

# **Landwirtschaftlicher Fachbeitrag als Ergebnisbericht zum DBU-Projekt KlimaBeHageN (Dorsten)**

**(Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet NRW:  
Nachhaltiges Wassermanagement für  
Landwirtschaft, Landschaft & Wasserversorgung)**



**Daten, Fakten, Entwicklungen zur Landwirtschaft**



## **Herausgeber**

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
Nevinghoff 40  
48147 Münster  
Tel.: 0251 2376-0  
Fax: 0251 2376-521  
E-Mail: [info@lwk.nrw.de](mailto:info@lwk.nrw.de)  
[www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de)

## **Bearbeitung**

Melanie Wilmer-Jahn  
Bezirksstelle für Agrarstruktur Münsterland  
Borkener Straße 25  
48653 Coesfeld  
Tel.: 02541 910-263  
E-Mail: [melanie.wilmer-jahn@lwk.nrw.de](mailto:melanie.wilmer-jahn@lwk.nrw.de)

Marianne Lammers  
Kreissstelle Coesfeld - Geschäftsführung  
Borkener Straße 25  
48653 Coesfeld  
Tel.: 02541 910-320  
E-Mail: [marianne.lammers@lwk.nrw.de](mailto:marianne.lammers@lwk.nrw.de)

## **In Zusammenarbeit mit**

Steffen Thurow / Dr. Thorsten Becker  
Geschäftsbereich 2  
Gartenstraße 11  
50765 Köln-Auweiler  
Tel.: 0221 5340-323  
0221 5340-325  
E-Mail: [steffen.thurow@lwk.nrw.de](mailto:steffen.thurow@lwk.nrw.de)  
[thorsten.becker@lwk.nrw.de](mailto:thorsten.becker@lwk.nrw.de)

## **Fotos**

### **Titelfoto**

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

### **Kartographie und agrarstatistische Daten**

Steffen Thurow

### **Layout, Redaktion und Lektorat**

Dr. Thorsten Becker / Marianne Lammers

### **Herstellung**

Digitaldruckcenter Landwirtschaftskammer NRW



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungs-, Tabellen- und Kartenverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Glossar</b>	<b>5</b>
<b>1        Einleitung</b>	<b>8</b>
Das Projektgebiet	9
<b>2        Struktur der Landwirtschaft</b>	<b>12</b>
2.1    Methodische Grundlagen	13
2.1.1   Durchführung einer Befragung der im Projektgebiet wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betriebe	13
2.1.2   Weitere statistische Daten	14
2.2    Betriebsgrößen und Erwerbstypen	14
2.3    Eigentum und Pacht	15
2.4    Siedlungsstruktur und Flurverhältnisse	16
2.5    Arbeitskräfte, Betriebsleiter und Hofnachfolge	17
2.6    Betriebszweige	17
2.7    Bodennutzung	21
2.8    Bodenart, -eigenschaften und -bearbeitung	24
2.9    Betriebe mit Bewässerung	33
2.9.1   Bewässerungseinsatz (derzeit und zukünftig)	40
2.9.2   Verwendete Bewässerungstechnik	41
2.9.3   Ermittelte Wassermengen und kalkulierter Bewässerungsbedarf	42
<b>3        Klimawandel und Klimafolgeanpassung von ländlichen Räumen</b>	<b>49</b>
3.1    Wetter und Klima	51
3.2    Nachhaltigkeit und Wasserkreislauf	52
3.3    Anpassung des Wassermanagements	55
3.3.1   Grundwasserneubildung	55
3.3.2   Grundwasseranreicherung	57
3.4    Handlungsoptionen im Gesamtzusammenhang (Maßnahmenkatalog)	59
3.5    Handlungsoptionen für die Landwirtschaft – Maßnahmenempfehlung für das Projektgebiet	63
3.5.1   Kulturauswahl und Kulturführung	63
3.5.2   Bewässerung	65

<b>4</b>	<b>Handlungsoptionen zu Wassereinsparpotentialen von ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben unter verschiedenen Szenarien</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>68</b>
<b>Anhang</b>		<b>71</b>
<b>Quellen</b>		<b>76</b>

## Abbildungs-, Tabellen- und Kartenverzeichnis

### Abbildungen

Abbildung 1: Betriebszweige - Anzahl der Nennungen	18
Abbildung 2: Installierte elektrische Leistung von Biogasanlagen und Silomaisanbau zur Biogaserzeugung 2016 (Landwirtschaftskammer NRW, Nährstoffbericht 2017)	19
Abbildung 3: Hauptanbaukulturen im Projektgebiet in ha (Vergleich der Jahre 2020 mit 2021)	23
Abbildung 4: Abhängigkeiten von Evaporation und Transpiration (BISCHOFF et al. 2007)	36
Abbildung 5: Übersicht der Kosten bei verschiedenen Bewässerungsverfahren (DE WITTE 2017)	42
Abbildung 6: Berechnungsmengen der angebauten Kulturen im Projektgebiet in m <sup>3</sup> pro Jahr	46
Abbildung 7: Berechnungsfläche der angebauten Kulturen im Projektgebiet in ha	47
Abbildung 8: Phänologische Uhr für NRW – innerer Ring stellt die Dauer der phänologischen Jahreszeiten in der Klimanormalperiode 1951-1980 und äußerer Ring: 1991-2020 dar (KLIMABERICHT NRW 2021)	50
Abbildung 9: Nachhaltigkeit (Onlinemarketing-Praxis 2021)	53
Abbildung 10: Wasserkreislauf (USGS, EVANS 2021)	54
Abbildung 11: Handlungsfelder der Klimaanpassung. Die drei Querschnittshandlungsfelder sind farblich von den 13 sektoralen Handlungsfeldern abgesetzt (KLIMASCHUTZPLAN NRW 2015).	59
Abbildung 12: Durchschnittliche tägliche Abnahme der Landwirtschaftsflächen in NRW (ha/Tag), (LANDESBETRIEB IT.NRW 2020; Grafik: LANUV 2019).	61

### Tabellen

Tabelle 1: Klimatische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (LIPPE WASSERTECHNIK 2019)	11
Tabelle 2: Eigenschaften der Bodenarten (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 2018)	27
Tabelle 3: Definition der Kennwerte zum Wasser- und Lufthaushalt (GEOLOGISCHER DIENST NRW 2021)	29
Tabelle 4: Standardwerte zur Ermittlung des Wasserbedarfs für Berechnung zur Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis (Landwirtschaftskammer NRW, SCHÖLER 2014)	38
Tabelle 5: Kalkulierter Bewässerungsbedarf auf Grundlage der angebauten Kulturen 2020/2021	45
Tabelle 6: Landwirtschaftliche Betriebe nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche - LZ 2020 (LANDESBETRIEB IT.NRW 2021)	61
Tabelle A1: Berechnete Kulturen in ha und m <sup>3</sup> /Jahr im Projektgebiet	71

## Karten

Karte 1: Projektgebiet mit den Standorten landwirtschaftlicher Betriebe und der Darstellung der naturräumlichen Haupteinheiten (Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)	10
Karte 2: Flächennutzungen in der Projektregion (Quelle: Flächenerhebung nach tatsächlicher Nutzung, GEOBASIS NRW 2021, eigene Darstellung)	12
Karte 3: Hauptbodennutzung im Projektgebiet (Feldblockkataster, Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)	22
Karte 4: Bodenhaupttyp (BK50) im Projektgebiet (Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)	25
Karte 5: Bodenart (GEOLOGISCHER DIENST NRW, eigene Darstellung)	26
Karte 6: Bodentypen (BK50) im Projektgebiet (Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)	28
Karte 7: Nutzbare Feldkapazität (BK50) im Projektgebiet	31
Karte 8: Flächen, die von den Bewässerungsbetrieben im Projektgebiet bewirtschaftet werden	34
Karte 9: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen in cbm/ha (mGROWA 2021, eigene Darstellung)	56
Karte 10: Mittlere Grundwasserneubildung in mm/a in 2015 (LIPPE WASSERTECHNIK 2019)	57

## Glossar

Agribusiness	Bezeichnung für die Wertschöpfungskette der Landwirtschaft mit ihren vor- und nachgelagerten wirtschaftlichen Aktivitäten und Verbindungen.
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen. Instrumente zur Erreichung von Umweltzielen in der gemeinsamen europäischen Agrarpolitik (GAP). Ziel: Erhalt und Steigerung der biologischen Vielfalt, Verbesserung der Bodenstruktur, Verringerung der Düng- und Pflanzenschutzmitteleinträge.
BGH	Bundesgerichtshof
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
Biodiversität	Biologische Vielfalt / Artenvielfalt
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSN	Bereiche für den Schutz der Natur
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BWZ	Bodenwertzahl
CEF-Maßnahme	„Continuous ecological functionality-measures“, d.h. Maßnahmen für die dauerhafte ökologische Funktion. Darunter werden Maßnahmen des Artenschutzes im Bereich der Eingriffsregelung verstanden.
C3- und C4-Pflanzen	C4-Pflanzen (das erste Photosynthese-Produkt ist eine Verbindung mit vier C-Atomen) bauen bei hoher Lichteinstrahlung und hoher Temperatur schneller Biomasse auf als C3-Pflanzen. Sie binden CO <sub>2</sub> besser und effektiver. Dazu gehören v.a. Gräser wie z.B.: Mais, Hirse.
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
Dauerkultur	Mehrjährige Obst- oder Gemüse-Kultur, die nicht in die Fruchfolge einbezogen ist wie z.B. Kern- und Steinobst, Spargel oder Rhabarber und die für die Dauer von mindestens fünf Jahren auf den Flächen verbleibt. Dauerkulturen fallen z.T. auch unter die Kategorie <b>Sonderkulturen</b> .
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
Feldblock	Eine von dauerhaften Grenzen umgebene zusammenhängende landwirtschaftliche Fläche eines oder mehrerer Betriebsinhaber.
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie: Naturschutz-Richtlinie der EU (RL 92/43/EWG)
Fruchfolge	Fruchfolge ist der Wechsel der Ackerfeldfrüchte in der Abfolge mehrerer Jahre z. B. Kartoffeln, Zuckerrüben, Weizen, Gerste auf einer Fläche.

GD NRW	Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen
GEP	Gebietsentwicklungsplan: heutige Bezeichnung Regionalplan
GIS	Geoinformationssystem
Großviehseinheiten (GVE)	Viehbesatz, Umrechnungsschlüssel zum Vergleich verschiedener Nutztiere auf Basis ihres Lebendgewichtes
Ha	Hektar (10.000 m <sup>2</sup> )
HöfeO	Höfeordnung, landwirtschaftliches Erbrecht
IHK	Industrie- und Handelskammer
i.d.R.	In der Regel
InVeKoS	Das <u>Integrierte Verwaltungs- und Kontroll-System</u> ist ein durch die Europäische Kommission schrittweise eingeführtes System von Verordnungen zur Durchsetzung einer einheitlichen Agrarpolitik in den EU-Mitgliedstaaten.
IT.NRW	Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen
KlimaBeHa-geN	Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet NRW: Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft & Wasserversorgung
Kompensation	Ausgleich von Eingriffen in die Natur (§15 Bundesnaturschutzgesetz)
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
LNatSchG NRW	Landesnaturschutzgesetz NRW
LANUV NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
LEP	Landesentwicklungsplan
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche
LWK NRW	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
MULNV	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe: Sind organische Rohstoffe, die aus land- und forstwirtschaftlicher Produktion stammen und die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden. Es sind hauptsächlich pflanzliche Rohstoffe die stofflich oder zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoffen genutzt werden.
NHN	Normalhöhennull

NRW	Nordrhein-Westfalen
Ökokonto	Naturschutzinstrument im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen werden dokumentiert und in einen Flächenpool eingetragen. Diese können bei späteren Eingriffen in Natur und Landschaft als Kompensationsmaßnahmen angerechnet werden.
PIK	Produktionsintegrierte Kompensation
PV	Photovoltaik (Solarzellen zur Umwandlung der Energie des Sonnenlichts in elektrische Energie)
Rekultivierung	Technisch und materiell aufwendige Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Schaffung einer Kulturlandschaft
Silomais	Anbau von Mais zur Nutzung der Gesamtpflanze in Form von Silage als Futtermittel und Biogassubstrat
Sonderkultur	Land- und gartenbauliche Kulturen die über die übliche landwirtschaftliche Maschinentechnik hinaus, besondere zusätzliche Bestell- und Erntetechnik, (auch Handarbeit) erfordern. In der Regel ist die Produktion mit zusätzlicher Lager- und Kühltechnik verbunden. Daher gelten sie als besonders arbeits- und kapitalintensiv. Beispiele: Obst, Gemüse, Baumschul- und Gartenbaukulturen, Kartoffeln, Zwiebeln, Gewürzkräuter, Arzneipflanzen etc. Darunter fallen teilweise die bereits zuvor genannten <b>Dauerkulturen</b> wie Weinbau, Obstbau, Baumschulen oder Hopfen.
Sümpfung	Das Entfernen von Wasser aus einem Grubenbau (Bergbau) sowie auch großflächige Grundwasserabsenkung im Umfeld von Tagebauen durch Abpumpen des Wassers.
UBA	Umweltbundesamt
UFZ- Dürre-monitor	Der UFZ-Dürremonitor liefert täglich flächendeckende <b>Informationen zum Bodenfeuchtezustand</b> in Deutschland. Grundlage sind Simulationen mit dem am UFZ entwickeltem mesoskaligem hydrologischen Modell mHM. UFZ steht für Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH.
Urbaner Raum	Städtischer Raum
WWF Deutschland	World Wide Fund For Nature

## 1 Einleitung

Im Projekt KlimaBeHageN (Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet NRW: Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft & Wasserversorgung) werden bis Ende 2022 Wissenschaftler, Ökonomen, wasserwirtschaftliche Ver- und Entsorger und landwirtschaftliche Interessensvertretungen gemeinsam versuchen, übertragbare Lösungen zur Entschärfung von Wassermangel durch den Klimawandel im Hammbach-Einzugsgebiet in Dorsten zu finden.

Im Raum Dorsten-Haltern befindet sich mit den Halterner Sanden der wichtigste zur Trinkwasserproduktion genutzte Grundwasserleiter Nordrhein-Westfalens.

Durch die verschiedenen Nutzungen wird das nutzbare Grundwasservorkommen des Grundwasserleiters stark beansprucht, der mengenmäßige Zustand gilt gemäß Bewirtschaftungsplan des Landes als „noch gut“. Die Beanspruchung des Grundwasserleiters ist allerdings zu minimieren, so die LIPPE WASSERTECHNIK 2019.

Es gibt vielfältige Nutzungsansprüche an das Grundwasser, die sich überschneiden, so dass verbunden mit den Klimaveränderungen oberirdische Gewässer im Hammbach-Einzugsgebiet zeitweise austrocknen. Von den beteiligten Akteuren wurde im ersten Projektabschnitt – „Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hammbachs in Dorsten (2017-2019)“ – festgehalten, dass die Sicherung des mengenmäßig guten Zustands (nach der WRRL) mit einem zielgerichteten Wassermanagement möglich sei (LIPPE WASSERTECHNIK 2019). Die Zielsetzung des Projektes lag darin, über ein angepasstes Maßnahmenkonzept mit Wasser aus Überschussbereichen (ca. 9 Mio. m<sup>3</sup>/a) das bisher in Oberflächengewässer geleitet wird, die defizitären Grundwassereinzugsgebiete zu stützen.

Eine Aussage zum Bereich der Landwirtschaft aus dem ersten Projekt wurde von der LIPPE WASSERTECHNIK 2019 wie folgt formuliert: „Der landwirtschaftliche Wasserbedarf (bisherige Wasserrechte 1,4 Mio. m<sup>3</sup>/a für Betriebswasser und Bewässerung; ausschließlich für Bewässerung ergeben sich 1,25 Mio. m<sup>3</sup>/a) von geschätzt 27 Mio. m<sup>3</sup>/a in Trockenjahren ist wasserhaushaltlich, auch bei Nutzung der gepumpten Wässer im Süden, nicht gewinnbar. Oberste Priorität muss daher eine effizientere Bewässerung und Anpassung der angebauten Kulturen haben.“ Die 27 Mio. m<sup>3</sup>/a in Trockenjahren wurden im Vorprojekt unter Einbindung verschiedener Akteure u.a. der Landwirtschaft grob, unter Worst-Case-Bedingungen, geschätzt. Ein aussagekräftigerer Bewässerungsbedarf soll in diesem Projekt praxisbezogen abgeleitet werden.

Hierfür wurde dieses Projekt mit einer Laufzeit von 2 ½ Jahren bis Ende 2022 in die Wege geleitet, um das Konzept aus dem ersten Projekt zu konkretisieren.

Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen ist als Kooperationspartner an dem Projekt beteiligt und bearbeitet gemeinsam mit der Universität Kassel weiterführende Fragestellungen, die sich aus dem ersten Projekt ergeben haben. Dazu gehören die Ermittlung des konkreten landwirtschaftlichen Wasserbedarfs zur ressourcenschonenden Bewässerung in Trockenzeiten und Maßnahmen zur messbaren Minimierung des Bewässerungsbedarfs sowie sozialökologische Aspekte und Auswirkungen möglicher Maßnahmen.

Als Ergebnis wurde der vorliegende landwirtschaftliche Fachbeitrag mit folgenden Kerninhalten erstellt

- Erfassung der wirtschaftenden Betriebe / der bewirtschafteten Fläche und der berechnungswürdigen Kulturen im Versuchsgebiet;
- Ermittlung des mengenmäßigen Wasserbedarfs;
- Ermittlung der potentiellen landwirtschaftlichen Betriebe, die im Versuchsgebiet an einer langfristigen, ressourcenschonenden Bewässerung und zugewiesenen Wasserrechten Interesse haben (Uni Kassel/LWK).

Im Folgenden wird zunächst das Projektgebiet mit seinen wesentlichen natürlichen Grundlagen dargestellt. Dann schließen sich die Ergebnisse des Erhebungsbogens, u.a. die Struktur der Betriebe und erhobenen Daten zur Bewässerung an.

Darauf basierend werden mögliche ressourcenschonende Bewässerungsmaßnahmen in Trockenzeiten und Maßnahmen zur Minimierung des Bewässerungsbedarfs skizziert, die als Grundlage für eine Masterarbeit seitens der Universität Kassel wissenschaftlich aufgearbeitet und detailliert geprüft werden. Dabei sollen auch die sozialökologischen Aspekte und Auswirkungen möglicher Maßnahmen untersucht werden

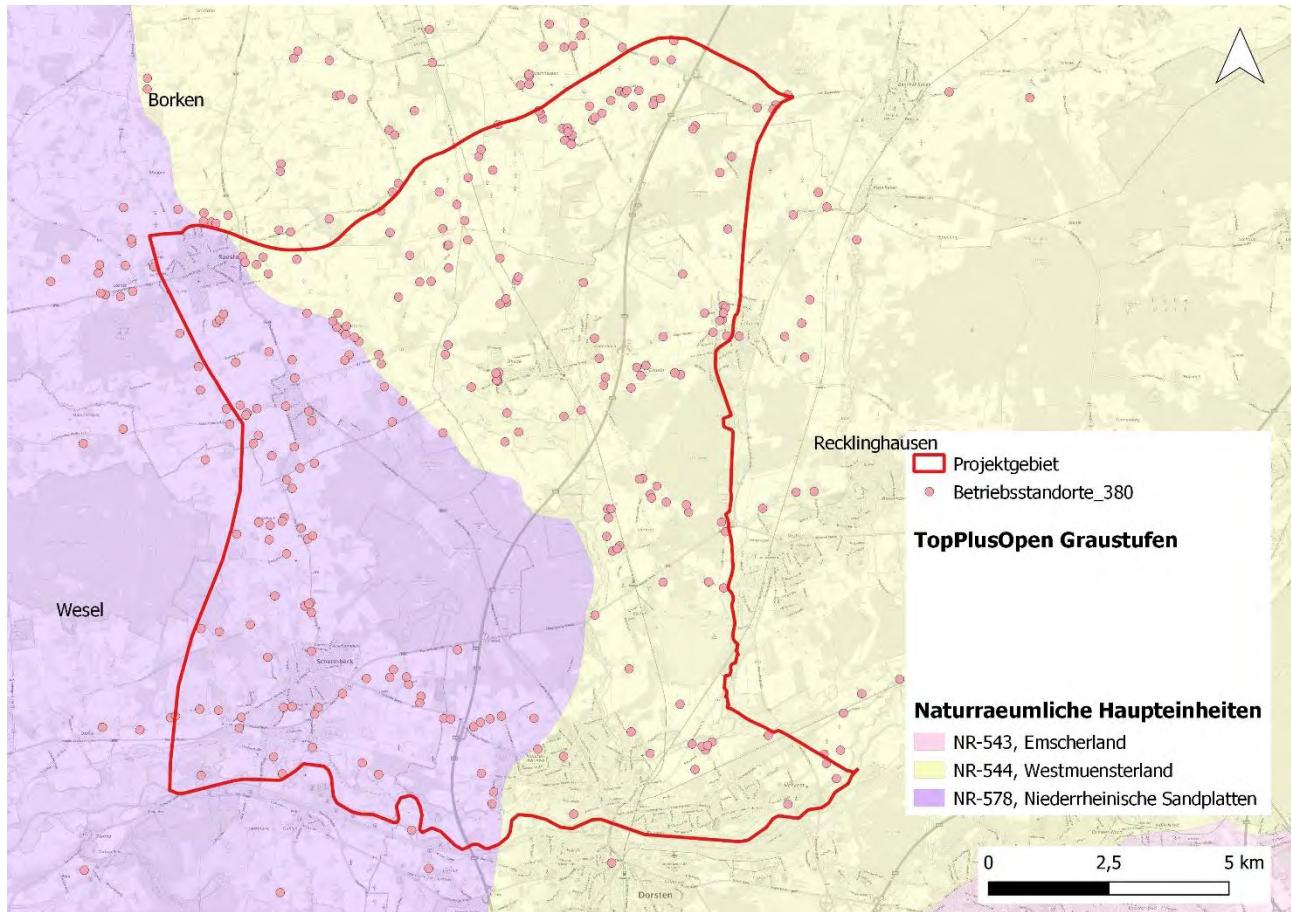
## **Das Projektgebiet**

Das Projektgebiet liegt am nördlichen Rand des Ruhrgebietes am Übergang zum südlichen Münsterland. Das Gebiet bezieht sich auf Teile des Kreises Wesel, Recklinghausen und Borken im Regierungsbezirk Münster (siehe nachfolgende Karte 1).

Der Hammbach mündet in Dorsten in die Lippe.

Die Region erhält ihr Trinkwasser aus den Brunnengalerien Holsterhausen und Üfter Mark. Neben der Stadt Dorsten, kleinen Mooren, Feuchtgebieten und Waldbereichen finden sich im Projektgebiet

zahlreiche landwirtschaftliche Nutzungen mit unterschiedlichen Betriebsstrukturen (z.B. Mais, Getreide, Gemüse, Obst, Viehwirtschaft) in der Produktion wie auch in der Weiterverarbeitung. In dem Gebiet liegen 7.550 Hektar (ha) landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF).



**Karte 1:** Projektgebiet innerhalb des Feldblockkatasters mit den Standorten landwirtschaftlicher Betriebe und der Darstellung der naturräumlichen Haupteinheiten (Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)

Es sind zwei naturräumliche Haupteinheiten zu finden – die Niederrheinische Sandplatte (NR – 578; Großlandschaft: Niederrheinisches Tiefland) und das Westmünsterland (NR 544; Großlandschaft: Westfälische Bucht und Westfälisches Tiefland).

Das Projektgebiet gehört zu einer stark maritim beeinflussten Klimazone. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt ca. 700-750 mm (6-Jahres Mittel/Summe 748 mm Niederschlag bei den N-Stationen Lembeck und Harsewinkel für die Jahre 2015-20, vgl. Tabelle 1), davon fallen 200 bis 220 mm während der Hauptvegetationszeit. Die Hauptwindrichtung ist mit West bis Südwest ausgewiesen.

**Tabelle 1:** Klimatische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (LIPPE WASSERTECHNIK 2019)

	Niederschlag mm			Tempe- ratur °C	Luftfeuchte %	Sonnen- schein- dauer h
Station	Lembeck	Harse- winkel	Mittel	Bottrop-Welheim		Bochum
Mittel/Summe WWJ 2015	844	789	817	11,1	77,9	1.681
Mittel/Summe WWJ 2016	905	868	886	12,2	76,2	1.636
Mittel/Summe WWJ 2017	753	659	706	11,5	77,1	1.503
Mittel/Summe WWJ 2018	583	555	569			
Mittel/Summe WWJ 2019	701	620	661			
Mittel/Summe WWJ 2020	703	709	706			
<b>Mittelwert/Summe</b>	<b>748</b>	<b>700</b>	<b>724</b>	<b>11,6</b>	<b>77,06</b>	<b>1.606</b>

Die mittlere Jahreslufttemperatur beträgt 11,6 °C, wobei in der Hauptvegetationszeit eine mittlere Jahreslufttemperatur von 14 bis 18 °C vorliegt.

Das Projektgebiet weist Höhenlagen zwischen 27 m (Lippeaue), 33 m (Dorsten) und 122 m (Gallenberg, Hohe Mark) über NN auf.

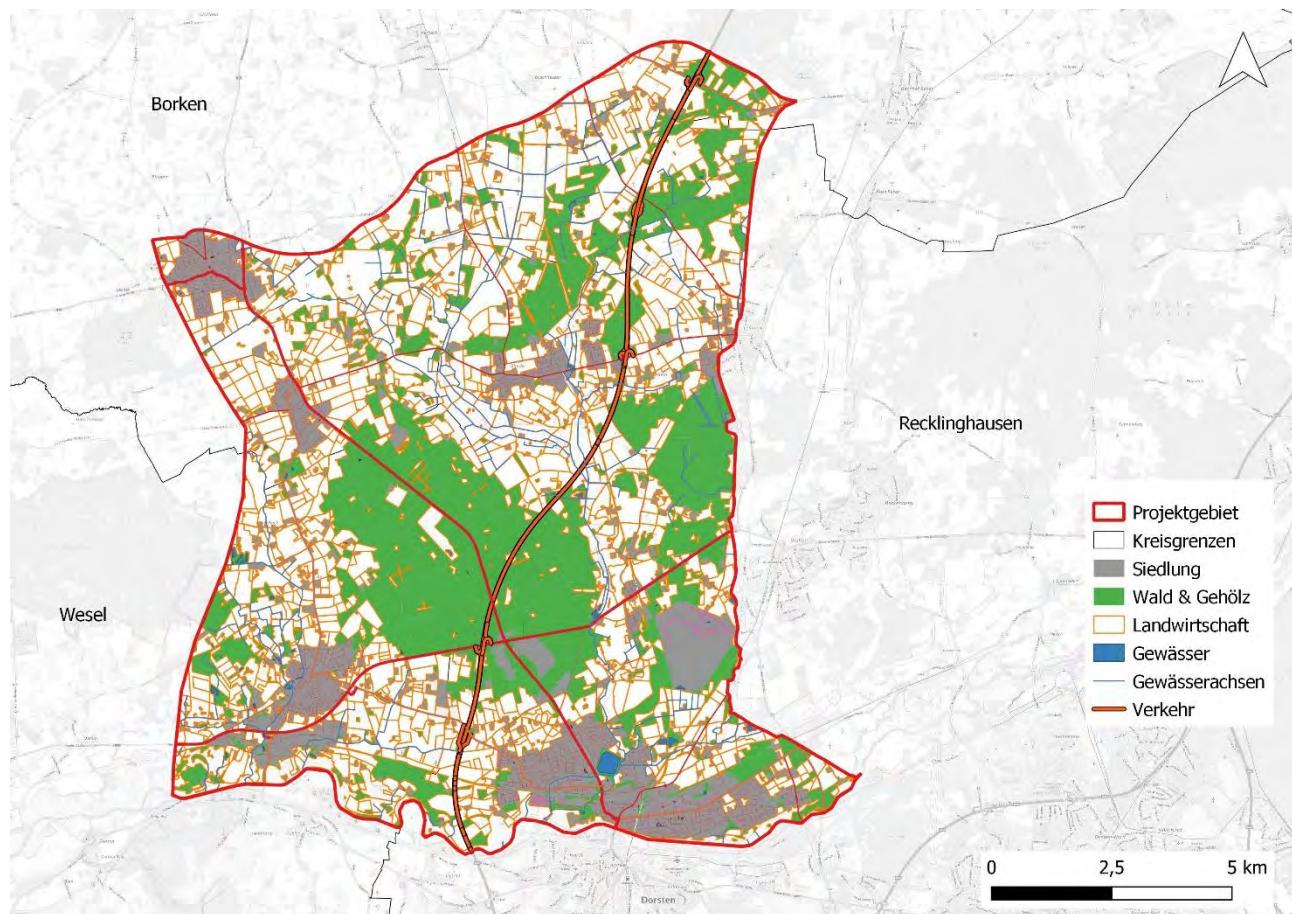
Das Projektgebiet ist eiszeitlich geprägt und wird untergliedert durch Bachläufe mit fluviatilen Ablagerungen. Teilweise tritt in diesen Talauen Niedermoorbildung auf.

Die regionale Differenzierung von Bodengüte, Relief, Niederschlägen und Temperatur bestimmen im Wesentlichen die in den Regionen vorherrschende landwirtschaftliche Bodennutzung als Acker und Grünland (vgl. Kapitel 2.7 Bodennutzung).

## 2 Struktur der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist der größte Flächennutzer im Projektgebiet, gefolgt von Wald sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen. Bei der landwirtschaftlichen Nutzung überwiegt der Ackerbau mit 75 %.

Insgesamt umfasst das Projektgebiet eine Fläche von 15.946 Hektar. Davon bewirtschaften etwa 380 Betriebe im Projektgebiet eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 7.550 Hektar (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2021). Dies entspricht rund 47 Prozent der Projektgebietsfläche (Karte 2). Siedlungs-/Verkehrsflächen, Gewässer sowie Wald und Gehölze nehmen dementsprechend 53 Prozent der Fläche in Anspruch. Im Vorprojekt wurde eine Fläche von 8.900 ha benannt, die allerdings auf Grundlage von Acker- und Grünlandflächen aus der ATKIS-Flächennutzung basierte (sog. Fläche für Landwirtschaft).



Karte 2: Flächennutzungen innerhalb des Feldblockkatasters in der Projektregion (Quelle: Flächen-erhebung nach tatsächlicher Nutzung, GEOBASIS NRW 2021, eigene Darstellung)

## 2.1 Methodische Grundlagen

### 2.1.1 Durchführung einer Befragung der im Projektgebiet wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betriebe

Bereits im Jahr 2020 wurden die Vorarbeiten zum Erhebungsbogen zur Durchführung einer Befragung landwirtschaftlicher Betriebe in die Wege geleitet. Der Fragebogen umfasst zwei DIN A4 Seiten, wobei die erste Seite auf den allgemeinen betrieblichen Teil und die zweite Seite auf den speziellen Teil Bewässerung gerichtet ist.

Der Erhebungsbogen wurde am 23. März 2021 an die 380 im Projektgebiet wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betriebe verschickt und eine Bearbeitungsfrist von zwei Wochen eingeräumt. Der Rückversand an die Landwirtschaftskammer konnte mittels beigefügter frankierter Briefumschläge erfolgen. Ein Großteil der Erhebungsbögen wurde allerdings zurückgefaxt. Innerhalb der Frist wurde in einer Abendveranstaltung (Videokonferenz) allen Beteiligten die Möglichkeit gegeben, Fragen zum Erhebungsbogen und zum Projekt zu stellen. Im Weiteren wurde die Unterstützung beim Ausfüllen des Erhebungsbogens angeboten.

Nach Ende der zweiwöchigen Frist wurden die Erhebungsbögen vorsortiert und mittels einer Kontaktliste überprüft. So waren 100 Erhebungsbögen an die Landwirtschaftskammer zurückgeschickt worden. Danach konnten durch Telefonate und Einräumung einer weiteren zweiwöchigen Frist zusätzlich 68 Rücksendungen hinzugewonnen werden.

In dem Projektgebiet liegen 7.550 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), die von insgesamt 380 landwirtschaftlichen Betrieben bewirtschaftet werden. Insgesamt wurden von 168 Betrieben Erhebungsbögen zurückgesendet und damit 5.150 ha im Projektgebiet liegender LF erfasst. Drei Betriebe sandten den Erhebungsbogen mit dem Hinweis zurück, dass sie die Landwirtschaft altersbedingt 2021 schon aufgegeben haben. Somit fließen letztlich 165 Erhebungsbögen in die Auswertung ein. Das entspricht einer Quote von 44 % in Bezug auf die zurückgeschickten Fragebögen (168 von 380) und von 68 % in Bezug auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche (5.150 ha). Diese Rücklaufquote ist im Vergleich zu anderen Umfragen sehr erfreulich. Unter den Rückläufen befinden sich günstiger Weise auch die bedeutendsten Betriebe mit hoher Flächenausstattung. Die Ursache für fehlende Rücksendungen ist sicherlich in der besonderen Sensibilität der Daten zu sehen, und dies trotz der Hinweise im Erhebungsbogen, dass die Daten nur in anonymisierter Form verwendet werden.

Für die Darstellung der landwirtschaftlich genutzten Flächen führte die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen im Frühjahr 2021 im gesamten Projektgebiet eine Nutzungskartierung der dort befindlichen Betriebsstandorte durch. Als landwirtschaftlicher Betriebsstandort gilt hierbei die der Landwirtschaftskammer NRW bekannte Anschrift des Unternehmens, die im Projektgebiet liegt.

Von den insgesamt 380 befragten Betrieben weisen 62 Betriebe Betriebsgrößen unter 5 ha auf, wobei diese Betriebsflächen sowohl im Projektgebiet wie auch außerhalb liegen können auf laut eigener Angaben im Flächenverzeichnis.

Werden ausschließlich die landwirtschaftlichen Flächen des Projektgebietes (7.550 ha) betrachtet, so bewirtschaften dort 128 Betriebe (der insgesamt 380) weniger als 5 ha und 252 Betriebe mehr als 5 ha. Die 128 Betriebe mit weniger als 5 ha Fläche im Projektgebiet machen insgesamt eine Summe von 297 ha des Projektgebietes aus. Das entspricht knapp 4 % der Gesamtfläche des Projektgebietes. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass die 252 Betriebe mit mehr als 5 ha im Projektgebiet zusammen genommen den Hauptanteil von 7.250 ha des Projektgebietes und damit 96 % bewirtschaften.

Bei Betrachtung der insgesamt 168 zurückgesandten Erhebungsbögen, von denen 165 auswertbar waren, ergibt sich hinsichtlich der dadurch repräsentierten Flächenanteile im Projektgebiet, dass 128 der insgesamt 165 Betriebe, die geantwortet haben, jeweils mehr als 5 ha im Projektgebiet bewirtschaften und damit 5.054 ha LF ausmachen, welche zusammen 67 % der LF im Projektgebiet umfassen. Die Rücklaufquote der antwortenden Betriebe repräsentiert somit die landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen und Nutzungen sehr gut.

### **2.1.2 Weitere statistische Daten**

Der Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) weist zwar Daten zu der Region Dorsten aus, jedoch kann darauf nicht zurückgegriffen werden, weil das Projektgebiet in seiner flächigen Ausdehnung nicht mit den Kreisgrenzen übereinstimmt. Weitere Daten, auf die nur teilweise zurückgegriffen werden konnte, liegen aus dem landwirtschaftlichen Fachbeitrag der Stadt Dorsten (Kreis Recklinghausen) zum Flächennutzungsplan aus dem Jahr 2003 (davor 1996) vor und mussten fortgeschrieben werden. Insofern war eigens eine Erhebung zur Landwirtschaft im Projektgebiet notwendig, um konkrete Zahlen zu erhalten und Aussagen zu den dort wirtschaftenden Betrieben treffen zu können.

Eine solche flächendeckende Erfassung wurde für dieses Projektgebiet erstmalig durchgeführt.

## **2.2 Betriebsgrößen und Erwerbstypen**

In den letzten Jahren erfolgte ein starker Rückgang landwirtschaftlicher Betriebe durch Aufgaben. Die dadurch freiwerdenden Flächen verbleiben meist in der Landwirtschaft und werden entsprechend des Strukturwandels von anderen Betrieben i.d.R. als Pachtflächen weiter bewirtschaftet.

Von den insgesamt 165 Betrieben haben 145 Betriebe die Rechtsform eines landwirtschaftlichen Einzelunternehmens. 20 Betriebe führen die Rechtsform einer Gesellschaft bürgerlichen Rechtes, ein Zusammenschluss von mindestens zwei Gesellschaftern (GbR). Üblich ist in der Landwirtschaft

die Form zwischen Vater/Mutter und Sohn/Tochter, andere Formen sind denkbar. Diese GbR-Betriebe werden laut Erhebung in Form eines Haupterwerbsbetriebes geführt.

Von den 165 Unternehmen werden 105 Betriebe im Haupterwerb (HE) und 60 Betriebe im Nebenerwerb (NE) geführt. Von den 105 HE-Betrieben werden 4.660 ha LF bewirtschaftet, von den NE-Betrieben 470 ha LF (5.150 ha abzüglich der drei Betriebe, die im Jahr 2021 aufgegeben haben).

## 2.3 Eigentum und Pacht

Der typische landwirtschaftliche Betrieb in der Projektregion ist ein bäuerlicher Familienbetrieb, der seine landwirtschaftliche Tätigkeit auf eigenen Betriebsflächen ausführt und meist weitere Flächen hinzupachtet.

Von den insgesamt 165 Betrieben der Erhebung haben 27 Betriebe keine Flächen zugepachtet. Fünf Betriebe sind Pachtbetriebe, sie wirtschaften nur auf gepachteten Flächen und besitzen keine Eigentumsflächen. 36 Betriebe in der Region verpachten einen Teil ihrer Flächen und 14 Betriebe haben keine vollständigen Angaben zum Eigentum-/Pachtanteil gemacht. In der Summe werden 5.110 ha LF von den 165 Betrieben zugepachtet und 405 ha verpachtet; 3.710 ha LF stehen im Eigentum.

Die Zupacht von Flächen bietet landwirtschaftlichen Betrieben auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten durch die Senkung von Fixkosten je Einheit die Möglichkeit einer weiteren betrieblichen Entwicklung.

Die Nachfrage nach Pachtflächen wird in der Projektregion weiterhin größer sein als das Angebot. Insbesondere Veredelungsbetriebe benötigen ausreichend Flächen für einen umweltverträglichen und ökonomischen Einsatz der betriebseigenen Düngemittel (Vorgaben der Düngeverordnung und des BauGB).

Alle flächenbeanspruchenden Maßnahmen – Zunahme an Siedlungs-, Verkehrs- und Kompensationsflächen - führen zu einer weiteren Flächenverknappung und verstärken damit die Konkurrenz um die verbleibende landwirtschaftlich genutzte Fläche im Projektgebiet. Das bedeutet eine Verknappung der Flächen für die Nahrungsmittelproduktion und gleichzeitig stark steigende Pachtpreise für landwirtschaftliche Flächen.

Im Weiteren ist festzustellen, dass insbesondere Pachtflächen mit einer vorhandenen Möglichkeit der Bewässerung (vor dem Hintergrund der letzten Rekordsommer) zunehmend attraktiver werden. Hierbei spielt insbesondere der Gemüseanbau eine zentrale Rolle, da durch die Bewässerung Ertragssicherheit und eine gleichbleibend hohe Quantität wie auch Qualität gewährleistet werden kann.

### Verknappung der Nahrungsmittelerzeugung:

Die Nachfrage nach frischen, qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln wie Gemüse, Obst, Eier, Fleisch und Milchprodukten aus der Region steigt.

Um die Bedeutung und Wichtigkeit landwirtschaftlicher Flächen für die Nahrungsmittelproduktion aufzuzeigen folgt hier eine Berechnung, wie viele Menschen aus dem Projektgebiet heraus ernährt werden können.

Nach Angaben des Umweltbundesamtes erfordert der Konsum der deutschen Bevölkerung 18,3 Mio. Hektar Ackerland für Nahrungs- und Futtermittel. Heruntergebrochen auf eine Person werden derzeit pro Kopf und Jahr rund 2.250 m<sup>2</sup> Ackerfläche für Nahrungsmittel pflanzlicher sowie tierischer Herkunft benötigt. Zum einen 1.400 m<sup>2</sup> zur Erzeugung von Futtermitteln und von Fleisch, Milch, Eiern und zum anderen 850 m<sup>2</sup> zur Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel wie Obst, Gemüse, Getreide etc. Hierdurch entfallen 61 % der Produktionsfläche auf den Konsum tierischer Produkte und 39 % auf den Konsum pflanzlicher Nahrungsmittel. Des Weiteren dienen rund 300 m<sup>2</sup> der Produktion von Nicht-Nahrungsmitteln wie z.B. energetische und stoffliche Biomasse. Hochgerechnet bräuchte die Bevölkerung Deutschlands also 18,3 Mio. ha, verfügt jedoch nur über 16,7 Mio. ha Ackerfläche. Hinzu kommen die Importe für den deutschen Gesamtnahrungskonsum in Höhe von über 10 Mio. Hektar Fläche im Ausland (UBA 2020).

Das Projektgebiet könnte mit 7.550 ha LF (0,225 ha/Jahr/Mensch) etwa 33.500 Menschen pro Jahr ernähren. Wird die Fläche für die Erzeugung von Nicht-Nahrungsmitteln (300 m<sup>2</sup>) in die Berechnung mit einbezogen, so können nur 29.400 Menschen pro Jahr ernährt werden. **Je mehr die Fläche durch andere Nutzungen beansprucht wird, desto weniger Nahrungsmittel können erzeugt werden und desto größer wird die Abhängigkeit vom Import und dem globalen Weltmarkt.**

## **2.4 Siedlungsstruktur und Flurverhältnisse**

Die große Mehrheit der landwirtschaftlichen Betriebsstätten liegt regionaltypisch im planerischen Außenbereich. Einige Höfe befinden sich seit jeher in den früheren Dörfern. Heute sind viele von ihnen nicht mehr in der aktiven Bewirtschaftung. Insbesondere durch das Heranrücken der besonders immissionsempfindlichen Wohnbebauung wurde eine landwirtschaftliche Nutztierhaltung an diesen Standorten eingeschränkt. Dieses Risiko besteht auch heute insbesondere für Betriebe, welche durch Ausweisung von neuen Baugebieten immer näher am Stadtrand und damit an Siedlungen wirtschaften müssen.

In den vergangenen Jahren hat sich der Trend zur Bildung größerer Bewirtschaftungseinheiten über Zupacht von Flächen weiter fortgesetzt. Im Wesentlichen wird die Feldstruktur durch Topographie, Gewässer und Verkehrsinfrastruktur geprägt. Die Erschließung der landwirtschaftlichen Flächen durch Wirtschaftswege kann allgemein als gut bezeichnet werden.

## 2.5 Arbeitskräfte, Betriebsleiter und Hofnachfolge

Die landwirtschaftlichen Betriebe werden fast ausschließlich als Familienbetriebe mit familieneigenen Arbeitskräften bewirtschaftet; saisonal (während der Arbeitsspitzen) findet der Einsatz von Aus hilfskräften und Lohnunternehmern statt.

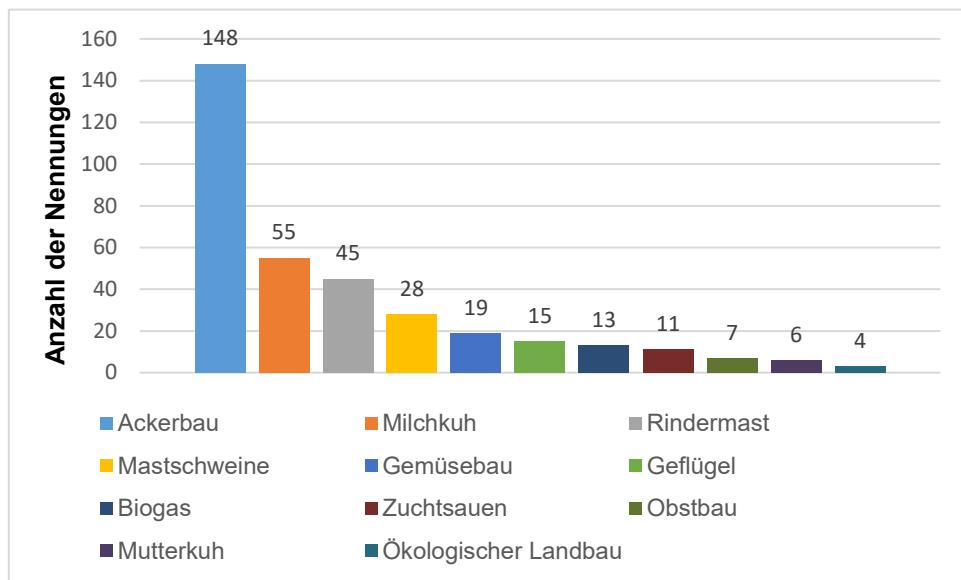
Eine landwirtschaftliche Berufsausbildung kann von fast allen Leitern der Haupterwerbsbetriebe (105 HE) vorgewiesen werden, mehr als 50 % verfügen über weitergehende Qualifikationen. Von den 105 HE-Betrieben haben 14 Betriebsleiter/innen eine klassisch-landwirtschaftliche Ausbildung absolviert. 48 Betriebsleiter/Innen verfügen über einen Fachschulabschluss und 26 Betriebsleiter/innen über einen Meisterabschluss. Vier Betriebsleiter/Innen verfügen über einen FH-/Uniabschluss im Bereich der Agrarwissenschaften.

Jüngere Landwirte/innen haben i.d.R. einen Fachschulabschluss oder eine Meisterausbildung. Es ist erkennbar, dass die Tendenz zu einem Uni-/Hochschulabschluss zunimmt. Im Nebenerwerb gibt es 18 Betriebe, die keine Ausbildung im Bereich der Landwirtschaft abgeschlossen haben. Betriebsleiter/innen, die ihren Hof im Nebenerwerb führen, haben als Schwerpunkt häufig ihre Ausbildung im außerlandwirtschaftlichen Bereich absolviert (z.B. Fleischer/-innen, Zimmerer/-innen, Tischler/-innen, Schlosser/-innen, KFZ-Mechaniker/-innen, Maurer/-innen).

Von den insgesamt 165 Betrieben haben 57 Betriebe (35 %) die Angabe „Nachfolge gesichert“ angegeben. Bei 67 Betrieben, knapp 40 %, ist eine Nachfolge möglich, bei 20 Betrieben (12 %) existiert keine Nachfolge. 21 Betriebe enthielten sich einer Antwort.

## 2.6 Betriebszweige

In dem Projektgebiet gibt es unterschiedliche Ausrichtungen der Betriebe. Betriebszweige wie Zuchtsauen, Mastschweine, Milchkuhhaltung, Rindermast, Geflügel, Biogas, Ackerbau, Ökologischer Landbau, Gemüse- und Obstbau wurden in der Erhebung abgefragt (vgl. Abbildung 1). Mehrfachnennungen waren möglich und wurden von den Betriebsleitern/innen in unterschiedlichster Kombinationen gewählt. Im nachfolgenden bezieht sich die Anzahl der Nennungen immer auf die 165 Erhebungsbögen, die von den Betriebsleitern/innen zurückgeschickt worden sind. Welche Betriebszweige in den nicht antwortenden landwirtschaftlichen Betrieben vorherrschen, kann hier nicht vertiefend dargestellt werden.

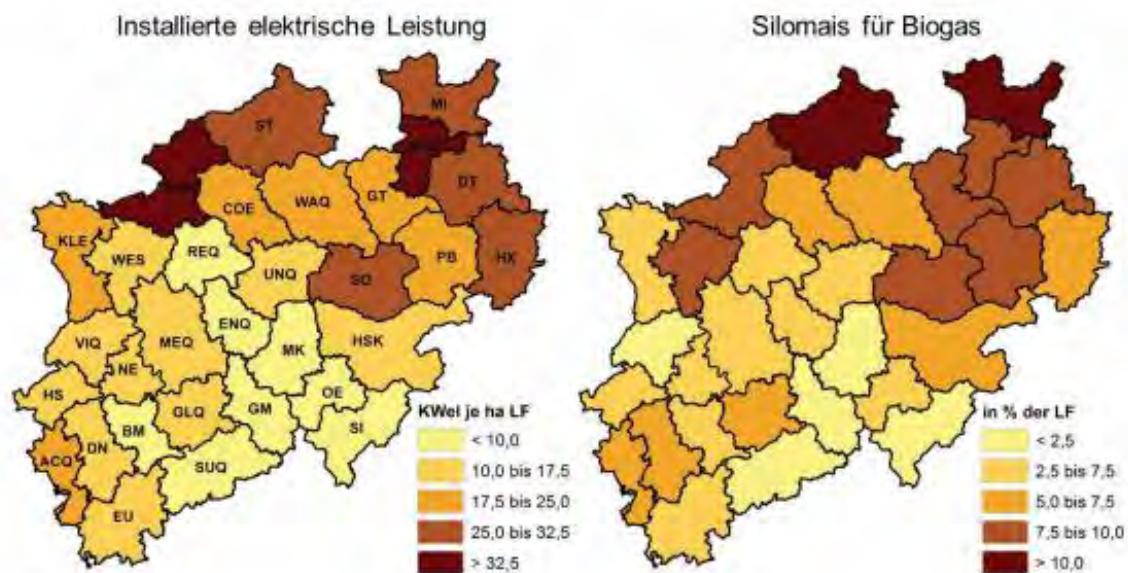


**Abbildung 1:** Betriebszweige - Anzahl der Nennungen

Neben dem **Ackerbau** (148 Nennungen von 165; 90 %) ist die Viehhaltung die wesentliche Existenzgrundlage der landwirtschaftlichen Betriebe (115 viehhaltende Betriebe, 70 %). Sie bietet dem Landwirt die Möglichkeit, das auf den Flächen gewonnene Futter im eigenen Betrieb zu „veredeln“. Dadurch steigt die Wertschöpfung im eigenen Betrieb durch die Umwandlung der Rohstoffe in höherwertige Nahrungsmittel (Fleisch, Milch, Eier u.a.).

Hinsichtlich der Tierhaltung dominiert im Projektgebiet die **Milchviehhaltung** mit 55 Nennungen (33 %) gefolgt von der **Rindermast** mit 45 Nennungen (27 %). Rinderhaltende Betriebe haben sich in der Vergangenheit häufig für das Betreiben einer Biogasanlage als zusätzliche Einnahmequelle entschieden

Insgesamt betreiben 13 der antwortenden Betriebe (165) **Biogasanlagen**, davon 6 in Kombination mit Milchkuhhaltung und zwei als Erweiterung zur Rindermast. Somit stehen insgesamt 8 Biogasanlagen auf Rinderbetrieben, das entspricht 61,5 % der Anlagen. Die verbleibenden 5 Biogasanlagen befinden sich auf Betrieben mit Mastschwein- oder Geflügelhaltung und auf einem Ackerbaubetrieb. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen machten in den letzten Jahren eine bedarfsgerechte Stromerzeugung aus Biogas zunehmend interessanter. Neben dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bewirkten auch Novellierungen im Baurecht (BauGB), dass sich Biogasanlagenbetreiber intensiver mit dem Thema auseinandersetzen. Darüber hinaus ist die Vergärung der eigenen Wirtschaftsdünger wie Gülle und Mist (Güllevergärung) eine wesentliche Maßnahme des Klimaschutzprogramms 2030 zur Erreichung der Klimaziele im Landwirtschaftssektor.



**Abbildung 2:** Installierte elektrische Leistung von Biogasanlagen und Silomaisanbau zur Biogaserzeugung 2016 (Landwirtschaftskammer NRW, Nährstoffbericht 2017)

Etwa 2,5 bis 7,5 % der Fläche werden im Kreis Recklinghausen für die Produktion von Silomais für Biogas beansprucht (LWK NRW, Nährstoffbericht 2017; vergleiche Abbildung 2). In den Kreisen Borken und Wesel werden 7,5 bis 10 % der Fläche für den Anbau von Energiemaис verwendet. Würde man diesen Ansatz auf die Projektregion übertragen, so würden von den rund 7.550 ha LF etwa 560 bis 755 ha für den Anbau von Biogas beansprucht (7,5 % bis 10 % der LF). Insgesamt werden in der Region im Schnitt der Jahre 2020/21 etwa 2.720 ha Silomais angebaut. Vom angebauten Silomais im Projektgebiet gehen somit schätzungsweise 20 bis 25 % zur Energieerzeugung in die dortigen Biogasanlagen.

Im Bereich der **Schweinehaltung** – Mastschweine 28 Nennungen (17 %) und Zuchtsauen 11 Nennungen (7 %) – ist ein fortschreitender Rückgang der Betriebshalter, verbunden mit einer deutlichen Konzentration der Tierzahl, erkennbar. In den letzten Jahren sind kleinere Betriebe aus diesem Betriebszweig ausgestiegen. Die Vorgaben zur Verbesserung des Tierschutzes in der Sauenhaltung wie die jetzige Novellierung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutztV) und die Nutztierhaltungsstrategie NRW stellen die Sauenhalter künftig vor weiter steigende Herausforderungen und erhebliche Investitionen in Stallumbauten. Die Zahl der Sauenhalter in Deutschland ist bereits seit Jahren rückläufig, der Trend wird sich verschärfen.

**15 Geflügelhalter** sind in der Region ansässig (von 165 Betrieben; 9 %). Neben den klassischen Haltungsformen (Hühnerhaltung, Hähnchenmast) zeigt sich ein deutlicher Trend hin zu modernen Hühnermobilen, stellen diese doch häufig eine zusätzliche Einnahmequelle für kleinere, direkt- oder regionalvermarktende Betrieben dar.

**Schaf- und Ziegenhaltung** ist gemessen an der gesamten Tierhaltung im Projektgebiet von untergeordnetem Rang. Für einzelne Betriebe ist dieses jedoch die Möglichkeit, Marktnischen zu besetzen.

Die Haltung von **Pferden** ist für viele Betriebe eher im Bereich der Hobbyhaltung einzuordnen. In der Befragung wurde dieser Bereich daher nicht weiter differenziert.

Der **Gemüsebau** (19 Nennungen; 12 %) und **Obstbau** (7 Nennungen; 4 %) ist im Vergleich zu anderen Regionen bedeutend vertreten. Gemüse wird vorwiegend im Freiland angebaut und vor allem im Sommerhalbjahr feldfrisch an die heimischen Verbraucherinnen und Verbraucher vermarktet. Damit die Pflanzen optimale Wachstumsbedingungen vorfinden, werden die Pflanzen regelmäßig über ein Bewässerungssystem mit Wasser versorgt. Insgesamt bewässern 29 Betriebe (von 165) ihre Kulturen. Damit werden eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen, hohe Erträge und hohe Nahrungsmittelqualitäten gewährleistet. Kartoffeln, Zwiebeln/Lauch, Spargel, Spinat, Möhren und Zuckerrüben werden auf etwa 700 ha angebaut, zuzüglich rund 70 ha spezielles Gemüse. Obst, Erdbeeren, Kernobst und Beerenobst werden auf weiteren 40 ha geerntet.

Die Vermarktung des Gemüses ist für Erzeugerinnen und Erzeuger eine große Herausforderung. Nur die ganz großen Betriebe setzen ihre Produkte direkt an den Lebensmitteleinzelhandel (LEH) ab, der große Mengen einkauft. Die mittleren und kleinen Erzeuger liefern an Erzeugergenossenschaften oder vertreiben ihre Produkte direkt im Hofladen oder auf dem Wochenmarkt (BLE 2021).

Der ökologische Landbau spielt bislang eine untergeordnete Rolle. Vier der 165 befragten Betriebe (2,5 %) wirtschaften nach den Vorgaben des Ökologischen Landbaus. Zwei Betriebe haben sich auf den Gemüseanbau spezialisiert, ein Betrieb auf den Obstanbau und ein Betrieb hält zusätzlich Bio-Geflügel. Insgesamt werden im Projektgebiet 61 ha ökologisch bewirtschaftet. Davon 15 ha Dauergrünland, 2,4 ha Ackerbohnen, 4 ha Hanf, 4 ha Gemüseerbsen, 7,7 ha Kartoffeln, 4,5 ha Kernobst, 4 ha Kleegras, 4,4 ha Mais, 2,2 ha Mischkultur, 7,8 ha Kürbis, 2 ha Sommerweichweizen, 1,2 ha Winterroggen und 1,8 ha Ackergras und Brache.

Die wesentlichen Unterschiede des Ökologischen Landbaus zum konventionellen Anbau liegen im Bereich der Düngung (Wirtschaftsdünger, Gründüngung, leichtlösliche Mineraldünger sind nicht zugelassen), des Pflanzenschutzes (Einsatz von Nützlingen, Verbot von chemisch-synthetischen Mitteln), der Tierhaltungsverfahren (flächengebundener Viehbesatz, Auslauf, bei Rindern meist Weidehaltung) und der Fütterung (95 % Biofutter, genverändertes Futter ist verboten).

Ende 2020 wurden in Nordrhein-Westfalen 2.252 landwirtschaftliche Betriebe mit 96.017 Hektar Fläche ökologisch bewirtschaftet. Das sind 6,7 Prozent aller landwirtschaftlichen Betriebe und 6,5 Prozent der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche in NRW (deutschlandweit um die 10 % der

Fläche). Im Projektgebiet werden ca. 0,8 % der Fläche ökologisch bewirtschaftet und damit deutlich weniger als im Bundes- oder NRW-Durchschnitt.

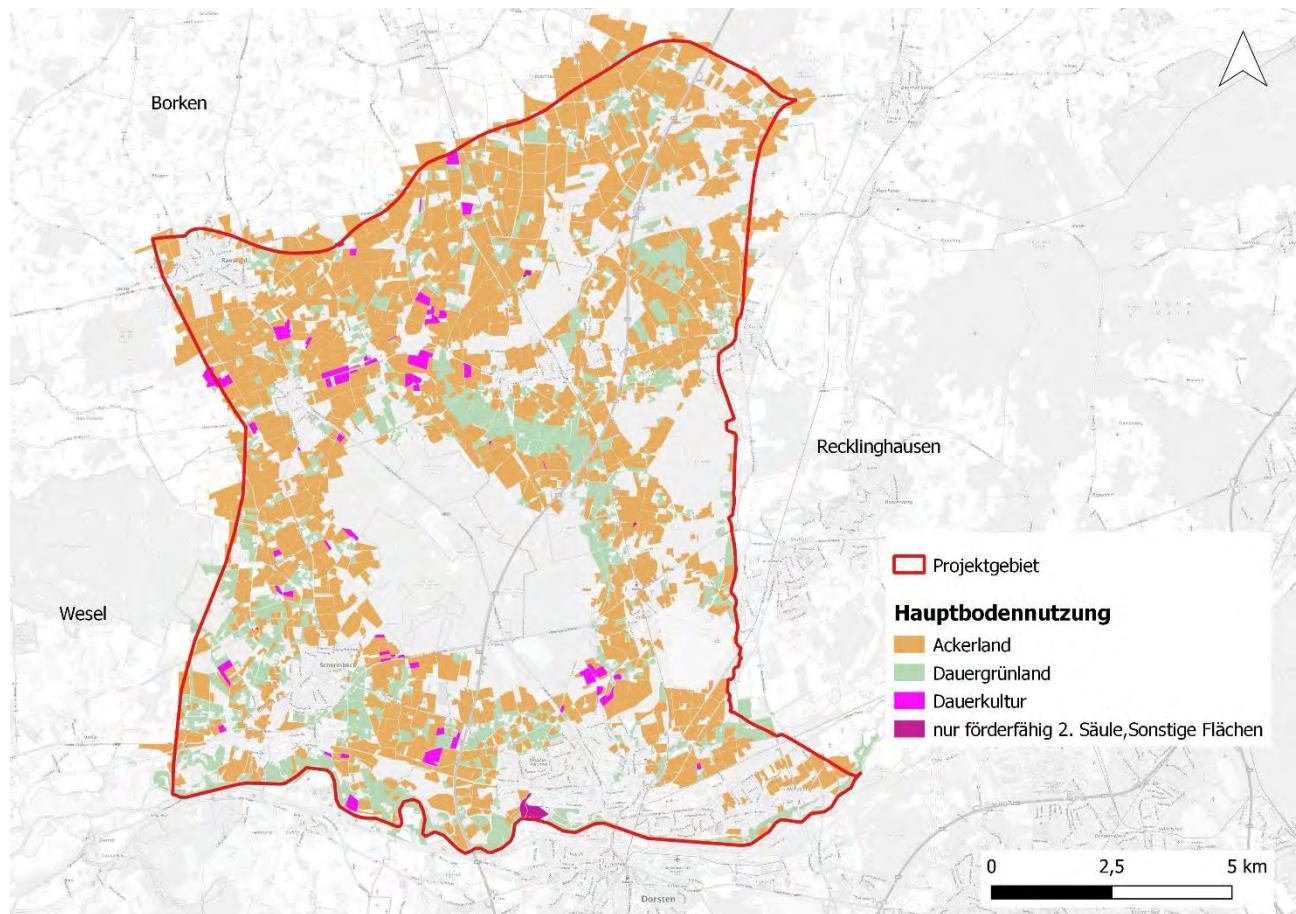
## 2.7 Bodennutzung

Dauergrünland nimmt im Projektgebiet eine Fläche von 1.785 ha in 2020 und von 1.871 ha in 2021 ein (entspricht einen Anteil von 24 %). Ackernutzung erfolgt auf 5.633 ha in 2020 und auf 5.930 ha in 2021, das entspricht einen Anteil von 75 %. Die Hauptbodenutzungen werden in der nachfolgenden Karte 3 dargestellt.

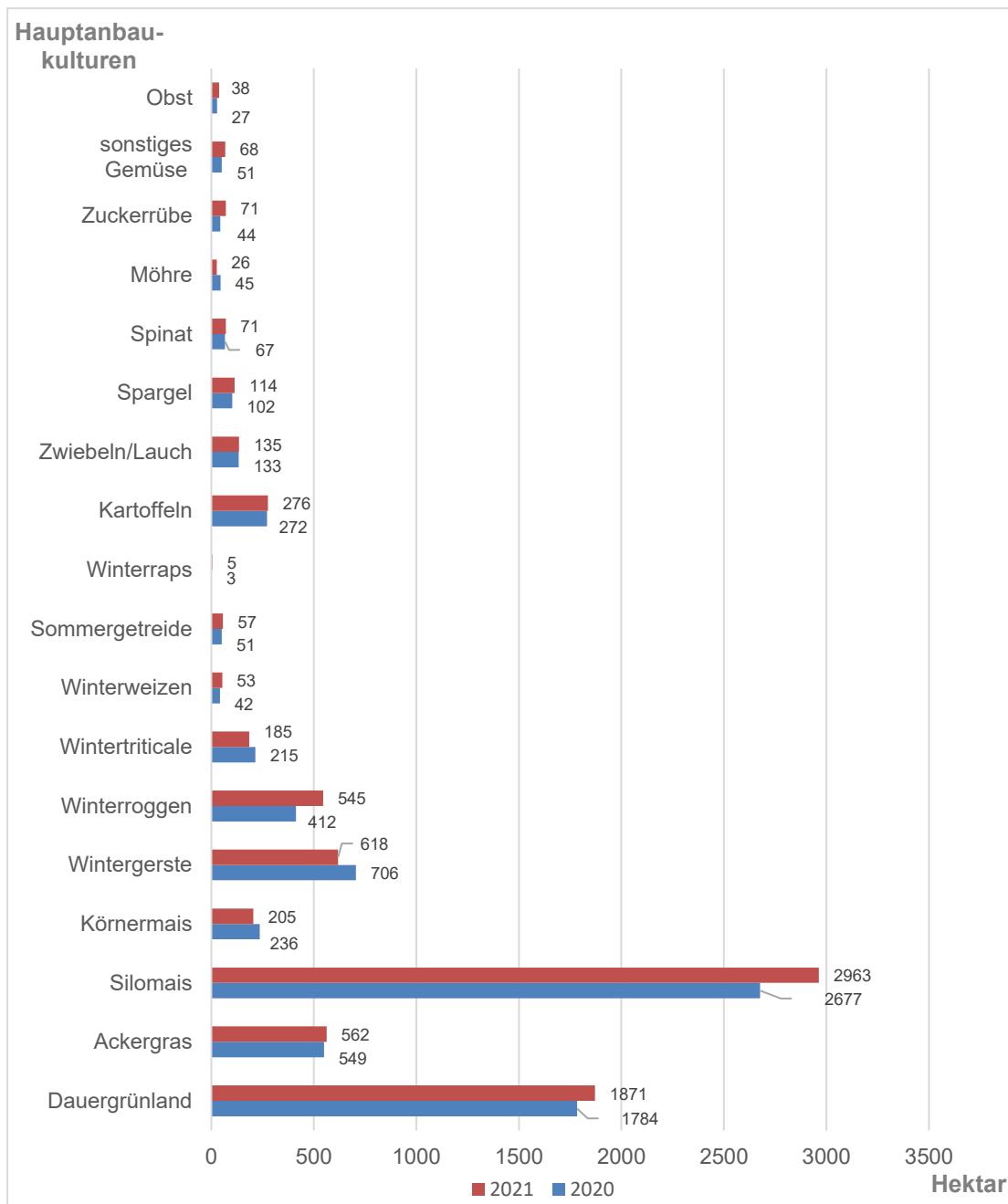
Die häufigste Form der Grünlandnutzung ist die Mähweide, d.h. die Flächen werden sowohl gemäht als auch von den Tieren beweidet. Zu den Grünlandbewirtschaftern zählen insbesondere auch die kleineren Betriebe, welche mit vergleichsweise geringem Maschinenaufwand arbeiten. Besonders kleine Bestände an Pferden oder Wiederkäuern (auch Schafe) verwerten hierbei Restgrünlandparzellen.

Der Anteil der Dauerkulturen ist von 2020 leicht gestiegen auf 194 ha in 2021. Zu den Dauerkulturen gehören u.a. Spargel, Rhabarber, Kernobst, Beerenobst, Haselnüsse. Der Anstieg ist v.a. durch eine Zunahme des Spargelanbaus zu erklären. Erdbeeren werden im InVeKoS (= **Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsyste**m von Verordnungen zur Durchsetzung einer einheitlichen Agrarpolitik in den EU-Mitgliedstaaten) nicht zu den Dauerkulturen gezählt, sondern fallen unter die Ackernutzung.

In der Abbildung 3 auf der Seite 23 werden die Hauptanbaukulturen im Projektgebiet der Jahre 2020 und 2021 verglichen. Jährliche Abweichungen der einzelnen Kulturanbaufläche ergeben sich naturgemäß durch die übliche mehrjährige Fruchfolgegestaltung.



**Karte 3:** Hauptbodenutzung des Projektgebietes innerhalb des Feldblockkatasters (Feldblockkataster, Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)



**Abbildung 3:** Hauptanbaukulturen im Projektgebiet in ha (Vergleich der Jahre 2020 mit 2021)

In der Fruchfolge dominiert in beiden Jahren mit 2.677 ha bzw. 2.963 ha der Silomais (35 % 2020; 39 % 2021). Gefolgt von Ackergras mit 549 ha in 2020 und 562 ha in 2021. Damit umfasst der **Futteranbau** 43 % der Fläche.

Der **Getreideanbau** erfolgte 2020 und 2021 auf durchschnittlich 1.662 ha (22 %). Insbesondere die natürlichen Standortbedingungen wie Bodenqualität und Wasserversorgung sowie die Verwertungsmöglichkeiten im eigenen Betrieb begünstigen den hohen Flächenanteil von Wintergetreide: 706 ha (618 ha) Wintergerste, 412 ha (545 ha) Winterroggen, 215 ha (185 ha) Wintertriticale, 42 ha (53 ha) Winterweizen und 235 ha (205 ha) Körnermais. **Sommergetreide** (Hafer und Gerste) wurden insgesamt auf 51 ha (57 ha) ausgesät.

Im Projektgebiet waren 21 ha LF aus der Erzeugung genommen (Brache, Stilllegung).

Der **Gemüseanbau** kennzeichnet diese Region, denn auf den sich schnell erwärmenden Sandböden ist eine frühere Bestellung im Frühjahr möglich als auf Lehm- oder Tonboden und bietet damit gute Chancen für eine zeitige Marktbeschickung zu attraktiveren Erzeugerpreisen. Insgesamt werden von 19 Betrieben auf etwa 715 ha Gemüse (9,5 %; 760 ha in 2021) angebaut. Kartoffeln, Zwiebeln/Lauch, Spargel und Spinat sind in etwa auf Vorjahresniveau, während der Möhrenanbau zu Gunsten der Zuckerrüben um 20 bis 30 ha reduziert wurde.

Von sieben Betrieben wird auf 27,5 ha **Obst und Erdbeeren erzeugt**, davon

- 9,00 ha Beerenobst (9,70 ha in 2021),
- 4,55 ha Kernobst (gleichbleibend) und
- 13,90 ha Erdbeeren (24,30 ha in 2021).

Drei der befragten Betriebe haben sich auf beide Betriebszweige, Obst und Gemüse, spezialisiert. Neu und flächenmäßig wird die Palette der angebauten Kulturen in dieser Region durch den Anbau von Kräutern, von Leguminosen (Erbse und Bohne) und Medizinpflanzen zur Medikamentenherstellung bereichert.

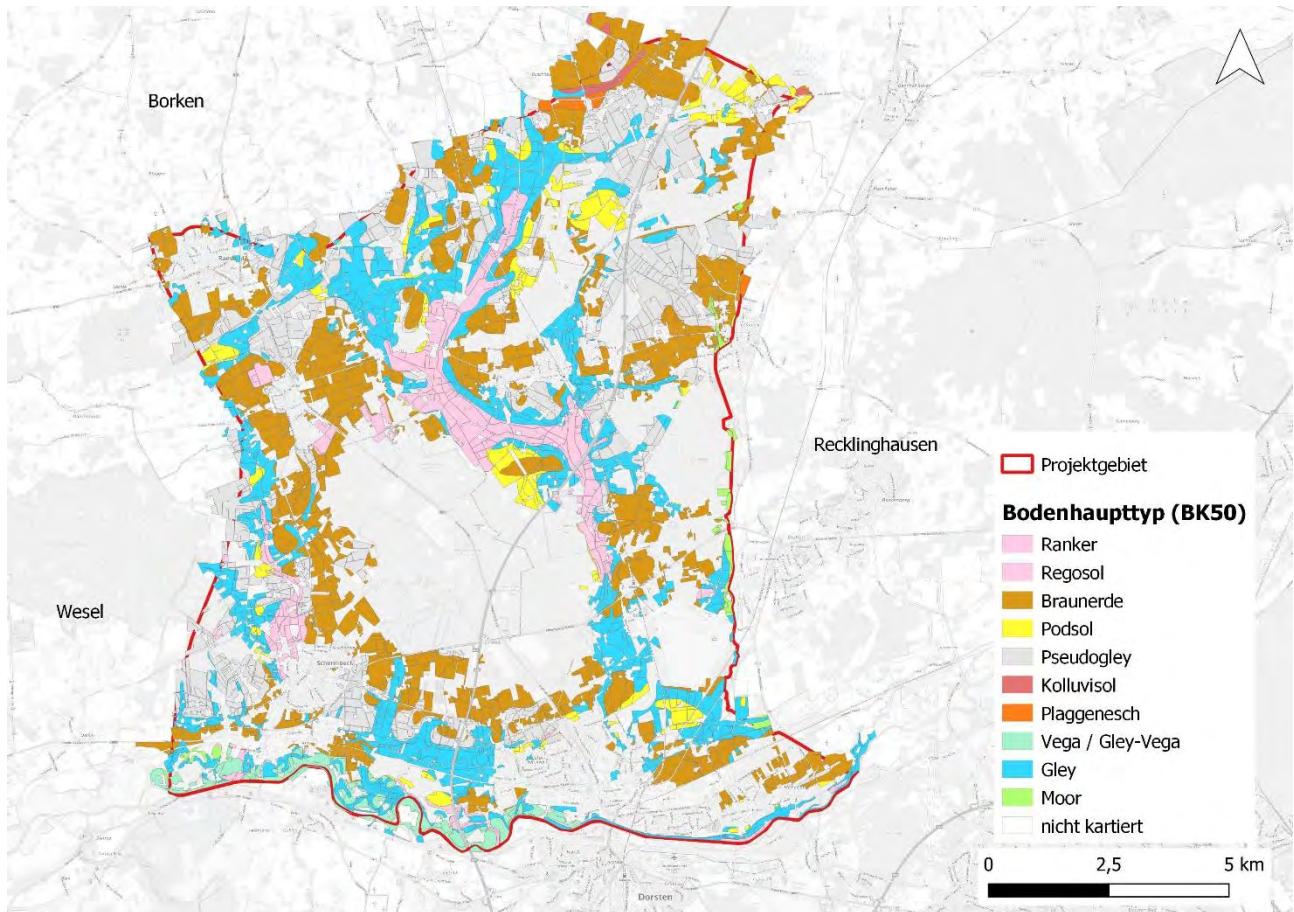
Winterraps verliert an Attraktivität im Vergleich zu den anderen Kulturen und wird nur noch auf 2,75 ha (5 ha in 2021) angebaut (vgl. Abbildung 3).

Gerade die Landwirte/innen im Projektgebiet versuchen über die **Strategie der Diversifizierung** ihre Betriebe nachhaltig und langfristig zu sichern. Sie versuchen damit eine höhere Wertschöpfung zu erzielen und ihr unternehmerisches Risiko auf mehrere Standbeine zu verteilen. Dies ist in der heutigen Zeit sehr wichtig, um die Auswirkungen volatiler Märkte abzupuffern und Anpassungen an die Klimafolgen rechtzeitig zu integrieren.

## 2.8 Bodenart, -eigenschaften und -bearbeitung

In diesem Kapitel werden zunächst die Bodentypen und Bodenarten im Projektgebiet vorgestellt, die in dieser Region zur Ernährungssicherung beitragen. Ein guter Boden ist **Produktionsgrundlage** für die Landwirtschaft und darüber **hinaus existenzielle Basis für die Erzeugung hochwertiger und gesunder Nahrungsmittel**. Im Hinblick auf die Bewässerung von landwirtschaftlichen Kulturen werden der Wasser- und Lufthaushalt, der Humusgehalt und die nutzbare Feldkapazität (nFK), ein Maß für das Wasserspeichervermögen des Bodens, genauer beleuchtet. Auch Bodenart hat neben den zuvor genannten Eigenschaften einen direkten Einfluss auf die Wassereigenschaften des Bodens. Im Anschluss folgt dann die Auswertung der Betriebe, die im Projektgebiet beregenen.

Vorherrschende Bodentypen sind Braunerden, Gleye und Podsole, die durch verschiedene Bodenarten geprägt werden. Die **Bodenart** beschreibt die Zusammensetzung des Bodens bezüglich der Korngrößenzusammensetzung – Sand, Schluff und Ton – der mineralischen Bodensubstanz (BOKU 2021). In der nachfolgenden Karte 4 sind die Bodenhaupttypen (BK 50) dargestellt.

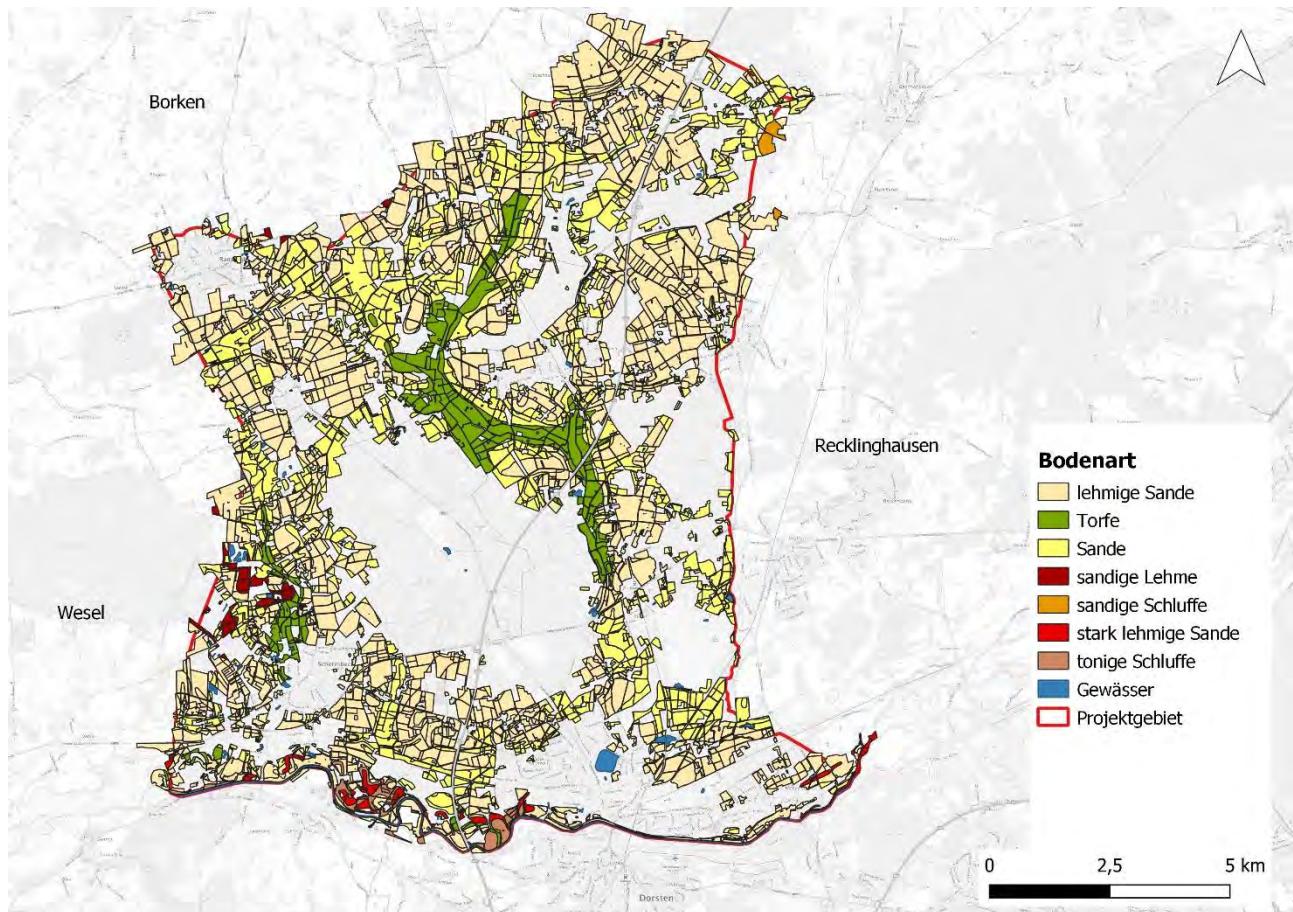


**Karte 4:** Bodenhaupttyp (BK50) im Projektgebiet innerhalb des Feldblockkatasters (Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)

Je nach Zustand und Eigenschaften der einzelnen Bodentypen sind die Speichereigenschaften sehr unterschiedlich. Boden ist ein Gemenge aus sehr unterschiedlichen Bestandteilen: mineralische und organische Bestandteile (Humus), Wasser, Luft und Bodenlebewesen. Für die Pflanzen ist das Bodenwasser je nach Bodenart und -zusammensetzung unterschiedlich verfügbar. Pflanzen und Boden können deshalb nur gemeinsam betrachtet werden (LWK NDS 2018).

Je nach Zusammensetzung des Bodens unterscheidet sich deren Fähigkeit Wasser zu speichern. Ein vorwiegend sandiger Boden (S) speichert weniger Wasser als Böden mit hohen Schluff- (U), Ton- (T) oder Lehmannteilen (L; Gemisch aus allen drei Hauptgruppen – Sand, Schluff und Ton in unterschiedlichen Anteilen). Je weniger Wasser ein Boden speichert, desto kürzer ist der Zeitraum, in dem er Pflanzen in Trockenphasen ausreichend mit Wasser versorgen kann (LWK NDS 2018; SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 2018).

Nach der Auswertung der Erhebungsbögen ist die Hauptbodenart mit 124 Nennungen der Sand, 22 Betriebe gaben Mischformen von Sand/Lehm an und nur 7 Betriebe wirtschaften auf lehmigen Böden. In der nachfolgenden Karte 5 werden die Bodenarten des Projektgebietes dargestellt. Die Bodenart ist von zentraler Bedeutung und hat weitreichende Auswirkungen auf zahlreiche Bodeneigenschaften. Dazu zählen die Durchwurzelbarkeit, die Porengrößenverteilung, die Speicherfähigkeit für Wasser, Luft und Nährstoffe sowie die Bodenbearbeitbarkeit und –befahrbarkeit.



**Karte 5:** Bodenart (GEOLOGISCHER DIENST NRW, eigene Darstellung)

Sandböden sind leichte Böden. Sie sind gut befahrbar und leicht zu bearbeiten (weniger Zugkraft als bei schweren Böden erforderlich). Sie haben eine grobkörnige Struktur und große, überwiegend luftgefüllte Poren. Daher ist die Wasserhaltefähigkeit gering, die Durchlässigkeit sowie die Luftführung gut und die Böden erwärmen sich im Frühjahr schnell (siehe Tabelle 2). Diese Kombination der Eigenschaften ist für viele Landwirte ein Grund Gemüse oder Sonderkulturen anzubauen. Nachteilig ist, dass die Böden meist nährstoffarm sind und eine vergleichsweise geringe Ertragskraft aufweisen, weil bereits nach kurzer Trockenphase Wassermangel auftreten kann. Mit der Durchführung der Bewässerung kann dieser Nachteil jedoch ausgeglichen und auch auf Sandböden der Ertrag gesichert bzw. gesteigert werden.

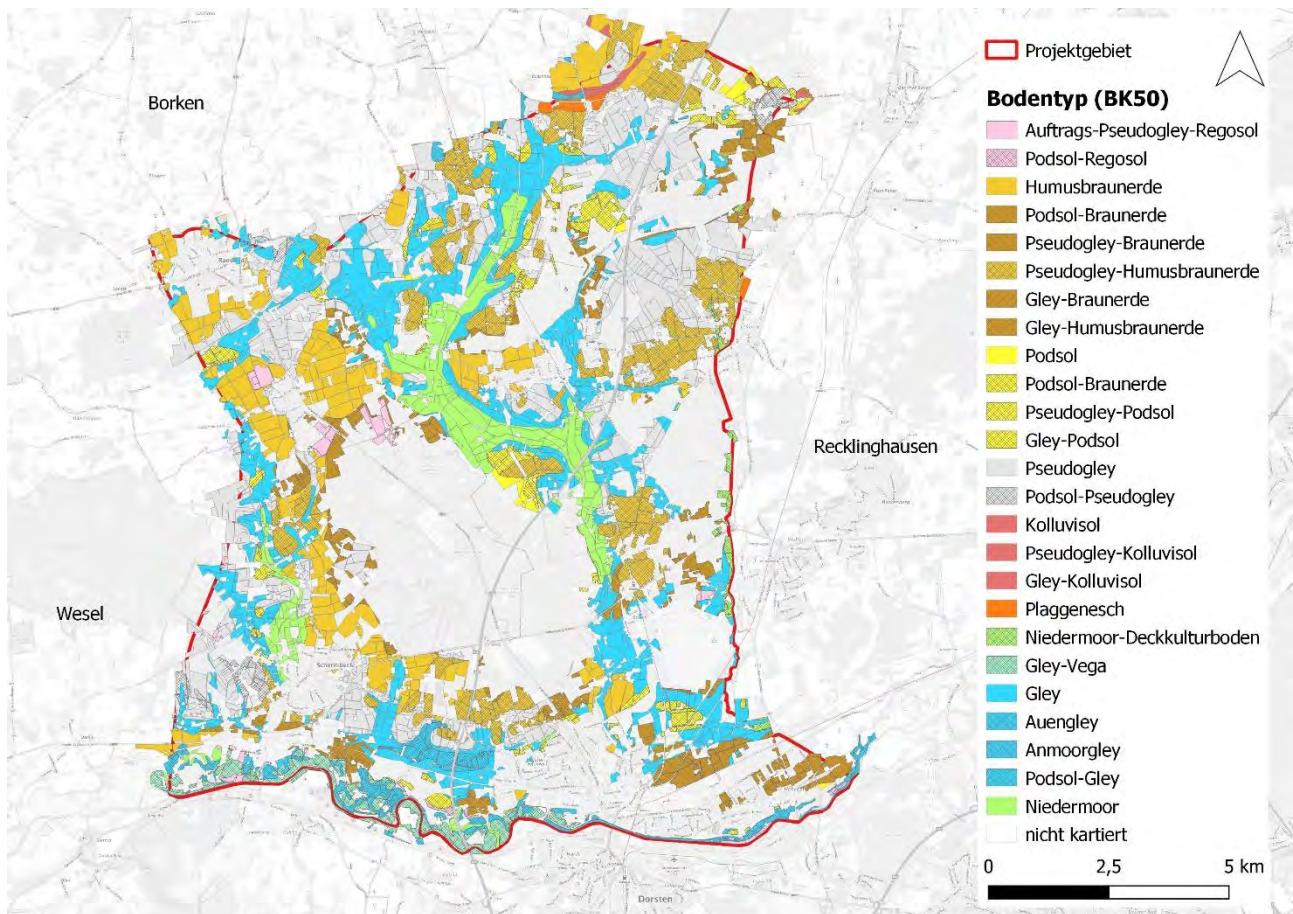
**Tabelle 2:** Eigenschaften der Bodenarten (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 2018).

Eigenschaft/Bodenart	Eigenschaften der Bodenarten				Legende zur Tabelle	
	Sand	Schluff	Ton	Lehm	Signatur	Bedeutung
Bearbeitung	++	±	--	+	++	sehr gut (sehr hoch)
Nährstoffspeicherung	--	-	++	+	+	gut (hoch)
Nährstoffnachlieferung	-	+	+	++	±	befriedigend (mittel)
Schadstoffakkumulation	-	+	++	++	-	schlecht (wenig)
Wasserkapazität	--	+	++	++	--	sehr schlecht (sehr wenig)
Wassernachlieferung	-	++	-	+		
mechanische Filterung	+	++	-	+		
physiko-chemische Filterung	--	-	++	+		
Dränung	++	--	-	±		
Erodierbarkeit	±	+	--	-		
Struktur des Bodens	-	+	-	++		

## Bodentyp

Als Bodentyp werden in der Bodenkunde unterschiedliche Erscheinungsformen von Böden bezeichnet, die übereinstimmende Merkmale in Form von Bodenhorizonten hervorgebracht haben und somit einen ähnlichen Entwicklungsstand aufweisen. Wenn man Böden aufgräbt, sind hinsichtlich Substrat und/oder Färbung differenzierte „Schichten“ zu erkennen, die als Bodenhorizonte bezeichnet werden. Anhand der Bodenhorizontabfolge werden Böden in der Bodenklassifikation (weltweit nach verschiedenen Systemen) eingeteilt.

In der Karte 6 werden die Bodentypen des Projektgebietes dargestellt.



**Karte 6:** Bodentypen (BK50) im Projektgebiet innerhalb des Feldblockkatasters (Landwirtschaftskammer NRW 2021, eigene Darstellung)

## Wasserhaushalt

Die **Wasserhaltefähigkeit** eines Bodens steht in direkter Beziehung zur Porengrößenverteilung und damit zur Bodenart. Das Wasser wird in den Poren des Bodens transportiert und gebunden, das Maß hierfür ist die Wasserspannung, der sog. pF-Wert (gemessen in cm Wassersäule). Neben der Bodenart bzw. Körnung und dem Humusgehalt wird die Wasserhaltefähigkeit auch durch das Bodengefüge beeinflusst. Die verschiedenen Porengrößen lassen sich der Größe nach gruppieren; ihre besonderen Eigenschaften der Porengrößen bezüglich des Wasser- und Lufthaushaltes sind in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3:** Definition der Kennwerte zum Wasser- und Lufthaushalt (GEOLOGISCHER DIENST NRW 2021)

Definition der Kennwerte zum Wasser- und Lufthaushalt				
<b>Saugspannung in hPa</b>	< 63	63 bis < 300	300 bis < 15 000	≥ 15 000
<b>pF-Wert</b>	< 1,8	1,8 bis < 2,5	2,5 bis < 4,2	≥ 4,2
<b>Porenäquivalent in <math>\mu\text{m}</math></b>	> 50	50 bis > 10	10 bis > 0,2	≤ 0,2
<b>Porenbezeichnung</b>	weite Grobporen	enge Grobporen	Mittelporen	Feinporen
<b>Bodenwasser</b>	schnell bewegliches Sickerwasser	langsam bewegliches pflanzenverfügbares Haftwasser		nicht pflanzenverfügbares Haftwasser
<b>trockene Böden</b>				
<b>nasste Böden</b>	Luftkapazität	nutzbare Feldkapazität	Feldkapazität	Totwasser
<b>Kennwerte</b>				Gesamt-Porenvolumen

**trockene, grundwasserfreie Böden mit den Grundwasserstufen 4 bis 6**

**und nicht oder wenig staunässebeeinflusste Böden mit den Staunässestufen 0 bis 3**

- die engen Grobporen sind im zeitlichen Mittel häufiger entleert
- die ungesättigte Wasserleitfähigkeit der Böden ist geringer
- die engen Grobporen werden daher zur Luftkapazität gerechnet

**nasste, grundwasserbeeinflusste Böden mit den Grundwasserstufen 1A bis 3**

**und staunässebeeinflusste Böden mit den Staunässestufen 4 bis 5**

- die enge Grobporen sind im zeitlichen Mittel häufiger wassergefüllt
- die ungesättigte Wasserleitfähigkeit der Böden ist höher
- die engen Grobporen werden daher zur Feldkapazität und nutzbaren Feldkapazität gerechnet

**Die Bezugstiefe der Berechnung**

- ist üblicherweise die effektive Durchwurzelungstiefe, die die Tiefe des effektiven Wurzelraums angibt; sie ist nicht identisch mit der Mächtigkeit der durchwurzelbaren Schicht und nicht identisch mit der physiologischen oder im Gelände erfassbaren Durchwurzelung
- kann auf Anfrage verändert werden
- wird im Kennwerte „Tiefe“ widergespiegelt.

Mit abnehmendem Porendurchmesser wird das Wasser fester in diesen Poren gebunden. Je kleiner der Porendurchmesser ist, umso höher ist die Saugspannung (in cm Wassersäule „WS“), mit der das Wasser entsprechend den Bedingungen in einer feinen Kapillare festgehalten wird. Sinkt der Wassergehalt, muss die Pflanze mehr Kraft (Wurzelaugspannung) aufbringen, um dem Boden Wasser zu entziehen (BOKU 2021).

**Humus** hat viele positive Eigenschaften, die sich auf die Bodenqualität auswirken, darunter auch auf den Bodenwasserhaushalt. Humus ist die abgestorbene organische Substanz im Boden, die vorwiegend aus zersetzen oder sich in Zersetzung befindenden Pflanzenresten besteht. Diese organische Substanz dient den Mikroorganismen im Boden als Nahrung (Bodenlebewesen).

Darüber hinaus wird Humus an Tonteilchen gebunden (Ton-Humus-Komplex), was sich positiv auf das Bodengefüge auswirkt. In der Folge sind gut mit Humus versorgte Böden weniger anfällig für Erosion durch Wind und Wasser. Die dunkle Färbung der Böden durch die Huminstoffe sorgt für eine **frühzeitige Erwärmung des Bodens** (LWK NDS 2018).

Humus besitzt eine hohe Wasserspeicherkapazität; er vermag etwa das 3- bis 5-fache seines Eigengewichtes an Wasser zu speichern. Dies ist durch seine große spezifische Oberfläche möglich.

Die organische Substanz hat durch die aggregierende Wirkung außerdem eine indirekte Wirkung auf die Porengrößenverteilung und den Wasserhaushalt. In Sandböden bestimmt deswegen der Humusgehalt maßgeblich die Feldkapazität (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 2018). Soll also vor allem im Sandboden mehr Wasser im Boden gehalten werden, so muss der Fokus auf den Humusgehalt gelegt werden.

### **Nutzbare Feldkapazität (nFK) (GEOLOGISCHER DIENST NRW)**

In einem Boden, der durch ergiebige Niederschläge wassergesättigt ist, stellt sich nach etwa drei niederschlagsfreien Tagen ein Gleichgewicht zwischen Wasserleitung und Wasserspeicherung ein, wenn der Boden nicht durch Grundwasser oder Staunässe beeinflusst wird.

Die Poren, die nach diesen drei Tagen noch Wasser enthalten und dieses den Pflanzen zur Verfügung stellen können, bestimmen die nutzbare Feldkapazität. Messtechnisch sind das die engen Grobporen (10 bis 50 µm) und die Mittelporen (0,2 bis 10 µm), die bei Saugspannungen von pF 1,8 bis unter pF 4,2 entwässert werden.

Bei grundwasserfreien Böden und nicht staunässdominierten Standorten ist die nFK das wesentliche Maß für die Bodenwassermenge, die den Pflanzen (in Trockenphasen) zur Verfügung steht. Sie macht einen großen Teil der Bodenfruchtbarkeit aus und bestimmt neben den klimatischen Bedingungen entscheidend die Häufigkeit von Wassermangel und damit die Ertragssicherheit.

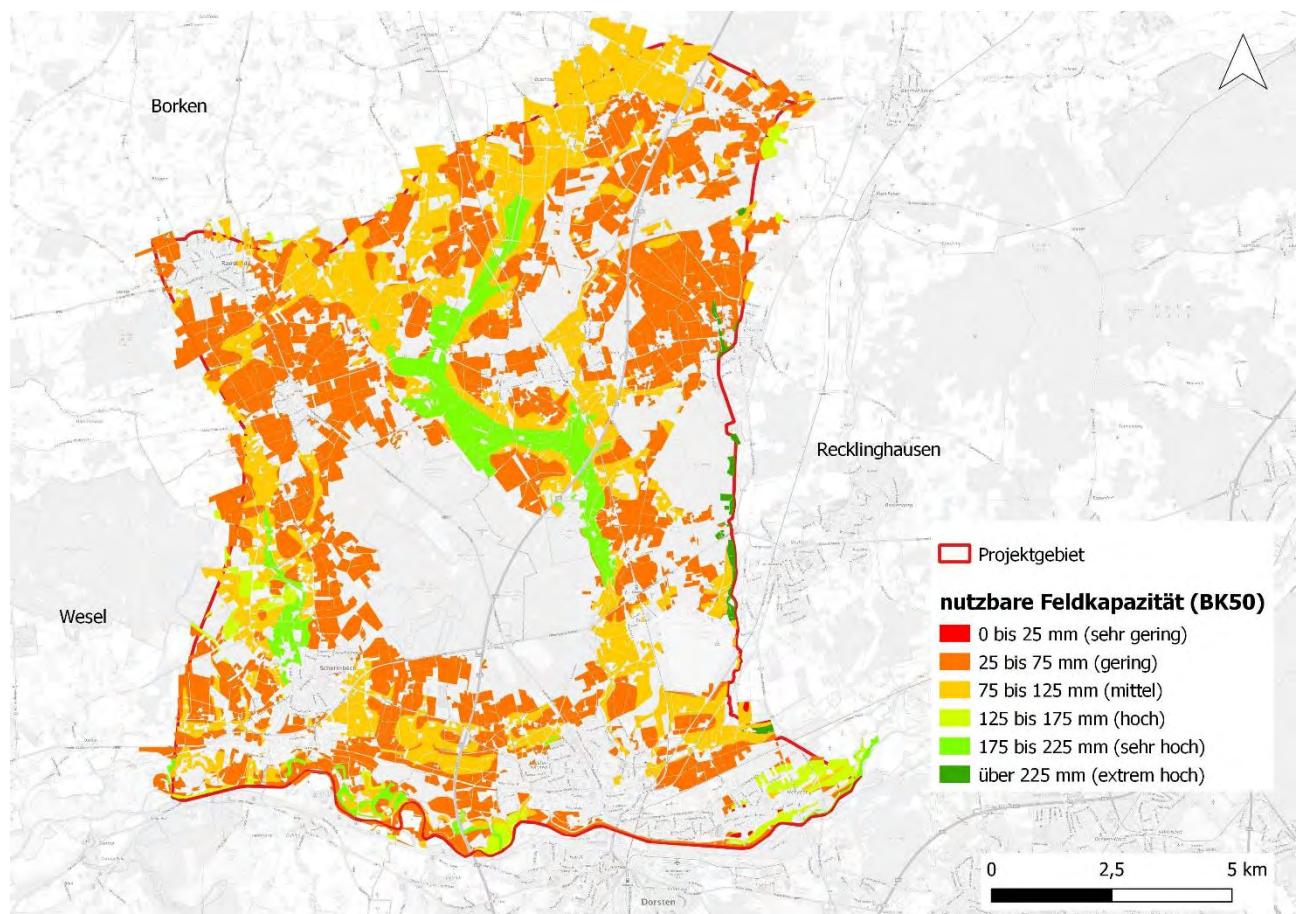
Die Berechnung der nFK greift auf die quantifizierten Angaben der Bodenartenschichtung sowie auf bodenartenspezifische Kennwerte der bodenkundlichen Kartieranleitung zurück. Berechnet wird die nFK je Bodenartenschicht aus dem Anteil der Bodenarten bei mittlerer Lagerungsdichte, korrigiert

durch volumenprozentuale Abschläge für den Grobbodenanteil bzw. durch Zuschläge für die Humusgehalte. Die Summe der nFK aller Bodenartenschichten über die Bezugstiefe der Berechnung ergibt die nFK des Bodenkörpers.

In der Berechnung nicht fassbar sind Faktoren wie die Gefügeentwicklung, biogene Grobporen wie Wurm- und Wurzelgänge, Feinschichtungen, Bänderungen oder Linsenbildungen oder die Auswirkungen von Vererdung, Sackung und Benetzungshemmung in entwässerten Torfen.

Die Bezugstiefe der Berechnung ist üblicherweise die effektive Durchwurzelungstiefe (GEOLOGISCHER DIENST NRW 2021).

Neben den unten aufgeführten Teilaspekten ist das **Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung** (klimatische Wasserbilanz) für die Wasserversorgung der Pflanzen von erheblicher Bedeutung. Diese Größen fließen in die Auswertung zur nFK nicht mit ein.



**Karte 7:** Nutzbare Feldkapazität (BK50) im Projektgebiet innerhalb des Feldblockkatasters

## Berechnung der nutzbaren Feldkapazität (MARX 2021)

Die Feldkapazität (FK) beschreibt den Wasseranteil, den der Boden gegen die Schwerkraft halten kann (oder das Wasser, welches nach drei Tagen noch nicht versickert ist). Werte über 100 Prozent sind möglich, denn auch bei einer vollen Feldkapazität ist der Boden nicht vollständig mit Wasser gesättigt, da in den Grob- und Makroporen noch Luft enthalten ist. Bei Niederschlag kann der Boden daher mit einem höheren Wassergehalt versehen sein als über die Feldkapazität bestimmt ist. Der Welkepunkt (WP) beschreibt den Punkt, ab dem so wenig Wasser im Porenvolumen ist, dass Pflanzen es nicht mehr aufnehmen können.

Die nutzbare Feldkapazität (nFK) beschreibt den Wassergehalt des Bodens zwischen dem Welkepunkt und der Feldkapazität in Prozent. Da der Boden mehr Wasser aufnehmen kann als die Feldkapazität angibt, liegt der Wertebereich zwischen 0 und (je nach Bodenart) >250 Prozent.

Zur Berechnung wird der aktuelle, mit dem Modell mHM berechnete Bodenwassergehalt (BWG) benötigt:  $nFK [\%] = (BWG [mm] - WP [mm]) / (FK [mm] - WP [mm])$

Im UFZ-Dürremonitor (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung) wird die tagesaktuelle Bodenfeuchte genutzt, um die Wasserversorgung von Pflanzen mithilfe der nFK zu beschreiben. Dabei wird die Bodenschicht 0-25cm Tiefe genutzt.

Als Richtwerte zur Einordnung von Wasserstress können genutzt werden:

<50 % nFK: Landwirtschaftliche Bewässerung zur optimalen Ertragsausbeute notwendig

<30 % nFK: Pflanzenwasserstress.

Diese variieren aber u.a. in Abhängigkeit von Pflanzenart und Lagerungsdichte des Bodens.

Um den Wassergehalt des Bodens im Hinblick auf die Versorgung der Pflanzen zu charakterisieren, wird der noch verfügbare Anteil der nutzbaren Feldkapazität (% nFK) angegeben. Die Wasserversorgung ist bei vielen Pflanzen unterhalb eines Wassergehaltes von 50 % nFK erschwert und Wachstumsdepressionen sind möglich (LWK NDS 2018).

Der durchwurzelbare Raum unterhalb der Geländeoberfläche beträgt bei Sandböden (S) 60 cm. Daher ergibt sich folgende Rechnung: Effektiver Wurzelraum \* nutzbare Feldkapazität = Menge pflanzenverfügbares Wasser im durchwurzelten Bodenprofil (6 dm \* 10 mm/dm = 60 mm) (Arbeitsgruppe Boden 2005).

Bei 100 % nFK sind 60 mm Wasser pflanzenverfügbar im Boden gespeichert. Dementsprechend befinden sich bei 50 % nFK 30 mm Wasser im Boden, d.h., es stehen 30 mm Wasser zur Verfügung bevor Trockenstress einsetzt. Wenn man von 4 mm Verdunstung pro Tag ausgeht, ergibt sich folgende Rechnung: 30 mm / 4 mm = 7,5 (gerundet 8 Tage).

**Schlussfolgerung: Ein Sandboden kann für 8 Tage die Wasserversorgung der Pflanze sicherstellen, bevor Trockenstress eintritt.** Bei Sandböden mit einer nutzbaren Feldkapazität von 100 Prozent beginnt der Landwirt deshalb laut Berechnung am 7. Tag mit der Bewässerung. **Besonders in trockenen Jahren ist eine Bewässerung daher zur Ertragssicherung notwendig.**

**Kurzfristig** kann die Pflanze durch das Schließen der Spaltöffnungen (Stomata) ihren Wasserhaushalt regulieren. Dies geschieht durch einen verminderten Wassereinstrom in die Schließzellen. Wichtig ist eine ausreichende Kaliumversorgung, da der Wassereinstrom dadurch gesteuert wird.

**Langfristig** gibt es mehrere Möglichkeiten für eine Pflanze, sich an Trockenheit anzupassen. Die Pflanze kann ein tieferes und stärker verzweigtes Wurzelwerk mit vielen Feinwurzeln ausbilden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Salze und andere Ionen in die Zellen einzulagern. Dadurch wird das Wasserpotential verringert und die Pflanze kann mehr Wasser aufnehmen.

Eine weitere **Strategie**, um sich an **Standort und Klimabedingungen** anzupassen, ist die Auswahl der angebauten Pflanzenart nach ihrer Photosynthese-Leistungsfähigkeit, **sog. C3- oder C4-Pflanzen**. Diese verfügen über unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Fixierung. Der überwiegende Teil höherer Pflanzen gehört zu den C3-Pflanzen, zu denen Weizen, Roggen, Kartoffeln zählen, im Gegensatz dazu gibt es die C4-Pflanzen, zu denen vor allem Gräser und Nutzpflanzen wie Mais, Hirse, Amarant und Zuckerrohr gehören. C3-Pflanzen betreiben unter normalen Temperatur- und Lichtverhältnissen Photosynthese. Bei heißem und trockenem Wetter schließen sich ihre Spaltöffnungen, wodurch ihre Photosyntheseleistung sinkt. Bei C4-Pflanzen kann das CO<sub>2</sub> im Blatt auch bei hoher Lichteinstrahlung und hohen Temperaturen effektiv weiter angehäuft werden (geschlossene Stomata). C4-Pflanzen wachsen dadurch schneller und bauen mehr Biomasse auf, was ihren landwirtschaftlichen Nutzen gegenüber anderen Pflanzen deutlich erhöht. **Entsprechend kommen C4-Pflanzen an vorwiegend trockenen Standorten besser zurecht.** C3-Pflanzen sind dagegen in humiden Klimazonen überlegen (DEUTSCHER BUNDESTAG 2019).

## 2.9 Betriebe mit Bewässerung

Ziel der **Bewässerung** ist es, den Wasservorrat des Bodens so zu ergänzen, dass Pflanzen auch Trockenzeiten gut überstehen können. Wie hoch die **Beregnungsbedürftigkeit** der Kulturen ist, hängt dabei von den **natürlichen Gegebenheiten des jeweiligen Standorts** ab (BLE 2019).

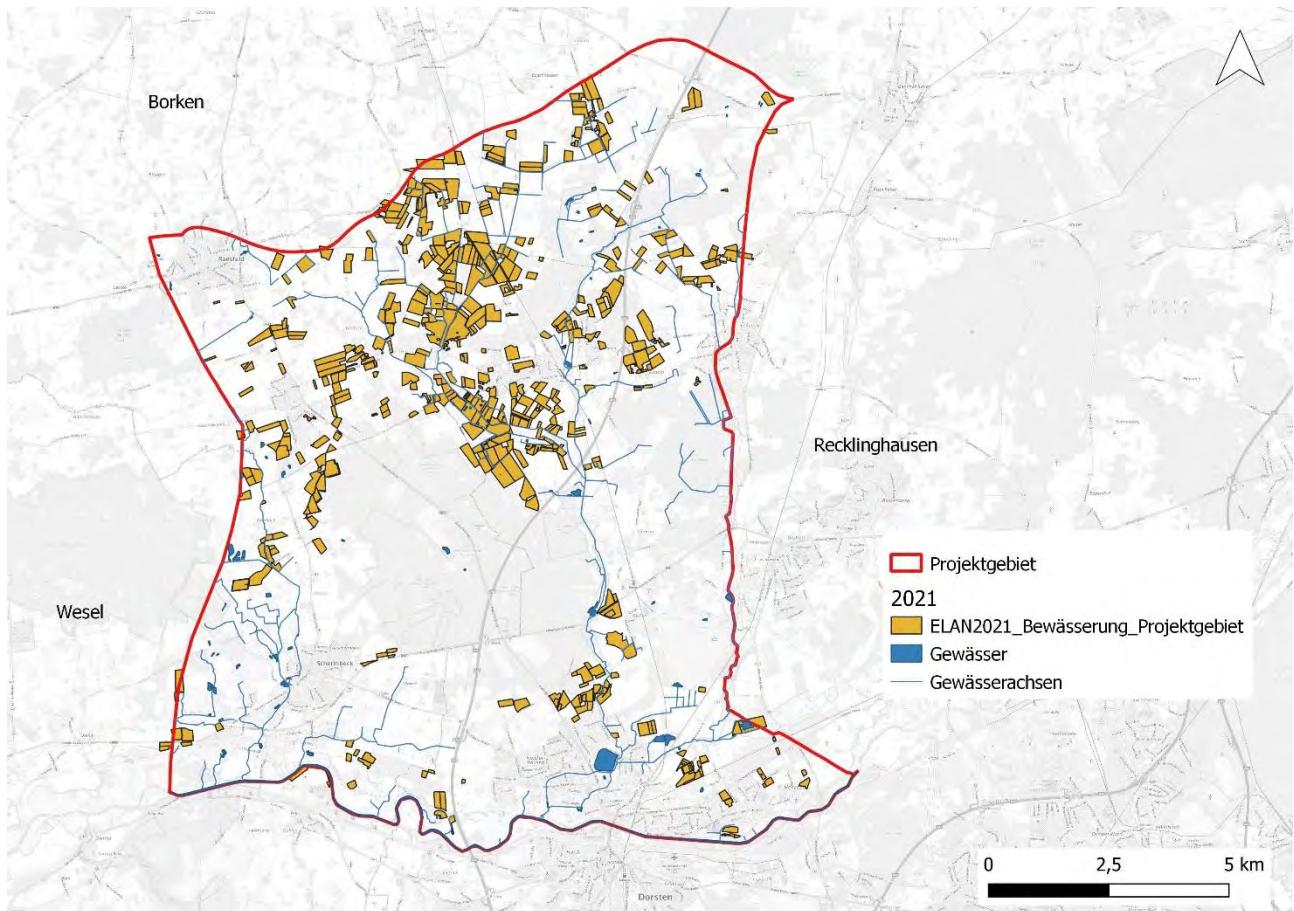
Betriebe mit Bewässerung werden in Zukunft zunehmen, da allein durch die **Klimaänderungen** (u.a. langanhaltende Trockenphasen, Erwärmung) Folgeanpassungen durch zusätzliche Wassergaben erforderlich werden, um das Defizit im Boden an pflanzenverfügbarem Wasser auszugleichen.

Von den insgesamt 165 Betrieben, die die Erhebungsbögen zurückgesendet haben, verfügen 29 Betriebe über eine Bewässerungsanlage. Insgesamt werden von diesen Landwirten etwa 1.500 ha bewirtschaftet. Von den insgesamt 1.500 ha werden etwa 890 ha (fast 60 %) berechnet (ergänzend

Karte 8). Der überwiegende Anteil, 25 Betriebe von 29 Betrieben, wirtschaftet auf sandigen Böden (S) (4 auf S, L).

**Es wird ersichtlich, dass alle Betriebe, die Gemüse und Kartoffeln anbauen, ihre Kulturen beregnen.** Dies zeigt deutlich, dass auf diesen Standorten (sandige Böden) nur mit einer Bewässerung **hohe Erträge und Qualitäten** erzielt werden können. Betriebe ohne Bewässerung verzichten aufgrund der Standortfaktoren auf den Gemüse- oder Kartoffelanbau.

Im Folgenden wird zunächst auf die Bodenbearbeitung der Bewässerungsbetriebe eingegangen. Danach wird u.a. der Zusammenhang zwischen Bodenbearbeitung und Verdunstung von Wasser über den Boden und der Pflanze (= Evapotranspiration; vgl. Abbildung 4 S. 36) und der Unterschied zwischen Beregnungsbedürftigkeit und –würdigkeit der Kulturen aufgezeigt.



**Karte 8:** Flächen, die von den Bewässerungsbetrieben im Projektgebiet innerhalb des Feldblockkatasters bewirtschaftet werden

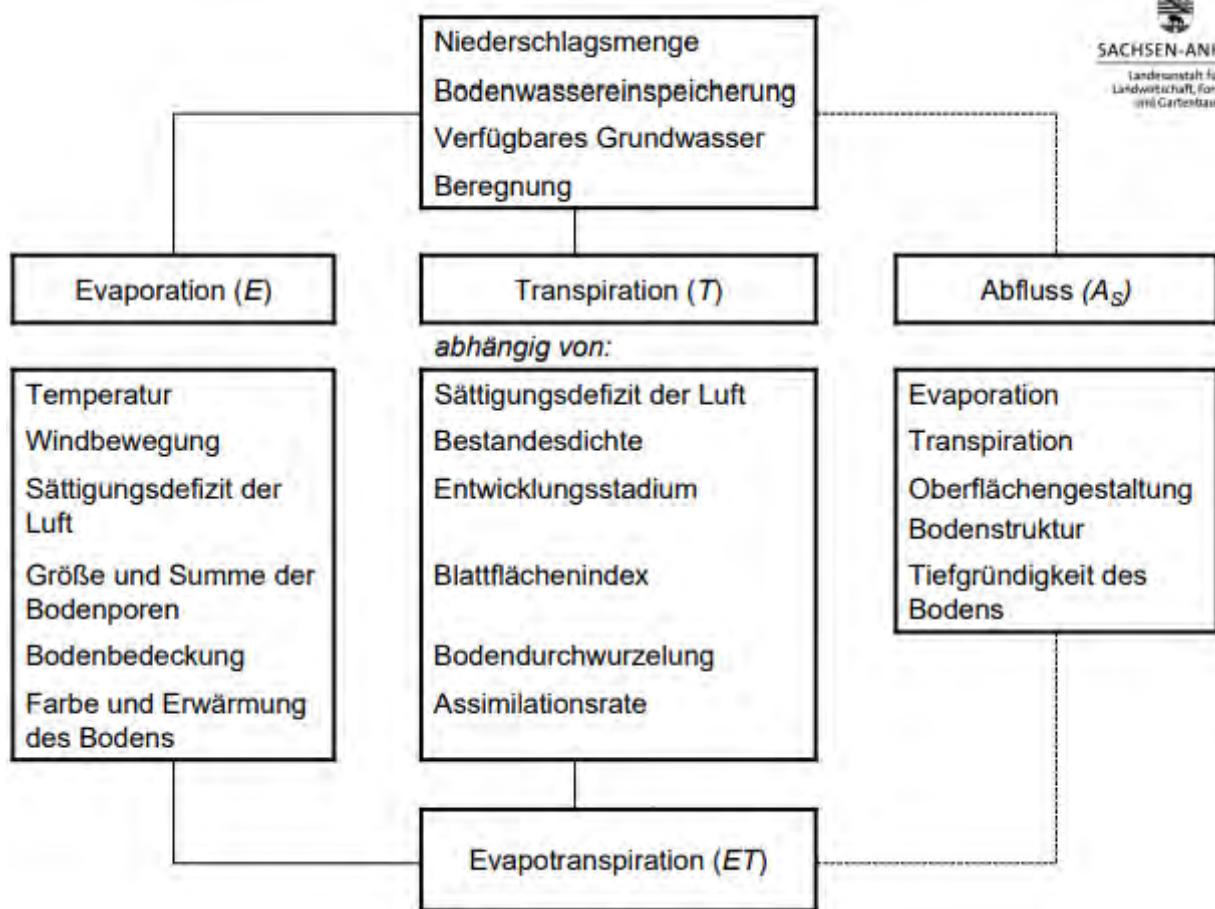
Die **Bodenbearbeitung** dieser Betriebe erfolgt in der Regel mit dem Pflug oder Grubber. Zehn der 29 Betriebe pflügen ausschließlich, bei fünf Betrieben erfolgt eine Minimalbodenbearbeitung mit dem Grubber und 13 Betriebe führen eine Kombination aus beiden Verfahren durch (ein Betrieb ohne Angabe).

Häufig wird auch die Möglichkeit gesehen, auf einen Pflugeinsatz in trockenheitsgefährdeten Gebieten zu verzichten, indem eine geringere Evaporation durch Bedeckung der Erde mit Mulchschicht/Pflanzenmaterial erfolgt, also Minimalbodenbearbeitung durchgeführt wird. Die individuelle Umsetzung der jeweiligen Bodenbearbeitung ist allerdings von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich – so ergeben sich sowohl beim Pflugeinsatz als auch bei der Minimalbodenbearbeitung Vor- und Nachteile, die keine pauschale Empfehlung diesbezüglich zulassen. Hier ist nicht die Methode an sich Garant für den Erfolg, sondern das spezifische Wissen und die Erfahrung der Betriebsleiter sind von größter Bedeutung.

Im Gemüsebau beispielsweise ist der Pflugeinsatz wichtig, da vor der Pflanzung oder Aussaat ein „reiner Tisch“ (Rückstandsproblematik) bevorzugt wird. Der Pflug wird in der Regel gezielt und nach Bedarf genutzt. Gleichzeitig ist festzustellen, dass der Grubber verstärkt Aufgaben übernimmt, die bislang traditionell dem Pflug zugeordnet waren, wie zum Beispiel Unkräuter einarbeiten (DLG 2016).

Generell könnte hier in Zukunft eine Anpassungsmöglichkeit bestehen, indem die konservierende Bodenbearbeitung auf geeigneten Flächen in der Fruchfolge umgesetzt wird. Dies setzt eine **einzelbetriebliche Beratung** im Bereich der Bodenbearbeitung voraus, um die vorhandenen Potentiale auszuschöpfen und Verbesserungen im Betrieb umzusetzen.

Für die **Ermittlung des potenziellen Beregnungsbedarfes** sind der Niederschlag, die Verdunstung durch Pflanzen über die Spaltöffnungen (Stomata) (= sog. Transpiration (T)) und Boden (sog. Evaporation (E)) erforderlich. Die Summe aus der Transpiration und Evaporation wird als Evapotranspiration (ET) bezeichnet (vgl. Abbildung 4, S. 36). Zur Ermittlung des Beregnungsbedarfes ist zudem noch die pflanzenverfügbare Wassermenge (nutzbare Feldkapazität in der durchwurzelten Bodenschicht) maßgeblich.



**Abbildung 4:** Abhängigkeiten von Evaporation und Transpiration (BISCHOFF et al. 2007)

Eine **Beregnungsbedürftigkeit** liegt vor, wenn der Wasserbedarf der Pflanzen nicht durch natürliche Regenfälle gedeckt werden kann. Sie wird durch die Niederschlagsmenge und -verteilung während der Vegetationsperiode und der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens bestimmt (LWK NDS 2018). Eine Beregnungsbedürftigkeit ist gegeben, sobald der Wassermangel zu deutlichen Qualitäts- und Ertragseinbußen führt. **Gerade bei Kulturen wie z.B. Kartoffeln und Gemüse sind ohne Bewässerung die Qualitätsansprüche nicht bzw. kaum zu erreichen.**

Die **Beregnungswürdigkeit** geht der Frage nach, ob sich die Beregnung bei bestimmten Kulturen wirtschaftlich darstellen lässt – also ob Beregnung ökonomisch sinnvoll ist. Dies wird naturgemäß stark von den jeweiligen aktuellen **Preisen für Agrarprodukte** abhängen. Für die Bestimmung der Beregnungswürdigkeit werden die Kosten der Bewässerung für unterschiedliche Bewässerungsverfahren berücksichtigt. Den Kosten werden die Erlöse durch die Bewässerung gegenübergestellt, die vor allem aus dem bewässerungsbedingten Mehrertrag resultieren. Die zusätzlich erzielbare Marktleistung wird um die höheren Kosten für Vorleistungen bereinigt (SCHIMMELPFEN-NIG et al. 2017).

Zu der Beregnungswürdigkeit von bestimmten Kulturen in Verbindung mit unterschiedlichen Klimaszenarien der Projektregion bzw. ausgewählter Betriebe wird die Universität Kassel im Rahmen einer Masterarbeit weitergehende Analysen durchführen. Insbesondere muss dabei ein Augenmerk auf die Auswahl der Klimaszenarien gelegt werden, da diese einen starken Einfluss auf die Verdunstungsrate und damit auf die Ergebnisse der Beregnungswürdigkeit haben.

Die Jahresberegnungsmenge kann im Zeitablauf in Abhängigkeit des Witterungsverlaufs sehr stark variieren (ANTER et al. 2017b).

Die nachfolgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über den **Wasserbedarf für Beregnung verschiedener Kulturen**. Jede Kultur hat unterschiedlich hohe Ansprüche an die Wasserversorgung. Neben der insgesamt benötigten Menge spielt die Entwicklungsphase der Pflanze eine wichtige Rolle, denn in bestimmten Wachstumsphasen wirkt sich Trockenheit besonders negativ auf Ertrag und Qualität aus („Bewässerungsmanagement“) (LWK NDS 2018).

**Tabelle 4:** Standardwerte zur Ermittlung des Wasserbedarfs für Berechnung zur Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis (Landwirtschaftskammer NRW, SCHÖLER 2014)

Anbauverfahren	leichte Böden (Sand bis lehm. Sand)		mittlere bis schwerere Böden (sand. Lehm bis Lehm)		mm/Satz	m³/Satz	Bemerkungen
	mm/a	m³/(ha x a)	mm/a	m³/(ha x a)			
Weide	120 - 150	1.200 - 1.500	90 - 120	900 - 1.200			
Getreide							
Wintergetreide	30	300	0	0			
Sommergetreide	30 - 60	300 - 600	0 - 30	0 - 300			
Mais	90 - 120	900 - 1.200	30 - 60	300 - 600			
Zuckerrüben	90 - 120	900 - 1.200	30 - 60	300 - 600			
Kartoffeln							
frühe	60 - 90	600 - 900	30 - 60	300 - 600			
mittelfrühe	90 - 120	900 - 1.200	60 - 90	600 - 900			
späte	120	1.200	90 - 120	900 - 1.200			
Futterpflanzen	120	1.200	90 - 120	900 - 1.200			
Zweit- u. Zwischenfrucht	90	900	60	600			
Chicoree							
(Inulin-Produktion)			60 - 90	600 - 900			
Raps	0	0	0	0			
Erbsen mit Nachbau Bohnen				1.200			
Gemüse							
Gemüse (allg.)	100	1.000	100	1.000			
Kohlkohl	120	1.200	120	1.200			
Blumenkohl					120	1.200	
Buschbohnen	80	800	80	800			
Möhren	120	1.200	120	1.200			
Einlegegurken	120	1.200	120	1.200			
Salat					50	500	
Kohlrabi					80	800	
Sellerie	120	1.200	120	1.200			
Schwarzwurzeln	120	1.200	120	1.200			
Petersilie	60	600	60	600			
Porree	120	1.200	120	1.200			
Sellerie	120	1.200	120	1.200			
Spinat	60	600	60	600			
Spargel	150	1.500	150	1.500			
Lauchzwiebeln					40	400	
Zwiebeln	60	600	60	600			
Rhabarber	120	1.200	120	1.200			
Dill	110	1.100	110	1.100			bei 2 Aussaaten
Schnittlauch	200	2.000	200	2.000			bei 2 Ernten
Obst							
allgemein	80	800	80	800			
Erdbeeren	200	2.000	200	2.000			
Erdbeeren Damm/Topf	250	2.500	250	2.500			
Himbeeren	60	600	60	600			
Frostschutz-Berechnung	200	2.000	200	2.000			Nutzungswahrscheinlichkeit beachten! z. B.: Wenn sich aus den Witterungsaufzeichnung eine Anwendungswahrscheinlichkeit für alle 10 Jahr ergibt, muß dieser Wert durch 10 dividiert werden.

Standartwerte zur Ermittlung des Wasserbedarfs für Beregnung zur Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis

- Angegeben ist der Bedarf in trockenen Jahren -

Im Einzelfall sind begründbare Abweichnungen zu diesen Standartwerten sinnvoll

		bodenunabhängige Systeme mm/a	m <sup>3</sup> /(ha x a)	Bemerkungen
Gewächshaus, nach Bewässerungstyp	Rohr-/Düsenbewässerung	1.500	15.000	
	Geschlossene Systeme	700	7.000	
	aride Bodenkultur	1.000	10.000	
	Gießwagen	400 - 600	4.000 - 6.000	
Freiland	Freilandgießwagen Tölle	500 - 700	5.000 - 7.000	
	Freilandgießwagen Brause	600 - 1.000	6.000 - 10.000	
	Stellflächen Microspreinkler	800 - 1.200	8.000 - 12.000	
	Rohr- und Beregnungsmaschine	300	3.000	
	Schnittrosen (Freiland)	300	3.000	
	Zierpflanzen (Freiland)	300	3.000	
	Tulpen	60	600	
Baumschulen	Containerflächen	250 - 400	2.500 - 4.000	Tropfsysteme
	Container/Ballen ohne Regeneinfluss	800	8.000	10mm/d*80d
	Freiland im Pflanzjahr	200	2.000	500 - 2.500 m <sup>3</sup> je nach Boden
	Freiland ab 2. Pflanzjahr	100	1.000	500 - 1.500 m <sup>3</sup> je nach Boden

## 2.9.1 Bewässerungseinsatz (derzeit und zukünftig)

Ob an einem Standort eine Bewässerung notwendig ist, hängt von drei Faktoren ab: Klima, Boden und Anspruch der Kultur.

Von den 29 Bewässerungsbetrieben beziehen alle ihr Wasser aus Bohrbrunnen. Drei Betriebe entnehmen Wasser zusätzlich aus Oberflächengewässern.

Für die Entnahme von Grundwasser und Wasser aus Oberflächengewässern ist grundsätzlich eine wasserrechtliche Erlaubnis gem. §§ 8, 9 und 10 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bei der Unterer Wasserbehörde zu beantragen. Gemäß § 46 WHG sind erlaubnisfreie Entnahmen von Grundwasser für den landwirtschaftlichen Hofbetrieb für das Tränken von Vieh außerhalb des Hofbetriebs zulässig (Landwirtschaftskammer NRW, GROSSEWINKGELMANN 2019).

Derzeitige Wasserrechte für Bewässerung liegen laut der LIPPE WASSERTECHNIK 2019 bei 1.250.000 m<sup>3</sup>/a. Hinzu kommen die Wasserrechte für die Viehhaltung in Höhe von 170.000 m<sup>3</sup>/a (ohne Berücksichtigung der erlaubnisfreien Entnahmen gemäß § 46 WHG), sodass insgesamt 1.420.000 m<sup>3</sup>/a an Wasserrechten bestehen.

In der Erhebung haben weitere 20 Betriebe (zusätzlich zu den 29 Bewässerungsbetrieben) angegeben, zukünftig in die Bewässerung einsteigen zu wollen. Die Flächen dieser 20 Betriebe belaufen sich auf etwa 1.000 ha. Das ergibt einen Bedarf von: 1.000 ha x 100 mm (1000 m<sup>3</sup>) = 1.000.000 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr in Normaljahren. Während extremer Trockenjahre kann der Bewässerungsbedarf allerdings deutlich auf bis zu 200 mm steigen, was wiederum zu einem steigenden Bewässerungsbedarf in Höhe von 2.000.000 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr führen würde.

Die hohe Nachfrage nach Bewässerung macht deutlich, wie wichtig es den Landwirten ist, auch in Zukunft existenzfähig zu sein. Hier sehen Landwirte den zukünftigen Handlungsbedarf für ihre Betriebe, denn Bewässerung sichert Erträge und Qualitäten und führt zu einer Risikominimierung eines Ernteausfalls. Gleichzeitig fördert eine Bewässerung die optimale Nährstoffaufnahme und effiziente Düngerausnutzung durch die Pflanze, so dass Auswaschungsrisiken deutlich vermindert sind. Denn in Dürreperioden verbleibt der nicht genutzte Nährstoff ungeschützt im Boden und unterliegt der Verlagerung durch nachfolgende Niederschläge, weil die Wurzelmasse in der Regel abgestorben ist und damit keine oder deutlich minimierte Ernteentzüge stattfinden können. Für die Trinkwassergewinnung aus tieferen Grundwasserschichten stellt damit die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen aufgrund gesicherter Nährstoffentzüge aus dem Boden (Ernteerträge) einen praktizierten Gewässerschutz dar.

In zahlreichen Telefonaten berichteten verschiedene Landwirte, dass die Trockenheit in den letzten 5 bis 10 Jahren in der Projektregion deutlich zugenommen hat. Viele Landwirte berichten von sich

drastisch verschärfenden Auswirkungen auf die Vegetation und schließlich von Mindererträgen bis hin zu Abstockungen ihres Tierbestandes, weil das eigene Wirtschaftsfutter nicht mehr in ausreichender Menge produziert werden konnte. Die Situation hatte sich nochmals in den Trockenjahren 2018 bis 2020 zugespitzt.

## 2.9.2 Verwendete Bewässerungstechnik

In diesem Kapitel wird die verwendete Bewässerungstechnik im Projektgebiet näher betrachtet. Von den insgesamt 29 Bewässerungsbetrieben haben fünf Betriebe eine Tropfbewässerung, ein Betrieb hat eine Kreisberegnung und 27 Betriebe eine Trommelberegnung (Mehrfachnennungen möglich). Mehrere Betriebe verfügen parallel über verschiedene Bewässerungstechniken, die gleichzeitig auf dem Hof im Einsatz sind. So kombinieren drei Betriebe z.B. Trommelberegnung und Tropfbewässerung. Zwei weitere Betriebe hatten schon in anderen Projekten vergleichende Erfahrung mit Trommelberegnung und Tropfbewässerung gesammelt, wobei diese aufgrund der zurzeit noch zu hohen Kapitalkosten nicht im Betrieb etabliert wurden. Die Wirtschaftlichkeit dieser Technik war für diese beiden Betriebe in Bezug zu den angebauten Kulturen nicht darstellbar (vgl. Abbildung 5). Da die Wissenschaft und Forschung mit Hochdruck an Alternativen und verbesserten/wirtschaftlicheren Bewässerungsinnovationen arbeitet, kann sich in Zukunft ein anderes Bild abzeichnen. Die aktuellen und künftigen Möglichkeiten hinsichtlich Bewässerungstechnik werden von der Universität Kassel in diesem Projekt noch detaillierter betrachtet.

Die Tropfbewässerung weist im Vergleich zu den herkömmlichen Techniken wie z.B. der Trommelberegnung die höchste Wassereffizienz auf. Ein Lösungsansatz könnte nach DE WITTE (2017) darin bestehen, zukünftig mobile Tropfbewässerungsanlagen zu installieren.

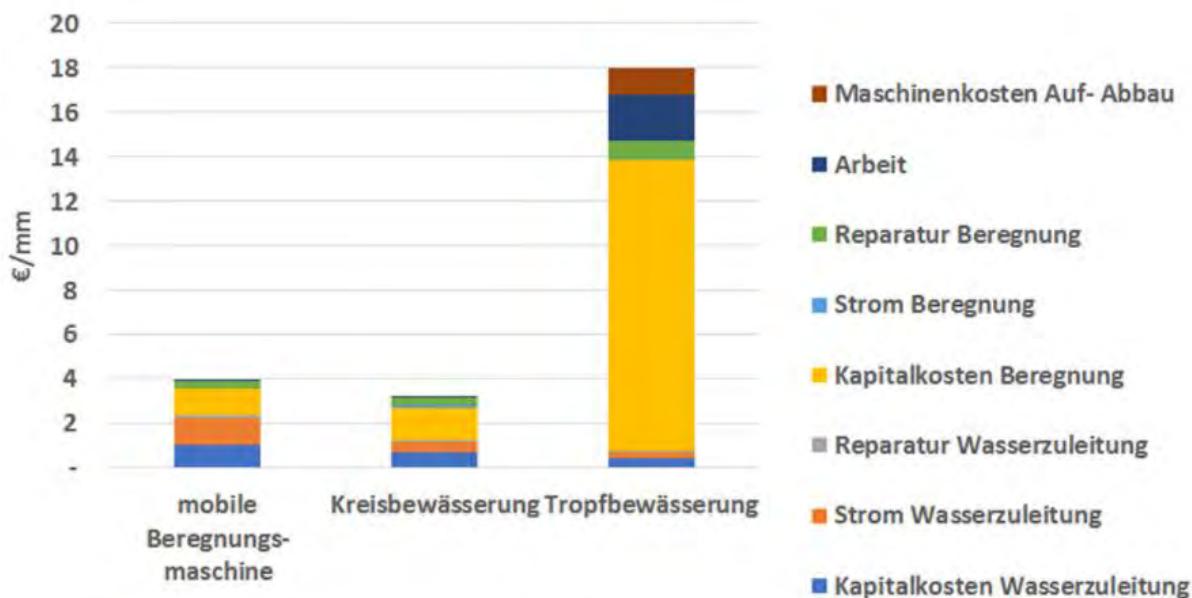
### Überblick Bewässerungstechniken – Bewässerungsverfahren:

#### a) Mikrobewässerung

- Oberirdisch → Tropfbewässerung und Sprühbewässerung
- Unterirdisch → flach (1-jährige Kulturen) und tief (Dauerkulturen)

#### b) Beregnung

- Reihenregner → Rohr-Rohr und Rohr-Schlauch
- Teilmobil → Kreisberegnung und Linearberegnung
- Mobil → mit Großflächenregner und mit Düsenwagen



**Abbildung 5:** Übersicht der Kosten bei verschiedenen Bewässerungsverfahren (DE WITTE 2017)

### 2.9.3 Ermittelte Wassermengen und kalkulierter Bewässerungsbedarf

Ab welchem **Zeitpunkt** die Landwirte eine Bewässerung einleiten, bzw. bei welchen Umweltbedingungen (Niederschläge, Temperatur) sie die Bewässerung starten, fußt zurzeit fast **ausschließlich auf die Erfahrung der Betriebsleiter**, so kreuzten alle Landwirte im Erhebungsbogen das Kriterium „Erfahrung“ an. Lediglich zwei Betriebe stützten ihre Entscheidungsfindung zusätzlich auf eine Sensormessung. Gründe, warum sie die Sensormessung auf ihrem Betrieb etabliert haben, werden aus der Erhebung nicht ersichtlich. Darüber hinaus werden in die Überlegungen zum Bewässerungsstart neben den Erfahrungen der Betriebsleiter die Wetterprognosen und die Konstitution der Pflanzen mit einbezogen.

Aus den Angaben der **29 Bewässerungsbetriebe** ergab sich eine **Gesamtfördermenge von etwa 665.000 m<sup>3</sup>** Wasser. Dabei wünscht gut die Hälfte der Betriebe eine Erhöhung der Gesamtfördermenge für ihren Betrieb. Insgesamt **15 Betriebe** gaben einen weiteren **Bedarf** an Wasserrechten an, der sich auf zusammen rund **222.000 m<sup>3</sup>** Wasser beläuft. Die Wasserrechte, die schon erteilt worden sind, werden in Trockenjahren i.d.R. auch vollständig ausgeschöpft.

Die abgerufenen Bewässerungsmengen der einzelnen Betriebe sind unterschiedlich hoch und liegen zwischen 300 m<sup>3</sup> Wasser im Minimum und bis zu 59.800 m<sup>3</sup> Wasser im Maximum.

Die Bewässerungsflächen der befragten Betriebe liegen innerhalb und auch außerhalb des Projektgebietes, da sich die Angaben, die im Erhebungsbogen gemacht wurden, auf die gesamte Fläche

beziehen, die ein Betrieb bewirtschaftet. Deshalb wurden die Angaben der Betriebe, die auch außerhalb des Projektgebietes Flächen beregnen, um diesen Anteil korrigiert, sodass letztlich eine konkrete Zahl für die Wassermenge innerhalb des Projektgebietes vorliegt. Die Korrekturgröße wurde durch Rücksprache mit den Betriebsleitern ermittelt.

Zur Abschätzung des Gesamtwasserbedarfes im Projektgebiet sind neben den tatsächlich genutzten Wassermengen zusätzlich die berechneten Bewässerungsmengen der 15 Betriebe, die eine Erhöhung ihrer Bewässerungsmenge wünschen zu berücksichtigen. Des Weiteren kommen zur Abschätzung des Wasserbedarfes die Angaben der 20 Betriebe hinzu, die planen, zukünftig in die Bewässerung einzusteigen.

Im vorausgegangenen Projekt wurde ein landwirtschaftlicher Wasserbedarf in Trockenjahren von insgesamt 27 Mio. m<sup>3</sup>/a geschätzt. Die Hochrechnung beruhte auf der Worst-Case-Annahme für die gesamte landwirtschaftliche Fläche über 6 Monate zusammen 300 mm Bewässerungsmenge zu benötigen. Das waren in der Studie laut ATKIS-Daten 8.900 ha, die mit 300 mm Wasser versorgt werden sollten. Für 300 mm wurden 3000 m<sup>3</sup>/ha Bewässerungsmenge unterstellt. Dies ergab in Summe 26.700.000 m<sup>3</sup> Wasser bzw. rund 27 Mio. m<sup>3</sup> (LIPPE WASSERTECHNIK 2019 und Vertreter der Landwirtschaft).

Zum Zeitpunkt dieser Studie kann ein derartig hoher Bedarf aufgrund der Befragung nicht abgebildet werden, er liegt bei rund 3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser aus den Befragungsdaten ermittelte Bedarf in der Zukunft ansteigen wird. Auch ist zu erwarten, dass etliche Betriebe für einen Teil ihrer Flächen in die Bewässerung einsteigen werden, wenn Wasserrechte wieder vergeben würden. Laut Befragung sind dies sicherlich **20 Betriebe mit 1000 ha** und unterstellen 100-200 mm Bewässerungsmengen. Angenommen diese Betriebe würden ihre gesamte Fläche mit 200 mm, also 2000 m<sup>3</sup>/ha beregnen wollen, ergibt sich eine Menge von **2.000.000 m<sup>3</sup>/Jahr**.

**I)** Der in dieser Studie hochgerechnete **landwirtschaftliche Bewässerungsbedarf nach tatsächlichen Umfrageergebnissen** setzt sich somit aus Folgenden angenommenen Teilmengen zusammen:

- A) 665.000 m<sup>3</sup> (29 Betriebe, die derzeit beregnen)
- B) 222.000 m<sup>3</sup> (15 Betriebe, die eine Erhöhung benötigen)
- C) 2.000.000 m<sup>3</sup> (20 Betriebe, die zukünftig in Bewässerung einsteigen möchten).

Daraus ergibt sich ein Gesamtbedarf von **2.887.000 m<sup>3</sup>, d.h. gerundet 3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr**.

## **II) Da neben den befragten Betrieben noch weitere landwirtschaftliche Unternehmen im Projektgebiet wirtschaften, kann auch ein Gesamtszenario betrachtet werden:**

Hierfür wird die Gesamtfläche LN im Projektgebiet betrachtet und unterstellt, dass alle Flächen bewässert werden. Es ergibt sich dann eine **kalkulierte Menge von 7,5 Mio. m<sup>3</sup> Wasser**, welche für die Zukunft bei einem durchschnittlichen Jahr zu veranschlagen wäre. Unterstellt wird bei dieser Berechnung eine Gesamtfläche von **7.550 ha LF und 100 mm Bewässerung**, also 1000 m<sup>3</sup>/ha. Aufgeteilt werden die 100 mm Bewässerungsmenge in 3 bis 4 Wassergaben abhängig von der Bodenart und der angebauten Kultur. Liegt eine längere Trockenheitsphase vor, wo im Schnitt der Jahre deutlich mehr berechnet werden müsste, z.B. 200 mm, dann würde sich die Menge auf bis zu 15 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr belaufen.

Eine vertiefende Szenarienbetrachtung findet an dieser Stelle nicht statt. Die Erarbeitung der unterschiedlichen Szenarien und der damit zusammenhängenden Bewässerungsintensität wird durch die Universität Kassel in diesem Projekt weiter ausgeführt und anhand von Praxisbetrieben konkretisiert.

## **III) Losgelöst von der Betrachtung über die Betriebe oder der Gesamtfläche LN im Projektgebiet ist ein weiterer Ansatz sinnvoll, um sich einer realistischen Bewässerungsmenge zu nähern.**

In diesem Ansatz werden die Hauptanbaukulturen (vgl. Abbildung 3 auf S. 23) mit den jeweiligen Standardwerten zur Ermittlung des Wasserbedarfs für Berechnung (vgl. Tabelle 4 auf S. 38-39) multipliziert. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 5 „**Kalkulierter Bewässerungsbedarf auf Grundlage der angebauten Kulturen (2020/2021) bei aktueller Bewässerungstechnik**“ im Projektgebiet dargestellt.

**Die Bewässerungsmenge mit im Schnitt von 110 mm Bewässerungsbedarf und der angebauten Kulturen (5.595 ha) beläuft sich somit auf 5.466.000 m<sup>3</sup>/Jahr.** Wird die Fläche mit **Dauergrünland** einbezogen (1.785 ha) so kommt eine **Menge von 2.677.500 m<sup>3</sup>** hinzu, sodass **insgesamt mit 8.143.500 m<sup>3</sup> Bewässerungsbedarf zu kalkulieren ist.**

**Tabelle 5:** Kalkulierter Bewässerungsbedarf auf Grundlage der angebauten Kulturen 2020/2021

Kalkulierter Bewässerungsbedarf auf Grundlage der angebauten Kulturen (2020/2021) bei aktueller Bewässerungstechnik				
Hauptanbaukulturen	ha	mm*	m <sup>3</sup> /ha/a	m <sup>3</sup> /a
Obst	40	200	2.000	80.000
sonst. Gemüse	70	100	1.000	70.000
Zuckerrübe	70	90-120	1.200	84.000
Möhre	45	120	1.200	54.000
Spinat	70	60	600	42.000
Spargel	110	150	1.500	165.000
Zwiebel/Lauch	135	60	600	81.000
Kartoffeln	275	90-120	1.200	330.000
Sommergetreide	60	60	600	36.000
Wintergetreide	1.450	30	300	435.000
Körner-/Silomais	2.720	90-120	1.200	3.264.000
Ackergras	550	120-150	1.500	825.000
<b>Summe</b>	<b>5.595</b>			<b>5.466.000</b>
Dauergrünland	1.785	120-150	1.500	2.677.500
<b>Gesamtsumme</b>	<b>7.380</b>	<b>110</b>	<b>1.103</b>	<b>8.143.500</b>

\* Daten von LWK NRW

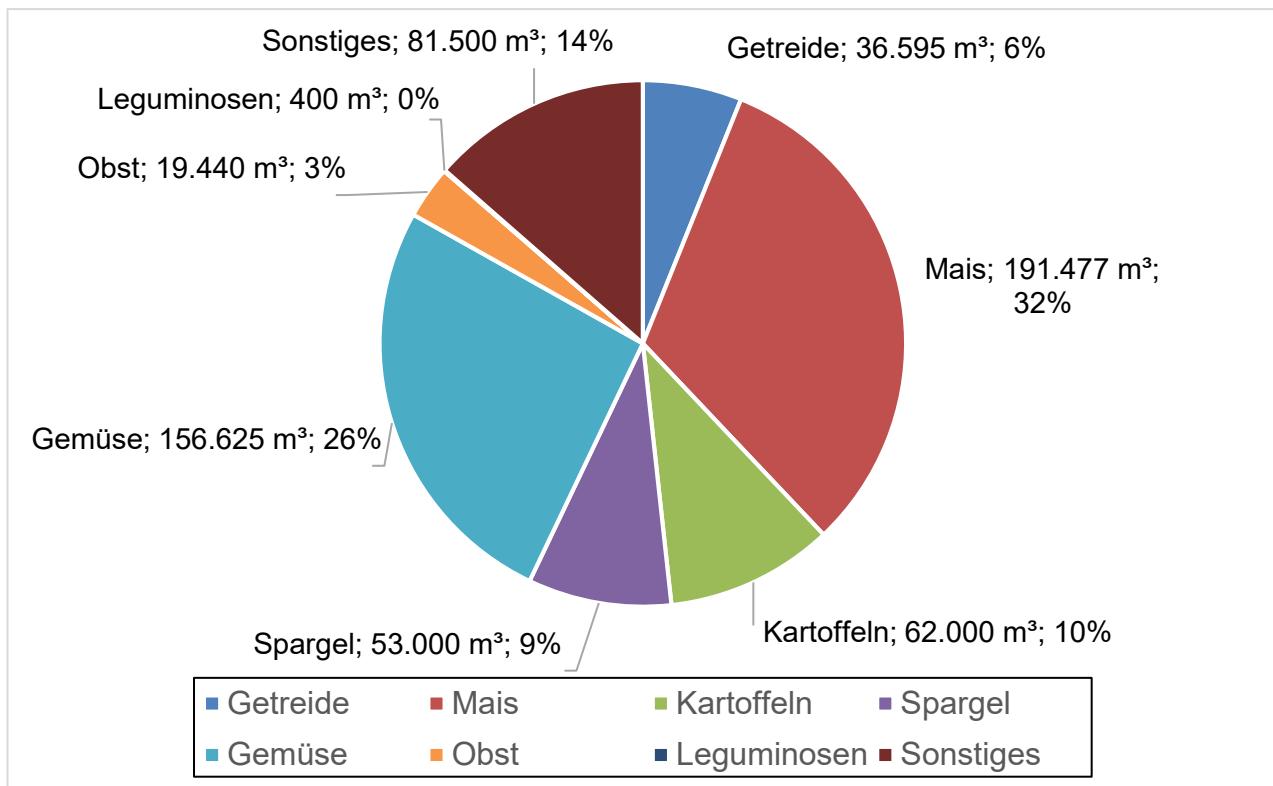
#### Erwartungshaltung und Motivation der Landwirtschaft, die sich aus dem Projekt ergeben:

- Der Bewässerungsbedarf von **5,5 bzw. 8,1 Mio. m<sup>3</sup>/a** sollte in Zukunft als Grundlage weiterer Wasserrechte dienen.
- Das Wasser, welches bisher in Oberflächengewässer geleitet und im Süden am Pumpwerk in die Lippe gepumpt wird, sollte möglichst **in Höhe von 9. Mio. m<sup>3</sup>/a dem Grundwasserleiter zugeführt werden**.
- Der **Grundwasserleiter ist der beste Wasserspeicher!** Es herrschen kaum Verdunstungsverluste, eine hohe Flexibilität aller Nutzer ist gegeben und entspricht den rechtlichen Anforderungen eines **sparsamen Wasser- und Flächenumgangs**.
- Erlaubnisse zur Grundwasser-/Oberflächenwasserentnahmen** sollten auch in Zukunft möglich sein, für...
  - A) Betriebe, die bereits berechnen und einen höheren Bedarf haben,
  - B) Betriebe, die in WSG und NSG liegen und
  - C) Betriebe, die aufgrund von Klimafolgen neu in die Bewässerung einsteigen müssen.

Darüber hinaus sollten bestehende Brunnen und Leitungen ermittelt werden, um ein **Bewässerungsnetzwerk aufzubauen in Kooperation mit der Landwirtschaft**.

**Effizienz-Potentiale** liegen bei den Betrieben in der **Bewässerungssteuerung**. Je mehr Flächen ein Betrieb mit einer Anlage berechnen muss, umso eher läuft die Bewässerung rund um die Uhr. Dies ist bei fünf Betrieben (von 29) der Fall. 15 Betriebe machten hinsichtlich der Bewässerungszeitpunkte (Uhrzeit) keine Angaben. bzw. Angaben, die keine genauere Einschätzung zulassen. Konkrete Aussagen hinsichtlich der Uhrzeit liegen bei 16 Betrieben vor. Zusammengefasst versuchen die meisten Betriebe die Bewässerung nachts, in den frühen Morgenstunden oder in den Abendstunden laufen zu lassen.

Doch welche Kulturen werden im Projektgebiet bewässert und wie hoch ist bei den jeweiligen Kulturen die Beregnungsmenge? In den Abbildungen 6 und 7 werden die aufgewendeten Beregnungsmengen für die einzelnen Kulturen (in m<sup>3</sup>/Jahr) und die berechnete Fläche der angebauten Kulturen (in ha) im Projektgebiet aufgezeigt.



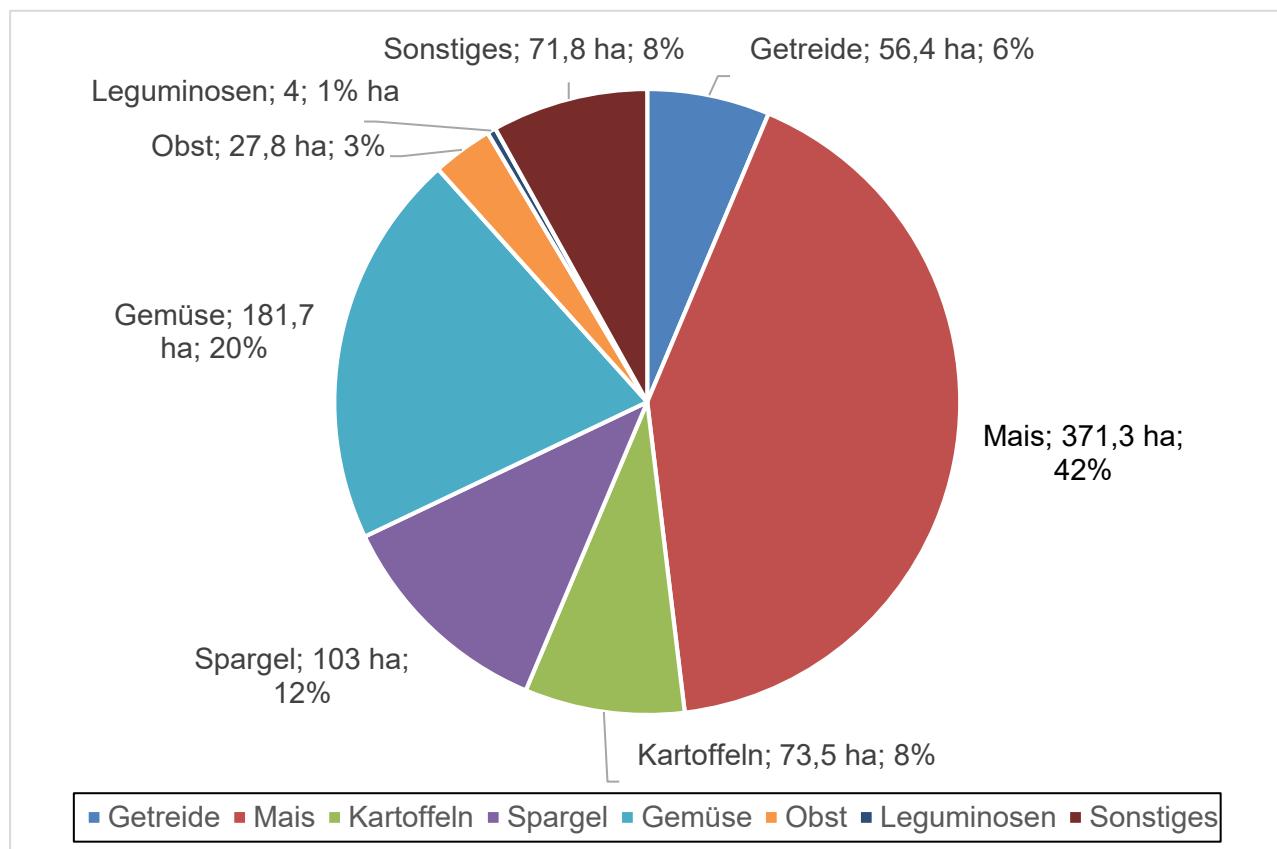
**Abbildung 6:** Beregnungsmengen der angebauten Kulturen im Projektgebiet in m<sup>3</sup> pro Jahr

Der größte Anteil der Beregnungsmenge von 191.477 m<sup>3</sup> pro Jahr (32 %) wurde zu Mais gegeben. Auf den klassischen Gemüseanbau entfielen 156.625 m<sup>3</sup> pro Jahr (26 %), auf Spargel 53.000 m<sup>3</sup> pro Jahr (9 %) und auf Kartoffeln 62.000 m<sup>3</sup> pro Jahr (10 %). Auf die Beregnung von Spargel, Kartoffeln und Gemüse macht zusammen ein Wassermengenanteil von 45 % aus.

Wie bereits bei der Flächennutzung erläutert, nimmt der Futterbau in dieser Region einen hohen Stellenwert ein. Viele Betriebe, die über Wasserrechte und Bewässerungsanlagen verfügen, halten

Milchkühe oder Mastrinder. Diese Betriebe waren in den letzten extrem trockenen Jahren dazu gezwungen, wenigstens einen Teil ihrer Maisflächen zu beregnen, damit sie überhaupt noch Futter (Maissilage/CCM) für die Tiere ernten konnten.

Dies ist insbesondere im § 2 des Tierschutzgesetzes (TierSchG 2006) verankert: „Wer ein Tier hält, betreut oder zu betreuen hat, muss das Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen...“. Wie eingangs erwähnt, mussten viele Betriebe sich von außerhalb der Region teures Futter beschaffen oder es blieb nur der letzte Weg, die Abstockung des Tierbestandes. Dies spiegelt die Not der Tierhalter in trockenen Jahren wieder.



**Abbildung 7:** Beregnungsfläche der angebauten Kulturen im Projektgebiet in ha

Der größte beregnete Flächenanteil mit 42% bzw. 371 ha entfällt auf den Mais. Gemüse (182 ha), Spargel (103 ha) und Kartoffeln (73,5 ha) machen zusammen eine Flächengröße von 358,5 ha aus. Dies entspricht einem Flächenanteil von 40 %.

Mit Blick auf die zu den Kulturen ausgebrachten Beregnungsmengen und ihrem Flächenanteil zeigt sich, dass zwar insgesamt weniger Gemüse-/Spargel-/Kartoffelfläche (40 %) als Maisfläche (42 %) beregnet wird, jedoch der Anteil an der Gesamtberegnungsmenge bei Gemüse/Spargel/Kartoffeln (45 %) höher ist als beim Mais (32 %). Das bedeutet, dass die Beregnungsintensität für Gemüse

höher ist. Für die Absicherung der Quantität und Qualität einer Gemüseernte ist eine höhere Berechnungsmenge notwendig als für die Ertragssicherung von Mais.

Insgesamt werden in der Region etwa 2.800 ha Silomais angebaut, berechnet werden davon 371 ha, das entspricht etwa 13 %.

Die Ergebnisse der anonymisierten 29 Bewässerungsbetriebe sind im Anhang in der Tabelle A1 zu finden. In der Exceltabelle können dort zu den einzelnen Betrieben die konkreten Berechnungsmengen zu den verschiedenen Kulturen abgelesen werden. Dies kann den Projektpartnern für weitere Fragestellungen Detailinformationen liefern.

### 3 Klimawandel und Klimafolgeanpassung von ländlichen Räumen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zum Klima und Klimawandel sowie den damit verbundenen wichtigsten Auswirkungen in Bezug auf die Landwirtschaft beschrieben.

Laut des Klimaschutzplans NRW (2015) und des Klimaberichtes NRW (2021) hat die fortschreitende Erderwärmung massive Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Die Folgen des Klimawandels werden mit einem Anstieg der Temperatur in der unteren Atmosphäre / der Ozeane, schmelzende Gletscher, auftauende Permafrostböden, ein Verlust der Eisschildmassen und ein Anstieg der Meeresspiegel beschrieben. Bereits heute seien signifikante Auswirkungen dieser Klimaveränderungen in Nordrhein-Westfalen sichtbar:

- die veränderten Temperaturen bewirken eine Zunahme der Verdunstung und damit des Niederschlagspotentials (Verteilung jahreszeitlich und regional verschieden; Abnahme der Frühjahrsniederschläge, dadurch geringeres Wasserdargebot in der Vegetationsperiode; Niederschlagsverlagerung in den Herbst/Winter mit Auswirkung auf die Grundwasserneubildung),
- Zunahme von Extremwetterereignissen – Starkregen und langanhaltende Dürren,
- die Gewässertemperaturen steigen an,
- die Vegetationsperiode verlängert sich um bis zu 10 Tage (vgl. Abb. 8; sowie der vom DWD als Indikator aufgeführter Blühbeginn der Apfelblüte in NRW durch das LANUV veröffentlicht),
- die Zusammensetzung von Flora und Fauna verändert sich; klimasensible Tier- und Pflanzenarten können sich nicht schnell genug anpassen und drohen auszusterben. (KLIMASCHUTZPLAN NRW 2015)

Die Jahresmitteltemperatur hat im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2020 um 1 Grad Celsius zugenommen (KLIMABERICHT NRW 2021). Auch der vierte Bericht des Weltklimarates IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) bekräftigt dieses Erkenntnis.



**Abbildung 8:** Phänologische Uhr für NRW – innerer Ring stellt die Dauer der phänologischen Jahreszeiten in der Klimanormalperiode 1951-1980 und äußerer Ring: 1991-2020 dar (KLIMABERICHT NRW 2021)

**Für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion können sich aus dem Klimawandel sowohl vorteilhafte als auch negative Auswirkungen ergeben.**

Die **negativen Auswirkungen** der zuvor aufgezeigten Punkte sind für die Landwirtschaft existenzgefährdend. Durch die Extremwetterereignisse wird sich die Planungssicherheit der Landwirte stark verringern. Mindererträge bis hin zu Totalverlusten, Qualitätsminderung der Produkte (insb. im Obst- und Gemüsebau durch invasive Arten, Schädlinge und Pilzkrankheiten), Schäden durch langanhaltende Trockenheitsphasen, Spätfröste (frostempfindliche Entwicklungsphasen wie z.B. die frühere Blüte) und Schäden durch Starkregen, Hagelereignisse und Stürme können die Folge sein.

Daneben kann es zur Verringerung des Grundwasserreservoirs kommen. Nach langen Trockenperioden ist der Boden für Niederschläge, insbesondere Starkregen, nicht aufnahmefähig (nicht bodenwirksame Niederschläge). Das Wasser fließt oberflächig ab (→ Überflutung), es wird über die Vorfluter abgeleitet, kann nicht in tiefere Bodenschichten versickern und steht damit nicht mehr der Grundwasserneubildung zur Verfügung. Betrachtungen zur Grundwasserneubildung folgen in späteren Kapiteln.

**Positive Auswirkungen** des Klimawandels können sein:

- Der erwartete Anstieg der Durchschnittstemperaturen beeinflusst die Anbauwürdigkeit bestimmter Kulturen und wird zu einer Änderung der Fruchfolgeglieder sowie der Fruchfolge an sich in den Ackerbaubetrieben führen (bspw. neue Kulturen wie Sojabohne oder alternative Eiweißträger und/oder Möglichkeit des Anbaus von Zweitkulturen nach der Ernte ergeben sich).
- Höheren Temperaturen führen zu schnelleren Pflanzenentwicklungen.
- Die erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration führt zu besserer Versorgung vieler Nutzpflanzen (CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt) und damit zu einer höheren Photosyntheseleistung bzw. höheren Erträgen.
- Die CO<sub>2</sub>-Effizienz ist für C3- und C4-Pflanzen unterschiedlich. Bei C3-Pflanzen wird der Effekt durch den Anstieg der Temperaturen z.T. aufgehoben.
- In der Kombinationswirkung von Temperaturanstieg und CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt wird insbesondere die Ressource Wasser (Wassernutzungseffizienz) eine besondere Bedeutung erlangen (Liebig-Tonne = limitierender Faktor Wasser).

Im Nachfolgenden wird zunächst der Unterschied zwischen Wetter und Klima erklärt, die Grundlagen zum Wasserkreislauf werden ausgeführt und schließlich werden Anpassungsmöglichkeiten zum Wassermanagement abgeleitet.

### 3.1 Wetter und Klima

Die Begriffe „Wetter“ und „Klima“ werden oft verwechselt oder gleichbedeutend verwendet, der Unterschied liegt vor allem im Zeitrahmen der Betrachtung.

**Wetter** ist ein kurzfristiger Zustand. Es bezeichnet das, was zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort erlebbar ist. Das Wetter spielt sich auf wesentlich kürzeren Zeitskalen ab als das Klima. Wetter ist eine Momentaufnahme von Messgrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Niederschlagsmengen, Luftfeuchtigkeit, Wolkenbedeckung und Sonnenschein.

**Klima** ist dagegen ein langfristiger Zustand. Es bezeichnet den typischen Wetterverlauf an einem bestimmten Ort/Gebiet, gemessen über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren bis hin zu erdgeschichtlichen Zeitskalen. Das Klimasystem besteht aus verschiedenen Komponenten – Atmosphäre,

Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre, Kryosphäre. Zwischen ihnen besteht laut ZAMG (2021) (Forschungseinrichtung des Bundesministerium Bildung, Wissenschaft und Forschung in Österreich) ein stetiger Austausch von Energie und Masse über bestimmte Flüsse (Strahlung, Wind, Verdunstung, Niederschlag, Meereströmungen, chemische Umwandlungen usw.), die ein energetisches Gleichgewicht der Subsysteme anstreben. Auf der Welt gibt es unterschiedliche Klimata – deshalb werden verschiedene Klimazonen gebildet.

### **3.2 Nachhaltigkeit und Wasserkreislauf**

Nachhaltigkeit – wird von drei wesentlichen Aspekten beschrieben: Ökonomie, Ökologie und Soziales (vgl. Abb. 9). Das Konzept geht von der Vorstellung aus, dass nachhaltige Entwicklung nur durch das gleichzeitige und gleichberechtigte Umsetzen von umweltbezogenen, wirtschaftlichen und sozialen Zielen erreicht werden kann. Das auf dem Prinzip des nachhaltigen Wirtschaftens beruhende Leitbild für die Landwirtschaft, wird wie folgt beschrieben:

Ökonomie: Sicherung der langfristigen Rentabilität und des Entwicklungspotentials der Betriebe sowie eines kontinuierlichen und existenzsichernden Betriebseinkommens. Wert schöpfung aus Produktion und Dienstleistung.

Ökologie: Generationsübergreifender Schutz der natürlichen Produktionsgrundlagen, beispielsweise durch angepasste Bodenbearbeitung, standortgerechte Fruchtfolge und Fruchtartenwahl, standortangepasste und ausgewogene Düngung, integrierter Pflanzenschutz, tierschutzgerechte Tierhaltung sowie Berücksichtigung der Umwelt- und Naturschutzbelaenge.

Soziales: Erhalt standortsicherer Arbeitsplätze, Stärkung des ländlichen Raumes durch aktive Teilnahme am kulturellen und wirtschaftlichen Leben sowie durch Förderung eines sanften ländlichen Tourismus, Erhalt und Pflege der Kulturlandschaft, Sicherung der Nahrungsmittelversorgung, Schaffung von Bildungs-, Weiterbildungs-, Ausbildungs- und Integrationsangeboten im ländlichen und städtischen soziokulturellen Umfeld, Bildungsauftrag Landwirtschaft.



**Abbildung 9:** Nachhaltigkeit (Onlinemarketing-Praxis 2021)

Für die Nachhaltigkeit im Bereich der Landwirtschaft spielt speziell der Wasserbereich eine große Rolle. Wasserwirtschaftliche Nachhaltigkeitskonzepte dienen dem Schutz der Wasserressourcen und der integrierten Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten und Meeren. Dazu gehören Konzepte, wie der sorgsame Umgang mit Wasser in privaten Haushalten oder die Wasserwiederverwendung in Industrie und Landwirtschaft. "Eine nachhaltige Wasserwirtschaft bezeichnet die integrierte Bewirtschaftung aller künstlichen und natürlichen Wasser(teil)kreisläufe unter Beachtung drei wesentlicher Zielsetzungen:

- Langfristiger Schutz von Wasser als Lebensraum bzw. als zentrales Element von Lebensräumen;
- Sicherung des Wassers in seinen verschiedenen Facetten als Ressource für die jetzige wie für die nachfolgenden Generationen;
- Erschließung von Optionen für eine dauerhaft naturverträgliche, wirtschaftliche und soziale Entwicklung (UBA 2021).

Der Begriff **Wasserkreislauf** umfasst den **Transport und die Speicherung von Wasser** auf globaler wie regionaler Ebene. Das Wasser ist ständig in Bewegung und kann nicht verschwinden. Hierbei kann das Wasser verschiedene **Aggregatzustände** einnehmen (Energieumwandlung durch den Motor Sonne) und durchläuft die einzelnen Sphären der Erde. Auf dem Weg kann sich das Wasser qualitativ verändern.



Abbildung 10: Wasserkreislauf (USGS, EVANS 2021)

Der **Niederschlag** kann sowohl transpirieren, als auch evaporieren, abfließen und versickern und damit u.a. das Grundwasser bilden (vgl. Abbildung 10).

Insofern ist festzuhalten, dass die Landwirte im Rahmen der **Bewässerung des Wasser** nur **gebrauchen** und nicht, wie häufig in den öffentlichen Medien dargestellt, verbrauchen bzw. verschwenden.

Die **klimatische Wasserbilanz** beschreibt die Differenz von der Niederschlagssumme minus der potenziellen Verdunstung über Gras. Ist die Niederschlagsmenge höher als die Verdunstung, liegt eine positive Wasserbilanz vor. Übersteigt die Verdunstungsmenge die Niederschlagsmenge, ist die Wasserbilanz negativ (LWK NDS 2018).

### 3.3 Anpassung des Wassermanagements

Die Ressource Wasser wird durch die Folgen des Klimawandels in Zukunft zunehmend zum knappen, d.h. ertragseinschränkenden Faktor für die landwirtschaftliche Produktion.

Dies gilt umso mehr, je weiter der ungebremste Entzug wertvoller landwirtschaftlicher Nutzflächen die verbleibenden landwirtschaftlichen Betriebe zwingt, Produkte mit einer höheren Flächenproduktivität anzubauen. Diese haben häufig einen höheren Wasserbedarf oder erfordern eine gezielte Bewässerung zur Erfüllung der notwendigen Qualitätsansprüche. Bereits heute ist der Neueinstieg in den Kartoffel-/Möhrenanbau abhängig von der Verfügbarkeit von Wasserrechten.

Der Wasserbedarf für die Nahrungsmittelerzeugung lässt sich entgegen der bisherigen Erfahrung nicht mehr ausschließlich aus dem Niederschlagswasser decken, **vielmehr muss die Ressource Wasser geschützt, gesichert und planmäßig verteilt werden. Diese Erkenntnis ist neu und sollte in allen Planungsprozessen der Region zwingend berücksichtigt werden.**

**Je mehr Fläche versiegelt wird, desto weniger Fläche steht für die Grundwasserneubildung zur Verfügung (das Wasser wird oberflächig sehr schnell abgeleitet).** Zu der Problematik der Flächenversiegelung und den sich daraus ergebenden Auswirkungen siehe Abschnitt 2.4.

Dies macht die Notwendigkeit der Entwicklung regionaler Lösungsansätze und der Anwendung differenzierter Maßnahmen für das Wassernutzungsmanagement deutlich (SCHIMMELPFENNIG et al. 2017).

#### 3.3.1 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung erfolgt überwiegend unter landwirtschaftlichen Nutzflächen und stellt damit einen wichtigen Teil des regionalen Wasserkreislaufes dar (vgl. Karte 9).

„Unter Grundwasserneubildung wird der Zugang von Niederschlagswasser über die Bodenzone zum Grundwasser verstanden. Dieser Prozess findet überwiegend im Winterhalbjahr statt, wenn die Verdunstung reduziert und der Boden wassergesättigt ist. Die Grundwasserneubildung stellt eine wichtige Bilanzgröße für Fragen zur Nutzung und Bewirtschaftung der Ressource Grundwasser sowie als Eingangsgröße für computergestützte Grundwassermodelle dar“, so der ERFTVERBAND 2021.

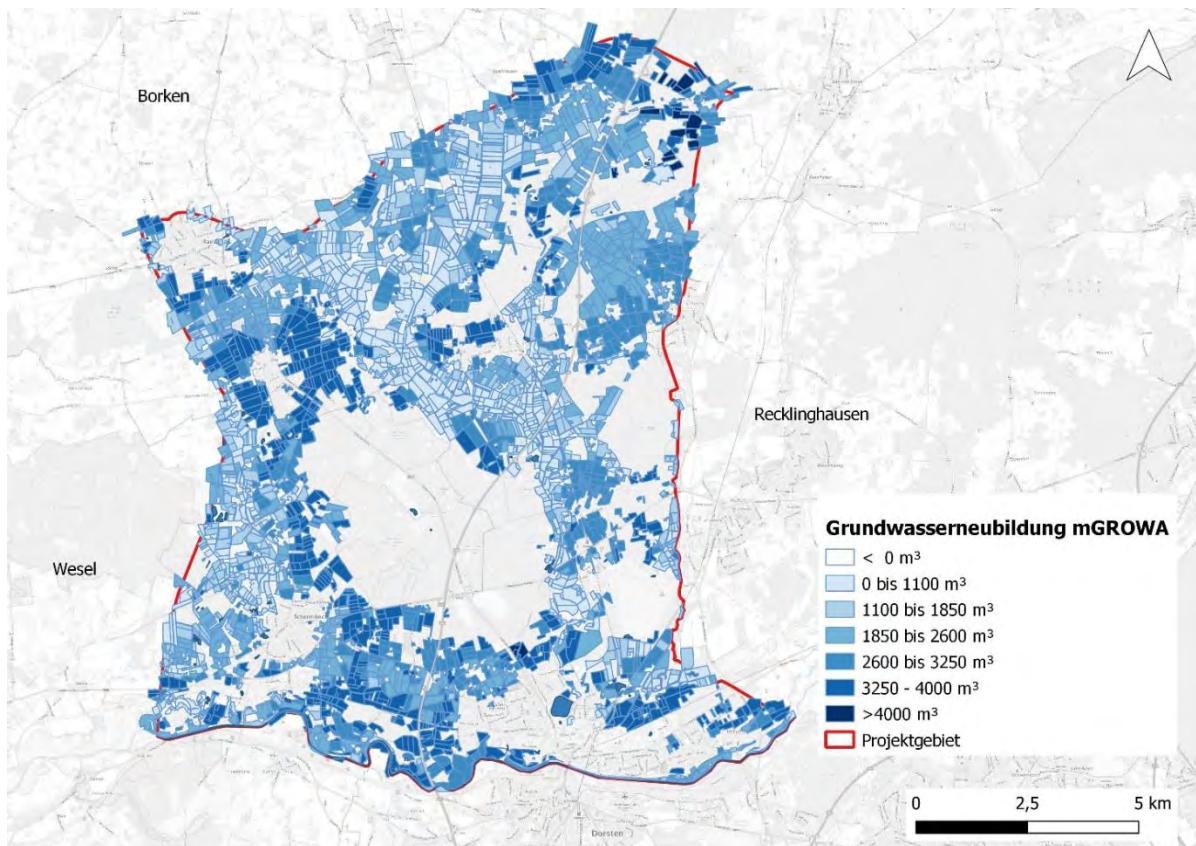
Durch das jährlich sich erneuernde Grundwasser sind Wasserentnahmen für die Trinkwasserversorgung sowie weitere Nutzungen möglich. Auch die Landwirtschaft nutzt diese Wasserquellen in natürlicher Weise durch den kapillaren Aufstieg und zusätzlich für die Bewässerung der landwirtschaftlichen Kulturen (Landwirtschaftskammer NRW 2021, LABONTE).

Es wird erwartet, dass sich ändernde klimatische Bedingungen sowie damit einhergehende steigende Temperaturen und Evapotranspirationsraten entsprechend auf die landwirtschaftliche Produktion und auf die Grundwasserressourcen auswirken werden (LEE und CHUNG 2007).

Erwartet wird zwar keine erhebliche Veränderung der Jahresniederschläge, allerdings wird die Niederschlagsverteilung ungünstiger werden, d.h. Jahre mit ausgeprägter Frühsommertrockenheit werden zunehmen.

Insgesamt führen diese Entwicklungen zu einer deutlichen Abnahme des für die Pflanzen verwertbaren Wasserangebots (produktives Wasser). Bereits heute zeigen sich die Auswirkungen der Trockenperioden auf die Vegetation, die landwirtschaftliche Erzeugung sieht sich einem zunehmenden Trockenstressrisiko während der Wachstumsperioden der landwirtschaftlichen Kulturen ausgesetzt.

Dabei ist die Ertragssicherung durch die Beregnung als besonders hoch einzuschätzen, hängt doch damit, aus betriebswirtschaftlicher Sicht, die Liquidität und der langfristige Bestand der Betriebe zusammen (TEISER 2017).

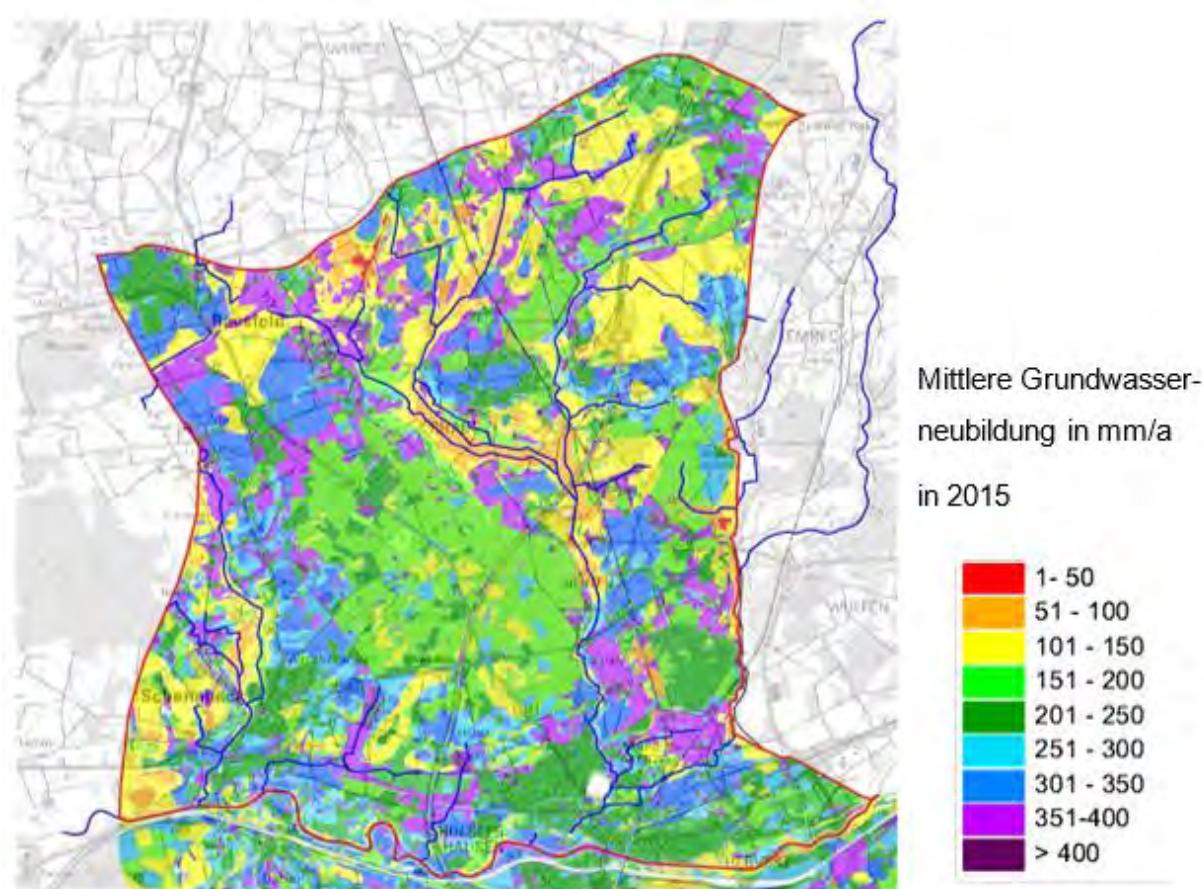


**Karte 9:** Mittlere jährliche Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen in cbm/ha innerhalb des Feldblockkatasters (mGROWA 2021, eigene Darstellung)

An der Landwirtschaftskammer NRW wird für Betrachtungen der Gesamtverdunstung (Evapotranspiration), des Gesamtabflusses, des Direktabflusses (natürlicher Interflow und Dränagen) und der Grundwasserneubildung das mGROWA Modell herangezogen.

Dies ist ein konzeptionelles, rasterbasiertes und flächendifferenziertes Wasserhaushaltsmodell zur Simulation der genannten hydrologisch und wasserwirtschaftlich relevanten Wasserhaushaltsgrößen über lange Zeiträume (u.a. 1981–2010) (FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH 2021).

Im Vorprojekt wurde u.a. von der LIPPE WASSERTECHNIK 2019 folgende Karte 10 mit einer mittleren Grundwasserneubildung in mm/a für das Jahr 2015 ausgewiesen.



**Karte 10:** Mittlere Grundwasserneubildung in mm/a in 2015 (LIPPE WASSERTECHNIK 2019) innerhalb des Feldblockkatasters

Dieses Grundwassermodell wurde bereits für verschiedene Fragestellungen verwendet und wurde entsprechend den Besonderheiten in der Projektregion über konkrete Messergebnisse angepasst und erweitert (weitere Ausführungen vgl. „Kap.4.3 Grundwassermodellierung“ des Maßnahmenkonzeptes der LIPPE WASSERTECHNIK 2019).

### 3.3.2 Grundwasseranreicherung

Eine gezielte Grundwasseranreicherung für trockene Gebiete sollten durch folgende Möglichkeiten in die Betrachtung einfließen:

- Versickerungsschächte / Versickerungsmulden
- Vorfluter / Kulturstause
- Moore
- Speicherbecken: Förderung des Wasserrückhalts indürregefährdeten Regionen – Bau von hofeigenen Speicherbecken zur Beregnung
- Dränagen: Das abgeleitete Wasser aus Dränagen nicht in einen Vorfluter / Gewässer leiten, sondern an entfernter geeigneter Stelle über Versickerungsmulden in einen Grundwasserkörper versickern lassen
- Bewässerung: Förderung der Infrastruktur zur effizienten Bewässerung (Bezuschussung)

In dieser Region sollte das Halten von Wasser in der Fläche oberste Priorität haben, denn nur so kann es zur Grundwasseranreicherung kommen. Schon früher wurden sogenannte Kulturstause errichtet, um den Grundwasserstand über das Halten von Wasser auf lokaler Ebene zu steuern. Definiert werden Kulturstause als ein (zeitweiser) Aufstau von Fließgewässern zur Anhebung des Grundwasserspiegels bzw. zu Bewässerungszwecken für die Landwirtschaft (ELWAS WEB 2021). Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) mit dem Ziel Schaffung der Durchgängigkeit von Gewässern hat dazu geführt, dass Querbauwerke und Staueinrichtungen entfernt wurden. Dies ist vor dem Hintergrund einer ausreichenden Grundwasserneubildungsrate nicht zielführend.

Aus hiesiger Sicht wird ein großes Potential in der Aktivierung der Kulturstause bzw. auf lokaler Ebene in der Identifizierung wichtiger Vorfluter mit Staustufen (keine Gewässer im Sinne der WRRL) gesehen. Besonders bei Starkregenereignissen können höhere Wassermengen in der Fläche gehalten werden, die Wassermengen werden nicht direkt abgeleitet, sondern versickern langsamer und können damit zur Grundwasseranreicherung beitragen. Die Hammabach-Region sollte hinsichtlich Hauptabflüsse/Vorfluter analysiert und entsprechende Maßnahmen wie Überlaufschwellen installiert werden. Dazu ist eine Zusammenarbeit mit den Unteren Wasserbehörden und den Wasser- und Bodenverbänden sinnvoll.

Die Regulierung des Wasserhaushaltes durch Änderungen der Stauregulierung in entwässerten Gebieten zur Reduzierung des Wasserbedarfs in Trockenperioden (DIETRICH et al. 2014) oder der Anpassung der Steuerung der großflächigen Wasserregulierung durch Stauanlagen zur Minimierung von Nutzungseinschränkungen durch Hoch- und Niedrigwasserereignisse können weitere Maßnahmen darstellen (THEOBALD et al. 2014).

### 3.4 Handlungsoptionen im Gesamtzusammenhang (Maßnahmenkatalog)

Aus dem KLIMASCHUTZPLAN NRW (2015) ergeben sich 13 Handlungsfelder zur Klimaanpassung, aus denen sich konkrete Maßnahmen ableiten lassen. Je stärker ein Bereich von den Klimafolgen betroffen ist, desto höher ist die Dringlichkeit und die Umsetzung der abgeleiteten Maßnahmen. Die Auswirkungen auf die Landwirtschaft sind umfassend, indirekt fließen sechs sektorale Handlungsfelder – Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Boden, Biologische Vielfalt und Naturschutz, Landwirtschaft und Fischerei, Wald und Forstwirtschaft sowie Verkehr und Verkehrsinfrastruktur – sowie die übergreifenden drei Querschnittsfelder mit ein (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Handlungsfelder der Klimaanpassung. Die drei Querschnittshandlungsfelder sind farblich von den 13 sektoralen Handlungsfeldern abgesetzt (KLIMASCHUTZPLAN NRW 2015).

Auch die anderen Bereiche haben über die Flächenversiegelung immer Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Die Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Flächen ist nach wie vor hoch. Täglich gehen in NRW um die 17 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) verloren (vgl. Abbildung 12). Vor diesem Hintergrund ist die Streichung des 5-Hektar-Grundsatzes aus der Novellierung des Landes-

entwicklungsplans NRW (2019) aus agrarstruktureller Sicht zu kritisieren. Ebenso werden den Städten und Gemeinden mehr Spielräume für eine bedarfsgerechte Bauflächenentwicklung für ASB und GIB (ASB = Allgemeiner Siedlungsbereich und GIB = Gewerbe- und Industriebereich) eingeräumt, um somit auf die steigenden Bevölkerungsprognosen und Flächenansprüche aus der Wirtschaft reagieren zu können.

Das Nachhaltigkeitsziel des Bundes sieht vor, das tägliche Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsfläche bis zum Jahr 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag zu senken. Wenn an den aktuellen Trends der Flächeninanspruchnahme nichts geändert wird, nähme allein NRW dann schon mehr als die Hälfte des tolerierten Flächenbedarfes ein. Um also diese Vorgabe von maximal 30 ha pro Tag einhalten zu können, sind innovative Maßnahmen zur Flächensparsamkeit sowie im Bereich der Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen erforderlich.

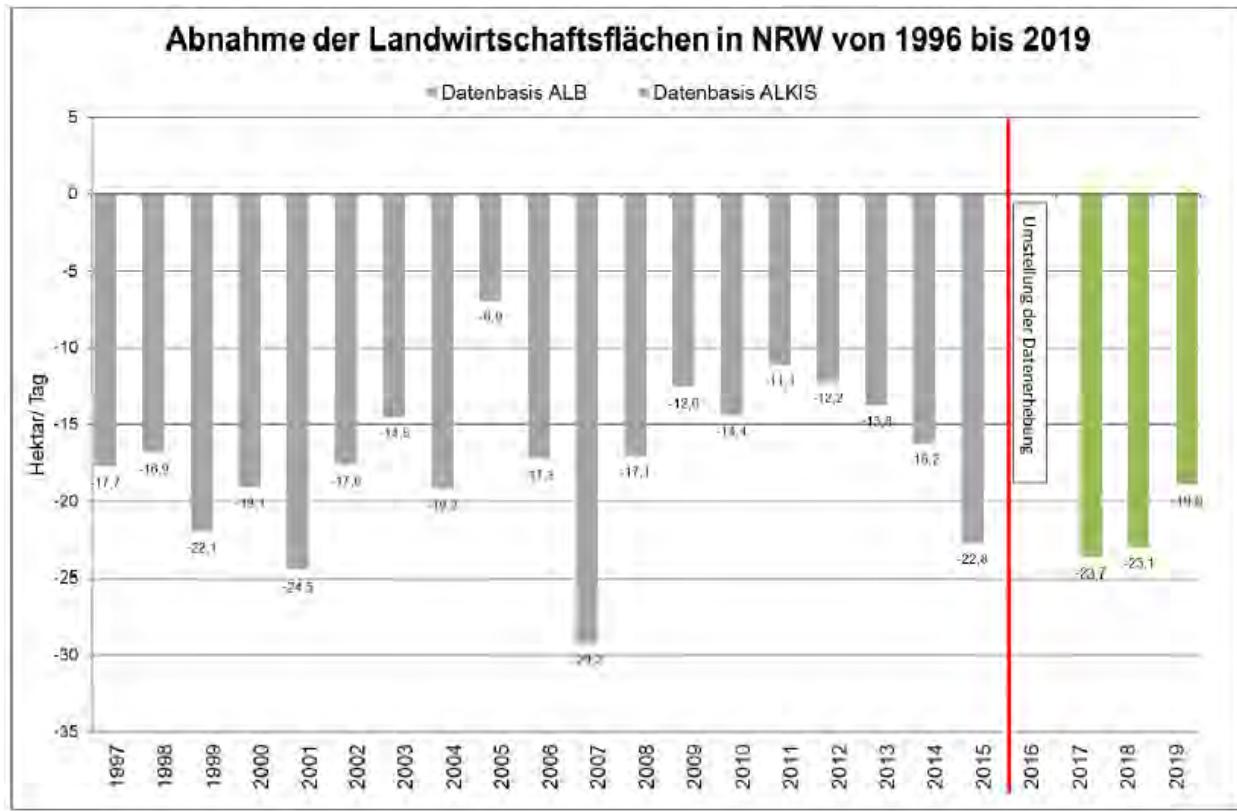
Durch die Versiegelung gehen nicht nur wertvolle landwirtschaftliche Flächen für die Nahrungsmittelproduktion verloren, sondern auch Flächen für die Biodiversität, die Grundwasserneubildung und die Kaltluftbildung. Gerade Kaltlufträume sind für das Regionalklima bedeutsam, um positive klimatisch-lufthygienische Auswirkungen bis in die Siedlungsräume hinein zu bewirken. Landwirtschaftliche Flächen dienen zudem als Wasserrückhalt bei Starkregenereignissen und tragen zur Verringerung der städtischen Sommertemperaturen durch das Bodenkühlungspotential bei. **Landwirtschaftliche Flächen erfüllen also mehrere Funktionen, die in ihrer Vielfalt beachtet und deren Rückgang minimiert werden muss.**

Die Vielfalt der Funktionen bzw. Leistungen der Landnutzung, die an die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen gebunden sind und welche die Landwirtschaft erbringt, werden u.a. nach Prof. Kötter (Uni Bonn 2018) wie folgt benannt:

- Grundfunktionen: Biodiversitätserhaltung, Bodenbildung, Nährstoffkreisläufe, Ressourcenbereitstellung (u.a. Grundwasserneubildung)
- Produktionsfunktionen: Nahrungsmittel, Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo), Holz, Energie
- Regulationsfunktionen: Klimaregulation, Kohlenstoffspeicherung, Retention von Hochwasser, Reinigung von Luft und Wasser
- Kulturelle Funktionen: Erholung, Freizeit, Tourismus, Emotionale Bedeutung
- Standortfunktionen: Wohnen, Gewerbe, Industrie, Infrastruktur

Um eine gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung im Projektraum zu ermöglichen und zugleich dem fortschreitenden Flächenentzug aus der Landwirtschaft Einhalt zu gebieten, ist die Entwicklung intelligenter, innovativer und kreativer flächensparender Lösungsansätze, d.h. ein intelligentes Flächenmanagement unverzichtbar. Nur so können die vorgenannten vielfältigen Funktionen der Landwirtschaft auch in Zukunft noch erbracht werden. Zumal der Flächenverlust unmittel-

bar mit der Betriebsaufgabe landwirtschaftlicher Familienbetriebe einhergeht und die Entwicklungsmöglichkeiten der verbleibenden landwirtschaftlichen Betriebe einschränkt (z.B. Immissionsauflagen bei der Tierhaltung, Lärmschutzauflagen zu landwirtschaftlichen Tätigkeiten u.v.m.).



**Abbildung 12:** Durchschnittliche tägliche Abnahme der Landwirtschaftsflächen in NRW (ha/Tag), (LANDESBETRIEB IT.NRW 2020; Grafik: LANUV 2019).

**Tabelle 6:** Landwirtschaftliche Betriebe nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche - LZ 2020 (LANDESBETRIEB IT.NRW 2021)

Größenklassen der LF von... bis unter ... Hektar	2010 <sup>1)</sup>		2013 <sup>2)</sup>		2016 <sup>3)</sup>		2020 <sup>1)</sup>		Veränderung 2020 gegenüber 2010	
	Betriebe	LF	Betriebe	LF	Betriebe	LF	Betriebe	LF	Betriebe	LF
	Anzahl	ha	Anzahl	ha	Anzahl	ha	Anzahl	ha	%	
unter 5	2 700	5 436	2 970	4 200	3 657	4 433	3 354	3 625	+24,2	-33,3
5 bis unter 10	5 236	38 046	4 630	34 300	4 488	32 815	5 608	40 325	+7,1	+6,0
10 bis unter 20	6 806	100 986	6 220	91 600	5 959	88 505	5 862	86 492	-13,9	-14,4
20 bis unter 50	10 382	351 955	9 790	335 100	9 093	307 531	8 348	281 166	-19,6	-20,1
50 bis unter 100	7 851	545 310	7 640	533 000	7 274	510 606	6 850	485 089	-12,7	-11,0
100 bis unter 200	2 424	313 707	2 670	346 900	2 761	362 028	3 023	402 297	+24,7	+28,2
200 und mehr	351	107 647	390	117 900	456	134 621	566	174 163	+61,3	+61,8
<b>Insgesamt</b>	<b>35 750</b>	<b>1 463 087</b>	<b>34 310</b>	<b>1 463 000</b>	<b>33 688</b>	<b>1 440 539</b>	<b>33 611</b>	<b>1 473 157</b>	<b>-6,0</b>	<b>+0,7</b>

1) Ergebnisse aus dem allgemeinen Teil der Landwirtschaftszählung

2) Ergebnisse aus der repräsentativen Agrarstrukturerhebung, gerundete Ergebnisse

3) Ergebnisse aus dem allgemeinen Teil der Agrarstrukturerhebung

Bevor die gezielten Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft aufgezeigt werden, wird nun zusammenfassend ein Überblick über die abgeleiteten Maßnahmen der betroffenen Sektoren gegeben (keine abschließende Auflistung):

- Sektor 1 – Menschliche Gesundheit: Gesundheitsrisiken, gesundheitliche Vorsorge
- Sektor 2 – Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz: Grundwasserneubildung, Gewässertemperatur/-qualität
- Sektor 3 – Boden: Erhalt/Schutz, Entsiegelung und Rekultivierung, Wasserspeicher- und Kühlleistungsfähigkeit, Minimierung Wassererosion
- Sektor 4 – Biologische Vielfalt und Naturschutz: Verringerung vorhandener Stressfaktoren (u.a. Flächenverbrauch), „Grüne Stadt“, Widerstandsfähigkeit und Qualitätsverbesserung von Ökosystemen/Lebensräumen (u.a. Feucht- und Moorbiotopen), Biotopverbundsystem, Biodiversitätsmonitoring
- Sektor 5 – Landwirtschaft und Fischerei: produktionstechnische Anpassung im Pflanzenbau (Bodenbearbeitung und Bewässerung/-verfahren; Fachberatung Bodenerosion), Anpassung Tierhaltung, Anpassung Aquakultur (Auswirkungen der Gewässertemperatur auf Fischfauna)
- Sektor 6 – Wald und Forstwirtschaft: Anpassung Wald an Klimawandel, Umbau
- Sektor 7 – Verkehr und Verkehrsinfrastruktur: Einbeziehen Klimafolgen bei Sanierung und Neuplanung (Straßenbeläge etc.)
- Sektor 8 – Energiewirtschaft: Einfluss des Klimawandels auf die Potenziale erneuerbarer Energien
- Sektor 9 – Finanz- und Versicherungswirtschaft: Extremwetterereignisse und deren Folgen absichern, finanzielle Ausfälle
- Sektor 10 – Industrie und Gewerbe: Entwicklung von klimarobusten Technologien, Verfahren und Dienstleistungen, standortbezogene Konzepte
- Sektor 11 – Tourismuswirtschaft: klimaangepasste Tourismuskonzepte, bauliche Anpassungsmaßnahmen
- Sektor 12 – Bauen und Wohnen: klimaangepasstes Bauen, Anpassung im Gebäudebestand (Hülle, Technik), Fassaden- und Dachbegrünung
- Sektor 13 – Landes- und Regionalplanung: Fachbeitrag „Klima“, Leitfaden „Klimaanpassung in der Regionalplanung“, Fachbeitrag „Wasser und Klimawandel“, planerische Strategien zur Klimaanpassung und Biodiversität, Integration von Indikator zur regionalen Auswirkungen von Überplanungen auf Regionalklima und Folgen auf Umweltschutzzüge.

Im Folgenden Kapitel 3.5 werden mögliche Handlungsoptionen für die Landwirtschaft im DBU-Projektgebiet Hammbach-Dorsten aufgezeigt.

### 3.5 Handlungsoptionen für die Landwirtschaft – Maßnahmenempfehlung für das Projektgebiet

Im Folgenden werden verschiedene Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Landwirtschaft aufgezeigt. Im Rahmen eines knapper werdenden nutzbaren Dargebotes von Bewässerungsressourcen werden Effizienzfragen immer wichtiger. Vereinfacht gesagt gibt es zwei Möglichkeiten das vorhandene Wasser effektiver zu nutzen: zum einen unproduktive Wasserverluste minimieren und/oder zum anderen eine bessere Ausnutzung des vorhandenen Wassers durch die Pflanze zu bewirken. In den Kapiteln Kulturauswahl und Kulturführung sowie Bewässerung wird angesprochen, wo Anpassungs-/Optimierungsmöglichkeiten bestehen. Aus dieser Palette der Möglichkeiten können landwirtschaftliche Betriebe für sich geeignete Maßnahmen auswählen und im Betrieb zielgerichtet umsetzen.

Zum Thema Bewässerungstechnik und –steuerung und Sensor- und Softwarenutzung von Bewässerung wird die Universität Kassel in einer Masterarbeit eine umfassende Literaturrecherche durchführen (theoretischer Teil) und im Projekt beisteuern. So werden Klimaszenarien für die Projektrektion erarbeitet, Analysen an fünf Praxisbetrieben durchgeführt und abgeleitete Maßnahmen dargestellt.

#### 3.5.1 Kulturauswahl und Kulturführung

Bei der Kulturauswahl und der Kulturführung geht es darum, eine klimaangepasste **Sortenauswahl zu treffen**, die **Fruchfolge entsprechend zu gestalten** und gleichzeitig die **Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit zu erhalten**. Zur besseren Übersicht werden die einzelnen inhaltlichen Handlungsansätze hier aufgezählt:

- Einsatz von **Sorten** mit an ein wärmeres Klima angepassten Ansprüchen (hitze- und trockenangepassten Sorten regional bewerten und gezielt auswählen; früh oder später reife Sorten wählen; Verlängerung des Wachstumszyklus bei Sommerkulturen für Wurzel- und Knollenfrüchte)
- **Artenwahl und Diversifizierung des Fruchtartenspektrums**, um Risiko eines Totalausfalls oder einer Qualitätsminderung/Ertragsrückgangs zu minimieren (betriebswirtschaftliche Absicherung)

Auch ein Wechsel der Pflanzenarten und –sorten stellt eine Anpassungsmaßnahme dar, insofern entsprechend des prognostizierten Rückgangs der Frühjahrs-/ Sommerniederschläge und der Zunahme von Extremwetterereignissen z.B. die Verwendung von Arten und Sorten mit kräftigen Stängeln angeraten ist (SCHIMMELPFENNIG et al. 2017).

- **Züchtungsfortschritt** – Sorten mit geringeren Anfällen gegenüber Schädlingen und Resistenzen gegen Krankheitserregern, Trockenheit, Abreifeverhalten, Durchwurzelungstiefe und –intensität.

Der Züchtung sind gewisse Grenzen gesetzt, da die aktuell im Fokus stehende Pflanzen- und Sortenwahl maßgeblich durch EU-Agrarförderungen beeinflusst wird und darüberhinaus auch große Unsicherheiten bestehen, welche Züchtungsmethoden zugelassen und gewünscht sind. Insbesondere beim Züchtungsfortschritt in der landwirtschaftlichen Forschung bestehen sehr hohe Hürden. So stufe die Gesetzgebung Pflanzen, die nach fortschrittlichen Züchtungsmethoden entstehen oder in ihren Eigenschaften verbessert wurden, häufig als gentechnisch veränderte Organismen (GVO), und schränkt damit deren Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis stark ein oder verhindert ihn ganz. Die GVO-Einstufung erfolgt auch dann, wenn sich das moderne Zuchtverfahren nicht vom Klassischen unterscheidet. Dort wird Handlungsbedarf gesehen, so LÜTKE ENTRUP (2021).

- **Kulturführung:**

- **Pflanzenernährung** (durch Ertragssteigerungen können nicht nur Makronährstoffe (wie Stickstoff), sondern auch Mikronährstoffe (wie Bor oder Molybdän) wachstumslimitierend werden) und
- **Pflanzenschutz** anpassen (Fungizide, Insektizide).

Welche Anpassungsmaßnahmen sich in Bezug auf die **Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit** ergeben, werden im Folgenden aufgeführt:

- **Konservierende Bodenbearbeitung** bei ausgewählten Kulturen prüfen und durchführen (z.B. Vergleich des Krankheitsdrucks bei Mulch- oder Direktsaat versus Pflugwirtschaft; Fortschritt in Technik); vielfältige Synergieeffekte durch Verbesserung der Infiltrationsrate/ Bodenerosion reduziert.

Die Wirkung der Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel kann durch die Förderung der Speicherfähigkeit der Böden und der Wassernutzung der Pflanzen maßgeblich unterstützt werden (KÖSTNER und LORENZ 2014). So stellt die Umsetzung von **bodenschonenden, konservierenden Bewirtschaftungsmethoden** für bestimmte Kulturen eine Anpassungsmaßnahme an sinkende Niederschläge in trockenheitsgefährdeten Gebieten dar.

- **ausgeglichene Humusbilanz** sicherstellen (bei unversorgten Böden Humus aufbauen),
- **Bodenstruktur** erhalten: Bodenverdichtung vermeiden (Befahren von wassergesättigten Böden), Fruchfolgen, Zwischenfruchtauswahl,
- **Erosionsschutz** durchführen – durchgehend bodendeckende Bepflanzung, Untersaat/Zwischenfrucht (Zweitfrucht bleibt abzuwarten im Hinblick auf Wasserversorgung).

Tiefergehende Informationen sind den Broschüren „Bodenverdichtung vermeiden – Bodenfruchtbarkeit erhalten und wiederherstellen“; „Klimawandel und Boden – Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden als Pflanzenstandort“ zu entnehmen.

### 3.5.2 Bewässerung

Eine Bewässerung ist erforderlich, um bei Sandböden oder flachgründigen Standorten mit geringer Wasserspeicherfähigkeit den Wassermangel auszugleichen. Nur dadurch ist ein Anbau von Sonderkulturen (Obst- und Gemüseanbau) möglich. Bei der Bewässerung kommt es sowohl auf die Bewässerungstechnik als auch auf die Bewässerungssteuerung an. Details hierzu können nachfolgenden Ausführungen entnommen werden:

- **Bewässerungstechnik**

Es werden unterschiedliche technische Systeme zur Bewässerung angeboten. Hiervon sind jedoch nicht alle Techniken im Projektgebiet aufgrund der hohen Anschaffungskosten und Arbeitsaufwände vertretbar und somit nicht vorhanden.

Vor allem mit Blick auf den energetischen Aufwand und die Wasserverteilgenauigkeit sind die vorherrschenden Techniken nicht die effizientesten. 27 Betriebe setzen einen Großflächenregner mit Düsenwagen ein, d.h. Trommelberegnung.

Allerdings erfolgt hierdurch keine Bewässerung, die über den Bedarf hinausgeht, sondern bereits eine sogenannte Defizitbewässerung, bei der nur dann berechnet wird, wenn ein temporäres Austrocknen der Wurzelzone vorliegt.

- **Bewässerungssteuerung**

**Zeitpunkte / Entwicklungsstadien:** Der Ermittlung des optimalen Bewässerungs-zeitpunktes und der idealen Wassermenge durch Maßnahmen zur Bewässerungssteuerung kommt mit Blick auf das knapper werdende Wasserdangebot und optimierter Effizienz sehr große Bedeutung zu.

Je nach Entwicklungsstadium der Pflanze haben diese einen unterschiedlichen Wasserbedarf. In einer ertragssensiblen Phase führt ein Wassermangel zu deutlichen Ertrags- und Qualitätseinbußen, da z.B. die Kornanlage in wachsendem Getreide schon im Blattbildungsstadium erfolgt und nicht erst während der Ährenbildung. Daher ist es für die Bewässerungssteuerung wichtig zu wissen, in welchem Entwicklungsstadium (BBCH-Stadien) der verschiedenen Kulturen einem Wassermangel vorzubeugen ist und woran dieser erkennbar ist.

**Mais:** Einrollen von Blätter; Rispenschieben bis zur Blüte (nFK 40-50 %)

**Rüben:** kurz vor und nach Reihenschluss ist der Wasserbedarf am höchsten; mit der Beregnung sollte begonnen werden, wenn sich die Blätter über Nacht nicht mehr erholen, sondern schlaff auf dem Boden liegen.

**Kartoffeln:** von Beginn der Knollenanlage an ist mit der Bewässerung zu beginnen; Hauptberegnungsphase von Blüte bis Abreife.

**Getreide:** Braugerste ist das beregnungswürdigstes Getreide; Mitte des Schossens beregen; Einsetzen der Abreife aufhören zu bewässern; Winterroggen und Gerste benötigen den geringsten Zusatzwasserbedarf (starker Wassermangel = Einrollen der Blätter), da sie die Winterniederschläge gut ausnutzen können. (LWK NDS 2018)

Die Bewässerungssteuerung bietet gute Möglichkeiten, Beregnungswasser sparsam und grundwasserschonend einzusetzen.

Zu den Bewässerungstechniken und der Bewässerungssteuerung wird die Universität Kassel weitergehende Literaturrecherchen und Untersuchungen vornehmen und im Projektbericht darstellen.

## 4 Handlungsoptionen zu Wassereinsparpotentialen von ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben unter verschiedenen Szenarien

Hierzu wird die Universität Kassel Ergebnisse beisteuern. Die Auswahl und Besichtigung von fünf ausgewählten Betrieben hat bereits stattgefunden:

Die Universität Kassel wird drei Betriebe aus dem Projektgebiet in Hinblick auf 3 Klimaszenarien untersuchen und herausarbeiten, welche Wassereinsparpotenziale sich dabei konkret ergeben.

Zwei weitere Betriebe, die derzeit noch nicht beregenen, aber sich aufgrund der derzeitigen Trockenheit eine zukünftige Bewässerung vorstellen können, werden in die Betrachtung der Universität Kassel mit einbezogen.

Die ausgewählten Betriebe werden hier stichpunktartig vorgestellt:

- Betrieb P: 154 ha/145 ha im Projektgebiet; Milchvieh + Ackerbau (Getreide, Mais, Leguminosen) + Biogas → Umstellung auf Ökologischen Landbau
- Betrieb Y: 103 ha/ 46 ha im Projektgebiet; Geflügel + Ackerbau und Gemüse/Obst + Biogas (u.a. Folientunnel)
- Betrieb K: 27 ha im Projektgebiet; Ökolandbau, Gemüsebau (u.a. Folientunnel)
- Betrieb Kl., Neueinstieg: 66 ha im Projektgebiet; Mastschweine + Bullenmast + Ackerbau (Mais, Leguminosen)
- Betrieb Kr., Neueinstieg: 30 ha im Projektgebiet; Ackerbau (Getreide, Mais)

## 5 Zusammenfassung

Die Landwirtschaftskammer NRW erstellt als beteiligter Kooperationspartner am DBU-Projekt KlimaBeHageN einen landwirtschaftlichen Fachbeitrag in Form eines Ergebnisberichtes mit Darstellung der:

- Strukturdaten der wirtschaftenden Betriebe / der bewirtschafteten Fläche und der beregnungswürdigen Kulturen im Versuchsgebiet;
- Ermittlung des mengenmäßigen Wasserbedarfs;
- Ermittlung der landwirtschaftlichen Betriebe, die künftig potentiell im Versuchsgebiet an einer langfristigen, ressourcenschonenden Bewässerung und zugewiesenen Wasserrechten Interesse haben (Uni Kassel/LWK).

In diesem Bericht sind die Daten und Ergebnisse einer durchgeführten Betriebsbefragung unter den im Projektgebiet wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben ausgewertet worden. 165 von 380 Erhebungsbögen wurden zurückgesandt und fließen mit einer flächenmäßigen Abdeckung von etwa 70 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche (7.550 ha LF im Projektgebiet) ein.

Von den 165 Erhebungsbögen verfügen 29 Betriebe über eine Bewässerungsanlage. Insgesamt bewirtschaften diese 29 Landwirte etwa 1.500 ha, von denen rund 890 ha (fast 60 %) beregnet werden.

Auf den beregneten Flächen wird vor allem Mais angebaut mit 371 ha bzw. 42 %. Gemüse (182 ha), Spargel (103 ha) und Kartoffeln (73,5 ha) machen zusammen 358,5 ha beregnete Fläche aus und entspricht einem 40 %-Flächenanteil. Wird beim Gemüse zwar insgesamt weniger Fläche beregnet als beim Mais, so ist deren Beregnungsintensität jedoch höher, um die Gemüsequantität und -qualität abzusichern. Ohne eine Bewässerung wäre auf diesen Flächen der Anbau von Sonderkulturen nicht möglich und zu risikoreich. Die Beregnung von Mais ist in den letzten drei Trockenjahren vor allem durchgeführt worden, um eine ausreichende Bereitstellung an Futtermitteln in dieser vom Futterbau geprägten Region sicherzustellen.

Ergänzend zu den Bewässerungsbedarfsdaten aus der Erhebung wird ein kalkulatorischer Ansatz über alle bewirtschaftenden Betriebe und angebauten Kulturen in der Projektregion aufgestellt, um den maximal in der Region auftretenden Beregnungsbedarf hochzurechnen. Denn es kann durchaus sein, dass über die Erhebung nicht alle Bewässerungsbetriebe erfasst bzw. erreicht wurden. Der kalkulatorische Ansatz legt zum einen alle **Hauptanbaukulturen für einen Beregnungsbedarf zu grunde, der sich auf eine Beregnungsmenge von 5.466.000 m³/a insgesamt beläuft**. Wird zum anderen im Ansatz die **Dauergrünlandflächen** miteinbezogen von insgesamt 1.785 ha, erhöht sich

die Berechnungsmenge dafür **um 2.677.500 m<sup>3</sup>/a**. Somit ist für das Projektgebiet insgesamt ein Berechnungsbedarf **von 8.143.500 m<sup>3</sup>/a** zu kalkulieren bzw. zu prognostizieren. Dies entspricht durchschnittlich 110 mm/ha/a.

In der Erhebung haben 20 Betriebe (zusätzlich zu den 29 Bewässerungsbetrieben) angegeben zukünftig in die Bewässerung einsteigen zu wollen. Diese sind an eine ressourcenschonende Bewässerung interessiert. Im kalkulatorischen Ansatz ist deren möglicher Berechnungsbedarf somit schon eingerechnet und kann bei der Bewertung berücksichtigt werden.

Im Vordergrund des DBU-Projektes stehen vor allem Effizienzfragen, um das knappe und knapper werdende nutzbare Dargebot von Bewässerungswasser im Projektgebiet sinnvoll und ressourcenschonend einzusetzen. Mögliche Maßnahmen zur Anpassung an Klimawandel und Klimafolgen sind zur Effizienzsteigerung der Wassernutzung vor allem die Minderung von Wasserverlusten und/oder die bessere Ausnutzung vorhandenen Wassers. Anpassungs-/Optimierungsmöglichkeiten bestehen bei der Kulturauswahl und Kulturführung sowie im Bereich der Bewässerung. In diesem Zusammenhang wurde eine Maßnahmenübersicht aufgestellt. Aus dieser Übersicht können die landwirtschaftlichen Betriebe für sich geeignete Maßnahmen auswählen und im Betrieb zielgerichtet umsetzen.

Zum Thema Bewässerungstechnik und –steuerung und Sensor- und Softwarenutzung von Bewässerung wird die Universität Kassel in einer Masterarbeit eine umfassende Literaturrecherche durchführen (theoretischer Teil). Klimaszenarien werden für die Projektregion erarbeitet, Analysen von fünf Praxisbetrieben durchgeführt und abgeleitete Maßnahmen dargestellt.

Darüber hinaus beschäftigt sich die Hochschule Ruhr West (HRW) Mülheim mit der Analyse der Wassernutzer, Flexibilitätspotentialen bei der Nachfrage, Erarbeitung von Strukturen und Gesamtkosten und statischen Finanzierungsmodellen sowie Möglichkeiten eines dynamischen Preismodells. In die Betrachtung fließt die Gründung eines Bewässerungsverbandes mit ein.

Bei der Betrachtung des Projektgebietes sind folgende Aspekte aus Sicht der Agrarstruktur als wesentlich herauszustellen und mit zu beachten:

Die Land- und Forstwirtschaft erhält die natürlichen Lebensgrundlagen und sichert die Ernährung unserer und künftiger Generationen.

Durch die Versiegelung gehen nicht nur wertvolle landwirtschaftliche Flächen für die Nahrungsmittelerzeugung verloren, sondern auch Flächen für Biodiversität der Flora und Fauna, Grundwasserneubildung, Kaltluftbildung und Regionalklima auf dem Lande so wie im urbanen Bereich. Sie tragen zur Verringerung der städtischen Sommertemperaturen durch ihr Bodenkühlungspotential bei.

Die Flächen dienen als Wasserrückhalt für Starkregenereignisse und stehen bei Hochwassersituationen als Auffangbereiche zur Verfügung.

Landwirtschaftliche Flächen erfüllen gleichzeitig mehrere Funktionen, die in ihrer Vielfalt und hinsichtlich ihrer Wechselbeziehung mit anderen Nutzergruppen beachtet und abgewogen werden müssen. Nutzungskonkurrenzen und –konflikte sind sorgfältig und zukunftsgerichtet einer gesamtgesellschaftlich akzeptablen Lösung zuzuführen.

**Insofern besteht die Erwartungshaltung und die Motivation der Landwirtschaft an diesem Projekt in den folgenden Punkten:**

- Der Bewässerungsbedarf von **5,5 bzw. 8,1 Mio. m<sup>3</sup>/a** sollte in Zukunft als Grundlage weiterer Wasserrechte dienen.
- Das Wasser, welches bisher in Oberflächengewässer geleitet und im Süden am Pumpwerk in die Lippe gepumpt wird, sollte über dezentralen Rückhalt in den Oberlaufgebieten (z.B. Moore) und technische Maßnahmen **möglichst in Höhe von 9. Mio. m<sup>3</sup>/a dem Grundwasserleiter zugeführt** werden.
- Der **Grundwasserleiter ist der beste Wasserspeicher!** Es herrschen kaum Verdunstungsverluste, eine hohe Flexibilität aller Nutzer ist gegeben und entspricht den rechtlichen Anforderungen eines **sparsamen Wasser- und Flächenumgangs**.
- **Erlaubnisse zur Grundwasser-/Oberflächenwasserentnahmen** sollten auch in Zukunft ermöglicht werden, für...
  - A) Betriebe, die bereits berechnen und einen höheren Bedarf haben,
  - B) Betriebe, die in WSG und NSG liegen und
  - C) Betriebe, die aufgrund von Klimafolgen neu in die Bewässerung einsteigen müssen.

Darüber hinaus sollten bestehende Brunnen und Leitungen ermittelt werden, um ein **Bewässerungsnetzwerk aufzubauen in Kooperation mit der Landwirtschaft**.

## Anhang

**Tabelle A1:** Beregnete Kulturen in ha und Beregnungsmenge m<sup>3</sup>/Jahr im Projektgebiet

Beregnete Kulturen in ha und m <sup>3</sup> /Jahr im Projektgebiet								
Getreide	Mais	Kartoffeln	Spargel	Gemüse	Obst	Leguminosen	Sonstiges	Summe
5	10	2		0,2	2			19,2
1000	4000	3500		150	4500			13150
22:00-24:00	22:00-24:00	22:00-24:00		08:00-10:00	22:00-24:00			
Mai	Juli, August	Mai - August		Juni, Juli	April-Juli			
	35					20	55	
	26000					24000	50000	
unterschdl. je nach Witterung								
	Juli, August						Juni-August	
			56,1					56,1
			54000					54000
			00:00-24:00					
			April-Sept.					
		100		15				115
		52000		7800				59800
		8:00-22:00		8:00-22:00				
		Mai-Sept.		Mai-Sept.				
7	8			7,5			7	29,5
4200	3150			9600			5200	22150
							Rüben	
Mai, Juni	Juli, August			Mai-August			Juni-Sept.	
	6			7				13
	800			1200				2000
erstmalig in 2020 beregnet								
	Juni, Juli			April-Mai				
	10					10	20	
	7500					7500	15000	
zur Zeit können nur 20 ha beregnet werden								
Annahme getroffen aufgrund von Wasserrechten								
	x					x		
Mai-Aug.								
						Mai-Aug.		
		20					20	
		18000					18000	
wenn möglich nur nachts								
				April-Sept.				
	21					19	40	
	26000					30000	56000	
	k.A.					k.A.		
	Juni-Aug.					Mai-Aug.		
	4	4		4	4			16
	1600	2000		2000	400			6000
	22:00-08:00	22:00-08:00		22:00-08:00	22:00-08:00			
	Juni, Juli	Juni, Juli		Juni, Juli	Juni, Juli			
5	25					5	35	
2000	10000					2000	14000	
nachts wenn möglich; ansonsten tagsüber den Wind- und Sonnenverhältnissen angepasst								
Mai-Aug.	Mai-Aug.					Mai-Aug.		
			0,6	0,8			1,4	
			160	140			300	
			08:00-09:00	08:00-09:00				
			Mai-Aug.	Mai-Aug.				
		8					8	
		4000					4000	
		k.A.						
		Juni, Juli						
4	30						34	
5000	15000						20000	
	k.A.	k.A.						
Mai, Juni	Mai-Aug.							
5	45						50	
3000	12000						15000	
	k.A.	k.A.						
	Juni, Juli							

			Mai-Aug.	Mai-Aug.		
72			8 4000		8 4000	
			k.A. Juni, Juli			
4	30				34	
5000	15000				20000	
k.A.	k.A.					
Mai, Juni	Mai-Aug.					
5	45				50	
3000	12000				15000	
24 h	k.A.					
Juni-Aug.	Juni-Aug.					
		3,5			3,5	
		3000			3000	
		20:00-08:00				
		Juni, Juli				
10	5	15			30	
300	300	1200			1800	
22:00-06:00	22:00-06:00	22:00-06:00				
Juli	Juni, Juli	Juni, Juli				
10					10	
5000					5000	
18:00-11:00						
Mai-Aug.						
15		25			40	
5000		20000			25000	
19:00-07:00		19:00-07:00				
Juli, Aug.		Mai-Aug.				
10	10				20	
10000	10000				20000	
19:00-07:00	19:00-07:00					
Juli, Aug.	Juli, Aug.					
5	21	25			51	
3635	15265	27125			46025	
19:00-12:00	nachts	19:00-12:00				
Mai-Aug.	Mai-Aug.	Mai-Aug.				
6,4	36,3	5	5,8		53,5	
4660	26412	5425	6315		42812	
19:00-12:00	nachts	19:00-12:00	19:00-12:00			
Mai-Aug.	Mai-Aug.	Mai-Aug.	Mai-Aug.			
30		3	20	10	63	
3000		1000	29000	7000	40000	
nur ext. Trockenh.						
	nachts	nachts, ggf. tagsüber				
9	26	11	10,5		3,8	60,3
3100	12300	8250	9000		3800	36450
nachts-10:00	nachts-10:00	nachts-10:00	nachts-10:00 Uhr		nachts-10:00	
April	Juli	Mai, Juni	Mai-Juli		Mai-Aug.	
9	10		10			29
3150	8400		6000			17550
24 h	24 h		24 h			
Juni	Juni, Juli		Mai-Aug.			
				7	7	
				9000	9000	
					Juni, Juli	
10						10
5000						5000
abends/nachts						
Juli, Aug.						
				beregnete Fläche in ha	889,5	
				Beregnungsmenge in m³	601037	

## Anschreiben zum Erhebungsbogen



Westfälisch-Lippischer  
Landwirtschaftsverband e. V.  
Kreisverband Recklinghausen

Landwirtschaftskammer NRW - Borkener Straße 25 48853 Coesfeld

Landwirtschaftskammer  
**Nordrhein-Westfalen**

### Kreisstelle

Coesfeld

Recklinghausen

Borkener Str. 25, 48853 Coesfeld

Tel. 02541 910-0, Fax -333

Mail coesfeld@lwk.nrw.de

[www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de)

Auskunft erteilt: Melanie Wilmer-Jahn

Durchwahl: 02541 910 263

Mobil: 01621312206

Mail: melanie.wilmer-jahn@lwk.nrw.de

Anschreiben KlimaBeHageN\_22.03.21 (2).docx

17.03.2021

### Erhebungsbogen zum DBU-Projekt KlimaBeHageN Dorsten

Sehr geehrte ....,

im Projekt KlimaBeHageN (Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet NRW: Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft & Wasserversorgung) werden bis 2022 Wissenschaftler, Ökonomen, wasserwirtschaftliche Ver- und Entsorger und landwirtschaftliche Interessensvertretungen gemeinsam versuchen, **übertragbare Lösungen zum Wassermangel** durch den Klimawandel im Hammbach-Einzugsgebiet in Dorsten zu finden. Nur in **Kooperation aller Akteure** kann die langfristige Sicherung der Wasservorräte als Lebensgrundlage gelingen und so zur Existenzsicherung der Landwirtschaft in der Pilotregion beitragen.

Um die Belange der Landwirtschaft zu vertreten, sind wir auf **Ihre Mithilfe** angewiesen. Leisten Sie durch eine verlässliche Datenbasis einen Beitrag zum Gelingen des Projektes. Dieses Projekt wird vom Landwirtschaftlichen Kreisverband Recklinghausen im WLV und dem Wasser- und Bodenverband Rhader Bach/Wienbach als Projektpartner befürwortet u. unterstützt.

Vor diesem Hintergrund bitten wir Sie, den **beigefügten Erhebungsbogen auszufüllen und bis zum 9. April 2021** entweder mit dem **frankierten Rückumschlag** oder per **Fax** (02541 / 910-333) zurückzusenden.

Bei **Fragen zum Projekt oder Unklarheiten im Erhebungsbogen** melden Sie sich gerne bei mir. Zusätzlich zu einem direkten Kontakt biete ich Ihnen auch eine Videokonferenz am 6. April 2021 um 19.00 Uhr an, um weitere Fragen zu beantworten. Hierfür melden Sie sich bitte baldmöglichst per E-Mail, damit ich Ihnen die Einwahldaten zur Verfügung stellen kann.

Mit freundlichen Grüßen

M. Wilmer-Jahn

M. Lammers

F. Steinmann

W. König

Melanie Wilmer-Jahn  
(Projektbeauftragte)

Marianne Lammers  
(Geschäftsführerin KST COE/RE)

Friedrich Steinmann  
(Kreisverbandsvorsitzender)

Wolfgang König  
(Geschäftsführer WLV)

Anlagen: Erhebungsbogen, frankierter Rückumschlag

Qualitätsmanagementsystem zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2015

Konto der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen:

DZ Bank AG  
UST-IdNr. DE 126118293

IBAN: DE97 4006 0000 0000 4032 13  
Steuer-Nr. 337/5914/0780

BIC: GENO DE MS XXX

## Erhebungsbogen



Auskunft erteilt Frau Wilmer-Jahn  
Durchwahl: 02541-910-263  
Mobil: 0162 13 12 206

Kreisstelle Coesfeld/Recklinghausen  
Borkener Straße 25, 48653 Coesfeld

**Projekt: „Klima-Bewusstsein im Hammbachgebiet (Dorsten):  
Nachhaltiges Wassermanagement für Landwirtschaft, Landschaft &  
Wasserversorgung“ („KlimaBeHageN“)**

Name: ..... Vorname: .....  
Straße: ..... PLZ: ..... Stadt .....  
Ortsteil: ..... Tel: .....  
Handy: .....

**Diese Daten dienen ausschließlich diesem Projekt und werden nur von Frau Wilmer-Jahn zum  
Projektauftakt verwendet. Danach werden Ihre persönlichen Daten umgehend vernichtet.  
Einzelbetriebliche Daten werden nicht weitergeleitet!**

<b>1. Betriebsleitung (bitte ergänzen bzw. ankreuzen)</b>			
Geburtsjahr	101		
102 Haupterwerb	Nebenerwerb	103	
<b>Ausbildung (bitte ggf. Zahlen eintragen!)</b>			
104 Landwirtschaft		1 = keine 2 = Lehre 3 = Fachschulabschluss 4 = Meister 5 = FH-/Umaabschluss	
105 Sonstige:			
<b>Betriebsnachfolge (bitte ankreuzen)</b>			
106 gesichert	möglich	108	
107 nicht vorhanden			
109 Wenn ja, Geburtsjahr			
<b>2. Betriebsflächen (LF)</b>			
LF im Eigentum	ha	301	
(-) verpachtet LF	ha	302	
(+) zugepachtete LF	ha	303	
(=) bewirtschaftete LF insges.	ha	304	
Überwiegende Hauptbodenart (Sand = S, Lehm = L, Ton = T)	S <input type="checkbox"/> L <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	305	
Bodenbearbeitung (Pflug = Pf, Grubber = Gr)	Pf <input type="checkbox"/> Gr <input checked="" type="checkbox"/>	306	

<b>3. Betriebszweige (bitte ankreuzen) (Mehrfachnennungen sind möglich)</b>			
Mastschweine		201	
Zuchtsauen		202	
Milchkuhhaltung		203	
Rindermast		204	
Geflügel		205	
Biogas		206	
Ackerbau		207	
Ökologischer Landbau		208	
Gemüsebau		209	
Obstbau		210	
<b>4. Flächenbewirtschaftung (Kulturen 2021)</b>			
<b>Ackerbau</b>			
Getreide	ha	402	
Mais	ha	403	
Kartoffeln	ha	404	
Spargel	ha	405	
Gemüse (z.B. Spinat)	ha	406	
Obst (z.B. Erdbeeren)	ha	407	
Leguminosen	ha	408	
Sonstige:	ha	409	



Auskunft erteilt Frau Wilmer-Jahn  
Durchwahl: 02541-910-263  
Mobil: 0162 13 12 206

Kreisstelle Coesfeld/Recklinghausen  
Borkener Straße 25, 48653 Coesfeld

### 5. Berechnung

5.1 Berechnung			
... wird zur Zeit durchgeführt	ja: <input type="checkbox"/>	nein: <input type="checkbox"/>	510
... zukünftig geplant	ja: <input type="checkbox"/>	nein: <input type="checkbox"/>	511
5.2 Gesamtfördermenge (in m³ pro Jahr angeben)			
... tatsächlich entnommene Fördermenge (unabhängig von Förderrechten etc.) (Durchschnitt der letzten ... Jahre)			510
Erhöhung um ..... m³ notwendig			511
5.3 Nach welchen Kriterien beurteilen Sie den Bewässerungsbedarf?			
<input type="checkbox"/> Erfahrung	<input type="checkbox"/> Bewässerungssoftware		
<input type="checkbox"/> Bodensensor	<input type="checkbox"/> Sonstiges:		

5.4 Herkunft des Wassers		bitte ankreuzen
Bohrbrunnen		<input type="checkbox"/> 540
Oberflächenwasserentnahme		<input type="checkbox"/> 541
Sonstiges:		
5.5 Technik der Berechnung		bitte ankreuzen
Trommelberechnung		<input type="checkbox"/> 550
Kreisberechnung		<input type="checkbox"/> 551
Tröpfchenbewässerung		<input type="checkbox"/> 552
Sonstiges:		

5.6 Berechnete Kulturen				
Kultur	ha	m³/Jahr	Zeitspanne täglich (Uhrzeiten)	vorrangige Berechnungsmonate
Beispiel: Kartoffel, spät Sommer	2	2400	8.00-10.00 Uhr und 22.00-24.00 Uhr	Mai, Juni, Juli, August
Getreide				
Mais				
Kartoffeln				
Spargel				
Gemüse				
Obst				
Leguminosen				
Sonstige:				

5.7 Mitwirkung				
Bereitschaft an innovativen Berechnungsprojekten teilzunehmen	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>		
Ich wünsche ein einzelbetriebliches Beratungsgespräch (zur Berechnungstechnik etc. gerne in Kooperation mit Herrn Hesse von der Uni Kassel)	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>		

Platz für Ihre Anregungen und Anmerkungen:

Einverständniserklärung zur Datenverwendung und zum Datenschutz:	
Ich erkläre mich hiermit einverstanden, dass die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen die o. g. Daten sachbezogen für die landwirtschaftliche Bedarfs- und Strukturanalyse verwenden darf. Alle Daten aus dieser schriftlichen Erhebung und ggf. einer persönlichen Befragung werden an Dritte nur in zusammengefasster und anonymisierter Form weitergegeben.	
(Ort, Datum)	(Unterschrift)

## Quellen

Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (AMI), OL-706, AMI-informiert.de, 2018

ANTER, J., KRAFT, M., LANGKAMP-WEDDE, T. (2017a): Sensorgestützte Beregungssteuerung – ein Blick in die angewandte Forschung. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

ANTER, J., KREINS, P., HEIDECKE, C., GÖMANN, H. (2017b): Entwicklung des regionalen Bewässerungsbedarfs – Engpässe in der Zukunft? In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

Arbeitsgruppe Boden (2005): Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, 5. Aufl., 438 S.; 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen, Hannover 2005. ISBN 978-3-510-95920-4

BIRRENBACHER, A. (2021 a): Wasser ernten – In Brandenburg sind langanhaltende Trockenheit und auch Starkregen keine Seltenheit. Damit das Regenwasser dennoch den Boden Speist, nutzt Hof Windkind eine ressourcenschonende Methode: Wasserretentionsbecken. LandInForm, Ausgabe 2/2021, S. 18.

BIRRENBACHER, A. (2021 b): Klimaresistente Pflanzen – Mithilfe der Züchtung lassen sich Pflanzen an neue Herausforderungen anpassen. Welches Potenzial steckt darin? LandInForm, Ausgabe 2/2021, S. 19.

BISCHOFF, HOLZ, SCHRÖDTER (2007): Landesanstalt für Landwirtschaft Sachsen-Anhalt – Möglichkeiten der Anpassung aus acker- und pflanzenbaulicher Sicht, [https://lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/LAU/Klima/AG\\_Klimawandel/Workshops/workshop2/Dateien/anpassungsstrategien\\_19\\_10\\_2007jb.pdf](https://lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Klima/AG_Klimawandel/Workshops/workshop2/Dateien/anpassungsstrategien_19_10_2007jb.pdf) (Download am 17.08.2021)

BNatSchG (2009): Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist

BOKU (2021): Bodenkunde Online – Saugspannung-Wassergehalt-Beziehung, [https://www.boden-kunde-projekte.hu-berlin.de/boku\\_online/pcboku10.agrar.hu-berlin.de/cocoon/boku/sco\\_6\\_wasserhaushalt\\_127cf8.html?section=N100CL](https://www.boden-kunde-projekte.hu-berlin.de/boku_online/pcboku10.agrar.hu-berlin.de/cocoon/boku/sco_6_wasserhaushalt_127cf8.html?section=N100CL) (Download am 13.07.2021)

BLE (2019): Bundesinformationszentrum Landwirtschaft – Bewässerung in der Landwirtschaft, <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/bewaesserung/bewaesserung-in-der-landwirtschaft/> (Download am 13.07.2021)

BLE (2021): Bundesinformationszentrum Landwirtschaft – Wie arbeiten Gemüsebauern in Deutschland, <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-arbeiten-foerster-und-pflanzenbauer/wie-arbeiten-gemuesebauern-in-deutschland> (Download am 13.07.2021)

Bundesgerichtshof (BGH), Beschluss vom 23.11.2012, BLw 12/11

Bundesverfassungsgericht (BVerfG) Karlsruhe, 1. Sen. Rechtskr. Urt. vom 20.03.1963 – 1 Bv R 505/59 – s. Recht der Landwirtschaft, 15. Jahrg. Nr. 4, Agricola Verlag, Stolhamm (OLDB), S. 95, April 1963

DE WITTE, T. (2017): Wirtschaftlichkeit der Feldbewässerung. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

DESTATIS (2021): Flächennutzung; [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/_inhalt.html) (Download am 21.06.2021)

DETER, A. (2019): Ökolandbau – Forscher verglichen Stabilität der Erträge aus konventionellem und ökologischem Anbau, <https://www.topagrar.com/oekolandbau/news/forscher-vergleichen-stabilitaet-der-erträge-aus-konventionellem-und-ökologischem-landbau-10562250.html>, topagrar-online (Download März 2019)

Deutscher Bauernverband (2021): Situationsbericht 2020/2021, Ressourcenschutz und Klima – 2.4 Folgen des Klimawandels; <https://www.bauernverband.de/situationsbericht/2-ressourcenschutz-und-klima/24-folgen-des-klimawandels> (Download am 17.07.2021)

Deutscher Bundestag (2019): Kurzinformation – Einzelfragen zur Photosynthese von C3- und C4-Pflanzen, Hrsg: Wissenschaftlicher Dienst, WD 8 – 3000-126/19, 26.09.2019.

DIESTEL, H. (2017): Hydrologische und biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft – vernachlässigte Aspekte und Lösungsansätze. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

DIETRICH, O., FAHLE, M., STEIDL, J. (2014): Anpassung des Wassermanagements in stauregulierten Niederungsgebieten anzunehmende Wetterextreme-Möglichkeiten und Grenzen der Einflussnahme auf Wasserhaushaltsgrößen, In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.), Wassermanagement im Klimawandel- Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen KLIM-ZUG Band 3, 161-189, München, oekom Verlag

DLG (2016): Boden gutmachen, <https://www.gemuese-online.de/Boden-gutmachen,QUIEP-TUwNzQ0MjgmTUIEPTEyMzM.html> (Download am 19.07.2021)

DWD (2021): Klimawandel ein Überblick, Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/ueberblick/ueberblick\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/ueberblick/ueberblick_node.html) (Download am 20.05.2021)

ELWAS WEB (2021): Definition Kulturstaue, <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf;jsessionid=03F1A4164408C2B462A29B356E86D83F#> (Download 21.06.2021)

ERFTVERBAND (2021): Grundwasserneubildung, <https://www.erftverband.de/grundwasserneubildung/> (Download am 7.12.2021)

FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH (2021): Erklärung mGROWA, [https://www.fz-juelich.de/ibg/ibg-3/EN/Research/Modelling\\_and\\_management\\_of\\_catchments/Water\\_Balance\\_And\\_Climate\\_Change/\\_node.html](https://www.fz-juelich.de/ibg/ibg-3/EN/Research/Modelling_and_management_of_catchments/Water_Balance_And_Climate_Change/_node.html) (7.12.2021)

FRICKE, E. (2017): Effiziente Bewässerungstechnik und –steuerung – Stand und Trends. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

FRÖBA, N., BELAU, T. (2019): Betriebswirtschaftliche Eckdaten zur landwirtschaftlichen Bewässerung, KTBL; <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/bewaesserung/betriebswirtschaftliche-eckdaten/> (10.07.2021)

GAWLIK, SCHUSTER (2021): Grundwasser – ein Geschenk aus der Tiefe, Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), [https://www.gd.nrw.de/gw\\_start.htm](https://www.gd.nrw.de/gw_start.htm) (Download am 20.05.2021)

GEOLOGISCHER DIENST NRW (2016): Boden in Nordrhein-Westfalen: Erkunden, Nutzen, Erhalten; 2. Überarbeitete Auflage; [https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer\\_boden.pdf](https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_boden.pdf) (Download am 20.05.2021)

HERBST, M., FRÜHAUF, C. (2017): Wird das Wasser knapp? Wasserbedarf und –verfügbarkeit heute und in Zukunft. In Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

IHK NRW: 10 Fakten zur Flächennutzung in NRW, 19.12.2016 (mit Daten von IT NRW, 2016)

KLIMABERICHT NRW (2021): Klimawandel und seine Folgen – Ergebnisse aus dem Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring. LANUV Fachbericht 120, [https://www.klimaatlas.nrw.de/Media/Default/Dokumente/Screen\\_Klimabericht\\_2021\\_211208.pdf](https://www.klimaatlas.nrw.de/Media/Default/Dokumente/Screen_Klimabericht_2021_211208.pdf) (Download am 24.01.2022)

KTBL (2013): KTBL-Datensammlung Feldbewässerung

KRUSE, S. (2017): Rechtliche Aspekte und Konflikte landwirtschaftlicher Wassernutzung. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

Landesbetrieb IT.NRW (2017): Landwirtschaft in NRW, Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung 2016, [https://www.it.nrw/sites/default/files/atoms/files/343a\\_17.pdf](https://www.it.nrw/sites/default/files/atoms/files/343a_17.pdf) (Download am 20.05.2021)

LANDESBETRIEB IT.NRW (2021): Landwirtschaftliche Betriebe nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche –LZ 2021, <https://www.it.nrw/statistik/eckdaten/landwirtschaftliche-betriebe-nach-groessenklassen-1481> (Download am 02.11.2021)

Landesnaturschutzgesetz - LNatSchG NRW, in der Fassung vom 15. November 2016 (GV. NRW. S. 934), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 26. März 2019 (GV. NRW. S. 193, 214)

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Lenzen, Wilhelm: Landwirtschaftlicher Fachbeitrag zum Regionalplan „Metropolregion Ruhrgebiet“, Daten, Fakten, Entwicklungen der Landwirtschaft Im urbanen und suburbanen Raum, 2012

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Scholz, Herwig: Landwirtschaftlicher Fachbeitrag zum Regionalplan „Düsseldorf“, Daten, Fakten, Entwicklungen der Landwirtschaft Im ländlichen, suburbanen und urbanen Raum, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2013

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Schöler, Bruno: Standardwerte zur Ermittlung des Wasserbedarfs für Berechnung zur Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis, 2014

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: Landwirtschaft und Gartenbau in NRW; <https://www.landwirtschaftskammer.de/ialb2017/nrw/landwirtschaft.htm>, 2017

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Boerman, Jürgen; Bodin, Ute; Lemke, Ulrike: Zahlen zur Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, 2017

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Eich, Eduard: Stellungnahme zur Aufstellung des Regionalplan Ruhr, 2019

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Großewinkelmann, Markus: Bewässerungsrichtlinie Nordrhein-Westfalen 2019, <https://www.landwirtschaftskammer.de/foerderung/hinweise/bewaesserungsrichtlinie.htm> (Download am 20.05.2021)

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Labonte, Carolin: Die Struktur der Landwirtschaft und ihre Entwicklung in der Stadt Datteln. Landwirtschaftlicher Fachbeitrag für den Bereich des Bebauungsplans Nr. 100 newPark, 2021

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: Auszug aus dem InVeKoS-Datenbanksystem des Landes NRW, 2018-2019

LANUV (2011): Klimawandel und Landwirtschaft – Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Entwicklung der Pflanzenproduktion in Nordrhein-Westfalen. [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/broschuere\\_klimawandel\\_landwirtschaft.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/broschuere_klimawandel_landwirtschaft.pdf) (Download 30.07.2021)

LEE, KS, CHUNG, E-S (2007): Hydrological effects of climate change, groundwater withdrawal, and land use in a small Korean watershed. *Hydrol Process* 21:3046–3056.  
<https://doi.org/10.1002/hyp.6513> (Download am 21.06.2021)

LÜTKE ENTRUP, S. (2021): Klimaresistente Pflanzen – Mithilfe der Züchtung lassen sich Pflanzen an neue Herausforderungen anpassen. Welches Potential steckt darin? LandInForm, Ausgabe 2/2021, S. 19.

LWK NDS (2018): Landwirtschaftskammer Niedersachsen - Online-Modul Feldbewässerung, <https://moodle.luenecom.de/course/view.php?id=3> (19.07.2021)

MARX, A. (2021): Dürremonitor Deutschland – Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, <https://www.ufz.de/index.php?de=37937> (Download am 21.06.2021)

MESSER, J., WERNER, F., BAREIN, A., KONS, S. (2019): Lippe Wassertechnik GmbH – Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hammachs in Dorsten, Abschlussbericht 2019, Projektnummer 34437/01-33/2

MIARA, SCHILLI (2021): Boden und Klimawandel, Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), [https://www.gd.nrw.de/bo\\_start.htm](https://www.gd.nrw.de/bo_start.htm) (Download am 20.05.2021)

MULNV: Ernährungswirtschaft in NRW, [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/land-u-ernaehrungswirtschaft\\_nrw.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/land-u-ernaehrungswirtschaft_nrw.pdf), 2011

MULNV: Die Land- und Ernährungswirtschaft in NRW, [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/land-u-ernaehrungswirtschaft\\_nrw.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/land-u-ernaehrungswirtschaft_nrw.pdf), 2015

MULNV (2019): Flächenverbrauch, <https://www.umwelt.nrw.de/umwelt/umwelt-und-ressourcenschutz/boden-und-flaechen/flaechenverbrauch/> (Download in 2019)

NOLEPPA, S., CARTSBURG, M. (2015): Nahrungsmittelverbrauch und Fußabdrücke des Konsums in Deutschland – Eine Neubewertung unserer Ressourcennutzung, WWF Deutschland (Hrsg.), [https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF\\_Studie\\_Nahrungsmittelverbrauch\\_und\\_Fussabduecke\\_des\\_Konsums\\_in\\_Deutschland.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Nahrungsmittelverbrauch_und_Fussabduecke_des_Konsums_in_Deutschland.pdf) (Download am 17.08.2017)

NOPPEL, H. (2017): Bericht des DWD - Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz – Abschlussbericht; Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), [https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb\\_verlag\\_berichte/pdf\\_einzelbande/249\\_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=3](https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_berichte/pdf_einzelbande/249_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=3) (Download 20.05.2021)

ONLINEMARKETING-PRAXIS (2021): Nachhaltige Unternehmens- und Markenführung - Drei Säulen der Nachhaltigkeit, <https://www.onlinemarketing-praxis.de/basisinformationen/nachhaltige-unternehmens-und-markenfuehrung> (Download am 18.09.2021)

RIEDEL, A. (2017): Verbesserung der Nährstoffeffizienz durch Bewässerung. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2018): Lehrbuch der Bodenkunde, 17. Auflage, Berlin: Springer Spektrum Verlag, S. 131 ff

SCHNEIDER, U., FINGER, P., MEYER-CHRISTOFFER, A., RUSTEMEIER, E., ZIESE, M., BECKER, A. (2017): Evaluating the Hydrological Cycle over Land Using the Newly-Corrected Precipitation Climatology from the Global Precipitation Climatology Centre (GPCC). *Atmosphere* 2017, 8(3), 52; doi:10.3390/atmos8030052

SCHIMMELPFENNUG, S., HEIDECKE, C., ANTER, J. (2017): Herausforderungen für die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen in Deutschland. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

SCHIMMELPFENNIG, S., ANTER, J., HEIDECKE, C., LANGE, S., RÖTTCHER, K., BITTNER, F. (2018): Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

SCHITTENHELM, S., KOTTMANN, L. (2017): Notwendigkeit der Bewässerung aus Sicht des Pflanzenbaus. In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

SCHREY, H. P. (2021): Differenzierung der Bodenart – Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), [https://www.gd.nrw.de/bo\\_korngroessenanalyse.htm](https://www.gd.nrw.de/bo_korngroessenanalyse.htm) (Download am 20.05.2021)

SCHREY, H. P. (2014): Die Karte der schutzwürdigen Böden in NRW 1:50 000, Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), S. 14

SOURELL, H. (2007): Wasser marsch! – Technik und Kosten der Feldbewässerung. Agritechnica Forum 3, 13.11.2007, Hannover

STRECKER, S. (2021): Eine Kostprobe Zukunft – Ein Projekt aus Sachsen-Anhalt will die Landwirtschaft für die Folgen des Klimawandels wappnen. LandInForm, Ausgabe 2/2021, 30-31.

STROBL, T., ZUNIC, F. (2006): Wasserbau – Aktuelle Grundlagen, neue Entwicklungen; Springer Verlag, S. 570 ff

TEISER, B. (2017): Erfahrungen aus der Abwassernutzung auf landwirtschaftlichen Flächen. In: In: Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F. (Hrsg.) „Bewässerung in der Landwirtschaft – Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg“, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 161 p, Thünen Working Paper 85, DOI:10.3220/WP1515755414000

THEOBALD, S., TRÄBING, K., RÖTZ, A., SIGLOW, A., ROLAND, F., BOUILLON, C. (2014): Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel in Nordhessen, In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S (Hrsg.), Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen KLIMZUG Band 3, 213-234, München, oekom Verlag

Umweltbundesamt (UBA) (2017): Texte 81 / 2017 – Entwicklung von konsumbasierten Landnutzungsindikatoren – Synthesebericht (Download im Januar 2017)

UBA (2020): Umweltbundesamt – Von der Welt auf den Teller. Kurzstudie zur globalen Umweltanspruchnahme unseres Lebensmittelkonsums, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/von-der-welt-auf-den-teller> (Download am 11.10.2021)

UBA (2021): Umweltbundesamt – Nachhaltige Wasserwirtschaft, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/nachhaltige-wasserwirtschaft> (Download am 04.10.2021)

VETTER, A., DALITZ, L., MEILINGER, V., VAN RÜTH, P. (2021): Anpassung an die Klimafolgen jetzt beginnen – Die Folgen des Klimawandels werden mit Starkregen, Hitze- und Dürreperioden immer deutlicher. Wie können ländliche Regionen darauf reagieren und welche Unterstützung erhalten sie? LandInForm, Ausgabe 2/2021, 12-13.

ZAMG (2021): Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – Unterschied zwischen Klima und Wetter (Hrsg.), <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaformschung/wetter-und-klima> (Download am 26.08.2021)

