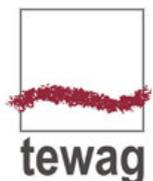




Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof

Modelleinsatz

Oktober 2018



Arbeitsgemeinschaft Simultec – tewag

Simultec AG, Hardturmstr. 261, CH-8005 Zürich, +41 44 563 86 20, www.simultec.ch

tewag GmbH, Blumenstr. 24, D-93055 Regensburg, +49 941 208633-60, www.tewag.de

Inhalt

1	Einleitung, Ziel	1
2	Methodik	1
2.1	Hochwassergangline	1
2.2	Berechnungszeitraum.....	2
2.3	Berücksichtigung von Überflutungsflächen im Modell.....	3
2.3.1	Randbedingung	3
2.3.2	Leakagewert.....	4
3	Beschreibung des Bezugszustandes	7
3.1	Wahl des Bezugszustandes	7
3.2	Beschreibung der Grundwasserverhältnisse	7
4	Ausschluss von Varianten aus Sicht Grundwasser	11
4.1	Flutpolder Eltheim	11
4.2	Flutpolder Wörthhof.....	12
5	Auswirkungen der verbliebenen Varianten	13
5.1	Vorgehen.....	13
5.1.1	Massnahmen zur Kontrolle der Auswirkungen.....	13
5.1.2	Darstellung der Auswirkungen.....	13
5.2	Flutpolder Eltheim	14
5.2.1	Variante E1a	14
5.2.2	Variante E2a	19
5.2.3	Variante E3a	24
5.2.4	Variante E4a	29
5.2.5	Variante E5a	34
5.2.6	Variante E6a	39
5.3	Flutpolder Wörthhof.....	44
5.3.1	Variante W4b	44
5.3.2	Variante W6a	48
5.3.3	Variante W6b	52
5.4	Zeitlicher Verlauf des Grundwasserstandes	55
5.5	Wasserbilanz.....	64
5.6	Beregnungsbrunnen.....	65
5.7	Wasserwerk Giffa	65
5.8	Variantenbewertung	66
5.8.1	Varianten Eltheim	67
5.8.2	Varianten Wörthhof	67
5.9	Sensitivitätsuntersuchungen.....	67
5.9.1	Gegenseitige Beeinflussung der Flutpolder	68
5.9.2	Durchlässigkeit der Deckschicht.....	69
5.9.3	Wirksamkeit der Drainagen	73
5.9.4	Dauer der Polderfüllung.....	76
5.9.5	Heterogenität des Schotters	77
6	Zusammenfassung	84
7	Literatur	85

1 Einleitung, Ziel

Situation	An der bayerischen Donau sind gesteuerte Flutpolder zur Verzögerung und Abflachung von Hochwasserspitzen vorgesehen. Im Bereich östlich von Regensburg wurden die Standorte Eltheim und Wörthhof als mögliche Flutpolderstandorte identifiziert. Die Eignung der beiden Standorte soll nun genauer untersucht werden.
Auftrag	Zur Quantifizierung des Einflusses auf die Grundwasserverhältnisse wurden ein hydrogeologisches Modell und darauf aufbauend ein Grundwassermodell für den Einflussbereich der Flutpolder Eltheim und Wörthhof erstellt.
Ziele	Mit dem Grundwassermodell wurden im Rahmen der Planung der Flutpolder die folgenden Ziele verfolgt: <ul style="list-style-type: none">- Berechnung der Auswirkungen des Flutpolderbetriebs auf die Grundwasserstände.- Quantifizierung der Auswirkungen auf das Trinkwasserwerk Giffa.- Optimierung der baulichen Massnahmen.
Berichtsumfang	Die Arbeiten werden mit drei Teilberichten dokumentiert: <ul style="list-style-type: none">- Hydrogeologisches Modell und Modellkonzepte- Modellaufbau und Kalibrierung- Modelleinsatz <p>Der vorliegende Teilbericht beschreibt den Modelleinsatz.</p>

2 Methodik

2.1 Hochwasserganglinie

Allgemeine Methodik	Die Prognose der Auswirkungen erfolgt anhand von Berechnungen mit dem numerischen Grundwassermodell. Dabei wird als erstes ein Bezugszustand gerechnet, welcher ohne Polder eintreten würde. Als zweites werden die Grundwasserverhältnisse unter der Annahme einer Polderfüllung prognostiziert. Die Auswirkungen ergeben sich aus der Differenz der Prognose mit Polderfüllung zum Bezugszustand ohne Polderfüllung.
Bemessungsganglinie	Für die hydraulische Bemessung der Flutpolder wurde beim LfU eine Abflussganglinie der Donau erzeugt, welche eine Abflussspitze entsprechend einem HQ150 aufweist. Diese Ganglinie wurde auch dem Grundwassermodell zugrunde gelegt. Da das Grundwassermodell einen längeren Vorlauf und Nachlauf benötigt wurde diese Ganglinie in die Abflussganglinie des Jahres 2013 an Stelle des Juni-Hochwassers eingesetzt (Abbildung 1).

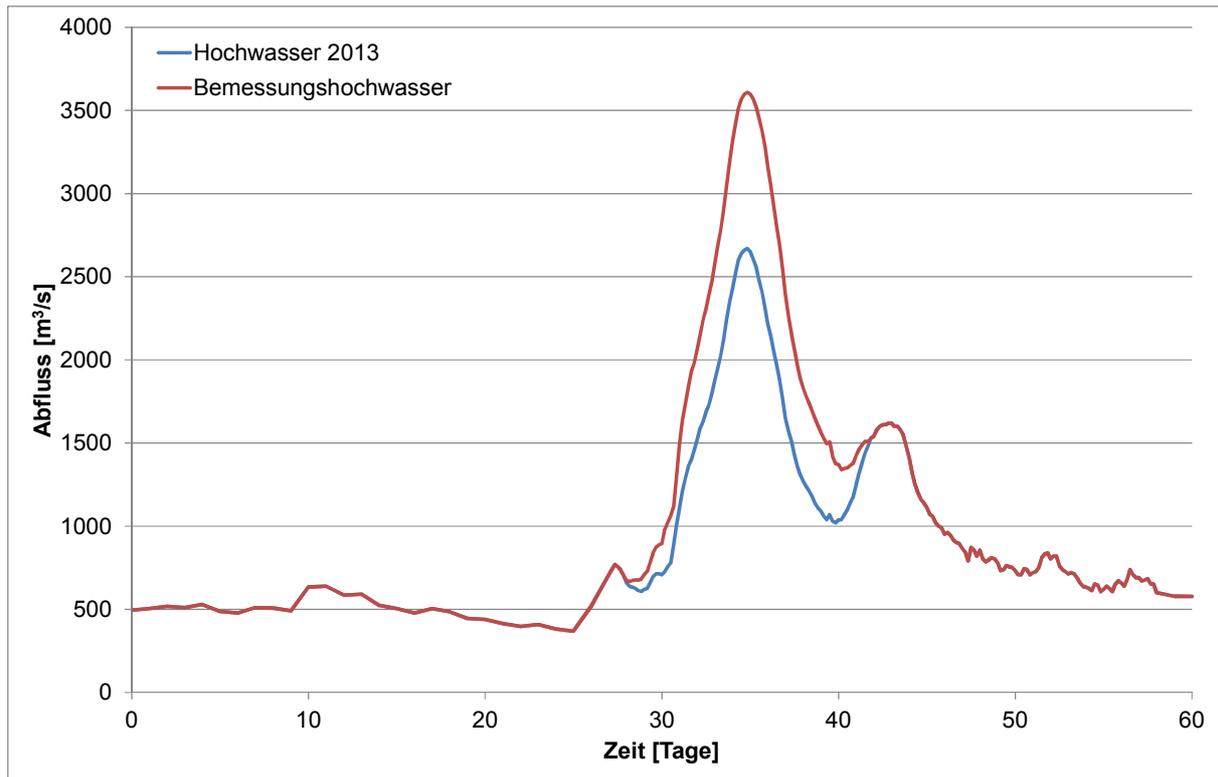


Abbildung 1: Ganglinien des Bemessungshochwassers und des Hochwassers 2013.

Kappung

Die Beeinflussung der Hochwasserganglinie (Kappung) durch die Polderfüllung wurde im hydraulischen Modell berechnet. Im Grundwassermodell wird für den Donauabschnitt oberhalb der Staustufe Geisling die in Abbildung 1 gezeigte Ganglinie als Randbedingung vorgegeben. Unterhalb der Staustufe unterscheiden sich Prognose und Referenz. Während bei der Prognose mit einer gekappten Hochwasserspitze gerechnet wird, muss im Bezugszustand von einer unveränderten Ganglinie ausgegangen werden. Dabei wird angenommen dass das HQ150 beim Bezugszustand innerhalb der bestehenden Deiche abgeführt werden kann.

2.2 Berechnungszeitraum

Anforderungen

Der Berechnungszeitraum des hydraulischen Modells beträgt 12 Tage. Aus folgenden Gründen ist für die Grundwassermodellierung ein längerer Berechnungszeitraum erforderlich:

- Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands während der Polderfüllung können auch Auswirkungen zu den übrigen Zeiten zur Folge haben. Zur Quantifizierung dieser Auswirkungen soll ein Zustand mit mittleren Verhältnissen im Berechnungszeitraum enthalten sein.
- Bei der Ausscheidung von Grundwasserschutzonen ist eine Fliesszeit von 50 Tagen massgebend. Der Berechnungszeitraum soll deshalb mehr als 50 Tage umfassen.

- Die Reaktion des Grundwasserstands auf die Polderfüllung erfolgt verzögert. Der Berechnungszeitraum soll deshalb noch eine Zeitdauer von ca. 20 Tagen nach der Polderentleerung beinhalten.

Zeitraum	Für die Berechnungen wird ein Zeitraum von 60 Tagen Länge verwendet, wobei Polderfüllung und Entleerung im Zeitraum zwischen dem 30. und dem 40. Tag stattfinden. Da das Bemessungshochwasser anstelle des Junihochwassers 2013 in die Abflussganglinie der Donau eingesetzt wurde, entspricht dies dem Zeitraum vom 1. Mai bis zum 30. Juni 2013.
Übrige Randbedingungen	Das Grundwassermodell enthält neben der Donaurandbedingung auch noch andere, von den klimatischen Verhältnissen abhängige Randbedingungen wie zum Beispiel Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Seitenzuflüsse oder Wasserstände anderer Gewässer. Diese Randbedingungen sollten für eine Hochwassersituation typische Werte aufweisen. Die klimatischen Verhältnisse des Berechnungszeitraums erfüllen diese Bedingung.

2.3 Berücksichtigung von Überflutungsflächen im Modell

2.3.1 Randbedingung

Bezugszustand	Die Flächen der geplanten Flutpolder liegen hinter den heutigen Deichen und werden bei Hochwasserereignissen nicht geflutet. Während eines Hochwasserereignisses steigt der Grundwasserstand auch in diesem Bereich stark an und es kann zu Qualmwasseraustritten kommen.
Qualmwasser-Randbedingung	Im Grundwassermodell sind die Polderflächen mit einer Cauchy-Randbedingung belegt. Dabei wird die Topografie als Potential vorgegeben. Der Leakagewert für den Eintritt ins Modell wird zu Null gesetzt, der Leakagewert für den Austritt aus dem Modell erhält einen Wert grösser Null. Damit wird erreicht, dass die Randbedingung nur aktiv wird, wenn die Potentialhöhe des Grundwassers über die Topografie ansteigt.
Planungszustand	Zur Berechnung der Auswirkungen im Planungszustand wird das Grundwassermodell innerhalb der Flutpolderflächen mit dem hydraulischen 2D-Modell gekoppelt. Die Flutung der Polder wird im Grundwassermodell mit einer Cauchy-Randbedingung berücksichtigt, da die Deckschicht einen Widerstand gegen die Durchströmung ausübt. Zu jedem Berechnungszeitpunkt und in jedem Modellknoten wird überprüft, ob der im hydraulischen Modell resultierende Wasserspiegel über der Topografie liegt. Ist dies der Fall, so wird im Grundwassermodell der berechnete Wasserspiegel als Randbedingung vorgegeben und der Leakagewert für den Eintritt ins Modell erhält einen Wert grösser Null. Der Leakagewert für den Austritt aus dem Modell wird für die Zeit der Überflutung zu Null gesetzt. Während der restli-

chen Berechnungszeit erhalten die im Überflutungsbereich liegenden Knoten eine Qualmwasser-Randbedingung.

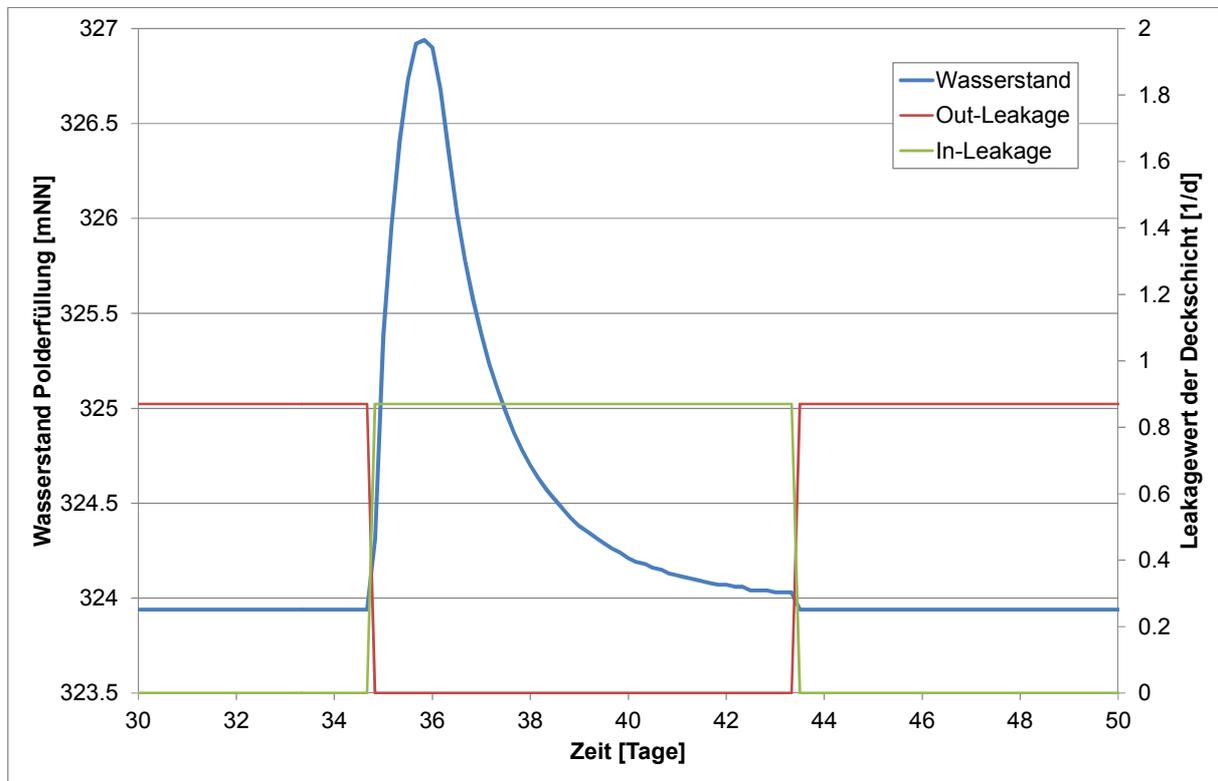


Abbildung 2: Verlauf des vorgegebenen Wasserspiegels der Polderfüllung und der In- und der Out-Leakage der Deckschicht.

2.3.2 Leakagewert

Bedeutung

In FEFLOW ist der Leakagewert eigentlich für die Anwendung von Gewässern in Form von Linien gedacht. Die zum Modell zu- resp. vom Modell abströmende Wassermenge errechnet sich aus der Differenz zwischen vorgegebenem Randpotential und berechnetem Grundwasserstand, dem Leakagewert und der Länge der an zwei benachbarte Leakage-Knoten angrenzenden Seiten.

$$Q = (H_P(t) - H_{GW}(t)) \times f_{LEAK}(t) \times L$$

Q: Zugegebene oder entnommene Wassermenge [m³/Tag].

H_P: Wasserspiegel [mNN].

H_{GW}: Grundwasserstand [mNN].

f_{LEAK}: Leakagewert [m/Tag].

L: Länge der zugeordneten Elementseiten [m].

Überflutung

Von einer Überflutung sind jedoch mehrere Knoten in der Fläche betroffen. Wird die Überflutung mit einer Cauchy-Randbedingung berücksichtigt, so ist der berechnete Zufluss zum Modell abhängig von der Gesamtlänge aller im Überflutungsgebiet liegenden Seiten. Der Zufluss ist daher abhängig von der Netzfeinheit des Modells, da die

Summe der Seitenlängen umso grösser ist, je kleiner die Elemente sind. Um bei unterschiedlicher Elementgrösse einen räumlich konstanten Zuflusswiderstand zu erhalten müssen also allen Elementen individuelle Leakagewerte zugeordnet werden.

Berechnung

Zur Berechnung der Leakagewerte wird die Mächtigkeit der Deckschicht und deren Durchlässigkeit beigezogen. Mit nachfolgender Formel errechnet sich der Leakagewert eines finiten Elementes in Abhängigkeit seiner Fläche und der angrenzenden Seitenlängen.

$$f_{LEAK} = \frac{A \times k_{f\ DEECK} \times 86400}{(s_1 + s_2 + s_3) \times M_{DEECK}}$$

- A: Dreiecksfläche [m²]
- s₁, s₂, s₃: Längen der Dreiecksseiten [m]
- 86400: Anzahl Sekunden pro Tag [s/Tag]
- k_{f DEECK}: Durchlässigkeit der Deckschicht [m/s]
- M_{DEECK}: Mächtigkeit der Deckschicht [m]

Zuordnung

Da FEFLOW jeweils die Leakagewerte den angrenzenden Seiten, und diese wiederum den angrenzenden Knoten zuordnet, wird die Deckschichtdurchlässigkeit schlussendlich den Eckknoten zugeordnet. In jedem Knoten wird jeweils ein Drittel der Deckschichtdurchlässigkeit der angrenzenden Elemente erfasst (Abbildung 3).

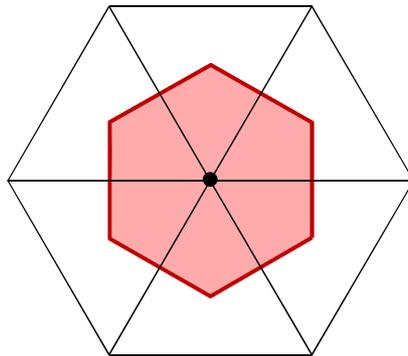


Abbildung 3: Dem Leakage-Knoten zugeordnete Elementfläche

Deckschicht-durchlässigkeit

Bei der Erkundung der Polderbereiche wurden Deckschichten mit einer Mächtigkeit zwischen 0.7 und 4 m angetroffen. Die Körnigkeit des Materials reicht dabei von Feinsand bis zu Ton. Bei 4 Infiltrationsversuchen mit dem Doppelringinfiltrimeter, sowie Korngrössenanalysen wurden Durchlässigkeitswerte von 1 x 10⁻⁸ m/s bis 1 x 10⁻⁵ m/s ermittelt. Für die Modellierung wird ein Wert von 1 x 10⁻⁶ m/s angenommen. Die Unsicherheiten werden mit Sensitivitätsanalysen abgedeckt.

Deckschicht-mächtigkeit

Abbildung 4 zeigt die im Modell verwendete Deckschichtmächtigkeit. Eine besonders grosse Deckschichtmächtigkeit wurde im Südosten des geplanten Flutpolders Eltheim erbohrt, eine geringe Deckschichtmächtigkeit ist im Bereich von Kiefenholz, sowie im östlichen Teil des geplanten Flutpolders Wörthhof zu erwarten.

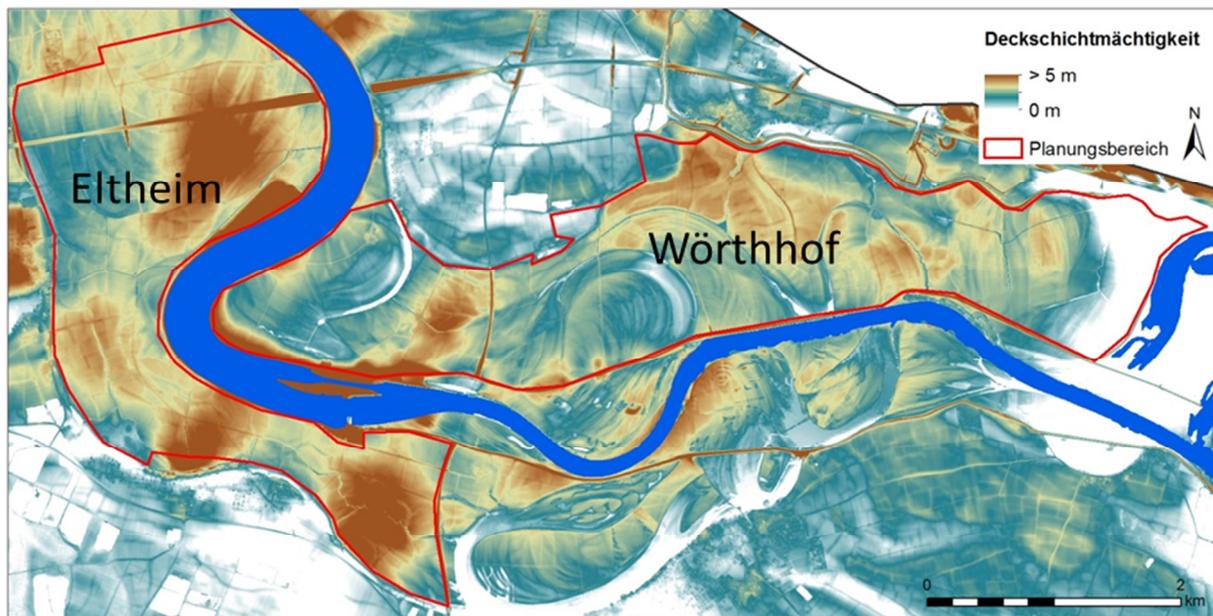


Abbildung 4: Mächtigkeit der Deckschicht im Gebiet der Flutpolder Eltheim und Wörthhof

Gewässer

Drainagen

Innerhalb der Flutpolder wurden Gewässer angelegt, welche zur Drainage des Grundwassers bei hohen Wasserständen dienen. Die Wasserspiegel im Bereich dieser Drainagen werden während der Berechnungszeit des hydraulischen Modells ebenfalls aus dem hydraulischen Modell entnommen. Im Grundwassermodell werden die Gewässer als Linien betrachtet. Der zugeordnete Leakagewert bezieht sich deshalb auf eine Linie und nicht wie bei der Überschwemmungsfläche auf eine Fläche. Dies soll auch im Überschwemmungsfall so bleiben. Die Gewässerrandbedingungen müssen deshalb jeweils mit einem Knoten ohne Randbedingungen von den Überflutungsknoten getrennt werden.

Leakagewerte

Die Leakagewerte für Infiltration und Exfiltration entlang der Gewässer werden während der Überflutungszeit als unverändert betrachtet. Während der Überflutung wird für die Infiltration ein Leakagewert vorgegeben, welcher dem kalibrierten Wert für die Exfiltration entspricht.

3 Beschreibung des Bezugszustandes

3.1 Wahl des Bezugszustandes

Bestehende
Nachbildungen

Zur Kalibrierung des Grundwassermodells wurden die Zeiträume 1976 - 1977, 1988 - 1989, 1997 - 1999 und 2009 nachgebildet. Der Zeitraum von 1990 - 1996 diente zur Validierung des Modells. Im Rahmen der Arbeiten zur Quantifizierung der Auswirkungen der Staustufen, sowie zur Nachbildung von Hochwasserständen wurde der Nachbildungszeitraum erweitert, so dass über die Zeiträume von 1970 bis 1977 und 1984 bis 2017 insgesamt Nachbildungen über 42 Jahre vorliegen.

Entwicklung

Die Staustufe Geisling wurde Anfang 1986 in Betrieb genommen, die Staustufe Straubing im Jahr 1995. Seit diesem Zeitpunkt wurden keine wesentlichen Eingriffe mehr in die Grundwasserverhältnisse vorgenommen. Kleinere Eingriffe waren die Renaturierung der Pfatter im Jahr 2002 und die laufende Kiesausbeutung im Bereich der Niederterrasse. Letztere findet jedoch nicht im Auswirkungsbereich der Flutpolder statt. Anhand der abnehmenden Pumpmengen im Schöpfwerk Auburg kann zudem seit dem Aufstau der Staustufe Geisling eine abnehmende Sohlendurchlässigkeit der Donau festgestellt werden. Dies ist eine Folge der Ablagerung von Feinsedimenten im Stauraum. Seit etwa 2009 bleibt die Sohlendurchlässigkeit konstant.

Festlegung

Im Jahr 2013 gab es zum bisher letzten Mal ein markantes Donauhochwasser. Die in diesem Jahr gemessenen Querprofile wurden zur Bestimmung der Wasserstände in der Donau verwendet. Das Jahr 2013 eignet sich deshalb besonders gut zur Festlegung eines Bezugszustandes. Wie im Kapitel 2.1 beschrieben, wurde das reale Donauhochwasser zur Erzeugung des Bezugszustandes durch das Bemessungshochwasser ersetzt.

3.2 Beschreibung der Grundwasserverhältnisse

Flutpolder Eltheim

Der geplante Flutpolder Eltheim liegt in der Auestufe rechtsseitig der Donau. Die Grundwasserströmung verläuft in diesem Gebiet parallel zur Donau, da der Austausch mit der Donau durch die Dichtwand entlang der Stauhaltungsdämme verhindert wird. Eine Ausnahme stellt der Abschnitt zwischen Illkofen und Auburg dar. In diesem Abschnitt konnte die Dichtwand nicht in die schlecht durchlässigen Tertiärschichten eingebunden werden und wird deshalb unterströmt. Das Grundwasser, welches vom südlichen Talrand in Richtung Donau strömt, wird grösstenteils durch den Eltheimer Graben, den Röhretgraben und den Geislinger Mühlbach drainiert. Ein Teil des Grundwassers tritt an der Hangkante zwischen der Niederterrasse und der Auestufe in Form von Quellen an die Oberfläche.

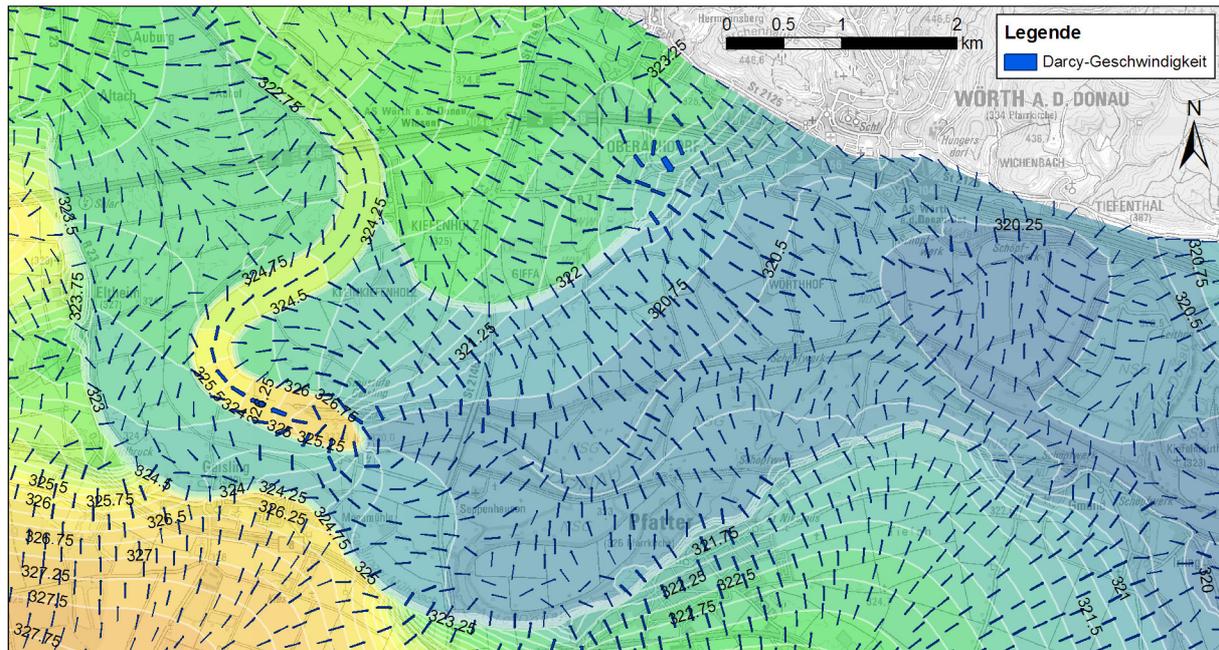


Abbildung 5: Isolinen des Grundwasserpotentials mit Darcy-Geschwindigkeiten bei mittleren Verhältnissen (Mai 2013)

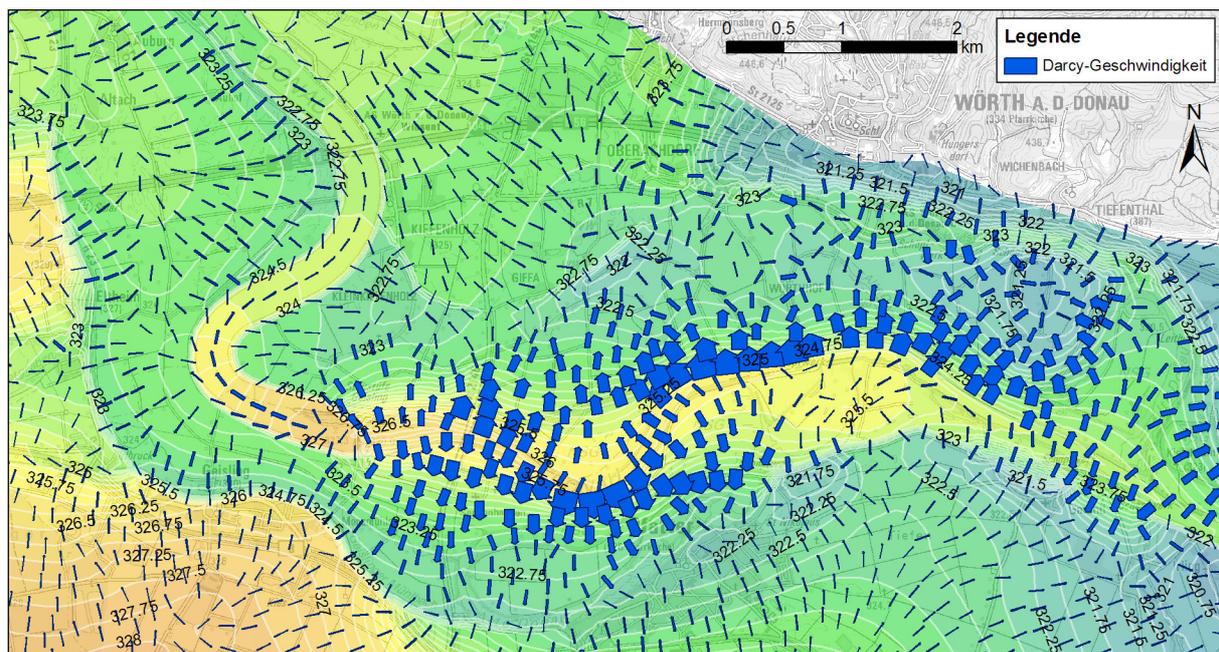


Abbildung 6: Isolinen des Grundwasserpotentials mit Darcy-Geschwindigkeiten bei Hochwasser (HQ150)

Flutpolder Wörthhof

Das Grundwasser im Gebiet des geplanten Flutpolders Wörthhof stammt grösstenteils vom Talhang resp. wird durch Infiltration aus den dort in die Talebene mündenden Gewässern gebildet. Der geplante Flutpolder erstreckt sich über eine längere Distanz und grenzt hauptsächlich an den unterhalb der Staustufe Geisling liegenden Do-

nauabschnitt. Die Donau wirkt in diesem Abschnitt bei Nieder- und Mittelwasser als Vorfluter, bei Hochwasser erfolgt kurzfristig eine Strömungsumkehr.

Flurabstand

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen den Flurabstand des Grundwasserpotentials bei Niederwasser- und bei Hochwasserstand. Bei Hochwasserstand liegt das Grundwasserpotential in weiten Teilen der geplanten Flutpolder auch im Bezugszustand über der Geländehöhe. Dies heisst nicht zwingend, dass das Grundwasser über der Geländeoberfläche ansteht, sondern lediglich, dass es unter der Deckschicht artesisch gespannt ist. Dies kann, abhängig von der Durchlässigkeit der Deckschicht, zu Qualmwasseraustritten führen.

Beregnungsbrunnen

In den Umrissen der geplanten Flutpolder befinden sich je etwa 15 – 20 Beregnungsbrunnen (Abbildung 9). Die Bewässerung wurde im Grundwassermodell bei der Bestimmung der Grundwasserneubildung berücksichtigt. Die Beregnungsbrunnen perforieren die Deckschicht und erhöhen damit lokal die Deckschichtdurchlässigkeit. Im Modell wird dies durch eine vorsichtige Annahme zur Deckschichtdurchlässigkeit berücksichtigt.

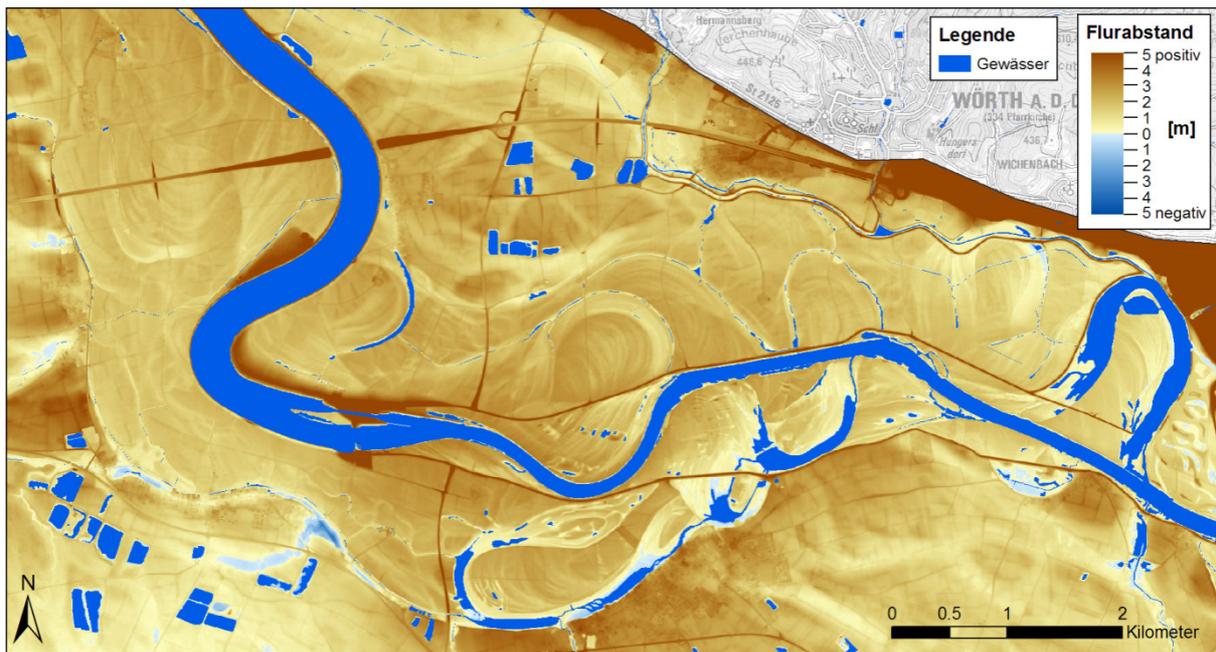


Abbildung 7: Flurabstand des Bezugszustandes bei mittleren Verhältnissen (Mai 2013).

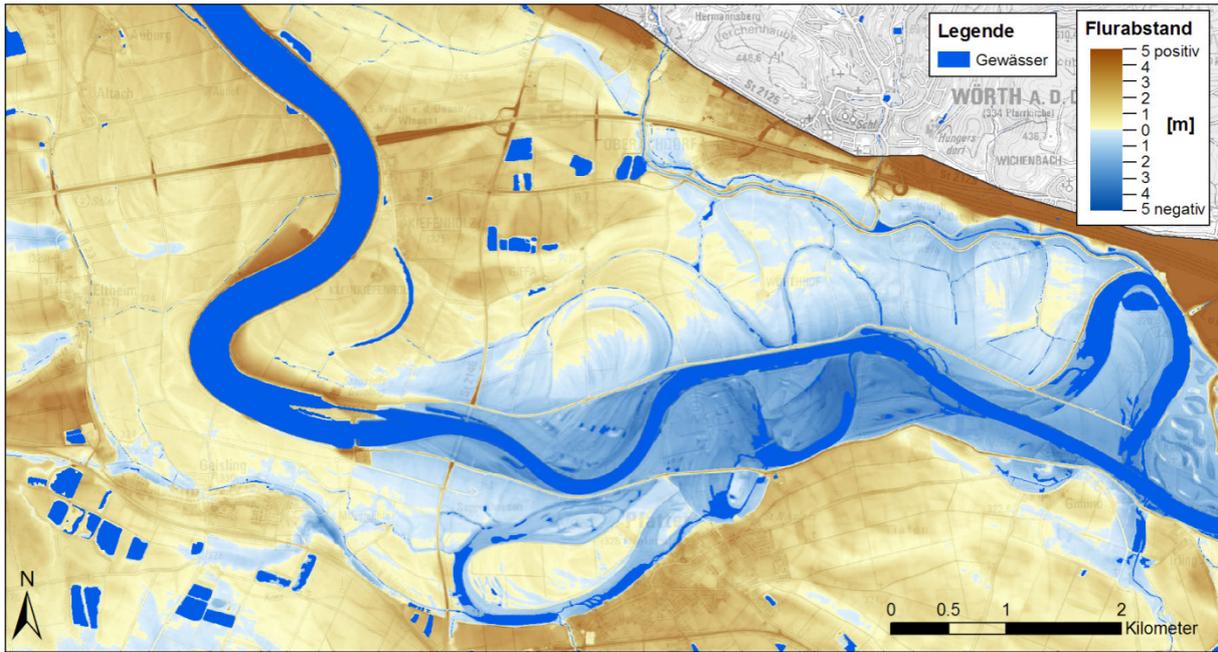


Abbildung 8: Flurabstand des Bezugszustandes bei Hochwasser (HQ150).

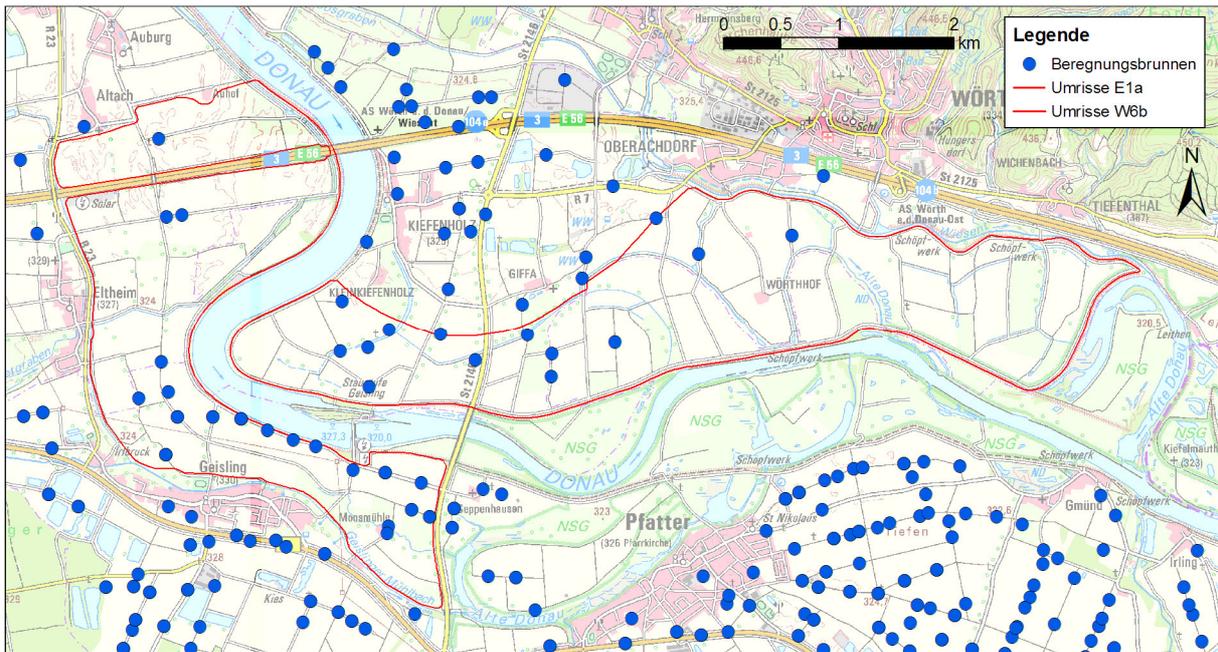


Abbildung 9: Beregnungsbrunnen im Gebiet der geplanten Flutpolder

4 Ausschluss von Varianten aus Sicht Grundwasser

Im Verlauf erster Abklärungen wurden verschiedene Poldervarianten untersucht. Aus den Erkenntnissen dieser Untersuchungen wurden schlussendlich noch 9 Varianten zur näheren Untersuchung ausgewählt.

4.1 Flutpolder Eltheim

Verhältnisse

Im Gebiet des geplanten Flutpolders Eltheim ist eine praktisch durchgängige mächtige Deckschicht vorhanden, welche nur durch die beim Bau der Staustufe Geisling angelegten Drainagen unterbrochen ist. Der Polderbereich ist von den Siedlungen Eltheim und Geisling durch den Geislinger Mühlbach und die etwa 5 m hohe Stufe zwischen dem Auebereich und der Niederterrasse getrennt.

Variantenwahl

Aufgrund dieser günstigen Verhältnisse konnte aus Grundwassersicht keine der untersuchten Varianten ausgeschlossen werden. Es wurden deshalb alle 6 Varianten weiter abgeklärt.

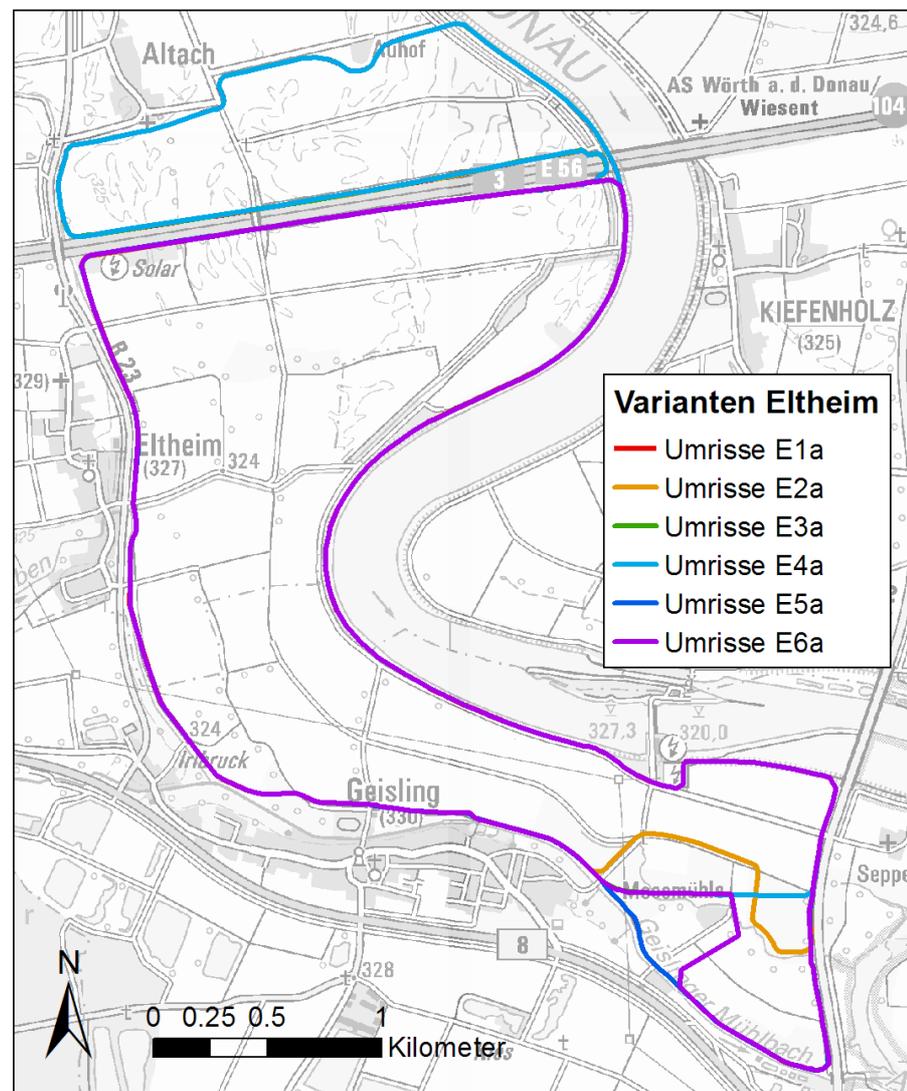


Abbildung 10: Übersicht über die ursprünglich untersuchten Varianten des Polders Eltheim

4.2 Flutpolder Wörthhof

Verhältnisse	Bei Flutpolder Wörthhof sind die Verhältnisse etwas ungünstiger. Die Stufe zwischen der Aue und der Niederterrasse ist weniger ausgeprägt. Zudem ist die vorhandene Deckschicht im Westteil des Polders durch den Sichelsee in unmittelbarer Nähe zum Siedlungsgebiet durchbrochen. Im Osten des Flutpolders ist die Deckschicht vermutlich nicht durchgängig vorhanden.
Sichelsee	Bei Anordnung des Polderdeiches zwischen Sichelsee und Kiefenholz muss in Kiefenholz mit einem Grundwasseranstieg gerechnet werden, welcher nur sehr schwierig zu beherrschen ist. Eine Dichtwand kann an dieser Stelle nicht realisiert werden, weil sie den natürlichen Grundwasserstrom zwischen dem Talrand und der Donau unterbrechen würde. Der Polderdeich muss deshalb in einer grösseren Distanz zu Kiefenholz angeordnet werden, so dass der Wasserspiegel des Sichelsees landseitig des Polders kontrolliert werden kann. Damit ist auch das direkt angrenzende Siedlungsgebiet geschützt.
Wörthhof	Einige der untersuchten Poldervarianten klammerten den Wörthhof mit einem schmalen Korridor aus dem Poldergebiet aus. Die beidseitig des Wörthhofs vorhandenen Drainagen, welche über das Schöpfwerk Wörthhof in die Donau entwässert werden, lagen innerhalb des Poldergebiets. Durch die Drainagen gelangen grosse Wassermengen in den Grundwasserleiter, welche nur mit Dichtwänden kontrollierbar sind. Eine Absperrung des Grundwasserleiters ist jedoch an dieser Stelle nicht erwünscht.
Variantenwahl	Von den ursprünglich angedachten Varianten des Polders Wörthhof blieben aufgrund verschiedener Gründe noch 3 Varianten zur weiteren Untersuchung übrig.

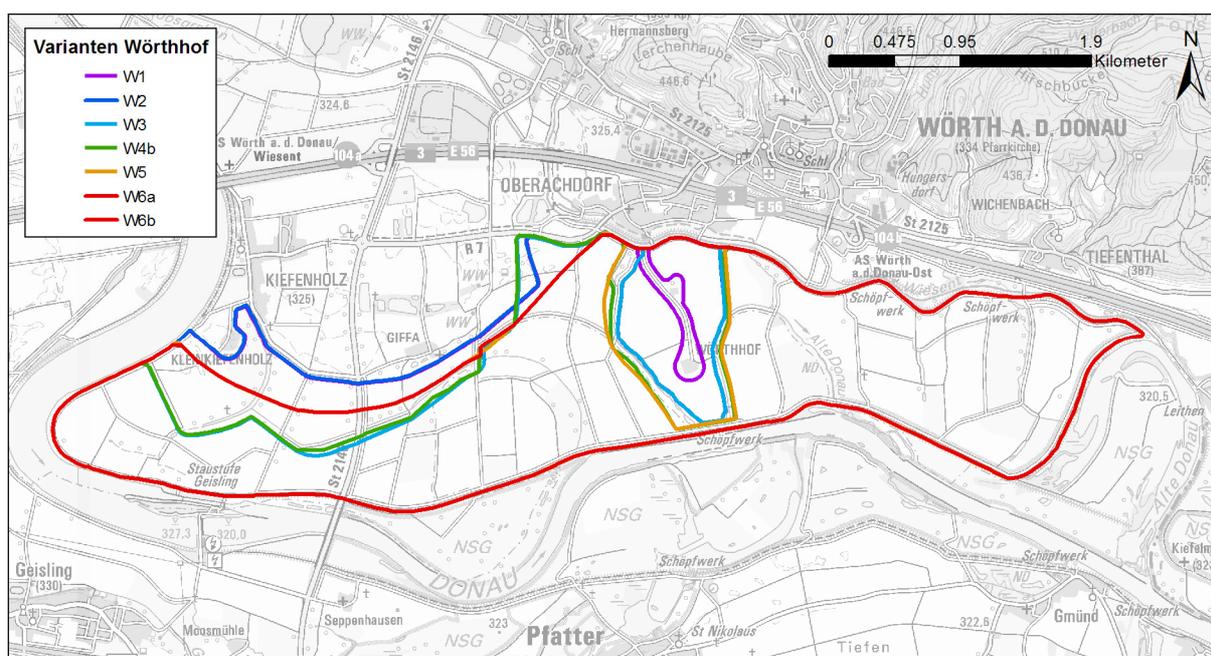


Abbildung 11: Übersicht über die ursprünglich untersuchten Varianten Wörthhof

5 Auswirkungen der verbliebenen Varianten

5.1 Vorgehen

5.1.1 Massnahmen zur Kontrolle der Auswirkungen

Notwendigkeit von Massnahmen	Die Deiche aller untersuchten Varianten verlaufen in unmittelbarer Nähe zu besiedelten Gebieten. Ohne Gegenmassnahmen würde eine Flutung zu einem starken Grundwasseranstieg in diesen Gebieten führen, welcher nicht akzeptiert werden kann. Zur Bestimmung der notwendigen Massnahmen wurde folgendes Vorgehen gewählt:
Schritt 1	Als erstes wurden die Auswirkungen einer Polderfüllung ohne Massnahmen gegen den Grundwasseranstieg bestimmt.
Schritt 2	Entlang von Deichabschnitten mit nicht akzeptierbarem Grundwasseranstieg wurden Drainagen in das Grundwassermodell eingebaut. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Höhenlage dieser Drainagen auf die Höhenlage bestehender Gewässer abgestimmt ist, d.h. Mündungen zu bestehenden Gewässern sollen auf Höhe deren Wasserspiegel liegen. Für die Drainagen wurde ein Gefälle von 0.2 Promille angesetzt.
Schritt 3	Gab es danach immer noch Bereiche mit zu hohem Grundwasserstand, wurden weitere Massnahmen in Form von Dichtwänden oder Sicherungsbrunnen mit dem Grundwassermodell untersucht. Bei Dichtwänden muss jeweils auch der Zustand ohne Flutung der Polder betrachtet werden, da sie eine Stauwirkung ausüben können. Im Rahmen des Raumordnungsverfahrens wird dabei noch nicht festgelegt, welche der weitergehenden Massnahmen optimaler ist. Es wird lediglich untersucht, ob die jeweilige Variante machbar ist.

5.1.2 Darstellung der Auswirkungen

Visualisierung	<p>Die Auswirkungen der Varianten werden mit folgenden Darstellungen visualisiert:</p> <ul style="list-style-type: none">- Differenz der maximal erreichten Grundwasserpotentiale bei Polderfüllung zu den maximal erreichten Grundwasserpotentialen im Bezugszustand. Für jede Variante werden der Fall ohne Massnahmen und der Fall mit den notwendigen Gegenmassnahmen zur Verhinderung unzulässiger Grundwasseranstiege dargestellt. Auf eine Darstellung von Zwischenschritten wird verzichtet.- Differenz der Grundwasserpotentiale mit Massnahmen zu den Grundwasserständen ohne Massnahmen bei mittleren Verhältnissen, sofern diese 20 cm übersteigen.- Karte des Flurabstandes des Grundwasserpotentials. Das Grundwasserpotential kann dabei über der Geländehöhe liegen. In diesem Fall kann Qualmwasser austreten. Die Qualmwassermenge ist abhängig vom Vorhandensein und der Dichtigkeit einer Deckschicht.
----------------	--

- In der Drainage oder den Sicherungsbrunnen anfallende Grundwassermenge.
- Bei der Variante W6b des Flutpolders Wörthhof werden die Fließwege des innerhalb von 50 Tagen zu den Brunnen des Trinkwasserwerks Giffa zuströmenden Grundwassers für den Fall einer Polderfüllung und den Bezugszustand ohne Polderfüllung dargestellt.

Grundwasserpotential Der Begriff „Grundwasserpotential“ beschreibt die Höhe, auf welche das Grundwasser in einem in den Grundwasserleiter abgeteuferten Standrohr ansteigt. Im Normalfall ist dies gleichbedeutend mit der Lage des Grundwasserspiegels. Bei gespannten Verhältnissen kann das Grundwasser im Standrohr über die Unterkante einer schlecht durchlässigen Schicht ansteigen, während die schlecht durchlässige Schicht selber nicht durchströmt wird. Im Grundwassermodell wird immer das Grundwasserpotential berechnet. Als alternativer Begriff zu Grundwasserpotential wird im vorliegenden Bericht auch der Begriff „Grundwasserstand“ verwendet.

5.2 Flutpolder Eltheim

5.2.1 Variante E1a

Kurzbeschreibung Bei der Variante E1a handelt es sich um die Maximalvariante auf der rechten Donauseite. Es werden die Teilgebiete nördlich und südlich der Autobahn geflutet. Die Moosmühle wird abgesiedelt. Die Füllhöhe des Polders beträgt 327 mNN.

Auswirkungen ohne Massnahmen Die Füllung des Flutpolders Eltheim in der Variante E1a führt ohne Massnahmen zu einem Grundwasseranstieg in den Gebieten nördlich (Altach) und östlich (Seppenhäuser) des Polders. Ein besonders hoher Anstieg ist im Bereich der Autobahn, zwischen den beiden Teilflächen des Polders zu erwarten. Am Westrand des Polders wird der Grundwasseranstieg durch die Drainagewirkung des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs stark abgeschwächt. Die Siedlungsgebiete von Eltheim und Geisling befinden sich größtenteils oberhalb der Terrassenkante, im Bereich des Niederterrassenschotter. Ein Grundwasseranstieg im Auebereich wirkt sich nicht auf den höher gelegenen Niederterrassenschotter aus.

Bei Hochwassersituationen in der Donau führen meistens auch der Eltheimer Graben und der Geislinger Mühlbach mehr Wasser. Mit dem zusätzlichen Grundwasseranfall aus dem Poldergebiet steigt die Wasserführung nochmals an.

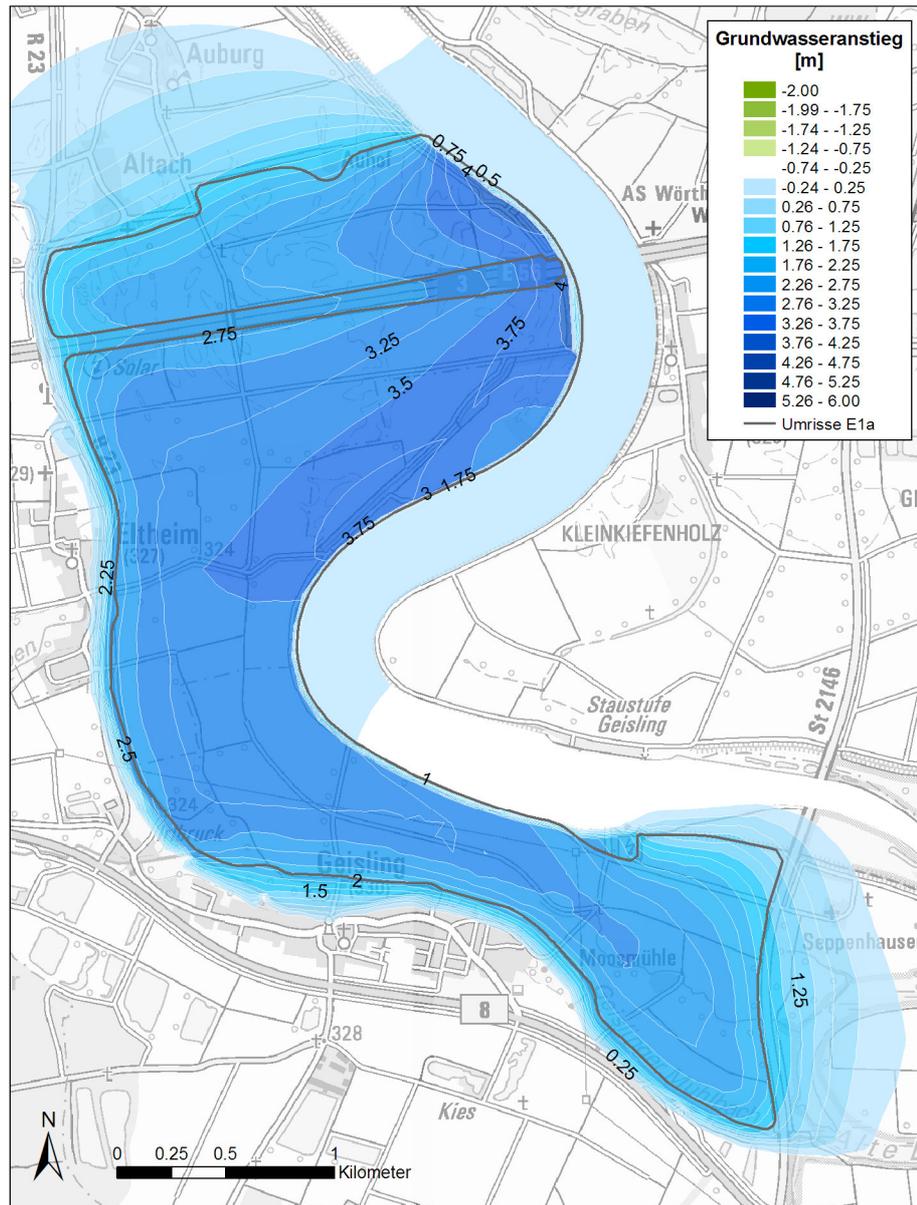


Abbildung 12: Variante E1a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Entwässerung

Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante E1a des Flutpolders Eltheim folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal entlang der Nordseite des Polders mit Ableitung zum verschobenen Schöpfwerk Auburg.
- Drainagekanäle beidseitig der Autobahn. Eine Ableitung zu Donauseite ist nicht möglich, die Entwässerung erfolgt daher in den Eltheimer Kanal.
- Drainagekanal entlang des Sportplatzes bei Geisling mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal entlang der Ostseite des geplanten Polders mit Entwässerung in den Geislinger Mühlbach. Die Höhenlage wird

an dieser Stelle durch die Steuerung des Schöpfwerks Pfatter vorgegeben.

- Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbachs, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.
- Während der Polderfüllung gleichzeitig auftretende Hochwasserabflüsse des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs müssen über ein Schöpfwerk in den Flutpolder gepumpt werden, um deren Wasserspiegel tief zu halten.

Zusätzliche Massnahmen

Trotz der angeordneten Binnenentwässerung steigt das Grundwasserpotential bei der Autobahn und bei der Straße Nr. 2146 über die Geländeoberfläche an. Dort müssen zusätzlich Dichtwände vorgesehen werden. Dichtwände sind auch dort erforderlich, wo in Eltheim und Geisling Gebäude unter der Terrassenkante liegen. Eine weitere Abdichtung ist beim Weiler Altach erforderlich, da dort ohne Abdichtung ein Grundwasseranstieg von 1.5 m erwartet wird. Der Auhof sollte mit Grundwasserpumpen geschützt werden.

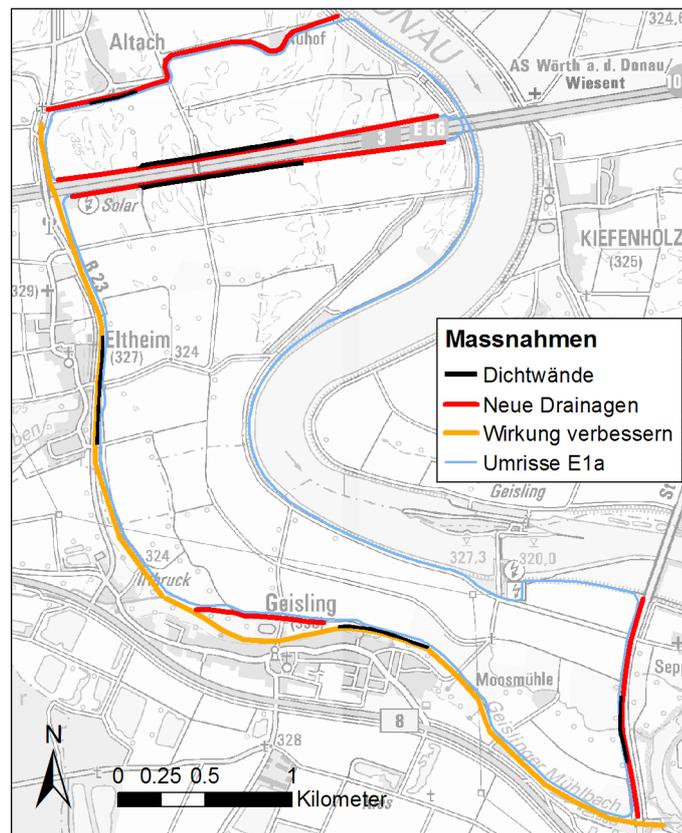


Abbildung 13: Variante E1a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Altach, Eltheim und Geisling durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Entlang der Verkehrswege kann der Grundwas-

serstand unter der Geländeoberfläche gehalten werden. Mit den Berechnungen wurde auch gezeigt, dass sich die Maßnahmen bei ungeflutetem Polder und mittleren Verhältnissen nicht ungünstig auf die Grundwasserverhältnisse auswirken.

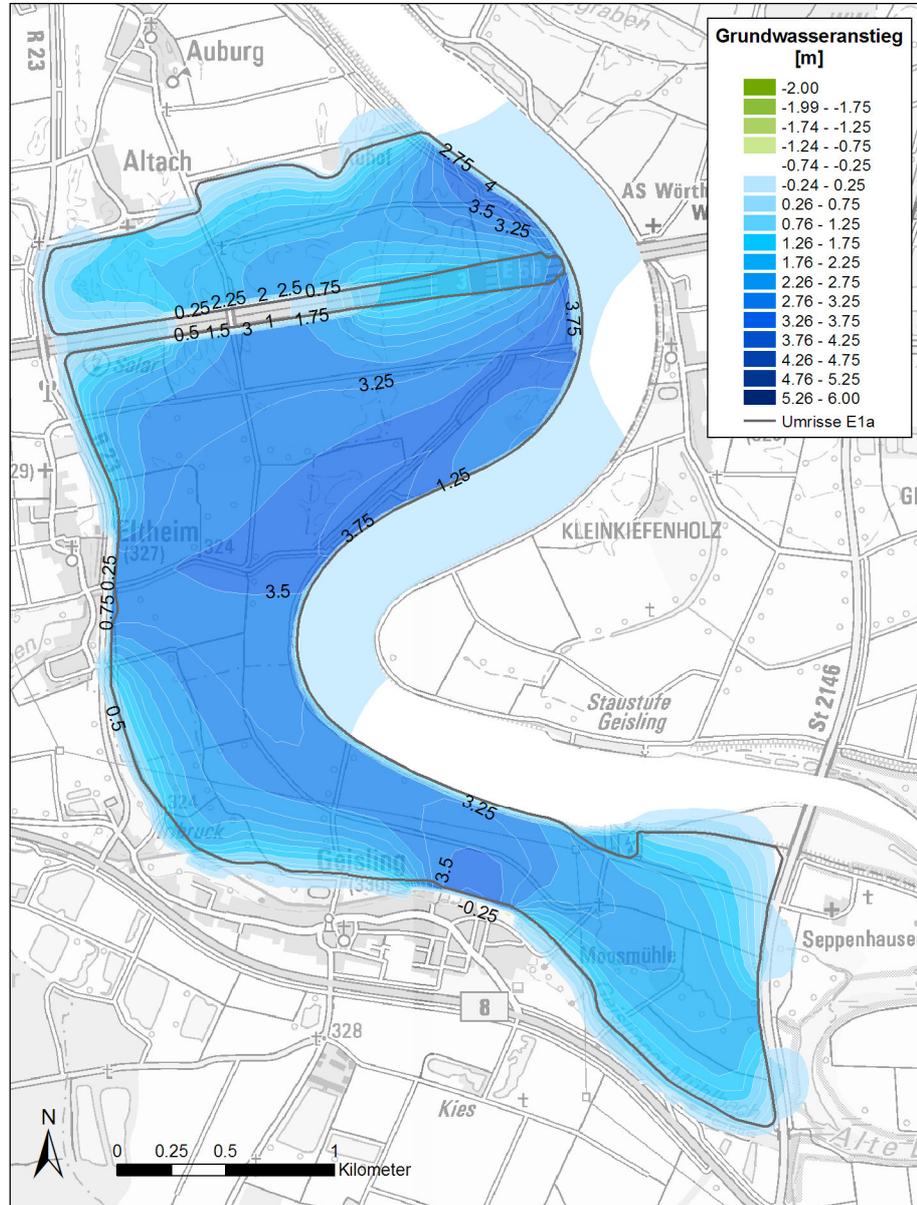


Abbildung 14:

Variante E1a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

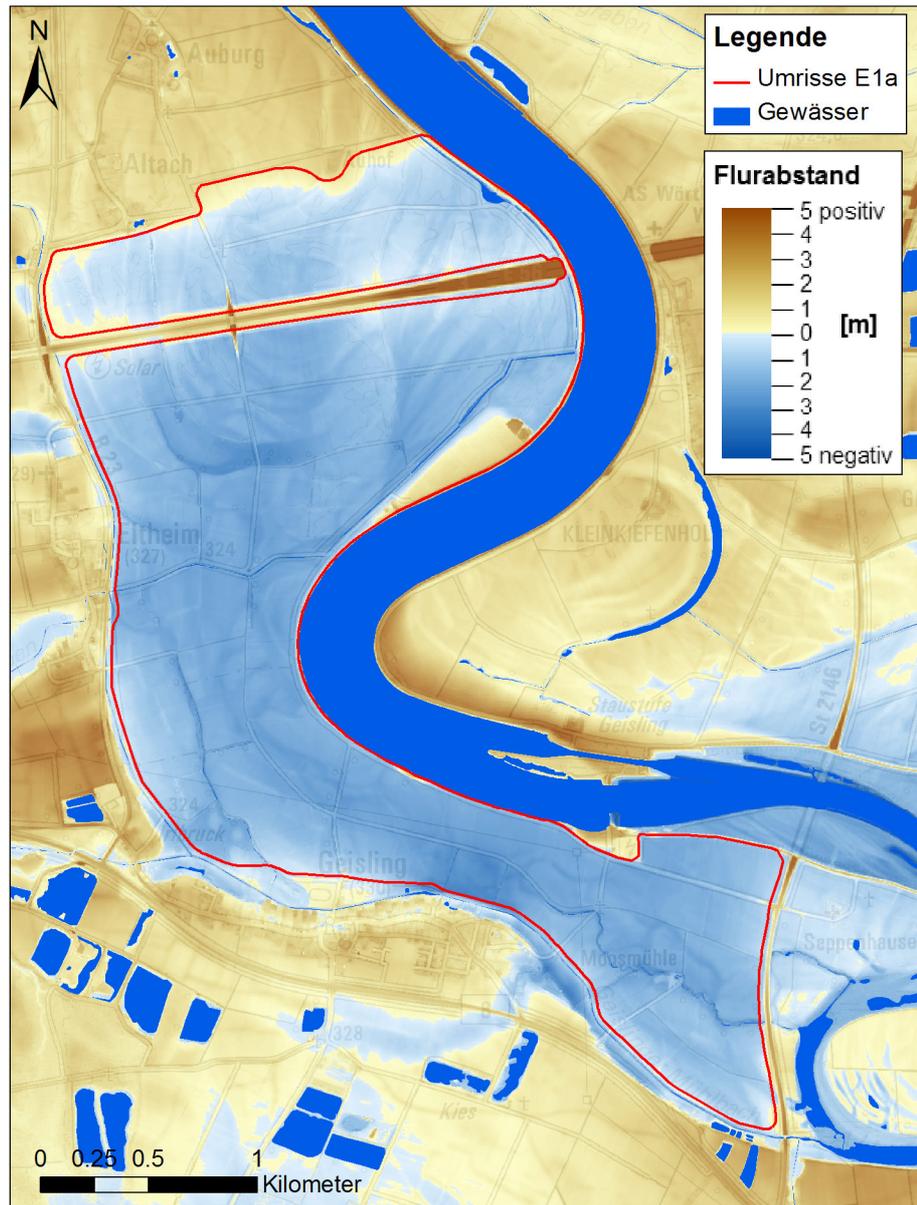


Abbildung 15: Variante E1a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpentials bei Polderfüllung.

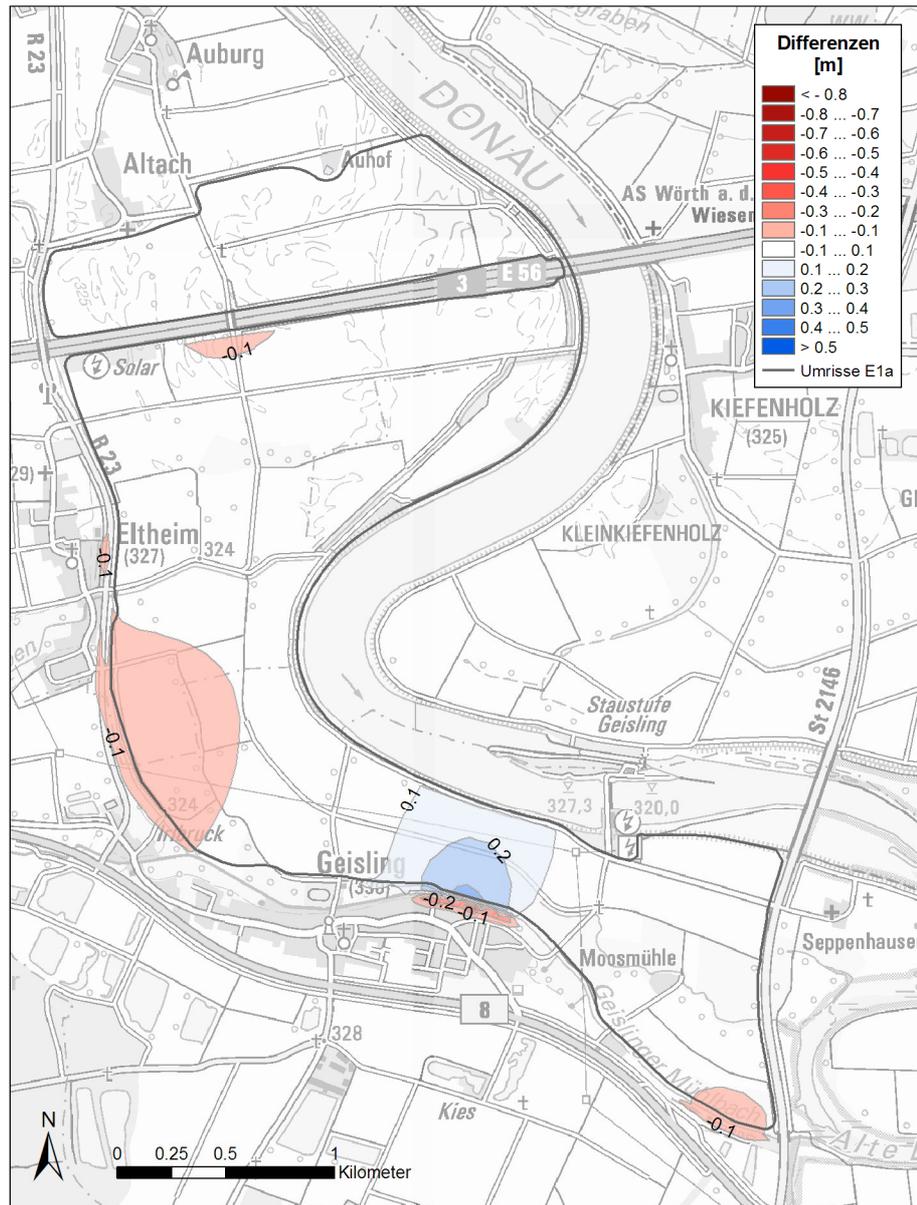


Abbildung 16: Variante E1a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.2.2 Variante E2a

Kurzbeschreibung Bei der Variante E2a wird die Moosmühle aus dem Polder ausgeklammert. Der Deich verläuft dabei in einer Distanz von etwa 200 m nördlich der Moosmühle. Die Füllhöhe des Polders beträgt 327 mNN.

Auswirkungen Mit Ausnahme des Gebietes östlich von Geisling besitzt die Variante E2a ohne Gegenmassnahmen etwa die gleichen Auswirkungen wie die Variante E1a. Im Gebiet der Moosmühle sind die Grundwasseranstiege deutlich kleiner. Dies ist eine Folge davon, dass die existierende Drainage bei der Moosmühle aus dem Polder ausgeklammert wurde.

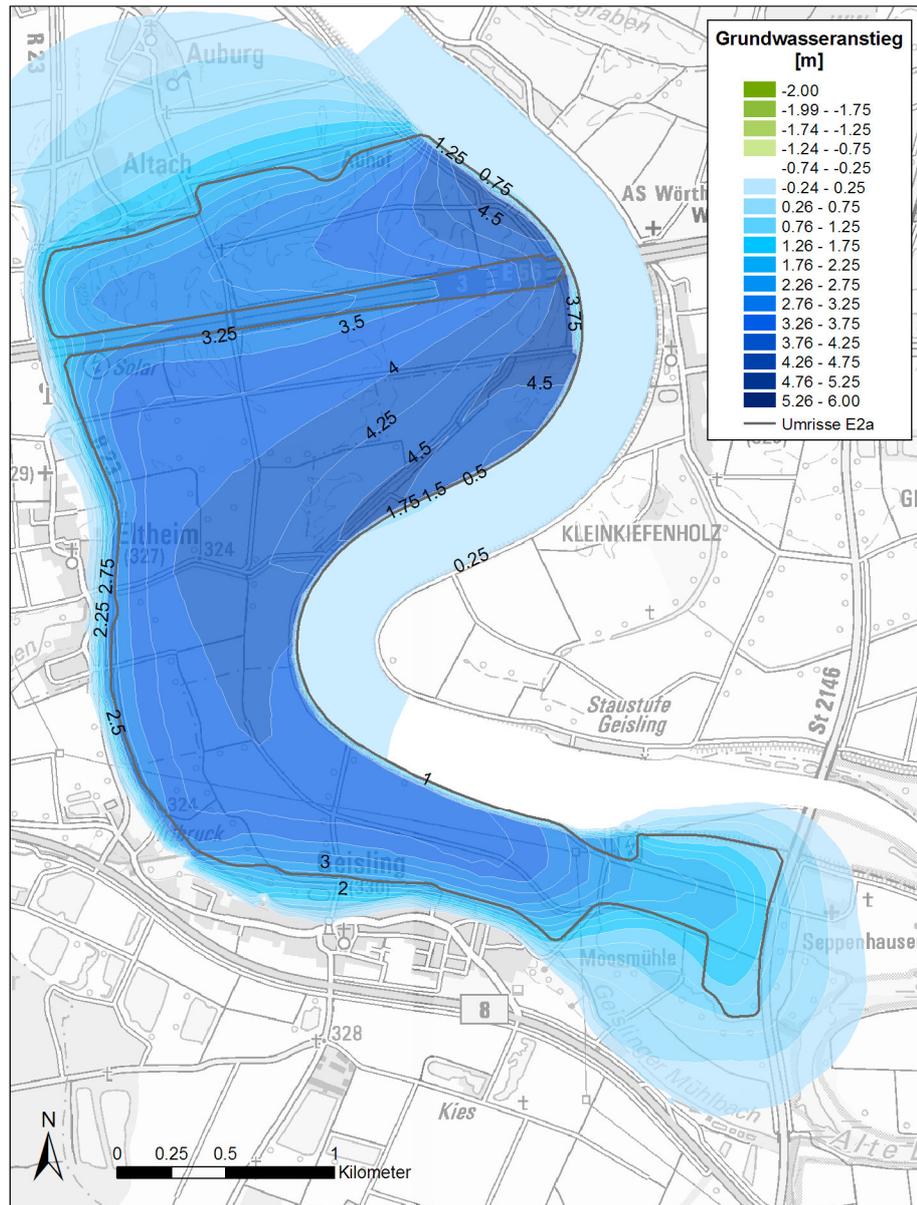


Abbildung 17:

Variante E2a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Massnahmen

Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante E2a des Flutpolders Eltheim folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal entlang der Nordseite des Polders mit Ableitung zum verschobenen Schöpfwerk Auburg.
- Drainagekanäle beidseitig der Autobahn. Eine Ableitung zu Donauseite ist nicht möglich, die Entwässerung erfolgt daher in den Eltheimer Kanal.
- Drainagekanal entlang des Sportplatzes bei Geisling mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal entlang der Ostseite des geplanten Polders mit Einleitung in die Drainage bei der Moesmühle.

- Drainagekanal um die Moosmühle herum mit Einleitung in die Drainage bei der Moosmühle
- Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbachs, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.
- Während der Polderfüllung gleichzeitig auftretende Hochwasserabflüsse des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs müssen über ein Schöpfwerk in den Flutpolder gepumpt werden, um deren Wasserspiegel tief zu halten.

Zusätzliche Massnahmen

Trotz der angeordneten Binnenentwässerung steigt der Grundwasserstand bei der Autobahn über die Geländeoberfläche an. Dort müssen zusätzlich Dichtwände vorgesehen werden. Dichtwände sind auch dort erforderlich, wo in Eltheim und Geisling Gebäude unter der Terrassenkante liegen. Eine weitere Abdichtung ist beim Weiler Altach erforderlich, da dort ohne Abdichtung ein Grundwasseranstieg erwartet wird. Der Auhof sollte mit Sicherungsbrunnen geschützt werden.

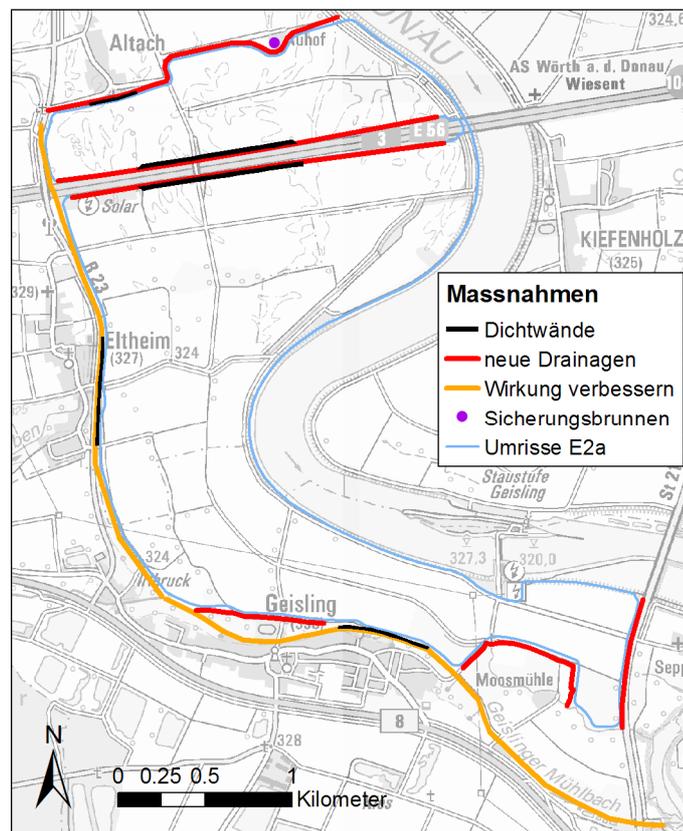


Abbildung 18:

Variante E2a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Altach, Eltheim und Geisling durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Entlang der Verkehrswege kann der Grundwas-

serstand unter der Geländeoberfläche gehalten werden. Mit den Berechnungen wurde auch gezeigt, dass sich die Maßnahmen bei ungetutetem Polder und mittleren Verhältnissen nicht ungünstig auf die Grundwasserverhältnisse auswirken.

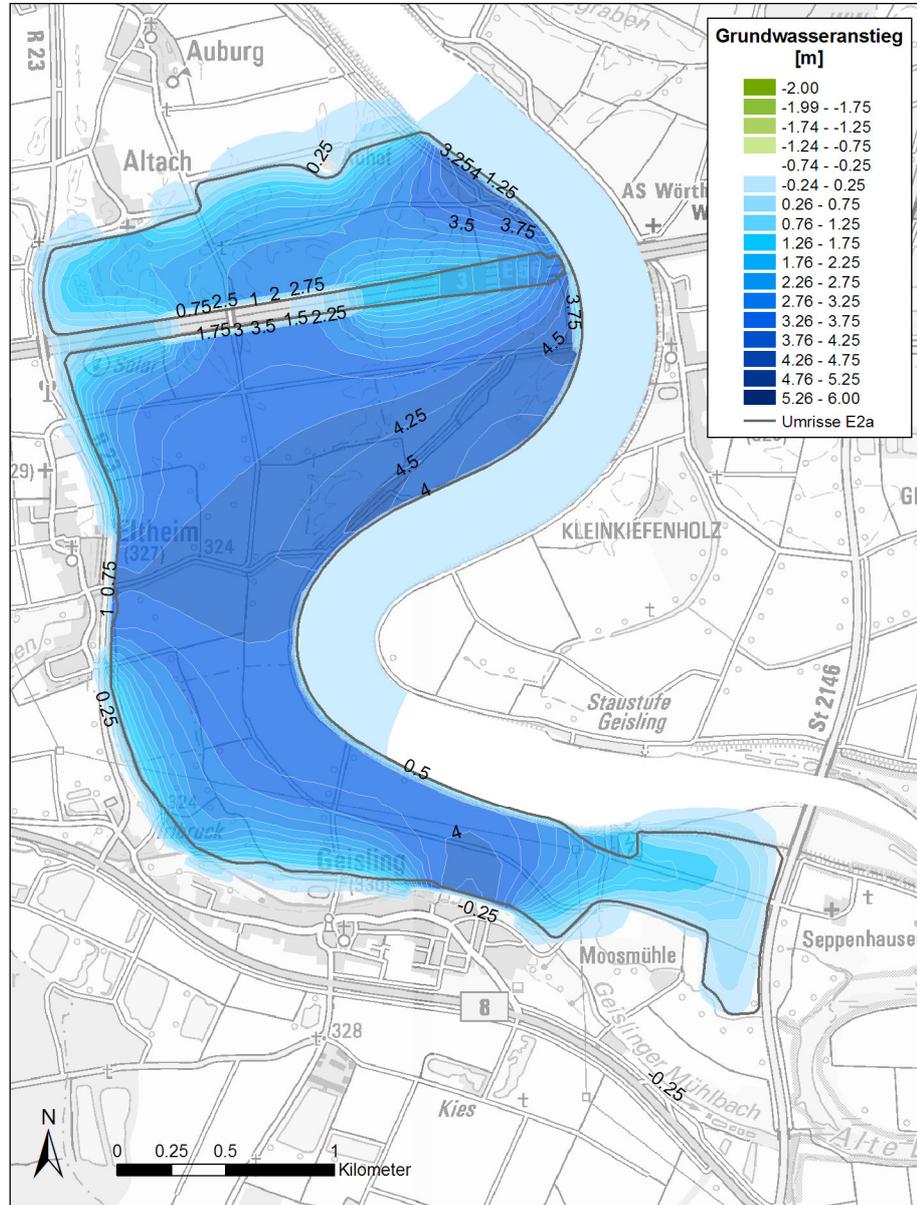


Abbildung 19:

Variante E2a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

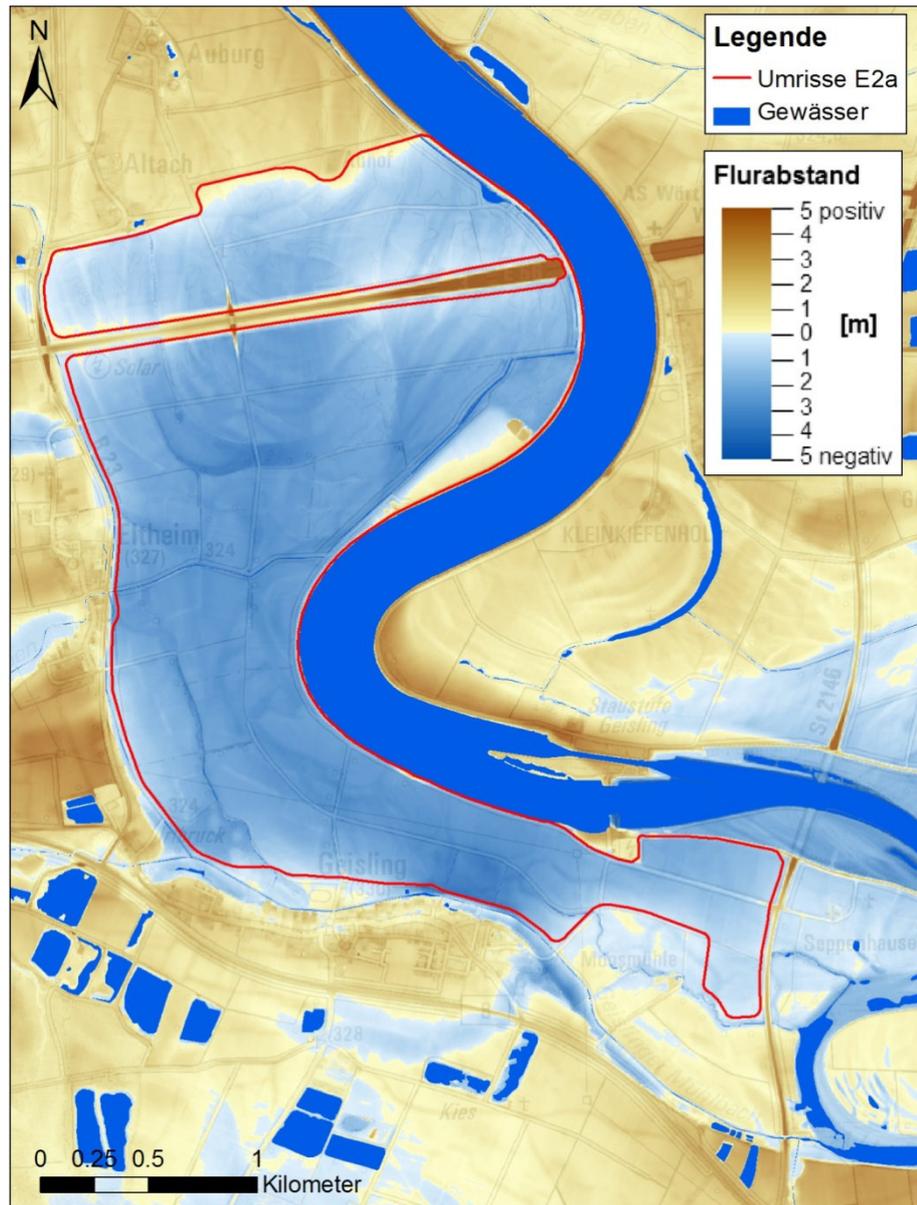


Abbildung 20:

Variante E2a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpentials bei Polderfüllung.

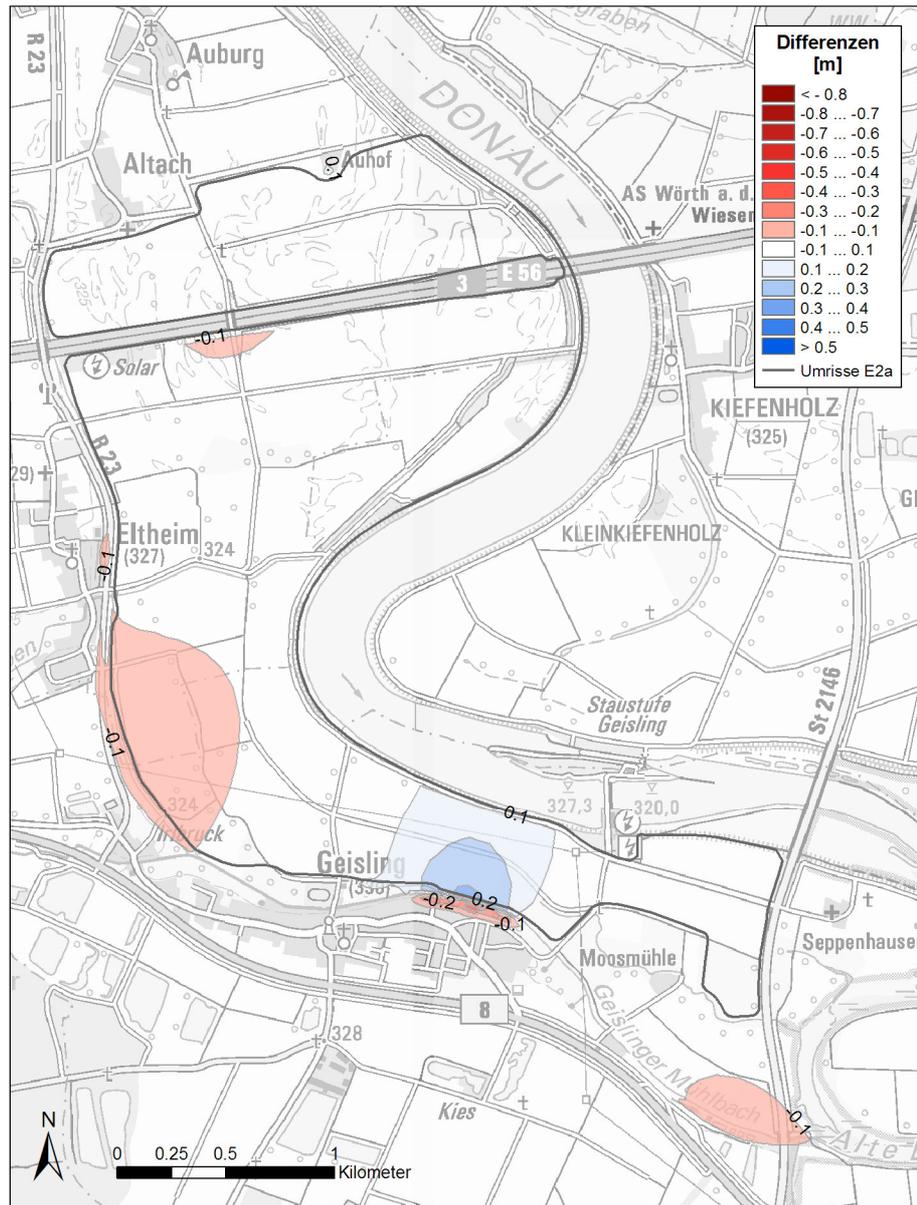


Abbildung 21: Variante E2a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.2.3 Variante E3a

Kurzbeschreibung Bei der Variante E3a wird die Moosmühle mit minimalem Verlust an Poldervolumen aus dem Polder ausgeklammert. Die Füllhöhe des Polders beträgt 327 mNN

Auswirkungen Die Variante E3a ohne Gegenmassnahmen hat etwa die gleichen Auswirkungen wie die Variante E1a. Bei der ausgeklammerten Moosmühle ist ein grosser Anstieg des Grundwasserpotentials zu erwarten.

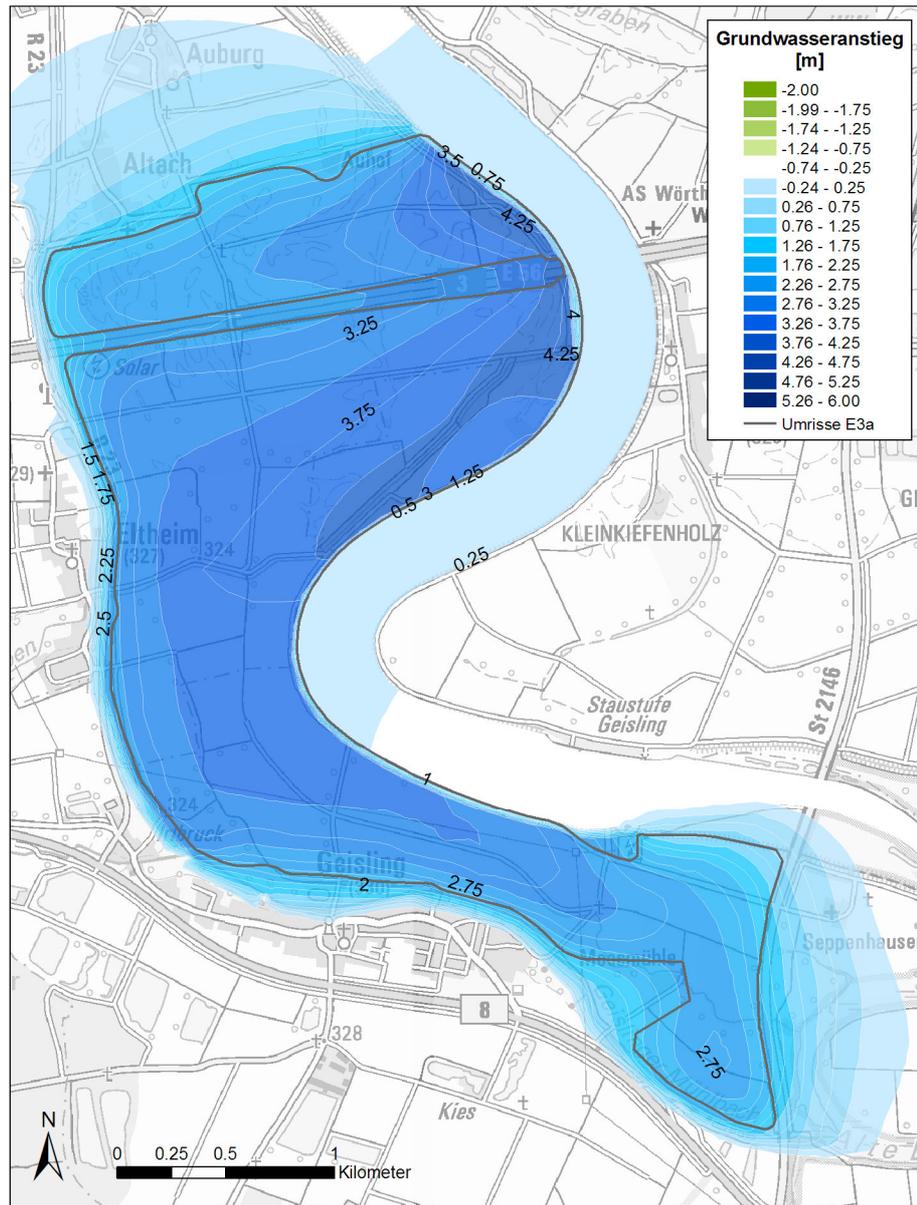


Abbildung 22:

Variante E3a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Massnahmen

Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante E3a des Flutpolders Eltheim folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal entlang der Nordseite des Polders mit Ableitung zum verschobenen Schöpfwerk Auburg.
- Drainagekanäle beidseitig der Autobahn. Eine Ableitung zur Donauseite ist nicht möglich, die Entwässerung erfolgt daher in den Eltheimer Kanal.
- Drainagekanal entlang des Sportplatzes bei Geisling mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal entlang der Ostseite des geplanten Polders mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.

- Drainagekanal um die Moosmühle herum mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbachs, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.
- Während der Polderfüllung gleichzeitig auftretende Hochwasserabflüsse des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs müssen über ein Schöpfwerk in den Flutpolder gepumpt werden, um deren Wasserspiegel tief zu halten.

Zusätzliche Massnahmen

Trotz der angeordneten Binnenentwässerung steigt der Grundwasserstand bei der Autobahn über die Geländeoberfläche an. Dort müssen zusätzlich Dichtwände vorgesehen werden. Dichtwände sind auch dort erforderlich, wo in Eltheim und Geisling Gebäude unter der Terrassenkante liegen. Eine weitere Abdichtung ist beim Weiler Altach erforderlich, da dort ohne Abdichtung ein Grundwasseranstieg erwartet wird. Auch bei der Moosmühle ist eine Dichtwand erforderlich. Der Auhof sollte mit Grundwasserpumpen geschützt werden.

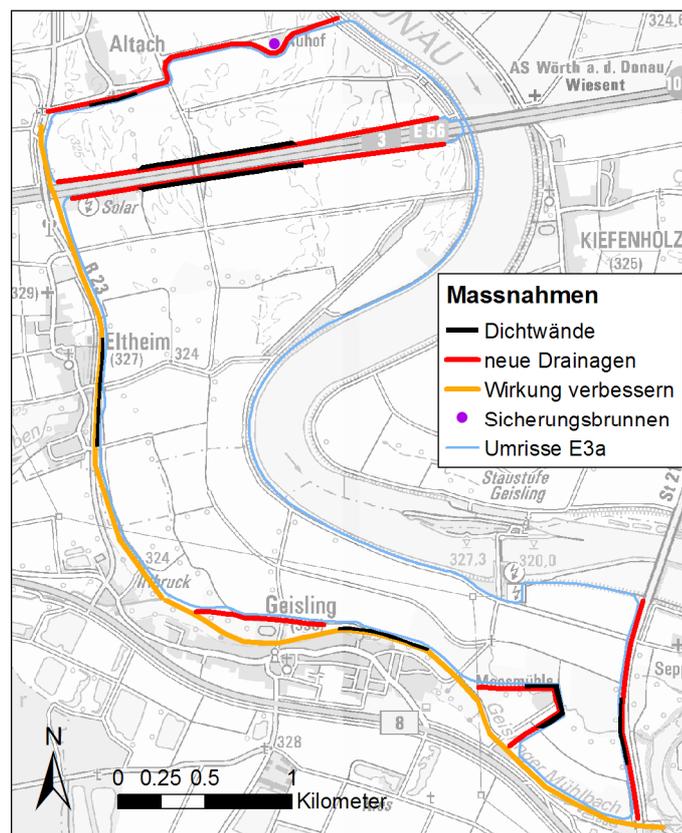


Abbildung 23:

Variante E3a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

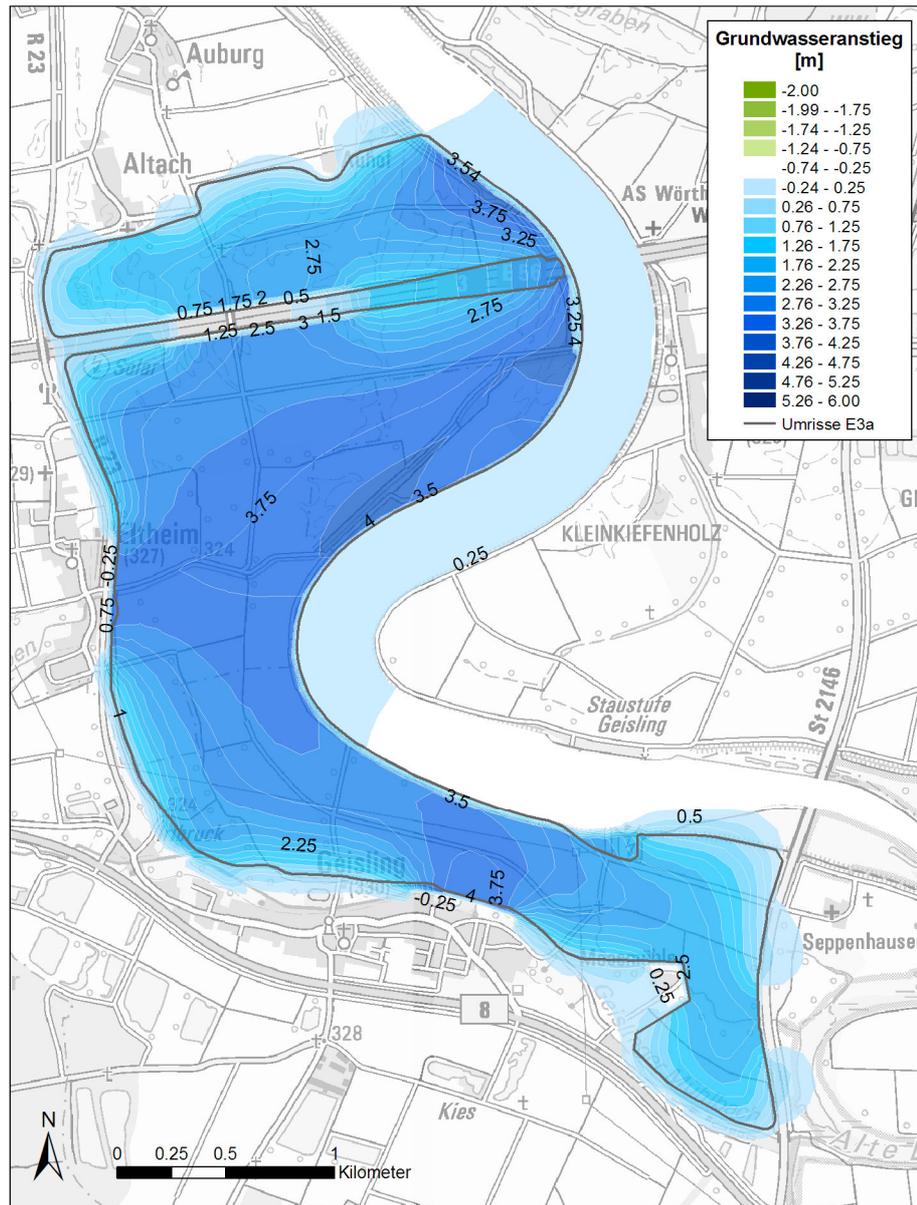


Abbildung 24: Variante E3a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Altach, Eilthaim und Geisling durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Entlang der Verkehrswege kann der Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche gehalten werden. Mit den Berechnungen wurde auch gezeigt, dass sich die Maßnahmen bei ungeflutetem Polder und mittleren Verhältnissen nicht ungünstig auf die Grundwasserverhältnisse auswirken.

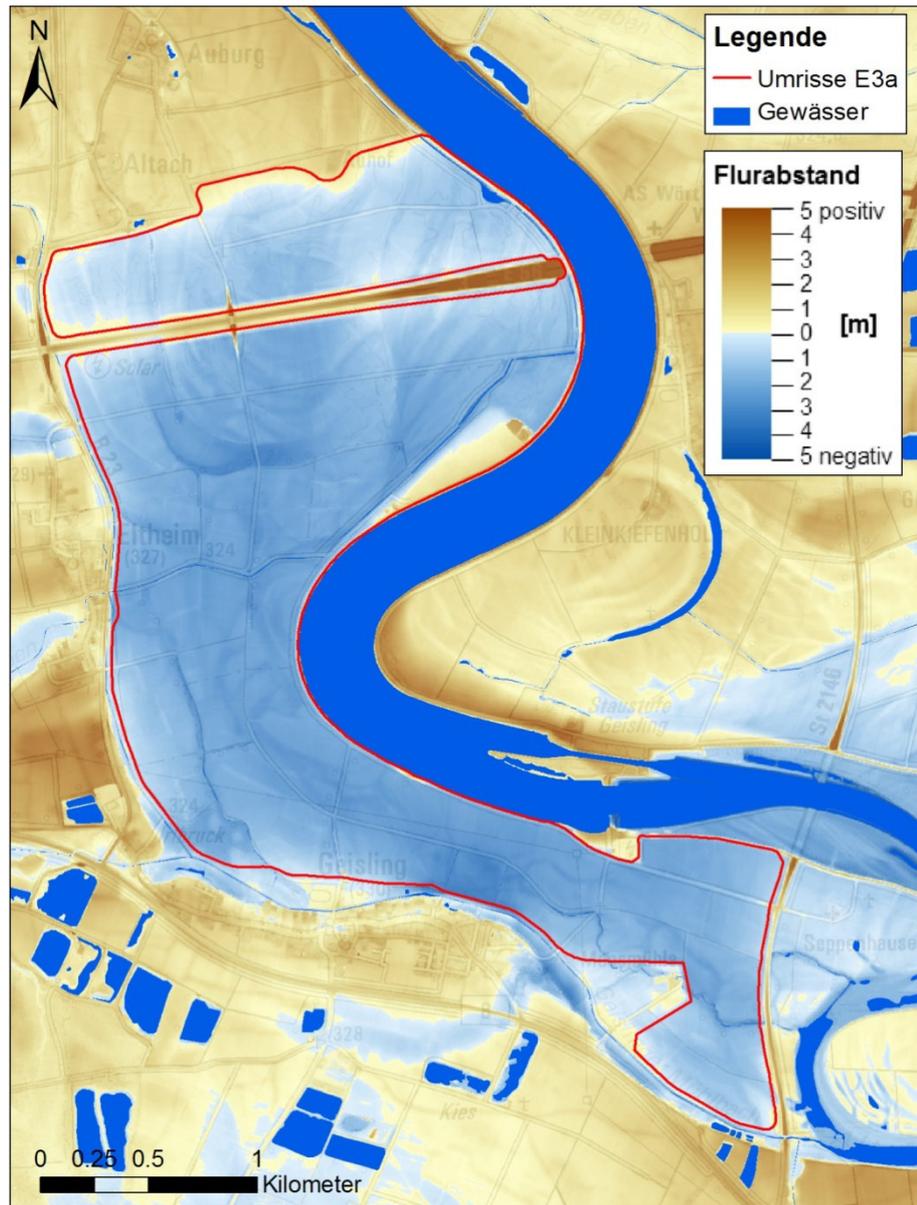


Abbildung 25: Variante E3a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpentials bei Polderfüllung.

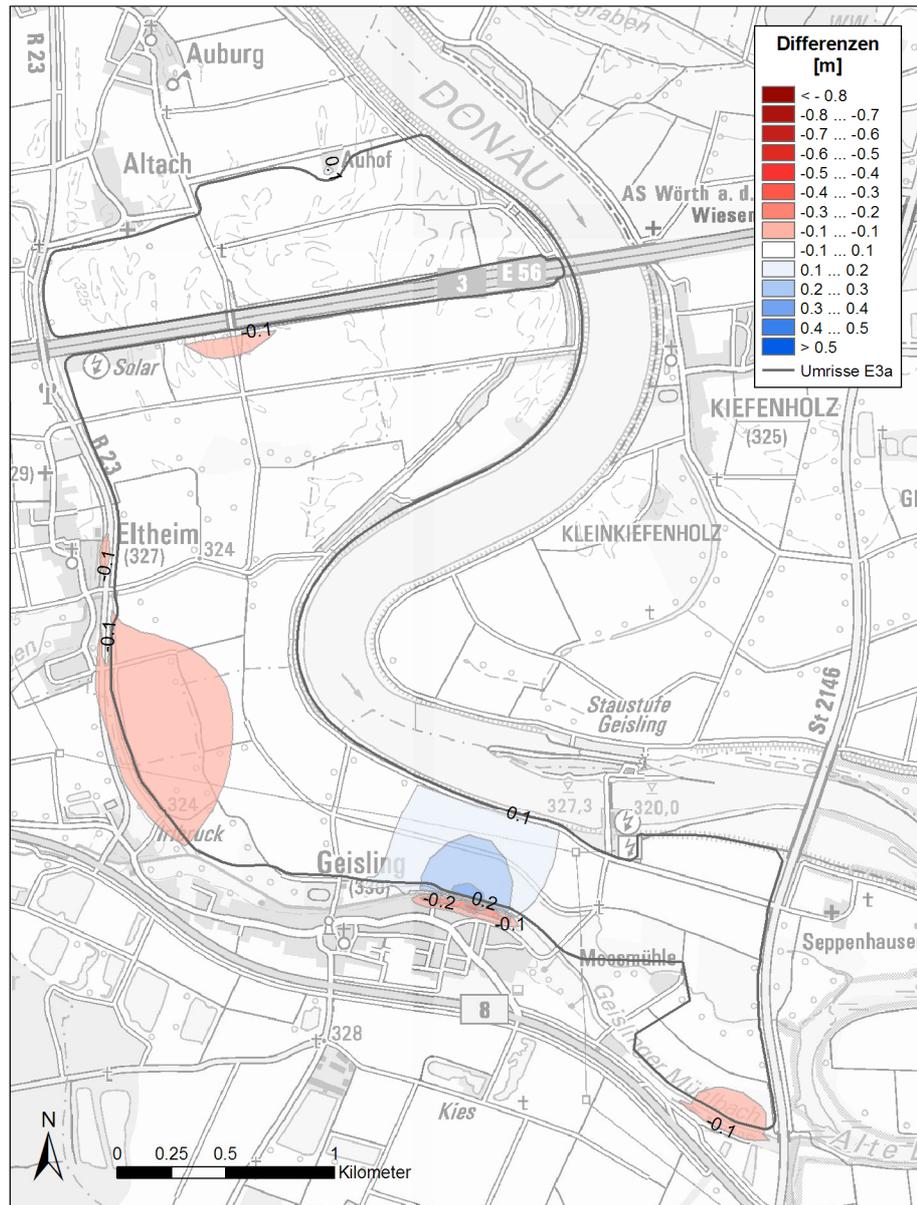


Abbildung 26: Variante E3a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.2.4 Variante E4a

Kurzbeschreibung Bei der Variante E4a wird die Moosmühle aus dem Polder ausgeklammert. Der Deich verläuft dabei in West-Ost-Richtung nahe an der Moosmühle vorbei. Die Füllhöhe des Polders beträgt 327 mNN

Auswirkungen Mit Ausnahme des Gebietes östlich von Geisling hat die Variante E4a ohne Gegenmassnahmen etwa die gleichen Auswirkungen wie die Maximalvariante E1a. Östlich von Geisling ist der Anstieg des Grundwasserpotentials aufgrund der geringeren Ausdehnung etwas kleiner.

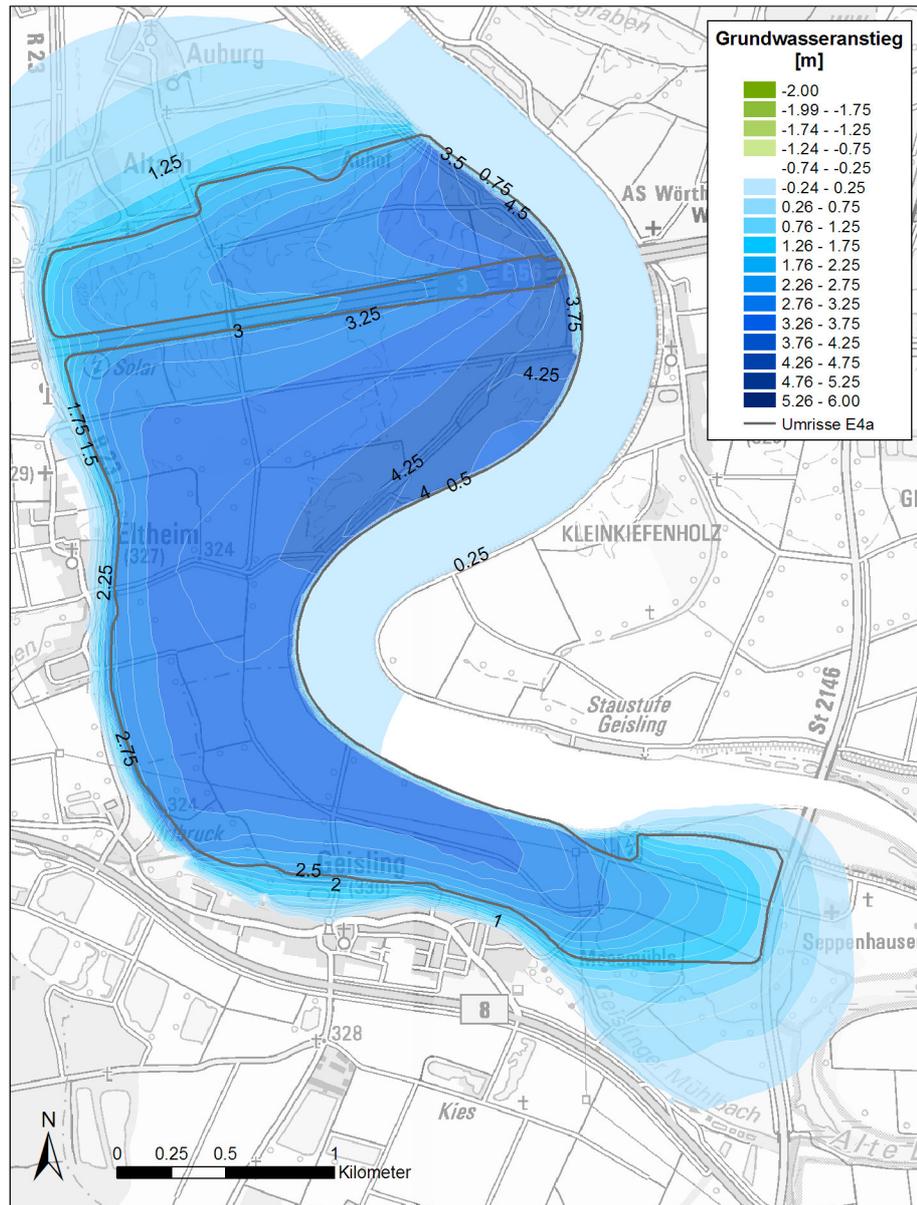


Abbildung 27:

Variante E4a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Massnahmen

Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante E4a des Flutpolders Eltheim folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal entlang der Nordseite des Polders mit Ableitung zum verschobenen Schöpfwerk Auburg.
- Drainagekanäle beidseitig der Autobahn. Eine Ableitung zu Donauseite ist nicht möglich, die Entwässerung erfolgt daher in den Eltheimer Kanal.
- Drainagekanal entlang des Sportplatzes bei Geisling mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal entlang der Ostseite des geplanten Polders mit Einleitung in die Drainage bei der Moosmühle.

- Drainagekanal nördlich der Moosmühle mit Einleitung in die Drainage bei der Moosmühle.
- Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbachs, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.
- Während der Polderfüllung gleichzeitig auftretende Hochwasserabflüsse des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs müssen über ein Schöpfwerk in den Flutpolder gepumpt werden, um deren Wasserspiegel tief zu halten.

Zusätzliche Massnahmen

Trotz der angeordneten Binnenentwässerung steigt der Grundwasserstand bei der Autobahn über die Geländeoberfläche an. Dort müssen zusätzlich Dichtwände vorgesehen werden. Dichtwände sind auch dort erforderlich, wo in Eltheim und Geisling Gebäude unter der Terrassenkante liegen. Eine weitere Abdichtung ist beim Weiler Altach erforderlich, da dort ohne Abdichtung ein Grundwasseranstieg erwartet wird. Der Auhof sollte mit Grundwasserpumpen geschützt werden.

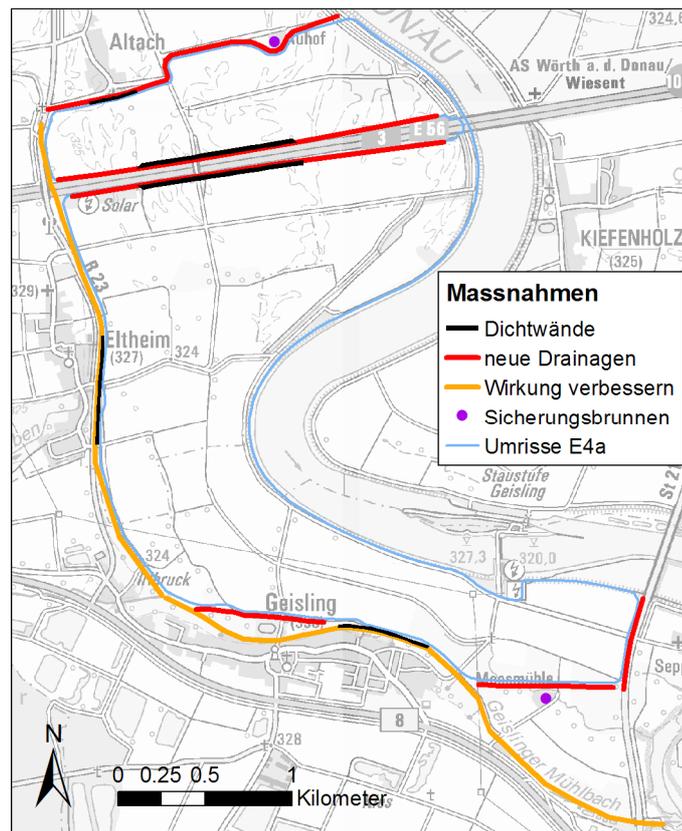


Abbildung 28:

Variante E4a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

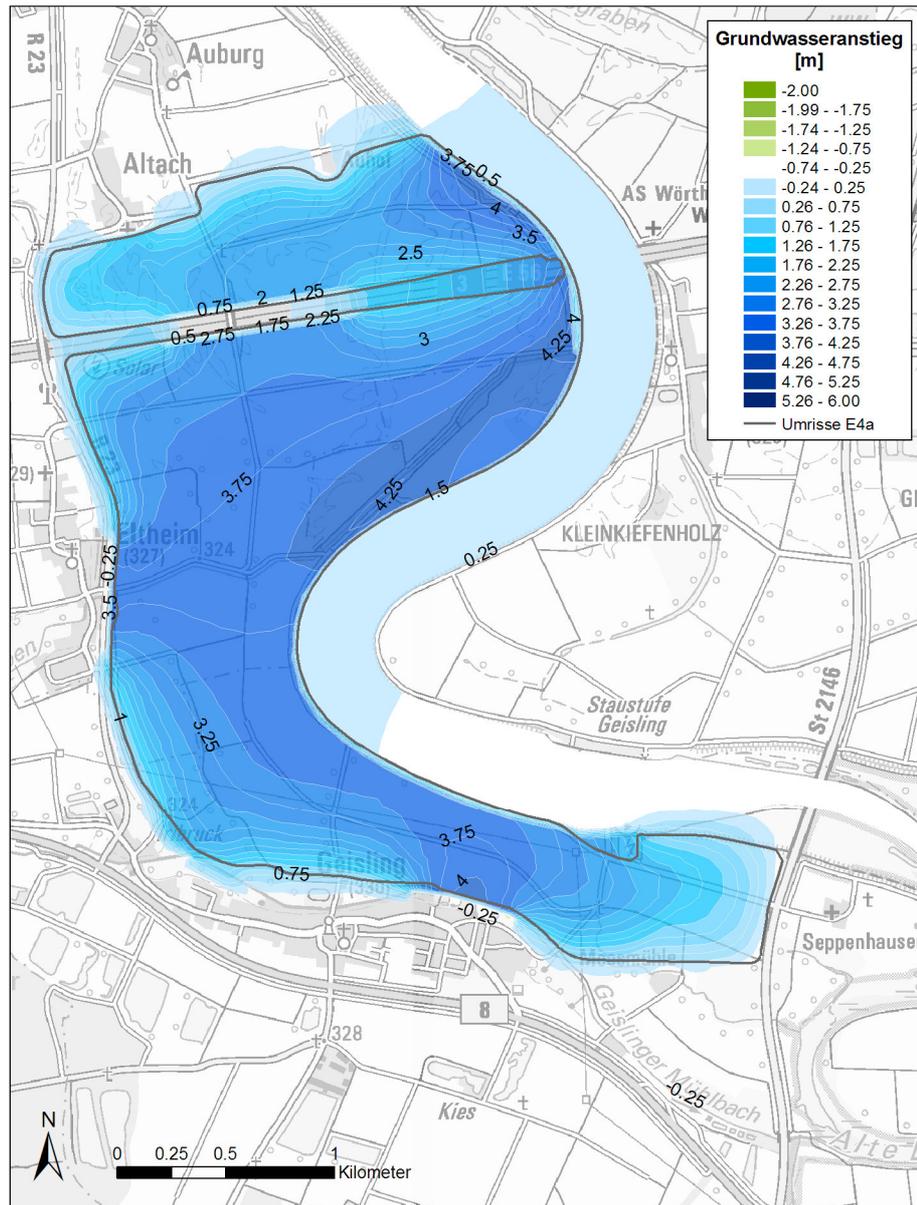


Abbildung 29: Variante E4a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Altach, Eilthaim und Geisling durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Entlang der Verkehrswege kann der Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche gehalten werden. Mit den Berechnungen wurde auch gezeigt, dass sich die Maßnahmen bei ungeflutetem Polder und mittleren Verhältnissen nicht ungünstig auf die Grundwasserverhältnisse auswirken.

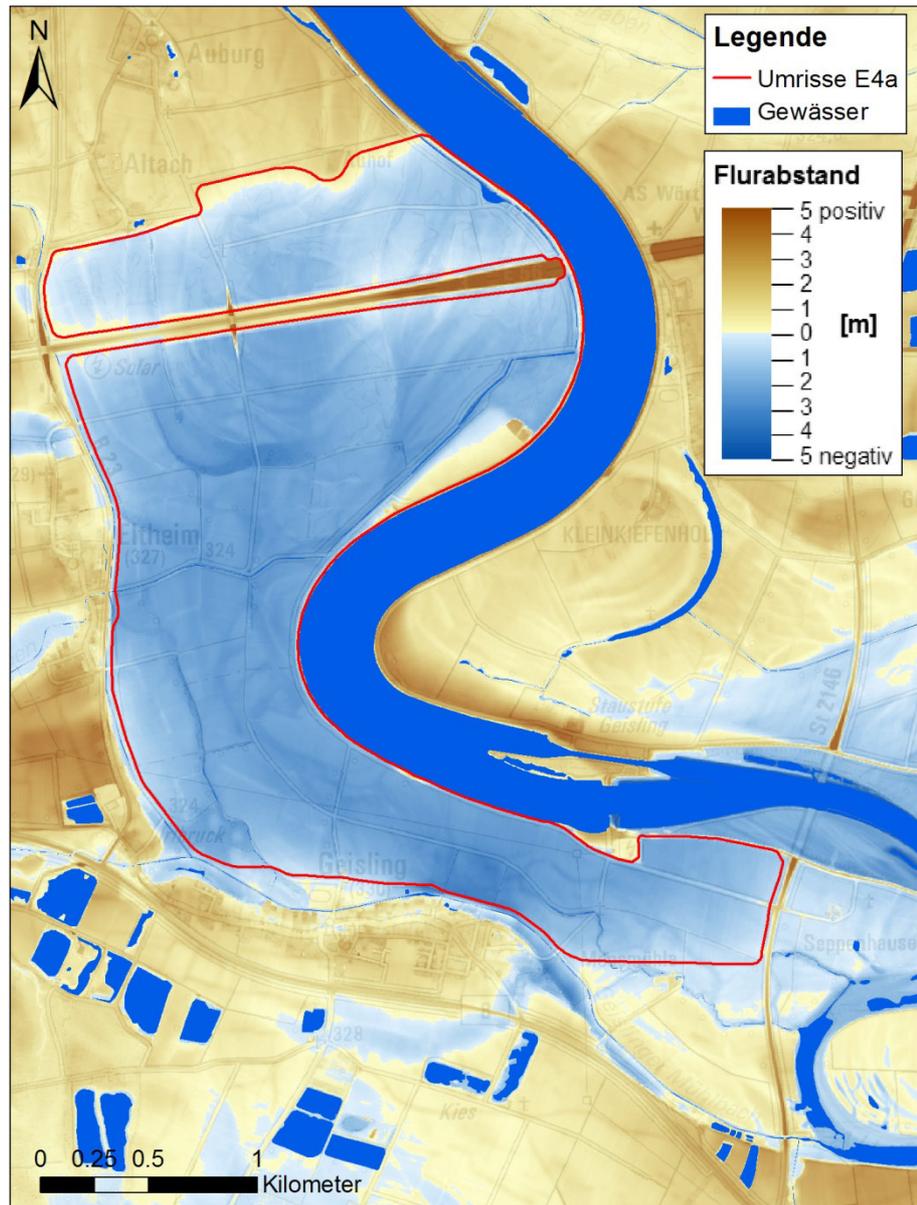


Abbildung 30:

Variante E4a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpentials bei Polderfüllung.

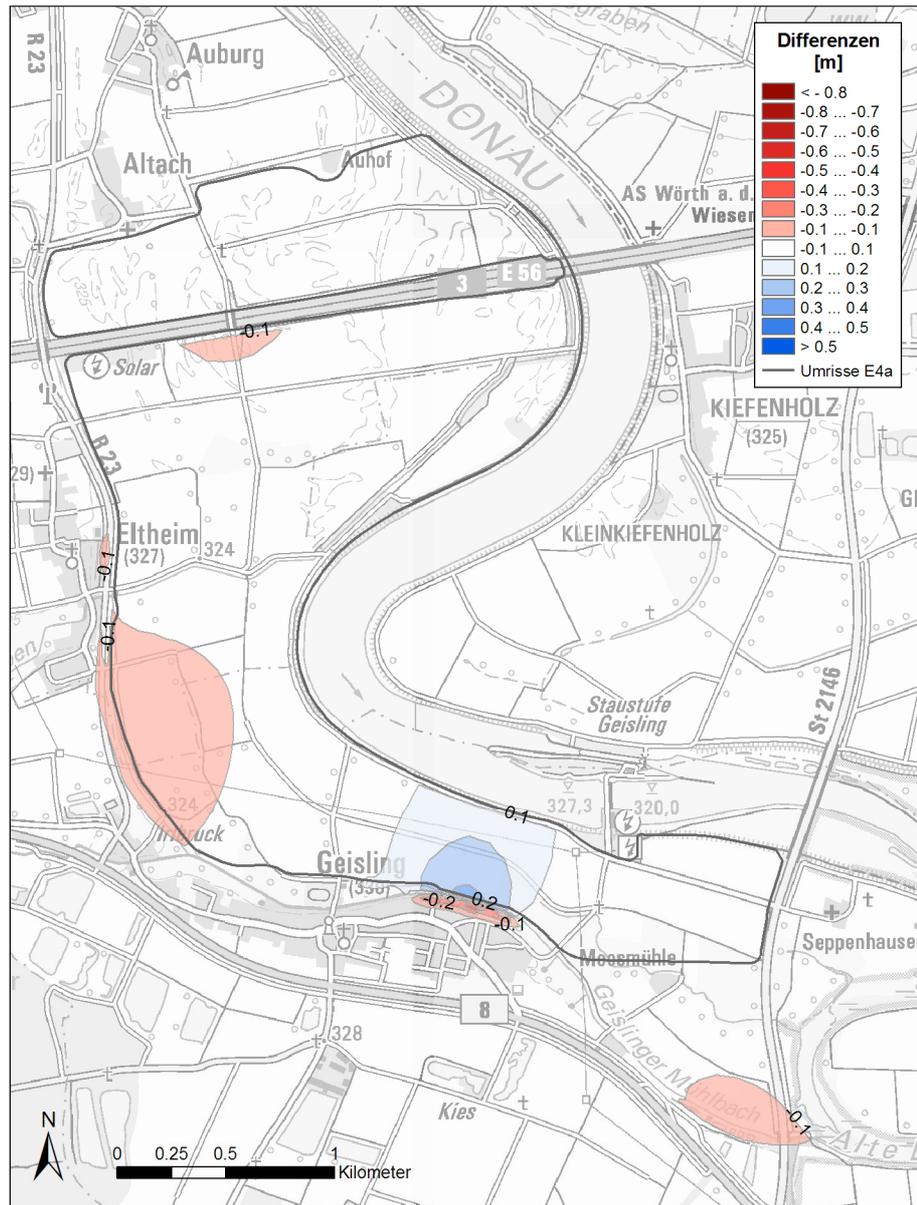


Abbildung 31: Variante E4a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.2.5 Variante E5a

Kurzbeschreibung Die Variante E5a entspricht der Variante E1a ohne den Bereich nördlich der Autobahn. Die Moosmühle wird abgesiedelt. Die Füllhöhe des Polders beträgt 327 mNN.

Auswirkungen Die Variante E5a wirkt sich südlich von Geisling gleich aus wie die Variante E1a. Nördlich von Geisling ist der Anstieg des Grundwasserpotentials kleiner. Er schwächt sich bis zu den Ortslagen Altach und Auhof praktisch zu Null ab.

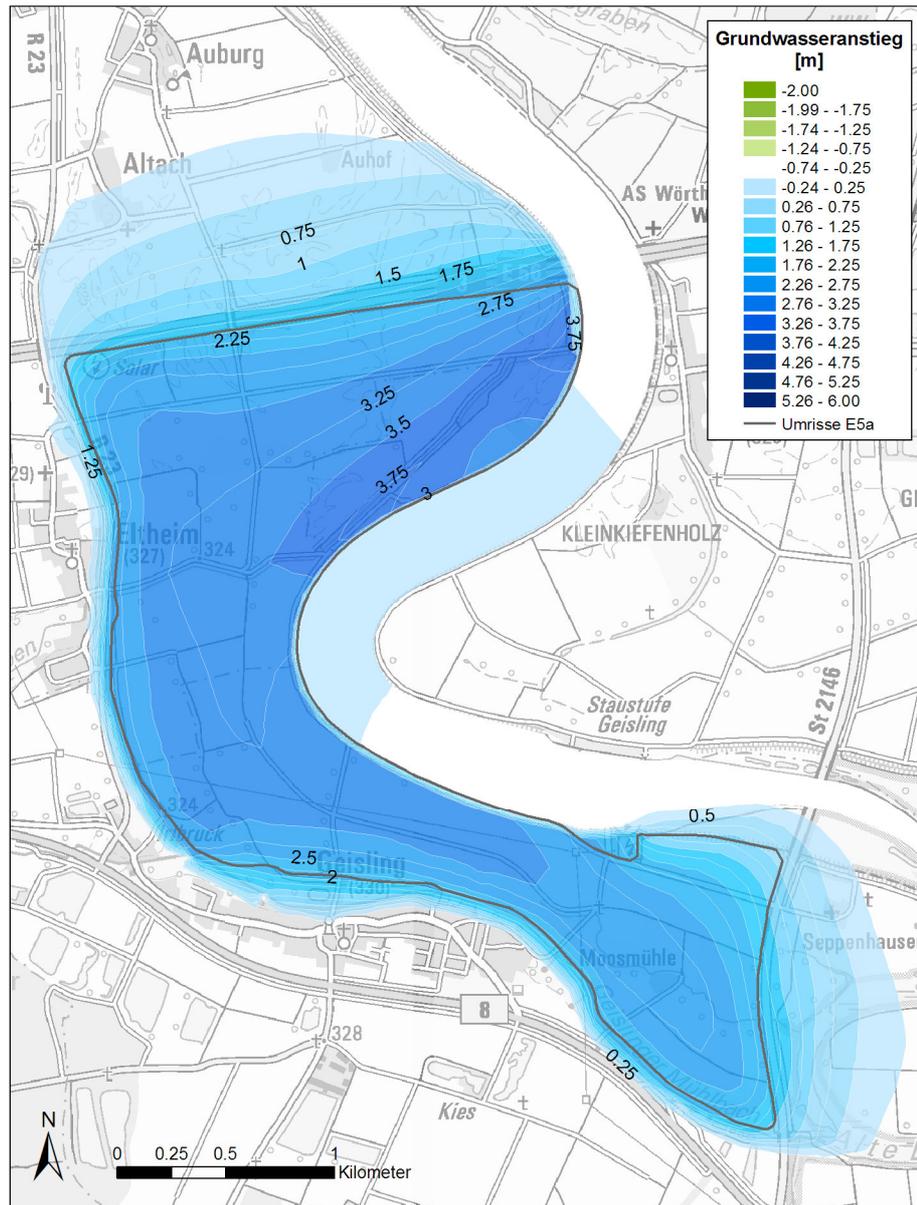


Abbildung 32: Variante E5a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Massnahmen Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante E5a des Flutpolders Eltheim folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal südlich der Autobahn mit Ableitung zum Schöpfwerk Auburg.
- Drainagekanal entlang des Sportplatzes bei Geisling mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal entlang der Ostseite des geplanten Polders mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbachs, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.

- Während der Polderfüllung gleichzeitig auftretende Hochwasserabflüsse des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs müssen über ein Schöpfwerk in den Flutpolder gepumpt werden, um deren Wasserspiegel tief zu halten.

Zusätzliche Massnahmen

Bei der Variante E5a sind Dichtwände dort erforderlich, wo in Eltheim und Geisling Gebäude unter der Terrassenkante liegen. Zudem muss mit einer weiteren Dichtwand ein Anstieg des Grundwasserpotentials über das Niveau der Straße Nr. 2146 verhindert werden.

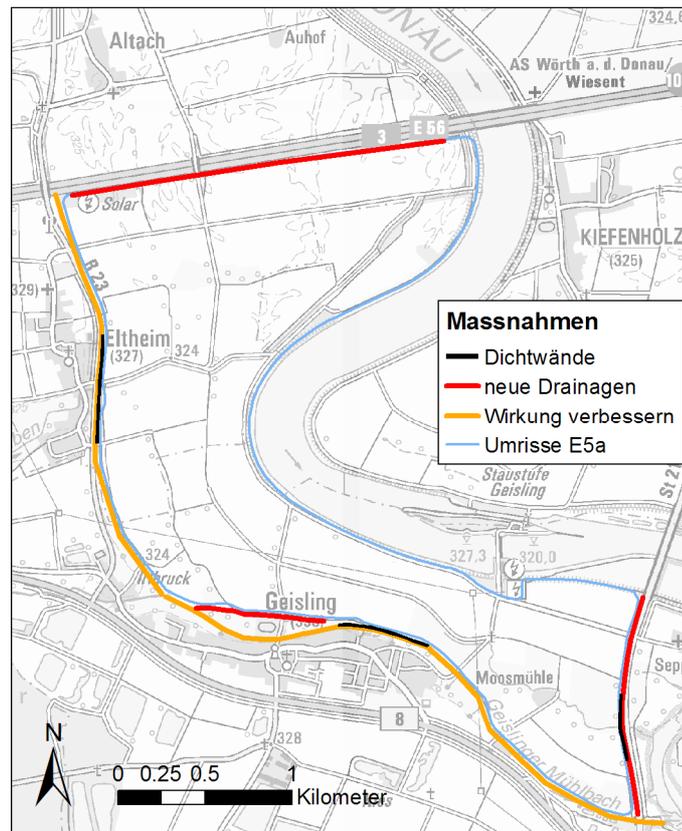


Abbildung 33: Variante E5a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Altach, Eltheim und Geisling durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Entlang der Verkehrswege kann der Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche gehalten werden. Mit den Berechnungen wurde auch gezeigt, dass sich die Maßnahmen bei ungeflutetem Polder und mittleren Verhältnissen nicht ungünstig auf die Grundwasserverhältnisse auswirken.

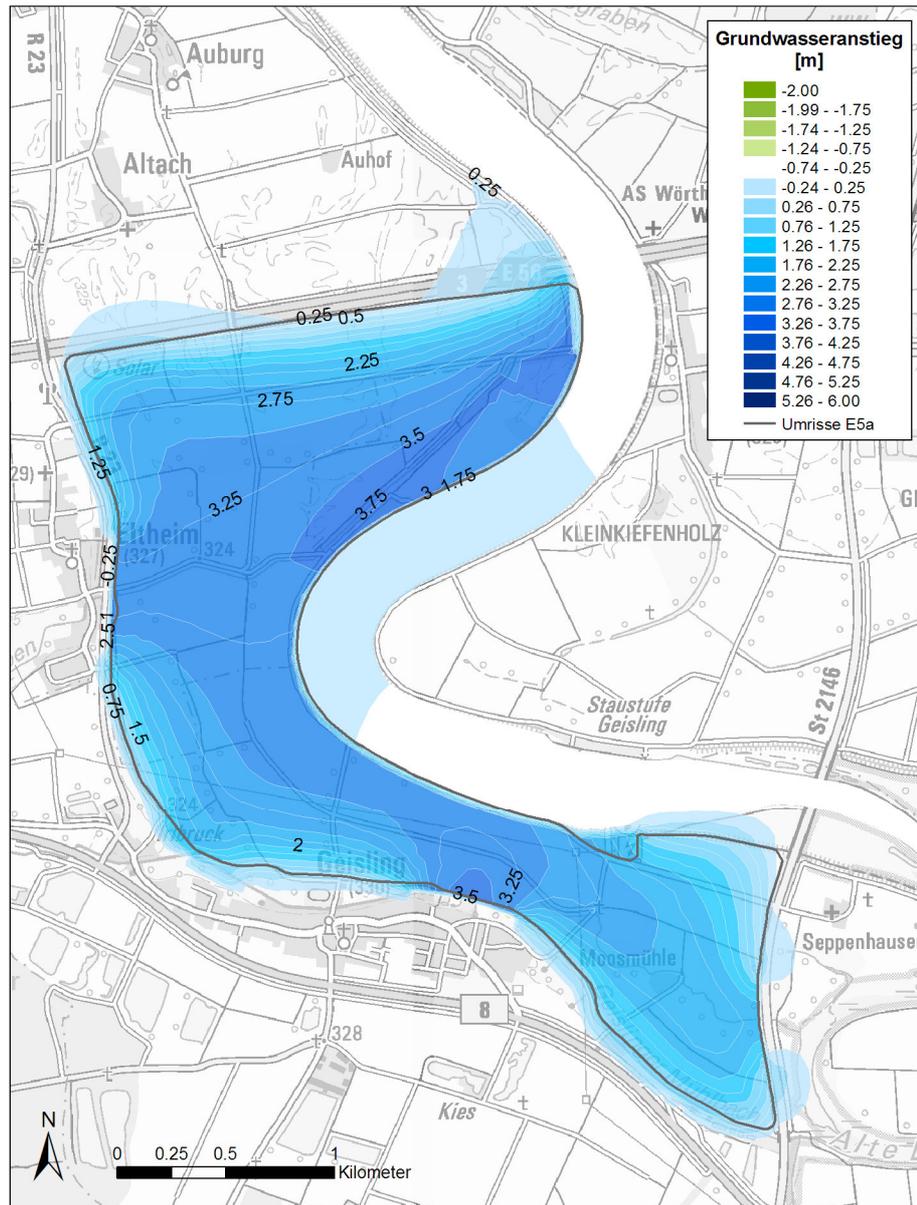


Abbildung 34:

Variante E5a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

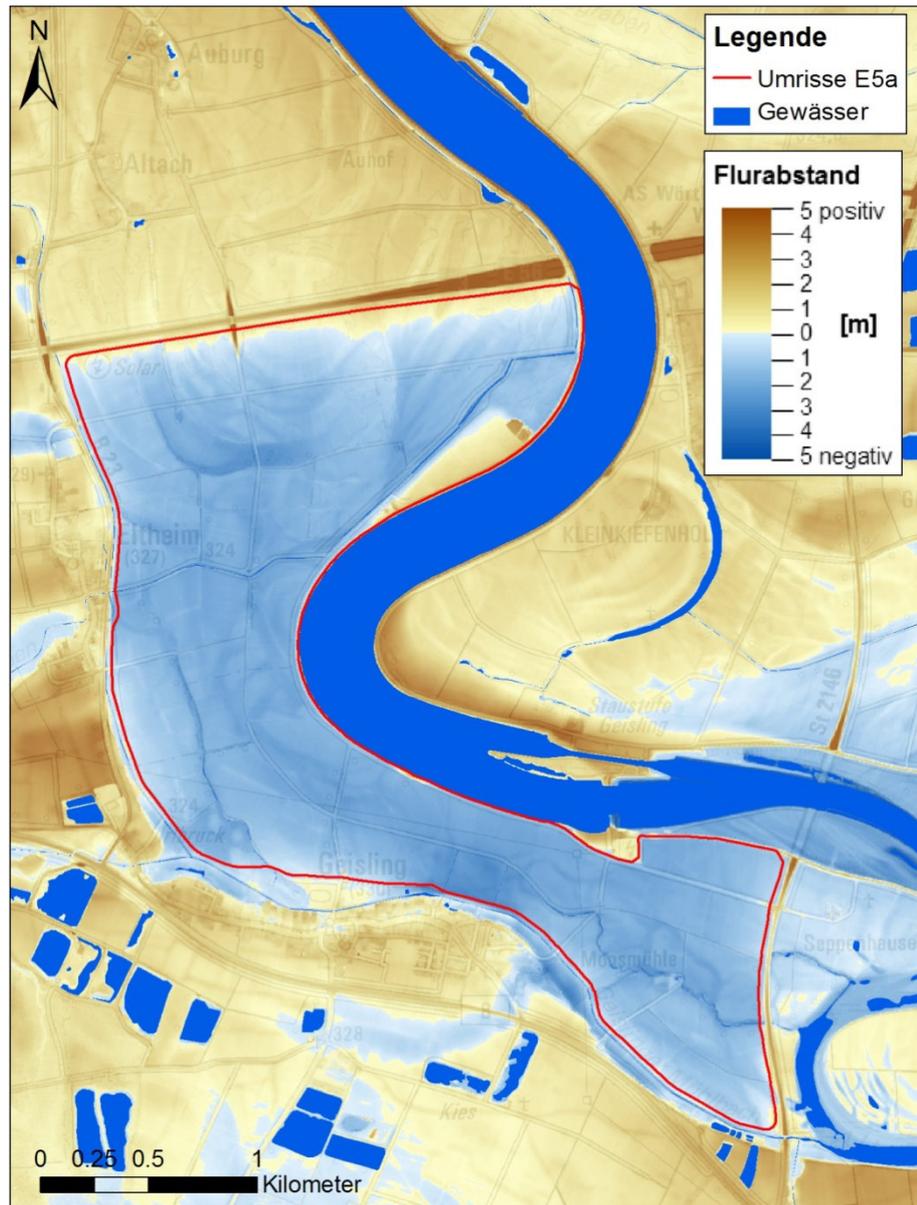


Abbildung 35: Variante E5a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpentials bei Polderfüllung.

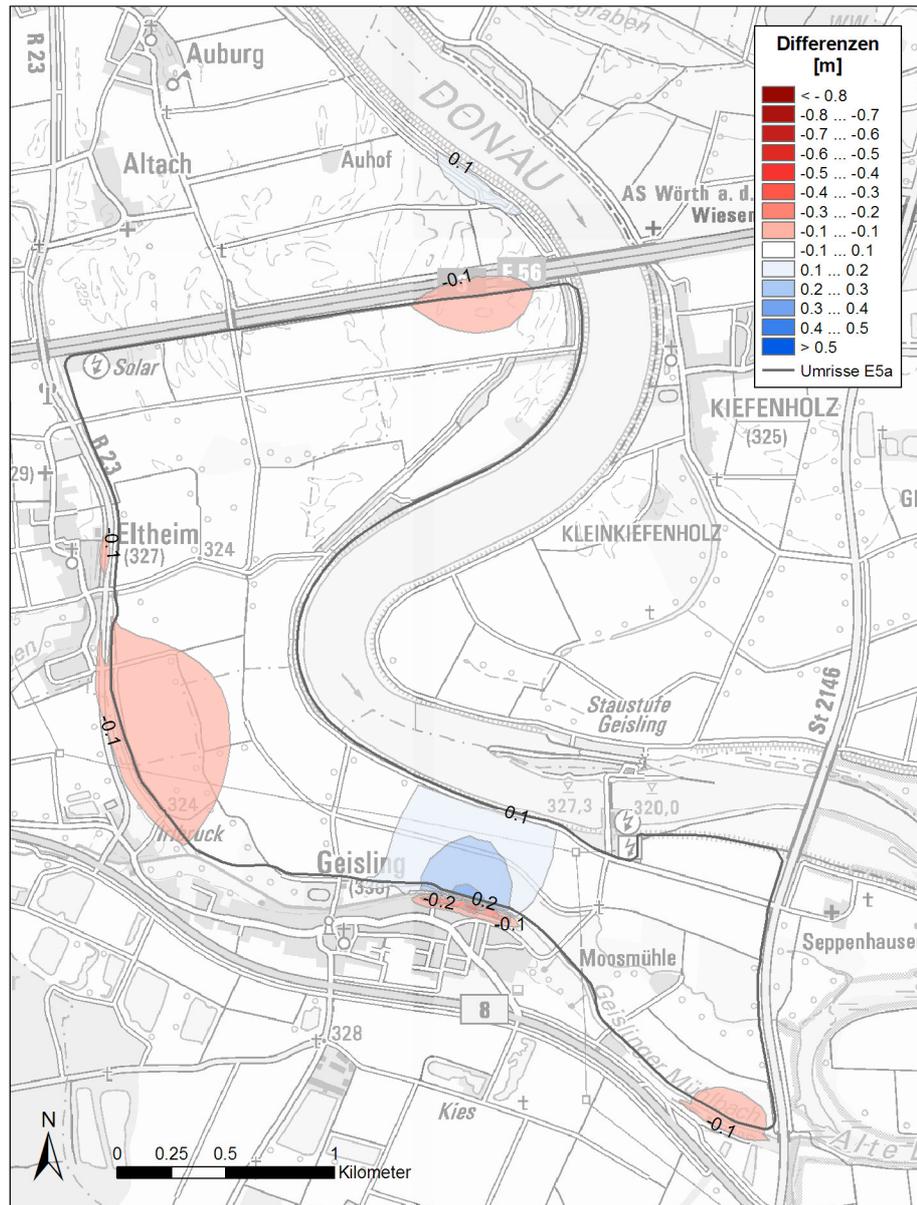


Abbildung 36: Variante E5a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.2.6 Variante E6a

Kurzbeschreibung Die Variante E6a entspricht der Variante E3a ohne den Bereich nördlich der Autobahn. Die Moosmühle wird mit minimalem Volumenverlust aus dem Polder ausgeklammert. Die Füllhöhe des Polders beträgt 327 mNN.

Auswirkungen Die Variante E6a wirkt sich südlich von Geisling etwa gleich aus wie die Variante E1a. Nördlich von Geisling ist der Anstieg des Grundwasserpotentials kleiner. Er schwächt sich bis zu den Ortslagen Altach und Auhof praktisch zu Null ab.

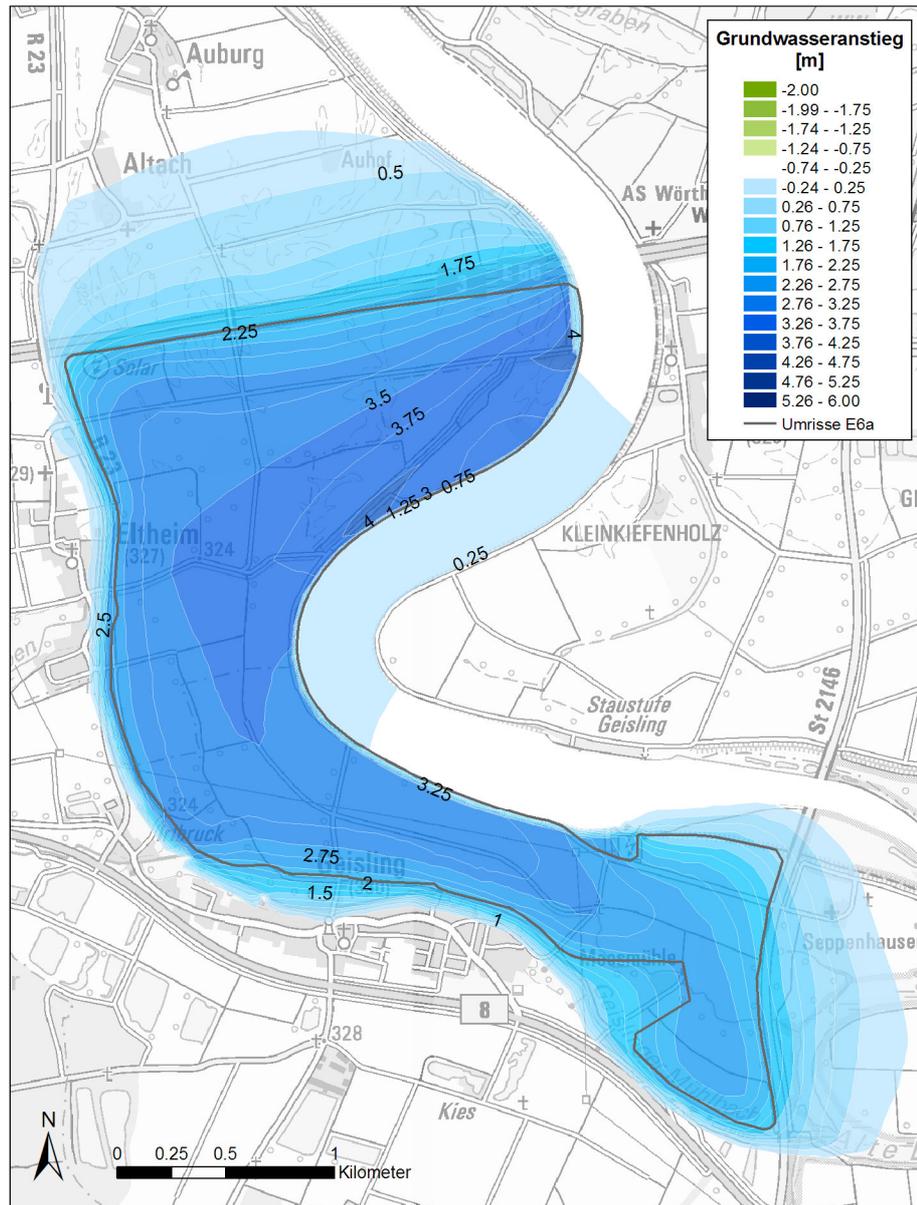


Abbildung 37: Variante E6a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Massnahmen

Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante E6a des Flutpolders Eltheim folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal südlich der Autobahn mit Ableitung zum Schöpfwerk Auburg.
- Drainagekanal entlang des Sportplatzes bei Geisling mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal entlang der Ostseite des geplanten Polders mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.
- Drainagekanal um die Moosmühle herum mit Einleitung in den Geislinger Mühlbach.

- Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbachs, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.
- Während der Polderfüllung gleichzeitig auftretende Hochwasserabflüsse des Eltheimer Grabens und des Geislinger Mühlbachs müssen über ein Schöpfwerk in den Flutpolder gepumpt werden, um deren Wasserspiegel tief zu halten.

Zusätzliche Massnahmen

Bei der Variante E6a sind Dichtwände dort erforderlich, wo in Eltheim und Geisling Gebäude unter der Terrassenkante liegen. Zudem muss mit einer weiteren Dichtwand ein Anstieg des Grundwasserpotentials über das Niveau der Straße Nr. 2146 verhindert werden. Die ausgeklammerte Moosmühle muss ebenfalls durch eine Dichtwand geschützt werden.

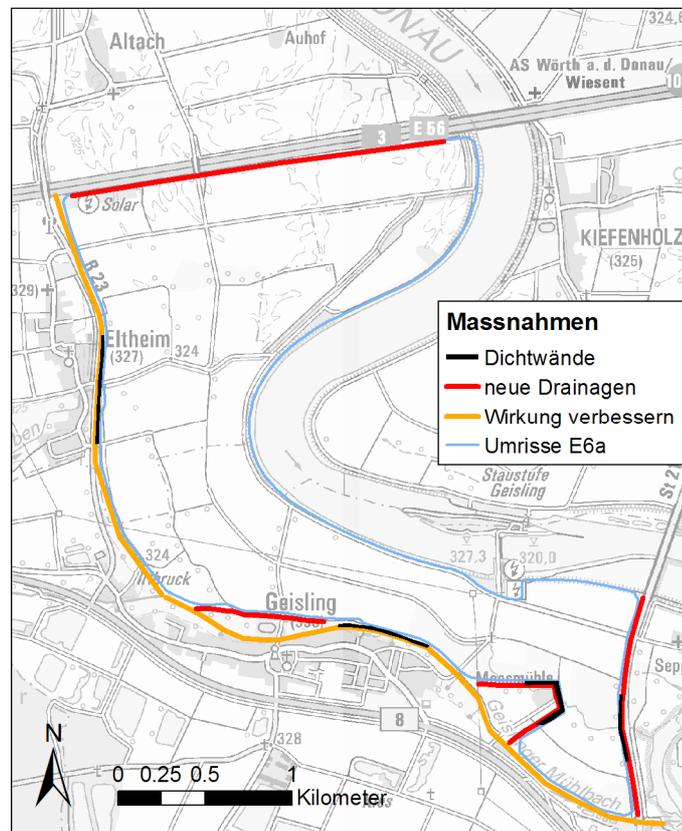


Abbildung 38:

Variante E6a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Altach, Eltheim und Geisling durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Entlang der Verkehrswege kann der Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche gehalten werden. Mit den Berechnungen wurde auch gezeigt, dass sich die Maßnahmen bei ungeflutetem Polder und mittleren Verhältnissen nicht ungünstig auf die Grundwasserverhältnisse auswirken.

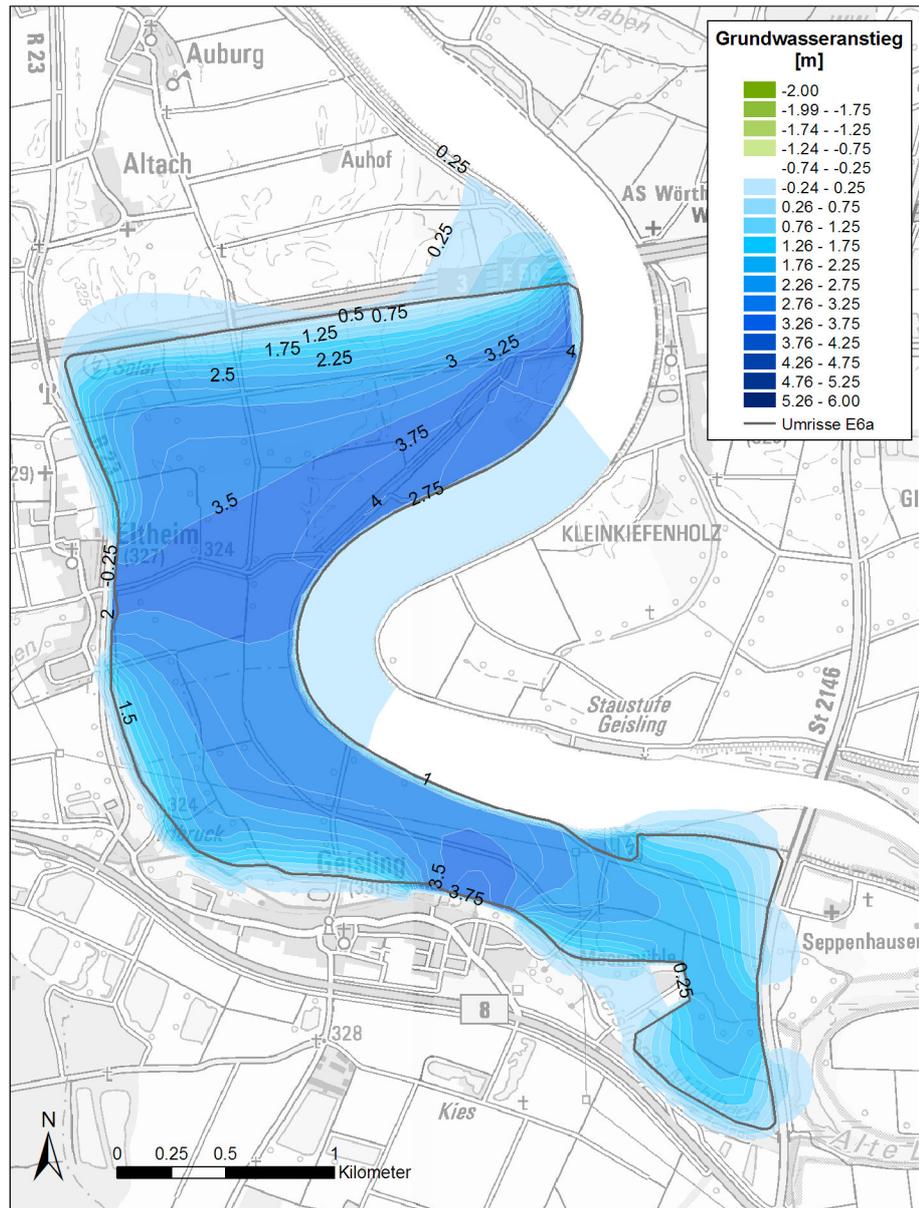


Abbildung 39:

Variante E6a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

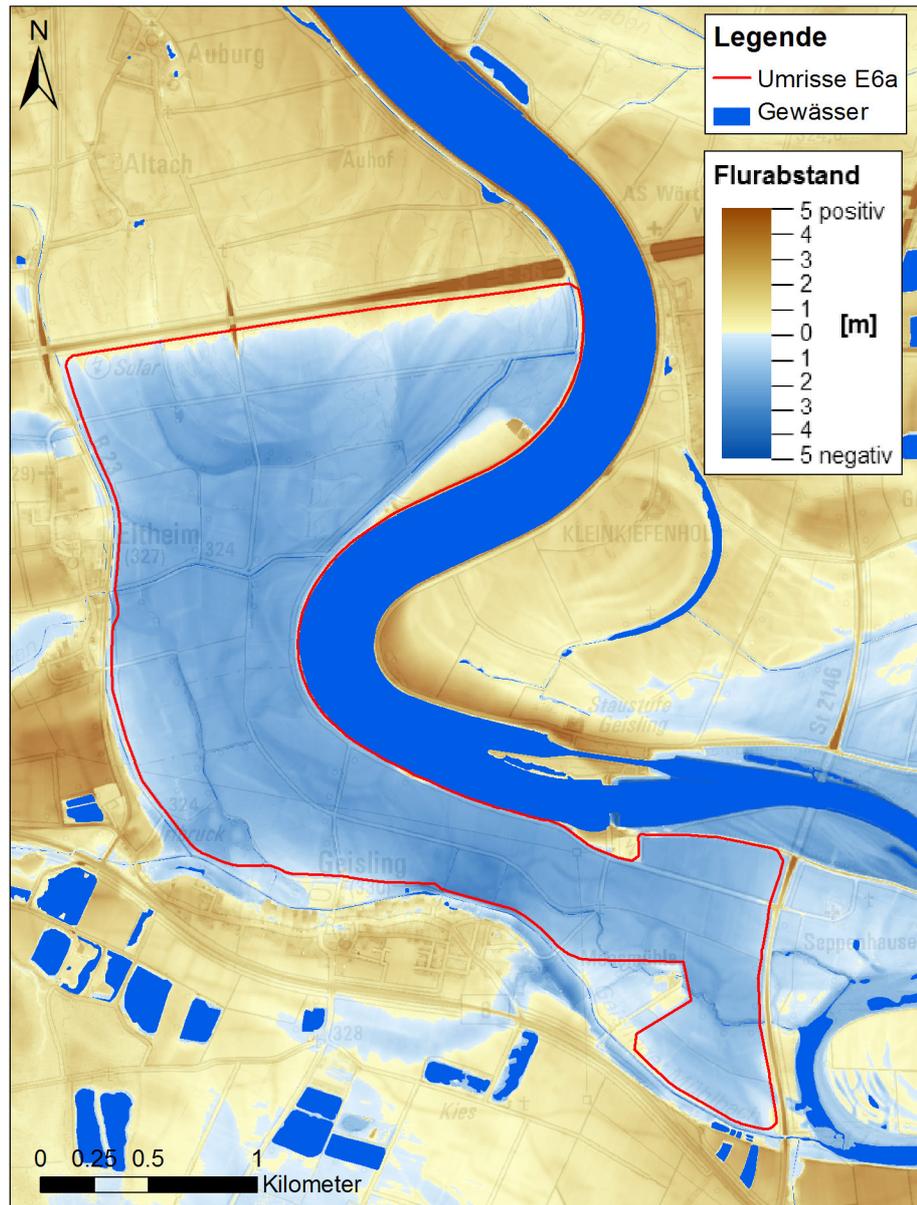


Abbildung 40: Variante E6a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpentials bei Polderfüllung.

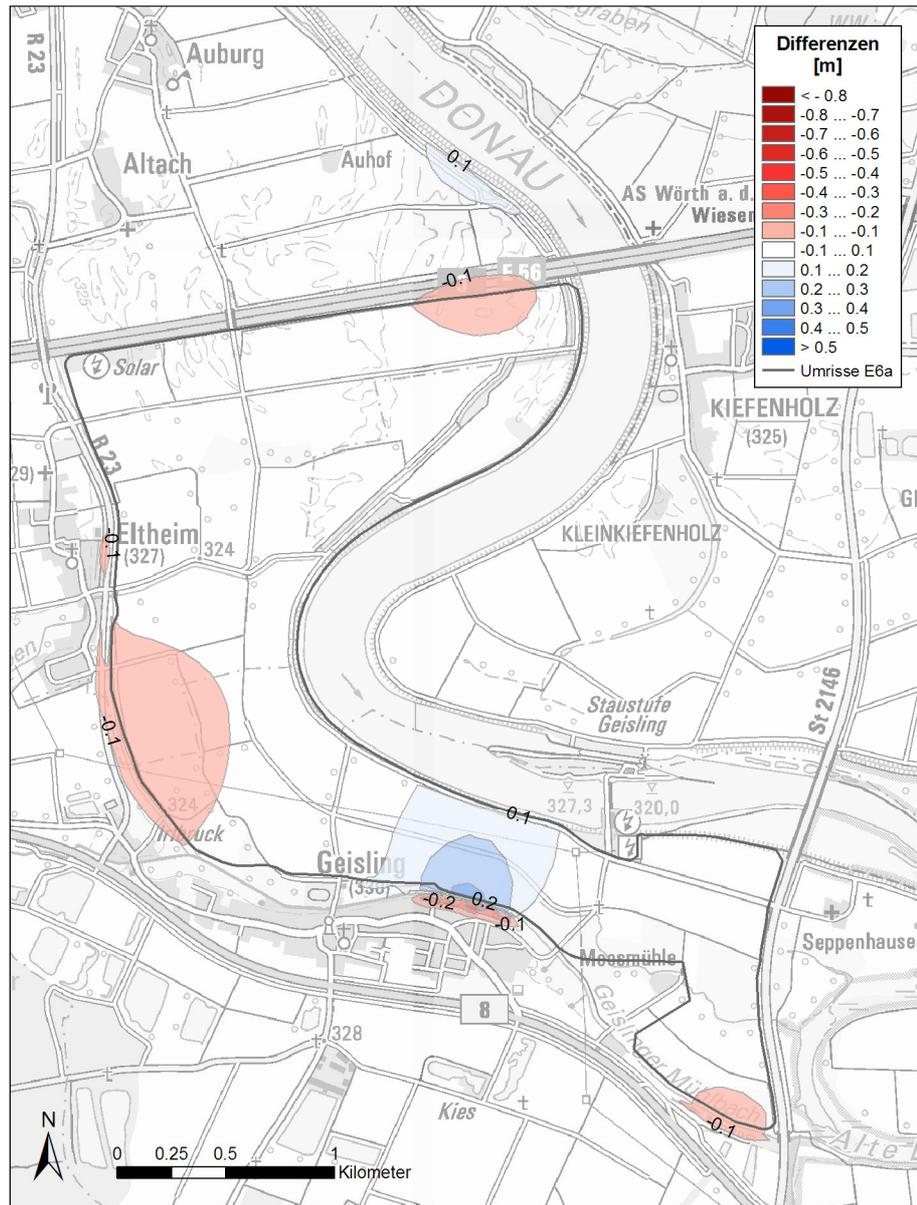


Abbildung 41: Variante E6a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.3 Flutpolder Wörthhof

5.3.1 Variante W4b

Kurzbeschreibung Bei der Variante W4b verläuft der Deich südlich des Sichelsees, so dass dieser vollständig ausserhalb des Polders zu liegen kommt. Der Wörthhof und das Gelände beidseitig des Wörthhofs bis zu den nächstgelegenen Entwässerungsgräben werden aus dem Polder ausgeklammert. Der Polder wird dadurch in einen westlichen und einen östlichen Teil unterteilt, welche nur durch einen schmalen Durchlass miteinander verbunden sind. Die Füllhöhe beträgt 327 mNN.

Auswirkungen Die Variante W4b des geplanten Flutpolders Wörthhof zeichnet sich dadurch aus, dass der Sichelsee bei Kiefenholz und das Gebiet um

den Wörthhof außerhalb der gefluteten Fläche liegen. Allerdings können die dort vorhandenen Drainagegräben nicht mehr über das Pumpwerk Wörthhof entwässern, weil sie durch den Polder abgeschnitten werden. Bei einer Polderfüllung führt die Variante W4b ohne Gegenmaßnahmen deshalb zu einem Anstieg des Grundwasserstandes in der gesamten Auestufe nördlich der Donau.

Eine besondere Situation bietet sich nördlich des geplanten Flutpolders: Bei Hochwasserständen in der Donau wird heute das Hauptgerinne der Wiesent westlich von Oberachdorf gesperrt und die Wiesent in die südlich davon angeordnete Flutmulde geleitet. Östlich von Oberachdorf, bei der Mündung der Wiesent in die Flutmulde wird das Siel ebenfalls geschlossen. Das Restwasser der Wiesent wird über einen Düker unter der Flutmulde hindurch nach Süden zum Pumpwerk Wörthhof geleitet. Ohne entsprechende Maßnahme ist dies nicht mehr möglich, so dass sowohl in der Flutmulde wie auch in der Wiesent von der Donau zurückgestaut wird. Dies wirkt sich in einem Grundwasseranstieg in Oberachdorf aus.

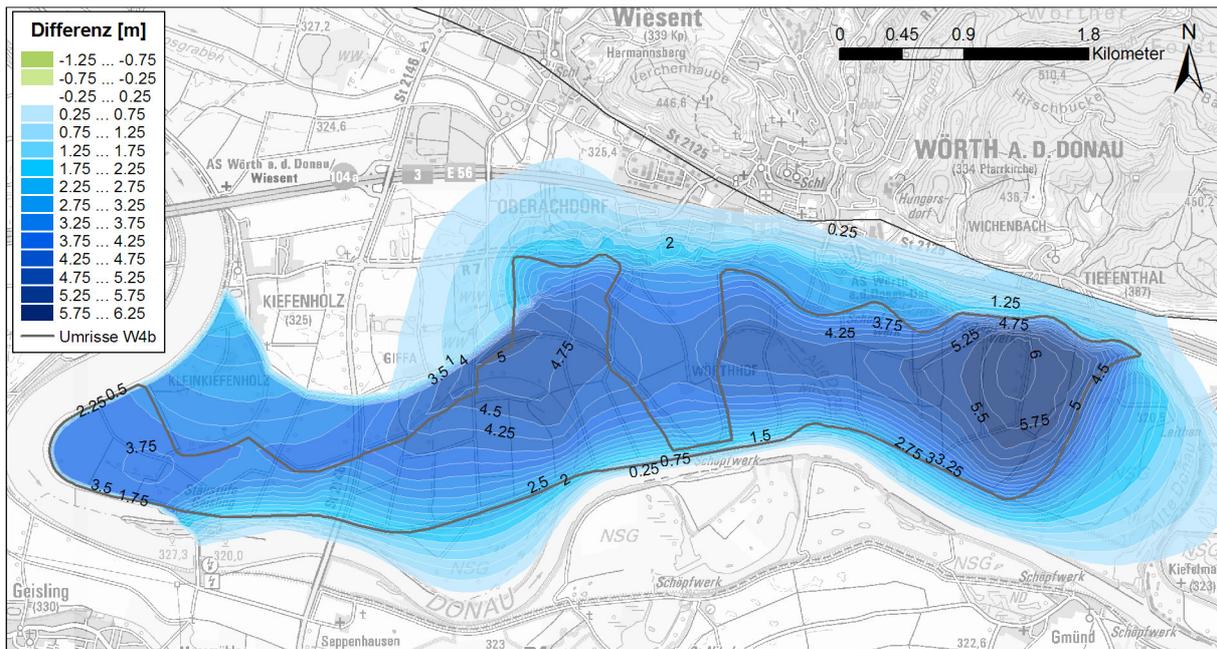


Abbildung 42: Variante W4b ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung (positiv: Anstieg, negativ: Absenkung).

Entwässerung Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante W4b des Flutpolders Wörthhof folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal südlich von Kleinkiefenholtz zwischen Donau und Sichelsee mit Ableitung in den Sichelsee.

- Verlängerung der Ableitung des Sichelsees entlang der Nord-westgrenze des geplanten Polders bis zur Flutmulde der Wiesent, mit Schöpfwerk in die Flutmulde.
- Verlängerung der beiden bestehenden Drainagekanäle westlich und östlich des Wörthhofs, neuer Düker bis zum Schöpfwerk Wörthhof.
- Verlängerung der Wiesent bis zum Schöpfwerk Osterbach zum Schutz der Kläranlage Wörth
- Verbesserung der Drainagewirkung der Wiesent im Bereich der Ortslage Oberachdorf, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.

Zusätzliche Massnahmen

Trotz der angeordneten Binnenentwässerung steigt der Grundwasserstand beim Wörthhof und in Kleinkiefenholz gegenüber dem Bezugszustand immer noch stark an. Dort müssen zusätzlich Dichtwände vorgesehen werden. Alternativ dazu kann in Kleinkiefenholz auch eine Grundwasserpumpe eingesetzt werden.

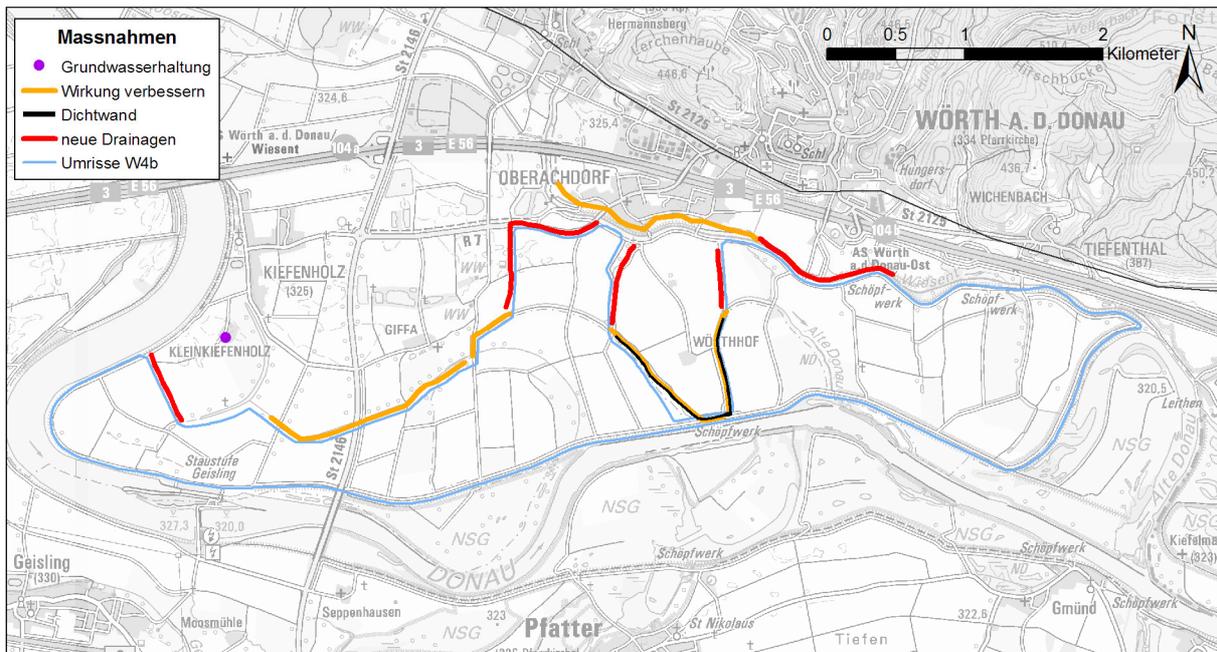


Abbildung 43: Variante W4b: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

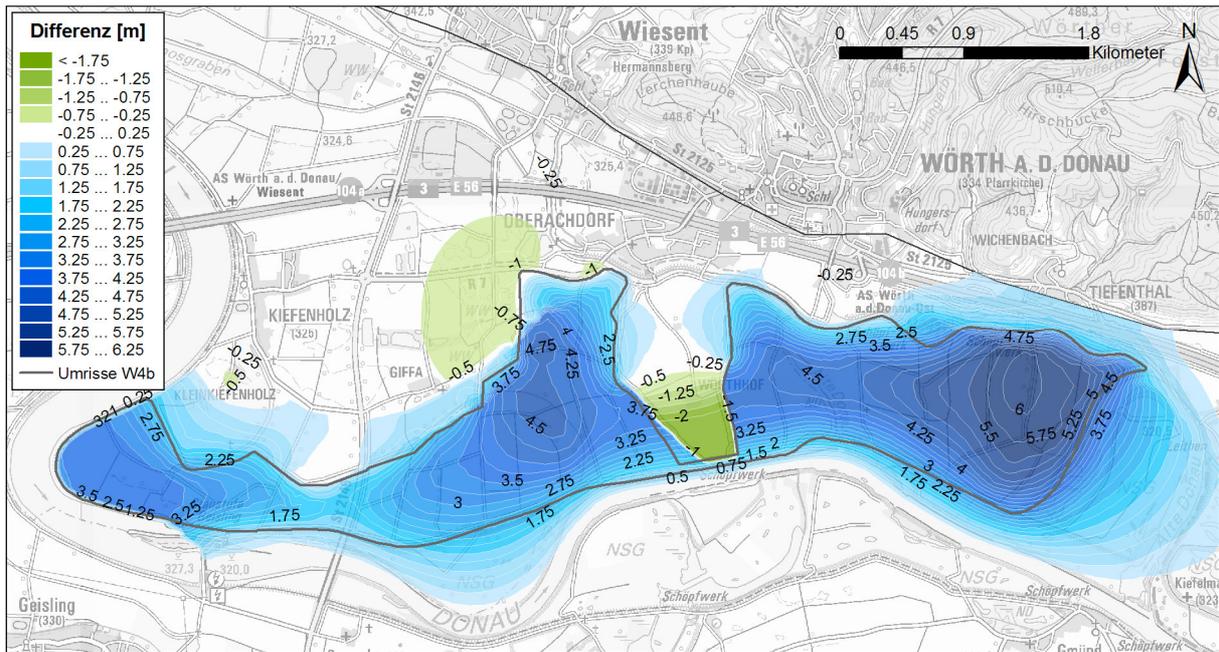


Abbildung 44: Variante W4b mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

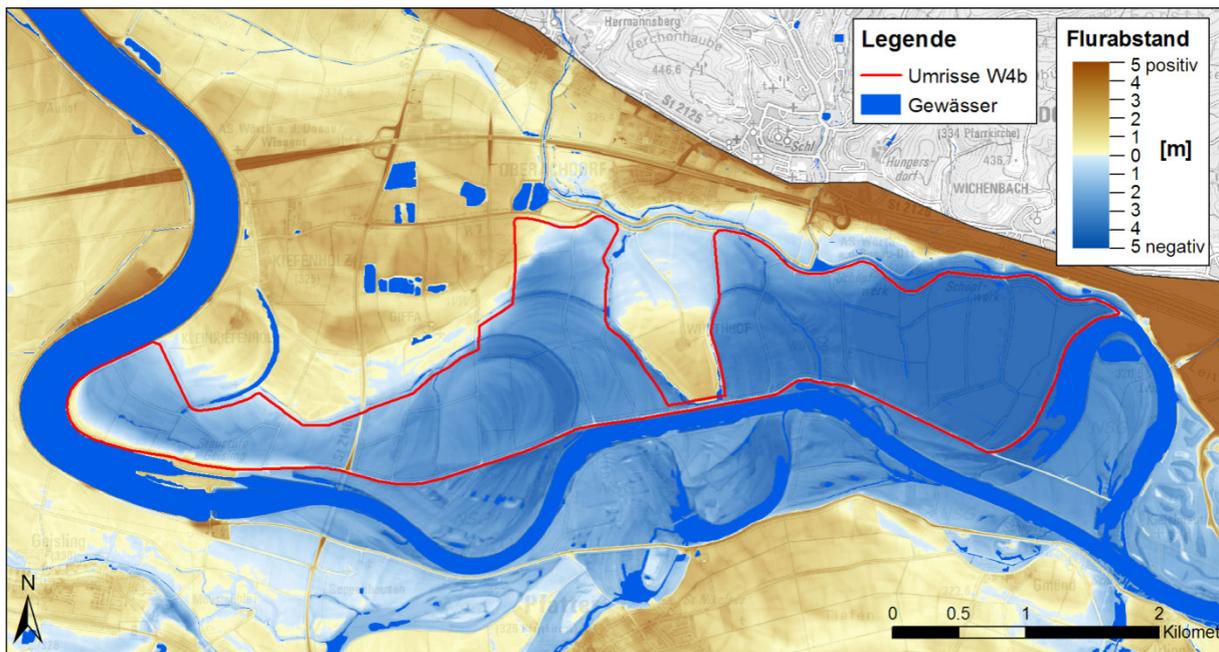


Abbildung 45: Variante W4b mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpotentials bei Polderfüllung.

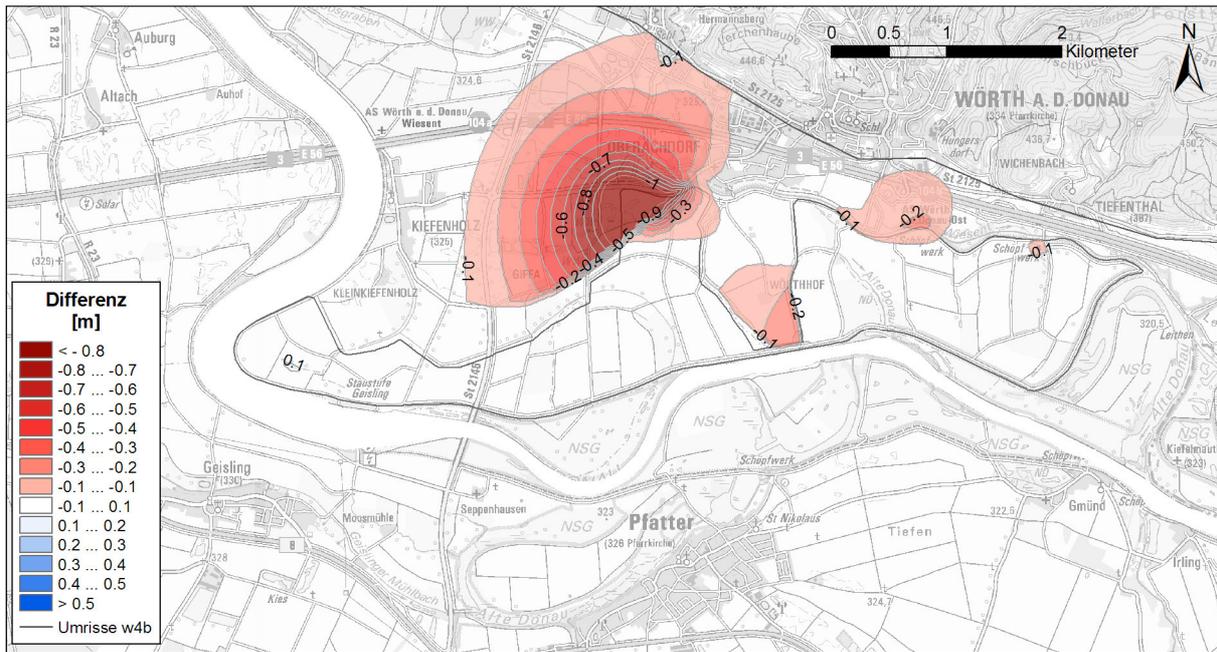


Abbildung 46: Variante W4b: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

Machbarkeit

Die Berechnungen mit dem Grundwassermodell zeigen, dass der Anstieg der Grundwasserstände in den Ortslagen von Kiefenholz, Oberachdorf und Wörth durch die vorgeschlagenen Abhilfemaßnahmen verhindert werden kann. Auch die Weiler Kleinkiefenholz, Giffa und Wörthhof können geschützt werden. In der Ortslage Tiefenthal steigt der Grundwasserstand zwar geringfügig an, die Flurabstände sind dort jedoch ausreichend groß.

Mittlere Verhältnisse

Abbildung 46 zeigt die Auswirkungen der Massnahmen bei mittleren Verhältnissen. Da sich die Polderumrisse bei Oberachdorf über die Terrassengrenze bis in die Niederterrasse hinauf ausdehnen, muss der Entwässerungsgraben sehr tief unter die Geländeoberfläche gelegt werden, wenn er in Richtung der Flutmulde entwässern soll. Dadurch wird der Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen ebenfalls abgesenkt.

Die prognostizierte Absenkung kann durch Anordnung eines Siels verhindert werden. Der Wasserspiegel in der Binnenentwässerung würde sich bei geschlossenem Siel bis auf der Höhe des Grundwasserstands stauen und diesen kaum mehr beeinflussen.

5.3.2 Variante W6a

Kurzbeschreibung

Bei der Variante W6a wird der Sichelsee durch den Deich in zwei Teile unterteilt. Die Deichführung ist getreckter als bei der Variante W4b. Der Wörthhof wird abgesiedelt. Die Füllhöhe beträgt 324,8 mNN:

Auswirkungen

Wie bei Variante W4b wird auch bei Variante W6a die Entwässerung der Gebiete nördlich des Polderdeiches über das Schöpfwerk Wörth-

hof durch die Polderfüllung verhindert. Bei einer Polderfüllung führt die Variante W6a ohne Gegenmaßnahmen zu einem Anstieg des Grundwasserstandes in der gesamten Auestufe nördlich der Donau. Da die Füllhöhe kleiner ist als bei Variante W4b ist der Grundwasseranstieg entsprechend kleiner.

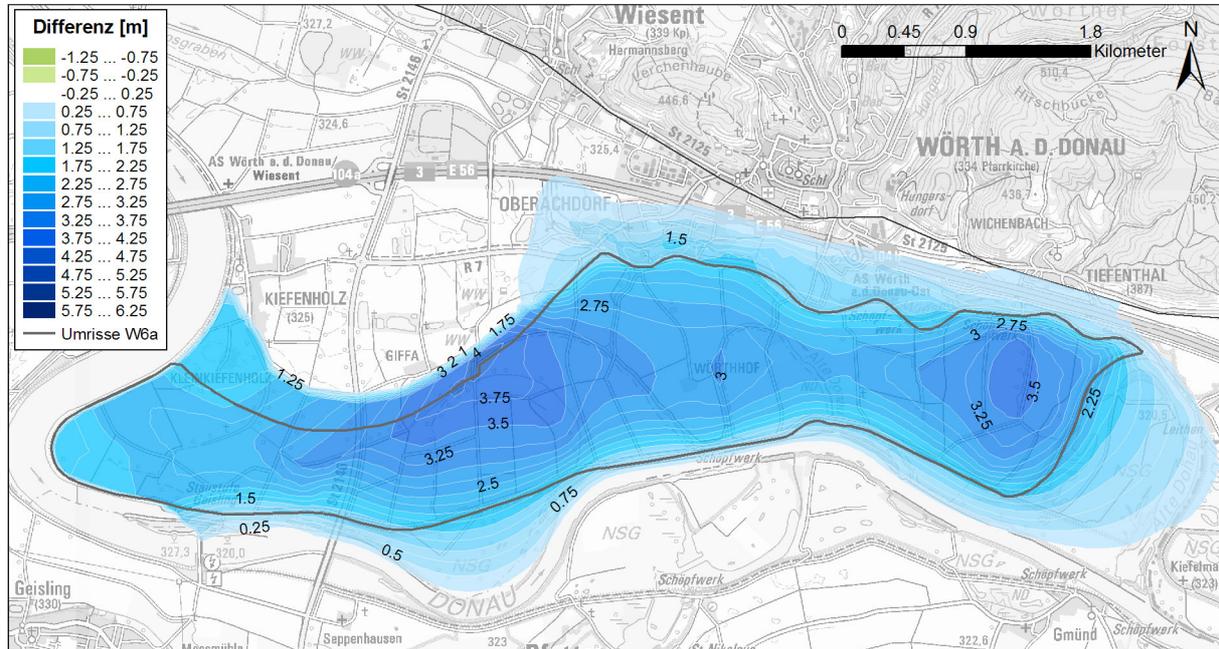


Abbildung 47: Variante W6a ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Massnahmen

Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante W6a des Flutpolders Wörthhof folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal südlich von Kleinkiefenholz zwischen Donau und Sichelsee mit Ableitung in den Sichelsee.
- Drainagekanal zwischen Sichelsee und Flutmulde mit Schöpfwerk bei der Flutmulde.
- Verlängerung der Wiesent bis zum Schöpfwerk Osterbach zum Schutz der Kläranlage Wörth
- Verbesserung der Drainagewirkung der Wiesent im Bereich der Ortslage Oberachdorf, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.

Machbarkeit

Mit den angeordneten Massnahmen kann der Anstieg des Grundwasserstandes in den Ortslagen Kiefenholz, Oberachdorf und dem Weiler Giffa verhindert werden. Für den Weiler Kleinkiefenholz wird noch ein Anstieg von etwa 50 cm prognostiziert. Falls notwendig, kann der Grundwasserstand dort mit einer Grundwasserpumpe kontrolliert werden.

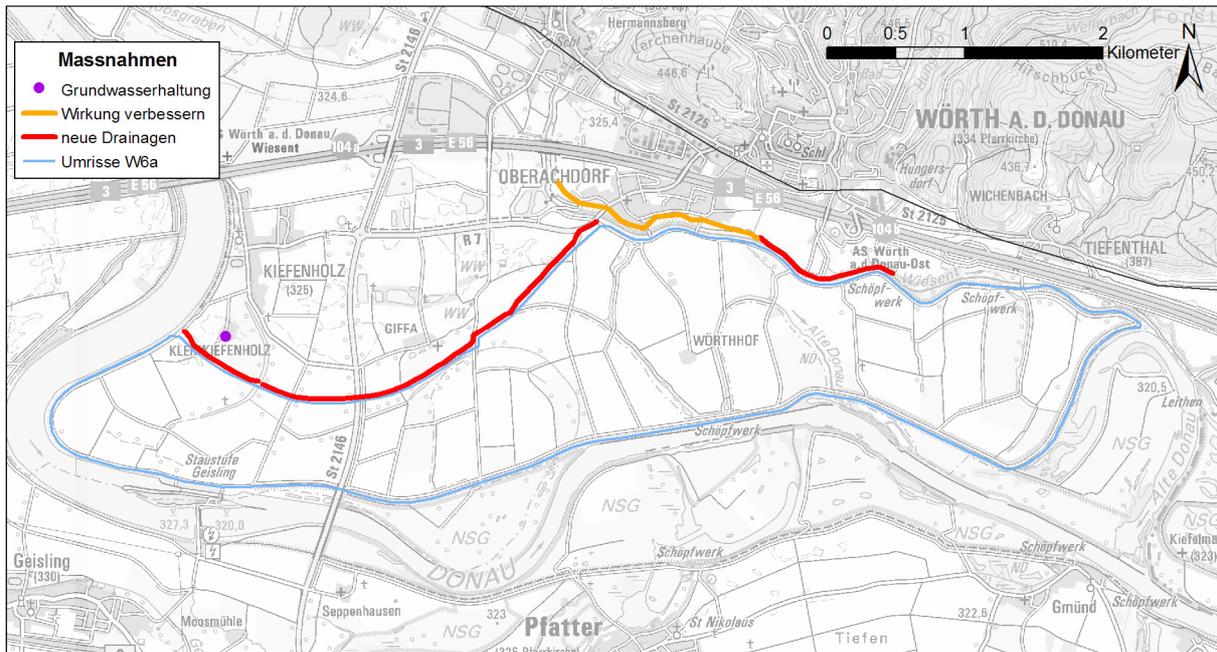


Abbildung 48: Variante W6a: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

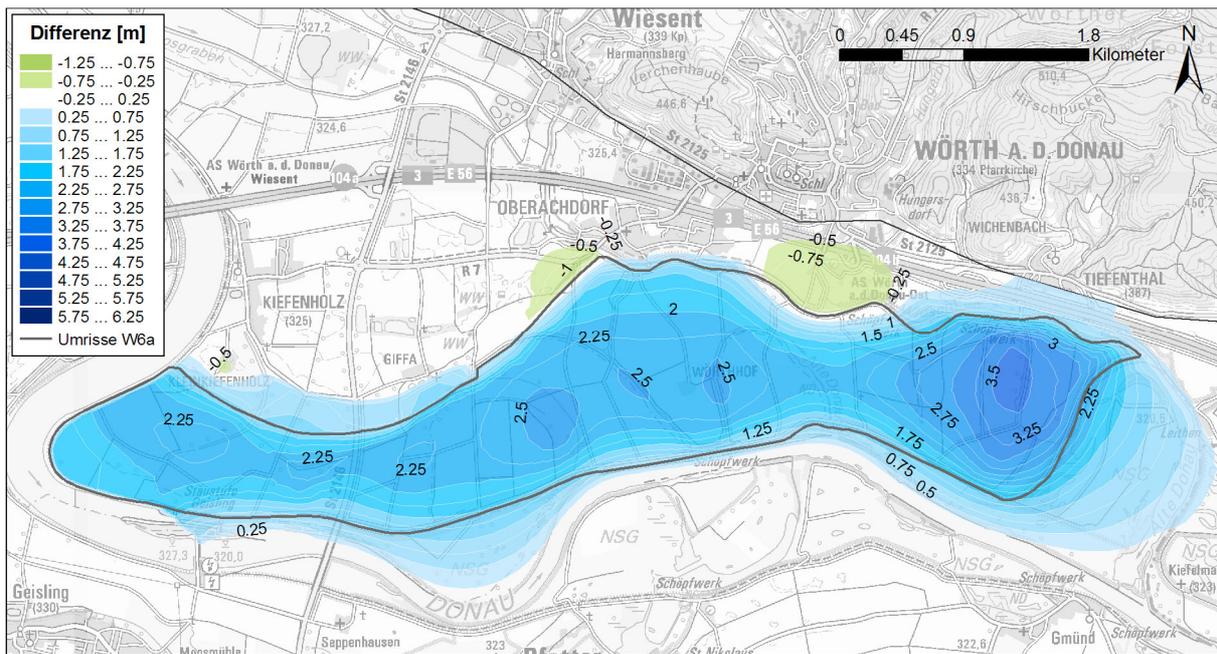


Abbildung 49: Variante W6a mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

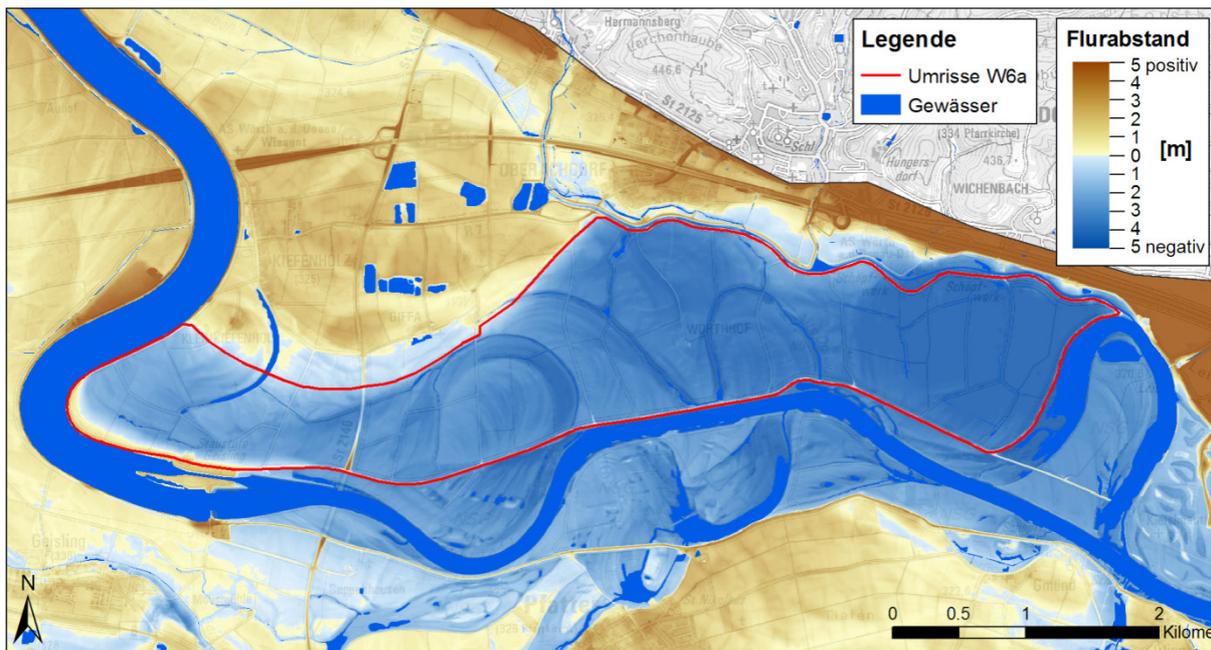


Abbildung 50: Variante W6a mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwasserpotentials bei Polderfüllung.



Abbildung 51: Variante W6a: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

Mittlere Verhältnisse Bei mittleren Verhältnissen wird in Folge der neu angelegten Binnenentwässerung bei Oberachdorf eine lokal begrenzte Absenkung des Grundwasserstands prognostiziert. Durch die Anordnung eines Siels kann die Absenkung verhindert werden.

5.3.3 Variante W6b

Kurzbeschreibung Die Variante W6b entspricht in der Geometrie der Variante W6a, Die Füllhöhe beträgt jedoch 327 mNN.

Auswirkungen Wie bei Variante W6a wird auch bei Variante W6b die Entwässerung der Gebiete nördlich des Polderdeiches über das Schöpfwerk Wörthhof durch die Polderfüllung verhindert. Bei einer Polderfüllung führt die Variante W6b ohne Gegenmaßnahmen zu einem Anstieg des Grundwasserstandes in der gesamten Auestufe nördlich der Donau.

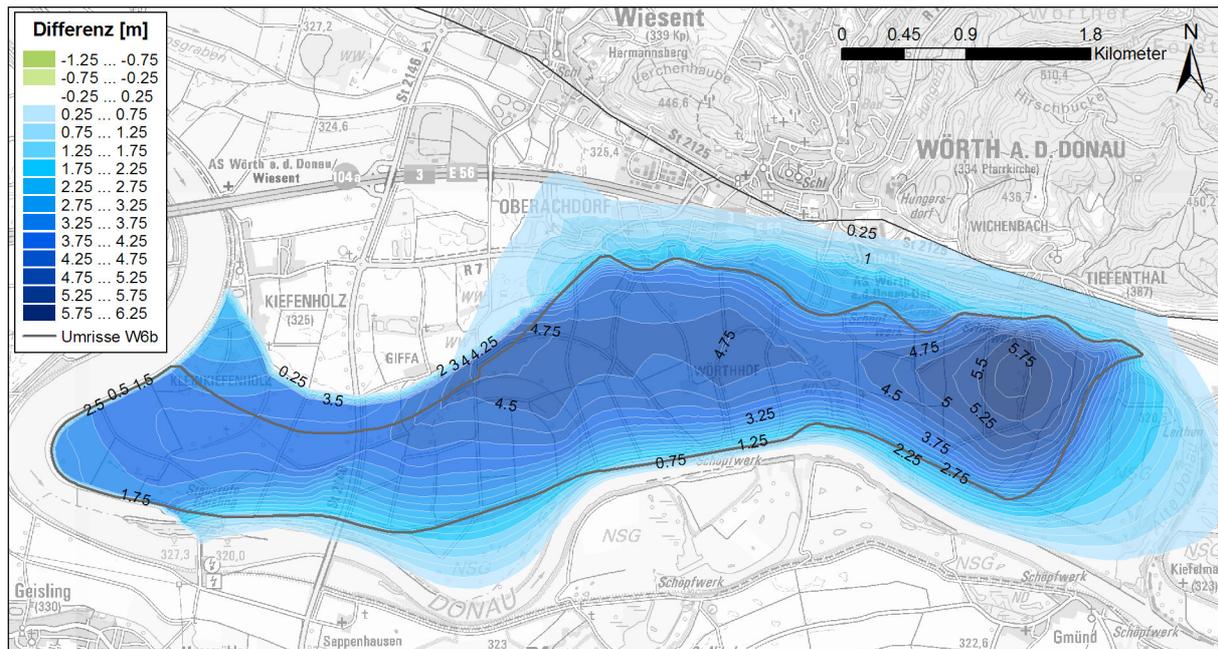


Abbildung 52: Variante W6b ohne Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Entwässerung Zur Kontrolle der Grundwasserstände sind bei der Variante W6b des Flutpolders Wörthhof folgende Entwässerungsmaßnahmen erforderlich:

- Drainagekanal südlich von Kleinkiefenholtz zwischen Donau und Sichelsee mit Ableitung in den Sichelsee.
- Drainagekanal zwischen Sichelsee und Flutmulde mit Schöpfwerk bei der Flutmulde.
- Verlängerung der Wiesent bis zum Schöpfwerk Osterbach zum Schutz der Kläranlage Wörth
- Verbesserung der Drainagewirkung der Wiesent im Bereich der Ortslage Oberachdorf, zum Beispiel durch Abteufen von Kiespfählen.

Zusätzliche Massnahmen Trotz der angeordneten Binnenentwässerung steigt der Grundwasserstand bei Kleinkiefenholtz und Oberachdorf gegenüber dem Bezugszustand immer noch an. Dort müssen zusätzlich Dichtwände

vorgesehen werden. Alternativ dazu kann in Kleinkiefenholz auch eine Grundwasserpumpe eingesetzt werden.

Als Alternative kann zum Schutz von Oberachdorf auch eine Absper- rung der Flutmulde beim Siel Oberachdorf in Betracht gezogen werden. Dadurch würde ein Rückstau aus der Donau verhindert. Der Abfluss der Wiesent müsste dann jedoch während der Füllzeit des Polders mit einem Schöpfwerk über die Absper- rung geführt werden.

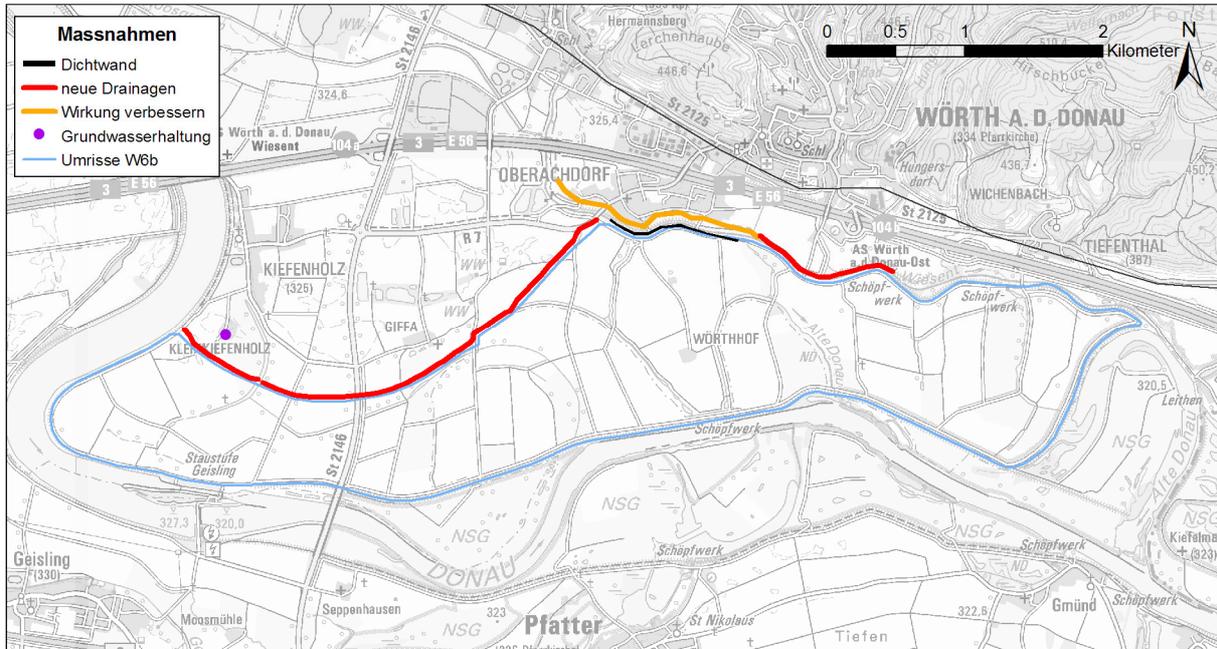


Abbildung 53: Variante W6b: Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands

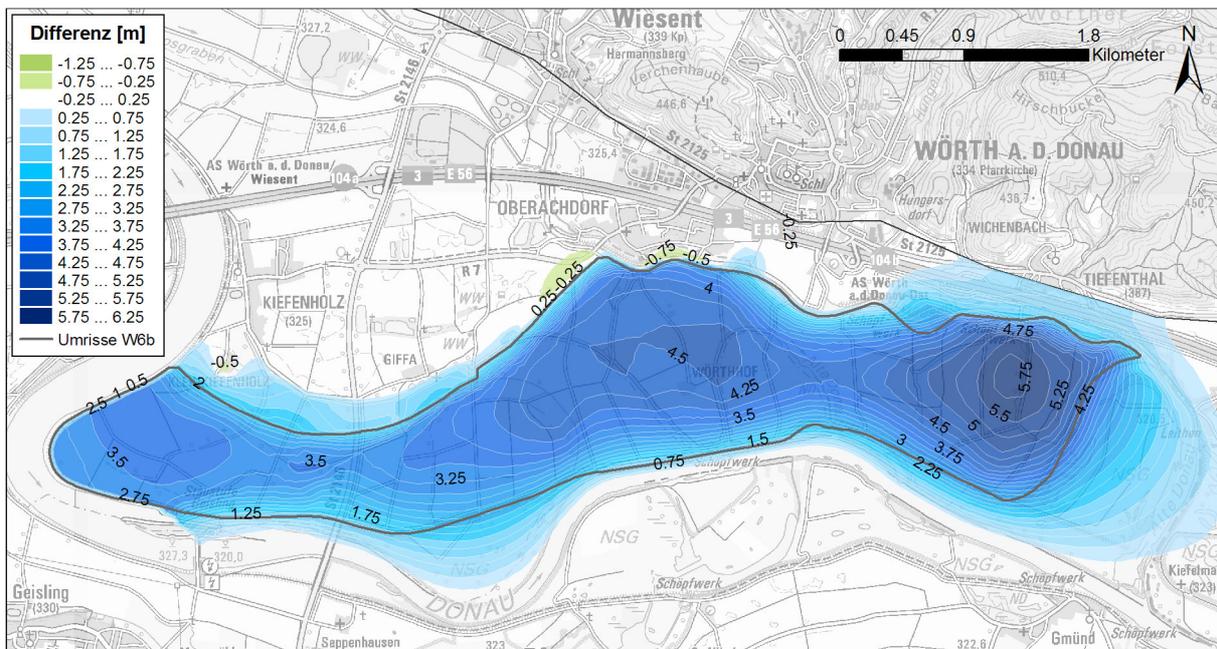


Abbildung 54: Variante W6b mit Massnahmen: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Machbarkeit Mit den angeordneten Massnahmen kann der Anstieg des Grundwasserstandes in den Ortslagen Kiefenholz, Oberachdorf und dem Weiler Giffa verhindert werden.

Mittlere Verhältnisse Bei mittleren Verhältnissen wird in Folge der neu angelegten Binnenentwässerung bei Oberachdorf eine lokal begrenzte Absenkung des Grundwasserstands prognostiziert. Durch die Anordnung eines Siels kann die Absenkung verhindert werden.

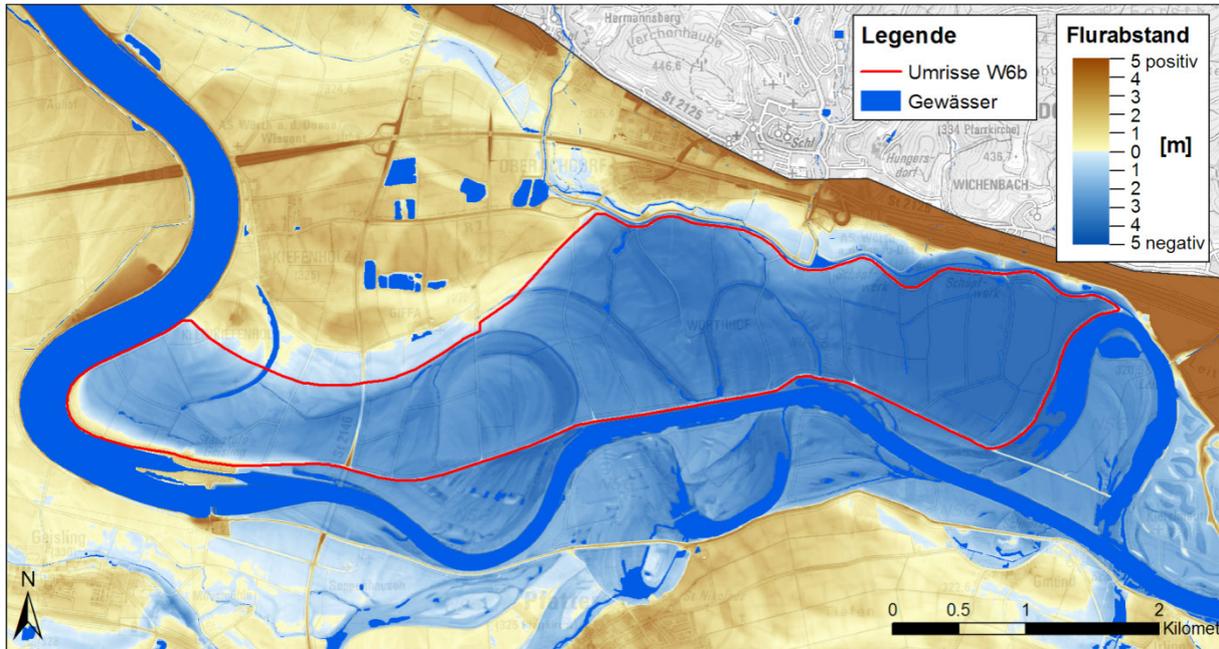


Abbildung 55: Variante W6b mit Massnahmen: Minimaler Flurabstand des Grundwaterpotentials bei Polderfüllung.

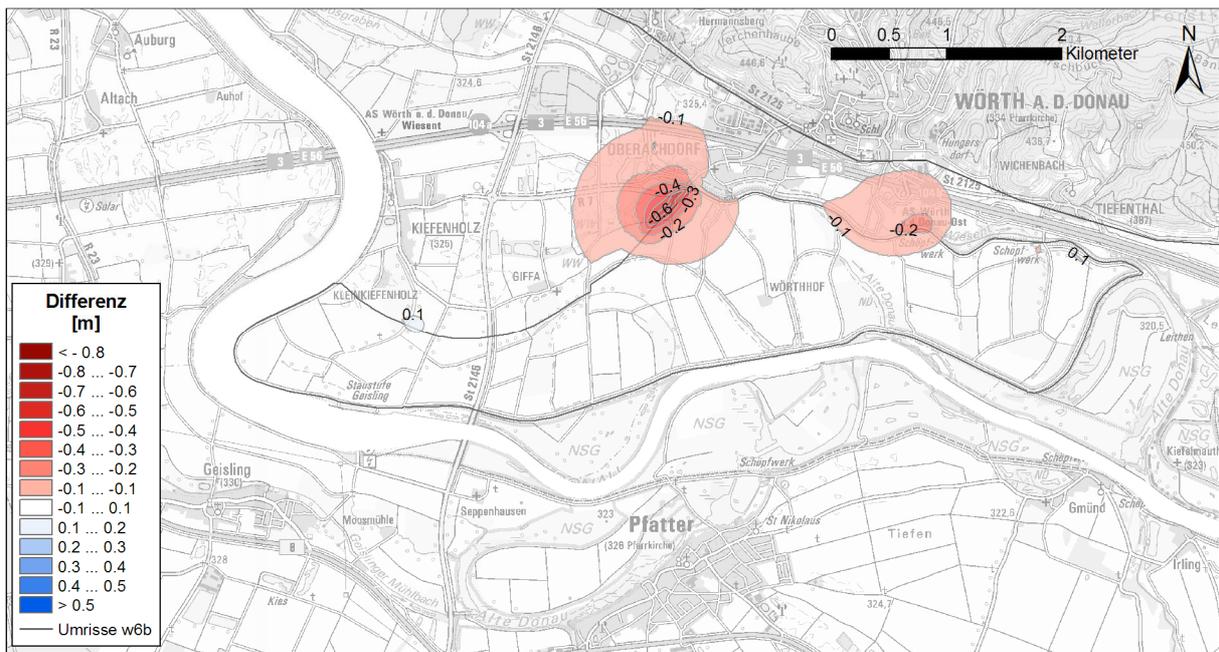


Abbildung 56: Variante W6b: Auswirkungen der Massnahmen auf den Grundwasserstand bei mittleren Verhältnissen.

5.4 Zeitlicher Verlauf des Grundwasserstandes

Darstellung

Der zeitliche Verlauf des Grundwasserstandes wird exemplarisch anhand der Varianten E1a und W6b dargestellt. Dabei werden jeweils die Wasserstände der Polderfüllung zusammen mit den Grundwasserständen gezeigt. Um örtliche Unterschiede aufzuzeigen, wurden jeweils 3 Punkte innerhalb und 3 Punkte ausserhalb der Polder ausgewählt (siehe Abbildung 57).

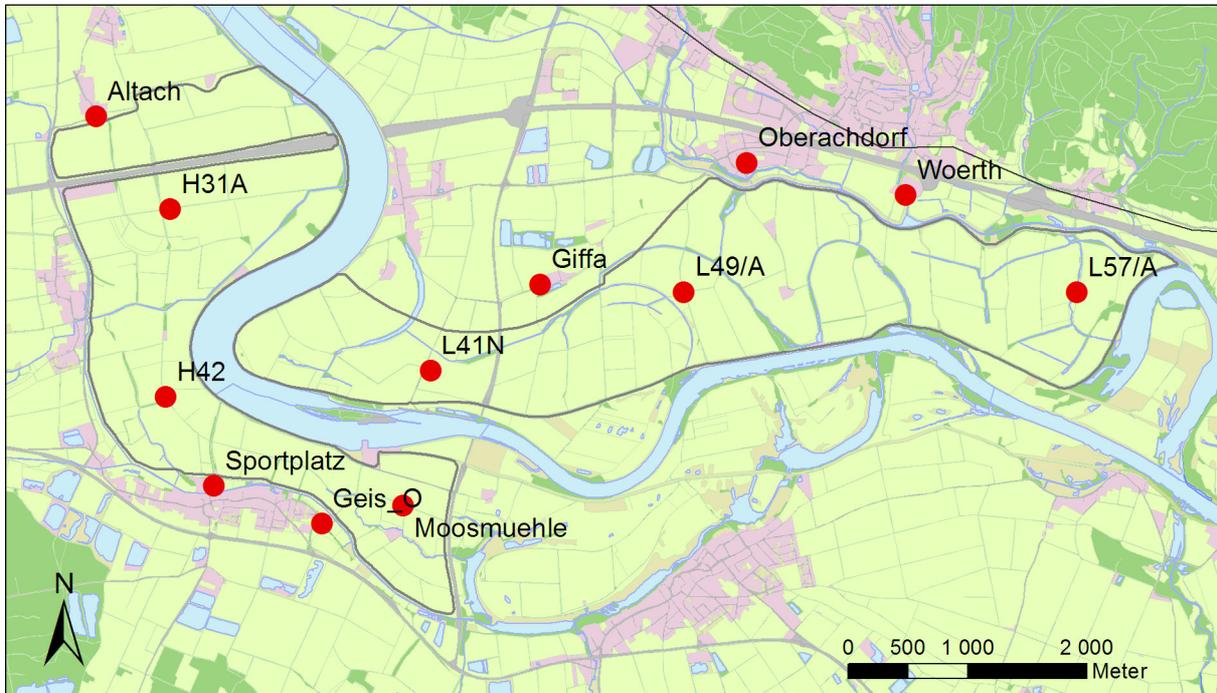


Abbildung 57: Punkte, an denen der zeitliche Verlauf des Grundwasserspiegels dargestellt wird.

Innerhalb Polder Eltheim

In Abbildung 58 bis Abbildung 60 sind die Ganglinien des Grundwasserstandes innerhalb des Polders Eltheim dargestellt. An den Zeiträumen vor und nach der Polderfüllung erkennt man die Höhe der Topografie an der betreffenden Stelle. Vor der Füllung des Polders weichen die Ganglinien der Variante E1a kaum von jenen des Bezugszustands ab. Die kleinen Abweichungen sind eine Folge der geplanten Binnenentwässerung resp. Verbesserung der Drainagewirkung des Geislinger Mühlbaches.

Bei Polderfüllung steigt sofort auch der Grundwasserstand an. Der Grundwasserspiegel liegt vor der Flutung bereits in der Deckschicht, weshalb er sich gespannt verhält. Bei den beiden westlichen Stellen erreicht der Grundwasserspiegel praktisch die Höhe des Polderwasserspiegels. Bei der Moosmühle ist die Deckschicht besonders mächtig. Dort wird er Anstieg durch den seitlichen Abfluss im Grundwasserleiter abgeschwächt.

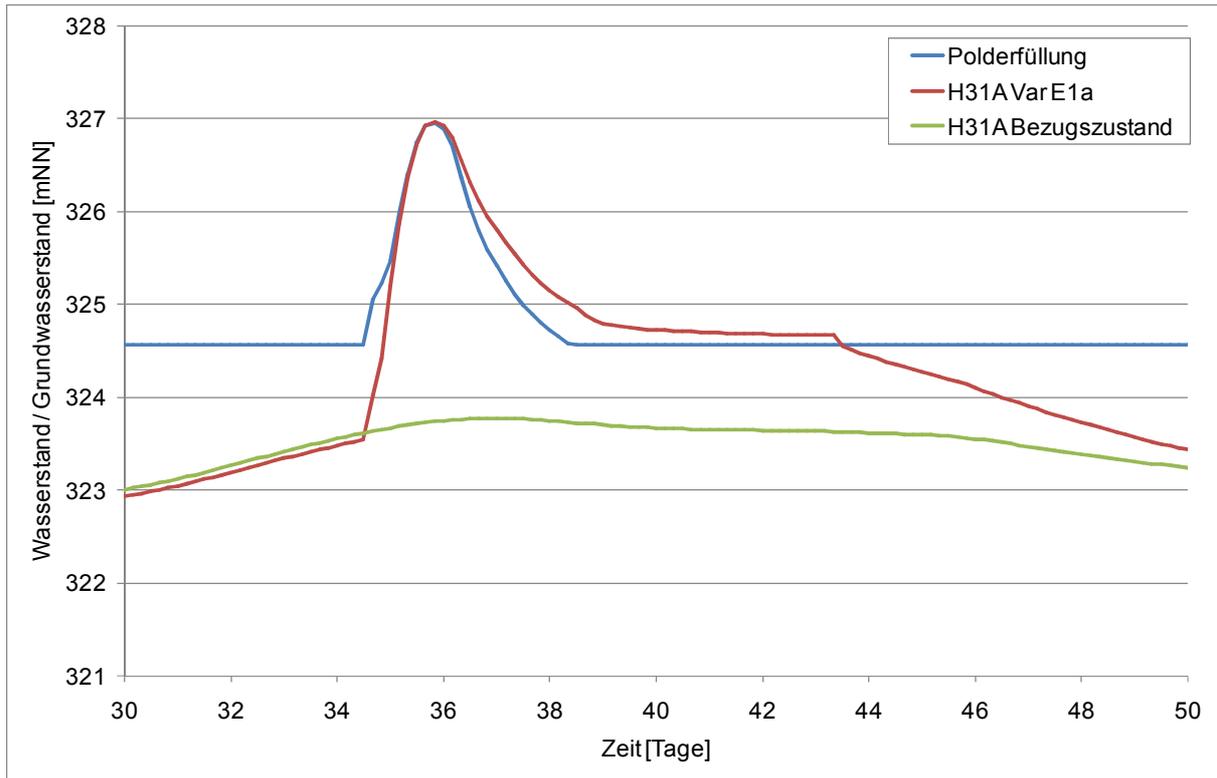


Abbildung 58: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes unterhalb der Deckschicht an der Stelle H31A mit und ohne Projekt.

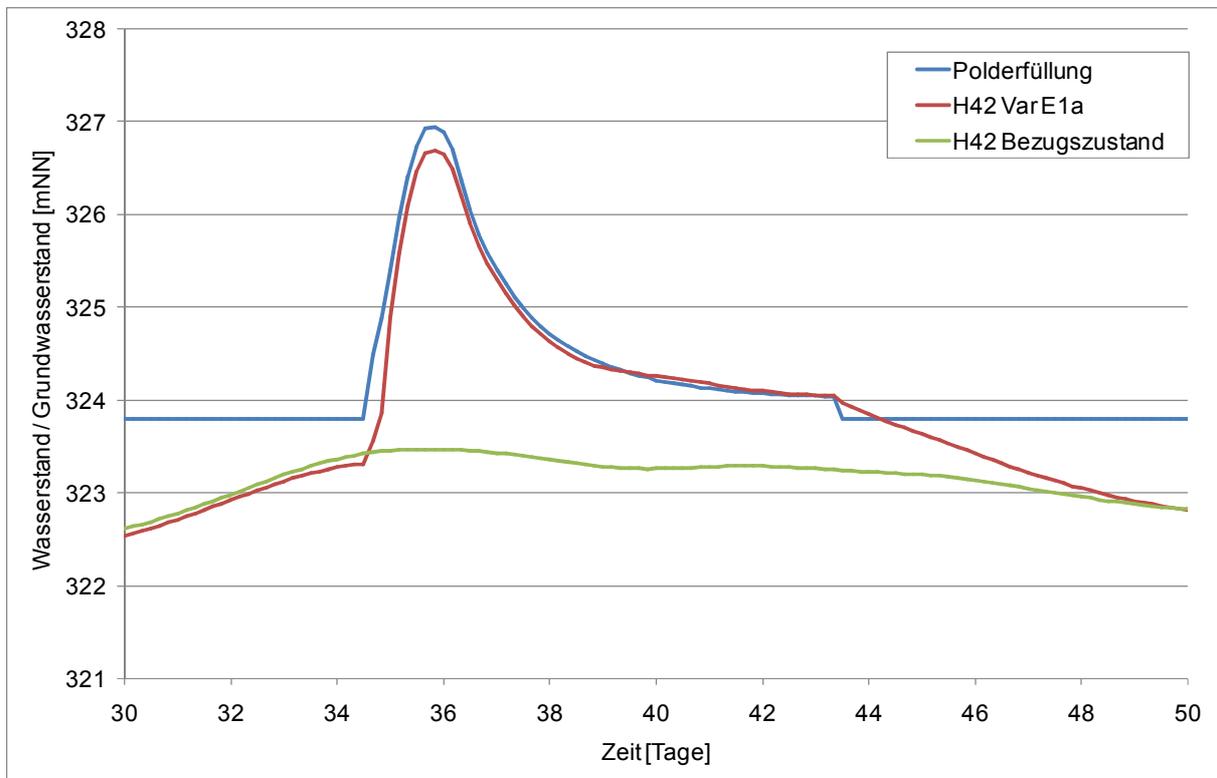


Abbildung 59: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes unterhalb der Deckschicht an der Stelle H42 mit und ohne Projekt.

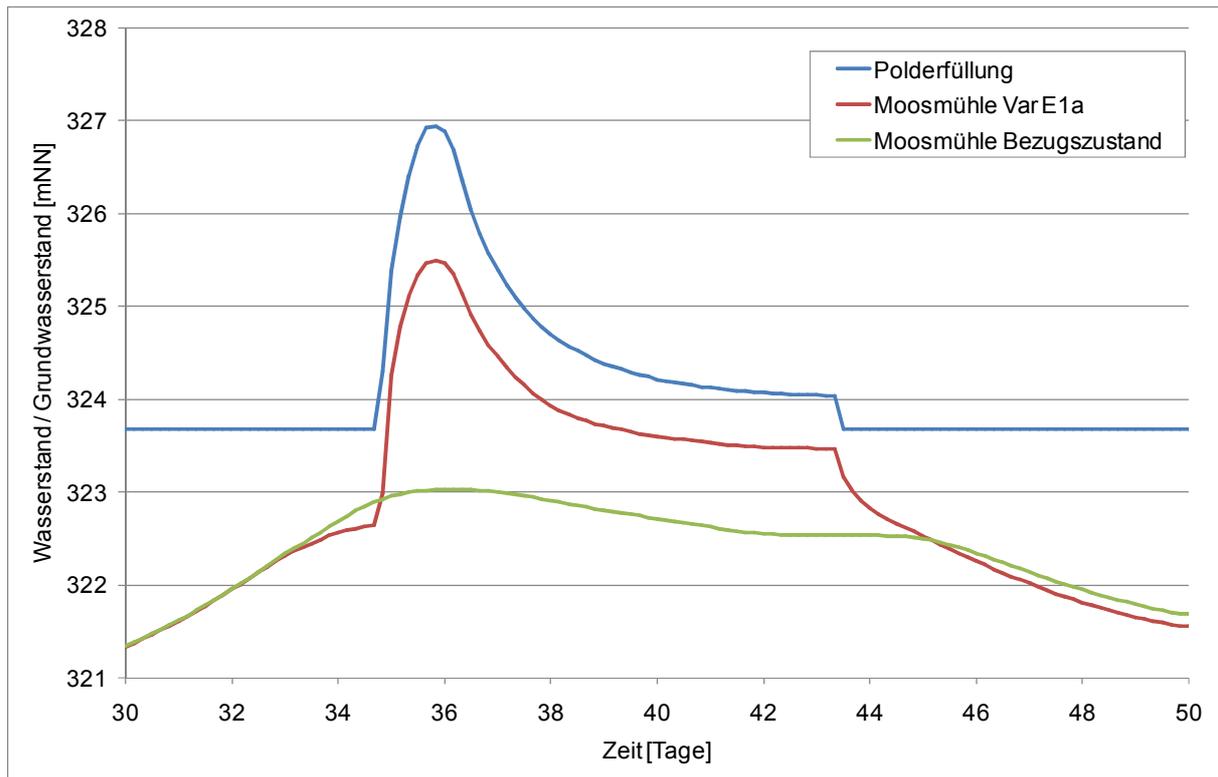


Abbildung 60: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes unterhalb der Deckschicht nördlich der Moosmühle mit und ohne Projekt.

Ausserhalb Polder Eltheim

Ausserhalb des Polders Eltheim ist die Reaktion des Grundwasserspiegels auf die Polderfüllung abhängig vom betrachteten Ort. Es wurden drei typische Stellen für die Darstellung ausgesucht. Altach liegt nördlich des Polders, der Sportplatz liegt zwischen dem Polder und der Gemeinde Geisling in der Auestufe, die Messstelle Geis_O befindet sich oberhalb der Terrassenkante östlich von Geisling.

Altach

Das Terrain befindet sich bei Altach etwa auf einer Höhe von 325 mNN. Der Grundwasserspiegel steigt weder im Bezugszustand noch im Fall der Polderflutung bis zum Terrain an (Abbildung 61). Dies ist eine Folge der vorhandenen Drainage, welche bei der Variante E1a zusätzlich noch verbessert wird.

Sportplatz

Der Sportplatz liegt am Geislinger Mühlbach auf einer Höhe von ca. 423.4 mNN. Da der Geislinger Mühlbach im zugrunde gelegten Zeitraum bereits vor dem Donauhochwasser einen hohen Abfluss aufweist, steigt der Grundwasserspiegel beim Sportplatz bereits vor Polderfüllung an (Abbildung 62). Wird der Polder nicht geflutet, sinkt er langsam wieder ab. Bei Polderfüllung steigt er nochmals an und übersteigt jenen des Bezugszustands leicht. Im Projekt E1a ist zusätzlich zum Mühlbach eine Drainage zwischen Sportplatz und Polder vorgesehen. Diese begrenzt den Grundwasseranstieg bereits beim Hochwasser des Geislinger Mühlbachs und verhindert einen grösseren Anstieg während der Polderfüllung. Die Darstellung zeigt die Notwendigkeit auf, den Abfluss des Geislinger Mühlbachs während der Polderfüllung mit einem Schöpfwerk zu begrenzen.

Geislingen Ost

Die Geländehöhe befindet sich östlich von Geisling oberhalb der Terrassenkante auf einer Höhe von 325.2 mNN. Die Poldersohle liegt mit 322.8 mNN deutlich tiefer. Oberhalb der Terrassengrenze steigt der Grundwasserspiegel bei einem Hochwasserereignis über die Geländeoberfläche an, dies ist jedoch vor allem auf die gleichzeitig stattfindenden Niederschläge zurückzuführen. Die Polderfüllung wirkt sich auf den Grundwasserspiegel nicht aus (Abbildung 63).

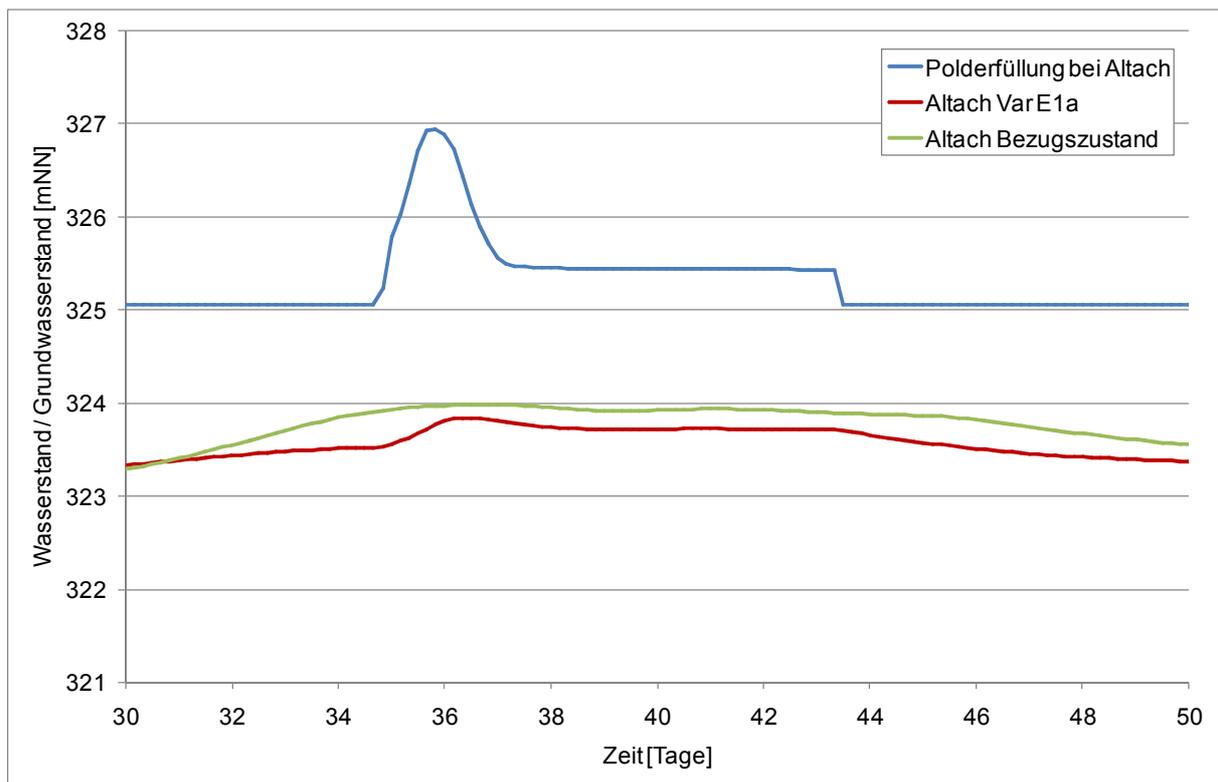


Abbildung 61:

Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes bei Altach (Grundwassermessstelle ausserhalb des Polders) mit und ohne Projekt.

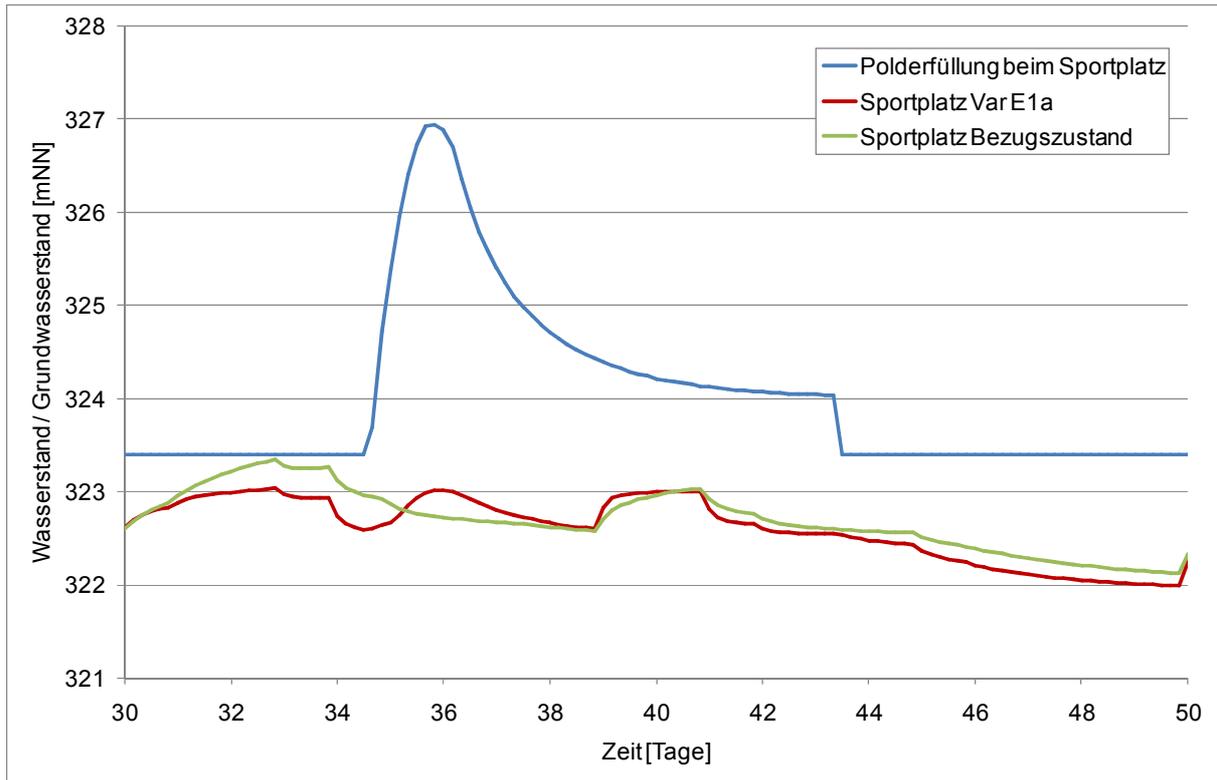


Abbildung 62: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes beim Sportplatz (Grundwassermessstelle ausserhalb des Polders) mit und ohne Projekt.

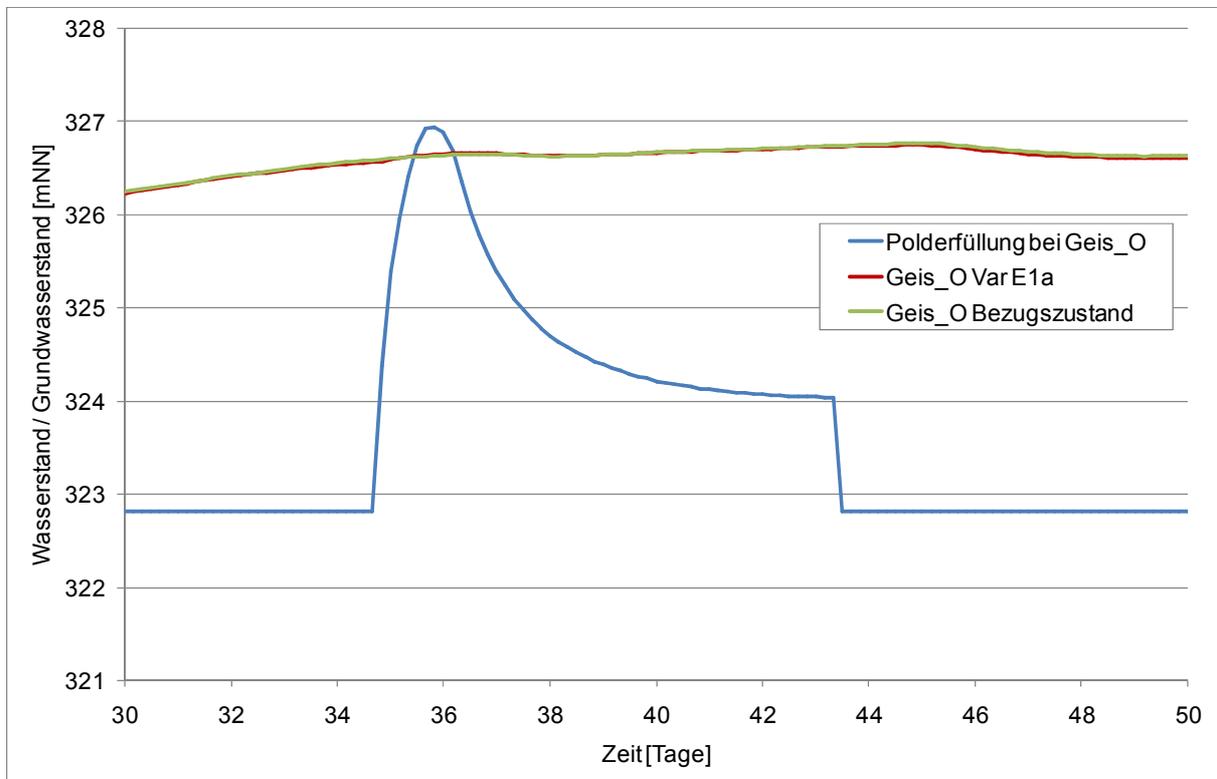


Abbildung 63: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes bei Geislingen (Grundwassermessstelle ausserhalb des Polders) mit und ohne Projekt.

Innerhalb Polder
Wörthhof

In Abbildung 64 bis Abbildung 69 sind die Ganglinien des Grundwasserstandes innerhalb des Polders Wörthhof dargestellt. An den Zeiträumen vor und nach der Polderfüllung erkennt man die Höhe der Topografie an der betreffenden Stelle. Vor der Füllung des Polders weichen die Ganglinien der Variante W6b kaum von jenen des Bezugszustands ab.

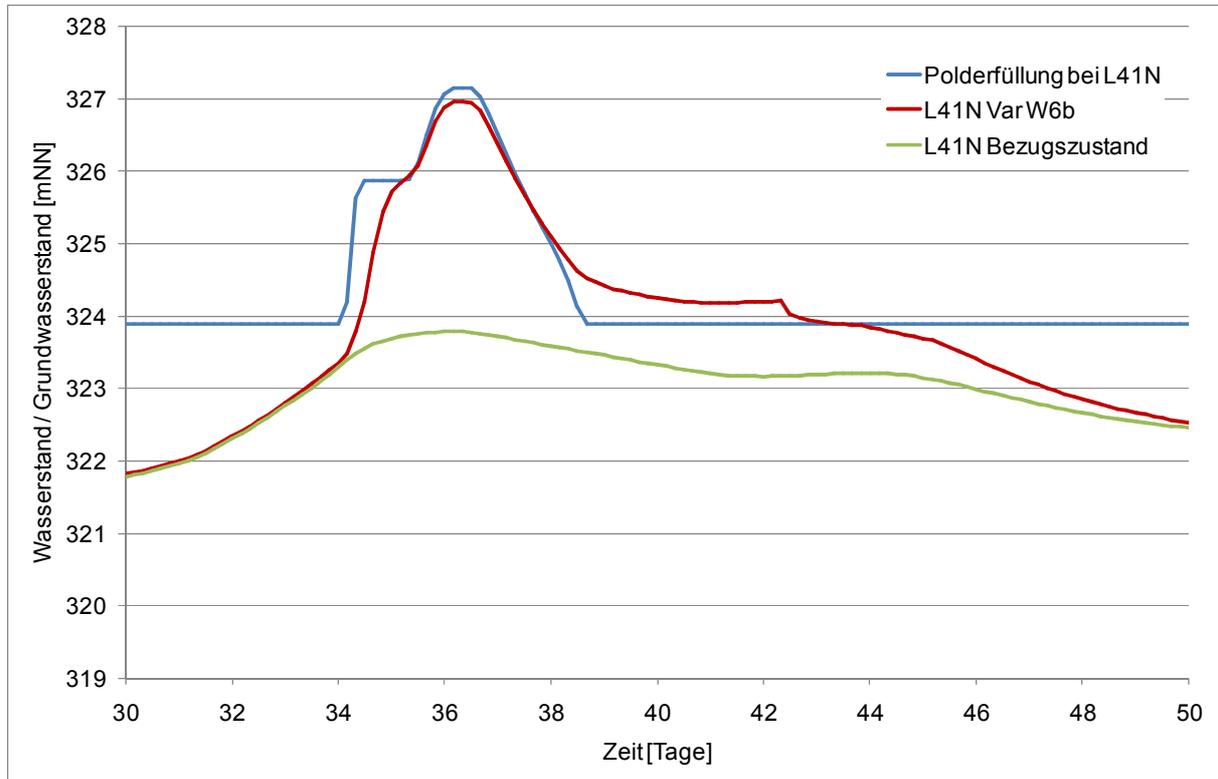


Abbildung 64: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes unterhalb der Deckschicht an der Stelle L41N mit und ohne Projekt.

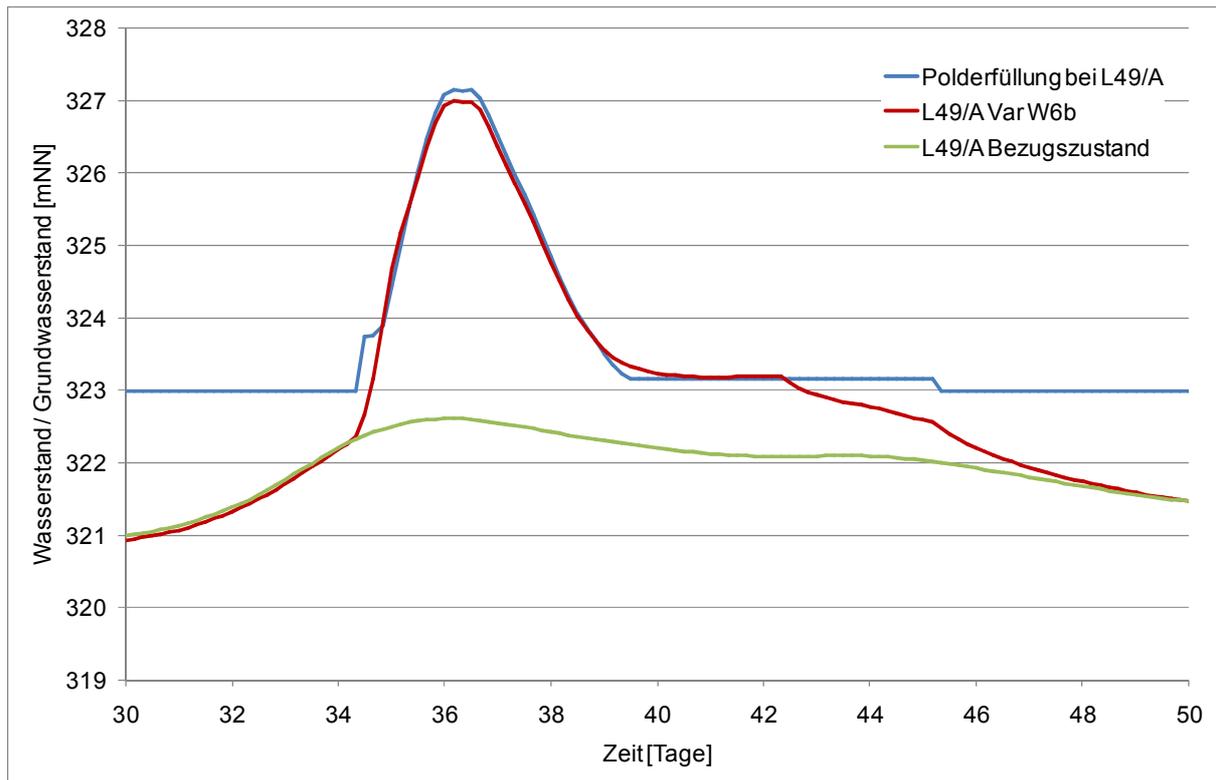


Abbildung 65: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes unterhalb der Deckschicht an der Stelle L49/A mit und ohne Projekt.

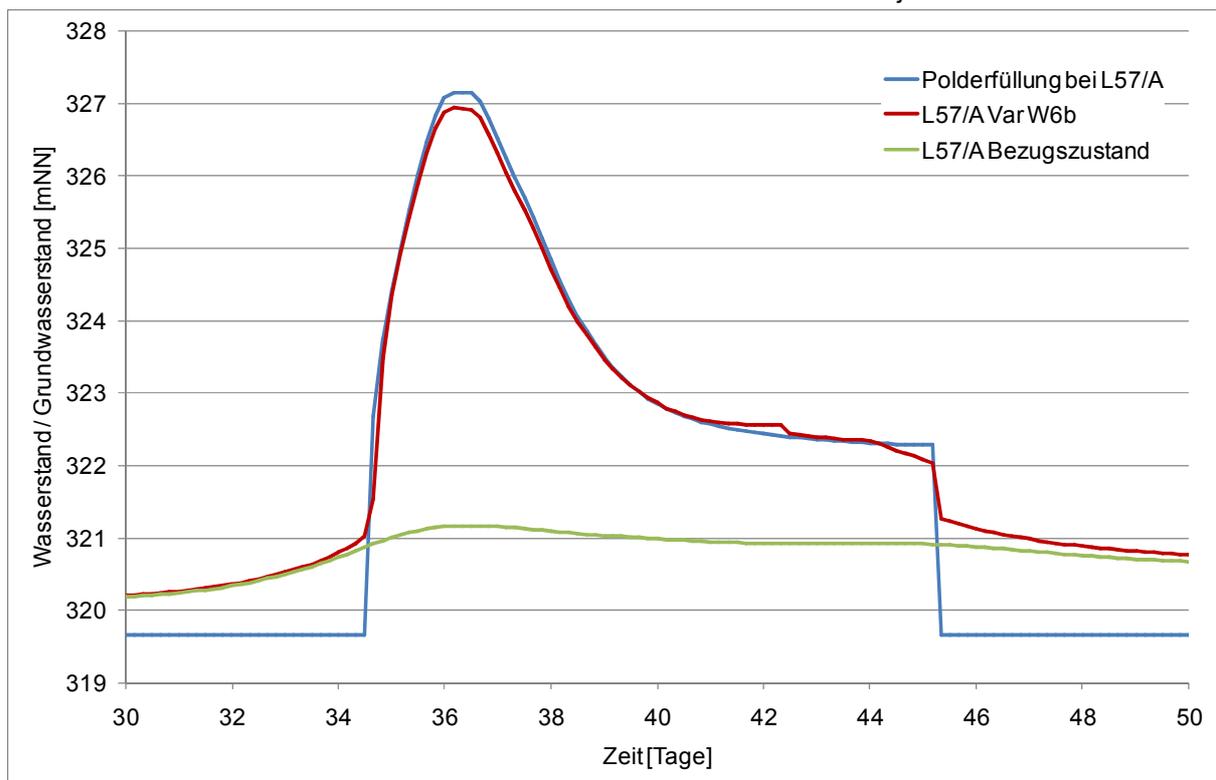


Abbildung 66: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes unterhalb der Deckschicht an der Stelle L57/A mit und ohne Projekt.

Ausserhalb Polder
Wörthhof

Ausserhalb des Polders Wörthhof ist die Reaktion des Grundwasser-
spiegels auf die Polderfüllung abhängig vom betrachteten Ort. Für die
Darstellung wurden drei typische Stellen entlang der nördlichen Flut-
polderbegrenzung ausgesucht. Giffa liegt beim westlichen Ende,
Oberachdorf in der Mitte und Wörth beim östlichen Ende des geplan-
ten Flutpolders.

Giffa

Die Messstelle Giffa liegt oberhalb der Terrassenkante auf einer Hö-
he von 324.4 mNN. Die Sohle des Flutpolders liegt an dieser Stelle
auf etwa 321.3 mNN. Die Füllung des Flutpolders bewirkt keine Ver-
änderung des Grundwasserstandes.

Oberachdorf

Bei Oberachdorf ist keine ausgeprägte Terrassenkante mehr vorhan-
den. Die Gebiete innerhalb und ausserhalb des Polders liegen auf
etwa gleicher Höhe. Durch die Drainagewirkung der angeordneten
Binnenentwässerung kann der Grundwasseranstieg bei Polderfüllung
gegenüber dem Bezugszustand leicht abgesenkt werden.

Wörth

Bei Wörth wirkt sich der Wasserstand in der Wiesent auf den Grund-
wasserstand aus. Im betrachteten Zeitraum erfolgte das Hochwasser
in der Wiesent vor dem Donauhochwasser. Durch die vorgeschlage-
ne Tieferlegung der Wiesent kann in der Variante W6b der Anstieg
des Grundwassers begrenzt werden. Während der Polderfüllung
steigt der Grundwasserstand über jenen des Bezugszustands an,
bleibt aber unter dessen Maximalwert.

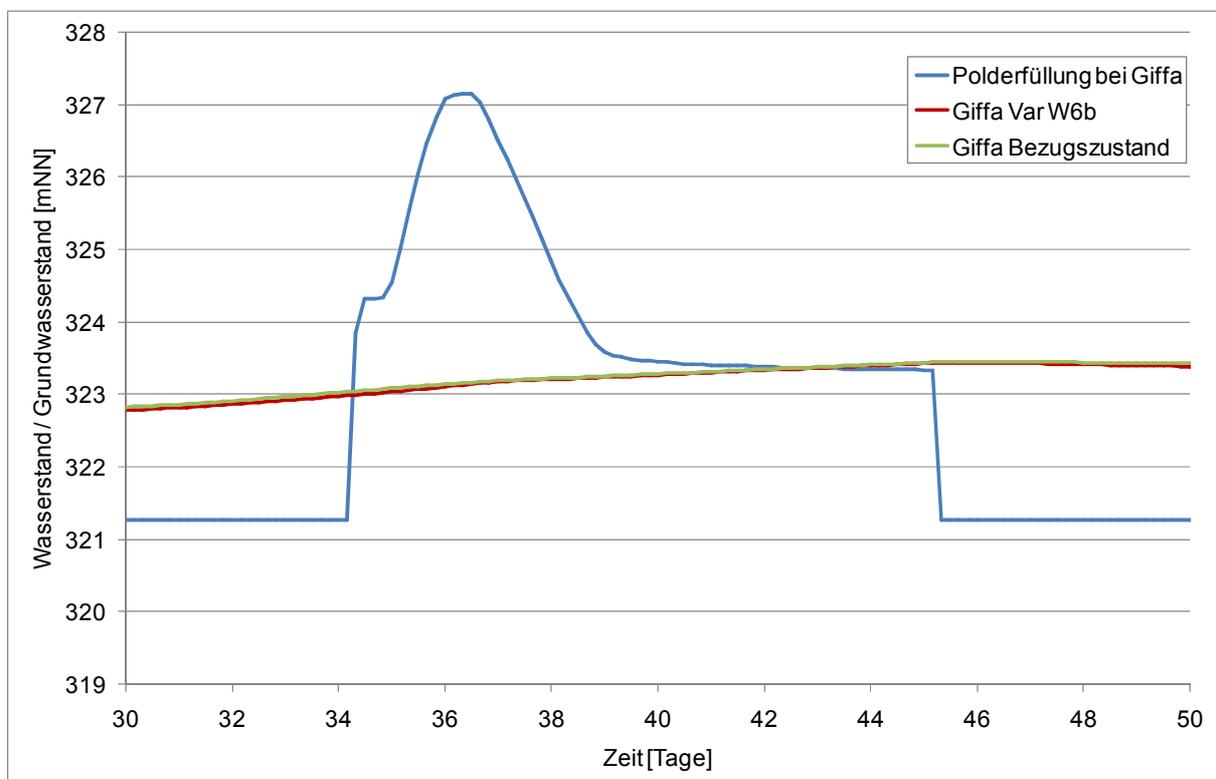


Abbildung 67:

Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes bei Giffa
(Grundwassermessstelle ausserhalb des Polders) mit und ohne Projekt.

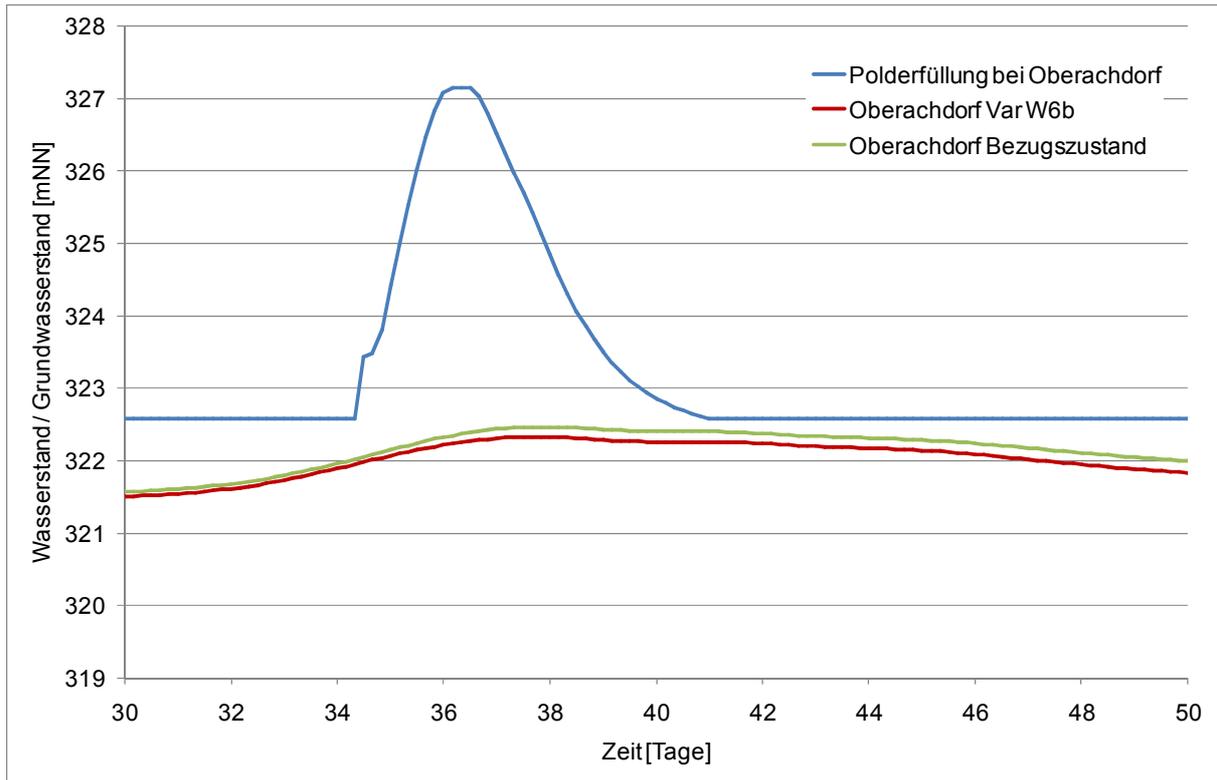


Abbildung 68: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes bei Oberachdorf (Stelle ausserhalb des Polders) mit und ohne Projekt.

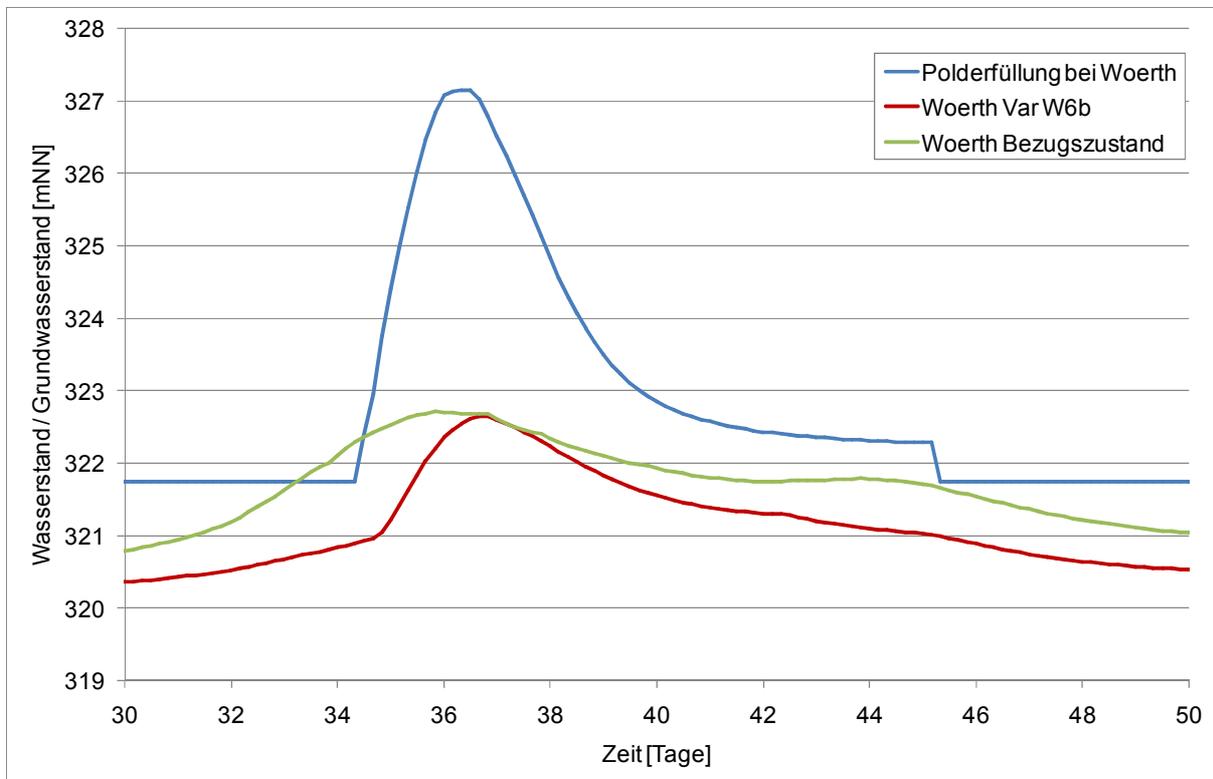


Abbildung 69: Ganglinie der Polderfüllung und des Grundwasserstandes bei Wörth (Grundwassermessstelle ausserhalb des Polders) mit und ohne Projekt.

5.5 Wasserbilanz

Drainagemengen

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der prognostizierten Drainagemengen, welche bei Polderfüllung in den vorgesehenen Drainagekanälen (inkl. Mühlbach und Eltheimer Graben) anfallen. Diese Wassermengen müssen mit Schöpfwerken entweder in den Polder oder ein Gewässer gepumpt werden. Der zeitliche Verlauf der Drainagemenge ist beispielhaft für Variante E1a in xx dargestellt. Die maximale Drainagemenge tritt während der maximalen Polderfüllung auf und sinkt bei Polderleerung schnell ab.

Fördermengen

Bei Varianten mit Sicherungsbrunnen ist in Tabelle 1 die maximale Fördermenge während des Hochwasserdurchgangs zusammengestellt. Die Förderung muss jeweils auf mehrere Brunnen verteilt werden.

Variante	Drainagemenge	Fördermenge
E1a	3,2 m ³ /s	4 200 l/min
E2a	3,3 m ³ /s	5 000 l/min
E3a	3,5 m ³ /s	4 700 l/min
E4a	3,1 m ³ /s	13 000 l/min
E5a	2,7 m ³ /s	
E6a	2,8 m ³ /s	
W4b	3,5 m ³ /s	3 500 l/min
W6a	1,0 m ³ /s	4 000 l/min
W6b	1,8 m ³ /s	6 000 l/min

Tabelle 1: Drainierte Grundwassermenge und Fördermengen der Sicherungsbrunnen

Bezugszustand

Im Bezugszustand drainiert ebenfalls Grundwasser in die Gräben innerhalb der Poldergebiete. Die im Modell ermittelte Drainagemenge beträgt für das Gebiet des Polders Eltheim (inkl. angrenzende Strecken des Mühlbachs und des Eltheimer Grabens) 0.5 m³/s, für das Gebiet des Polders Wörthhof 1 m³/s.

Qualmwasser

Ausserhalb der Flutpolder ist bei Polderfüllung mit Qualmwasser zu rechnen. Mit den vorgesehenen Drainagen wird dort allerdings der Grundwasserspiegel praktisch auf dem Niveau des Referenzzustandes gehalten, so dass keine Zunahme des Qualmwassers zu erwarten ist. Die Qualmwassermenge ist zudem im Vergleich zur Drainagemenge gering. Sie beträgt für alle Varianten weniger als 0.2 m³/s.

Die Qualmwassermengen, welche im Referenzzustand innerhalb der Flutpolder an die Oberflächen treten, müssen bei Polderflutung nicht abgeführt werden. Auf dem Gebiet des Flutpolders Wörthhof ist im Bezugszustand mit einem Qualmwasseranfall von bis zu 1.5 m³/s zu rechnen, während auf dem Gebiet des Flutpolders Eltheim kein Qualmwasser austritt.

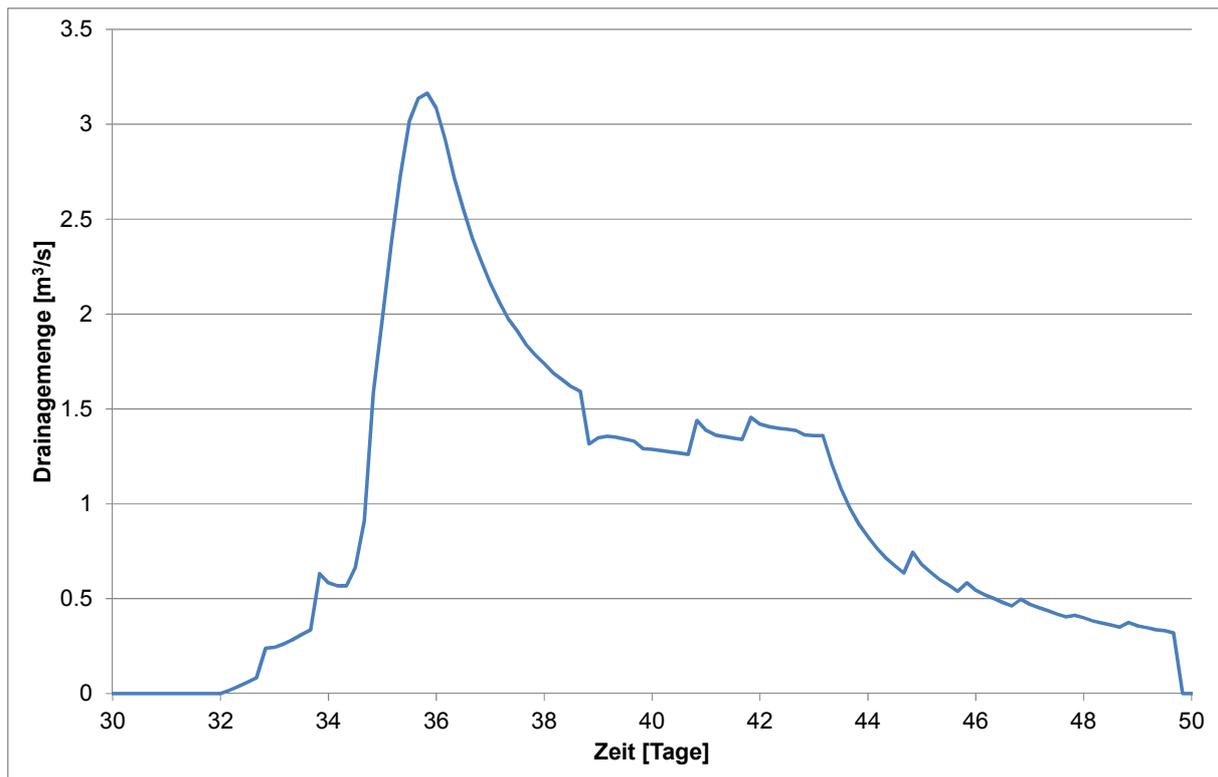


Abbildung 70: Zeitlicher Verlauf der Drainagemengen in allen Binnenentwässerungen bei der Variante E1a.

5.6 Beregnungsbrunnen

Situation	Die vorhandenen Beregnungsbrunnen stellen bei einer Flutung der Polder eine zusätzliche Verbindung vom Polderraum in den Grundwasserleiter dar. Dies wurde im Grundwassermodell durch eine vorsichtige Schätzung der Deckschichtdurchlässigkeit berücksichtigt
Massnahmen	Die Beregnungsbrunnen in den Poldergebieten können mit einfachen Deckeln abgedichtet werden. Bei gefülltem Polder werden die Deckel durch den Wasserdruck auf die Verrohrung gedrückt.

5.7 Wasserwerk Giffa

Anlass	Bei der Flutung des Polders Wörthhof in den Varianten W4b, W6a und W6b wird auch die Grundwassersituation in der Umgebung des Trinkwasserwerks Giffa beeinflusst. Mit Hilfe von Fließwegberechnungen wurde deshalb untersucht, ob durch die Polderflutung die Anströmrichtung zu den Brunnen verändert wird.
Annahmen	Für die Berechnungen wurden folgende Annahmen getroffen: <ul style="list-style-type: none"> - Durchflusswirksame Porosität: 12% - Rückwärtsverfolgung der Fließwege mit Ankunftszeit nach Durchgang des Bemessungshochwassers (HQ150) - Berechnungsdauer 50 Tage

- Massgebende Variante ist W6b

Fördermenge

Das Wasserwerk Giffa besitzt eine Bewilligung zur maximalen Entnahme von 1300 m³ Grundwasser pro Tag. Dabei ist nicht vorgeschrieben, ob diese Menge aus einem oder beiden Brunnen entnommen wird. Im ungünstigeren Fall wird die Tagesmenge aus einem einzelnen Brunnen entnommen. Die Grundwasserverhältnisse wurden deshalb einmal mit der Entnahme im westlichen Brunnen und einmal mit der Entnahme im östlichen Brunnen, jeweils für den Bezugzustand und den Zustand mit gefülltem Polder berechnet.

Resultate

Die Modellrechnungen zeigen, dass zwar kurzzeitig während der Polderflutung eine Strömungsumkehr stattfindet, die Einzugsbereiche jedoch praktisch nicht verändert werden. Das im Polderraum einsickernde Wasser gelangt nicht zu den Brunnen.

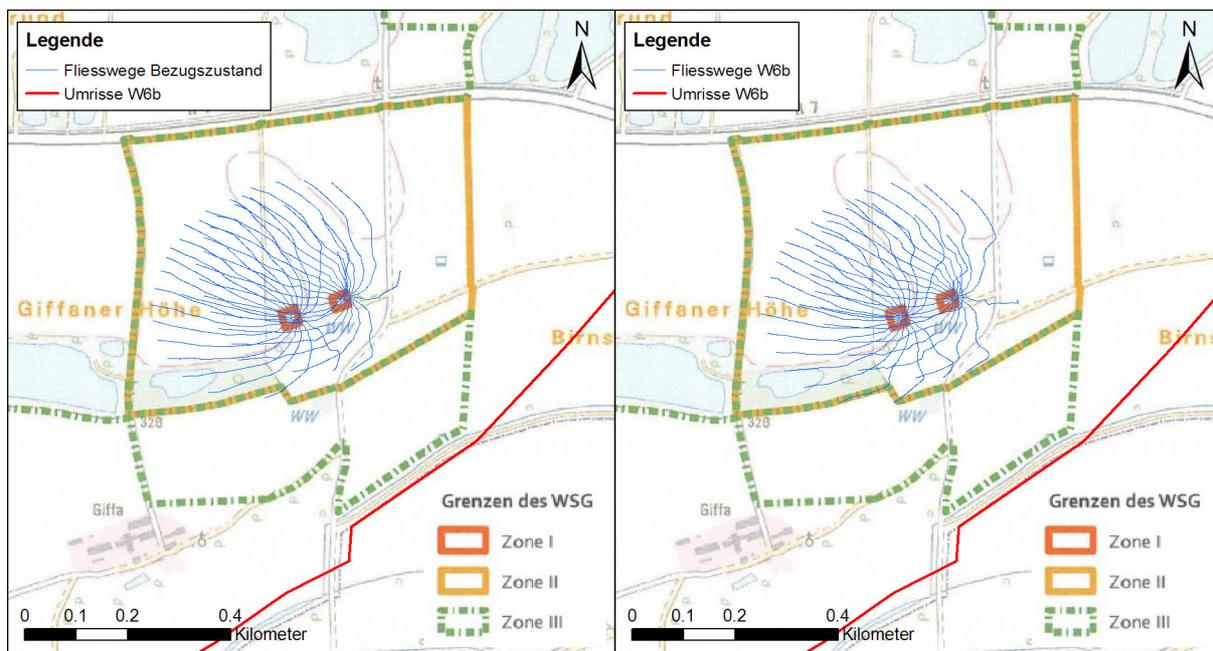


Abbildung 71: Über einen Zeitraum von 50 Tagen rückwärts verfolgte Fliesswege der je einzeln mit der Tagesfördermenge von 1300 m³ betriebenen Brunnen. Links Bezugszustand, rechts Variante W6b bei Polderflutung.

5.8 Variantenbewertung

Vorgehen

Bei allen Varianten sind Massnahmen zur Kontrolle des Grundwasserstands notwendig. Sie wurden so gewählt, dass keine negativen Auswirkungen auf Siedlungsgebiete und Strassen zu erwarten sind. Die Varianten können deshalb nicht nach den Auswirkungen, sondern nur nach dem notwendigen Aufwand zur Vermeidung negativer Auswirkungen bewertet werden. Da für die erforderlichen Massnahmen beim aktuellen Projektstand noch keine konkrete Planung vorgenommen wird, lassen sich die Varianten nur qualitativ beurteilen.

5.8.1 Varianten Eltheim

- E1a bis E4a Die Varianten E1a bis E4a unterscheiden sich aus Sicht des Grundwassers kaum. Bei allen vier Varianten ist ein sehr hoher Aufwand zur Tiefhaltung des Grundwasserstands im Bereich der Autobahn notwendig. Negativ zu bewerten ist bei E1 auch die Absiedlung der Moosmühle. Die Varianten E2a bis E4a klammern die Moosmühle mit verschiedenem Deichverlauf aus. Die Modellrechnungen zeigen, dass der Aufwand zur Sicherung des Grundwasserstands mit zunehmendem Abstand des Deichs zur Moosmühle sinkt.
- E5a und E6a Die Varianten E5a und E6a verzichten auf die Polderfläche nördlich der Autobahn. Zudem muss das Schöpfwerk Auburg nicht verschoben werden. Die Entwässerung entlang der Autobahn muss nicht in den Geislinger Mühlbach abgeführt werden, sondern kann auf tieferem Niveau zum Schöpfwerk Auburg entwässern. Dies verstärkt die Wirkung der Drainage und es kann auf eine Dichtwand verzichtet werden. Die Varianten E5a und E6a sind deshalb aus Grundwasser-sicht den Varianten E1a bis E4a vorzuziehen.

5.8.2 Varianten Wörthhof

- W4b Die Variante W4b unterscheidet sich von den übrigen Varianten durch die Ausklammerung des Wörthhofs und die Deichführung im Abschnitt Kleinkiefenholz bis Oberachdorf. Die Ausklammerung des Wörthhofs ist mit einem hohen Sicherheitsaufwand verbunden. Die Deichführung bei Kiefenholz folgt bestehenden Drainagegerinnen. Dies kann als positiv bewertet werden. Allerdings wird der Deich vor Oberachdorf nach Norden über die Terrassengrenze gezogen. Dies bedingt einen Entwässerungsgraben von grosser Tiefe, welcher den Grundwasserstand auch in Zeiten ohne Hochwasser beeinflusst.
- W6a und W6b Die Varianten W6a und W6b unterscheiden sich nur in der maximalen Füllhöhe. Der Aufwand zur Sicherung kann daher bei der Variante W6a mit kleinerer Füllhöhe gegenüber W6b etwas reduziert werden. Allerdings besitzt diese Variante auch ein kleineres Rückhaltevolumen. Beide Varianten benötigen eine Binnenentwässerung auf der vollen Länge der nördlichen Begrenzung. Ein Nachteil der Varianten W6a und W6b ist die Notwendigkeit, den Wörthhof abzusiedeln.

5.9 Sensitivitätsuntersuchungen

- Anlass Bei den Prognoserechnungen der Polderfüllung müssen Annahmen zur Durchlässigkeit der Deckschichten und der Wirksamkeit der Drainagen getroffen werden. Die Annahmen zur Deckschichtdurchlässigkeit stützen sich auf Feld- und Laborversuche. Die Wirksamkeit der bestehenden Drainagen konnte über die Kalibrierung des Modells relativ gut bestimmt werden, da die Fördermengen der Schöpfwerke Auburg und Wörthhof der drainierten Wassermenge entsprechen. Für die geplanten Drainagen wurde eine entsprechende Wirksamkeit angenommen.

Unsicherheiten

Trotz der guten Datenlage bleiben Unsicherheiten bestehen. Die Auswirkungen der Unsicherheiten sollen über Sensitivitätsuntersuchungen quantifiziert werden. Insbesondere wurden folgende Parameter variiert:

- Durchlässigkeit der Deckschicht
- Wirksamkeit der Drainagen
- Dauer der Polderfüllung
- Heterogenität des Schotters

Monte-Carlo-Simulation

Nach der Erfahrung der lokalen Bevölkerung beim Bau von Bewässerungsbrunnen besitzt der Schotter in Abhängigkeit des Ortes sehr unterschiedliche Durchlässigkeiten. Zur Untersuchung des Einflusses einer solchen Heterogenität wurde eine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Dabei wurden je 500 Berechnungen mit einer im 200 x 200 m Raster log-normalverteilten Durchlässigkeitsverteilung durchgeführt. Mit einer Durchlässigkeitsverteilung wurden jeweils die Prognose mit Flutung des Polders und der Bezugszustand ohne Polder berechnet. Danach wurden die maximal während des Hochwasserdurchgangs erreichten Grundwasserstände miteinander verglichen und statistisch ausgewertet. Die benötigte Rechenzeit betrug vier Tage.

Rechenfälle

Da sehr viele Varianten untersucht wurden, würde es einen hohen Aufwand erfordern, die Parameter bei allen Varianten zu variieren. Aus Grundwassersicht sind die Varianten zudem sehr ähnlich. Für die Sensitivitätsuntersuchung wurden deshalb nur die beiden Maximalvarianten E1a und W6b herangezogen. Die Aussagen der Sensitivitätsuntersuchung gelten sinngemäss auch für die übrigen Varianten. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der Rechenfälle.

Parameter	W6b	E1a
Durchlässigkeit Deckschicht	1 x 10 ⁻⁵ [m/s] 1 x 10 ⁻⁷ [m/s]	1 x 10 ⁻⁵ [m/s] 1 x 10 ⁻⁷ [m/s]
Wirksamkeit Drainagen (Leakage)	5 [d] 20 [d]	5 [d] 20 [d]
Dauer der Polderfüllung	+7 Tage	+7 Tage
Heterogenität des Schotters	log-Normal σ = 1	log-Normal σ = 1

Tabelle 2: Rechenfälle der Sensitivitätsuntersuchung

5.9.1 Gegenseitige Beeinflussung der Flutpolder

Gleichzeitige Flutung

Zur Untersuchung der Frage, ob sich die beiden Flutpolder gegenseitig beeinflussen, wurde eine Fallstudie mit einer gleichzeitigen Füllung der Flutpolder Eltheim (Variante E1a) und des Polders Wörthhof (Variante W6b) durchgeführt. Es zeigte sich, dass sich der resultie-

rende Anstieg der Grundwasserpotentiale nicht von den Fallstudien mit gesonderter Füllung der beiden Polder unterscheidet. Dies ist auf die stark trennende Wirkung der Donau zurückzuführen. Oberhalb der Staustufe Geisling wird die Trennung durch die Dichtwände der Staustufe bewirkt. Unterhalb der Staustufe werden die Grundwasserpotentiale durch den Donauwasserstand so stark kontrolliert, dass der Einfluss einer Polderflutung auf die jeweilige Polderseite beschränkt bleibt.

5.9.2 Durchlässigkeit der Deckschicht

Parametervariation	Für die Fallstudien wurde eine Deckschichtdurchlässigkeit von 1×10^{-6} m/s angesetzt. Dieser Wert wurde anhand der durchgeführten Feld- und Laborversuche festgelegt[1]. Die Messresultate streuen stark und es verbleibt eine Unsicherheit zur Deckschichtdurchlässigkeit. Mit zwei Fallstudien wurde deshalb für die Varianten E1a und W6b der Einfluss einer um den Faktor 10 grösseren oder kleineren Deckschichtdurchlässigkeit untersucht.
Resultate	Die resultierenden Differenzen zwischen den Fallstudien mit Polderfüllung und der Referenz ohne Polderfüllung sind in Abbildung 72 bis Abbildung 75 dargestellt. Der Einfluss der Deckschichtdurchlässigkeit ist beim Polder Eltheim sehr gross, beim Polder Wörthhof etwas schwächer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass beim Polder Eltheim mächtige Deckschichten vorliegen, während beim Polder Wörthhof Lücken in der Deckschicht vorhanden sind. Bei einer besseren Deckschichtdurchlässigkeit ist der durch die Polderfüllung bewirkte Anstieg der Grundwasserpotentiale höher.

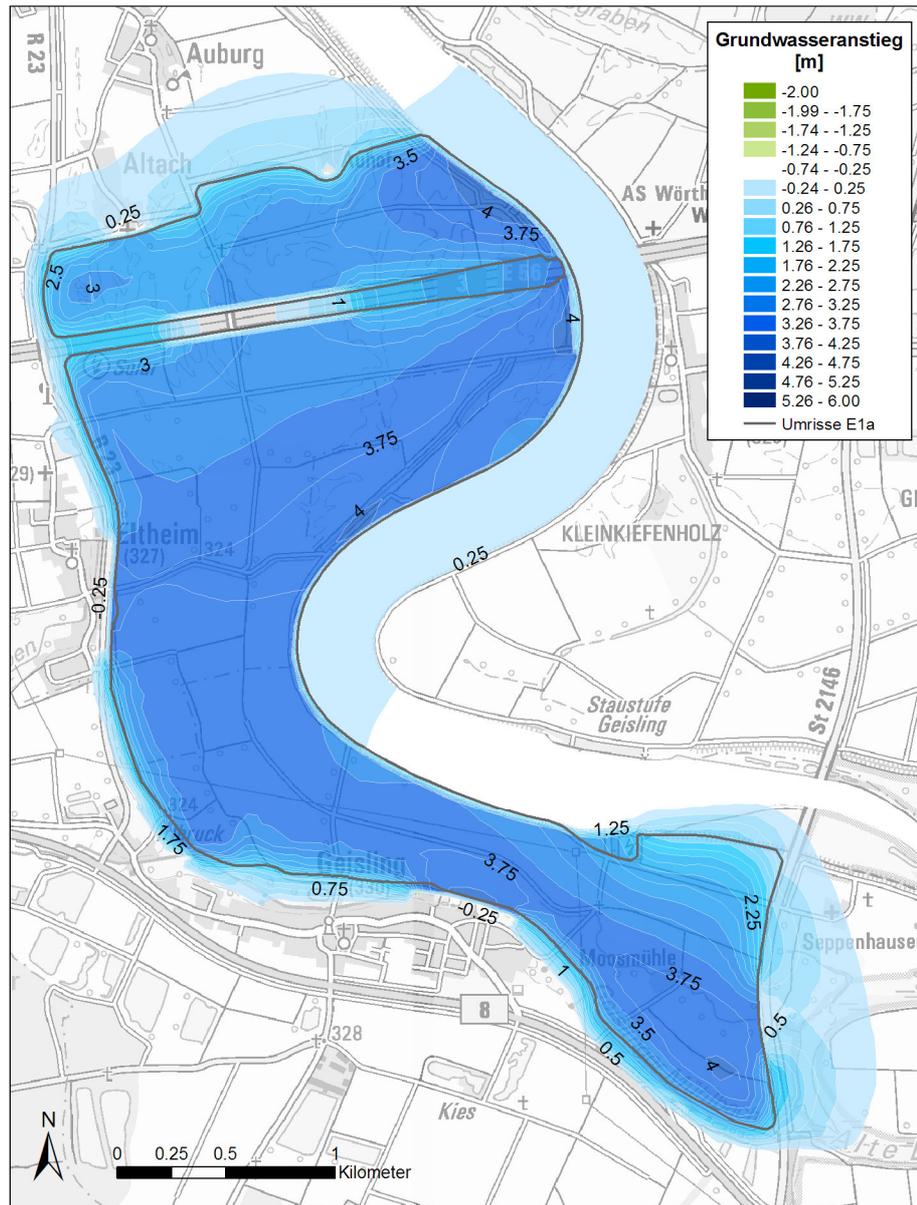


Abbildung 72:

Variante E1a mit Massnahmen, Durchlässigkeit der Deckschicht um den Faktor 10 erhöht: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Drainagemengen

Tabelle 3 zeigt die Auswirkungen der Deckschichtdurchlässigkeit auf die Drainagemengen der Binnenentwässerung und die erforderlichen Fördermengen der Sicherungsbrunnen. Auch hier zeigt sich, dass die Deckschichtdurchlässigkeit beim Polder Elthem einen grösseren Einfluss ausübt.

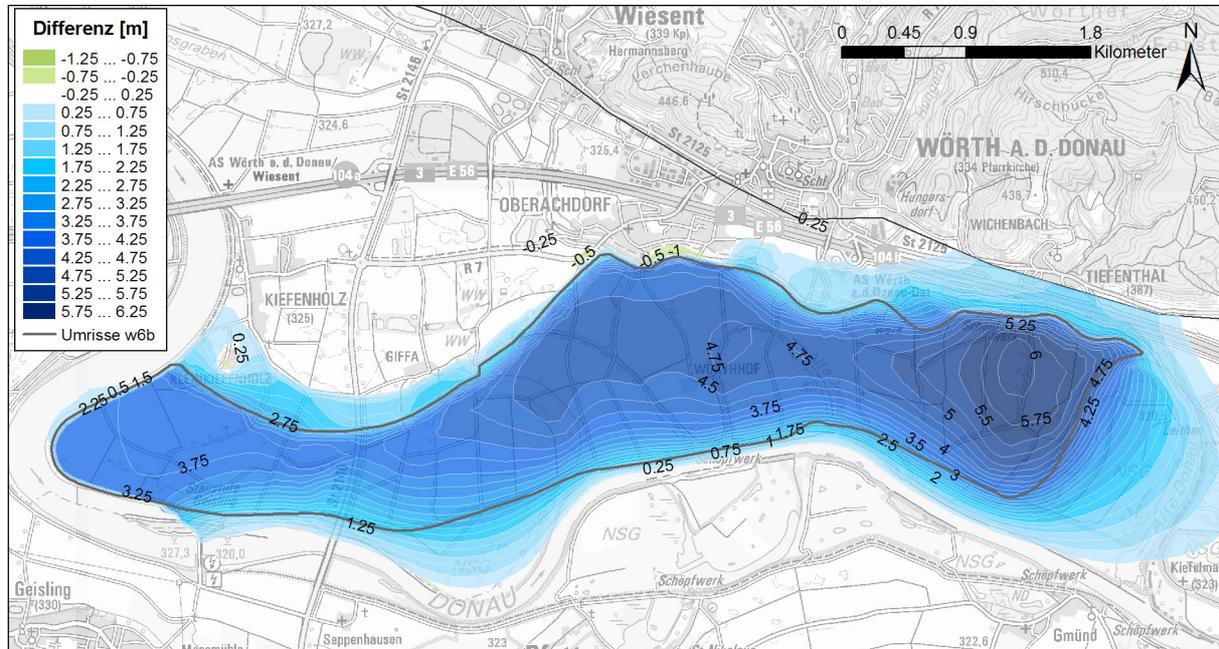


Abbildung 74:

Variante W6b mit Massnahmen, Durchlässigkeit der Deckschicht um den Faktor 10 erhöht: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

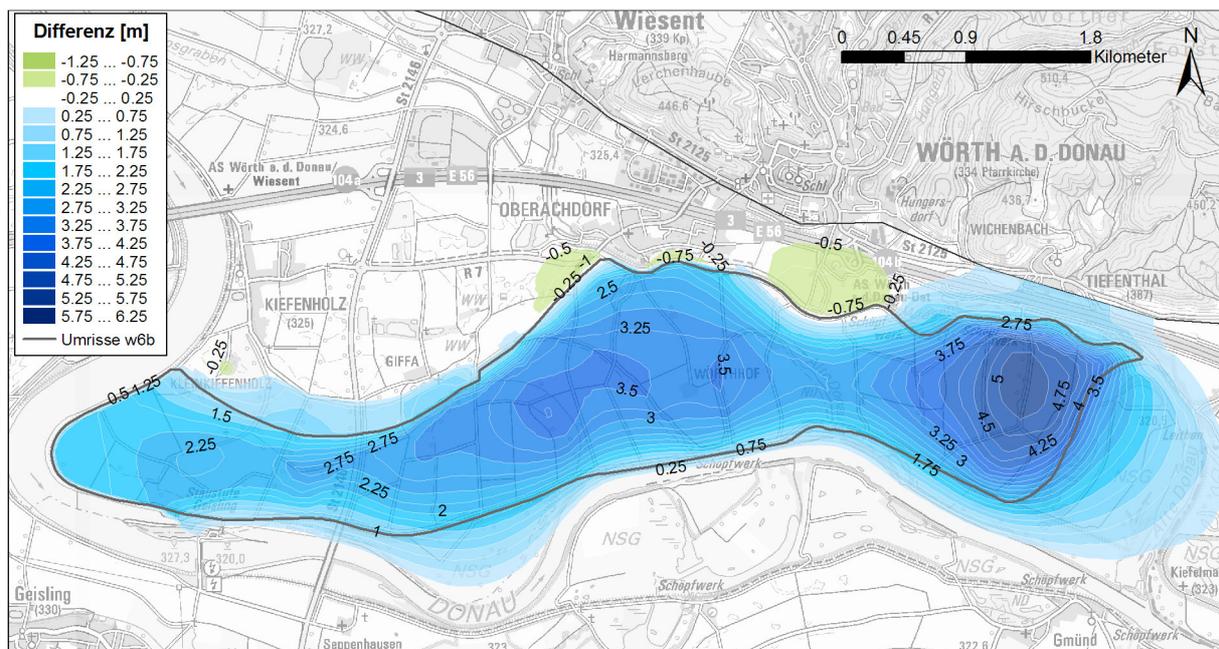


Abbildung 75:

Variante W6b mit Massnahmen, Durchlässigkeit der Deckschicht um den Faktor 10 erniedrigt: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

5.9.3 Wirksamkeit der Drainagen

Parametervariation

Die Wirksamkeit von Drainagen im Gebiet der geplanten Flutpolder ist aus der Kalibrierung anhand der Schöpfwerksdaten gut abschätzbar. Um die verbleibende Unsicherheit zu quantifizieren, wurde je ein Rechenfall mit doppelter, resp. halber Wirksamkeit der Binnendrainage durchgeführt.

Resultate

Wird die Binnendrainage mit kleinerer Wirksamkeit berücksichtigt, ist der durch die Polderfüllung bewirkte Anstieg der Grundwasserpotentiale ausserhalb der Flutpolderfläche etwas höher. Eine Erhöhung der Wirksamkeit verbessert die Situation gegenüber dem Basisfall kaum.

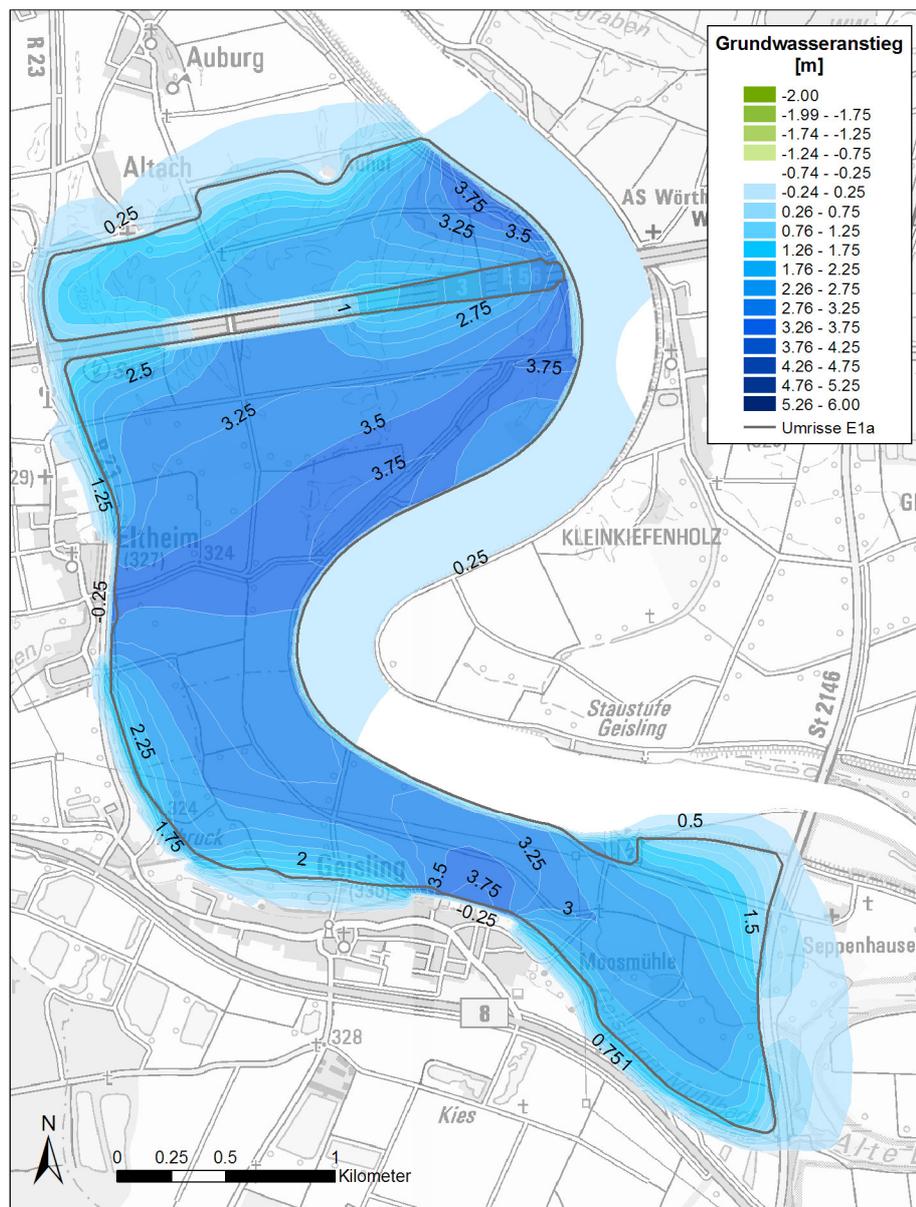


Abbildung 76:

Variante E1a mit Massnahmen, Wirksamkeit der Drainagen halbiert: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

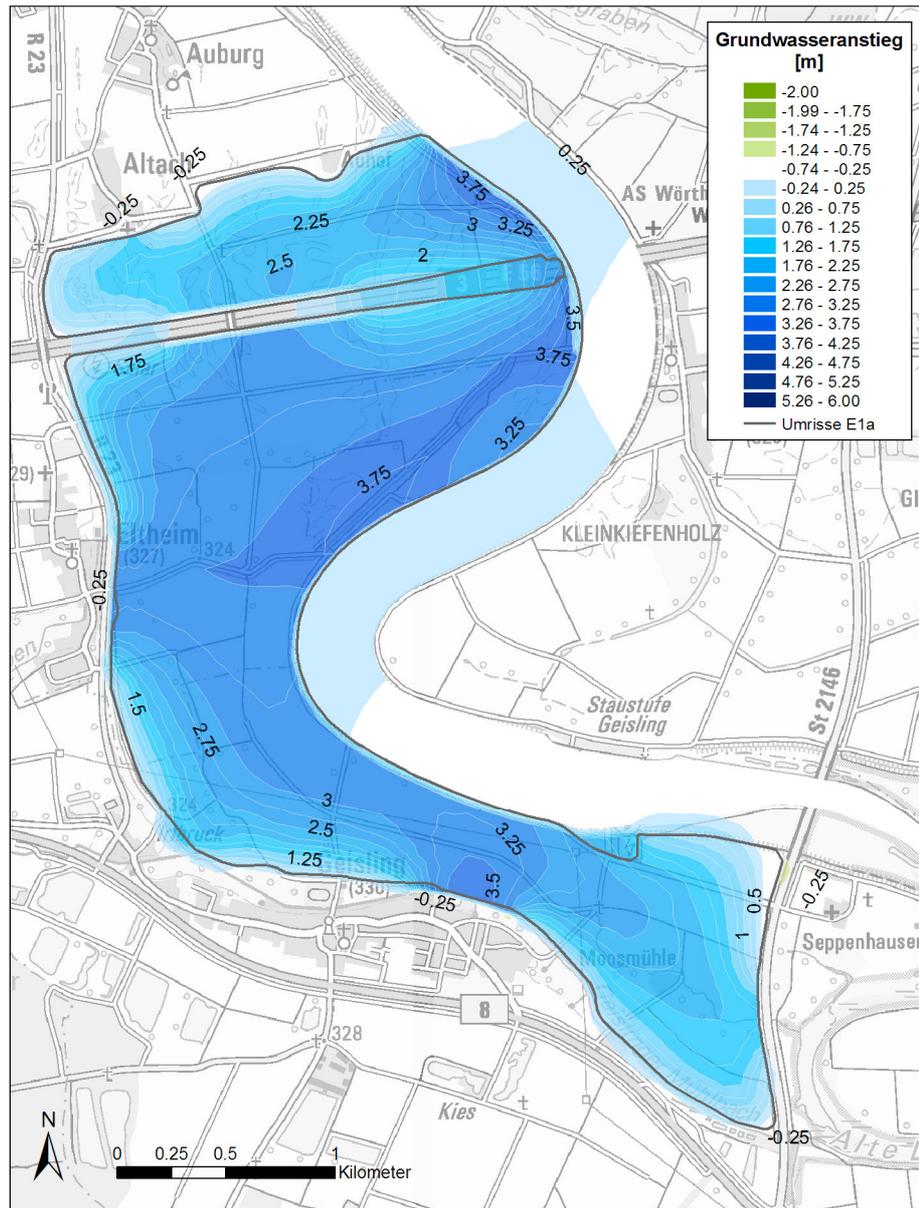


Abbildung 77: Variante E1a mit Massnahmen, Wirksamkeit der Drainagen verdoppelt: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Variante	Leakage Drainagen	Drainagemenge	Fördermenge
E1a	5 [d]	2,3 m ³ /s	5400 l/min
	10 [d]	3,2 m ³ /s	4 200 l/min
	20 [d]	4,0 m ³ /s	3000 l/min
W6b	5 [d]	1,4 m ³ /s	6 500 l/min
	10 [d]	1,8 m ³ /s	6 000 l/min
	20 [d]	2,2 m ³ /s	5600 l/min

Tabelle 4: Auswirkung der Wirksamkeit der Binnendrainagen auf die Drainagemengen und die erforderlichen Fördermengen der Sicherungsbrunnen.

Drainagemengen

Tabelle 4 zeigt die Auswirkungen der Wirksamkeit der Binnendrainage auf deren Drainagemengen und die erforderlichen Fördermengen. Bei höherer Wirksamkeit nimmt die drainierte Wassermenge zu, die Fördermengen dagegen ab.

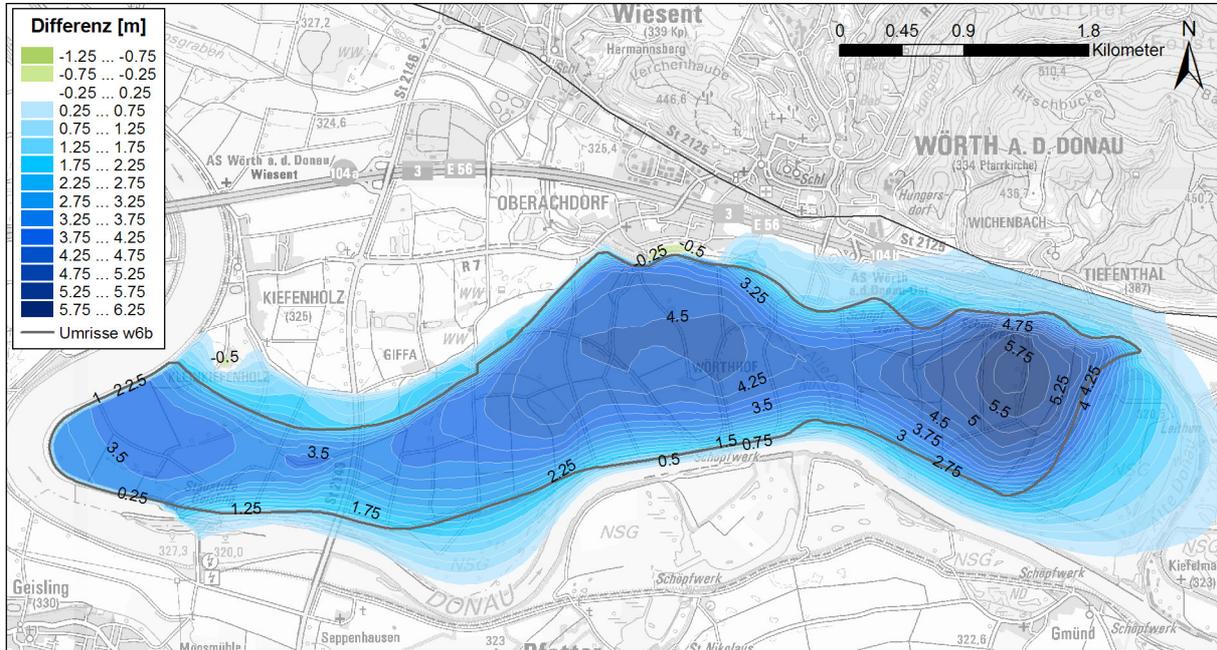


Abbildung 78: Variante W6b mit Massnahmen, Wirksamkeit der Drainagen halbiert: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

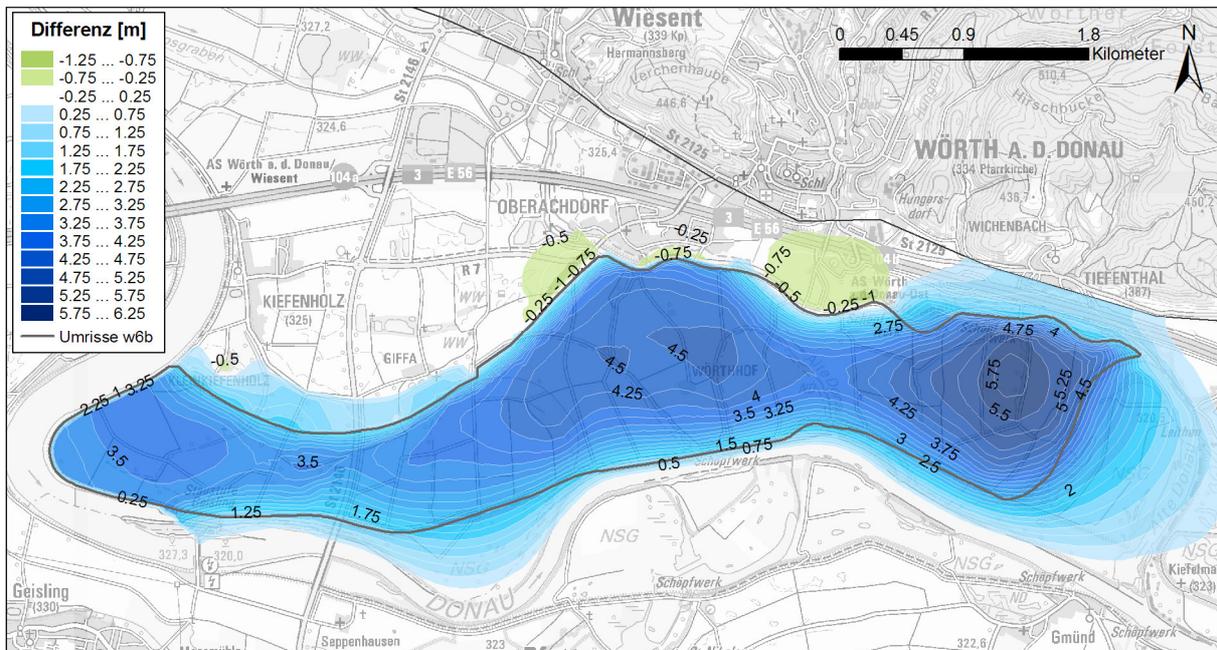


Abbildung 79: Variante W6b mit Massnahmen, Wirksamkeit der Drainagen verdoppelt: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

5.9.4 Dauer der Polderfüllung

Fülldauer

Im hydraulischen Modell wurde angenommen, dass die Polder nach dem Durchgang der Hochwasserspitze sofort wieder geleert werden. Mit einer Sensitivitätsuntersuchung wurde der Einfluss einer um 7 Tage verlängerten Fülldauer untersucht.

Resultate

Eine Verlängerung der Fülldauer wirkt sich kaum auf die Erhöhung der Grundwasserpotentiale infolge Polderfüllung aus.

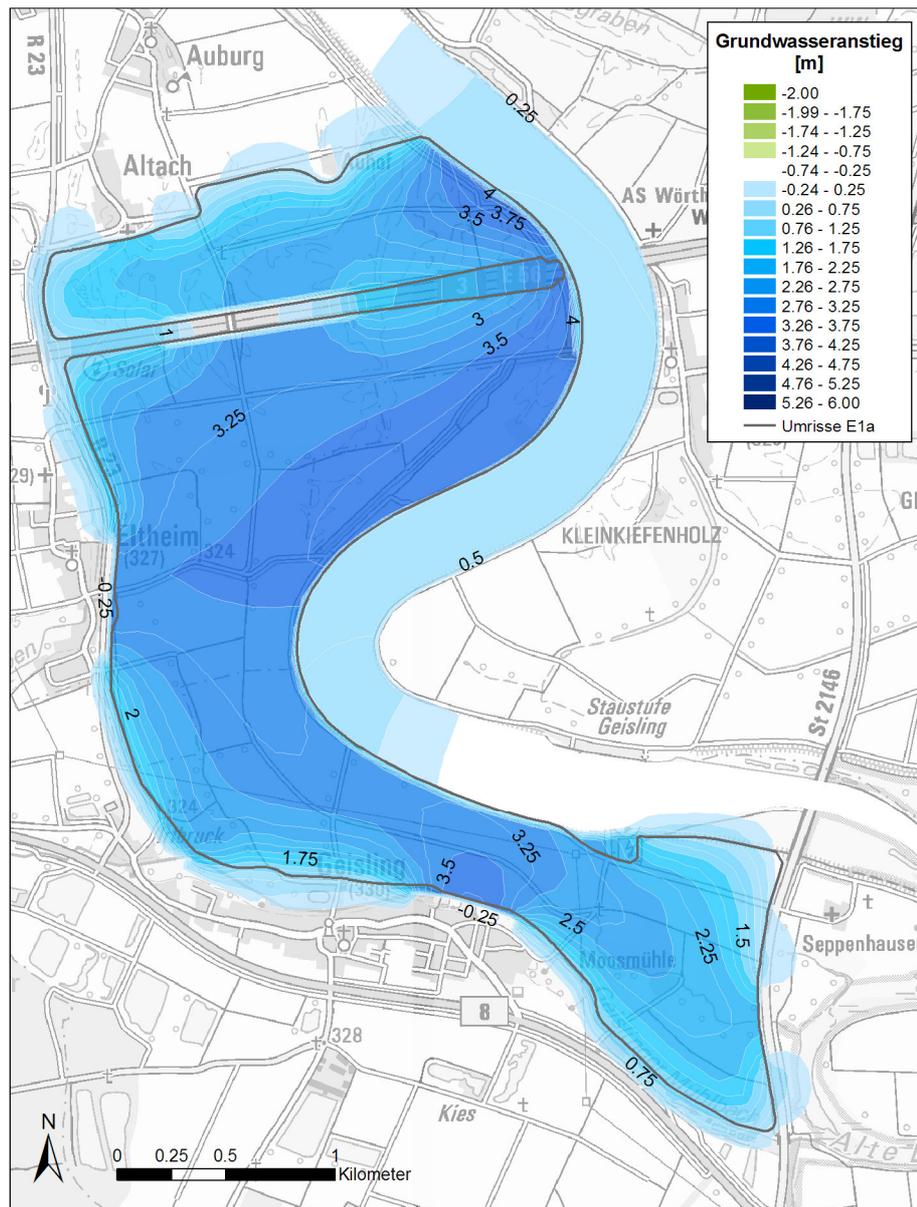


Abbildung 80:

Variante E1a mit Massnahmen, um 7 Tage verlängerte Fülldauer: Differenz des maximalen Grundwasserpentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

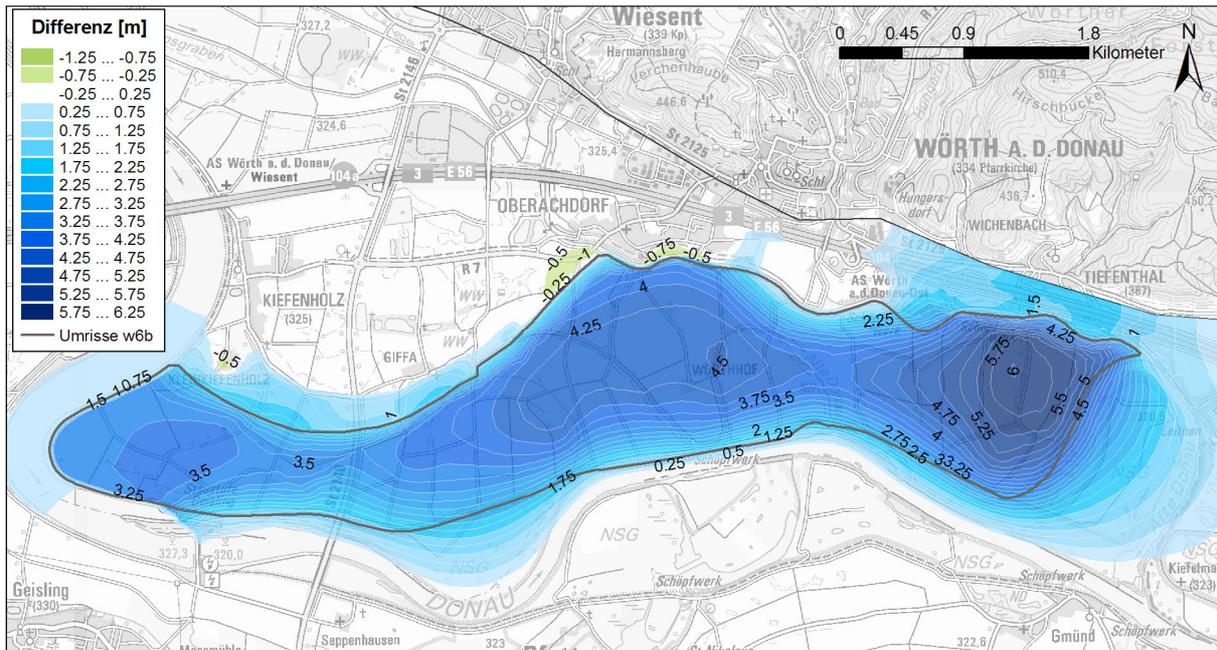


Abbildung 81: Variante W6b mit Massnahmen, um 7 Tage verlängerte Fülldauer: Differenz des maximalen Grundwasserpotentials bei Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung.

Variante	Fülldauer	Drainagemenge	Fördermenge
E1a	ca. 8 Tage	3,2 m ³ /s	4 200 l/min
	ca. 15 Tage	3,2 m ³ /s	4500 l/min
W6b	ca. 9 Tage	1,8 m ³ /s	6 000 l/min
	ca. 16 Tage	2,2 m ³ /s	7100 l/min

Tabelle 5: Auswirkung der Fülldauer auf die Drainagemengen und erforderlichen Fördermengen der Sicherungsbrunnen.

Drainagemengen Tabelle 5 zeigt die Auswirkungen einer Verlängerung der Fülldauer auf die Drainagemengen der Binnenentwässerung und die erforderlichen Fördermengen. Die Auswirkungen sind klein.

5.9.5 Heterogenität des Schotters

Fragestellung Beim Bohren von Bewässerungsbrunnen haben die Landwirte beobachtet, dass der Untergrund sehr heterogen ist. Dies wurde auch durch die Erkundungsbohrungen bestätigt. Der Einfluss der Heterogenität wurde deshalb mit einer Monte-Carlo-Simulation untersucht. Die Durchlässigkeitsverteilung wird dabei üblicherweise als log-normal angenommen [5][6][7].

Vorgehen Für die Untersuchung wurden die Varianten E1a und W6b verwendet. Für jede Variante wurden 500 zufällige Durchlässigkeitsverteilungen erzeugt. Mit jeder Durchlässigkeitsverteilung wurden eine Berechnung mit Polderfüllung und eine Berechnung der Referenz ausge-

führt. Aus den Modellresultaten wurde der jeweils höchste Stand der Grundwasserpotentiale in jedem Modellknoten herausgelesen und die Differenz zwischen dem Zustand mit Polderfüllung und Referenz abgespeichert. Zusätzlich wurden ebenfalls die Drainagemenge in der Binnenentwässerung und die Fördermenge ausgelesen.

Durchlässigkeitsverteilung

Da die Elementgrößen im Grundwassermodell unterschiedlich sind, wurde ein Gitterraster von 200 x 200 m über das Modellgebiet gelegt. In diesem Gitter wurde eine normalverteilte Variable mit Mittelwert 0 und Standardabweichung 1 erzeugt. Anschliessend wurde die Zufallsvariable jeder Gitterzelle zum Zehnerlogarithmus der kalibrierten Durchlässigkeit aller zugeordneten Elemente dazugezählt. Die Elementdurchlässigkeit ermittelt sich als Potenz mit Basis 10 und dem ermittelten Wert als Exponent. Abbildung 82 zeigt eine der realisierten Durchlässigkeitsverteilungen im Gebiet der geplanten Flutpolder.

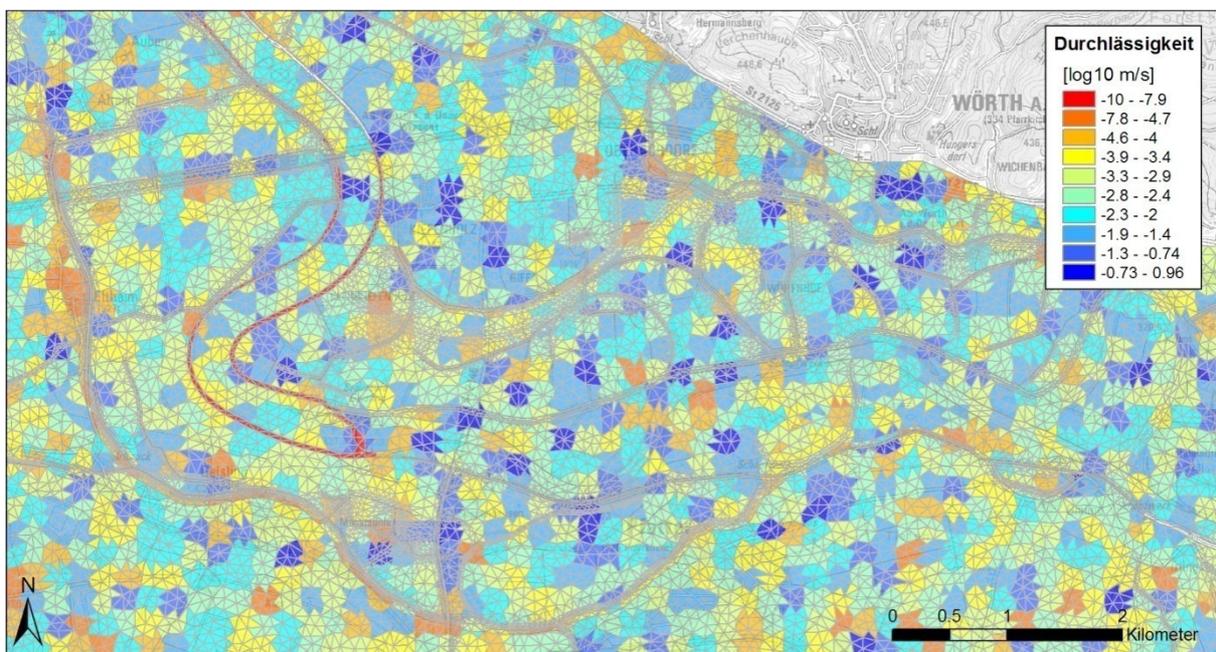


Abbildung 82: Realisation mit log-normal zufallsverteilter Durchlässigkeit.

Resultate

In Abbildung 83 bis Abbildung 88 sind die Differenzen der maximalen Grundwasserpotentiale mit Polderfüllung zur Referenz ohne Polderfüllung dargestellt. Die Darstellungen zeigen jeweils den Median und die 10%- und 90%-Perzentile der Differenz.

Die Mittelwerte der Abweichungen unterscheiden sich nur geringfügig von denen der Fallstudien mit kalibrierter Durchlässigkeitsverteilung (Abbildung 14, Abbildung 54). Interessanter sind die Darstellungen der 90%-Perzentile. Sie zeigen den maximalen Grundwasseranstieg, welcher mit 90 Prozent Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird. Die Darstellungen zeigen, dass der Grundwasseranstieg mit den vorgesehenen Massnahmen trotz ungünstiger Annahmen zur Heterogenität des Untergrundes begrenzt werden kann.

Kritische Stellen

Bei den Berechnungen mit zufallsverteilter Heterogenität wurden sowohl bezüglich der Streuung der Durchlässigkeiten, wie auch der Größe des Gitterrasters sehr ungünstige Annahmen getroffen. Die Resultate des 90%-Perzentils können deshalb als schlechtester Fall betrachtet werden. Die Berechnungen zeigen, dass in der Variante E1a die kritischen Stellen bezüglich Grundwasseranstieg bei Atach, entlang der Autobahn und der Strasse 2146 liegen. In der Variante W6b befindet sich die kritische Stelle bei Oberachdorf.

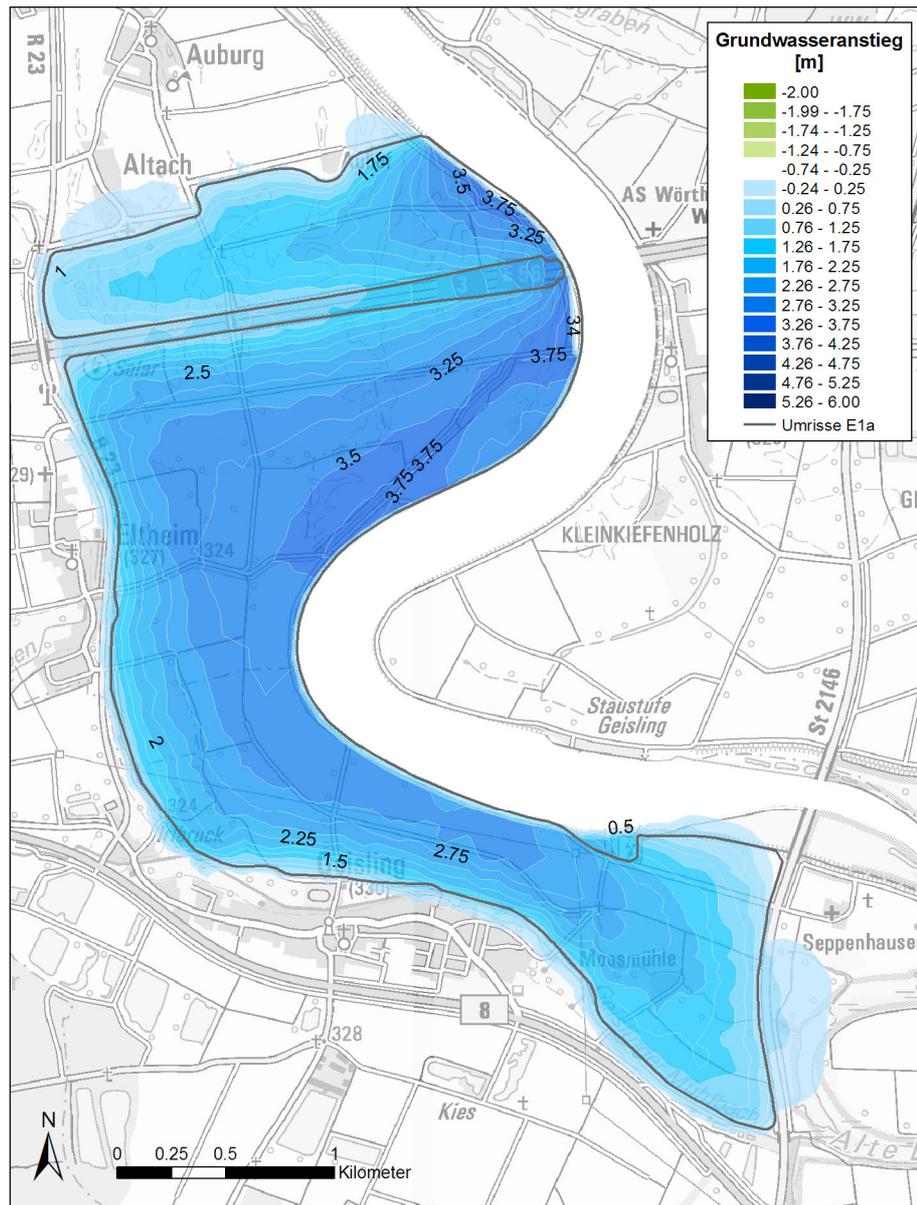


Abbildung 83:

Variante E1a, Monte-Carlo-Simulation: Median der Differenz zwischen den maximalen Grundwasserpotentialen mit Polderfüllung und Referenz ohne Polderfüllung.

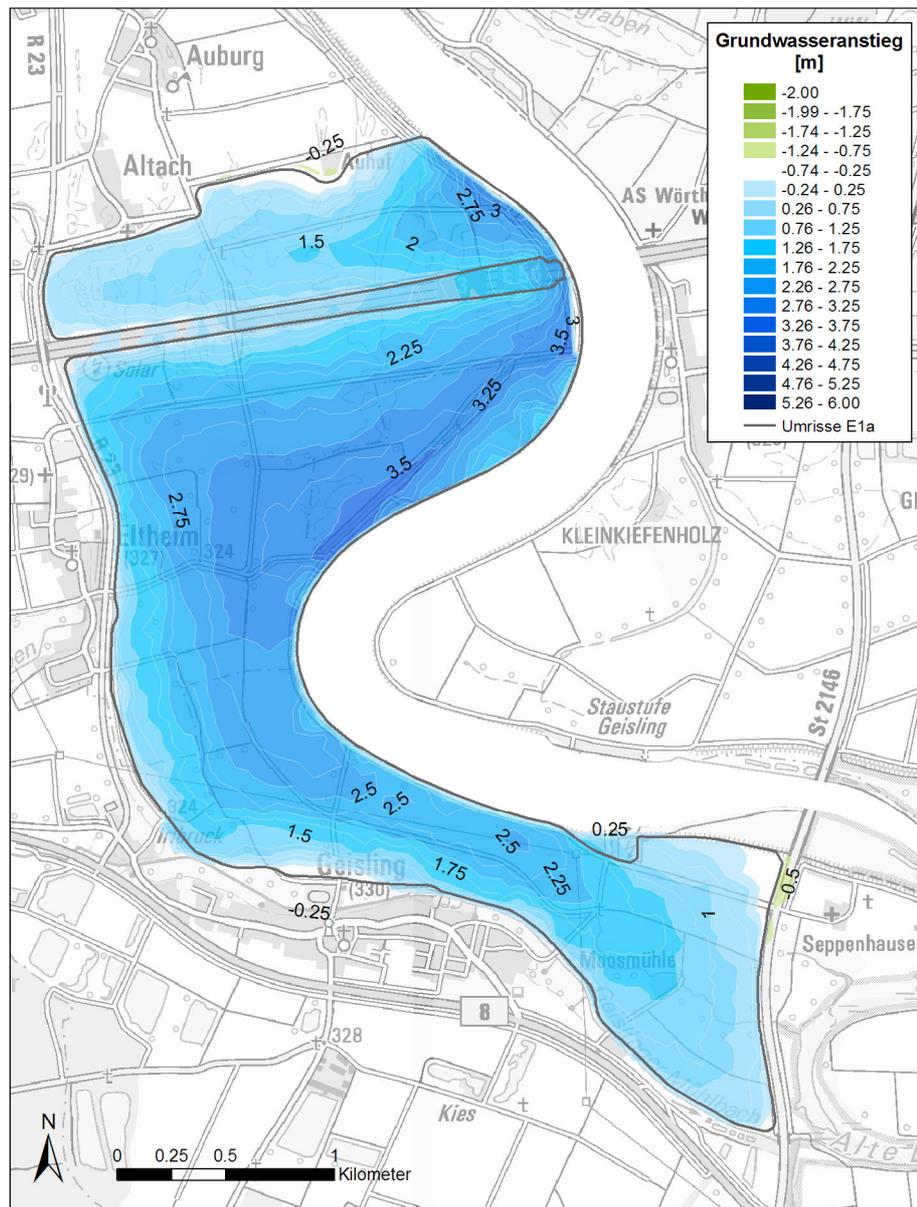


Abbildung 84:

Variante E1a, Monte-Carlo-Simulation: 10%- Perzentil der Differenz zwischen den maximalen Grundwasserpotentialen mit Polderfüllung und Referenz ohne Polderfüllung.

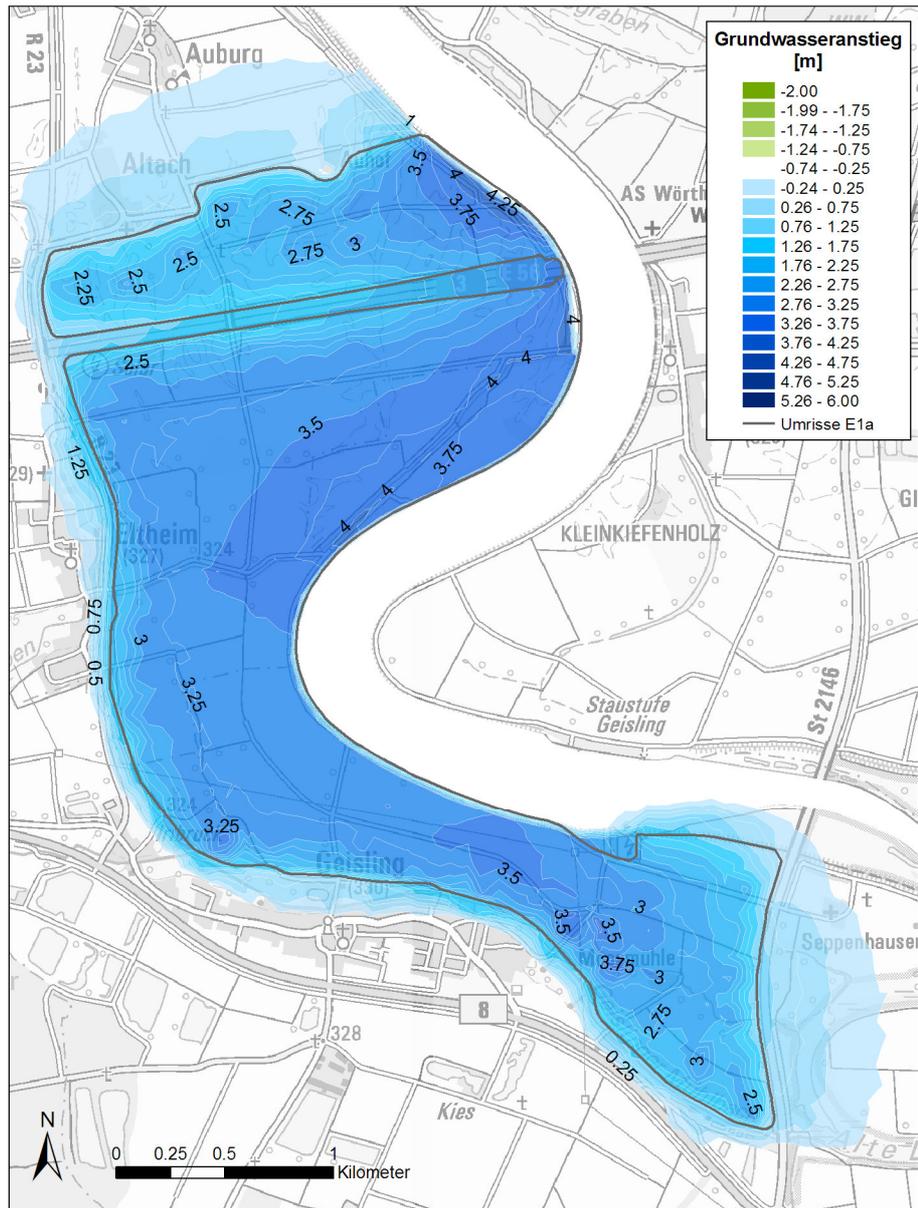


Abbildung 85:

Variante E1a, Monte-Carlo-Simulation: 90%- Perzentil der Differenz zwischen den maximalen Grundwasserpotentialen mit Polderfüllung und Referenz ohne Polderfüllung.

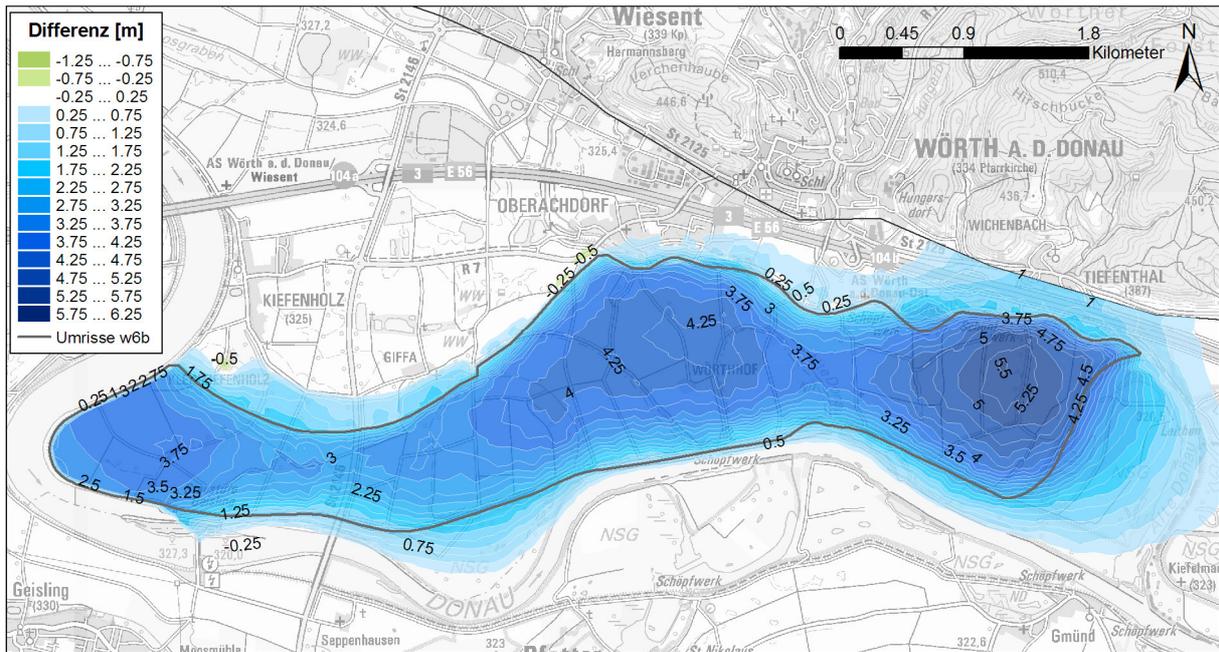


Abbildung 86: Variante W6b, Monte-Carlo-Simulation: Median der Differenz zwischen den maximalen Grundwasserpotentialen mit Polderfüllung und Referenz ohne Polderfüllung.

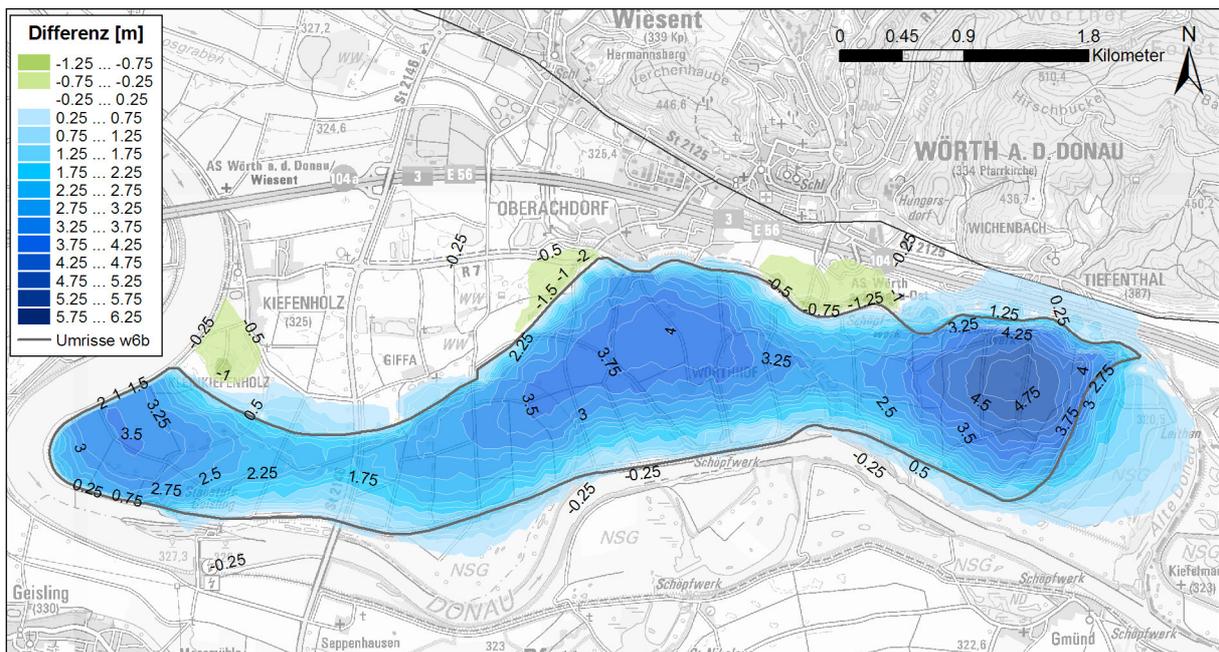


Abbildung 87: Variante W6b, Monte-Carlo-Simulation: 10%-Perzentil der Differenz zwischen den maximalen Grundwasserpotentialen mit Polderfüllung und Referenz ohne Polderfüllung.

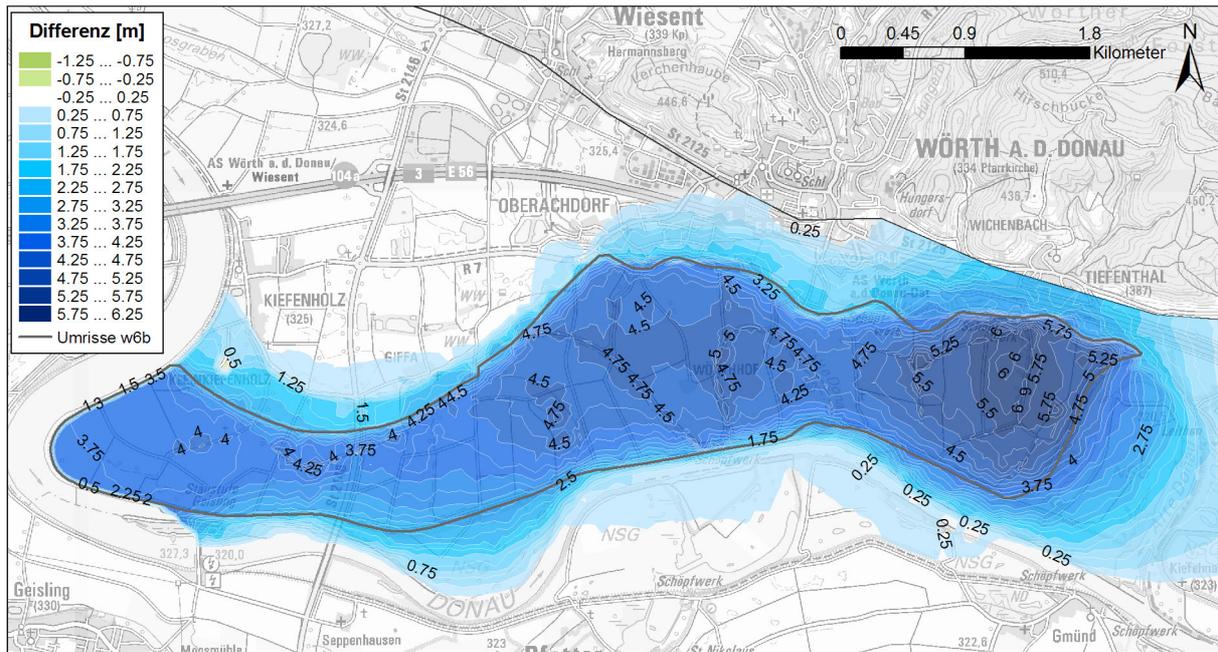


Abbildung 88: Variante W6b, Monte-Carlo-Simulation: 90%-Perzentil der Differenz zwischen den maximalen Grundwasserpotentialen mit Polderfüllung und Referenz ohne Polderfüllung.

Drainagemengen

Tabelle 6 zeigt die Auswirkungen der Heterogenität des Untergrundes auf die Drainagemengen der Binnenentwässerung und die erforderlichen Fördermengen. Die Drainagemengen der Binnenentwässerung weisen nur einen geringen Schwankungsbereich auf, während sich die Fördermengen zwischen dem 10%- und dem 90%-Perzentil stark unterscheiden. Dies ist zu erwarten, da sich die Durchlässigkeitswerte im Umkreis des Brunnens in den verschiedenen Realisationen der Zufallsverteilung um bis zu 6 Größenordnungen unterscheiden. Die Unsicherheit bezüglich der erforderlichen Fördermenge kann durch Pumpversuche stark eingegrenzt werden.

Variante	Auswertung	Drainagemenge	Fördermenge
E1a	10%-Perzentil	3.5 m ³ /s	1 000 l/min
	Median	3.8 m ³ /s	8 000 l/min
	90%-Perzentil	4.2 m ³ /s	25 000 l/min
W6b	10%-Perzentil	1.7 m ³ /s	600 l/min
	Median	2.0 m ³ /s	5 500 l/min
	90%-Perzentil	2.3 m ³ /s	22 000 l/min

Tabelle 6: Auswirkung der Heterogenität des Untergrundes auf die Drainagemengen und erforderlichen Fördermengen der Sicherungsbrunnen.

6 Zusammenfassung

Grundwassermodell	An der bayerischen Donau sind gesteuerte Flutpolder zur Verzögerung und Abflachung von Hochwasserspitzen vorgesehen. Im Bereich östlich von Regensburg wurden die Standorte Eltheim und Wörthhof als mögliche Flutpolderstandorte identifiziert. Für den Einflussbereich dieser Flutpolder wurde ein Grundwassermodell erstellt. Das Modell wurde an langjährigen Grundwasserspiegelmessungen, sowie den Fördermengen von Schöpfwerken kalibriert und validiert.
Ziele	Mit Hilfe des Grundwassermodells wurden die Auswirkungen der Flutpolder auf den Grundwasserspiegel und die Anströmung zum Trinkwasserwerk Giffa quantifiziert. Die erforderlichen Massnahmen zur Beschränkung des Grundwasseranstiegs in besiedelten Gebieten wurden mit dem Modell konzipiert. Für Drainagen und Sicherungsbrunnen wurden die anfallenden Wassermengen errechnet.
Varianten	Aus den Erkenntnissen erster Abklärungen wurden 9 Varianten zur näheren Untersuchung ausgewählt, 6 Varianten für den Flutpolder Eltheim und 3 Varianten für den Flutpolder Wörthhof.
Machbarkeit	Alle Varianten für die Flutpolder Eltheim und Wörthhof* können mit entsprechenden Gegenmassnahmen so realisiert werden, dass keine nachteiligen Einflüsse auf das Grundwasser zu erwarten sind. Entlang der Deiche müssen dazu entweder die bestehenden Drainagegräben ertüchtigt oder neue Drainagen erstellt werden.
Eltheim	Beim Flutpolder Eltheim empfiehlt sich bei allen Varianten, die unterhalb der Terrassengrenze liegenden Gebäude von Eltheim und Geisling zusätzlich, zum Beispiel durch eine Dichtwand zu schützen. Bei den Varianten mit Polderflächen nördlich der Autobahn sind Dichtwände beim tiefliegenden Autobahnabschnitt erforderlich. In diesem Fall müssen auch die Weiler von Altach und Auhof zusätzlich geschützt werden.
Wörthhof	Beim Flutpolder Wörthhof sind vor allem dann noch zusätzliche Massnahmen erforderlich, wenn der Wörthhof erhalten werden soll. Hier sind Dichtwände erforderlich. Kleinkiefenholz sollte durch Sicherungsbrunnen geschützt werden.
Unsicherheiten	Zur Quantifizierung der Unsicherheiten wurden umfangreiche Sensitivitätsuntersuchungen durchgeführt. Mit einer Monte-Carlo-Simulation wurde der Einfluss einer extremen Inhomogenität der Schotterdurchlässigkeit untersucht. Die Untersuchungen zeigen, dass bei ungünstiger Parameterkonstellation ein Anstieg des Grundwasserpotentials in bewohnten Gebieten zu erwarten ist. Durch eine bessere Anbindung der Drainagegewässer ans Grundwasser kann dieser Anstieg jedoch verhindert werden.

* "und Wörthhof" wurde am 17.01.2019 redaktionell korrigiert

7 Literatur

- [1] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Modellaufbau, Hydrogeologisches Modell und Modellkonzepte. *Im Auftrag des WWA Regensburg*
- [2] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Modellaufbau, Kalibrierung und Validierung. *Im Auftrag des WWA Regensburg.*
- [3] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Auswirkungen der Staustufe Geisling auf die Grundwasserspiegel. *Im Auftrag des WWA Regensburg.*
- [4] Simultec - tewag (2017): Grundwassermodell Flutpolder Eltheim und Wörthhof: Auswirkungen der Staustufe Straubing auf die Grundwasserspiegel. *Im Auftrag des WWA Regensburg.*
- [5] Gmünder C., Arn T. (1993): Application of Seepage Flow Models to a Drainage Project in Fractured Rock, *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 26 (2)
- [6] Fritz Stauer (1998): Strömungsprozesse im Grundwasser, Konzepte und Modelle, *vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.*
- [7] Theis, H.J. (2005): Quantifizierung der Prognoseunsicherheiten bei der praktischen Anwendung numerischer Grundwassermodelle. *Dissertation Universität Kaiserslautern.*