

# Donau (Iller bis Lech) – Verbesserung Hochwasserschutz - Datenmanagement und Modelle

## Grundwasser - Modelleinsatz

### Bericht

#### Anlage 5.3

1	Aufgabenstellung .....	7
2	Methodik .....	8
2.1	Modelleinsatz .....	8
2.2	Hochwasserganglinie .....	8
2.3	Berechnungszeitraum .....	9
2.4	Kopplung mit dem hydraulischen Modell .....	10
2.5	Modellparameter .....	11
2.6	Sensitivitätsanalyse .....	11
3	Bezugszustand .....	13
3.1	Übersicht über die Grundwasserbedingungen .....	13
3.2	Maßgebender Bezugszustand .....	14
3.3	Rückhalteraum Leipheim .....	16
3.4	Rückhalteraum Helmeringen .....	19
3.5	Rückhalteraum Neugeschüttwörth .....	24
3.6	Rückhalteraum Bischofswörth – Christianswörth .....	27
3.7	Rückhalteraum Zankwert .....	28
3.8	Rückhalteraum Tapfheim .....	30
3.9	Rückhalteraum Donauwörth .....	32
4	Planungszustände .....	35
4.1	Rückhalteraum Leipheim .....	35
4.1.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall .....	35
4.1.2	Modellverfeinerung .....	36
4.1.3	Untersuchte Varianten .....	36

4.1.4	Variante ROVar A, Einsatz bei HQextrem.....	37
4.1.4.1	Randbedingungen.....	37
4.1.4.2	Maßnahmen.....	37
4.1.4.3	Resultierende Auswirkungen.....	40
4.1.4.4	Sensitivitätsanalyse.....	43
4.1.5	Ökologische Flutung mit 20 m <sup>3</sup> /s.....	44
4.1.5.1	Randbedingungen.....	44
4.1.5.2	Resultierende Auswirkungen.....	44
4.1.5.3	Maßnahmen.....	45
4.2	Rückhalteraum Helmeringen.....	46
4.2.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall.....	46
4.2.2	Modellverfeinerung.....	47
4.2.3	Untersuchte Varianten.....	48
4.2.4	Variante ROVar A.....	49
4.2.4.1	Randbedingungen.....	49
4.2.4.2	Maßnahmen.....	50
4.2.4.3	Resultierende Auswirkungen.....	50
4.2.4.4	Sensitivitätsanalyse.....	51
4.2.5	Ökologische Flutung mit 20 m <sup>3</sup> /s.....	52
4.2.5.1	Randbedingungen.....	52
4.2.5.2	Resultierende Auswirkungen.....	52
4.2.5.3	Maßnahmen.....	52
4.3	Rückhalteraum Neugeschüttwörth.....	54
4.3.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall.....	54
4.3.2	Modellverfeinerung.....	55
4.3.3	Untersuchte Varianten.....	56
4.3.4	Variante ROVar A.....	58
4.3.4.1	Randbedingungen.....	58
4.3.4.2	Maßnahmen.....	58
4.3.4.3	Resultierende Auswirkungen.....	58
4.3.4.4	Sensitivitätsanalyse.....	59
4.3.5	Variante ROVar B.....	59
4.3.5.1	Randbedingungen.....	59
4.3.5.2	Resultierende Auswirkungen.....	60
4.4	Rückhalteraum Bischofswörth – Christianswörth.....	62
4.4.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall.....	62
4.4.2	Ökologische Flutung mit 20 m <sup>3</sup> /s.....	63
4.4.2.1	Randbedingungen.....	63
4.4.2.2	Resultierende Auswirkungen.....	63

4.4.3	Massnahmen .....	64
4.5	Rückhalteraum Zankwert .....	65
4.5.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall.....	65
4.5.1.1	Randbedingungen.....	66
4.5.1.2	Resultierende Auswirkungen.....	66
4.5.1.3	Massnahmen .....	67
4.6	Rückhalteraum Tapfheim .....	67
4.6.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall.....	67
4.6.2	Untersuchte Varianten .....	69
4.6.3	Variante ROVar B .....	70
4.6.3.1	Randbedingungen.....	70
4.6.3.2	Maßnahmen.....	70
4.6.3.3	Resultierende Auswirkungen.....	70
4.6.3.4	Sensitivitätsanalyse.....	70
4.7	Rückhalteraum Donauwörth.....	71
4.7.1	Sensible Objekte und maßgebender Lastfall.....	71
4.7.2	Untersuchte Varianten .....	72
4.7.3	Variante ROVar B .....	72
4.7.3.1	Randbedingungen.....	72
4.7.3.2	Maßnahmen.....	73
4.7.3.3	Resultierende Auswirkungen.....	73
4.7.3.4	Sensitivitätsanalyse.....	73
5	Zusammenfassung.....	74
5.1	Flutung der Rückhalteräume .....	74
5.2	Ökologische Flutungen.....	75

### **Anlagenverzeichnis**

Anlage 5.3.01	Rückhalteraum Leipheim, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ROVar A – Bezugszustand, HQextrem
Anlage 5.3.02	Rückhalteraum Leipheim, Sensitivität Grundwasserspiegel-Differenzen ROVar A – Bezugszustand, HQextrem
Anlage 5.3.03	Rückhalteraum Leipheim, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ökologische Flutung 20 m <sup>3</sup> /s - Bezugszustand
Anlage 5.3.04	Rückhalteraum Helmeringen, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ROVar A – Bezugszustand, HQextrem
Anlage 5.3.05	Rückhalteraum Helmeringen, Sensitivität Grundwasserspiegel-Differenzen ROVar A – Bezugszustand, HQextrem

- Anlage 5.3.06 Rückhalteraum Helmeringen, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ökologische Flutung 20 m<sup>3</sup>/s - Bezugszustand
- Anlage 5.3.07 Rückhalteraum Neugeschüttwörth, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ROVar A – Bezugszustand, HQextrem
- Anlage 5.3.08 Rückhalteraum Neugeschüttwörth, Sensitivität Grundwasserspiegel-Differenzen ROVar A – Bezugszustand, HQextrem
- Anlage 5.3.09 Rückhalteraum Bischofswörth - Christianswörth, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ökologische Flutung 20 m<sup>3</sup>/s – Bezugszustand
- Anlage 5.3.10 Rückhalteraum Zankwert, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ökologische Flutung 10 m<sup>3</sup>/s - Bezugszustand
- Anlage 5.3.11 Rückhalteraum Tapfheim, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ROVar B – Bezugszustand, HQ 100+15%
- Anlage 5.3.12 Rückhalteraum Tapfheim, Sensitivität Grundwasserspiegel-Differenzen ROVar B – Bezugszustand, HQ 100+15%
- Anlage 5.3.13 Rückhalteraum Donauwörth, Differenzen der maximalen Grundwasserspiegel ROVar B – Bezugszustand, HQ 100+15%
- Anlage 5.3.14 Rückhalteraum Donauwörth, Sensitivität Grundwasserspiegel-Differenzen ROVar B – Bezugszustand, HQ 100+15%

### **Abbildungsverzeichnis**

- Abbildung 1: Übersicht über das Projektgebiet.
- Abbildung 2: Abflussganglinie bei Dillingen während des Hochwassers 2013 und in den Jahresgang eingefügte Ganglinien der untersuchten HQ 100+15% und HQextrem.
- Abbildung 3: Abflussganglinie der Donau bei Dillingen im Frühjahr 2015
- Abbildung 4: Grundwassersituation am 07.03.2015, nach Durchgang des HQ 0,3.
- Abbildung 5: Grundwassersituation nach Durchgang des HQextrem.
- Abbildung 6: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQ 0,3
- Abbildung 7: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQextrem
- Abbildung 8: Grundwassersituation nach Durchgang des HQ 0,3
- Abbildung 9: Grundwassersituation nach Hochwasserdurchgang HQextrem
- Abbildung 10: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQ 0,3
- Abbildung 11: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQextrem
- Abbildung 12: Grundwassersituation nach Hochwasserdurchgang HQextrem

- Abbildung 13: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQextrem
- Abbildung 14: Grundwassersituation nach Durchgang des HQ 0,3
- Abbildung 15: Minimaler Flurabstand beim Durchgang des HQ 0,3
- Abbildung 16: Grundwassersituation nach Durchgang des HQ 0,3
- Abbildung 17: Minimaler Flurabstand beim Durchgang des HQ 0,3
- Abbildung 18: Grundwassersituation nach Durchgang eines HQ100+15%
- Abbildung 19: Minimaler Flurabstand beim Durchgang eines HQ100+15%
- Abbildung 20: Grundwassersituation nach Durchgang eines HQ100+15%
- Abbildung 21: Minimaler Flurabstand beim Durchgang eines HQ100+15%
- Abbildung 22: Situation beim Rückhalteraum Leipheim mit sensiblen Objekten.
- Abbildung 23: Verfeinertes Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Leipheim
- Abbildung 24: Varianten ROVar A und ROVar B
- Abbildung 25: Untersuchte Maßnahmen zur Begrenzung des Grundwasseranstiegs auf den Bezugszustand
- Abbildung 26: Erforderliche Fördermenge im Pumpwerk der Drainage
- Abbildung 27: Höhenlage der Drainage im Vergleich zu niedrigen und mittleren Grundwasserständen und dem maximalen Grundwasserstand während der Flutung des Rückhalterauts.
- Abbildung 28: Rückwärts verfolgte Fliesswege mit einer Fliesszeit von 50 Tagen.
- Abbildung 29: Füllkurve des Rückhalterauts, Ganglinie des Donauwasserstandes und Ganglinie des Grundwasserstandes östlich des Rückhalterauts.
- Abbildung 30: Aufsummierte Zu- und Abflüsse zum Grundwasserleiter im Einflussbereich des Rückhalterauts Leipheim
- Abbildung 31: Sensitivität der Fördermenge im Pumpwerk der Drainage auf die Modellparameter
- Abbildung 32: Ganglinie des Grundwasserstands bei der Feriensiedlung Unterwörthsee.
- Abbildung 33: Natürliche Schwankung des Grundwasserspiegels bei der Messstelle RIED
- Abbildung 34: Situation beim Rückhalteraum Helmeringen mit sensiblen Objekten
- Abbildung 35: Verfeinertes Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Helmeringen
- Abbildung 36: Varianten ROVar A und ROVar B
- Abbildung 37: Aufsummierte Zu- und Abflüsse zum Grundwasserleiter im Einflussbereich des Rückhalterauts Helmeringen
- Abbildung 38: Ganglinie des Grundwasserstands bei Helmeringen
- Abbildung 39: Ganglinie des Grundwasserstands beim Hygstetterhof
- Abbildung 40: Situation beim Rückhalteraum Neugeschüttwörth mit sensiblen Objekten

- Abbildung 41: Verfeinertes Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Neugeschüttwörth
- Abbildung 42: Varianten ROVar A und ROVar B
- Abbildung 43: Aufsummierte Zu- und Abflüsse zum Grundwasserleiter im Einflussbereich des Rückhalteraums Neugeschüttwörth.
- Abbildung 44: Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Planungszustand ROVar B und Bezugszustand bei HQextrem.
- Abbildung 45: Rückwärts verfolgte Fliesswege mit einer Fliesszeit von 50 Tagen.
- Abbildung 46: Sensible Objekte im Umfeld des Rückhalteraums Bischofswörth – Christianswörth
- Abbildung 47: Ganglinie des Grundwasserstands bei der Hofmadschwaig.
- Abbildung 48: Sensible Objekte im Umfeld des Rückhalteraums Zankwert
- Abbildung 49: Ganglinie des Grundwasserstands beim Hof Joasschwaig
- Abbildung 50: Situation beim Rückhalteraum Tapfheim mit sensiblen Objekten.
- Abbildung 51: Abgrenzung der Variante ROVar B
- Abbildung 52: Sensible Objekte - Rückhalteraum Donauwörth
- Abbildung 53: Varianten ROVar A und ROVar B

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Variationsfaktoren der Sensitivitätsanalyse <sup>1</sup> nur Rückhalteraum Leipzig.....	13
Tabelle 2:	Dokumentierte Bezugszustände der Rückhalteräume.....	15

## 1 Aufgabenstellung

An der Donau zwischen Iller und Lech werden im Rahmen des Hochwasserschutz-Aktionsprogramms Schwäbische Donau sieben Rückhalteräume geplant. Hierfür sollen die Auswirkungen untersucht werden (Abbildung 1).

Die Flutung von Rückhalteräumen wirkt sich auch auf den umgebenden Grundwasserspiegel aus. Zur Prognose der Auswirkungen wurde ein großräumiges, hydrogeologisches Modell (Anlage 5.1) erarbeitet und auf dieser Grundlage ein numerisches Grundwassermodell des Donautals zwischen Iller und Lech aufgebaut und kalibriert (Anlage 5.2).

Der vorliegende Bericht 3 beschreibt die Anwendung des Modells zur Bestimmung der Auswirkungen der vorgeschlagenen Planungsvarianten auf die Grundwasserverhältnisse. Dabei werden die folgenden Fragestellungen untersucht:

- Welche Grundwasserstände, resp. Flurabstände sind im Ist-Zustand bei den maßgebenden Hochwasserereignissen zu erwarten?
- Wie wirkt sich die Füllung der Rückhalteräume bezüglich der Grundwasserstände und der Anströmung zu benachbarten sensiblen Objekten (Bebauung, Trinkwassergewinnungen) aus?
- Mit welchen Maßnahmen können evtl. negative Auswirkungen auf diese sensiblen Objekte ausgeschlossen werden?
- Wie sind diese Maßnahmen zu dimensionieren?

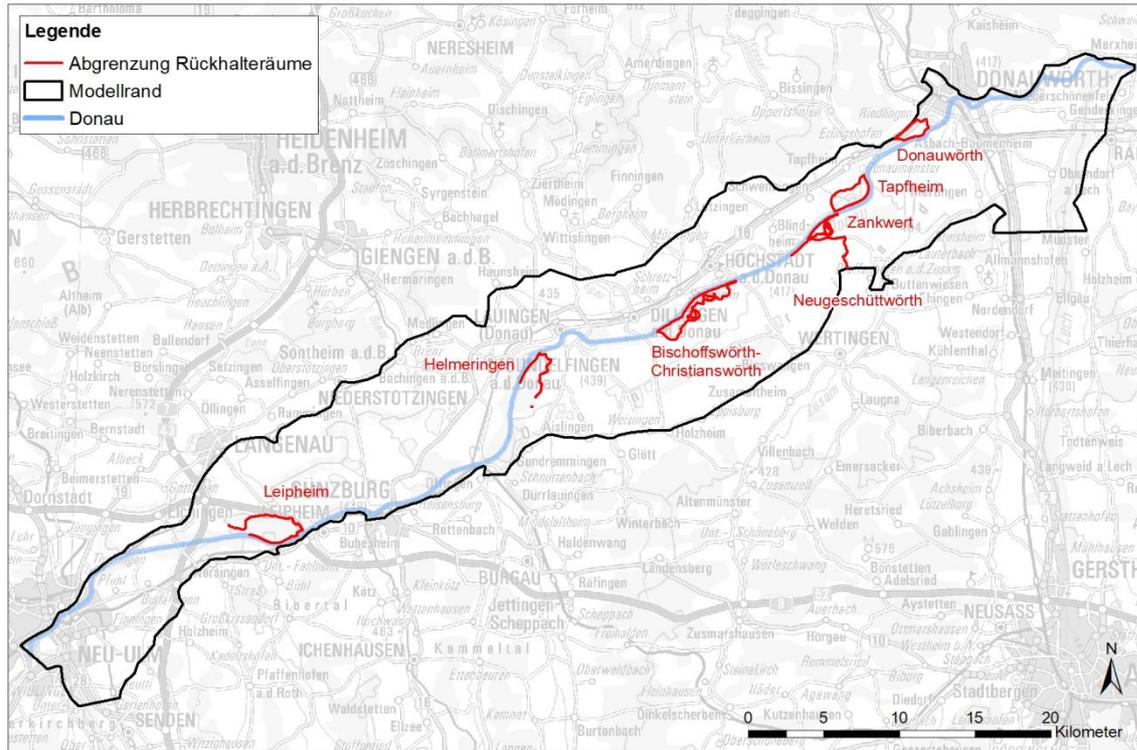


Abbildung 1: Übersicht über das Projektgebiet.

## 2 Methodik

### 2.1 Modelleinsatz

Die Quantifizierung der Auswirkungen erfolgt anhand von Berechnungen mit dem Grundwassermodell. Dabei wird als erstes ein Bezugszustand gerechnet, welcher die Grundwassersituation ohne Vorhandensein von Rückhalteräumen beschreibt (Referenz). Als zweites werden die Grundwasserverhältnisse unter der Annahme eines Planungszustands prognostiziert (Prognose). Die Auswirkungen ergeben sich aus der Differenz zwischen Prognose und Referenz.

Für den Bezugszustand, wie auch für die Planungszustände wurde das DHHN2016 als Höhensystem verwendet.

### 2.2 Hochwasserganglinie

Für die hydraulische Bemessung der Rückhalteräume wurden beim Hochwassernachrichtendienst Abflussganglinien der Donau und der Nebengewässer erzeugt (siehe Anlage 3.1). Diese Ganglinien wurden auch dem Grundwassermodell zugrunde gelegt.

Da das Grundwassermodell einen längeren Vorlauf und Nachlauf benötigt, wurden die Ganglinien an Stelle des Juni-Hochwassers in die Abflussganglinien des Jahres 2013 eingesetzt (Abbildung 2).

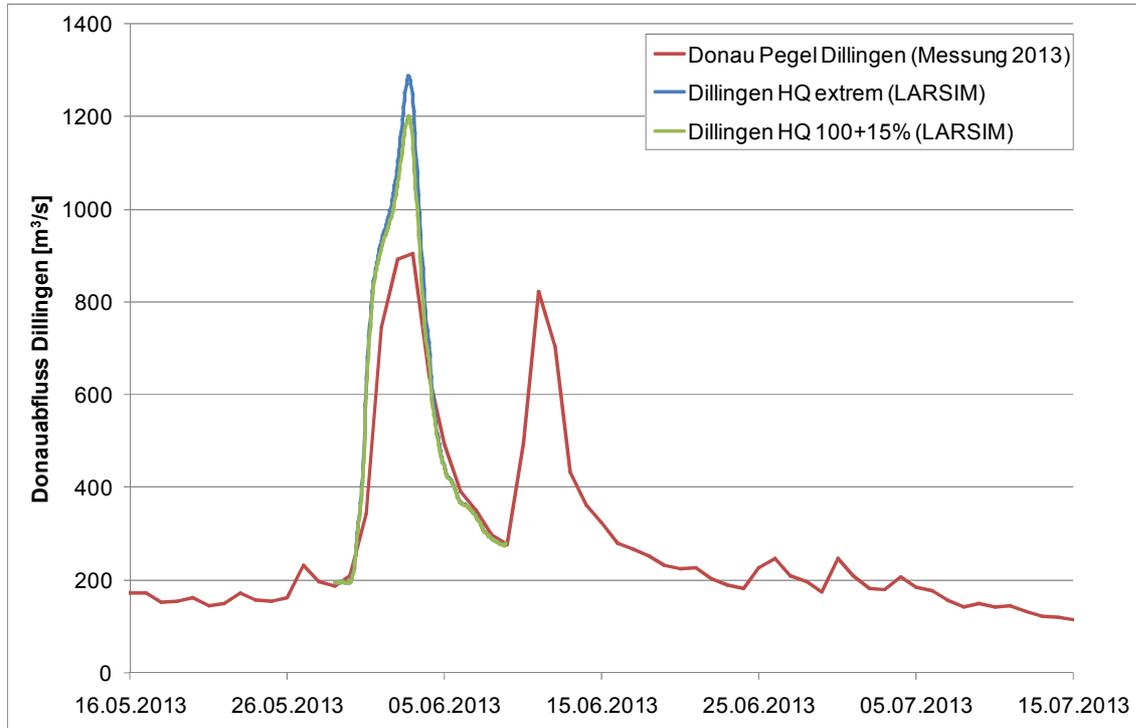


Abbildung 2: Abflussganglinie bei Dillingen während des Hochwassers 2013 und in den Jahresgang eingefügte Ganglinien der untersuchten HQ 100+15% und HQextrem.

### 2.3 Berechnungszeitraum

Der Berechnungszeitraum des vorgeschalteten hydraulischen Modells beträgt 7.5 Tage. Aus folgenden Gründen ist für die Grundwassermodellierung ein längerer Berechnungszeitraum erforderlich:

- Sofern Grundwasser-Anpassungsmaßnahmen wie Sickerleitungen oder Dichtwände erforderlich werden, können diese auch Auswirkungen zu den übrigen Zeiten zur Folge haben. Zur Quantifizierung dieser Auswirkungen soll ein Zeitraum mit mittleren Bedingungen im Berechnungszeitraum enthalten sein.
- Bei der Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen ist eine Fließzeit von 50 Tagen maßgebend. Der Berechnungszeitraum soll deshalb mehr als 50 Tage umfassen.

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

Für die Berechnungen wird ein Zeitraum von 365 Tagen Länge verwendet, Füllung und Entleerung der Rückhalteräume finden im Zeitraum zwischen dem 150. und dem 158. Tag statt. Der Zeitraum entspricht dem Jahr 2013, wobei die jeweils betrachtete Hochwasserganglinie anstelle des Junihochwassers 2013 in die Jahreganglinie der Donau eingesetzt wurde. Das Grundwassermodell rechnet in Tagesschritten. Im Zeitraum des betrachteten Hochwassers wurden die Berechnungsschritte auf 3 h verkürzt.

Das Grundwassermodell enthält neben den Gewässerrandbedingungen auch noch andere, von den klimatischen Verhältnissen abhängige Randbedingungen wie zum Beispiel Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Seitenzuflüsse und Karstzuflüsse. Diese Randbedingungen sollten für eine Hochwassersituation typische Werte aufweisen. Die klimatischen Verhältnisse des Berechnungszeitraums 2013 erfüllen diese Bedingung. Für Berechnungen zu den geplanten ökologischen Flutungen wird das Jahr 2015 verwendet, da in diesem Jahr im Frühjahr über längere Zeit etwa mittlere Bedingungen herrschten.

## **2.4 Kopplung mit dem hydraulischen Modell**

Das Grundwassermodell wird entlang der Gewässer und in den Überflutungsgebieten mit dem hydraulischen Modell gekoppelt. Die Überflutung wird im Grundwassermodell mit einer Cauchy-Randbedingung berücksichtigt, da die Deckschicht einen Widerstand gegen die Versickerung 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. Die Methodik zur Ermittlung des Leakagewerts ist in Anlage 5.2 detailliert beschrieben.

Am Ende der hydraulischen Berechnung verbleibt im hydraulischen Modell in Senken Restwasser. Der Restwasserstand wird im Modell noch während einer Woche beibehalten und dann innerhalb eines Tages entfernt. Gegenüber einer ebenfalls möglichen Annahme eines kontinuierlich abnehmenden Restwasserstandes ist dies eine Annahme zur sicheren Seite, da die maximalen Grundwasserstände noch während der Überflutung erreicht werden (siehe Abbildung 29).

## 2.5 Modellparameter

Die Modellparameter werden aus dem kalibrierten Modell übernommen (Anlage 5.2). Da für die Kalibrierung und den Modelltest die Hochwasserereignisse der Jahre 2013 und 1999 verwendet wurden, konnten dabei auch großflächige Überflutungen der Niederung betrachtet werden.

Für die Bestimmung der Auswirkungen von Rückhalteräumen ist insbesondere der Austausch von Wasser zwischen dem Rückhalteraum und dem darunter liegenden Grundwasserleiter wichtig. Der Austausch erfolgt einerseits über die im Rückhalteraum vorhandenen Gräben bzw. deren Sohlen, andererseits über die Fläche des Rückhalterums in Abhängigkeit der vorhandenen Deckschichten. Während bei der Kalibrierung der Austausch mit den Gräben aufgrund von durchgeführten Abflussmessungen gut quantifiziert werden konnte, zeigte sich das Modell nicht sehr sensitiv auf den Austausch über die Fläche resp. die Deckschichten. Deckschichtdurchlässigkeiten von  $1 \times 10^{-6}$  m/s und  $1 \times 10^{-7}$  m/s ergaben im Bereich des Riedstroms praktisch die gleiche Übereinstimmung mit den gemessenen Grundwasserständen.

Für die Bestimmung der Auswirkungen von Planzuständen wird die höhere Deckschichtdurchlässigkeit von  $1 \times 10^{-6}$  m/s als Ansatz zur sicheren Seite verwendet. Der Einfluss dieses Parameters wird zudem mit Sensitivitätsstudien untersucht.

## 2.6 Sensitivitätsanalyse

Bei der Sensitivitätsanalyse wurden diejenigen Parameter, welche einen großen Einfluss auf die resultierenden Grundwasserstände bei Füllung der Rückhalteräume ausüben, innerhalb physikalisch sinnvoller Grenzen variiert.

### **Deckschichtdurchlässigkeit:**

Der Leakagewert für die als Cauchy-Randbedingung an der Modelloberfläche vorgegebenen Überflutungshöhen wurde aus der Durchlässigkeit und Mächtigkeit der Deckschicht berechnet. Eine Erhöhung einer dieser Werte bewirkt also eine stärkere Infiltration bei Überflutung. Da sowohl im Planungszustand als auch im Bezugszustand Überflutungen auftreten, wird die Deckschichtdurchlässigkeit in beiden Fällen variiert. Mögliche Werte liegen etwa zwischen  $1 \times 10^{-5}$  m/s und  $1 \times 10^{-7}$  m/s.

### **Durchlässigkeit der Sohle und der Böschungen von Baggerseen:**

Bei der Überflutung von Baggerseen wird ebenfalls eine Cauchy-Randbedingung angesetzt. Der Leakagewert bildet in diesem Fall die Durchlässigkeit der Sohle und der Böschungen ab. Er wird aus einer fest vorgegebenen Sohlenmächtigkeit von 0.5 m und einer Sohlendurchlässigkeit ermittelt. Mögliche Werte liegen zwischen  $1 \times 10^{-3}$  m/s

(Sohle etwa gleich durchlässig wie der Grundwasserleiter) und  $1 \times 10^{-6}$  m/s (kolmatisierte Sohle).

### **Gespannte Verhältnisse**

Im Grundwassermodell wird angenommen, dass der Speicherkoeffizient zeitlich und räumlich konstant einen Wert von 10% aufweist. Dieser, gegenüber dem Porenanteil von Schottern reduzierte Wert berücksichtigt, dass sich im Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels lokal auch schlechter durchlässige Bereiche befinden können. Es ist jedoch denkbar, dass sich lokal auch gespannte Verhältnisse ausbilden können, wenn der Grundwasserspiegel die Unterkante der Deckschicht erreicht. Die für die Berechnungen verwendete Software FEFLOW wurde deshalb um ein Modul erweitert, welches bei Grundwasserständen unterhalb der Deckschichtunterkante einen Speicherkoeffizienten von 10%, bei Grundwasserständen oberhalb der Deckschichtunterkante (gespannte Bedingungen) einen Speicherkoeffizienten von 1% einsetzt.

### **Durchlässigkeit bei Riedheim<sup>1</sup>**

Bei der Kalibrierung von Grundwassermodellen verbleibt eine Unsicherheit bezüglich der lokalen Heterogenität der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters. Zwischen Rückhalteraum und der Ortslage Riedheim befindet sich eine Zone mit reduzierter Durchlässigkeit, welche die Auswirkungen des Rückhalteraums in Riedheim reduziert. Für diese Zone wurde deshalb die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters gegenüber dem kalibrierten Wert variiert.

### **Leakagewert der geplanten Drainagemaßnahme<sup>1</sup>**

Zur Vermeidung von Grundwasseranstiegen in den Bebauungen Riedheim und Kohlplatte über den Bezugszustand hinaus wird der Bau einer Drainage vorgeschlagen. Drainagen werden im Modell durch eine Cauchy-Randbedingung vorgegeben. Der Leakagewert einer Drainage kann je nach Bauausführung unterschiedlich sein. Bei den Fallstudien wurde ein Leakagewert in der Größenordnung der kalibrierten Leakagewerte der zur Binnenentwässerung der Stauhaltungen angelegten Gräben verwendet. Zur Quantifizierung der Unsicherheit wurde der Wert jeweils um einen Faktor 5 verkleinert und vergrößert.

Die Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der variierten Parameter und deren Variationsfaktoren. Auf eine gleichzeitige Variation mehrerer Parameter wurde verzichtet, da für die Sensitivitätsuntersuchung für die einzelnen Parameter bereits Extremwerte eingesetzt wurden.

---

<sup>1</sup>Nur Rückhalteraum Leipheim

Parameter	Basiswert	Variationsfaktor Planungszustand		Variationsfaktor Bezugszustand	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Deckschichtdurchlässigkeit	$1 \times 10^{-6}$ m/s	0.1	10	0.1	10
Durchlässigkeit Sohle Bagger- seen	$1 \times 10^{-5}$ m/s	0.1	100	0.1	100
Speicherkoeffizient gespannt	10 %	0.1		0.1	
Durchlässigkeit bei Riedheim <sup>1</sup>	$2-4 \times 10^{-3}$ m/s	0.5	2	0.5	2
Leakagewert geplante Drainage <sup>1</sup>	20	0.2	5	-	-

Tabelle 1: Variationsfaktoren der Sensitivitätsanalyse  
<sup>1</sup> nur Rückhalteraum Leipheim

### 3 Bezugszustand

#### 3.1 Übersicht über die Grundwasserbedingungen

Ursprünglich bildete die Donau den Vorfluter für das Grundwasser im Schotter-Grundwasserleiter zwischen Iller und Lech. Mit dem Bau der Staustufen wurde in den Stauhaltungen der Donauspiegel angehoben. An diesen Stellen infiltriert heute Donauwasser ins Grundwasser. Beim Bau der Staustufen wurden deshalb bestehende Gräben ausgebaut oder neue Gräben angelegt, welche das Grundwasser drainieren und unterstrom der Staustufen zurück in die Donau führen. Die Entwässerungsgräben wurden baulich so ausgestaltet, dass sie mit dem Grundwasser in Verbindung stehen.

Die Grundwasserströmung ist generell vom Talrand zur Donau gerichtet. In einigen Talbereichen, z. B. im Donauried, strömt das Grundwasser parallel zur Donau. In Donaunähe sind die Verhältnisse komplexer und stark durch die Anordnung und Höhenlage der Entwässerungsgräben beeinflusst. Bei den Staustufen findet eine Umströmung, mit Infiltration im Stauraum und Exfiltration unterstrom der Staustufe statt. In Folge der Sedimentation von Feinmaterial ist die Sohlendurchlässigkeit der Donau im Stauraum sehr viel kleiner als unterstrom der Staustufe.

Von dem im Modellgebiet durch Grundwasserneubildung, Seitenzuflüssen, Karstzuflüssen und der Infiltration aus Oberflächengewässern anfallenden Grundwasser wird

mehr als die Hälfte durch Drainagegräben und sonstige Nebengewässer der Donau abgeführt. Je etwa ein Fünftel bis ein Viertel des Grundwassers exfiltriert in die Donau oder wird über Brunnen gefördert. Die genaue Aufteilung hängt von den klimatischen Bedingungen ab (vgl. Anlage 5.2).

Bei Hochwasserereignissen in der Donau kommt es, abhängig von der Abflussmenge, zu Ausuferungen beidseitig der Donau. In den überfluteten Flächen gelangt Donauwasser ins Grundwasser, was zu einem zusätzlichen Anstieg der Grundwasserstände führt. Nach dem Hochwasserdurchgang wird dieses Wasser durch die Entwässerungsgräben wieder drainiert und in die Donau zurückgeführt. Unterstrom der Staustufen wirkt die Donau während dem Hochwasser als Infiltrant, nach dem Hochwasser wieder als Drainage.

### **3.2 Maßgebender Bezugszustand**

Als Bezugszustand für die Quantifizierung der Auswirkungen der Planzustände wird jeweils die Situation ohne Projekt betrachtet. Der Bezugszustand ist dabei abhängig vom Hochwasserereignis, bei dem der jeweilige Rückhalteraum eingesetzt wird (siehe Erläuterungsbericht zum Raumordnungsantrag).

- Einsatz des Rückhalteriums bei Extremhochwasser: Im Bezugszustand wird die Hochwasserwelle HQextrem gemäß Kapitel 2.2 und die daraus im hydraulischen Modell resultierende zeitabhängige Überschwemmungsfläche als Randbedingung verwendet.
- Einsatz des Rückhalteriums zur Unterstützung des Grundschatzes: Im Bezugszustand wird die Hochwasserwelle HQ 100+15% gemäß Kapitel 2.2 und die daraus im hydraulischen Modell resultierende zeitabhängige Überschwemmungsfläche als Randbedingung verwendet.
- Ökologische Flutung an Waldstandorten / Vermeidung externer Ausgleich: Für die Berechnung wird die Hochwasserwelle bei einem kleineren Hochwasser (mittlerer Tagesabfluss bei Dillingen 423 m<sup>3</sup>/s) am 03.03.2015 als Bezugszustand verwendet (Abbildung 3). Dieses Hochwasser fand in einem Zeitraum mit mittleren Grundwasserständen statt. Hochwasserabflüsse dieser Größenordnung treten etwa 3 bis 4-mal jährlich auf. Das Hochwasserereignis vom 03.03.2015 wird im Folgenden als HQ 0,3 bezeichnet.

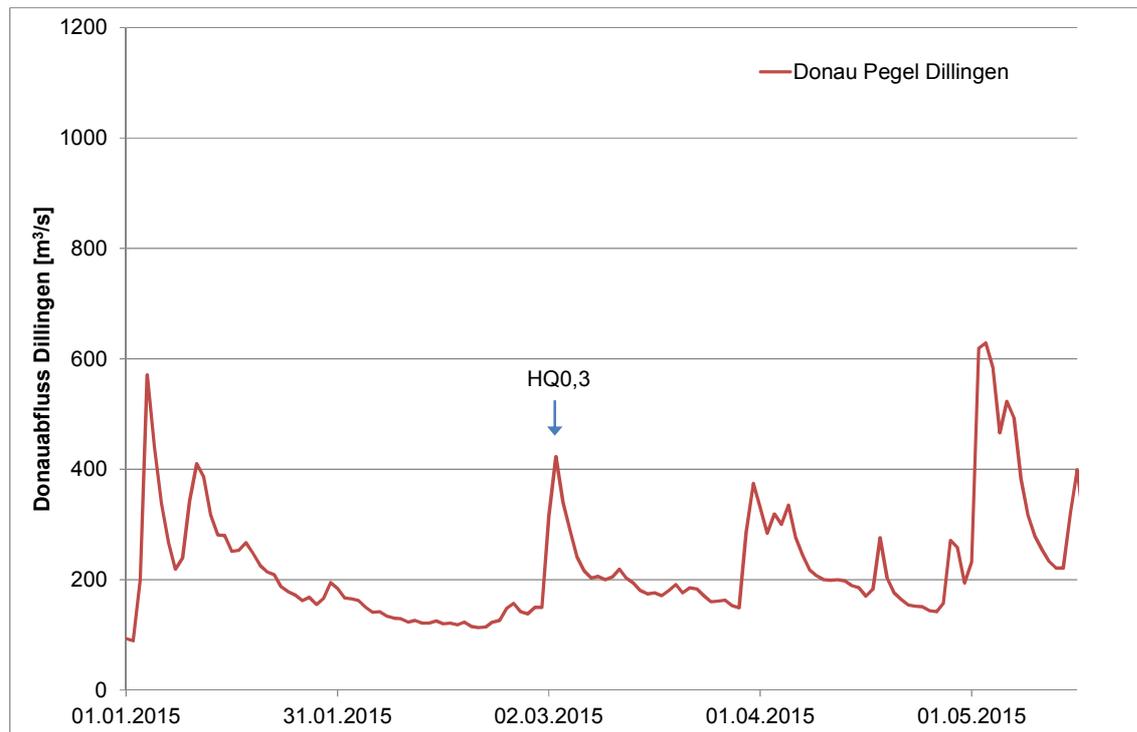


Abbildung 3: Abflussganglinie der Donau bei Dillingen im Frühjahr 2015

Tabelle 2 listet für jeden Rückhalteraum die Bezugszustände auf, welche im Folgenden dokumentiert werden

Rückhalteraum	HQextrem	HQ 100+15%	HQ 0,3
Leipheim	x		x
Helmeringen	x		x
Neugeschüttwörth	x		
Bischofswörth -Christianswörth			x
Zankwert			x
Tapfheim		x	
Donauwörth		x	

Tabelle 2: Dokumentierte Bezugszustände der Rückhalteräume

Für die Berechnung der Auswirkungen werden also drei unterschiedliche Bezugszustände für verschiedene Hochwasserdurchgänge benötigt. Die Bezugszustände wurden auf der Grundlage des kalibrierten Modells aufgebaut. Das Modell wurde im Bereich der Rückhalteräume in feinere Elemente unterteilt, damit mögliche Maßnahmen wie zum Beispiel Dichtwände oder Drainagegräben nachgebildet werden können.

Im Folgenden werden die Grundwasserverhältnisse und Flurabstände für die betrachteten Bezugszustände jedes Rückhalteraums kurz erläutert. Dabei werden jeweils die Grundwasserstände und Fließrichtungen eines Zustands kurz nach dem Hochwasserdurchgang, sowie die minimalen Flurabstände während des Hochwasserdurchgangs durch Abbildungen illustriert.

### **3.3 Rückhalteraum Leipheim**

Der Rückhalteraum Leipheim wird für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Region bei Extremhochwasser (Projektteilziel 1) und für ökologische Flutungen an Waldstandorten als ökologischer Ausgleich (Projektteilziel 5) eingesetzt. Im Folgenden werden die Bezugszustände beim HQ 0.3 und HQextrem dargestellt.

Nach dem Durchgang des HQ 0,3 im Jahr 2015 herrschen im Gebiet des Rückhalteraums etwa mittlere Grundwasserstände. Zwischen Weissingen und Riedheim ist die Grundwasserströmung parallel zur Donau gerichtet. Aus der Stauhaltung der Staustufe Leipheim infiltriert Wasser ins Grundwasser und strömt in nördliche Richtung zum Entwässerungsgraben. Unterstrom der Staustufe wirkt die Donau als Vorfluter (Abbildung 4).

Bei einem Extremhochwasser (HQextrem) wird das Gelände beidseitig der Donau überflutet. Die Überflutung bewirkt einen Anstieg des Grundwasserstandes, insbesondere dort, wo die Überflutung einen Baggersee erreicht (See nordöstlich Weissingen, Griessee, See südwestlich Riedheim). Von den Flächen mit hohem Grundwasserstand breitet sich der Grundwasseranstieg aus. Da der Entwässerungsgraben überflutet ist, wirkt er nicht als Drainage (Abbildung 5).

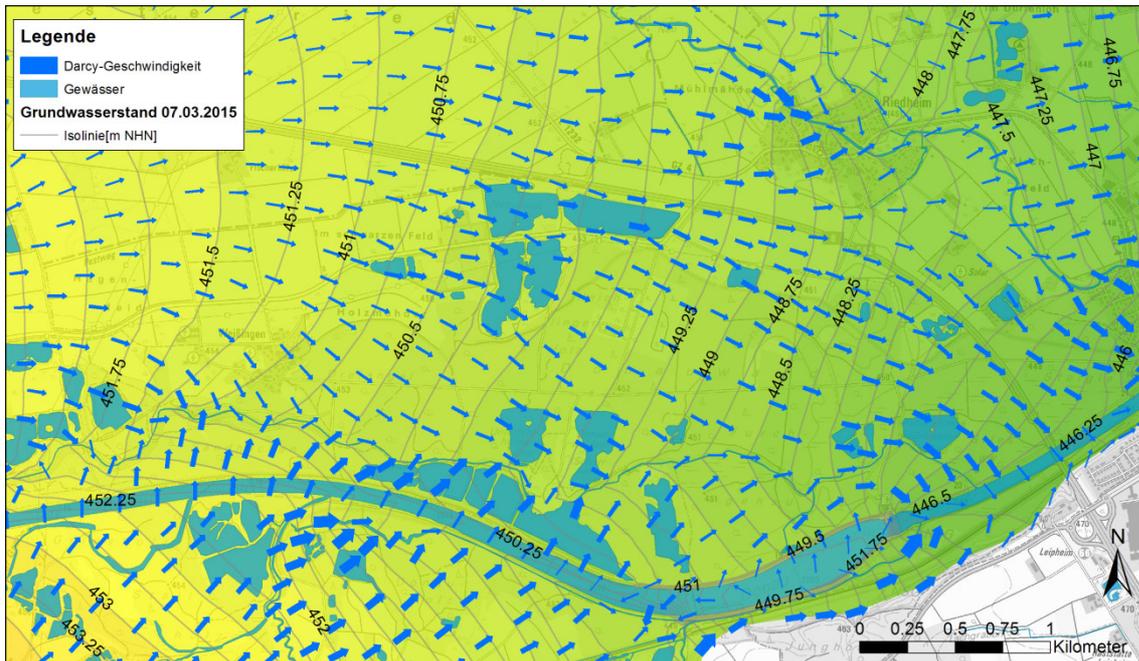


Abbildung 4: Grundwassersituation am 07.03.2015, nach Durchgang des HQ 0,3.

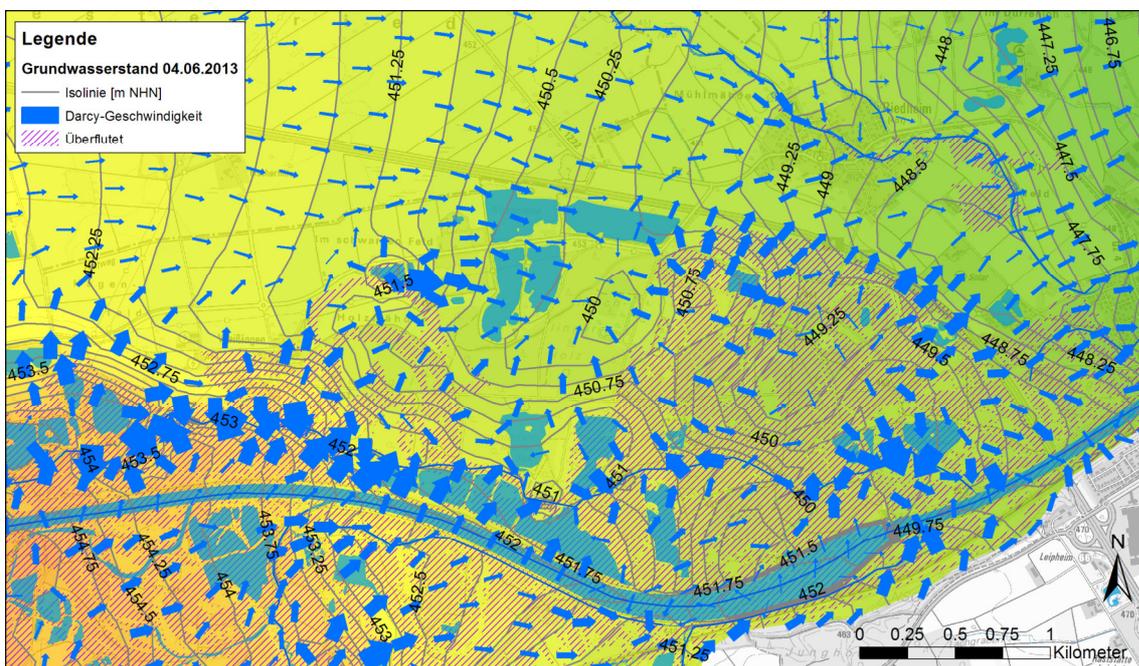


Abbildung 5: Grundwassersituation nach Durchgang des HQextrem.

Der Flurabstand beträgt beim Durchgang des HQ 0,3 im Jahr 2015 in Weissingen etwa 3 m, in Riedheim etwa 2 m (Abbildung 6). Beim Durchgang des HQextrem vermindert sich der Flurabstand in Weissingen kurzzeitig um etwa 2 m, in Riedheim um 1 m, so

dass die Flurabstände minimal noch etwa 1 m betragen. In den Gebieten nördlich der Autobahn wird der Flurabstand kleiner als 1 m. Bei der Feriensiedlung Unterwörthsee und bei den Trinkwasserbrunnen der Stadt Leipheim steigt der Grundwasserstand über die Geländeoberfläche an (Abbildung 7).

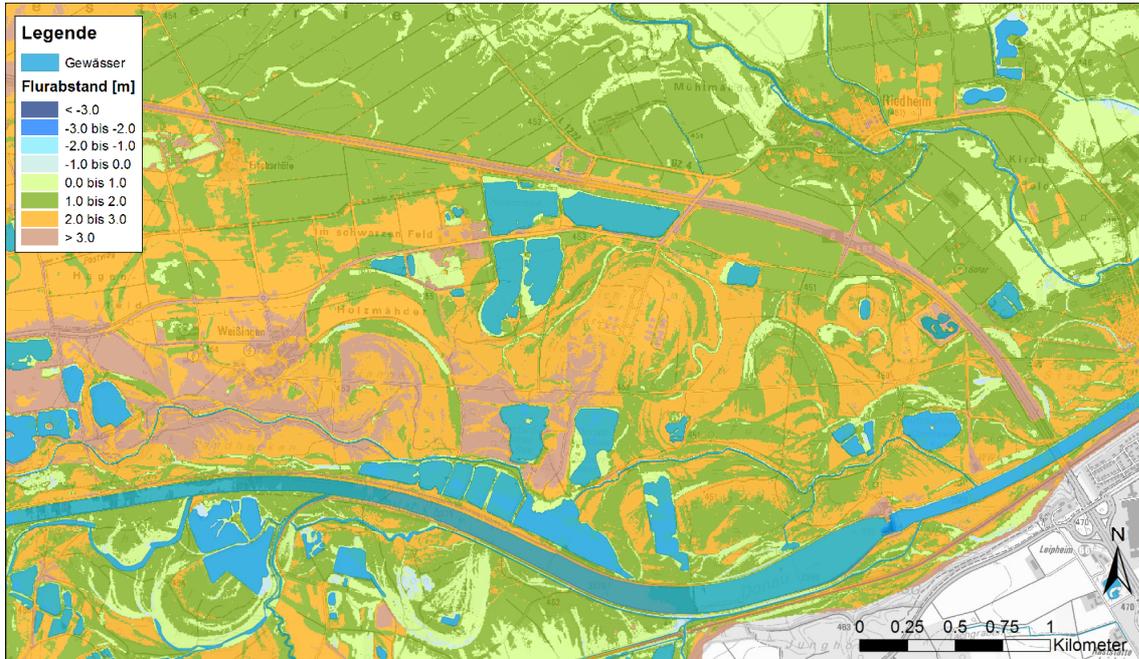


Abbildung 6: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQ 0,3

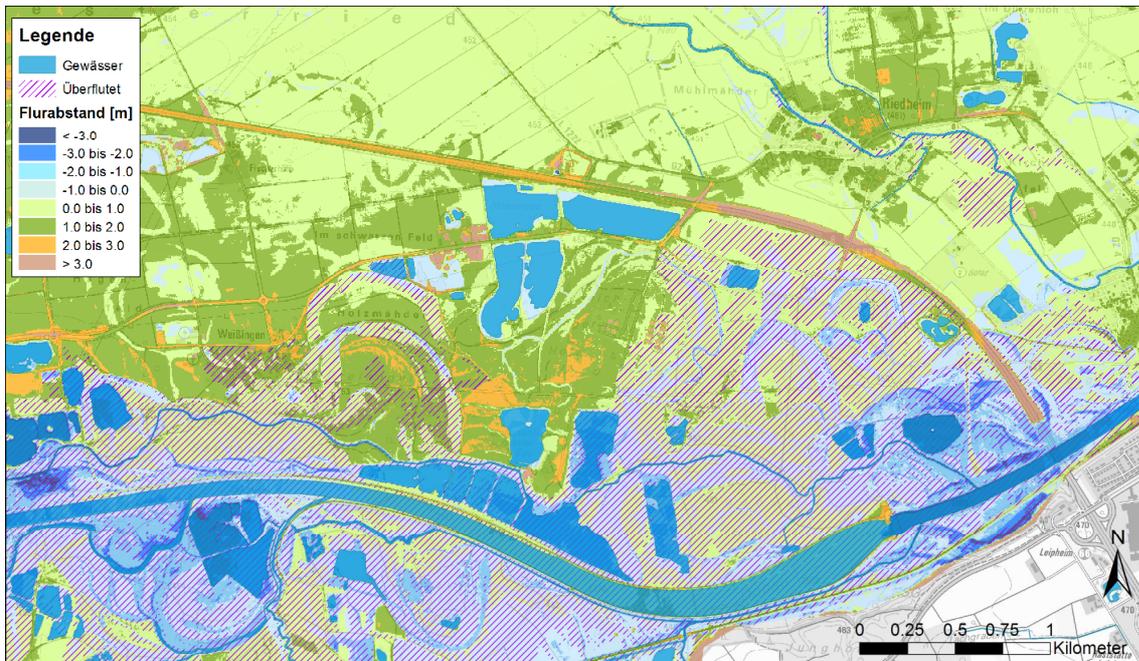


Abbildung 7: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQextrem

### 3.4 Rückhalteraum Helmeringen

Der Rückhalteraum Helmeringen wird für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Region bei Extremhochwasser (Projektteilziel 1) und für ökologische Flutungen an Waldstandorten als ökologischer Ausgleich (Projektteilziel 5) eingesetzt. Ein Einsatz ist auch bei Hochwasserereignissen ab HQ10 bei Extremhochwasser im unterstrom liegenden Donauabschnitt möglich (Projektteilziel 3). Im Folgenden werden die Bezugszustände beim HQ 0.3 und HQextrem dargestellt.

Nach dem Durchgang des kleineren Hochwassers im Jahr 2015 (HQ 0.3) herrschen im Gebiet des Rückhalteraus etwa mittlere Grundwasserstände. Die Grundwasserströmung ist etwa von Süden nach Norden gerichtet. Aus dem Stauraum infiltriert Wasser ins Grundwasser und wird durch die Entwässerungsgräben drainiert, unterstrom der Staustufe wirkt die Donau als Vorfluter (Abbildung 8).

Bei einem Extremhochwasser (HQextrem) wird das Gelände beidseitig der Donau überflutet. Dies führt zu einem Grundwasseranstieg, insbesondere dort wo sich Gräben oder Baggerseen befinden (Abbildung 9).

Der minimale Flurabstand beträgt beim Durchgang eines kleinen Hochwassers etwa 2 - 3 m, in den tieferliegenden Bereichen steht das Grundwasser an der Oberfläche an (Abbildung 10). Bei einem HQextrem vermindert sich der Flurabstand praktisch überall auf unter einen Meter (Abbildung 11).

Auf den Abbildungen ist am Nordrand die Geländestufe von der Niederterrasse zur Hochterrasse erkennbar. Der Grundwasserstand ist auf der Hochterrasse deutlich höher. Da die Geländestufe markanter ist als der Unterschied des Grundwasserstands, ist der Flurabstand auf der Hochterrasse grösser.

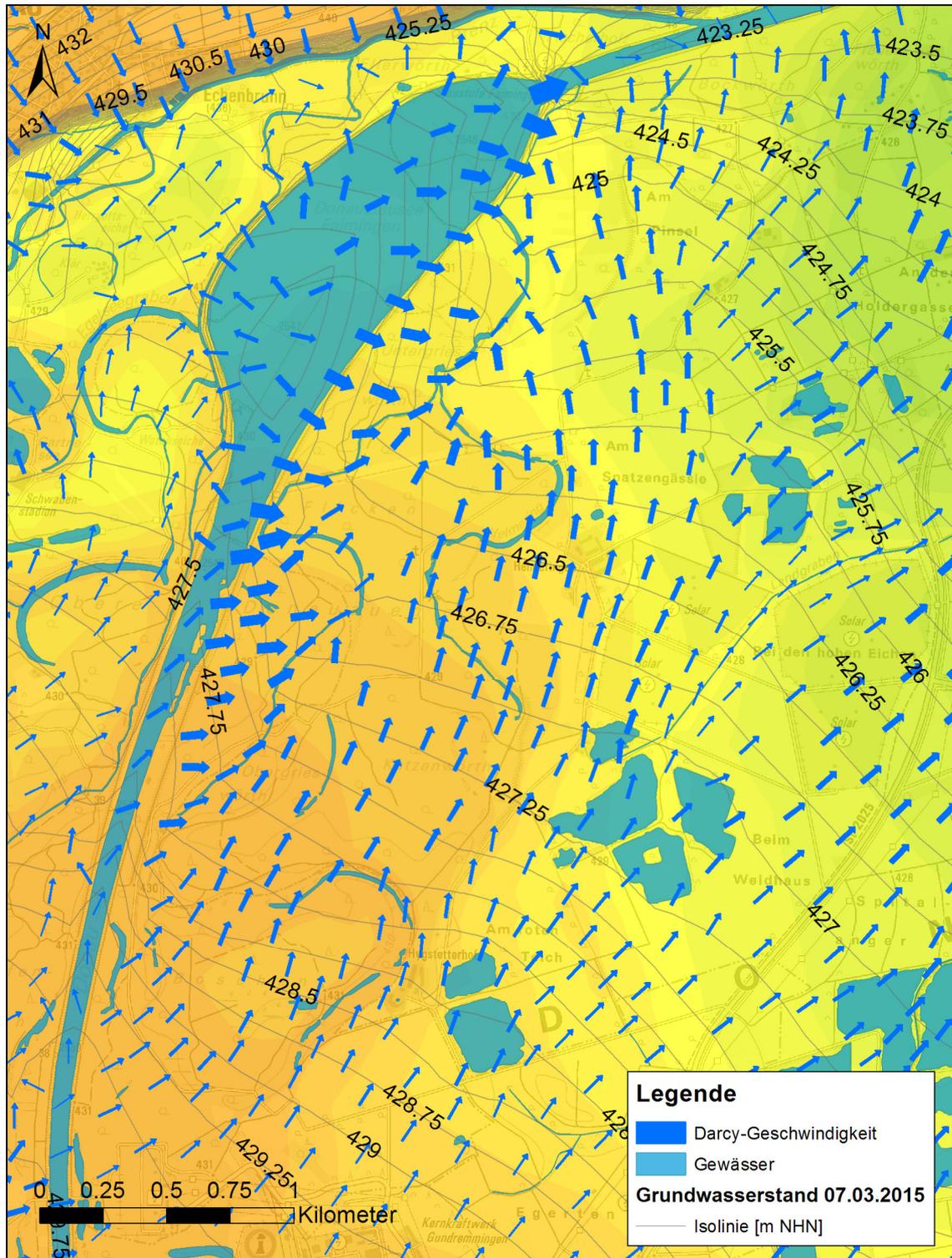


Abbildung 8: Grundwassersituation nach Durchgang des HQ 0,3

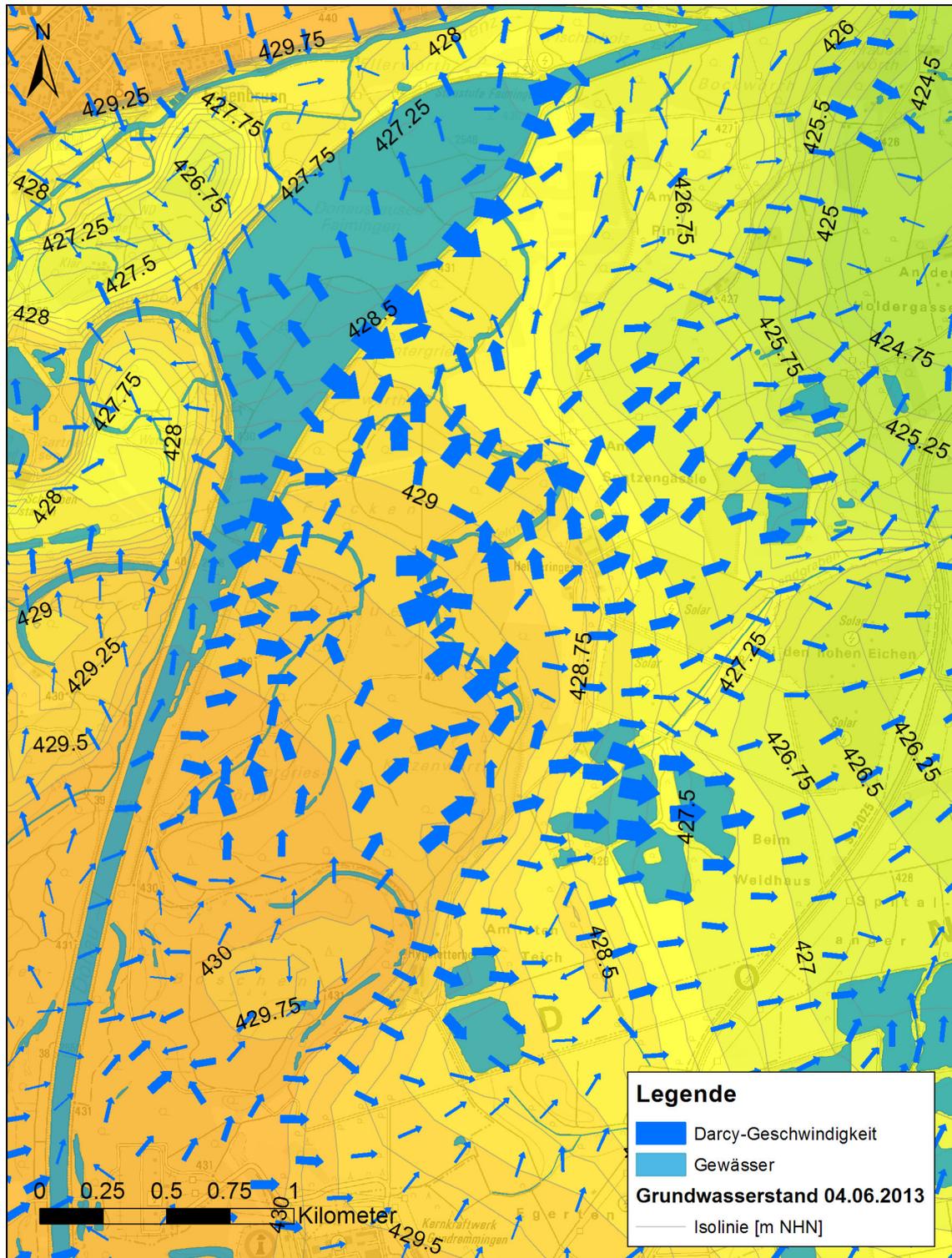


Abbildung 9: Grundwassersituation nach Hochwasserdurchgang HQextrem

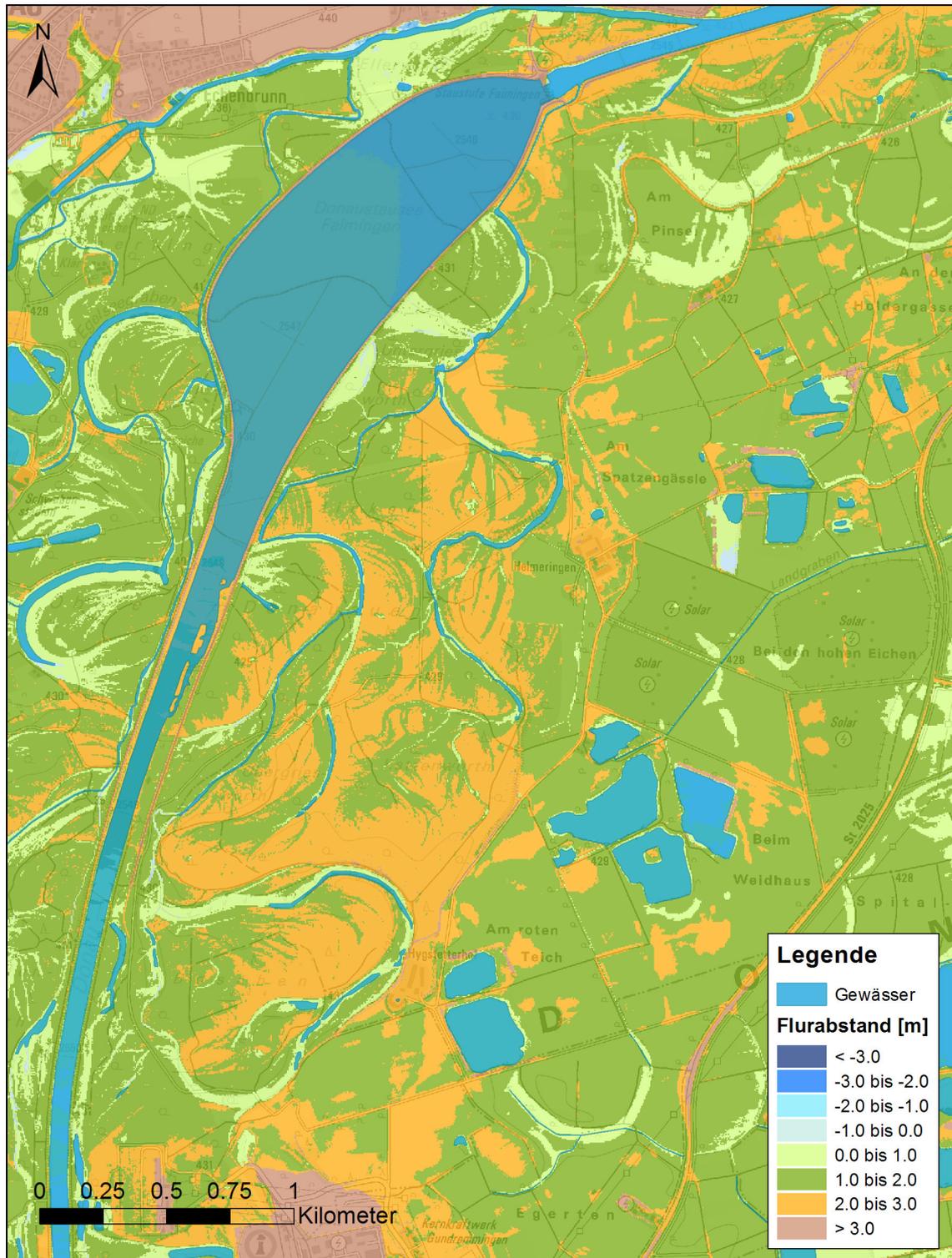


Abbildung 10: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQ 0,3

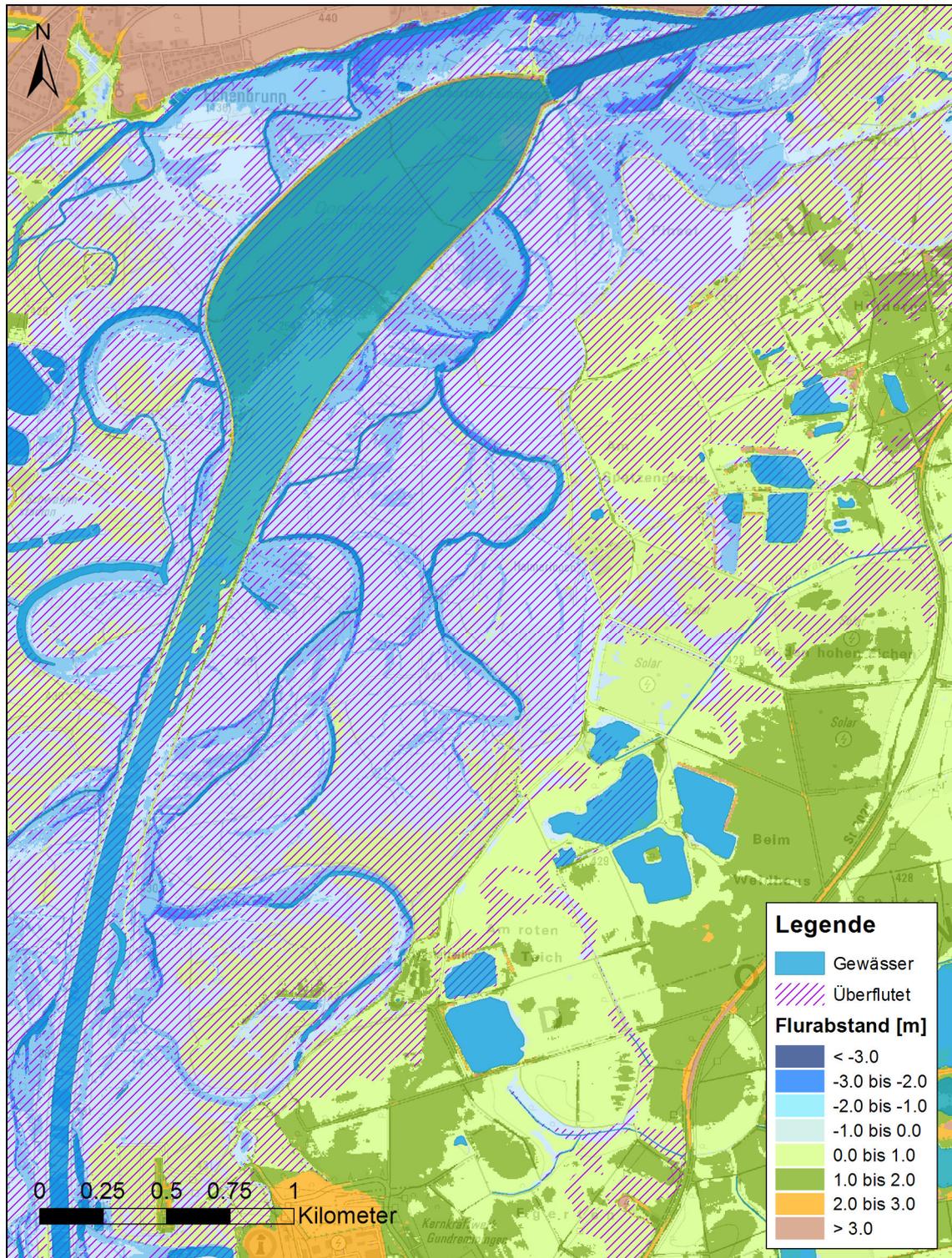


Abbildung 11: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQextrem

### **3.5 Rückhalteraum Neugeschüttwörth**

Der Rückhalteraum Neugeschüttwörth wird für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Region bei Extremhochwasser (Projektteilziel 1) eingesetzt. Im Folgenden wird der Bezugszustand beim HQextrem dargestellt.

Bei einem Extremhochwasser wird das Gebiet des Rückhalterausms Neugeschüttwörth durch den Riedstrom überflutet. Aus den überfluteten Flächen, insbesondere entlang der Gräben, gelangt Wasser ins Grundwasser und strömt seitlich ab. Die Gräben im nicht überfluteten Bereich wirken als Drainagen. Da nach dem Hochwasserdurchgang die Wasserspiegel im Unterwasser der Donau und dem donanahen Entwässerungsgraben schnell wieder sinken, wirken sie im dargestellten Zeitpunkt (Abbildung 12) bereits wieder als Vorfluter.

Die Grundwasserstände steigen bei Durchgang des Riedstroms stellenweise bis über die Geländeoberfläche an. Die Flurabstände betragen im ganzen Gebiet zwischen der Donau und dem Talrand zwischen 0 und 1m.

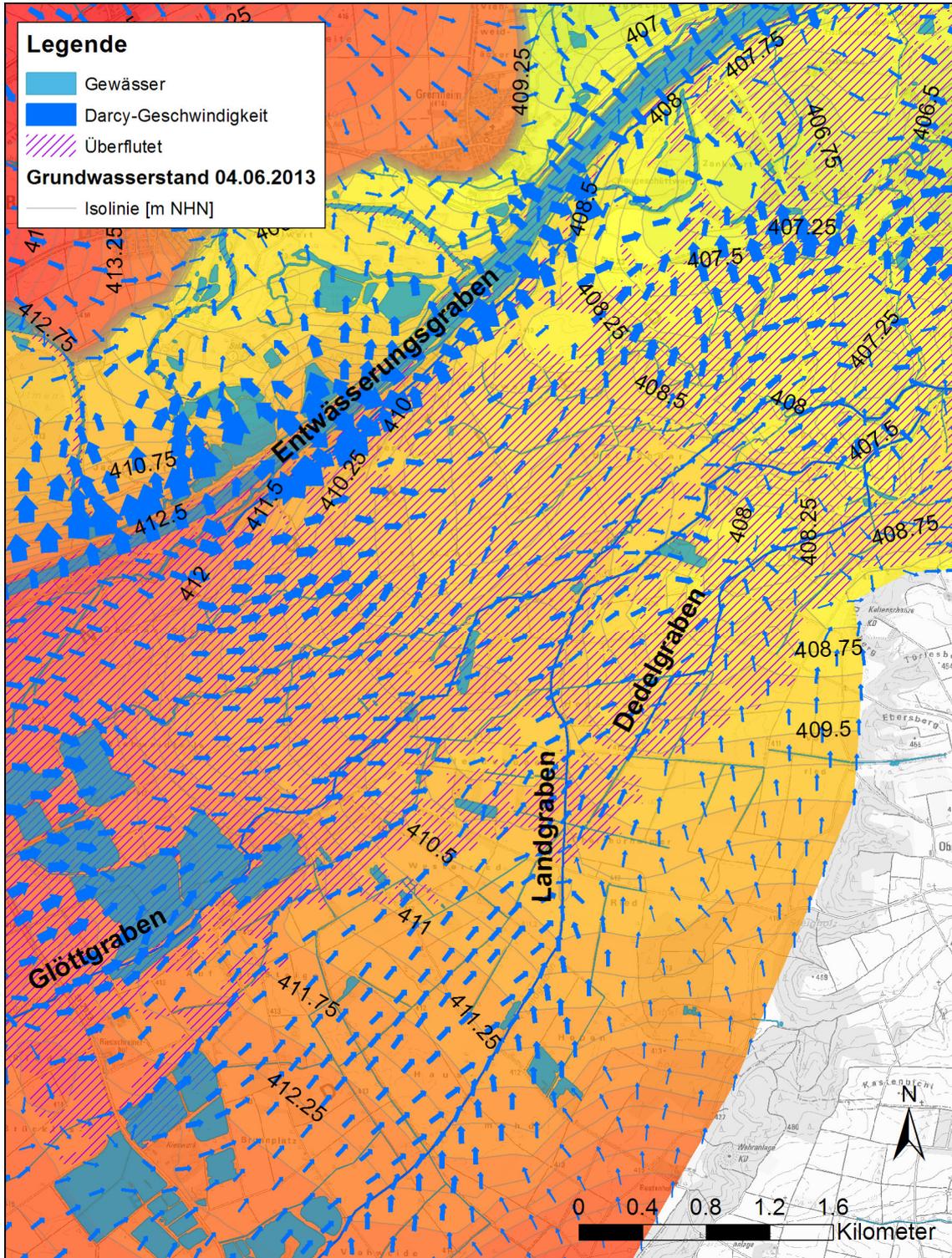


Abbildung 12: Grundwassersituation nach Hochwasserdurchgang HQextrem

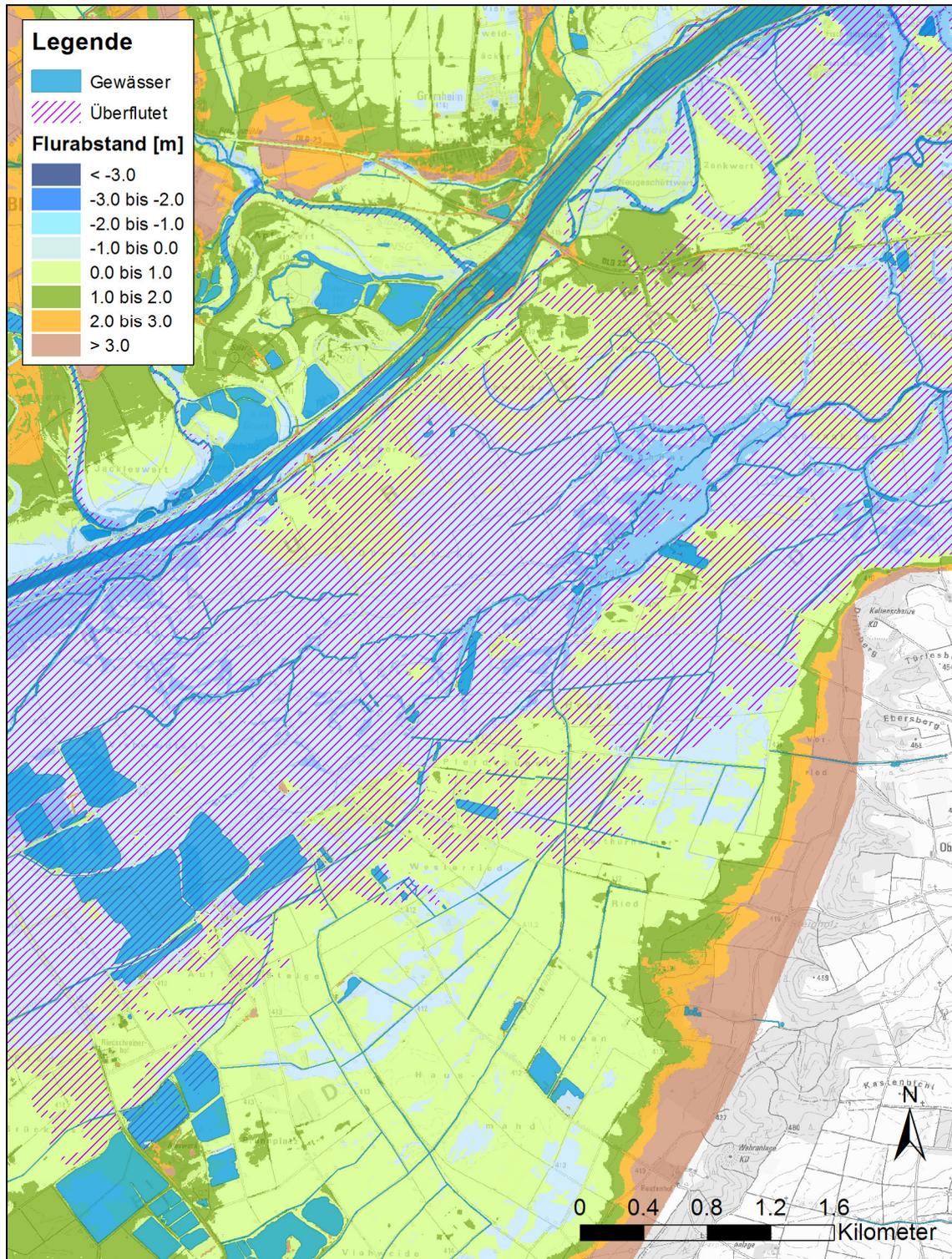


Abbildung 13: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs HQextrem

### 3.6 Rückhalteraum Bischofswörth – Christianswörth

Der Rückhalteraum Bischofswörth - Christianswörth wird für ökologische Flutungen an Waldstandorten (Projektteilziel 5) eingesetzt. Im Folgenden wird der Bezugzustand beim HQ 0,3 dargestellt.

Bei der Staustufe Dillingen sind die Entwässerungsgräben beidseitig der Donau nahe bei der Donau angeordnet. Das aus der Staustufe Dillingen infiltrierende Wasser wird dort drainiert. Außerhalb der Gräben ist die Strömung im Bereich der Staustufe parallel zur Donau gerichtet. Unterhalb der Staustufe wirkt die Donau als Vorfluter.

Der Flurabstand beträgt auf beiden Seiten der Donau 1 bis 2 m. In Abhängigkeit der Geländehöhe ist er lokal etwas kleiner oder grösser.

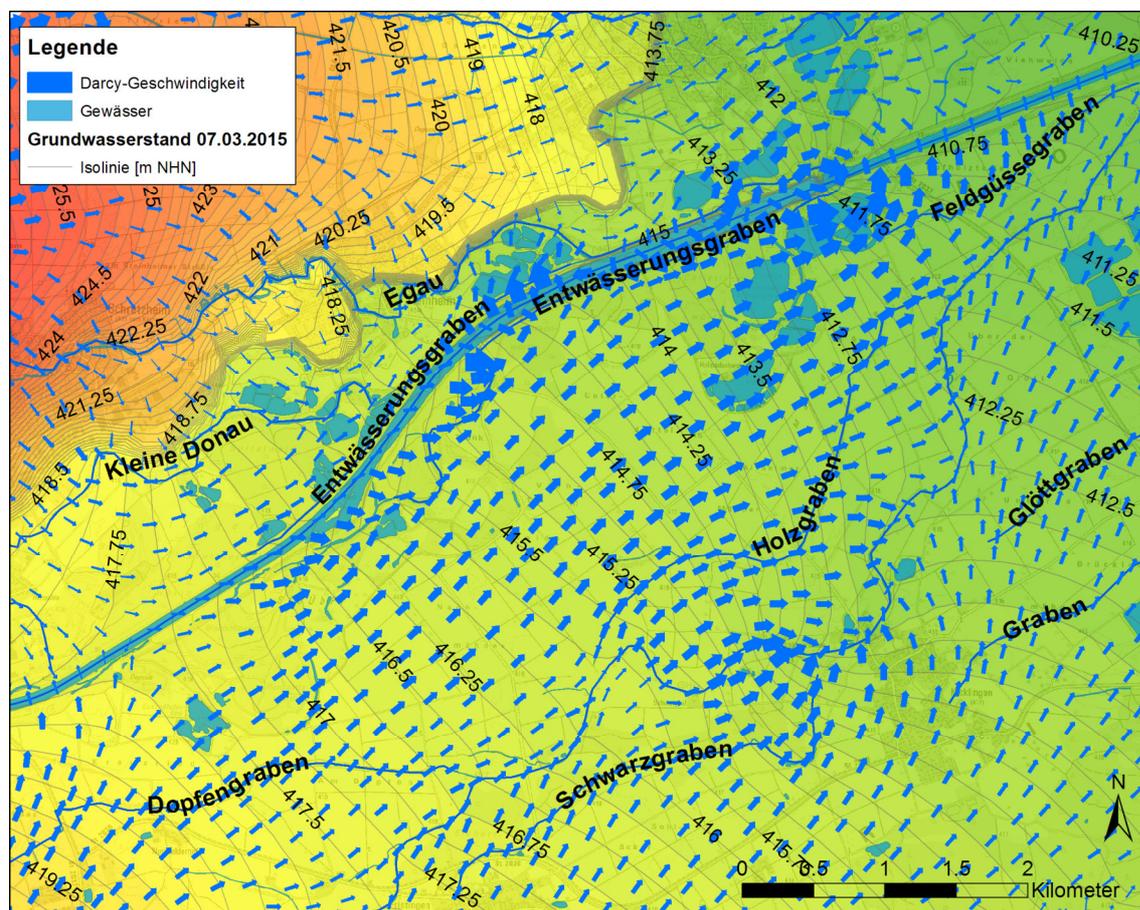


Abbildung 14: Grundwassersituation nach Durchgang des HQ 0,3

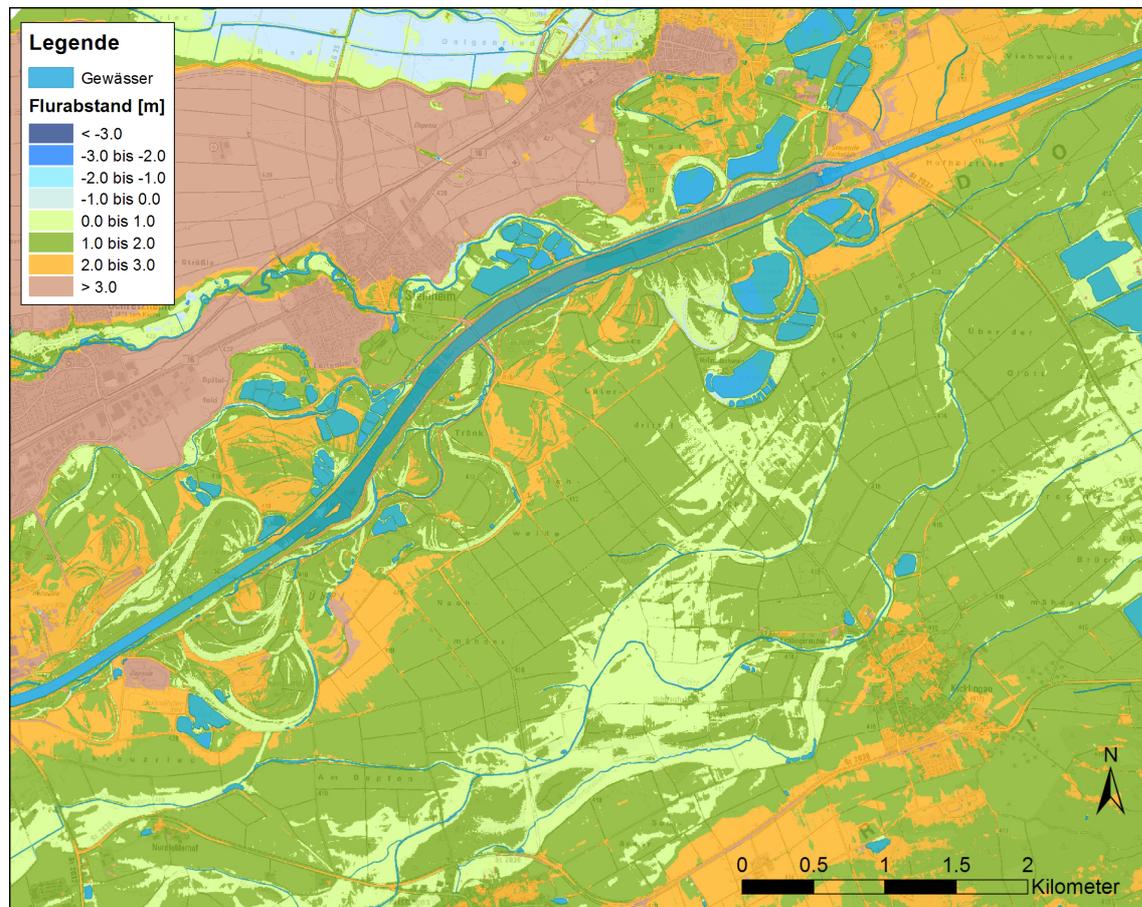


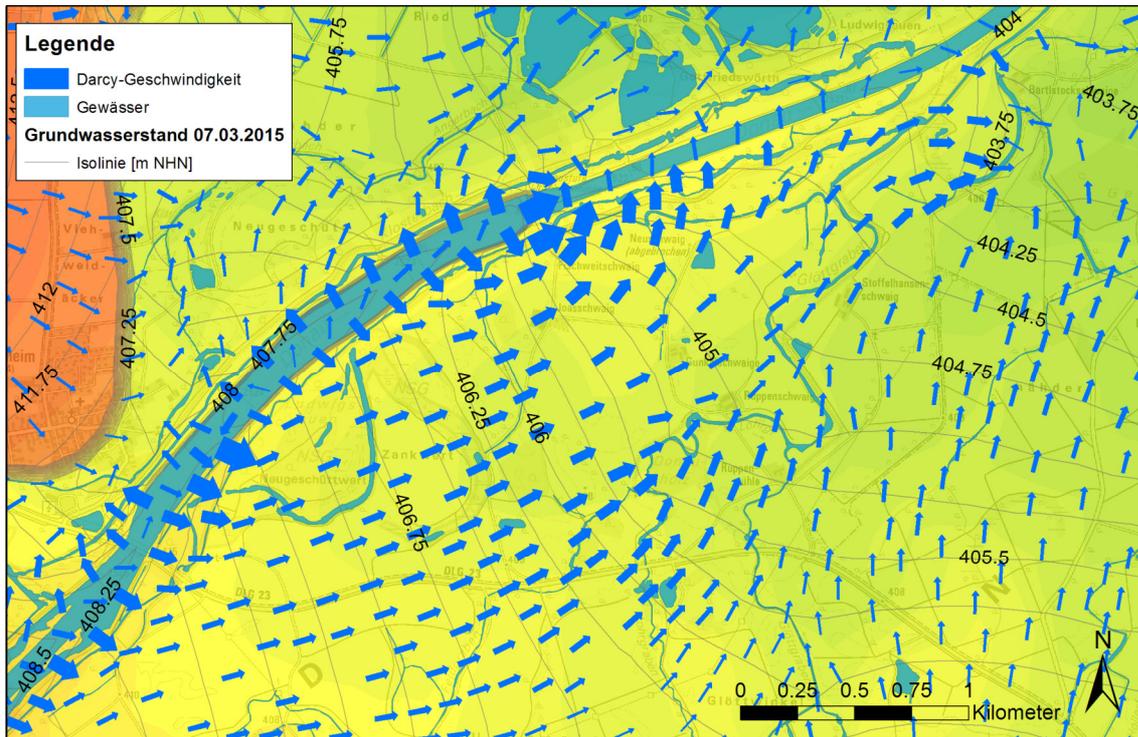
Abbildung 15: Minimaler Flurabstand beim Durchgang des HQ 0,3

### 3.7 Rückhalteraum Zankwert

Der Rückhalteraum Zankwert wird für ökologische Flutungen an Waldstandorten (Projektteilziel 5) eingesetzt. Im Folgenden wird der Bezugszustand beim HQ 0,3 dargestellt.

Nach dem Durchgang des HQ 0,3 im Jahr 2015 liegen im Gebiet des Rückhalterausms etwa mittlere Grundwasserstände vor. Das aus dem Stauraum der Staustufe Schwenningen ins Grundwasser infiltrierende Wasser gelangt entweder in die beidseitig der Donau angeordneten Entwässerungsgräben oder wird unterhalb der Staustufe von der Donau drainiert. Bereits etwa 1 km unterstrom der Staustufe infiltriert wieder Wasser aus der Donau ins Grundwasser. Gleichzeitig strömt Grundwasser von den beiden Talseiten zur Donau hin. Dieses Wasser wird durch verschiedene Gräben drainiert.

Die Flurabstände betragen linksseitig der Donau etwa einen Meter. Rechtsseitig der Donau betragen die Flurabstände beim Durchgang eines HQ 0,3 zwischen 0 und 2 m.



### **3.8 Rückhalteraum Tapfheim**

Der Rückhalteraum Tapfheim wird zur Unterstützung des Grundschutzes eingesetzt. Im Folgenden wird der Bezugszustand bei HQ 100+15% dargestellt.

Bei einem Durchgang eines HQ100+15% sind südlich der Donau große Gebiete überflutet, auf der nördlichen Seite betrifft es nur das Vorland (unter der Annahme, dass der vorhandene Altdeich nicht bricht). In den gefluteten Gebieten wird das Grundwasser insbesondere entlang der Gräben gespeist. Zusätzlich infiltriert auf der gesamten Länge der Donau Wasser ins Grundwasser. Der Grundwasserstand wird deshalb südlich der Donau stark angehoben. Nördlich der Donau wird der Grundwasseranstieg durch verschiedene Gräben und den Krumbach abgedämpft.

Beim Durchgang eines HQ100+15% steigt der Grundwasserstand in Donaunähe über die Geländehöhe. In der Donauniederung zwischen der Bebauung Tapfheim und dem Altdeich beträgt der Flurabstand noch etwa einen Meter.

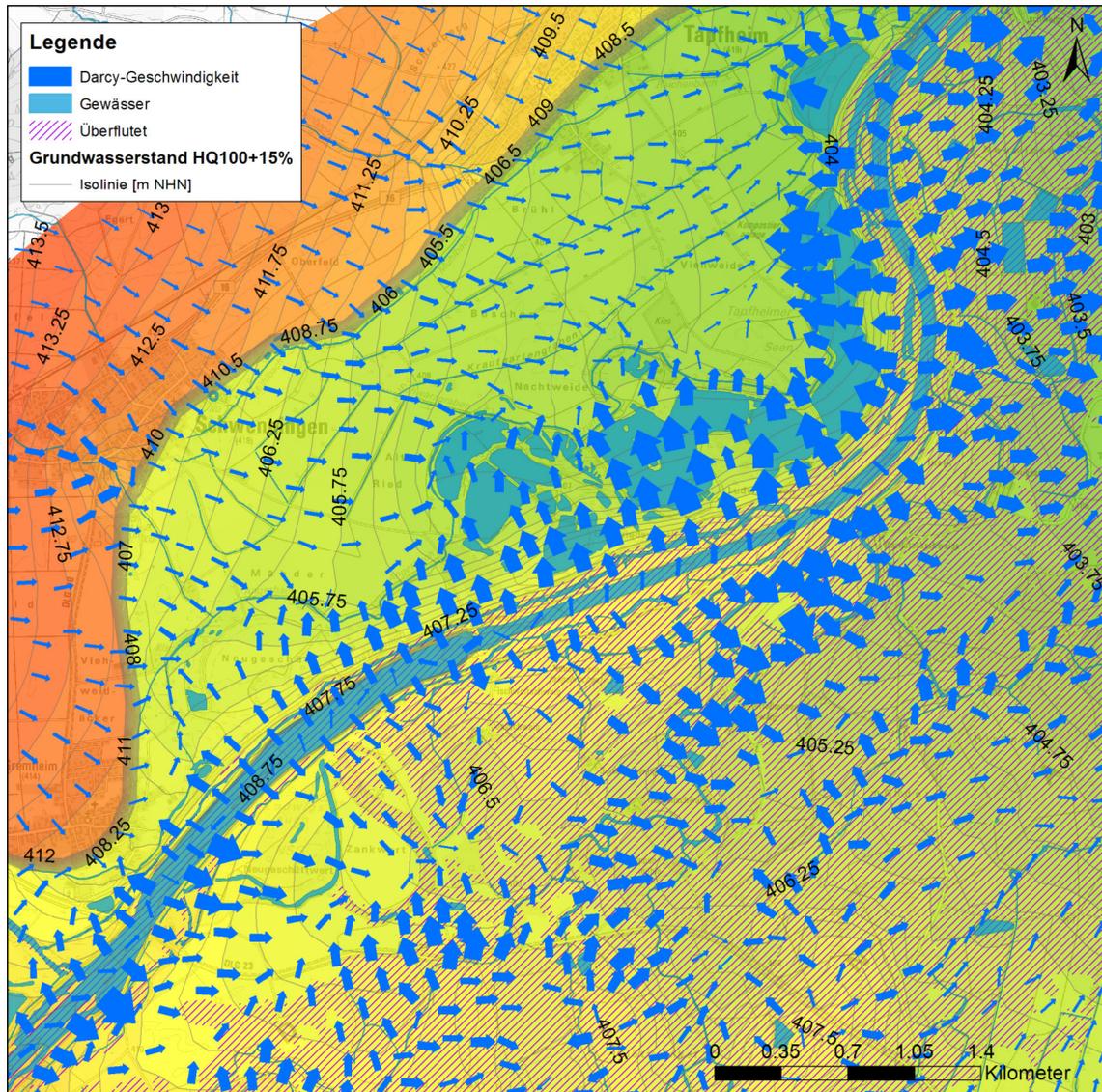


Abbildung 18: Grundwassersituation nach Durchgang eines HQ100+15%

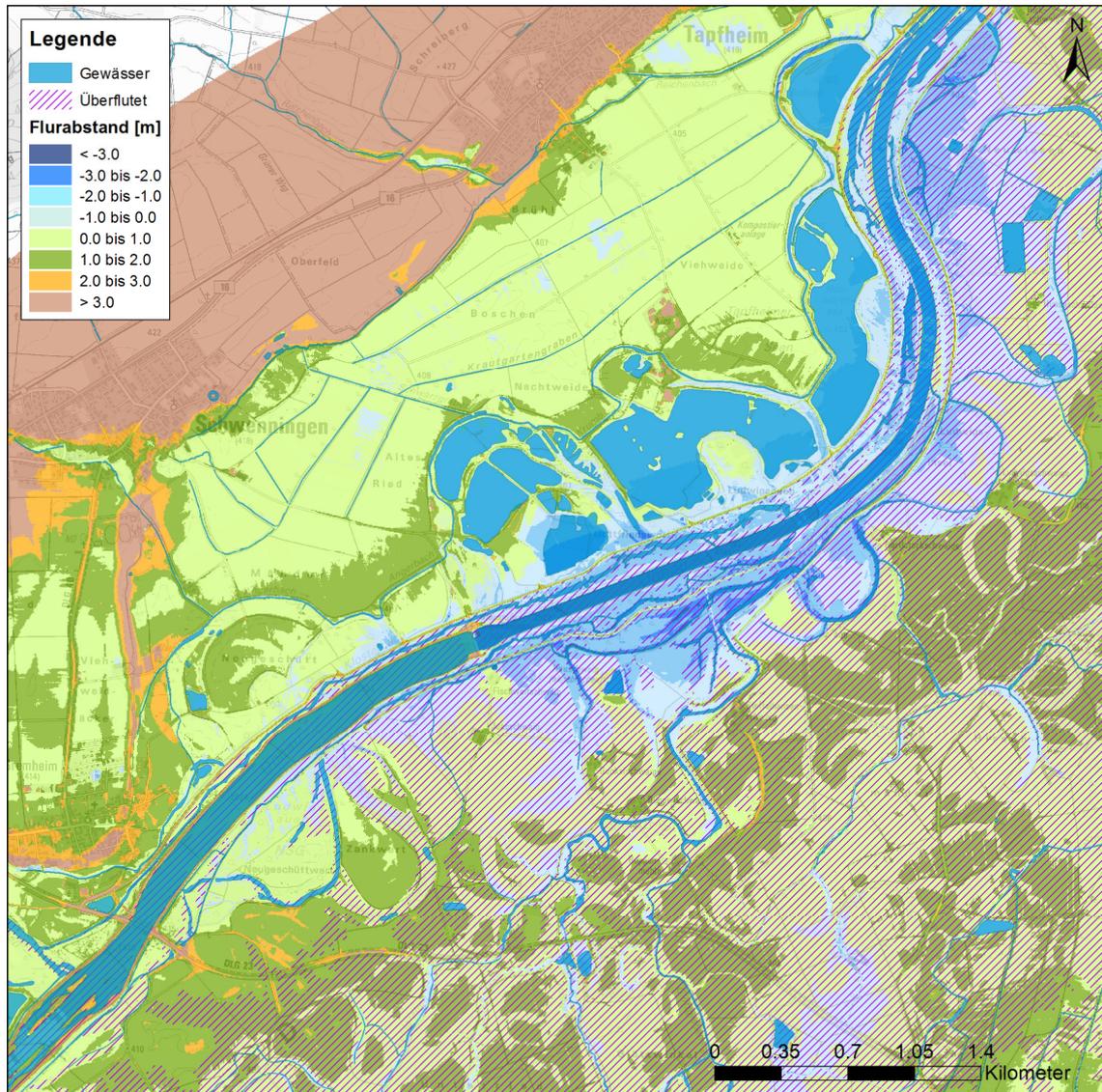


Abbildung 19: Minimaler Flurabstand beim Durchgang eines HQ100+15%

### 3.9 Rückhalteraum Donauwörth

Der Rückhalteraum Donauwörth wird zur Unterstützung des Grundschutzes eingesetzt. Im Folgenden wird der Bezugszustand bei HQ 100+15% dargestellt.

Bei einem Durchgang eines HQ 100+15% sind südlich der Donau große Gebiete überflutet, auf der nördlichen Seite betrifft es nur das Vorland. In den überfluteten Gebieten gelangt über die Gräben Wasser ins Grundwasser. Zusätzlich führt während des Hochwasserereignisses auch die Kessel Hochwasser und speist das Grundwasser. Der Grundwasserstand steigt deshalb beim Hochwasserereignis stark an, so dass er in

Donaunähe über dem Gelände liegt. Südlich des Posthofs beträgt der minimale Flur-  
abstand weniger als einen Meter. Nördlich davon steigt er bis auf etwa 3 m an.

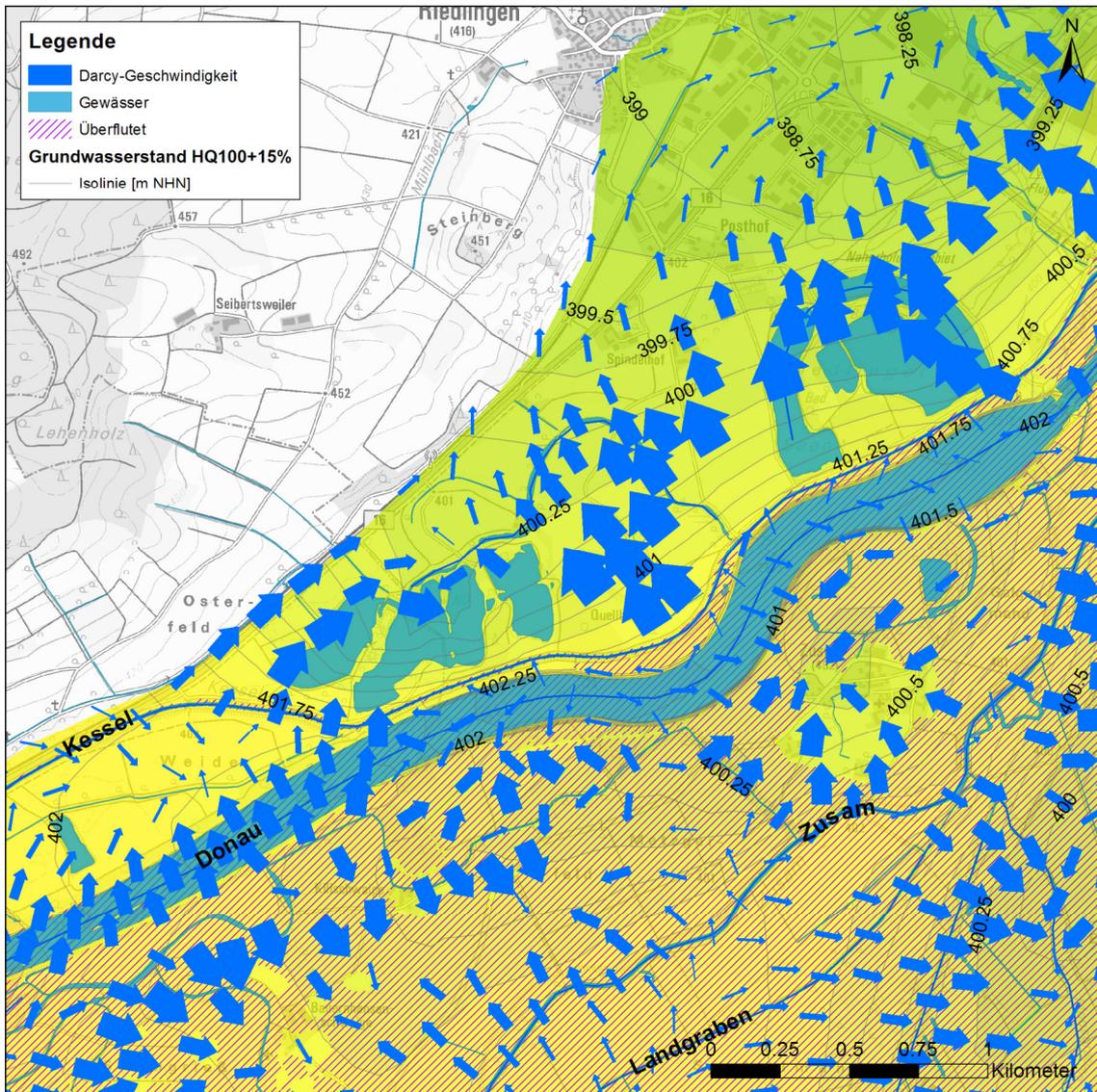


Abbildung 20: Grundwassersituation nach Durchgang eines HQ100+15%

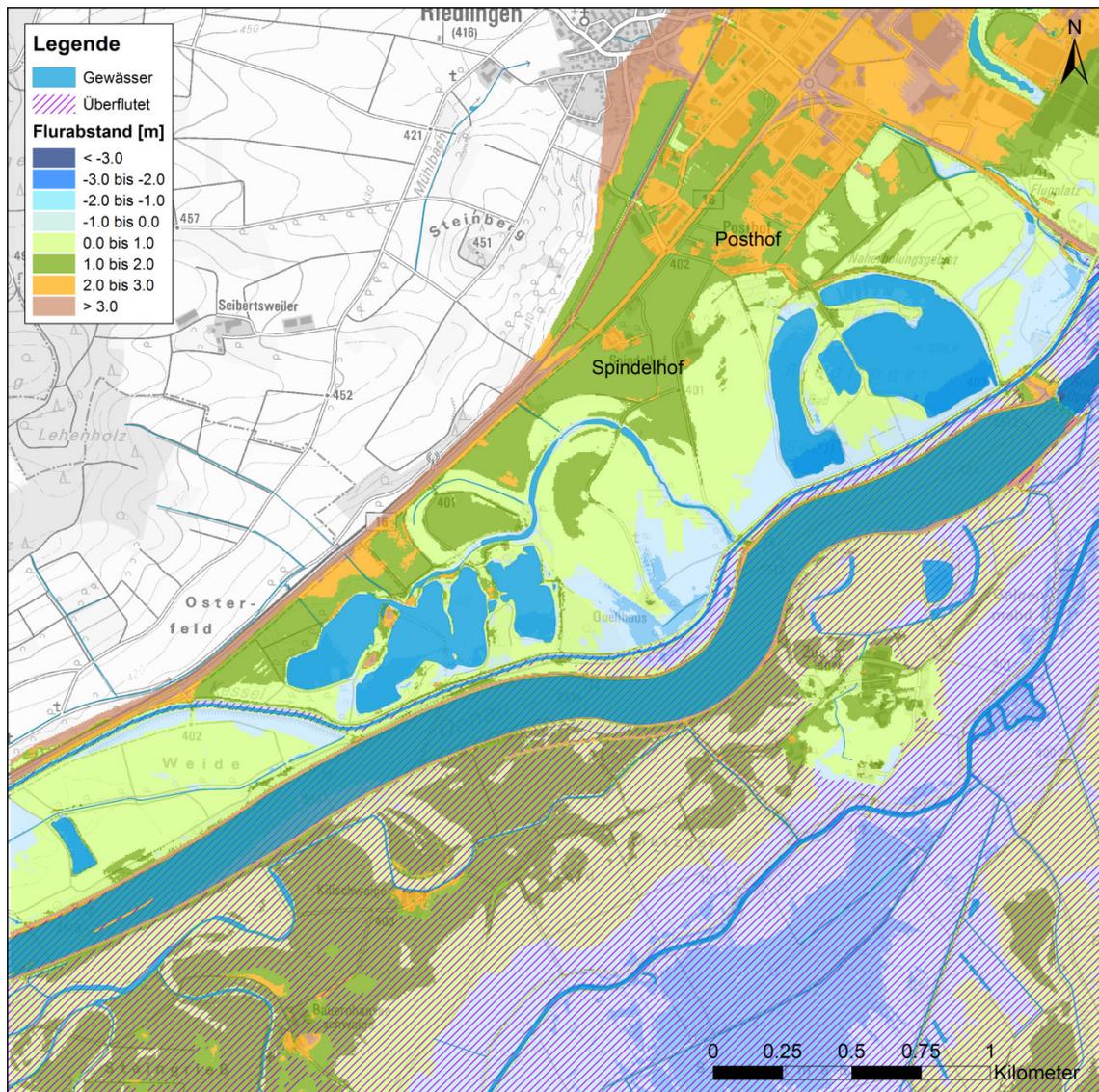


Abbildung 21: Minimaler Flurabstand beim Durchgang eines HQ100+15%





beaufschlagt. Es werden ökologische Flutungen mit  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  (ROVar A) und  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (ROVar B) vorgeschlagen. Zur Quantifizierung der maximalen Auswirkungen auf das Grundwasser genügt es, die Variante mit  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  zu untersuchen.

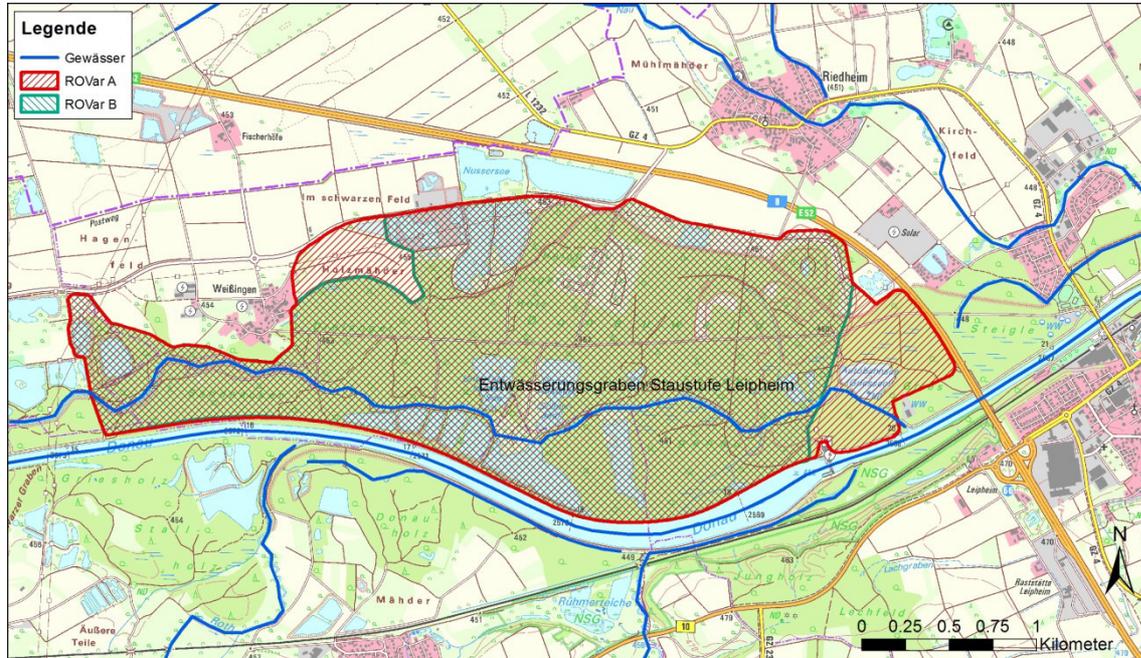


Abbildung 24: Varianten ROVar A und ROVar B

#### 4.1.4 Variante ROVar A, Einsatz bei HQextrem

##### 4.1.4.1 Randbedingungen

Zur Quantifizierung der Auswirkungen der Variante ROVar A wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Dabei werden vor und nach dem HQextrem die gleichen Randbedingungen vorgegeben wie bei der Kalibrierung für das Jahr 2013. Während des Hochwasserdurchgangs werden die instationären Randbedingungen in den Überflutungsflächen und den Gewässern aus dem hydraulischen Modell übernommen. Die restlichen Randbedingungen (Grundwasserneubildung, Seitenzuflüsse, Karstzuflüsse, Entnahmemengen, Fixpotentiale) sind gleich wie bei der Kalibrierung.

##### 4.1.4.2 Maßnahmen

Zur Vermeidung von Grundwasseranstiegen in den Bebauungen Riedheim und Kohlplatte über den Bezugzustand hinaus sind Maßnahmen erforderlich. Im Grundwassermodell wurden deshalb die Wirkungen verschiedener Maßnahmen untersucht:

- Absenkung des Wasserspiegels im Baggersee westlich Riedheim,
- Grundwasserabsenkung über Brunnen bei der Feriensiedlung am Unterwörthsee westlich der Kohlplatte und bei der Landeswasserversorgung Stuttgart,
- Drainage entlang der Nordostgrenze des Rückhalterraums.

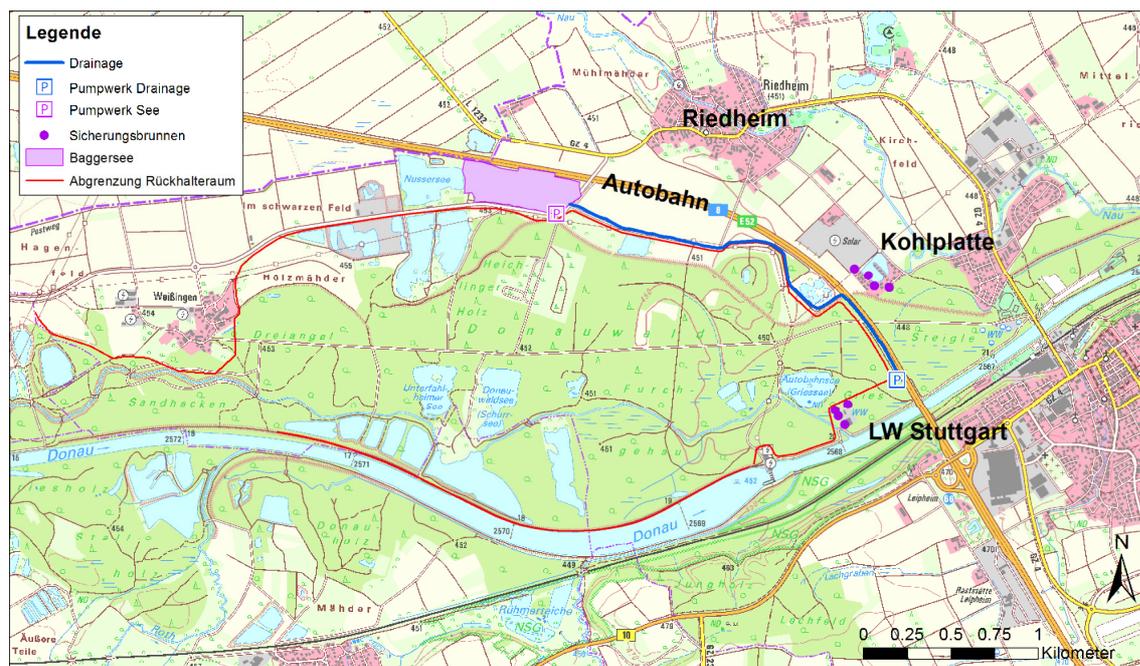


Abbildung 25: Untersuchte Maßnahmen zur Begrenzung des Grundwasseranstiegs auf den Bezugszustand

Im Ergebnis resultierte die Drainage entlang der Nordostgrenze des Rückhalterraums als weiter zu verfolgender Lösungsansatz. Eine Absenkung des Baggersees reicht alleine nicht aus, um den Grundwasseranstieg bei der Bebauung Kohlplatte zu kompensieren. Zudem besteht eine große Unsicherheit zur benötigten Fördermenge, da sich direkt benachbart, im Innern des Rückhalterraums, ein weiterer Baggersee befindet, der zu einem Kurzschluss führen kann. Eine Grundwasserabsenkung über Brunnen ist zwar technisch machbar, hat aber den Nachteil, dass die Brunnen räumlich verteilt sind und aufwändige Leitungen zur Ableitung des geförderten Wassers benötigt würden.

Am tiefsten Punkt der Drainage muss ein Pumpwerk angeordnet werden, welches das anfallende Grundwasser zurück in den Rückhalteraum pumpt. Die Drainage wurde im Grundwassermodell mit einer Cauchy-Randbedingung berücksichtigt.

Die Fördermenge im Pumpwerk ergibt sich aus der berechneten, aus dem Modell austretenden, Wassermenge entlang der Drainage. Die maximale Fördermenge beträgt etwa  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$  (Abbildung 26).

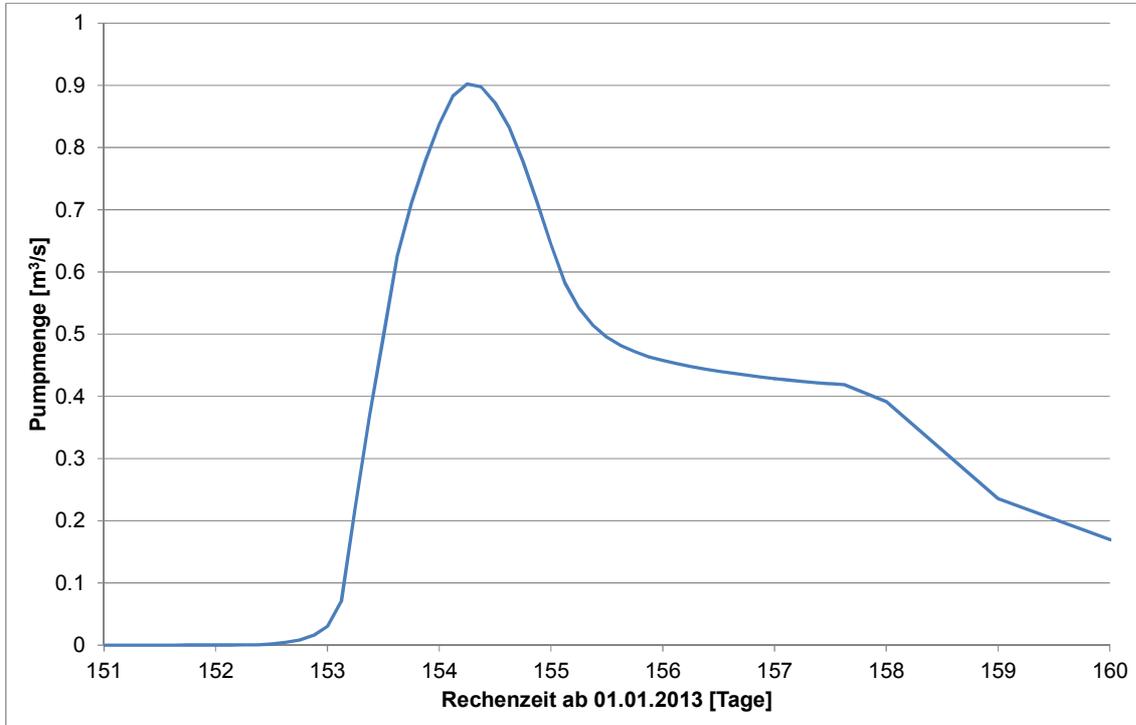


Abbildung 26: Erforderliche Fördermenge im Pumpwerk der Drainage

Die Höhenlage der Drainage wurde so gewählt, dass bei niedrigen und mittleren Grundwasserständen kein Grundwasser drainiert wird. Abbildung 27 zeigt die Höhenlage der Drainage im Vergleich zum Niedrig- und Mittelwasserstand des Grundwassers. In der Abbildung sind auch die maximalen Grundwasserstände entlang der Drainage bei Flutung des Rückhalteriums mit und ohne Drainage dargestellt. Da die Drainage im Modell mit einer Cauchy-Randbedingung berücksichtigt wurde, liegt der Grundwasserspiegel auch im Fall mit Drainage etwas oberhalb des Drainagewasserspiegels. In der weiteren Planung erfolgt eine Optimierung der Drainage in Höhenlage, Ausführung und Gefälle.

Bei der Hofstelle am Gentlachweg sind Objektschutzmaßnahmen geplant.

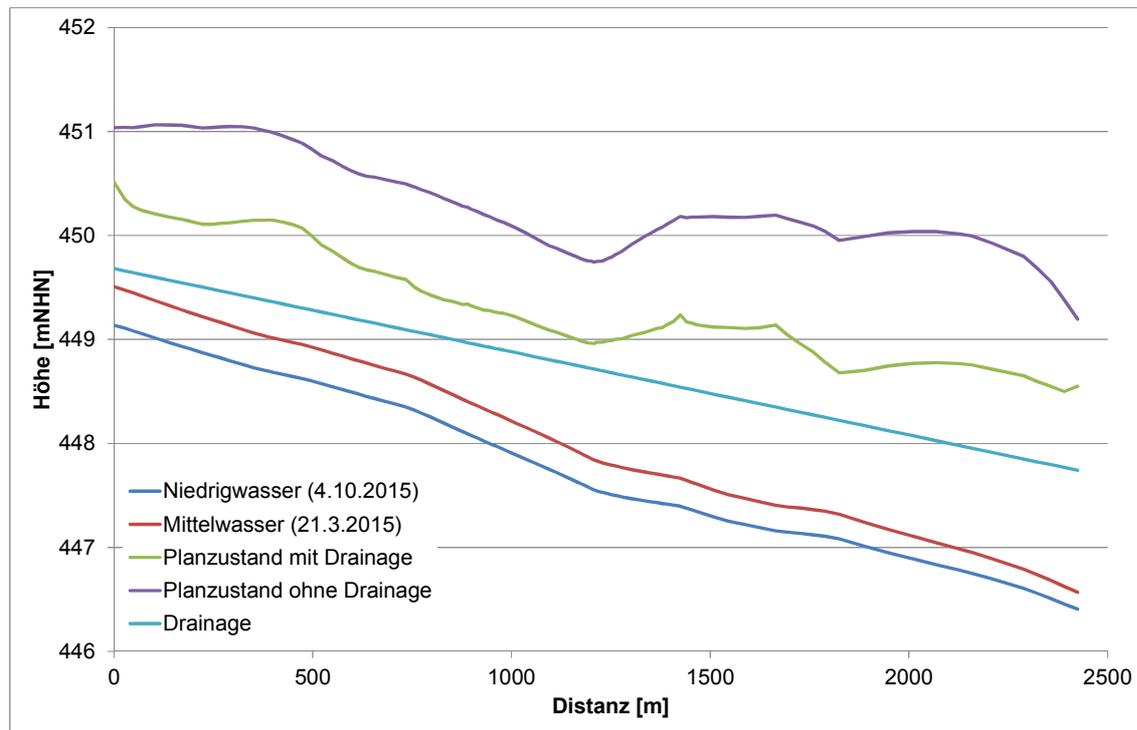


Abbildung 27: Höhenlage der Drainage im Vergleich zu niedrigen und mittleren Grundwasserständen und dem maximalen Grundwasserstand während der Flutung des Rückhalteraums.

#### 4.1.4.3 Resultierende Auswirkungen

Die Auswirkungen des Rückhalteraums auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz des maximalen Grundwasserstands im Planungszustand zum maximalen Grundwasserstand des Bezugszustands. Es wurden jeweils die in jedem Knoten des Modells erreichten maximalen Grundwasserstände miteinander verglichen. Die resultierenden Auswirkungen sind in der Anlage 5.3.01 dargestellt. Im Bereich der Baggerseen nördlich des Rückhalteraums ergeben die Prognosen eine leichte Erhöhung des Grundwasserstands. Bei der Hofstelle am Genlachweg beträgt die Differenz noch rd. 0,1 m. Entlang der Drainage wird eine leichte Absenkung des maximalen Grundwasserstands prognostiziert (Überkompensation). Ebenfalls eine leichte Absenkung ergibt sich in Weissingen, da die Ortslage dort wegen der geplanten Deiche nicht mehr überflutet wird. An diesen Stellen wird gegenüber dem Bezugszustand eine Verbesserung erreicht.

Abbildung 28 zeigt die über 50 Tage rückwärts verfolgten Fließwege während des Hochwasserdurchgangs. Für die Fließwegberechnung wurde eine durchflusswirksame Porosität von 15% angenommen. Es wurde angenommen, dass die bewilligte Pump-

rate von 7.8 l/s in allen Brunnen voll ausgeschöpft wird. Die Berechnungen zeigen, dass die Anströmung zu den Trinkwasserbrunnen der Stadt Leipheim im Planungszustand gegenüber dem Bezugszustand praktisch unverändert ist.

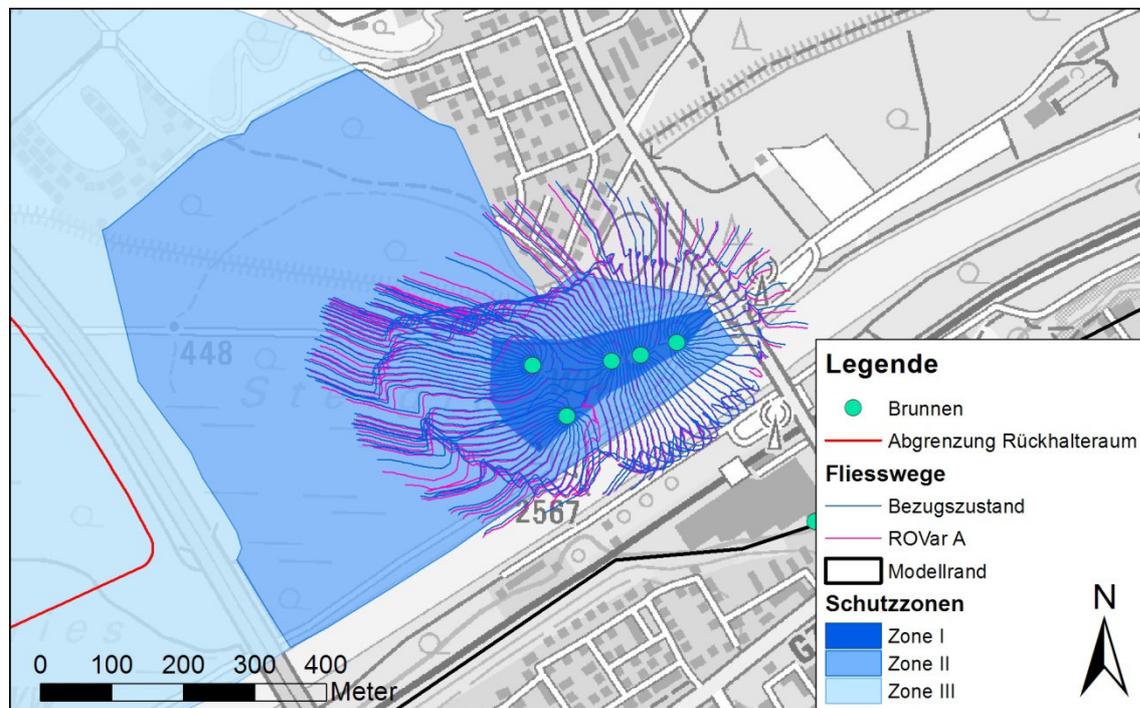


Abbildung 28: Rückwärts verfolgte Fließwege mit einer Fließzeit von 50 Tagen.

Abbildung 29 zeigt das zeitliche Verhalten des Grundwasserstandes bei der Feriensiedlung Unterwörthsee östlich des Rückhalteraums. Gleichzeitig sind der Donauwasserstand im Unterwasser, sowie die Füllkurve des Rückhalteraums dargestellt. Für die Füllkurve wurde eine Senke ausgewählt, in der nach der Entleerung Restwasser verbleibt. Nach 15 Tagen wird die Infiltrationsrandbedingung entfernt, d.h. die Randbedingung wird auf die Geländehöhe zurückgesetzt.

Der Grundwasseranstieg erfolgt gegenüber dem Durchgang des Hochwassers verzögert. Die höchsten Grundwasserstände werden vor dem Ende der vorgegebenen Füllkurve erreicht. Die Entfernung des Restwassers aus dem Modell ist für die maximalen Grundwasserstände deshalb nicht relevant.

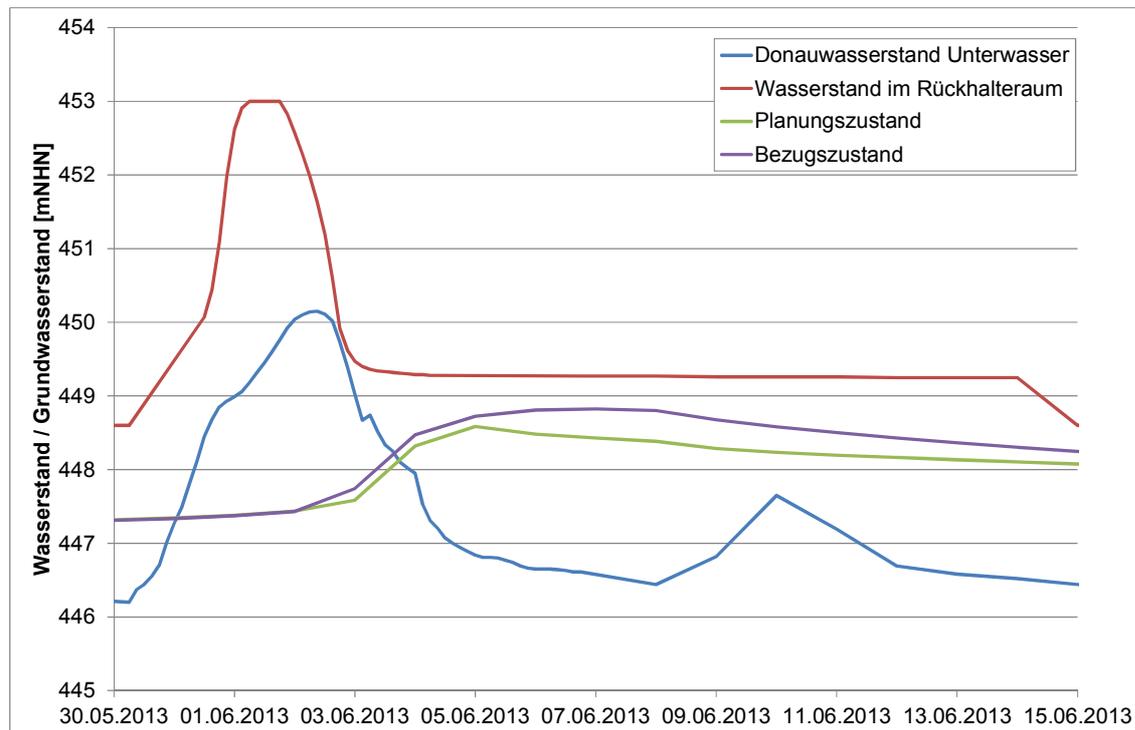


Abbildung 29: Füllkurve des Rückhalteraus, Ganglinie des Donauwasserstandes und Ganglinie des Grundwasserstandes östlich des Rückhalteraus.

Während der Überflutung des Rückhalteraus gelangt Oberflächenwasser entlang der Gräben und durch die Deckschicht ins Grundwasser. Es wurde deshalb untersucht, ob die Einsickerung maßgeblich zum Rückhalt beiträgt. Dazu wurde die Wasserbilanz im Planungszustand und im Bezugszustand jeweils über eine Zeitspanne von 12 Tagen ab Beginn der Hochwasserwelle berechnet. Eine Einsickerung findet sowohl im Planungszustand wie auch im Bezugszustand statt. Die zusätzliche Einsickerung ergibt sich aus der Differenz der jeweiligen Bilanzanteile. Die Bilanzanteile für die Durchströmung der Deckschicht, der Infiltration aus dem Entwässerungsgraben, der Exfiltration durch Qualmwasseraustritte und die geplante Drainage wurden einzeln ermittelt. Abbildung 30 zeigt die Resultate der Modellrechnung. Die zusätzliche Einsickerung während des Hochwasserdurchgangs wird zu 400'000 m<sup>3</sup> prognostiziert. Umgerechnet auf die Fläche des Rückhalteraus von 5 Mio. m<sup>2</sup> ergibt dies eine Einsickerung von 0.08 m Wassersäule. In Realität dürfte diese Menge von der Vorsättigung der Poren im Untergrund abhängen.

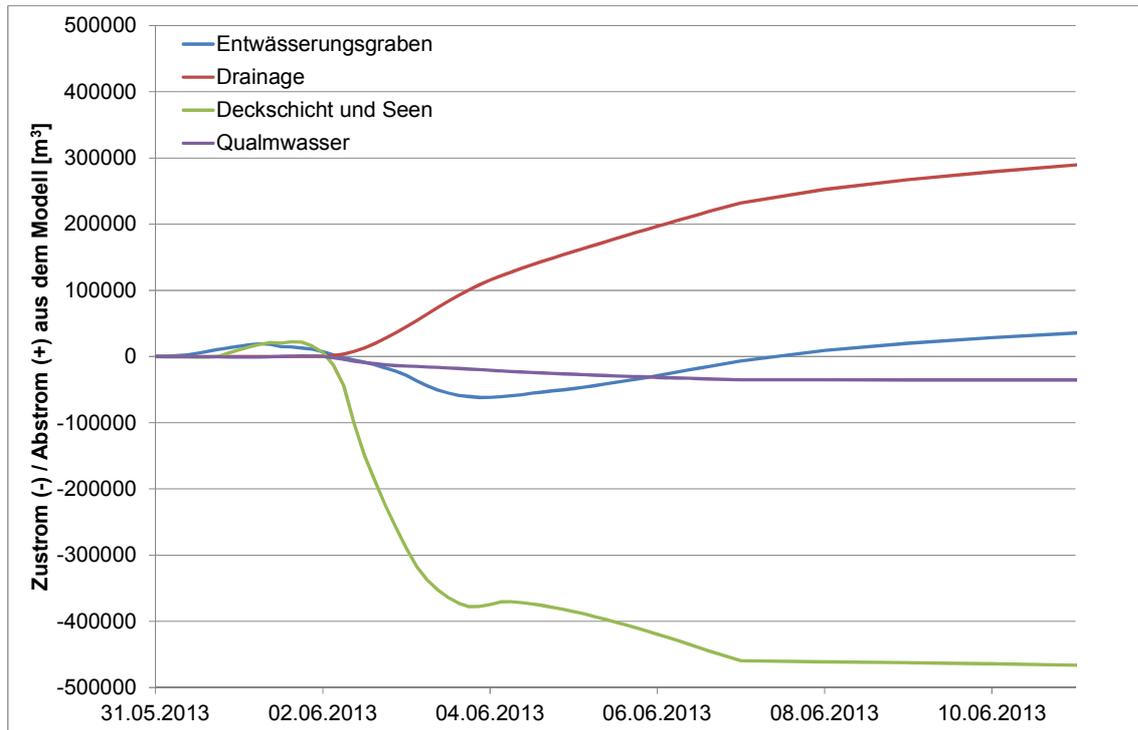


Abbildung 30: Aufsummierte Zu- und Abflüsse zum Grundwasserleiter im Einflussbereich des Rückhalteraums Leipheim

#### 4.1.4.4 Sensitivitätsanalyse

Die in der Sensitivitätsanalyse variierten Parameter sind in Kapitel 2.6 zusammengestellt. Für alle Parametervariationen wurde die Differenz des Planungszustands zum Bezugszustand ermittelt. Bei der Beurteilung der Auswirkungen interessiert insbesondere die äußere Grenze des prognostizierten Grundwasseranstiegs. Diese wurde bei einer Erhöhung von 10 cm definiert. Es wurde untersucht, wie sich diese Grenze infolge der Variation der Parameter verändert. In den Anlage 5.3.02 sind die Resultate in Form einer Umhüllenden dargestellt. Die Distanz zum Basisfall beträgt an allen Stellen weniger als 500 m.

Die Fördermenge des Pumpwerks hängt ebenfalls von der Wahl der Modellparameter ab. Abbildung 31 zeigt die erforderliche Fördermenge für alle untersuchten Fälle. Die Darstellung zeigt, dass die Fördermenge primär von der Durchlässigkeit der Deckschicht abhängt. Wird diese um den Faktor 10 erhöht, so verdoppelt sich die Fördermenge um den Faktor 2. Die Darstellung zeigt, dass die anfallende Wassermenge selbst bei sehr konservativen Annahmen beherrschbar bleibt.

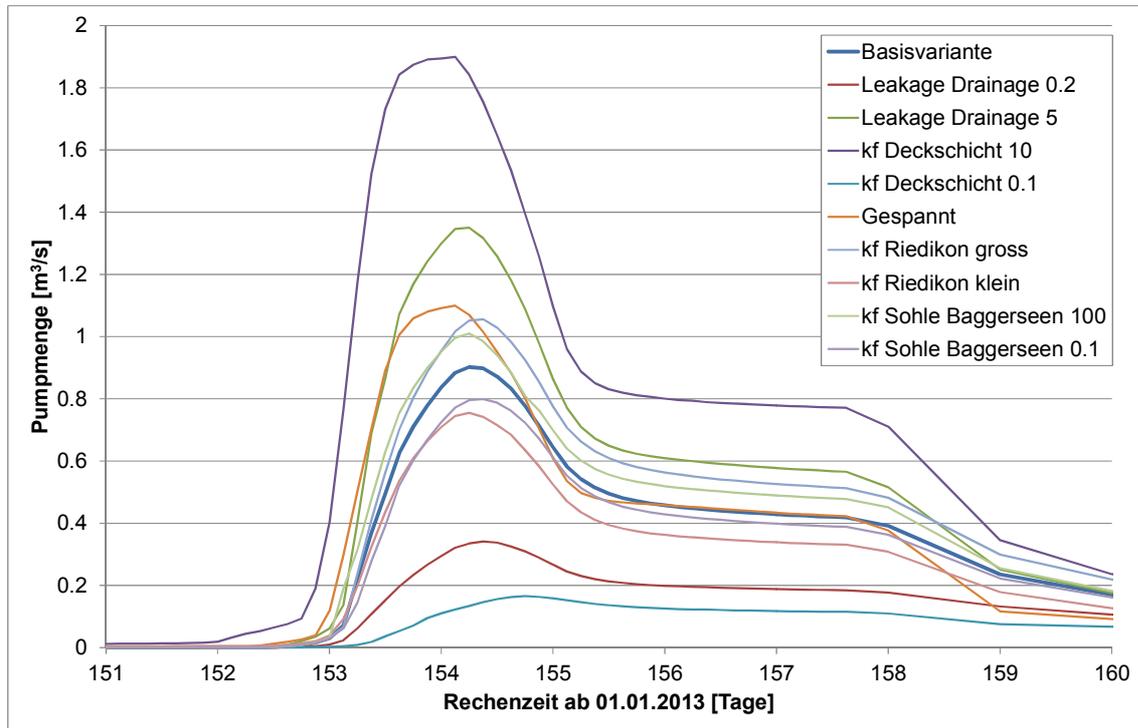


Abbildung 31: Sensitivität der Fördermenge im Pumpwerk der Drainage auf die Modellparameter

#### 4.1.5 Ökologische Flutung mit 20 m³/s

##### 4.1.5.1 Randbedingungen

Zur Quantifizierung der Auswirkungen einer ökologischen Flutung wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Es wurde angenommen, dass die Flutung beim HQ 0,3 am 3. März 2015 beginnt und eine Woche dauert. Während der Flutung werden alle Randbedingungen in den Gewässern und den überfluteten Flächen aus den hydraulischen Berechnungen übernommen.

##### 4.1.5.2 Resultierende Auswirkungen

Die resultierenden Auswirkungen sind in der Anlage 5.3.03 dargestellt. Durch die ökologischen Flutungen wird gegenüber dem Bezugszustand ein zeitlich und lokal begrenzter Anstieg des Grundwasserstands bewirkt. Dieser konzentriert sich auf den Innenraum des Rückhalteraums und reicht mit Ausnahme der Feriensiedlung Unterwörthsee nicht in Bebauungen hinein. Abbildung 32 zeigt die Ganglinie des Grundwasserstands bei der Feriensiedlung Unterwörthsee. Der maximale Grundwasseranstieg

beträgt dort etwa 0,5 m und ist damit kleiner als die jährliche Abweichung des maximalen Grundwasserstandes vom Mittelwert (Abbildung 33).

Die vom Anstieg betroffene landwirtschaftliche Fläche östlich der Autobahn weist, mit Ausnahme einer kleinen Teilfläche westlich der Feriensiedlung, einen genügend großen Flurabstand auf, so dass keine Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Die Auswirkungen der ökologischen Flutung wurden mit und ohne Anordnung der Drainage berechnet. Da die Grundwasserspiegel überall unter der Sohle der Drainage liegen, sind die Auswirkungen in beiden Fällen gleich.

#### 4.1.5.3 Maßnahmen

Es sind keine Maßnahmen erforderlich. Ökologische Flutungen sollten nicht bei Hochstand des Grundwassers erfolgen.

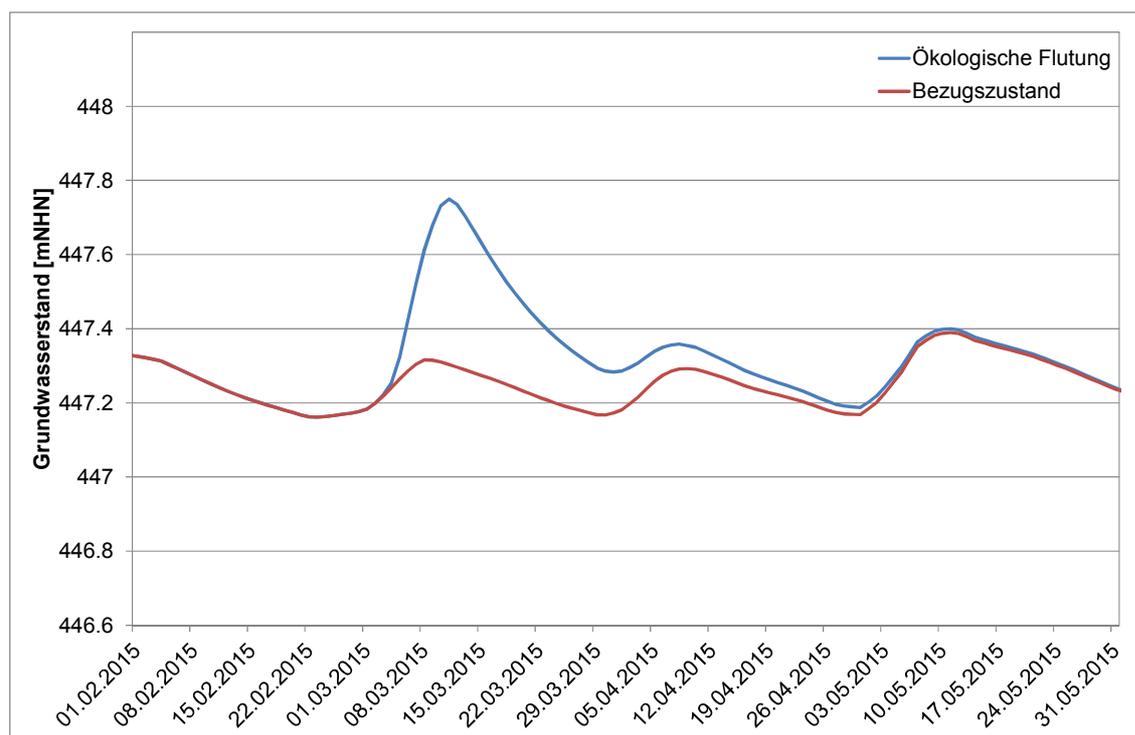


Abbildung 32: Ganglinie des Grundwasserstands bei der Feriensiedlung Unterwörthsee.

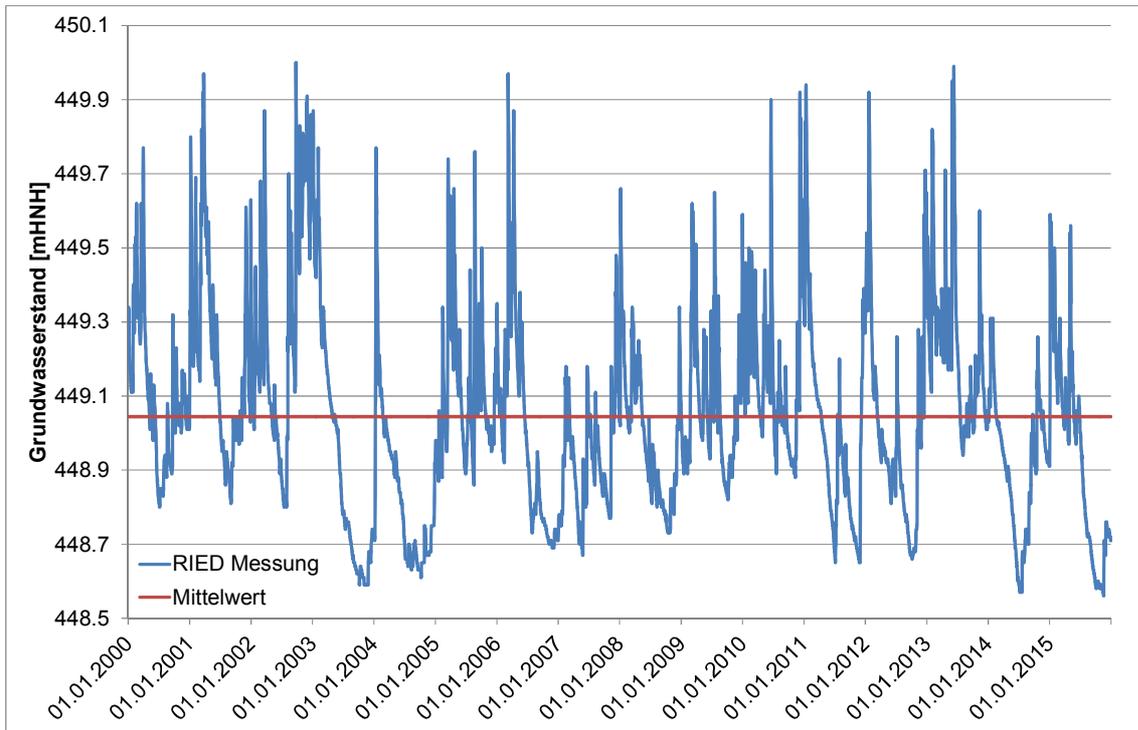


Abbildung 33: Natürliche Schwankung des Grundwasserspiegels bei der Messstelle RIED

## 4.2 Rückhalteraum Helmeringen

### 4.2.1 Sensible Objekte und maßgebender Lastfall

An der östlichen Begrenzung des Rückhalteraum Helmeringen befinden sich die Güter Hygsetten und Helmeringen. An der Nordostecke des Rückhalterausms, am Helmeringer Weg, befinden sich zwei weitere Hofstellen (Abbildung 34). Bei den Gehöften besteht die Gefahr eines zusätzlichen Grundwasseranstieges, resp. Austritts von Qualmwasser.

Das HQextrem bildet für die sensiblen Objekte den maßgebenden Lastfall bezüglich der maximalen Grundwasserstände.

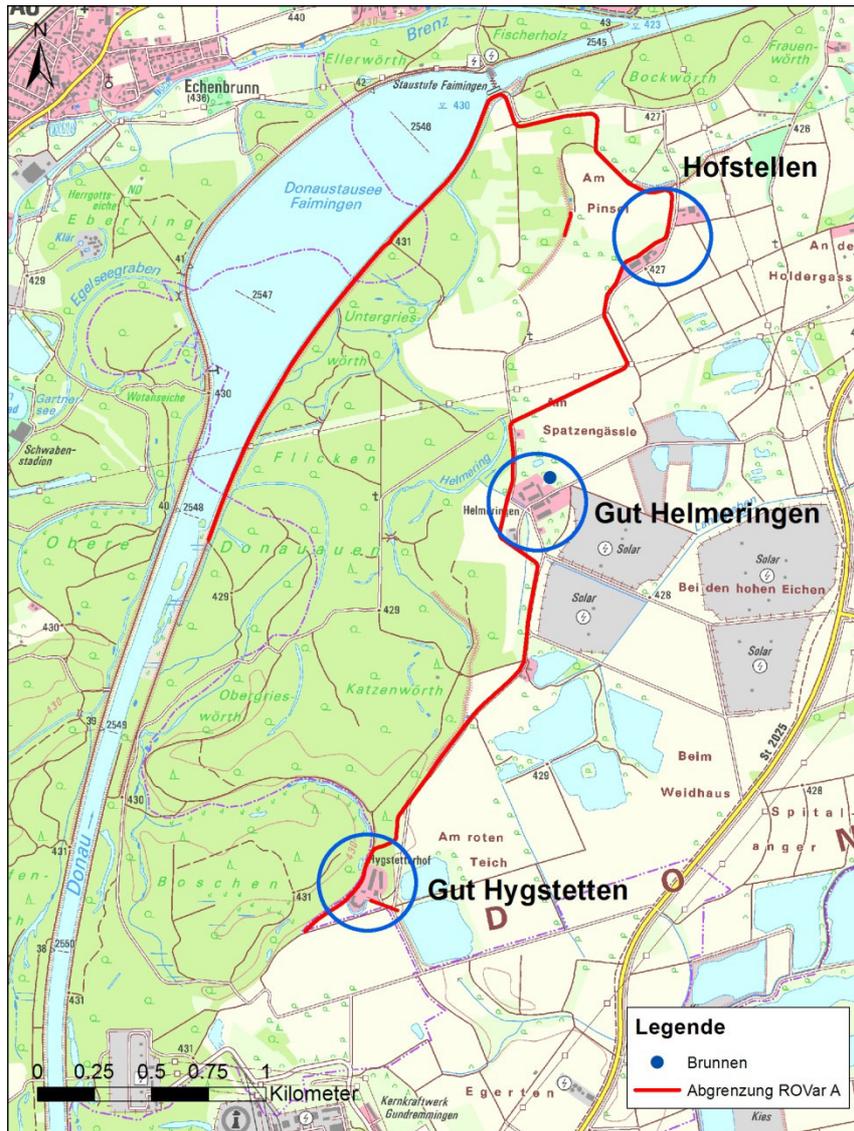


Abbildung 34: Situation beim Rückhalteraum Helmeringen mit sensiblen Objekten

#### 4.2.2 Modellverfeinerung

Für die Prognose der Planzustände wurde das Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Helmeringen verfeinert (Abbildung 35).

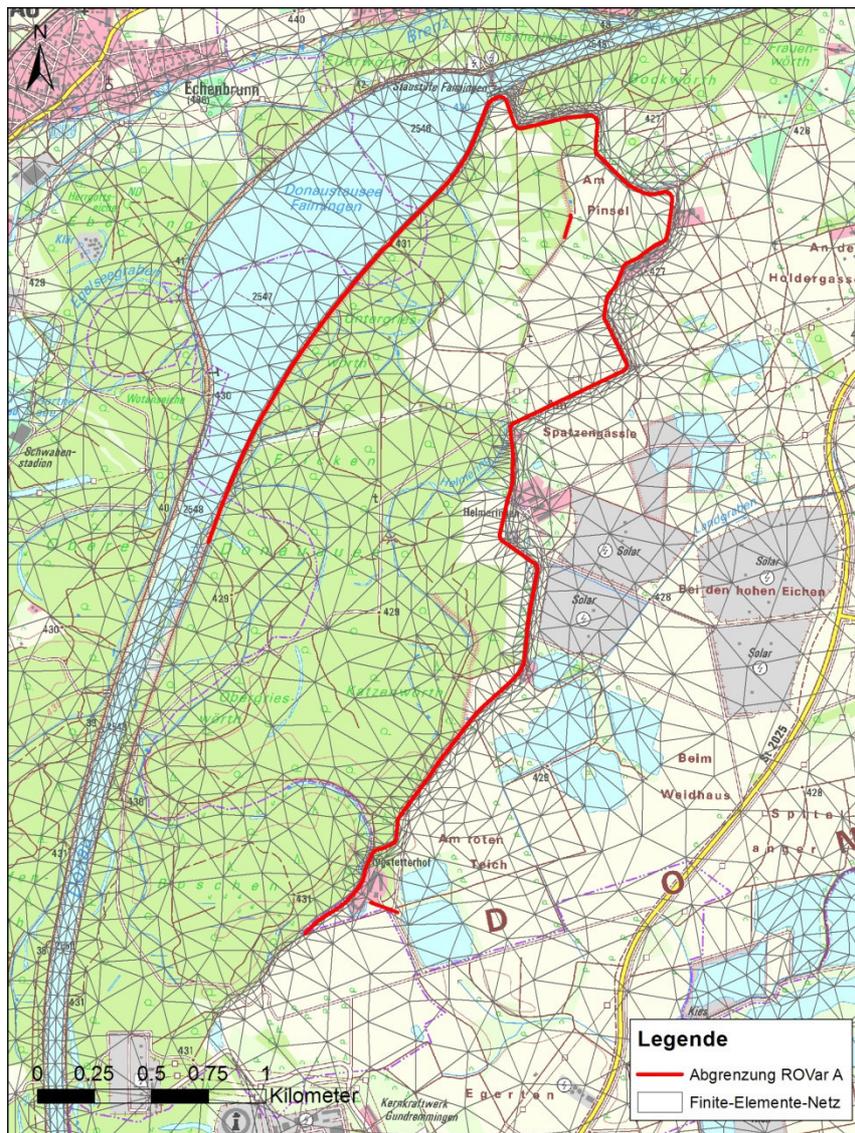


Abbildung 35: Verfeinertes Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Helmeringen

#### 4.2.3 Untersuchte Varianten

Für den Rückhalteraum Helmeringen sind die zwei Varianten ROVar A und ROVar B vorgesehen (Abbildung 36). Beide Varianten werden auf ein maximales Stauziel von 430,1 m NHN dimensioniert. Die Umrisse der Variante ROVar B liegen innerhalb der Variante ROVar A. Zur Quantifizierung der maximalen Auswirkungen auf das Grundwasser genügt es also, die Variante ROVar A zu untersuchen.

Neben dem Einsatz als Rückhalteraum sind ökologische Flutungen vorgesehen. Dabei wird der Entwässerungsgraben der Staustufe Faimingen mit Donauwasser beaufschlagt. Es werden ökologische Flutungen mit 20 m<sup>3</sup>/s (ROVar A) und 10 m<sup>3</sup>/s (ROVar

B) vorgeschlagen. Zur Quantifizierung der maximalen Auswirkungen auf das Grundwasser genügt es, die Variante mit  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  zu untersuchen.

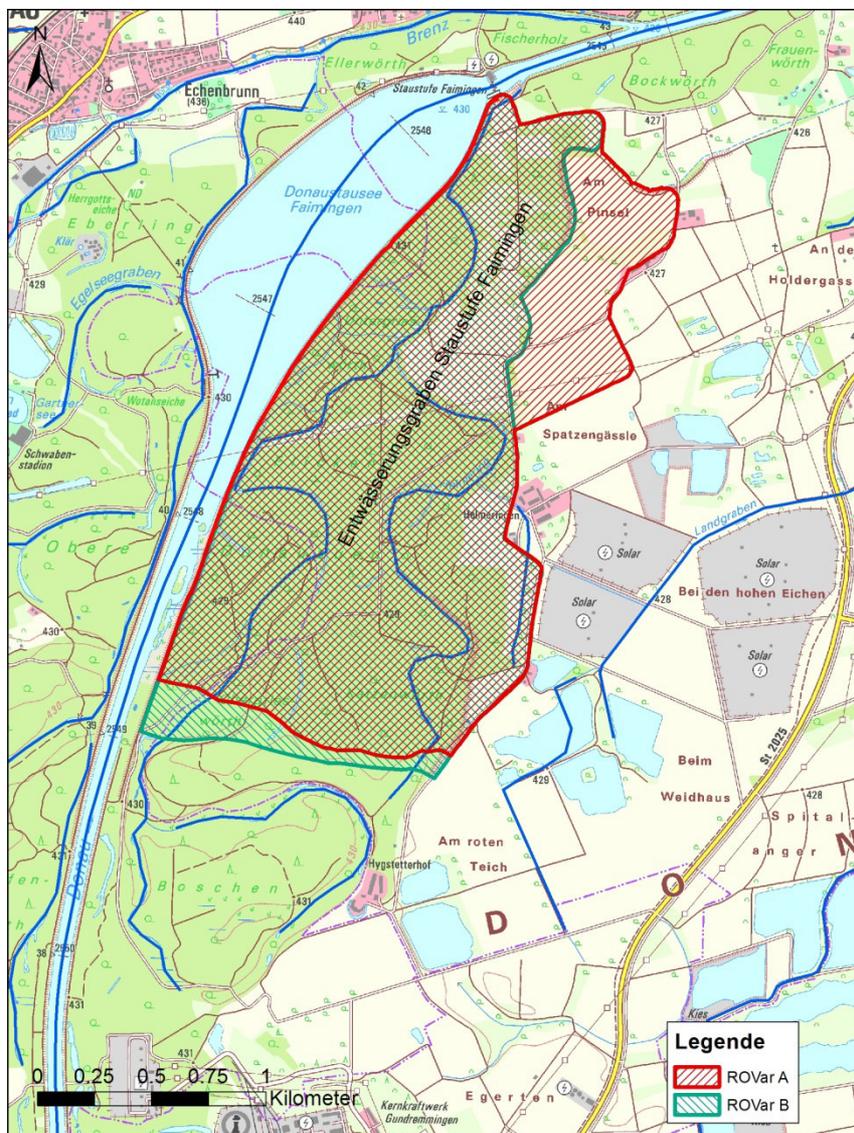


Abbildung 36: Varianten ROVar A und ROVar B

#### 4.2.4 Variante ROVar A

##### 4.2.4.1 Randbedingungen

Zur Quantifizierung der Auswirkungen der Variante ROVar A wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Dabei werden vor und nach dem HQextrem die gleichen Randbedingungen vorgegeben wie bei der Kalibrierung für das Jahr 2013. Während des Hochwasserdurchgangs werden die Randbedingungen in den

Überflutungsflächen und den Gewässern aus den hydraulischen Berechnungen übernommen. Die restlichen Randbedingungen (Grundwasserneubildung, Seitenzuflüsse, Karstzuflüsse, Entnahmemengen, Fixpotentiale) sind gleich wie bei der Kalibrierung.

#### **4.2.4.2 Maßnahmen**

Die Gehöfte an der Außengrenze des Rückhalteriums sind bereits bei kleineren Hochwasserereignissen, sobald der Riedstroms anspringt, von Überflutungen und Grundwasserständen an oder über der Geländeoberfläche betroffen. Die Höfe befinden sich in einem Gebiet mit hohen Schotterdurchlässigkeiten und sind räumlich verteilt. Eine Grundwasserabsenkung mit Brunnen würde daher hohe Fördermengen erfordern. Deshalb ist es besser, diese mit geeigneten Objektschutzmaßnahmen wie beispielsweise Gebäudeabdichtungen / Kellerersatzräumen etc. auszustatten.

Die Gehöfte verfügen über eigene Trinkwasserversorgungen oder Hofbrunnen. Zwar werden die Höfe durch den Rückhalterium vor Überflutung geschützt, hingegen steigt der Grundwasserspiegel beim Gut Hygstetten bis 1 m unter Gelände an, beim Gut Helmeringen und den Hofstellen am Helmeringer Weg tritt Qualmwasser an die Oberfläche. Bezüglich der Grundwasserstände wird nur bei den beiden Hofstellen am Helmeringer Weg der status quo verschlechtert. Diese beiden Höfe wären bei einem HQextrem jedoch im Bezugszustand überflutet.

#### **4.2.4.3 Resultierende Auswirkungen**

Die Auswirkungen des Rückhalteriums auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz des Grundwasserstands im Planungszustand zum Grundwasserstand des Bezugszustands. Die resultierenden Auswirkungen sind in der Anlage 5.3.04 dargestellt.

Beim Gut Hygstetten bleibt der Grundwasserstand im Planungszustand gegenüber dem Bezugszustand unverändert. Beim Gut Helmeringen bewirkt der Rückhalterium eine Absenkung des Grundwasserstandes, da die Hofstelle nicht mehr überflutet wird. Bei den Hofstellen am Helmeringer Weg wird gegenüber dem Bezugszustand im westlichen Teil ein leichter Grundwasseranstieg prognostiziert. Der größte Grundwasseranstieg ist zwischen dem Gut Helmeringen und der Nordostecke des Rückhalteriums zu erwarten. Diese Stelle ist im Bezugszustand überflutet und der Grundwasserstand liegt an der Geländeoberfläche. Gegenüber dem Bezugszustand ist also keine Verschlechterung zu erwarten.

Während der Überflutung des Rückhalteriums gelangt Oberflächenwasser entlang der Gräben und durch die Deckschicht ins Grundwasser. Es wurde deshalb untersucht, ob

die Einsickerung maßgeblich zum Rückhalt beiträgt. Dazu wurde die Wasserbilanz über eine Zeitspanne von 12 Tagen ab Beginn der Hochwasserwelle berechnet. Abbildung 37 zeigt die Differenzen zwischen Planungszustand und Bezugzustand. Das Qualmwasser erscheint in der Darstellung mit negativen Werten, da es im Planungszustand gegenüber dem Bezugzustand abnimmt. Die zusätzliche Einsickerung während des Hochwasserdurchgangs wird zu 400'000 m<sup>3</sup> prognostiziert. Umgerechnet auf die Fläche des Rückhalteriums von 4 Mio. m<sup>2</sup> ergibt dies eine zusätzliche Einsickerung von 0.1 m Wassersäule. In Realität dürfte diese Menge von der Vorsättigung der Poren im Untergrund abhängen.

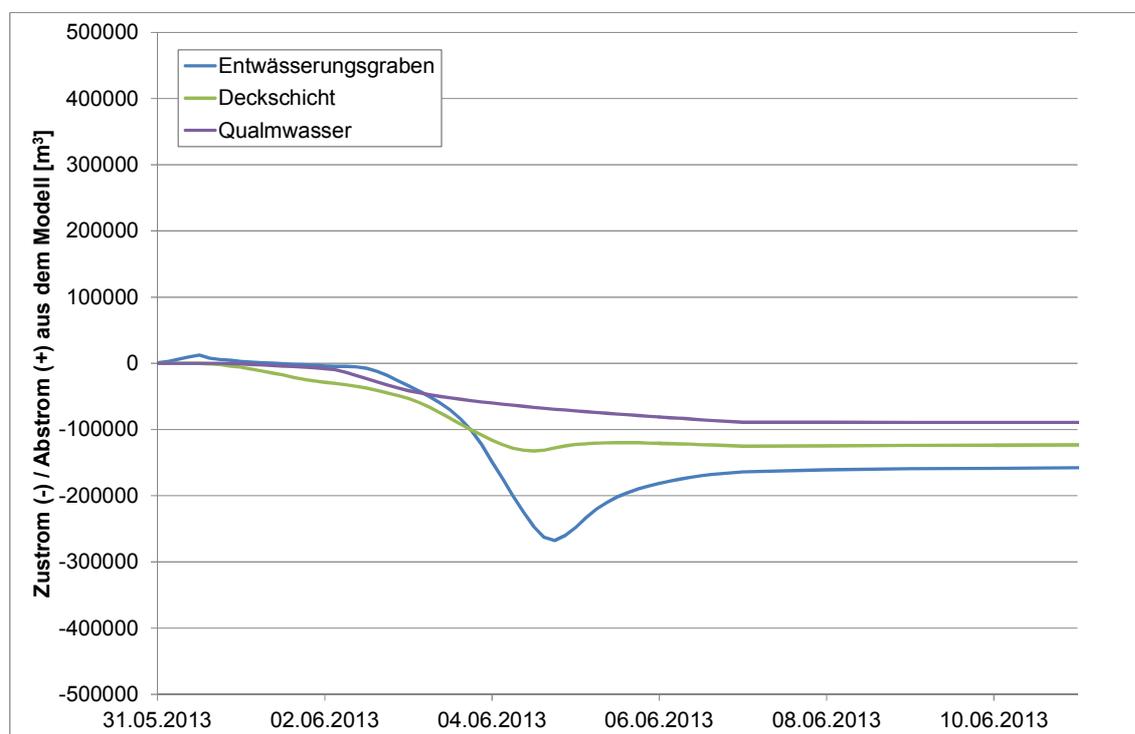


Abbildung 37: Aufsummierte Zu- und Abflüsse zum Grundwasserleiter im Einflussbereich des Rückhalteriums Helmeringen

#### 4.2.4.4 Sensitivitätsanalyse

Die in der Sensitivitätsanalyse variierten Parameter sind in Kapitel 2.6 zusammengestellt. Für alle Parametervariationen wurde die Differenz des Planungszustands zum Bezugzustand ermittelt. Bei der Beurteilung der Auswirkungen interessiert insbesondere die äußere Grenze des prognostizierten Grundwasseranstiegs. Diese wurde bei einer Erhöhung von 10 cm definiert. Es wurde untersucht, wie sich diese Grenze infolge der Variation der Parameter verändert. In den Anlage 5.3.05 sind die Resultate in Form einer Umhüllenden dargestellt.

## **4.2.5 Ökologische Flutung mit 20 m<sup>3</sup>/s**

### **4.2.5.1 Randbedingungen**

Zur Quantifizierung der Auswirkungen einer ökologischen Flutung wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Es wurde angenommen, dass die Flutung beim HQ 0,3 am 3. März 2015 beginnt und eine Woche dauert. Während der Flutung werden alle Randbedingungen in den Gewässern und den überfluteten Bereichen aus dem Hydraulikmodell übernommen.

### **4.2.5.2 Resultierende Auswirkungen**

Die resultierenden Auswirkungen sind in der Anlage 5.3.06 dargestellt. Die ökologische Flutung verursacht gegenüber dem Bezugszustand einen Anstieg des Grundwasserstandes im Umkreis der gefluteten Fläche. Innerhalb des Rückhalteriums beträgt der Anstieg bis zu 1,5 m. Er erstreckt sich jedoch auch auf Flächen außerhalb des Rückhalteriums. Bei den Gütern Helmeringen und Hygstetten beträgt der Anstieg etwa einen Meter. In den landwirtschaftlichen Flächen östlich des Rückhalteriums bewirkt der Anstieg eine Reduktion des Flurabstandes. Der verbleibende Flurabstand beträgt jedoch, mit wenigen Ausnahmen, immer noch mehr als einen Meter.

### **4.2.5.3 Maßnahmen**

Für das Gut Hygstetten, das Gut Helmeringen und die beiden Hofstellen am Helmeringer Weg sind Objektschutzmaßnahmen vorgesehen, welche auch für den Fall einer ökologischen Flutung wirksam sind.

Zur Vermeidung von Bodenvernässungen in landwirtschaftlich genutzten Flächen dürfen ökologische Flutungen nicht bei bereits hohem Ausgangs-Grundwasserstand erfolgen.

Grundwasser - Modelleinsatz

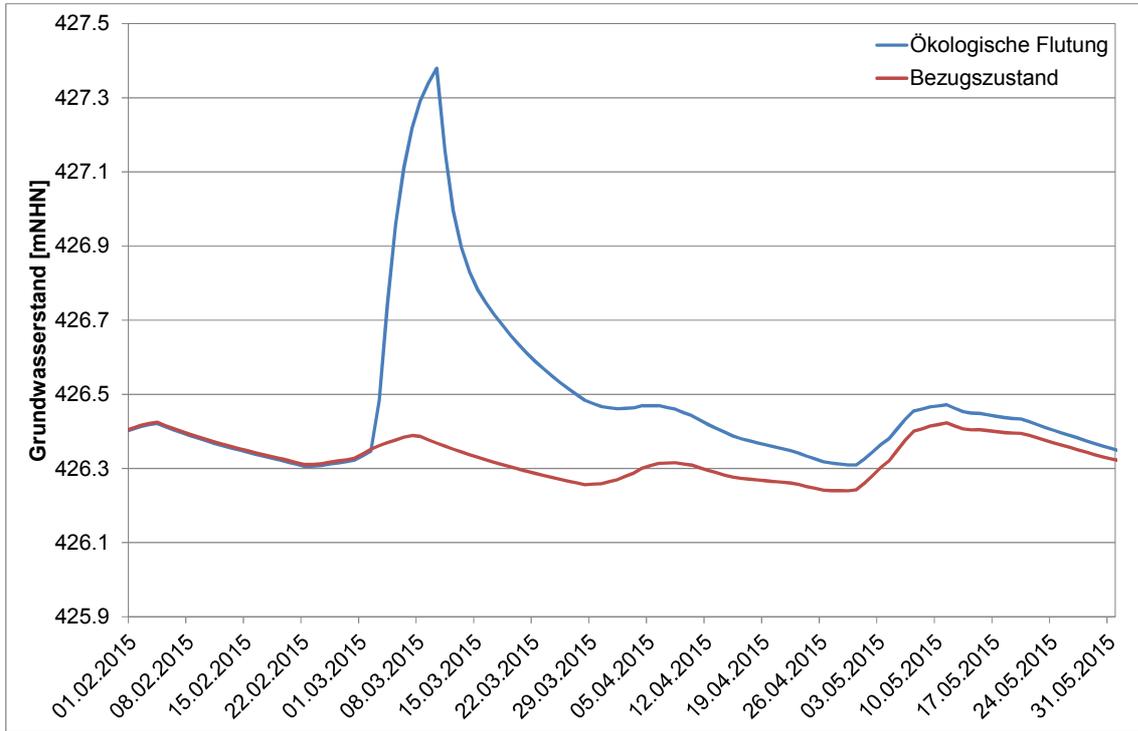


Abbildung 38: Ganglinie des Grundwasserstands bei Helmeringen

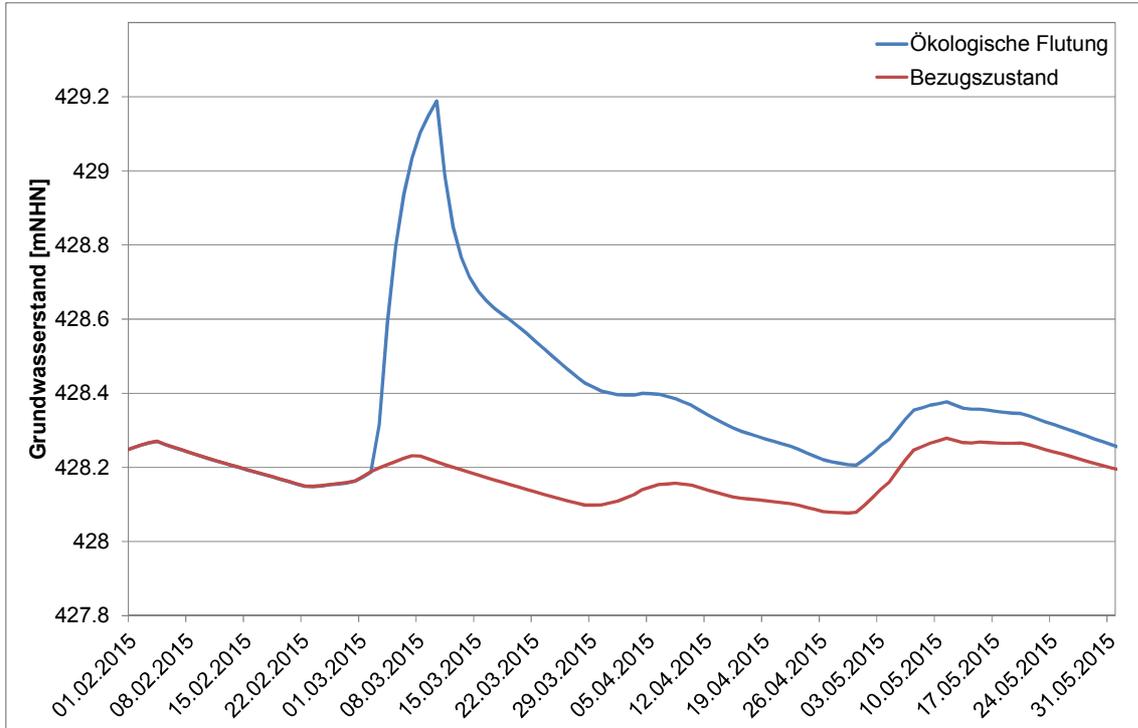


Abbildung 39: Ganglinie des Grundwasserstands beim Hygsterhof

### **4.3 Rückhalteraum Neugeschüttwörth**

#### **4.3.1 Sensible Objekte und maßgebender Lastfall**

In der Nähe des Rückhalteraus Neugeschüttwörth befinden sich die Gehöfte Ruppenmühle, Ruppenschwaig, Gunkelschwaige und Reutenhof, sowie die Trinkwasserfassung von Pfaffenhofen (Abbildung 40).

Die Gehöfte nördlich des Rückhalteraus liegen auch im Bezugszustand im Bereich des Riedstroms. Im Überflutungsgebiet ist der Grundwasserstand nicht relevant. Nicht überflutet ist der Reutenhof, dort stellt ein zusätzlicher Grundwasseranstieg ein mögliches Gefährdungsbild dar. Bei der Trinkwasserversorgung Pfaffenhofen muss untersucht werden, ob Wasser aus dem Rückhalteraum in die Fassung gelangt.

Das HQextrem bildet für die sensiblen Objekte den maßgebenden Lastfall bezüglich der maximalen Grundwasserstände.

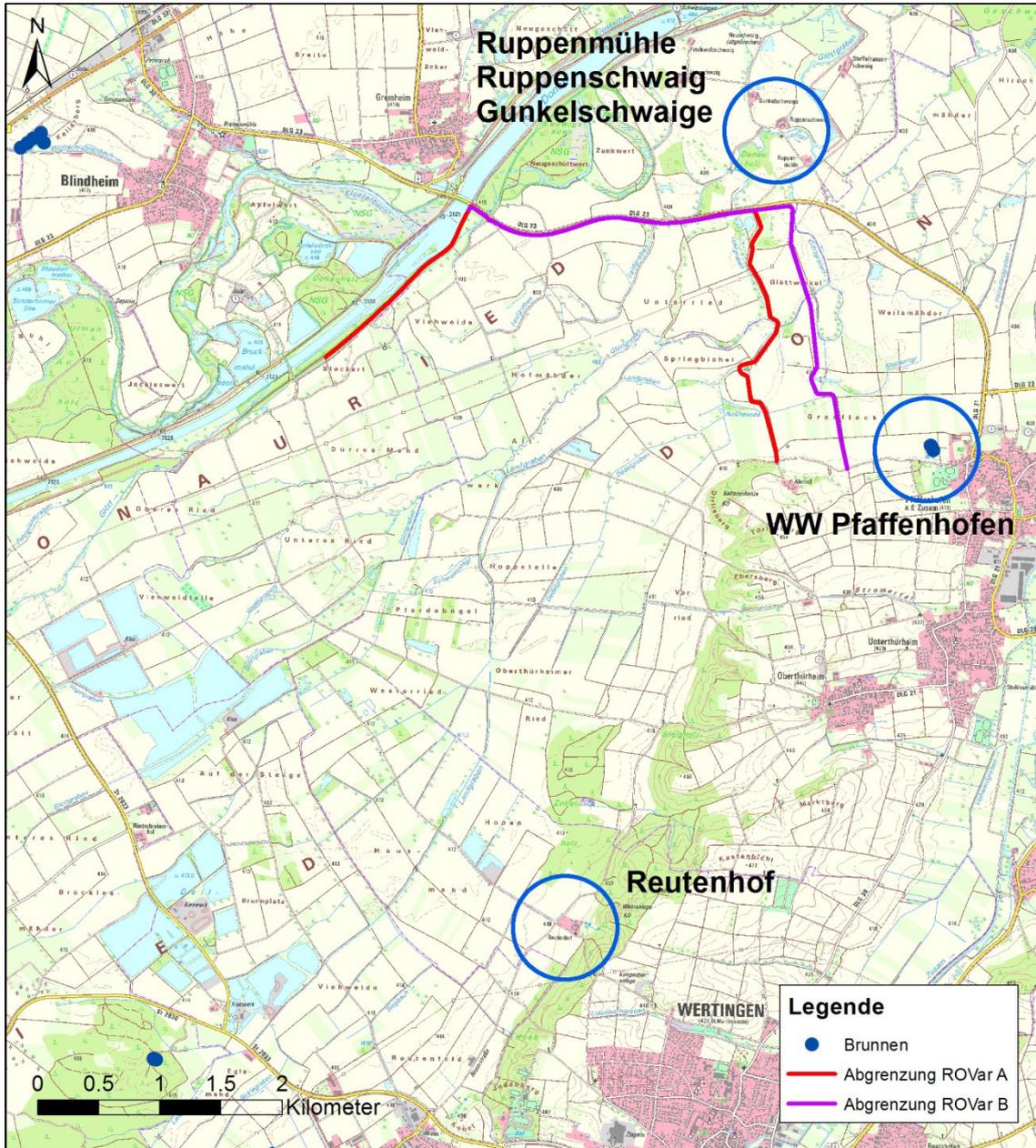


Abbildung 40: Situation beim Rückhalteraum Neugeschüttwörth mit sensiblen Objekten

### 4.3.2 Modellverfeinerung

Für die Prognose der Planzustände wurde das Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Neugeschüttwörth verfeinert (Abbildung 41).

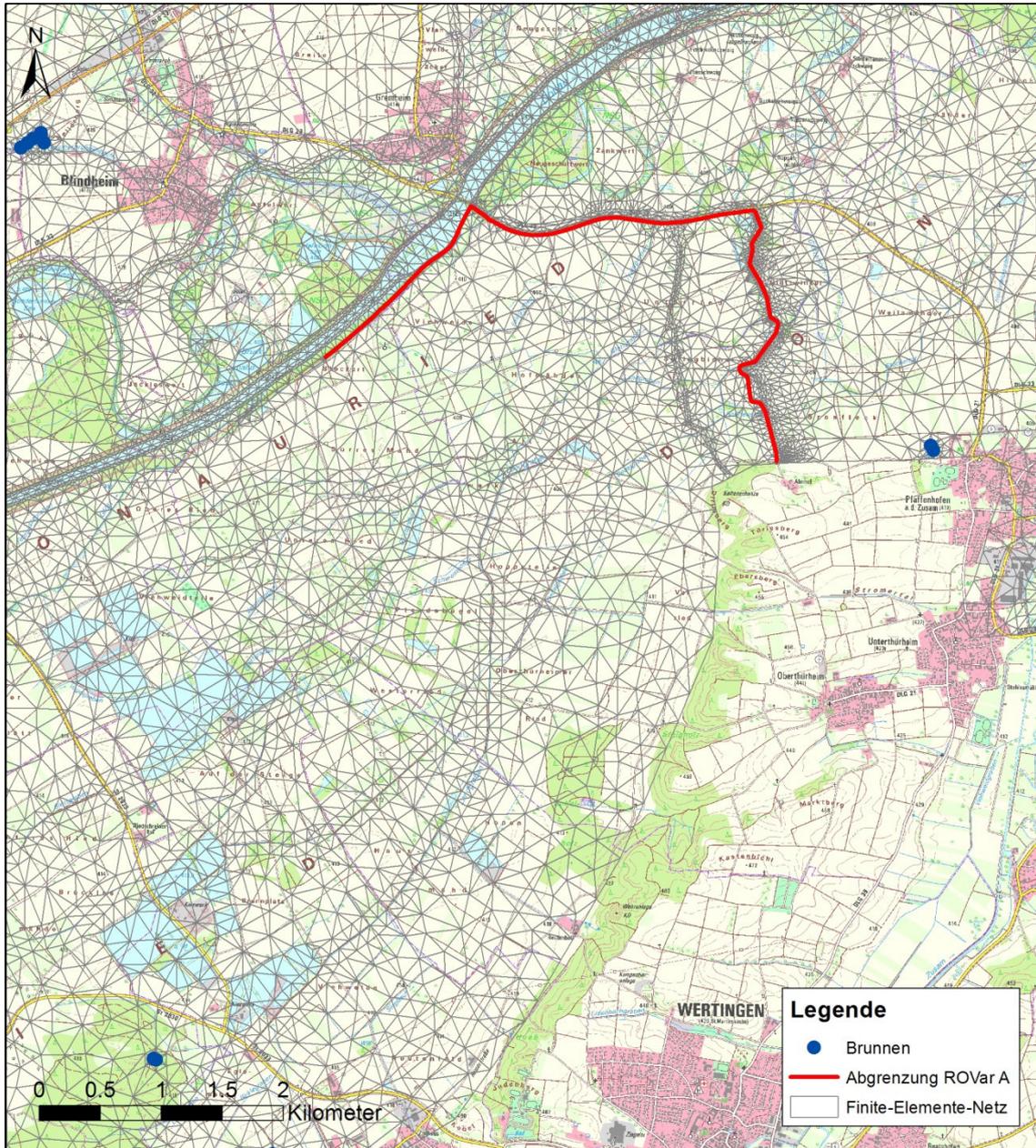


Abbildung 41: Verfeinertes Finite-Elemente-Netz beim Rückhalteraum Neugeschüttwörth

### 4.3.3 Untersuchte Varianten

Für den Rückhalteraum Neugeschüttwörth sind die zwei Varianten ROVar A und ROVar B vorgesehen (Abbildung 42). Bei der Variante ROVar A beträgt die maximale Einstauhöhe 411,1 m, bei der Variante ROVar B 411,0 m NHN. Die Nordostgrenze der Variante ROVar B liegt etwas weiter östlich als bei der Variante ROVar A. Im

Grundwassermodell wurden beide Varianten untersucht. Die Variante ROVar A ist maßgebend für die maximalen Grundwasserstände, da die Einstauhöhe etwas höher ist. Die Variante ROVar B ist maßgebend für die Auswirkungen auf die Trinkwasserbrunnen Pfaffenhofen, da sich die eingestaute Fläche weiter nach Osten ausdehnt.

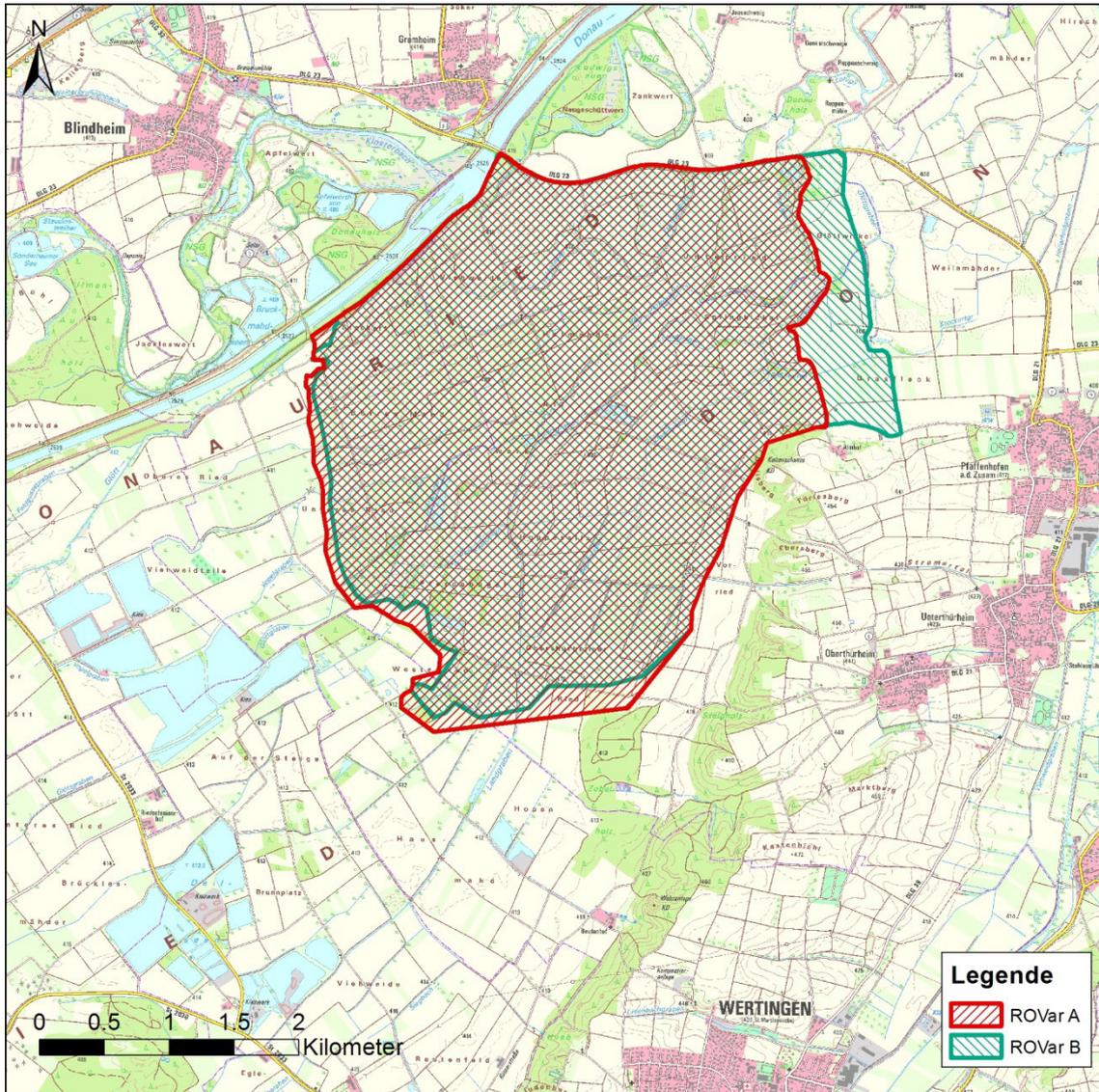


Abbildung 42: Varianten ROVar A und ROVar B

#### **4.3.4 Variante ROVar A**

##### **4.3.4.1 Randbedingungen**

Zur Quantifizierung der Auswirkungen der Variante ROVar A wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Dabei werden vor und nach dem HQextrem die gleichen Randbedingungen vorgegeben wie bei der Kalibrierung für das Jahr 2013. Während des Hochwasserdurchgangs werden die Randbedingungen im Überflutungsbereich und den Gewässern aus dem hydraulischen Modell übernommen. Die restlichen Randbedingungen (Grundwasserneubildung, Seitenzuflüsse, Karstzuflüsse, Entnahmemengen, Fixpotentiale) sind gleich wie bei der Kalibrierung.

##### **4.3.4.2 Maßnahmen**

Da bei einem HQextrem sowohl im Bezugszustand als auch im Planungszustand große Teile des Donaurieds überflutet sind, sind keine zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz vor hohen Grundwasserständen notwendig.

##### **4.3.4.3 Resultierende Auswirkungen**

Die Auswirkungen des Rückhalteraums auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz des Grundwasserstands im Planungszustand zum Grundwasserstand des Bezugszustands. Die resultierenden Auswirkungen sind in der Anlage 5.3.07 dargestellt. Außerhalb der überfluteten Fläche ist praktisch kein Anstieg des Grundwasserstands zu erwarten.

Während der Überflutung des Rückhalteraums gelangt Oberflächenwasser entlang der Gräben und durch die Deckschicht ins Grundwasser. Es wurde deshalb untersucht, ob die Einsickerung maßgeblich zum Rückhalt beiträgt. Dazu wurde die Wasserbilanz über eine Zeitspanne von 12 Tagen ab Beginn der Hochwasserwelle berechnet. Abbildung 43 zeigt die Differenzen zwischen Planungszustand und Bezugszustand. Die zusätzliche Einsickerung während des Hochwasserdurchgangs wird zu 500'000 m<sup>3</sup> prognostiziert. Umgerechnet auf die Fläche des Rückhalteraums von 20 Mio. m<sup>2</sup> ergibt dies eine Einsickerung von 0.025 m Wassersäule. In Realität dürfte diese Menge von der Vorsättigung der Poren im Untergrund abhängen.

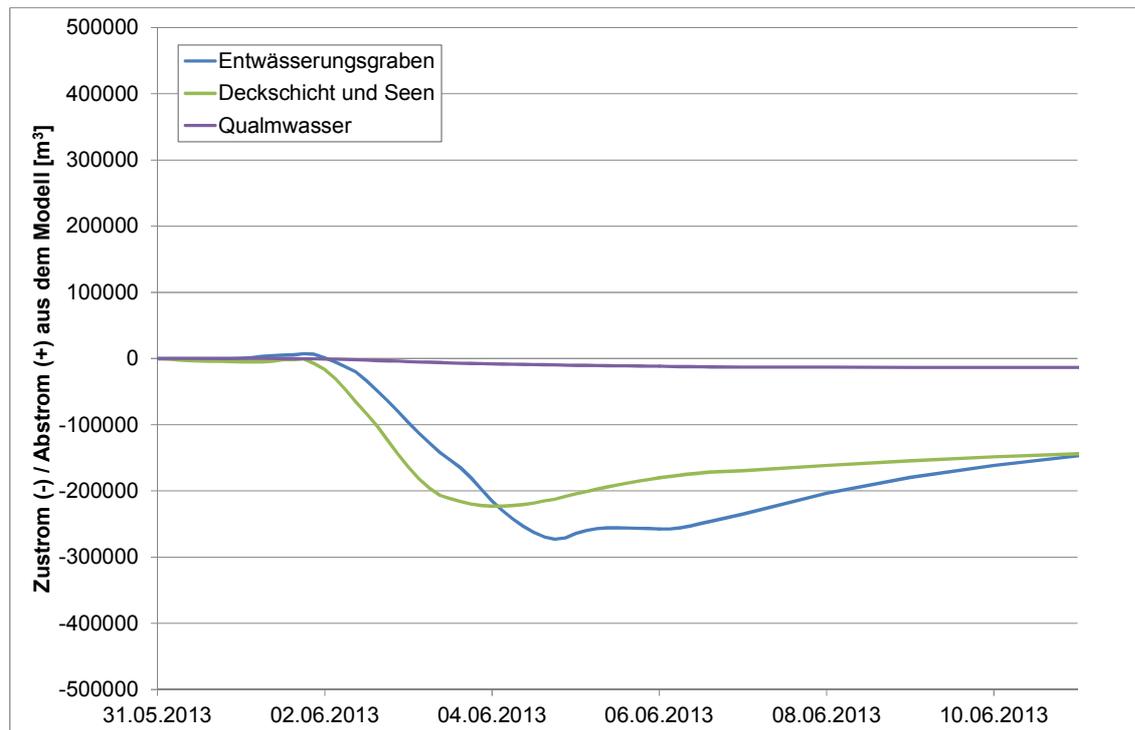


Abbildung 43: Aufsummierte Zu- und Abflüsse zum Grundwasserleiter im Einflussbereich des Rückhalteraums Neugeschüttwörth.

#### 4.3.4.4 Sensitivitätsanalyse

Die in der Sensitivitätsanalyse variierten Parameter sind in Kapitel 2.6 zusammengestellt. Für alle Parametervariationen wurde die Differenz des Planungszustands zum Bezugszustand ermittelt. Bei der Beurteilung der Auswirkungen interessiert insbesondere die äußere Grenze des prognostizierten Grundwasseranstiegs. Diese wurde bei einer Erhöhung von 10 cm definiert. Es wurde untersucht, wie sich diese Grenze infolge der Variation der Parameter verändert. In den Anlage 5.3.08 sind die Resultate in Form einer Umhüllenden dargestellt.

#### 4.3.5 Variante ROVar B

##### 4.3.5.1 Randbedingungen

Die Randbedingungen der Variante ROVar B unterscheiden sich von jenen der Variante ROVar A durch die Randbedingungen aus dem hydraulischen Modell. Zudem wurde angenommen, dass die Trinkwasserbrunnen Pfaffenhofen mit der genehmigten Pumprate von 15,2 resp. 15,0 l/s betrieben werden.

#### **4.3.5.2 Resultierende Auswirkungen**

Die Auswirkungen des Rückhalteriums auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz des Grundwasserstands im Planungszustand zum Grundwasserstand des Bezugszustands. Die Variante ROVar B ist nur für den Bereich der gegenüber Variante ROVar A größeren Ausdehnung maßgebend. Abbildung 44 zeigt die resultierenden Grundwasserstandsdifferenzen. Im Bereich der Trinkwasserbrunnen Pfaffenhofen resultiert aufgrund der kleineren Überflutungsfläche eine Absenkung des maximalen Grundwasserstands. Alle übrigen Veränderungen des Grundwasserstandes liegen innerhalb der überfluteten Fläche und sind deshalb nicht relevant.

Die Anströmung zu den Trinkwasserbrunnen Pfaffenhofen bleibt im Planungszustand praktisch unverändert gegenüber dem Bezugszustand. Abbildung 45 zeigt die über 50 Tage rückwärts verfolgten Fließwege während des Hochwasserdurchgangs. Für die Fließwegberechnung wurde eine durchflusswirksame Porosität von 15% angenommen. Infolge des im Planungszustand tieferen Grundwasserstandes und deshalb kleinerer Grundwassermächtigkeit wird der Absenkekanal der Brunnen etwas steiler, weshalb die Fließgeschwindigkeit leicht erhöht wird. Dadurch vergrößert sich die 50-Tage-Grenze der Brunnen um etwa 20 m. Innerhalb der 50 Tage gelangt kein Grundwasser aus dem Grundwasserkörper unter dem Rückhalterium in die Brunnen.

Bei den Trinkwasserbrunnen Pfaffenhofen verbessert sich die Situation durch den Rückhalterium. Im Bezugszustand reicht die Überflutung des Riedstroms bis zu den Brunnen, im Planungszustand weist die Überschwemmungsfläche einen Abstand von rund 140 m zu den Brunnen auf. Die durch den Riedstrom überflutete Fläche reicht jedoch auch im Planungszustand noch in den 50-Tage-Einzugsbereich der Brunnen.

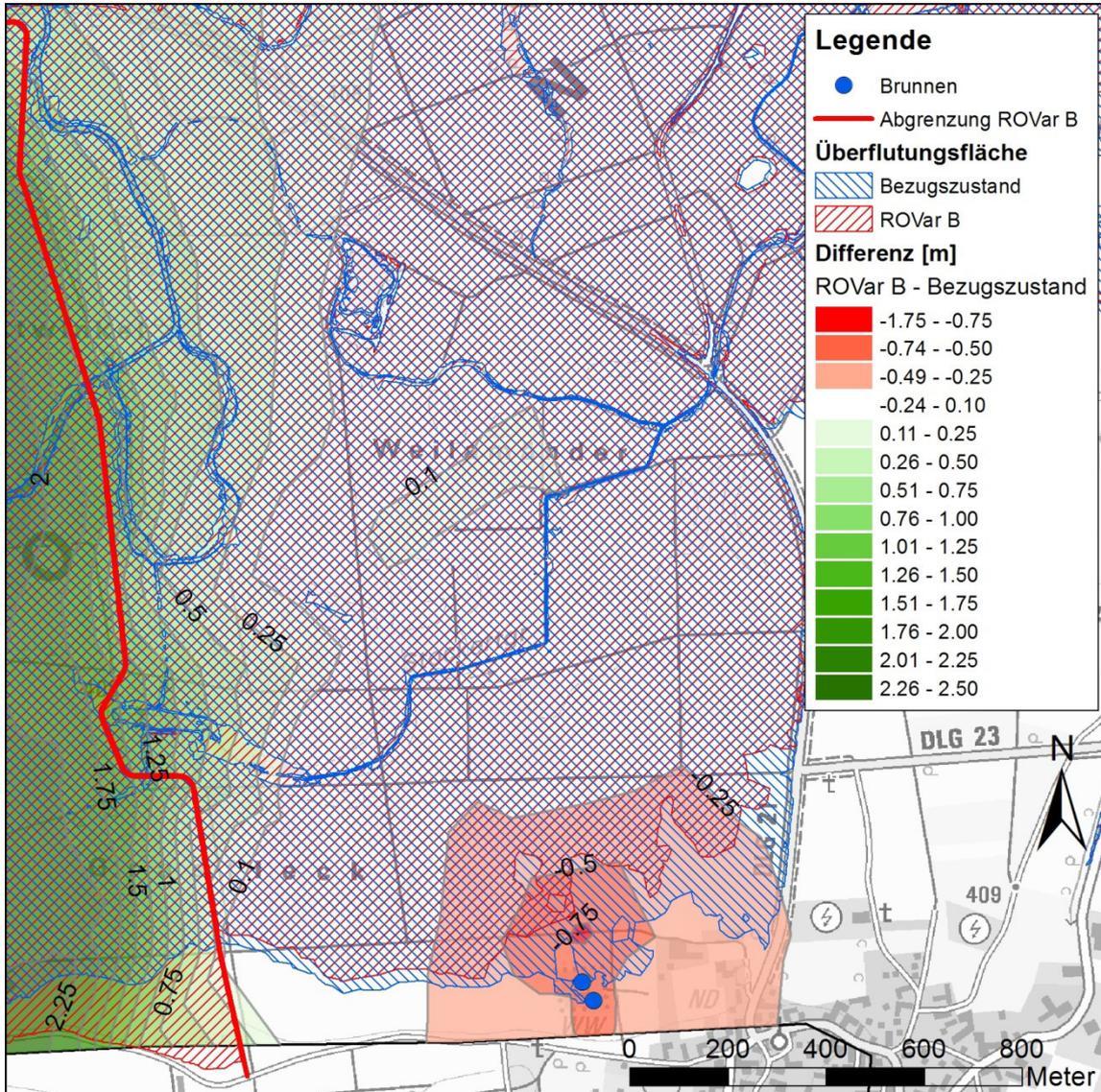


Abbildung 44: Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Planungszustand ROVar B und Bezugszustand bei HQextrem.

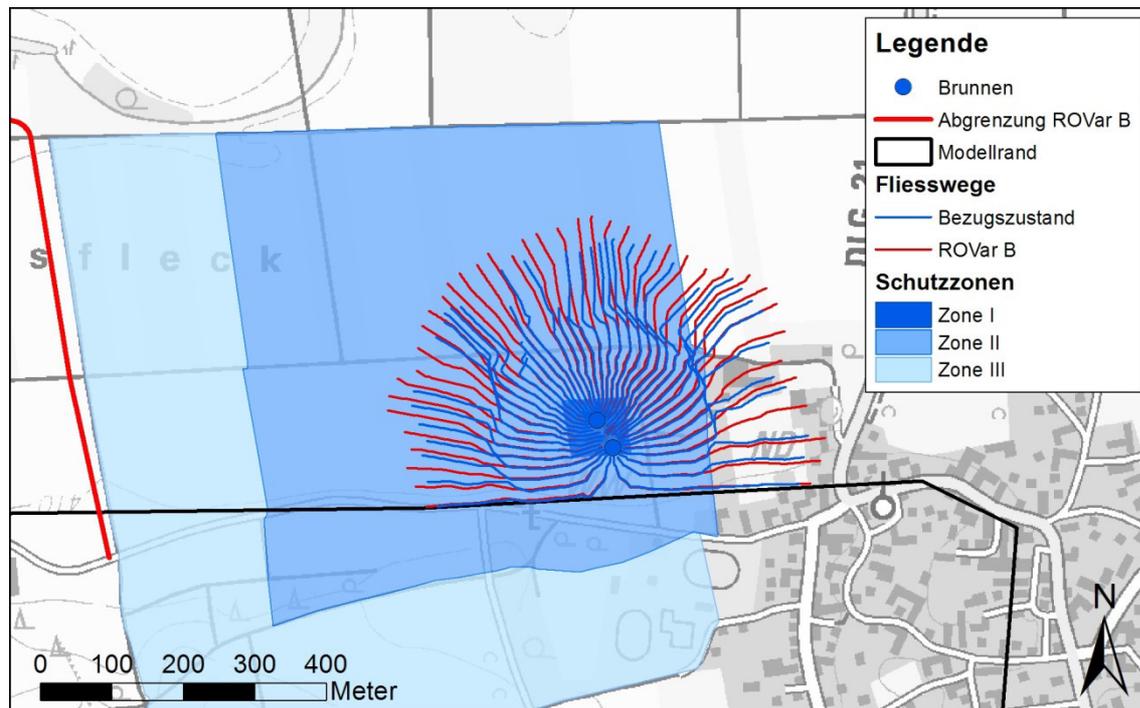


Abbildung 45: Rückwärts verfolgte Fließwege mit einer Fließzeit von 50 Tagen.

#### 4.4 Rückhalteraum Bischofswörth – Christianswörth

##### 4.4.1 Sensible Objekte und maßgebender Lastfall

In der Umgebung des Rückhalteraus Bischofswörth - Christianswörth befinden sich die Gehöfte Hofmadschwaig, Nordfelderhof und eine Hofstelle zwischen Halbermondweiher und Strasse St2033 (Abbildung 46). Auf der gegenüberliegenden Seite der Donau sind bei Steinheim einzelne Gebäude in der Donauniederung vorhanden. Die Gehöfte südlich der Donau sind heute bereits bei kleineren Hochwässern der Donau von hohen Grundwasserständen und Überflutungen betroffen.

Für den Rückhalteraum Bischofswörth – Christianswörth werden ökologische Flutungen mit  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  (ROVar A) und  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (ROVar B) vorgeschlagen. Ein möglicher Grundwasseranstieg ist zu prüfen. Für die Auswirkungen auf die Grundwasserstände ist die Variante ROVar A mit der größeren Ausleitungsmenge maßgebend. Von der Überflutung sind primär Waldflächen betroffen. Daran angrenzend befinden sich landwirtschaftlich genutzte Flächen.

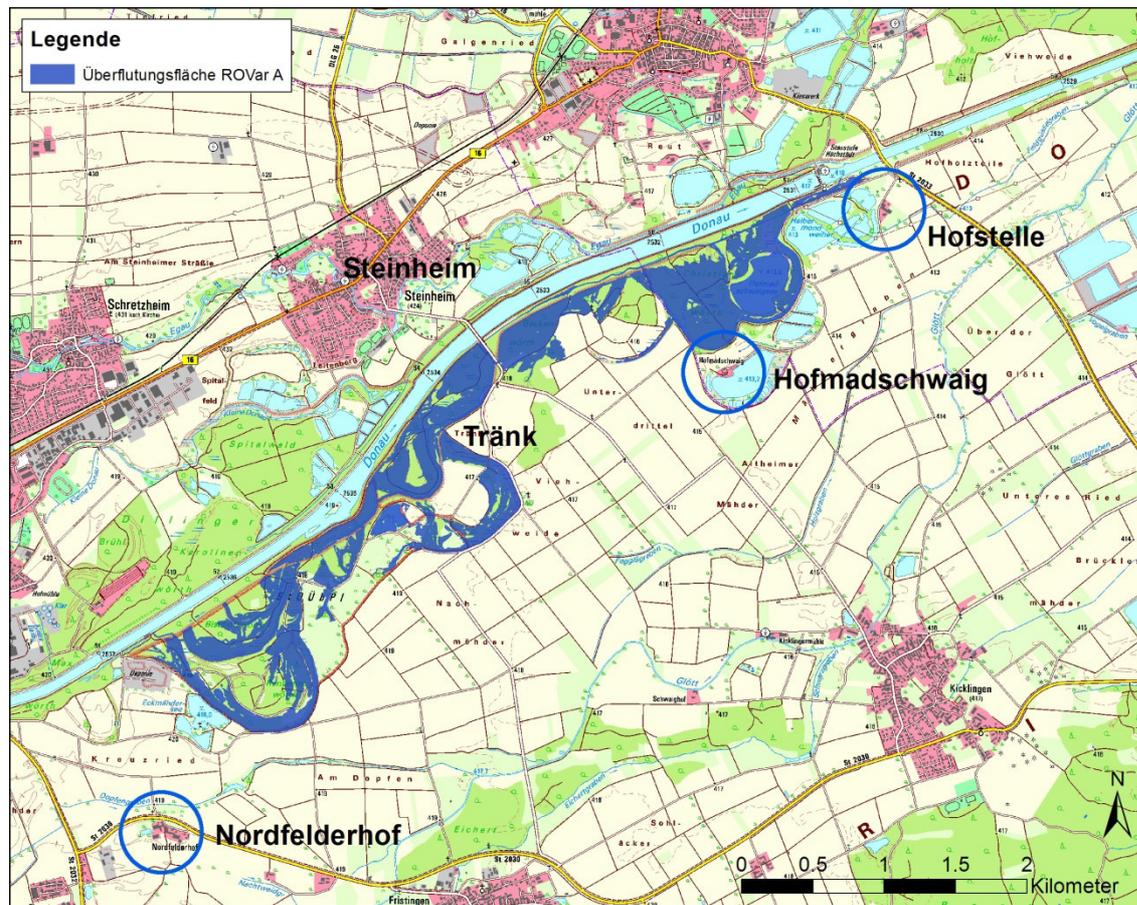


Abbildung 46: Sensible Objekte im Umfeld des Rückhalterums Bischofswörth – Christianswörth

#### 4.4.2 Ökologische Flutung mit 20 m<sup>3</sup>/s

##### 4.4.2.1 Randbedingungen

Zur Quantifizierung der Auswirkungen einer ökologischen Flutung wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Es wurde angenommen, dass die Flutung beim HW 0,3 am 3. März 2015 beginnt und eine Woche dauert. Während der Flutung werden alle Randbedingungen in den Gewässern und den überfluteten Flächen aus den hydraulischen Berechnungen übernommen.

##### 4.4.2.2 Resultierende Auswirkungen

Die resultierenden Auswirkungen der ökologischen Flutung auf den Grundwasserstand sind in der Anlage 5.3.09 dargestellt. Die ökologische Flutung bewirkt in der Umgebung der gefluteten Fläche einen Grundwasseranstieg. In Waldflächen wird ein maximaler

Anstieg von rund 1.5 m erwartet. In landwirtschaftlich genutzten Flächen beträgt der Anstieg bis zu etwa 1 m. Der Flurabstand sinkt damit auf unter einen Meter. Qualmwasseraustritte sind nur im Gebiet von „Tränk“ zu erwarten. Von den erwähnten sensiblen Objekten sind nur die Hofmadschwaig und die Hofstelle zwischen Halbermondweiher und Straße St2033 vom Grundwasseranstieg betroffen. Abbildung 47 zeigt die Ganglinie des Grundwasserspiegels bei der Hofmadschwaig mit und ohne ökologische Flutung.

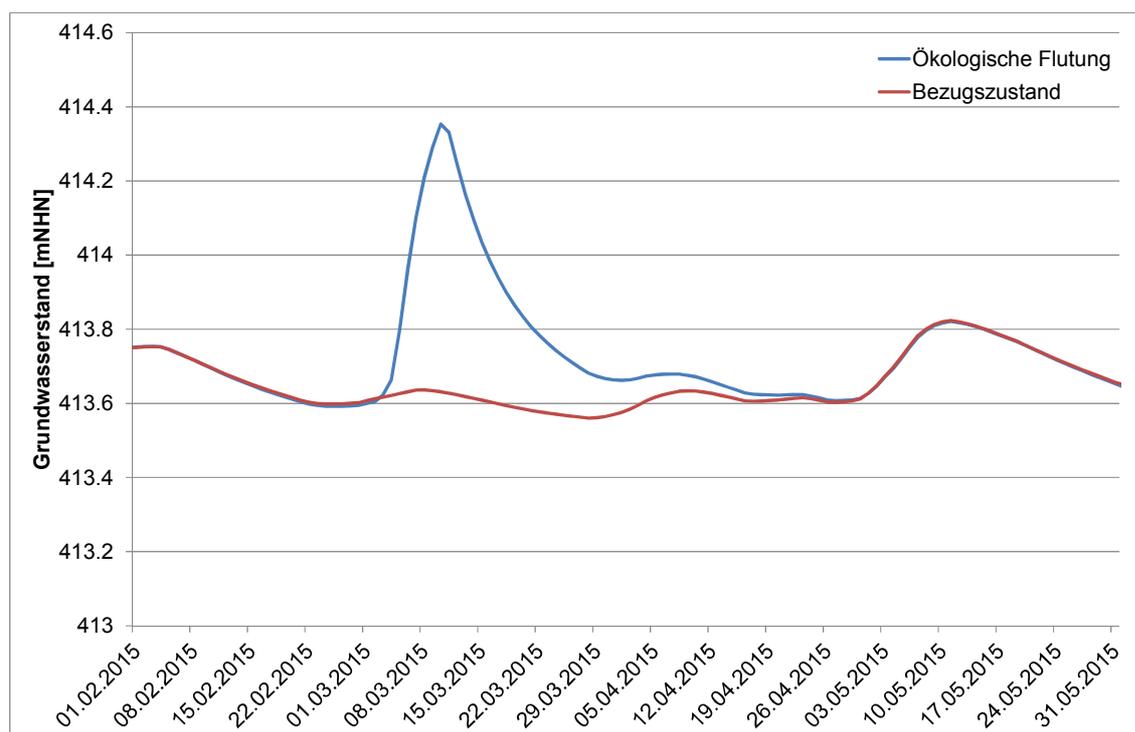


Abbildung 47: Ganglinie des Grundwasserstands bei der Hofmadschwaig.

#### 4.4.3 Massnahmen

Für die Hofmadschwaig und die Hofstelle zwischen Halbermondweiher und Strasse St2033 ist abzuklären, ob konstruktive Objektschutzmaßnahmen benötigt werden.

Zur Vermeidung von Bodenvernässungen in landwirtschaftlich genutzten Flächen dürfen ökologische Flutungen nur bei tiefem Grundwasserstand erfolgen.

## 4.5 Rückhalteraum Zankwert

### 4.5.1 Sensible Objekte und maßgebender Lastfall

Im Nordosten des Rückhalterums Zankwert befinden sich die Gehöfte Joasschwaig und Fischweitschwaig. Die Gehöfte sind heute bereits bei kleineren Hochwässern der Donau von hohen Grundwasserständen und Überflutungen betroffen.

Für den Rückhalteraum Zankwert werden ökologische Flutungen mit  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (ROVar A) und  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  (ROVar B) vorgeschlagen. Von der Überflutung sind primär Waldflächen betroffen. Daran angrenzend befinden sich landwirtschaftlich genutzte Flächen. Ein möglicher Grundwasseranstieg ist zu prüfen. Maßgebend ist die Variante ROVar A mit der größeren Ausleitungsmenge.



Abbildung 48: Sensible Objekte im Umfeld des Rückhalterums Zankwert

#### 4.5.1.1 Randbedingungen

Zur Quantifizierung der Auswirkungen einer ökologischen Flutung wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Es wurde angenommen, dass die Flutung beim HQ 0,3 am 3. März 2015 beginnt und eine Woche dauert. Während der Flutung werden alle Randbedingungen in den Gewässern und den überfluteten Bereichen aus dem Hydraulikmodell übernommen.

#### 4.5.1.2 Resultierende Auswirkungen

Die resultierenden Auswirkungen sind in der Anlage 5.3.10 dargestellt. Die ökologische Flutung bewirkt einen Anstieg des Grundwasserstands in der Umgebung der gefluteten Fläche. Abbildung 49 zeigt die Ganglinie des Grundwasserspiegels beim Hof Joasschwaig mit und ohne ökologische Flutung. Der durch die ökologische Flutung verursachte Grundwasseranstieg ist in der Größenordnung der üblichen jahreszeitlichen Schwankungen.

In den landwirtschaftlich genutzten Flächen westlich von Joasschweig und in Zankwert führt der Grundwasseranstieg zu Flurabständen unter einem Meter. In der Nähe der Überflutungsflächen kann Qualmwasser austreten. Es ist jedoch zu beachten, dass dies auch bei Hochwasserereignissen in der Donau der Fall ist.

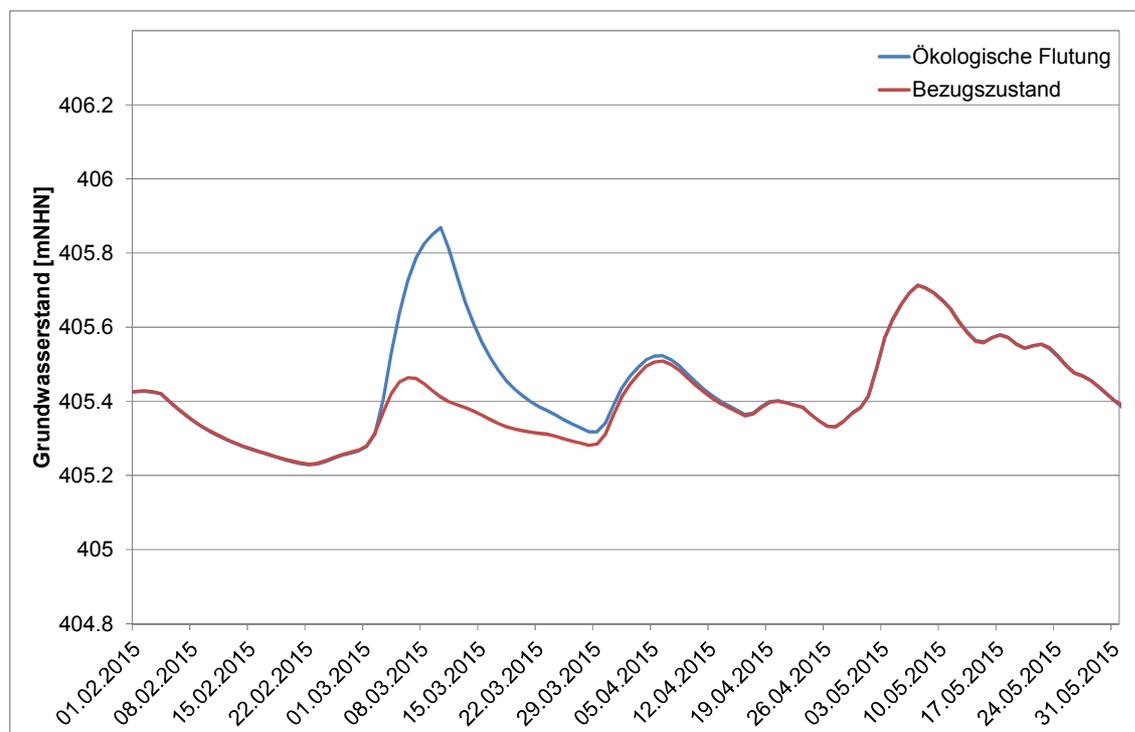


Abbildung 49: Ganglinie des Grundwasserstands beim Hof Joasschwaig

#### **4.5.1.3 Massnahmen**

Sofern an den Höfen Joasschwaig und Fischweitschwaig erforderlich, werden konstruktive Objektschutzmaßnahmen vorgesehen.

Zur Vermeidung von Bodenvernässungen in landwirtschaftlich genutzten Flächen dürfen ökologische Flutungen nicht bei bereits hohem Ausgangs-Grundwasserstand erfolgen.

### **4.6 Rückhalteraum Tapfheim**

#### **4.6.1 Sensible Objekte und maßgebender Lastfall**

Abbildung 50 zeigt die Abgrenzung des Rückhalteraums Tapfheim. Nördlich des Rückhalteraums liegt der Ort Tapfheim. Der Ortskern liegt oberhalb der Terrassenkante auf der Hochterrasse. Einige Einzelgebäude, sowie die Bebauung an der Riedstrasse liegen in der Donau-Niederung. Zwischen Reichenbach und Tapfheimer Badesees existiert eine Hofstelle. Die Veränderungen der maximalen Grundwasserstände bei einer Flutung des Rückhalteraums sind zu quantifizieren und potentielle Auswirkungen auf diese sensiblen Objekte zu untersuchen.

Als maßgebender Lastfall wird die Variante ROVar B im Einsatzfall des Rückhalteraums (HQ 100+15%) untersucht.

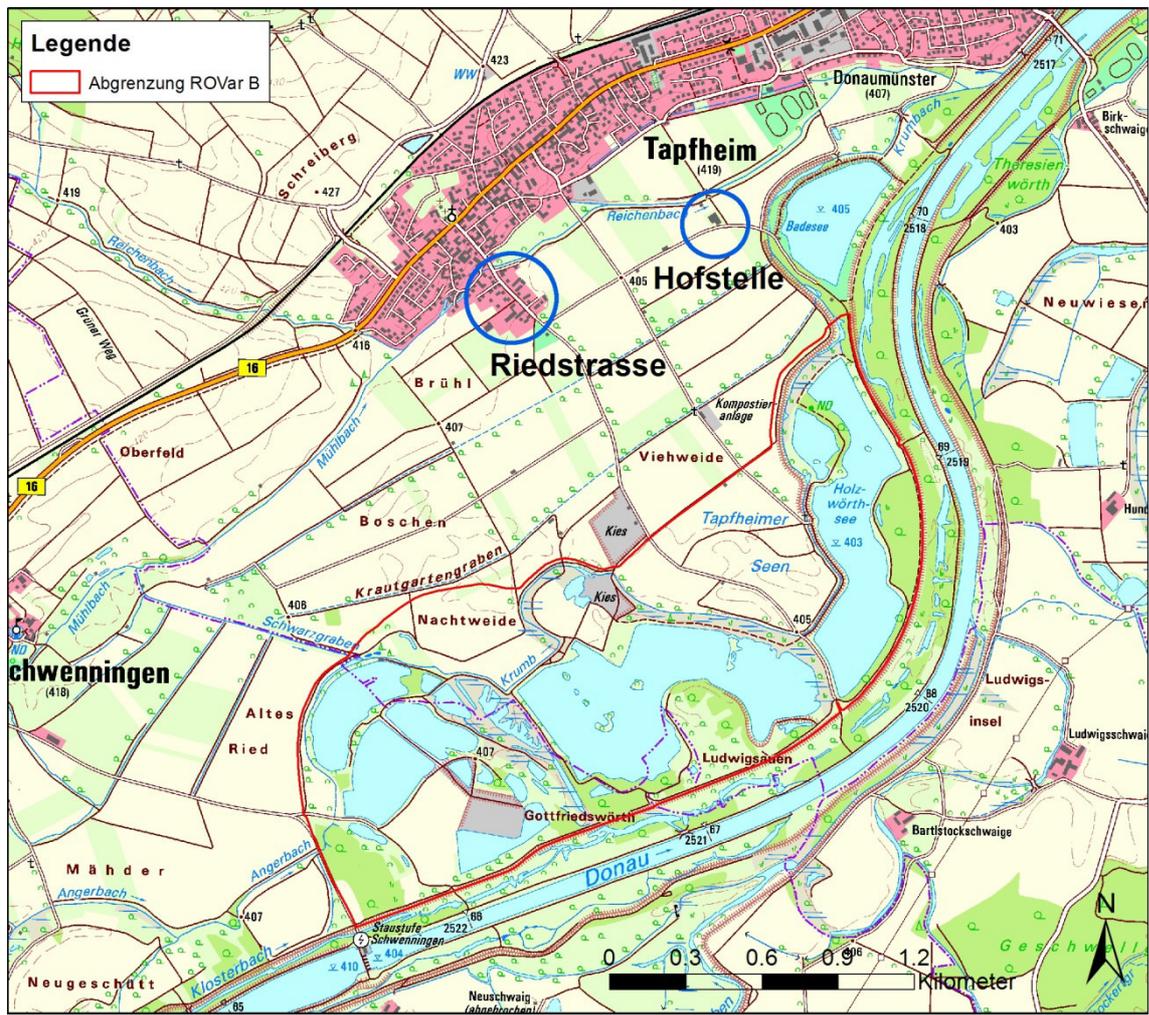


Abbildung 50: Situation beim Rückhalteraum Tapfheim mit sensiblen Objekten.

#### 4.6.2 Untersuchte Varianten

Für den Rückhalteraum Tapfheim sind die zwei Varianten ROVar A und ROVar B vorgesehen. Bei der Variante ROVar A wird keine gezielte Flutung durchgeführt. Sie ist deshalb für das Grundwasser nicht relevant. Die Variante ROVar B umfasst vor allem die vorhandenen Baggerseen und einige angrenzende Bereiche (Abbildung 51). Für diese Variante werden die maximalen Auswirkungen auf das Grundwasser quantifiziert.

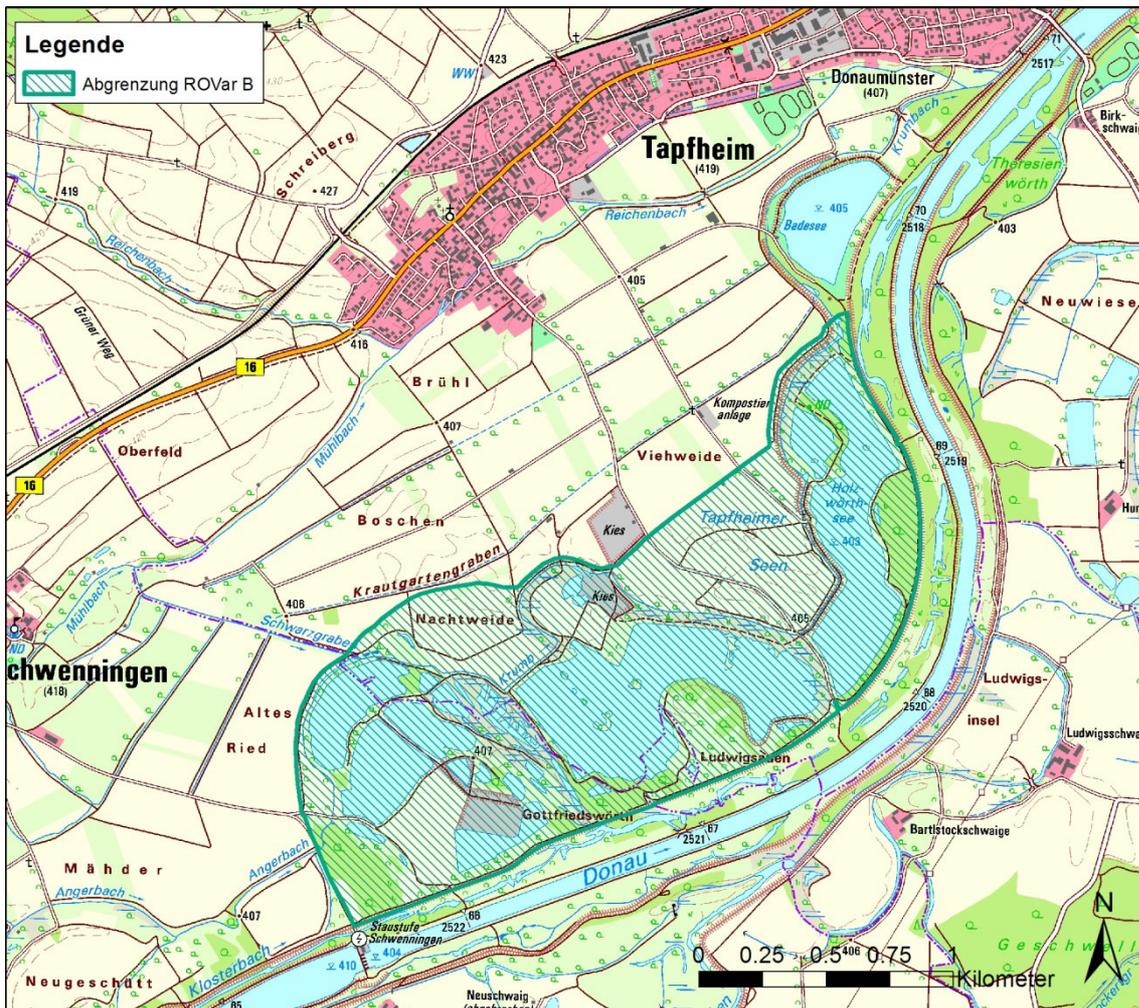


Abbildung 51: Abgrenzung der Variante ROVar B

### **4.6.3 Variante ROVar B**

#### **4.6.3.1 Randbedingungen**

Zur Quantifizierung der Auswirkungen der Variante ROVar B wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Dabei werden vor und nach dem HQ100+15% die gleichen Randbedingungen vorgegeben wie bei der Kalibrierung für das Jahr 2013. Während des Hochwasserdurchgangs werden die Randbedingungen im Überflutungsbereich und den Gewässern aus dem hydraulischen Modell übernommen.

#### **4.6.3.2 Maßnahmen**

Es sind keine Maßnahmen notwendig.

#### **4.6.3.3 Resultierende Auswirkungen**

Die Auswirkungen des Rückhalteriums auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz des maximalen Grundwasserstands im Planungszustand zum maximalen Grundwasserstand des Bezugszustands. Die resultierenden Auswirkungen sind in Anlage 5.3.12 dargestellt.

Die Auswirkungen einer Flutung des Rückhalteriums bei HQ100+15% beschränken sich auf landwirtschaftliche Flächen. In unmittelbarer Nähe des Rückhalteriums kann der zusätzliche Grundwasseranstieg bis zu maximal 2 m betragen. Landseitig nimmt der Anstieg rasch ab. In den Flächen zwischen Rückhalterium und Tapfheim steigt der Grundwasserstand über die Geländeoberfläche an und es kann großflächig Qualmwasser austreten. Qualmwasseraustritte sind auch im Bezugszustand zu erwarten, jedoch in einer kleineren Fläche.

#### **4.6.3.4 Sensitivitätsanalyse**

Die in der Sensitivitätsanalyse variierten Parameter sind in Kapitel 2.6 zusammengestellt. Für alle Parametervariationen wurde die Differenz des Planungszustands zum Bezugszustand ermittelt. Bei der Beurteilung der Auswirkungen interessiert insbesondere die äußere Grenze des prognostizierten Grundwasseranstiegs. Diese wurde bei einer Erhöhung von 10 cm definiert. Es wurde untersucht, wie sich diese Grenze infolge der Variation der Parameter verändert. In den Anlage 5.3.12 sind die Resultate in Form einer Umhüllenden dargestellt. Die Distanz zum Basisfall ist klein.

## 4.7 Rückhalteraum Donauwörth

### 4.7.1 Sensible Objekte und maßgebender Lastfall

Der Rückhalteraum Donauwörth erstreckt sich zwischen der Kessel und der Bud-  
nestraße. Innerhalb des Rückhalteraums befinden sich das Quellhaus und die Hofstelle  
am Donauefeld. Direkt nördlich des Rückhalteraums liegen der Spindelhof, noch etwas  
weiter nördlich der Posthof. Die Veränderungen der maximalen Grundwasserstände  
bei einer Flutung des Rückhalteraums sind zu quantifizieren und potentielle Auswir-  
kungen auf diese sensible Objekte zu untersuchen.

Als maßgebender Lastfall wird die Variante ROVar B im Einsatzfall des  
Rückhalteraums (HQ 100+15%) untersucht.

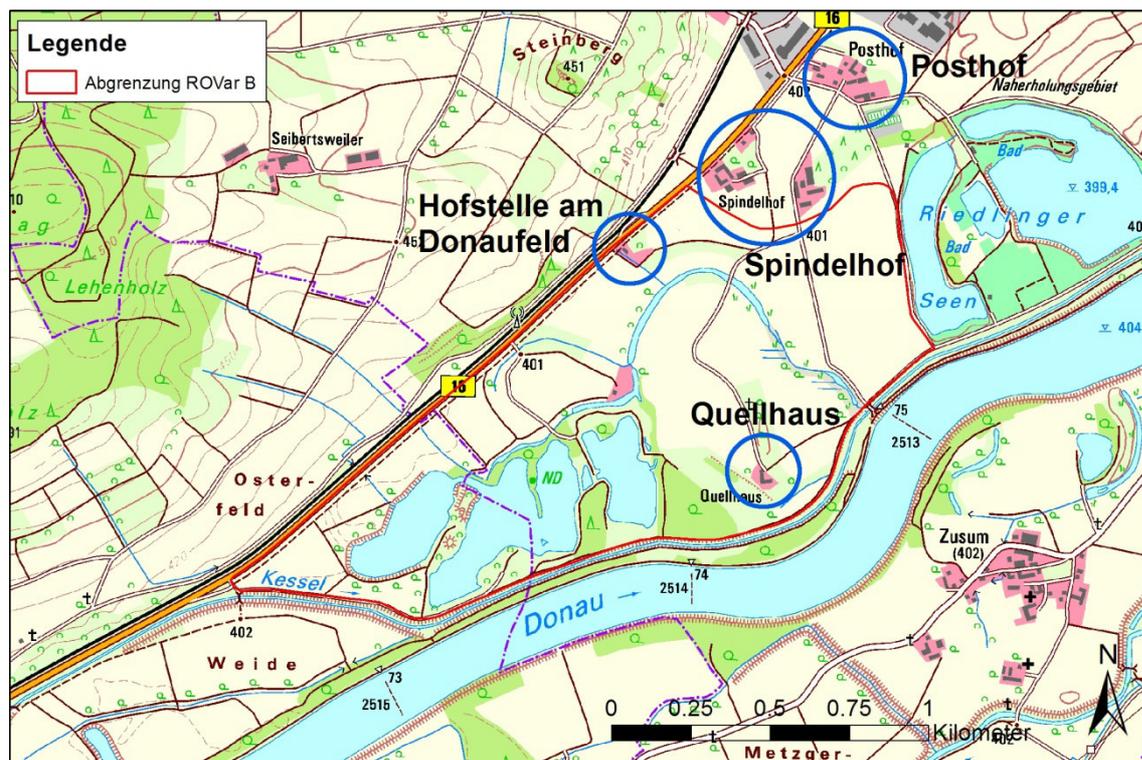


Abbildung 52: Sensible Objekte - Rückhalteraum Donauwörth

## 4.7.2 Untersuchte Varianten

Für den Rückhalteraum Donauwörth sind die zwei Varianten ROVar A und ROVar B vorgesehen (Abbildung 53). Die Umrissse der Variante ROVar A liegen vollständig innerhalb der Variante ROVar B. Zur Quantifizierung der maximalen Auswirkungen auf das Grundwasser genügt es also, die Variante ROVar B zu untersuchen.

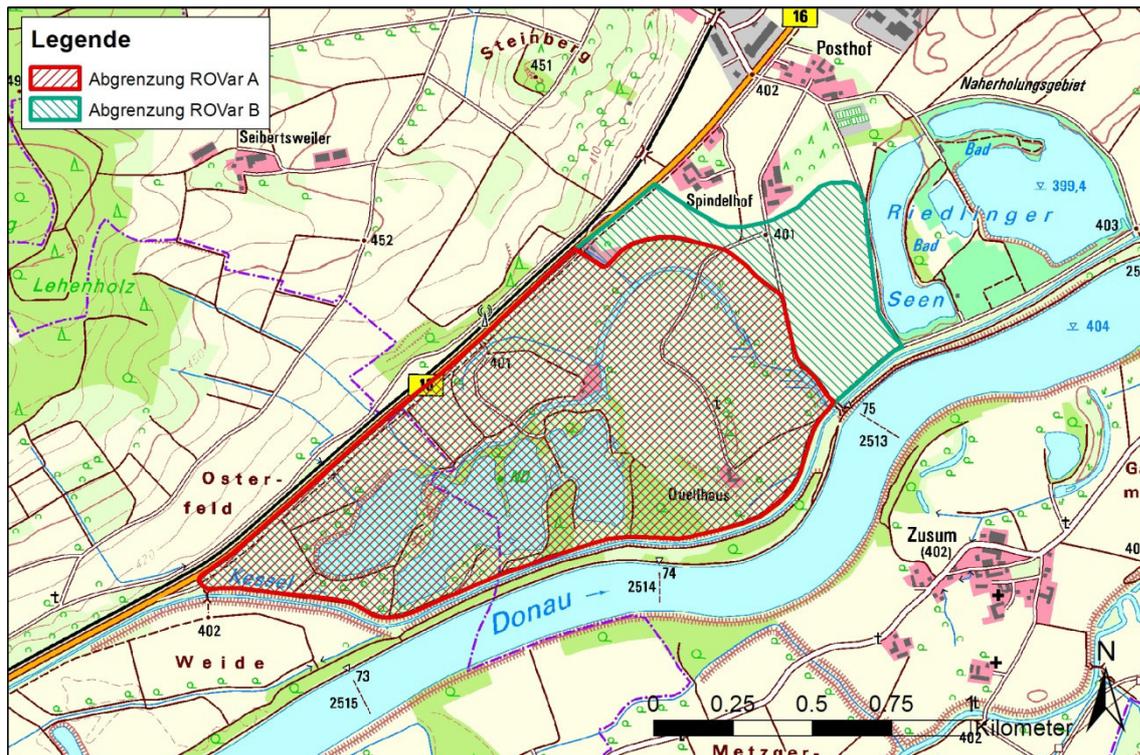


Abbildung 53: Varianten ROVar A und ROVar B

## 4.7.3 Variante ROVar B

### 4.7.3.1 Randbedingungen

Zur Quantifizierung der Auswirkungen der Variante ROVar B wird das regionale Grundwassermodell (siehe Anlage 5.2) eingesetzt. Dabei werden vor und nach dem HQ100+15% die gleichen Randbedingungen vorgegeben wie bei der Kalibrierung für das Jahr 2013. Während des Hochwasserdurchgangs werden die Randbedingungen im Überflutungsbereich und den Gewässern aus dem hydraulischen Modell übernommen.

#### **4.7.3.2 Maßnahmen**

Die innerhalb des Rückhalteraums liegenden Gebäude (Quellhaus und Hofstelle am Donaufeld) benötigen einen Objektschutz. Beim Spindelhof beträgt der zusätzliche Grundwasseranstieg etwa 40 cm, beim Posthof noch etwa 20 cm. Bei den beiden Höfen sind deshalb ebenfalls Objektschutzmaßnahmen vorgesehen.

#### **4.7.3.3 Resultierende Auswirkungen**

Die Auswirkungen des Rückhalteraums auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz des maximalen Grundwasserstands im Planungszustand zum maximalen Grundwasserstand des Bezugszustands. Die resultierenden Auswirkungen sind in Anlage 5.3.13 dargestellt.

Im Einsatzfall des Rückhalteraums wird nordöstlich der überfluteten Fläche ein Grundwasseranstieg prognostiziert. Dieser nimmt von etwa 50 cm am Deich des Rückhalteraums auf etwa 10 cm östlich des Posthofs ab. Nordwestlich grenzt der Rückhalteraum an den Rand des Grundwasserleiters. Dort sind deshalb keine Auswirkungen zu erwarten.

#### **4.7.3.4 Sensitivitätsanalyse**

Die in der Sensitivitätsanalyse variierten Parameter sind in Kapitel 2.6 zusammengestellt. Für alle Parametervariationen wurde die Differenz des Planungszustands zum Bezugszustand ermittelt. Bei der Beurteilung der Auswirkungen interessiert insbesondere die äußere Grenze des prognostizierten Grundwasseranstiegs. Diese wurde bei einer Erhöhung von 10 cm definiert. Es wurde untersucht, wie sich diese Grenze infolge der Variation der Parameter verändert. In den Anlage 5.3.14 sind die Resultate in Form einer Umhüllenden dargestellt. Die Distanz zum Basisfall beträgt im Maximum 700 m.

## **5 Zusammenfassung**

An der Donau zwischen Iller und Lech werden im Rahmen des Hochwasserschutz-Aktionsprogramms Schwäbische Donau sieben Rückhalteräume geplant. Zur Prognose der Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse wurde ein numerisches Grundwassermodell des Donautals zwischen Iller und Lech erstellt.

Bereits im Jahr 2015 wurde ein Sondermessnetz für dieses Projekt aufgebaut, welches Messungen der Grundwasserstände an über 100 Messstellen, sowie Abflussmessungen an mehreren Gewässern umfasst.

### **5.1 Flutung der Rückhalteräume**

Mit dem Grundwassermodell wurden die Auswirkungen der Rückhalteräume untersucht. Dabei wurden jeweils ein Planungszustand mit Rückhalteraum im Einsatzfall und ein Bezugszustand ohne Rückhalteraum gerechnet. Die Auswirkungen ergeben sich aus der Differenz der beiden Zustände. Deren Relevanz wurde im Hinblick auf sensible Objekte wie Bebauung und Trinkwassergewinnung beurteilt. Die im Modell verwendeten Wasserspiegel in Gewässern und den überfluteten Flächen wurden aus dem hydraulischen Modell übernommen.

Weiterhin wurden Maßnahmen zum Ausgleich der prognostizierten Auswirkungen auf Bebauungen und Trinkwasserfassungen konzipiert und ihre Wirkung prognostiziert. Die Sensitivität der Prognose auf die Unsicherheiten bei der Annahme der Modellparameter wurde durch Sensitivitätsanalysen bestimmt.

Die für den Einsatz bei HQextrem geplanten Rückhalteräume Leipheim, Helmeringen und Neugeschüttwörth können so realisiert werden, dass keine nachteiligen Einflüsse auf den Grundwasserstand in Bebauungsgebieten zu erwarten sind. Dazu sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Rückhalteraum Leipheim: Drainage entlang der östlichen Begrenzung des Rückhalterauls mit Schöpfwerk zum Abführen der anfallenden Wassermenge. Objektschutz für die Hofstelle am Gentlachweg.
- Rückhalteraum Helmeringen: Objektschutz für das Gut Helmeringen, das Gut Hygstetten und die beiden Hofstellen am Helmeringer Weg.
- Beim Rückhalteraum Neugeschüttwörth sind keine Maßnahmen erforderlich.

Zum Schutz der Trinkwasserfassungen sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

Die für den Einsatz bei HQ 100+15% vorgesehenen Rückhalteräume Tapfheim und Donauwörth sind ebenfalls realisierbar. Es sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Rückhalteraum Tapfheim: keine Maßnahmen erforderlich
- Rückhalteraum Donauwörth: Objektschutz für das Quellhaus, die Hofstelle am Donaufeld, den Spindelhof und den Posthof.

## 5.2 Ökologische Flutungen

Das Grundwassermodell wurde ebenfalls für die Quantifizierung der Auswirkungen von ökologischen Flutungen eingesetzt. Der mit den ökologischen Flutungen angestrebte Grundwasseranstieg erstreckt sich teilweise auch über die Begrenzung der Rückhalteräume hinaus. Zwar ist der resultierende Grundwasserstand tiefer als bei extremen Hochwasserereignissen, ökologische Flutungen werden jedoch häufiger durchgeführt. Für die betroffenen Höfe sind deshalb, soweit notwendig, Objektschutzmaßnahmen geplant:

- Rückhalteraum Bischofswörth - Christianswörth: Hofmadschwaig und Hofstelle zwischen Halbermondweiher und Straße St2033
- Rückhalteraum Zankwert: Hofstellen Joasschwaig und Fischweitschwaig
- Bei den Rückhalteräumen Leipheim und Helmeringen sind für die ökologischen Flutungen keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich