



UMWELTTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 3191234-6
Projekt Nr. 2019-1136

KUNDE: Stadtverwaltung Neustadt a. d. Donau
Stadtplatz 1
93333 Neustadt a. d. Donau

BAUMAßNAHME: Gemeinschaftsbewässerungsanlage Ulrain

GEGENSTAND: Abschlussbericht

ORT, DATUM: Deggendorf, den 29.06.2023

Dieser Bericht umfasst 62 Seiten, 21 Tabellen, 5 Abbildungen und 5 Anlagen.
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.
Die Proben werden ohne besondere Absprache nicht aufbewahrt.

IFB Eigenschenk GmbH

Mettener Straße 33
DE 94469 Deggendorf
Tel. +49 991 37015-0
Fax +49 991 33918
mail@eigenschenk.de
www.eigenschenk.de

Geschäftsführer:

Dr.-Ing. Bernd Köck
Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz

Registergericht:
Amtsgericht Deggendorf · HRB 1139
Umsatzsteuer-ID: DE131454012

Standorte:

IFB Hamburg
IFB Landshut
IFB München
IFB Regensburg

IFB Eigenschenk
+ Partner GmbH
Pesterwitz

Ein Unternehmen von
BKW Engineering



Inhaltsverzeichnis:

1 VORGANG	7
1.1 Auftrag	7
1.2 Fragestellung	8
2 VERWENDETE UNTERLAGEN	8
3 BEGRIFFSDEFINITION	10
4 DARSTELLUNG PROJEKTGEBIET	11
4.1 Projektgebiet	11
4.2 Geologische und Hydrogeologische Situation	13
5 KLIMATISCHER WANDEL	14
5.1 Übersicht Bayern	15
5.2 Projektgebiet	20
6 BEWÄSSERUNGSBEDARF	23
6.1 Trockenjahr	23
6.2 Normaljahr und durchschnittliches Trockenjahr	24
6.3 Zusammenfassung Bewässerungsbedarf	25
6.4 Ausführung zur Bewässerungstechnik	26
7 WASSERDARGEBOT	27
7.1 Grundlagen	27
7.2 Niederschlag	27
7.3 Grundwasserneubildung	28
7.4 Oberflächiger Abfluss	29
7.5 Abfluss Donau und Abens	30
8 GRUNDSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN DES WASSERBEZUGS	32
8.1 Vorbemerkungen	32
8.2 Sammlung von Niederschlagswasser	33
8.2.1 Sammlung in der Fläche (natürlicher Gebietsabfluss)	33
8.2.2 Sammlung Abfluss aus Bereichen mit hohem Versiegelungsgrad	34
8.2.3 Speicherung von Niederschlagswassers	36
8.3 Entnahme von Oberflächenwasser	37



8.3.1	Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten hoher Abflüsse	38
8.3.2	Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten normaler Abflüsse	41
8.4	Entnahme von Uferfiltrat aus der Donau	43
8.5	Entnahme von Grundwasser	44
8.6	Nachnutzung Brauchwasser der Bayernoil Raffinerie	46
8.7	Nachnutzung Abwasser	47
9	VARIANTEN ZUR DECKUNG DES BEWÄSSERUNGSBEDARFS	47
9.1	Zusammenfassung Bezugsmöglichkeiten	47
9.2	Variante 1: Vollständige Deckung durch Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse	49
9.3	Variante 2: Vollständige Deckung durch Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat bei normalen Abflüssen ohne Speicher	50
9.4	Variante 3: Vollständige Deckung durch Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat bei normalen Abflüssen mit Speicher	51
9.5	Variante 4: Deckung durch Kombination von Variante 1 (Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse) mit Variante 3 (Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat mit unmittelbarer Nutzung) ...	51
10	VARIANTENVERGLEICH	53
11	GROBPLANUNG INFRASTRUKTUR	56
11.1	Bewässerungsinfrastruktur	56
11.2	Leitungsbemessung	57
11.3	Kostenprognose	60



Anlagen:

- Anlage 1: Planunterlagen
- Anlage 1.1: Übersichtslageplan
- Anlage 1.2: Abgrenzung Projektgebiet
- Anlage 1.3: Auszug aus der geologischen Karte
- Anlage 1.4: Auszug aus der hydrogeologischen Karte
- Anlage 1.5: mittlere Grundwasserneubildung 1971 - 2000
- Anlage 1.6: mittlerer Abfluss 1971 - 2000
- Anlage 1.7: Grundwassermächtigkeit Quartär
- Anlage 1.8: Bezugsmöglichkeiten und Speicherstandort
- Anlage 1.9: Bewässerungsinfrastruktur

- Anlage 2: Niederschlagsdaten Messstelle ELSENDORF-HORNECK

- Anlage 3: Abflussganglinien
- Anlage 3.1: Donau bei Pegel NEUSTADT AN DER DONAU
- Anlage 3.2: Abens bei Pegel AUNKOFEN

- Anlage 4: Änderungssignale

- Anlage 5: Ermittlung sammelbarer Niederschlag auf versiegelten Flächen



Tabellen:

Tabelle 1:	Flächennutzung im Projektgebiet in ha (LF = landwirtschaftliche Flächen)	12
Tabelle 2:	Prognostizierte Veränderung in der nahen Zukunft des sommerlichen MNQ an den Pegeln Ingolstadt Luitpoldstraße und Manching im Vergleich zum Referenzzeitraum, Quelle: Abbildung 61 Niedrigwasserbericht	21
Tabelle 3:	Änderungssignale des klimatischen Wandels für die nahe Zukunft im Projektgebiet Quelle: Ensemble-12-Auswertung des Klimaszenarios RCP 8.5 (LfU, 2020); WETTREG2010/2006-Verfahren und Ensemble-31-Auswertung aus Niedrigwasserbericht (LfU, 2016)	22
Tabelle 4:	Bewässerungsbedarf ermittelt anhand der Daten des BayLfU bzgl. Trockenindex und Änderungssignalen	24
Tabelle 5:	Zusammenstellung jährlicher Bewässerungsbedarf	25
Tabelle 6:	In naher Zukunft zu erwartende Niederschläge im Projektgebiet, nach Szenarien getrennt	28
Tabelle 7:	Auswirkungen des klimatischen Wandels auf die Grundwasserneubildung auf den Projektflächen in der nahen Zukunft	29
Tabelle 8:	Abflusskennwerte Donau am Pegel Neustadt an der Donau von 2013 bis 2022	30
Tabelle 9:	Interpolierte Abflusskennwerte Donau am Pegel Neustadt von 1971 bis 2000	31
Tabelle 10:	Abflusskennwerte Abens am Pegel Aunkofen von 2013 bis 2022	32
Tabelle 11:	Zusammenstellung Kosten Speicher	37
Tabelle 12:	Dargebot bei Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse aus der Donau im Betrachtungszeitraum 2013 - 2022 bei Entnahme von bis zu 500 l/s (Datengrundlagen: Abflussmesswerte vom Donau-Pegel Neustadt (Messstellen Nr. 10051105)	40
Tabelle 13:	Tage an denen am Pegel Neustadt an der Donau der MNQ im Bewässerungszeitraum unterschritten wurden	42
Tabelle 14:	Speichergrößen in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 1	49
Tabelle 15:	Kosten für Speicherbau in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 1	50
Tabelle 16:	Speichergrößen in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 4 (Kombination Variante 1 und 3)	52
Tabelle 17:	Kosten für Speicherbau in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 4 (Kombination Variante 1 und 3)	53
Tabelle 18:	Bewertung Bezugsvarianten	54
Tabelle 19:	Ermittlung Durchmesser für Zuleitungen zu Verteilpunkten	58
Tabelle 20:	Ermittlung Durchmesser der zentralen Verteilung	59
Tabelle 21:	Zusammenfassung Leitungslängen inkl. Kostenprognose (Material und Verlegearbeiten)	60



Abbildungen:

Abbildung 1:	Räumlich-zeitliche Variabilität der Änderung der Mitteltemperatur: Vergleich der Zeiträume 2021 - 2050 und 1971 - 2000 in [°C]; Ensemble-31-Mittelwert (obere Reihe), WETTREG2010 (untere Reihe), (LfU, 2016)	15
Abbildung 2:	Räumlich-zeitliche Variabilität der Änderung der relativen Niederschlagsänderung 2021 - 2050 gegenüber 1971 - 2000 in [%]; Ensemble-31-Mittelwert (obere Reihe), WETTREG2010 (untere Reihe), (LfU, 2016)	16
Abbildung 3:	a) Mittlerer jährlicher Trockenheitsindex für den Referenzzeitraum in Tagen/Jahr; c) Mittlere Änderung des Trockenheitsindex in der nahen Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum anhand des WETTREG2010-Verfahrens (LfU, 2016)	18
Abbildung 4:	a) Mittlere jährliche Grundwasserneubildung für den Referenzzeitraum in mm/a; c) Mittlere Änderung der Grundwasserneubildung in der nahen Zukunft gegenüber des Referenzzeitraums (LfU, 2016)	19
Abbildung 5:	Speicherkosten-Nutzen-Vergleich Bewässerungsvarianten	55



1 VORGANG

1.1 Auftrag

Die Stadt Neustadt a. d. Donau plant in Zusammenarbeit mit der Hopfenverwertungsgenossenschaft (HVG) und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) die Errichtung einer Gemeinschaftsbewässerungsanlage zur Sicherstellung des Bewässerungsbedarfs der Hopfen- und Spargelflächen.

Mit Schreiben vom 09.07.2019 wurde die IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf, mit der Konzepterstellung beauftragt. Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot der IFB Eigenschenk vom 11.04.2019 in Verbindung mit dem Auftragschreiben.

Am 04.03.2020 wurden durch das bayerische Landesamt für Umwelt langjährige Mittelwerte der Parameter Niederschlag, Temperatur, Grundwasserneubildung, Trockenindex und Evaporation des Referenzzeitraums sowie Klimaprojektionen für das Projektgebiet zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten konnten die bisherigen Untersuchungsergebnisse (vgl. Bericht Nr. 3191234) bezüglich Bewässerungsbedarf, Dargebot und Entnahmemöglichkeiten weiter quantifiziert werden.

Im Zuge mehrere Besprechungen mit dem Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, dem Wasserwirtschaftsamt Landshut, dem Wasserwirtschaftsamt München, dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e. V., dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, der Koordinierungsstelle Zukunftsstrategie Wasserwirtschaft Nordbayern, der Regierung von Niederbayern und der Regierung von Oberbayern wurden u.a. verschiedene Wasserbezugsmöglichkeiten und die Dargebotsermittlung besprochen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde der 2. Zwischenbericht (vgl. Bericht Nr. 3191234-2) überarbeitet. Mit dem 3. Zwischenbericht (vgl. Bericht Nr. 3191234-3) wurden erneut überarbeitete Untersuchungsergebnisse zu den Bereichen Bewässerungsbedarf, Dargebot und Entnahmemöglichkeiten geliefert. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden Varianten zur Deckung des Bewässerungsbedarfs ermittelt und verglichen.

Der vorliegende Abschlussbericht enthält die zusammenfassende Darstellung der erarbeiteten Untersuchungsergebnisse, welche auf Basis einer letztmaligen Abstimmung mit dem WWA Landshut vom 23.01.2023 überarbeitet wurden. Ergänzt wurden zudem Ausführungen zur Infrastrukturplanung.



1.2 Fragestellung

Aufgrund des fortschreitenden klimatischen Wandels ist in den Sommermonaten mit einer verstärkten Abnahme der Niederschläge und steigenden Temperaturen zu rechnen. Durch das geringere Wasserdargebot in Kombination mit einer Zunahme des Wasserverbrauchs steigt das Risiko von Trockenstress und Trockenschäden an Kulturpflanzen, in Folge derer mit Ertragseinbußen zu rechnen ist. Insbesondere für kostenintensive und hochpreisige Kulturen ist daher eine ausreichende Wasserversorgung sicherzustellen.

Im Zuge einer Konzepterstellung sollen für ein abgegrenztes Gebiet der Bewässerungsbedarf sowie Alternativen zur Deckung des Wasserbedarfs ermittelt werden. Stets im Fokus stehen sollen dabei die prognostizierten Folgen des klimatischen Wandels, beispielsweise auf die Niederschläge, die Grundwasserneubildung und die Evapotranspiration. Gleichzeitig sollen auch die Wünsche der Landwirte berücksichtigt werden.

Die Alternativen zur Deckung des Bewässerungsbedarfs wurden vorab priorisiert:

1. Sammlung und Speicherung von Niederschlagwasser
2. Entnahme von Oberflächenwasser/Uferfiltrat
3. Grundwasserentnahme

Die letzte Stufe der Priorisierung ist dabei nur dann mit einzubeziehen, sollten die vorherigen Maßnahmen nicht sinnvoll bzw. gewässerverträglich umsetzbar sein. Auf Grundlage des erstellten Bewässerungskonzeptes, welches wasserwirtschaftlich nachhaltig, umweltverträglich und wirtschaftlich errichtet und betrieben werden muss, wird im Anschluss entschieden, ob das Bewässerungssystem realisiert werden soll oder nicht.

Darüber hinaus sind technische Aspekte wie die Dimensionierung des Leitungsnetzes auszuführen und eine Kostenschätzung mit separater Betriebskostenermittlung durchzuführen.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT: Agrarmeteorologie Bayern (www.wetter-by.de), Langjährige Mittelwerte Station Elsendorf-Horneck, Datenabruf 02.12.2019.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2008): Bewässerung im Ackerbau und gärtnerischen Freilandkulturen; Freising-Weihenstephan.



- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: UmweltAtlas (www.umweltatlas.bayern.de); Datenabruf 02.12.2019.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2016): Niedrigwasser in Bayern – Grundlagen, Veränderung und Auswirkungen; Augsburg.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Gewässerkundlicher Dienst Bayern (www.gkd.bayern.de), Abflussdaten Donau an Pegel Neustadt/Donau, (abgerufen Juni 2023).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Gewässerkundlicher Dienst Bayern (www.gkd.bayern.de), Abflussdaten Abens am Pegel Aunkofen, (abgerufen Dezember 2022).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Klimadaten (Grundwasserneubildung, Trockenindex, Temperatur, Niederschlag, Evapotranspiration) des Referenzzeitraums 1971 – 2000.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Änderungssignale der klimatischen Kennwerte auf Grundlagen des Klimaszenariums RCP 8.5 für die nahe, mittlere und ferne Zukunft.
- BAYERNOIL RAFFINERIEGESELLSCHAFT MBH (2012): Bayernoil Journal Ausgabe 02/2012; Neustadt an der Donau.
- BAYERNOIL RAFFINERIEGESELLSCHAFT MBH (2019): Umwelterklärung 2019 – Aktualisierung mit den Umweltbilanzkennzahlen 2018 der Standort Vohburg und Neustadt an der Donau; Neustadt an der Donau.
- GRAF, T. M. (2016): Tröpfchenbewässerung im Hopfenbau – Feldversuche, Physiologie und Rhizosphäre - Doktorarbeit an der Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt – Lehrstuhl für Pflanzenernährung; München.
- PRÖSL, K.-H.; ANDERS E. (2009): Hydrogeologisches Gesamtkonzept zur Wassergewinnung für die Hopfenbewässerung in der Hallertau; Velden.
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT LANDSHUT: interpolierte Abflusskennwerte Donau am Pegel Neustadt an der Donau zwischen 1971 - 2000.



- ZENTRALVERBAND GARTENBAU E. V. (2003): Leitfaden Umweltbetriebsführung im Gartenbau – Freiland; Bonn.

3 BEGRIFFSDEFINITION

Projektgebiet	Abgegrenzter Raum, in welchem die Projektflächen situiert sind
Projektflächen	Zur Bewässerung vorgesehene landwirtschaftlich Flächen im Projektgebiet
Untere Grenze	Szenario mit minimalen bzw. positiven Auswirkungen auf die Errichtung einer Gemeinschaftsbewässerungsanlage
Obere Grenze	Szenario mit starken bzw. negative Auswirkungen auf die Errichtung einer Gemeinschaftsbewässerungsanlage
Worst Case	Szenario mit maximalen bzw. negativsten Auswirkungen auf die Errichtung einer Gemeinschaftsbewässerungsanlage
Referenzzeitraum	Zeitraum von 1971 – 2000, dient als Referenz zur Bestimmung der Änderungssignale, Basis der durch das BayLfU übermittelten Klimadaten
Nahe Zukunft	Zeitraum von 2020 - 2050
Mittlere Zukunft	Zeitraum von 2041 - 2070
Ferne Zukunft	Zeitraum von 2071 - 2100
Ensemble-31	Ensemble-Auswertung von 31 regionalen Klimaprojektionen in Bayern, Datenquelle: Niedrigwasserbericht Bayern, LfU 2016
Ensemble-12	Ensemble-Auswertung von 12 Projektionen des Klimaszenarios RCP 8.5, Datenquelle: Änderungssignale, BayLfU 2020
WETTREG2006/ 2010	Statistische Verfahren zur Berechnung von Klimavariablen, erste Version von 2006, überarbeitete Version von 2010



4 DARSTELLUNG PROJEKTGEBIET

4.1 Projektgebiet

Das Projektgebiet ist Teil der Hallertau, einer Region in der eine hohe Dichte an hochpreisigen Sonderkulturen, insbesondere Hopfen und Spargel, angebaut werden. Die Hallertau ist Teil des Donau-Isar-Hügellandes und befindet sich grob zwischen den Städten Ingolstadt, Kelheim, Landshut, Moosburg, Freising und Schrobenhausen. Eingegrenzt wird die Hallertau im Norden durch die Donau, mit einem Ausläufer bei Altmannstein über die Donau hinaus und im Süden durch Glonn, Amper und Isar. Durchflossen wird die Hallertau von Paar, Ilm, Abens sowie Großer und Kleiner Laber.

Das Projektgebiet befindet sich im Nordosten der Hallertau, zwischen Neustadt an der Donau und Biburg, südlich von Abensberg und reicht bis an den Dürnbucher Forst. Zusätzlich wird die Region um Geibenstetten zum Projektgebiet gezählt. Innerhalb des nördlichen Teils des Projektgebietes befinden sich die namensgebenden Ortschaften Nieder- und Oberulrain sowie Mühlhausen, Lina, Altdürnbuch und Etzenbach. In Anlage 1.2 ist die Abgrenzung des Projektgebietes zu finden.

Das Projektgebiet umfasst insgesamt eine Fläche von ca. 2.050 ha, wovon ca. 116 ha auf den Teilbereich Geibenstetten entfallen. Von den 2.050 ha sind 1568 ha landwirtschaftlich genutzt und 3 ha im Eigentum der Stadt Neustadt an der Donau als Sport-, Freizeit oder Grünanlage genutzt. Bewässerungswürdige Sonderkulturen sind Hopfen, Spargel, Baumschulen und zukünftig eventuell auch vermehrt Beeren.

In Tabelle 1 sind die berechnungswürdigen Flächen nach ihrer Flächennutzung getrennt zusammengefasst. Die Zahlen beziehen sich auf die Angaben der Stadt Neustadt an der Donau aus dem Förderantrag zur Konzepterstellung für die Gemeinschaftsbewässerungsanlage Ulrain.



Tabelle 1: Flächennutzung im Projektgebiet in ha (LF = landwirtschaftliche Flächen)

			Berechnungswürdigkeit (Schätzung der zukünftigen LF)		
	LF 2016	LF evtl. zukünftig	hoch	bedingt	keine
Hopfen	704	750	650	50	50
Spargel	69	100	60	20	20
Baumschule	4	10	5	3	2
Summe Sonderkulturen	777	860			
Nachtrag Flächen	11				
Summe Bewässerungsflächen	788				

Im Rahmen eines Besprechungstermins wurde angemerkt, dass seit Antragsstellung weitere Fläche von ca. 11 ha zum Projektgebiet hinzugekommen sind, sodass von einer Bewässerungsfläche von bis zu 788 ha auszugehen ist. Diese Fläche kann sich in Zukunft auf bis zu 860 ha erweitern.

Von der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurden die zu bewässernden Flächen nach bewirtschaftendem Betrieb und Nutzungsart aufgeschlüsselt zur Verarbeitung in Geoinformationssystemen übermittelt. Die Flächen sind in Anlage 1.2 nach aktueller Nutzungsart getrennt dargestellt. Zukünftig sollen auf den gezeigten Flächen bewässerungswürdige Kulturen angebaut werden. Die Flächen wurden in mehreren Runden abgestimmt. Eine Flächenermittlung anhand dieser Daten ergab eine Projektfläche von 753 ha. Die übermittelten Flächen weichen demnach um ca. 35 ha von den städtischen Angaben ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einige Landwirte im Laufe des Prozesses aus der Gemeinschaftsbewässerung ausgestiegen sind. Für die Bedarfsermittlung werden die Daten der LfL herangezogen.



4.2 Geologische und Hydrogeologische Situation

Im Projektgebiet stehen sowohl tertiäre als auch quartäre Ablagerungen an. Gemäß digitaler geologischer Karte 1 : 25.000 besteht das Zentrum und der Osten des nördlichen Teilgebiets aus gemischtkörnigen Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse in Form von kalkig verfestigten Kiesen und Sanden sowie kompaktiertem Ton, Schluff oder Mergel. Im Nordwesten dieses Teilgebiets sind quartäre Schmelzwasserschotter der würmzeitlichen Niederterrasse zu finden. In der Region um Nieder- und Oberulrain finden sich kompaktierte Feinsedimente der Oberen Süßwassermolasse in Form von Ton, Schluff und Mergel. Im Südosten stehen quartäre Flugsande an.

Diese sind ebenfalls im Nordwesten und Südosten des Teilgebiets, um Geibenstetten zu finden. Getrennt werden die quartären Ablagerungen hier ebenfalls durch gemischtkörnige Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse. Ein Ausschnitt der digitalen geologischen Karte 1 : 25.000 liegt in Anlage 1.3 bei.

Hydrogeologisch lässt sich das Projektgebiet in zwei Teilbereiche untertrennen. Im Großteil des Projektgebietes findet sich innerhalb der Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse ein tertiäres Grundwasserstockwerk. In den 60 bis 120 m mächtigen Wechselfolgen aus Schluff, Sand und Tonmergel bildet sich ein regional bedeutender Poren-Grundwasserleiter bzw. Geringleiter mit variabler Durchlässigkeit und Ergiebigkeit. Im nordwestlichen Teil beider Teilgebiete wiederum findet man in den Niederterrassen ein quartäres Grundwasserstockwerk. In den bis zu 20 m mächtigen Flussschottern und –sandten liegt ein ergiebiger, wasserwirtschaftlich lokal bedeutender Porengrundwasserleiter vor, welcher hohe bis sehr hohe Durchlässigkeiten aufweist. In Anlage 1.4 findet sich ein Auszug aus der hydrogeologischen Karte 1 : 100.000.

Von Mühlhausen nach Neustadt an der Donau wird das Projektgebiet von dem Krebsengraben durchflossen, einem stark veränderten, temporär wasserführenden Gewässer 3. Ordnung. Weitere Gewässer sind der Erlgraben, der Saxirlgraben und der Wolfsgrabenbach. Das Teilgebiet Geibenstetten wird im äußersten westlichen Rand vom Schallerbach in Richtung Norden durchflossen.

Ca. 5 km nordwestlich des Projektgebietes verläuft die von Südwesten kommende Donau. Östlich des Projektgebietes fließt die Abens in Richtung Norden, knickt bei Abensberg nach Westen ab und fließt nördlich des Projektgebietes in Richtung Neustadt an der Donau, wo sie mit dem Krebsengraben, dem Schallerbach und der Ilm zusammenfließt und erneut nach Norden abknickt. Nach ca. 4 km mündet die Abens in die aus Südwesten kommende Donau. Darüber hinaus sind in den landwirtschaftlich genutzten Bereichen des Projektgebietes diverse Entwässerungsgräben angelegt worden, welche temporär Wasser führen.



5 KLIMATISCHER WANDEL

Die Konzepterstellung zielt auf die Sicherstellung des Bewässerungsbedarfs der Sonderkulturen im Projektgebiet ab. Die Notwendigkeit ergibt sich insbesondere aufgrund des vorschreitenden klimatischen Wandels. Die Konzepterstellung sollte daher insbesondere vor dem Hintergrund des klimatischen Wandels durchgeführt werden und die Auswirkungen desselbigen bereits frühzeitig in die Betrachtung des Bewässerungsbedarf, des Dargebots und der Entnahmemöglichkeiten mit einfließen lassen.

Zur Abschätzung der Auswirkungen des klimatischen Wandels wurde der Niedrigwasserbericht des Bayerischen Landesamt für Umwelt aus dem Jahr 2016 herangezogen. In diesem wurden die prognostizierten klimatischen Veränderungen betrachtet. Dabei stellt die Auswertung anhand des WETTREG2010-Verfahrens das zu erwartenden Worst-Case-Szenario da, während die Ensemble-Auswertung von 31 regionalen Klimaprojektionen (im Folgenden Ensemble-31) weniger drastische Veränderungen vorhersagt. Alternativ zur Ensemble-31-Auswertung wird das WETTREG2006-Verfahren herangezogen. Im Niedrigwasserbericht wird dabei in die nahe Zukunft (2021 – 2050) und die ferne Zukunft (2070 – 2100) unterschieden, den Referenzzeitraum bilden die Jahre 1971 bis 2000. Im Folgenden werden die zu erwartenden Veränderungen anhand der Ausführungen des Niedrigwasserberichts bezogen auf Bayern qualitativ erläutert.

5.1 Übersicht Bayern

Temperatur

Die prognostizierten Temperaturzunahmen sind in sämtlichen Klimaprojektionen und Auswertungen größer als die natürliche Variabilität der mittleren Jahrestemperaturen im Zeitraum 1971 bis 2000 ($\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$). Signifikante regionale Unterschiede sind innerhalb Bayerns nicht auszumachen. Innerhalb des Jahres fallen die stärksten Erwärmungen in die Wintermonate.

Die Auswertung nach WETTREG2010 geht von einer Temperaturzunahme in Bayern von bis zu $2,4 \text{ }^\circ\text{C}$ im Winter aus, während die Ensemble-31-Auswertung von maximal $1,7 \text{ }^\circ\text{C}$ in der nahen Zukunft ausgeht. In der fernen Zukunft rechnet die Ensemble-31-Auswertung mit einem Temperaturanstieg von bis zu $3,6 \text{ }^\circ\text{C}$. In Abbildung 1 sind die räumlichen und zeitlichen Änderungen der Mitteltemperatur im Vergleich der Zeiträume 2021 – 2050 und 1971 – 2000 dargestellt.

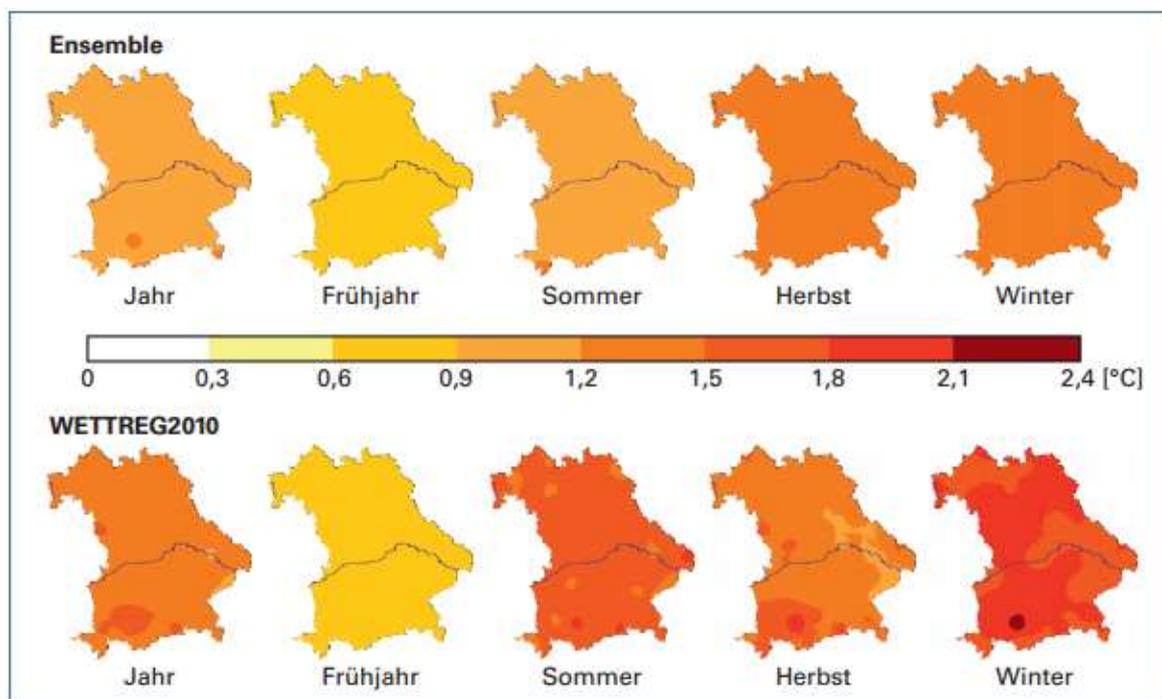


Abbildung 1: Räumlich-zeitliche Variabilität der Änderung der Mitteltemperatur: Vergleich der Zeiträume 2021 - 2050 und 1971 - 2000 in [°C]; Ensemble-31-Mittelwert (obere Reihe), WETTREG2010 (untere Reihe), (LfU, 2016)

Niederschlag

Bei Betrachtung der Niederschlagsprojektionen der Ensemble-31-Auswertung sind weniger eindeutige Tendenzen als bei Betrachtung der Temperaturen zu erkennen. Im Winterhalbjahr ist mit einer Zunahme der Niederschläge zu rechnen, wobei erst zum Ende des 21. Jahrhunderts die Niederschlagszunahme den natürlichen Schwankungsbereich übersteigt. Im Sommerhalbjahr ist gemäß Ensemble-31-Auswertung mit einer abnehmenden Tendenz zu rechnen, wobei auch diese erst zum Ende des Jahrhunderts den natürlichen Schwankungsbereich unterschreitet. Im Vergleich zur Ensemble-31-Auswertung weist die Auswertung gemäß WETTREG2010-Verfahren einen deutlich trockeneren Charakter auf. In Abbildung 2 ist die regionale und zeitliche Variabilität der Niederschlagsänderungen in der nahen Zukunft im Vergleich zum Referenzzeitraum.

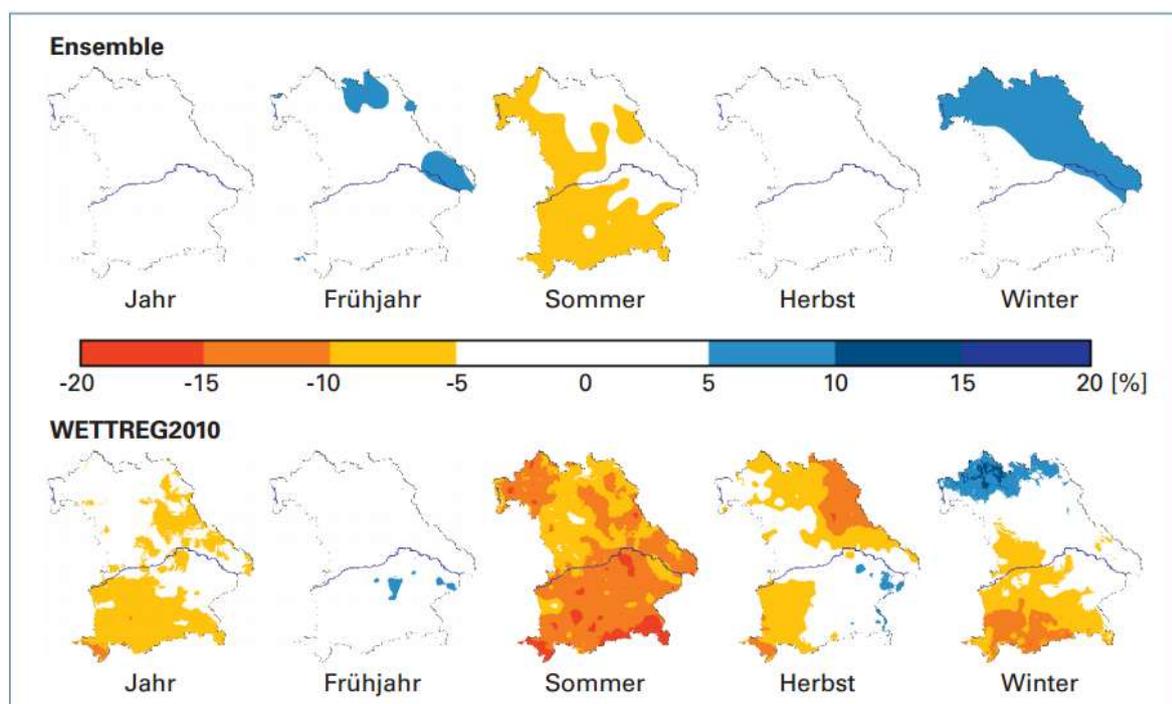


Abbildung 2: Räumlich-zeitliche Variabilität der Änderung der relativen Niederschlagsänderung 2021 - 2050 gegenüber 1971 - 2000 in [%]; Ensemble-31-Mittelwert (obere Reihe), WETTREG2010 (untere Reihe), (LfU, 2016)

Abfluss

Die Veränderungen des Abflusses durch Klimaänderungen wurden anhand eines Wasserhaushaltsmodells, welches mit Daten eines regionalen Klimamodells betrieben wurde, ermittelt.



Aufgrund des extrem trockenen Charakters der WETTREG2010-Auswertung ist dieses in diesem Zusammenhang ebenfalls als das Worst-Case-Szenario anzusehen. Zur Abschätzung der Abflussveränderungen im Zuge des klimatischen Wandels wurden die mittleren Niedrigwasserabflüsse an einer Auswahl von Pegeln (MNQ) betrachtet.

Aufgrund der in der Ensemble-31 Auswertung ermittelten steigenden Niederschläge im Winterhalbjahr ist für die nahe Zukunft mit einem Anstieg der MNQ für diesen Zeitraum zu rechnen. Im Worst-Case-Szenario ist mit einer Abnahme der MNQ im Winter für Nordbayern ermittelt worden. Im Sommerhalbjahr wird in beiden Auswertungen mit einer Abnahme der Niederschläge gerechnet. Die Auswirkungen auf die Abflüsse sind dabei regional differenziert zu betrachten. In Nordbayern deutet die Ensemble-31-Auswertung zum Großteil auf keine Änderungen hin, teilweise wird im Sommer mit einer Zunahme des MNQ gerechnet. Im Süden Bayerns dominieren Abnahmen der MNQ.

Bei genauerer Betrachtung der zeitlichen Zusammenhänge fällt auf, dass im Süden mit einer Abnahme der MNQ zu den Zeitpunkten der höchsten MNQ im Jahresverlauf auftreten, während die Zunahmen in Nordbayern zu den Zeitpunkten der niedrigsten MNQ stattfinden. Für Nordbayern deutet sich in der nahen Zukunft demnach eine Entspannung der Niedrigwasserproblematik an, während sich diese in Südbayern leicht verschärft. Die Auswertung gemäß WETTREG2010-Verfahren beschreibt eine einheitlich starke Abnahme des MNQ. Die Abnahmen treten dabei sowohl in Nordbayern, wo sich die Niedrigwassersituation verschärfen wird, als auch in Südbayern und an der Donau auf.

Bodenwasserhaushalt

Der Anteil an Wasser in der ungesättigten Zone des Bodens und damit das pflanzenverfügbare Wasser (nutzbare Feldkapazität) ist entscheidend für die Vegetation. Ist die nutzbare Feldkapazität (nFk) stark entleert steht der Vegetation nicht genug Wasser zur Verfügung und sie gerät in Trockenstress. Die Anzahl der Tage im Jahr mit einem Bodenwassergehalt $< 30\%$ nFk werden anhand des Trockenindex beschrieben.

Aufgrund der zuvor beschriebenen Abnahme der Niederschläge im Sommer bei gleichzeitigem Anstieg der Temperaturen ist ein Anstieg des Trockenheitsindex anzunehmen.

Daten der Ensemble-31-Auswertung liegen im Niedrigwasserbericht nicht vor. Stattdessen wird der Vorgänger des WETTREG2010-Verfahrens, das WETTREG2006-Verfahren, herangezogen. Als Worst Case wird wie zuvor die WETTREG2010-Auswertung herangezogen. Die Betrachtung nach WETTREG2010 zeigt eine deutliche Zunahme des Trockenheitsindex in Nordbayern, während die Veränderungen in Südbayern am schwächsten ausfallen.

Bereits die Auswertung anhand des WETTREG2006-Verfahrens bestätigt den Trend, wobei die Zunahme des Trockenheitsindex in Nordbayern weniger stark ausfällt. In Abbildung 3 ist die Änderung des Trockenheitsindex auf Basis der WETTREG2010-Auswertung dargestellt, sowie der mittlere Trockenheitsindex des Referenzzeitraums.

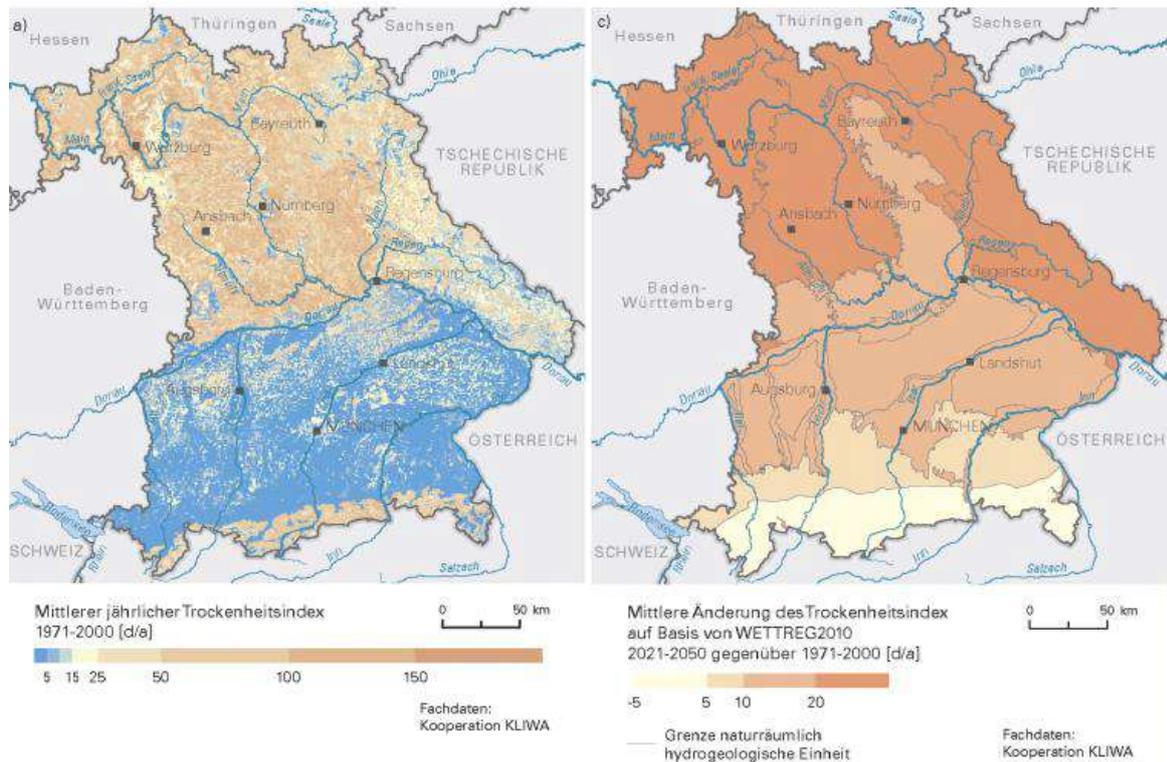


Abbildung 3: a) Mittlerer jährlicher Trockenheitsindex für den Referenzzeitraum in Tagen/Jahr; c) Mittlere Änderung des Trockenheitsindex in der nahen Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum anhand des WETTREG2010-Verfahrens (LfU, 2016)

Sickerwasserrate und Grundwasserneubildung

Durch die Zunahme der Niederschläge im Winter und die gleichzeitig steigenden Temperaturen steigt ebenfalls die Sickerwasserrate im Winter. Im Sommer wiederum verringert sich die bereits niedrige Sickerwasserrate aufgrund des klimatischen Wandels weiter. Auf das gesamte Jahr gesehen ist mit einer Abnahme der Sickerwasserrate zu rechnen. Die Abnahme der Sickerwasserraten ist im Norden Bayerns weniger stark ausgeprägt als südlich der Donau.

Die Entwicklung der Grundwasserneubildung deckt sich mit den Entwicklungen der Niederschläge und der Sickerwasserrate, sowohl zeitlich als auch räumlich. Die Grundwasserneubildungsraten nördlich der Donau bleiben für das WETTREG2006-Verfahren fast durchgehend unverändert bzw. nur leicht abnehmend. Südlich der Donau weist die weniger drastische Auswertung deutliche Abnahmen der Grundwasserneubildungsrate auf. Das WETTREG2010-Verfahren weist in ganz Bayern abnehmende Grundwasserneubildungsraten auf, wobei die Veränderungen südlich der Donau signifikanter als im Norden Bayerns sind. In Abbildung 4 sind die Veränderungen der Grundwasserneubildungsraten auf Basis der WETTREG2010-Auswertung für die nahe Zukunft sowie die Referenzdaten dargestellt.

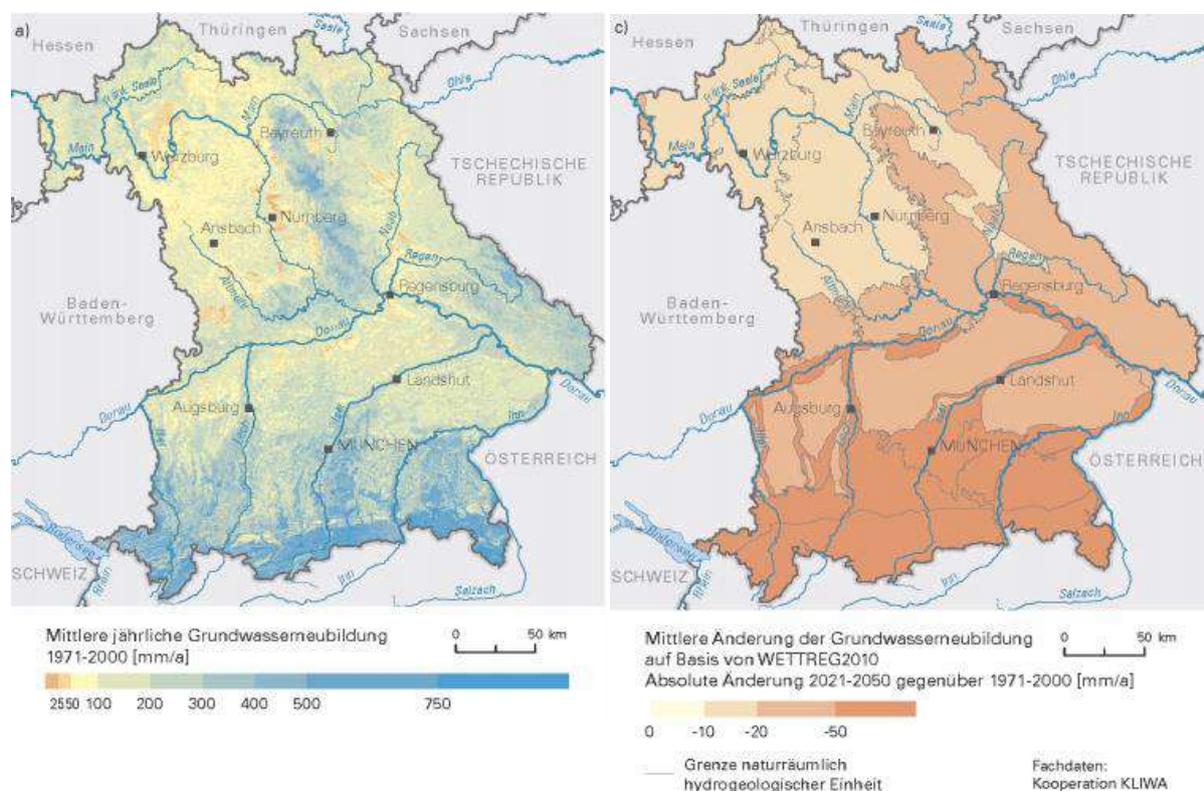


Abbildung 4: a) Mittlere jährliche Grundwasserneubildung für den Referenzzeitraum in mm/a; c) Mittlere Änderung der Grundwasserneubildung in der nahe Zukunft gegenüber des Referenzzeitraums (LfU, 2016)



5.2 Projektgebiet

Um die Auswirkungen des klimatischen Wandels im Projektgebiet zu quantifizieren, wurden Daten des bayerischen Landesamts für Umwelt (BayLfU) angefordert. Die gelieferten Änderungssignale stützen sich dabei auf die Ensemble-Auswertung von zwölf Projektionen des Klimaszenarios RCP 8.5 (im Folgenden Ensemble-12) und werden getrennt für die nahe (2021 - 2050), die mittlere (2041 - 2070) und die ferne Zukunft (2070 - 2100) dargestellt. Für jeden Zeitabschnitt werden Minimum, Median und Maximum angegeben. Die zur Verfügung gestellten Daten decken dabei die Parameter Temperatur, Vegetationsperiode, Niederschlag sowie Trockentage (Trockenindex) ab. Die Änderungssignale der fehlenden, aber für die Konzepterstellung relevanten Parameter Abfluss und Grundwasserneubildung werden anhand des Niedrigwasserberichts bestimmt. Um die Vergleichbarkeit der angewandten Änderungssignale mit den vorherigen Ausführungen zu gewährleisten, wird im Folgenden die Entwicklung in der nahen Zukunft betrachtet. Dies erhöht darüber hinaus die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der Vorhersagen.

Die Auswirkungen des klimatischen Wandels sind in Form von drei Szenarien (Obere Grenze, Untere Grenze, Worst Case) zu betrachten. Die untere Grenze entspricht dabei nicht zwingend dem minimalen Änderungssignal, sondern wird als das Szenario mit minimalen bzw. positiven Auswirkungen auf das Vorhaben definiert. Beispielsweise ist das minimale Änderungssignal der Niederschlagssumme im Sommer für die nahe Zukunft -14 % entspricht damit aber der oberen Grenze, während das maximale Änderungssignal +15 % beträgt und damit die untere Grenze repräsentiert. In Anlage 4.1 sind die relevanten Änderungssignale entsprechend der zuvor beschriebenen Einteilung beigelegt. Nach Monaten aufgeschlüsselte Parameter wurden auf den Bewässerungszeitraum eingekürzt. Die Rohdaten des BayLfU liegen in Anlage 4.2 bei. Für die Betrachtung des Worst-Case-Szenarios werden, wie unter Kapitel 5.2 beschrieben, die Daten der WETTREG2010-Auswertung aus dem Niedrigwasserbericht genutzt. Eine Ausnahme bildet der Parameter „Mitteltemperatur“, bei welchem die Ensemble-12-Auswertung einen höheren Anstieg als das WETTREG2010-Verfahren vorhersagt.

Die bereitgestellten Daten des BayLfU beinhalten keine Änderungssignale für die Parameter Abfluss und Grundwasserneubildung. Diese wurden wie folgt anhand der Informationen des Niedrigwasserberichts bestimmt.

Zur Ermittlung der Änderungen des Abflusses im Projektgebiet anhand der Daten des Niedrigwasserberichts wurden die Pegel Ingolstadt Luitpoldstraße (Donau) und Manching (Paar) ausgewählt.



Die an diesen Pegel für die Donau und die Paar getroffenen Annahmen sind nicht direkt auf sämtliche Gewässer im Untersuchungsgebiet übertragbar, aufgrund der räumlichen Nähe sind die Änderungen jedoch als potenziell repräsentativ für das Projektgebiet anzusehen. Die Untere und Obere Grenze werden anhand der Ensemble-12-Auswertung des Niedrigwasserberichts bestimmt, das Worst-Case-Szenario wie zuvor mit den Daten der WETTREG2010-Auswertung. In Tabelle 2 sind die Annahmen der verschiedenen Auswertungen dargestellt.

Tabelle 2: Prognostizierte Veränderung in der nahen Zukunft des sommerlichen MNQ an den Pegeln Ingolstadt Luitpoldstraße und Manching im Vergleich zum Referenzzeitraum, Quelle: Abbildung 61 Niedrigwasserbericht

Pegel Ingolstadt Luitpoldstraße - Donau		Pegel Manching - Paar	
Auswertung	Veränderung [%]	Auswertung	Veränderung [%]
Ensemble-31	> -5 bis 5	Ensemble	> -5 bis 5
WETTREG2010	> -25 bis - 15	WETTREG2010	> -25 bis - 15

Wie Tabelle 2 zu entnehmen, decken sich die relativen Veränderungen beider Pegel in beiden Datensätzen und werden daher auch als für das Projektgebiet repräsentativ angesehen.

Sowohl für die Grundwasserneubildungsrate als auch für die Parameter Sickerwasserrate und den Bodenwasserhaushalt liegen im Niedrigwasserbericht keine Daten der Ensemble-31-Auswertung vor. Stattdessen wird als weniger drastische Variante der Vorläufer des WETTREG2010-Verfahrens, das WETTREG2006-Verfahren angegeben. Die Untere und Obere Grenze der Grundwasserneubildung werden daher anhand der WETTREG2006-Auswertung bestimmt, das Worst-Case-Szenario bilden auch hier die Daten der WETTREG2010-Auswertung.

Die so ermittelten bzw. bereitgestellten Änderungssignale sind in Tabelle 3 nach unterer und oberer Grenze sowie Worst-Case getrennt zusammengefasst. Wie bereits erläutert, handelt es sich um die Änderungssignale bezogen auf die nahe Zukunft (2021 – 2050).



Tabelle 3: Änderungssignale des klimatischen Wandels für die nahe Zukunft im Projektgebiet Quelle: Ensemble-12-Auswertung des Klimaszenarios RCP 8.5 (LfU, 2020); WETTREG2010/2006-Verfahren und Ensemble-31-Auswertung aus Niedrigwasserbericht (LfU, 2016)

	Untere Grenze	Obere Grenze	Worst Case
Temperatur (Sommer)	+ 0,8 °C	+ 2,1 °C	+ 2,4 °C
Temperatur (jährlich)	+ 0,7 °C	+ 1,8 °C	+ 2,1 °C
Niederschlag (Sommer)	+ 15 %	- 14 %	- 15 %
Niederschlag (jährlich)	+ 14 %	- 9 %	- 10 %
Abfluss (jährlich)	+ 5 %	- 5 %	- 25 %
Trockenheitsindex (jährlich)	- 7 d/a	+ 15 d/a	+ 20 d/a
Grundwasserneubildung (jährlich)	- 10 mm/a	- 20 mm/a	- 50 mm/a

Den Rohdaten in Anlage 4.2 kann entnommen werden, dass die zu erwartenden Entwicklungen in der mittleren und fernen Zukunft die bereits in der nahen Zukunft eingeschlagenen Trends verstärken werden. Dies geht auf den genutzten Ansatz „weiter wie bisher“ zurück, welcher keinen Rückgang der CO₂-Emissionen beinhaltet. Dadurch wird insgesamt ein eher schlechtes Bild für die Zukunft des Hopfenanbaus gezeichnet, welcher in der Folge nur mit intensiver Bewässerung durchführbar ist.

In den folgenden Kapiteln werden der zukünftige Bewässerungsbedarf und das Dargebot anhand der in Tabelle 3 aufgeführten Änderungssignale für die nahe Zukunft erarbeitet. Eine Ermittlung dieser Kenngrößen auf Grundlage der Daten der mittleren oder fernen Zukunft erscheint zum jetzigen Zeitpunkt nicht angemessen, da die Vorhersagen naturgemäß mit größerer zeitlicher Entfernung ungenauer werden. Es wird daher empfohlen, nach Errichtung der Gemeinschaftsbewässerungsanlage die Entwicklungen weiter zu beobachten und im Fünfjahresrhythmus aktualisierte Klimavorhersagen auszuwerten.

Dies gewährleistet insbesondere, dass frühzeitig auf Veränderungen im Dargebot einer Entnahmemöglichkeit reagiert werden kann und damit der Bewässerungsbedarf eher durchgehend gedeckt ist.



6 BEWÄSSERUNGSBEDARF

6.1 Trockenjahr

In den Besprechungsterminen am 04.11.2019 und 10.12.2019 mit Vertretern der Stadt Neustadt an der Donau, der HVG, der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und der Landwirte wurde die Rahmenbedingungen der Bewässerungsanlagen abgesteckt.

Die Bewässerungsperiode der Sonderkulturen erstreckt sich über 90 Tage von Mitte Juni bis Mitte September. Über diese Zeit ist nach fachlicher Aussage der LfL in einem Trockenjahr mit einem Gesamtbewässerungsbedarf von bis zu 1.500 m³/ha zu rechnen. Bei den geplanten 753 Hektar ergibt sich ein Gesamtwasserbedarf von ca. 1.130.000 m³/a. Dies bedeutet einen durchschnittlichen Wasserbedarf von ca. 145 l/s.

Längere Trockenperioden führen zu einem erheblichen Rückgang des Bodenwassers in Richtung Untergrenze der nFk, sodass in Folge maximale tägliche Wassergaben von bis zu 40 m³ je Hektar aus fachlicher Sicht notwendig werden. Der Wasserbedarf wurde anhand von Bewässerungsversuchen des LfL ermittelt und entspricht der maximalen Wasseraufnahme für Hopfenpflanzen. Bei einer Bewässerungsfläche von geplant 753 Hektar (siehe Tabelle 1) errechnet sich für diesen Worst-Case ein täglicher maximaler Wasserbedarf von bis zu 30.120 m³ pro Tag oder 349 l/s für das gesamte Bewässerungssystem. Die tatsächlich benötigte Wassermenge wird im geplanten Bewässerungssystem auf Grundlage der klimatischen Wasserbilanz und Bodenfeuchte ermittelt werden, um möglichst ressourcenschonend mit dem entnommenen Wasser zu haushalten.

Die durch das BayLfU bereitgestellten flächendifferenzierten Daten des Trockenheitsindex (Trockentage pro Jahr) im Projektgebiet wurden mit den Flächen der Landwirte verschnitten. Dadurch können die Trockentage auf den zu bewässernden Flächen im gesamten Jahr ermittelt werden. Informationen über den Zeitpunkt der Trockentage liegen nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Mehrzahl der Trockentage in die Sommermonate und damit in den Bewässerungszeitraum fällt. Anhand der Änderungssignale wurden die Trockentage für die Szenarien Untere Grenze (-7 Tage), Obere Grenze (+15 Tage) und Worst Case (+20 Tage) für die nahe Zukunft ermittelt. Da sich der Bewässerungszeitraum über 90 Tage erstreckt, wurde die Anzahl der Trockentage ebenfalls auf 90 limitiert. Durch Verrechnung der Trockentage je Fläche, der Flächengröße und des maximalen Bewässerungsbedarfs von 40 m³/ha ergibt sich der in Tabelle 4 zusammengefassten Bewässerungsbedarf.



Tabelle 4: Bewässerungsbedarf ermittelt anhand der Daten des BayLfU bzgl. Trockenindex und Änderungssignalen

Szenario	Bewässerungsbedarf [m ³]	Bewässerungsbedarf je ha [m ³ /ha]	Änderung [%]
Referenz	695.000	923	-
Untere Grenze	542.000	719	- 22 %
Obere Grenze	1.138.000	1.511	+ 64 %
Worst Case	1.276.000	1.695	+ 84 %

Der ermittelte Bewässerungsbedarf für die Obere Grenze deckt sich in etwa mit den Angaben der HVG und LFL. Im Worst Case liegt der Bedarf fast 200 m³/ha oberhalb der angegebenen 1.500 m³/ha, während er für die Untere Grenze weniger als 50 % beträgt.

Der in naher Zukunft erwartbare Bewässerungsbedarf variiert stark. Im Bestfall (untere Grenze) kann es zu einer Abnahme des Bewässerungsbedarfs um ca. 22 % kommen. Der Worst Case sieht eine Zunahme des Bewässerungsbedarfs um 84 %. Wie unter Kapitel 5.1 beschrieben, ist insgesamt mit einer Zunahme der Extremwetterlagen zu rechnen. Dies kann insbesondere innerhalb der Wachstumsperiode des Hopfens zu extremen Trockeneignissen kommen. Für diesen Fall ist ein Bewässerungsbedarf im Bereich der Oberen Grenze zu erwarten. Die weitere Planung sollte aus fachgutachterlicher Sicht demnach auf die Bereitstellung insgesamt 1.500 m³/ha über den gesamten Bewässerungszeitraum und damit eine Wassermenge von insgesamt 1,13 Mio. m³ abzielen. Des Weiteren ist eine maximale Wassermenge pro Tag von 40 m³/ha bereitzustellen, was insgesamt 30.120 m³ am Tag bzw. 349 l/s entspricht.

6.2 Normaljahr und durchschnittliches Trockenjahr

Anhand des DWA-Merkblatts M 153 kann der Zusatzwasserbedarf von Pflanzen für Normaljahre (50 % Versorgungssicherheit) und für durchschnittliche Trockenjahre (80 % Versorgungssicherheit) berechnet werden. Der Zusatzwasserbedarf ergibt sich nach Formel (3) des DWA-M 590 aus der Summe des fruchtspezifischen Zusatzwasserbedarfs und der Abweichung der klimatischen Wasserbilanz am Standort im Bewässerungszeitraum von den Referenzwerten der klimatischen Wasserbilanz.



Aufgrund der Größe des Projektgebiets mit unterschiedlichen Bodenarten und Geländeformen kann keine einheitliche klimatische Wasserbilanz angegeben werden. Daher wird auf die Korrektur der klimatischen Wasserbilanz verzichtet und stattdessen die Referenzwerte herangezogen.

Der fruchtspezifische Zusatzwasserbedarf ist abhängig von den Bodenwasserbereitstellungseigenschaften der Böden. Nach Tabelle 16 des DWA-M 590 können Böden in Bodenwasserbereitstellungsgruppen eingeteilt werden. In Abstimmung mit der HVG können die Böden des Projektgebiets aufgrund des auf vielen Flächen dominierenden Sandanteils der mittleren Bodenwasserbereitstellungsgruppe zugeordnet werden.

Nach Tabelle 23 des DWA-M 590 beträgt der fruchtspezifische Zusatzwasserbedarf in Normaljahren für Hopfen auf Böden dieser Bodenwasserbereitstellungsgruppe 50 bis 70 mm/a. In durchschnittlichen Trockenjahren steigt der Zusatzwasserbedarf auf 90 bis 110 mm/a. Aufgrund der Erfahrungen der vergangenen Jahre im Projektgebiet, in denen die Landwirte im Vergleich zu anderen Regionen bereits früh mit der Bewässerung beginnen mussten, werden die Werte am oberen Ende der Spannweiten angesetzt.

Es ergibt sich demnach in Normaljahren ein Wasserbedarf von 700 m³/ha und in durchschnittlichen Trockenjahren von 1.100 m³/ha. n

6.3 Zusammenfassung Bewässerungsbedarf

In Tabelle 5 sind die in den Kapiteln 6.1 und 6.2 ermittelten Bewässerungsbedarfe zusammengestellt.

Tabelle 5: Zusammenstellung jährlicher Bewässerungsbedarf

Jahr	Versorgungssicherheit	Bewässerungsbedarf		
		[mm/a]	[m ³ /ha]	[m ³ /a]
	[%]			
Normaljahr	50	70	700	527.100
Durchschnittliches Trockenjahr	80	110	1.100	828.300
Trockenjahr	100	150	1.500	1.129.500



Die Entscheidung, ob die Gemeinschaftsbewässerungsanlage errichtet wird, wird insbesondere nach finanziellen Gesichtspunkten getroffen. Für die Landwirte lohnen sich die hohen Investitionskosten erst dann, wenn sie dadurch eine Absicherung gegen Ernteauffälle erhalten. In Abstimmung mit der HVG und den teilnehmenden Landwirten ist daher eine Auslegung der Gemeinschaftsbewässerung auf Trockenjahre anzustreben. Demnach beträgt der jährliche Bewässerungsbedarf, welcher zu decken ist, 1.129.500 m³. Bei der Bewertung möglicher Alternativen werden dennoch auch Normaljahre und durchschnittliche Trockenjahre miteinbezogen, um aufzuzeigen, welche Bezugsquellen in 50 bzw. in 80 % der Jahre statistisch ausreichen sollten zur Deckung des Bedarfs.

Als maximaler täglicher Bewässerungsbedarf wird, wie unter Kapitel 6.1 erläutert, 40 m³/(d * ha), und damit 30.120 m³/d bzw. 349 l/s.

6.4 Ausführung zur Bewässerungstechnik

Tröpfchenbewässerung gilt für diverse Kulturpflanzen als die effizienteste Bewässerungsmethode. Gemäß GRAF (2016) führt diese Bewässerungsmethode bei entsprechender Handhabung auch bei Hopfen zu einer Ertragssteigerung und kann Trockenstress effektiv vorbeugen.

Die Tröpfchenbewässerung sollte im Fall von Hopfenkulturen auf dem Bifang installiert werden, auch wenn sie damit einige Arbeitsschritte im Laufe einer Hopfensaison behindert und nicht dauerhaft installiert werden kann. Um den Bewässerungsbedarf so gering wie möglich zu halten, sind Verdunstungsverluste zu minimieren. Durch ihren schattenspendenden Wuchs verringert die Hopfenpflanze selbst hohe Verdunstungsraten. Alternativ können die Bewässerungsschläuche neben den Bifang eingegraben werden, was jedoch laut GRAF (2016) zu einer schlechteren Wasseraufnahme führen kann. Bezüglich der Bewässerungsart steht weitere Forschung aus, sodass davon auszugehen ist, dass in Zukunft die Bewässerung von Hopfenpflanzen weiter verbessert und effizienter wird.

Durch eine Anpassung der Bodenbearbeitung kann der Bewässerungsbedarf verringert werden. So kann durch eine Zufuhr organischer Substanz in den Boden die Wasserspeicherfähigkeit des selbigen verbessert werden. Durch Zwischenfrüchte in den Reihen wird Erosion vermindert und die Infiltration des Niederschlags in den Boden verbessert. Weiterhin ist nach Möglichkeit eine Verdichtung der Böden durch Befahren mit schweren Maschinen zu vermeiden, da dies negative Auswirkungen auf den Bodenhaushalt und die Erträge der Pflanzen hat (GRAF, 2016).



Bei der Bewässerung von Spargelfeldern ist die Tröpfchenbewässerung bereits langjährig der Stand der Technik. Die Anpassungen der Bodenbearbeitung zur Optimierung der Bewässerungsergebnisse sind sowohl auf Hopfenfeldern als auch auf Spargelfeldern anwendbar.

7 WASSERDARGEBOT

7.1 Grundlagen

Vom Bayerischen Landesamt für Umwelt wurden Klimadaten aus dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000 für das Projektgebiet bereitgestellt. Diese Daten bilden die Grundlagen für die Quantifizierung des Dargebots. Die zur Verfügung gestellten Daten unterscheiden sich nicht nach Jahreszeiten, sondern beziehen sich stets auf ein komplettes Jahr. Es wurden Mittelwerte des Referenzzeitraums herangezogen.

Zur Abschätzung der Auswirkungen des klimatischen Wandels auf das Dargebot, wurden die unter Kapitel 5.2 ausgearbeiteten Änderungssignale der nahen Zukunft auf die Klimadaten angewandt.

7.2 Niederschlag

Im Referenzzeitraum betrug der durchschnittliche Jahresniederschlag im Projektgebiet 720 mm. Im gesamten Projektgebiet ergab dies eine Jahresniederschlagsmenge von ca. 14.785.000 m³. Auf den zu bewässernden Flächen betrug der durchschnittliche Jahresniederschlag ebenfalls 720 mm, die Jahresniederschlagsmenge auf diesen Flächen betrug durchschnittlich ca. 4.770.000 m³.

Zur Einordnung der mittleren Niederschlagsmengen im Referenzzeitraum wurde die ca. 9,5 km südlich vom Projektgebiet gelegene Messstelle Elsendorf-Horneck herangezogen (Anlage 2). An dieser wurde im Zeitraum 2006 bis 2018 ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von 728 mm aufgezeichnet (AGARMETEOROLOGIE BAYERN, 2019). Der durchschnittliche Jahresniederschlag in der nahen Vergangenheit liegt somit in vergleichbaren Größenordnungen wie im Referenzzeitraum.

Es lässt sich demnach zunächst festhalten, dass die Niederschläge in der Vergangenheit, auf das Jahr gesehen, den Bewässerungsbedarf von 1.130.000 m³ deutlich überstiegen. Unter Anwendung der Änderungssignale (vgl. Kap. 5.2) verändern sich die Niederschläge im Projektgebiet wie in Tabelle 6 dargestellt:



Tabelle 6: In naher Zukunft zu erwartende Niederschläge im Projektgebiet, nach Szenarien getrennt

Szenario	Niederschlagshöhe [mm]	Jahresniederschlag [m ³]
Untere Grenze	821	16.855.000
Obere Grenze	655	13.454.000
Worst Case	648	13.306.000

Für die nahe Zukunft ist also davon auszugehen, dass die Niederschläge weiterhin den Bewässerungsbedarf deutlich übersteigen.

Jedoch ist hier anzumerken, dass die ergiebigen Niederschläge typischerweise außerhalb der Vegetationsperiode des Hopfens auftreten und sich diese in der Zukunft voraussichtlich stärker auf diesen Zeitraum konzentrieren werden (vgl. Kap. 5.1).

7.3 Grundwasserneubildung

In Anlage 1.5 ist die mittlere Grundwasserneubildung im Referenzzeitraum 1971 bis 2000 im Projektgebiet dargestellt. Wie der Anlage 1.5 zu entnehmen ist, liegt auf einigen Flächen eine negative Grundwasserneubildung vor. Diese Flächen weisen durchgehend einen Trockenindex von 0 auf, was bedeutet, dass die Bodenfeuchte nie unter 30 % nFk fällt. Darüber hinaus übersteigt auf diesen Flächen die Evapotranspiration die Niederschlagsmenge. Dementsprechend ist die negative Grundwasserneubildung auf eine erhöhte Evapotranspiration über die Pflanzen zurückzuführen. Dieser Zustand kann bei geringem Flurabstand und damit einem Wurzelwerk, welches bis in das Grundwasser reicht, entstehen. Die durchschnittliche Grundwasserneubildungsrate im Referenzzeitraum beträgt 77 mm/a. Die jährliche Grundwasserneubildungsmenge im Projektgebiet beträgt insgesamt etwa 1.874.00 m³.

Gemäß des Niedrigwasserberichts (LANDESAMT FÜR UMWELT, 2016) ist in naher Zukunft mit einem Rückgang der Grundwasserneubildung um 10 mm/a bis 50 mm/a zu rechnen (vgl. Kapitel 5.2).



Dafür wurde die abgeschätzte Minderung der Grundwasserneubildungsrate von der Grundwasserneubildungsrate des Referenzzeitraums abgezogen. Die so ermittelten durchschnittlichen Grundwasserneubildungsraten und -mengen sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Auswirkungen des klimatischen Wandels auf die Grundwasserneubildung auf den Projektflächen in der nahen Zukunft

	Durchschnittliche Grundwasserneubildungsrate	Grundwasserneubildungsmenge
Betrachtungszeitraum	77 mm	1.874.00 m ³
Untere Grenze	67 mm	1.669.000 m ³
Obere Grenze	57 mm	1.464.000 m ³
Worst Case	27 mm	850.000 m ³

7.4 Oberflächiger Abfluss

Für die Ermittlung des oberflächigen Abflusses wurde die Wasserbilanz herangezogen:

$$A_{ges} = N - ETa_{ges} - GWNB$$

Der oberflächige Abfluss ergibt sich aus dem Niederschlag, abzüglich der Evapotranspiration sowie der Grundwasserneubildung. In Anlage 1.6 liegt eine Karte des Projektgebiets mit den ermittelten Abflüssen des Referenzzeitraums bei. Die durchschnittliche Abflusshöhe im Projektgebiet beträgt 75 mm. Der gesamte jährliche Abfluss liegt bei ca. 1.650.000 m³. Damit übersteigt der gesamte jährliche Abfluss aus dem Projektgebiet den Bewässerungsbedarf.

Wie Anlage 1.6 zu entnehmen ist, sind die Abflusshöhen sehr unterschiedlich verteilt. In der stark versiegelten Ortslage von Mühlhausen liegen Abflüsse > 200 mm/a vor, während der Abfluss westlich von Altdürnbuch < 50 mm/a beträgt.



7.5 Abfluss Donau und Abens

Bei dem Gewässerkundlichen Dienst Bayerns wurden Abflussdaten der letzten zehn Jahre des Donauegels Neustadt an der Donau recherchiert. In Anlage 3.1 liegt eine Darstellung der Abflussganglinie in diesem Zeitraum bei. Anhand der Abflussdaten wurden die Abflusskennwerte der Donau für die betrachtete Zeitspanne ermittelt und in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Abflusskennwerte Donau am Pegel Neustadt an der Donau von 2013 bis 2022

	Abfluss [m³/s]
HQ	1710,0
MHQ	1089,7
MQ	300,4
MNQ	125,6
NQ	99,0

Vom WWA Landshut wurden interpolierte, hydrogeologische Kennwerte für den Pegel Neustadt für die Jahre 1971 – 2000 und damit den Referenzzeitraum zur Verfügung gestellt. Die Kennwerte sind in Tabelle 9 zusammengestellt.



Tabelle 9: Interpolierte Abflusskennwerte Donau am Pegel Neustadt von 1971 bis 2000

	Winter	Sommer	Jahr
HQ	1.542 m ³ /s	2.235 m ³ /s	2.235 m ³ /s
MHQ	963 m ³ /s	1.017 m ³ /s	1.147 m ³ /s
MQ	334 m ³ /s	331 m ³ /s	332 m ³ /s
MNQ	167 m ³ /s	159 m ³ /s	151 m ³ /s
NQ	111 m ³ /s	107 m ³ /s	106 m ³ /s

Bei Vergleich der Tabellen 8 und 9 ist zu erkennen, dass die Abflusskennwerte der Donau in den letzten 10 Jahren niedriger ausfallen als zwischen den Jahre 1971 und 2000. Insbesondere bezüglich des Mittelabflusses (MQ) und der Niedrigabflüsse (MNQ, NQ) ist dies bereits auf den Einfluss des klimatischen Wandels zurückzuführen. In der nahen Zukunft wird im Worst Case eine Abnahme des MNQ um 25 %, im Best Case eine Zunahme um 5 % im Vergleich zum Referenzzeitraum erwartet (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2016). Dies resultiert am Pegel Neustadt in einer Veränderung des MNQ der Donau auf 113 bzw. 159 m³/s. Demnach ist eine weitere Abnahme der Niedrigabflüsse zu erwarten.

Bei dem Gewässerkundlichen Dienst Bayerns wurden Abflussdaten der letzten zehn Jahre der Abens am Pegel Aunkofen recherchiert. In Anlage 3.2 liegt eine Darstellung der Abflussganglinie in diesem Zeitraum bei. Anhand der Abflussdaten wurden die Abflusskennwerte der Abens für die betrachtete Zeitspanne ermittelt und in Tabelle 10 zusammengestellt.

**Tabelle 10: Abflusskennwerte Abens am Pegel Aunkofen von 2013 bis 2022**

	Abfluss [m²/s]
HQ	83,9
MHQ	18,6
MQ	2,6
MNQ	1,7
NQ	1,1

Da für die Abens keine Werte über den Referenzzeitraum vorliegen, kann die Entwicklung des MNQ für dieses Gewässer nicht abgeschätzt werden. Es ist anzunehmen, dass sich auch dieser weiter verringert.

8 GRUNDSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN DES WASSERBEZUGS

8.1 Vorbemerkungen

Als Möglichkeit des Wasserbezugs soll gemäß Angabe der Wasserwirtschaft priorisiert die Verwendung bzw. Speicherung von Niederschlagswasser betrachtet werden. Weitere Möglichkeiten sind die Entnahme von Oberflächenwasser oder Uferfiltrat. Sollten diese Möglichkeiten nicht zur Deckung des Bedarfs ausreichen ist die Nutzung von oberflächennahem Grundwasser im Nahbereich des Projektgebietes möglich.

Die Sammlung von Niederschlagswasser kann entweder in der Fläche oder von versiegelten Flächen erfolgen. Gesammeltes Niederschlagswasser ist für die Nutzung zu Bewässerungszwecken zwischenzuspeichern. Die Entnahme von Oberflächenwasser könnte aus der Donau, der Ilm oder der Abens erfolgen. Oberflächenwasser, welches zu Zeiten hoher Abflüsse entnommen wird, ist analog gesammeltem Niederschlags für die Bewässerungsperiode zwischenzuspeichern. Alternativ kann Oberflächenwasser auch ohne Speicherung direkt für die Bewässerung genutzt werden, dies setzt jedoch einen Mindestabfluss im Gewässer voraus. Die Entnahme von Grundwasser wäre aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten ausschließlich im Nordosten des Projektgebiets und angrenzend möglich.



Darüber hinaus erfolgt durch die Bayernoil Raffinerie westlich des Projektgebietes die Entnahme großer Mengen an Grundwasser zur Kühlung. Eine weitere Entnahmemöglichkeit könnte daher die Nachnutzung des benutzten Kühlwassers sein. Ebenfalls könnte eine Nachnutzung von geklärtem Abwasser erfolgen.

8.2 Sammlung von Niederschlagswasser

8.2.1 Sammlung in der Fläche (natürlicher Gebietsabfluss)

Aufgrund von Verdunstung und Versickerung ist nicht der gesamte Jahresniederschlag sammelbar. Der sammelbare Anteil des Niederschlagswasser wird durch den Abfluss definiert. Der Abfluss wiederum ist die Differenz aus Niederschlag, Evaporation, Transpiration und Versickerung. Evaporation und Transpiration fließen durch den Summenparameter Evapotranspiration in die Berechnung ein, die Versickerung wird anhand der Grundwasserneubildung abgeschätzt. Der sammelbare Niederschlag wird anhand folgender Formel ermittelt:

$$A_{ges} = N - ETa_{ges} - GWNB$$

In Anlage 1.6 liegt der berechnete Abfluss im Projektgebiet bei. Die durchschnittliche natürliche Abflussrate im Referenzzeitraum beträgt 75 mm. Die ermittelte Jahresabflussmenge im Projektgebiet beträgt somit ca. 1.650.000 m³.

Um den Bewässerungsbedarf von 1.129.500 m³ zu decken, wäre demnach der Abfluss von Flächen mit einer Größe von 15 km² zu sammeln, was etwa 80 % des Projektgebiets entspricht. Eine Deckung des vollständigen Bedarfs über die Sammlung des Gebietsabflusses aus der Fläche ist demnach völlig unrealistisch.

Um zu prüfen, ob eine Deckung des Bedarfs von Teilräumen über die Sammlung des natürlichen Gebietsabflusses umsetzbar ist, wird exemplarisch das Teilgebiet Geibenstetten betrachtet. In diesem Teilraum sollen zukünftig 46,34 ha bewässert werden. Demnach beträgt der jährliche Wasserbedarf für Geibenstetten 69.510 m³. Das Projektgebiet Geibenstetten weist eine Fläche von ca. 116 ha und gemäß den Daten des LfU einen jährlichen Abfluss von 55.059 m³ auf. Demnach wäre, selbst wenn der gesamte Abfluss aus diesem Teilbereich gesammelt würde, der Bedarf nicht gedeckt. Die Sammlung des vollständigen Abflusses einer Region ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht zudem als zumindest fragwürdig zu bewerten, da der Abfluss dann in Oberflächengewässern fehlt.



Durch die Sammlung des Gebietsabflusses in der Fläche ist demnach maximal ein Teil des Bewässerungsbedarfs zu decken. Zudem ist es nur mit technisch hohem Aufwand möglich den Gebietsabfluss zu sammeln. Hinzu kommt, dass der Abfluss von landwirtschaftlich genutzten Flächen insbesondere durch Nitrat und Pflanzenschutzmittel belastet sein kann. Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen an den Hopfen wären aufwendige Aufbereitungen notwendig, um dieses Wasser für die Bewässerung nutzen zu können. Daher werden andere Varianten zur Sammlung des Niederschlags bevorzugt.

8.2.2 Sammlung Abfluss aus Bereichen mit hohem Versiegelungsgrad

Alternativ zur großflächigen Sammlung des Gebietsabflusses in der Fläche ist die Sammlung von Niederschlagswasser von aus stark versiegelten Bereichen zu betrachten. Auf versiegelten Flächen findet keine Versickerung in den Untergrund statt und die sammelbare Niederschlagsmenge wird somit ausschließlich durch die Verdunstung verringert.

Wie zuvor beschrieben, entspricht die Evapotranspiration der Summe aus Transpiration und Evaporation. Während die Evaporation der Verdunstung auf freien Flächen entspricht und demnach der entscheidende Faktor für die Ermittlung der sammelbaren Niederschlagsmenge auf versiegelten Flächen ist, gibt die Transpiration die Verdunstung über Blätter von Pflanzen wieder und sollte demnach nicht in die Berechnung einfließen. Da jedoch ausschließlich Daten des Summenparameters Evapotranspiration vorliegen, wird bei einer Betrachtung des gesamten Projektgebiets die sammelbare Niederschlagsmenge auf versiegelten Flächen deutlich unterschätzt. Um dies zu umgehen, wird der sammelbare Niederschlag anhand von Flächen ermittelt, die einen hohen Versiegelungsgrad aufweisen.

Im vorliegenden Fall handelt es sich dabei um die Gebiete der Ortschaften Mühlhausen im Süden und Altdürnbuch im Osten des Projektgebiets. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrads in Siedlungsgebieten ist auf diesen Flächen der Anteil der Transpiration als vernachlässigbar klein anzunehmen. Da auf versiegelten Flächen keine Grundwasserneubildung stattfindet, wird diese bei Ermittlung des hier betrachteten Abflusses nicht einbezogen. Der auf versiegelten Flächen sammelbare Abfluss wird anhand folgender Formel berechnet:

$$A_{\text{versiegelt}} = N - ETa_{\text{versiegelt}}$$

Die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen liegen in Anlage 5 bei. Grundlage der Berechnungen bilden die vom LfU zur Verfügung gestellten klimatischen Daten des Projektgebiets.



Für den Referenzzeitraum lag die sammelbare mittlere Niederschlagshöhe auf diesen Flächen durchschnittlich bei 419 mm/a. Da auf versiegelten Flächen ausschließlich das Benetzungswasser verdunstet und die Flächen anschließend bis zum nächsten Niederschlagsereignis trocken sind, ist anzunehmen, dass die potenzielle Evapotranspiration höher liegt als die tatsächliche. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird ein sammelbarer Abfluss von 500 mm/a angesetzt, was etwa 70 % des durchschnittlichen jährlichen Niederschlags entspricht. Um den Bewässerungsbedarf zu decken, wäre demnach die Sammlung von Niederschlagswasser auf einer versiegelten Fläche von ca. 2,4 km² notwendig, was ebenfalls unrealistisch ist. Die Sammlung von Niederschlagswasser auf versiegelten Flächen sollte zur Deckung eines Teils des Bewässerungsbedarfs weiter geprüft werden.

Zur Sammlung Abflusses auf versiegelten Flächen bieten sich insbesondere Trennkanalisationen an. Gemäß § 55 Abs. 2 WHG ist Niederschlagswasser ortsnah zu versickern bzw. zu verrieseln oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer einzuleiten. In Bereichen in denen noch keine Trennkanalisation vorliegt, sind die Kosten für einen Umbau im Bestand in der Regel so erheblich, dass dies unwirtschaftlich wäre. Es wurde daher bei der Stadt Neustadt an der Donau angefragt, in welchen Ortschaften bereits eine Trennkanalisation vorliegt. Gemäß Rücksprache mit der zuständigen Sachbearbeiterin bei der Stadt Neustadt an der Donau wird gegenwärtig der Großteil des anfallenden Niederschlagswassers im Stadtgebiet versickert. Bei der Erschließung neuer Baugebiete setzt die Stadt auf eine Kombination aus Versickerung und Speicherung in Zisternen für die Gartenbewässerung. Im Bereich des Projektgebietes liegen Trennkanalisationen in Nieder- und Oberulrain sowie Geibenstetten vor. In Nieder- und Oberulrain sind insgesamt 1,09 ha angeschlossen, was einem Abfluss von 500 mm/a einen sammelbaren Abfluss von ca. 5.450 m³ ergibt. In Geibenstetten sind insgesamt 1,2 ha an die Trennkanalisation angeschlossen, was in einem sammelbaren Abfluss von ca. 6.000 m³/a resultiert. Demnach wäre über die vorhandenen Trennkanalisationen eine Niederschlagsmenge von ca. 11.450 m³/a sammelbar, was weniger als 1 % des Gesamtbedarfs ausmacht.

Durch die unter Kapitel 5.2 ermittelten Veränderungen des Niederschlags im Zuge des klimatischen Wandels ist mit einer Veränderung der sammelbaren Niederschlagshöhe in der nahen Zukunft zu rechnen. Bei gleichbleibender Evaporation (aufgrund fehlender Änderungssignale können die Auswirkungen des klimatischen Wandels auf diesen Parameter nicht abgeschätzt werden) steigt die sammelbare Niederschlagsmenge im Fall der unteren Grenze auf 519 mm. Die Abnahme der Niederschläge in den weiteren Szenarien sorgt für eine Verringerung der sammelbaren Niederschlagsmenge auf 354 mm (untere Grenze) bzw. 347 mm (Worst Case). Es ist zu erwarten, dass die tatsächlich sammelbaren Niederschlagsmengen zukünftig geringer ausfallen, da in naher Zukunft mit einem Anstieg der Temperaturen und damit einer erhöhten Verdunstung zu rechnen ist.



Neben Trübstoffen kann auf versiegelten Flächen anfallendes Niederschlagswasser durch Straßenverschmutzungen und Auftausalz negativ verändert sein. Eine Aufbereitung dieses Wasser wäre demnach unabdinglich.

Aufgrund des geringen Potentials sowie den zu erwartenden Entwicklungen ist die Erschließung der vorhandenen Trennkanalisation zur Sammlung von Niederschlagswasser nicht zielführend. Die hohen Kosten für den Anschluss der Trennkanalisationen an ein Sammelnetz stehen in keinem Verhältnis zum gewinnbaren Dargebot.

8.2.3 Speicherung von Niederschlagswassers

Es ist anzunehmen, dass der Großteil des sammelbaren Niederschlags außerhalb der Bewässerungsperiode anfällt. Um den gesammelten Niederschlag für die Bewässerung nutzen zu können, ist er demnach zwischenzuspeichern.

Die flachwellige Morphologie des Projektgebietes ist, aufgrund fehlender Tieflagen für die Errichtung eines Speichersees mit Staubauwerk wenig geeignet. Die Errichtung von Behältern, in denen ein wesentlicher Teil des jährlichen Bedarfs vorgehalten werden können, ist wirtschaftlich nicht realisierbar. Zur Speicherung kommen somit nur Speicherbecken in Frage.

Im Zuge einer Ortsbesichtigung wurden mehrere mögliche Standorte für ein Speicherbecken besichtigt. Ein möglichst hoch gelegener Standort des Speicherbeckens ermöglicht die Zuleitung des Wassers zu den bewässerten Flächen im Freispiegel, analog einem Hochbehälter. In Anlage 1.8 ist der nach aktuellen Gesichtspunkten beste Bereich für ein Speicherbecken im Projektgebiet dargestellt.

Die Schaffung von Speicherbecken ist mit einem signifikanten finanziellen Aufwand für die Landwirte verbunden. Gemäß Auskunft der Landwirte kann derzeit von einem Quadratmeterpreis für die Baufläche von bis zu 20 € ausgegangen werden. Hinzu kommen die Baukosten für ein Speicherbecken, welche nach Informationen der HVG bei einem Einstau bis 10 m ca. 7 €/m³ betragen.

In Tabelle 11 sind für unterschiedliche Speichergrößen die benötigten Flächen und Kosten zusammengestellt.

**Tabelle 11: Zusammenstellung Kosten Speicher**

Speichergröße	Fläche	Kosten Flächen-erwerb	Kosten Speicherbau	Gesamt-kosten	Flächen-normierte Kosten
m ³	ha	€	€	€	€/ha
200.000	2,8	560.000	1.400.000	1.960.000	2.603
400.000	4,2	1.120.000	2.800.000	3.920.000	5.206
600.000	8,4	1.680.000	4.200.000	5.880.000	7.809
800.000	11,2	2.240.000	5.600.000	7.840.000	10.412
1.000.000	14,0	2.800.000	7.000.000	9.800.000	13.015
1.200.000	16,8	3.360.000	8.400.000	11.760.000	15.618

Die Kosten je gespeichertem Kubikmeter betragen demnach etwa 10 €. Die Kosten je bewässerter Fläche variieren von 2.603 €/ha beim kleinsten Speicher bis hin zu 15.618 €/ha für den größten Speicher, welchen den gesamten Bedarf decken könnte.

Eine weitere Möglichkeit der Speicherung ist die Grundwasseranreicherung. Dabei wird Wasser gezielt versickert, um es später an anderer Stelle wieder aus dem Grundwasser zu entnehmen. Die Vorteile dieser Art der Speicherung sind der geringe Platzbedarf und die geringen Kosten. Die Grundwasseranreicherung als Speicherung wurde den zuständigen Behörden vorgestellt und vom WWA Landshut aufgrund der vorliegenden hydrogeologischen Verhältnisse als nicht umsetzbar eingeschätzt, sodass zwingend ein oberirdischer Speicher zu errichten ist.

8.3 Entnahme von Oberflächenwasser

Das wesentliche Hindernis, welches zu überwinden ist, um ein relevantes Dargebot an Niederschlagswasser zu sammeln, ist die Erschließung großer Flächen. Die oben beschriebenen Möglichkeiten zur Sammlung des Abflusses scheitern auf Grund des zur Errichtung der benötigten Infrastruktur erforderlichen großen technischen und finanziellen Aufwands im Vergleich zum relativ geringen gewinnbaren Dargebot. Als nächste Stufe der Priorisierung folgt die Nutzung von Oberflächenwasser.



Die Entnahme von Oberflächenwasser liegt an zweiter Stelle der wasserwirtschaftlichen Priorisierung und lässt sich in zwei Unterarten unterteilen:

- Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten hoher Abflüsse
- Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten normaler Abflüsse

Eine Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse ist im Sinne des Gewässerschutzes zu präferieren. Für die Donau liegen hohe Abflüsse nach Informationen des WWA Landshut ab Mittelwasser (MQ) vor. Gemäß Aussagen des WWA Landshut könnte in diesem Fall der gesamte Abfluss der Donau oberhalb MQ entnommen werden.

Eine Entnahme zu Zeiten normaler Abflüsse ist an der Donau bis zum mittleren niedrigsten Abfluss (MNQ) zulässig. An der Donau begrenzt die Wasserwirtschaft die maximale Entnahme unterhalb von MQ auf 20 % des MQ.

An abflussärmeren Gewässern, wie der Abens, gelten deutlich strengere Vorgaben bezüglich der Entnahme von Oberflächenwasser sowohl was die Entnahmezeiten als auch die Entnahmemengen betrifft.

8.3.1 Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten hoher Abflüsse

Im Sinne einer nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung ist die Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten von hohen Abflüssen und Hochwasserspitzen einer Entnahme bei niedrigeren Abflüssen zu bevorzugen. Da hohe Abflüsse überwiegend außerhalb der Bewässerungsperiode auftreten, ist eine Sammlung und Speicherung analog der Speicherung von Niederschlagswasser erforderlich (vgl. Kapitel 8.2.3).

Für die Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse wurden diverse Gewässer in Betracht gezogen.

Im Projektgebiet verlaufen mit dem Krebsengraben, dem Erlgraben, dem Saxirlgraben und dem Wolfsgraben sowie dem Schallerbach im Teilraum Geibenstetten mehrere kleinere Gewässer. Die Gewässer weisen gemäß UmweltAtlas Bayern Einzugsgebiete von bis zu 12 km² (Schallerbach von Quelle bis GEWKZ 136612) auf. Bei einer durchschnittlichen Abflussrate von 75 mm/a fließen über die Gewässer demnach bis zu 900.000 m³ ab. Es ist allerdings zu bedenken, dass eine Entnahme ausschließlich zu Zeiten sehr hoher Abflüsse zulässige wäre und zudem ein großer Teil des Abflusses in den Gewässern verbleiben muss, um ihre Abflusssdynamik aufrecht zu halten.



Da von den genannten Gewässern keine Pegelmessungen vorliegen, können keine Aussagen darüber getroffen werden, wann Entnahmen zulässig sind. Dementsprechend sollte die Entnahme von Oberflächenwasser vornehmlich aus Gewässern 1. Ordnung mit langjährigen Abflussaufzeichnungen erfolgen.

Im Umfeld des Projektgebiets kommen drei Gewässer in Frage, die Abens, die Ilm und die Donau. Die Ilm wird nicht weiter geprüft, da diese als mögliche Quelle für andere Bewässerungsgemeinschaften flussaufwärts benötigt wird.

Die Abens verläuft östlich und nördlich um das Projektgebiet herum und mündet kurze Zeit später nach dem Zusammenfluss mit der Ilm in der Donau. Eine Entnahme von Oberflächenwasser aus der Abens würde sich insbesondere östlich des Projektgebiets südlich von Biburg empfehlen, da von hier nur eine kurze Leitung in das Projektgebiet zu verlegen wäre. In diesem Bereich sind sowohl das Gewässer selbst als auch die angrenzenden Auwiesen als Biotop kartiert (Biotophaupt Nr. 7237-0013 „Die Abens und anschließende Feuchtflecken“, 7237-0011 „Feuchtwiesen in der Abensau zwischen Siegenburg und Dürnhart“, 7237-0008 „Feuchtwiesen, Seggenriede und Hochstaudenfluren am Ostrand der Abensau“, 7237-0010 „Feuchtwald und Hochstaudenflure am Ostrand der Abensau“, 7237-0234 „Naßwiesen und Großseggenriede in der Abensau“). Die ausgewiesenen Biotop sind auf ein unverbautes Fließgewässer und regelmäßige Hochwasserspitzen sowie die daraus folgenden Überflutungen angewiesen. Bei einer Entnahme signifikanter Mengen an Oberflächenwasser zu Zeiten hoher Abflüsse ist eine Abnahme der Überflutungen zu erwarten, sodass negative Auswirkungen auf die ausgewiesenen Biotopflächen nicht auszuschließen wären. Auch nördlich des Projektgebiets ist die Abens als Biotop ausgewiesen, die ausgewiesenen Biotoptypen sind allerdings weniger abhängig von hohen Abflüssen. In diesem Abschnitt spricht die Nähe zur Donau gegen die Entnahme von Oberflächenwasser aus der Abens. Die Donau stellt das deutlich abflussstärkere Gewässer im Vergleich zur Abens dar, sodass sowohl die möglichen Entnahmemengen als auch die Entnahmezeiten günstiger für das geplante Vorhaben ausfallen.

Das WWA Landshut definiert an der Donau eine Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse ab dem mittleren Abfluss (MQ). Der relevante MQ aus dem Zeitraum 1971 bis 2000 beträgt gemäß Angaben des WWA Landshut 332 m³/s. Gemäß der vorliegenden Abflussdaten wurde dieser Abfluss von den letzten 10 Jahren an mindestens 62 Tagen pro Jahr überschritten. In 50 % der Jahre wurde der Grenzwert an 115 Tagen oder mehr überschritten und in 8 von 10 Jahren an mindestens 76 Tagen pro Jahr.



Gemäß Angaben des WWA Landshut wird die Entnahme oberhalb des MQ nicht begrenzt, solange der MQ durch die Entnahme nicht unterschritten wird. Zwischen MQ und MNQ ist die Entnahme auf 20 % des MQ bzw. so weit, dass der MNQ nicht unterschritten wird, zu reduzieren.

Da eine Entnahme von 66,4 m³/s (20 % des MQ) oder mehr nur mit einem immensen technischen Aufwand umgesetzt werden könnte, wird diese Entnahmemenge nicht weiter betrachtet. Stattdessen wird für die Dargebotsermittlung eine maximale Momentanentnahme von 500 l/s angesetzt. In Tabelle 12 sind die sammelbaren Dargebote unter Annahme einer Entnahmemenge von 500 l/s in Abhängigkeit der Wiederkehrwahrscheinlichkeit bezogen auf die Daten der letzten 10 Jahre zusammengestellt.

Tabelle 12: Dargebot bei Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse aus der Donau im Betrachtungszeitraum 2013 - 2022 bei Entnahme von bis zu 500 l/s (Datengrundlagen: Abflussmesswerte vom Donau-Pegel Neustadt (Messstellen Nr. 10051105))

Wiederkehrwahrscheinlichkeit [%]	Tage mit Überschreitung MQ [d]	Entnahmemenge bei 500 l/s [m ³ /a]
100%	62	2.678.400
80%	76	3.283.200
70%	94	4.060.800
60%	108	4.665.600
50%	115	4.968.000

Wie Tabelle 12 zu entnehmen ist, besteht unter Einhaltung der Rahmenbedingungen des WWA Landshut für die Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten hoher Abflüsse und einer maximalen Entnahmemenge von 500 l/s ein Dargebot, welches den jährlichen Bedarf in jedem der letzten 10 Jahre überstiegen hätte.



Es ist somit festzuhalten, dass die Ausleitung aus der Donau die aussichtsreichste Möglichkeit zur Sammlung Oberflächenwasser zu Zeiten hoher Abflüsse darstellt. Da angenommen werden muss, dass die Hochwasserspitzen temporär begrenzt auftreten und insbesondere außerhalb des Bewässerungszeitraums liegen, ist das gesammelte Oberflächenwasser zwischenzuspeichern.

Vor der Nutzung des Oberflächenwassers ist dieses von seinen Trübstoffen zu befreien. Zudem kann das Wasser aufgrund des großen Einzugsgebiets der Donau mit weiteren anthropogenen Stoffen belastet sein, sodass eine Aufbereitung erforderlich sein kann.

Bei der Entnahme von Oberflächenwasser aus der Donau ist an der Donau ein Ausleitbauwerk zu errichten. Von diesem ist das Wasser in das Deichhinterland zu leiten, sodass eine Querung des Deichs unausweichlich ist. Günstige Standorte für die Entnahme aus der Donau sind in Anlage 1.8 dargestellt.

Alternativ könnte Oberflächenwasser auch über Uferfiltrat gewonnen werden, was den möglichen Aufbereitungsaufwand verringert. Weitere Ausführungen dazu unter Kapitel 8.4.

8.3.2 Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten normaler Abflüsse

Auch zu Zeiten normaler Abflüsse (zwischen MQ und MNQ) ist eine Entnahme von Oberflächenwasser möglich. Diese hat den Vorteil, dass sie im Optimalfall während der Bewässerungsperiode erfolgen kann und das so gewonnene Wasser direkt zur Bewässerung eingesetzt werden kann.

Im Projektgebiet selbst stehen für die Entnahme von Oberflächenwasser nur temporär wasserführende Gräben wie der Krebsengraben oder Gewässer mit geringen Abflüssen wie der Schallerbach zur Verfügung. Die Entnahme von Oberflächenwasser zu Zeiten normaler Abflüsse aus solchen Gewässern ist ebenso wie weiter oben dargestellt die Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse nicht zielführend.

Im näheren Umfeld kommen daneben die Donau und die Abens als Quelle für Oberflächenwasser in Frage. Wie unter Kapitel 8.3.1 ausgeführt ist eine Entnahme aus der Abens aufgrund der Biotopfunktion sowie des deutlichen geringeren Abflusses im Vergleich zur Donau mit größeren Hindernissen verbunden. Da die Abens ohnehin kurz nach dem Projektgebiet in die Donau mündet, macht es wasserwirtschaftlich wenig Unterschied, ob die Entnahme aus der Donau oder der Abens erfolgt.



Aus der Donau ist aufgrund der selbst bei mittleren Niedrigwasserverhältnissen ausreichenden Abflussmenge eine Entnahme grundsätzlich das ganze Jahr über denkbar, auch während der Bewässerungsperiode (vgl. Kapitel 7.4 und Anlage 3.1). Die Rahmenbedingungen des WWA Landshut erlauben eine Entnahme von Donauwasser bis zum mittleren niedrigsten Abfluss. Die Entnahmemenge darf dabei bis 20 % des MQ betragen, welche aber aufgrund der bereits zuvor erwähnten technischen Schwierigkeiten voraussichtlich nicht erreicht wird. Eine Entnahme von 500 l/s ist auch hier realistisch, womit der maximale Momentanbedarf bei gleichzeitiger Bewässerung aller Flächen gedeckt wäre (vgl. Kapitel 6.3).

Sobald der MNQ unterschritten wird, ist eine Entnahme aus der Donau untersagt. Um das Dargebot abzuschätzen, wurden daher die Tage innerhalb des Bewässerungszeitraums ermittelt, an denen am Pegel Neustadt an der Donau der MNQ unterschritten wurde. Gemäß Angaben des WWA Landshut ist für den Entnahmestopp der MNQ des Referenzzeitraums relevant. Zwischen 1971 und 2000 betrug der MNQ gemäß Informationen des WWA Landshut 151 m³/s. In Tabelle 13 sind die Tage innerhalb des Bewässerungszeitraums zusammengestellt, an denen der MNQ in den letzten 10 Jahren unterschritten wurde.

Tabelle 13: Tage an denen am Pegel Neustadt an der Donau der MNQ im Bewässerungszeitraum unterschritten wurden

Jahr	Gesamtzahl Tage < MNQ	Längste Periode mit Tagen < MNQ
2013	0	0
2014	6	6
2015	10	5
2016	0	0
2017	0	0
2018	44	29
2019	0	0
2020	12	7
2021	0	0
2022	27	14



Wie Tabelle 13 zu entnehmen ist, war 2018 das abflussärmste Jahr im Betrachtungszeitraum. An 44 Tage wurde der MNQ unterschritten. Die längste Periode, in welcher der MNQ am Stück unterschritten war, lag mit 29 Tage ebenfalls 2018 vor.

In der Hälfte der Jahre konnte während des gesamten Bewässerungszeitraums Wasser aus der Donau entnommen werden. In 8 von 10 Jahren wäre eine Entnahme von Donauwasser an 12 Tagen oder weniger unzulässig gewesen. Die längste Periode, während der in 8 von 10 Jahren ein Entnahmestopp bestanden hätte, betrug 7 Tage.

Bei einem mittleren niedrigsten Abfluss von $151 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt der maximale Momentanbedarf, wenn alle Flächen gleichzeitig mit der vollen Leistung bewässert werden, von 359 l/s etwa $0,23 \%$ des MNQ. Damit ist die Veränderung des Abflusses durch die maximale Entnahme als vernachlässigbar klein anzusehen. In der Regel werden deutlich geringere Entnahmemengen erforderlich sein.

Die Auswirkungen des klimatischen Wandels verringern den mittleren Niedrigwasserabfluss der Donau im Worst Case um 25% . Auch bei verringertem Abfluss ist der für die Bewässerung benötigte Wasserbedarf weiterhin deutlich geringer, sodass auch zukünftig diese Wasserquelle zur Verfügung stehen wird. Allerdings ist mit einer Zunahme der Tage an denen der MNQ des Referenzzeitraums unterschritten wird zu rechnen, sodass ggf. das Speichervolumen auszubauen ist (vgl. Kapitel 8.2.3 und 9.5).

Vor der Nutzung des direkt aus dem Gewässer entnommenen Wassers ist dieses von seinen Trübstoffen zu befreien. Zudem kann das Wasser aufgrund der großen Einzugsgebiete der Donau mit weiteren anthropogenen Stoffen belastet sein, sodass eine Aufbereitung erforderlich sein kann.

Wie bei der Entnahme zu Zeiten hoher Abflüsse aus der Donau wäre auch bei der direkten Entnahme der Deich zu queren. Mögliche Entnahmestellen sind in Anlage 1.8 dargestellt. Alternativ könnte Oberflächenwasser auch über Uferfiltrat gewonnen werden, was den möglichen Aufbereitungsaufwand verringert. Weitere Ausführungen dazu unter Kapitel 8.4.

8.4 Entnahme von Uferfiltrat aus der Donau

Uferfiltrat ist Wasser, welches aus einem Oberflächengewässer in das Grundwasser übertritt und dort über Brunnen entnommen wird. Durch die Untergrundpassage wird das Uferfiltrat filtriert und gereinigt, sodass im Vergleich zur direkten Entnahme aus der Donau, weniger Aufbereitungsschritte vor der Nutzung erforderlich sind.



Die Einschränkungen einer Uferfiltratentnahme decken sich mit denen der Entnahme aus Oberflächengewässern und werden daher nicht weiter ausgeführt. Das Dargebot ist als identisch anzunehmen.

Die Donau ist im Bereich von Neustadt an der Donau eingedeicht. Es ist bekannt, dass Teile dieses Damms mit Spundwand oder Mixed-In-Place-Wänden verstärkt wurden. In Anlage 1.8 sind hinsichtlich der Anbindung an das Projektgebiet günstige Bereiche für eine Entnahme von Uferfiltrat dargestellt. Es ist mit dem WWA abzustimmen, wo in diesem Bereich eine Uferfiltratentnahme grundsätzlich denkbar wäre. Hinzu kommt, dass das WWA bereits Bedenken bei einer Entnahme von Uferfiltrat im Deichhinterland angemeldet hat, da sie eine Unterströmung des Deichs aus Standsicherheitsgründen vermeiden möchten. Bei einer Entnahme im Deichvorderland ist der Deich zu queren, analog Kapitel 8.3.1 und 8.3.2.

8.5 Entnahme von Grundwasser

Sollte weder durch die Sammlung von Niederschlagswasser noch durch die Entnahme von Oberflächenwasser/Uferfiltrat der Bewässerungsbedarf zu decken sein, darf oberflächennahes Grundwasser zur Bewässerung herangezogen werden.

In mehreren Abstimmungsrunden mit WWA und LfU wurde mitgeteilt, dass ausschließlich quartäres Grundwasser zur Bewässerung entnommen werden darf. Dies steht ausschließlich im Nordwesten des Projektgebiets an (vgl. Anlage 1.4).

Das Grundwasserdargebot wird maßgeblich von der Grundwassermächtigkeit bestimmt. In Anlage 1.7 ist die Grundwassermächtigkeit im quartären Grundwasserleiter dargestellt. Die Daten entstammen PRÖSL ET AL. (2009) und wurden im digitalen UmweltAtlas Bayern recherchierte Bohrungen erweitert. Im Projektgebiet selbst sind die Vorkommen an quartärem Grundwasser begrenzt. Östlich von Geibenstetten liegt die Grundwassermächtigkeit im Bereich von 8 m. Nördlich von Neustadt an der Donau wurde in mehreren Bohrungen Grundwassermächtigkeiten um ca. 6 m angetroffen.



Anhand der Brunnenformel nach DEPUIT-THIEM (1) kann die mögliche Entnahmemenge eines Brunnens abgeschätzt werden:

$$Q = \pi \cdot k_f \cdot \frac{H^2 - h^2}{\ln R - \ln r_0} \quad (1)$$

mit:

Q: Entnahmemenge [m³/s]

k_f: Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

H: Grundwassermächtigkeit [m]

h: abgesenkte Grundwassermächtigkeit [m]

R: Reichweite Absenkung [m]

r₀: Radius Brunnen [m]

Die benötigte Reichweite der Absenkung kann nach KUSAKIN (2) überschlägig ermittelt werden:

$$R = 575 \cdot s \cdot \sqrt{k_f \cdot H} \quad (2)$$

mit:

s: Absenkbetrag [m]

Gemäß PRÖSL ET AL. (2009) kann der Durchlässigkeitsbeiwert innerhalb der quartären Schotter mit $5 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen werden. Vorsichtshalber wird lediglich ein k_f-Wert von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s angesetzt. Es ist eine Grundwasserabsenkung um maximal ein Drittel der Grundwassermächtigkeit zulässig. Bei einer Grundwassermächtigkeit von 6 m ist somit eine maximale Absenkung von 2 m anzusetzen. Dies resultiert nach KUSAKIN in einer Reichweite der Absenkung von 89 m.

Bei einem Brunnendurchmesser DN500 ist gemäß DEPUIT-THIEM eine Entnahmemenge von 10 l/s je Brunnen realisierbar.

Die zulässige jährliche Entnahmemenge wird wesentlich durch die Grundwasserneubildung geprägt. Gemäß Mitteilung des LfU das lediglich die Grundwasserneubildung im Quartär zur Dargebotsermittlung angesetzt werden. Zudem ist eine räumliche Nähe zum Projektgebiet bzw. die Lage des Projektgebiets im Einzugsgebiet der Brunnen nachzuweisen.



Im vorliegenden Fall beschränkt sich die Grundwasserneubildung demnach auf den in Anlage 1.7 dargestellten Bereich.

Gemäß den Daten des LfU betrug die jährliche Grundwasserneubildung in dieser Region im Referenzzeitraum 230.000 m³. Hinzu kommen noch die Zuströme aus dem Tertiär. Bei einer Länge der Grenzfläche von etwa 11,4 km und einer angenommenen Grundwassermächtigkeit von 5 m beträgt die durchströmte Fläche 57.000 m². Das Grundwassergefälle wird gemäß der HK100 im Übergangsbereich mit etwa 0,7 % angesetzt, der Durchlässigkeitsbeiwert mit $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Gemäß Darcy ergibt dies einen Zustrom von etwa 126.000 m³/a. In Summe beträgt die Grundwasserneubildung demnach etwa 356.000 m³/a. Für die Bewässerung nutzbar sind davon jedoch nur 30 %, sodass das Grundwasserdargebot zur Bewässerung etwa 106.800 m³/a beträgt.

Von diesem Dargebot sind noch die bestehenden Nutzungen abziehen. Derzeit sind nach Informationen des Wasserwirtschaftsamts Landshut im Projektgebiet insgesamt vier Brunnen zur Entnahme von Bewässerungswasser genehmigt. Die Brunnen weisen eine Gesamtentnahmemenge von 35.150 m³/a auf. Bei Vergleich mit der HK100 fällt auf, dass von den Brunnen lediglich einer im Bereich der quartären Kiese liegt. Hier ist eine Entnahme von insgesamt 1.500 m³/a genehmigt. Demnach verbleibt ein Dargebot von ca. 105.000 m³.

Dies bedeutet, dass maximal etwa ein Zehntel der erforderlichen Gesamtmenge aus Grundwasser gewinnbar ist.

8.6 Nachnutzung Brauchwasser der Bayernoil Raffinerie

Nach der Umwelterklärung der Bayernoil Raffineriegesellschaft GmbH wurden im Jahr 2018 an den beiden Standorten Vohburg und Neustadt an der Donau insgesamt ca. 3,7 Mio. m³ Grundwasser zu Brauchwasserzwecken gefördert. Gemäß dem Bayernoil Journal Ausgabe 02/2012 wurden am Standort Neustadt an der Donau jährlich etwa 2,4 Mio. m³ Grundwasser entnommen. Zudem plant die Bayernoil Raffinerie die Errichtung einer Grundwasserreinigungsanlage.

Es stünde somit eine große Menge an bereits entnommenen Grundwasser zur Verfügung, welches für die Bewässerung verwendet werden könnte. Nach Abstimmungen mit der Bayernoil GmbH ist diese nicht bereit das Wasser zur Nachnutzung zur Verfügung zu stellen. Als Gründe werden die kurze Dauer der Bewässerungsperiode, Haftungsfragen und die fehlende Infrastruktur genannt.



8.7 Nachnutzung Abwasser

Als weitere Möglichkeit Bewässerungswasser zu gewinnen, wurde die Nachnutzung kommunalen Abwassers geprüft. In anderen Regionen Deutschlands und der Welt wird dies bereits erfolgreich praktiziert.

Das geklärte Abwasser wird derzeit zumeist in Oberflächengewässer eingeleitet. Es könnte stattdessen direkt oder nach Speicherung für die Bewässerung genutzt werden. Bevor das Abwasser zur Bewässerung genutzt werden kann, ist es zu klären. Je nach Ausstattung der Kläranlage sind weitere Behandlungsstufen zu errichten, bspw. eine Desinfektion. Interessant wäre eine Kombination mit Grundwasseranreicherung, da in diesem Zuge eine weitere Reinigung des Wassers erfolgt. Eine Grundwasseranreicherung wurde von Seiten des WWA aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld des Projektgebiets als nicht umsetzbar eingeschätzt und wurde daher nicht weiter betrachtet.

Langfristig kann die Nachnutzung von Abwasser eine interessante Möglichkeit für die Bewässerung werden. Derzeit sind die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen nicht vorhanden. Es fehlen die gesetzlichen Richtlinien und die Akzeptanz bei den Konsumenten für derartige Bewässerungen. Daher lehnen die Landwirte derzeit eine Bewässerung dieser Art ab.

9 VARIANTEN ZUR DECKUNG DES BEWÄSSERUNGSBEDARFS

9.1 Zusammenfassung Bezugsmöglichkeiten

Von den vorgestellten Möglichkeiten zur Wassergewinnung kann ausschließlich die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse in Kombination mit einem entsprechend großen Speicher den maximale errechnete Bewässerungsbedarf von 1,2 Mio. m³ pro Beregnungssaison decken. Durch eine Kombination mehrere Gewinnungsarten sind weitere Varianten zur Deckung des Bewässerungsbedarfs denkbar. Verschiedene der betrachteten Möglichkeiten scheiden in der Praxis aus.

Die Sammlung von Niederschlagswasser in der Fläche ist aufgrund des geringen Gebietsabflusses mit einem großen Aufwand verbunden, um relevante Wassermengen zu generieren. Die Sammlung von Niederschlagswasser auf versiegelten Flächen bietet aufgrund der nur vereinzelt vorhandenen Trennkanalisationen nur ein geringes Dargebot an, welches in keinem Verhältnis zum Aufwand steht, sollte es gesammelt werden.



Die Sammlung von Niederschlagswasser wird daher bei der Erarbeitung eines Bewässerungskonzepts nicht weiter betrachtet.

Zu Zeiten hoher Abflüsse kann über eine Oberflächenwasser- bzw. Uferfiltratentnahme der jährliche Bewässerungsbedarf vollständig gedeckt werden. Da die Hochwasserspitzen nur temporär und in der Regel außerhalb der Bewässerungssaison auftreten, ist das gesammelte Wasser zu speichern, um es im Bewässerungszeitraum nutzen zu können. Theoretisch könnte der gesamte Bedarf durch zu Zeiten hoher Abflüsse gesammeltes und gespeichertes Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat bereitgestellt werden.

Aus Oberflächengewässern bzw. dem Uferfiltrat kann zudem unmittelbar bei Bedarf Wasser zur Bewässerung bereitgestellt werden. Eine Zwischenspeicherung ist bei dieser Variante theoretisch nicht erforderlich. Die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat wird durch den Abfluss des Gewässers limitiert. Aufgrund des hohen Abflusses bietet sich daher für diese Variante insbesondere die Donau an. Bei einem Abfluss geringer als der MNQ ist jedoch auch an diesem Gewässer eine Entnahme nicht zulässig.

Um die Bewässerung auch während einer Unterschreitung des MNQ sicherstellen zu können, ist demnach die Speicherung eines Teils des Bedarfs erforderlich.

Gemäß Mitteilung des WWA Landshut darf sämtlicher Abfluss oberhalb des MQ entnommen werden. Zwischen MQ und MNQ ist die Entnahme auf 20 % des MQ zu begrenzen. Bei einem MQ der Donau im Referenzzeitraum von 332 m³/s wäre bei diesem Gewässer oberhalb des MNQ eine Entnahme von bis zu 66,4 m³/s zulässig. Der maximale Momentanbedarf bei gleichzeitiger Bewässerung aller Flächen von 349 l/s wird demnach deutlich überschritten.

Die Entnahme von Grundwasser zur Bewässerungszwecken ist nur aus dem quartären Grundwasserleiter zulässig. Dieser steht ausschließlich im Westen des Projektgebiets an. Das zu Bewässerungszwecken entnehmbare Dargebot ergibt sich aus der Grundwasserneubildung im quartären Grundwasserleiter sowie dem Zustrom zu diesem. Wie unter Kapitel 8.5 ausgeführt, reicht das vorhandene Grundwasserdargebot nur für die Deckung eines kleinen Teils des Bedarfs aus. Zudem ist die Grundwasserentnahme in der Priorisierung als letzte Möglichkeit aufgeführt, sodass ihr nur eine untergeordnete Rolle zukommen kann.

Neben den zuvor aufgeführten klassischen Wasserbezugsmöglichkeiten wurden die Nutzung vom Brauchwasser der Bayernoil Raffinerie und von kommunalem Abwasser geprüft. Beide Varianten können zum derzeitigen Stand nicht für die Bewässerung herangezogen werden.



Im Folgenden werden verschiedene Varianten zur Deckung des Bewässerungsbedarf geprüft.

9.2 Variante 1: Vollständige Deckung durch Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse

Wie oben erläutert, stellt die Sammlung von Niederschlagswasser für dieses Konzept keine sinnvolle Bezugsmöglichkeit dar. Als nächstniedriger priorisierte Bezugsmöglichkeit wurde die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse geprüft.

Wie unter Kapitel 8.3.1 erläutert, wären bei einer Entnahme oberhalb des MQ und einer Entnahmeleistung von 500 l/s in jedem der letzten 10 Jahren mindestens 2.678.400 m³/a sammelbar gewesen. Unter den in Kapitel 8.3.1 genannten und mit dem WWA Landshut abgestimmten Rahmenbedingungen kann durch die Variante demnach der gesamte jährliche Bewässerungsbedarfs gedeckt werden.

Um das zu Zeiten hoher Abflüsse entnommene Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat im Bewässerungszeitraum nutzen zu können, ist dieses zwischenspeichern. Die zu erreichende Versorgungssicherheit dieser Variante ist direkt abhängig von der Speichergröße. In Tabelle 14 sind die erforderlichen Speichergrößen je angestrebter nach Versorgungssicherheit dargestellt.

Tabelle 14: Speichergrößen in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 1

Jahr	Versorgungssicherheit	Bewässerungsbedarf/ Speichergröße	Flächenbedarf
[-]	[%]	[m ³]	[ha]
Normaljahr	50	527.100	7,4
Durchschnittliches Trockenjahr	80	828.300	11,6
Trockenjahr	100	1.129.500	15,8



Neben den Kosten für die Errichtung des Entnahmebauwerks sowie des Verteilernetzes, welche auch bei den weiteren geprüften Varianten anfallen, kommen bei dieser Variante Kosten für die Errichtung eines Speichers hinzu. In Tabelle 15 sind die Kosten für die Errichtung der Speicher in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit dargestellt.

Tabelle 15: Kosten für Speicherbau in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 1

Versorgungssicherheit	Kosten Flächenerwerb	Kosten Speicherbau	Gesamtkosten	Kosten flächennormiert
[%]	[€]	[€]	[€]	[€/ha]
50	1.500.000	3.700.000	5.200.000	7.000
80	2.300.000	5.800.000	8.100.000	11.000
100	3.200.000	7.900.000	11.100.000	15.000

Die abgeschätzten Kosten für die Errichtung des Speichers inkl. der Kosten für den Flächenerwerb betragen 10 € je gespeichertem Kubikmeter. Bei einem Bedarf von 1.500 m³/ha in einem Trockenjahr liegen die Kosten für die vollständige Speicherung des Bedarfs demnach bei geschätzten 15.000 € je zu bewässerndem Hektar. Von Seiten der Landwirte wird daher aus finanzieller Überlegung ein möglichst kleiner Speicher bevorzugt. Zudem sind aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung Flächen für die Errichtung von Speicherbecken im Projektgebiet selten. Es sollten demnach auch Varianten betrachtet werden, welche ohne bzw. mit geringerem Speichervolumen auskommen.

9.3 Variante 2: Vollständige Deckung durch Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat bei normalen Abflüssen ohne Speicher

Wie unter Kapitel 8.3 ausgeführt, wird die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat durch den Abfluss begrenzt. Zu Zeiten in denen der MNQ unterschritten ist, ist eine Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat nicht zulässig. Gemäß der Aufstellung in Tabelle 13 ist dies an der Donau in den letzten Jahren mehrfach im Bewässerungszeitraum aufgetreten. Da Niedrigwasser in Phasen längerer Trockenheit auftritt, ist zu diesen Zeiten in der Regel auch der Bewässerungsbedarf besonders hoch.



Daher ist die Variante der vollständigen Deckung des Bedarfs durch die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat ohne Speicher nicht umsetzbar.

9.4 Variante 3: Vollständige Deckung durch Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat bei normalen Abflüssen mit Speicher

Wie unter Kapitel 9.3 erläutert, ist eine Deckung des Bedarfs ausschließlich durch die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat ohne Speicher nicht umsetzbar. Für Zeiten mit Abflüssen kleiner MNQ ist demnach Bewässerungswasser in einem Speicher vorzuhalten. Für den Fall, dass ein Speicher errichtet wird, ist dieser im Sinne der Priorisierung bevorzugt mit zu Zeiten hoher Abflüsse zu füllen. Diese Variante wurde bereits in Kapitel 9.2 betrachtet, sodass weitere Ausführungen dazu an dieser Stelle entfallen.

9.5 Variante 4: Deckung durch Kombination von Variante 1 (Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse) mit Variante 3 (Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat mit unmittelbarer Nutzung)

Durch eine Kombination der Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten hoher Abflüsse und anschließender Speicherung sowie der Oberflächenwasser- bzw. Uferfiltratentnahme mit unmittelbarer Nutzung, können die Nachteile der einzelnen Bezugsmöglichkeit ausgeglichen werden.

Unter Kapitel 9.2 wurde bereits eine vollständige Deckung des Bedarfs durch zu Zeiten hohen Abflusses entnommenen Oberflächenwassers bzw. Uferfiltrats geprüft. Wie ausgeführt bedarf diese Variante einer Speicherung des Wassers. Die Errichtung eines entsprechend großen Speicherbeckens ist mit hohen Kosten verbunden. Zur Speicherreduzierung und Kostenminimierung betrachtet Variante 4 daher zusätzlich die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat während der Bewässerungsperiode mit anschließender unmittelbarer Nutzung (Variante 2).

Wie in den Kapiteln 8.3.2 sowie 9.3 dargestellt, können durch eine Oberflächenwasser- bzw. Uferfiltratentnahme kurzfristig große Wassermenge bereitgestellt werden, jedoch werden die Zeiten, in denen eine Entnahme zulässig ist, durch den Abfluss begrenzt. Für Zeiten sehr niedriger Abflüsse ist demnach eine andere Bezugsmöglichkeit vorzuhalten, wofür in Variante 4 die Nutzung gespeicherten Wassers betrachtet wird. Zur Speicherung bietet sich das zu Zeiten hoher Abflüsse entnommene Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat an (Variante 1).



Anhand von Abflussdaten der Donau aus den letzten 10 Jahren wurde bei einem MNQ des Referenzzeitraums von 151 m³/s eine maximale Anzahl an Tagen, an denen keine Entnahme möglich ist, von 44 ermittelt. Auch in Trockenjahren werden Niedrigwasserphasen immer wieder von Phasen höheren bzw. normalen Abflusses unterbrochen. Sobald der Grenzwert wieder überschritten wird, ist eine erneute Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat möglich. Neben der unmittelbaren Nutzung zur Bewässerung können somit vorhandene Speicher wieder gefüllt werden. Für die Betrachtung der Versorgungssicherheit wird daher nicht die Gesamtzahl an Tagen an denen der MNQ unterschritten wurde angesetzt, sondern die Periodenlängen, an denen der Grenzwert dauerhaft unterschritten war, herangezogen. Die längste Periode, an denen der am Stück MNQ unterschritten wurde, lag bei 29 Tagen. In 8 von 10 Jahren wurde der MNQ für eine Dauer von 7 Tagen oder weniger am Stück unterschritten. In 50 % der Jahre wurde im Bewässerungszeitraum keine Unterschreitung des MNQ aufgezeichnet (vgl. Kapitel 8.3.2).

Für die Ermittlung der vorzuhaltenden Mengen an Bewässerungswasser für die Niedrigwasserphasen wird die maximale tägliche Wassergabe von 40 m³/(ha · d) angesetzt. Es wird angenommen, dass aufgrund der anhaltenden Trockenheit alle Flächen zeitgleich bewässert werden müssen. In Tabelle 16 sind die ermittelten Speicherbedarfe in Abhängigkeit von der Versorgungssicherheit zusammengefasst.

Tabelle 16: Speichergrößen in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 4 (Kombination Variante 1 und 3)

Versorgungssicherheit	Periodenlänge < MNQ	Bewässerungsbedarf / Speichergröße	Flächenbedarf
[%]	[d]	[m ³]	[ha]
50	0	0	0
80	7	210.840	3,0
100	29	873.480	12,2

Wie bei Variante 1 kommen bei dieser Variante neben den Fixkosten für Entnahmebauwerk, Verteilnetz, etc. demnach noch Kosten für den Speicherbau sowie den Flächenerwerb hinzu. In Tabelle 17 sind die Kosten für die Errichtung des Speichers in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit dargestellt.



Tabelle 17: Kosten für Speicherbau in Abhängigkeit der Versorgungssicherheit für Variante 4 (Kombination Variante 1 und 3)

Versorgungssicherheit	Kosten Flächenerwerb	Kosten Speicherbau	Gesamtkosten	Kosten flächennormiert
[%]	[€]	[€]	[€]	[€/ha]
50	0	0	0	0
80	600.000	1.500.000	2.100.000	3.000
100	2.400.000	6.100.000	8.600.000	11.000

Wird eine Deckung des Bedarfs in lediglich der Hälfte der Jahre angestrebt, kann auf Basis der Daten der letzten 10 Jahre davon ausgegangen werden, dass kein zusätzliches Speichervolumen errichtet werden muss. Um eine Versorgungssicherheit in 8 von 10 Jahren zu erreichen, ist sind nach aktuellem Stand Kosten in Höhe von ca. 3.000 €/ha für die Errichtung eines Speicherbeckens erforderlich. Erhöht man die gewünschte Versorgungssicherheit auf 100 % wären 11.000 €/ha für Speicherlösungen zu investieren.

10 VARIANTENVERGLEICH

Die zuvor vorgestellten Bezugsvarianten werden hinsichtlich ihrer Priorisierung, der erreichbaren Versorgungssicherheit sowie ihrem Speicher- und Platzbedarf verglichen. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden ein Bewertungssystem von ++ bis -- angewandt. In Tabelle 18 sind die Ergebnisse des Vergleichs zusammengefasst: Die Varianten werden relativ zueinander bewertet, wobei ++ die beste und -- die schlechteste Variante darstellt.

**Tabelle 18: Bewertung Bezugsvarianten**

Variante	Priorisierung	Versorgungssicherheit	Platzbedarf	Punkte
1	++	++	--	2
2	--	--	++	-2
3	-	++	-	0
4	+	++	-	2

Die Varianten 2 und 3 weisen nach der Bewertung in Tabelle 18 die niedrigsten Punktzahlen auf. In den Kapiteln 9.2 und 9.3 wurden diese Varianten bereits als nicht zielführend bewertet, was sich in der obenstehenden Bewertung widerspiegelt. Bei Variante 2 ist dies auf die geringe Versorgungssicherheit sowie die geringe Priorisierung zurückzuführen. Variante 3 scheidet aufgrund der ebenfalls eher schlechten Priorisierung aus. Die Varianten 1 und 4 decken sich in ihrer Punktzahl. Variante 4 weist zwar aufgrund der Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat zu Zeiten normaler Abflüsse eine geringere Priorisierung als Variante 1 auf, punktet jedoch aufgrund des geringeren Platzbedarfs. Die Versorgungssicherheit ist in beiden Varianten gegeben.

Zur Ermittlung der zu favorisierenden Variante werden daher finanzielle Aspekte einbezogen. Hierbei ist zu beachten, dass beide Varianten auf die Bezugsquelle Donau angewiesen sind und für beide ein zentraler Speicher vorgesehen ist. Daher sind die Kosten für die Rahmeninfrastruktur bestehenden aus Entnahmebauwerk, Pumpwerken, Schachtbauwerken, Zu- und Ableitung, Verteilnetz etc. für beiden Varianten als annähernd gleich anzusetzen. Aus diesem Grund wurden ausschließlich die durch den Speicherbau zusätzlich entstehenden Kosten bewertet und diese jeweils in Relation zur gewinnbaren Versorgungssicherheit gestellt. Die Bewertung der Kosten erfolgt flächennormiert je bewässerter Fläche. In Abbildung 5 sind die flächennormierten Kosten für die Errichtung von Speicherbecken der beiden realistischen Bewässerungsvarianten gegen die dadurch realisierbaren Versorgungssicherheiten aufgetragen.

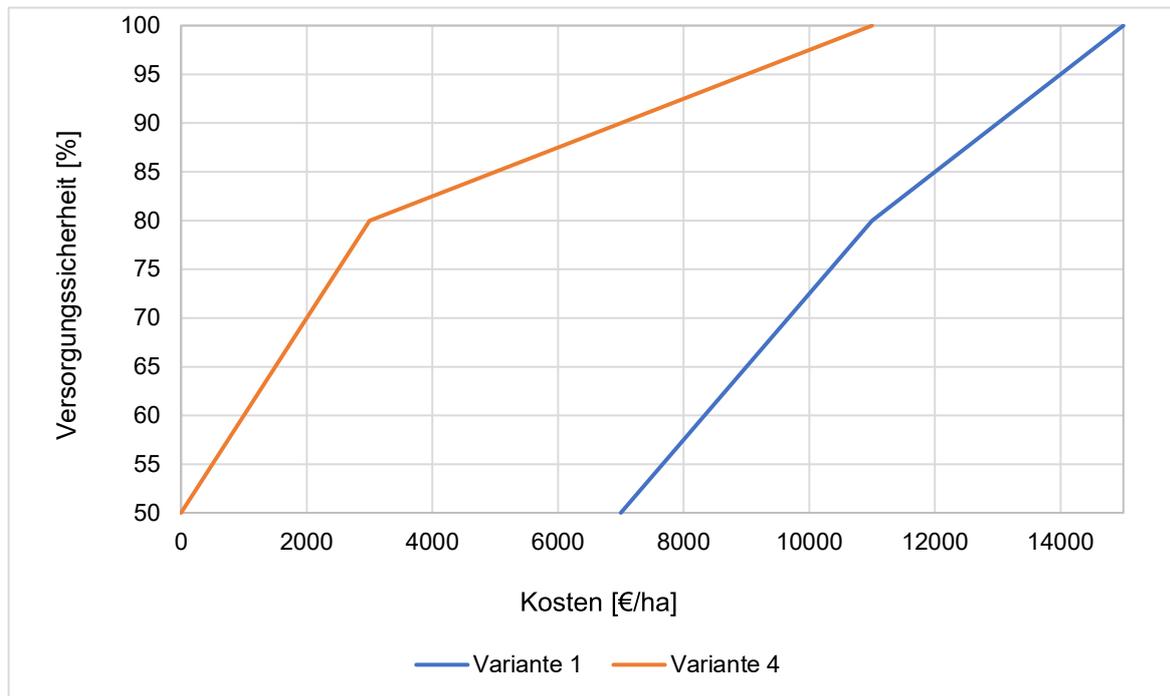


Abbildung 5: Speicherkosten-Nutzen-Vergleich Bewässerungsvarianten

Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, bedarf Variante 1 für jede betrachtete Versorgungssicherheit (50, 80 und 100 %) eines höheren finanziellen Aufwands als Variante 4. Die Auswertung der vorliegenden Daten ergab, dass Variante 4 ohne Errichtung eines Speichers und damit ohne Zusatzkosten eine 50 %ige Versorgungssicherheit gewährleisten könnte.

Da in Variante 1 keine zusätzlichen Entnahmen während der Bewässerungssaison vorgesehen sind, wird bereits für eine Versorgungssicherheit von 50 % (Normaljahr) ein Speicherbecken benötigt, sodass diese Variante bereits für eine geringe Versorgungssicherheit Investitionen in Speichersysteme benötigt. Für eine 80 %ige Versorgungssicherheit betragen die erforderlichen Investitionen bei Variante 1 mehr als das 3-fache der Investitionen von Variante 4. Für eine 100 % Versorgungssicherheit verringert sich die Differenz. Variante 1 ist aber auch in dieser Ausbaustufe noch annähernd 1,5-mal so teuer wie Variante 4.

Unter Einbezug der finanziellen Belastung ist deshalb klar erkennbar, dass Variante 4 der Variante 1 zu bevorzugen ist.



11 GROBPLANUNG INFRASTRUKTUR

11.1 Bewässerungsinfrastruktur

Wie zuvor erläutert, stützt sich das Bewässerungskonzept auf die Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat der Donau. Unabhängig davon, ob das gesamte Bewässerungswasser vor der Bewässerungssaison zu Zeiten hoher Abflüsse entnommen und gespeichert wird (Variante 1) oder nur ein Teil des Bedarfs für Zeiten mit Abflüssen kleiner dem MNQ vorgehalten wird (Variante 4), benötigen beide umsetzbare Varianten ein Speicherbecken.

Die Topographie des Untersuchungsgebiets empfiehlt die Errichtung eines zentralen Hochbehälters. In Abstimmung mit Projektteilnehmern wurde ein Bereich innerhalb des Projektgebiets identifiziert, welcher nach aktuellem Stand der optimale Standort für ein zentrales Speicherbecken darstellt. Zudem wurden weitere Standortvorschläge für Zusatzspeicher erarbeitet, welche für eine dezentrale Erweiterung des Speichervolumens in Frage kommen.

Zum aktuellen Zeitpunkt ist eine Entnahme von Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat nordwestlich von Neustadt a. d. Donau geplant. Dieser Bereich besitzt die besten Voraussetzungen hinsichtlich einer Anbindung an das Projektgebiet. Vom Entnahmepunkt ist eine Zuleitung zum Speicherbecken vorgesehen. Der vorgeschlagene Leitungsverlauf orientiert sich dabei am bestehenden Wegenetz.

Zwischen Entnahmestelle und Speicherbecken ist eine Höhendifferenz von ca. 70 m zu überwinden, sodass voraussichtlich mehrere Pumpwerke zu errichten sind. Die Ermittlung der benötigten Pumpleistung und damit die Auslegung der Pumpwerke kann erst erfolgen, wenn Entnahmestelle, Speicherstandort und Leitungsverlauf final festgelegt sind und sich die Projektteilnehmer für eine Versorgungssicherheit entschieden haben.

Für die Verteilung des Wassers wurde das Projektgebiet in Teilgebiete unterteilt. Die Teilgebiete wurden unter Beachtung der bestehenden infrastrukturellen Rahmenbedingungen so gewählt, dass die jeweils zu bewässernden Flächen in vergleichbaren Größenordnungen liegen.

Vom Speicherbecken aus wird das Bewässerungswasser über ein sich aufspaltendes Verteilnetz zu den insgesamt elf Verteilpunkten im Projektgebiet geleitet. An den Verteilpunkten erfolgt die Übergabe des Wassers an die Landwirte, welche sich insbesondere bei der Errichtung der Zuleitungen zu ihren Feldern einbringen können.



Durch die Lage des Speicherbeckens an einem Hochpunkt im Projektgebiet soll eine Verteilung im Freispiegel angestrebt werden. Ob dies tatsächlich umsetzbar ist oder ob bzw. wie viele Druckerhöhungen benötigt werden, kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht beantwortet werden, da die genaue Lage des Speicherbeckens und der Verteilpunkte sowie der tatsächliche Leitungsverlauf noch nicht abschließend festgelegt sind. Es sind zumindest Druckerhöhungen an den Verteilpunkten wahrscheinlich.

In Anlage 1.9 liegt die Planung der Bewässerungsinfrastruktur von der Entnahmestelle, über die Lage des Speicherbeckens bis zu den Verteilpunkten bei.

In Abstimmung mit den Projektbeteiligten bei der HVG und dem WWA ist es zum aktuellen Zeitpunkt nicht sinnvoll eine weitere Verästelung des Verteilnetzes bis zu den einzelnen zu bewässernden Flächen zu planen, da die Lage der Verteilpunkte noch nicht abschließend festgelegt ist und die Landwirte sich in diesem Bauabschnitt selbst stark einbringen können. Ebenso ist eine abschließende Bemessung der benötigten Pumpwerke und Druckerhöhungen zum aktuellen Zeitpunkt nicht sinnvoll, da die Lagen des Entnahmestandorts, des Speicherbeckens und der Verteilpunkte nicht final festgelegt sind. Zudem werden bei den zu überbrückenden Strecken eine Vielzahl unterschiedlicher Interessen zu berücksichtigen sein, sodass der tatsächliche Leitungsverlauf von dem vorgeschlagenen deutlich abweichen kann.

11.2 Leitungsbemessung

Neben den in den Kapiteln 8.2.3 und 9.5 aufgeführten Kosten für die Errichtung eines Speicherbeckens ist ein wesentlicher Kostenpunkt der Bewässerungsinfrastruktur der Leitungsbau. Für die Prognose der dabei anfallenden Kosten wurden in einem ersten Schritt die erforderlichen Leitungsdurchmesser ermittelt.

Bei einem maximalen Durchfluss von 500 l/s und einer angesetzten Fließgeschwindigkeit von 5 m/s beträgt der Mindestdurchmesser der Zuleitung, ohne Beachtung der Rauheit, zum Speicherbecken 357 mm. Für die ca. 9,4 km lange Leitung von der Donau bis zum Speicherbecken wird daher ein Leitungsdurchmesser DN 400 angesetzt.

Zur Ermittlung der maximalen Durchflüsse im Verteilnetz wurden die an die Verteilpunkte angeschlossenen Flächen bestimmt. Für Streckenabschnitte, welche zu mehreren Verteilpunkten führen, werden die angeschlossenen Flächen aufsummiert. Die zu bewässernden Flächen wurden mit dem maximalen täglichen Bedarf von 40 m³/ha verrechnet.



Anhand der maximalen täglichen Bedarfe wurde die benötigte Durchflussmenge in l/s ermittelt, welche wiederum bei angesetzten Fließgeschwindigkeiten von 1,5 bis 3,0 m/s die Mindestdurchmesser der Leitungen ergeben.

In den Tabelle 19 und 20 sind die einzelnen Leitungsabschnitte, die angeschlossenen Flächen, die daraus resultierenden Bedarfe und Durchflussmengen sowie die Durchmesser der Leitungen zu den einzelnen Verteil- bzw. Knotenpunkten zusammengefasst.

Tabelle 19: Ermittlung Durchmesser für Zuleitungen zu Verteilpunkten

Verteilpunkt	Fläche	Bedarf	Länge	Durchfluss	Fließgeschw.	Min. Durchmesser	DN*
[-]	[ha]	[m³/d]	[km]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[mm]
Altdürnbuch Nord	85,4	3.417,5	1,0	39,6	1,5	183	200
Altdürnbuch Süd	53,9	24,9	über Strang „Speicher – Knoten 8“ versorgt				
Geibenstetten	46,4	1.854,2	3,9	21,5	1,5	135	200
Lina	94,5	3.780,1	0,9	43,8	1,5	193	250
Mühlhausen Nord	61,6	2.462,8	0,7	28,5	1,5	156	160
Mühlhausen Ost	70,3	2.810,6	0,3	32,5	1,5	166	200
Mühlhausen Süd	53,9	25,0	über Strang „Speicher – Knoten 2“ versorgt				
Mühlhausen West	48,7	1.946,6	1,8	22,5	1,5	138	160
Niederulrain Nord	94,1	3.763,1	1,4	43,6	1,5	192	250
Niederulrain Süd	79,5	3.181,1	0,9	36,8	1,5	177	200



Verteilpunkt	Fläche	Bedarf	Länge	Durchfluss	Fließgeschw.	Min. Durchmesser	DN*
Oberulrain	65,2	2608,7	1,2	30,2	1,5	160	200

**vorläufige Bemessung ohne Rauheit, Druckverluste etc.*

Tabelle 20: Ermittlung Durchmesser der zentralen Verteilung

Strang	Fläche	Bedarf	Länge	Durchfluss	Fließgeschw.	Min. Durchmesser	DN*
[-]	[ha]	[m ³ /d]	[km]	[l/s]	m/s	[mm]	[mm]
Speicher Knoten 1 -	614	24.565	1,2	284,3	3,0	347	400
Speicher Knoten 2 -	100	4.012	1,9	46,4	1,5	198	250
Speicher Knoten 8 -	139	5.573	2,3	64,5	1,5	234	250
Knoten 1 - Knoten 3	514	20.553	0,7	237,9	3,0	318	400
Knoten 3 - Knoten 4	395	15.796	0,7	183	3,0	279	315
Knoten 4 - Knoten 5	333	13.333	0,4	154	3,0	256	315
Knoten 5 - Knoten 6	239	9.553	0,7	106,6	3,0	217	250
Knoten 6 - Knoten 7	174	6.944	0,2	80,4	3,0	185	200

**vorläufige Bemessung ohne Rauheit, Druckverluste etc.*



11.3 Kostenprognose

Anhand der vorläufigen Bemessungen der Leitungsdurchmesser ergeben sich die in Tabelle 21 zusammengefassten Leitungslängen für die unterschiedlichen Leitungsdurchmesser.

Tabelle 21: Zusammenfassung Leitungslängen inkl. Kostenprognose (Material und Verlegearbeiten)

Durchmesser	Länge	Preis je Laufmeter (netto)	Gesamtkosten (netto)
[mm]	[m]	[€/m]	[€]
160	2.482	45	112.000
200	7.593	70	532.000
250	7.134	100	713.000
315	1.087	160	174.000
400	11.254	275	3.095.000
Summe	29.551	-	4.600.000

Zu den in Tabelle 21 zusammengefassten Kosten kommen noch die Kosten für Aushub und Verfüllung der Gräben von ca. 100 €/m. Bei einer Gesamtlänge von 29.551 m kommen demnach noch ca. 3.000.000 € netto hinzu, sodass es sich prognostizierte Gesamtkosten für die Errichtung des Leitungsnetzes vom Entnahmepunkt, zum Speicherbecken und von dort zu den Verteilpunkten von ca. 7.600.000 € netto bzw. ca. 10.000 €/ha netto ergeben.

Die Kosten für die Errichtung des Speichers richten sich nach der gewünschten Versorgungssicherheit. Wie Kapitel 9.5 zu entnehmen ist, betragen die Baukosten für die Errichtung eines Speicherbeckens, welches in 8 von 10 Jahren ausreichen würde, um die Tage mit Abflüssen unterhalb des MNQ zu überbrücken, ca. 2.100.000 € netto.

Soll eine Versorgungssicherheit von 100 % erreicht werden, steigen die Baukosten auf ca. 8.600.000 € netto.



Die Gesamtkosten für den Bau des Leitungsnetzes sowie des Speicherbeckens werden somit je nach gewünschter Versorgungssicherheit mit 9.700.000 bis 16.200.000 € netto prognostiziert. Bei einer Bewässerungsfläche von 753 ha ergeben sich damit flächennormierte Kosten in Höhe von ca. 13.000 bis 22.000 €/ha.

Wie zuvor erläutert, wird im Zuge dieser Konzepterstellung auf eine Bemessung von Pumpwerken verzichtet. Anhand ähnlich gelagerter Projekte im Umfeld sowie Erfahrungswerten von Projektbeteiligten wird für die Errichtung von Pumpwerken für die Förderung des Wassers aus der Donauebene zum Speicherbecken ein Pauschalbetrag von 12.000 €/ha angesetzt.

Die Leitungsplanung endet an den zentralen Verteilpunkten in den jeweiligen Teilgebieten. Hier erfolgt die Übernahme des Wassers durch die Landwirte, welche mit einem feinen Verteilnetz das Wasser zu den bewässernden Feldern leiten können. Es wird angenommen, dass im Durchschnitt 5.000 €/ha ausreichen, um die Leitung vom Verteilpunkt zum Feld zu errichten. Die Kosten hierfür können durch Eigenleistung der Landwirte deutlich reduziert werden.

Für Pumpwerke sowie das kleinräumige Verteilnetz können demnach 17.000 €/ha angesetzt werden. In Summe ergeben sich demnach, je nach gewünschter Versorgungssicherheit, Investitionskosten in Höhe von 30.000 bis 39.000 €/ha.



In dieser Kostenschätzung nicht enthalten, da zum aktuellen Projektstand nicht kalkulierbar, sind Entnahmebauwerke bzw. Uferfiltratbrunnen, Druckerhöhungen, Steuerungstechnik, Schachtbauwerke, Querungen (Straßen, Leitungen, Flüsse, Bahnstrecken, etc.), Baunebenkosten sowie die Bewässerungstechnik auf den Feldern und die Betriebskosten. Ebenso sind zukünftige Preissteigerungen nicht Teil der Kostenprognose.

IFB Eigenschenk GmbH

Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8)}
Geschäftsführer

Dipl.-Geol. Dr. Christoph Barth^{3) 5) 8) 9)}
Fachbereichsleiter Altlasten

Jonas Böhmer M. Sc.⁸⁾
Fachbereichsleiter Hydrologie/Georisiken

- 1) Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Hydrogeologie
- 2) Leiter des Prüflaboratoriums nach DIN EN ISO 17025:2018
- 3) Fachkundiger für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen und Sachkundiger nach DGUV – Regel 101-004, Anhang 6 A (BGR 128)
- 4) Privater Sachverständiger in der Wasserwirtschaft für thermische Nutzung, Bauabnahme Grundwasserbenutzungsanlagen, Beschneiungsanlagen, Eigenüberwachung von Wasserversorgungsanlagen gemäß § 1 VPSW 2010
- 5) zugelassener Probenehmer gemäß §15 Abs. 4 TrinkwV
- 6) Lehrbeauftragter der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg für Gebäuderückbau: Probenahme, Bewertung, Planung (MB-BB-23.1), Masterstudiengang Bauen im Bestand
- 7) Leiter der Untersuchungsstelle gemäß § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz
- 8) geprüfter Probenehmer nach LAGA PN 98
- 9) Sachkundiger gemäß TRGS 519