

Hochschule Ruhr West

Energie- und Wassermanagement, Mülheim an der Ruhr

Bachelorarbeit

Bewertung möglicher Maßnahmenkonzepte zur langfristigen
Sicherung der Wasserverfügbarkeit im Hammbach-Gebiet
unter besonderer Berücksichtigung eines kooperativen
Ansatzes mit der Landwirtschaft

Eingereicht bei: Prof. Dr. Mark Oelmann

Zweitprüfer: Dr. Axel Bergmann

Abgabedatum: 01.07.2022

Peter Bublitz

10008096

Eickelstraße 6, 46117 Oberhausen

Energie- und Wassermanagement, 12. Semester

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	8
1.1 Wissenschaftliche Relevanz und Ursache	8
1.2 Ziel der Arbeit.....	9
2 Methodik.....	10
2.1 Literaturrecherche	10
2.2 Nutzwertanalyse.....	11
3 Einfluss des Klimawandels: Trockenheit und Wasserknappheit und die Folgen in Deutschland und NRW	16
4 Wasserhaushalt und -bewirtschaftung im Hambach-Gebiet	23
4.1 Gebietseinordnung	23
4.2 Grundwasserbewirtschaftung.....	28
4.3 Wasserqualität.....	32
5 Theoretischer Maßnahmenkatalog	36
5.1 Landwirtschaftliche Maßnahmen	36
5.1.1 Angebaute Kulturen diversifizieren.....	36
5.1.2 Bodenanpassung und Waldumbau	39
5.1.3 Bewässerung.....	43
5.2 Kooperationsmaßnahmen	47
5.2.1 Wasserimport.....	48
5.2.2 Beregnungsverbände und infiltrationsgestützte Wasserversorgung.....	48

5.3	Nutzung von aufbereitetem Abwasser am Beispiel Spaniens.....	54
6	Maßnahmenbewertung	58
6.1	Landwirtschaftliche Maßnahmen	58
6.1.1	Angebaute Kulturen diversifizieren.....	58
6.1.2	Bodenanpassung und Waldumbau	60
6.1.3	Bewässerung.....	62
6.2	Kooperationsmaßnahmen	64
6.2.1	Beregnungsverbände und Infiltrationsgestützte Wasserversorgung.....	64
6.2.2	Nutzung von aufbereitetem Abwasser.....	65
6.3	Maßnahmenbewertung RWW und Entscheidungshilfe.....	66
7	Fazit	69
	Literaturverzeichnis	I

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aktuelle Dürre und nutzbare Feldkapazität Deutschland.....	18
Abbildung 2: Übersichtskarte Ruhrgebiet mit Einordnung Projektgebiet Hammbach	23
Abbildung 3: Übersichtskarte Projektgebiet mit Flächennutzung.....	24
Abbildung 4: Wasserschutzzonen im Hammbach-Gebiet.....	25
Abbildung 5: Hammbach-Gebiet gemäß dem Projekt KlimaBeHageN der DBU mit Naturschutzgebieten und wesentlichen wasserwirtschaftlichen Orten.....	27
Abbildung 6: Bewertung chemischer Zustand (Nitrat) des Hammbach-Gebiets	34
Abbildung 7: Nitratwerte der Brunnengalerien und des Wasserwerks	35
Abbildung 8: Hauptbodennutzung der landwirtschaftlichen Flächen	38
Abbildung 9: nutzbare Feldkapazität der landwirtschaftlichen Flächen	39
Abbildung 10: Bewässerungsverfahren und deren Verbreitung in Niedersachsen	44
Abbildung 11: Vollkosten einzelner Bewässerungstechniken	46
Abbildung 12: Anteil der Beregnungsfläche in Deutschland.....	50
Abbildung 13: Ausschnitt der Infiltrationsmengen des WHR von 1989 bis 2019.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick Nutzwerttabelle mit Beispielberechnung	11
Tabelle 2: Bewertungsskala Anreicherung des Wasservolumens im Grundwasserleiter.....	13
Tabelle 3: Bewertungsskala Wasserqualität	14
Tabelle 4: Bewertungsskala Planungsaufwand	14
Tabelle 5: Bewertungsskala Umsetzungsaufwand	15
Tabelle 6: Gewichtung der Kriterien	16
Tabelle 7: Bewertungsskala Relevanz RWW	16
Tabelle 8: Übersicht und Aufgaben der beteiligten Behörden in NRW	29
Tabelle 9: Eigenschaften einzelner Bewässerungstechniken	45
Tabelle 10: Direkte und indirekte Nutzung von Abwasser	56
Tabelle 11: Nutzwert „Angebaute Kulturen diversifizieren“	60
Tabelle 12: Nutzwert „Bodenanpassung und Waldumbau“	62
Tabelle 13: Nutzwert „Bewässerung“	63
Tabelle 14: Nutzwert „Beregnungsverbände und Infiltrationsgestützte Wasserversorgung“ ..	65
Tabelle 15: Nutzwert „Nutzung von aufbereitetem Abwasser“	66
Tabelle 16: Gewichtung des Nutzwerts aus Sicht der RWW	68
Tabelle 17: Maßnahmen-Rangfolge nach Nutzwert.....	69

Abkürzungsverzeichnis

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BReg	Bezirksregierung
BVV	Beregnungsverband Vorderpfalz
CRED	Centre for Research of the Epidemiology of Disasters
CO ²	Kohlenstoffdioxid
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DüV	Düngeverordnung
EGLV	Emschergenossenschaft Lippeverband
EU	Europäische Union
GCA	Global Carbon Atlas
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KlimaBeHageN	Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet (NRW): Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft und Wasserversorgung
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft
LWK NRW	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
MLUR BB	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg
MULNV NRW	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
nFK	nutzbare Feldkapazität
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖVGW	Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach

RWW	Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UFZ	Helmholtz Zentrum für Umweltforschung
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WasEG	Wasserentnahmeentgeltgesetz
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WHR	Wasserverband Hessisches Ried
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
WWDR	United Nations World Water Development Report
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
ZöL	Zukunftsstrategie ökologischer Landbau

1 Einleitung

1.1 Wissenschaftliche Relevanz und Ursache

Wasser ist weltweit eine geologische Ressource, die auf unterschiedlichste Weise Verwendung findet. Insbesondere Grundwasser wird jedoch - trotz seiner enormen Wichtigkeit für Haushalte, Landwirtschaft und Industrie – laut dem *World Water Development Report* (WWDR) der Vereinten Nationen (UN) teilweise unzureichend verwaltet und somit suboptimal verwendet.¹ Hinzu sorgen der globale Temperaturanstieg und eine zunehmende Anzahl an Extremwetter auch in gemäßigten Lagen – wie Europa – für Dürre-bedingte Wasserknappheit und Ernteverluste in der Landwirtschaft.²³ Gleichzeitig steigt das weltweite Bevölkerungswachstum und bildet so eine natürliche Zunahme des Wasserbedarfs.⁴

Um der Wasserknappheit in Deutschland frühzeitig entgegenzuwirken und zukünftige Nutzungskonflikte zwischen Haushalten, Landwirtschaft und Industrie zu vermeiden, hat das Bundesumweltministerium (BMU) am 08. Juni 2021 die Nationale Wasserstrategie für Deutschland vorgestellt. Teil dieser Strategie sind nicht nur die Prognose lokaler Wasserknappheiten, sondern auch die Erstellung von „anerkannte[n] Mechanismen und Regeln, um zu entscheiden, welche [Wasser-]Nutzung Vorrang hat“⁵ – im Falle einer Ausnahmesituation wie einer Hitzewelle oder Hochwasser.

Bundesministerin Svenja Schulze sagt über die nationale Wasserstrategie:

„Die Nationale Wasserstrategie bietet die Chance, frühzeitig auf die Herausforderungen zu reagieren. Sie soll ein Aufbruch für den umfassenden Gewässerschutz sein und der gesellschaftlichen Wertschätzung für das Wasser dienen. Sie adressiert alle gesellschaftlichen Gruppen in ihren jeweiligen Rollen.“⁶

Die klimatischen Szenarien für Europa und Deutschland erfordern bereits heute eine Veränderung, die uns langfristig vor lokalem Wasserstress⁷ schützt.⁸ Auch in Deutschland ist der Einfluss des Klimawandels spürbar. Die Wassernutzungskonflikte in Deutschland sind nach In-

¹ Vgl. UNESCO (2022), S. 4.

² Vgl. Bathiany, S. et.al. (2021), S. 310ff.

³ Vgl. Lebensministerium (2010), S. 8.

⁴ Vgl. Chmielewski (2011), S. 149ff.

⁵ BMU (2021a), S.4.

⁶ BMU (2021b).

⁷ Die Nutzung von mehr als 20 Prozent des Wasserdargebots eines Gebiets.

⁸ Vgl. DVGW (2020), S. 1ff.

halt der Nationalen Wasserstrategie hauptsächlich auf fehlende oder mangelnde Reglements im Rahmen der Nutzung und Verwaltung des Wassers zurückzuführen.

Im Hammbach-Gebiet nördlich der nordrhein-Westfälischen Stadt Dorsten hat sich durch die Dürrejahre 2018 und 2019 ein erhebliches Missverhältnis zwischen Grundwasserdargebot und Grundwasserbedarf gebildet. Es besteht ein Wassernutzungskonflikt zwischen den anliegenden Wassernutzern. In Folge des auftretenden Grund- und oberflächlichen Wassermangels durch eine zunehmende Trockenheit und fehlende Niederschläge werden Lösungen benötigt, welche die konkurrierenden Wassernutzer zufriedenstellen. Dies erfordert Zusammenarbeit, um den Grundwasserkörper und die Oberflächengewässer des Gebietes ökologisch und ökonomisch effizient zu verwalten.

Parallel zu den vorangegangenen Strategien und politischen Entwicklungen der Bundesregierung hat die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) bereits an Lösungen für die angesprochenen Herausforderungen geforscht. Zwei der DBU-Forschungsprojekte haben sich das Hammbach-Gebiet genauer angesehen und bilden die Grundlage der Informationen für die vorliegende Bachelorarbeit:

- Nr. 35728/01⁹: „Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet (NRW): Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft und Wasserversorgung (KlimaBeHageN)“
- Nr. 34437/01¹⁰: „Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hammbachs in Dorsten“.

1.2 Ziel der Arbeit

Die Arbeit soll einen ersten Einstieg in die Wasserhaushaltsproblematik im Hammbach-Gebiet abbilden und eine Basis schaffen, um zukünftigen wissenschaftlichen Arbeiten und Forschungen eine kurze, gesammelte Informationsgrundlage zu bieten. Weitergehend ist ein wichtiger Bestandteil der Arbeit zu beantworten, welche Maßnahmen zu einer langfristigen Sicherung der Wasserverfügbarkeit führen und für die Anlieger des Hammbach-Gebiets ökologisch und ökonomisch vertretbar sind.

Als Teilnehmer an diesen Projekten hat der lokale Wasserversorger – Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW¹¹) – Interesse und Pflicht die Lösungen bzw. Maßnah-

⁹ Unter der angegebenen Projektnummer auf der Seite der DBU auffindbar.

¹⁰ Unter der angegebenen Projektnummer auf der Seite der DBU auffindbar.

men im Hambach-Gebiet mitzugestalten, um eine effiziente und sichere Wasserversorgung für alle, um das Wasser konkurrierende, Akteure zu gewährleisten. Der Abschluss dieser Arbeit wird deshalb eine Entscheidungshilfe für die RWW beinhalten. Diese soll dabei helfen zu entscheiden, auf welche Weise die RWW in Kooperation mit den Landwirten die Wasserverfügbarkeit für alle Wassernutzer langfristig gewährleisten kann. Die Ergebnisse und Gedanken dieser Arbeit sind jedoch auch für jegliche andere Akteure des Hambach-Gebiets verwendbar.

Außerdem werden analog zum Hambach-Gebiet beispielhafte Projekte sowohl aus dem deutschen, aber auch internationalem Raum herangeführt, um eine Art „Best-Practice-Transfer“¹² der erfolgreichen, praktisch umgesetzten Maßnahmen für das Hambach-Gebiet zu erzeugen.

2 Methodik

Die in der Arbeit verwendeten Methoden sind sowohl Literaturrecherche als auch eine vereinfachte Art der Nutzwertanalyse (NWA). Die NWA wird bei qualitativen, betriebswirtschaftlich komplexen Entscheidungen verwendet, um besagte Entscheidungen rational und transparent zu machen. Besonders wichtig ist hierbei die Vergleichbarkeit zwischen den Entscheidungen. Sie ermöglicht eine gewisse Vergleichbarkeit auch zwischen sehr unterschiedlichen Entscheidungen, indem sie diese Entscheidungen nach Einzelkriterien bewertet. Aufgrund der Komplexität der Wassernutzungskonkurrenz bietet sich die NWA zur Bewertung der möglichen Maßnahmen im Hambach-Gebiet an. Innerhalb der NWA wurden für das Hambach-Gebiet spezifische und auf das Ziel abgestimmte Kriterien genutzt. Diese Kriterien wurden vom Autor zusammengestellt und werden in Kapitel 2.2 genauer erläutert.

2.1 Literaturrecherche

Die in dieser Arbeit genutzte Literatur besteht aus einem weiten Spektrum an Quellen, wie Publikationen von Bundes- und Landesregierungen oder Ministerien oder auch Interessenverbänden und Fachzeitschriften. Jegliche Quellen wurden kritisch geprüft, um eine erhebliche Beeinflussung durch Interessen oder Positionen zu vermeiden. Die Literaturrecherche wurde durch die Bedingungen der Corona-Pandemie ausschließlich über das Internet getätigt.

¹¹ RWW wird in dieser Arbeit als Gesellschaft mit dem bestimmten femininen Artikel „die“ beschrieben.

¹² Übertragung von anerkannt funktionierenden und erfolgreichen Handlungsweisen oder Prozessen.

2.2 Nutzwertanalyse

Allgemein ist die NWA eine Methode, durch die komplexe Entscheidungssituationen vereinfacht werden sollen. Prinzipiell soll über den sogenannten Nutzwert eine bestmögliche Entscheidung getroffen werden. Im Fall des Hammbach-Gebiets gibt es den DBU-Projekten nach sehr viele Möglichkeiten den Grundwasserleiter auch zukünftig in einem gesunden Maß zu bewirtschaften und dabei alle Wassernutzer sicher zu versorgen. Viele dieser Möglichkeiten sind jedoch von sehr komplexen und vielschichtigen Faktoren beeinflusst, sodass eine Entscheidung schwerfällt, welche Maßnahmen in Zukunft umgesetzt werden sollten. Die NWA soll diese Entscheidung erleichtern.

Im Rahmen der NWA wird die komplexe Entscheidungsproblematik in kleinere Kriterien fragmentiert. Diese Fragmente werden einzeln bewertet und sorgen so für eine klare, differenzierte Bewertung, die nicht durch den ganzheitlichen Blick auf die Situation verschleiert wird.¹³ Der beste Nutzwert stellt die – den Kriterien entsprechend – beste Entscheidung dar. Durch das Gewichten der Bewertungskriterien wird Vergleichbarkeit von diversen Handlungsoptionen erzielt. In Tabelle 1 ist eine vereinfachte NWA dargestellt, um die Vorgehensweise beim Erstellen eines Nutzwertes zu visualisieren.

Tabelle 1: Überblick Nutzwerttabelle mit Beispielberechnung

<i>Maßnahme A</i>	<i>Kriterium 1</i>	<i>Kriterium 2</i>	<i>Kriterium 3</i>
<i>Messwert</i>	Sehr niedrig	Hoch	Sehr niedrig
<i>Skalenwert (1-10)</i>	9	8	2
<i>Gewicht</i>	0,7	0,2	0,1
<i>Teilnutzwert</i>	$9 \cdot 0,7 = 6,3$	$8 \cdot 0,2 = 1,6$	$2 \cdot 0,1 = 0,2$
<i>Gesamtnutzwert</i>	$6,3 + 1,6 + 0,2 = 8,1$		

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kühnapfel (2021).

Bei der NWA dieser Arbeit wird wie abgebildet eine Maßnahme über eine Vielzahl unterschiedlicher Kriterien bewertet:

Die Spalte *Messwert* bildet den qualitativ oder quantitativ gemessenen Wert der Kriterien wieder. In der NWA dieser Arbeit werden die Messwerte aufgrund der geringen quantitativen Informationslage, der Art der Kriterien und dem Rahmen der Arbeit an sich hauptsächlich qualitativer Natur sein.

¹³ Kühnapfel (2021), S. 6ff.

Um zwischen diesen qualitativen Messwerten eine Vergleichbarkeit zu erzeugen, werden sie in einen *Skalenwert* umgewandelt. Rein wissenschaftlich gesehen ist es möglich die Messwerte dieser Arbeit bereits auf einer Ordinalskala zu ordnen. Da jedoch die Bedeutung der einzelnen Messwerte trotz gleicher Bezeichnung innerhalb der Kriterien abweicht, ist es hier sinnvoller, die Messwerte auf eine Intervallskala durch genaue Skalenwerte von eins bis zehn (1-10) zu übertragen. Außerdem wird so das Erzeugen eines numerischen Nutzwertes erst möglich gemacht. Die Skalenwerte können sich zwischen den Messwerten von Kriterien unterscheiden. In dieser Arbeit bedeutet ein höherer Skalen- bzw. Nutzwert ein besseres Ergebnis. Mess- und Skalenwerte können sich wie in Tabelle 1 unterscheiden. Bspw. ist ein „sehr niedriger“ Temperaturanstieg im Kontext des Klimawandels positiv (hoher Skalenwert). Ein „sehr niedriges“ öffentliches Interesse am Klimawandel jedoch negativ (niedriger Skalenwert).

In der Regel sind nicht alle Kriterien in einer NWA genau gleichwertig, weshalb den Skalenwerten der Kriterien eine Gewichtung gegeben werden muss. Das *Gewicht* bezeichnet demnach die Wertung der einzelnen Kriterien untereinander.¹⁴ Das Gesamtgewicht muss immer 100% entsprechen und die Teilgewichte der Kriterien ergeben in der Summe 100%. Die Gewichtung der Kriterien ist im Regelfall dem Nutzer überlassen und bringt somit den größten Anteil an subjektiven Bewertungsfehlern mit sich.

Durch die Multiplikation der Skalenwerte mit dem Gewicht ergibt sich im Anschluss der *Teilnutzwert*. Dieser bildet das finale Ergebnis der einzelnen Kriterien ab. Das Ergebnis der Kriterien wird im Anschluss addiert, um den *Gesamtnutzwert* zu ermitteln. Dieser Wert ist für den Abschluss der Maßnahmenanalyse der Vergleichswert, um den Maßnahmen eine Rangfolge zu unterlegen.

Hierbei sei zu erwähnen, dass eine Nutzwertanalyse durch die Auswahl der Kriterien, der Gewichtung und der allgemeinen Fragestellung und Zielführung der Arbeit einen unvermeidbaren Anteil an Subjektivität mit sich bringt. Diese Subjektivität sei somit bei Bewertung und Ergebnis der Maßnahmenanalyse zu berücksichtigen.

Des Weiteren ist die NWA dieser Arbeit eine deutlich vereinfachte Art der NWA, um nicht die komplexe und breite Thematik dieser Arbeit noch undurchsichtiger zu machen. Deshalb wird unter anderem auch auf eine Sensitivitätsanalyse verzichtet.

¹⁴ Vgl. Kühnapfel (2021), S. 18f.

Im Endergebnis werden die Maßnahmen dieser Arbeit durch vier Kriterien bewertet, die im Folgenden mit ihren Einflüssen, Fragestellungen und deren Bewertungen tabellarisch erläutert werden:

1. Anreicherung des Wasservolumens im Grundwasserleiter

Dieses Kriterium soll die reale Veränderung des Wasservolumens abbilden. Diese Veränderung wird über Szenarien theoretisiert, die in den vorlaufenden BDU-Projekten bereits thematisiert und teilweise schon analysiert worden sind. Innerhalb der NWA dieser Arbeit wird auf diese bereits erstellten Szenarien zurückgegriffen.

Das Kriterium soll rein quantitativ die Reduzierung des Grundwasserverbrauchs, aber auch den Zugewinn des Grundwassers durch externe Wasserzufuhr bewerten. Da sich solche Werte des Wasservolumens nur schwer genau abschätzen lassen, werden die Maßnahmen mit einer qualitativen Bewertungsskala von „sehr wenig (1-2)“ bis „sehr viel (9-10)“ bewertet, wobei sich diese Bewertungen auf die Anreicherung des Wasservolumens im Grundwasserleiter beziehen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Bewertungsskala Anreicherung des Wasservolumens im Grundwasserleiter

sehr wenig		wenig		mittelmäßig		viel		sehr viel	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quelle: Eigene Darstellung.

2. Wasserqualität

Die Wasserqualität ist von enormer Bedeutung für die öffentliche Wasserversorgung, weil gute Wasserqualität die menschliche Gesundheit bei Wassergenuss (bspw. Trinkwasser oder als Nutzwasser zur Lebensmittelzubereitung) und -gebrauch (bspw. Duschen oder Wäsche) sichert. Im Rahmen des Kriteriums dieser Arbeit bezieht sich der Begriff Wasserqualität auf die Qualität von oberflächlichen und unterirdischen Süßwässern, die zur Trinkwasser- und landwirtschaftlichen Versorgung genutzt werden.

Die Qualität des Grundwassers im Hammbach-Gebiet wird durch viele Faktoren beeinflusst. Die möglichen Maßnahmen zur Volumenanreicherung des Grundwassers können teilweise für eine veränderte Stoffzufuhr in das Grundwasser sorgen, was wiederum die Qualität beeinflusst. Das Kriterium der Wasserqualität soll bewerten, inwiefern die Maßnahme die aktuelle Qualität des Grundwassers beeinflusst. Hierbei wird mit einer Bewertungsskala von „starke Abnahme (1-2)“ bis „starke Verbesserung (9-10)“ bewertet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Bewertungsskala Wasserqualität

starke Abnahme		leichte Abnahme		gleichbleibend		leichte Verbesserung		starke Verbesserung	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quelle: Eigene Darstellung.

3. Planungsaufwand

Der Planungsaufwand deckt den organisatorischen Aufwand der Maßnahme ab. Hierbei liegt der Fokus nicht bei den entstehenden Kosten der Maßnahme, sondern lediglich auf qualitative Einflüsse, die vor der Kostenbetrachtung entstehen. Beispiele hierfür wären die Anzahl der Wassernutzer, die sich an einer Maßnahme beteiligen oder die damit verbundenen behördlichen Hürden, die einer Maßnahme im Wege stehen. Des Weiteren ist für den Planungsaufwand die Akzeptanz der Maßnahme von Bedeutung. Es ist nicht nur die Anzahl der Wassernutzer – und die damit verbundene Komplexität – von Relevanz, sondern auch, ob diese Wassernutzer mit der Maßnahme zufrieden sind oder sie im Zweifel sogar ablehnen würden.

Außerdem fließt in dieses Kriterium mit ein, ob und wie aufwendig sich die Maßnahme in anderen, vergleichbaren Gebieten umsetzen lassen kann. Abgeleitet werden diese Informationen aus Kapitel 4.4. Der Planungsaufwand wird von „sehr hoch (1-2)“ bis „sehr gering (9-10)“ bewertet (Tabelle 4).

Tabelle 4: Bewertungsskala Planungsaufwand

sehr hoch		hoch		mittelmäßig		gering		sehr gering	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quelle: Eigene Darstellung.

4. Umsetzungsaufwand

Die Umsetzung der vorgesehenen Maßnahmen zieht unausweichlich Kosten mit sich. Der Umsetzungsaufwand soll bewerten, welche Kosten überhaupt entstehen und wer am Ende

diese Kosten trägt. Da eine genaue Kostenanalyse jedoch den Rahmen dieser Arbeit übersteigt, werden unter dem Kriterium „Umsetzungsaufwand“ die einzelnen Kostenträger¹⁵ der Maßnahmen bewertet und mit hypothetischen Potenzialen versehen. Die Bewertungsskala für den Umsetzungsaufwand der Maßnahmen reicht demnach von „sehr hohes Kostenpotenzial (1-2)“ bis „sehr geringes Kostenpotenzial (9-10)“ (Tabelle 5).

Tabelle 5: Bewertungsskala Umsetzungsaufwand

sehr hohes Kostenpotenzial		hohes Kostenpotenzial		mittelmäßiges Kostenpotenzial		geringes Kostenpotenzial		sehr geringes Kostenpotenzial	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quelle: Eigene Darstellung.

Nach den Einzelbewertungen der Kriterien werden diese gewichtet, um einen Nutzwert zu bilden. Die Gewichtung der Kriterien in der NWA dieser Arbeit sind auch an das Informationsvolumen der Kriterien angelegt. Ein Kriterium, zu dem insgesamt weniger Informationen vorhanden sind, wird demnach eine geringere Gewichtung unterlegt. Des Weiteren ist für die Gewichtung relevant, wie einfach sich die Kriterien *ex post* messen lassen. Das Wasservolumen (1) und die Wasserqualität (2) des Grundwassers lassen sich somit bspw. deutlich leichter nachvollziehen als die Berechnungen des monetären Aufwandes (4) oder des Arbeitsaufwandes (3) in einem so komplizierten Konstrukt. Außerdem ist das Kriterium der Wasserqualität im erweiterten Sinne als K.O.-Kriterium¹⁶ zu verstehen, da eine Nicht-Einhaltung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) dazu führt, dass die Maßnahme ungeeignet ist. Sollte eine Maßnahme die Wasserqualität so erheblich negativ beeinflussen, dass die Vorgaben der WRRL unter keinen Umständen eingehalten wird, ist sie nicht zu verfolgen, ohne andere technische oder regulatorische Veränderungen als Bedingung bei zuführen. Die Gewichtung der Kriterien ist auch für den Einfluss auf die Ursache der Problematik des Hammbach-Gebiets ausgelegt. Die vom Autor angedachten Gewichtungen der Kriterien lassen sich in Tabelle 6 ablesen.

¹⁵ Kostenträger wird hier analog mit dem betriebswirtschaftlichen Begriff verwendet, wobei die Maßnahmen dem betriebswirtschaftlichen Produkt entsprechen.

¹⁶ Für die Entscheidung einer bestimmten Frage allein ausreichendes Kriterium.

Tabelle 6: Gewichtung der Kriterien

Kriterien	1) Wasser- volumen	2) Wasser- qualität	3) Planungs- aufwand	4) Umsetzungs- aufwand
<i>Gewicht</i>	0,3	0,2	0,25	0,25

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gewichtung der Kriterien ist demnach, bis auf einen geringeren Einfluss der Wasserqualität und einen höheren Einfluss des Wasservolumens, gleichmäßig verteilt. Dies lässt sich mit der akuten Problematik des Hammach-Gebiets begründen, da das Grundwasservolumen und die damit verbundene Bewirtschaftung und Verwaltung des Grundwassers im Konflikt sind.

Zusatzkriterium RWW

Zusätzlich zu den vier definierten Kriterien der NWA wird ein weiteres Kriterium mit einem eigenen Wert in dieser Arbeit Anwendung finden: Wie stark kann die RWW sich bei der Umsetzung der Maßnahme beteiligen und welche Rolle kann sie bei der Umsetzung übernehmen?

Bei diesem Kriterium geht es vor allem um die Einbringung der Expertise der RWW. Es soll im Anschluss der NWA dazu dienen, eine Grundlage an Ideen und Gestaltungsrichtungen für die Unternehmensplanung der RWW im Hammach-Gebiet zu bilden. Auch bei diesem Kriterium wird eine Skala von „irrelevante Teilnahme (1-2)“ bis „optimale Anwendungsmöglichkeiten der Expertise (9-10)“ genutzt (Tabelle 7). Es wird jedoch keine zusätzliche Gewichtung stattfinden, weil der zusätzliche neue Wert das Gewicht für die RWW bildet.

Tabelle 7: Bewertungsskala Relevanz RWW

Irrelevante Teilnahme		Geringe Teilnahme		Einbringung von Expertise		hohe Relevanz an Expertise		Optimale Anwendungsmöglichkeiten der Expertise	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quelle: Eigene Darstellung.

3 Einfluss des Klimawandels: Trockenheit und Wasserknappheit und die Folgen in Deutschland und NRW

Die nachteiligen Auswirkungen der Änderungen des Erdklimas sind weltweit bekannt, aber nicht überall gleichermaßen zu spüren. Das Eis an den Polarkappen und in den Gletschern

schmilzt, die Anzahl der Naturkatastrophen, insbesondere der Überschwemmungen, haben in den vergangenen 20 Jahren zugenommen.¹⁷ Als Reaktion auf diese und viele weitere direkt spürbaren klimatischen Entwicklungen der letzten 40 Jahre ist durch die Vereinten Nationen ein multilaterales Klimaschutzabkommen begründet worden. Auch die 17 *Sustainable Development Goals* (Nachhaltige Entwicklungsziele – SDG) der Vereinten Nationen setzen Maßnahmen zum Klimaschutz als eigenes Ziel fest. Die Vereinten Nationen haben den Klimawandel und seine Auswirkungen zu einem der wichtigsten Themen der Weltbevölkerung verschärft.

Deutschland

Auch Deutschland trägt eine große Mitverantwortung für den Klimawandel. Als Industriena-tion und Teil der G7 sorgte Deutschland im Jahr 2020 mit ca. 1,85 Prozent für den sechst-größten Kohlenstoffdioxid (CO²)-Ausstoß aller Länder.¹⁸ Damit ist Deutschland nach wie vor eins der Länder mit der stärksten Pro-Kopf-Einwirkung durch CO² auf das Weltklima.¹⁹ Die Auswirkungen sind in den letzten Jahren auch in Deutschland immer häufiger zu spüren. So hatte Deutschland erst kürzlich zwei aufeinander folgende Dürrejahre (2018 und 2019) mit Wärmerekorden. Die Unwetter mit einem darauffolgenden Jahrhunderthochwasser im Jahr 2021 forderten sogar Todesopfer in dreistelliger Höhe. Sieben der zehn heißesten Jahre in der Wetteraufzeichnung liegen im vergangenen Jahrzehnt.

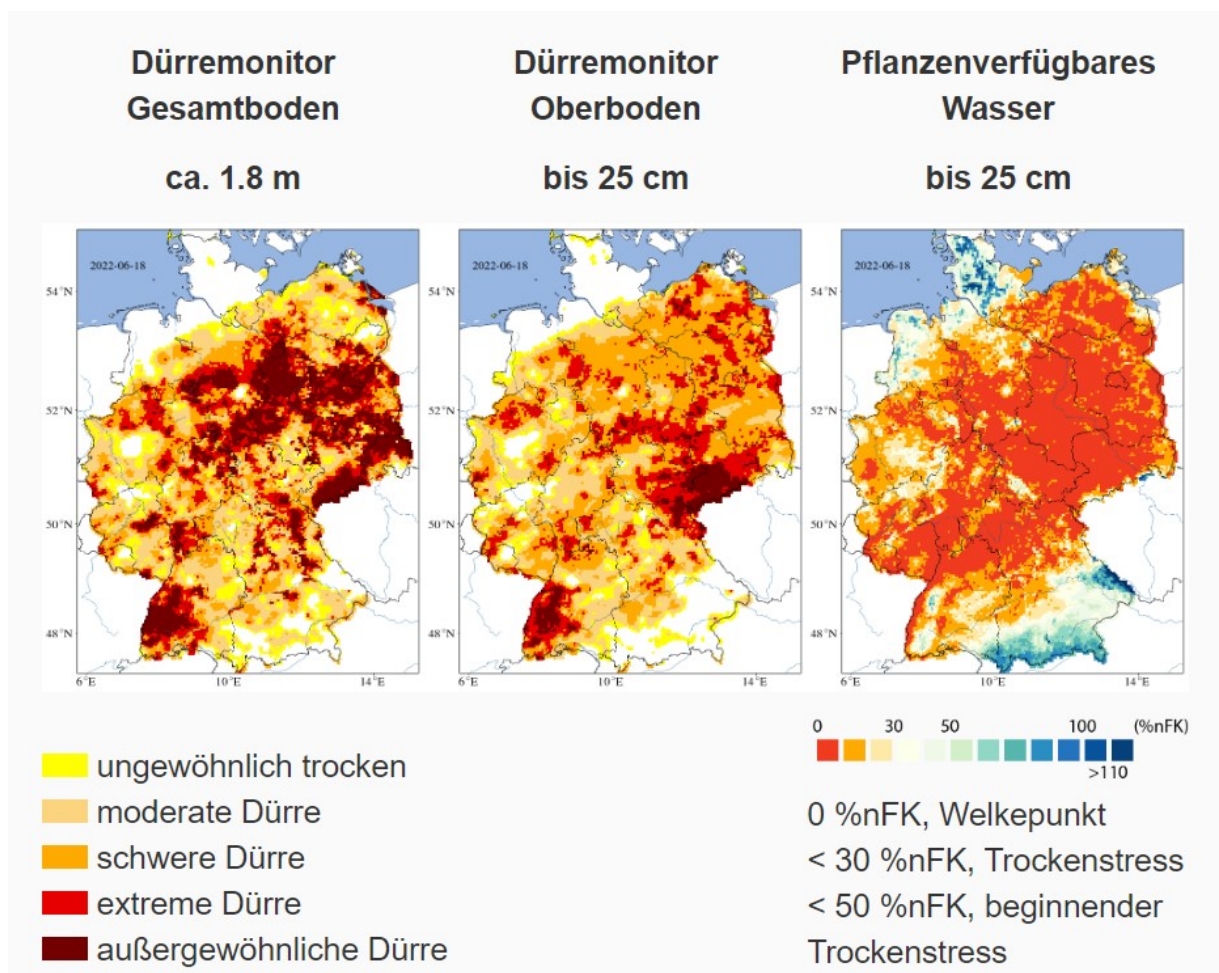
¹⁷ Vgl. CRED (2020), S.6 ff.

¹⁸ Vgl. GCA (2021).

¹⁹ Vgl. IEA (2021), S. 60ff.

Der Einfluss des Klimawandels ist für Land- und Wasserwirtschaft von enormer Bedeutung. Unregelmäßige, aber dafür konzentrierte Niederschläge und Niederschlagsserien sorgen für eine komplette Übersättigung des Bodens, die letztendlich zu Überschwemmungen und Hochwasser führt, wie es auch im Jahr 2021 in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens und in Rheinland-Pfalz der Fall war. Diese einzelnen, konzentriert starken Unwetter sind die Ausnahme in den regelmäßig gewordenen langanhaltenden Trockenheitsphasen der vergangenen Jahre. Dies zeigt der Dürremonitor des Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) deutlich. Der Boden Deutschlands ist von dauerhafter Trockenheit betroffen (Abbildung 1). Große Teile Deutschlands sind bereits heute von außergewöhnlicher Dürre betroffen und die nutzbare Feldkapazität (nFK) des Oberbodens zeigt einen ausgebreiteten Trockenstress. Die Trockenheit des Oberbodens bereitet insbesondere der Landwirtschaft Sorgen, denn bei einer

Abbildung 1: Aktuelle Dürre und nutzbare Feldkapazität Deutschland



Quelle: UFZ (2022).

nFK von weniger als 30 Prozent (Trockenstress) sind jegliche angebauten Kulturen bewässerungswürdig.²⁰ Diese verbreitete Bewässerungswürdigkeit steht gegenüber einer im internationalen Vergleich sehr geringen Bewässerungsquote in Deutschland. Im Jahr 2015 waren etwa 50 Prozent der Bodenfläche in Deutschland in landwirtschaftlicher Benutzung²¹, davon waren nur 2,7 Prozent bewässert.²² Mit einer Wasserentnahme von 0,25 Prozent ist die Beregnung im Jahr 2015 nur ein marginaler Anteil des Gesamtwasserverbrauchs gewesen. Solche Entnahmen sind jedoch nur unter den klimatischen Bedingungen zu erwarten, wie sie in der Vergangenheit üblich waren. Der Klimawandel bzw. die klimatischen Prognosen für Deutschland lassen durch allgemeine Erwärmung, die Verschiebung der Vegetationsperioden in der Landwirtschaft und erhöhte Niederschlagsvolatilität einen erhöhten Bedarf an Bewässerung vermuten.²³²⁴

Akute Wasserknappheit oder Wasserstress herrscht in Deutschland allgemein jedoch nicht.²⁵ Das Wasserdargebot deckt auch innerhalb der witterungsbedingten Schwankungen die Nachfrage und Entnahme an Wasser ab.²⁶ Unterschiede gibt es in Deutschland vor allem aufgrund der hydrogeologischen und regional-klimatischen Gegebenheiten einzelner Regionen. In den Jahren 2018 bis 2020 wurden einige regionale Wassersysteme durch die ausgebliebenen Niederschläge an ihre Grenzen gebracht. Der Grundwasserspiegel in Niedersachsen war Ende 2019 im Landesmittel etwa 40 Zentimeter und regional sogar bis zu 1,5 Meter unter den langjährigen Mittelwert gesunken.²⁷ Die direkten Auswirkungen waren im Jahr 2020 in der niedersächsischen Gemeinde Lauenau zu spüren. Dort unterbrach kurzzeitig die Trinkwasserversorgung.²⁸ Das Quellwasser, das für die dortige Trinkwasserversorgung die zentrale Versorgungsquelle ist, war durch das mangelnde Niederschlagsvolumen ausgeschöpft. Der Wasserspeicher der Gemeinde kam der Nachfrage nach Wasser nicht hinterher. Notgedrungen waren die Wassernutzer gezwungen, ihr Trinkwasser im Supermarkt zu kaufen und Brauchwasser für die Toilettenspülung aufwendig in Zehn-Liter-Eimern von der Feuerwehr abzuholen.

Der Deutsche Verbund des Gas- und Wasserfachs (DVGW) sieht in diesem Stresstest der Dürrejahre einen erheblichen Handlungsbedarf: Die Wasserversorger sind in der Pflicht ihre

²⁰ Vgl. MLUR BB (2005), S. 6.

²¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2016), S. 6f.

²² Vgl. BUND (2020), S. 31.

²³ Vgl. Schittenhelm/Kottmann (2017), S. 11.

²⁴ Vgl. Riedel et al. (2022c), S. 134ff.

²⁵ Vgl. UBA (2022b).

²⁶ Vgl. UBA (2020).

²⁷ Vgl. März (2021).

²⁸ Vgl. Deutsche Welle (2020).

Versorgungssysteme so zu sichern, dass auch in Extremsituationen die Wasserversorgung nicht abbricht.²⁹ Ebenso sieht es die Bundesregierung in ihrer Nationalen Wasserstrategie, die aufbauend auf den zweijährigen Nationalen Wasserdialo, eine Wassernutzungspriorität („Wasserhierarchie“) als Ziel für 2050 festgelegt hat.³⁰ Über diese Priorität soll im Falle von Wasserknappheit und daraus entstehenden Nutzungskonflikten der Ressource Wasser über die Verwendung des Wasser bestimmt werden.

Wie anfänglich beschrieben, sind regionale Wasserknappheiten oft durch eine Konkurrenz zwischen Landwirtschaft, Industrie und Haushalten zu begründen, die alle durch langanhaltende Dürreperioden zu einer erhöhten Wasserentnahme tendieren. In Gebieten mit einer Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser konkurriert diese regional mit der landwirtschaftlichen Bewässerung. Die Landwirtschaft hat deutschlandweit nur einen geringen Anteil der Wasserentnahme. Die Wasserentnahmen können durch längere Trockenheitsperioden jedoch unverhältnismäßig ansteigen, was sich durch den Bewässerungsbedarf der angebauten Kulturen begründen lässt. Deutschlandweit sind vor allem Weizen, Silomais und Gerste angebaut.³¹ Diese Kulturen benötigen deutlich weniger Wasser als Kartoffeln, Obst oder Gemüse. Eine ausgeprägte Bewässerung dieser Kulturen ist in der Vergangenheit nur nötig gewesen, wenn eine Kombination von leichten Böden und unzureichendem Niederschlag vorhanden war.³² Im Gegensatz dazu müssen Kartoffeln, einige Obst- und Gemüsekulturen oder Sonderkulturen wie Hopfen und Wein eine nahezu durchgehende Bewässerung während der Vegetationsphase bekommen, um als Lebensmittel für den Menschen Verwendungen zu finden. Doch durch die langen Trockenheitsphasen sind auch resilientere Kulturen anfälliger für Austrocknung geworden.

Eine mangelnde Versorgung der angebauten Kulturen bedeutet für viele Landwirte nicht nur Einbußen in Qualität und dem folgenden Umsatz, sondern immense Einbußen im Erntevolumen. Die Konkurrenz zwischen landwirtschaftlicher Bewässerung und der Trinkwasserversorgung tritt regional begrenzt, aber dennoch deutschlandweit in Erscheinung.³³

²⁹ Vgl. DVGW (o.J.).

³⁰ Vgl. BMUV (2021c), S. 30ff.

³¹ Vgl. BLE (2021).

³² Vgl. ZALF (2015), S.36.

³³ Vgl. Anter et al. (2017), S. 133ff., Cassel et al. (2015), S. 42ff.

Nordrhein-Westfalen

In NRW sind die Auswirkungen des Klimawandels durch das Hochwasser 2021 deutlich spürbar geworden. Dem gegenüber stehen Hitzewellen, allgemeine Erwärmung und die dadurch gestiegene Verdunstung von Wasser, die 2018 „zum ersten Mal seit Aufzeichnungsbeginn“ größer war als der Niederschlag.³⁴ Die klimatischen und wirtschaftlichen Schäden durch die Auswirkungen des Klimawandels machen einen dringlichen Handlungsbedarf deutlich. Im Rahmen der Anpassungs- und Handlungsmöglichkeiten wird in NRW ein Klimafolgenmonitoring durchgeführt, mit dem Ziel „Effekte in Natur und Umwelt [...] frühzeitig zu erkennen, um rechtzeitig angemessen auf Veränderungen und Risiken reagieren zu können.“³⁵

In NRW ist eine negative Tendenz der Ressource Wasser wahrzunehmen. Trockenere und heißere Bedingungen schmälern regionale Grundwasserbilanzen durch erhöhte Verdunstung und mangelndes Niederschlagsvolumen.³⁶ Das spüren vor allem Landwirte, die durch ausbleibenden Niederschlag ihren Acker bewässern müssen oder auch die Wasserversorger, die aufgrund längerer Hitze- und Trockenheitsphasen verstärkte Spitzenabnahmen der Haushalte und Industrie dokumentieren.³⁷ In einigen Gemeinden musste zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung bspw. das private Bewässern von Grün- und Gartenflächen verboten werden.³⁸ Engpässe in der Trinkwasserversorgung lassen sich jedoch auch auf mangelnde Versorgungsinfrastruktur zurückführen.³⁹

Simon et al. (2019, S.6) stellen im Einzugsgebiet der Erft im Südwesten NRWs drei Hauptkenntnisse fest, die durch das Dürrejahr 2018 gewonnen wurden:⁴⁰

- 1) Die Systemreserven für Spitzenabgaben in Transportleitungen und Pumpenanlagen müssen großzügig bemessen sein. Die Vorhaltung von Kapazität rückt somit stärker in den technisch-wirtschaftlichen Fokus.
- 2) Die Redundanzen⁴¹, die die Trinkwasserversorgung bei Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen sicherstellen, sollten denkbare Havariefälle⁴² bei zeitgleichem Auftreten von Hitzeperioden bewältigen können.

³⁴ LANUV (2021), S. 9.

³⁵ LANUV (2021), S. 10.

³⁶ Vgl. LANUV (2021), S. 21f.

³⁷ Vgl. Rüße (2021), S. 1ff.

³⁸ Vgl. MULNV NRW (2021b), S. 3.

³⁹ Vgl. MULNV NRW (2021b), S. 2f.

⁴⁰ Simon et al. (2019), S. 19.

⁴¹ Hier technisch: Die Notfallsysteme der Trinkwasserversorgung.

- 3) Eine Vernetzung mit benachbarten Wasserversorgern ist sinnvoll, um nutzbare Kapazitäten zu vergrößern und gegenseitige Hilfestellung leisten zu können.

Die erste Erkenntnis im Erftverband deckt sich mit den Beobachtungen der Landesregierung, dass insbesondere die Infrastruktur der Wasserversorgung für die Spitzenabgaben an heißen, trockenen Tagen verbessert werden muss. Weitergehend schließt auch Punkt 2 an den Ausbau und die Absicherung der Wasserversorgungs-Infrastruktur an. Eine Vernetzung von Wassernutzern zur Bündelung von Expertise und Versorgungssicherheit findet in NRW noch nicht weiträumig statt. In anderen Teilen Deutschlands wird ein solcher Zusammenschluss jedoch bereits länger erfolgreich praktiziert. Durch den Zusammenschluss der Wasser- und Bodennutzer werden Wissen, praktische Erfahrung und ökonomische sowie ökologische Ziele konzentriert. Der Wasserverband Hessisches Ried und der Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände in Uelzen (Kapitel 5.2) sind Beispiele für nachhaltiges Wassermanagement im Sinne des Integrierten Wasserressourcenmanagement (IWRM). Die Erkenntnisse und Eigenschaften dieser Verbände werden genutzt, um eine Verbandsgründung im Hambach-Gebiet zu argumentieren.

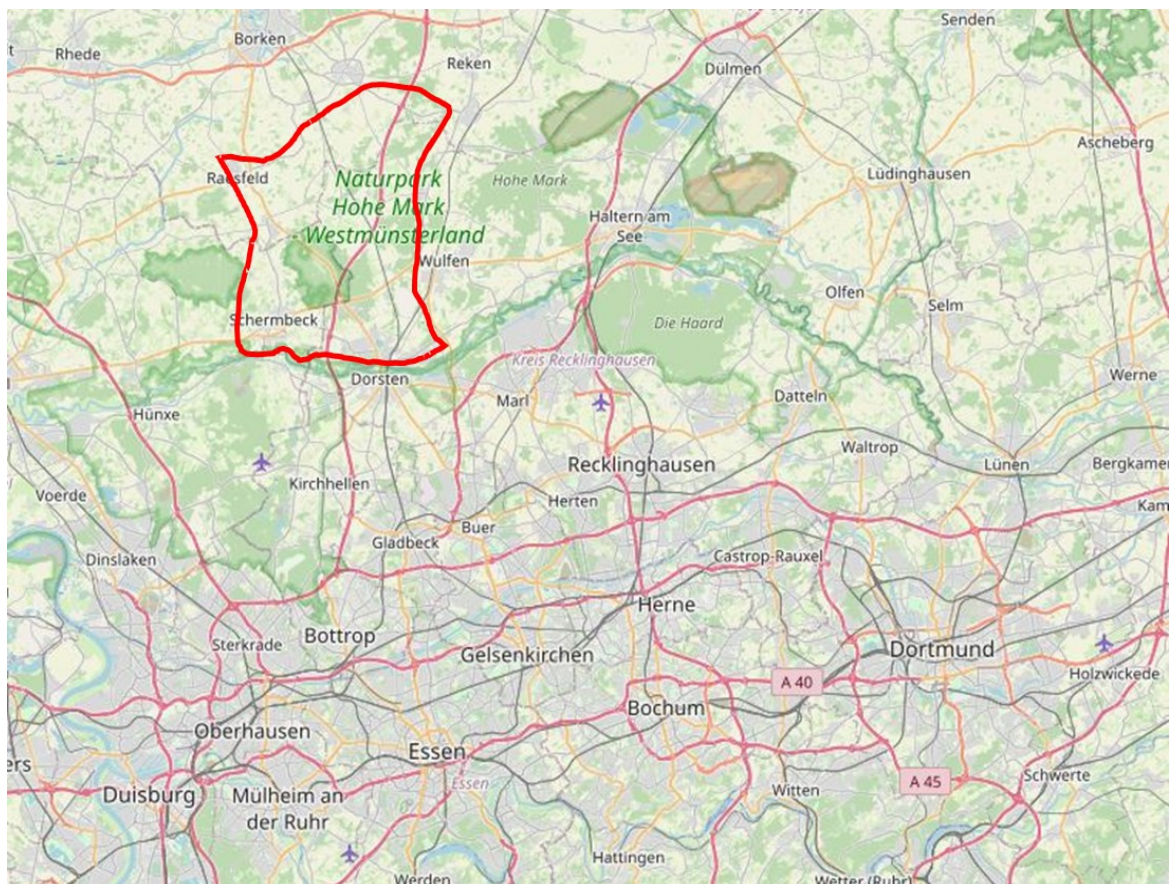
⁴² Betriebsvorfälle mit Totalschäden. Im Fall der Wasserversorgung: Ausfall der Trinkwasserversorgung.

4 Wasserhaushalt und -bewirtschaftung im Hammbach-Gebiet

4.1 Gebietseinordnung

Das Hammbach-Gebiet bzw. Projektgebiet Hammbach liegt im Nordwesten Nordrhein-Westfalens im westlichen Großraum des Naturparks Hohe Mark Westmünsterland (Abbildung 2). Das Hammbach-Gebiet wird südlich in etwa durch den Wesel-Datteln-Kanal und die Lippe begrenzt. Westlich bilden grob die Städte Schermbeck und Raesfeld die Projektgrenze, während östlich Wulfen, Lembeck und Ausläufer der Stadt Reken die Grenze sind. Im Norden liegen die Städte Heiden und Marbeck außerhalb der Projektgrenze.

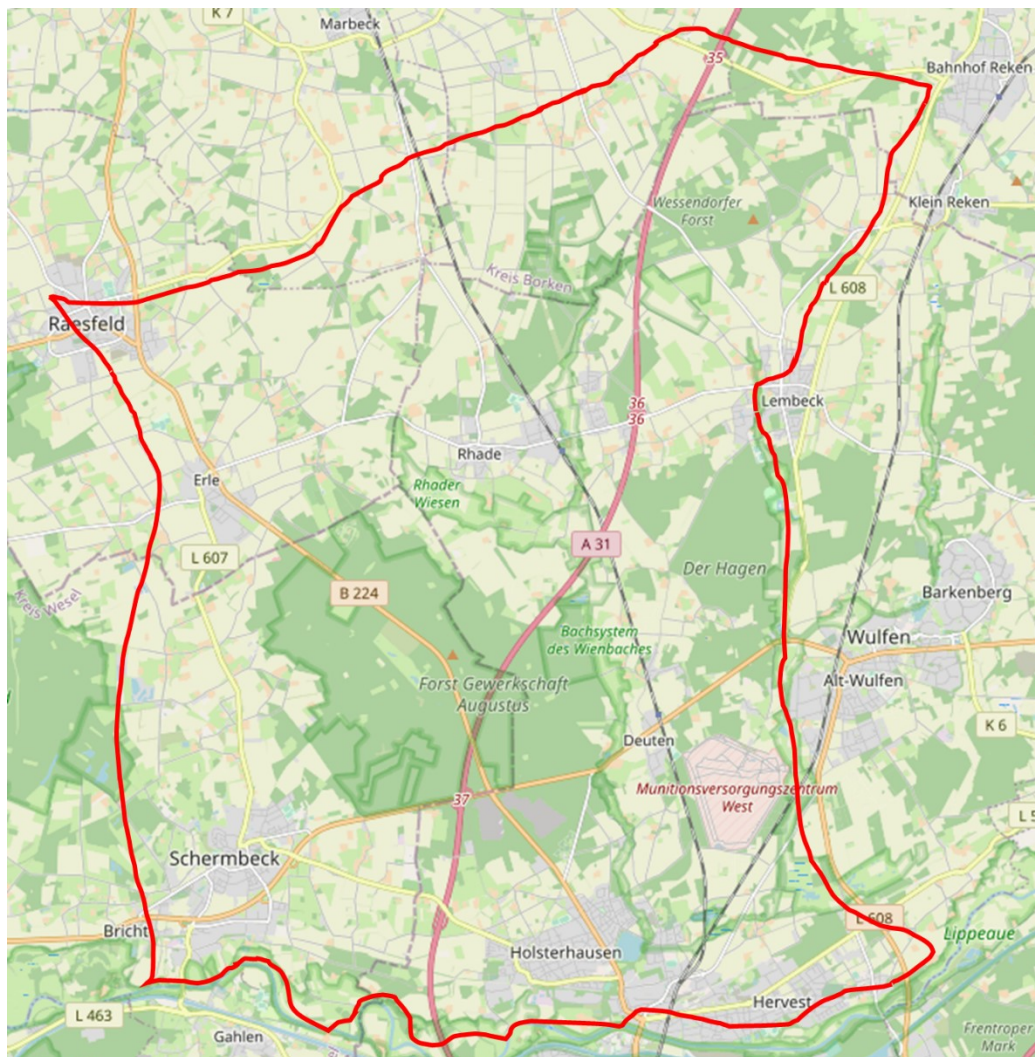
Abbildung 2: Übersichtskarte Ruhrgebiet mit Einordnung Projektgebiet Hammbach



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an OpenStreetMap (2022).

Das Projektgebiet ist durch einen ländlichen Charakter geprägt – vor allem durch Land- und Forstwirtschaft.⁴³ Eine industrielle Nutzung findet nur teilweise statt und begrenzt sich auf die Weiterverarbeitung landwirtschaftlicher Produkte und Sand- bzw. Tongewinnung. Der namensgebende Hammbach ist ein wichtiger Bestandteil des im Projektgebiet liegenden Naturschutzgebiets „Bachsystem des Wienbaches“ (Abbildung 3).

Abbildung 3: Übersichtskarte Projektgebiet mit Flächennutzung



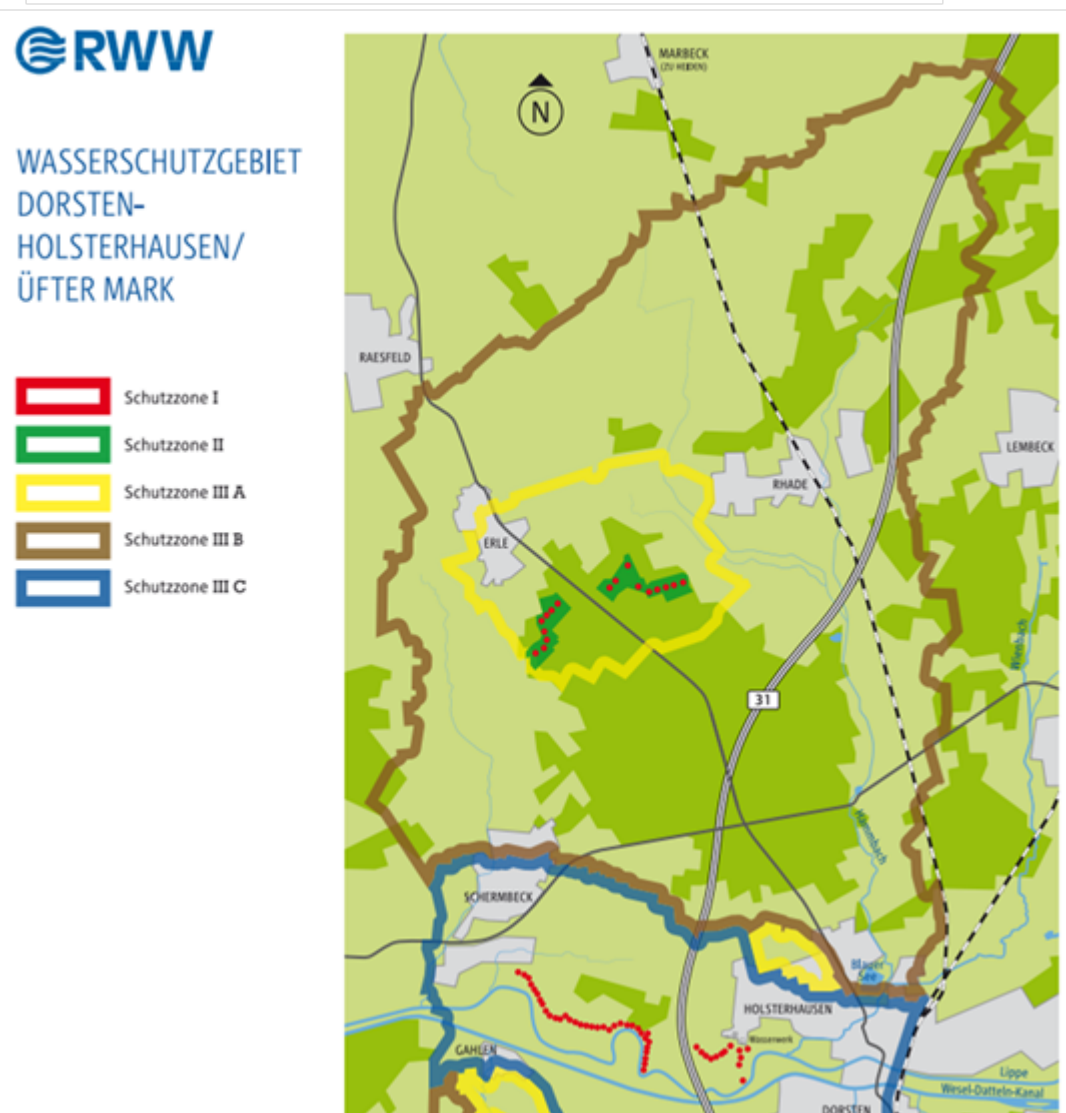
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an OpenStreetMap (2022).

Das Naturschutzgebiet umschließt im Projektgebiet den Großteil der örtlichen Bäche (Wienbach, Midlicher und Rhader Mühlenbach, Hammbach und Kalter Bach), sowie das Deutener Moor und die Rhader Wiesen. Angesichts der weiteren, umliegenden Naturschutzgebiete wird

⁴³ Im Folgenden sind mit „Landwirte“ und „landwirtschaftlichen Betrieben“ analog auch die Forstwirte und deren Betriebe zu verstehen.

ersichtlich, welchen räumlichen Anteil der Gewässer- und Naturschutz im Hammbach-Gebiet einnimmt (Abbildung 3 und 4). Der Hammbach und der vorlaufende Rhader Mühlenbach bilden durch ihre Nord-Süd-Verbindung von Naturschutz- und landwirtschaftlichen Gebieten, sowie dem Dorstener Stadtteil Holsterhausen ein zentrales Abbild der Oberflächengewässer für das umliegende Gebiet.

Abbildung 4: Wasserschutzzonen im Hammbach-Gebiet



Quelle: RWW (o.J.).

Mengenmäßig ist der Zustand des Grundwasserkörpers im Einzugsgebiet der Lippe laut Bewirtschaftungsplan des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucher-

schutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW) „gut“⁴⁴. Die Gesamtgröße des Einzugsgebiets des Hauptwasserleiters beträgt ca. 144 km².⁴⁵ Das Wasserdargebot des Einzugsgebietes wird sowohl durch die Grundwasserentnahmen für die Trinkwasserversorgung und Landwirtschaft als auch durch Tagebau und Bergbau bedingte Bergsenkungen beeinflusst.⁴⁶ Im langfristigen Mittel ist die positive Grundwasserbilanz⁴⁷ des Einzugsgebiets als ungefährlich, aber potenziell gefährdet zu betrachten, da durch einen zunehmenden Wasserbedarf der Landwirtschaft⁴⁸ die Grundwasserentnahme steigt, während das Wasserdargebot gleichbleibend ist. Außerdem sorgen die bergbaulichen Einwirkungen für einen negativen Einfluss auf die natürlichen Läufe von Grundwasserleiter⁴⁹ und Oberflächengewässer⁵⁰, sodass es bspw. notwendig ist, das Bachwasser des Hammbachs zum Abfließen in die Lippe zu heben. Hinzu muss das sogenannte Marienviertel in Dorsten durch zusätzliche Poldermaßnahmen östlich des Blauen Sees trocken gehalten werden.⁵¹ Die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Versickerung und Regelmäßigkeit des Niederschlags sind hierbei noch unberücksichtigt. Die örtliche Trinkwassergewinnung ist Aufgabe der RWW und findet über die Brunnergalerien Holsterhausen und Üfter Mark, sowie das Grundwasserwerk Holsterhausen und das Betriebswasserwerk Dorsten „Blauer See“ statt (Abbildung 5, S. 27). Das Wasserwerk Holsterhausen versorgt den Kreis Dorsten, sowie Teile der Kreise Borken (Raesfeld), Schermbeck, Bottrop, Gladbeck und Oberhausen. Im Notfall ist eine Wasserversorgung des Hammbach-Gebiets durch den Anschluss an das Versorgungsnetz der RWW abgedeckt. Die Trinkwasserqualität des Hammbach-Gebiets ist durch die Aufbereitung im Wasserwerk Holsterhausen gesichert.

⁴⁴ MULNV NRW (2021a), S.393f.

⁴⁵ Vgl. Losen, H./Konrads, B. (2018), S. 28.

⁴⁶ Vgl. Stadt Dorsten (2018) S.29f., RWW (2018), S. 78.

⁴⁷ Grundwasserdargebot minus Grundwasserentnahmen.

⁴⁸ Vgl. UBA (2022b).

⁴⁹ Vgl. Losen/Konrads. (2018), S. 25.

⁵⁰ Vgl. Kreisverwaltung Recklinghausen (o.J.), S. 1.

⁵¹ Vgl. Losen/Konrads (2018), S. 24.

Der Boden ist für die landwirtschaftliche Produktion von existenzieller Bedeutung. Um qualitativ hochwertige Produkte herzustellen ist ein guter Boden notwendig. Der Boden im Hammbach-Gebiet ist vielfältig und besteht vor allem aus Braunerden, Gleye⁵² und Podsolde⁵³. Der Großteil der Landwirte arbeitet auf sandigen Böden oder Mischformen von Sand und Lehm. Das sorgt für eine gebietsweite, geringe nutzbare Feldkapazität (vgl. Abbildung 9, Kapitel 5.1.1), weshalb laut Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW) eine intensi-

Abbildung 5: Hammbach-Gebiet gemäß dem Projekt KlimaBeHagen der DBU mit Naturschutzgebieten und wesentlichen wasserwirtschaftlichen Orten



Quelle: EGLV (2022).

⁵² Ein Bodentyp, der bei gleichmäßig hohem Grundwasserstand entsteht und daher für den Ackerbau ungeeignet ist. Seine Nutzung begrenzt sich daher vor allem auf das Dauergrünland.

⁵³ Ein sandiger, nährstoffarmer Bodentyp, der sich durch eine schnelle Wasserversickerung und Nährstoffauswaschung charakterisiert.

ve Berechnung von landwirtschaftlichen Flächen zum Absichern von Ertrag und Qualität in trockenen Jahren notwendig ist.⁵⁴ Durch die deutschlandweiten Dürren in den Jahren 2018 bis 2020 sind eben diese Böden verstärkt von Wassermangel und Trockenheit bis in tiefere Schichten betroffen.⁵⁵

4.2 Grundwasserbewirtschaftung

Das Grundwasser des Hammbach-Gebiets ist wichtig für unterschiedliche Akteure, die alle ein Interesse an der geeigneten Nutzung des Grundwassers haben. Eine potenzielle zukünftige Verknappung des Wasserdargebots könnte für viele dieser Akteure ein Problem werden, denn die vergebenen Wasserrechte „schöpfen das derzeit verfügbare Wasserdargebot aus.“⁵⁶

Die Akteure mit dem größten wirtschaftlichen Interesse sind die Landwirtschaft und die RWW. Weitere wichtige Akteure sind Abnehmer des Trink- und Grundwassers wie Haushalte und Industrie; sie spielen aber eine eher untergeordnete Rolle bei der Grundwasserbewirtschaftung, können aber dennoch von eventuellen Angebotsverknappungen betroffen sein. Außerdem sind die zuständigen Behörden, wie das MULNV NRW und im spezifischen für das Hammbach-Gebiet die obere Wasserbehörde der Bezirksregierung in Münster für die Aufstellung des Bewirtschaftungsplans und des Maßnahmenprogramms verantwortlich. Des Weiteren ist die untere Wasserbehörde des Kreises Recklinghausen für das Ergreifen von Maßnahmen, wie bspw. Monitoring, Ursachenforschung oder – im Zuge dieser Arbeit besonders relevant – die Anordnung und Genehmigung von Maßnahmen, verantwortlich.

Behördliche Akteure

Die behördlichen Akteure des Hammbach-Gebiets haben unterschiedliche Aufgaben, die in Tabelle 8 (S. 29f.) aufgeführt sind. Für diese Arbeit wesentlich ist die Genehmigung der in Kapitel 5 und 6 behandelten Maßnahmen. Im Hammbach-Gebiet liegen die Kreise Wesel, Recklinghausen und Borken an. Die wasserwirtschaftlichen Aufgaben der Kreise sind den oberen Wasserbehörden in Münster untergeordnet, da der Großteil der wasserwirtschaftlich relevanten Gebiete wie Hammbach, Rhader Wiesen und dem Deutener Moor im Kreis Reck-

⁵⁴ Vgl. LWK (2022), S. 33.

⁵⁵ Vgl. UFZ (2019).

⁵⁶ DBU (2019), S. 3.

linghausen liegen. Der Forst Gewerkschaft Augustus inklusive der Üfter Mark liegt zum Großteil im Kreis Wesel. Dem Kreis Borken unterliegt kein wasserwirtschaftlich nennenswerter Anteil des Projektgebiets.

Die genaue Aufgaben- und Verantwortungsteilung der Wasserbehörden wird in dieser Arbeit trennscharf an den Kreisgrenzen angenommen. Es ist jedoch zu erwarten, dass die oberen Wasserbehörden überregional zusammen an den Vorgaben des Bewirtschaftungsplans und dem Maßnahmenprogramm arbeiten. Für die Wasserrechte der Trinkwasserversorgung des Hambach-Gebiets hat die RWW ihre Anträge an die Bezirksregierung Münster adressiert.⁵⁷

Das Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) und die Landwirtschaftskammer (LWK) übernehmen eher überwachende und berichtende Aufgaben hinsichtlich der Wasserbewirtschaftung.

Um eine Beispielmaßnahme der verantwortlichen unteren Wasserbehörde zu nennen: Durch den Kreis Recklinghausen werden Grundstücke aufgekauft, um Bachlebensräume zu verbessern und die Filterfunktion der Oberfläche, die auch der Grundwasserqualität positiv beisteuert, sicher zu stellen.⁵⁸

Tabelle 8: Übersicht und Aufgaben der beteiligten Behörden in NRW

Behörde	Aufgaben
<u>Oberste Wasserbehörde</u> – Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) in Düsseldorf	<ul style="list-style-type: none"> - Aufstellung des Maßnahmenprogramms, Bewirtschaftungsplans, grundlegende Bewirtschaftungsentscheidungen und -ziele - Abstimmung mit anderen Fachressorts der Landesregierung - Rechtliche Aufsicht über die oberen Wasserbehörden
<u>Obere Wasserbehörden</u> – Bezirksregierungen Arnsberg, Detmold, Düsseldorf, Köln und <u>Münster</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Koordination der Plan- und Programmerarbeitung innerhalb der wasserwirtschaftlichen Teileinzugsgebiete (Rhein, Weser, Ems, Maas) - Verwaltungsentscheidungen der bewirtschaftungsrelevanten Gewässer erster Ordnung (Ems, Lippe, Ruhr, Sieg) und zweiter Ordnung (bspw. Agger, Emscher, Wupper)

⁵⁷ Vgl. BReg Münster (2019).

⁵⁸ Vgl. Kreisverwaltung Recklinghausen (o.J.), S. 2.

	- Einhaltung der Bewirtschaftungsziele der Gewässer erster und zweiter Ordnung gemäß den §§ 27 bis 31 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
<u>Untere Wasserbehörden</u> – Kreise und kreisfreie Städte des Landes NRW	- Einhaltung der Bewirtschaftungsziele der sonstigen Gewässer gemäß den §§ 27 bis 31 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) - Ergreifen von Maßnahmen (Monitoring, Ursachenforschung, ggf. Planung, Koordinierung, Anordnung und Genehmigung von Maßnahmen) zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele
Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV)	- Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) über Durchführung von Bestandsaufnahme inkl. Monitoring und Zustandsbewertung der Gewässer - Handlungsempfehlung zum Gewässerschutz. - Grund- und Trinkwasserüberwachung - Berichtspflichten (EU-Trinkwasserbericht, EU-Nitratbericht, WRRL-Reporting)
Landwirtschaftskammer (LWK)	- Überwachung der landwirtschaftlichen Betriebe im Sinne der Düngeverordnung und der Wirtschaftsdünger-Nachweisverordnung - zurzeit Trägerin des Beratungsprojekts zur Reduzierung der Einträge von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an MULNV (2021a), S.625ff.

Land- und Forstwirtschaft

Die Landwirte gewinnen ihr Wasser aus privaten Brunnen oder direkten Anschlüssen, um es bspw. für die Beregnung der Felder oder die Versorgung von Nutztieren zu verwenden.

Die Landwirte und deren Interessen werden im Rahmen des KlimaBeHageN-Projekts von der LWK NRW vertreten. Diese ist vor allem aber auch für die Einhaltung der Düngeverordnung (DüV) und als „Begleitung der Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge von Nährstoffen

sowie Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel aus der Landwirtschaft“⁵⁹ verantwortlich.

Die Landwirte sind die Akteure mit dem größten Interesse an einer verbesserten Wasserbewirtschaftung, da der landwirtschaftliche Wasserbedarf in Trockenjahren wie 2018 und 2019, mit geschätzten 27 Millionen Kubikmeter pro Jahr, mehr als zehnmal so groß war wie die behördlich vergebenen Wasserrechte von 2,34 Million Kubikmeter pro Jahr.⁶⁰ Infolge der lang anhaltenden Trockenzeiten wurde erheblich mehr Feldberegnung vollzogen und dennoch litten die landwirtschaftlichen Betriebe unter erheblichen Schäden an Ernte und Gütern.⁶¹ Zusätzlich zu den oberflächlich sichtbaren Schäden durch Dürre und extreme Wetterbedingungen war zum Ende der Erntesaison 2018 ein „gravierende[r] Wassermangel“⁶² feststellbar, der sich in Ernte und Güterqualität der Landwirtschaft der darauffolgenden Jahre widergespiegelt hat.⁶³

Um die langfristige Wirtschaftlichkeit der Landwirte zu sichern, ist in jedem Fall eine Veränderung notwendig. Trotz Befreiung von Wasserentnahmeentgelten nach § 1 (Fn 7) Absatz 2 des Wasserentnahmeentgeltgesetzes des Landes Nordrhein-Westfalen (WasEG) mussten 2018 bereits viele landwirtschaftliche Betriebe auf staatliche Hilfen zurückgreifen.⁶⁴ Weiterer finanzieller Druck über ein Wasserentnahmeentgelt in NRW löst jedoch auch nicht das Problem des Wassermangels in Dürrezeiten, könnte aber trotzdem ein Anreiz für Investition und Veränderung sein. Bei einer – für die Zukunft prognostizierten – Anhäufung von Dürrejahren ist es nicht unverständlich, dass die LWK NRW sich neben anderen Maßnahmen für eine Erweiterung der Wasserrechte der Landwirte einsetzt. Diese Erteilung von weiteren Wasserrechten scheint jedoch aufgrund der ausgeglichenen Wasserbilanz des Hammbach-Gebiets nicht verhandelbar oder zumindest nicht in den Ausmaßen des Wasserbedarfs der Dürrejahre 2018 und 2019.

Die Landwirte des Hammbach-Gebiets müssen alternative Wege finden ihr Dilemma zu meistern (Kapitel 5). Zusätzlich besteht weiterhin die Problematik, dass die Landwirte keine Entnahmeentgelte im Rahmen des WasEG zahlen. Regulierungsmechanismen wie ein Monitoring des Grundwasserstandes oder der landwirtschaftlichen Entnahme über Brunnen sind ak-

⁵⁹ MULNV NRW (2021a), S. 628.

⁶⁰ Vgl. DBU (2019), S. 3.

⁶¹ Vgl. BMEL (2018), S. 4.

⁶² BMEL (2018); S. 4f.

⁶³ Vgl. BMEL (2020), S. 2.

⁶⁴ Vgl. MULNV NRW (2020), S. 46.

tuell schwer umzusetzen, wenn für die Entnahme kein Entgelt bezahlt wird. Gleichzeitig treffen regulatorische Maßnahmen auch auf ein moralisches Dilemma, dass dem Landwirt im Falle einer Dürre der Zugang zu Wasser verwehrt werden könnte und in Folge die Versorgung der Öffentlichkeit eingeschränkt wird. Ebenso müssten die mit solchen Regulierungsmaßnahmen verbundenen Investitionskosten bei der Umsetzung gedeckt sein.

Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft

Die Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft (RWW) ist der regionale Trinkwasserversorger im Hammach-Gebiet. Die Trinkwasserversorgung ist über die lokalen Brunnengalerien und Wasserwerke gesichert.

Die RWW ist für den Großteil der Wasserentnahme aus dem Grundwasser verantwortlich. Die Wasserrechte der Gesellschaft betragen sich auf eine Gesamtfördermenge von 29 Millionen Kubikmeter pro Jahr.⁶⁵ Aufgrund der in 2018 auslaufenden Förderrechte in der Üfter Mark wurde im Rahmen einer Wasserbedarfsprognose ein deutlich geringerer Bedarf seitens der RWW festgestellt (ca. 25 Millionen Kubikmeter pro Jahr).⁶⁶ Dieser neu errechnete Bedarf geht einher mit der – in den letzten Jahrzehnten bundesweit festgestellten – Tendenz eines abnehmenden Wasserbedarfs der Haushalte und Industrie⁶⁷, der sich insbesondere auf die Sensibilisierung der Bevölkerung und verbesserte Technologien zurückführen lässt.⁶⁸

Die Trinkwasserversorgung ist demnach aktuell nicht gefährdet. Der abnehmende Trend des personenbezogenen Wasserverbrauchs in Deutschland ist in den letzten Jahren stagniert⁶⁹, was starke Abnahmen oder Gegentrends des Wasserbedarfs seitens der Trinkwasserversorgung unwahrscheinlich macht.

4.3 Wasserqualität

Die Qualität des Grundwassers und der Oberflächengewässer des Hammach-Gebiets werden durch unterschiedliche Wasserschutzzonen (vgl. Abbildung 5, Kapitel 4.1) geschützt. Stoffeinfluss und Grundwasserqualität werden über ein ausgebreitetes Messstellensystem überwacht und dokumentiert. In der Aufbereitung des Grundwassers werden im Wasserwerk

⁶⁵ Vgl. Stadt Dorsten (2018), S.29.

⁶⁶ Vgl. RWW (2018), S.77.

⁶⁷ Vgl. Helmecke (2020).

⁶⁸ Vgl. Stadt Dorsten (2018), S. 20ff.

⁶⁹ Vgl. BDEW (2022).

Holsterhausen Eisen- und Manganhydroxide entfernt.⁷⁰ Die Qualität des Trinkwassers aus dem Wasserwerk Holsterhausen ist nach der Enteisung⁷¹ und Entmanganung⁷² ungefährdet, es „erfüllt [...] sämtliche Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).“⁷³

In ländlichen Gebieten ist durch die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens insbesondere der Nitratwert im Grundwasser von Bedeutung. Laut den Daten des dritten Monitoring-Zyklus (2013-2018) innerhalb der WRRL ist der Großteil des Grundwasserkörpers des Hammbach-Gebiets insgesamt in einem schlechten chemischen Zustand.⁷⁴ Hinzu ist der Nitrat-Zustand größtenteils als „schlecht“ bewertet worden. Seit 1993 arbeitet die RWW in Kooperation mit der LWK NRW und den anliegenden Landkreisen mit den Landwirten zusammen, um den Einfluss des Nitrats zu verringern. In der neuesten Iteration dieses Konzeptes wird erfolgsbasiert die Nitratkonzentration des Grundwassers unter den landwirtschaftlichen Flächen überwacht.⁷⁵ Hierbei werden die Landwirte entsprechend ihres spezifischen Erfolgs – bspw. der Abnahme der Nitratkonzentration in ihrem Grundwasser – entschädigt. Zentraler Bestandteil der Kooperation ist außerdem eine kostenlose Dünge- und Anbauberatung für Landwirte, deren Anbaugelände in Wasserschutzgebieten liegen oder daran angrenzen. Um Konkurrenzen um das Wasserdargebot vorzubeugen, ist die Kooperation zwischen RWW und Landwirten auch in Zukunft von Bedeutung.

Die landwirtschaftlich weniger geprägten Gebiete direkt in Nähe der Lippe und des Wesel-Datteln-Kanals, sowie um den Wienbach herum weisen eine gute Nitratbewertung auf (Abbildung 6, S. 34). Der durch die WRRL vorgegebene Zustand für 2027 wird in der Prognose des Monitoring-Zyklus wegen der Nitrat-Problematik ebenfalls nicht erreicht.

Das geförderte Rohwasser der Brunnengalerien Holsterhausen und Üfter Mark bedarf jedoch keiner nitratbedingten weiteren Aufbereitung. Die Brunnengalerie Holsterhausen ist weitgehend nitratfrei („WHH-ROH“, Abbildung 7, S. 35). Die Brunnengalerie Üfter Mark weist jedoch deutlich höhere Nitratwerte auf (WUM-BEH). Dies liegt vor allem an dem nördlich gelegenen Einzugsgebiet mit „starken anthropogenen Einflüssen.“⁷⁶ Der Abfluss des Siedlungsgebiets der Stadt Rhade und der umliegenden landwirtschaftlichen Nutzung des Gebiets,

⁷⁰ Vgl. RWW (2018), S. 29ff.

⁷¹ Entfernung von Eisen

⁷² Entfernung von Mangan

⁷³ RWW (2018), S. 102.

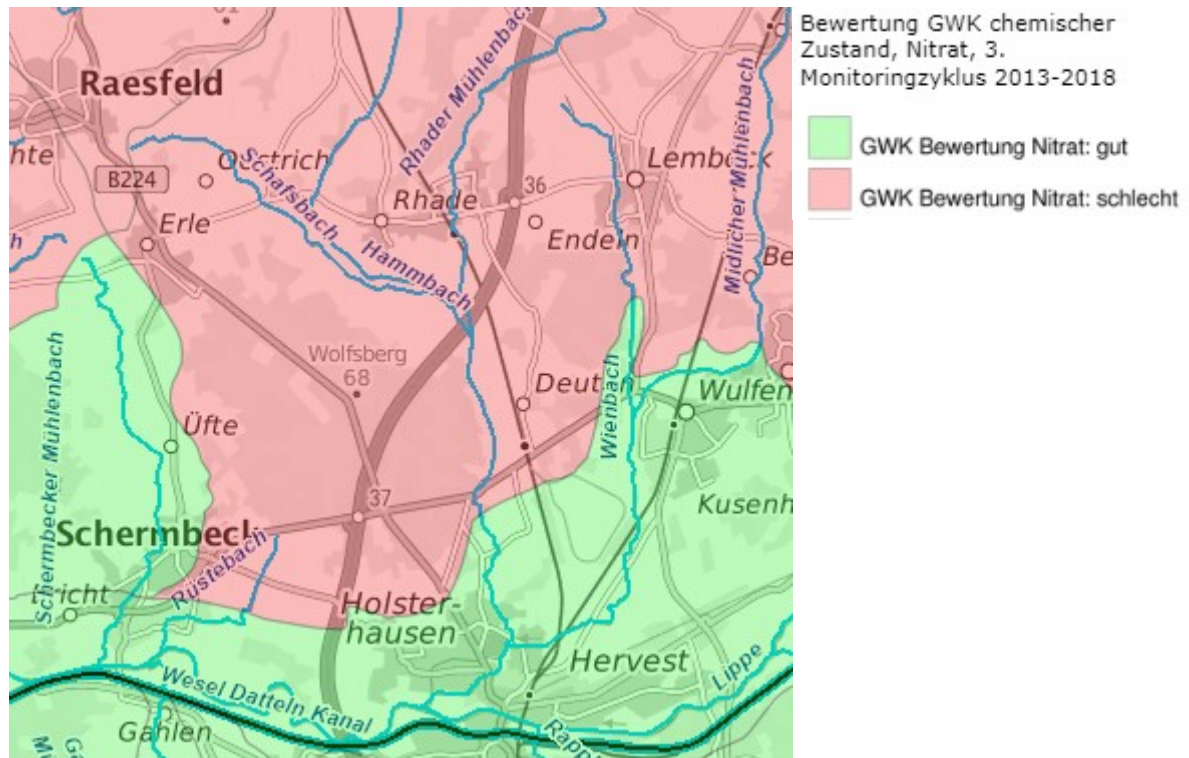
⁷⁴ Vgl. ELWAS WEB (2022).

⁷⁵ Vgl. RWW (2018), S.104f.

⁷⁶ Vgl. RWW (2018), S. 92f.

sorgen für Nitratwerte von bis zu 260 Milligramm pro Liter in den oberflächennahen Messstellen.⁷⁷

Abbildung 6: Bewertung chemischer Zustand (Nitrat) des Hammach-Gebiets



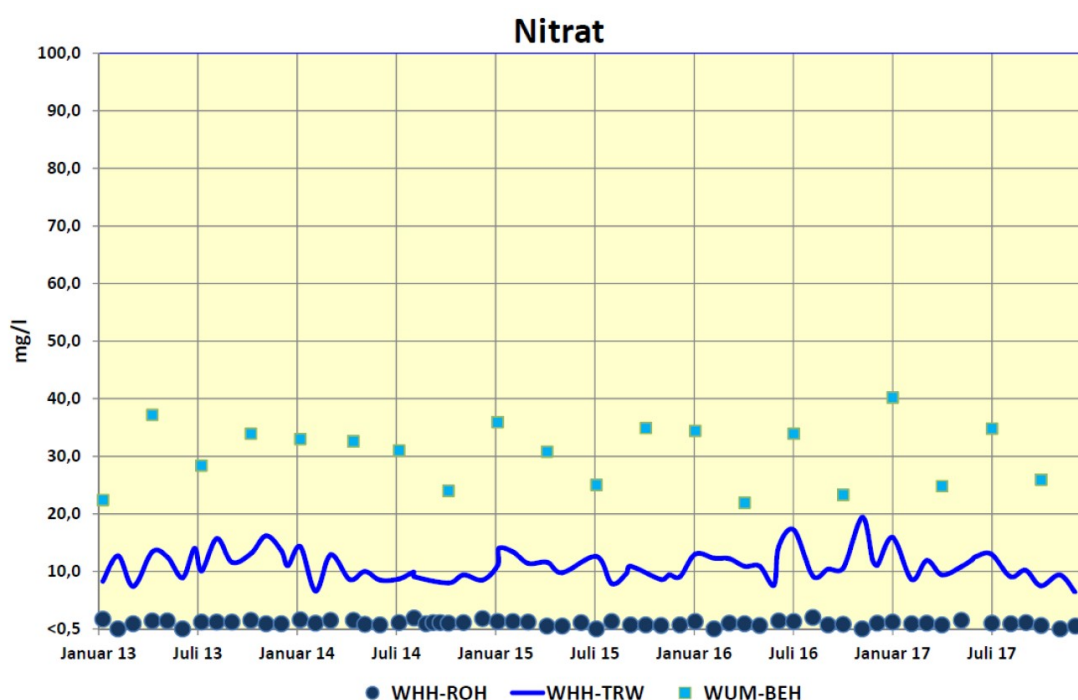
Quelle: ELWAS WEB (2022).

Da die Brunnen in einer Tiefe von circa 60 bis 100 m Rohwasser fördern, findet eine Vermischung von unbelastetem, nitratfreiem Tiefenwasser und dem nitratbelasteten Oberflächenabfluss statt. Die gemessenen Nitratwerte im geförderten Rohwasser liegen noch unter der gesetzlichen Vorgabe (Grundwasserrichtlinie (GWRL), 2006/118/EG) von 50 Milligramm pro Liter. Durch die Vermischung des geförderten Wassers aus Holsterhausen und der Üfter Mark entsteht Mischwasser und letztendlich Trinkwasser mit deutlich geringerer Nitratbelastung (WHH-TRW).

⁷⁷ Vgl. Oelmann et al. (2017), S. 93f.

Neben der Nitratkonzentration ist auch die Beobachtung von Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten⁷⁸ von Bedeutung. In Messungen von 1993 bis 2015 sind im Bereich der Pflanzenschutzmittel immer wieder Grenzwerte leicht überschritten worden.⁷⁹ Im Grundwasser gab es hierbei deutlich mehr Befunde als im gepumpten Rohwasser. Insgesamt ist die Situation der Pflanzenschutzmittel jedoch unbedenklich und in „2015 waren alle Rohwässer befundfrei.“⁸⁰

Abbildung 7: Nitratwerte der Brunnengalerien und des Wasserwerks



Quelle: RWW (2018), S. 92.

Die weiterführende landwirtschaftliche Nutzung des Hammbach-Gebiets und insbesondere der Flächen im Einzugsgebiet der Brunnengalerie Üfter Mark wird ohne weitere Maßnahmen den Nitratgehalt in Boden und Grundwasser erhöhen. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel erwähnt, kooperieren die RWW und die Landwirte bereits seit 1993, um die Nitratwerte in den Grenzwerten zu halten. In der aktuellen Kooperation der LWK NRW und der RWW werden die Landwirte erfolgsbasiert auf Datenbasis der post-saisonalen Nitratwerte gefördert,

⁷⁸ Im Stoffwechsel umgesetzte Substanzen.

⁷⁹ Vgl. Oelmann et al. (2017), S. 94ff.

⁸⁰ Oelmann et al. (2017), S. 96.

was eine deutlich effizientere Vermeidung von Nitratinfiltration ermöglicht.⁸¹ Im Detail findet eine Messung der Nitratwerte unter den landwirtschaftlichen Flächen statt und bei Einhaltung eines Richtwerts (bspw. weniger als 40 Kilogramm Stickstoff pro Hektar) werden Fördermittel ausgezahlt.

5 Theoretischer Maßnahmenkatalog

5.1 Landwirtschaftliche Maßnahmen

Allgemein ist der Wasserbedarf der Landwirtschaft in Deutschland sehr gering, der Großteil des Wassers fließt in die Energieversorgung, die Industrie und die öffentliche Wasserversorgung. Nur ca. 1,3 Prozent des gewonnenen Wassers wurde im Jahr 2020 zur landwirtschaftlichen Beregnung verwendet.⁸² Dieser Wert ist gering, zeigt aber eine Steigerung im Vergleich zu 2015. Vor diesem Hintergrund ist deutschlandweit gesehen nur ein geringer Einfluss von landwirtschaftlichen Veränderungen auf die Wassernutzung zu erwarten. In Anbetracht des vom DBU-Projekt prognostizierten zehnfachen Wasserbedarfs in Dürre Jahren im Hammbach-Gebiet, ist dieser Einfluss regional jedoch sehr unterschiedlich zu bewerten.

In diesem Kapitel werden einige Konzepte vorgestellt und erläutert, die seitens der Landwirtschaft umgesetzt werden können. Da die genauen Einzeldaten der Landwirte des Hammbach-Gebiets anonym sind, finden diese Konzepte unter Umständen bereits Anwendung in den Betrieben.

5.1.1 Angebaute Kulturen diversifizieren

Um ihre Güter resilienter gegen extreme Wettersituationen zu machen und gleichzeitig im globalen Wettbewerb mithalten, sind viele Landwirte darauf angewiesen ihre Kulturen heterogener zu gestalten.⁸³ Die Anpassung der angebauten Kulturen bietet für viele Landwirte nicht nur persönliche wirtschaftliche Vorteile, sondern kann auch für eine Abnahme der Grundwasserentnahme sorgen. Dies wird vor allem über den Anbau von Kulturen erreicht, die einen geringeren Wasserbedarf besitzen.

Deutschlandweit sind heute „87 Prozent der Betriebe auf einen Produktionszweig spezialisiert“.⁸⁴ Diese Spezialisierung ermöglicht den Landwirten durch Skaleneffekte Kosten zu spa-

⁸¹ Vgl. Oelmann et al. (2017), S. 170ff.

⁸² Vgl. UBA (2020).

⁸³ Uneinheitliche oder ungleichartige Bepflanzung.

⁸⁴ BMEL (2020), S. 12.

ren und effizienter zu arbeiten.⁸⁵ Dies bedeutet, wie in anderen Wirtschaftszweigen jedoch auch, eine enorme Abhängigkeit von den Marktpreisen ihrer Produkte. Zusätzlich sorgt die homogene Nutzung der Betriebsflächen trotz Fruchtwechselwirtschaft für einen Verlust an Biodiversität. Um dem Marktpreisdruck ihrer Produkte Stand zu halten, sind Landwirte dazu gezwungen, ihre Arbeit zu optimieren und ihre Qualität an ein Maximum zu bringen. Diese Optimierungen sind jedoch oft Handlungen kurzfristiger Natur, wie Düngung, Kraftfuttereinsatz oder synthetischer Pflanzenschutz. Diese sind zwar effektiv, um den unternehmerischen Gewinn zu maximieren, schaden aber langfristig Tieren, Böden und Grundwasser.⁸⁶

Dem entgegen steht der Ökolandbau, der auf natürliche Mittel und Wege setzt, um den Normen für Bio-Produkte zu entsprechen. Der Ökolandbau hat seit 2015 wieder enorm an Aufschwung gewonnen. So sind die im Jahr 2015 für den Ökolandbau genutzten sechs Prozent der landwirtschaftlichen Anbauflächen auf mehr als zehn Prozent im Jahr 2020 gestiegen.⁸⁷ Grund dafür ist vor allem die finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). In der „Zukunftsstrategie ökologischer Landbau (ZöL)“ hat das BMEL einen Ökolandbau-Anteil von 20 Prozent bis 2030 als Teil der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie formuliert. Die zusätzliche Planungssicherheit seitens der Entscheidungsträger für die Landwirte ermöglicht so ein breiteres Angebot an Bio-Produkten, was sich auch im Umsatz dieser Produkte widerspiegelt. Dieser ist seit 1997 von 1,5 Milliarden Euro auf fast 15 Milliarden Euro im Jahr 2020 gestiegen.⁸⁸

Im Hammbach-Gebiet werden laut einer Umfrage der LWK NRW bereits viele unterschiedliche Anbaukulturen verwendet.⁸⁹ Der Anbau von Silomais, der für die Biogas- und Futtermittel-Produktion verwendet wird, ist im Hammbach-Gebiet am weitesten verbreitet. Der geringe Wasserbedarf und Anspruch an den Boden machen den Silomais zu einer verbreitet präferierten Kulturpflanze in Deutschland⁹⁰ und auch im Hammbach-Gebiet. Jeder Dritte befragte Betrieb betreibt Tierwirtschaft, weshalb die zweitgrößte Fläche der landwirtschaftlichen Nutzfläche als Dauergrünland gehalten wird. Der Anbau von Gemüse wird auf weniger als zehn Prozent der Anbaufläche betrieben und nur etwas unter 0,3 Prozent der Anbaufläche (sieben Betriebe von über 150) bauen Obst an.

⁸⁵ Vgl. BMEL (2020), S.12.

⁸⁶ Vgl. UBA (2021b)

⁸⁷ Vgl. UBA (2021a).

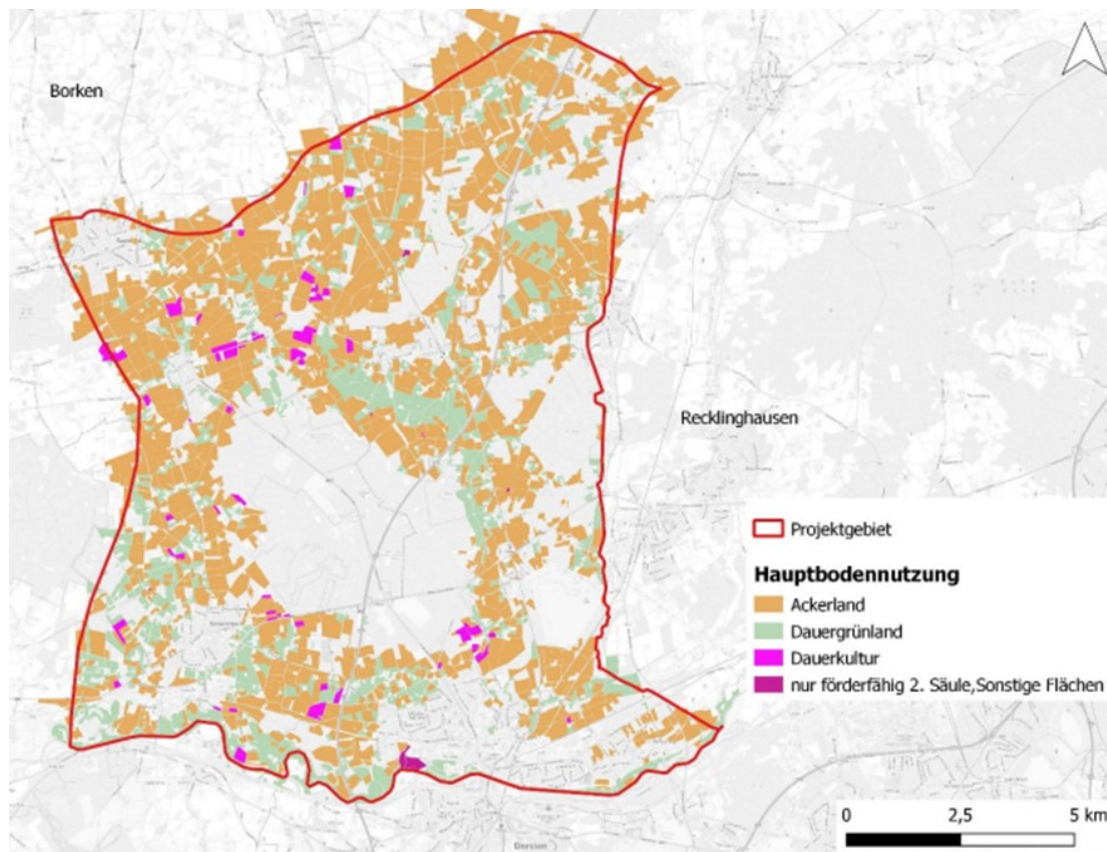
⁸⁸ Vgl. UBA (2021a).

⁸⁹ Vgl. LWK NRW (2022), S. 13 ff.

⁹⁰ Vgl. BLE (2021).

Eine Diversifikation der angebauten Kulturen ist bereits heute bei den Landwirten von Bedeutung, um „eine hohe Wertschöpfung zu erzielen und das unternehmerische Risiko auf mehrere Standbeine zu verteilen.“⁹¹ Diese Entwicklung des Hammbach-Gebiets geht somit dem allgemeinen deutschen Trend der Spezialisierung entgegen. Trotz der sandigen Böden des Hammbach-Gebiets, die eine allgemein eher geringere nutzbare Feldkapazität⁹² mit sich bringen, gibt es auch Gebiete mit einer sehr hohen nutzbaren Feldkapazität, spezifisch im Bereich der Rhader Wiesen (Abbildung 9, S. 39). Wie in den Abbildungen 8 und 9 erkennbar, wird ein Großteil dieser feuchten Böden als Dauergrünland verwendet. Dies lässt sich vor allem auf die Bemühungen der örtlichen Behörden zurückführen, die Gebiete in unmittelbarer Nähe der Oberflächengewässer unbebaut und möglichst natürlich zu belassen, um gefährdeter Flora und Fauna Lebensräume zu bieten.⁹³

Abbildung 8: Hauptbodennutzung der landwirtschaftlichen Flächen



Quelle: LWK NRW (2022), S. 22.

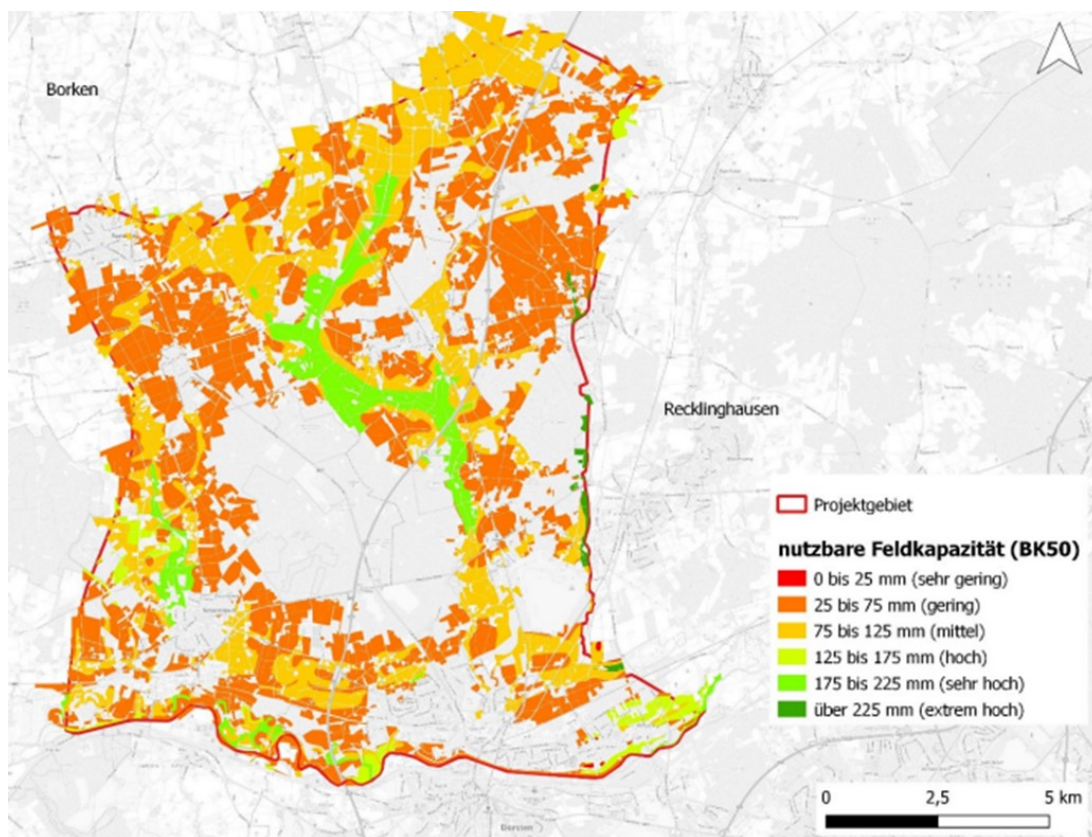
⁹¹ LWK NRW (2022), S. 24.

⁹² Beschreibt den Wasseranteil, den ein Boden für Pflanzen verfügbar speichern kann.

⁹³ Vgl. Kreisverwaltung Recklinghausen (o.J.), S. 1f.

Die Entwicklung der Landwirtschaft von vielen einzelnen Kleinbetrieben zu wenigen Großbetrieben begünstigt die Spezialisierung auf Einzelprodukte. Wie in diesem Kapitel deutlich gemacht, bringt die Spezialisierung trotz ökonomischer Vorteile auch offensichtliche, ökologische Nachteile mit sich, die sich erst langfristig bemerkbar machen. Diese Nachteile werden durch den klimatischen Wandel nur noch weiter begünstigt.

Abbildung 9: nutzbare Feldkapazität der landwirtschaftlichen Flächen



Quelle: LWK NRW (2022), S. 31.

5.1.2 Bodenadaptation und Waldumbau

Unter der Bodenadaptation wird hier eine Veränderung der Bewirtschaftung des Bodens, sowie eine angepasste Bewirtschaftung der Wälder verstanden. Ackerböden sind durch gleichförmige Bewirtschaftung und die Veränderung des Klimas immer häufiger gefährdet auszu-

trocknen oder werden durch starke Regenfälle und Winde überflutet und erodiert. In Folge wird fruchtbarer Boden geschädigt und Gewässer belastet.⁹⁴

Im Rahmen des vorlaufenden Projektes „Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hambachs in Dorsten“ der DBU wurde festgestellt, dass sowohl „ein Umbau der Wälder“ als auch die „Aufhebung landwirtschaftlicher Drainagen“ als Maßnahmen für eine erhebliche Erhöhung des Grundwasserdargebots sorgen.⁹⁵ Beide Maßnahmen haben jedoch Einfluss auf die landwirtschaftliche Nutzung des Hambach-Gebiets und sind innerhalb des Projektberichts ohne weitere Maßnahmen nur in „Naturschutzgebieten mit entsprechender Förderung realistisch“.⁹⁶ Trotzdem wurden auch diese Maßnahmen als „zielführend“⁹⁷ bewertet, sorgen also für eine Entschärfung des Wassernutzungskonfliktes.

Landwirtschaftliche Drainagen haben einen starken Einfluss auf die Schadstoffverteilung, Evapotranspiration⁹⁸, Infiltration und den Wasserfluss der Äcker. Nach Gramlich et al. (2018, S. 4) haben offene Drainagen oder Entwässerungsgräben, wie sie in der Landwirtschaft oft vorkommen, starke Erosion und einen verminderten Oberflächenabfluss zur Folge, während unterirdische Rohrdrainagen für einen verstärkten Oberflächenabfluss sorgen. Der verstärkte Oberflächenabfluss kann parallel aber auch für eine Reduktion des Phosphor- und Pflanzenschutzmittel-Abflusses sorgen⁹⁹, wodurch sich die Konzentration dieser Stoffe oberhalb der Drainage – im Nährboden - langfristig erhöht. Im Gegensatz dazu wird die Tiefeneinwirkung von Stickstoff erhöht, sodass dieser in tiefen Erdschichten übermäßig angereichert wird. Insbesondere Oberflächengewässer sind durch landwirtschaftliche Flächen und Drainagen einem relevanten Eintrag von Pflanzenschutzmitteln ausgesetzt.¹⁰⁰

Insgesamt kann eine mit Drainagen versehene Ackerfläche anfälliger für Unterbrechungen des natürlichen Stoffkreislaufs sein.¹⁰¹ Der Einfluss von Drainagen auf das Zusammenspiel

⁹⁴ UBA (2022a).

⁹⁵ DBU (2019); S. 12.

⁹⁶ DBU (2019), S. 12.

⁹⁷ DBU (2019), S. 12.

⁹⁸ „Ist die gesamte Verdunstung von einer natürlich bewachsenen Bodenoberfläche. Sie setzt sich aus der Evaporation und der durch Tiere und Pflanzen verursachten Verdunstung (Transpiration) zusammen.“ (Deutscher Wetterdienst (2014): Wetterlexikon).

⁹⁹ Vgl. Gramlich et al. (2018), S. 11f.

¹⁰⁰ Vgl. Prasuhn/Koch (2021), S. 8.

¹⁰¹ Vgl. Gramlich et al. (2018), S. 14ff.

von Nährstoffen, Wasserflüssen und Treibhausgasemissionen ist insgesamt abhängig von der lokalen Situation des Ackers.¹⁰²

Stickstoff spielt als Nitrat (NO³) zwar eine wichtige Rolle als Dünger in der Landwirtschaft, ist aber auch im Grundwasser des Hammbach-Gebiets in Werten bis zu 40 Milligramm pro Liter nachzuweisen.¹⁰³ Der Einsatz von Mineraldüngern ist zwar seit der Implementation der Nitrat-Richtlinie 1991 innerhalb der EU-27 Staaten rückläufig¹⁰⁴, trotzdem ist der gesetzliche Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter in Teilen des Hammbach-Gebiets nahezu erreicht. Hierbei sei erwähnt, dass auch saisonale Schwankungen und die angebauten Kulturen einen ebenso großen Einfluss auf die oben genannten Faktoren der Landwirtschaft haben, wie Drainagen.¹⁰⁵

Abgesehen von der Stoffinfiltration wird aber auch das Grundwasservolumen durch Drainagen beeinflusst. Im DBU-Projekt von 2019 (Nr. 34437/01) wurde das Auflösen von Drainagen und Gräben innerhalb von Szenarien bereits simuliert. In den Szenarien wurden – auf das Grundwasservolumen bezogen – positive Ergebnisse erzielt. Unter anderem nahm der Grundwasserspiegel leicht zu und die „Verfügbarkeit von Wasser an der Geländeoberfläche um 30% im Frühjahr und um 50% im Herbst [nahm auch] zu“.¹⁰⁶

Diese auf das Grundwasservolumen positiv einwirkenden Veränderungen muss man jedoch differenziert betrachten, weil die landwirtschaftliche Nutzung der Gebiete beeinflusst wird. Der Rückbau eines Drainagesystems kann unter Umständen dafür sorgen, dass zusätzliche Düngung des Ackers benötigt wird, um die Qualität zu halten. Trotzdem erspart der Rückbau einer Drainage nicht nur Instandhaltungskosten, sondern bietet auch die Möglichkeit diese Einsparungen in andere Maßnahmen zu investieren, die einen Erhalt des Grundwasservolumens auch in Trockenjahren erleichtert.

Ein Rückbau von landwirtschaftlichen Drainagen würde somit nicht nur den Ackerboden schonen und die Verunreinigung des Grundwassers reduzieren, sondern gleichzeitig auch helfen die Versickerung des Wassers zu verbessern. Der DBU zufolge ist der Um- und Rückbau von Drainagen und Gräben jedoch nur bedingt umsetzbar, sie erfordere Entschädigungszah-

¹⁰² Vgl. Gramlich et al. (2018), S. 11f.

¹⁰³ Vgl. RWW (2018), S. 102ff.

¹⁰⁴ Vgl. EU (2010), S. 2f.

¹⁰⁵ Vgl. Gramlich et al. (2018), S. 30f.

¹⁰⁶ DBU (2019), S. 58.

lungen und Förderung.¹⁰⁷ Eine finanzielle Unterstützung ist somit bei Umsetzung der Maßnahme – ob mit oder ohne Eingriff in landwirtschaftliche Flächen – vorausgesetzt. Drainagen könnten außerhalb der Landwirtschaft jedoch auch der Grundwasseranreicherung dienen. Die Nutzung von Drainagen für eine gezielte Versickerung über Versickerungsmulden in einen Grundwasserkörper bietet eine bessere Kontrolle über das Wasservolumen im Grundwasserkörper.

Eine weitere Methode, die sandigen Böden des Hammbach-Gebiets für eine breitere Anzahl an Kulturpflanzen ökologisch und ökonomisch attraktiv zu machen ist die Nutzung von Humus zu intensivieren. Diese organische Substanz, die aus abgestorbenen Überresten von Pflanzen besteht, dient im Boden lebenden Mikroorganismen als Nahrung.¹⁰⁸ Des Weiteren hilft eine Humusschicht dabei, den Boden „weniger anfällig für Erosion durch Wind und Wasser“¹⁰⁹ zu machen. Humus hat durch seine hohe Wasserspeicherkapazität großes Potenzial, die Feldkapazität der Sandböden des Hammbach-Gebiets zu verbessern.

Auch der Umbau des Waldes bietet Möglichkeiten zum Einsparen von Wasser und der Verbesserung der Biodiversität.¹¹⁰ In den Szenarien des DBU-Projekts kann der „Umbau der Wälder in Laub- bzw. Mischwald [...] das Grundwasserdargebot um 0,9 bis 2,2 Million Kubikmeter erhöhen“.¹¹¹ Diese Erhöhung wird begründet durch ein Vergleichsprojekt in Rheine (Lysimeter St. Arnold), bei dem die Grundwasserbildung der Waldtypen über Jahrzehnte beobachtet wurde. Die Bestandsaufnahme der Wälder begrenzt sich auf zwei Hauptgebiete: nördlich der Stadt Rhade (ca. 10 Quadratkilometer) und dem Forst Gewerkschaft Augustus (ca. 20,6 Quadratkilometer). In beiden Gebieten sind mindestens zwei Drittel des Waldes Nadelwald und maximal 20 Prozent Laubwald.¹¹² Die Erhöhung des Grundwasserdargebots von 2,2 Millionen Kubikmeter ergibt sich aus einer kompletten Umwandlung beider Waldgebiete zu Laubwald und der damit verbundenen Grundwasserneubildung.

Zusätzlich zu der Erhöhung des Grundwasserdargebots bietet der Umbau der Wälder eine Verbesserung der Biodiversität und eine geringere Anfälligkeit für die Folgen des Klimawandels.¹¹³ Wälder sorgen durch ihr Wurzelwerk für eine Verfestigung des Oberbodens, sorgen

¹⁰⁷ Vgl. DBU (2019), S. 100.

¹⁰⁸ Vgl. LWK NRW (2022), S. 30.

¹⁰⁹ LWK NRW (2022), S.30.

¹¹⁰ Vgl. Franz (2019), S. 15ff.

¹¹¹ DBU (2019), S. 100.

¹¹² Vgl. DBU (2019), S. 93f.

¹¹³ Vgl. LWF (o.J.).

für Schutz vor Sonnenlicht und bieten natürlichen Schutz vor Erosion.¹¹⁴ Des Weiteren binden Wälder unglaublich viel CO² (sog. CO²-Senken) und sind durch ihren Verfall ein wichtiger Bestandteil in der Humusbildung.¹¹⁵ Nicht-gedüngte Wälder bieten optimalen Schutz vor Schadstoffeinträgen in das Grundwasser, weshalb mittlerweile „über 40 Prozent der Fläche aller Wasserschutzgebiete“ im Wald liegen.¹¹⁶ Ausgiebige Trockenheit sorgt auch in Wäldern für Probleme. Fichten sind bspw. in Dürren deutlich anfälliger für den Borkenkäfer, weil ihre Wurzeln meist flach verlaufen und so nicht an tieferliegende Feuchtigkeit reichen.¹¹⁷

Eine Erhöhung des Grundwasserdargebots über die Anpassung der Bewirtschaftung des Bodens lässt sich nach Szenarien des DBU-Projektes von 2019 über die Anpassung der Wälder langfristig und durch den Rückbau von Drainagen und Gräben auch innerhalb von einigen Jahren erreichen.¹¹⁸ Durch die Einschränkung der Landwirtschaft wurden die Gewinne im Grundwasserdargebot, die durch den Rückbau von Drainagen und Gräben erreicht werden, im DBU-Projekt nur in Teilen berücksichtigt und wurden deshalb nicht mit Wasservolumen konkretisiert. Die Maßnahmen der Boden Anpassung können somit laut DBU-Projekt das Grundwasserdargebot um bis zu 2,2 Millionen Kubikmeter pro Jahr erhöhen.¹¹⁹ Bei einer Umsetzung der weiteren Maßnahmen ohne Berücksichtigung der Einschränkungen ist eine weitere Erhöhung des Grundwasserdargebots möglich.

5.1.3 Bewässerung

Die Bewässerung in der Landwirtschaft ist insbesondere für wasserintensive Anbaukulturen wie Gemüse, Kartoffeln oder Obst von Wichtigkeit. Wie man an der Worst-Case¹²⁰-Hochrechnung der DBU sehen kann, ist eine Verzehnfachung des Wasserbedarfs zur Bewässerung in Dürre Jahren möglich. Im Hammbach-Gebiet werden hauptsächlich Gemüse- und Kartoffelkulturen dauerhaft beregnet, um die Qualität und Ertragssicherheit trotz sandiger Böden zu sichern.¹²¹ In Dürre Jahren müssen durch den fehlenden Niederschlag jedoch auch

¹¹⁴ Vgl. BMEL (2021), S. 23f.

¹¹⁵ Vgl. BMEL (2021), S. 23f.

¹¹⁶ BMEL (2021), S. 23.

¹¹⁷ Vgl. LWF (o.J.).

¹¹⁸ Vgl. DBU (2019), S.100.

¹¹⁹ Vgl. DBU (2019), S.100.

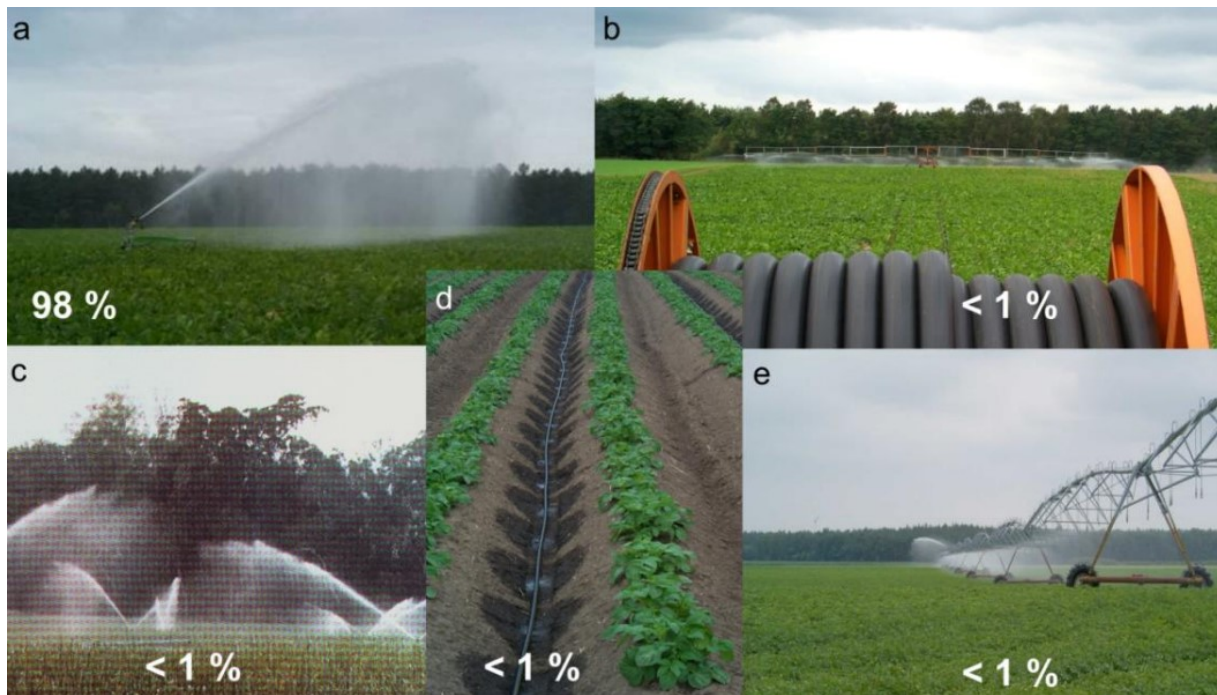
¹²⁰ Wörtlich: der schlimmste Fall. Im Rahmen der Hochrechnung das Szenario mit dem höchsten Wasserbedarf.

¹²¹ Vgl. LWK NRW (2022), S. 34ff.

Ackerkulturen wie Silomais und Getreide bewässert werden, um das Überleben der Kulturen zu gewährleisten.

In Deutschland findet eine Vielzahl unterschiedlicher Bewässerungstechniken Anwendung (Abbildung 10).

Abbildung 10: Bewässerungsverfahren und deren Verbreitung in Niedersachsen



Quelle: Fricke (2017), S.66.

Am weitesten verbreitet ist die mobile Beregnungsmaschine mit Großflächenregner (a). Die mobile Beregnungsmaschine mit Düsenwagen (b) sorgt für eine verbesserte Beregnung unter verstärkten Windbedingungen.¹²² Bei kleineren Beregnungsflächen findet die Sprinklerbewässerung (c) ihre optimale Verwendung. Bei der Tropfbewässerung (d) werden Versorgungsschläuche entweder direkt über oder in den Boden verlegt, um den Wasserweg zu verkürzen und die Verluste durch Wind und Evaporation zu verhindern. Kreis- oder Linearberegnungsmaschinen (e) bieten durch ihre Verteilgenauigkeit große Einsparungen im Energiebedarf und der Arbeitszeit.

¹²² Vgl. Fricke (2017), S. 66f.

Tabelle 9: Eigenschaften einzelner Bewässerungstechniken

	Mobile Beregnungsmaschine	Kreisberegnung	Tropfbewässerung
Energieaufwand	Ca. 0,6 – 0,7 kWh pro Kubikmeter	Ca. 0,2 – 0,3 kWh pro Kubikmeter	Ca. 0,1 – 0,2 kWh pro Kubikmeter
Wasserverteilung	Unregelmäßig, schlechter je weiter entfernt von Regner	Sehr gut außerhalb des Zentralturms der Anlage	Punktgenau koordinierbar, nur minimale Verteilungsunterschiede durch Bodeneigenschaften
Arbeitsaufwand	1 Stunde pro Hektar pro Saison	12 Minuten pro Hektar pro Saison	20 Stunden pro Hektar pro Saison

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Fricke (2017), S. 69.

Wie bereits angemerkt liegen die Unterschiede dieser Techniken jedoch nicht nur in ihrer Technik, sondern sie haben auch enorme Unterschiede in Energieverbrauch, Wasserverbrauch (Tabelle 9) und Material bzw. Investitionskosten (Abbildung 11, S. 46).¹²³ Insbesondere die verbreitete Technik der mobilen Beregnungsmaschine weist große Verluste bei der Wasserverteilung auf.¹²⁴

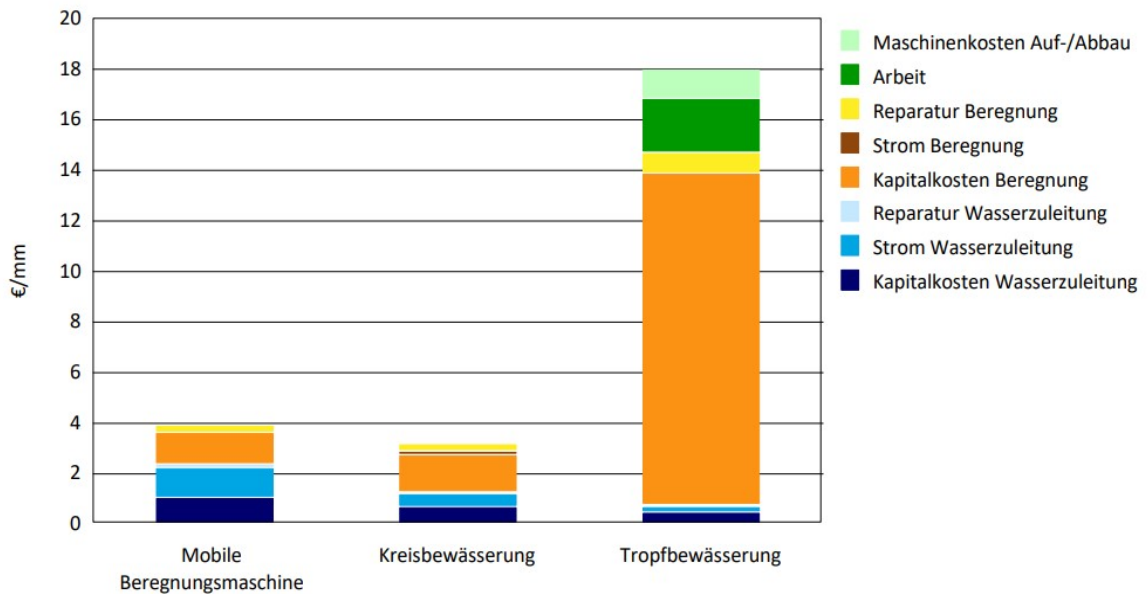
Um diese mangelnde Effizienz zu verbessern sind Kombinationen mit anderen Bewässerungstechniken oder eine Umstellung vorstellbar. Im Rahmen der Einsparung von Wasser ist insbesondere die Tropfbewässerung von Interesse. Bei der Tropfbewässerung kann durch den geringen Energieverbrauch der verlegten Wasserschläuche und die effiziente Wasserverteilung ein Rückgang bei der Wassernachfrage erzielt werden.¹²⁵

¹²³ De Witte (2017); S. 119.

¹²⁴ Vgl. Fricke (2017), S. 66ff, De Witte (2017), S. 116ff.

¹²⁵ Fricke (2017), S. 67ff.

Abbildung 11: Vollkosten einzelner Bewässerungstechniken



Quelle: De Witte (2017), S. 119.

Dem gegenüber steht jedoch ein enormer Investitions- und Arbeitsaufwand, da mit der aktuellen Technik die Tropfschläuche zu jeder Saison auf- und abgebaut werden müssen. Zukünftige technische Entwicklungen, bspw. eines „möglichst vollmechanisierten Systems zur Tropfschlauchentnahme“¹²⁶, könnten jedoch den Arbeitsaufwand enorm verringern. De Witte (2017, S. 123) stellt in einem Szenario für die Altmark in Sachsen-Anhalt fest, dass eine weitere „Verknappung der Wasserrechte [...] die Tropfbewässerung für Kartoffeln wirtschaftlich werden [lässt]“. Dies zeigt, dass unter Bedingungen die Tropfbewässerung bei Kulturen mit höherem Wasserbedarf wie Kartoffeln oder auch Erdbeeren, Spargel und Zucchini wirtschaftlich sein kann. Bei unveränderten Wasserrechten im Hambach-Gebiet hat die Tropfbewässerung in Kombination mit einer Anpassung der Anbaukulturen Anwendungspotenzial.

Der Umfrage der LWK NRW zufolge ist die Nachfrage nach einem Neu- und Ausbau der Bewässerung und neuen Bewässerungstechniken groß, sodass eine höhere Nachfrage nach Wasser seitens der Landwirte in Zukunft zu erwarten ist. Allgemein lässt sich feststellen, dass in der Beregnungstechnik in Deutschland Effizienzpotenziale vorhanden sind und die Steuerung der Bewässerung über digitale Systeme und Satellitensysteme¹²⁷ für eine erhöhte Effizienz sorgen.

¹²⁶ Fricke (2017), S. 67.

¹²⁷ Vgl. Kerscher/Migenda (2022), S. 9f.

Den tatsächlichen, heutigen Bewässerungsbedarf ohne Einsatz von Änderungsmaßnahmen im Hammbach-Gebiet schätzt die LWK NRW auf 5,5 bis 8,1 Millionen Kubikmeter pro Jahr.¹²⁸ Dieser Bedarf wird von den aktuellen Wasserrechten im Hammbach-Gebiet nicht gedeckt. Unabhängig von Maßnahmen ist eine Erhöhung des vorhandenen Wasservolumens im Grundwasserleiter des Hammbach-Gebiets – mindestens als Sicherheitspuffer für Trockenjahre – zu befürworten.

5.2 Kooperationsmaßnahmen

Die Landwirtschaft hat viele Möglichkeiten ihren Wasserbedarf zu verringern (s. Kapitel 5.1). Der größere Nutzer des Grundwassers ist jedoch die Trinkwasserversorgung, obwohl der persönliche Bedarf über die vergangenen Jahrzehnte rückläufig ist.¹²⁹ Dies begründet sich vor allem in technologischen Fortschritt der Haushaltsgeräte, aber auch in Aufklärungsarbeit der Entscheidungsträger.¹³⁰ In den letzten Jahren ist die Trinkwassernachfrage bei einem Wert von etwas über 120 Liter pro Kopf pro Tag ungefähr gleichbleibend.¹³¹ Einsparungspotenziale im Wasserverbrauch der Haushalte sind trotzdem auch in Zukunft über weitere Aufklärungsarbeit zu erwarten und „erfolgen zum Teil „automatisch“, zum Beispiel durch den Austausch von Geräten“¹³². Auch bei den Haushalten können saisonale Unterschiede in der Trinkwassernachfrage entstehen. In Trockenperioden bringen Wassernutzungen wie die Bewässerung von Gärten und Grünflächen, die Befüllung von Pools oder die private Autowäsche manche Trinkwasserversorgungssysteme an ihre Grenzen, sodass Verbote ausgesprochen werden müssen.¹³³

Im Hammbach-Gebiet ist durch die angespannte Grundwassersituation auch die Trinkwasserversorgung in der Pflicht die Konkurrenzen zu entspannen. Im Rahmen der Bedarfsberechnung der RWW wurde ein verringerter Grundwasserbedarf zur Trinkwasserversorgung festgestellt.¹³⁴ Trotzdem wird dem DBU-Bericht nach das verfügbare Grundwasserangebot über die Wasserrechte vollends beansprucht.¹³⁵

¹²⁸ Vgl. LWK NRW (2022), S.45.

¹²⁹ Vgl. UBA (2019).

¹³⁰ Vgl. UBA (2014).

¹³¹ Vgl. BDEW (2022).

¹³² UBA (2014), S. 18.

¹³³ Vgl. Bordel (2022), Stadtwerke Taunusstein (2020), Redaktionsnetzwerk Deutschland (2021).

¹³⁴ Vgl. RWW (2018), S. 21ff.

¹³⁵ Vgl. UBA (2019), S. 11.

5.2.1 Wasserimport

Eine Möglichkeit die Wassernutzungskonkurrenz zu entspannen ist der Wasserimport. Darunter wird in dieser Arbeit ein Fern- oder leitungsgebundener Transport von Wasser in das Hammbach-Gebiet verstanden. Ebenso fällt darunter die Möglichkeit, die nicht gestressten Oberflächengewässer zu nutzen, um deren entbehrliches Wasser für die lokal gefährdeten Teile des Hammbach-Gebiets zu nutzen, bspw. über eine Versickerungsanlage zu versickern. Im Rahmen des DBU-Projekts wurde diese Maßnahme bereits mit hydrologischen Szenarien durchgespielt. Durch die unzureichenden Zuwächse des Grundwasserdargebots über die landwirtschaftlichen Maßnahmen, bleibt laut DBU „als einzige Möglichkeit der Import von Wasser von den Pumpwerken im Süden zur Versickerung im Norden.“¹³⁶ Dafür stehen „mindestens 9 Millionen Kubikmeter an Wasser zur Verfügung.“¹³⁷ Das Wasser soll aus den Pumpwerken im Hammbach und im Marienviertel Richtung Norden transportiert und nördlich von Rhade versickert werden. Dieser Transport bringt durch den Bau neuer Wasserleitungen und den Energiekosten der Pumpen eine signifikante finanzielle und energetische Belastung mit sich. Der Wassertransport mit anschließender Versickerung – die infiltrationsgestützte Wasserversorgung – wird in Kapitel 5.2.2 genauer erläutert.

Die Kosten dieser Maßnahme sind jedoch nicht genau zuzuordnen. Die Trinkwasserversorgung benötigt aufgrund der Nutzungshierarchie des Trinkwassers und der ausführlichen Wasserrechte keine zusätzlichen Leitungen zur Versickerung. Ebenso wenig ist es Aufgabe der Landwirtschaft das Grundwasservolumen außerhalb ihrer Wasserrechte zu bewirtschaften. Um die „konfliktfreie Nutzung des Grundwassers [zu gewährleisten], sollen [die Strategien] mit allen Beteiligten erarbeitet werden.“¹³⁸ Um dem Aufwand und den Kosten gerecht zu werden und die Finanzierungsverhältnisse dieser Maßnahme zu klären, sollten Trinkwasserversorger (RWW) und Landwirte ähnlich wie bei der Nitrat-Thematik kooperieren.

5.2.2 Beregnungsverbände und infiltrationsgestützte Wasserversorgung

Um die Wasserverteilung im Hammbach-Gebiet effizienter zu machen, kann auch ein Beregnungsverband gegründet werden. Im Folgenden werden sich der Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen, der Beregnungsverband Vorderpfalz und der Wasserverband

¹³⁶ DBU (2019), S. 12.

¹³⁷ DBU (2019), S. 12.

¹³⁸ DBU (2019), S. 14.

Hessisches Ried oberflächlich angesehen, um eine Verbandsbildung im Hammbach-Gebiet als Maßnahme vorzustellen und verständlich zu machen.

Ein Beregnungsverband ist eine besondere Form eines Wasser- und Bodenverbandes. Letztere sind Verbände, die sich neben der Verwaltung der Wasserrechte auch um die Pflege und Erhaltung von Wasser und Boden kümmern. Im Detail sorgen sie bspw. für hydrogeologische Gutachten, Förderung der Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Naturschutz oder auch für „Maßnahmen zur Stabilisierung des Grundwasserhaushalts und zur Sicherung/Erweiterung der Grundwasserentnahmen.“¹³⁹

Für die Nutzungskonkurrenz von Grundwasser ist die landwirtschaftliche Beregnung ein wichtiger Faktor. Ein Beregnungsverband ist dementsprechend auf die Bewässerung der landwirtschaftlichen Flächen spezialisiert.

Kreisverband Uelzen

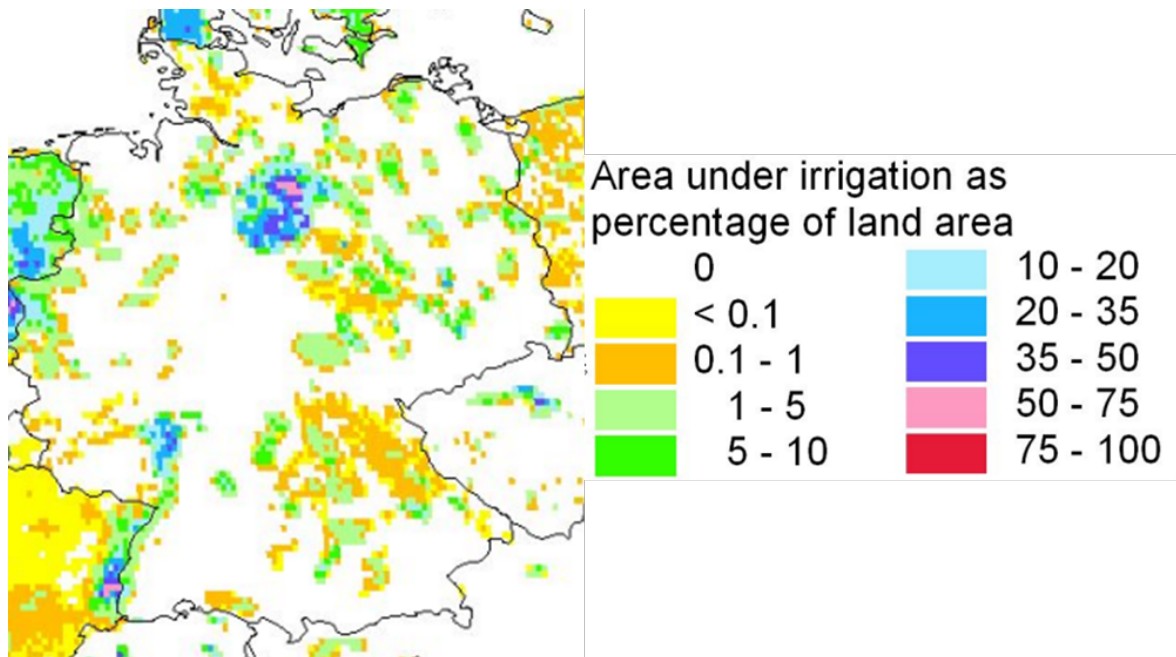
Der Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen ist ein Zusammenschluss aus kleineren Beregnungsverbänden, Wasser- und Bodenverbänden und einem Unterhaltungs- bzw. Landschaftspflegeverband. Aufgabe des Kreisverbandes ist die Bewässerung und Gewässerunterhaltung der Flächen seiner Mitglieder. Dazu zählen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft oder auch einzelne Kommunen. Des Weiteren führt der Kreisverband eine gemeinsame Kasse aller Mitglieder, ist mit den Aufgaben der Verwaltung, wie bspw. Kontakt zu den Behörden, beauftragt und vertritt die Interessen der Mitglieder bspw. in wasserwirtschaftlichen Gremien.

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, ist das Grundwasser und infolgedessen auch die Landwirtschaft in Niedersachsen durch Dürre betroffen. Denn Niedersachsen ist allein für mehr als die Hälfte des deutschen Beregnungsvolumens verantwortlich (310.000 Hektar in 2020). Auf einer Karte der Beregnungsanteile (Abbildung 12) sieht man die extreme Konzentration der Beregnung in Nordostniedersachsen. Die Grundwasserentnahmen durch die Landwirtschaft machen in etwa 70 Prozent der Grundwasserentnahmen in Nordostniedersachsen aus.¹⁴⁰

¹³⁹ Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen (2022).

¹⁴⁰ Vgl. Ostermann (2020), S. 4.

Abbildung 12: Anteil der Beregnungsfläche in Deutschland



Quelle: Siebert / Hoogeveen / Frenken (2006), S. 132.

Die Beregnungsverbände in Uelzen sind damit beauftragt, einen Teil dieses Volumen für mehr als 100.000 Hektar Fläche bereitzustellen. Dazu nutzen sie das verbandsinterne, etwa 2.000 Kilometer lange Leitungsnetz und über 120 Brunnen und Entnahmestellen. So lassen sich die Bedarfe der einzelnen Flächen und Mitglieder leichter überblicken und bündeln. Ebenso werden durch die Verbandsstrukturen die Wasserrechte der Nutzer gebündelt und erleichtern die behördliche Kommunikation. Durch die enge Zusammenarbeit und die gemeinsame Nutzung eines Versorgungs- und Verwaltungsnetzwerks hat der Kreisverband Uelzen den Einfluss des Klimawandels auf ihr Versorgungsgebiet früh erfasst und Maßnahmen ergriffen. So wird über mehrere, auf das Grundwasser einwirkende, Projekte der Grundwasserhaushalt gestützt; darunter ein 400.000 Kubikmeter großer Wasserspeicher, eine Klarwasserrieselung¹⁴¹ zur Infiltration und zwei Versickerungsanlagen. Ähnlich wie in der Bewertung des DBU-Projekts haben diese Maßnahmen eine nicht unwesentliche Zunahme des Grundwassers und der Grundwasserneubildung erreicht. Den enormen Spitzenentnahmen zur Beregnung in der landwirtschaftlichen Saison konnte so signifikant entgegengewirkt werden.

¹⁴¹ Tropf-Infiltration von geklärtem Abwasser aus der Kläranlage.

Beregnungsverband Vorderpfalz

Der Beregnungsverband Vorderpfalz (BVV) ist deutlich kleiner als der Verband in Uelzen. Hier werden etwa 13.500 Hektar landwirtschaftliche Fläche über 600 Kilometer Verteilnetz und weitere Zuleitungen mit Pumpen versorgt. Der Aufbau dieses Netzes wurde zum großen Teil durch finanzielle Beihilfen von der EU und des Landes Rheinland-Pfalz gefördert. Mitglieder des BVV sind Landkreise und Städte, die Landwirtschaftskammer und die Landwirte.

Landwirtschaftlich ist das Gebiet von Kartoffel-, Obst- und Gemüseanbau geprägt. Für die benötigte Qualität dieser Produkte ist eine ausgiebige Beregnung auch außerhalb trockener Phasen nötig. Das dafür benötigte Wasser wird aus dem naheliegenden Altrhein in Otterstadt bei Speyer über ein Wasserwerk in das Verteilnetz des Verbandes gepumpt. Die Abgaben an die einzelnen Nutzer wird über Standrohrwasserzähler nachgehalten, sodass eine genaue Zuteilung des genutzten Wassers möglich ist. Die Mitglieder des Verbandes verwalten und verantworten für sich selbst, haben aber Verbandsgesetze und Satzungen. Ähnlich wie in Uelzen übernimmt der Verband die Aufgaben, die man als „nicht klassisch bäuerlich“ bezeichnen könnte: Die Kommunikation mit den Behörden und die Abrechnung sowie Instandhaltung der Wasserversorgung. Des Weiteren hat der Verband in den vergangenen Jahren Interesse an der Digitalisierung der Landwirtschaft geäußert. In einer Testreihe werden im Verbandsgebiet die Standrohre mit Sensoreinheiten bestückt, um die Messungen genauestens zu dokumentieren und über das Internet ablesbar zu machen.¹⁴² So soll in Zukunft durch weitere Messstationen, welche dann beeinflussende Umweltfaktoren wie Regen und Wind erfassen, die Beregnung und Wasserabnahme der Landwirte effizienter gemacht werden.

Hessisches Ried

Das Hessische Ried ist eine Landschaft im Rhein-Main-Delta im Süden der Frankfurter Metropolregion. In der Region treffen unterschiedliche Anlieger und Interessen aufeinander. Es gibt eine enge Verflechtung von Land- und Forstwirtschaft, Siedlungsstrukturen und der Wasserwirtschaft.

Als Reaktion auf die Trockenperiode der 70er Jahre, die eine erhebliche Absenkung des Grundwasserstandes mit sich zog, und der darauffolgenden Nassperiode, die für Wasserschä-

¹⁴² Vgl. Gendries (2022).

den an tief liegenden Bau- und Siedlungsflächen sorgte, wurde der Wasserverband Hessisches Ried (WHR) gegründet. Mitglieder des WHR sind die regionalen Wasserversorger (bspw. die Hessenwasser), die anliegenden Kommunen und die Landwirtschaft. Hauptaufgabe und Strategie des WHR ist die Grundwasserbewirtschaftung über die infiltrationsgestützte Wasserversorgung des Rieds.

Unter der infiltrationsgestützten Wasserversorgung versteht man die Infiltration von zusätzlichem Wasser in den Grundwasserkörper, um die Wasserversorgung zu unterstützen und zu sichern. Im WHR wird hierfür Wasser aus dem Rhein im Brauchwasserwerk in Biebesheim zu Trinkwasser aufbereitet und im Anschluss über mehrere Infiltrationsanlagen versickert. Dabei wird besonders Wert auf die Anforderungen des IWRM gelegt mit dem Ziel die bedarfsgerechte Förderung des Wassers, die Vorgaben der Wasserrechte und eine ökologisch sinnvolle Wassergewinnung in Einklang zu bringen.¹⁴³ Die Infiltration findet über ein separates Brauchwassernetz in mehr als 50 Infiltrationsanlagen statt. Der Grundwasserstand wird über hunderte Grundwassermessstellen im gesamten Ried permanent verfolgt und so kann bedarfsgerecht Wasser infiltriert werden. Bei witterungsbedingt hohen Grundwasserständen wird diese Infiltration im Gegenzug gestoppt, um die Siedlungen und die Landwirtschaft vor Vernässung zu schützen.

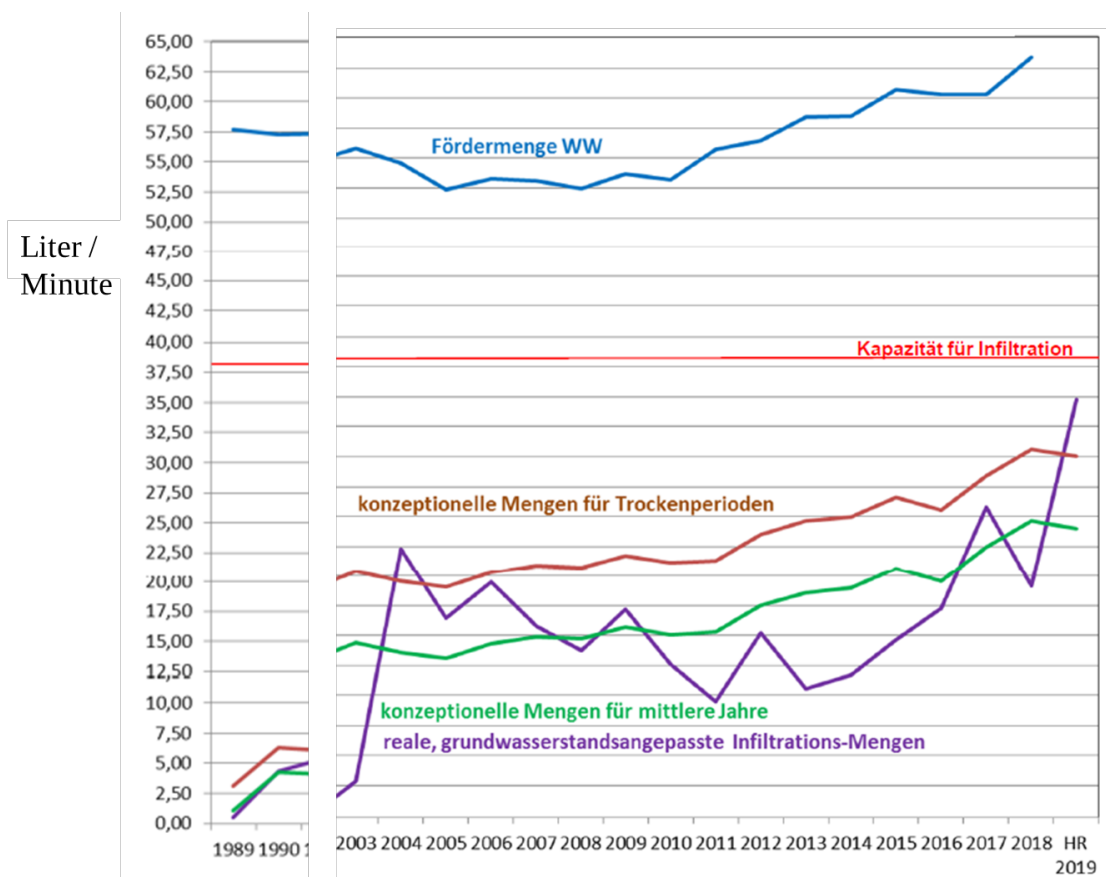
In der Folge einer landespolitischen Entscheidung wurde ab 2015 die Aufgabe der Beregnung als Teil des WHR losgelöst und seitdem ist die WHR-Beregnung selbständig für die landwirtschaftliche Beregnung im Hessischen Ried zuständig. Die landwirtschaftliche Beregnung des WHR versorgt rund 5.400 Hektar über fast 300 Kilometer Verteilnetz. Das Wasser hierfür wird aus dem Brauchwasserwerk in Biebesheim bereitgestellt. Die angebauten Kulturen im Hessischen Ried sind eine Vielzahl unterschiedlicher Sonderkulturen, die eine regelmäßige Bewässerung benötigen. Durch die Aufbereitung des Brauchwassers aus dem Rhein ist dessen Verwendung auch für die Landwirtschaft geeignet, sodass die Nutzung von unbehandeltem Oberflächenwasser nicht nötig ist. Die Gebiete außerhalb des Versorgungsnetzes nutzen Tiefbrunnenanlagen zur Wassergewinnung und profitieren daher ebenso von der Infiltration des Wassers aus Biebesheim.

Der WHR handelt im Rahmen von nachhaltiger und umweltschonender Grundwasserbewirtschaftung im Sinne des IWRM und sorgt dadurch für eine gelungene Vereinbarung der Interessen der Anlieger. Die erfolgreiche Umsetzung der Strategie im Hessischen Ried lässt sich

¹⁴³ Vgl. WHR (2019), S. 21.

an einem ausgeglichenen, sicheren Grundwasserstand bewerten, sodass selbst in den vergangenen Dürrejahren die theoretische Kapazität der Infiltration zum Ausgleich der Wasserentnahme nicht erreicht wurde (Abbildung 13). Dass die Kapazitätsgrenze jedoch fast erreicht wurde, ist ein Zeichen dafür, dass der WHR sich nicht auf seinem funktionierenden System ausruhen sollte. Durch den Klimawandel werden Extremjahre wie 2018 und 2019 immer häufiger auftreten und in ihrer Intensität stärker die Ressource Wasser beanspruchen. Im Zuge dessen wurden im Jahr 2022 bereits zwei weitere Infiltrationsanlagen im WHR-Gebiet fertiggestellt.

Abbildung 13: Ausschnitt der Infiltrationsmengen des WHR von 1989 bis 2019



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Manger (2019).

5.3 Nutzung von aufbereitetem Abwasser am Beispiel Spaniens

„Konflikte um die lebensnotwendige Ressource Wasser treten immer häufiger auf angesichts der steigenden Nachfrage und der verschärften Knappheit.“¹⁴⁴ Die zukünftigen potenziellen Interessenkonflikte des Hammbach-Gebiets sind international betrachtet von geringem Ausmaß. Aktuell herrscht in Deutschland eine sichere Lage, was die Ressource Wasser angeht. Einen flächendeckenden Wasserstress gibt es nicht.¹⁴⁵ Regionale Unterschiede (klimatische Bedingungen, Bodengegebenheiten, Bevölkerungsverteilung etc.) können aber auch heute schon für regionalen Wasserstress sorgen.¹⁴⁶

Die Vereinten Nationen dokumentieren die Probleme mit und um Wasser vor allem in „politischer Vernachlässigung [und] Missmanagement.“¹⁴⁷ Regionaler Wasserstress wird demnach nicht nur von klimatischen und anderen regionalen Gegebenheiten beeinflusst, sondern auch von einer mangelnden Wertschätzung seitens der politischen Entscheidungsträger.

Die Nutzung von aufbereitetem Abwasser zur Beregnung kann in Europa in Zukunft eine Rolle spielen.¹⁴⁸ Denn auch in Europa gibt es Länder mit mangelnden Süßwasserquellen und schlechten Bodenbedingungen. Südeuropäische Länder wie Spanien oder Italien leiden immer häufiger unter regionalem Wasserstress.¹⁴⁹ In Italien hat es von November 2021 bis Mai 2022 nicht länger ausgiebig geregnet, sodass der Fluss Po so wenig Wasser führt, wie seit 70 Jahren nicht mehr.¹⁵⁰ In Frankreich entstehen Waldbrände, Atomkraftwerke drohen aufgrund von fehlendem Kühlwasser die Abschaltung¹⁵¹ und in Spanien sind durch eine Hitzewelle tausende Hektar Land von Flächenbränden betroffen.¹⁵²

Spanien

Spanien ist basierend auf dem HadCM3-Klimamodell im Szenario „IPCC-IS92a/Baseline-A“ des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) eines der europäischen Länder, die bereits heute und auch in Zukunft unter enormen Wasserstress leiden.¹⁵³ Das Dürrierisiko¹⁵⁴

¹⁴⁴ Bottenberg et al. (2022), S. 105.

¹⁴⁵ Vgl. UBA (2022b).

¹⁴⁶ Vgl. Jekel et al. (2006), S. 3

¹⁴⁷ UNESCO (2021), S. 2

¹⁴⁸ Vgl. EEA (2009), S. 42.

¹⁴⁹ Vgl. Europäischer Rechnungshof (2021), S. 7f.

¹⁵⁰ Vgl. Tagesschau (2022).

¹⁵¹ Vgl. Die Tageszeitung (2022).

¹⁵² Vgl. Agence France-Presse (2022).

¹⁵³ Vgl. Alcamo/Döll/Lehner (2001) nach Daten des IPCC, S. 56.

¹⁵⁴ „Anteil der Landesfläche mit Zunahme der 100-jährlichen Dürreintensität um mehr als 10%“ (Alcamo/Döll/Lehner (2001) nach Daten des IPCC), S. 56.

wird dort sogar auf 99 Prozent prognostiziert, was den Anbau von landwirtschaftlichen Produkten wie Obst, Gemüse, Zitrusfrüchten, Weintrauben oder Oliven unter keinen Umständen lohnend oder möglich macht. Die Landwirtschaft ist in Spanien sehr verbreitet und entwickelt sich durch die Kombination aus Übernutzung der mediterranen Böden und den klimatischen Entwicklungen zu einer Problemzone.¹⁵⁵ Es kommt mitunter zu Versalzung der Böden und der darauffolgenden Desertifikation.¹⁵⁶ Eine solche Verknappung der natürlichen Wasserressourcen zeigt dringlichen Handlungsbedarf.

Neben der Modernisierung von Beregnungssystemen wird auch die Wiederverwendung von Abwasser für die Landwirtschaft und Industrie in Spanien genutzt.¹⁵⁷ Ein Problem stellt in Spanien insbesondere der Salzgehalt des spanischen Abwassers dar, das in seiner Rohform für die direkte Nutzung in der Landwirtschaft unbrauchbar ist und somit eine besondere Behandlung benötigt.¹⁵⁸ Innerhalb von Testreihen mit behandeltem Abwasser wurden in Spanien Spurenstoffe an Pflanzen bestätigt, die eine direkte Nutzung des Abwassers in direktem Kontakt mit Menschen oder roh verzehrten Kulturen ausschließen.¹⁵⁹ Auch in der indirekten Nutzung des Abwassers lassen sich in den Flüssen Spaniens Spurenstoffe nachweisen, die ohne eine weitreichende Behandlung gefährlich sind.¹⁶⁰

Die Nutzung von Abwasser birgt genannte Risiken. Im Rahmen dieser Risiken ist es wichtig zwischen direkter und indirekter Nutzung von Abwasser zu unterscheiden (Tabelle 10).

¹⁵⁵ Vgl. WBGU (2008), S. 142.

¹⁵⁶ Vgl. WBGU (2008), S. 142.

¹⁵⁷ Vgl. EEA (2009), S. 41ff.

¹⁵⁸ Vgl. Dalahmeh/Baresel (2014), S. 19.

¹⁵⁹ Vgl. Dalahmeh/Baresel (2014), S. 20ff.

¹⁶⁰ Vgl. Dalahmeh/Baresel (2014), S. 25.

Tabelle 10: Direkte und indirekte Nutzung von Abwasser

Direkte Nutzung	Indirekte Nutzung
Das Abwasser wird aufbereitet und als geruchsfreies Klarwasser direkt zum Anwendungsort (bspw. Feldberegnung) weitergeleitet.	Das Abwasser wird aufbereitet und als nährstoffarmes – von Phosphor und Stickstoff befreites – Abwasser in ein anderes Gewässer eingeleitet.
Stickstoff und Phosphor, die durch die Landwirtschaft ins Grundwasser gelangen, finden so direkt Anwendung als nährstoffreiches Abwasser beim Verursacher.	Das Abwasser findet so Anwendung bei der Grundwasseranreicherung bspw. durch Oberflächenversickerung oder klassische Einführung in Oberflächengewässer.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Dalahmeh/Baresel (2014), S. 11f. und Stadt Wolfsburg (o.J.).

In Spanien fallen viele Faktoren zusammen, welche die Nutzung von aufbereitetem Abwasser für die Landwirtschaft sinnvoll erscheinen lassen. Das Land weist einen enormen Wasserstress auf, der in der Zukunft wohl noch verschärft wird. Die Wiederverwendung von Abwasser für die Landwirtschaft ermöglicht es Spanien seinen begrenzten Wasserhaushalt zu verbessern. Außerdem bietet das spanische Abwasser eine mögliche Einsparung von Phosphor und Nitrat in der Düngung von landwirtschaftlichen Kulturen.¹⁶¹ Jedoch lässt sich klar nachweisen, dass eine Nutzung von Abwasser viele Risiken mit sich bringt, die eine strenge Regulation und Qualitätsprüfung benötigen. Um die Nutzung von Abwasser sowohl sozial akzeptiert als auch wirtschaftlich vertretbar zu machen, sind größere Investitionen in Infrastruktur, Forschung und Aufklärungsarbeit nötig.¹⁶²

Deutschland und Hammabach

Die Auflagen für die Beregnung von landwirtschaftlichen Produkten ist in Europa noch nicht einheitlich geregelt und trifft insbesondere in Deutschland durch strenge Hygiene- und Kontrollvorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) auf Barrieren. Die Nutzung von Abwasser für Industrie und Landwirtschaft ist laut europäischem Parlament trotzdem ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Wasserversorgung, um den Druck auf die Süßwasserressourcen Europas zu verringern.¹⁶³

¹⁶¹ Vgl. Dalahmeh/Baresel (2014), S. 29.

¹⁶² Vgl. Dalahmeh/Baresel (2014), S. 29.

¹⁶³ Vgl. EU-Verordnung 2020/741, S. 1.

Deutschland hat mit den Kläranlagen in Wolfsburg und Braunschweig bereits erste Erfahrungen mit behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung gesammelt: „In Wolfsburg findet neben einer direkten Nutzung von behandeltem Abwasser auch eine Grundwasseranreicherung statt, sodass das infiltrierte Wasser zu einem späteren Zeitpunkt wieder entnommen werden kann.“¹⁶⁴ Das geklärte Abwasser wird in direkter Nutzung zur Vegetationszeit der Landwirtschaft verwendet. Dadurch werden Beregnungswasser und Düngemittel gespart.¹⁶⁵ Außerhalb der Vegetationsperiode wird das Abwasser zu Klarwasser umgewandelt und zur Grundwasseranreicherung versickert.

Neben Phosphor und Stickstoff sind jedoch auch Metalle und Mikroverunreinigungen durch Chemikalien oder Arzneimittel Bestandteile des Abwassers. Insbesondere die Eliminierung von Mikroverunreinigungen ist in Deutschland durch die übliche Abwasseraufbereitung (3. Reinigungsstufe) nicht gegeben.¹⁶⁶ Die direkte oder indirekte Nutzung von Abwasser ist insbesondere dann problematisch, wenn in der Nähe der Abwasser-Nutzung auch Trinkwasserressourcen oder Badegewässer anliegen. Neben all diesen Faktoren beeinflussen aber auch die „Art der Bewässerung (u.a. der Kontakt des Wassers mit der Pflanze, Menge und Dauer der Bewässerung), die Herkunft und Zusammensetzung des Abwassers, ebenso wie Bodeneigenschaften und klimatische Bedingungen“¹⁶⁷ das Gesamtrisiko der Abwassernutzung.

Im Hambach-Gebiet ist sowohl durch die gegebene Trinkwasserversorgung als auch die anliegenden Wasserschutz- und Naturschutzgebiete eine Nutzung von Abwasser unwahrscheinlich. Durch die bereits angespannte Situation der Nährstoffe wie Nitrat und Eisen im Grundwasserleiter ist eine potenzielle Anreicherung dieser Stoffe durch Abwassernutzung als kritisch zu betrachten. Im Rahmen von zukünftiger, technologischer Entwicklung, wie der 4. Reinigungsstufe der Abwasserbehandlung, wäre das Potenzial der Abwassernutzung jedoch neu zu bewerten, ebenso wie die politische Entwicklung der Wasserwiederverwendung.

¹⁶⁴ Seis et al. (2016), S.22.

¹⁶⁵ Vgl. Stadt Wolfsburg (o.J.).

¹⁶⁶ Vgl. UBA (2017), S.85.

¹⁶⁷ UBA (2017), S. 85.

6 Maßnahmenbewertung

Im Folgenden werden die Maßnahmen aus Kapitel 5 einer Nutzwertanalyse unterzogen, um eine Rangliste für die Handlungsempfehlung auszuarbeiten. Diese Handlungsempfehlung gilt zunächst aus Sicht aller Akteure des Hammbach-Gebiets, wird aber durch das Zusatzkriterium auch aus Sicht der RWW formuliert. Dazu wird die in Kapitel 2.2 erklärte Methodik verwendet. Ausnahmen und Änderungen an der Methodik innerhalb dieses Kapitels werden sukzessiv erläutert. In den Tabellen mit den Nutzwerten werden die Kriterien der Übersichtlichkeit halber mit den Nummern eins bis vier (1-4) abgekürzt:

- 1) Wasservolumen
- 2) Wasserqualität
- 3) Planungsaufwand
- 4) Umsetzungsaufwand

In der Gesamtbetrachtung der Nutzwerte der Einzelmaßnahmen ist der schlechteste Nutzwert eine 1,0 und der beste Nutzwert eine 10,0.

6.1 Landwirtschaftliche Maßnahmen

6.1.1 Angebaute Kulturen diversifizieren

Die Diversifikation der angebauten Kulturen in der Landwirtschaft findet in der wissenschaftlichen Debatte Befürworter und Gegner. Der Anbau vieler in Deutschland verbreiteter Kulturen ist abhängig von klimatischen und geologischen Bedingungen. Eine Veränderung der angebauten Kulturen im Hammbach-Gebiet ist vor diesem Aspekt fragwürdig. Die angebauten Kulturen und der landwirtschaftlich genutzte Boden des Hammbach-Gebiets bieten wenig Alternativen zum bereits verbreiteten Silomais oder der Nutzung als Dauergrünland. Die Landwirte des Hammbach-Gebiets sind bereits heute wenig spezialisiert. Techniken wie Fruchtfolgen durch Untersaaten und Zwischenfrüchte werden in weiten Teilen des Hammbach-Gebiets bereits genutzt. Insgesamt ist in der Anpassung der Kulturen wenig Potenzial zur Erhöhung des Wasserdargebots feststellbar. Die heutigen angebauten Kulturen sind größtenteils trockenresilient, was sich in der geringen Gesamtbewässerung im Hammbach-Gebiet widerspiegelt. Eine Änderung der Kulturen zu mehr Sonderkulturen und noch weniger Spezialisierung würde über die gesamte landwirtschaftliche Fläche nur zu einer Erhöhung des Wasserbedarfs führen. Eine Erweiterung des Anbaus von resilienteren Kulturen kann im Gegenzug für eine Verringerung des Wasserbedarfs sorgen. Die Spezialisierung auf resilientere Kul-

turen würde die Landwirte jedoch anfälliger für Marktschwankungen machen und die Biodiversität des Hammach-Gebiets verschlechtern.

Des Weiteren ist der Einfluss auf die Grundwasserqualität durch veränderte Kulturen grundsätzlich sehr gering. Unterschiedliche Pflanzenarten sorgen für eine Auflockerung der oberen Erdschichten und ermöglichen so bspw. einen verbesserten Sauerstoffaustausch, aber der Einfluss von Pflanzenschutzmitteln, Nitrat und Phosphor in das Grundwasser bleibt vergleichsweise unverändert. Die Spezialisierung auf resilientere Kulturen gefährdet die Grundwasserqualität, da die gleichbleibende Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen den Nährstoffverbrauch und in Folge dessen die Nutzung von Düngemitteln konzentriert.¹⁶⁸ Einen signifikanten Einfluss auf die Grundwasserqualität wäre nur durch eine weitreichende Umstellung auf Ökolandbau zu erwarten.

Der Planungs- und Umsetzungsaufwand bei der Anpassung von Kulturen lässt sich nur schwer abschätzen, da er sich auf Teile der generellen Wirtschaftlichkeitsrechnungen der Landwirte begrenzt. In der Planung sind für die Landwirte die Planung der Fruchtfolgen und eine Beobachtung der Marktpreise ihrer Produkte die Hauptaufwandstreiber. Außerdem müssen sie abschätzen, welche Kultur auf welchem Boden bei welchem erwarteten Wetter am effizientesten ist. In der Umsetzung der Maßnahme müssen eventuell neue Maschinen beschafft werden, um die geänderten Kulturen richtig auf den Feldern zu bestellen. Eine Umstellung der Kulturen in Verbindung mit der Umstellung der Bewässerung würde jedoch für deutlich mehr Planungs- und Umsetzungsaufwand sorgen. Außerdem könnte die Anpassung von Kulturen für einige Landwirte einen zukünftigen Mangel an Expertise bedeuten. Ein Landwirt, der jahrelang nur oder hauptsächlich Silomais anbaut, könnte bei einer Umstellung zu mehreren unterschiedlichen Kulturen ein Wissens- und Erfahrungsdefizit aufweisen.

Insgesamt hat die Anpassung der Kulturen im Hammach-Gebiet nur mittelmäßiges Potenzial Anwendung zu finden: Nutzwert 4,35 (Tabelle 11). Der Planungs- und Umsetzungsaufwand der Maßnahme ist sehr stark von den einzelnen Landwirten abhängig und kann stark ansteigen, wenn eine Veränderung der Bewässerung ebenfalls notwendig ist. Eine Umsetzung in Kombination mit anderen Maßnahmen (Kapitel 6.3) hat somit große Einwirkung auf den Nutzwert der Maßnahme.

¹⁶⁸ Vgl. LWK NRW (2018) S. 87.

Tabelle 11: Nutzwert „Angebaute Kulturen diversifizieren“

<i>Angebaute Kulturen diversifizieren</i>	1)	2)	3)	4)
Messwert	sehr wenig	gleichbleibend	mittelmäßig	mittelmäßiges Kostenpotenzial
Skalenwert (1-10)	2	5	5	6
Gewicht	0,3	0,2	0,25	0,25
Teilnutzwert	0,6	1	1,25	1,5
Gesamtnutzwert	<u>4,35</u>			

Quelle: Eigene Darstellung.

6.1.2 Boden Anpassung und Waldumbau

Die Anpassung des Bodens weist im Gegensatz zur Anpassung der Kulturen ein höheres Potenzial auf. Da ein Waldumbau und die Wirkung auf Boden und Grundwasser nicht binnen kürzester Zeit umgesetzt werden kann, findet die Erhöhung des Wasserdargebots nur langfristig statt, kann aber bei erfolgreicher Umsetzung bis zu 2,2 Millionen Kubikmeter pro Jahr darbieten. Dies ist ein sehr großer Hinzugewinn des Grundwasserdargebots, weil er zumindest unter der aktuellen Situation die bereits vergebenen Wasserrechte der Landwirtschaft abdeckt. Ob dieses Wasservolumen jedoch in seiner Gänze erreicht wird, ist fraglich, weil es eine komplette Umstellung auf einen Laubwald voraussetzt. Im Waldbericht der Bundesregierung wird für die Verbesserung der Biodiversität, den Aufbau von Klima- und Katastrophenresilienz sowie die bestehende ökonomische Waldnutzung zu Mischwäldern und Vielfalt in den Waldökosystemen geraten.¹⁶⁹ Bei einer Umsetzung des Waldumbaus im Sinne des Waldberichts sind die 2,2 Millionen Kubikmeter somit nicht realistisch. Das im DBU-Projekt errechnete Minimum von 0,9 Millionen Kubikmeter sorgt jedoch bereits für einen massiven Zuwachs des Grundwasserdargebots.

Der Rückbau von Drainagen und Gräben sorgt potenziell auch für eine Erhöhung des Grundwasserdargebots. Die erzielte Wirkung wird jedoch hauptsächlich in der Kontrolle über das Grundwasser erzielt. Durch den Rückbau landwirtschaftlicher Drainagen und Gräben wird der Oberflächenabfluss berechenbarer und die Oberflächenevaporation nimmt ab. Der Grundwasserspiegel kann steigen und die Verfügbarkeit von Wasser nimmt zu.¹⁷⁰ Negativ beeinflusst werden hiervon jedoch die Landwirte. Sie verlieren durch den Rückbau die landwirtschaftli-

¹⁶⁹ Vgl. BMEL (2021), S. 49ff.

¹⁷⁰ Vgl. DBU (2019), S. 58f.

che Kontrolle über den Boden und ein steigender Wasserstand könnte im schlimmsten Fall auch für Durchnässung einzelner Gebiete sorgen.

Durch eine Erhöhung des Humusgehalts lässt sich keine direkte Wirkung auf das Grundwasserdargebot erzielen, unterstützt und verstärkt jedoch die Effektivität der anderen Boden- und Landwirtschaftsmaßnahmen.

Die Grundwasserqualität wird durch die Maßnahmen der Boden Anpassung signifikant beeinflusst. Die Stoffinfiltration durch Nitrat, Phosphor und Pflanzenschutzmittel wird durch den Rückbau von Drainagen und Gräben verringert. Insbesondere der Tiefeneinfluss von Nitrat ist bei aktuellem Qualitätsstand des Grundwassers unter vereinzelt Gebieten von Bedeutung. Hier besteht die Möglichkeit, durch den Rückbau von Drainagen und Gräben die Grundwasserqualität zukünftig sicher innerhalb der EU-Vorgaben zu halten. Der Waldumbau kann durch sein Wurzelwerk für eine verbesserte Filterfunktion des Bodens sorgen.

Ein weitreichender Rückbau von Drainagen und Gräben sowie der Umbau der Wälder sind mit großem Planungs- und Umsetzungsaufwand verbunden. Für einen koordinierten Umbau des Waldes wird eine genaue Planung der Bepflanzung und Saatmischung benötigt. Des Weiteren muss der bestehende Nadelwald umgepflanzt oder verarbeitet werden. Die Finanzierung eines solchen Umbaus ist schwierig zu bestimmen, da es keinen der direkten Wassernutzer betrifft. Die Umsetzung dieser Maßnahme ist somit durch Anteilnahme einer Behörde realistisch. Der Rückbau von Drainagen und Gräben ist ähnlich aufwendig und mit hohen Kapitalkosten ohne direkten Ausgleich verbunden. Die Landwirte stehen bei einem solchen Rück- und Umbau einerseits den Baukosten, aber andererseits auch den Folgekosten der Maßnahme gegenüber. Die laufenden Erhaltungskosten der Drainagen und Gräben könnten jedoch langfristig gespart werden. Um ihre Felder durch die fehlenden Gräben besser mit Wasser zu versorgen sind potenziell neue Wassertransportwege notwendig. Außerdem kann durch das Verschließen von Gräben und Drainagen der Wasserstand der natürlichen Wasserwege steigen und in der Folge die landwirtschaftlichen Flächen unbrauchbar machen.¹⁷¹ Insgesamt ist der Planungs- und Umsetzungsaufwand der Boden Anpassung enorm und lässt sich vermutlich nicht durch Anlieger und Wassernutzer eigenfinanzieren. Hier bedarf es wie im DBU-Projekt festgestellt an „entsprechenden Vereinbarungen [oder] Ausgleichszahlungen“¹⁷², im besten Fall mit Hilfe von behördlicher Seite oder durch Stiftungs- und Forschungsgelder. Die Bo-

¹⁷¹ Vgl. DBU (2019), S. 90.

¹⁷² DBU (2019), S. 90.

denpassung und der Waldumbau weisen höheres Potenzial auf als die Diversifizierung der Kulturen: Nutzwert 4,75 (Tabelle 12).

Tabelle 12: Nutzwert „Bodenanpassung und Waldumbau“

<i>Bodenanpassung und Waldumbau</i>	1)	2)	3)	4)
<i>Messwert</i>	viel	Starke Verbesserung	sehr hoch	sehr hohes Kostenpotenzial
<i>Skalenwert (1-10)</i>	8	8	2	1
<i>Gewicht</i>	0,3	0,2	0,25	0,25
<i>Teilnutzwert</i>	2,4	1,6	0,5	0,25
<i>Gesamtnutzwert</i>			<u>4,75</u>	

Quelle: Eigene Darstellung.

6.1.3 Bewässerung

Die Bewässerung in der Landwirtschaft ist ein Kern der Wasserproblematik im Hammbach-Gebiet. In Anbetracht der klimatischen Einwirkungen auf Pflanzen und Boden ist es umso wichtiger, den Wasserbedarf durch Bewässerung effizienter zu machen. Wie in Kapitel 5.1.3 festgestellt gibt es viele unterschiedliche Bewässerungsmöglichkeiten, die sich jedoch nicht bei jeder angebauten Kultur verwenden lassen. Ebenso ist zu bedenken, dass durch digitale Techniken wie im BVV auch in der Bewässerung ein großes Effizienzpotenzial durch Digitalisierung besteht.

Durch die im Hammbach-Gebiet angebauten Kulturen und die Umfrage der LWK NRW lässt sich schließen, dass der Bewässerungsbedarf steigen wird. Der Einfluss auf das aktuelle Grundwasservolumen im Hammbach-Gebiet ist durch eine Umstellung der Bewässerung nur bedingt groß. Durch die geringe Verbreitung der Bewässerung zieht eine Umstellung dieser nur dementsprechend geringe Effizienzgewinne nach sich. Der Bewässerungsbedarf der Kulturen ist jedoch im Worst-Case auf das mehr als zehnfache des Normalfalls berechnet worden. Vor diesem Hintergrund kann der Einfluss eines verringerten Bewässerungsbedarfs ebenso zehnfach einwirken. Den Daten der LWK NRW nach berechnen im Hammbach-Gebiet alle jene Betriebe, die Gemüse und Kartoffeln anbauen. Standorte mit nachteiligen, sandigen Böden verzichten auf den Anbau von wasserintensiven Kulturen und haben daher auch keine Berechnungsinfrastruktur oder -geräte. Eine Veränderung der Bewässerung dieser wasserintensiven Kulturen zu bspw. einer Tropfbewässerung kann zu erheblichen Einsparungen im Wasserverbrauch führen. Dem gegenüber wirkt jedoch der klimatische Einfluss für einen erhöhten Bedarf seitens der Kulturen.

Durch Bewässerung von Pflanzen können diese die Nährstoffe des Bodens effizienter und vermehrt aufnehmen. Das sorgt für eine verminderte Auswaschung von Nitraten, Phosphor und Pflanzenschutzmitteln. Die Bewässerung sorgt somit bedingt für den Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer. Eine Erweiterung der Bewässerung kann sich positiv auf die Wasserqualität im Hammbach-Gebiet auswirken, auch wenn dadurch der Wasserbedarf steigt.

Eine Umstellung oder Erweiterung der Bewässerung hat einen großen Planungs- und Umsetzungsaufwand. Neben den offensichtlichen Kapitalkosten von neuen Bewässerungssystemen müssen in manchen Fällen auch die Kulturen mit umgestellt werden. Die Landwirte müssen planen, ob und wie ihre Flächen für eine Bewässerung und etwaige andere Kulturen geeignet sind. Zusätzlich ist die Bewässerung ein energetisch ineffizienter Kostenträger.¹⁷³ Nahezu drei Viertel der laufenden Kosten sind Strom.¹⁷⁴ Im Hinblick auf die Digitalisierung der Landwirtschaft bestehen außerdem große Innovations- und Investitionskosten für eine effiziente Landwirtschaft. Eine Umstellung der aktuellen Bewässerung ist somit unter den gegebenen technisch-ökonomischen Bedingungen nicht ratsam. Sie sorgt aber in Kombination mit anderen Maßnahmen für eine gesteigerte Effizienz im Rahmen der Wassernutzung und Nährstoffaufnahme. Durch die geringe Nutzung von Beregnung im Hammbach-Gebiet ergibt sich für die Bewässerung nur ein geringer Nutzwert: Nutzwert 4,00 (Tabelle 13).

Tabelle 13: Nutzwert „Bewässerung“

<i>Bewässerung</i>	1)	2)	3)	4)
<i>Messwert</i>	wenig	Leichte Abnahme	mittelmäßig	sehr hohes Kostenpotenzial
<i>Skalenwert (1-10)</i>	4	4	6	2
<i>Gewicht</i>	0,3	0,2	0,25	0,25
<i>Teilnutzwert</i>	1,2	0,8	1,5	0,5
<i>Gesamtnutzwert</i>	<u>4,00</u>			

Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁷³ Vgl. Fricke (2017), S. 72, De Witte (2017), S. 113.

¹⁷⁴ Vgl. Fricke/Riedel (2017), S. 21ff.

6.2 Kooperationsmaßnahmen

6.2.1 Beregnungsverbände und Infiltrationsgestützte Wasserversorgung

Die Thematik des Wasserimports und der infiltrationsgestützten Wasserversorgung wird in der Bewertung zusammengefasst, da beide Vorhaben sich im Grunde sehr ähneln. Ebenso setzen beide Maßnahmen so oder so den Aufbau einer kontrollierenden Organisation wie einen Wasserverband voraus. Da die landwirtschaftlichen Maßnahmen der DBU-Studie nach allein nie ausreichen werden, um den zukünftigen Wasserbedarf des Hambach-Gebiets zu decken, sind die zusätzliche Versickerung und Begründung einer kontrollierenden Organisation wichtige Optionen. Für den Transport des Wassers muss mindestens eine Wasserleitung von den Wasserpumpen beim blauen See und dem Hambach in Richtung Norden gebaut und verwaltet werden. Dadurch werden zwangsläufig energetische und finanzielle Aufwendungen entstehen, dessen Träger alle anliegenden Wassernutzer sein sollten. Des Weiteren ist die Versickerung nur bei einem ausreichenden Wasserstand des Sees möglich, der sich auf das Winterhalbjahr begrenzt.¹⁷⁵ Der Machbarkeitsstudie von Meßer (2022) nach hat „die Nutzung des Wassers vom Pumpwerk Hambach und Zwischenspeicherung im Blauen See mit nachfolgender Versickerung im Norden [...] sich als zielführend erwiesen.“¹⁷⁶ Unter dem Vorbehalt einer tragbaren Kostenannahme und der Umweltverträglichkeit des Projekts ist diese Maßnahme also zu verfolgen.

Für eine zukünftig effizientere Wassernutzung bietet es sich auch an, im Rahmen eines Wasserverbandes einen Beregnungsverband zu gründen, an dem sowohl die RWW als auch die Landwirte teilhaben. Ein eigenes Versorgungsnetz für die Landwirte über das gesamte Versorgungsgebiet wurde in der Machbarkeitsstudie von Meßer (2022) auf etwa 160 Kilometer geschätzt. Ein solches Netz würde nicht nur die direkten Einzelentnahmen aus dem Grundwasserkörper verringern, sondern auch die Wasserentnahme der Landwirte nachhalten und so das Einhalten der Wasserrechte gewährleisten. Ähnlich wie bei der Bewässerung gibt es bei dem Aufbau eines solchen Netzes die Nutzung von digitaler Technik, um die Effizienz der Bewirtschaftung zu gewährleisten. Mit einem solchen Netzaufbau sind jedoch enorme Investitions- und Instandhaltungskosten verbunden, die sich von den Nutzern des Wassers allein vermutlich nicht tilgen lassen. Zusätzlich ist es sinnvoll, in jeglicher Verbands- oder Organi-

¹⁷⁵ Vgl. Meßer (2022).

¹⁷⁶ Meßer (2022).

sationsstruktur die örtlichen Kommunen und Behörden einzubinden, um behördliche Hürden und lange Genehmigungswege zu verkürzen.

Der Einfluss der Maßnahme auf die Grundwasserqualität ist gering. Durch zusätzliche Infiltration kann für weniger Erosion und eine bessere Bodenfeuchte im gesamten Hammbach-Gebiet gesorgt werden. Tiefergreifende Einwirkungen sind jedoch nicht klar genug, um sie der Maßnahme zuzuordnen.

Insgesamt hat die Maßnahme einen durchschnittlichen Nutzwert: 4,75 (Tabelle 14).

Tabelle 14: Nutzwert „Beregnungsverbände und Infiltrationsgestützte Wasserversorgung“

<i>Beregnungsverbände und Infiltrationsge- stützte Wasserver- sorgung</i>	1)	2)	3)	4)
Messwert	sehr viel	gleichbleibend	sehr hoch	sehr hohes Kostenpotenzial
Skalenwert (1-10)	10	5	2	1
Gewicht	0,3	0,2	0,25	0,25
Teilnutzwert	3,0	1,0	0,5	0,25
Gesamtnutzwert	<u>4,75</u>			

Quelle: Eigene Darstellung.

6.2.2 Nutzung von aufbereitetem Abwasser

Die Nutzung von aufbereitetem Abwasser im Hammbach-Gebiet sollte in naher Zukunft keine relevante Rolle spielen. In Anbetracht der Trinkwasserversorgung und dem ausgiebigen Natur- und Gewässerschutz überwiegen die negativen Einflüsse und Risiken. Da aber auf europäischer Ebene die gesetzlichen Regelungen von Abwassernutzung diskutiert werden, ist eine Änderung der rechtlichen Gegebenheiten vorstellbar. Die Projekte in Braunschweig und Wolfsburg können hier als Vorbilder fungieren. Eine Nutzung von Abwasser ist jedoch mit einem großen Aufbereitungsaufwand verbunden, der bspw. die 4. Reinigungsstufe voraussetzen könnte. Weiterhin müsste für die Nutzung von Abwässern ein separates vom Trinkwasser getrenntes Verteilnetz aufgebaut werden, was den Umsetzungsaufwand ebenfalls enorm in die Höhe treibt. Die Kombination einer Aufbereitung mit einer anschließenden Infiltration bzw. Versickerung, wie es in Uelzen oder Wolfsburg praktiziert wird, ist als Maßnahme in jedem Fall durchführbar. Die negativen Einflüsse dürfen jedoch die angespannte Situation nicht weiter verschärfen oder gar zum Überschreiten der Nitratschwelle im Grundwasser führen. Um

das Abwasser direkt in der Landwirtschaft zu nutzen ist neben dem Verteilnetz auch Aufklärungsarbeit mit den Landwirten nötig, um den Stickstoffeintrag zu begrenzen. Durch die benannten Hürden, Risiken und Kosten ist der Nutzwert dieser Maßnahme gering: 3,45 (Tabelle 15).

Tabelle 15: Nutzwert „Nutzung von aufbereitetem Abwasser“

<i>Nutzung von aufbereitetem Abwasser</i>	1)	2)	3)	4)
<i>Messwert</i>	viel	leichte Abnahme	sehr hoch	sehr hohes Kostenpotenzial
<i>Skalenwert (1-10)</i>	7	3	2	1
<i>Gewicht</i>	0,3	0,2	0,25	0,25
<i>Teilnutzwert</i>	2,1	0,6	0,5	0,25
<i>Gesamtnutzwert</i>	<u>3,45</u>			

Quelle: Eigene Darstellung.

6.3 Maßnahmenbewertung RWW und Entscheidungshilfe

Die RWW hat bei Teilen der Maßnahmen die Möglichkeit für eine Entspannung der Wasserkonkurrenz mitzuwirken. Die landwirtschaftlichen Maßnahmen sind in jedem Fall ungeeignet und entsprechen nicht der Expertise oder den Aufgaben eines Wasserversorgers. In diesem Kapitel werden die Maßnahmen einzeln mit dem Mitgestaltungs-Potenzial (Vgl. Tabelle 7, S. 16) der RWW gewichtet. Im Anschluss gibt es eine Gesamtübersicht der Maßnahmen nach der RWW-Gewichtung.

Die Expertise der RWW entspricht der eines klassischen Wasserversorgers. Die RWW hat ein breites Versorgungsgebiet in dem es Wasserwerke, Wasserspeicher und etwa 3.000 Kilometer Transport- bzw. Verteilnetze betreibt. Der Großteil wird direkt versorgt und in kleinen Teilen des Versorgungsgebiets wird das Wasser zur Weiterverteilung geliefert. In den Anlagen der RWW wird das Wasser regelmäßig geprüft, um die nötige Trinkwasserqualität für über 900.000 Menschen zu gewährleisten. Des Weiteren übernimmt die RWW Aufgaben eines Dienstleisters wie die Wasserverlustanalyse in Leitungen oder auch Beratungen im Umweltschutz.

In der Diversifikation der Kulturen hat die RWW wenig Spielraum, sich signifikant an der Umsetzung oder Planung der Maßnahme zu beteiligen. Diese Maßnahme ist nur in Kombination mit anderen Maßnahmen für die RWW relevant.

Die Bodenanpassung und der Waldumbau sind große Bauprojekte, bei denen ein Wasserversorger ebenfalls wenig Expertise anzubieten hat. Lediglich beim Rückbau der Gräben und Drainagen könnte in Kombination mit dem Aufbau eines Ersatz-Versorgungsnetzes der Bau und die Instandhaltung dieses neuen Netzes für die RWW interessant sein. Des Weiteren könnte in Teilen der landwirtschaftlichen Flächen durch den Aufstau von Wasser und den Rückbau der Gräben eine Entwässerung bzw. Verlagerung des Wassers nötig sein. Ist dies der Fall, kann die RWW bei der Organisation und der Koordinierung dieses Wassers mitwirken.

Die landwirtschaftliche Bewässerung ist aktuell unabhängig von der Trinkwasserversorgung im Hammbach-Gebiet. Die Landwirte bedienen sich zum Großteil aus dem Grundwasser oder den Oberflächengewässern. Im Falle eines Ausbaus der Bewässerungstechnik werden die privaten Entnahmestellen der Landwirte möglicherweise an ihre Grenzen kommen und eine externe Versorgung benötigen. Der Anschluss der Landwirte an das Trinkwasserversorgungsnetz könnte eine Möglichkeit sein, das zukünftige potenzielle Bewässerungsvolumen zu stemmen. Sollten die Landwirte jedoch auch ohne Hilfe ihr benötigtes Wasser bekommen, hat die RWW auch bei dieser Maßnahme allein wenig mitzuwirken.

Im Falle der Gründung eines Beregnungsverbandes und der infiltrationsgestützten Wasserversorgung ist die Expertise der RWW von enormer Wichtigkeit, um die Maßnahme im Rahmen des IWRM durchzuführen. Der Transport und die Versickerung des Wassers sind gewöhnliche Aufgaben eines Wasserversorgers. Die RWW betreibt außerdem die Pumpwerke in der Nähe des Blauen Sees. Der Bau bzw. die Planung von zusätzlichen wasserwirtschaftlichen Anlagen zur Versickerung ist ebenso im Portfolio der RWW.

Sollte ein Wasser- oder Beregnungsverband gegründet werden, kann die RWW eine entscheidende Rolle in dessen Organisation und Strategie spielen. Als Wasserversorger könnte die RWW den Aufbau und die Instandhaltung eines Verbandsnetzes übernehmen. Im Falle dieser Variante ist jedoch auch zu klären, inwiefern die Versorgung über ein solches Netz dem § 1 (Fn 7) Absatz 2 WasEG entspricht oder ob die Landwirte für das zusätzliche Wasser aus dem Verband Wasserentnahmeentgelte bezahlen müssen. Des Weiteren ist zu klären, wie und woher das Wasser für einen solchen Verbund bereitgestellt wird.

In der Nutzung von aufbereitetem Abwasser kann die RWW über das dafür nötige Brauchwassernetz oder den Transport des Wassers zur Infiltration ihre Expertise gut nutzen. Des Weiteren betreibt die RWW in ihren Wasserwerken bereits Aufbereitung von Rohwasser und

kümmert sich auch um den daraus anfallenden Abfall. In welchem Maß diese Aufgabe seitens der RWW übernommen werden kann, ist durch die Nachteile ungewiss.

Zusammengefasst ist die Expertise der RWW in zwei der fünf vorgestellten Maßnahmen signifikant und in den restlichen Maßnahmen nur teilweise oder bedingt in Kombination mit anderen Maßnahmen nützlich. Die Nutzwerte für die RWW ergeben sich wie in Tabelle 16 ersichtlich. In Tabelle 17 (S. 69) sind die Maßnahmen nach ihrem Rang bzw. Wert sortiert.

Hinsichtlich der Ergebnisse ist es für die RWW sinnvoll, sich auf die infiltrationsgestützte Wasserversorgung und die damit potenzielle Gründung eines Wasserverbandes vorzubereiten. Weiterhin kann die Nutzung von aufbereitetem Abwasser langfristig eine Alternative zur Bewässerung der Landwirtschaft und zur Infiltration werden. Kurz- und mittelfristig ist diese Maßnahme jedoch zu vernachlässigen, da die gesetzlichen Regelungen und die örtlichen Gegebenheiten im Hammbach-Gebiet noch nicht übereinstimmen. Außerdem bedarf es einer intensiven Aufbereitung von Ab- oder Brauchwasser, die in den Wasserwerken im Hammbach-Gebiet für das Rohwasser nicht geleistet werden muss. Die landwirtschaftlichen Maßnahmen bedürfen keiner tiefergreifenden Betrachtung seitens der RWW.

Tabelle 16: Gewichtung des Nutzwerts aus Sicht der RWW

Maßnahme	Nutzwert	Gewichtung RWW	Nutzwert RWW
Angebaute Kulturen diversifizieren	4,35	1	<u>4,35</u>
Bodenanpassung und Waldumbau	4,75	3	<u>14,25</u>
Bewässerung	4,00	3	<u>12,00</u>
Beregnungsverbände und infiltrationsgestützte Wasserversorgung	4,75	9	<u>42,75</u>
Nutzung von aufbereitetem Abwasser	3,45	8	<u>27,60</u>

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 17: Maßnahmen-Rangfolge nach Nutzwert

Rang	Maßnahmen (allgemeiner Nutzwert)	Maßnahmen (RWW-Nutzwert)
1	Beregnungsverbände und infiltrationsgestützte Wasserversorgung / Bodenangepasung und Waldumbau	Beregnungsverbände und infiltrationsgestützte Wasserversorgung
2		Nutzung von aufbereitetem Abwasser
3	Angebaute Kulturen diversifizieren	Bodenangepasung und Waldumbau
4	Bewässerung	Bewässerung
5	Nutzung von aufbereitetem Abwasser	Angebaute Kulturen diversifizieren

Quelle: Eigene Darstellung.

7 Fazit

Das Hambach-Gebiet braucht dringend eine verbesserte Wasserbewirtschaftung. Der Einfluss des Klimawandels, der wachsende internationale Marktpreisdruck und das weltweite Bevölkerungswachstum wirken sich auch auf die regionale Landwirtschaft im Hambach-Gebiet aus. Um wirtschaftlich und qualitativ hochwertig zu produzieren, benötigen die Landwirte in Zeiten von verbreiteter Trockenheit immer mehr Wasser. Der zusätzliche Wasserbedarf erfordert Einsparungen in der Nutzung und gleichzeitig eine Anreicherung im Grundwasserkörper, um die Spitzenentnahmen der Landwirtschaft zu stemmen. Einsparpotenziale in der Trinkwasserversorgung sind nicht durch den Wasserversorger realisierbar, sondern vollkommen abhängig von den Endnutzern (Haushalte und Industrie). Weitere Aufklärungsmöglichkeiten der Öffentlichkeit durch den Wasserversorger können zielführend wirken und die Endnutzer sensibilisieren, sorgen aber letztendlich nicht für eine garantierte Einsparung.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden einige Maßnahmen vorgestellt, die entweder Einsparungen im Wasserbedarf oder die Anreicherung des Grundwasservolumens ermöglichen. Keine dieser Maßnahmen konnte sich unter den gegebenen Kriterien signifikant als beste Maßnahme herausstellen. Die Bodenangepasung und der Waldumbau sorgen zwar für eine Erhöhung des Wasserdargebots in Millionen Kubikmeter, sind aber auch mit einem massiven Planungs- und Umsetzungsaufwand verbunden, der sich nur mit finanzieller Unterstützung oder Förderung

realisieren lässt. Ähnlich verhält es sich bei der infiltrationsgestützten Wasserversorgung. Die Begründung einer solchen Versorgung sorgt zwar auch für eine verbesserte Kontrolle über das Grundwasservolumen, kann jedoch, wie im Hessischen Ried ersichtlich, auch in Zeiten von Spitzenabnahmen durch die Landwirtschaft an seine Grenzen kommen. Des Weiteren sind der zusätzliche Leitungsbau und die Betreibung der Pumpen zum Transport mit großen Investitions- und Instandhaltungskosten verbunden. Die landwirtschaftlichen Maßnahmen können durch technische Innovation und tiefgreifende Sensibilisierung der Landwirte mindestens für eine Verbesserung der Grundwasserqualität und zu Effizienzsteigerungen im Wasserverbrauch führen. Um für eine nachhaltige und starke Verbesserung des Wasserhaushalts im Hambach-Gebiet zu sorgen, ist ein enormer Aufwand vonnöten, der sich durch die Anlieger und Nutzer allein nicht decken lässt.

Die in dieser Arbeit analysierten Maßnahmen führen alle zu einer Entschärfung des Wassernutzungskonfliktes im Hambach-Gebiet. Nicht alle Maßnahmen sind ökonomisch und ökologisch gleichwertig praktikabel oder erzielen eine, den potenziellen Kosten entsprechende, ausreichende Wirkung. Der Einfluss auf Biodiversität, Grundwasserqualität und weitere Umweltfaktoren könnten in einer ausgiebigen Kosten-Nutzen-Analyse bei Teilen der Maßnahmen zu einem negativen Ergebnis führen. Die Kombination mehrerer Maßnahmen kann diese Aussichten jedoch verbessern.

Um die Anforderungen der Umwelt, der Wassernutzer und der Gesetzgebung zu erfüllen, bedarf es einer koordinierten Strategie aller Teilnehmer am Wasserhaushalt des Hambach-Gebiets. Die DBU-Projekte haben diese Zusammenarbeit gefördert und Lösungen für die Wassernutzungskonkurrenz erarbeitet. Die Umsetzung der Maßnahmen liegt vor allem in der Hand der Landwirtschaft, da sie der Hauptverursacher für die steigende Grundwasserentnahme sind und auch in Zukunft sein werden. Zusätzlich besteht in NRW weiterhin die Befreiung der Landwirte von den Wasserentnahmeentgelten, welche vor den Investitionen und Effizienzsteigerungen der Landwirte eher zu einer zusätzlichen, eventuell auch illegalen Entnahme von Wasser aus dem Grundwasserkörper führen kann. In anderen Bundesländern werden durch die Wasserentnahmeentgelte der Landwirte die Nitratbelastung vorgebeugt oder Wasserhaushaltsmaßnahmen finanziert. Vor diesem Hintergrund und einer zukünftigen gesetzlichen Wasserhierarchie der Trinkwasserversorgung sollte eine Änderung des § 1 (Fn 7) Absatz 2 WasEG zu einer Verbesserung des Wasserhaushalts führen. Potenziell kann eine solche Änderung die Landwirtschaft zu mehr Effizienz und sensiblerer Wassernutzung anregen, im

schlechtesten Fall führt es jedoch zu Betriebsaufgaben und weniger regionaler Versorgung durch landwirtschaftliche Produkte. Wassernutzungskonflikte werden deutschlandweit in der Zukunft keine Einzelfälle bleiben. Um diesen Konflikten zuvorzukommen muss die Öffentlichkeit besser über die Ressource Wasser informiert und sensibilisiert werden. Das Projekt KlimaBeHageN hat die Möglichkeit durch koordinierte Zusammenarbeit zu einem guten Beispiel für die Entschärfung von Wassernutzungskonflikten zu werden.

Literaturverzeichnis

Agence France-Presse (2022), *Hitzerekorde in weiten Teilen Europas*, Quelle: <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/rekordhitze-juni-europa-100.html>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Alcamo, Joseph / Döll, Petra / Lehner, Bernhard (2001), *Einfluss des Klimawandels auf Wasserverfügbarkeit und Hochwasser in Deutschland und Europa: eine integrierte Analyse*, Quelle: <https://oa.tib.eu/renate/bitstream/123456789/3812/1/334278724.pdf>, Zugriffsdatum: 14.06.2022

Anter, Jano / Kreins, Peter / Heidecke, Claudia / Gömann, Horst (2017), Entwicklung des regionalen Bewässerungsbedarfs – Engpässe in der Zukunft? in: Schimmelpfennig, Sonja / Anter, Jano / Heidecke, Claudia / Lange, Stefan / Röttcher, Klaus / Bittner Florian (Hrsg.) *Bewässerung in der Landwirtschaft*, Quelle: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059620.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2020.

Bund für Umweltschutz und Naturschutz Deutschland e.V. (2020), *Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt*, Quelle: https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/fluesse/fluesse_gewaesserpapier_langfassung.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Bathiany, Sebastian / Ney, Patrizia / Belleflamme, Alexandre / El Zohbi, Juliane / Görden, Klaus / Rechid, Diana (2021), Entwicklung von Dürren in Deutschland, Europa und weltweit, in: Lozán, José L. / Breckle, Siegmund-W. / Graßl, Hartmut / Kasang, Dieter (Hrsg.): *Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung*, Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit GEO, Hamburg, S. 310-318.

Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (o.J.), *Waldumbau – was ist das?*, Quelle: <https://www.lwf.bayern.de/wissenstransfer/forstcastnet/239536/index.php>, Zugriffsdatum: 22.06.2022.

Bezirksregierung Münster (2019), *Wassergewinnung Üfter Mark*, Quelle: https://www.bezreg-muenster.de/de/presse/2019/2019-01-28_uefter_mark/index.html, Zugriffsdatum: 24.06.2022.

Bordel, Anna (2022), *Rasensprengen und Pool-Befüllen bringen Wasserwerke an Grenzen*,
Quelle: <https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2022/06/berlin-brandenburg-wasser-garten-pool-sommer.html>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Bottenberg, Nina / Mohr, Marion / Welling, Jan-Niklas / Mirzai, Vivien / Hassebrauck, L. (2022), *Lebens- und Konfliktquelle Wasser: Über das Eskalationspotenzial einer neuen Leitressource. Ein Bericht zum Heidelberger Dialog zur internationalen Sicherheit im November 2021*, in Jäger, Thomas (Hrsg.): *Zeitschrift für Außen- und Sicherheitspolitik*, 15, S. 105-112.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2021), *Was wächst auf Deutschlands Feldern?*,
Quelle: <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-arbeiten-foerster-und-pflanzenbauer/was-waechst-auf-deutschlands-feldern>, Zugriffsdatum: 13.06.2022

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2022), *Bewässerung in der Landwirtschaft*,
Quelle: <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/bewaessering/bewaessering-in-der-landwirtschaft>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2022), *Entwicklung des personenbezogenen Wassergebrauches*,
Quelle: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/entwicklung-des-personenbezogenen-wassergebrauches/>, Zugriffsdatum:13.06.2022

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018), *Ernte 2018 – Mengen und Preise*,
Quelle: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ernte-Bericht/ernte-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020), *Landwirtschaft verstehen – Fakten und Hintergründe*,
Quelle: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Landwirtschaft-verstehen.pdf?__blob=publicationFile&v=8, Zugriffsdatum: 15.06.2022.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020), *Ernte 2020 – Mengen und Preise*,
Quelle: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ernte-Bericht/ernte-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021), *Waldbericht der Bundesregierung*, Quelle:

https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf?__blob=publicationFile&v=9, Zugriffsdatum: 22.06.2022.

Bundeministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021a), *Nationale Wasserstrategie – Kurzfassung*, Quelle:

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/kurzfassung_wasserstrategie_bf.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Bundeministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021b), *Nationale Wasserstrategie - Die Wasserstrategie des Bundesumweltministeriums*, Quelle:

<https://www.bmu.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/binnengewasser/nationale-wasserstrategie>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Bundeministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021c), *Nationale Wasserstrategie*, Quelle:

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Cassel, Martin / Johst, Margret / Scherzer, Jörg / Rothstein, Benno (2015), *Regionale Klimafolgen für die Energiewirtschaft in Baden-Württemberg – Eine modellgestützte Analyse von konkurrierenden Wassernutzungen*, Quelle:

https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/60755-Regionale_Klimafolgen_f%C3%BCr_die_Energiewirtschaft_in_Baden-W%C3%BCrttemberg_-_Eine_modellgest%C3%BCtzte_Analyse_.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Centre for Research of the Epidemiology of Disasters (2020), *Human Cost of Disasters*,

Quelle: <https://cred.be/sites/default/files/CRED-Disaster-Report-Human-Cost2000-2019.pdf>, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Chmielewski, Frank-M. (2011), Wasserbedarf in der Landwirtschaft, in: Lozán, José L. / Graßl, Hartmut / Hupfer, Peter / Karbe, Ludwig / Schönwiese, Christian-Dietrich (Hrsg.): *Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle?*, 3, S. 149-156.

Dalahmeh, Sahar / Baresel, Christian (2014), *Reclaimed Wastewater Use Alternatives and Quality Standards*, Quelle:

<https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76f5/1449742331280/C24.pdf>,

Zugriffsdatum: 14.06.2022.

De Witte, Thomas (2017), Effiziente Bewässerungstechnik und -steuerung – Stand und Trends in: Schimmelpfennig, Sonja / Anter, Jano / Heidecke, Claudia / Lange, Stefan / Röttcher, Klaus / Bittner Florian (Hrsg.) *Bewässerung in der Landwirtschaft*, Quelle:

https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059750.pdf, Zugriffsdatum: 15.06.2020.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2019), *Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hambachs in Dorsten*, Quelle:

https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-34437_01-Hauptbericht.pdf, Zu-

griffsdatum: 13.06.2022.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2022a), *Klima-Bewusstsein im Hambachgebiet (NRW): Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft und Wasserversorgung (KlimaBeHageN)*, Quelle: https://www.dbu.de/projekt_35728/01_db_2848.html, (Abschluss-

bericht noch unveröffentlicht am 25.06.2022).

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2022b), *Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien*, Quelle:

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-01-](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-01-17_texte_174-2021_niedrigwasser_duerre_und_grundwasserneubildung.pdf)

[17_texte_174-2021_niedrigwasser_duerre_und_grundwasserneubildung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-01-17_texte_174-2021_niedrigwasser_duerre_und_grundwasserneubildung.pdf), Zugriffsdatum:

20.06.2022.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (o.J.), *Klimawandel und Wasserversorgung*, Quelle: [https://www.dvgw.de/themen/wasser/ressourcenmanagement-und-](https://www.dvgw.de/themen/wasser/ressourcenmanagement-und-gewaesserschutz/klimawandel-und-wasserversorgung)

[gewaesserschutz/klimawandel-und-wasserversorgung](https://www.dvgw.de/themen/wasser/ressourcenmanagement-und-gewaesserschutz/klimawandel-und-wasserversorgung), Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (2020), *Zukunftsbilder 2030 bis 2100 – Wandel erfordert bereits heute die Entwicklung langfristiger regionaler und lokaler Konzepte*, Quelle: [https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/dvgw-wasser-](https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/dvgw-wasserimpuls-zukunftsbilder-factsheet.pdf)

[impuls-zukunftsbilder-factsheet.pdf](https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/dvgw-wasserimpuls-zukunftsbilder-factsheet.pdf), 13.06.2022.

Deutsche Welle (2020), *Corona und Hitze: Wassermangel in Lauenau*, Quelle: <https://www.dw.com/de/corona-und-hitze-wassermangel-in-lauenau/a-54499221>, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Emschergenossenschaft Lippeverband (2022), *KlimaBeHageN-Poster*, Quelle: <https://www.eglv.de/app/uploads/2022/05/2022-05-08-PosterLV.pdf>, Zugriffsdatum: 19.06.2022.

Europäische Union (2010), *Die Nitrat-Richtlinie der EU*, Quelle: <https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/de.pdf>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Europäischer Rechnungshof (2021), *Nachhaltige Wassernutzung in der Landwirtschaft: GAP-Mittel fördern eher eine stärkere als eine effizientere Wassernutzung*, Quelle: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR21_20/SR_CAP-and-water_DE.pdf, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

European Environment Agency (2009), *Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought*, Quelle: https://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe/at_download/file, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

Franz, Kristin (2019), *Evaluation der forstlichen Förderung*, Quelle: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060836.pdf, Zugriffsdatum: 22.06.2022.

Fricke, Ekkehard (2017), *Effiziente Bewässerungstechnik und -steuerung – Stand und Trends in: Schimmelpfennig, Sonja / Anter, Jano / Heidecke, Claudia / Lange, Stefan / Röttcher, Klaus / Bittner Florian (Hrsg.) Bewässerung in der Landwirtschaft*, Quelle: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059620.pdf, Zugriffsdatum: 15.06.2020.

Fricke, Ekkehard / Riedel, Angela (2017), *Einführung in die Feldberechnung*, Quelle: <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/120383>, Zugriffsdatum: 28.06.2022.

Gendries, Siegfried (2022), *Smarte Optimierung und Absicherung der Wasserversorgung des Wasser- und Bodenverbandes zur Berechnung der Vorderpfalz*, Quelle: <https://www.lebensraumwasser.com/smarte-optimierung-und-absicherung-der-wasserversorgung-des-wasser-und-bodenverbandes-zur-berechnung-der-vorderpfalz/>, Zugriffsdatum: 27.06.2022.

Global Carbon Atlas (2021), *Fossil Fuel Emissions per Country*, Quelle: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Gramlich, Anja / Stoll, Sebastian / Aldrich, Annette / Stamm, Christian / Walter, Thomas / Prasuhn, Volker (2018), *Einfluss landwirtschaftlicher Drainage auf den Wasserhaushalt, auf Nährstoffflüsse und Schadstoffaustrag*, Quelle: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/themes/production-vegetale/protection-vegetaux/service-phytosanitaire-agrosco-pe/publications/_jcr_content/par/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BlLmNoL2ZyLUNIL0FqYXgvRW/luemVscHVibGlrYXRpb24vRG93bmXvYWQ_ZWluemVscHVibGlr/YXRpb25JZD00MTg2Ng==.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

GWRL, Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Grundwasserrichtlinie), Quelle: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:DE:PDF>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Helmecke, Manuela (2020), *Wassernutzung privater Haushalte*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wassernutzung-privater-haushalte>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (2019), *Entwicklung der Dürre 2018*, Quelle: <https://www.ufz.de/index.php?de=44429>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

International Energy Agency (2021), *Key World Energy Statistics 2021*, Quelle: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/52f66a88-0b63-4ad2-94a5-29d36e864b82/KeyWorldEnergyStatistics2021.pdf>, Zugriffsdatum: 29.06.2022.

Jekel, Martin / Xuan, Zhao / Klöpfer, Achim / Schumacher, Jochen / Xuzhou, Cheng / Yunzheng, Pi (2006), *Weitergehende Entfernung organischer Stoffe aus kommunalen Abwässern und deren Eignung zur Grundwasseranreicherung*, Quelle: https://cleanerproduction.de/Publikationen/02WA0123_-_Abschlussbericht.pdf, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

Kerscher, Andreas / Migende, Jörg (2022), Der Satellit ist die Landmaschine der Zukunft, *Regensburger Zeitung*, (o.A.), S. 9-10.

Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen (2022), *Beregnung-Dachverbände Grundwasserberegnung*, Quelle: <https://wasser-uelzen.de/dachverbaende-grundwasserberegnung/>, Zugriffsdatum: 27.06.2022.

Kreisverwaltung Recklinghausen (o.J.), *Naturschutzgebiet "Bachsystem des Wienbaches"*, Quelle: https://www.kreis-re.de/inhalte/buergerservice/umwelt_und_tiere/umwelt/untere_naturschutzbehoerde/nsg_bachsystem_des_wienbaches.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Kühnapfel, Jörg B. (2021), *Scoring und Nutzwertanalysen*, Wiesbaden: Springer Gabler.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2021), *Klimabericht NRW 2021*, Quelle: https://www.klimafolgenmonitoring.nrw.de/fileadmin/downloads/Dokumente/Screen_Klimabericht_2021_211208.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2018), *Nährstoffbericht 2017*, Quelle: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/naehrstoffbericht-2017.pdf>,. Zugriffsdatum: 22.06.2022.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2022), *Landwirtschaftlicher Fachbeitrag als Ergebnisbericht zum DBU-Projekt KlimaBeHageN (Dorsten)*, Quelle: https://www.eglv.de/app/uploads/2022/02/2022-01-24-Fachbeitrag-Landwirtschaft_.pdf, Zugriffsdatum: 15.06.2022.

Lebensministerium / Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) / Neunteufel, R. / Richard, L. / Perfler, R. (2010), *Wasserverbrauch und Wasserbedarf*, Quelle: <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:00070937-0320-4544-b6a4-320325dcfd86/Wasserverbrauch%20Wasserbedarf%20Literaturstudie.pdf>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (2015), *Wassermanagement in der Landwirtschaft*, Quelle: https://www.agrarrelevante-extremwetterlagen.de/fileadmin/extremwetterlagen/pdfs/Publikationen/Veroeffentlichungen/Schlussbericht_Wasser.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Losen, H. / Konrads, B. (2018), *Wasserbilanz für die Einzugsgebiete der Brunnengalerien Holsterhausen und Üfter Mark unter Berücksichtigung der Grundwasserströmungssituation von Anfang Mai 2017*, Köln, Juni 2018.

Manger, Volker (2019), *Integriertes Wasserressourcenmanagement*, Quelle: https://www.hessenwasser.de/fileadmin/user_upload/Integriertes_Wasserressourcen-Management.pdf, Zugriffsdatum: 28.06.2022.

März, Sigrid (2021), *Trockenheit in Deutschland – Wird das Wasser knapp?*, Quelle: <https://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/wird-das-wasser-knapp/>, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Meßer, Johannes (2022), *Machbarkeitsstudie zur Bereitstellung von Wasser zur Bewässerung*, Quelle: <https://www.eglv.de/app/uploads/2022/05/2022-05-08-PosterLW.pdf>, Zugriffsdatum: 28.06.2022.

Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2005), *Leitfaden zur Berechnung landwirtschaftlicher Kulturen*, Quelle: https://opus4.kobv.de/opus4-slbp/files/4991/bereg_lf.pdf, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2020), *LANDWIRTSCHAFT HEUTE – IDEEN FÜR MORGEN*, Quelle: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/MULNV_Broschuere_Landwirtschaft_WEB_bf.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2021a), *Bewirtschaftungsplan 2022-2027*, Quelle: https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/bewirtschaftungsplan_nrw_2022-2027.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2021b), *Sichere Trinkwasserversorgung in NRW*, Quelle: <https://www.lebensraumwasser.com/wp-content/uploads/2021/06/Trinkwasserversorgung-in-NRW-Bericht-der-Landesregierung-.pdf>, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Oelmann, Mark / Czichy, Christoph / Scheele, Ullrich / Zaun, Sylvia / Dördelmann, Oliver / Harms, Egon / Penning, Markus / Kaupe, Martin / Bergmann, Axel / Steenpaß, Christian (2017), *Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung*, Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-05-24_texte-43-2017_kosten-trinkwasserversorgung.pdf, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Ostermann, Ulrich (2020), *Zukunftsfähige Sicherung der der Feldberegnung in Nordostniedersachsen*, Quelle: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/161673/Vortrag_Ulrich_Ostermann.pdf, Zugriffsdatum: 27.06.2022.

Prasuhn, Volker / Koch, Ulrike (2021), *Risikokarten für den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer*, Quelle: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/suchen/agroscope-sci-ence/_jcr_content/par/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2RILUNIL0FqYXgvRW/luemVscHVibGlrYXRpb24vRG93bmxyYWQ_ZWluemVscHVibGlr/YXRpb25JZD00OTkzNQ==.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Redaktionsnetzwerk Deutschland (2021), *Zu hoher Wasserverbrauch: Hannover verbietet Pools in Kleingärten ab 2022*, Quelle: <https://www.rnd.de/bauen-und-wohnen/zu-hoher-wasserverbrauch-hannover-verbietet-pools-in-kleingaerten-ab-2022-VVP23JYAY5FQ7IYHP4BJ6XL44U.html>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (2018), *Erläuterungsbericht zur wasserrechtlichen Bewilligung zur Förderung von Grundwasser über die Brunnengalerie Üfter Mark*, Mülheim an der Ruhr, August 2018, auf Anfrage an das Unternehmen verfügbar.

Riedel, Thomas / Nolte, Christoph / Aus der Beek, Tim / Liedtke, Jana / Sures, Bernd / Grabner, Daniel (2022), *Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien*, Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-01-17_texte_174-2021_niedrigwasser_duerre_und_grundwasserneubildung.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Rüße, Norwich (2021), *Antrag TOP zur Sitzung des Ausschusses für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz am 9. Juni 2021.*, Quelle: https://www.lebensraumwasser.com/wp-content/uploads/2021/06/Berichts-anfrage-Ruesse_Trinkwasserversorgung.pdf, Zugriffsdatum: 21.06.2022.

Schittenhelm, Siegfried / Kottman, Lorenz (2017), Notwendigkeit der Bewässerung aus Sicht des Pflanzenbaus in: Schimmelpfennig, Sonja / Anter, Jano / Heidecke, Claudia / Lange, Stefan / Röttcher, Klaus / Bittner Florian (Hrsg.) *Bewässerung in der Landwirtschaft*, Quelle: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059620.pdf, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Seis, Wolfgang / Lesjean, Boris / Maaßen, Sebastian / Balla, Dagmar / Hochstrat, Rita / Düppenbecker, Bernhard (2016), *Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur Landwirtschaftlichen Bewässerung*, Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_34_2016_rahmenbedingungen_fuer_die_umweltgerechte_nutzung_von_behandeltem_abwasser_0.pdf, Zugriffsdatum: 22.06.2022.

Siebert, Stefan / Hoogeveen, Jippe / Frenken, Karen (2006), *Irrigation in Africa, Europe and Latin America*, Quelle: https://www.uni-frankfurt.de/45217776/FHP_05_Siebert_et_al_2006.pdf, Zugriffsdatum: 27.06.2022.

Simon, Stefan / Schöpfer, Rainer / Schumacher, Detlef / Meyer, Cord (2019), Auswirkungen der Sommertrockenheit 2018, *energie | wasser-praxis*, 3/2019, S. 14-19.

Stadt Dorsten (2018), *Wasserversorgungskonzept gemäß § 38 Landeswassergesetz NRW für die Stadt Dorsten*, Juni 2018, Quelle: https://www.dorsten.de/verwaltung/Bauen_und_Wohnen/Wasserversorgungskonzept/Wasserversorgungskonzept%20der%20Stadt%20Dorsten.pdf, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Stadt Wolfsburg (o.J.), *Das Wolfsburger Modell des Wasserrecyclings und der Kreislaufwirtschaft*, Quelle: <https://www.wolfsburg.de/newsroom/2015/02/11/17/44/web-wolfsburger-modell>, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

Stadtwerke Taunusstein (2020), *Wasserknappheit: Garten nicht wässern, Pools nicht füllen*, Quelle: <https://www.stadtwerke-taunusstein.de/portal/pressemitteilungen/wasserknappheit-garten-nicht-waessern-pools-nicht-fuellen-900001384-29880.html>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Statistisches Bundesamt (2016), *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2015*, Quelle: https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00029318/2030510157004.pdf, Zugriffsdatum: 20.06.2022.

Tagesschau (2022), *Wenn im Po-Delta die Kiesbänke glänzen*, Quelle: <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/italien-trockenheit-101.html>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Tageszeitung (2022), *Bei Hitze und Kälte läuft nichts mehr*, Quelle: <https://taz.de/Atomkraftwerke-in-Frankreich!/5119221/#:~:text=Wenn%20die%20Trockenheit%20weiter%20anh%C3%A4lt,zu%2044%20Reaktoren%20vom%20Netz.&text=PARIS%20taz%20%7C%20Wie%20Deutschland%20leidet,die%20meisten%20Atomkraftwerke%20in%20Frankreich>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Umweltbundesamt (2014), *Wassersparen: sinnvoll, ausgereizt oder übertrieben?*, Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hgp_wassersparen_in_privathaushalten_web.pdf, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Umweltbundesamt (2017), *Wiederverwendung von behandeltem Abwasser – Was plant die EU?*, Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3240/publikationen/umid_02-2017_uba_abwasser_0.pdf, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

Umweltbundesamt (2019), *Trinkwasser*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser>, Zugriffsdatum: 26.06.2022.

Umweltbundesamt (2020), *Wasserressourcen und ihre Nutzung*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#wassernachfrage>, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

Umweltbundesamt (2021a), *Ökologischer Landbau*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau#entwicklung-des-okologischen-landbaus>, Zugriffsdatum: 15.06.2022.

Umweltbundesamt (2021b), *Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/stickstoffeintrag-aus-der-landwirtschaft#stickstoffuberschuss-der-landwirtschaft>, Zugriffsdatum: 15.06.2022.

Umweltbundesamt (2022a), *Erosion – jede Krume zählt*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/erosion-jede-krume-zaehlt#undefined>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Umweltbundesamt (2022b), *Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten*, Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2021), *WASSER BEWERTEN UND WERTSCHÄTZEN*, Quelle: https://www.unesco.de/sites/default/files/2021-03/WWDR2021_dt%20Kurzfassung.pdf, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2022), *GROUNDWATER – Making the invisible visible*, Quelle: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>, Zugriffsdatum: 13.06.2022.

Verordnung (EU) 2020/714 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderung an die Wasserwiederverwendung, Quelle: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741>, Zugriffsdatum: 14.06.2022.

WasEG, Gesetz über die Erhebung eines Entgelts für die Entnahme von Wasser aus Gewässern (Wasserentnahmeentgeltgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen) v. 27.01.2004, zuletzt geändert durch Art. 13 des Gesetzes v. 16.07.2016 (GV. NRW. S. 559).

Wasserverband Hessisches Ried (2019), *Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried*,
Quelle: https://www.whr-infiltration.de/fileadmin/user_upload/WHR/aufgaben/WHR-Broschu%CC%88re__05-2021_.pdf, Zugriffsdatum: 27.06.2022.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2008), *Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel*, Berlin: Springer.

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe nur unter Benutzung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntliche gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder in ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.“

Oberhausen, 30.06.2022

Ort, Datum

P. Böhler

Unterschrift