



Grundwassermodell Flutpolder Bertoldsheim

Zusammenfassung

August 2020



GeoBüro Ulm

Arbeitsgemeinschaft Simultec – GeoBüro Ulm

c/o Simultec AG, KraftWerk1, Hardturmstr. 261, CH-8005 Zürich

Tel: +41 44 563 86 20, Fax: +41 44 563 86 29, E-Mail: info@simultec.ch

Grundwassermodell Flutpolder Bertoldsheim Modelleinsatz

Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Hydrogeologische Situation	2
3	Modellkonzept	4
4	Modellaufbau und Kalibrierung.....	4
5	Bezugszustand	5
6	Standort Nord	6
7	Standort Süd.....	8
8	Unsicherheiten	10
9	Fazit.....	10
10	Literatur.....	10

1 Einleitung

Anlass	Entlang der Donau sollen Flutpolder erstellt werden, mit denen bei großen Hochwasserereignissen die Hochwasserspitzen gekappt und die unterhalb liegenden Hochwasserschutzanlagen entlastet werden können. Der Flutpolder Bertoldsheim ist einer der möglichen Flutpolderstandorte. Er soll entweder nördlich oder südlich der Donau realisiert werden.
Auftrag	Zur Bestimmung der Auswirkungen des Flutpolders auf die Grundwasserverhältnisse wurde ein Grundwassermodell erstellt.
Vorgehen	<p>Der Aufbau des Grundwassermodells orientierte sich an den Leitfäden der FH-DGG [1] und des DVGW [2] und umfasste die folgenden Schritte, welche in drei Teilberichten dokumentiert sind:</p> <ul style="list-style-type: none">- Erfassung und Auswertung aller für die Grundwasserströmung relevanter Daten. Aufbau eines hydrogeologischen Modells. Festlegung von Modellkonzepten und Randbedingungen [3].- Umsetzung des hydrogeologischen Modells in ein numerisches Modell. Kalibrierung an Messdaten des Grundwasserstandes, Modelltest an einem davon unabhängigen Datensatz [4].- Berechnung von Bezugszuständen ohne Polder und Fallstudien mit Polder. Konzeption der notwendigen Maßnahmen. Auswirkungsberechnung und Sensitivitätsanalyse [5].

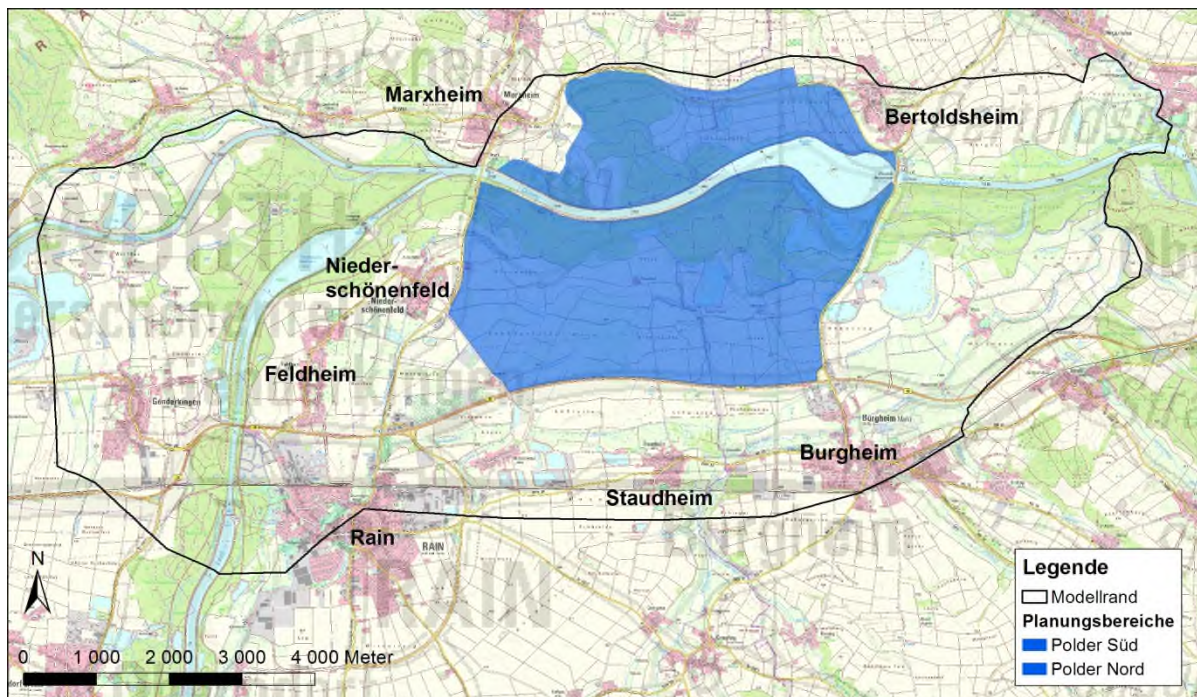


Abbildung 1: Situation mit Modellumriss und Planungsbereichen der Flutpolder.

2 Hydrogeologische Situation

Schichtaufbau

Im Modellgebiet ist ein Grundwasserleiter aus quartären Schottern (Kiese und Sande) ausgebildet. Der Schotter ist häufig bedeckt von Auelehmen, welche bei früheren Überflutungen der Donau abgelagert wurden (Deckschichten). Unter dem Schotter liegen die schwach durchlässigen schluffigen Tone der Tertiären Molasse, welche eine von Süden nach Norden abnehmende Mächtigkeit aufweisen.

Entlang des nördlichen Talrandes keilen die Tertiärschichten stellenweise aus und der quartäre Grundwasserleiter ist in direktem Kontakt zu den darunterliegenden Schichten des Weissen Jura. Diese Schichten können verkarstet sein und Grundwasser führen. Da der Wasserdruck im Karstgrundwasserleiter höher ist als im quartären Schotter, kann Karstwasser von unten in den Grundwasserleiter gelangen. Abbildung 2 zeigt einen schematischen geologischen Querschnitt durch das Projektgebiet.

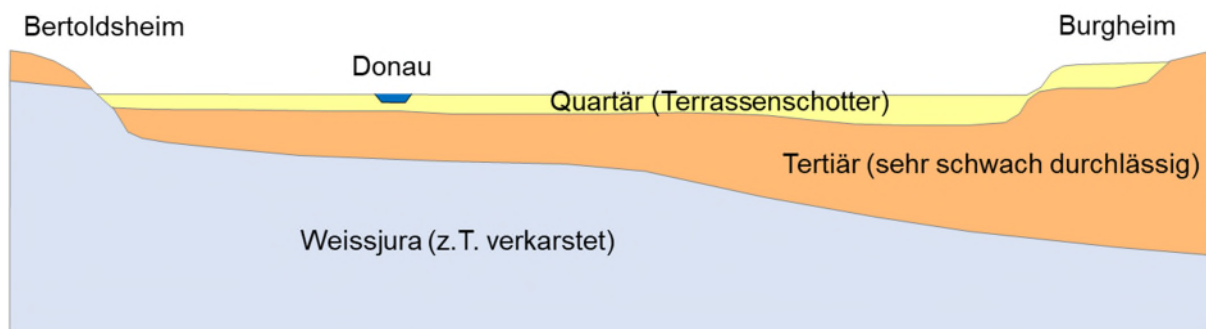


Abbildung 2: Schematischer geologischer Querschnitt durch das Projektgebiet.

Grundwasserströmung

Vor dem Bau der Staustufe Bertoldsheim wurde das seitlich zuströmende Grundwasser durch die Donau drainiert und abgeführt. Mit dem Bau der Staustufe erfolgte eine Strömungsumkehr; das Wasser strömt heute vom höher gelegenen Stauraum ins Grundwasser hinein. Die beidseitig des Stauraums angelegten Binnenentwässerungsgräben durchtrennen die Deckschicht, drainieren das Grundwasser und führen es unterhalb der Staustufe wieder in die Donau zurück.

Grundwasserstände

In Abbildung 3 sind der mittlere Grundwasserstand und die Strömungsrichtung des Grundwassers dargestellt. Abbildung 4 zeigt den Flurabstand des Grundwassers, d.h. den Abstand zwischen der Geländeoberfläche und dem Grundwasserspiegel. Der Flurabstand ist im größten Teil des Projektgebietes kleiner als drei Meter, an vielen Stellen sogar kleiner als einen Meter. Bei sehr kleinen Flurabständen ist eine landwirtschaftliche Nutzung nicht möglich, deshalb wurden im Bereich östlich Niederschönenfeld und nördlich Burgheim Drainagegräben angelegt.

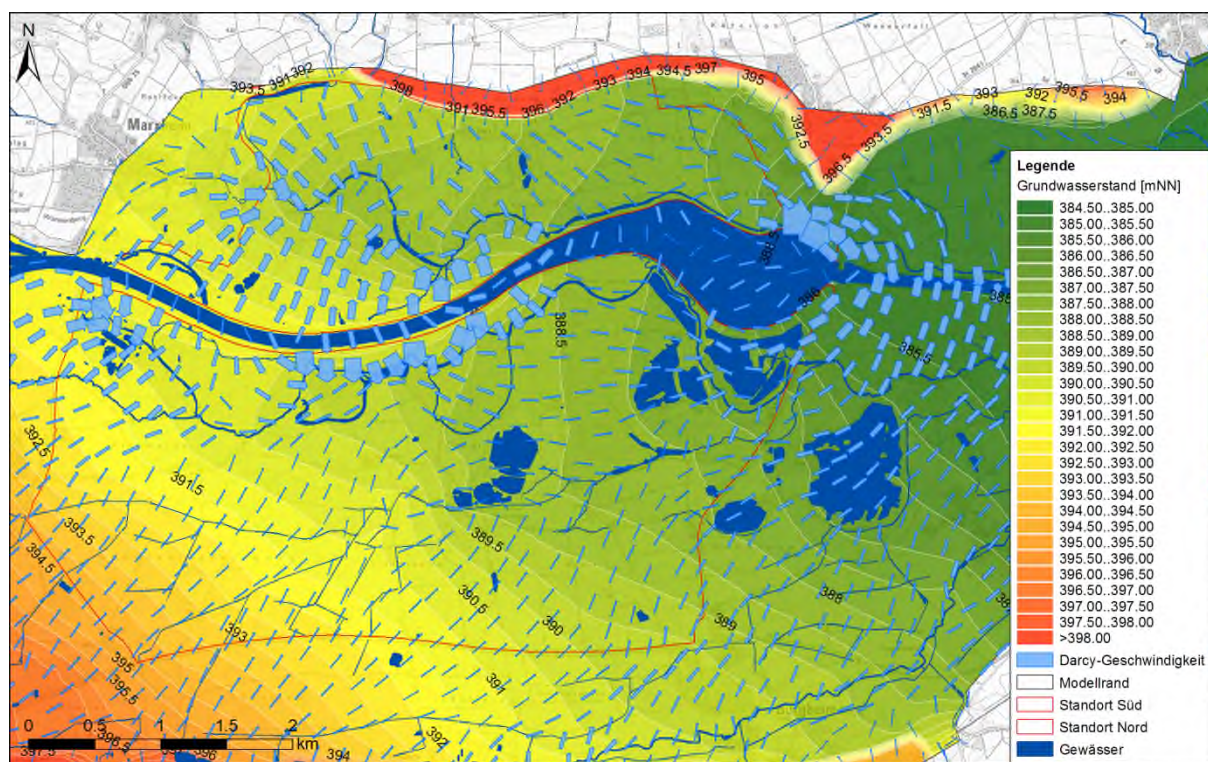


Abbildung 3: Höhengleichen des mittleren Grundwasserstands (01.05.2019) mit Darcy-Geschwindigkeiten.

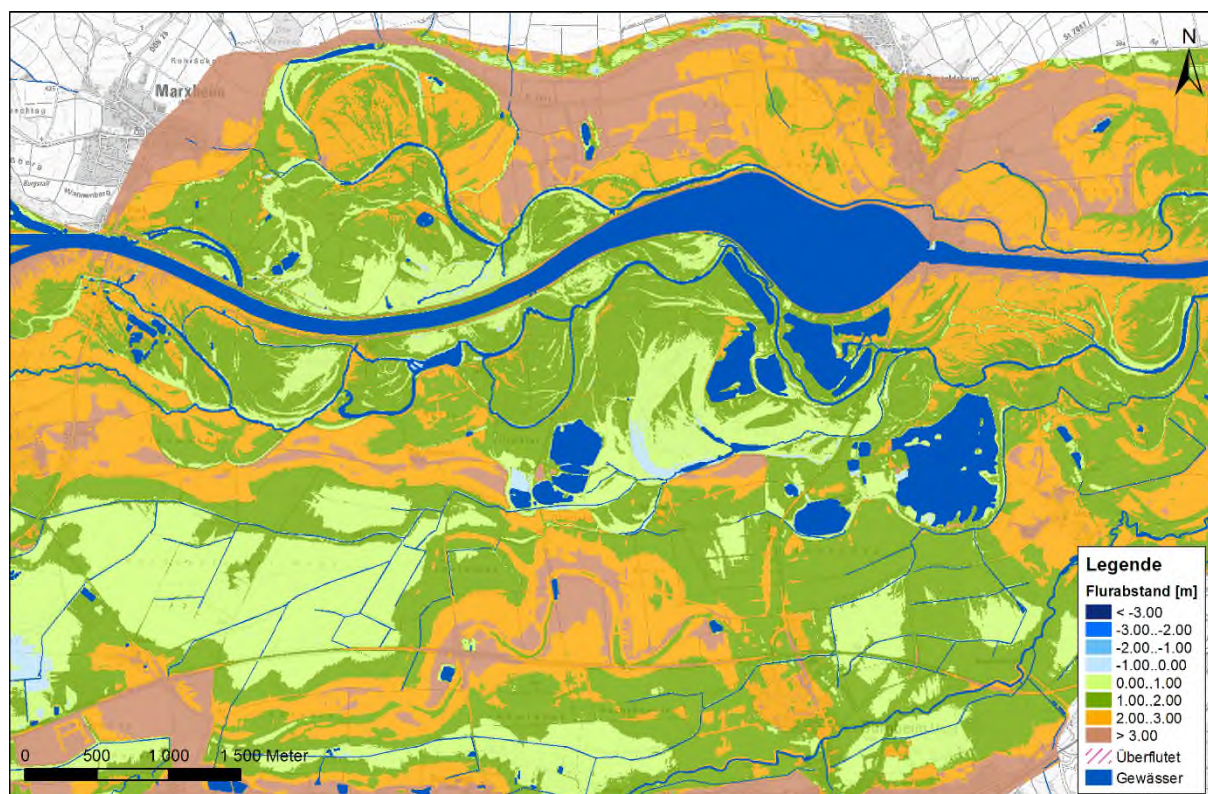


Abbildung 4: Flurabstand bei mittlerem Grundwasserstand am 01.05.2019.

3 Modellkonzept

Einflussfaktoren	Bei Realisierung des Flutpolders werden im Einsatzfall die Flächen nördlich oder südlich der Donau mit Wasser überflutet. Aus der Überflutungsfläche gelangt, durch die abdichtende Wirkung der Deckschichten verzögert, Wasser in den quartären Grundwasserleiter. Die beim Bau der Staustufen angelegten Gräben beschleunigen den Austausch. Das austretende Wasser führt außerhalb des Polders zu einem Grundwasseranstieg.
Modellkonzept	Zur Beurteilung der Auswirkungen des Flutpolders müssen also primär der quartäre Grundwasserleiter, die Deckschichten und die Gewässer betrachtet werden. Für das Grundwassermodell wurde deshalb folgendes Konzept vorgeschlagen: <ul style="list-style-type: none">- Horizontal zweidimensionales Strömungsmodell mit freier, resp. unter der Deckschicht gespannter Oberfläche. Nach unten wird das Modell durch die Basis der Quartärschotter begrenzt.- Vertikal eindimensionaler Austausch über die Deckschichten. Die Geländeoberfläche bildet die Modelloberkante.- Berücksichtigung der Gewässer über ihren Wasserstand und einen Sohlenwiderstand.
Kopplung mit dem hydraulischen Modell	Die Wasserstände in den bei Hochwasser gefluteten Flächen wurden vorgängig mit einem hydraulischen Modell berechnet. Sie werden an der Oberfläche des Grundwassermodells als Randbedingung vorgegeben.

4 Modellaufbau und Kalibrierung

Numerisches Modell	Zur Umsetzung des hydrogeologischen Modells in ein numerisches Modell wurde die Software FEFLOW verwendet [6]. Die Software löst die Strömungs- und Kontinuitätsgleichung mit der Methode der finiten Elemente. Das Modellgebiet wurde dazu in 67.000 Dreieckselemente unterteilt.
Kalibrierungsmethode	Zur Kalibrierung des Modells wurden die Modellparameter innerhalb physikalisch sinnvoller Grenzen variiert, bis die berechneten und gemessenen Grundwasserstände ausreichend genau übereinstimmten. Dazu wurde ein iteratives Verfahren aus manueller und automatischer Kalibrierung gewählt. Für die automatische Kalibrierung wurde die Software PEST eingesetzt [7].
Kalibrierung	Das Modell wurde am Zeitraum vom 01.01.2017 bis 15.08.2019 kalibriert. Das WWA Ingolstadt richtete bereits im Jahr 2016 neun Messstellen mit kontinuierlicher Aufzeichnung des Grundwasserstandes ein. Im Rahmen des Projektes wurde zudem eine Stichtagsmessung durchgeführt. Insgesamt standen 23.000 Messdaten zur Verfügung. Durch geeignete Parameterwahl konnte der Mittelwert der absoluten

Abweichung auf 13 cm reduziert werden. Gemäß Arbeitsblatt DVGW W 107 [2] entspricht dies einer sehr guten Modellanpassung.

Modelltest

Vor der Anwendung zu Prognosezwecken sollte jedes Modell an einem unabhängigen Datensatz getestet werden. Dazu wurden die Daten des Zeitraums 01.02.2013 bis 31.12.2013 eingesetzt. Mit einer mittleren absoluten Abweichung von 16 cm erzielte das Modell ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messdaten. Für die Kalibrierung und den Modelltest wurden auch Messdaten Dritter eingesetzt.

5 Bezugszustand

Bezugszustand

Damit die Auswirkungen eines Vorhabens quantifiziert werden können, muss ein Bezugszustand definiert werden. Der Bezugszustand stellt die Situation dar, welche auftreten würde, wenn ein Hochwasserereignis stattfindet, aber keine Flutpolder vorhanden sind.

Vorgegebene Abflussganglinien

Den Berechnungen wurden zwei Hochwasserwellen mit Wiederkehrintervallen von 200 Jahren (HQ200) zugrunde gelegt. Dabei ist eine der Wellen durch einen hohen Abfluss der Donau, die andere durch einen hohen Abfluss des Lech verursacht. Die Hochwasser-Abflusskurven wurden vom Landesamt für Umwelt zur Verfügung gestellt.

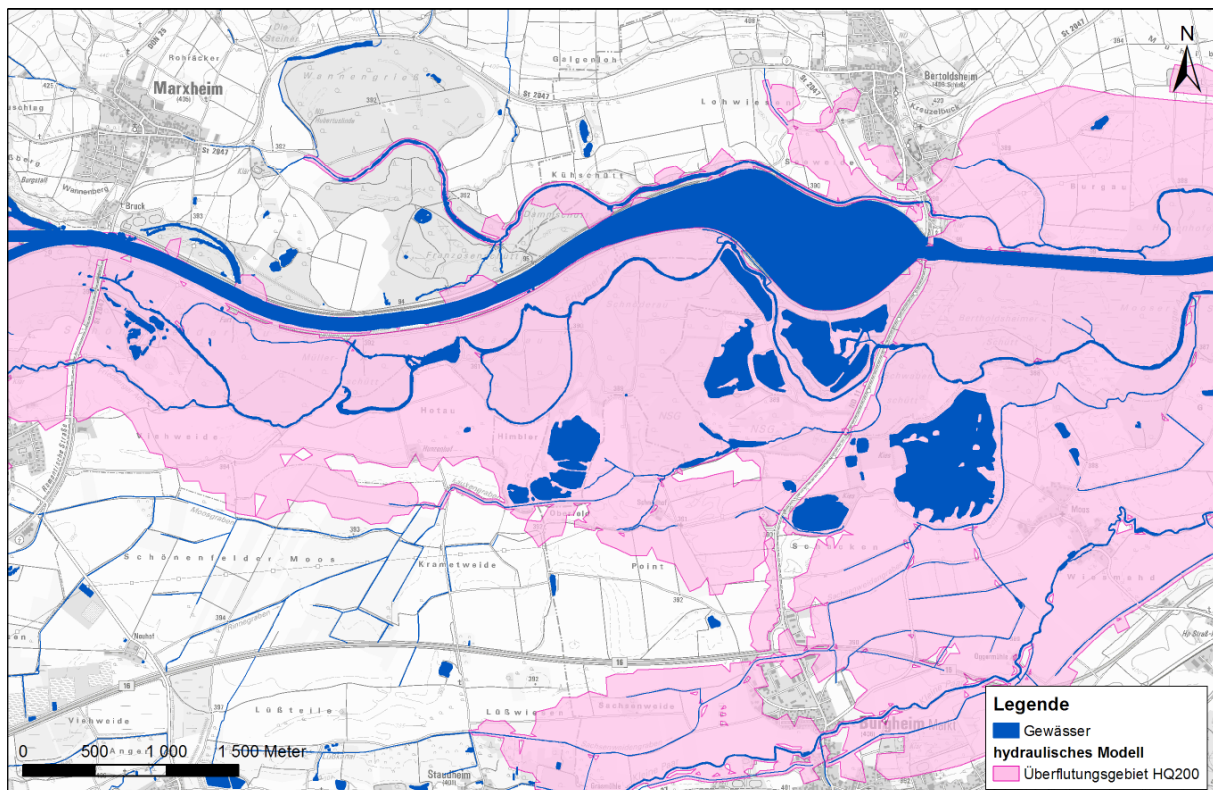


Abbildung 5: Aus dem Hydraulikmodell übernommene Überflutungsfläche für das Bemessungshochwasser HQ200.

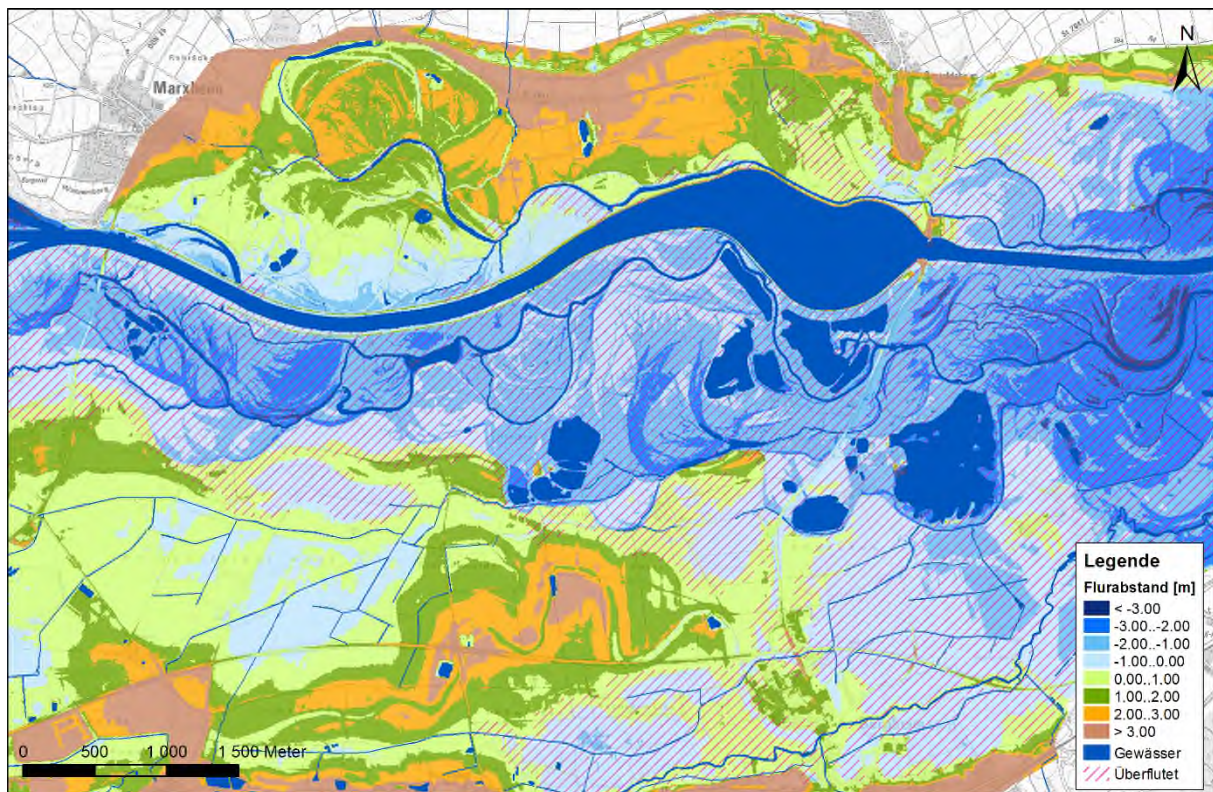


Abbildung 6: Bezugszustand: Minimaler Flurabstand während des Hochwasserdurchgangs.

Realistische Randbedingungen Um ein möglichst realistisches Szenario zu erhalten, wurden die künstlich erzeugten HQ200-Abflusskurven in die Abflussganglinie des Jahres 2019 eingepasst.

Berechnungen Bereits im Bezugszustand sind große Gebiete südlich und nördlich der Donau bei einem HQ200 überflutet. Außerhalb der Überflutungsbereiche muss stellenweise mit einem Austritt von Grundwasser an der Geländeoberfläche, sogenanntem «Qualmwasser», gerechnet werden. Abbildung 5 zeigt die im Hydraulikmodell berechneten Überflutungsbereiche, Abbildung 6 die prognostizierten Flurabstände des Grundwassers im Bezugszustand.

6 Standort Nord

Poldertyp Am Standort Nord würde der Polder über ein Einlassbauwerk gesteuert. Dies hat den Vorteil, dass das Poldervolumen unabhängig vom Hochwassergeschehen in der Donau gefüllt werden kann. Nach dem Durchgang der Hochwasserspitze wird der Polder über ein Auslassbauwerk entleert.

Auswirkungen Ohne Maßnahmen würde die Füllung des Polders Nord zu einem Grundwasseranstieg in den tiefer liegenden Ortsteilen von Marxheim und Bertoldsheim führen. Mit Hilfe von Modellrechnungen wurden

deshalb verschiedene Maßnahmen zur Begrenzung des maximalen Grundwasseranstiegs untersucht.

Maßnahmen

Es zeigte sich, dass westlich und östlich des Polders Drainagegräben erforderlich sind. Im Einsatzfall des Polders wird bei beiden Gräben ein Pumpwerk benötigt, welches das anfallende Wasser in den Polder pumpt. Die Pumpen müssen zusätzlich das Niederschlagswasser fördern, welches aus dem seitlichen Einzugsgebiet zwischen Marxheim und Bertoldsheim anfällt und nicht mehr durch das Poldergebiet abgeleitet werden kann. Die beiden Pumpwerke müssen zusammen etwa $8 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser fördern. Ist der Flutpolder nicht im Einsatz, soll das anfallende Wasser im freien Gefälle über den bestehenden Binnenentwässerungsgraben abgeleitet werden. Diese Bedingung führt dazu, dass die Gräben an einigen Stellen nicht genügend tief angeordnet werden können. Für den Einsatzfall sind deshalb zusätzlich Sicherungsbrunnen bei der Kläranlage Marxheim und der Biogasanlage in Bertoldsheim erforderlich. Alternativ dazu könnten auch kurze, in die Tertiärschichten eingebundene Dichtwandstrecken eingesetzt werden.

Auswirkungen

Abbildung 7 zeigt die Lage der vorgeschlagenen Maßnahmen. Sicherungsbrunnen und Dichtwände sind dabei als Alternative zu verstehen. Abbildung 8 zeigt die resultierenden Auswirkungen des Polders Nord als Differenz zwischen den maximalen Grundwasserständen mit und ohne Polder. Die Darstellung zeigt, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen für den Schutz der besiedelten Gebiete vor einem Grundwasseranstieg ausreichen.

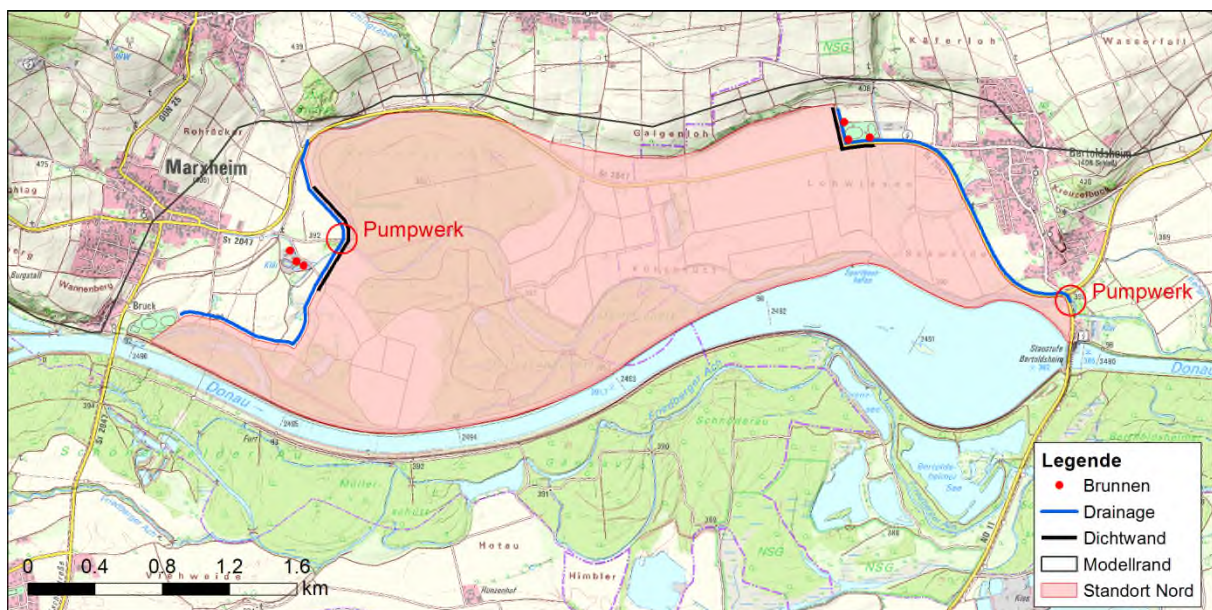


Abbildung 7:

Polder Nord: Anordnung der Maßnahmen.

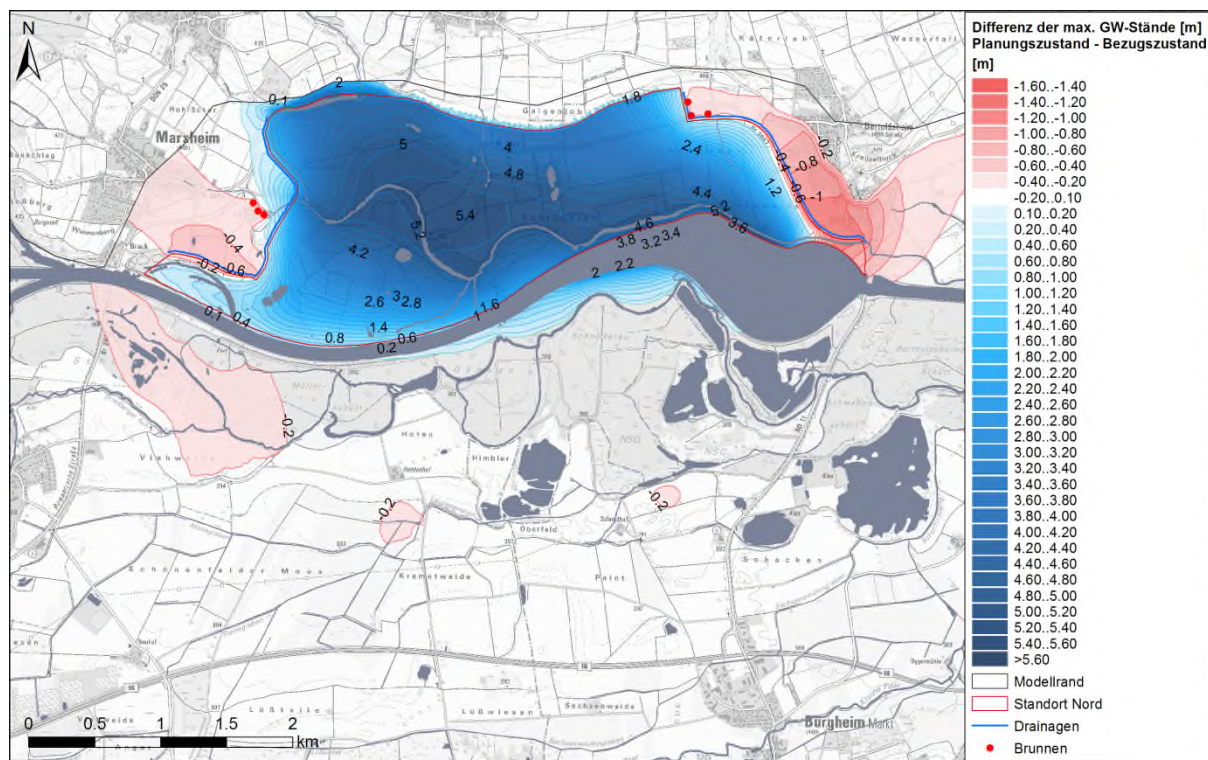


Abbildung 8: Polder Nord mit Maßnahmen: Differenz der maximalen Grundwasserstände bei einer Polderfüllung zum Bezugszustand ohne Polder.

7 Standort Süd

Poldertyp

Der Polderstandort Süd wird bereits heute bei einem mittleren Hochwasser natürlich überflutet und von Westen nach Osten durchflossen. Der Flutpolder würde durch eine Drosselung des Abflusses am Ost- rand des Polders realisiert. Ist der Zustrom größer als der Abfluss, füllt sich das Poldervolumen. Nach dem Hochwasserdurchgang entleert sich der Polder von alleine.

Auswirkungen

Die hydraulischen Berechnungen ergaben, dass im westlichen Teil des Polders kein zusätzlicher Aufstau erfolgt. Die Gefährdung durch den Grundwasseranstieg beschränkt sich deshalb auf die tiefer liegenden Ortsteile von Burgheim. Zusätzlich sind der Hunzenhof und der Schnödhof durch die Polderfüllung betroffen.

Maßnahmen

Zur Sicherung der Randbereiche von Burgheim ist ein Drainagegraben erforderlich. Ein Pumpwerk wird nicht benötigt, da das anfallende Wasser schadlos in den ohnehin überfluteten Bereich östlich des Flutpolders abgeleitet werden kann.

Auswirkungen

Abbildung 9 zeigt die Lage der vorgeschlagenen Drainage. Abbildung 10 zeigt die resultierenden Auswirkungen des Polders Süd. Die Darstellung zeigt, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen zum Schutz der besiedelten Gebiete vor einem Grundwasseranstieg ausreichen.

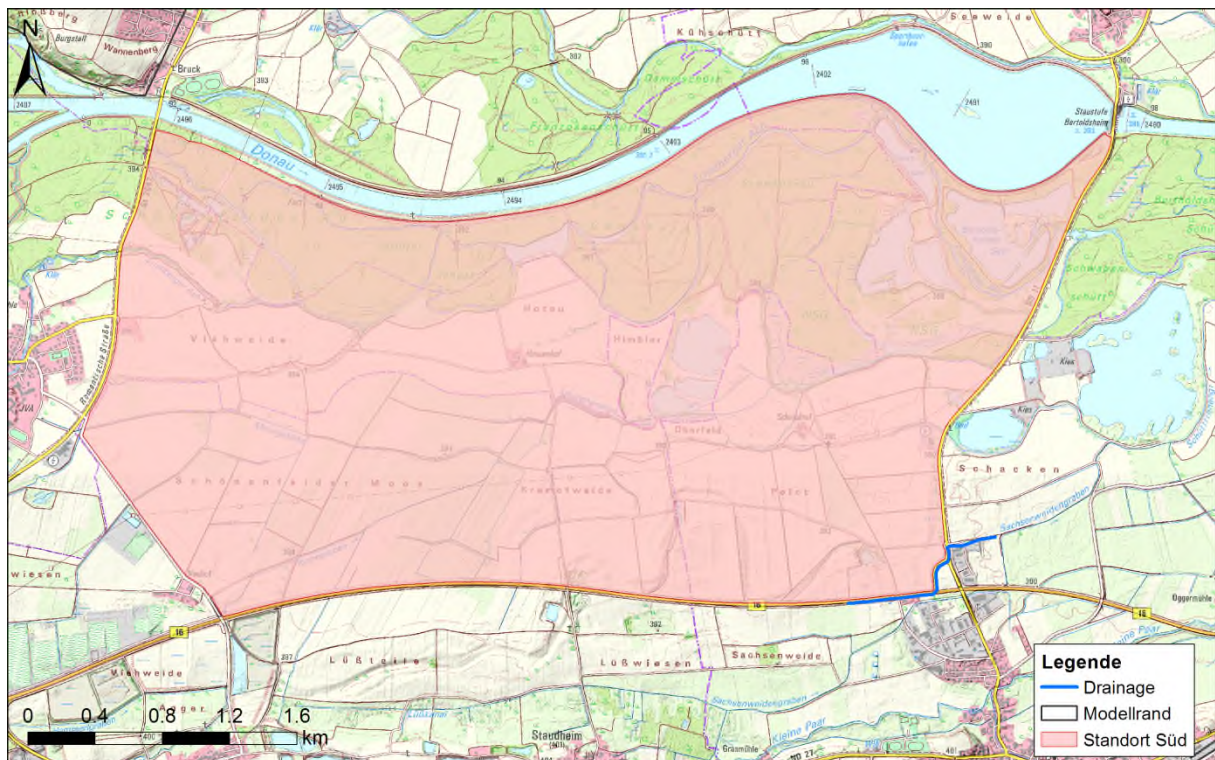


Abbildung 9: Polder Süd: Anordnung der Maßnahmen.

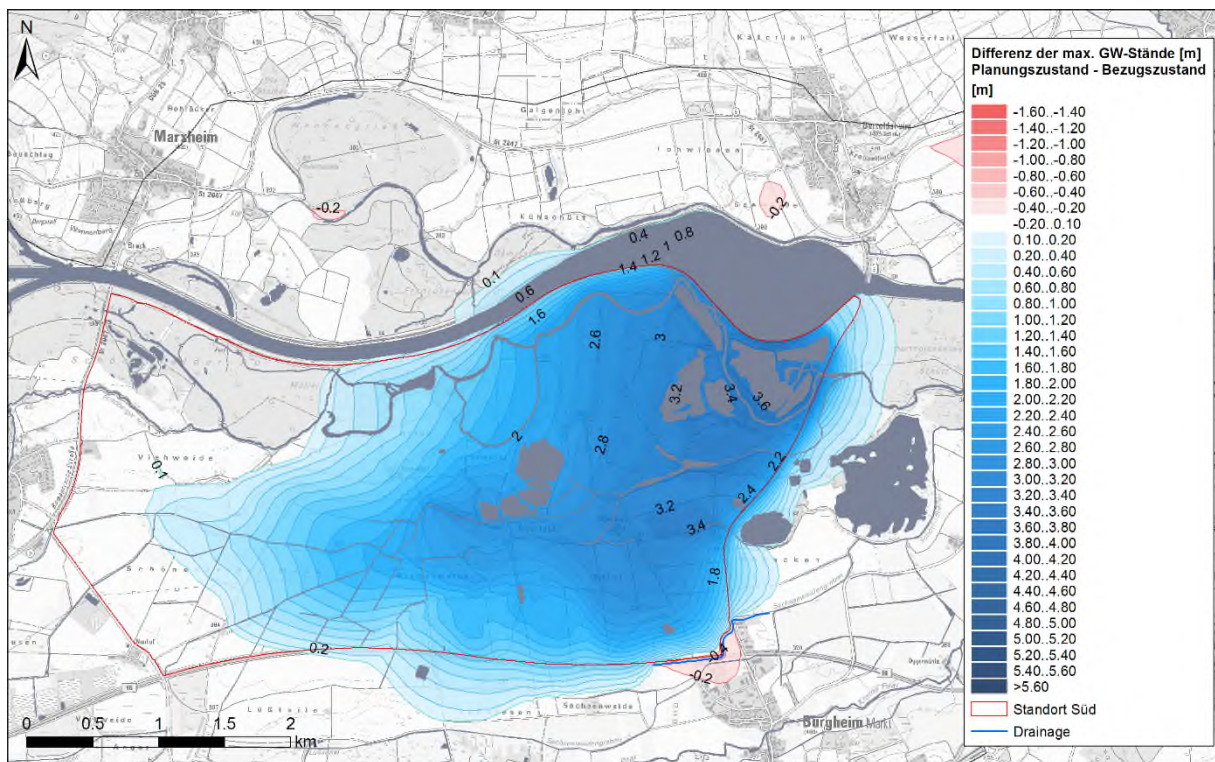


Abbildung 10: Polder Süd mit Maßnahmen: Differenz der maximalen Grundwasserstände bei einer Polderfüllung zum Bezugszustand ohne Polder.

8 Unsicherheiten

Sensitivitätsanalyse	Zur Quantifizierung der Unsicherheiten wurden umfangreiche Sensitivitätsuntersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass mit den vorgeschlagenen Maßnahmen auch bei ungünstigen Annahmen der Parameterwerte nur ein geringfügiger Anstieg des Grundwasserstands gegenüber dem Bezugszustand zu erwarten ist.
Maßnahmen	Die Unsicherheiten müssen in der weiteren Planung entweder durch genauere Erkundungen reduziert werden oder mit technischen Maßnahmen, zum Beispiel mit einer erhöhten Leistung der Pumpwerke, berücksichtigt werden.

9 Fazit

Realisierbarkeit	Der Polder Bertoldsheim kann unter dem Aspekt der Beherrschung des Grundwassers sowohl am Standort Nord wie auch am Standort Süd realisiert werden. Bei beiden Standorten sind jedoch Maßnahmen zum Schutz von tieferliegenden Ornteilen vor einem Grundwasseranstieg notwendig.
------------------	--

10 Literatur

- [1] FH-DGG (2002): Hydrogeologische Modelle – Ein Leitfaden mit Fallbeispielen. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 24.
- [2] DVGW (2016): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten, *Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 107 (A)*.
- [3] ARGE Simultec – Geobüro Ulm (2019): Grundwassermodell Flutpolder Bertoldsheim: Hydrogeologisches Modell und Modellkonzepte. *Im Auftrag des WWA Ingolstadt*
- [4] ARGE Simultec – Geobüro Ulm (2019): Grundwassermodell Flutpolder Bertoldsheim: Modellaufbau und Kalibrierung. *Im Auftrag des WWA Ingolstadt*
- [5] ARGE Simultec – Geobüro Ulm (2020): Grundwassermodell Flutpolder Bertoldsheim: Modelleinsatz. *Im Auftrag des WWA Ingolstadt*
- [6] Diersch H-J. G. (2014): FEFLOW, Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media, *Springer Verlag*.
- [7] John Doherty (2007): PEST, Model-Independent Parameter Estimation, User Manual 5th Edition, *Watermark Numerical Computing*.