2002). Das dichte Entwässerungssystem, das die großflächige, intensive Landwirtschaft ermöglichte, wirkt bis heute auf den Wasserhaushalt im Emsland. So beschleunigen Drainagen, Gräben und begradigte Vorfluter den Abfluss von Wasser aus der Region.

Die Trockenjahre von 2018 bis 2020 haben zuletzt zu stark sinkenden Oberflächenwasser- und Grundwasserständen geführt. Die Veränderung im Wasserhaushalt zeigte nicht nur in der Landwirtschaft, sondern auch in der Forstwirtschaft, in der Wasserversorgung und in Ökosystemen negative Auswirkungen. Angesichts solcher klimatischer Extreme, die durch den Klimawandel in Zukunft verstärkt werden, ist ein Umdenken im Umgang mit der Ressource Wasser, von der Entwässerung hin zum Rückhalt in der Fläche, gefordert. Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Wassermengenmanagement zielt nunmehr sowohl auf den Wasserrückhalt in Trockenperioden als auch auf den Hochwasserschutz unter Berücksichtigung der Bedürfnisse aller AkteurInnen ab.

1.2 Ziel des Handlungsleitfadens

Mit dem Projekt Emslandplan 2.0 wurden gemeinsam mit den AkteurInnen aus der öffentlichen Verwaltung, dem Gewässerschutz und der –unterhaltung, der Wasserversorgung, der Land- und Forstwirtschaft und dem Naturschutz Maßnahmen und Umsetzungsmöglichkeiten für ein nachhaltiges Wassermengenmanagement erarbeitet und breit diskutiert. Im Fokus standen dabei Möglichkeiten des Wasserrückhalts in der Fläche. Durch die fachlichen Auswertungen und erarbeiteten hydrogeologischen Datengrundlagen (z. B. flächendeckende Flurabstandskarten und Ausweisung geeigneter Flächen für Wasserrückhaltmaßnahmen) wurde eine Basis für die zukünftige Entwicklung lokaler Wassermengenmanagementkonzepte zur Anpassung an den Klimawandel im Emsland geschaffen. Die Projektergebnisse sind im Abschlussbericht¹ der HYDOR Consult GmbH ausführlich dokumentiert.

Als nächstes muss der Schritt von der Diskussion über den Status Quo im Untersuchungsgebiet und die möglichen Wasserrückhaltmaßnahmen hin zur konkreten Umsetzung erfolgen. In dem vorliegenden Handlungsleitfaden wird daher eine allgemeine Herangehensweise von der Auswahl von Maßnahmen des Wasserrückhalts, über Aspekte zu ihren Ausgestaltungsmöglichkeiten sowie Voraussetzungen bis hin zur Umsetzung von lokalen Wassermengenmanagementkonzepten schematisch dargestellt und erläutert. So bietet der Leitfaden einen Überblick für AkteurInnen, die eine Umsetzung von Wasserrückhaltmaßnahmen anstreben. In den Diskussionen hat sich gezeigt, dass das Grundwissen zur Umsetzung von Maßnahmen bei den relevanten AkteurInnen bereits vorhanden ist. Der vorliegende Leitfaden greift dieses Wissen auf, strukturiert es in Umsetzungsschritte und stellt damit eine Orientierungshilfe zur Umsetzung von Maßnahmen dar.

Die einzelnen Umsetzungsschritte haben einen maßnahmenübergreifenden Bezug und sind aus diesem Grund allgemein formuliert. Der Leitfaden ist daher keine Detailanleitung zur Umsetzung einzelner Maßnahmen an konkreten Standorten. Dies bedarf stets einer vertiefenden maßnahmen- und standortspezifischen Analyse und Planung, die in einer solchen Form für das gesamte Emsland in diesem Leitfaden nicht abbildbar sind.

Ergänzt wird der Leitfaden durch drei Beispiele möglicher Maßnahmen, anhand derer die Umsetzungsschritte exemplarisch erläutert werden. Es wäre wünschenswert, dass diese Maßnahmenbeispiele in Zukunft um konkret umgesetzte Maßnahmen bzw. lokale Wassermengenmanagementkonzepte in Teilgebieten des Emslands erweitert werden können, um die Anschaulichkeit zu erhöhen und weitere Impulse für Maßnahmenumsetzungen im Bereich des Wasserrückhalts in der Fläche zu setzen.

¹ HYDOR (2021): Emslandplan 2.0 – Nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen. 15. Dezember 2021, HYDOR Consult GmbH, Berlin.

2. Wasserhaushalt und Wasserrückhalt in der Fläche

Wasserrückhalt bezeichnet einerseits die ober- oder unterirdische Anreicherung von Wasser in einem Gebiet und andererseits die zeitliche Verzögerung zwischen einem Niederschlagsereignis und dem daraus folgenden Abfluss aus einem Einzugsgebiet. Vom Niederschlag bis hin zum Abfluss wirken verschiedene Prozesse, die den Wasserrückhalt in Abhängigkeit von den Gebietseigenschaften maßgeblich beeinflussen. Die Prozesse des Wasserkreislaufs sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Im Sinne des Wasserrückhalts bedarf es einer Erhöhung der Grundwasserneubildung durch Zunahme der Infiltration in den Boden, um Grundwasser anzureichern. Ebenso umfasst der Wasserrückhalt die Minderung des Oberflächenabflusses, des Zwischenabflusses und der Entwässerung, die zu einem schnellen Abfluss aus dem Gebiet beitragen.

Der Wasserrückhalt in der Fläche meint die Speicherung von Wasser und die Verzögerung von Abfluss im gesamten Einzugsgebiet der Gewässer. Die Berücksichtigung aller Flächen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich Landnutzung, Hangneigung, Bodenart und der Gewässer selbst bedarf demnach ganzheitlicher Konzepte mit Maßnahmen, die den Wasserrückhalt auf verschiedenen Ebenen ansprechen.

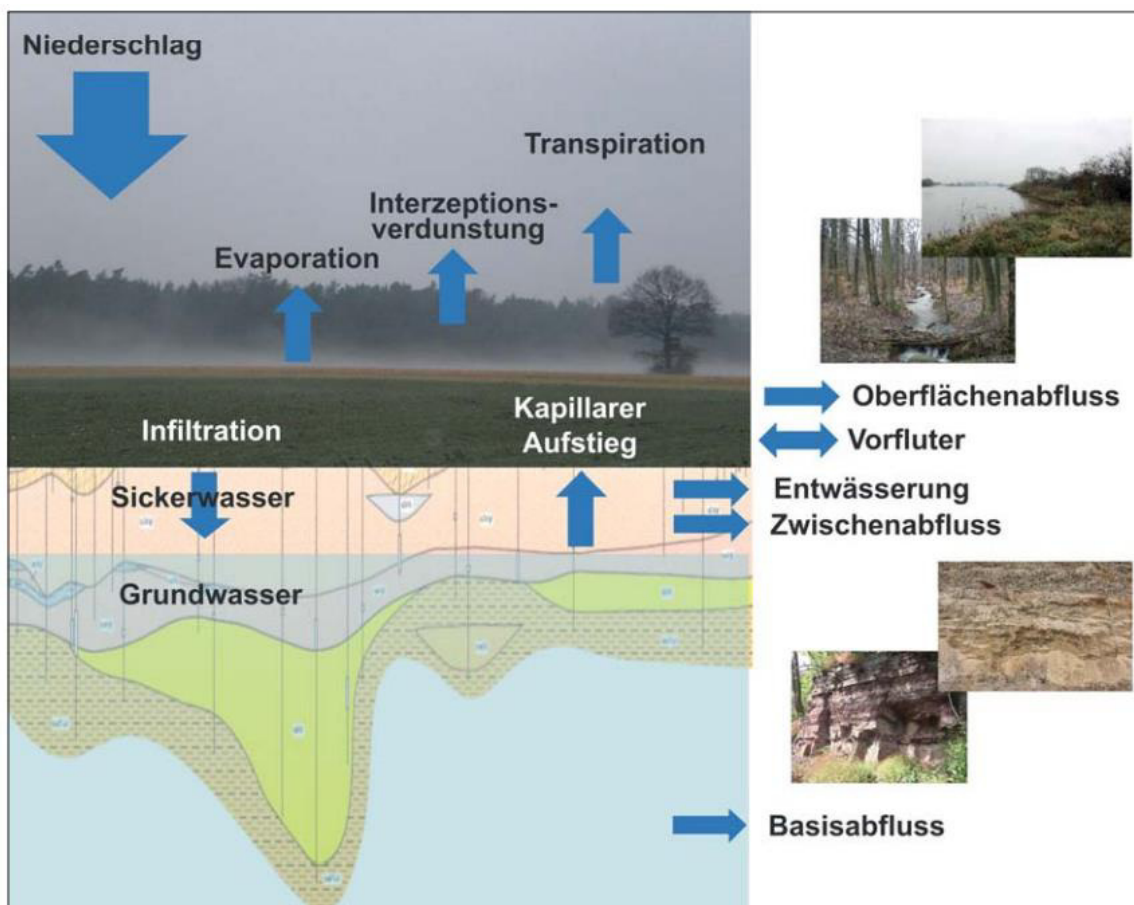


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufs (Ertl et al. 2019)

3. Maßnahmen des Wasserrückhalts

Entsprechende Maßnahmen, die auf den Wasserrückhalt abzielen, wurden bereits auf verschiedenen politischen Ebenen (EU, Bund, Länder) in Maßnahmenkatalogen zusammengetragen, diskutiert und evaluiert. Die Maßnahmenkataloge sprechen dabei unterschiedliche standörtliche Voraussetzungen (mit Fokus auf Landwirtschaft, Naturschutz, Wasserkörper) an. Die Maßnahmen, die für das Projektgebiet als potenziell geeignet eingestuft wurden, wurden aus den verschiedenen Quellen zusammengefasst. Zur Vorauswahl geeigneter Maßnahmen wurden einerseits die charakteristischen Gebietseigenschaften des Projektgebiets und andererseits die Wirkungen der Maßnahmen berücksichtigt.

Das Projektgebiet zeichnet sich durch seine dichten Grabensysteme aus, die die Niederungen des Emslands in weiten Teilen bis heute entwässern. Zudem ist das Gebiet durch den hohen Anteil landwirtschaftlicher Flächennutzung (rund 52 % Ackerland und ca. 10 % Grünland) geprägt. Etwa 16 % des Projektgebiets sind bewaldet. Hinsichtlich der Wirkung wurden bei der Auswahl schwerpunktmäßig solche Maßnahmen berücksichtigt, welche eine Resilienz des Wasserhaushalts gegenüber Trockenperioden fördern. Die Belange des Hochwasserschutzes und der Wasserrahmenrichtlinie sowie des Naturschutzes wurden im Auswahlprozess mitberücksichtigt. Insgesamt wurden 15 Wasserrückhaltmaßnahmen unter Einbeziehung von Stakeholdern aus der Wasser-, Land- und Forstwirtschaft ausgewählt und kategorisiert (Abbildung 2). Der Auswahlprozess und die vorausgewählten, potenziell geeigneten Maßnahmen werden im Abschlussbericht des Projekts „Emslandplan 2.0 – Nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen“ detailliert beschrieben.

Die Wirkung der ausgewählten Maßnahmen auf die Teilprozesse des Wasserhaushalts unterscheidet sich teils grundlegend voneinander. Einige der Maßnahmen weisen Synergien zur Regulierung des Stoffhaushalts, zur Förderung der Gewässerökologie oder zum Naturschutz auf. Andere Maßnahmen weisen Konfliktpotenziale auf, beispielsweise durch Flächenentzug, landwirtschaftliche Ertragsminderung oder Einschränkungen der ökologischen Durchgängigkeit in Gewässern. Zur Priorisierung der Eignung von Maßnahmen empfiehlt sich eine objektive maßnahmenspezifische Bewertung. Eine solche Bewertung wurde mittels eines Indikator-basierten Bewertungsansatzes auf die 15 ausgewählten Maßnahmen angewendet. Im Ergebnis wurden für das Projektgebiet folgende Maßnahmen als priorisiert eingestuft:

- Rückhalte-/Speicherbecken und Infiltrationsbecken,
- Gesteuerte Drainage, Stauhaltung in gering wasserführenden Gräben, Rückbau von (trockenfallenden) Gräben auf Extensivgrünland,
- Kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung und Anhebung der Gewässersohle,
- Direktsaat und Mulchsaatverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung und
- Waldumbau.

Kategorie	Subkategorie	Maßnahme	Primärer Sektor	Sekundärer Sektor
Baumaßnahmen	Anlagen zur Wasserspeicherung oder Versickerung	Rückhaltebecken/Speicherbecken	Alle Sektoren	-
		Infiltrationsbecken	Alle Sektoren	-
		Flache Verwallungen	Alle Sektoren	-
	Eingriffe in Entwässerungssysteme	Aktive/passive Stauhaltung im Graben	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
		Gesteuerte Drainage	Landwirtschaft	-
		Grabenrückbau	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
	Maßnahmen zum ökologischen Gewässerausbau	Kontrolliertes Unterlassen der Unterhaltung	Gewässer und Aue	Landwirtschaft
		Anhebung der Gewässersohle/Umbau des Gewässerprofils	Gewässer und Aue	-
		Remäandrierung/Flusslaufverlängerung	Gewässer und Aue	-
		Wiederanschluss von Altarmen	Gewässer und Aue	-
Deichrückverlegung		Gewässer und Aue	-	
Flächenmaßnahmen	Landwirtschaft	Direktsaat Anbauverfahren	Landwirtschaft	-
		Reduzierte Bodenbearbeitung/Mulchsaatverfahren	Landwirtschaft	-
		Pufferzonen und Hecken	Landwirtschaft	-
	Forstwirtschaft	Waldumbau	Forst	-

Abbildung 2: Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen für den Wasserrückhalt in der Fläche

4. Umsetzung von Maßnahmen des Wasserrückhalts

Die ausgewählten Maßnahmen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Planungs- und Umsetzungsaufwands. Für das planerische Vorgehen kann jedoch für alle Maßnahmen eine allgemeine Herangehensweise abgeleitet werden. Diese Herangehensweise wurde in sechs Abschnitte untergliedert, die in Abbildung 3 schematisch dargestellt sind. Nachfolgend werden die Abschnitte von der Gebietsvorauswahl bis zur Umsetzung der Maßnahmen erläutert.

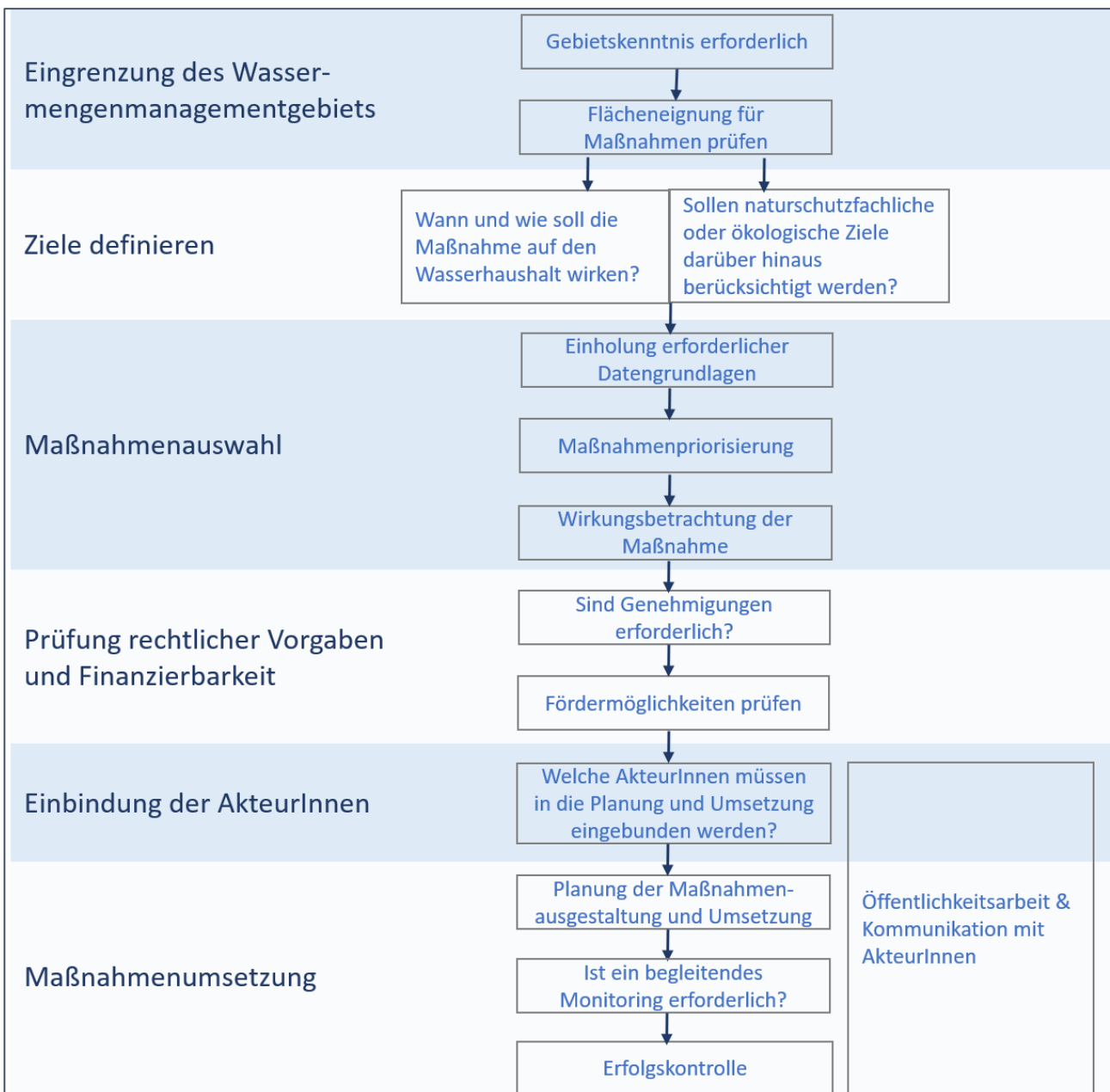


Abbildung 3: Schema zur Planung und Umsetzung von Wasserrückhaltmaßnahmen

4.1 Schritt 1: Eingrenzung des Wassermengenmanagementgebiets

Mit der Wirkungsweise der Wasserrückhaltemaßnahmen unterscheiden sich auch die natürlichen, räumlichen Anforderungen für eine erfolgreiche Umsetzung. Zur Eingrenzung potenziell geeigneter Flächen für eine Maßnahmenumsetzung ist daher die Kenntnis des Gebiets, in dem Maßnahmen umgesetzt werden, unerlässlich. Dies bedarf u.a. folgende Datengrundlagen:

- Topographie: Digitales Geländemodell in einer geeigneten Auflösung (1 m bis 25 m),
- Landnutzung: Digitales Landschaftsmodell,
- Geologie: Geologische Karten,
- Hydrogeologie: Hydrogeologische Karten mit Verbreitung und Beschaffenheit der Grundwasserleiter, Ausdehnung der Grundwasserkörper und Grundwasserflurabstandskarte,
- Bodenkunde: Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 (BK50),
- Hydrologie und Wasserwirtschaft: Lage der oberirdischen Einzugsgebiete und Lage und Menge von Wasserentnahmen.

Die genannten Datengrundlagen zur Geologie, Hydrogeologie und Bodenkunde können online im NIBIS Kartenserver des LBEG² eingesehen werden. Die Einzugsgebietsgrenzen der oberirdischen Gewässer sind online über den Kartenserver des Landes Niedersachsen³ abrufbar.

Auf Grundlage der für die Maßnahmen relevanten Flächeneigenschaften wurden im Rahmen des Projekts bereits Algorithmen zur Eingrenzung geeigneter Flächen für verschiedene Maßnahmengruppen (z. B. Maßnahmen durch Eingriffe an Drainagen und Gräben) entwickelt. In diese sind die Landnutzung, der Flurabstand und die hydraulischen Eigenschaften von Boden und Grundwasserleiter eingeflossen. Im Ergebnis wurden Karten ausgearbeitet, die einen Überblick über großräumige Gebiete gleicher Maßnahmeneignung geben (Anhang 5 des Abschlussberichts der HYDOR Consult GmbH⁴). Die dargestellte Flächeneignung kann als Grundlage zur räumlichen Eingrenzung eines Gebiets für die Umsetzung eines lokalen Wassermengenmanagements herangezogen werden.

4.2 Schritt 2: Ziele definieren

Vor der Auswahl von Maßnahmen sind konkrete Zielvorgaben für das Wassermengenmanagement festzulegen. Die Definition der Ziele dient dazu, die Auswahl geeigneter Maßnahmen für das Wassermengenmanagement einzugrenzen und die Planung und Umsetzung der gewählten Maßnahmen auf diese Ziele auszurichten. So kann in einem Teilgebiet die Erhöhung der Grundwasserstände in Sommermonaten zur Förderung grundwasserabhängiger Ökosysteme im Vordergrund stehen, wäh-

² NIBIS® Kartenserver (2021): Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover, verfügbar unter: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>

³ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (Hrsg.) (2021): Umweltkarten Niedersachsen, verfügbar unter: <https://urls.niedersachsen.de/37>

⁴ HYDOR (2021): Emslandplan 2.0 – Nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen. 15. Dezember 2021, HYDOR Consult GmbH, Berlin.

rend sich in anderen Teilen auf eine verbesserte Wasserversorgung der Kulturpflanzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen oder die Grundwasseranreicherung in einem Wasserschutzgebiet konzentriert wird.

Durch die Zielvorgaben sollte die angestrebte zeitliche und räumliche Wirkung möglicher Maßnahmen auf die Komponenten des Wasserhaushalts konkretisiert werden, z. B. Erhöhung der Grundwasserneubildung oder Verringerung des Basisabflusses in Sommermonaten und Erhöhung des Grundwasserstands. Zudem können bei der Planung zu berücksichtigende naturschutzfachliche, ökologische oder stoffliche Belange (Wasserqualität) in konkreten Zielen formuliert werden.

4.3 Schritt 3: Auswahl von Maßnahmen

Die Auswahl konkreter Maßnahmen des Wasserrückhalts hängt maßgeblich von der Zielsetzung des Wassermengenmanagements im Gebiet ab, da die Maßnahme zur Erreichung der zuvor formulierten Ziele führen soll. Eine detaillierte Gebietskenntnis (Topographie, Landnutzung, Geologie, Hydrogeologie, Bodenart usw.) ist bei der Auswahl von Maßnahmen in Hinblick auf deren Wirkung im Gebiet ebenfalls unabdingbar. Die Kenntnis des Gebiets sollte neben naturräumlichen Eigenschaften auch die Kenntnis über Eigentumsverhältnisse, Bauwerke, Entwässerung, Wasserentnahmen, stoffliche Belastungen von Wässern, ggf. Altlasten und Abflussverhältnisse miteinschließen. Entsprechende Datengrundlagen müssen in diesem Schritt eingeholt und geprüft werden.

Weiteres Ziel sollte es sein, dass potenziell negative Beeinträchtigungen sowie auch Synergieeffekte der Maßnahmen im Gebiet identifiziert werden. Dabei sollten negative Beeinträchtigungen von Betroffenen z. B. durch Vernässungsschäden in Kellern oder Ernteauffälle in Folge zu hoher Grundwasserstände ausgeschlossen werden. Positive Wirkungen und Synergien auf flussabwärts gelegene Gewässer oder die Aufwertung umliegender Habitate bzw. die Förderung der Biotopvernetzung sollten dagegen erkannt und kommuniziert werden.

Zur objektiven Priorisierung geeigneter Maßnahmen auf Basis der Zielvorgaben, der naturräumlichen Verhältnisse und der Eigentumsverhältnisse kann der in Kapitel 6.7 des Abschlussberichts beschriebene Bewertungsansatz herangezogen werden. Dieser ermöglicht eine differenzierte Bewertung der Maßnahmen anhand ihrer Wirkung und möglicher Umsetzungshemmnisse. Die Wirkung und Hemmnisse werden bei der Bewertung in verschiedene Indikatoren unterteilt, die jeweils bewertet werden. Die Gesamtbewertung einer Maßnahme setzt sich aus den Bewertungen der einzelnen Indikatoren zusammen. Die Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse, die bei einer Bewertung Berücksichtigung finden sollten, können Tabelle 1 entnommen werden. Der Bewertungsansatz kann beliebig auf verschiedene Gebiete, Zielvorgaben und Maßnahmen übertragen werden, indem einzelne Bewertungen angepasst werden oder die Bewertung um zusätzliche Indikatoren erweitert wird.

Tabelle 1: Übersicht der Wirkungsindikatoren und Umsetzungshemmnisse für die Bewertung von Wasserrückhaltemaßnahmen

Indikator/Hemmnis	
Wirkungsindikatoren	Ökologischer Zustand / Potenzial der Oberflächenwasserkörper Hydromorphologie Wasserhaushalt Durchgängigkeit Chemische Qualitätskomponenten
	Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper
	Chemischer Zustand der Grundwasserkörper
	Verringerung des Hochwasserrisikos
	Biodiversität, semiaquatische Habitate
Umsetzungshemmnisse	Genehmigungsaufwand
	Akzeptanz der Betroffenen
	Flächenspezifität bezogen auf das Untersuchungsgebiet

Eine Kosten-Nutzen-Analyse vorausgewählter Maßnahmen kann in diesem Schritt ebenfalls sinnvoll sein, um die Umsetzbarkeit der Maßnahmen im Gebiet aus ökonomischer Sicht abzuschätzen. Dies gestaltet sich jedoch besonders bei naturschutzfachlichen Aspekten als schwierig, da eine Vielzahl von Ökosystemleistungen (z. B. die Bereitstellung von Habitaten) nicht monetarisiert werden kann. Dennoch kann hier eine rein qualitative Gegenüberstellung der über den Wasserrückhalt hinausgehenden Vor- und Nachteile sinnvoll sein. Bereits in diesem Auswahlprozess können ExpertInnen zur Abschätzung der Maßnahmenwirkung und der damit einhergehenden Zielerreichung sowie Synergieeffekte oder Beeinträchtigungen herangezogen werden.

4.4 Schritt 4: Prüfung rechtlicher Vorgaben und der Finanzierbarkeit

Im Vorfeld der Maßnahmenumsetzung bedarf es einer Betrachtung der rechtlichen sowie finanziellen Erfordernisse. Die rechtlichen Grundlagen bilden

- die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL),
- das Wasserhaushaltsgesetz⁵ (WHG),
- das Niedersächsische Wassergesetz⁶ (NWG),
- die Grundwasserverordnung⁷ (GrwV) und
- die Oberflächengewässerverordnung⁸ (OGewV).

⁵ Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist

⁶ Niedersächsisches Wassergesetz vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. 2010, 64), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 10.12.2020 (Nds. GVBl. S 477) geändert worden ist

⁷ Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist

⁸ Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist

Grundsätzlich ist bei den Maßnahmen zwischen einer Benutzung der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers nach §8 Abs. 1 WHG und einem Ausbau der Gewässer zu unterscheiden. Unter eine Benutzung fallen nach §9 WHG beispielsweise Einleitung, Entnahme und Aufstau von Wasser. Die Gewässerbenutzung bedarf einer wasserrechtlichen Genehmigung. Maßnahmen des Ausbaus von Gewässern nach §67 Abs. 2 WHG erfordern ferner eine Planfeststellung oder, sofern keine Pflicht für die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung besteht, eine Plangenehmigung (§68 WHG).

Zudem sind bei der Planung und Umsetzung der Maßnahmen die Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu beachten. Demnach gilt das Verbesserungsgebot und Verschlechterungsverbot (§§27 und 47 WHG) hinsichtlich des ökologischen und chemischen Zustands für Oberflächengewässer sowie des quantitativen und chemischen Zustands für Grundwasserkörper, die jeweils in der Oberflächengewässerverordnung und der Grundwasserverordnung genauer beschrieben werden. Die Betrachtung bezieht sich dabei auf den Wasserkörper in seiner Gesamtheit. Zudem sind Auswirkungen auf benachbarte Wasserkörper zu prüfen.

Für die Umsetzung baulicher Maßnahmen muss ein Vorhabenträger (z. B. FlächeneigentümerIn oder Wasser- und Bodenverband, Naturschutzverband) und - sofern erforderlich - ein zukünftiger Anlagenbetreiber (z. B. Wasser- und Bodenverband oder Unterhaltungsverband), insbesondere bei Stauanlagen, benannt werden.

Zur Umsetzung der Maßnahme sollte ihre Finanzierung im Vorfeld geklärt sein. In Abhängigkeit von der Finanzierung und der geeigneten Förderinstrumente kann die Planung des Projekts entsprechend gelenkt werden.

Für Wasserrückhaltemaßnahmen, die Synergien zum Hochwasserschutz, einer Wiederherstellung oder Verbesserung von Ökosystemen und Habitaten, einer schonenden Bodenbearbeitung oder der Förderung der Biodiversität aufweisen, kann auf verschiedene Fördermöglichkeiten zurückgegriffen werden. Eine Übersicht möglicher Förderinstrumente zahlreicher Maßnahmen, die eine naturnahe Entwicklung und den Schutz von Gewässern und Gewässerlandschaft unterstützen, liefert das „Aktionsprogramm Niedersächsische Gewässerlandschaften“ (MU 2016).

Bei Maßnahmen, die Synergien zum Naturschutz aufweisen, kann zudem eine Finanzierung durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung (§14 ff. BNatSchG) in Betracht gezogen werden. Die Zuständigkeit und Koordination liegt bei den Unteren Naturschutzbehörden der Landkreise und der kreisfreien Städte.

4.5 Schritt 5: Einbindung der AkteurInnen

Die frühzeitige Einbindung von AkteurInnen in den Planungs- und Umsetzungsprozess von Wasserrückhaltemaßnahmen bildet eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung. Sie stellt die Grundlage für die Akzeptanz der Maßnahmen und ihren Erfolg dar. Insbesondere die Kommuni-

kation und das Einbinden der AnliegerInnen und ExpertInnen vor Ort in den Planungsprozess ermöglicht es, auftretende Bedenken und Konflikte frühzeitig zu erkennen, diese offen anzusprechen und ggf. gemeinsam Lösungswege zu erarbeiten.

Als einzubindende AkteurInnen kommen grundsätzlich folgende Personengruppen, Organisationen und Behörden in Betracht:

- EigentümerInnen und BewirtschafterInnen land- und forstwirtschaftlicher Flächen im Wirkungsbereich der Maßnahme,
- Unterhaltungsverband und Wasser- und Bodenverband bzw. Gewässerunterhaltungspflichtiger bei Maßnahmen an Gewässern,
- Kommunen im Wirkungsbereich der Maßnahme,
- Naturschutzverbände,
- Landwirtschaftskammer und
- Genehmigungs- und Fachbehörden, z.B. Untere Wasserbehörde, Gewässerkundlicher Landesdienst.

In Abhängigkeit der Maßnahme ändert sich die Gruppe der einzubinden AkteurInnen. Für Flächenmaßnahmen, die auf den landwirtschaftlichen Sektor abzielen sind beispielsweise primär die AkteurInnen der Landwirtschaft vor Ort einzubeziehen, während für bauliche Maßnahmen an Fließgewässern III. Ordnung primär die Wasser- und Bodenverbände als Gewässerunterhaltungspflichtige und ggf. die FlächeneigentümerInnen entlang des Gewässers einzubeziehen sind.

4.6 Schritt 6: Maßnahmenumsetzung

Der Umsetzung von Wasserrückhaltmaßnahmen geht die Planung voraus. Die planerische Ausgestaltung der Maßnahme erfolgt basierend auf der Wirkungsbetrachtung sowie der festgelegten Zielvorgaben. Bei baulichen Maßnahmen sollte für diesen Zweck eine Fachplanung beauftragt werden, die anschließend die Maßnahmenumsetzung begleitet. Die Kommunikation mit den AkteurInnen und eine Öffentlichkeitsarbeit ist auch während der Maßnahmenumsetzung für eine breite Akzeptanz der Maßnahme unerlässlich.

Auf die Umsetzung von Wasserrückhaltmaßnahmen sollte in regelmäßigen zeitlichen Abständen eine Erfolgskontrolle folgen. Dazu kann ein Monitoring von Wasser- und Stoffhaushalt durch Erfassung der (Grund-) Wasserstände und der Wasserqualität eingerichtet werden. Wenn naturschutzfachliche Aspekte im Vordergrund stehen, kann das Monitoringprogramm auf die Artenzusammensetzung und Habitate im Wirkungsbereich der Maßnahme erweitert werden. Die Ergebnisse des Monitorings werden mit den festgesetzten Zielvorgaben (vgl. Kapitel 4.2) abgeglichen. Die Kommunikation der Ergebnisse der Erfolgskontrolle sollte auch in diesem Schritt gegeben sein.

Bei Maßnahmen, bei denen ein Bauwerk errichtet wurde, muss auch nach der Umsetzung gewährleistet sein, dass dieses einer regelmäßigen Wartung und Unterhaltung unterzogen wird, um die langfristige Funktion sicherzustellen.

Die Dokumentation der Maßnahmenumsetzung und der Veränderung des Wasserhaushalts durch diese bietet zudem eine fachliche Grundlage für die Planung und Umsetzung weiterer lokaler Wassermengenmanagementkonzepte.

5. Herangehensweise an die Umsetzung – Maßnahmenbeispiele

Als Ergänzung zur in Kapitel 4 beschriebenen allgemeinen Herangehensweise werden nachfolgend konkrete maßnahmenspezifische Beispiele dargestellt, die die Umsetzungsschritte 4 bis 6 umfassen. Insgesamt werden drei Maßnahmen betrachtet, die im Projektverlauf mit den AkteurInnen bereits eingehend diskutiert wurden: die gesteuerte Drainage, die aktive Stauhaltung im Graben und die Anhebung der Gewässersohle. Für jede der Maßnahmen wurden konkrete Handlungsvorgaben basierend auf dem Umsetzungsschema formuliert und in einem Steckbrief zusammengefasst. Die Maßnahmensteckbriefe dienen als eine unterstützende Quelle, die im Planungsprozess herangezogen werden kann. Sie geben jedoch keine obligatorischen Umsetzungsschritte vor, da diese je nach standörtlichen Gegebenheiten angepasst oder ergänzt werden müssen.

Beispiel 1: Gesteuerte Drainage

Beschreibung

Durch die technische Umsetzung einer Steuerung des Drainageauslasses über einen Regelungsschacht kann Wasser gezielt zurückgehalten oder bei Bedarf in den Vorfluter abgelassen werden. Auf diese Weise kann die Grundwasserneubildung nach der Ernte und bis zur Frühjahrsbestellung durch Einstau gefördert werden. In der Vegetationsperiode ist eine optimierte Wasserversorgung der Pflanzen durch einen kontrollierten Einstau möglich (siehe untenstehende Abbildung). Der Drainageabfluss in den Vorfluter verzögert sich zeitlich.



Erläuterung zur Abbildung: Mögliche Funktionsweise einer gesteuerten Drainage über einen Regelungsschacht vor dem Drainageauslass; links: Einstau außerhalb der Vegetationsperiode; mitte: Entwässerung vor der Frühjahrsbestellung; rechts: Einstau in der Vegetationsperiode (Frankenberger et al. 2004)

Erforderliche standörtliche Voraussetzungen

- Umsetzung innerhalb **wasserwirtschaftlicher Einheit** mit Eignung für Maßnahmen an Entwässerungssystemen
- Kenntnisse zur **Lage, Neigung, Art und Material intakter Drainagen** und ihren Auslässen

Rechtliche Vorgaben

- Keine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich nach § 46 Abs. 1 Nr. 2 WHG

Finanzierungsmöglichkeiten

- Im Rahmen der Richtlinien **Hochwasserschutz im Binnenland** – HWS (ELER) und der Richtlinie **Klimaschutz durch Moorentwicklung** – KLiMo (EFRE) ist lediglich der Rückbau von Drainagesystemen förderfähig, wenn dieser Synergien zum Hochwasserschutz im Einzugsgebiet bzw. zum Schutz und der Entwicklung von Mooren aufweist.
- Eine Förderung ist durch die **Förderrichtlinie Klimafolgenanpassung Wasserwirtschaft** möglich.

Einzubindende AkteurInnen

- FlächeneigentümerInnen
- FlächennutzerInnen / LandwirtInnen
- Gewässerunterhaltungspflichtige
- Fachfirma für Planung und Einbau der Drainagesteuerung

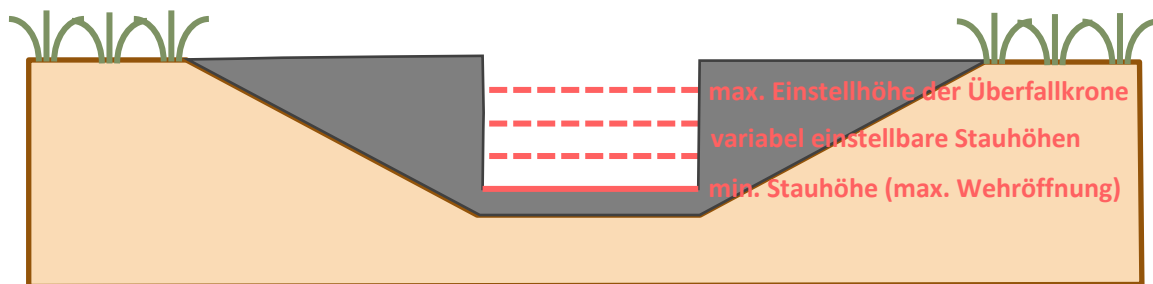
Hinweise zur Umsetzung:

- Gewährleistung von variabler **Steuerungsmöglichkeit der Drainage** bei unterschiedlichen Anbaukulturen muss geprüft werden

Beispiel 2: Aktive Stauhaltung im Graben

Beschreibung

Über ein automatisch oder manuell regulierbares Staubauwerk wird ein Graben bei dieser Maßnahme angestaut. Durch den Einstau verringert sich das Entwässerungspotenzial des Vorfluters, sodass die Grundwasseroberfläche in Abhängigkeit von der Stauhöhe angehoben wird. Auf die unterliegenden Gewässer wirkt sich die Maßnahme durch eine Dämpfung und zeitliche Verzögerung der Abflussspitzen sowie die Zunahme eine Zunahme des Abflusses bei Niedrigwasser aus. Die Höhe des Stauziels kann zeitlich variieren und auf die Bedürfnisse der AnliegerInnen abgestimmt werden (siehe untenstehende Abbildung).



Erläuterung zur Abbildung: Schematischer Querschnitt eines Grabens mit regulierbarem Staubauwerk und variablen Stauhöhen

Erforderliche standörtliche Voraussetzungen

- Umsetzung innerhalb **wasserwirtschaftlicher Einheit** mit Eignung für Maßnahmen an Entwässerungssystemen
- Kenntnis der **Lage drainierter Flächen** zur Abstimmung der Stauziele
- Kenntnis von **Einleitungen** oder **Entnahmen** von Wasser in oder aus dem Gewässer
- Kenntnis der **Abflussverhältnisse, Wasserqualität und Ökologie** des Gewässers für eine Abschätzung der Maßnahmenwirkung

Rechtliche Vorgaben

- Planfeststellung bzw. -genehmigung nach § 68 WHG
- Verschlechterungsverbot bzw. Verbesserungsgebot nach EU-WRRL
- Staurecht nach § 10 WHG und § 44 NWG

Finanzierungsmöglichkeiten

- Sofern die Maßnahme ebenfalls dem Hochwasserschutz dient, ist der Anstau von Gräben zur Haltung von Wasser im Rahmen der Richtlinie **Hochwasserschutz im Binnenland** – HWS (ELER) förderfähig.
- Sofern die Maßnahme ebenfalls dem Schutz und der Entwicklung von Mooren dient, ist der Anstau von Gräben zur Haltung von Wasser im Rahmen der Richtlinie **Klimaschutz durch Moorentwicklung** – KLiMo (EFRE) förderfähig.
- Eine Förderung ist durch die **Förderrichtlinie Klimafolgenanpassung Wasserwirtschaft** möglich.

Einzubindende AkteurInnen

- FlächeneigentümerInnen im Wirkungsbereich der Maßnahme
- FlächennutzerInnen im Wirkungsbereich der Maßnahme
- Wasser- und Bodenverband
- Unterhaltungsverband
- Unterhaltungspflichtige
- Kommune
- Untere Wasserbehörde / Genehmigungsbehörden
- Gewässerkundlicher Landesdienst
- Naturschutzverband

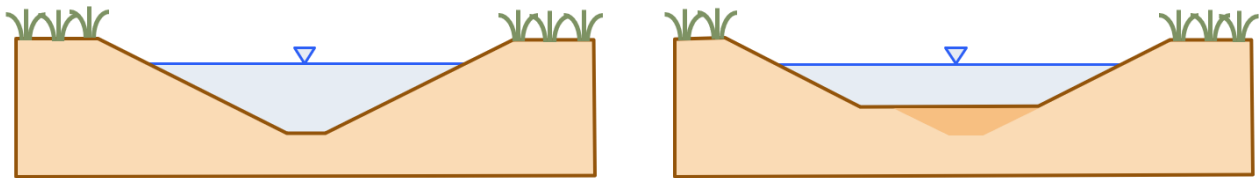
Hinweise zur Umsetzung

- Vor der Umsetzung der Maßnahme müssen gemeinsam mit den AkteurInnen **Stauziele** festgelegt werden.
- Für die Einrichtung der Stauziele muss ein verantwortlicher **Anlagenbetreiber** benannt werden.
- Auswirkungen auf **unterliegende Gewässer** hinsichtlich des Wasserhaushalts und der Auswirkungen auf Ökologie müssen in der Planung berücksichtigt werden.
- Die **Stabilität der Gewässerböschung** muss gewährleistet sein.
- Die **ökologische Durchgängigkeit** des Gewässers muss ggf. trotz Staubauwerk gewährleistet werden.
- Für die fachliche Planung und bauliche Umsetzung sollten eine **Fachplanung** und eine Baufirma beauftragt werden.
- Das Staubauwerk bedarf einer regelmäßigen **Wartung** durch den Verantwortlichen.

Beispiel 3: Anhebung der Gewässersohle

Beschreibung

Bei der Maßnahme „Anhebung der Gewässersohle“ erfolgt eine Erhöhung der Fließgewässersohle durch Einbringung von gewässertypischem Substrat (siehe untenstehende Abbildung). Das Ziel der Maßnahme ist eine Verringerung des Entwässerungspotenzials, sodass weniger Grundwasser den Vorflutern zufließt und die Grundwasseroberfläche angehoben wird. Um einen schadfreien Abfluss im Fließgewässer bei Hochwasser gewährleisten zu können, muss das Querprofil des Fließgewässers aufgeweitet werden. Dies kann durch Verbreiterung der Gewässersohle, durch Abflachung der Böschungsneigung oder durch eine Kombination beider erfolgen. Der Abfluss im Gewässer wird durch die Maßnahme bei Hochwasser- sowie bei Niedrigwasser gedämpft. Durch die Aufweitung des Querprofils wird die Fließgeschwindigkeit im Gewässer zudem verringert.



Erläuterung zur Abbildung: Schematische Darstellung der Maßnahme "Anhebung der Gewässersohle"; links: Querprofil eines Fließgewässers vor der Sohlanhebung; rechts: Querprofil eines Fließgewässers nach der Sohlanhebung

Erforderliche standörtliche Voraussetzungen

- Umsetzung innerhalb **wasserwirtschaftlicher Einheit** mit Eignung für Maßnahmen an Entwässerungssystemen
- Kenntnis der Lage von **Bauwerken** im Gewässer, falls eine Querprofilaufweitung erforderlich wird
- Kenntnis der Lage der **Drainageauslässe**, da diese oberhalb der angehobenen Sohle liegen müssen, um einen Drainageabfluss zu gewährleisten
- Kenntnis der **Eigentumsverhältnisse** der Gewässerrandstreifen, falls eine Querprofilaufweitung erforderlich wird
- Kenntnis der **Abflussverhältnisse** und **Ökologie** des Gewässers für eine Abschätzung der Maßnahmenwirkung

Rechtliche Vorgaben

- Planfeststellung bzw. -genehmigung nach § 68 WHG
- Verschlechterungsverbot bzw. Verbesserungsgebot nach EU-WRRL

Finanzierungsmöglichkeiten

- Eine Sohlanhebung als strukturverbessernde Maßnahme ist im Rahmen der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung der Fließgewässerentwicklung (**RL Fließgewässerentwicklung** - FGE) förderfähig.
- Eine Finanzierung durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen einer Gewässerrenaturierung ist zu prüfen.

Einzubindende AkteurInnen

- FlächeneigentümerInnen im Wirkungsbereich der Maßnahme
- FlächennutzerInnen im Wirkungsbereich der Maßnahme
- Wasser- und Bodenverband
- Unterhaltungsverband
- Unterhaltungspflichtige
- Kommune
- Untere Wasserbehörde / Genehmigungsbehörden
- Gewässerkundlicher Landesdienst
- Naturschutzverband

Hinweise zur Umsetzung

- Die Planung und Umsetzung der Maßnahme wird durch den **Vorhabenträger** beauftragt.
- Eine Prüfung der **hydraulischen Dimensionierung** kann klären, ob und inwiefern eine Aufweitung des Querprofils notwendig ist zum schadfreien Abfluss von Hochwasser.
- Auswirkungen auf **unterliegende Gewässer** hinsichtlich des Wasserhaushalts und der Auswirkungen auf Ökologie müssen in der Planung berücksichtigt werden.
- Beim in die Gewässersohle einzubringenden Material ist auf ein dem Gewässertyp entsprechendes **Substrat** zu achten.
- Bei der Planung kann ggf. geprüft werden, ob die Maßnahme mit einer **reduzierten Unterhaltung** des Gewässers kombinierbar ist zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeit und Förderung semiaquatischer Habitate.

Literaturverzeichnis

DVGW (2020): Zukunftsbilder 2030 bis 2100. Wandel erfordert bereits heute die Entwicklung langfristiger regionaler und lokaler Konzepte. Factsheet. Hg. v. Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW). DVGW Wasser-Impuls.

Ertl, G.; Bug, J.; Elbracht, J.; Engel, N.; Herrmann, F. (2019): Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18. Hg. v. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG). Hannover (GeoBerichte, 36).

Franke, Werner; Grave, Josef; Schüpp, Heiner; Steinwascher, Gerd (Hg.) (2002): Der Landkreis Emsland. Geographie, Geschichte, Gegenwart ; eine Kreisbeschreibung. Meppen: Landkreis Emsland.

Frankenberger, J.; Kladivko, E.; Sands, G.; Jaynes, D. B.; Fausey, N.; Helmers, M. J. et al. (2004): Drainage Water Management for the Midwest. Questions and Answers About Drainage Water Management for the Midwest. In: *Agricultural and Biosystems Engineering Extension and Outreach Publications* (1).

MKULNV (2011): Klimawandel und Wasserwirtschaft. Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel. 2. Auflage. Hg. v. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV).

MU (2016): Aktionsprogramm Niedersächsische Gewässerlandschaften. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.
