

Licca liber - Weiterführende Untersuchungen

Grundwassermodell

Aufbau Bezugszustand

Bericht

Stand: 27.09.2019

Version: 02

Anlage 6.3

Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	6
Anlagenverzeichnis	7
Wichtige Begriffe	8
Abkürzungsverzeichnis.....	11
Einheitenverzeichnis	12
1 Einleitung	13
2 Modellaufbau.....	14
2.1 Allgemein	14
2.2 Hydrogeologie	14
2.3 Stationäre Modellrandbedingungen.....	15
2.3.1 Äußere Modellrandbedingungen.....	15
2.3.2 Grundwasserneubildung	15
2.3.3 Lech-Wasserspiegel	15
2.3.4 Wertach-Wasserspiegel.....	15
2.3.5 Seen	15
2.3.6 Grundwasserentnahmen.....	15

2.3.7	Grundwasserhaltungen und Kanalisation.....	17
2.4	Instationäre Modellrandbedingungen	18
2.4.1	Äußere Modellrandbedingungen.....	18
2.4.2	Lech-Wasserspiegel	18
2.4.3	Grundwasserneubildung	19
2.4.4	Seen	22
2.4.5	Grundwasserentnahmen.....	22
2.5	Übersicht Modellrandbedingungen	22
3	Modellergebnisse für den Bezugszustand	23
3.1	Bilanz des Grundwassermodells	23
3.1.1	Lageplan der Bilanzabschnitte entlang des Lechs	23
3.1.2	Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen.....	25
3.1.3	Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen	25
3.2	Grundwasserstände	29
3.2.1	Niedrige Grundwasserverhältnisse	30
3.2.2	Mittlere Grundwasserverhältnisse	30
3.2.3	Hochwasser-Verhältnisse	30
3.3	Grundwasserflurabstände bei Hochwasser-Verhältnissen.....	37
3.4	Betrachtung von Brunneneinzugsgebieten	37
4	Zusätzliche Betrachtungen	38
4.1	Berücksichtigung der SWA-Entnahme der Jahre 2015/2016.....	38
4.2	Berücksichtigung eines HW-Ereignisses an der Paar.....	38
4.2.1	Modellaufbau	38
4.2.2	Modellergebnisse.....	41
4.3	Betrachtung eines Modelllaufs mit global reduziertem speichernutzbarem Hohlraumanteil	44
4.3.1	Modellaufbau	44
4.3.2	Simulierte Grundwasserstände	44
4.4	Betrachtung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär.....	51
4.4.1	Übersicht Modell	51
4.4.2	Nachbildung von Pumpversuchen im Modell	52
4.4.3	Fazit.....	59
5	Referenzen	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Prinziphafte Darstellung der Umsetzung von Horizontalfilterbrunnen im oberen Tertiär im Modell.....	17
Abbildung 2.2: Ganglinie des Grundwasserstands am Südrand.....	18
Abbildung 2.3: Abflussganglinien an Lech und Wertach für die 2D-Oberflächengewässermodelle sowie daraus resultierende Wasserspiegelganglinie des Lechs (bei Fkm 52) als Randbedingung für das Grundwassermodell	19
Abbildung 2.4: Ganglinie des Wasserspiegels am Lechs (bei Fkm 52) sowie Ganglinie der Grundwasserneubildung an einem exemplarischen Punkt im Modellgebiet (Elementarfläche östlich des Ilseesee).	20
Abbildung 2.5: Grundwasserneubildung während des HW-Ereignis im südlichen Aussagegebiet. 21	
Abbildung 3.1: Lage der Planungsabschnitte für Bilanzbetrachtungen.....	24
Abbildung 3.2: Bilanz des Lechs im südlichen Planungsbereich I zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen.....	26
Abbildung 3.3: Bilanz des Lechs im nördlichen Planungsbereich I zwischen FKM 53.4 und 50.4 bei Hochwasser-Verhältnissen	27
Abbildung 3.4: Bilanz des Lechs im nördlichen Planungsbereich I zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen.....	27
Abbildung 3.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen 28	
Abbildung 3.6: Bilanz der Grundwassersammler	29
Abbildung 3.7: Grundwassergleichen für Hochwasser-Verhältnisse und Beobachtungspunkte.....	32
Abbildung 3.8: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1.....	33
Abbildung 3.9: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5.....	33
Abbildung 3.10: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10.....	34
Abbildung 3.11: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20.....	34
Abbildung 3.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45.....	35
Abbildung 3.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27.....	35
Abbildung 3.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49.....	36

Abbildung 3.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32.....	36
Abbildung 3.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52.....	37
Abbildung 4.2: Gegenüberstellung einer Ganglinie am Lech und an der Paar im Grundwassermodell (Lage: Lech bei ca. Fkm 52, Paar im Süden Kissings)	39
Abbildung 4.3: Simulierte Ausuferungsflächen der Paar während des HW-Ereignis im Jahr 1999 (WWA Donauwörth, 2017)	40
Abbildung 4.4: Differenzen der Grundwasserstände durch das Paar-HW (Bezugszustand mit Berücksichtigung des Paar-HWs abzüglich des Bezugszustand ohne Berücksichtigung des Paar-HWs).....	42
Abbildung 4.5: Grundwasserstandsganglinien am Beobachtungspunkt 27	43
Abbildung 4.6: Grundwasserstandsganglinien am Beobachtungspunkt 32	43
Abbildung 4.7: Differenzen der Grundwasserstände (Bezugszustand mit reduziertem speicherwirksamen Hohlraumanteil abzüglich des unveränderten Bezugszustands) 45	
Abbildung 4.8: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1.....	46
Abbildung 4.9: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5.....	46
Abbildung 4.10: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10.....	47
Abbildung 4.11: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20.....	47
Abbildung 4.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45.....	48
Abbildung 4.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27.....	48
Abbildung 4.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49.....	49
Abbildung 4.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32.....	49
Abbildung 4.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52.....	50
Abbildung 4.17: Entnahmen am Horizontalbrunnen HFB120 während des Pumpversuchs	53
Abbildung 4.18: Berechnete Absenkungen am HFB120 im Grundwassermodell Licca liber sowie durch Hydroconsult (2013).....	54
Abbildung 4.19: Entnahmen am Horizontalbrunnen HFB121 während des Pumpversuchs	55

Abbildung 4.20: Berechnete Absenkungen am HFB121 im Bezugszustand sowie durch Hydroconsult (2013)	56
Abbildung 4.21: Berechnete Absenkungen am HFB121 im Modell Quartärspeisung sowie durch Hydroconsult (2013)	57
Abbildung 4.22: Entnahmen am Tiefbrunnen TBR825 während des Pumpversuchs	58
Abbildung 4.23: Berechnete Absenkungen im Modell Quartärspeisung sowie durch Hydroconsult (2013) am Tiefbrunnen 825	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Übersicht über Modellrandbedingungen	22
Tabelle 3.1: Bilanz im Planungsbereich I für mittlere und niedrige Grundwasserstände (stationäres MW und MNW)	25
Tabelle 3.2: Bilanz im Planungsbereich II für mittlere und niedrige Grundwasserstände (stationäres MW und MNW)	25
Tabelle 4.1: Brunnen des Pumpversuchs und deren Berücksichtigung im Modell	52

Anlagenverzeichnis

- Anlage 6.3.1: Grundwasserstände des Bezugszustands bei niedrigen Grundwasserständen im Planungsbereich I
- Anlage 6.3.2: Grundwasserstände des Bezugszustands bei niedrigen Grundwasserständen im Planungsbereich II
- Anlage 6.3.3: Grundwasserstände des Bezugszustands MW und des MW2010 im Planungsbereich I
- Anlage 6.3.4: Grundwasserstände des Bezugszustands und des MW2010 im Planungsbereich II
- Anlage 6.3.5: Grundwasserstände des Bezugszustands und des Modelltests für das HW2005 im Planungsbereich I
- Anlage 6.3.6: Grundwasserstände des Bezugszustands und des Modelltests für das HW2005 im Planungsbereich II
- Anlage 6.3.7: Grundwasserflurabstände des Bezugszustands HW im Planungsbereich I
- Anlage 6.3.8: Grundwasserflurabstände des Bezugszustands HW im Planungsbereich II

Wichtige Begriffe

Hydrogeologisches Modell	<p>„Eine aus einer Modellvorstellung heraus entwickelte in sich schlüssige und parametrisierte Beschreibung und Darstellung hydrogeologischer Strukturen und Prozesse.“ DVGW (2016)</p>
Grundwassermodell	<p>„Grundwassermodelle schließen die Lücke zwischen der Erkundung bzw. Überwachung und der Beschreibung des Systemverhaltens von Strömungs- und Transportprozessen in Grundwasservorkommen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie die naturräumlichen Gegebenheiten unter Einbeziehung aller wesentlichen Einflussgrößen aus Geologie und Hydrogeologie modellhaft widerspiegeln und flächendeckende und zeitlich differenzierte Analysen und Prognosen liefern.“ (DVGW, 2016)</p> <p>Das Grundwassermodell für das Projekt Licca liber wird dazu verwendet, die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen am Lech auf die Grundwasserverhältnisse zu prognostizieren.</p>
Modellgebiet	<p>Das Modellgebiet umfasst den Teil des Untersuchungsraums, der vom Grundwassermodell abgebildet wird. „Das Modellgebiet muss nach hydrogeologisch-geohydraulischen Kriterien ausreichend groß bemessen sein und sich in seiner Abgrenzung an natürlichen geohydraulischen Grenzen ([...]) orientieren.“ (DVGW, 2016)</p>
Aussagegebiet	<p>„Aus modelltechnischen Gründen müssen an den äußeren Grenzen eines Modellgebietes Randbedingungen festgelegt werden. Sie können die Ergebnisse der Modellierungen beeinflussen und zwar umso stärker, je näher der Ort der Aussage am Modellrand liegt. Deshalb soll nach Möglichkeit innerhalb des Modellgebietes ein kleineres Aussagegebiet mit genügend großem Abstand zu den Rändern ausgewiesen werden, für welches das Modell hinreichend genaue Aussagen ermöglicht.“ (DVGW, 2016)</p> <p>Im vorliegenden Fall reicht das Aussagegebiet im Westen bis zur Hochterrasse, im Süden ungefähr bis zum Lech Fkm 59, im Osten wird noch etwa die Hälfte des Gebiets zwischen Paar und Lech abgedeckt und im Norden endet das Aussagegebiet</p>

	etwa auf Höhe der A8.
Kalibrierung	Bei der Kalibrierung werden die Modellparameter so bestimmt, dass eine möglichst hohe Übereinstimmung zwischen Grundwassermodell und historischen Beobachtungen (z.B. Ganglinien an Grundwassermessstellen, Abflüsse, ...) erreicht wird. Dazu werden unsichere Parameter (wie Durchlässigkeiten, Leakage-Koeffizienten, Speicherkoeffizienten, Transportparameter, ...) sowie Randbedingungen variiert, bis sich der verbleibende Fehler auf ein akzeptables Minimum reduziert.
Modelltest	„Überprüfung eines kalibrierten Modells, indem Messwerte eines Systemzustands nachgebildet werden, der noch nicht für eine Modellkalibrierung herangezogen worden ist. Gebräuchlich ist auch der Begriff Validierung.“ (DVGW, 2016)
Infiltration und Exfiltration	Bei der Infiltration handelt es sich um einen Prozess, in dem durch Aussickerungen von Wasser aus Flüssen, Bächen, Gräben oder Seen eine Speisung des Grundwassers stattfindet. Infiltration kann nicht nur aus dem Gewässer selbst stattfinden. Im Hochwasserfall findet die Infiltration meist auch über Ausuferungsflächen der Gewässer statt. Der Infiltrationsprozess setzt voraus, dass die Wasserspiegel im Gewässer über denen des Grundwassers stehen. Exfiltration ist der umgekehrte Prozess zur Infiltration. Er beschreibt Situationen, in denen Grundwasser an oberirdische Gewässer abgegeben wird.
Randbedingung	An den Rändern des Grundwassermodells müssen sogenannte Randbedingungen definiert werden. Es handelt sich um Vorgaben für das Modell. Typische Randbedingungen sind: Festpotenzialrand: Es wird i.d.R. ein aus Grundwasserstandsmessungen abgeleiteter Grundwasserstand dem Modell vorgegeben. Im Modell für Licca liber wurde die Randbedingung beispielsweise am südlichen und nördlichen Modellrand gewählt. Durch diese Randbedingung stellt sich am entsprechenden Modellrand der vorgegebene Grundwasserstand ein. Der Zufluss an Grundwasser stellt sich entsprechend dem Gefälle der Grundwasseroberfläche und dem lokalen Durchlässigkeitsbeiwert ein. Zuflussrand: Diese Randbedingung wird im Grundwassermodell für Licca liber für Zuflüsse über Teile des westlichen und östlichen Modellrands gewählt. Ein Sonderfall

	<p>ist der „No-Flow“-Rand, an dem der Zufluss $0 \text{ m}^3/(\text{s m})$ beträgt. Dabei handelt sich um eine Randbedingung, die oft am Übergang von einem gutdurchlässigen zu einem undurchlässigen Untergrund verwendet wird. Im Grundwassermodell für Licca liber stammt das zuströmende Wasser u.a. aus den außerhalb des Modellgebiets anschließenden tertiären Grundwasserleitern.</p> <p>Leakage-Rand: Es handelt sich um eine Randbedingungen an der ein Massenfluss in Abhängigkeit einer Differenz von Wasser- bzw. Grundwasserständen und eines Widerstands stattfindet. Typischerweise wird der Leakage-Rand zur Simulation des Austauschs zwischen Gewässern (Flüsse, Bäche, etc.) und dem Grundwasserleiter verwendet. Angetrieben wird der Austausch von der Differenz aus Wassersand im Gewässer und dem umliegenden Grundwasserstand. Begrenzt wird der Austausch durch die Sohldichtung (oder Kolmation) des Gewässers. Auch die Austauschfläche spielt für die Größe der Austauschrate eine Rolle.</p>
--	--

Abkürzungsverzeichnis

A	Fläche, meist als durchströmte Fläche verwendet [m ²]
BC	Boundary Condition oder Randbedingung
FKM	Flusskilometer
GKD	Gewässerkundlicher Dienst (meist im Zusammenhang mit Grundwasser- oder Wasserspiegelmessungen)
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermodell
HGK500	Hydrogeologische Karte 1:500000 (LfU, 2016)
HGM	Hydrogeologische Modell
HGW	Tertiäres Hauptgrundwasserstockwerk, wird unterteilt in HGW1 (1. Tertiäres Hauptgrundwasserstockwerk) und HGW2
HQ	Abfluss in Gewässern bei Hochwasser- Verhältnissen, eventuell wird zusätzlich die Jährlichkeit in Jahren tiefgestellt ergänzt (z.B. HQ ₁₀₀ für ein Hochwasser das statistisch nur alle 100 Jahre auftritt)
HW	Hochwasser
k	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
MNQ	Abfluss in Gewässern bei mittleren Niedrigwasser- Verhältnissen
MNW	Mittelwert der jährlichen Niedrigwasserstände einer Zeitreihe
MQ	Abfluss in Gewässern bei Mittelwasser-Verhältnissen
MW	Mittelwasser
MW2010	Stationär kalibriertes Grundwassermodell bei Mittelwasser im Jahr 2010
SWA	Stadtwerke Augsburg
TBA	Tiefbauamt (wenn nicht anders vermerkt: Tiefbauamt Augsburg)
Uniper	Betreiber der Staustufe 23 (betreibt Grundwassermessstellen östlich des Lechs)
WSP	Wasserspiegel (z.B. Lech-WSP)
WWA	Wasserwirtschaftsamt (wenn nicht anders vermerkt: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth)

Einheitenverzeichnis

m	Längeneinheit Meter
mm	Längeneinheit Millimeter
km	Längeneinheit Kilometer
km ²	Flächeneinheit Quadratkilometer
s	Zeiteinheit Sekunde
d	Zeiteinheit Tag
mon	Zeiteinheit Monat
a	Zeiteinheit Jahr
m/s	Geschwindigkeit, auch gebräuchlich für die Durchlässigkeit des Untergrunds
l/s	Einheit für den Abfluss oder Durchfluss in Litern pro Sekunde
m ³ /s	Einheit für den Abfluss oder Durchfluss in Kubikmeter pro Sekunde (1 m ³ /s entspricht 1000 l/s)
m ü. NN	Einheit für die Höhe im Metern über dem Meeresspiegel. Diese Einheit ist nicht nur für die Geländehöhe oder Höhe von Bauwerken gebräuchlich, sondern auch für Wasserspiegel und Grundwasserstände

Hinweis: In Tabellen und Abbildungen werden zur Wahrung eines einheitlichen Erscheinungsbilds im Bericht Punkte als Dezimaltrennzeichen verwendet, da einige Software-Pakete die zur Erstellung von Visualisierungen verwendet wurden nur Punkte als Dezimaltrennzeichen unterstützen (z.B. Feflow). Im Fließtext wird ein Komma als Dezimaltrennzeichen verwendet.

1 Einleitung

Das Projekt Licca liber sieht Anpassungen des Verlaufs und der Sohlage des Lechs zwischen der Wertachmündung und der Staustufe 23 vor. Dieser Bereich wird unterteilt in den Planungsbereich I (oberstrom Hochablass) und den Planungsbereich II (unterstrom Hochablass). Um die Auswirkungen der Maßnahmen auf das Grundwasser abschätzen zu können, ist zunächst ein Bezugszustand aufzubauen, der verschiedene Grundwasser-Verhältnisse im Istzustand abbildet. Dieser Bezugszustand dient als Referenz für Vergleiche mit dem Planungszustand (ARGE SKI KUP UIBK, 2019).

Die hydrologische Bandbreite unterschiedlicher Grundwasser-Verhältnisse im Aussagegebiet wird durch die folgenden Modellbetrachtungen abgebildet:

- Niedrige Grundwasserverhältnisse (stationäres MNW): Für Prognosen im Bereich der Wasserversorgung wird ein Zustand mit geringer Verfügbarkeit von Grundwasser abgebildet.
- Mittlere Grundwasserverhältnisse (stationäres MW)
- Hochwasser-Verhältnisse (HW2005): Als Grundlage dient die Abflussganglinie des Hochwassers im Jahr 2005, damit liegt das untersuchte Hochwasser in der Größenordnung eines HQ_{100} .

Das Grundwassermodell des Bezugszustands bildet einen möglichst aktuellen Zustand ab, so wird z.B. auch der erst um das Jahr 2008 umgesetzte Grundwassersammler Reichenberger Str. in Augsburg im Modell berücksichtigt.

Im Folgenden wird zunächst der Modellaufbau des Bezugszustands beschrieben und anschließend werden die Ergebnisse der Modellberechnungen vorgestellt. Ergebnisse der Planungszustände werden im Bericht zum Modelleinsatz (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-4) beschrieben.

2 Modellaufbau

2.1 Allgemein

Das vorliegende Modell für den Bezugszustand basiert weitgehend auf dem stationär und instationär kalibrierten Grundwassermodell (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2). Davon abweichende Randbedingungen und Ansätze werden im Folgenden beschrieben.

2.2 Hydrogeologie

Im kalibrierten Grundwassermodell wurde die Geländeoberkante aus den digitalen Geländemodellen entnommen. Die Sohle des Lechs im Planungsraum entspricht der Oberkante des Grundwassermodells und wurde mit Werten aus einer Laserscan-Befliegung (AHM, 2010) belegt, welche die Lechsohle abbildet (in den Höhenmodellen wurde hingegen der Lech-Wasserspiegel erfasst).

Im 2D-Lech-Modell (ARGE SKI KUP UIBK, 2017) sind zusätzlich Querprofilaten berücksichtigt, daher wird für den Bezugszustand im Stadtwald (Planungsbereich I) die Geländeoberkante des Grundwassermodells mit den Sohlagen des 2D-Lech-Modells ersetzt. Im Innenstadtbereich (Planungsbereich II) wird auf eine Anpassung verzichtet, da der kalibrierte Leakage-Koeffizient auch die lokal stark variierende Hydrogeologie der Lech-Rinne (Einschneiden ins Tertiär) abbildet. Dieses System wird durch die geringe Änderung an der Lechsohle nicht wesentlich verändert.

Die Leakage-Koeffizienten des Lechs entsprechen den Leakage-Koeffizienten aus dem stationär kalibrierten Grundwassermodell. Auf eine temporäre Erhöhung der Leakage-Koeffizienten im Hochwasser-Fall wird verzichtet, da es keine Anhaltspunkte gibt, wie sich der Leakage-Koeffizient des Lechs im Planungszustand während eines Hochwasser-Ereignis verhält. Da eine Vergleichbarkeit zwischen den Modellen des Bezugs- und Planungszustand erforderlich ist, wurde auf eine temporäre Erhöhung des Leakage-Koeffizienten im Hochwasser-Fall in beiden Modellen verzichtet.

2.3 Stationäre Modellrandbedingungen

2.3.1 Äußere Modellrandbedingungen

Die äußeren Modellrandbedingungen entsprechen den Randbedingungen aus dem stationär kalibrierten Grundwassermodell bei Mittelwasser-Verhältnissen im Jahr 2010 (MW2010).

2.3.2 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung wurde aus dem stationär kalibrierten Grundwassermodell differenziert nach mittleren oder niedrigen Grundwasserständen übernommen (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2).

2.3.3 Lech-Wasserspiegel

Für die Betrachtung mittlerer Verhältnisse wurde der Wasserspiegel aus dem Hydraulikmodell für MQ entnommen (Abfluss an der Staustufe 23/Mandichosee: 81,2 m³/s). Für die Betrachtung niedriger GWS wurde der Wasserspiegel aus dem Hydraulikmodell für MNQ entnommen (Abfluss unterhalb der Staustufe 23/Mandichosee: 32,1 m³/s)

2.3.4 Wertach-Wasserspiegel

An der Wertach werden MQ-Wasserspiegel aus dem 2D-Modell Wertach Nord angesetzt.

2.3.5 Seen

Bei mittleren und niedrigen Grundwasserverhältnissen finden keine Abläufe aus den Seen statt.

2.3.6 Grundwasserentnahmen

Brunnen der SWA

Die Stadtwerke Augsburg stellen ihre Entnahmen langfristig von Entnahmen aus dem Quartär auf Entnahmen aus dem oberen Tertiär um. Im Grundwassermodell Licca liber

wird für den Bezugszustand dieser zukünftige Zustand abgebildet. Dieser lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Deutlich reduzierte Entnahmeraten an Quartärbrunnen (mehrheitlich ca. 1l/s je Brunnen) gegenüber dem früheren Entnahmeregime
- Entnahme von etwa 600l/s aus dem oberen Tertiär: Im Vergleich zum kalibrierten Grundwassermodell (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2) erhöhen sich die Entnahmen aus dem oberen Tertiär
- Berücksichtigung eines bislang noch nicht in Betrieb genommenen Horizontalfilterbrunnens

Im Grundwassermodell Licca liber wird nur ein Teil des oberen Tertiärs abgebildet (7 m mächtige Modellschicht Nr. 10). Die darunter befindlichen Modellschichten 11 und 12 besitzen eher den Charakter einer Randbedingung. Im Grundwassermodell des Bezugszustands werden die Entnahmen aus dem oberen Tertiär daher anteilsweise über die Transmissivitäten berücksichtigt (s. auch Abbildung 2.1):

Entnahmerate aus dem oberen Tertiär im Modell

$$= \frac{7m}{x + 7m} * \text{Entnahmerate}$$

Mit:

7m: Im Modell berücksichtigte Mächtigkeit des oberen Tertiärs

x: verbleibende Mächtigkeit bis zu den Filtersträngen des Horizontalfilterbrunnens bzw. bis zur Filterunterkante des Vertikalfilters

Beispiel: Die Entnahmerate eines 14 m im oberen Tertiär verfilterten Brunnens wird im Modell nur zu 50 % berücksichtigt (7/14).

Im Rahmen der Abstimmungen im Sommer 2018 mit den SWA wurden auch Angaben zu Anzahl und Länge der Filterstränge der Horizontalfilterbrunnen übergeben. Diese Filterstränge wurden an den Horizontalfilterbrunnen im Modell ergänzt. Die Umsetzung erfolgt mithilfe von entlang der Unterkante der 10. Modellschicht horizontal verlaufenden diskreten Elementen (Linienelemente). Innerhalb dieser Linienelemente wird eine Rohrströmung mittels Hagen-Poiseuille angenähert. Im Modell wird damit ein relativ ebener Grundwasserspiegel an den verbundenen Modellknoten erzielt.

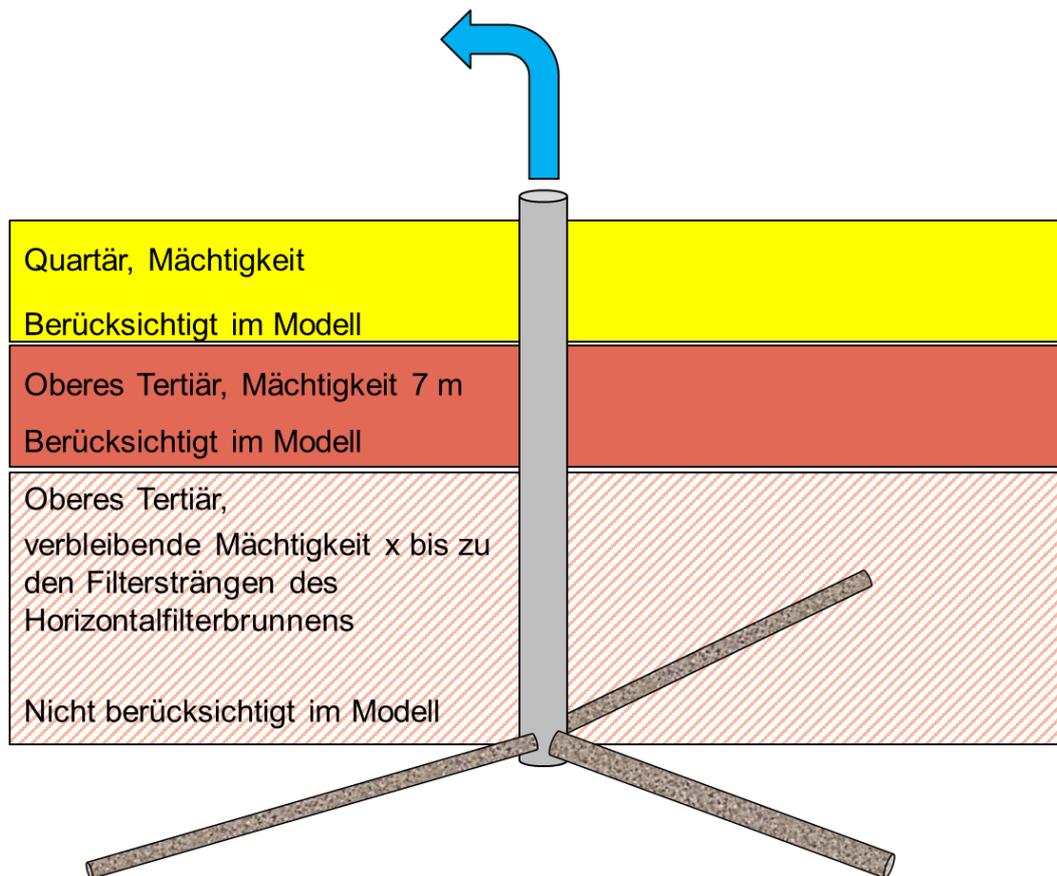


Abbildung 2.1: Prinziphafte Darstellung der Umsetzung von Horizontalfilterbrunnen im oberen Tertiär im Modell

Brunnen weiterer Betreiber

An den Brunnen verbleibender Betreiber (außer SWA) werden die mittleren Entnahmen der Jahre 2015 und 2016 angesetzt, um einen möglichst aktuellen Zustand abzubilden.

2.3.7 Grundwasserhaltungen und Kanalisation

Im Modell werden alle Grundwasserhaltungen in Augsburg (Schleifenstraße, Reichenberger Str., Don-Bosco-Sammler und Prinzstraße) sowie die drainierende Wirkung der Kanalisation im Stadtgebiet Augsburg und Haunstetten abgebildet. Dies entspricht der Konfiguration aus dem stationär kalibrierten Grundwassermodell MW2010.

2.4 Instationäre Modellrandbedingungen

2.4.1 Äußere Modellrandbedingungen

Der Festpotentialrand im Süden wird während des Hochwassers temporär von 518,5 m ü. NN auf 519,5 m ü. NN erhöht. Dies entspricht in etwa der Schwankungsbreite der Grundwasserstände entlang des Südrands (s. Abbildung 2.2).

Die verbleibenden äußeren Modellrandbedingungen (Festpotentialränder, Zuflussränder, No-Flow-ränder) entsprechen den MW-Verhältnissen.

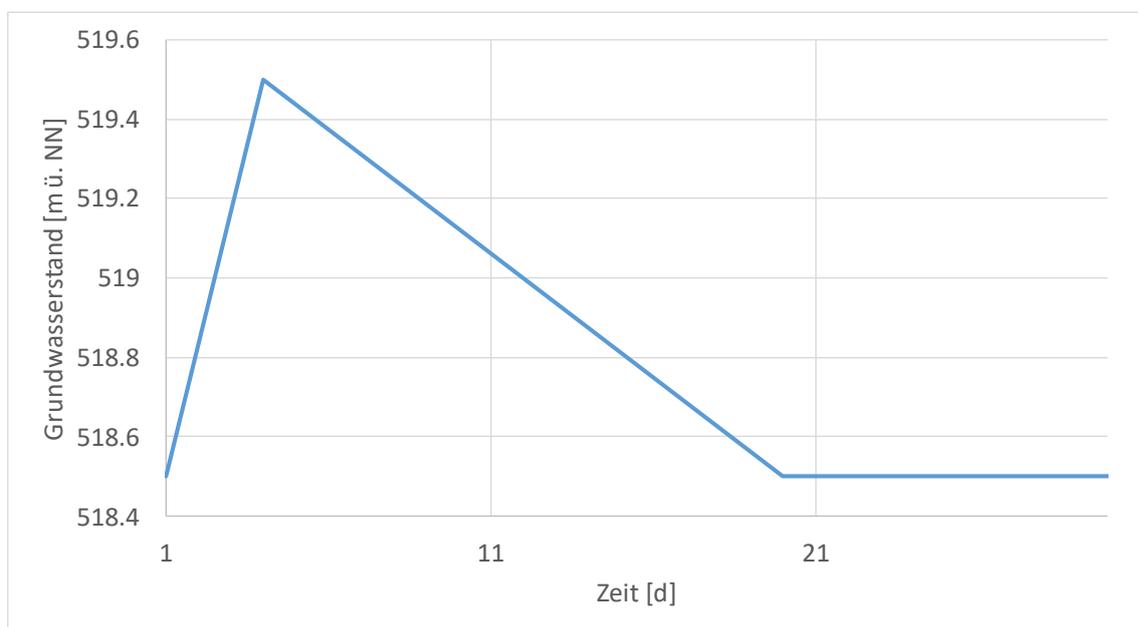


Abbildung 2.2: Ganglinie des Grundwasserstands am Südrand

2.4.2 Lech-Wasserspiegel

Am Lech wird eine Abflussganglinie ähnlich dem Hochwasser im August 2005 im 2D-Modell betrachtet. Im Grundwassermodell wird die je Modellknoten resultierende Lech-Wasserspiegelganglinie als Leakage-Randbedingung angesetzt. Nach dem Hochwasserscheitel geht die Ganglinie in den stationär berechneten MQ-Lech-Wasserspiegel über (s. Abbildung 2.3). Während der Hochwasser-Phase tritt der Lech über die Ufer. Die Ausuferung wird im Modell berücksichtigt.

Eine instationäre WSP-Ganglinie wird für den gesamten Lech südlich des Wehres Gersthofen angesetzt. Im Bereich südlich der Staustufe 23 dienen die Berechnungsergebnisse des 1D-Lech-Modells als Grundlage.

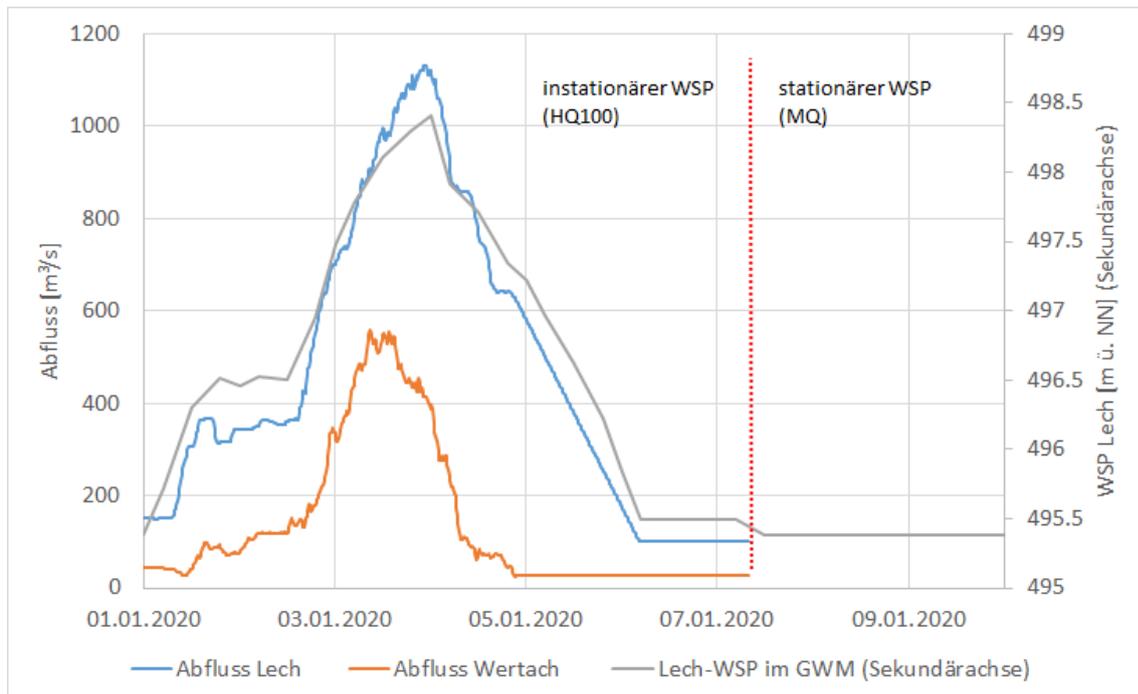


Abbildung 2.3: Abflussganglinien an Lech und Wertach für die 2D-Oberflächengewässermodelle sowie daraus resultierende Wasserspiegelganglinie des Lechs (bei Fkm 52) als Randbedingung für das Grundwassermodell

2.4.3 Grundwasserneubildung

Während des Hochwasserereignis wird die Grundwasserneubildung temporär auf die mittlere Grundwasserneubildung, die während der Hochwasserereignisse 1999 und 2005 vorlag, erhöht (verteilt über drei Tage). Außerhalb der Hochwasser-Phasen entspricht die Grundwasserneubildung der des MQ-Bezugszustands. Die Ganglinie der Grundwasserneubildung wird exemplarisch in Abbildung 2.4 dargestellt, Abbildung 2.5 zeigt die räumliche Verteilung der Grundwasserneubildung.

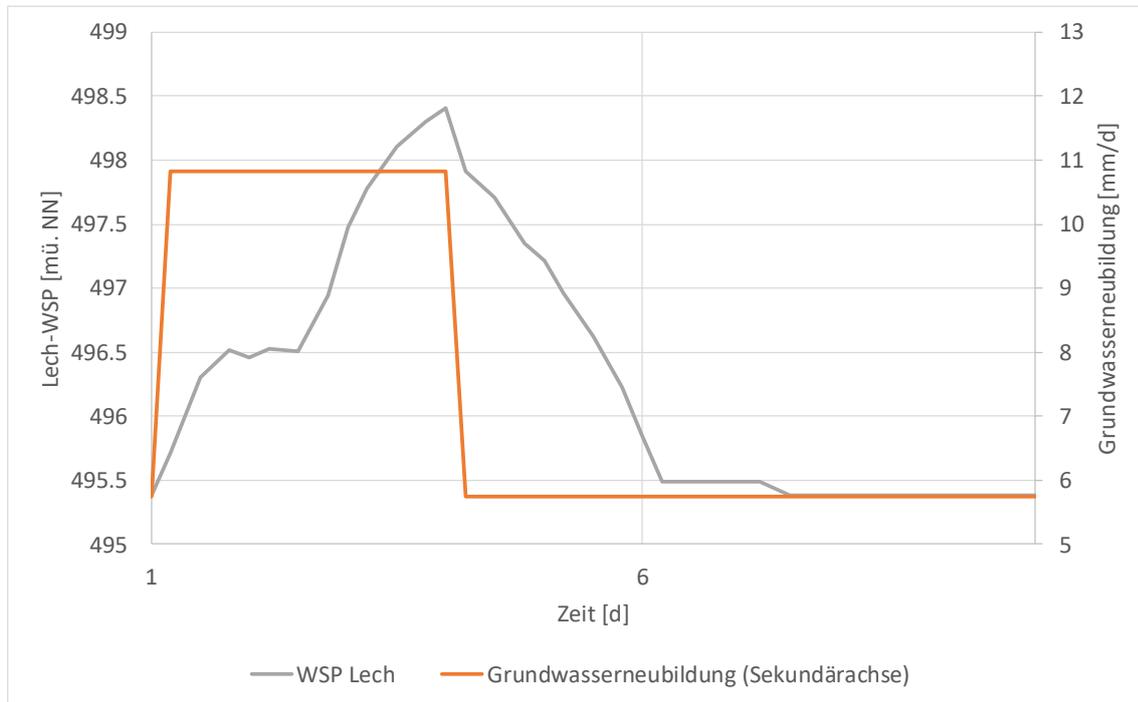


Abbildung 2.4: Ganglinie des Wasserspiegels am Lechs (bei Fkm 52) sowie Ganglinie der Grundwasserneubildung an einem exemplarischen Punkt im Modellgebiet (Elementarfläche östlich des Ilsees).

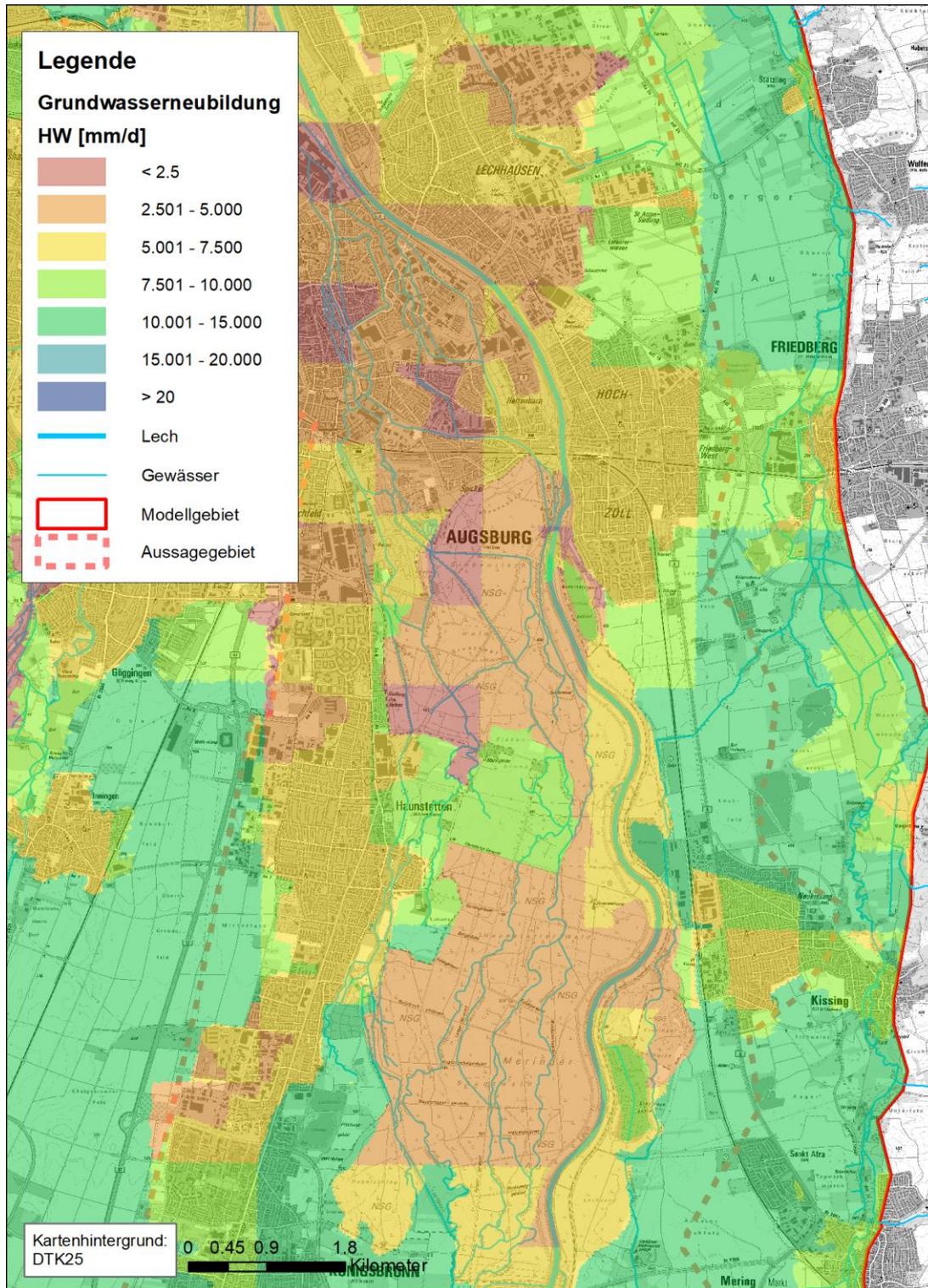


Abbildung 2.5: Grundwasserneubildung während des HW-Ereignis im südlichen Aussagegebiet.

2.4.4 Seen

Der Kuhsee und der Weitmannsee besitzen Abläufe in oberirdische Fließgewässer. An diesen Gewässern wird bei Erreichen eines maximalen See-Wasserstands Wasser in den Lech abgeführt. Dies ist nur bei Hochwasser-Ereignissen der Fall. Am Auensee existiert kein Ablauf in ein oberirdisches Fließgewässer, lediglich eine lokale Durchsickerungsmöglichkeit am nordöstlichen Ende des Auensees ermöglicht eine Bewässerung des Auwalds (Mayr, 1996). Im Modell wird diese Durchsickerungsmöglichkeit nicht berücksichtigt, da aufgrund der Geländemorphologie von einem anschließenden Versickern im direkt benachbarten Auwald auszugehen ist. Damit ist die Durchsickerungsmöglichkeit des Auensees im Grundwassermodell bilanztechnisch neutral.

2.4.5 Grundwasserentnahmen

Die Grundwasserentnahmen entsprechen dem stationären Fall.

2.5 Übersicht Modellrandbedingungen

Eine Übersicht über die wichtigsten Randbedingungen im Modell des Bezugszustands wird in Tabelle 2.1 gegeben.

Tabelle 2.1: Übersicht über Modellrandbedingungen

Modelleinsatz	Grundwasserneubildung	Grundwasserentnahmen	Lech
MNW	<MW2010	Brunnen der SWA: Mit SWA abgestimmtes Entnahmeregime	MNQ-Abfluss
MW	MW2010		MQ-Abfluss
HQ100	mittlere Grundwasserneubildung, die während der Hochwasserereignisse 1999 und 2005 vorlag	Verbleibende Brunnen: Mittlere Entnahmen der Jahre 2015/16	Abflussganglinie, beginnend bei MQ, Anstieg auf HQ2005 und anschließendes Absinken auf MQ

3 Modellergebnisse für den Bezugszustand

3.1 Bilanz des Grundwassermodells

Im Grundwassermodell sind unter anderem Gewässer, Grundwasserhaltungen und die Kanalisation Augsburgs berücksichtigt. Im Folgenden wird der Austausch dieser Elemente mit dem Grundwasser im Bezugszustand quantifiziert, damit diese mit der Bilanz im Planungszustand verglichen werden können.

3.1.1 Lageplan der Bilanzabschnitte entlang des Lechs

Im Folgenden soll der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter im Modell dargestellt werden. Für ein besseres Verständnis der Interaktion ist eine Unterteilung des Lechs in Bilanzabschnitte erforderlich. Abbildung 3.1 zeigt die räumliche Lage der im folgenden betrachteten Bilanzabschnitte. Die Unterteilung erfolgt im Planungsraum analog zum Bericht Aufbau und Kalibrierung des Grundwassermodells Licca liber (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2) an den Abstürzen und Wehren.

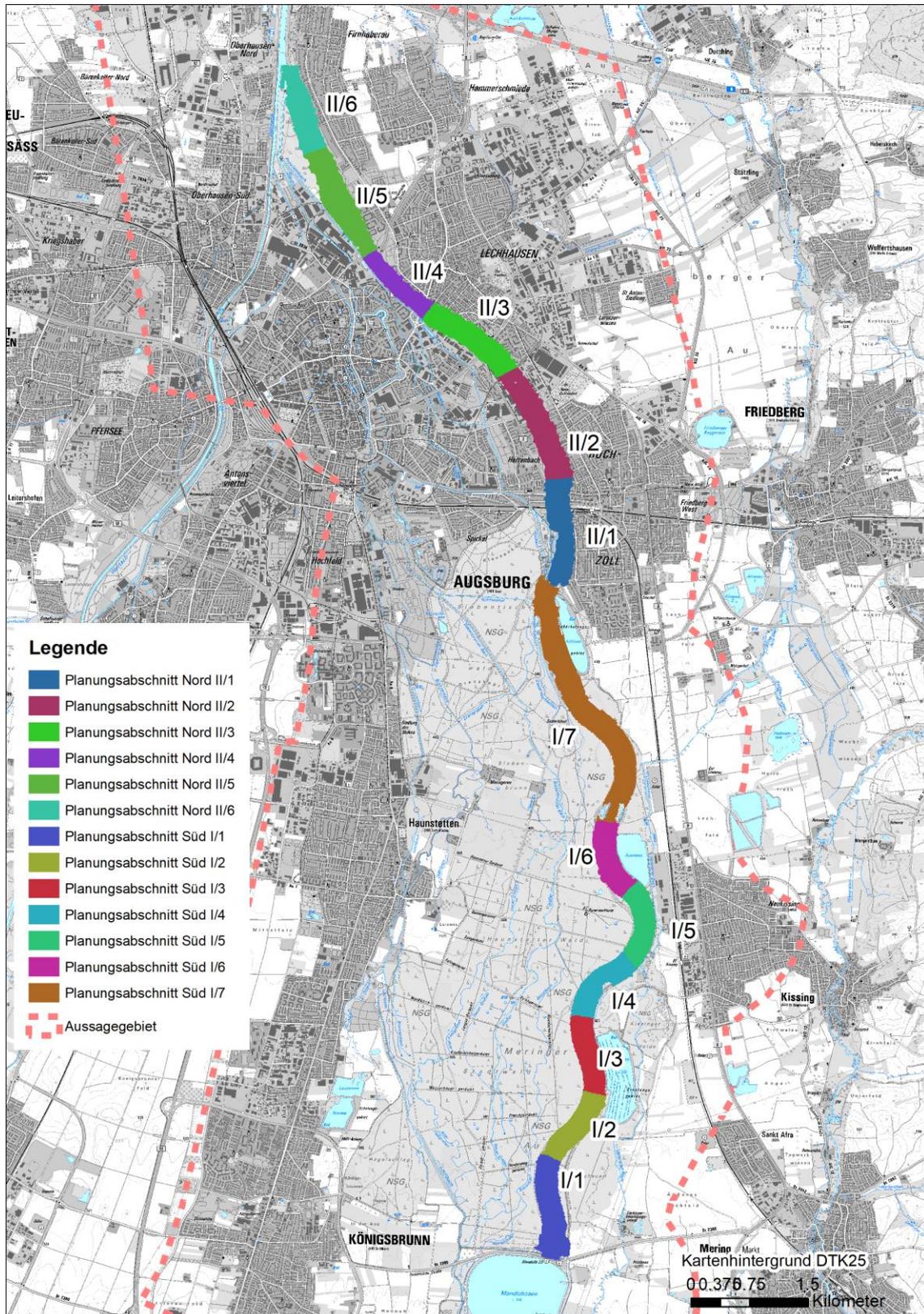


Abbildung 3.1: Lage der Planungsabschnitte für Bilanzbetrachtungen

3.1.2 Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen

Tabelle 3.1 zeigt die Bilanz des Lechs im Planungsbereich I für mittlere und niedrige Grundwasserstände. Bei MNW-Wasserspiegeln exfiltrieren in den Lech größere Wassermengen als bei MW. Im Planungsbereich II sind die Exfiltrationen bei MW und MNW weitgehend identisch, allenfalls in den nördlicheren Planungsabschnitten (II/5 – II/7) nimmt die Exfiltration durch die niedrigen Lech-Wasserspiegel etwas zu. An den Grundwassersammlern nehmen die Entnahmen bei niedrigen Grundwasserständen gegenüber mittleren Grundwasserständen erwartungsgemäß etwas ab.

Tabelle 3.1: Bilanz im Planungsbereich I für mittlere und niedrige Grundwasserstände (stationäres MW und MNW)

	FKM 56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Gesamtumsatz
	Gesamt I/1 - I/3	Planungsabschnitt Süd Nr.			Gesamt I/4 - I/6	Planungsabschnitt Süd Nr.			Planungsab- schnitt Süd I/7	
		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6		
MW	-0.81	-0.12	-0.24	-0.46	-0.59	-0.27	-0.23	-0.09	-1.28	-2.68
MNW	-0.93	-0.15	-0.30	-0.47	-0.68	-0.28	-0.25	-0.14	-1.22	-2.82

Tabelle 3.2: Bilanz im Planungsbereich II für mittlere und niedrige Grundwasserstände (stationäres MW und MNW)

	FKM 37.3 - 47.2								Sammler/Kanalisation			
	Gesamt II/1 - II/7	Planungsabschnitt Nord Nr.							Schleifen- straße	Prinzstraße	Reichenb.- straße	Abwasser- kanäle
		II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7				
MW	-0.71	-0.13	-0.15	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.33
MNW	-0.76	-0.13	-0.15	-0.06	-0.02	-0.13	-0.17	-0.11	-0.33	-0.24	-0.05	-0.30

3.1.3 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Die folgenden Abbildungen (Abbildung 3.2 bis Abbildung 3.6) zeigen die Bilanz des Lechs und der Grundwassersammler während des Hochwasserereignisses. Das Hochwasserereignis beginnt ab dem Zeitpunkt 0 d, die Hochwasserwelle erreicht ihren Höhenpunkt nach ca. 3 d. Entsprechend sind die Infiltrationen aus dem Lech in das Grundwasser im Hochwasserscheitel am Höchsten, während es im Nachgang des HW-Ereignis (zu diesem Zeitpunkt sind die Grundwasserstände noch hoch, während am Lech MW-ähnliche Verhältnisse vorliegen) zu vergleichsweise hohen Exfiltrationen in den Lech kommt. An den Grundwassersammlern sind im Vergleich zu mittleren und niedrigen Grundwasserverhältnissen keine bemerkenswerte Veränderungen der Entnahmen zu beobachten.

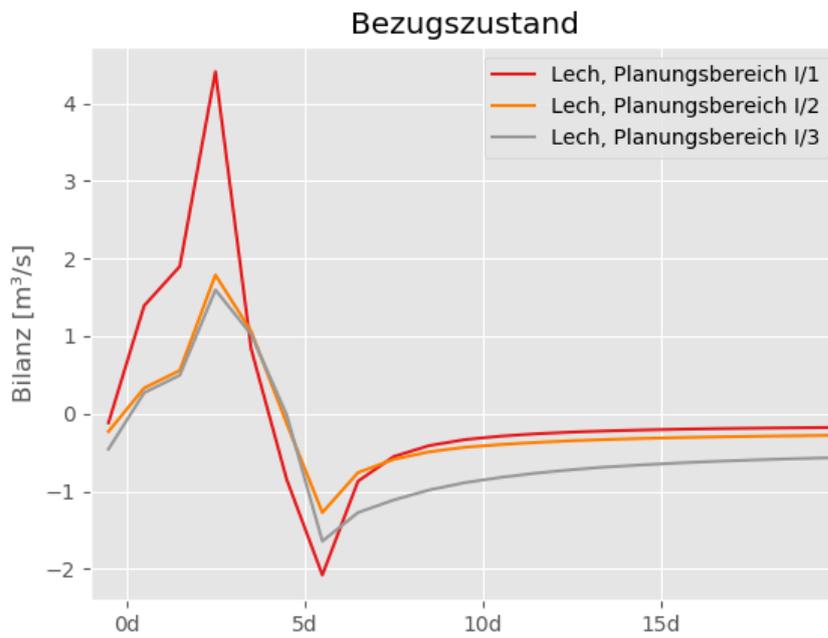


Abbildung 3.2: Bilanz des Lechs im südlichen Planungsbereich I zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen

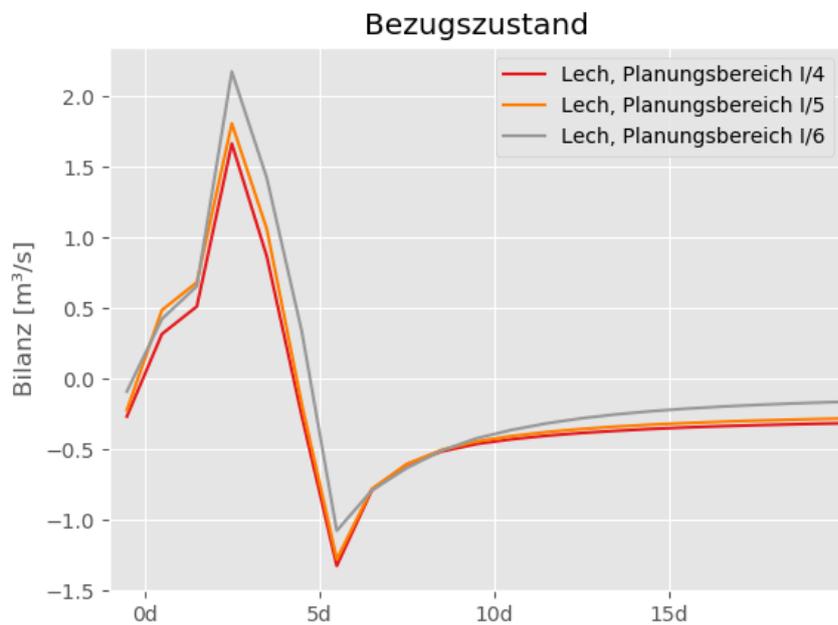


Abbildung 3.3: Bilanz des Lechs im nördlichen Planungsbereich I zwischen FKM 53.4 und 50.4 bei Hochwasser-Verhältnissen

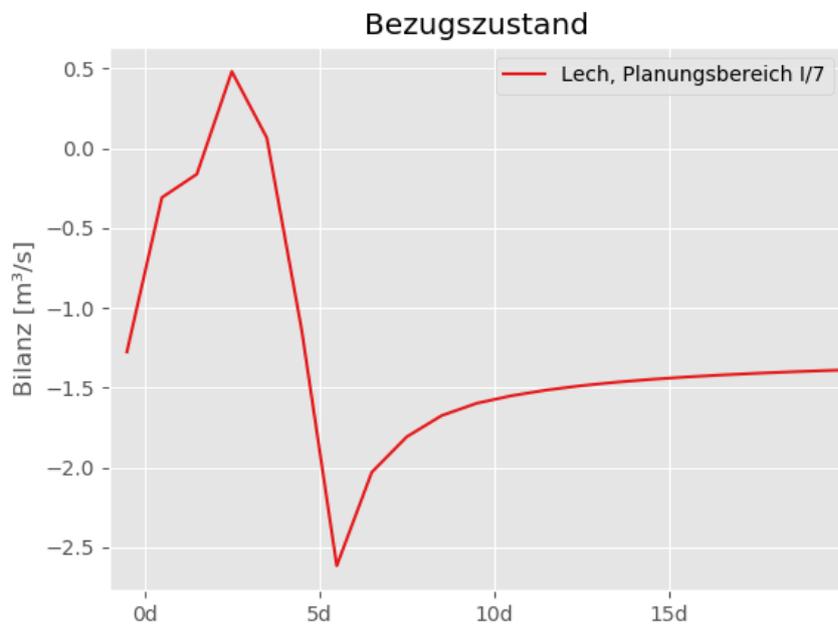


Abbildung 3.4: Bilanz des Lechs im nördlichen Planungsbereich I zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen

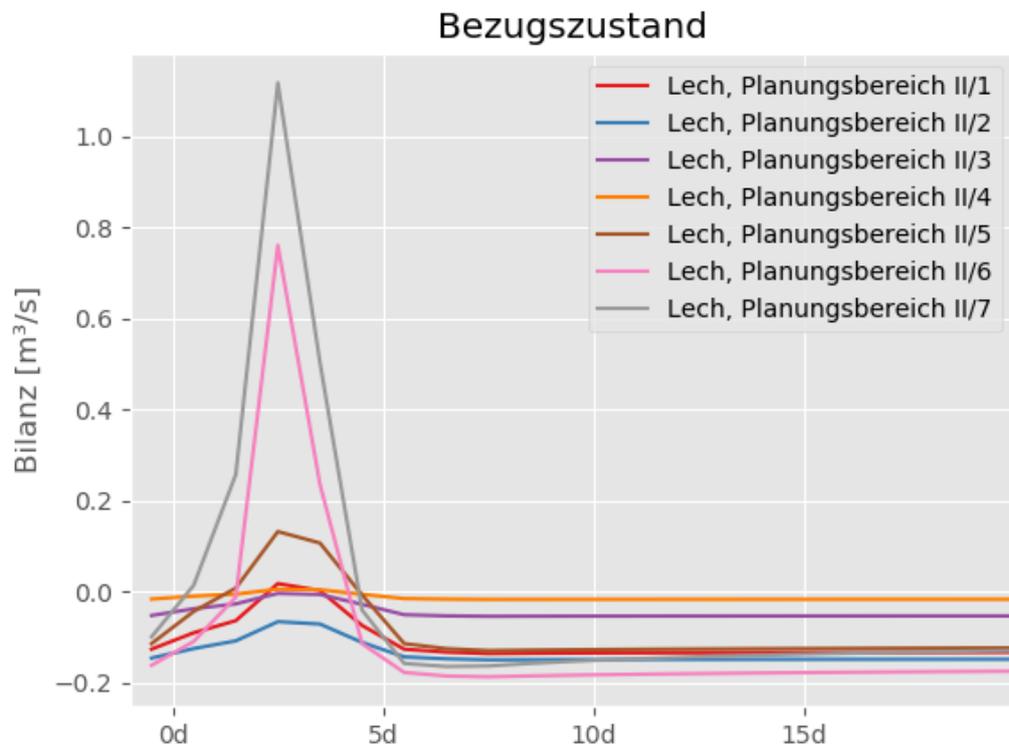


Abbildung 3.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen

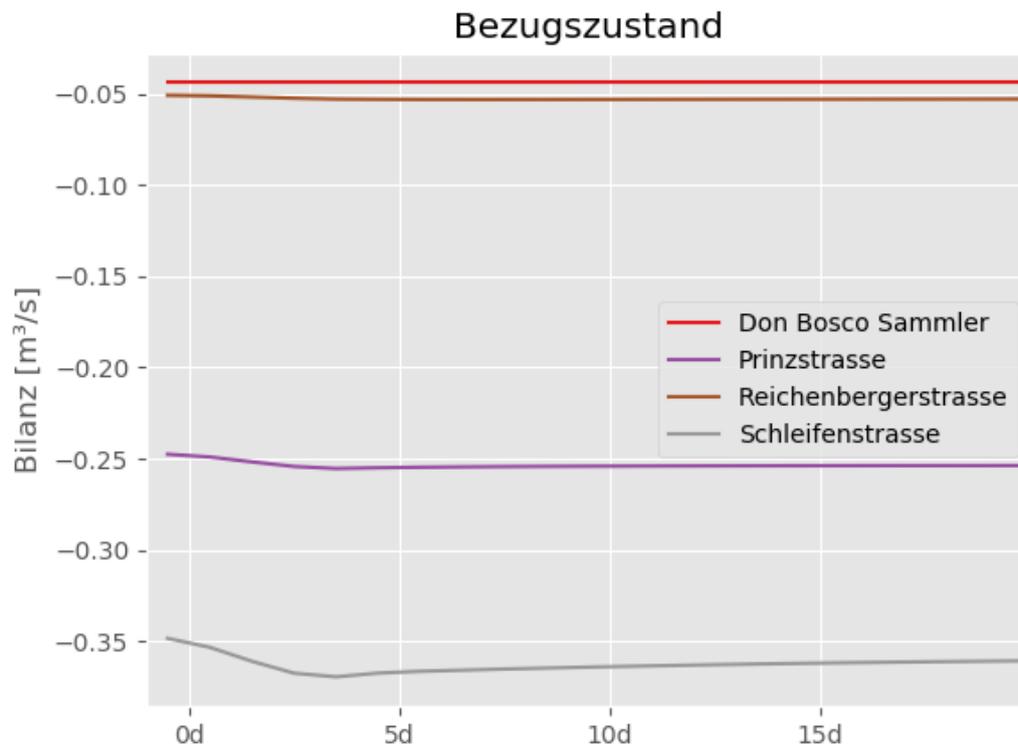


Abbildung 3.6: Bilanz der Grundwassersammler

3.2 Grundwasserstände

Im Folgenden werden die Grundwasserstände des Bezugszustands dokumentiert. Diese können von den Grundwasserständen des kalibrierten Grundwassermodells aus folgenden Gründen abweichen:

- Unterschiede an den Gewässer-Randbedingungen: So wird im kalibrierten Grundwassermodell bei Mittelwasser der berechnete Lech-Wasserspiegel über einen Zeitraum im Jahr 2010 gemittelt und dann als Randbedingung angesetzt. Im Bezugszustand wird ein stationärer MQ-Lech-Wasserspiegel aus dem Hydraulik-Modell direkt angesetzt. Bei den Hochwässern 1999 und 2005 werden deutlich längere Zeiträume im kalibrierten Grundwassermodell betrachtet (Größenordnung: mehrere Monate).
- Unterschiede in den Grundwasserentnahmen: Im kalibrierten Grundwassermodell werden die jeweiligen Grundwasserentnahmen der betrachteten Zeiträume angesetzt
- Im Bezugszustand wurde die Lechsole und die lechnahe Geländeoberkante dem hydraulischen Modell angeglichen (vgl. Kapitel 2.2).

3.2.1 Niedrige Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserstände bei niedrigen Verhältnissen sind in Anlage 6.3.1 (Planungsbereich I) und Anlage 6.3.2 (Planungsbereich II) für den Bezugszustand im Vergleich zum Referenzzustand niedriger Grundwasserstände aus dem Bericht zu Aufbau und Kalibrierung des Grundwassermodells (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2) dargestellt. Die Grundwassergleichen sind weitgehend identisch, geringe Abweichungen sind auf geänderte Grundwasserentnahmen und die geänderte Lechsohle zurückzuführen.

3.2.2 Mittlere Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserstände werden in Anlage 6.3.3 und Anlage 6.3.4 dargestellt. Die beiden Anlagen zeigen zusätzlich die Grundwasserstände des stationär kalibrierten Zustands MW2010. Ein Vergleich der dargestellten Grundwassergleichen (insbesondere im Planungsbereich I) zeigt deutlich, dass die Grundwasserstände des Bezugszustands etwas über MW2010 liegen. Dies ist im Wesentlichen auf die etwas höheren Lech-WSP (vgl. Kapitel 2.3.3) zurückzuführen, weiterhin ergeben sich lokale Unterschiede durch veränderte Randbedingungen (z.B. Grundwasserentnahmen).

3.2.3 Hochwasser-Verhältnisse

Abbildung 3.7 zeigt die maximalen Grundwasserstände für HW-Verhältnisse. Für die Auswertung wurden jeweils die maximalen Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum (unabhängig vom Zeitpunkt) gewählt. Zusätzlich werden exemplarisch für die in der Abbildung eingezeichneten Beobachtungspunkte in Abbildung 3.8 bis Abbildung 3.16 Grundwasserstandsganglinien gezeigt. Insbesondere an lechfernen Grundwassermessstellen fällt die Erhöhung des Grundwasserstands eher gering aus, da dieser Bereich außerhalb der Reichweite des Lech-Hochwassers liegt. Die wesentliche Erhöhung der Grundwasserstände ist an diesen Beobachtungspunkten auf die im Modell berücksichtigte Grundwasserneubildung zurückzuführen.

Die Grundwasserstände für den Bezugszustand HW2005 werden in Anlage 6.3.5 und Anlage 6.3.6 dargestellt. Zu Vergleichszwecken sind die im Rahmen des Modelltests ermittelten Grundwassergleichen des HW2005 eingezeichnet (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2). Der Vergleich zeigt, dass die Grundwassergleichen in weiten Teilen des Planungsbereichs I identisch sind, während ab dem Hochablass bis zum nördlichen

Ende des Planungsbereichs II die maximalen Grundwasserstände im Modelltest über dem Bezugszustand HW liegen. Dies ist auf die im kalibrierten Grundwassermodell berücksichtigte temporäre Erhöhung des Leakage-Koeffizienten zurückzuführen, welche im Bezugszustand nicht berücksichtigt wird (vgl. Kapitel 2.2).

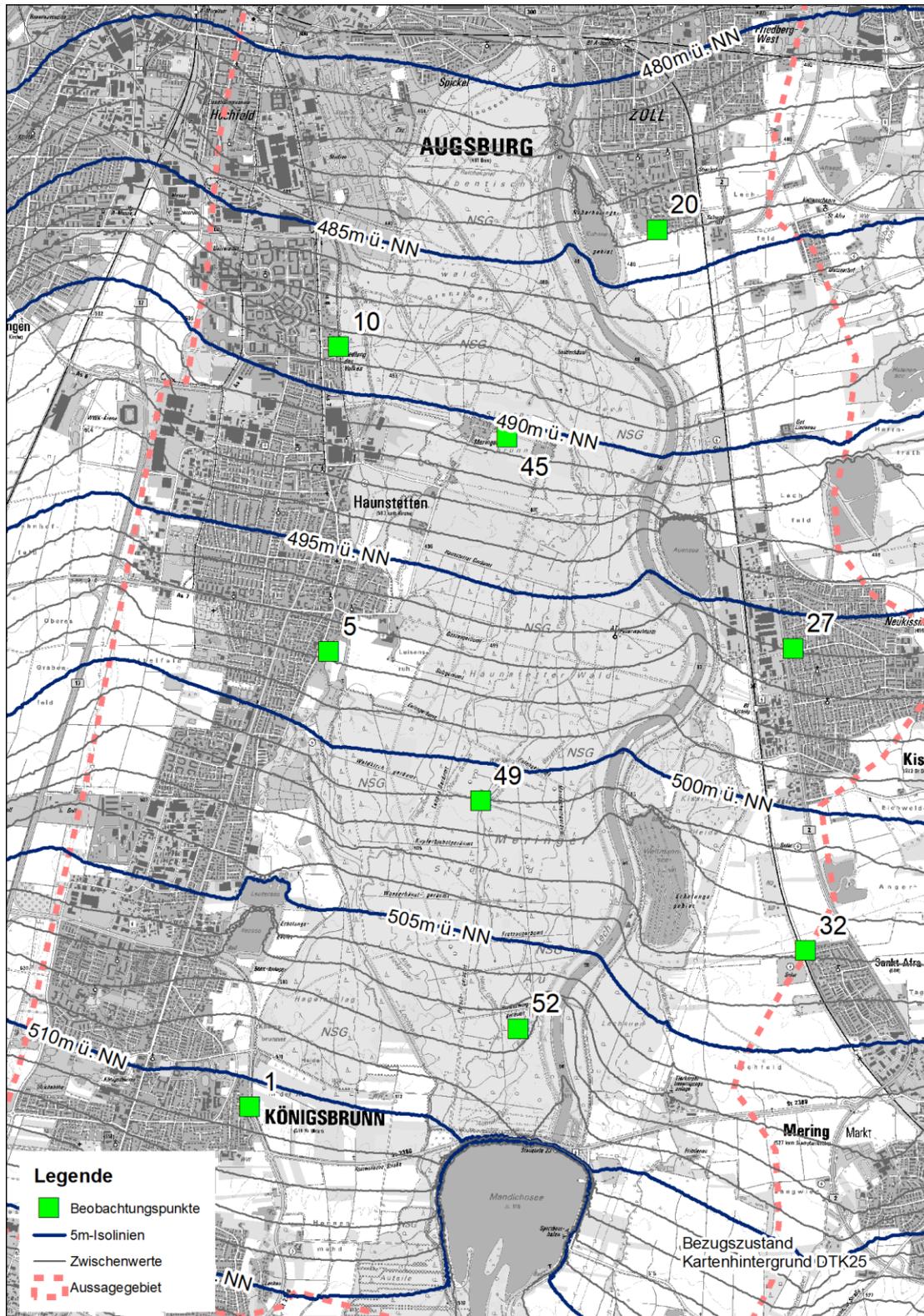


Abbildung 3.7: Grundwassergleichen für Hochwasser-Verhältnisse und Beobachtungspunkte

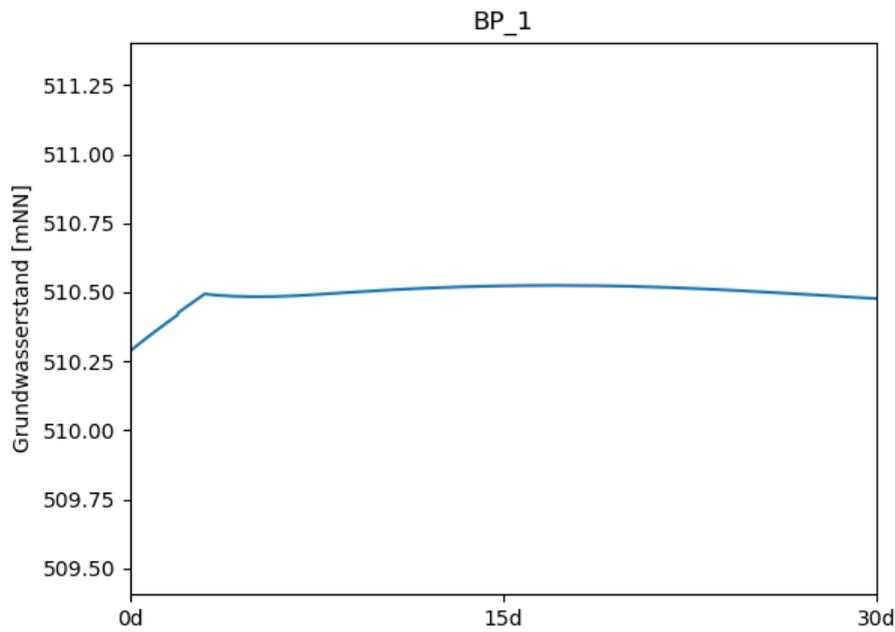


Abbildung 3.8: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1

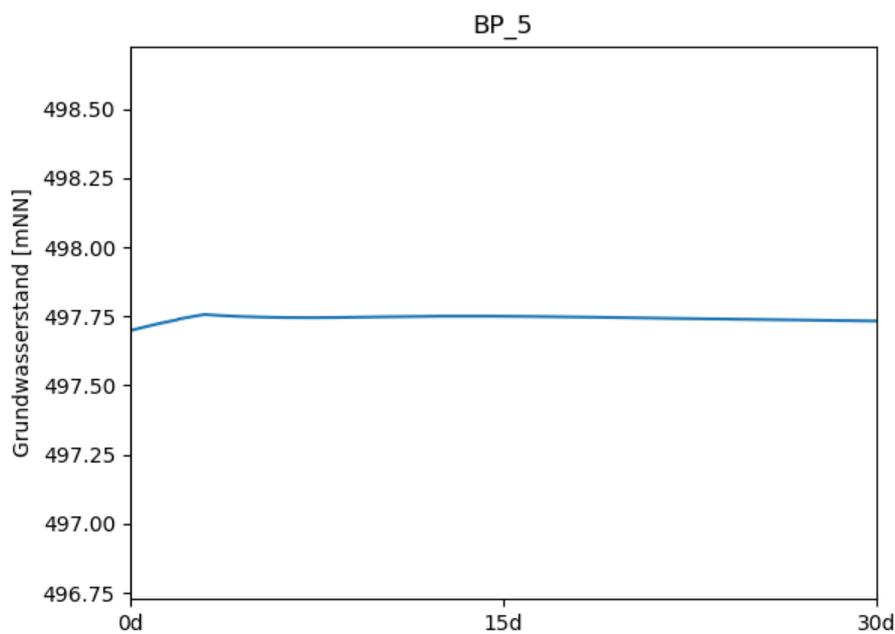


Abbildung 3.9: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5

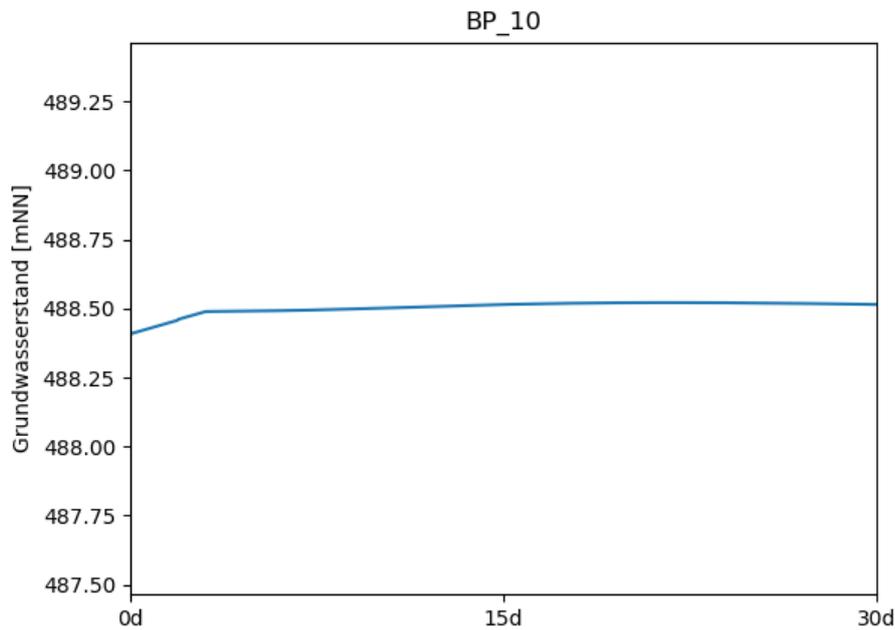


Abbildung 3.10: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10

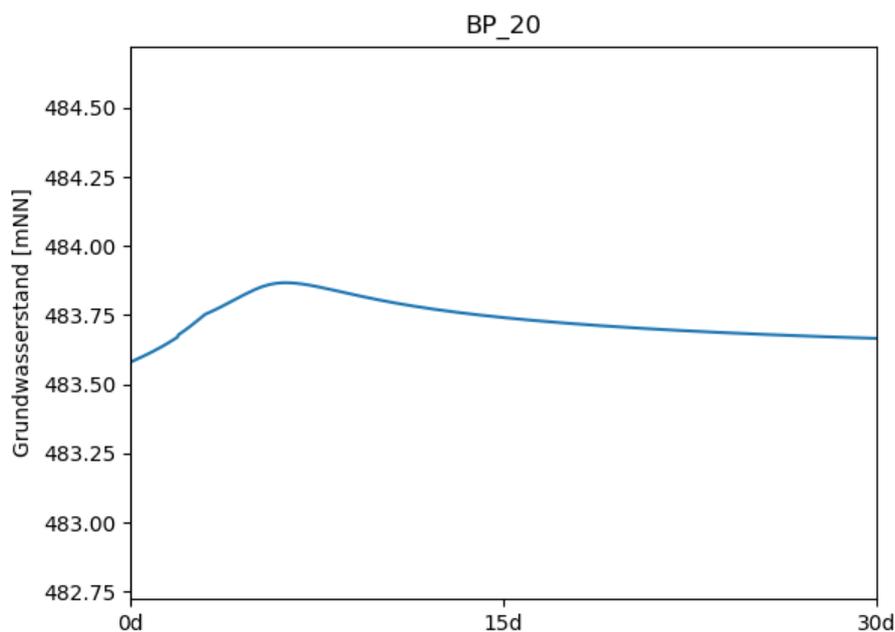


Abbildung 3.11: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20

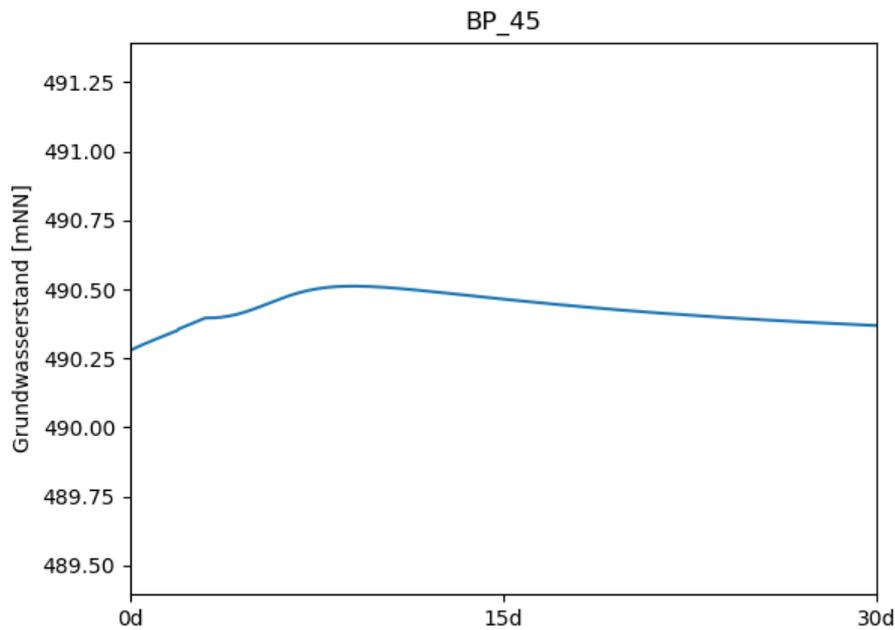


Abbildung 3.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45

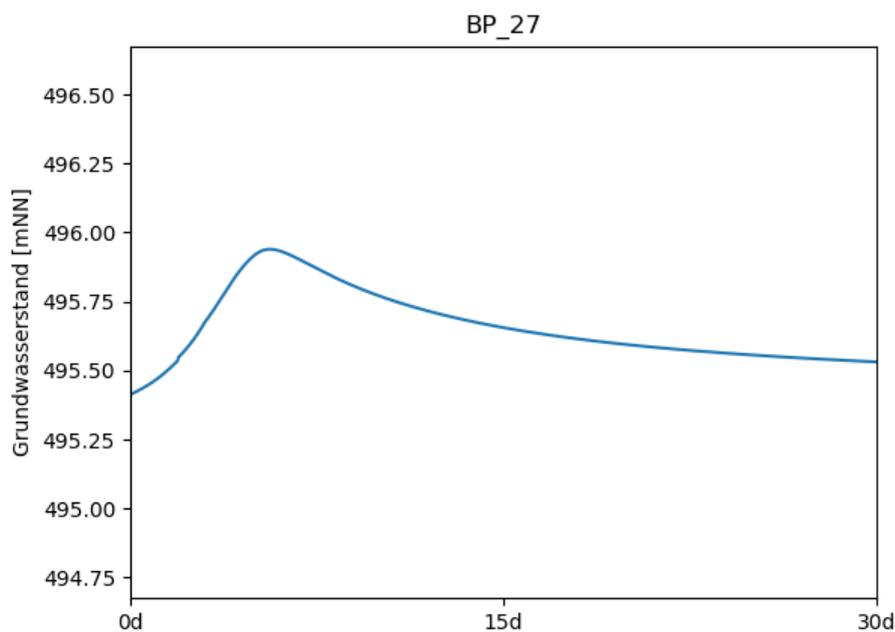


Abbildung 3.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27

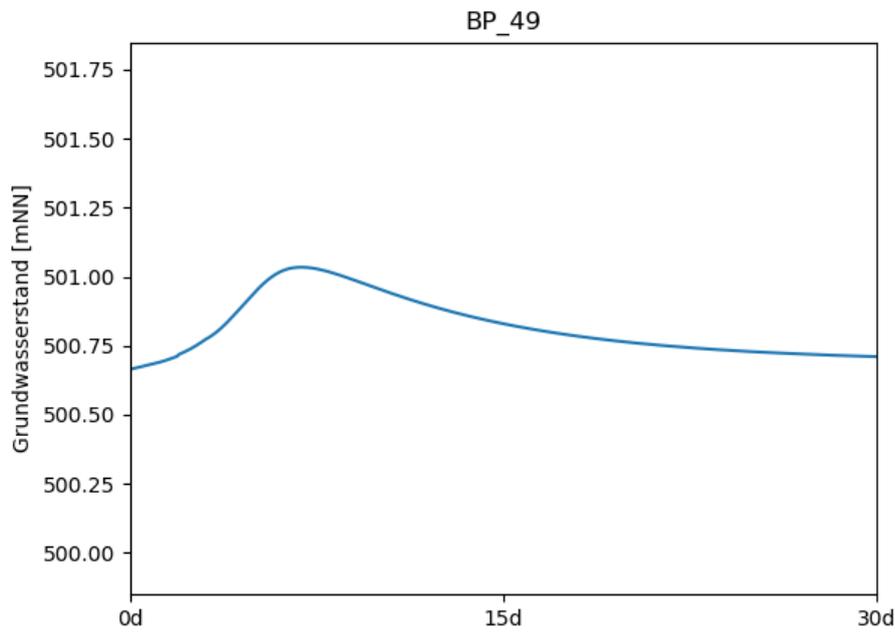


Abbildung 3.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49

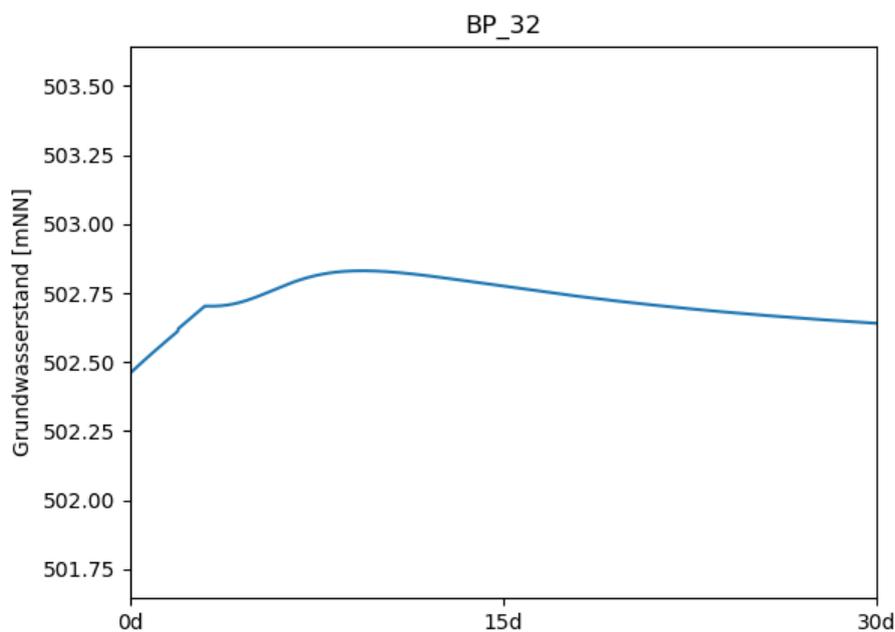


Abbildung 3.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32

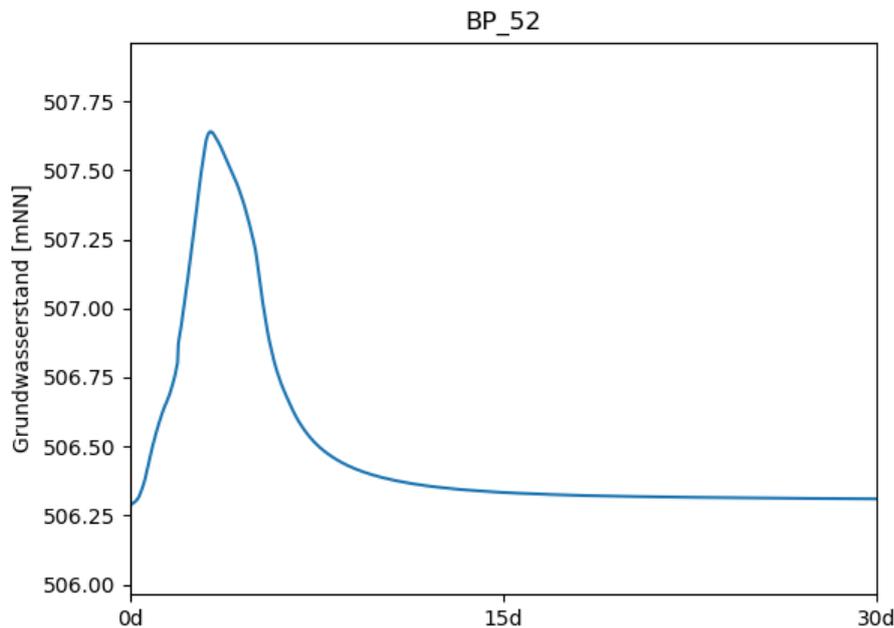


Abbildung 3.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52

3.3 Grundwasserflurabstände bei Hochwasser-Verhältnissen

Die Grundwasserflurabstände bei Hochwasser-Verhältnissen sind in Anlage 6.3.7 und Anlage 6.3.8 dargestellt. Es ergeben sich lechnah größere Bereiche mit geringen Grundwasserflurabständen. Weitere größere Bereiche mit geringen Grundwasserflurabständen liegen nahe einiger Gewässer im Stadtwald sowie im Bereich der Königsbrunner Heide vor. Die übrigen Bereiche sind überwiegend von Flurabständen größer 1 m geprägt. Dies ist (innerhalb des Aussagegebiets) auch in allen Siedlungsgebieten der Fall.

3.4 Betrachtung von Brunneneinzugsgebieten

In die Variantenbewertung gehen Transportberechnungen zur Ermittlung von Brunneneinzugsgebieten ein. Diese sind im Bericht zur Variantenbewertung (Anlage 3) dokumentiert.

4 Zusätzliche Betrachtungen

4.1 Berücksichtigung der SWA-Entnahme der Jahre 2015/2016

Im Bezugszustand wird an den Brunnen der SWA (einschließlich Brunnen in der Fohlenau, die gemeinsam von der Stadt Königsbrunn und den SWA betrieben werden) ein Entnahmeregime angesetzt, das derzeit noch nicht voll umgesetzt ist. Im Folgenden wird der Bezugszustand mit einem in Bezug auf die SWA-Entnahmen modifizierten Bezugszustand verglichen. Hierfür wird an Brunnen der SWA die mittleren Entnahmen der Jahre 2015/16 angesetzt (Bezugszustand_2016). Der wesentliche Unterschied besteht im Entnahmestockwerk: Im Bezugszustand sind die Entnahmen aus dem Quartär reduziert (ca. 100 l/s), dafür wurden die Entnahmen aus dem oberen Tertiär erhöht. Weiterhin wird ein zusätzlicher Horizontalfilterbrunnen berücksichtigt. Dieser ist im Jahr 2015/16 noch nicht im Betrieb.

Für MW-Verhältnisse ergeben sich nur geringe Unterschiede bezüglich des Grundwasserspiegels. Die größten Differenzen ergeben sich westlich des Hochablasses. Hier kommt es im Bezugszustand (verglichen mit dem Bezugszustand_2016) aufgrund einer verstärkten Entnahme zu Absenkungen des Grundwasserstands (in direkter Nähe zum Brunnenstandort um bis zu 20 cm). Weitere Änderungen ergeben sich im Umfeld der Entnahme Fohlenau durch eine Reduktion der Entnahmen (lokale Aufhöhung der Grundwasserstände um bis zu 20 cm) sowie kleinräumige Änderungen der Grundwasserspiegel an zwei Brunnenstandorten im mittleren Stadtwald (Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands von max. +/- 10 cm auf einer Gesamtfläche von etwa 0,4 km²).

4.2 Berücksichtigung eines HW-Ereignisses an der Paar

4.2.1 Modellaufbau

Im Bezugszustand wird nur am Lech ein HW-Ereignis berücksichtigt. Das Hochwasser an der Paar führte im Jahr 1999 jedoch durch die Überlagerung mit dem Hochwasser-Ereignis am Lech zu einer verstärkten Aufhöhung des Grundwasserspiegels. Durch die Berücksichtigung der Paar in einem zusätzlichen Bezugszustand soll sichergestellt werden, dass die Auswirkungen eines zeitgleichen Paar-HWs auf die Wirkung der Planungen untersucht werden kann.

In den folgenden Untersuchungen wird der Bezugszustand um folgende Ereignisse ergänzt:

- Berücksichtigung der HW-Ganglinie an der Paar aus dem Jahr 1999. Die Ganglinie der Paar wird zeitlich so verschoben, dass die HW-Scheitel an Lech und Paar zeitgleich auftreten (s. Abbildung 4.1).
- Temporäre Ausuferung der Paar (s. Abbildung 4.2)

Die Ganglinie der Paar sowie die Ausuferungsflächen und der zugehörige Leakage-Koeffizient wurden dem instationär kalibrierten Grundwassermodell HW1999 (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2) entnommen.

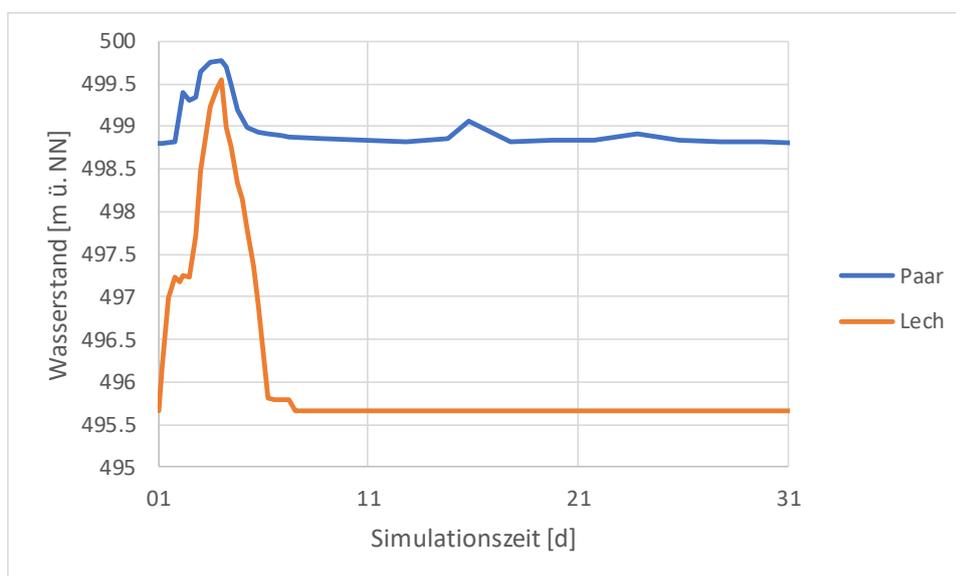


Abbildung 4.1: Gegenüberstellung einer Ganglinie am Lech und an der Paar im Grundwassermodell (Lage: Lech bei ca. Fkm 52, Paar im Süden Kissings)

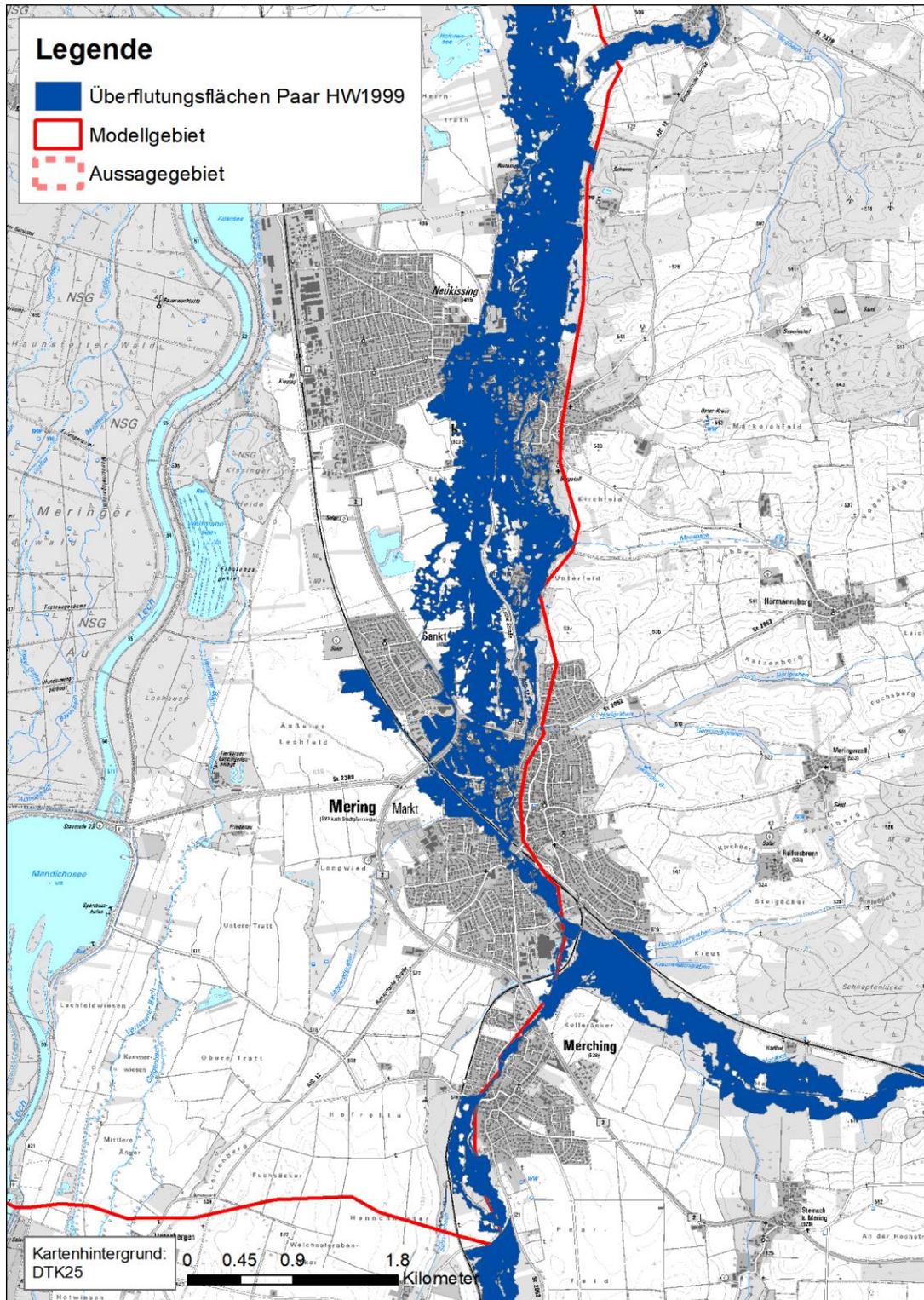


Abbildung 4.2: Simulierte Ausuferungsflächen der Paar während des HW-Ereignis im Jahr 1999 (WWA Donauwörth, 2017)

4.2.2 Modellergebnisse

4.2.2.1 Bilanz

Durch das zusätzliche HW-Ereignis an der Paar bzw. deren Ausuferung erhöht sich die Infiltration der Paar temporär um bis zu 20 m³/s im Tagesmittel. Dies entspricht der Bilanz aus den Berechnungen für das instationär kalibrierte Grundwassermodell HW1999 (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2). Die Bilanzen der verbleibenden Gewässern (Lech, Seen, Verlorener Bach) zeigen keine wesentlichen Änderungen (überwiegend ohne Änderungen, an einzelnen Gewässern Änderungen um wenige l/s).

4.2.2.2 Grundwasserstände

Der flächige Vergleich zwischen Bezugszustand unter Berücksichtigung des Paar-Hochwassers und dem Bezugszustand ohne Berücksichtigung des Paar-Hochwassers ist in Abbildung 4.3 dargestellt. Die Bereiche mit einer deutlichen Erhöhung der Grundwasserstände sind weitestgehend mit den Ausuferungsflächen (s. Abbildung 4.2) deckungsgleich. Die Aufhöhungen der Grundwasserstände erstrecken sich über Kissing und St. Afra. Für zwei Beobachtungspunkte (die Lage der Beobachtungspunkte ist Abbildung 4.3 zu entnehmen) werden in Abbildung 4.4 (Kissing) und Abbildung 4.5 (St. Afra) Grundwasserstandsganglinien dargestellt. Es wird gezeigt, dass sich die Grundwasserstände durch die Berücksichtigung des Paar-HW deutlich erhöhen (an den Beobachtungspunkten zwischen 17 und 44 cm).

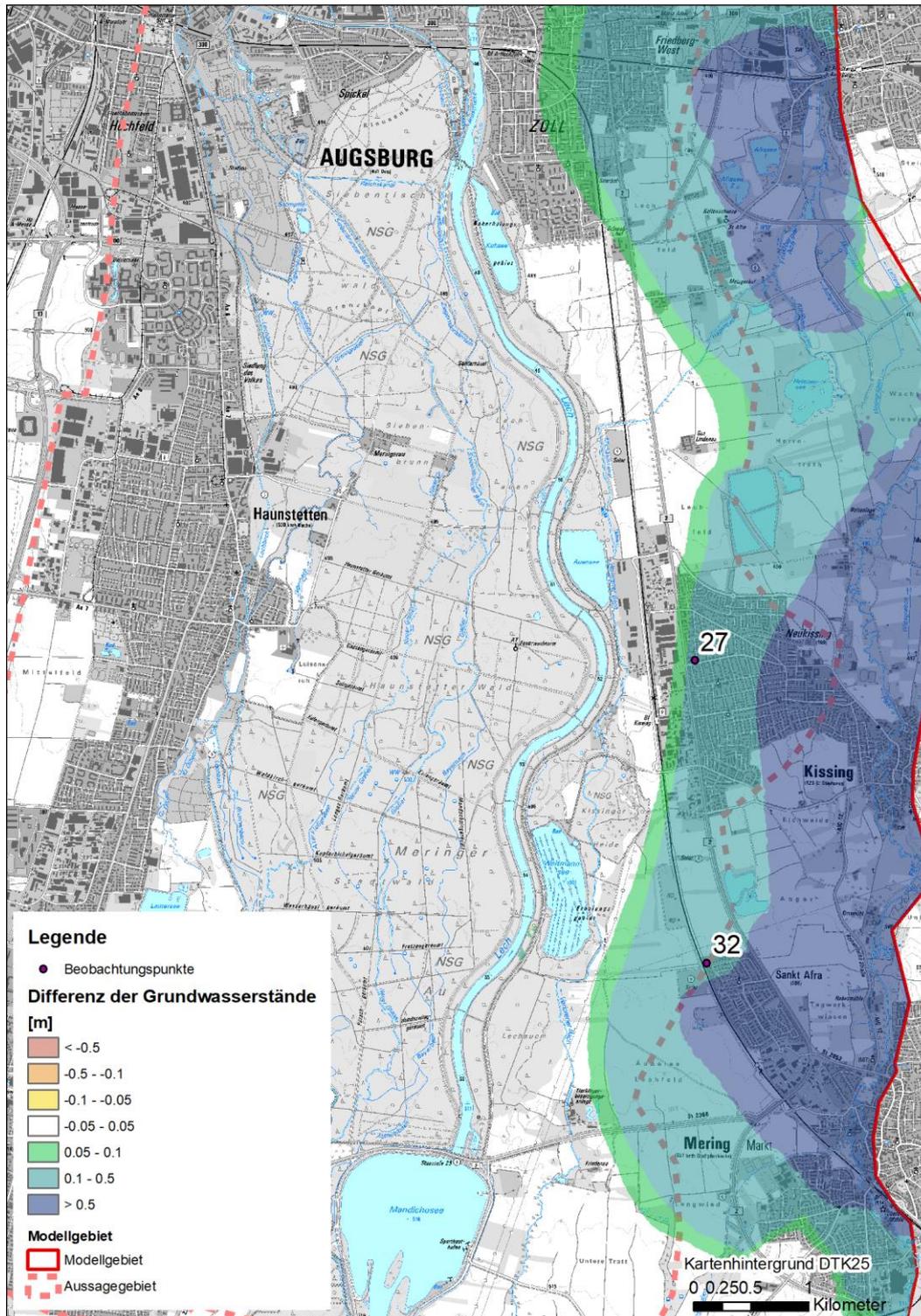


Abbildung 4.3: Differenzen der Grundwasserstände durch das Paar-HW
 (Bezugszustand mit Berücksichtigung des Paar-HWs abzüglich des
 Bezugszustand ohne Berücksichtigung des Paar-HWs)

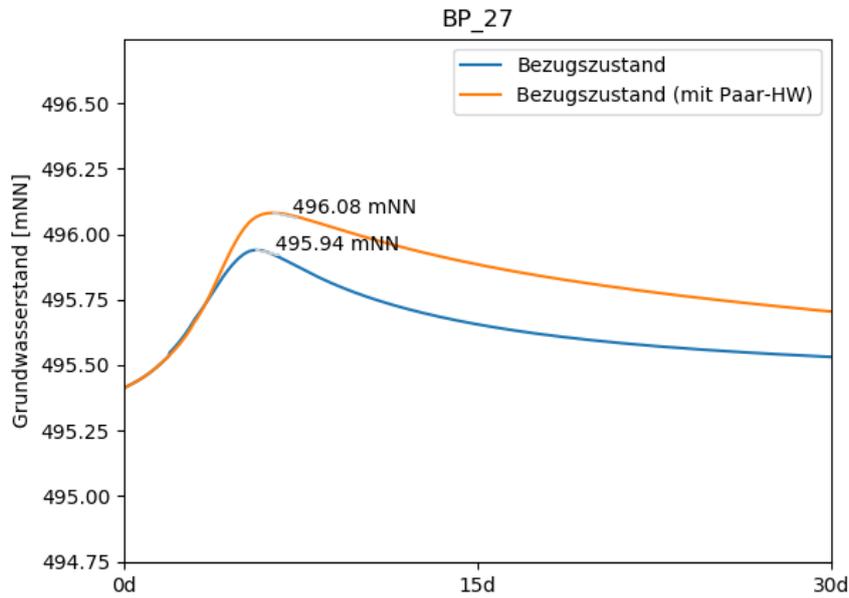


Abbildung 4.4: Grundwasserstandsganglinien am Beobachtungspunkt 27

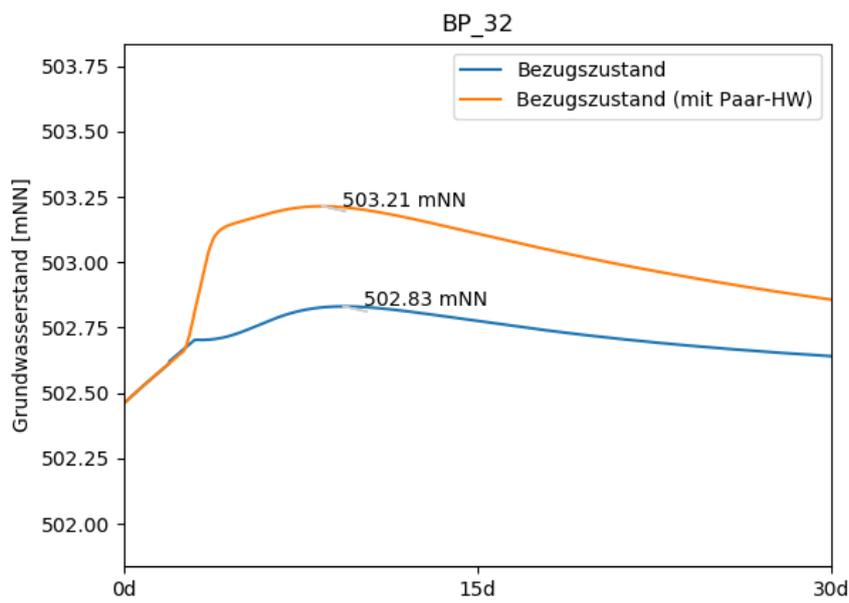


Abbildung 4.5: Grundwasserstandsganglinien am Beobachtungspunkt 32

4.3 Betrachtung eines Modelllaufs mit global reduziertem speichernutzbarem Hohlraumanteil

4.3.1 Modellaufbau

Im Zuge der Kalibrierung des Grundwassermodells zeigte sich, dass der speichernutzbare Hohlraumanteil im Grundwassermodell auf Grundlage der vorliegenden Messwerte nicht eindeutig festgelegt werden kann (ARGE SKI KUP UIBK, 2018-2). An einigen Messstellen lieferte ein geringerer speichernutzbare Hohlraumanteil eine bessere Anpassung. Um diese Bandbreite möglicher Hohlraumanteile abzubilden, wird für diese Untersuchungen der speichernutzbare Hohlraumanteil des Quartärs außerhalb der Hochterrassen auf 0,1 reduziert.

4.3.2 Simulierte Grundwasserstände

Abbildung 4.6 stellt die Differenzen der Grundwasserstände des Bezugszustands mit reduziertem speichernutzbarem Hohlraumanteils und dem unveränderten Bezugszustand dar. Für die Auswertung wurden jeweils die maximalen Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum (unabhängig vom Zeitpunkt) gewählt. Abbildung 4.7 stellt die Grundwasserstandsganglinien am Beobachtungspunkt 1 gegenüber. Die berechnete Differenz an diesem Punkt beträgt 5 cm (der Grundwasserhöchststand im unveränderten Bezugszustand tritt deutlich später als im Bezugszustand mit reduziertem Speicherkoeffizient auf). Weitere Grundwasserstandsganglinien sind Abbildung 4.8 bis Abbildung 4.15 zu entnehmen. Erwartungsgemäß zeigen die Grundwasserstandsganglinien eine schnellere und höhere Reaktion, wenn der speichernutzbare Hohlraumanteil reduziert wird.

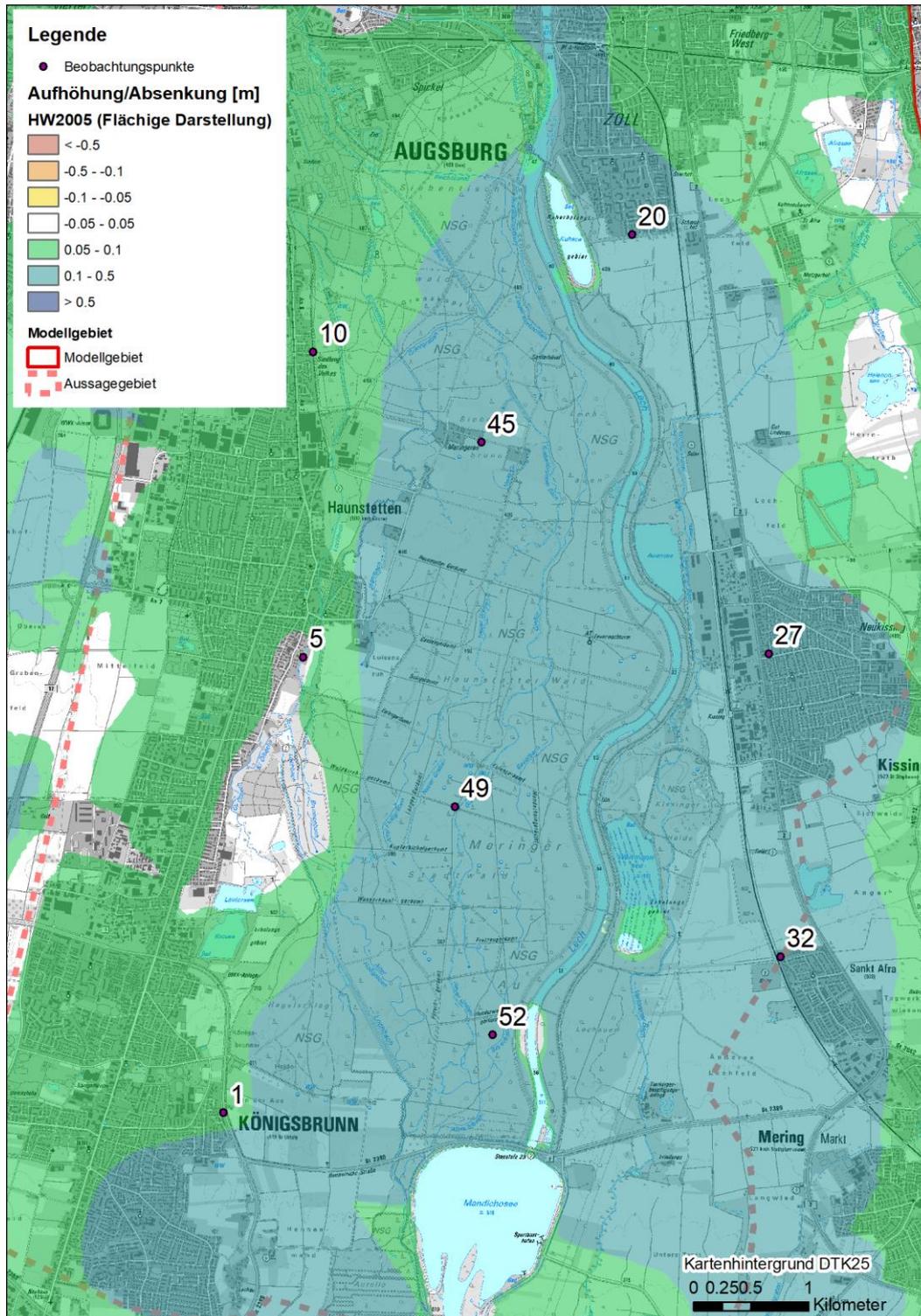


Abbildung 4.6: Differenzen der Grundwasserstände (Bezugszustand mit reduziertem speicherwirksamen Hohlraumanteil abzüglich des unveränderten Bezugszustands)

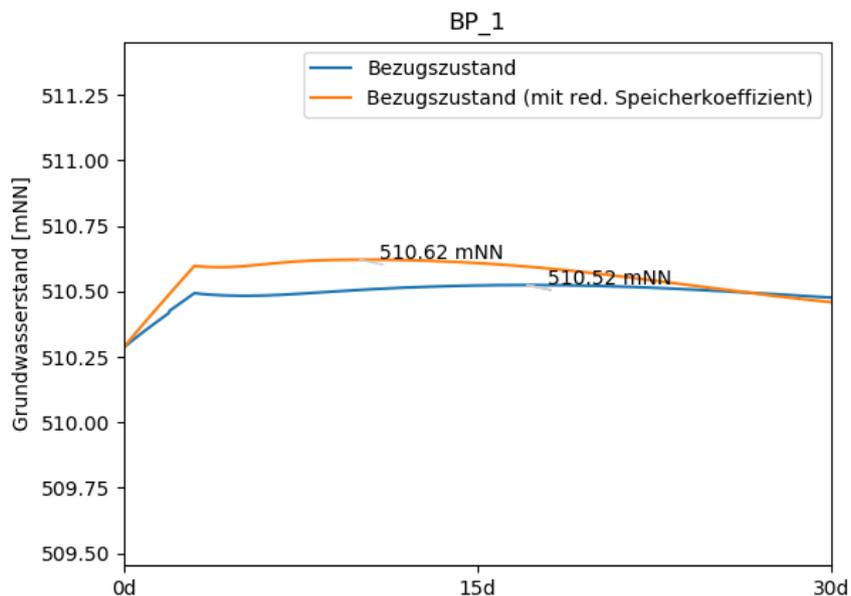


Abbildung 4.7: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1

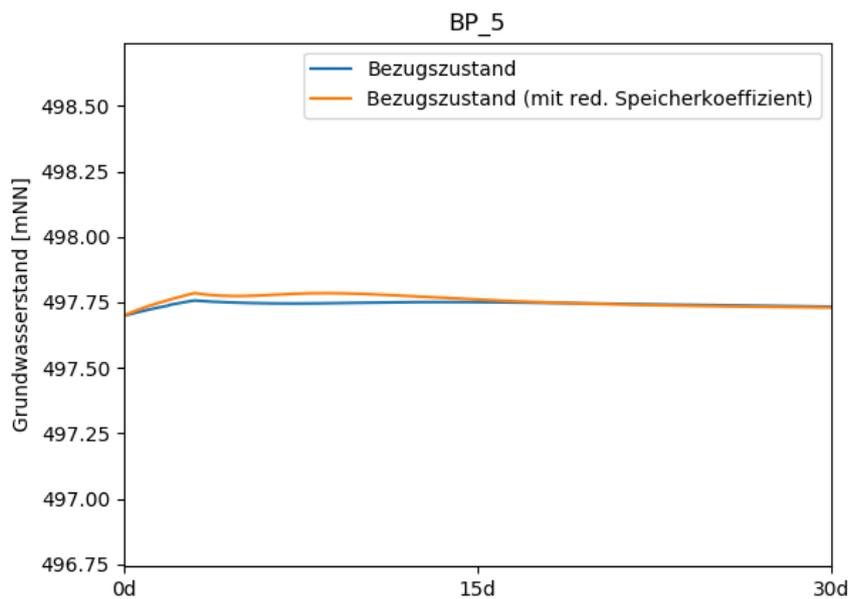


Abbildung 4.8: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5

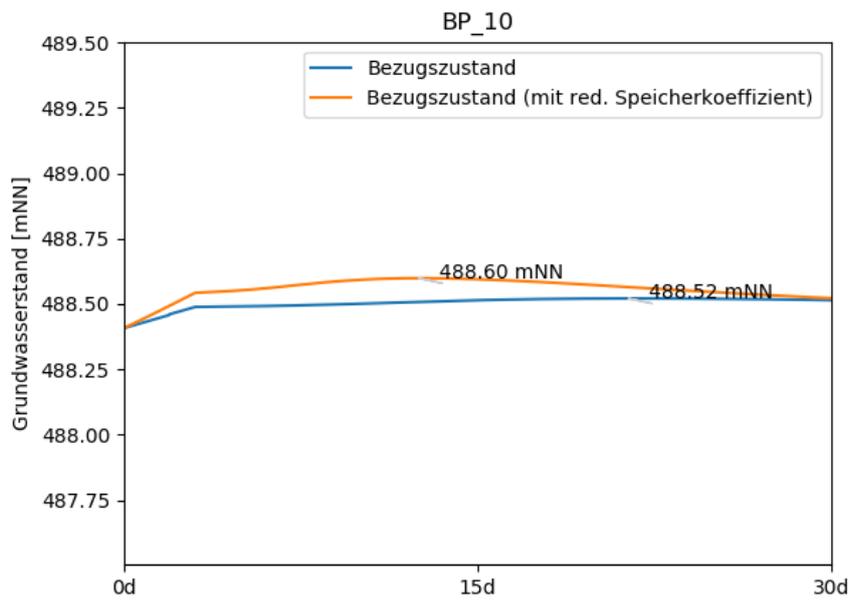


Abbildung 4.9: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10

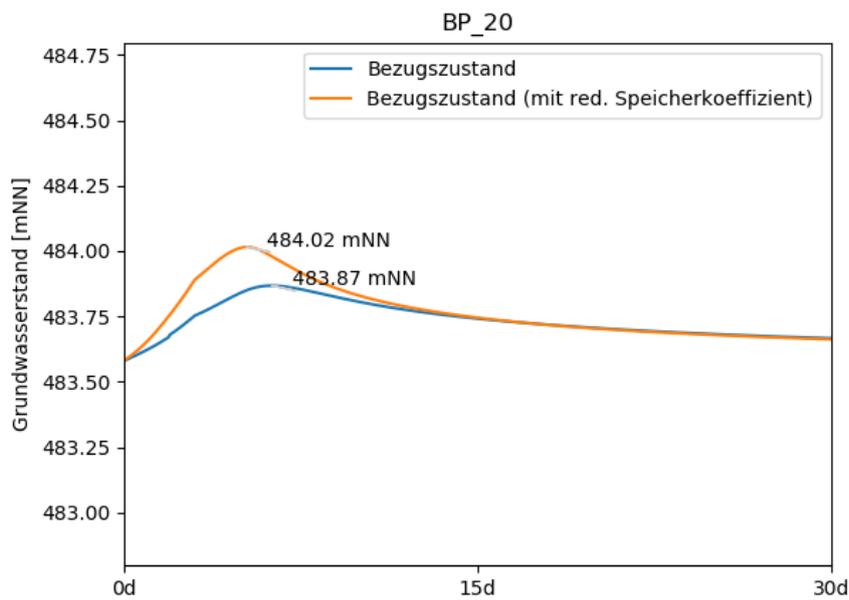


Abbildung 4.10: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20

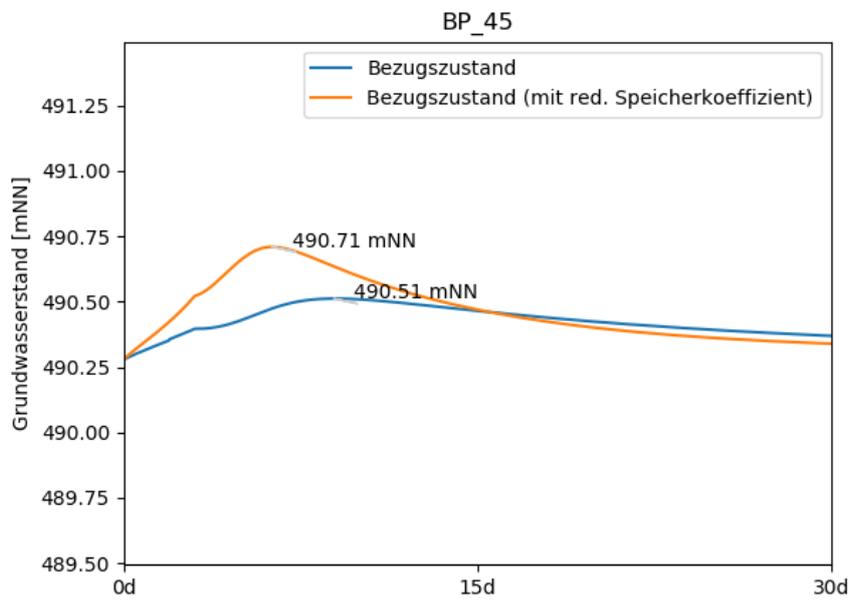


Abbildung 4.11: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45

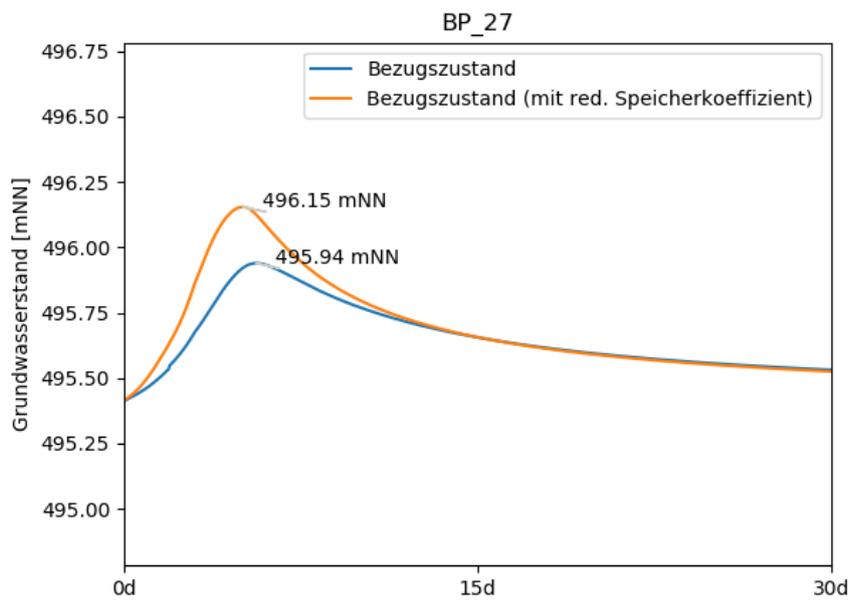


Abbildung 4.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27

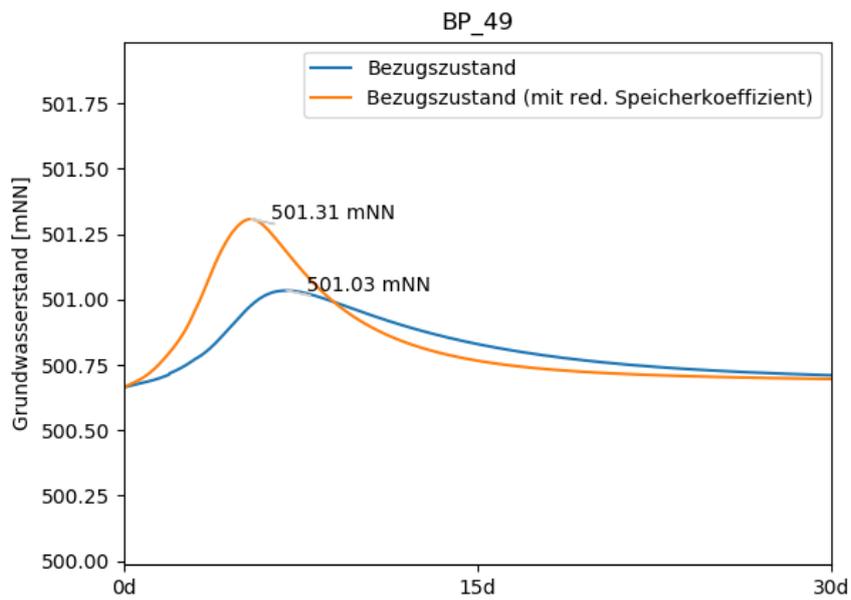


Abbildung 4.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49

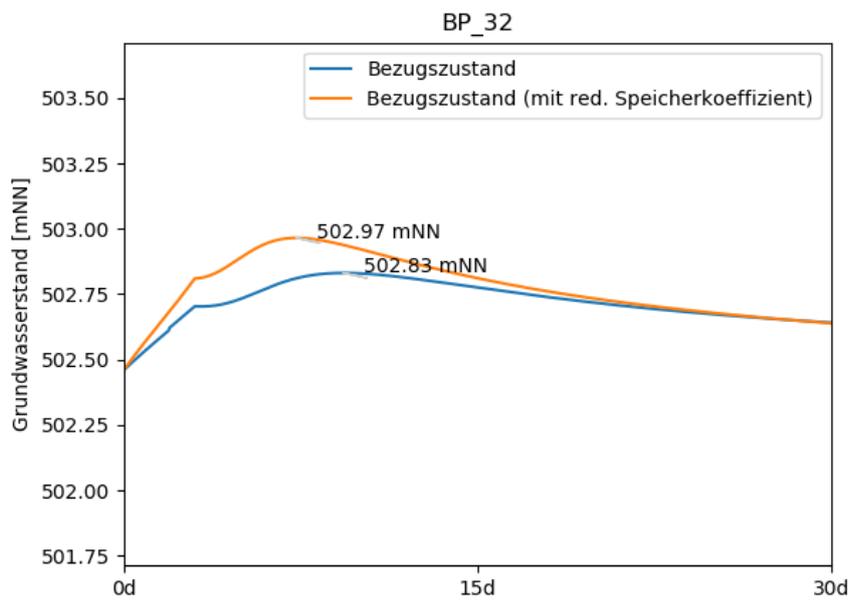


Abbildung 4.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32

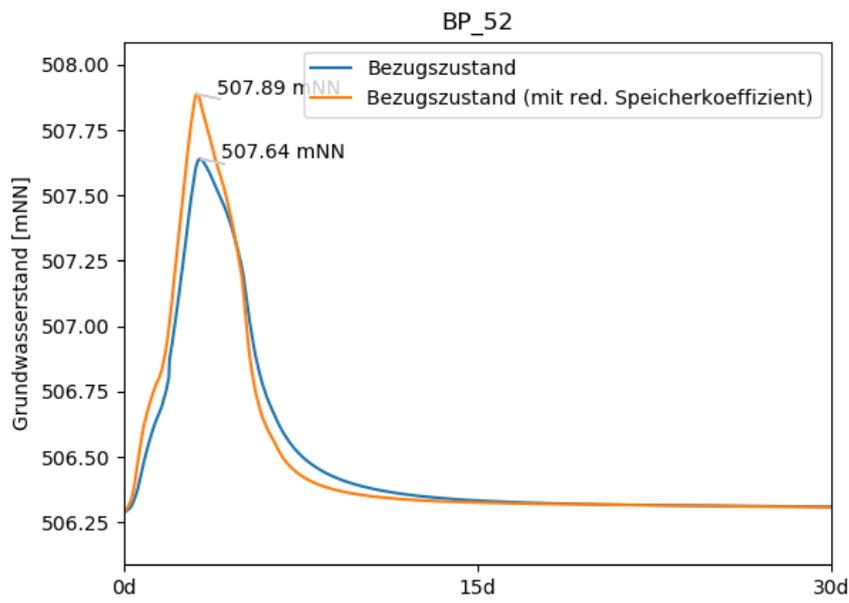


Abbildung 4.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52

4.4 Betrachtung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär

4.4.1 Übersicht Modell

4.4.1.1 Berücksichtigung von Brunnen des oberen Tertiärs im Modell des Bezugszustands

Die Umsetzung der Brunnen im Modell Bezugszustand wird in Kapitel 2.3.6 beschrieben.

4.4.1.2 Annahme einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär

Die SWA gehen davon aus, dass der überwiegende Teil der Entnahmen (90%) des oberen Tertiärs aus dem Quartär gespeist werden können. Dies hätte zur Folge, dass die aus dem Quartär gespeisten Entnahmen des oberen Tertiärs im Modell in zu geringer Höhe berücksichtigt sind. Im Folgenden soll daher untersucht werden, ob eine entsprechende Erhöhung der im Modell berücksichtigten Entnahmen zu veränderten Aussagen führt. Aufgrund der vereinfachten, geringmächtigen Berücksichtigung des oberen Tertiärs im Grundwassermodell Licca liber können diese Entnahmen nicht vollständig im oberen Tertiär angesetzt werden. Daher werden die verbleibenden Entnahmeanteile auf die Unterkante des Quartärs (Unterkante Schicht 9) übertragen. Falls es sich bei den Entnahmen aus dem oberen Tertiär um Horizontalfilterbrunnen handelt, werden auch die Filterstränge aus dem oberen Tertiär auf die Unterkante des Quartärs übertragen.

Diese Quartärspeisung von Brunnen im oberen Tertiär wird im Modell Quartärspeisung berücksichtigt. Bis auf diese zusätzlichen Entnahmen an der Unterkante des Quartärs ist das Modell Quartärspeisung mit dem Modell Bezugszustand identisch.

4.4.1.3 Berücksichtigung von Brunnen übriger Betreiber

An den Brunnen verbleibender Betreiber (außer SWA) werden die mittleren Entnahmen der Jahre 2015 und 2016 angesetzt, um einen möglichst aktuellen Zustand abzubilden.

4.4.2 Nachbildung von Pumpversuchen im Modell

4.4.2.1 Übersicht

An Brunnen im oberen Tertiär liegen Daten zu folgenden Pumpversuchen vor:

- Pumpversuch am Horizontalfilterbrunnen HFB120
- Pumpversuch am Horizontalfilterbrunnen HFB121
- Pumpversuch am Tiefbrunnen Tbr825a

Diese Pumpversuche sollen im Folgenden mit dem Modell des Bezugszustands und dem Modell Quartärspeisung nachgerechnet und mit den Ergebnissen des Grundwassermodells des oberen Tertiärs Augsburg Süd (HydroConsult, 2014) abgeglichen werden.

Die Umsetzung der o.g. Brunnen im Modell sowie der Ansatz zur Verteilung der Entnahmeraten über die Schichten ist Tabelle 4.1 zu entnehmen.

Tabelle 4.1: Brunnen des Pumpversuchs und deren Berücksichtigung im Modell

Brunnen	Typ HFB = Horizontalfilterbrunnen, TBR = Tiefbrunnen	Ausbautiefe	Quartärmächtigkeit	Anteil an Gesamtentnahmerate je Schicht [%]		
				Modellschicht oberes Tertiär (Modell Bezugszustand & Quartärspeisung)	Quartär (Modell Bezugszustand)	Quartär (Modell Quartärspeisung)
120	HFB	16 m	10,8 m	100	0	0
121	HFB	20,8 m	6,4 m	49	0	41
825a	TBR	50 m	7,5 m	16	0	74

4.4.2.2 Nachbildung des Pumpversuchs am HFB120

Vorliegende Daten:

- Bericht Grundwassermodell Augsburg Süd (Hydroconsult, 2013)
- Auswertung des Pumpversuchs (Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH, 2014)

Gemäß Tabelle 4.1 liegt der HFB120 nur 5,2 m unterhalb des Quartärs, damit wird die Entnahme am HFB120 voll in der 7m mächtigen Modellschicht des oberen Tertiärs

berücksichtigt (100%). Die Umsetzung ist daher im Modell Bezugszustand und Modell Quartärspesung identisch. Die Entnahmen aus dem Brunnen während des Pumpversuchs sind Abbildung 4.16 zu entnehmen.

Der Absenkungstrichter am Ende des Pumpversuchs wird in Abbildung 4.17 dargestellt. Die berechneten Absenkungstrichter sind in beiden Modellläufen relativ ähnlich, der Absenkungstrichter im Modell Augsburg Süd (Hydroconsult, 2013) ist etwas kleiner und tiefer.

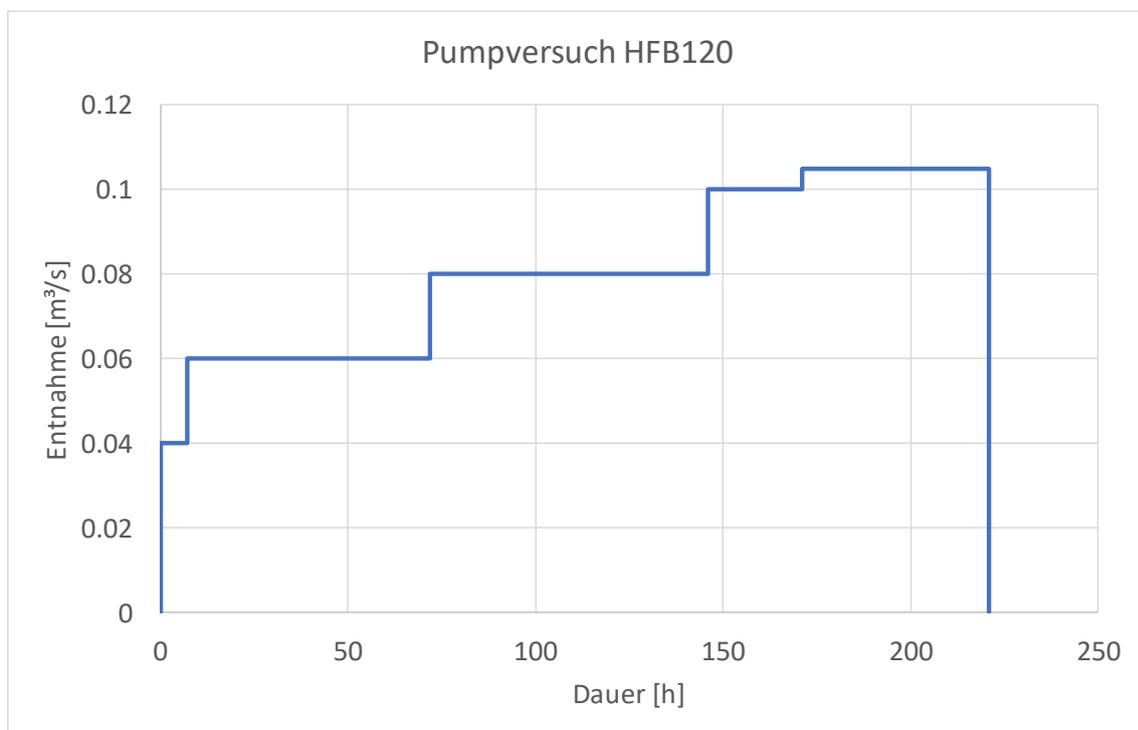


Abbildung 4.16: Entnahmen am Horizontalbrunnen HFB120 während des Pumpversuchs

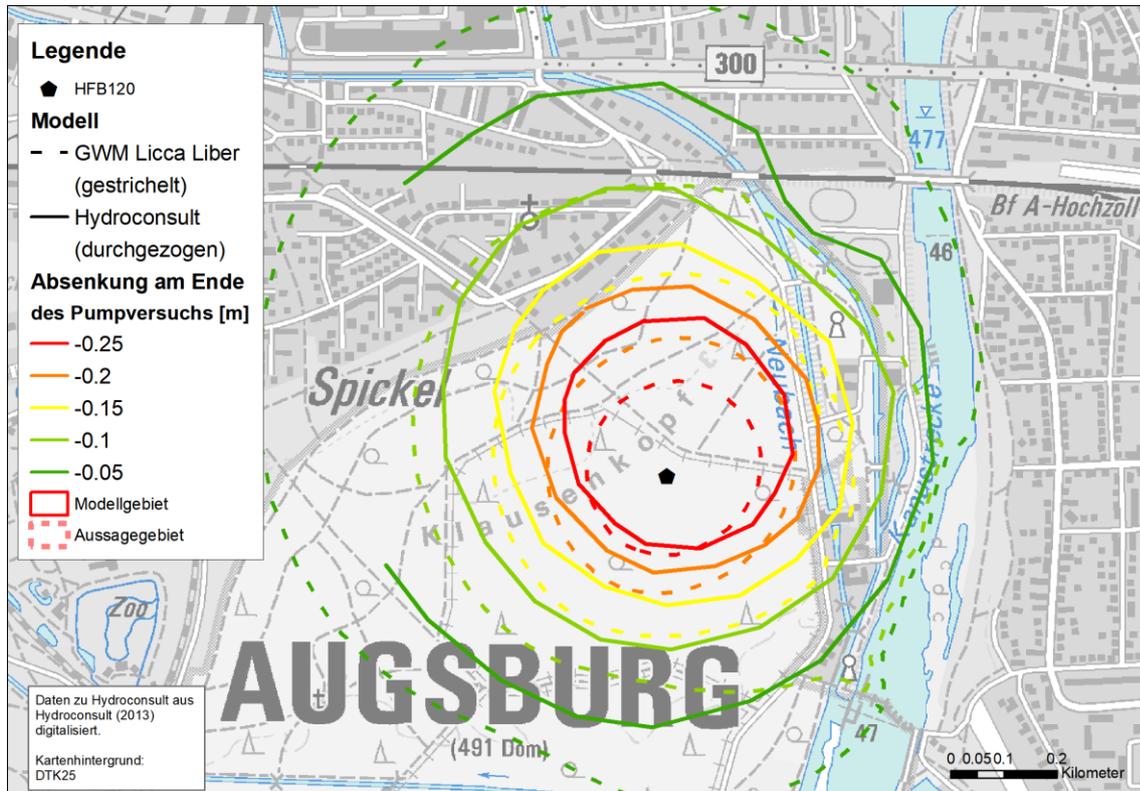


Abbildung 4.17: Berechnete Absenkungen am HFB120 im Grundwassermodell Licca liber sowie durch Hydroconsult (2013)

4.4.2.3 Nachbildung des Pumpversuchs am HFB121

Vorliegende Daten:

- Bericht Grundwassermodell Augsburg Süd (Hydroconsult, 2013)
- Auswertung des Pumpversuchs (Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH, 2014-2)

Die Entnahmen während des Pumpversuchs am HFB121 sind in Abbildung 4.18 dargestellt.

Im Gegensatz zum HFB120 liegt der Brunnen HFB121 etwa 14,4 m unterhalb des Quartärs. Es werden also zwei Simulationen durchgeführt:

- Modell Bezugszustand: Die Entnahme im Bezugszustand wird um etwa die Hälfte gemindert (vgl. Tabelle 4.1).
- Modell Quartärspesung: Die Entnahme im oberen Tertiär entspricht der Entnahme des Bezugszustands. An der Quartärunterkante werden zusätzliche 41 % der Entnahme berücksichtigt (sodass in der Summe 90% der Entnahme im Modell berücksichtigt sind).

Die Ergebnisse für den Bezugszustand werden in Abbildung 4.19 abgebildet. Der Absenkungstrichter des Bezugszustands ist deutlich kleiner als im Modell Augsburg Süd. Abbildung 4.20 stellt die Absenkungen für das Modell Quartärspeisung dar. Der simulierte Absenkungstrichter des Modells Quartärspeisung weist eine deutlich bessere Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Hydroconsult auf.

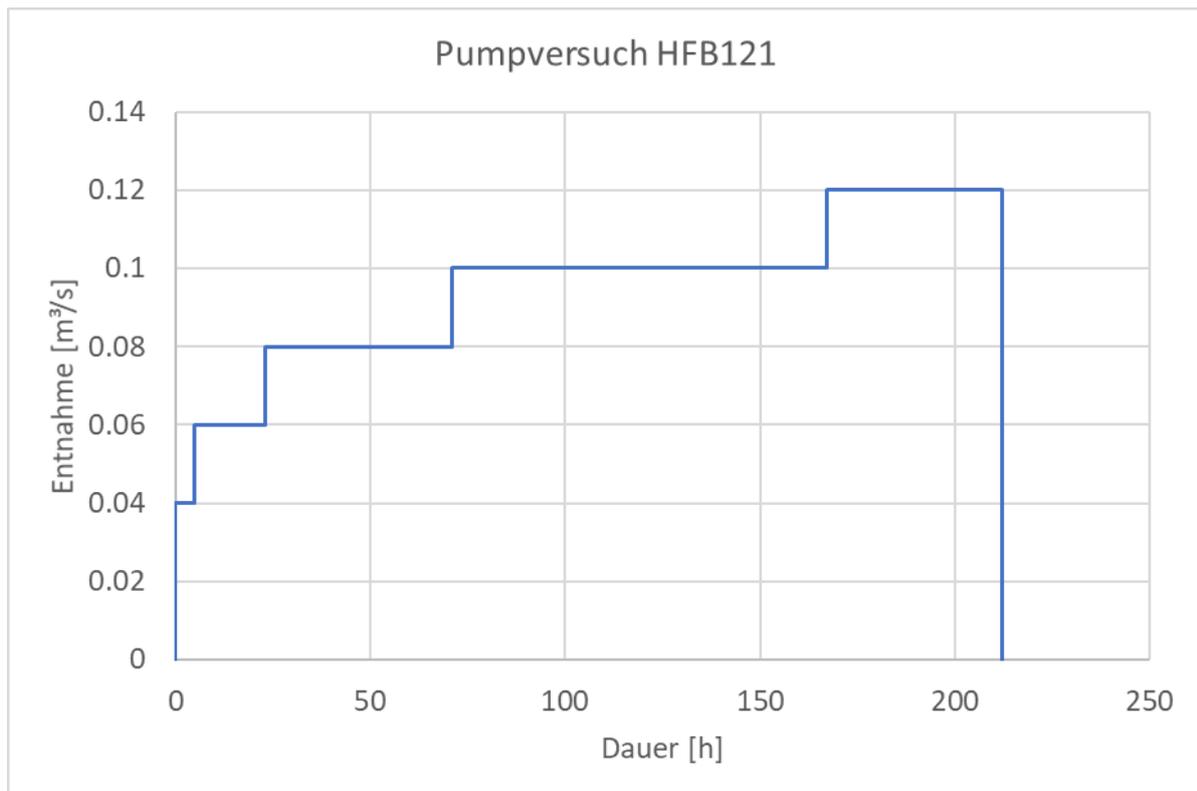


Abbildung 4.18: Entnahmen am Horizontalbrunnen HFB121 während des Pumpversuchs

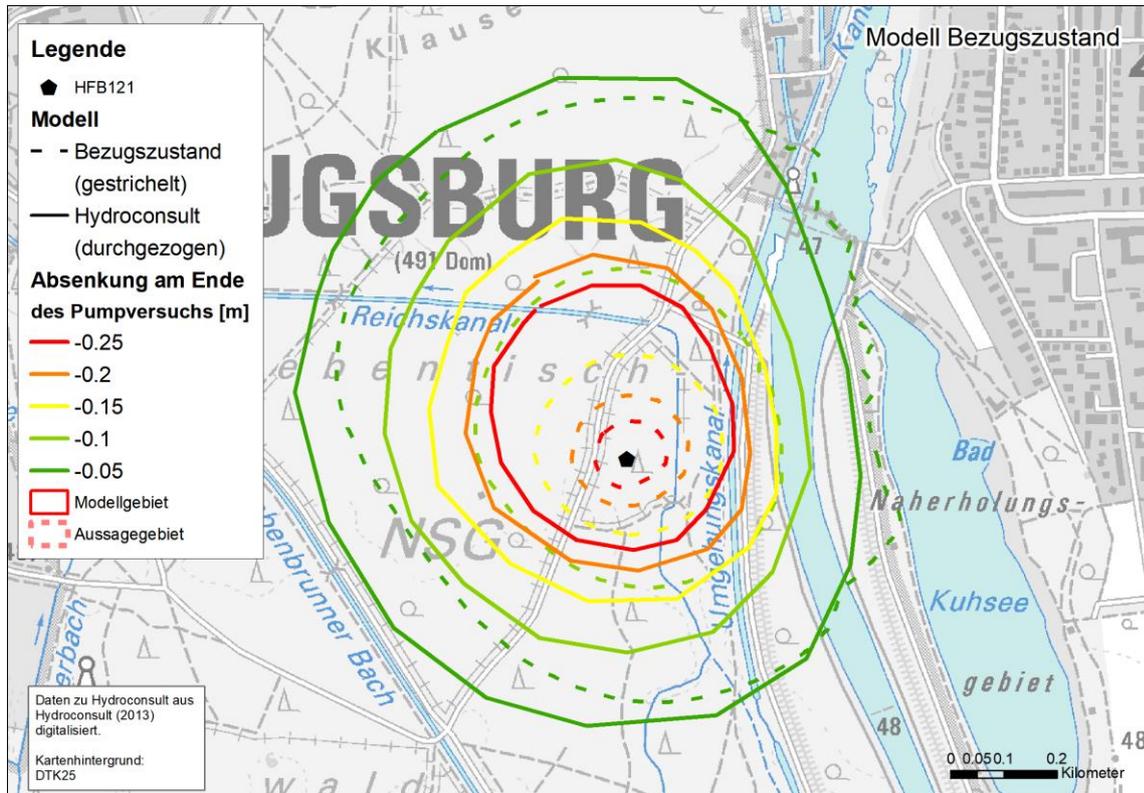


Abbildung 4.19: Berechnete Absenkungen am HFB121 im Bezugszustand sowie durch Hydroconsult (2013)

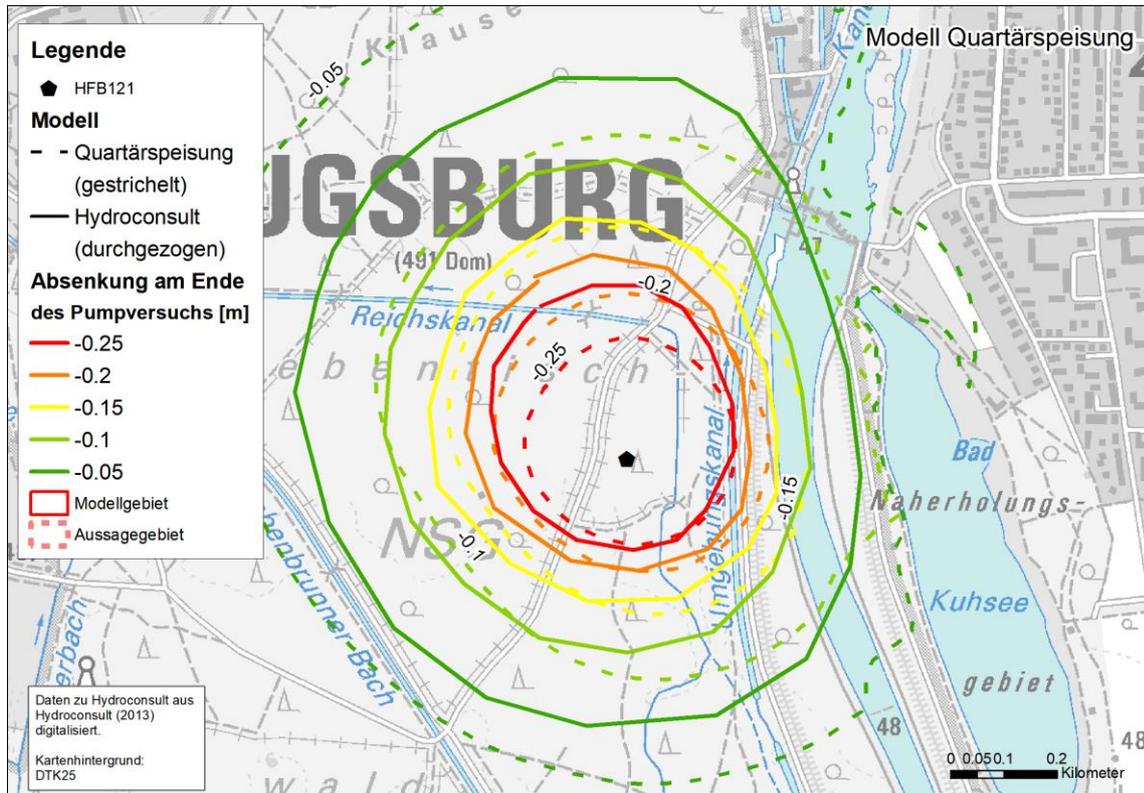


Abbildung 4.20: Berechnete Absenkungen am HFB121 im Modell Quartärspeisung sowie durch Hydroconsult (2013)

4.4.2.4 Nachbildung des Pumpversuchs am TBR825

Vorliegende Daten:

- Bericht Grundwassermodell Augsburg Süd (Hydroconsult, 2013)

Für den Pumpversuch am TBR825 ist der zeitliche Verlauf und die Höhe der Entnahmen in Abbildung 4.21 abgebildet.

Der Tiefbrunnen TBR825 weist eine Ausbautiefe von etwa 50 m (bzw. 42.5 m unterhalb des Quartärs) aus. Es werden also zwei Simulationen durchgeführt:

- Modell Bezugszustand: Die Entnahme am Brunnen TBR825 im Bezugszustand wird im oberen Tertiär zu 16 % (7 m/42.5 m) berücksichtigt (vgl. Tabelle 4.1).
- Modell Quartärspeisung: Die Entnahme im oberen Tertiär entspricht der Entnahme des Bezugszustands. An der Quartärunterkante werden zusätzliche 74 % der Entnahme berücksichtigt (sodass in der Summe 90% der Entnahme im Modell berücksichtigt sind).

Im Modell des Bezugszustands ist kein Absenktrichter festzustellen (keine Darstellung). Die Absenkungslinien für das Modell Quartärspeisung sind in Abbildung 4.22 dargestellt. Der Absenkungstrichter im Modell Quartärspeisung ist etwas kleiner als der von Hydroconsult berechnete, im Vergleich zum Modell Bezugszustand ist diese Übereinstimmung gut.

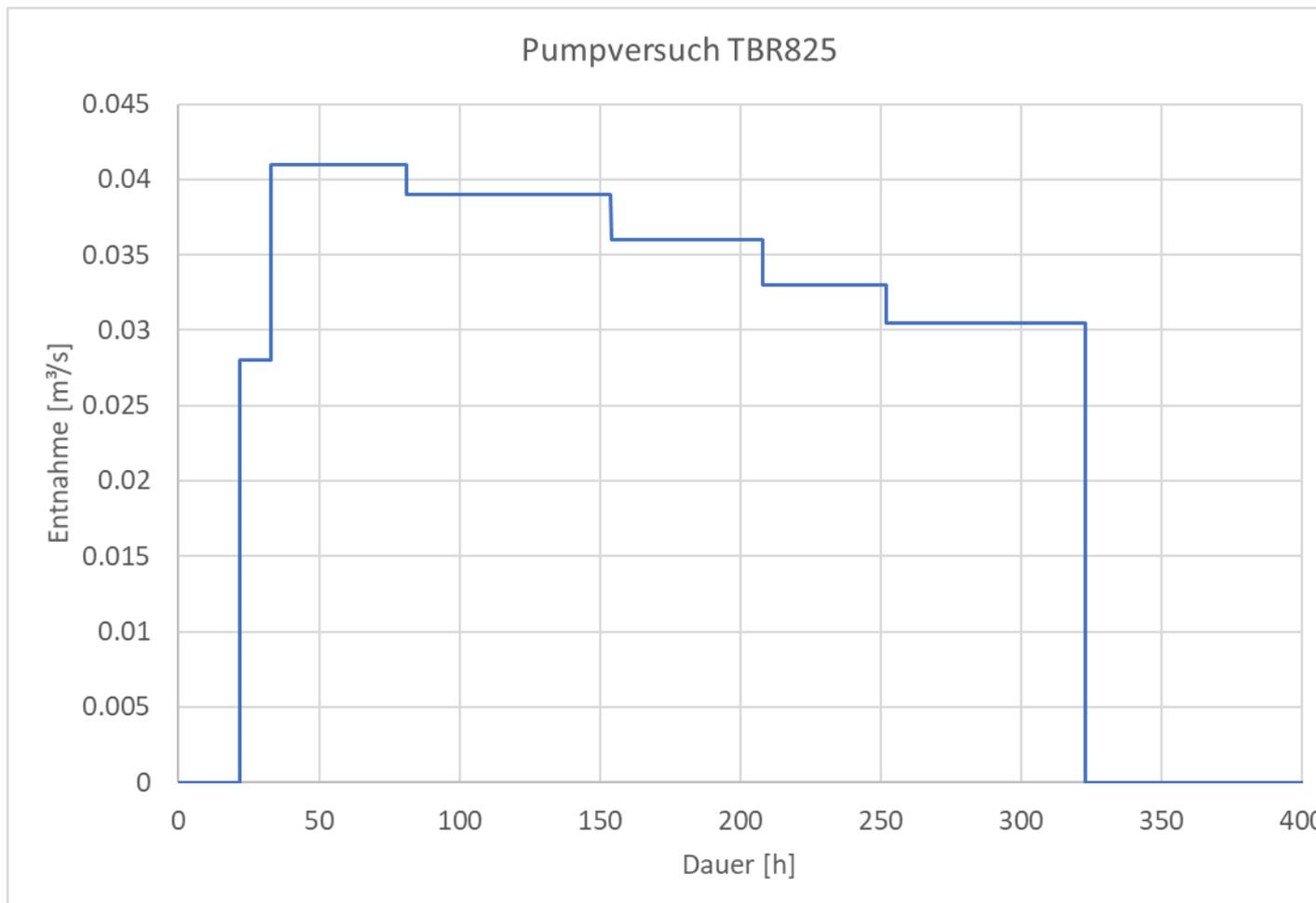


Abbildung 4.21: Entnahmen am Tiefbrunnen TBR825 während des Pumpversuchs

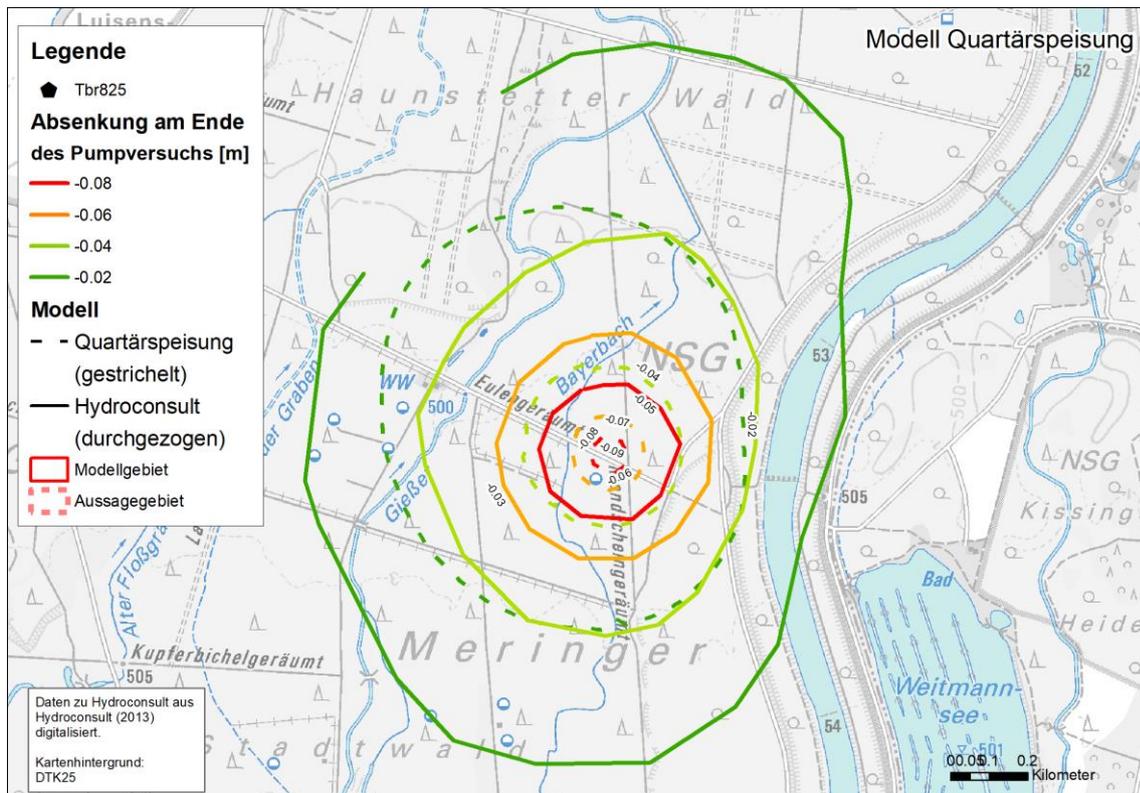


Abbildung 4.22: Berechnete Absenkungen im Modell Quartärspesung sowie durch Hydroconsult (2013) am Tiefbrunnen 825

4.4.3 Fazit

Am Brunnen HFB120 sind die Modelle Bezugzustand und Quartärspesung identisch und die Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Modells Augsburg Süd (HydroConsult, 2014) gut. Am Brunnen HFB121 kann der Absenkungstrichter mit dem Modell Quartärspesung deutlich besser abgebildet werden. Am Tbr825 ergibt sich auch für das Modell Quartärspesung ein zu kleiner Absenkungstrichter. Im Vergleich zum Modell des Bezugzustands (kein Absenkungstrichter) ist das Ergebnis aber deutlich besser.

Die Auswertungen zeigen, dass die Annahme einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär angemessen ist.

5 Referenzen

- AHM. (2010). *Laserscan Befliegung des Lechs*.
- ARGE SKI KUP UIBK. (2017). *Licca Liber - Weiterführende Untersuchungen - Anlage 4.1 Hydraulik – Modellaufbau und -anpassung*.
- ARGE SKI KUP UIBK. (2018-1). *Licca Liber - Weiterführende Untersuchungen - Anlage 6.1 - Bericht zum Hydrogeologischen Modell*.
- ARGE SKI KUP UIBK. (2018-2). *Licca Liber - Weiterführende Untersuchungen - Anlage 6.2- Bericht zum Aufbau und Kalibrierung des Grundwassermodells*.
- ARGE SKI KUP UIBK. (2018-4). *Anlage 6.4 - Modelleinsatz*.
- ARGE SKI KUP UIBK. (2019). *Weiterführende Untersuchungen - Anlage 6.4 - Bericht zum Planungszustand*.
- DVGW. (2016). *Technische Regel - Arbeitsblatt DVGW W 107 (A) - Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten*.
- HydroConsult. (2014). *Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH - Numerisches 3D-Grundwasserströmungsmodell „Augsburg-Süd“ - Schlussbericht Modellkalibrierung*.
- LfU. (18. 08 2016). *Hydrogeologische Karte 1:500000*.
- Mayr, M.-T. (1996). *Erläuterungsbericht zum Landschaftspflegerischen Begleitplan - Ökologischer Ausbau des Auensees*. Neusäss.
- Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH. (2014). *Auswertung des Pumpversuchs am Horizontalfilterbrunnen 120 der Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH*. Augsburg.
- Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH. (2014-2). *Auswertung des Pumpversuchs am Horizontalfilterbrunnen 121 der Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH*. Augsburg.
- WWA Donauwörth. (2017). *Ergebnisse des hydraulischen 2D-Modells der Paar*.