Gutachten

Büro für
Hydrogeologie und
Umwelt GmbH

Hydrogeologie
Grundwassermodelle
Boden- und Grundwasserschutz
Geothermie
Brunnenbau
Rohstoffgewinnung
Bodenkunde
Wirtschaftlichkeitsanalysen

Dipl.-Geol. Dr. Bernd Hanauer
Dipl.-Geol. Dr. Christoph Möbus
Dipl.-Umweltwiss. M.Sc.
Dr. Thomas Hanauer

Europastraße 11
35394 Gießen
Telefon: 06 41 / 9 44 22 0
Telefax: 06 41 / 9 44 22 11
E-Mail: hg@buero-hg.de
Internet: www.buero-hg.de

QM-System in Anlehnung an
DIN EN ISO 9001

Projekt:

Sicherung der Trinkwasserversorgung der Stadt Höchstädt an der Donau

Hydrogeologische Erkundung zur Neueinrichtung der Trinkwassergewinnung – Abschlussgutachten

Auftraggeber:

Stadt Höchstädt a.d.Donau
Herzog-Philipp-Ludwig-Straße 10
89420 Höchstädt a.d.Donau

p:\pro2019\19028\19028-04_g02\19028-4_g02.docx

© Büro HG GmbH

PNr.: 19028/2 han/boc/wls	Datum: August 2021

I. Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	**Veranlassung, Aufgabenstellung**	**1**
2.	**Datengrundlage, Erkundungsmaßnahmen 2020 und 2021**	**2**
3.	**Angaben zur Trinkwassergewinnung der Stadt Höchstädt**	**4**
3.1	Wasserrechtliche Gegebenheiten	4
3.2	Beschreibung der Gewinnungsanlagen	5
3.3	Förderdaten und Brunnenergiebigkeiten	6
3.4	Wasserbedarfsprognose bis 2060 und Bedarfsdeckung	8
3.5	GwQualität	9
4.	**Hydrogeologische Verhältnisse**	**12**
4.1	Untergrundaufbau	12
4.2	GwLeiter, GwHemmer, Deckschichten	15
4.3	GwStände, Abflussmessungen, GwStrömung	18
4.4	Geohydraulische Kennwerte (Quartär-GwLeiter)	20
4.5	GwNeubildung, GwBilanz	22
4.6	Hydrogeologisches Modell (HGM) für die quartäre Hochterrasse bei Höchstädt a.d.Donau	23
4.7	Vorgaben und Ansätze für das numerische GwStrömungsmodell	27
5.	**Erkundungsergebnisse zu möglichen Brunnenstandorten**	**32**
5.1	Erkundungsergebnisse zum Standort VB Br. 3	32
5.2	Erkundungsergebnisse zum Standort VB Br. 4	34
5.3	Markierungsversuch 2021 – SF_6-Markierung des Grundwassers über die GWM P1	35
6.	**Numerische Grundwassermodellierung**	**38**
6.1	Modellkonzept, Modellkalibrierung	38
6.2	Modellkalibrierung	40
6.2.1	Stationäre Kalibrierung	40
6.2.2	Instationäre Kalibrierung	43
6.2.3	Bewertung der Modellkalibrierung und der Modellgüte, Stand 06/2021	44
6.3	Modellanwendung – Berechnung von Brunnenbetriebsszenarien	44
6.3.1	Untersuchungsziele, Berechnungsansätze und Ergebnisdarstellung	44
6.3.2	Beschreibung der Berechnungsfälle (Szenarien) – Übersicht	46
6.3.3	Ergebnisse der Szenarienberechnungen	48
6.3.3.1	Szenario 1a/1b – Untersuchung Standort VB Br. 3	48
6.3.3.2	Szenario 2a/2b – Untersuchung Brunnen 1 und 2 Höchstädt	48
6.3.3.3	Szenario 3 – Sensitivitätsberechnung	49
6.3.3.4	Szenario 4a/4b – 1. Alternativenprüfung	49
6.3.3.5	Szenario 5a/5b – 2. Alternativenprüfung	50
6.3.3.6	Szenario 6a/6b	51
6.3.4	Bewertung der Modellergebnisse und Schlussfolgerungen	51

© Büro HG GmbH

7. Wasserwirtschaftliche Bewertung und Alternativenprüfung 53
7.1 GwBilanzierung und gewinnbares GwDargebot 53
7.2 WSG-Konzepte für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 53
7.3 Mögliche Konfliktpotenziale für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 58
7.4 Bewertung der möglichen Brunnenstandorte für die Stadt Höchstädt 58
7.5 Alternativenprüfung 60

8. Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise 62

9. Zusammenfassung 64

➢ Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Verwendete Datengrundlagen 2
Tabelle 3-1: Technische Daten zu den Brunnen 1 und 2 (aus /16/) 5
Tabelle 3-2: Angaben zur Eigengewinnung der Stadt Höchstädt in 2010 (aus /16/) 6
Tabelle 3-3: Installierte Pumpenleistung an den Brunnen 1 und 2 Höchstädt (aus /16/) 6
Tabelle 3-4: Jahresförderung Brunnen 1 und 2 Höchstädt, Zeitraum 2009 bis 2020 6
Tabelle 3-5: TwFörderung der Stadt Höchstädt und Fremdwasserbezug 2018 (aus /1/) 7
Tabelle 3-6: Prognostizierter Wasserbedarf bis 2060 8
Tabelle 3-7: Erkundung 2020/2021 – Zusammenstellung wesentlicher hydrochemischer Parameter 10
Tabelle 4-1: GwStichtagsmessung 22.06.2021 (P2 bis P12) / 28.06.2021 (GWM 1/20ff) 18
Tabelle 4-2: Geohydraulische Kennwerte aus älteren GWM-Bohrungen (Tabelle aus /1/) 20
Tabelle 4-3: Erkundung 2020/2021 – Geohydraulische Kennwerte ermittelt aus Pumpversuchsdaten 21
Tabelle 4-4: Berechnung der Nutzporosität anhand ermittelter k_f-Werte 21
Tabelle 6-1: Konzept für das „GwModell Höchstädt a.d.Donau“ 38
Tabelle 6-2: Vergleich berechneter und aus Pumpversuchsdaten ermittelter k_f-Werte (m/s) 42
Tabelle 6-3: Untersuchte Brunnen- und Entnahmekonfigurationen (Modellszenarien) 47
Tabelle 7-1: WSG-Konzept für die TwNeuerschließung der Stadt Höchstädt a.d.Donau an den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 54
Tabelle 7-2: Bewertung der Schutzwürdigkeit, der Schutzbedürftigkeit und der Schutzfähigkeit für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 57
Tabelle 7-3: Bewertung der bestehenden Konfliktpotenziale innerhalb eines möglichen WSG für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 58

© Büro HG GmbH

➢ Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Bestehendes Wasserschutzgebiet (unmaßstäbliche Darstellung) 4
Abbildung 3-2: Bestehendes WSG und wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 NE‘ von Mörslingen (unmaßstäbliche Darstellung) 5
Abbildung 3-3: Nitrat-Entwicklung am Brunnen 2 Höchstädt 1997 bis 2018 (nach /11/) 10
Abbildung 4-1: Bohrprofil, Ausbauplan und Lage Brunnen Lutzingen (nach /19/) 13
Abbildung 4-2: Quartärbasis nordöstlich von Höchstädt a.d.Donau (Isolinien [m ü.NN] Auszug aus Anlage 5.1.1; unmaßstäbliche Darstellung) 14
Abbildung 4-3: Schematischer Profilschnitt durch die mittel- bis jungpleistozänen Donauterrassen (unmaßstäbliche Darstellung; aus /25/) 15
Abbildung 4-4: Rammkernsondierergebnisse im Neubaugebiet „Dreifaltigkeit“ (aus /30/) und Endergebnis der Deckschichtenbewertung nach Hölting anhand dieser Sondierergebnisse 16
Abbildung 4-5: Lageplan Neubaugebiet „Dreifaltigkeit“ (Auszug aus /30/; unmaßstäbliche Darstellung) 17
Abbildung 4-6: GwGanglinie GWM D44 Mörslingen, Zeitraum 11/1985 bis 06/2021 19
Abbildung 4-7: Schotter der Dillinger Hochterrasse (Abbildungen aus /25/) 24
Abbildung 4-8: Profilschnitt aus /25/ quer zur südlichen HT-Grenze (auszugsweise Darstellung) 25
Abbildung 4-9: Schematischer Profilschnitt aus /1/ (1. Nachgang [1994], unmaßstäbliche Darstellung) 26
Abbildung 4-10: GwGanglinien Brunnen Lutzingen 2013 bis 2019 (aus /29/) 26
Abbildung 4-11: Vertikaler Aufbau des numerischen GwModells für den Quartäraquifer bei Höchstädt 29
Abbildung 5-1: Möglicher Brunnenstandort VB Br. 3 (unmaßstäbliche Darstellung; Ergebnis der Voruntersuchung) 32
Abbildung 5-2: Detailplan zur Erkundung des Standorts VB Br. 3 (unmaßstäbliche Darstellung) 33
Abbildung 5-3: Mögliche Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4 (unmaßstäbliche Darstellung; Auszug aus Anlage 4.1) 34
Abbildung 5-4: Konzept für den SF_6-Markierungsversuch 2021 im bestehenden WSG, Zone II (aus /1/) 37
Abbildung 5-5: SF_6-Durchgang am Brunnen 1 (Datenstand 09.08.2021) 37
Abbildung 6-1: 50-Tage-Zone für Brunnen 1 und 2 mit n_o = 0,27 bzw. 27% (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung) 41
Abbildung 6-2: 50-Tage-Zone für Brunnen 1 und 2 mit n_o = 0,13 bzw. 13% (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung) 42
Abbildung 7-1: WSG-Bemessung für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4, Schutzzone III – Anwendung des Abgrenzungsschemas nach /8/ 55
Abbildung 7-2: Berechnung der 50-Tage-Zone für den Standort VB Br. 4 mit n_o = 0,13 bzw. 13% (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung) 56
Abbildung 8-1: Eventuelle Begrenzung der WSG-Zone III östlich von Mörslingen (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung) 63

© Büro HG GmbH

II. Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Topografische Karte, M 1:25.000
Anlage 1.2 Geologische Karte, M 1:25.000
Anlage 1.3 Lageplan mit Abflussmessungen und Höheneinmessungen an Gewässern, M 1:40.000; Messungen 06.11.2002 und 26.07.2004, veranlasst durch die BRW (aus /1/)

Anlage 2 Bohrprofile und Ausbaupläne (aus /1/)

Anlage 2.1 Brunnen der Stadt Höchstädt a.d.Donau
Anlage 2.1.1 Brunnen 1
Anlage 2.1.2 Brunnen 2
Anlage 2.2 Quartär-GwMessstellen (GWM) im Untersuchungsgebiet
Anlage 2.2.1 GWM der Stadt Höchstädt a.d.Donau
Anlage 2.2.2 GWM der BRW (aus /21/)
Anlage 2.2.2.1 Vorfeldmessstellen Gebiet Steinheim
Anlage 2.2.2.2 Vorfeldmessstellen Gebiet Blindheim

Anlage 3 Grundwasserstandsmessungen – Ganglinien von Quartär-Messstellen bis 06/2021

Anlage 3.1 GwGanglinien aus dem BRW-Gewinnungsgebiet Blindheim – VFM B1, B2, B3 und B4 (aus /6/)
Anlage 3.2 GwGanglinien von Messstellen der Stadt Höchstädt
Anlage 3.3 GwGanglinie Messstelle D44 Mörslingen

Anlage 4 Erkundungsergebnisse 2020 und 2021 im Bereich Höchstädt

Anlage 4.1 Lageplan mit Erkundungsbohrungen, M 1:15.000
Anlage 4.2 Bohrprofile und Ausbaupläne
Anlage 4.2.1 Versuchsbrunnen VB Br. 3 (KB 1/20) (mit Siebanalysen)
Anlage 4.2.2 GWM 1/20 bis GWM 5/20 (Erkundung 2020) sowie 6/21 und 7/21 (Erkundung 2021)
Anlage 4.2.3 KB 2/20 bis KB 6/20 sowie KB 6/21 bis KB 16/21
Anlage 4.2.4 Versuchsbohrungen SB 1 und EB 2 (Bereich Unterfeld)
Anlage 4.2.5 Versuchsbrunnen VB Br. 4 (KB 15/21) (mit Siebanalysen)
Anlage 4.3 Pumpversuchsdaten – Dokumentation und geohydraulische Auswertung
Anlage 4.3.1 Versuchsbrunnen VB Br. 3
Anlage 4.3.2 GWM 1/20
Anlage 4.3.3 GWM 2/20
Anlage 4.3.4 GWM 3/20
Anlage 4.3.5 GWM 5/20
Anlage 4.3.6 Versuchsbrunnen VB Br. 4
Anlage 4.3.7 GWM 6/21
Anlage 4.3.8 GWM 7/21

© Büro HG GmbH

Anlage 4.4 GwQualitätsuntersuchungen 2019/2020 in der Hochterrasse bei Höchstädt
Anlage 4.4.1 Analysen Brunnen 1 und 2 Höchstädt (Analysen vom 18.12.2019 und Mischwasseranalyse vom 11.08.2020)
Anlage 4.4.2 Versuchsbrunnen VB Br. 3, Analyse vom 08.07.2020
Anlage 4.4.3 GwMessstellen GWM 1/20 bis 3/20 (Analysen vom 22.06. bis 01.07.2020)
Anlage 4.4.4 Spurenstoffuntersuchungen an den GWM 1/20 bis 3/20 und am Versuchsbrunnen VB Br. 3 – Laborbericht Dr. Oster, Wachenheim, 10.08.2020
Anlage 4.4.5 Spurenstoffuntersuchungen an den Brunnen 1 und 2 Höchstädt – Laborbericht Dr. Oster, Wachenheim, 20.02.2020
Anlage 4.4.6 Versuchsbrunnen VB Br. 4, Analyse vom 25.05.2021
Anlage 4.5 NW-Abflussmessungen an lokalen Vorflutern am 07.07 und 07.08.2020
Anlage 4.5.1 Lageplan mit NW-Abflussmesspunkten, M 1:25.000
Anlage 4.5.2 Dokumentation der Einzelmessungen 07.07.2020
Anlage 4.5.3 Dokumentation der Einzelmessungen 07.08.2020
Anlage 4.6 Markierungsversuch 2021 – SF_6-Markierung des Grundwassers über die GWM P1
Anlage 4.6.1 Grafische Darstellung zum Markierungsversuch 2021 mit Förderraten der Brunnen 1 und 2
Anlage 4.6.2 Bericht des Spurenstofflabors Dr. Oster, Wachenheim zum Markierungsversuch 2021

Anlage 5 Hydrogeologische Pläne, Auswertungen und Profilschnitte

Anlage 5.1 Hydrogeologische Pläne
Anlage 5.1.1 Geologische Karte mit Darstellung der Quartärbasis, M 1:30.000 / 1:15.000
Anlage 5.1.2 GwGleichenplan, Stand Anfang/Mitte April 2019 (ca. MW-Bedingungen) (aus /6/), M 1:25.000
Anlage 5.1.3 Geologische Karte mit Darstellung der Gw-erfüllten Mächtigkeit des Quartärs (Aquifermächtigkeit) nordöstlich von Höchstädt, M 1:15.000
Anlage 5.2 Hydrogeologische Profilschnitte, M 1:10.000 bzw. 1:25.000 / 1:500
Anlage 5.2.1 Profilschnitt A-A‘
Anlage 5.2.2 Profilschnitt B-B‘
Anlage 5.2.3 Profilschnitt C-C‘
Anlage 5.3 Ermittlung der Schutzfunktion der Deckschichten nach HÖLTING et al. anhand der Bohrprofile der GWM-Bohrungen der Stadt Höchstädt a.d.Donau mit hydrogeologischer Karte, M 1:15.000

Anlage 6 Numerisches GwStrömungsmodell – Modellerstellung und -kalibrierung

Anlage 6.1 Modellbericht
Anlage 6.2 Lagepläne mit Modellgebiet und Randbedingungen, M 1:30.000
Anlage 6.2.1 Geologische Karte
Anlage 6.2.2 Topografische Karte
Anlage 6.2.3 3D-Darstellung des Modellgebietes, unmaßstäbliche Darstellung
Anlage 6.3 Lageplan mit Modellgebiet, Diskretisierung und Randbedingungen, M 1:30.000
Anlage 6.4 Darstellung des GwNeubildungsansatzes
Anlage 6.4.1 Darstellung des GwNeubildungsansatzes gemäß LfU, M 1:30.000

© Büro HG GmbH

Anlage 6.4.2 Darstellung der angesetzten GwNeubildungswerte, M 1:30.000
Anlage 6.4.3 Darstellung der Landnutzung, M 1:30.000
Anlage 6.5 Ergebnisse der stationären Kalibrierung
Anlage 6.5.1 Vergleich gemessener und berechneter GwStände
Anlage 6.5.2 Vergleich gemessener und berechneter Abflüsse
Anlage 6.5.3 Darstellung der berechneten GwGleichen (stationärer Kalibrierungszustand)
Anlage 6.6 Grundwasserentnahmen und Wasserspiegel – Brunnen 1 und 2 Höchstädt
Anlage 6.7 Darstellung der resultierenden Durchlässigkeitsbeiwerte – horizontale k_f-Werte in der quartären Hochterrasse, M 1:30.000
Anlage 6.8 Darstellungen zur instationären Modellkalibrierung
Anlage 6.8.1 Ansatz der zeitlich variablen GwNeubildung im Kalibrierungszeitraum
Anlage 6.8.2 Vergleich gemessener und berechneter GwGanglinen

Anlage 7 Numerisches GwStrömungsmodell – Modellanwendung

Anlage 7.1 Szenario 1: Geohydraulische Berechnungen zum Brunnenstandort VB Br. 3
Anlage 7.1.1 Szenario 1a: Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a), M 1:25.000
Anlage 7.1.2 Szenario 1b: Berechnung der 50-Tage-Zone mit Q = 1.600 m³/d, M 1:5.000
Anlage 7.2 Szenario 2: Geohydraulische Berechnungen zu Brunnen 1 und 2 (aus /1/)
Anlage 7.2.1 Szenario 2a: Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a), M 1:25.000
Anlage 7.2.2 Szenario 2b: Berechnung der 50-Tage-Zone (Q = 2.345 m³/d), M 1:5.000
Anlage 7.3 Szenario 3: Sensitivitätsberechnung ausgehend von Szenario 1a in /1/. GwEinzugsgebietsberechnung bei Annahme einer tieferen Aquiferbasis südlich der GWM 4/20, M 1:25.000 (aus /1/)
Anlage 7.4 Szenario 4: (1.) Alternativenprüfung (aus /1/): Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a) für einen hypothetischen Brunnen am Standort südlich der GWM P4, M 1:25.000
Anlage 7.4.1 Szenario 4a: Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a), M 1:25.000
Anlage 7.4.2 Szenario 4b: Berechnung der 50-Tage-Zone (Q = 2.345 m³/d), M 1:5.000
Anlage 7.5 Szenario 5: (2.) Alternativenprüfung (aus /1/): Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a) für einen hypothetischen Brunnen am Standort GWM P4, M 1:25.000
Anlage 7.5.1 Szenario 5a: Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a), M 1:25.000
Anlage 7.5.2 Szenario 5b: Berechnung der 50-Tage-Zone (Q = 2.345 m³/d), M 1:5.000
Anlage 7.6 Szenario 6: Geohydraulische Berechnungen zum Brunnenstandort VB Br. 4
Anlage 7.6.1 Szenario 6a: Berechnung des GwEinzugsgebietes (Q = 430.000 m³/a), M 1:25.000
Anlage 7.6.2 Szenario 6b: Berechnung der 50-Tage-Zone mit Q = 1.600 m³/d, M 1:5.000

Anlage 8 Abschätzung der Gesamteinzugsgebiete für mögliche Brunnenstandorte

Anlage 8.1 Brunnenstandort VB Br. 3, M 1:25.000
Anlage 8.2 Brunnenstandort VB Br. 4, M 1:25.000

© Büro HG GmbH

Anlage 9 **WSG-Konzept für die möglichen Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4**

Anlage 9.1 WSG-Konzept, Zonen II und III für den Brunnenstandort VB Br. 3, M 1:10.000
Anlage 9.2 WSG-Konzept, Zonen II und III für den Brunnenstandort VB Br. 4, M 1:10.000
Anlage 9.3 WSG-Konzept für den Brunnenstandort VB Br. 4, M 1:10.000
Anlage 9.4 Entwurf für eine mögliche WSG-Verordnung

ANHANG 1: Gütebewertung des hydrogeologischen Modells (HGM) nach FH-DGGV-Schema und Einmessdaten 2020 und 2021 (Excel-Tabellen und PDF-Datei auf CD)

ANHANG 2: Wasserbedarfsprognose bis 2060 für den TwVersorgungsbereich der Stadt Höchstädt, Basisjahr 2018
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 19028/2), Gießen, Januar 2020)

© Büro HG GmbH

III. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

/1/ Sicherung der Trinkwasserversorgung der Stadt Höchstädt an der Donau – Hydrogeologische Erkundung zur Neueinrichtung der Trinkwassergewinnung – Abschlussgutachten (Zwischenbericht)
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 19028/2), Gießen, Oktober 2020

/2/ Sicherung der Trinkwasserversorgung der Bayerischen Rieswasserversorgung (BRW); Numerisches Grundwasserströmungsmodell für den Quartär-Grundwasserleiter im Bereich Schwenningen – Blindheim – Steinheim (Quartär-Studie) – Hydrogeologisches Modell und numerisches; 1. Bericht – Modellerstellung und stationäre Kalibrierung Modell
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 17066/10), Gießen, Dezember 2020

/3/ Hydrogeologisches Basisgutachten zur Ermittlung der Einzugsgebiete der Brunnen Br.1 und Br.2 der Stadt Höchstädt a.d.Donau und Nachgänge 1 bis 3 hierzu
Boden und Wasser, Aichach, 1992 bis 1995

/4/ Wasserversorgung der Stadt Höchstädt a.d.Donau – Vorschlag und Unterlagen zur Neubemessung des gemeinsamen Wasserschutzgebiets für die Brunnen Br. 1 und Br.2 der Stadt Höchstädt a.d.Donau und zur Inkraftsetzung dortiger Nutzungsauflagen und -verboten
Boden und Wasser, Aichach, 01.10.1996

/5/ Sicherung der Trinkwassergewinnung im Raum Dillingen a.d.Donau - Donauwörth
Regionales Grundwassermodell der Karstwassernutzer in Nordschwaben
Hydrogeologisches Modell und Vorgaben für das numerische Grundwassermodell – 1. Zwischenbericht
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 17066/1), Gießen, 04/2018

/6/ Sicherung der Trinkwassergewinnung der Bayerischen Rieswasserversorgung (BRW)
Gewinnungsgebiete Schwenningen, Blindheim und Steinheim – Jahresbericht 2020
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 17066/11), Gießen, Februar 2021

/7/ Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser – Technische Regel, Arbeitsblatt W 101 (A) – März 2021
DVGW, Bonn, April 2021

/8/ Merkblatt Nr. 1.2/7 – Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung – Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge – Aufgaben, Bemessung und Festsetzung
Bayer. Landesamt für Umwelt, Augsburg 01.01.2010

/9/ Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
Bernward Hölting et al., Geol. Jb C, Heft 63, Hannover 1995

/10/ GwNeubildung_BY.shp (Shapefile zur mittleren GwNeubildung für den Zeitraum 1951 bis 2018)
Bayer. Landesamt für Umwelt, 27.07.2020

/11/ GwQualitätsdaten von der LGD-Messstelle 4110 / 7329 / 00013 Brunnen II Höchstädt a.d.Donau – zur Verfügung vom Wasserwirtschaftsamt Donauwörth am 13.06.2019

/12/ Vollzug der Wassergesetze; Entnehmen und Zutagefördern von Grundwasser auf dem Grundstück Fl.Nr. 2326/1 Gemarkung Höchstädt a.d.Donau für die Wasserversorgung der Stadt Höchstädt a.d.Donau
Bescheid Az. 42-863/2-90, Landratsamt Dillingen a.d.Donau, 14.09.1990

/13/ Änderungs- und Ergänzungsbescheid zu /12/
Az. 42-6421.1.1, Landratsamt Dillingen a.d.Donau, 29.10.2020

© Büro HG GmbH

/14/ Verordnung des Landratsamtes Dillingen a.d.Donau über das Wasserschutzgebiet Höchstädt a.d.Donau für die öffentliche Wasserversorgung der Stadt Höchstädt a.d.Donau
Amtsblatt des Landkreises Dillingen a.d.Donau, Dillingen a.d.Donau, 27.01.1999

/15/ Änderung der Verordnung /14/
Landratsamt Dillingen a.d.Donau, Dillingen a.d.Donau, 23.07.2003

/16/ Stadt Höchstädt a.d.Donau – Wasserversorgung; Studie zur Bestandserhebung mit Sanierungskonzept
PfK Ansbach GmbH, Ansbach, Mai 2012

/17/ Sicherung der Trinkwasserversorgung des ZV WV Kugelberggruppe und der Stadt Wertingen – Hydrogeologisches Abschlussgutachten
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 16022/2), Gießen, Juli 2018

/18/ Lageplan mit Abflussmesspunkten und Gewässerhöhen 06.11.2002 und 26.07.2004
zur Verfügung gestellt von der BRW, Nördlingen, Frühjahr 2019

/19/ Hydrogeologische Daten zum Brunnen Lutzingen
Angaben übermittelt durch das Wasserwirtschaftsamt Donauwörth am 22.07.2019

/20/ DVWK-Schriften 58/1 – Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes, 1. Teilband
Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1982

/21/ Beurteilung der Vorfeldmessstellen der Bayer. Rieswasserversorgung (BRW) incl. Eines Messnetzkonzeptes für die Gewinnungsgebiete Schwenningen, Blindheim und Steinheim
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 17066/4), Gießen, Februar 2019

/22/ Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen (1951-2015)
KLIWA-Berichte, Heft 21, Bayer. Landesamt für Umwelt u.a., März 2017

/23/ Aktion Grundwasserschutz - Grundwasserkörper 1_G020; Erarbeitung einer Nitratauswaschungspotentialkarte (NAP-Studie)
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 17029/1), Gießen, 10.06.2021

/24/ Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 107 (a); Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten
DVGW, Bonn, Februar 2016

/25/ Bamberger physisch-geographische Studien 2012-2014; Teil IV: Geomorphologisch-quartärgeologische Kartierungen im Donautal zwischen Sontheim und Dillingen
Bamberger Geographische Schriften; Sonderfolge, Nr. 13, University of Bamberg Press, Bamberg, 2017

/26/ Wasserlieferungsvertrag über eine Trinkwasserversorgung in Notstandsfällen zwischen der BRW und der Stadt Höchstädt a.d.Donau
Nördlingen, 15.07.1985 / Höchstädt, 05.09.1985

/27/ Projekt Kalte Nahwärme im Baugebiet Unterfeld – Unterlagen zum Wasserrechtsverfahren zur Erlangung einer Erlaubnis für das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Wiedereinleiten von Grundwasser nach § 9, Abs. 1, Nrn. 4und 5 WHG
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 19028/2), Gießen und LEW AG, Augsburg, September 2020

/28/ Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 8. Auflage
B.Hölting & W.G.Coldewey, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

/29/ Sicherung der TwGewinnung der Bayerischen Rieswasserversorgung (BRW) – Stellungnahme zur Eignung der GwMessstelle C8 K Sallmannsberg als Vorfeldmessstelle (VFM) und

© Büro HG GmbH

Standortvorschlag für eine Karst-VFM im Gebiet Blindheim
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 17066/4), Gießen, 06.04.2020

/30/ Erschließung des Neubaugebiets „Dreifaltigkeit II“ – Ergänzende Rammkernsondierungen, Angaben zur Möglichkeit einer Versickerung von Niederschlagswasser
Schirmer Ingenieurgesellschaft mbH, Ulm, 13.11.2019

/31/ Sicherung der Trinkwasserversorgung der Stadt Höchstädt an der Donau – Hydrogeologische Untersuchungen zur Optimierung der Brunnenstandorte und des Wasserschutzgebietes
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 19028/1), Gießen, August 2019

© Büro HG GmbH

1. Veranlassung, Aufgabenstellung

Die wasserrechtlichen Genehmigungen zur TwFörderung für die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt a.d.Donau liefen ursprünglich Ende des Jahres 2020 aus. Vor diesem Hintergrund wurde unser Büro im Juli 2019 von der Stadt Höchstädt a.d.Donau mit hydrogeologisch-geohydraulischen Untersuchungen beauftragt, langfristig tragfähige Brunnenstandorte zu ermitteln, die außer der notwendigen Ergiebigkeit zur Wasserbedarfsdeckung hinsichtlich des notwendigen Wasserschutzgebietes die Nutzungskonkurrenzen soweit wie möglich begrenzt. Mittlerweile wurde die wasserrechtliche Erlaubnis für den Betrieb der Brunnen 1 und 2 zur TwVersorgung der Stadt Höchstädt a.d.Donau bis zum 31.12.2023 verlängert /13/.

Eine erste Studie auf der Basis der damals verfügbaren Daten / Unterlagen wurde im August 2019 vorgelegt /31/, inkl. eines numerischem GwStrömungsmodells für den wasserwirtschaftlich relevanten Quartäraquifer. Diese Ergebnisse waren im Hinblick auf die weitere Erschließungsplanung durch entsprechende hydrogeologische Erkundungen zu überprüfen bzw. abzusichern. Ein entsprechendes Untersuchungskonzept wurde in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth erstellt und 2020 realisiert.
Die Ergebnisse dieser Erkundungsmaßnahmen 2020 sind Gegenstand des Gutachtens /1/, worin auch die Ergebnisse der Voruntersuchungen vom August 2019 /31/ enthalten sind.

Das Gutachten /1/ kommt zu dem Ergebnis, dass an dem (ursprünglich) favorisierten Standort VB Br. 3 ein ausreichend ergiebiger Brunnen für die TwNeuerschließung der Stadt Höchstädt a.d.Donau eingerichtet werden könnte, dass allerdings die für diesen Brunnenstandort erforderliche WSG-Ausweisung einen Nutzungskonflikt mit der Gemeinde Finningen, OT Mörslingen auslösen kann. Ein etwas weiter nördlich gelegener Brunnenstandort (VB Br. 4), der 2020 noch nicht untersucht wurde, könnte diesbezüglich eventuell vorteilhafter sein, allerdings ist hier aufgrund der notwendigen WSG-Ausweisung ein Nutzungskonflikt mit der Gemeinde Lutzingen denkbar.

Vor diesem Hintergrund wurden Ende 2020, entsprechend dem Vorschlag in /1/ und in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, ergänzende Erkundungsmaßnahmen veranlasst, die in der ersten Jahreshälfte 2021 durchgeführt wurden (Erkundungsmaßnahmen 2021). Auf Basis dieser Erkundungsergebnisse wird das Gutachten /1/ aktualisiert, und mit dem vorliegenden hydrogeologischen Abschlussgutachten sind die Erkundungsmaßnahmen zur TwNeuerschließung für die Stadt Höchstädt a.d.Donau nunmehr beendet. Das vorliegende Gutachten beinhaltet sämtliche Untersuchungsergebnisse und ersetzt die Gutachten /1/ (Zwischenbericht) und /31/. Es bildet sowohl die Grundlage für die weitere Erschließungsplanung als auch für die gegebenenfalls erforderlichen wasserrechtlichen Verfahren und die WSG-Bemessung.

© Büro HG GmbH

2. Datengrundlage, Erkundungsmaßnahmen 2020 und 2021

Neben dem Gutachten /1/ und den hierin verwendeten Datengrundlagen wurden die in der folgenden Tabelle genannten Daten und Unterlagen für die Erstellung des vorliegenden Gutachtens verwendet; des Weiteren wird auf die Aufstellung unter III. verwiesen.

Tabelle 2-1: Verwendete Datengrundlagen

Datentyp, Bezeichnung	Hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Information
Daten zu Brunnen 1 und 2 Höchstädt (Datenstand 06/2021)	➢ Förderdaten bis inkl. 2020 ➢ GwStandsdaten ab 11/2019 ➢ GwQualitätsuntersuchungen; Analysen vom 18.12.2019 + 11.08.2020
GwStandsmessungen der Stadt Höchstädt a.d.Donau (Datenstand 06/2021)	➢ Datenloggeraufzeichnungen und GwStandsmessungen ab 11/2019
GwStandsdaten von der LGD-Messstelle D44 Mörslingen (Datenstand 06/2021)	➢ GwStandsaufzeichnungen seit 1985
Numerisches Grundwasserströmungsmodell für den Quartär-Grundwasserleiter im Bereich Schwenningen – Blindheim – Steinheim (Quartär-Studie) – Hydrogeologisches Modell und numerisches; 1. Bericht – Modellerstellung und stationäre Kalibrierung /2/	➢ Angaben zur regionalen Geologie und zur Quartärbasis im Donautal (Hochterrasse) ➢ Angaben zu möglichen Durchlässigkeitsbeiwerten für den Quartär-GwLeiter und zur Verbreitung des Quartär-GwLeiters ➢ GwNeubildungsansatz gemäß aktuellen Angaben des LfU
Jahresbericht 2020 zu den BRW-Gebieten Steinheim, Blindheim und Schwenningen /6/	➢ Ausgewählte GwGanglinien von Quartär-Messstellen in den Gebieten Steinheim und Blindheim[1] ➢ Bohrprofile und Ausbaupläne zu diesen GWM
GWM-Bohrungen Gebiet Höchstädt 2020/2021	➢ Bohrprofile ➢ Kurzpumpversuchsdaten und GwStände ➢ GwQualitätsdaten (tw.)
Kernbohrungen Gebiet Höchstädt 2020/2021	➢ Bohrprofile
Versuchsbrunnen zur TwNeuerschließung von Höchstädt 2020/2021 (VB Br.3 und VB Br. 4)	➢ Bohrprofile und Kornverteilungsanalysen (Quartär-GwLeiter) ➢ Leistungspumpversuchsdaten und GwStände von möglichen neuen Brunnenstandorten ➢ GwQualitätsdaten von möglichen neuen Brunnenstandorten
Markierungsversuch ausgehend von GWM P1 (SF_6-Markierung des Grundwassers)	➢ GwFließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) im Einzugsgebiet der Brunnen 1 und 2 unter den aktuellen Betriebsbedingungen

Die Erkundungsergebnisse 2020 und 2021 sind in Anlage 4 vollständig dokumentiert und ausgewertet.

Im Rahmen der Erkundungskampagne 2020 wurden auch die Versuchsbrunnen EB1/EB2 und SB1/SB2 für ein Geothermie-Projekt der LEW im geplanten Baugebiet Unterfeld im Westen von Höchstädt durchgeführt. Die hydrogeologisch-geohydraulischen Erkenntnisse aus diesen Aufschlüssen sind im vorliegenden Gutachten ebenfalls berücksichtigt /27/.

[1] Von der BRW wurden zudem GwStandsdaten von April 2019 von den Quartär-GWM in den Gebieten Blindheim und Steinheim übermittelt.

© Büro HG GmbH

In /1/ bzw. in Anlage 1.3 sind Abflussmessungen der BRW aus den Jahren 2002 und 2004 dokumentiert. Ergänzend hierzu wurden von unserem Büro im Rahmen der Erkundungskampagne 2020 an den kleineren Fließgewässern und Gräben NW-Abflussmessungen mit dem hydrometrischen Flügel durchgeführt, die in Anlage 4.5 dokumentiert sind.

© Büro HG GmbH

3. Angaben zur Trinkwassergewinnung der Stadt Höchstädt

3.1 Wasserrechtliche Gegebenheiten

Gemäß den Bescheiden /12/ und /13/ besteht für die (Quartär-)Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt a.d.Donau folgende, bis zum 31.12.2023 beschränkte wasserrechtliche Erlaubnis zur GwEntnahme für TwVersorgungszwecke:

- Maximal zulässige Gesamtentnahme: bis zu 330.000 m³/a

- Bei Einhaltung dieser Entnahmeobergrenze können die Einzelbrunnen mit folgenden Förderleistungen betrieben werden:
  - Brunnen 1: bis maximal 27 l/s
  - Brunnen 2: bis maximal 22 l/s

Am 27.01.1999 wurde vom Landratsamt Dillingen a.d.Donau das im Folgenden dargestellte Wasserschutzgebiet für die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt a.d.Donau festgesetzt. Die entsprechenden WSG-Grenzen sind in der folgenden Abbildung 3-1 und in verschiedenen Anlagen zu diesem Gutachten dargestellt.

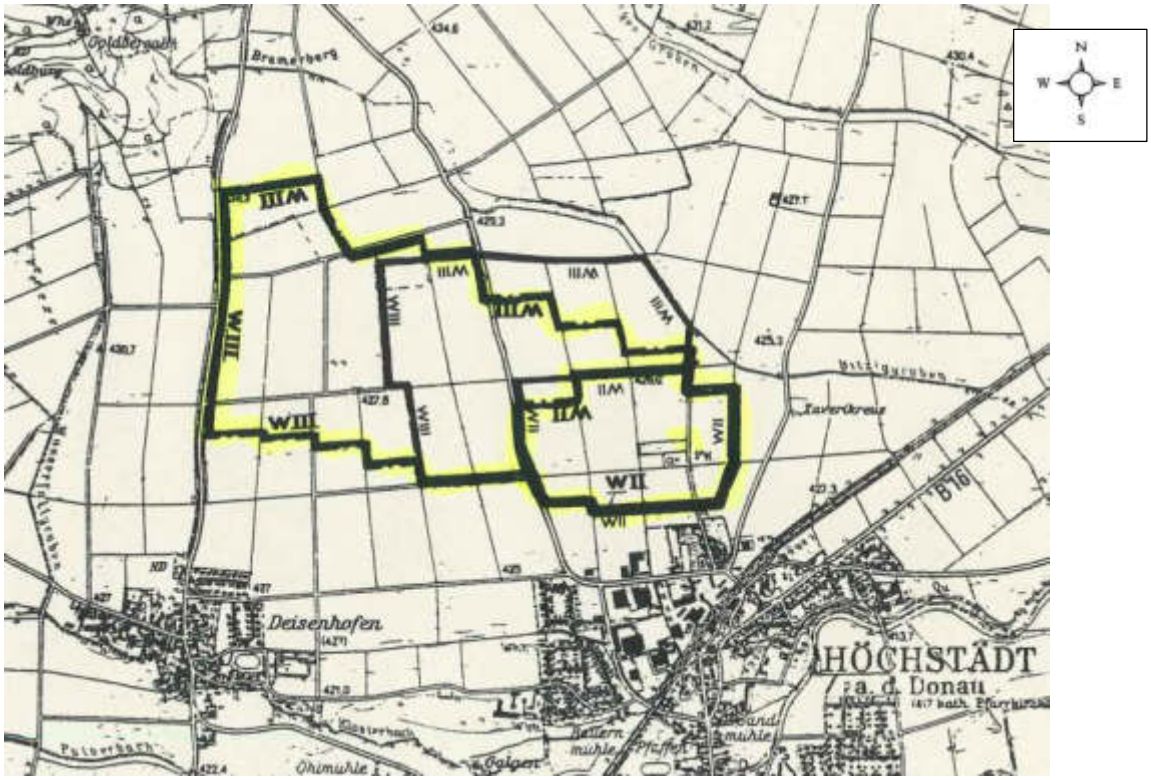


Abbildung 3-1: Bestehendes Wasserschutzgebiet (unmaßstäbliche Darstellung)

Westlich an das festgesetzte WSG schließt die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 nordöstlich von Mörslingen gemäß Regionalplan an.

© Büro HG GmbH

Abbildung 3-2: Bestehendes WSG und wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 NE' von Mörslingen (unmaßstäbliche Darstellung)

3.2 Beschreibung der Gewinnungsanlagen

Die Stadt Höchstädt a.d.Donau betreibt zur TwGewinnung die Brunnen 1 und 2, die etwa 300 m nördlich des Stadtrandes liegen, und die in den quartären Kiesen des Donautals (Hochterrasse) verfiltert sind.
Zu diesen Brunnen sind in /16/ folgende technische Kennwerte zu den Brunnen 1 und 2 angegeben:

Tabelle 3-1: Technische Daten zu den Brunnen 1 und 2 (aus /16/)

	Brunnen 1	**Brunnen 2**
Ausbautiefe	14,2 m	n. b.
Bohrdurchmesser	1.400 mm	1.200 mm
Verrohrung	OBO-Aufsatzrohre DN 600	OBO-Aufsatzrohre DN 500
Absperrung	- 4,1 m	? m
Geo-Höhe Brunnenkopf	424,89 +NN	424,70 m + NN
Ruhewasserspiegel	-6,39 m 18.10.2011	-6,80 m 31.10.2011
Baujahr	vermutlich 1962	? vermutlich 1962
Wasserrechtlich genehmigte Entnahmemenge	27 l/s	22 l/s
	Insgesamt 330.000 m³/a	

© Büro HG GmbH

Tabelle 3-2: Angaben zur Eigengewinnung der Stadt Höchstädt in 2010 (aus /16/)

	03.06.2010	30.11.2010
Entnahme gemäß Wasserrechtsbescheid	27 l/s	22 l/s
Statistische, mittlere Fördermenge	9,1 l/s	9,1 l/s
Tatsächlich erfasster Mittelwert (aus dem Betriebstagebuch)	10,99 l/s	8,5 l/s
Momentane Durchflussspitze (aus dem Schreibstreifen)	19,5 l/s	? l/s
Spitzenfaktor	1,77	?
Momentaner geringster Durchfluss (aus dem Schreibstreifen)	1,4 l/s	? l/s
Spitzenfaktor	0,13	

3.3 Förderdaten und Brunnenergiebigkeiten

Pumpversuchsdaten zur begründeten Ermittlung der technischen Brunnenergiebigkeiten liegen nicht vor. Es ist aber aufgrund der wasserrechtlich genehmigten Förderraten von 27 l/s bzw. 22 l/s und aufgrund der Erfahrungen von den Quartär-Brunnen der BRW[1] in den Gebieten Steinheim und Blindheim sowie aus der Erfahrung aus dem Gewinnungsgebiet Vogelhölzle der Donau-Stadtwerke Dillingen-Lauingen (DSDL) davon auszugehen, dass die Brunnen 1 und 2 Höchstädt (theoretisch) entsprechend hohe technische Ergiebigkeiten aufweisen. Diese sind jedoch durch die installierte Pumpenleistung limitiert; hierzu sind in der Studie /16/ folgende Angaben gemacht:

Tabelle 3-3: Installierte Pumpenleistung an den Brunnen 1 und 2 Höchstädt (aus /16/)

	Brunnen 1	Brunnen 2
	U-Pumpe 1	*U-Pumpe 1*
Hersteller:	Pleuger	Pleuger
Typ:	NB 87-3 + M6-400-2	NB 66-6 M6-200-2
Fertigungsnummer:	110103024 Baujahr 01/06	23100248 Bj. 10/2001
Fördermenge:	17,8 l/s →64m³/h	6,9 l/s →25m³/h
Förderhöhe:	48 m	50 m

Die Jahresförderung an den Brunnen 1 und 2 stellt sich im Zeitraum 2009 bis 2020 wie folgt dar:

Tabelle 3-4: Jahresförderung Brunnen 1 und 2 Höchstädt, Zeitraum 2009 bis 2020

Jahr	Gesamtförderung	Brunnen 1	Brunnen 2
2009	264.178	154.511	109.667
2010	276.864	161.559	115.305
2011	274.746	177.462	97.284
2012	319.554	179.235	140.319
2013	351.592	199.947	151.645
2014	316.527	184.197	132.330
2015	333.764	203.444	130.320
2016	309.657	168.905	140.752

[1] Hinweis: Die Quartär-Brunnen der BRW (Blindheim, Steinheim) und der DSDL (Vogelhölzle) nutzen, wie auch die Brunnen der Stadt Höchstädt a.d.Donau, die quartären Kiese der quartären Hochterrasse im Donautal nördlich der Donau.

© Büro HG GmbH

Jahr	Gesamtförderung	Brunnen 1	Brunnen 2
2017	315.920	164.570	151.350
2018	327.330	186.925	140.405
2019	310.036	174.389	135.647
2020	290.362	153.974	136.388

Legt man die Jahresentnahmen im Zeitraum 2009 bis 2020 zugrunde, so resultiert eine durchschnittliche Förderleistung an den Brunnen 1 und 2 gemeinsam von 8,4 bis 11,2 l/s. Geht man also davon aus, dass die wasserrechtlichen Spitzenentnahmen (in Verbindung mit einer entsprechenden Auslegung der installierten Pumpen) auch ein Maß für die technische Brunnenergiebigkeit darstellen, so könnte jeder Brunnen auch alleine den durchschnittlichen (Eigen-)Wasserbedarf der Stadt Höchstädt a.d.Donau decken. Diese Einschätzung gilt allerdings nur für den Fall, dass zukünftig keine ungewöhnlichen Bedarfssteigerungen eintreten, die über die prognostizierte Entwicklung (s. u.) hinausgehen.

Ca. 10% des Wasserbedarfs der Stadt Höchstädt a.d.Donau werden durch den Fremdbezug von der BRW gedeckt. Dies wird beispielhaft in der folgenden Aufstellung von Eigenförderung und Fremdwasserbezug für das Jahr 2018 deutlich. 2018 wurde als Beispieljahr beibehalten bzw. aus /1/ entsprechend übernommen, da in diesem niederschlagsarmen Jahr ein besonders trockener Sommer aufgetreten ist, und dementsprechend eine überdurchschnittliche Förderung zur Bedarfsdeckung erforderlich war.

Im Zeitraum 2009 bis 2020 wurden von der Stadt Höchstädt insgesamt 367.330 m³ Trinkwasser von der BRW bezogen, woraus sich ein Durchschnittswert für diesen Zeitraum von 30.611 m³/a ergibt.
Dem steht eine Eigenförderung von 3.690.530 m³ bzw. durchschnittlich 307.544 m³/a in diesem Zeitraum gegenüber. Es resultiert für 2009 bis 2020 eine Summe aus Eigenförderung und Wasserbezug von der BRW von 4.057.860 m³ bzw. durchschnittlich 338.155 m³/a, und somit durchschnittlich rund 92% Eigenförderung und durchschnittlich rund 8% Fremdbezug von der BRW.

Tabelle 3-5: TwFörderung der Stadt Höchstädt und Fremdwasserbezug 2018 (aus /1/)

Monat	Eigenwasser-verbrauch	Rieswasser-verbrauch	Wasserförde-rung Brunnen 1	Wasserförde-rung Brunnen 2
Januar	24.571	2.735	15.888	8.683
Februar	23.857	2.568	13.350	10.507
März	27.799	2.896	18.502	9.297
April	23.627	3.073	13.463	10.164
Mai	29.185	2.866	12.657	16.528
Juni	31.285	2.696	13.547	17.738
Juli	29.839	3.577	22.306	7.533
August	28.266	3.350	20.065	8.201
September	26.740	2.621	13.964	12.776
Oktober	26.277	2.592	12.685	13.592
November	27.148	2.460	12.922	14.226
Dezember	28.736	2.420	17.576	11.160
Summe:	**327.330**	**33.854**	**186.925**	**140.405**

© Büro HG GmbH

Für die späteren Überlegungen ist wesentlich, dass in den förderstärksten Monaten Juni und Juli 2018 aus den Brunnen 1 und 2 eine Gesamtmenge von 61.124 m³ gefördert wurde, was über diesen Zeitraum von 61 Tagen einer durchschnittlichen Förderrate von 1.002 m³/Tag entspricht.

3.4 Wasserbedarfsprognose bis 2060 und Bedarfsdeckung

Im Anhang 2 ist die Wasserbedarfsprognose für die Stadt Höchstädt a.d.Donau bis zum Jahr 2060 dokumentiert, die zu folgendem Ergebnis kommt:

Tabelle 3-6: Prognostizierter Wasserbedarf bis 2060

Jahr	Gesamter Wasserbedarf [m³/a]	Tagesspitzenbedarf [m³/d]
2025	377.769 (≅ 12 l/s)	2.070 (≅ 24 l/s)
2030	400.034 (≅ 13 l/s)	2.192 (≅ 25 l/s)
2040	431.954 (≅ 14 l/s)	2.367 (≅ 27 l/s)
2060	464.673 (≅ 15 l/s)	2.546 (≅ 29 l/s)

Für das Jahr 2060 gliedert sich die Prognose wie folgt:

- Bevölkerungsentwicklung: 6.450 Einwohner
- Spezifischer Wasserbedarf: 136 l/(E*d)
- Wasserbedarf Haushalte, Gewerbe und öffentliche Einrichtungen: 320.178 m³/a
- Gewerbegebietserweiterungen: 29.200 m³/a
- Eigenbedarf: 3.494 m³/a
- Wasserverluste: 69.876 m³/a
- Sicherheitszuschlag: 41.925 m³/a.

Zur Absicherung der TwVersorgung der Stadt Höchstädt a.d.Donau besteht eine Leitungsverbindung zur BRW. Gegenüber der BRW ist die Stadt Höchstädt vertraglich zu einer Mindestabnahme von 70 m³/d und somit 25.500 m³/a verpflichtet /26/[1]. Im Wesentlichen erfolgt die Bedarfsdeckung der Stadt Höchstädt über die bestehenden Brunnen 1 und 2, die perspektivisch durch einen neuen Brunnen an einem nördlich gelegenen Standort ersetzt werden sollen.

Unter Berücksichtigung der vertraglich vereinbarten Mindestabnahme von der BRW ergibt sich aus der Bedarfsprognose eine zukünftige (2060) Eigengewinnung der Stadt Höchstädt a.d.Donau wie folgt (gerundete Beträge inkl. Sicherheitszuschläge):

- bis zu 440.000 m³/a (≅ 14 l/s)
- bis zu 2.480 m³/d (≅ 29 l/s)

[1] Nach /26/ beläuft sich die Höchstmenge an Wasserbezug von der BRW auf 250 m³/d und in Notstandsfällen 1.000 m³/d.

© Büro HG GmbH

Unter Berücksichtigung des über den vertraglich vereinbarten Bezug hinausgehenden Realbezugs von der BRW (siehe Tabelle 3-5) und des Sicherheitszuschlages von bis zu 12% in der Wasserbedarfsprognose (siehe Anhang 2), wird mit folgenden zukünftig notwendigen Förderraten an Brunnen der Stadt Höchstädt gerechnet:

- bis zu 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s)
- bis zu 2.345 m³/d (≅ 27,1 l/s)

Die maximale Tagesspitzenentnahme von 2.345 m³/d resultiert aus der Wasserbedarfsprognose und wird (theoretisch) höchstens an wenigen Tagen im Jahr erreicht. Nach der bis März 2021 gültigen DVGW-Richtlinie W 101 war diese Tagesspitzenentnahme für die Berechnung der 50-Tage-Zone zur WSG-Bemessung, Zone II anzusetzen. Dies wurde in /1/ auch entsprechend durchgeführt.
In der seit 04/2021 geltenden (aktuellen) DVGW-Richtlinie W 101 /24/ ist jedoch nun die innerhalb von 50 Tagen maximal mögliche Entnahmemenge resp. die äquivalente Förderrate anzusetzen. Diese wird wie folgt hergeleitet:

- 2018 wurde von der Stadt Höchstädt an den Brunnen 1 und 2 eine (überdurchschnittliche) Fördermenge von 327.330 m³ realisiert, was einer durchschnittlichen Förderrate von 897 m³/Tag entspricht. In den beiden förderstärksten Monaten Juni und Juli wurde über 61 Tage eine mittlere Förderrate von 1.002 m³/Tag realisiert, was näherungsweise – für 2018 – als „50-Tage-Spitze“ gewertet werden kann.

- Bis 2060 ist nach der Bedarfsprognose bei der Stadt Höchstädt mit einem Eigenförderanteil von 430.000 m³/a bzw. durchschnittlich ca. 1.178 m³/Tag zu rechnen, also eine 1,31-fach höhere Förderrate im Vergleich zur Jahresentnahme 2018.

- Mit diesem Faktor kann die mittlere Förderrate in den förderstärksten (Sommer-)Monaten 2018 bzw. die „50-Tage-Spitze“ bis 2060 näherungsweise auf 1.002 m³/Tag * 1,31 = ca. 1.313 m³/Tag hochgerechnet werden. Berücksichtigt man bis 2060 einen Sicherheitszuschlag von ca. 20%, so ergibt sich eine äquivalente Förderrate von bis zu ca. 1.600 m³/Tag für die innerhalb von 50 Tagen maximal mögliche Entnahmemenge („50-Tage-Spitze“).

- Der Sicherheitszuschlag von 20% bei der Herleitung der „50-Tage-Spitze“ ist darin begründet, dass in den nächsten Jahrzehnten in Folge des Klimawandels mit einer zeitweilig höheren Tagesspitzenentnahme der verbrauchsreichen Tage gerechnet werden muss.

3.5 GwQualität

In Anlage 4 in /1/ sind verschiedene Wasseranalysen von den Brunnen 1 und 2 Höchstädt aus den letzten Jahren dokumentiert. Bemerkenswert ist hierbei, dass es sich jeweils um sauerstoffreiche Wässer handelt, deren Nitrat-Wert über 25 mg/l liegt, mit eher abnehmender Tendenz in den letzten Jahren (s.u.).

© Büro HG GmbH

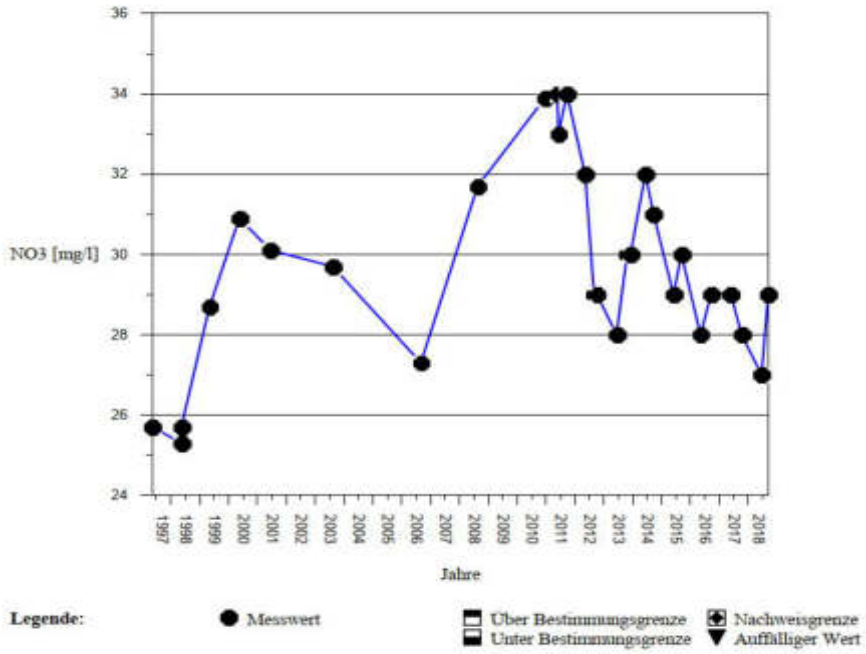


Abbildung 3-3: Nitrat-Entwicklung am Brunnen 2 Höchstädt 1997 bis 2018 (nach /11/)

Am 18.12.2019 und am 11.08.2020 (Mischwasser) wurde an den Brunnen 1 und 2 jeweils ein Nitrat-Wert von 27 mg/l bzw. 26 mg/l gemessen (siehe Anlage 4.4), der sich schlüssig in das oben gezeigte Diagramm einfügt.

Aufgrund des hohen Sauerstoff-Gehaltes ist das Wasser auch Eisen- und Mangan-arm – die fehlenden Eisen- und Mangan-Nachweise bestätigen das oxidierende Milieu – und ein relevanter Nitratabbau im GwLeiter ist aufgrund des oxidierenden Milieus aus hydrochemischen Gründen auszuschließen. Dementsprechend lässt sich auch über die N_2/Ar-Methode kein abgebautes Nitrat (ΔNO_3[1]) nachweisen.
Diese hydrogeochemischen Verhältnisse wurden auch am Standort der Versuchsbrunnen VB Br. 3 sowie an den GWM 1/20 bis 3/20 nachgewiesen, und können auch für die Kernbereiche der Einzugsgebiete der Brunnen 1 und 2 bzw. der VB Br. 3 und VB Br. 4 als flächenhaft gegeben angenommen werden. Die diesbezügliche wesentlichen Analysenergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt (siehe Anlage 4.4):

Tabelle 3-7: Erkundung 2020/2021 – Zusammenstellung wesentlicher hydrochemischer Parameter

Probenahme-stelle	Datum	Nitrat (NO_3) (mg/l)	Sauerstoff (mg/l)	ΔNO_3 (mg/l)
Br. 1	18.12.2019	27	9,7	0
Br. 2	18.12.2019	27	9,0	-1
VB Br. 3	08.07.2020	27	8,2	1
VB Br. 4	25.05.2021	30	<7,0[2]	nicht bestimmt
GWM 1/20	02.07.2020	32	8,5	1
GWM 2/20	30.06.2020	29	9,0	2
GWM 3/20	01.07.2020	28	8,7	1

[1] Die Messgenauigkeit bei der ΔNO_3-Bestimmung über die N_2/Ar-Methode wir auf ±2 mg/l geschätzt.
[2] Nach Aufzeichnung der PV-Daten in Anlage 4.3.6, Blatt 1.

© Büro HG GmbH

Der hohe Sauerstoff-Gehalt in Verbindung mit dem nahezu fehlenden ΔNO_3 bedeutet, dass der Nitrat-Wert den qualitativen Einfluss aus der Landwirtschaft sehr gut wiedergibt (keine Abminderung des NO_3-Gehaltes durch Nitratabbau). Zudem hat der hohe Sauerstoffgehalt geringe Eisen- und Mangan-Konzentrationen im Grundwasser zur Folge, so dass für Brunnen in der quartären Hochterrasse an den untersuchten Standorten kein relevantes Verockerungsrisiko besteht. Dies wird auch durch die langjährige Betriebserfahrung von den Brunnen 1 und 2 bestätigt.

Der Nitrat-Wert von über 25 mg/l an den Brunnen 1 und 2 bzw. an den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 belegt allerdings eindeutig den (erwartbaren) Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung im Brunneneinzugsgebiet; dieser Einfluss wird auch durch den Nachweis der Pflanzenschutzmittel Desethylatrazin, und Atrazin-desisopropyl sowie der Metabolite Chloradizon-desphenyl und Chloradizon-methyl-desphenyl an den Brunnen 1 und 2 am 18.12.2019 bestätigt (siehe Anlage 4.4.1).

Die aktuellen Ergebnisse des Projektes /23/ im Auftrag der Regierung von Schwaben weisen für die Böden im Donautal im Raum Höchstädt-Lutzingen-Mörslingen ein geringes bis mittleres Nitratauswaschungspotenzial auf. Daher sollte bei Durchführung einer ordnungsgemäßen Landwirtschaft im Brunneneinzugsgebiet resp. einer entsprechend konzipierten Kooperationslösung mit der Landwirtschaft kein erhöhtes Risiko dahingehend bestehen, dass die Nitrat-Werte im Grundwasser (wesentlich) in dem möglichen TwErschließungsbereich über das oben dargestellte Niveau hinaus ansteigen.

Nach der Analyse des Rohwassers von den Brunnen 1 und 2 vom 18.12.2019 sind keine Spurenstoffe nachweisbar, die – abgesehen von den oben genannten Pflanzenschutzmitteln und Metaboliten aus der Landwirtschaft – keine Hinweise auf sonstige anthropogene Beeinflussungen geben. Dies gilt auch für Acesulfam (Süßstoff) und Arzneimittel (z.B. Carbamazepin), die häufig Indikatoren für infiltrierendes Oberflächenwasser sind, das durch Kläranlageneinleitungen beeinflusst ist.
Allerdings zeigt das Wasser von diesen Brunnen eine geringfügige FCKW-Überhöhung (F12-Überhöhung), die auf einen anthropogenen Einfluss, etwa aus Oberflächengewässer, Gewerbe/Industrie oder Abwasser, hinweist (siehe Anlage 4.4.5). Nach der GwModellrechnung, Szenario 2 reicht das GwEinzugsgebiet der Brunnen 1 und 2 bis in den Ortsbereich von Mörslingen und bis zum Brunnenbach (siehe Anlage 7.2). Dies dürfte die festgestellte F12-Überhöhung erklären. Dass dies keine nachweisbaren Konzentrationen an Kläranlagen-bürtigen Spurenstoffen zur Folge hat, könnte durch Verdünnungseffekte und/oder Adsorptionseffekte im Untergrund entlang des GwFließweges bis zu den Brunnen bedingt sein.

Nach den vorliegenden Rohwasseranalysen von den Brunnen 1 und 2 Höchstädt handelt es sich um ein hartes Wasser, das den Anforderungen der TrinkwV entspricht. Kritische Parameter bzw. Parameterkonzentrationen im Sinne der TrinkwV oder entsprechende Tendenzen sind nicht festzustellen. Dies ist auch für eine TwNeuerschließung in den hier untersuchten Bereichen zu erwarten, was durch die Analysen von den Versuchsbrunnen VB Br. 3 und VB Br. 4 auch bestätigt wird.

© Büro HG GmbH

4. Hydrogeologische Verhältnisse

4.1 Untergrundaufbau

Das Untersuchungsgebiet liegt im Donautal nördlich der Donau, und ist durch die Verbreitung der quartären Hochterrasse geprägt.

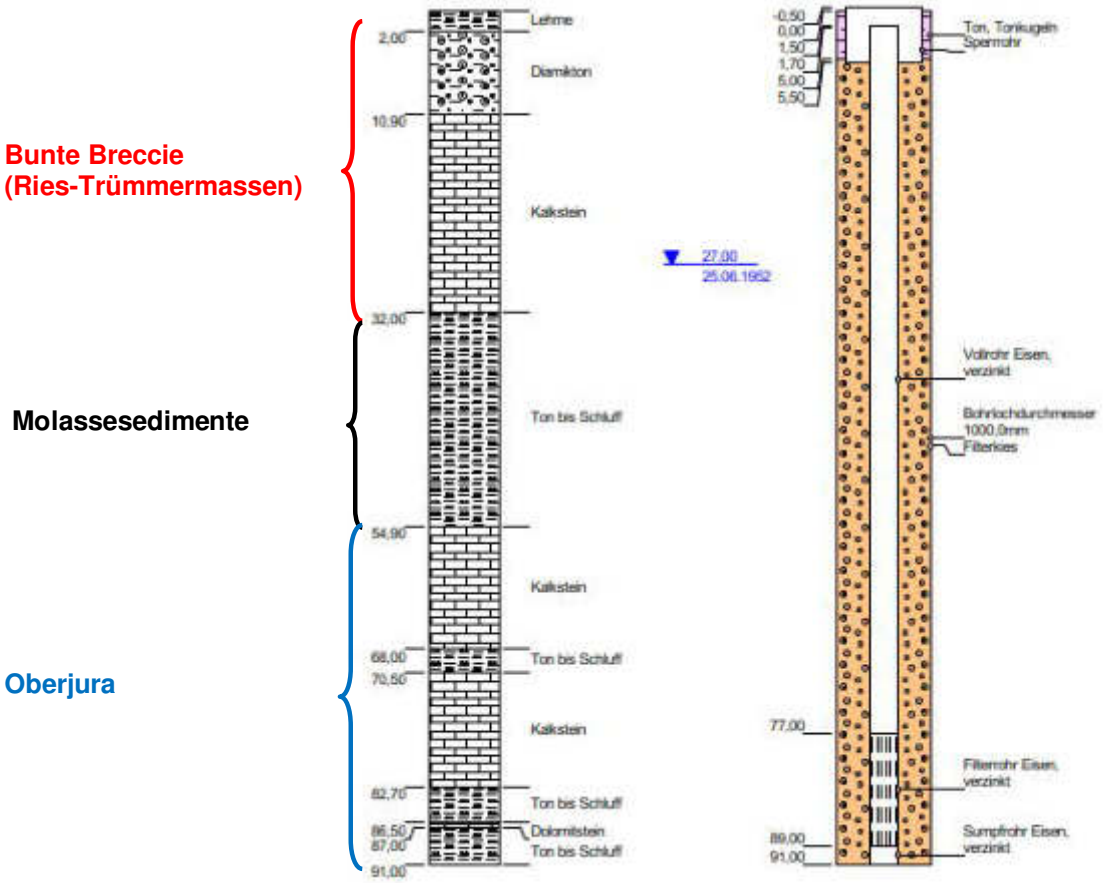
Der tiefere Untergrund des Untersuchungsgebietes wird von teils bindigen, teils sandigen Molassesedimenten gebildet, die in ihren obersten Lagen stratigraphisch den untersten Partien der Oberen Süßwassermolasse zuzurechnen sind, und die in mächtiger Schichtenfolge die von der Alb nach Süden abtauchenden Festgesteine des Oberjura überlagern. Im Bereich des Albanstieges stehen diese Tertiärablagerungen bereichsweise in Kontakt mit ebenfalls tertiären, überwiegend bindigen Schichtgliedem der sogenannten Bunten Breccie obertägig an (als Auflagerung der Oberjura-Gesteine [Karst]). Diese geologische Situation prägt das Gebiet zwischen Finningen und Lutzingen.

Die folgende Abbildung zeigt das Bohrprofil und den Ausbauplan des Brunnens Lutzingen. Nach entsprechenden Angaben des Bayer. LfU werden hier die Molassedimente durch allochthone Kalksteine des Oberjura (Ries-Trümmermassen) überlagert. Die Ansatzhöhe dieser Bohrung beträgt 454 m ü.NN.

Der tertiäre Untergrund wird im gesamten Donauried flächenhaft von quartären Sedimenten überlagert. Im unmittelbaren Betrachtungsraum sind dies rißeiszeitliche, sandig-kiesige Hochterrassenschotter, weiter im Süden, im Bereich des Donautalbodens, Niederterrassenschotter resp. holozäne Talschotter.

Die Mächtigkeit der Hochterrassenschotter beträgt bis zu 10 m und nimmt zur nördlichen Terrassengrenze hin ab. Diese rolligen Quartärablagerungen werden im Bereich der Hochterrasse von einer teilweise >5 m mächtigen Löß-/Lößlehmauflagerung überdeckt. Östlich von Lutzingen besteht eine Überlagerung durch einen Schwemmfächer aus dem Albbereich, während im Bereich der Auestufe im Donautalboden sowie in den in die Hochterrasse eingesenkten Nebentälchen des Kloster- / Pulverbaches im Süden und Südwesten resp. des Nebelbaches im Norden und Nordosten fluviatile, weitgehend schluffig-lehmige Deckschichten von bis zu rd. 2 m Mächtigkeit verbreitet sind.

© Büro HG GmbH



(Planauszug aus Anlage 5.2.1 in /1/)

Abbildung 4-1: Bohrprofil, Ausbauplan und Lage Brunnen Lutzingen (nach /19/)

© Büro HG GmbH

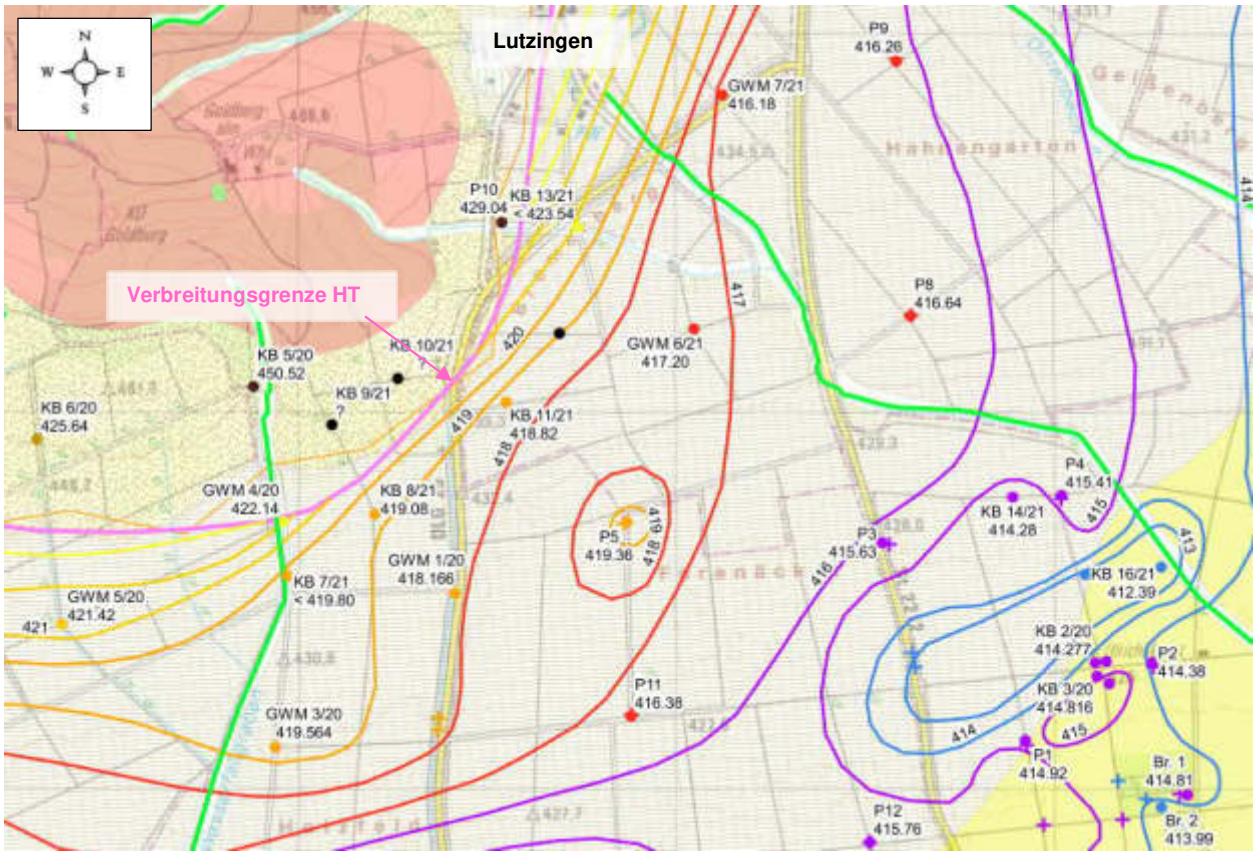


Abbildung 4-2: Quartärbasis nordöstlich von Höchstädt a.d.Donau (Isolinien [m ü.NN] Auszug aus Anlage 5.1.1; unmaßstäbliche Darstellung)

Die Quartärbasis ist nun östlich von Mörslingen durch die GWM-Bohrungen 1//20 bis 3/20 und 5/20 belegt und südwestlich bis südöstlich von Lutzingen durch die Kernbohrungen KB 7/21 bis KB 16/21 sowie GWM 6/21 und 7/21.
Mit den Kernbohrungen KB 5/20 und KB 6/20 sowie KB 9/21 und KB 10/21, die etwa mittig zwischen Mörslingen und Lutzingen liegen, ist nachgewiesen, dass dieser Bereich außerhalb der quartären Hochterrasse (HT) liegt. Die hier erbohrten feinklastischen Lockergesteine sind der Molasse oder den Ries-Trümmermassen zuzurechnen.

In der Gesamtschau der Erkundungsergebnisse 2020/2021 wird – entgegen der Einschätzung in /1/ – das Bohrergebnis von der Bohrung GWM 4/20 dahingehend interpretiert, dass der hier erbohrte tiefere Kies-Horizont bei ca. 13 m der quartären HT zugeordnet wird. Die hier nachgewiesene geringe Kiesmächtigkeit (ca. 1 m) spricht aber dafür, dass diese Bohrung nahe der HT-Grenze liegt, die unmittelbar nördlich des Bohrpunktes anzunehmen ist.

Das Bohrergebnis GWM 4/20 führt zu dem Schluss, dass die HT-Grenze, und somit auch die Berandung des wasserwirtschaftlich relevanten Quartäraquifers, hier etwas weiter nach Süden reicht, als dies noch im Vorfeld der Untersuchungen 2020 /1/ angenommen wurde. Daher wurden zur weiteren Klärung dieser Situation 2021 südlich von Lutzingen die Kernbohrungen KB 7/21 bis KB 13/21 durchgeführt. Diese Ergebnisse sind in die obige Darstellung resp. in die Anlage 5.1.1 eingearbeitet.

© Büro HG GmbH

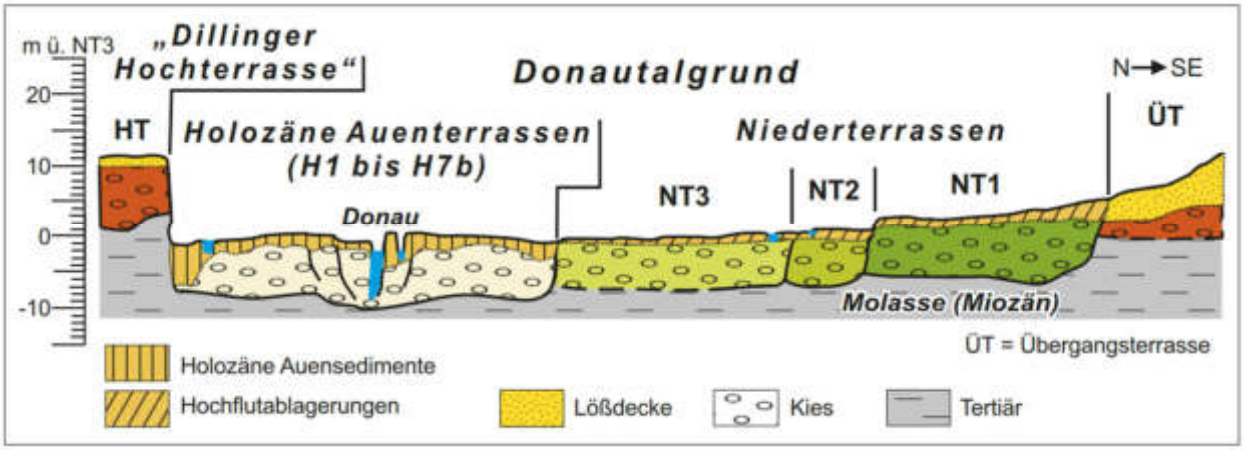


Abbildung 4-3: Schematischer Profilschnitt durch die mittel- bis jungpleistozänen Donauterrassen (unmaßstäbliche Darstellung; aus /25/)

4.2 GwLeiter, GwHemmer, Deckschichten

Die quartären Kiese der Hochterrasse (HT) im Donautal nördlich der Donau bilden den wasserwirtschaftlich relevanten GwLeiter, in dem sowohl die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt verfiltert sind, als auch die Flachbrunnen (Quartär-Brunnen) der BRW in den Gebieten Steinheim und Blindheim (und Schwenningen). Dieser Horizont wäre auch das maßgebliche Erschließungsziel im Falle eventueller Brunnenneubohrungen für die Stadt Höchstädt a.d.Donau.

Unterlagert werden die quartären Kiese von feinkörnigen Sedimenten des Tertiärs (Molasse), die die gering durchlässige Sohle des quartären GwLeiters bilden. Eventuell Gw-führende Lagen innerhalb des Tertiärs sowie der Karst-GwLeiter im tieferen Untergrund im Donautal sind für die weiteren Überlegungen von untergeordneter Bedeutung und für die TwNeuerschließung der Stadt Höchstädt a.d.Donau nicht relevant.

Die feinkörnigen Sedimente des Tertiärs bilden entlang des nördlichen Donautalrandes auch die laterale Begrenzung des quartären GwLeiters, die in einigen Darstellungen in den Anlagen als Grenze der Molasse gekennzeichnet ist (siehe z.B. Anlage 5.1.2). Die Tertiärablagerungen stehen außerhalb des Donautals auch in Kontakt mit Ries-Trümmermassen, die teilweise tonig ausgebildet sind (Bunte Breccie) und – auch als Überdeckung der Oberjura-Gesteine und/oder der Molasse – eine erhebliche Mächtigkeit aufweisen können.

Die quartären Kiese in der Hochterrasse werden oberhalb des GwSpiegels bereichsweise von bis zu mehr als 10 m mächtige feinkörnige Schichten, meist tonigem Schluff überlagert. Diese Überdeckung übt eine wesentliche Schutzfunktion für das Grundwasser in dem wasserwirtschaftlich relevanten Quartäraquifer aus, die anhand der vorliegenden Bohrprofile von GWM-Bohrungen nach der Methode von HÖLTING et al. /9/ quantifiziert wurde (siehe Anlage 5.3[1]). Demnach ist westlich und nordwestlich der Brunnen 1 und 2

[1] Die gegebene Aufgabenstellung erfordert die Ermittlung der Schutzfunktion der Deckschichten des Quartäraquifers in der Hochterrasse. In die Deckschichtenbewertung in Anlage 5.3 wurde auch die GWM 4/20 einbezogen, und zwar für den tieferen Kieshorizont in ca. 12 m Tiefe. Dieser Kieshorizont wird zwar hydrogeologisch nicht der quartären HT zugeordnet, es ist aber aufgrund der Höhenverhältnisse denkbar, dass dieser Kieshorizont lateral an die quartäre HT hydraulisch angekoppelt ist.
Für die GWM D44 Mörslingen wurde die Deckschichtenbewertung unter Ansatz des mittleren GwStandes durchgeführt.

© Büro HG GmbH

Höchstädt, abseits der möglichen Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4, eine mittlere bis sehr hohe Schutzfunktion der Deckschichten des wasserwirtschaftlich relevanten GwLeiters gegeben. Ausnahmen bilden lediglich die unmittelbare Umgebung der möglichen Brunnenstandorte (KB 1 bis 4 / VB Br. 3 bzw. KB 15/21 / VB Br. 4), wo eine geringe Schutzfunktion der Deckschichten gegeben ist. Sieht man von dieser lokalen Situation ab, ist nach den Erkundungsergebnissen davon auszugehen, dass zwischen den bestehenden Brunnen Höchstädt bzw. dem möglichen Brunnenstandort VB Br. 3 und Mörslingen bzw. zwischen dem möglichen Brunnenstandort VB Br. 4 und Lutzingen eine mindestens mittlere Schutzfunktion der Deckschichten der Kiese der quartären Hochterrasse (HT) gegeben ist[1].

Ausgehend von den möglichen Brunnenstandorten VB Br. 3 und VB Br. 4 ist nach Westen und Nordwesten hin, etwa ab der Kreisstraße DLG 25 bzw. der Staatsstraße St 2212, eine Zunahme der tonig-schluffigen Überdeckung der quartären HT-Kiese festzustellen, mit der Folge einer hohen bis sehr hohen Schutzfunktion der Deckschichten auf Mörslinger und Lutzinger Gemarkung (siehe Anlage 5.3, Blatt 69).
Westlich der GWM 5/20 wurde im Rahmen der Baugrunderkundung im Neubaugebiet „Dreifaltigkeit“ in Mörslingen folgende Deckschichtensituation nachgewiesen:

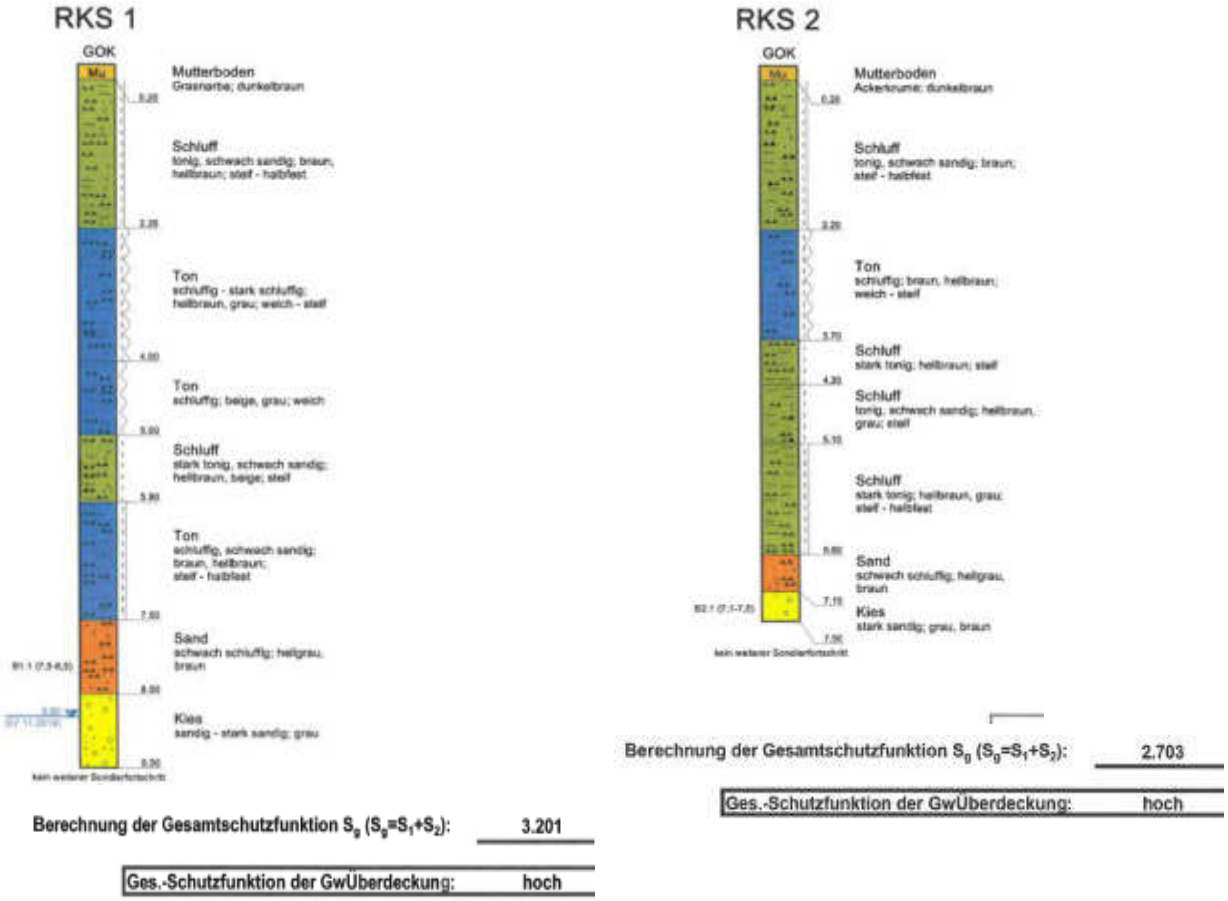


Abbildung 4-4: Rammkernsondierergebnisse im Neubaugebiet „Dreifaltigkeit“ (aus /30/) und Endergebnis der Deckschichtenbewertung nach Hölting anhand dieser Sondierergebnisse

[1] Auf die Bewertung der Schutzfunktion der Deckschichten an den Bohrungen EB2 und SB1 im Baugebiet Unterfeld wurde verzichtet, da dieser Bereich sicher außerhalb der relevanten Brunneneinzugsgebiete liegt. Diese Bohrungen zeigen aber ein sehr ähnliches Bohrprofil wie die GWM D44, so dass auch im Baugebiet Unterfeld eine geringe Schutzfunktion der Deckschichten anzunehmen ist.

© Büro HG GmbH

Abbildung 4-5: Lageplan Neubaugebiet „Dreifaltigkeit“ (Auszug aus /30/; unmaßstäbliche Darstellung)

Nach der Methode von Hölting et.al resultiert für beide RKS bis zur Basis der feinklastischen Sedimente (Ton, Schluff) jeweils eine hohe Schutzfunktion der Deckschichten. Hieraus ist zu schließen, dass sich die günstige Deckschichtensituation westlich der GWM 5/20 bis in den Ortsbereich von Mörslingen fortsetzt und mindestens auch in dem geplanten Neubaugebiet „Dreifaltigkeit II“ gegeben ist.
Geht man davon aus, dass im geplanten Neubaugebiet „Dreifaltigkeit II“ eine Wohnbebauung mit normaler Unterkellerung vorgesehen ist, so werden die Deckschichten durch die zu erwartenden Baumaßnahmen um die obersten ca. 3 m reduziert. In diesem Fall verbleibt noch eine mittlere (Rest-) Schutzfunktion der Deckschichten. Auch unter Berücksichtigung der möglichen Bautätigkeiten in diesem Neubaugebiet verbleibt somit ab der GWM 5/20 nach Westen eine mindestens mittlere Schutzfunktion der Deckschichten erhalten.

Nordwestlich der Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt bzw. der möglichen Brunnenstandorten VB Br. 3 und VB Br. 4 ist im Gebiet der Gemeinde Lutzingen eine hohe bis sehr hohe Schutzfunktion der Deckschichten der quartären Hochterrasse gegeben (siehe Anlage 5.3, Blatt 69).

© Büro HG GmbH

4.3 GwStände, Abflussmessungen, GwStrömung

Aus dem Gebiet Höchstädt liegen aus dem Zeitraum 2014 bis 06/2021 nur vereinzelte GwStichtagsmessungen für den quartären GwLeiter vor (s.u.). Eine erste GwStichtagsmessung wurde am 02.04.2019 durchgeführt (Tabelle 4-1 in /1/), und für diesen Stichtag der GwGleichenplan in Anlage 5.1.2 erstellt. Ausgehend von dieser hydrogeologischen Konstruktion wurde in /1/ dieser GwGleichenplan unter Einbeziehung von Gewässerhöhen auf Basis von DGM 1-Daten in /2/ weiter präzisiert. Zieht man die GwGanglinien von den Vorfeldmessstellen (VFM; Quartär) der BRW in den Gebieten Blindheim und Steinheim heran, so kann abgeleitet werden, dass am 02.04.2019 ein etwa mittleres GwNiveau geherrscht hat.

Aus den GwGanglinien von Quartär-Messstellen in den benachbarten Gewinnungsgebieten Steinheim und Blindheim ist abzuleiten, dass der GwSpiegel in dem Quartär-GwLeiter im Bereich von Dezimetern schwankt (siehe Abbildung 4-6). Daher kann für das Quartär von einem relativ stabilen GwStrömungsfeld ausgegangen werden. Der GwFlurabstand beträgt im Bereich der GwMessstellen der Stadt Höchstädt in Abhängigkeit von der Geländemorphologie >5 m, bereichsweise auch >10 m (siehe Anlage 5.2).

Nach Abschluss der Erkundungsmaßnahmen 2021 wurde am 22. und 28.06.2021 von der Stadt Höchstädt eine erneute GwStichtagsmessung durchgeführt, die folgende GwStände ergab:

Tabelle 4-1: GwStichtagsmessung 22.06.2021 (P2 bis P12) / 28.06.2021 (GWM 1/20ff)

GWM Nr.	GwStand (m ü.NN)
P2	418,72
P3	419,24
P4	418,82
P5	420,01
P6	418,55
P7	418,51
P8	419,49
P9	420,25
P11	419,97
P12	419,24
GWM 1/20	420,86
GWM 2/20	421,08
GWM 3/20	422,41
GWM 5/20	423,57
GWM 6/21	420,14
GWM 7/21	420,35
VB Br. 3	418,89
VB Br. 4	418,91
GWM D44 Mörslingen (23.06. / 28.06.2021)	423,39 / 423,47[1]

[1] Messwert aus: https://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserstand/messstellen/index.htm

© Büro HG GmbH

Die folgende Abbildung zeigt die GwGanglinie der amtlichen (Quartär-)Messstelle D44 Mörslingen des Landesgrundwasserdienstes für den Zeitraum 1985 bis Ende 06/2021. Diese Ganglinie belegt ein langjähriges mittleres GwNiveau an dieser Stelle von etwa 423,28 m ü.NN, das nur wenig von dem im GwGleichenplan in Anlage 5.1.2 genannten Wert vom April 2019 von 423,34 m ü.NN bzw. vom GwStand am 22. bzw. 28.06.2021 von 423,39 bzw. 423,47 m ü.NN abweicht. Dies bestätigt, dass sowohl der GwGleichenplan in Anlage 5.1.2 als auch die GwStichtagsmessung vom 22./28.06.2021 ca.-MW-Bedingungen repräsentiert.

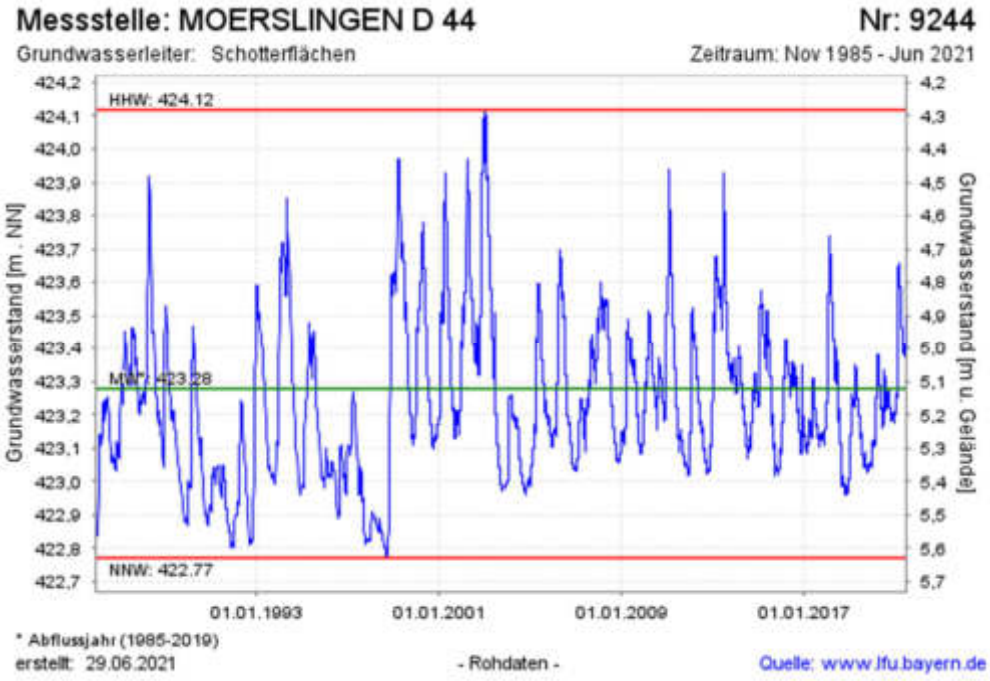


Abbildung 4-6: GwGanglinie GWM D44 Mörslingen, Zeitraum 11/1985 bis 06/2021

Von der Stadt Höchstädt a.d.Donau wurden in den GwMessstellen (GWM) P2, P3, P8 und P11 Drucksonden mit Datenloggern eingebaut, die seit 11/2019 in Betrieb sind. Die seither vorliegenden Messungen (bis 06/2021) sind in Anlage 3.2 dargestellt.

Gw-führend könnten auch die Ries-Trümmermassen im Bereich des Brunnens Lutzingen sein. Aufgrund der Höhenverhältnisse in diesem Bereich könnte ein eventuelles GwVorkommen in den dortigen Ries-Trümmermassen (allochthone Oberjura- resp. Kalkstein-Scholle?; siehe Abbildung 4-1) in die lokalen Vorfluter östlich und nordöstlich von Lutzingen (Breitwiesenbach, Grundgraben, Ohrenbach) entwässern.

In den Jahren 2002 und 2004 wurden auf Veranlassung der BRW an den Fließgewässern NW-Abflussmessungen durchgeführt, die für die (größeren) Gewässer Brunnenbach (ab Finningen), Klosterbach und Pulverbach (W' von Höchstädt) und Nebelbach (bis Unterglauheim) deutliche Abflüsse bzw. Abflusszuwächse zeigen. Dies wird dahingehend interpretiert, dass diese Fließgewässer Vorfluter für die GwStrömung im Quartär darstellen, die – bei entsprechender Richtung des hydraulischen Gradienten – (potenziell) auch als Infiltrationsrandbedingungen in der Hochterrasse wirken können.
Die übrigen (kleineren) Gewässer im Raum Finningen-Lutzingen-Mörslingen-Höchstädt weisen demnach nur eine geringe Wasserführung auf, und sind zeitweise auch trocken. Für diese Fließgewässer wird

© Büro HG GmbH

angenommen, dass sie – bei entsprechend hohen GwStänden – (temporär) als Dränagen im GwFließsystem wirken können, jedoch zu keiner Zeit Infiltrationsrandbedingungen für das GwSystem darstellen (können).
Diese Einschätzung wird durch die NW-Abflussmessungen vom 07.07. und 07.08.2020 bestätigt, bei denen in den lokalen Gräben/Bächen nördlich des Klosterbachs und östlich von Mörslingen-Lutzingen kein oder höchstens minimaler Abfluss zu registrieren war (siehe Anlage 4.5.1).

Der GwGleichenplan in Anlage 5.1.2 zeigt, dass die (natürliche) GwStrömung im Quartär vor allem auf die Verbreitungsgrenze der Hochterrasse im östlichen Stadtgebiet bzw. östlich von Höchstädt und den dortigen Vorfluter Klosterbach, also faktisch auf die Donautalaue ausgerichtet ist. Entlang der Grenze der Hochterrasse ist die Quartärbasis – erosionsbedingt – nach Süden bzw. Südosten um 5 bis 10 m abgesenkt. Im Bereich des Donautalbodens kommen Niederterrassenschotter resp. holozäne Talschotter vor.

4.4 Geohydraulische Kennwerte (Quartär-GwLeiter)

1994 wurden die GWM-Bohrungen B1 (P1) bis B5 (P5) eingerichtet, und an diesen GWM Pumpversuche durchgeführt /3/. Die aus unserer Sicht plausible Auswertung der Pumpversuchsdaten[1] ergab die in der folgenden Tabelle genannten geohydraulischen Kennwerte für den quartären GwLeiter (Hochterrasse).

Tabelle 4-2: Geohydraulische Kennwerte aus älteren GWM-Bohrungen (Tabelle aus /1/)

Meßstelle	Transmissivität (m^2/s)	Durchlässigkeitswert (m/s)
B1	$6{,}7 \cdot 10^{-2}$	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$
B2	$6{,}3 \cdot 10^{-2}$	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$
B3	$3{,}9 \cdot 10^{-2}$	$1{,}3 \cdot 10^{-2}$
B4	$3{,}5 \cdot 10^{-2}$	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$
B5	$5{,}9 \cdot 10^{-3}$	$4{,}3 \cdot 10^{-3}$

Im Nachgang zu diesen Bohrungen wurden für die GWM B11 und B12 folgende geohydraulische Kennwerte, ermittelt aus Pumpversuchsdaten, angegeben:

- B8: T = 0,04 m²/s; k_f = 0,013 m/s (Auswertung der Wiederanstiegsphase)
- B9: T = 0,06 m²/s; k_f = 0,013 m/s (Auswertung der Wiederanstiegsphase)
- B11: T = 0,03 m²/s; k_f = 0,009 m/s
- B12: T = 0,02 m²/s; k_f = 0,006 m/s

[1] Plausibilitätsprüfung im Rahmen der Gutachtenerstellung /1/.

© Büro HG GmbH

Im Rahmen der Erkundungskampagne 2020/2021 wurden an den GWM 1/20 bis 3/20 sowie 5/20, 6/21 und 7/21 sowie an den Versuchsbrunnen VB Br. 3 und VB Br. 4 Pumpversuche durchgeführt, und anhand dieser Daten folgende geohydraulischen Kennwerte nach dem Wiederanstiegsverfahren von THEIS ermittelt (siehe Anlage 4.3):

Tabelle 4-3: Erkundung 2020/2021 – Geohydraulische Kennwerte ermittelt aus Pumpversuchsdaten

GWM-Bohrung	Transmissivität T (m^2/s)	k_f-Wert (m/s
VB Br. 3	0,056	0,015
VB Br. 4	0,14	0,022
GWM 1/20	0,009	0,0033
GWM 2/20	0,036	0,0057
GWM 3/20	0,033	0,012
GWM 5/20	0,01	0,005
GWM 6/21	0,021	0,0085
GWM 7/21	0,16	0,038

Aus den zuvor genannten Beträgen errechnen sich folgende Mittelwerte:

- T = 0,058 m^2/s
- k_f = 0,014 m/s.

In den Auswertediagrammen (Wiederanstiegsverfahren von THEIS) zu den oben genannten Pumpversuchen sind keine wirksamen hydraulischen Ränder oder ausgeprägte geohydraulische Effekte wie z.B. Doppelporosität erkennbar; vielmehr zeigt sich ein offenes, (quasi-) homogen-isotropes GwSystem.

Der durchflusswirksame Hohlraumanteil (Nutzporosität) für den Quartär-GwLeiter kann nach /28/ gemäß folgender Formel anhand ermittelter k_f-Werte berechnet werden: $n_o = (0{,}462 + 0{,}045 * \ln \{k_f\}) * 100\%$.
Aus der Anwendung dieser Formel resultieren auf der Basis der ermittelten k_f-Werte folgende n_o-Beträge:

Tabelle 4-4: Berechnung der Nutzporosität anhand ermittelter k_f-Werte

GWM-Bohrung	k_f-Wert aus PV-Daten	Nutzporosität n_o
B1 (P1)	0,015	0,27 bzw. 27%
B2 (P2)	0,012	0,26 bzw. 26%
B3 (P3)	0,013	0,27 bzw. 27%
B4 (P4)	0,012	0,26 bzw. 26%
B5 (P5)	0,0043	0,22 bzw. 22%
B8 (P8)	0,013	0,27 bzw. 27%
B9 (P9	0,013	0,27 bzw. 27%
B11 (P11)	0,009	0,25 bzw. 25%
B12 (P12)	0,006	0,23 bzw. 23%
VB Br. 3	0,015	0,27 bzw. 27%
GWM 1/20	0,0033	0,2 bzw. 20%
GWM 2/20	0,0057	0,23 bzw. 23%
GWM 3/20	0,012	0,26 bzw. 26%

© Büro HG GmbH

GWM-Bohrung	k_f-Wert aus PV-Daten	Nutzporosität n_o
GWM 5/20	0,005	0,22 bzw. 22%
VB Br. 4	0,022	0,29 bzw. 29%
GWM 6/21	0,0085	0,25 bzw. 25%
GWM 7/21	0,038	0,31 bzw. 31%

Für den oben genannten Mittelwert von k_f = 0,014 m/s resultiert demnach eine durchschnittliche Nutzporosität von n_o = 0,27 bzw. 27%.

4.5 GwNeubildung, GwBilanz

Zur GwNeubildung aus Niederschlag liegt ein aktuelles Shapefile des Bayer. LfU vor, das die mittlere Neubildungshöhe (mm/a) im Zeitraum 1951 bis 2018 und deren räumliche Verteilung (u.a.) im vorliegenden Untersuchungsgebiet beschreibt /10/. Gerechnet wird für die GwBilanzierung und die stationäre Modellkalibrierung, mit dem Mittelwert im Zeitraum 2012 bis 2018, der mehrere Trockenjahre umfasst (konservativer Ansatz). Diese Angaben werden als maßgebliche mittlere GwNeubildung bzw. GwNeubildungsverteilung angesehen, und sowohl für die Quantifizierung der Schutzfunktion der Deckschichten als auch für die (stationäre) GwStrömungsmodellierung angesetzt (siehe Anlage 6.4).

Für die instationäre GwModellierung wäre die zeitlich variable GwNeubildung aus Niederschlag auf der Basis von täglichen DWD-Daten, Station Frauenriedhausen mittels eines Bodenwasserhaushaltsmodells zu berechnen. Die DWD-Station Frauenriedhausen liefert den für das Untersuchungsgebiet bestmöglichen Datensatz für die bodenwasserhaushaltliche Berechnung der zeitlich variablen GwNeubildung.

Nach dem oben genannten LfU-Shapefile beträgt die mittlere GwNeubildung im Untersuchungs- resp. Modellgebiet im Zeitraum 2012 bis 2018 etwa 100 mm/a, was einer GwNeubildungsspende von q_{Gw} = ca. 3,1 l/s*km²[1] entspricht (Ansatz gemäß Anlage 6.4.2). Legt man diese GwNeubildungsspende zugrunde, so erfordert dies für die aktuell für die Brunnen 1 und 2 genehmigte Förderrate (Q) von 330.000 m³/a (≈ 10,5 l/s) eine Bilanzdeckungsfläche von: $F_{Bilanz} = Q : q_{Gw}$ = 10,5 l/s : 3,1 l/s*km² = ca. 3,4 km²

Legt man die in Kapitel 3.3 genannte zukünftig mögliche Förderrate 430.000 m³/a (≈ 13,7 l/s) zugrunde, so erhöht sich die rechnerisch notwendige Bilanzdeckungsfläche auf ca. 4,4 km². Dies gilt unter der Annahme, dass innerhalb des relevanten GwEinzugs- resp. GwNeubildungsgebietes keine GwAnreicherung durch Oberflächenwasserinfiltration wirksam ist. Hiervon ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten auszugehen.

Das natürliche und somit auch das gewinnbare GwDargebot im Donautal bei Höchstädt wird nicht nur durch die GwNeubildung aus Niederschlag bestimmt, sondern auch durch die flächenhafte vertikale Zuspeisung aus dem Unterlager. Diese wird jedoch aus den unten beschriebenen geohydraulischen Gründen für die Hochterrasse im Untersuchungsgebiet vernachlässigt. Dieser Ansatz liegt im Sinne der Aufgabenstellung, insbesondere im Hinblick auf die WSG-Bemessung für zukünftige Brunnenstandorte der Stadt Höchstädt auf der sicheren Seite, da er tendenziell eher zu einer Überschätzung des Brunneneinzugsgebietes führt.

[1] Dieser Mittelwert resultiert aus dem LfU-Datensatz, wenn die Ortsbereiche, für die eine unplausibel hohe GwNeubildung aus Niederschlag ausgewiesen wird, unberücksichtigt lässt; andernfalls ergäbe sich aus dem LfU-Datensatz ein Mittelwert von q_{Gw} = 3,6 l/s*km².

© Büro HG GmbH

4.6 Hydrogeologisches Modell (HGM) für die quartäre Hochterrasse bei Höchstädt a.d.Donau

Die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt a.d.Donau nutzen den quartären GwLeiter der Hochterrasse des Donautals nördlich der Donau. Für dieses Gebiet wird bezüglich des wasserwirtschaftlich relevanten Quartär-GwLeiters folgendes hydrogeologische Modell (HGM) entwickelt:

- Der wasserwirtschaftlich relevante quartäre GwLeiter der Hochterrasse ist in weiten Bereichen ungespannt und im Bereich der TwGewinnungsgebiete (Hochterrasse) meist 5 bis 10 m mächtig, allerdings beträgt die Gw-erfüllte Mächtigkeit (= Aquifermächtigkeit), insbesondere nahe dem nördlichen Rand der Hochterrasse, bereichsweise nur wenige Meter. Aufgrund des (weitgehend) ungespannten Charakters des Quartäraquifers ist die Morphologie der GwSohle (= Quartärbasis) geohydraulisch relevant.

- Der Quartäraquifer weist im Untersuchungsgebiet eine Durchlässigkeit in der Größenordnung von k_f = ca. 0,014 m/s und eine durchschnittliche Transmissivität von T = ca. 0,058 m²/s auf. Die mittlere Nutzporosität kann aus dem k_f-Wert mit n_o = ca. 0,27 bzw. 27% abgeleitet und aufgrund des (weitgehend) ungespannten Charakters des Aquifers mit dem Speicherkoeffizienten gleichgesetzt werden. Der spezifische Speicherkoeffizient wird mit Ss = 1E-4 (sandiger Kies) angenommen.
  Nach dem Ergebnis des Markierungsversuchs 2021 in Verbindung mit den geohydraulischen Kennwerten und dem GwGefälle gemäß Anlage 5.1.2 ist davon auszugehen, dass die GwFließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit v_a) in dem für die Stadt Höchstädt erschließungsrelevanten Bereich zwischen 5 und 10 m/Tag beträgt.

- In den quartären Schottern der Hochterrasse können nach /25/ Hangend- und Liegendschotter unterschieden werden (s. u.). Geohydraulisch relevant ist die (Schräg-) Schichtung dieser Sedimente, die eine Durchlässigkeitsanisotropie der Kies-Abfolge wie folgt bedingt: $k_{f\,hor.} > k_{f\,vert.}$ Der Anisotropiefaktor $k_{f\,hor.}$ / $k_{f\,vert.}$ wird auf ≥10 geschätzt.

- Für das tertiäre Unterlager wird in Anlehnung an die Ergebnisse /1/ und /17/ k_{fh} ≤1E-6 m/s, k_{fv} ≤1E-7 m/s und n_o = 0,05 (bzw. 5%)[1] angenommen; die geohydraulischen Kennwerte für den Karst im tieferen Untergrund können an dieser Stelle vernachlässigt werden.

- Die GwNeubildung durch Niederschlag ergibt sich aus dem entsprechenden LfU-Shapefile /10/. Sie beträgt im Zeitraum 2012 bis 2018 demnach im Donautal etwa 100 mm/a, ist allerdings auf dem Höhenrücken zwischen Lutzingen und Finningen Untergrund-bedingt geringer (bereichsweise <100 mm/a; siehe Anlage 6.4). Diese GwNeubildung beschreibt die durchschnittliche Situation im Zeitraum 2012 bis 2018 und stellt, aufgrund der in diesem Zeitraum häufigen Trockenjahre, einen im Sinne der Aufgabenstellung konservativen Ansatz dar.

- Nach dem vorliegenden GwGleichenplan für Anfang/Mitte April 2019, der etwa MW-Bedingungen repräsentiert, ist davon auszugehen, dass die natürliche GwStrömung in dem Quartäraquifer W‘ von Höchstädt auf den Vorfluter Klosterbach/Pulverbach und die Niederterrasse östlich von Höchstädt

[1] Nach /28/ kann diese Nutzporosität für tonigen und sandigen Schluff mit einem k_f-Wert ≤1*10^{-6} m/s angesetzt werden.

© Büro HG GmbH

ausgerichtet ist. Die GwStrömung ist (weitgehend) ungespannt, so dass auch die Morphologie die GwSohle (= Quartärbasis) geohydraulisch relevant ist.

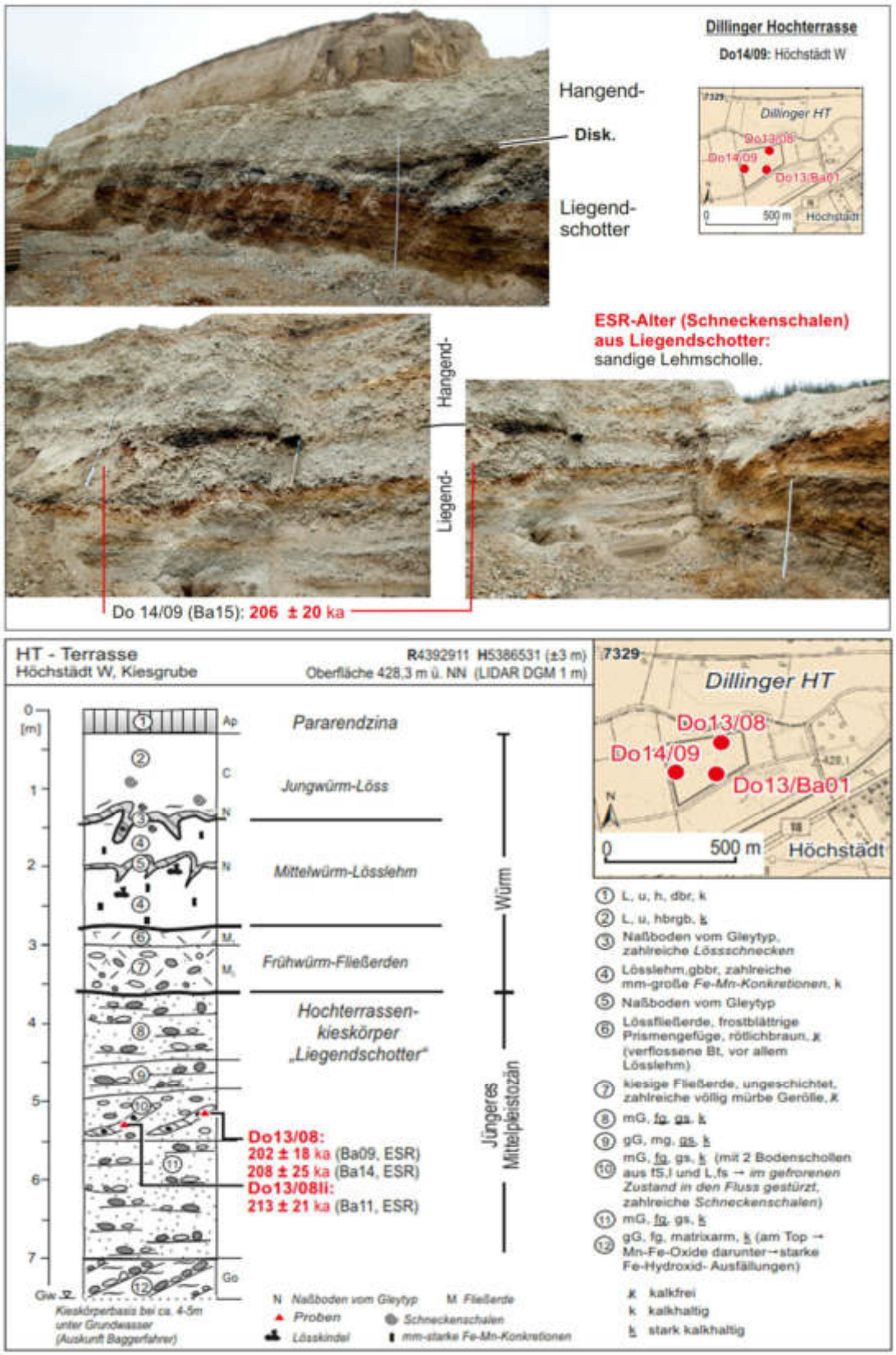


Abbildung 4-7: Schotter der Dillinger Hochterrasse (Abbildungen aus /25/)

© Büro HG GmbH

- Eine Besonderheit für die GwStrömung im Quartär ist der südliche Grenzbereich der Hochterrasse (HT) bzw. der dortige Übergang zur Niederterrasse (NT [Donauaue]) östlich der Einmündung von Klosterbach und Pulverbach in die Donauaue bei Höchstädt. In diesem Bereich ist entlang der HT-Grenze keine durchgängige hydraulische Verbindung zwischen den Kiesen der Hoch- und der Niederterrasse gegeben; das folgende Profil aus /25/ zeigt beispielhaft diese Situation bei Schretzheim.

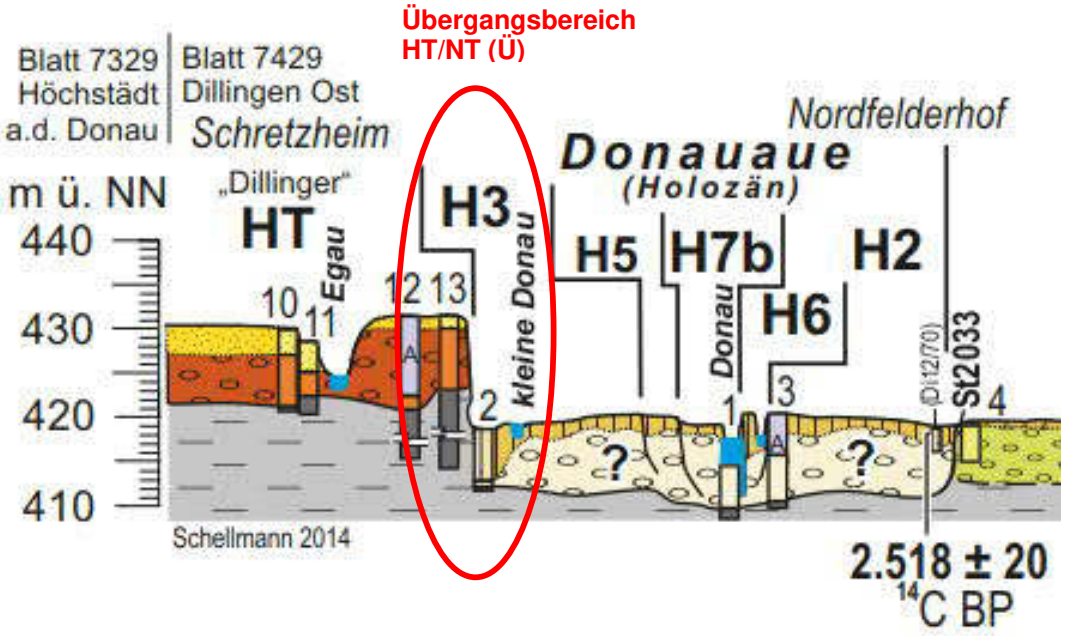


Abbildung 4-8: Profilschnitt aus /25/ quer zur südlichen HT-Grenze (auszugsweise Darstellung)

- Aufgrund der Höhenverhältnisse ist davon auszugehen, dass aus den Ries-Trümmermassen und/oder den Molassesedimenten, die den Höhenrücken zwischen Lutzingen und Finningen aufbauen, entlang des nördlichen Donautalrandes resp. der nördlichen HT-Grenze eine laterale Zuspeisung in den quartären GwLeiter erfolgt, soweit diese (lokalen?) GwVorkommen im Tertiär nicht in die lokalen (kleineren) Vorfluter südöstlich von Finningen bzw. bei Lutzingen entwässern; dies ist aber nach den vorliegenden NW-Abflussmessungen am 26.07.2004 (BRW) bzw. im Sommer 2020 kaum der Fall.
  Die folgende Abbildung skizziert den Zuspeisungsbereich für den Quartäraquifer entlang des nördlichen Donautalrandes, wie er südlich von Finningen-Lutzingen angenommen werden kann.

- Nach Bohrprofil und Ausbauplan von der Bohrung B10 (P10; siehe Anlage 5.2.1) ist diese GwMessstelle in den Molassesedimenten verfiltert, die demnach überwiegend feinsandig-schluffig ausgebildet sind. Nach der folgenden Abbildung dürfte auch die Durchlässigkeit der quartären Sedimente in Folge der Einschaltung feinkörniger Lagen in Richtung des Donautalrandes abnehmen resp. deutlich geringer sein, als im zentralen Teil der Hochterrasse, wie etwa im Bereich der Brunnen 1 und 2 Höchstädt und der möglichen Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4.

© Büro HG GmbH

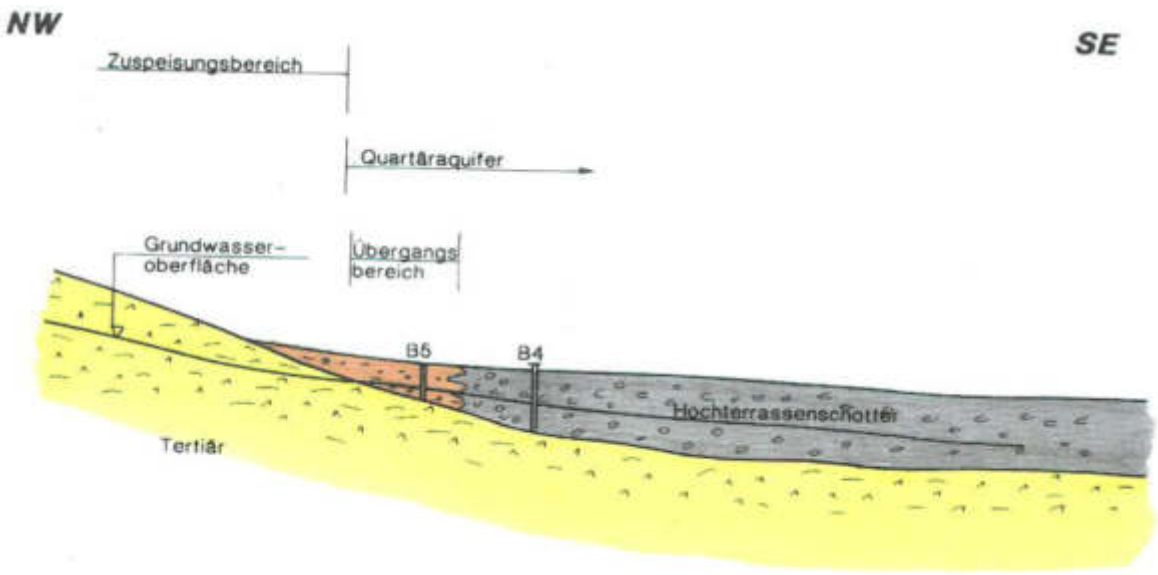


Abbildung 4-9: Schematischer Profilschnitt aus /1/ (1. Nachgang [1994], unmaßstäbliche Darstellung)

- Am Brunnen Lutzingen wurde in den vergangenen Jahren ein GwNiveau um 425,50 m ü.NN und folgender GwGang gemessen:

Abbildung 4-10: GwGanglinien Brunnen Lutzingen 2013 bis 2019 (aus /29/)

- Aus folgenden Gründen wird der Brunnen Lutzingen als GwStandsmessstelle im Karst gewertet:
  - Aus Bohrprofil und Ausbauplan ergibt sich, dass dieser Brunnen im Oberjura, also im Karstaquifer, verfiltert ist (siehe Abbildung 4-1). Allerdings besteht über die Filterkiesstrecke eine hydraulische Ankopplung an höher liegende Ries-Trümmermassen, die an diesem Standort den Molassesedimenten auflagern. In diesen Ries-Trümmermassen könnte ein eigenständiges, schwebendes (lokales?) GwVorkommen ausgebildet sein.
  - Das vorliegende Pumpversuchsdiagramm vom Brunnen Lutzingen in /29/, insbesondere der rasche Wiederanstieg des GwSpiegels nach Beendigung des Pumpvorgangs, spricht für die Ankopplung des Brunnens an ein hydraulisch offenes Fließsystem (GwSystem). Der regionale Karstaquifer stellt ein solches GwSystem dar.
  - Für die hydrogeologische Beurteilung des GwSpiegels am Brunnen Lutzingen ist der generelle geohydraulische Zusammenhang wesentlich, dass bei der hydraulischen Kopplung zweier GwVorkommen über den Brunnen- bzw. Messstellenausbau der zu messende

© Büro HG GmbH

Mischwasserspiegel primär vom GwNiveau des Aquifers mit der höheren Transmissivität geprägt ist. Im Falle des Brunnens Lutzingen ist dies mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit der Karstaquifer, der hier – im regionalen Maßstab – eine weitaus größere Mächtigkeit als die Ries-Trümmermassen aufweist, und sehr wahrscheinlich, wie die hohe Ergiebigkeit des Brunnens 6 Blindheim (Karstbrunnen) zeigt, auch die höhere Transmissivität.

- Bezüglich der Ries-Trümmermassen ist für den Bereich Lutzingen die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass hier aufgrund der Aquifergenese (Ries-Ereignis) ein lokales, hydraulisch möglicherweise (relativ) isoliertes GwSystem ausgebildet sein könnte, zum Beispiel eine allochthone Kalkstein-Scholle, die in geringer durchlässige Schichten (z.B. tonig ausgebildete Bunte Breccie) eingelagert ist. Es läge dann ein durch (relative) Staugrenzen berandetes, hydraulisch relativ abgeschlossenes GwFließsystem vor. Ein solches GwVorkommen kann im Falle der hydraulischen Ankopplung an ein offenes, regionales GwSystem prinzipiell kaum den GwSpiegel in einem mischverfilterten Brunnen prägen, da dauerhaft kein wesentlicher GwAbfluss aus diesem (relativ) isolierten GwSystem (Ries-Trümmermassen) in das offene GwSystem (Karstaquifer) möglich ist.
- Diese hydrogeologische Bewertung führt zu dem Schluss, dass der Mischwasserspiegel am Brunnen Lutzingen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit durch den lokalen Karstwasserspiegel geprägt ist, bzw. diesen mit guter Näherung repräsentiert. Daher fügt sich der GwSpiegel am Brunnen Lutzingen auch schlüssig in den regionalen GwGleichenplan für den Karst in /5/ ein.

➢ Der Karstwasserspiegel von ca. 425,50 m ü.NN am Brunnen Lutzingen liegt 6,5 bis 7 m über dem GwNiveau in der quartären Hochterrasse im Bereich der Brunnen 1 und 2 Höchstädt und rund 14 m höher als der Wasserspiegel in der Donauaue bzw. in der Niederterrasse. Demnach ist die Donauaue als bevorzugtes Entlastungsgebiet für das Tertiär und den Karst im tieferen Untergrund zu werten. Die entsprechende vertikale Zuspeisung dürfte somit in erster Linie in die Kiese der deutlich tiefer liegenden Niederterrasse südlich bzw. südöstlich von Höchstädt erfolgen. Für die Hochterrasse wird im Folgenden keine flächenhafte Zuspeisung aus dem Unterlager angenommen.

4.7 Vorgaben und Ansätze für das numerische GwStrömungsmodell

Bei der Aufgabenstellung steht die Klärung wasserwirtschaftlicher Fragen im Vordergrund, die mit dem natürlichen GwDargebot bzw. mit dem natürlichen GwUmsatz im Untersuchungsgebiet streng verknüpft sind. Die diesbezüglich relevanten Aspekte werden – wie bereits in /1/ und /31/ dargestellt – mit einem numerischen GwStrömungsmodell behandelt, das eine integre GwBilanz sicherstellt. Dementsprechend werden das Modellgebiet und die Randbedingungen so gewählt, dass modellrechnerisch kein unzulässiger, unplausibler oder bilanzmäßig unkontrollierbarer (Gw-)Zufluss in das Modellgebiet bzw. in das Prognosegebiet erfolgen kann. Dies wäre mit dem Risiko der Überschätzung des gewinnbaren GwDargebotes verbunden, was nicht dem Ziel einer nachhaltigen GwBewirtschaftung entspricht. Ebenso ist, vorzugsweise bei einem konservativen Ansatz, auch eine Unterschätzung des GwDargebotes bzw. des GwUmsatzes im Prognosegebiet zu vermeiden, da in diesem Fall das Risiko der Überschätzung bei der WSG-Bemessung besteht.

© Büro HG GmbH

Ausgehend von dieser Prämisse wurden das Modellgebiet und die entlang der Modellgrenzen wirksamen (äußeren) Randbedingungen definiert, und entsprechend an dieser Stelle beibehalten. Für die aktuelle Fortschreibung des numerischen Modells werden auf Basis des hydrogeologischen Modells folgende Vorgaben gemacht (siehe Anlage 6.2):

- Im Süden wurde der Verlauf des Äußeren Riedgrabens/Pulverbachs und, nach dessen Einmündung in den Klosterbach, der Verlauf des Klosterbaches als Modellrand festgelegt, und hier eine Leakage-Randbedingung, Typ RIVER (LRR) definiert. Das Niveau dieser LRR wird gemäß DGM 1-Daten sowie bereichsweise bekannter Einmesshöhen von Abflussmessungen vorgegeben, und gilt, da von diesen Fließgewässern keine Wasserspiegelaufzeichnungen vorliegen, sowohl für die stationäre als auch für die instationäre Modellierung. Die Gewässerprofile (Breite und Tiefe) werden plausibel abgeschätzt.

- Analog sind auch im Nordwesten, entlang des Brunnenbachs bei Finningen, als auch im Nordosten, entlang des Nebelbachs oberhalb und unterhalb von Schwennenbach LRR definiert. Zwischen diesen beiden LRR wird im Tertiär-Bereich eine No-Flow-Randbedingung (NFR) angesetzt (s.u.).

- Nördlich des Donautalrandes wird, grob orientiert an oberirdischen Wasserscheiden auf den Höhenlagen, eine Randstromlinie (No-Flow-Randbedingung [NFR]) definiert, so dass der laterale GwZufluss aus dem Tertiär-Bereich in den Quartäraquifer zwischen Brunnenbach und Nebelbach aus der Flächengröße zwischen dem nördlichen No-Flow-Rand und dem Donautalrand und der hierin wirksamen GwNeubildung aus Niederschlag resultiert.

- Im Westen ist eine Randstromlinie ausgehend von Finningen definiert, die nach Süden auf den Äußeren Riedgraben zuläuft. Diese NFR kann auch unter Berücksichtigung des aktualisierten GwGleichenplans in Anlage 5.1.2 beibehalten werden.

- Entlang der Ostgrenze des Modellgebietes wird eine Festpotenzial-Randbedingung (FPR) vorgegeben, deren Höhenniveau (417,5 m NN) für die stationäre Kalibrierung aus dem GwGleichenplan in Anlage 5.1.2 abgeleitet ist. Für die spätere instationäre Modellierung wird das Niveau dieser FPR zeitlich variabel entsprechend den bekannten GwSpiegelschwankungen an den Vorfeldmessstellen (VFM) B1 und B3 der BRW im Gebiet Blindheim angesetzt.

- Die kleineren Fließgewässer und Gräben bzw. Gewässerabschnitte sind als Leakage-Randbedingungen, Typ DRAIN (LRD) anzusetzen, entlang derer modelltechnisch, bei entsprechend hohen GwStänden, ausschließlich Exfiltration resp. GwAbfluss, jedoch keine Infiltration möglich ist (Verlauf/Lage jeweils nach TK 25 und Höhenangaben gemäß DGM 1; jeweils Ansatz in Modellschicht 1 [Donautal]; plausible Abschätzung der Gewässerprofile [Breite und Tiefe]). Als LRD werden auch die Quelle Brunnenmühle und der nahegelegene Weiherbach südlich von Finningen angesetzt.

- Im gesamten Modellgebiet ist die GwNeubildung aus Niederschlag für die stationäre Modellierung gemäß LfU-Shapefile gemäß Anlage 6.4 anzusetzen (Ansatz einer mittleren [stationären] flächenhaft wirksamen Zusickerung). Der GwNeubildungsansatz gemäß LfU-Shapefile /10/ ist für den Zeitraum 2012 bis 2018 als konservativ zu werten, da in dieser Zeit ausgeprägte Trockenjahre aufgetreten sind, mit unterdurchschnittlicher GwNeubildung aus Niederschlag. Aufgrund dessen kann im Zuge von

© Büro HG GmbH

Sensitivitätsberechnungen auf den Ansatz einer weiter reduzierten GwNeubildung, etwa gemäß /22/, verzichtet werden.
Für die instationäre Modellierung ist die saisonale Variation der GwNeubildung aus Niederschlag für den Kalibrierungsszeitraum mittels Bodenwasserhaushaltsmodell zu berechnen und dementsprechend anzusetzen.

- Für die stationäre Kalibrierung auf den Stichtag 22./28.06.2021 ist für die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt die durchschnittliche Förderrate des Monats Juni 2021 anzusetzen. Für die instationäre Kalibrierung kann der Entnahmeansatz wie folgt vorgenommen werden:
  - Zeitraum 01/2016 bis 12/2018: Durchschnittsförderung des jeweiligen Jahres
  - Zeitraum 01/2019 bis 06/2021: Ansatz der durchschnittlichen monatlichen Förderraten

Bei der gewählten Abgrenzung des Modellgebietes in Verbindung mit der erfolgten Definition der (äußeren) Randbedingungen ist modelltechnisch sichergestellt, dass ein Zufluss innerhalb des Modellgebietes nur über die GwNeubildung aus Niederschlag und die Gewässerinfiltration möglich ist, gesteuert über die lokalen und momentanen hydraulischen Gradienten zwischen Fließgewässer und Quartäraquifer und die lokalen geohydraulischen Kennwerte. Der Abfluss aus dem Modellgebiet bzw. der GwEntzug erfolgt demnach durch GwEntnahmen an den angesetzten Brunnen und natürlichen GwAbfluss entlang der Vorfluter (Fließgewässer / Gräben und Quellen) und über die Festpotenzial-Randbedingung im Osten.

Der vertikale Modellaufbau wird wie folgt gestaltet (2-Schicht-Modell):

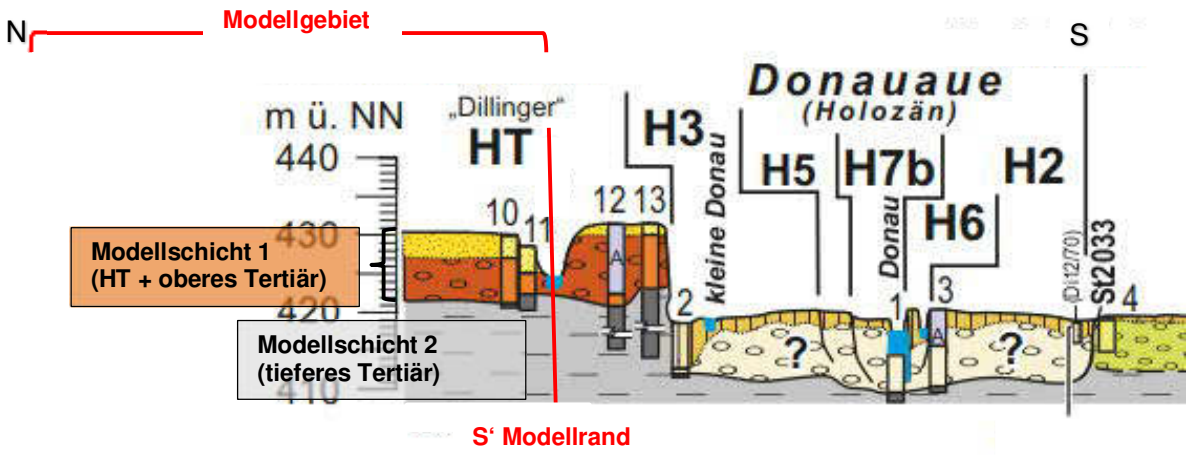


Abbildung 4-11: Vertikaler Aufbau des numerischen GwModells für den Quartäraquifer bei Höchstädt

- Die Quartärbasis ist aufgrund der geohydraulischen Relevanz (weitgehend ungespannter Aquifer) entsprechend dem aktuellen Erkundungsstand (2021) realitätsnah vorzugeben (gemäß Anlage 5.1.1).

- Die im HGM genannten geohydraulischen Kennwerte für das Quartär und das Tertiär sind als Startwerte für die Modellkalibrierung anzusetzen, und ggf. im Zuge der Modellkalibrierung im Rahmen hydrogeologisch plausibler Grenzen zu variieren. Der geohydraulische Kennwert entlang der Leakage-

© Büro HG GmbH

Randbedingungen (Leakage-Faktor; conductance) ist abzuschätzen (Startwerte), und ggf. im Zuge der stationären Modellkalibrierung unter Berücksichtigung der vorliegenden Abflussmessungen plausibel zu variieren (s. u.).

- Bei der gegebenen Aufgabenstellung und aufgrund der örtlichen Rahmenbedingungen ist es notwendig, im Nahbereich der Brunnen und entlang der relevanten Gewässer/Gräben ein feinere Diskretisierung des Modellgebietes vorzunehmen (siehe Anlage 6.3).

- Die stationäre Kalibrierung des numerischen Modells ist an den GwStänden 22./23.06.2021 gemäß Tabelle 4-1 auszurichten, die etwa MW-Bedingungen repräsentieren. Der stationäre Kalibrierungszustand definiert die Anfangsbedingungen für die instationäre Kalibrierung.

- Zur GwBilanzkontrolle können im Rahmen der stationären Kalibrierung die vorliegenden Abflussmessungen herangezogen werden, soweit die betreffenden Gewässer bzw. Gewässerabschnitte innerhalb des Modellgebietes liegen und nicht entlang der Modellgrenzen als Randbedingungen definiert sind. Entlang der betreffenden Gewässerabschnitte sollten die gemessenen NW-Abflussveränderungen so gut wie möglich mit der rechnerischen Abflussänderung entlang der entsprechenden Leakage-Randbedingung (LRR) reproduziert werden. Als maßgebend werden hierfür die Abflussmessungen vom 26.07.2004 (BRW) angesehen, die sommerliche NW-Bedingungen und somit GwAbflüsse entlang der Vorfluter repräsentieren. Zudem wurden zu diesem Zeitpunkt viele Messpunkte innerhalb des Untersuchungsgebietes erfasst (siehe Anlage 1.3).

- Für die spätere instationäre Kalibrierung ist der Zeitraum ab 01/2016 zweckmäßig, da nach der GwGanglinie von der amtlichen GWM D44 Mörslingen in den Jahren 2016 und 2017 insgesamt etwa MW-Bedingungen gegeben waren, was der definierten Anfangsbedingung in hohem Maße entspricht (siehe Anlage 3.3). An dieser Ganglinie und den GwStandsaufzeichnungen von den GWM P2, P3, P8 und P11 der Stadt Höchstädt ist die instationäre Kalibrierung auszurichten. Von den städtischen GWM liegen entsprechende Aufzeichnungen seit 11/2019 vor (siehe Anlage 3.2).

- Die GwEntnahmen erfolgen nur an den Brunnen der Stadt Höchstädt und werden, wirksam in Modellschicht 1 (Quartär der Hochterrasse), wie folgt angesetzt:
  - Stationäre Kalibrierung: monatliche Einzelentnahmen im Juni 2021.
  - Instationäre Kalibrierung: mittlere jährliche Einzelentnahmen der Brunnen 1 und 2 im Zeitraum 01/2016 bis 12/2018 und mittlere monatliche Einzelentnahmen der Brunnen 1 und 2 im Zeitraum 01/2019 bis 06/2021.

Gegenüber dem Modellstand 10/2020 in /1/ wurden im Zuge der aktuellen Bearbeitung im Wesentlichen folgende Daten verändert:

- Durch die Erkundungsbohrungen 2021 in Verbindung mit den Erkenntnissen in /2/ ist die Basis des quartären GwLeiters nordwestlich der Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt besser abgesichert. Aufgrund des ungespannten Charakters verbessert dies auch die Quantifizierung der GwStrömung in der quartären Hochterrasse im Modellgebiet, insbesondere für die möglichen Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4. Zudem liegen längere Messreihen für die instationäre Modellkalibrierung vor.

© Büro HG GmbH

- Aufgrund der zusätzlichen Pumpversuchsergebnisse von den GWM 6/21 und 7/21 und vom Versuchsbrunnen VB Br. 4 liegen weiter verbesserte Erkenntnisse über die räumliche Verteilung der geohydraulischen Kennwerte des Quartäraquifers vor.

- Durch Markierungsversuch 2021 liegen nun erkundungsmäßig abgesicherte Erkenntnisse über die GwFließgeschwindigkeit in dem wasserwirtschaftlich relevanten GwLeiter nordwestlich der Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt vor.

Es besteht somit eine belastbare Datengrundlage für ein im Sinne der Aufgabenstellung prognosefähiges numerisches GwStrömungsmodell.

© Büro HG GmbH

5. Erkundungsergebnisse zu möglichen Brunnenstandorten

5.1 Erkundungsergebnisse zum Standort VB Br. 3

In /1/ wurde GwModell-gestützt der Standort VB Br. 3 für einen neuen TwBrunnen für die Stadt Höchstädt etwa 400 m nördlich der bestehenden Brunnen 1 und 2 und etwa 100 m westlich der GWM P2 ermittelt (Standort VB Br. 3; s. u.). Hydrogeologisch wesentlich war für diese Standortauswahl, dass an der nahegelegenen GWM P2 im Rahmen früherer Untersuchungen eine überdurchschnittliche Durchlässigkeit des Quartäraquifers mittels Pumpversuch nachgewiesen wurde, bei gleichzeitig, gemessen am Erkundungsziel, noch hinreichend großer Aquifermächtigkeit. Eine demzufolge entsprechend große Transmissivität ist Grundvoraussetzung für einen ausreichend ergiebigen Brunnen.
Entscheidend für die Standortwahl war zudem die Lage innerhalb des bestehenden Wasserschutzgebietes.

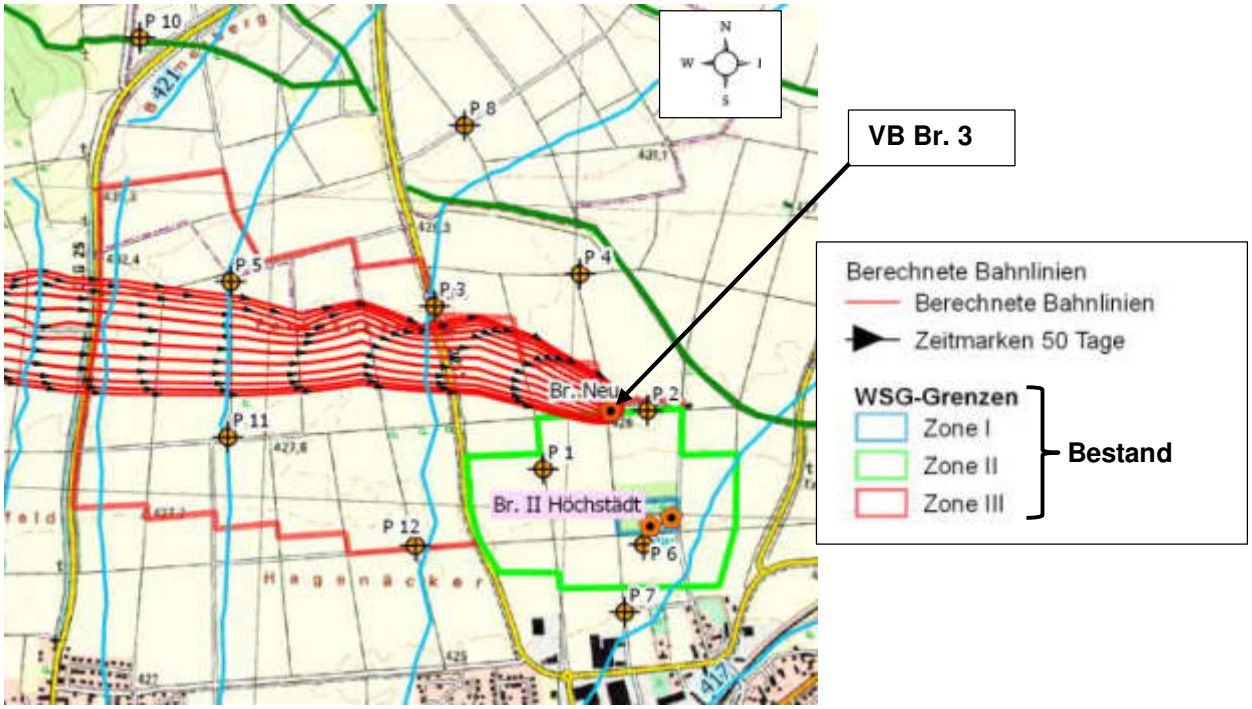


Abbildung 5-1: Möglicher Brunnenstandort VB Br. 3 (unmaßstäbliche Darstellung; Ergebnis der Voruntersuchung)

Ausgehend von dieser Einschätzung wurde der Bereich unmittelbar westlich der GWM P2 mittels Erkundungsbohrungen zur Klärung der lokalen Aquifermächtigkeit, der Korngröße der quartären Kiese in diesem Bereich sowie der möglichen Ergiebigkeit des Quartäraquifers im Hinblick auf die weitere Erschließungsplanung wie folgt detailliert erkundet (siehe Anlage 4):

- Zunächst wurden auf den Grundstücken Fl.-Nrn. 2284, 2285, 2335 und 2337 Kernbohrungen bis zur Quartärbasis abgeteuft, um die (potenziell) größte Mächtigkeit des GwLeiters bzw. des Quartäraquifers in diesem Bereich zu ermitteln:

© Büro HG GmbH

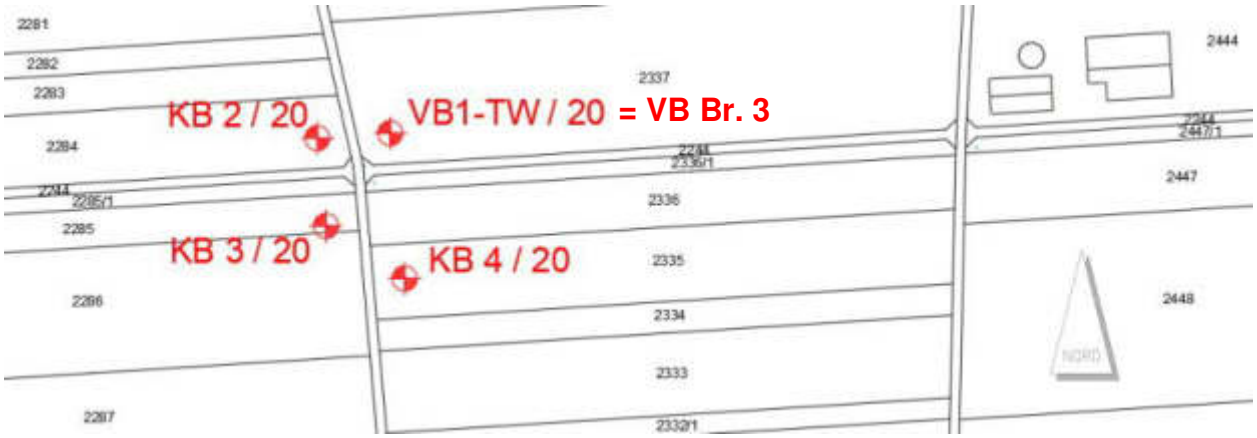


Abbildung 5-2: Detailplan zur Erkundung des Standorts VB Br. 3 (unmaßstäbliche Darstellung)

- An den Bohrungen KB 1 und KB 2 wurde die Quartärbasis in 11,40 m Tiefe festgestellt; an den KB 3 und KB 4 wurde sie in höherer Lage angetroffen. Aufgrund der Tieflage der Quartärbasis war an den Standorten KB 1 und KB 2 somit die größte Quartär- bzw. Aquifermächtigkeit zu erwarten. Sie wurde am Standort KB 1 mit ca. 3,80 m festgestellt, was der Erwartung gemäß Anlage 4.1.3 in /1/ entsprach.

- Nach der geologischen Ansprache des Bohrprofils war an der Bohrung KB 1 der höchste Anteil an (gröberem) Kies im Bohrgut zu erkennen. Dies lies hier in Verbindung mit der größten Aquifermächtigkeit auch die größte Transmissivität[1] erwarten. Daher wurde die Bohrung KB 1 auf dem Grundstück Fl.-Nr. 2337 aufgebohrt und zum Versuchsbrunnen VB Br. 3 ausgebaut (Ausbau-∅ DN 250).
  Die Schutzfunktion der Deckschichten an diesem Standort ist gering (siehe Anlage 5.3).

- An dem Versuchsbrunnen VB Br. 3 wurde vom 02. bis zum 09.07.2020 ein stufenweiser Pumpversuch über ca. 168 h durchgeführt, mit einer Förderleistung von bis zu 25 l/s (Endstufe). Die maßgebliche Pumpstufe mit einer Förderleistung von 20 l/s wurde über ca. 140 h gefahren. Hierbei wurde ein ca.-Beharrungszustand erreicht (= Konstanz von Förderleistung und GwAbsenkung im Brunnen), bei einer Absenkung des Brunnenwasserspiegels von ca. 0,80 m. Dies bedeutet, dass ein entsprechend großkalibriger und hydraulisch optimal ausgebauter Brunnen an diesem Standort eine ähnliche technische Ergiebigkeit aufweisen sollte, wie die bestehenden Brunnen 1 und 2 (bis zu 30 l/s).

- Am 08.07.2020 wurde während des laufenden Pumpversuchs eine GwProbe entnommen, anhand derer ein Sauerstoff-reiches (8,2 mg/l) und Eisen- und Mangan-armes Grundwasser nachgewiesen wurde, wie es auch von den Brunnen 1 und 2 bekannt ist.
  Der ermittelte Nitrat-Wert beträgt 27 mg/l und liegt somit in der gleichen Größenordnung wie an den Brunnen 1 und 2, wobei auch hier aufgrund des hohen Sauerstoff-Gehaltes keine Reduzierung durch Nitratabbau gegeben ist. Der Einfluss der Landwirtschaft im Einzugsgebiet zeigt sich unmittelbar im Nitrat-Wert; auch die nachgewiesenen nicht relevanten Metaboliten (nrM) belegen diesen Einfluss.
  Insgesamt entspricht das Förderwasser vom VB Br. 3 hydrochemisch den Anforderungen der TrinkwV.

[1] Transmissivität T (m²/s) = Profildurchlässigkeit = Produkt aus Aquifermächtigkeit (m) und Durchlässigkeitsbeiwert k_f (m/s). Eine hohe Transmissivität ist die wesentliche Voraussetzung für eine hohe Brunnenergiebigkeit.

© Büro HG GmbH

Aufgrund dieser Erkundungsergebnisse ist der Standort VB Br. 3 als potenziell geeigneter Brunnenstandort einzustufen.

5.2 Erkundungsergebnisse zum Standort VB Br. 4

In /1/ wurde GwModell-gestützt auch ein möglicher Brunnenstandort im Bereich der GWM P4 untersucht, da hier nach früheren Untersuchungen eine hohe Durchlässigkeit des Quartär-GwLeiter nachgewiesen wurde, bei einer gleichzeitig erschließungsrelevanten Aquifermächtigkeit.
Ausgehend von diesem Ergebnis und dem Resultat vom Versuchsbrunnen VB Br. 3 wurde 2021 ein Standort etwa auf halber Strecke zwischen GWM P4 und VB Br. 3 ein weiterer Versuchsbrunnen (VB Br. 4) eingerichtet. Ausschlaggebend für diese Standortwahl war die größere Entfernung zum Bitzigraben im Vergleich zum Standort GWM P4. Zudem sollten für ein mögliches Wasserschutzgebiet möglichst wenige Flächen der Gemeinde Lutzingen beansprucht werden. Der folgende Auszug aus Anlage 4.1 gibt einen Eindruck von den örtlichen Gegebenheiten.

Abbildung 5-3: Mögliche Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4 (unmaßstäbliche Darstellung; Auszug aus Anlage 4.1)

Am Standort VB Br. 4 wurden 2021 folgende Erkundungsergebnisse erzielt:

- An der vorab durchgeführten Kernbohrung KB 15/21wurde die Quartärbasis in 13,60 m Tiefe festgestellt und mit ca. 6,4 m für diesen Bereich ungewöhnlich große Aquifermächtigkeit festgestellt. Dies ließ eine gute Ergiebigkeit des wasserwirtschaftlich relevanten GwLeiters erwarten, sodass an dieser Stelle der Versuchsbrunnen VB Br. 4 eingerichtet wurde. In dem Gw-führenden Abschnitt der sandigen Kiese wurden an der KB 15/21 Bohrgutproben entnommen und Kornverteilungsanalysen durchgeführt, als Grundlage für eine eventuelle zukünftige Brunnenbohrung an diesem Standort.

© Büro HG GmbH

Die Schutzfunktion der Deckschichten an diesem Standort ist gering (siehe Anlage 5.3).

- An dem Versuchsbrunnen VB Br. 4 wurde vom 20. bis zum 24.05.2021 ein 2-stufiger Pumpversuch über ca. 120 h durchgeführt, mit einer Förderleistung von bis zu 24,5 l/s (Endstufe). Hierbei wurde tendenziell der-Beharrungszustand erreicht (= Konstanz von Förderleistung und GwAbsenkung im Brunnen), bei einer Absenkung des Brunnenwasserspiegels von ca. 1 m. Dies bedeutet, dass ein entsprechend großkalibriger und hydraulisch optimal ausgebauter Brunnen an diesem Standort eine ähnliche technische Ergiebigkeit aufweisen sollte, wie die bestehenden Brunnen 1 und 2 (bis zu 30 l/s).

- Am 25.05.2020 wurde während des laufenden Pumpversuchs eine GwProbe entnommen, anhand derer ein Sauerstoff-reiches (>7,0 mg/l[1]) und Eisen- und Mangan-freies Grundwasser nachgewiesen wurde, wie dies auch von den Brunnen 1 und 2 bekannt ist.
  Der ermittelte Nitrat-Wert beträgt 30 mg/l und liegt somit in der gleichen Größenordnung wie an den Brunnen 1 und 2 bzw. wie im gesamten Untersuchungsgebiet. Auch hier ist aufgrund des hohen Sauerstoff-Gehaltes keine Nitrat-Reduzierung durch Nitratabbau gegeben. Der Einfluss der Landwirtschaft im Einzugsgebiet zeigt sich somit unmittelbar im Nitrat-Wert; auch die nachgewiesenen nicht relevanten Metaboliten (Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl) belegen diesen Einfluss.
  Insgesamt entspricht das Förderwasser vom VB Br. 4 hydrochemisch den Anforderungen der TrinkwV.

Aufgrund dieser Erkundungsergebnisse ist auch der Standort VB Br. 4 als potenziell geeigneter Brunnenstandort einzustufen.

5.3 Markierungsversuch 2021 – SF_6-Markierung des Grundwassers über die GWM P1

Für die Bemessung eines Wasserschutzgebietes, Zone III bzw. Zone IIIA ist es nach den einschlägigen Leit- bzw. Richtlinien /7/, /8/ maßgeblich, ob die GwFließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) im GwEinzugsgebiet der betreffenden Brunnen <5 m/Tag oder >5 m/Tag beträgt. Im ersten Fall kann die Begrenzung der Zone III bzw. der Zone IIIA in etwa 2 km im GwOberstrom der TwFassung erfolgen, im zweiten Fall ist diesbezüglich ein 3 km-Kriterium einzuhalten.

In /1/ wurden näherungsweise Abstandsgeschwindigkeiten um 5 m/Tag ermittelt. Um diesbezüglich zu einer Präzisierung und damit zu einer fundierten Herleitung der maßgeblichen Abstandgeschwindigkeit für die spätere WSG-Bemessung zu kommen, wurde 2021 folgendes Konzept für einen Markierungsversuch zur direkten Bestimmung der GwFließgeschwindigkeit umgesetzt (siehe Abbildung 5-4):

- Direkte Markierung des Grundwassers in der quartären Hochterrasse über die GWM P1, die gemäß der GwModellierung in /1/ im GwEinzugsgebiet der aktuell betriebenen Brunnen 1 und 2 liegt, knapp außerhalb der in /1/ berechneten 50-Tage-Zone dieser Brunnen. Für diese (Permanent-) Markierung

[1] Wertermittlung während des laufenden Pumpversuchs (siehe Anlage 4.3.6).

© Büro HG GmbH

wurde eine SF_6-Patrone[1] über den Zeitraum von 100 Tagen in die GWM P1 eingebaut; die GWM P1 liegt ca. 450 m Gw-oberstromig der Brunnen 1 und 2.

- Beobachtung/Erfassung der SF_6-Nachweise an den Brunnen 1 und 2 bei deren regulären Betrieb für die TwVersorgung. Aus der zeitlichen Entwicklung der SF_6-Befunde an den Brunnen 1 und 2 lässt sich die maßgebliche Abstandsgeschwindigkeit für dieses GwEinzugsgebiet unmittelbar ableiten. Ggf. gewichtet über die Durchlässigkeitsbeiwerte lässt sich dieses Ergebnis mit guter Näherung auf die GwEinzugsgebiete der eventuellen Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4 übertragen.

- Das Versuchskonzept wurde im Vorfeld mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth abgestimmt und auf dieser Grundlage die erforderliche wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt Dillingen a.d.Donau eingeholt.

Mit dem Markierungsversuch wurde am 12.04.2021 (Tag 0) mit dem Einbau der SF_6-Patrone in die GWM P1 begonnen; am Brunnen 1 wurde erstmalig am 17.05.2021 (Tag 35) SF_6 nachgewiesen. Dieser Erstbefund markiert die maximale Abstandsgeschwindigkeit, die demnach v_{max} = 450 m / 35 Tage = ca. 13 m/Tag beträgt.

Die maßgebliche (modale) Abstandsgeschwindigkeit ist durch den Zeitpunkt definiert, bei dem bei weiterem Tracer-Durchgang ca. 50% der am Brunnen 1 gemessenen Maximalkonzentration des Markierungsstoffs erreicht war. Dies war gemäß Anlage 4.6.2 am 20.06.2021 (Tag 69) der Fall (s. u.), woraus sich v_{Mittel} bzw. v_{modal} = 450 m / 69 Tage = ca. 6,5 m/Tag ergibt.

Da an der GWM P1 und an der VB Br. 3 mit k_f = 0,015 m/s dieselben Beträge für den Durchlässigkeitsbeiwert[2] ermittelt wurden (siehe Tabelle 4-4), kann diese Abstandsgeschwindigkeit auch für den möglichen Brunnenstandort VB Br. 3 angenommen werden, zumindest für den brunnennäheren Teil des GwEinzugsgebietes für diesen Standort. Im Nahbereich des möglichen Brunnenstandorts VB Br. 4 dürfte ebenfalls eine Abstandgeschwindigkeit von deutlich >5 m/Tag gegeben sein, da hier mit 0,022 m/s ein überdurchschnittlicher k_f-Wert ermittelt wurde, der auch über dem Betrag an der VB Br. 3 liegt.

Am Brunnen 2 war kein signifikanter Tracer-Durchgang zu verzeichnen. Dies bedeutet, dass die Eingabestelle vollständig im GwEinzugsgebiet von Brunnen 1 liegt, was nach Abbildung 5-4 auch nicht unplausibel ist. Die Aussagekraft des Tracer-Versuchs wird dadurch nicht geschmälert.

Aufgrund dieser Resultate ist für die WSG-Bemessung, Zone III bzw. IIIA sowohl für den Standort VB Br. 3 als auch für den Standort VB Br. 4 eine mittlere Abstandsgeschwindigkeit von >5 m/Tag anzusetzen. Unabhängig von dieser Bewertung bestätigt das Markierungsversuchsergebnis die sachgerechte Bemessung der bestehenden Schutzzone II für die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt.

[1] Bei SF_6 handelt es sich um ein atmosphärisches Spurengas, das biologisch und chemisch inert sowie farb- und geruchlos ist. Aufgrund der empfindlichen Nachweisbarkeit kann es in sehr geringen Mengen eingesetzt werden. Das Gas wird aus den Vorratsbehältern (Gaspatronen) nach und nach passiv in das die GwMessstelle durchströmende Grundwasser abgegeben. Der Betrieb von TwBrunnen wird durch die SF_6-Zugabe ins Grundwasser nicht beeinträchtigt.

[2] Hinweis: Der k_f-Wert prägt maßgeblich die GwAbstandsgeschwindigkeit.

© Büro HG GmbH

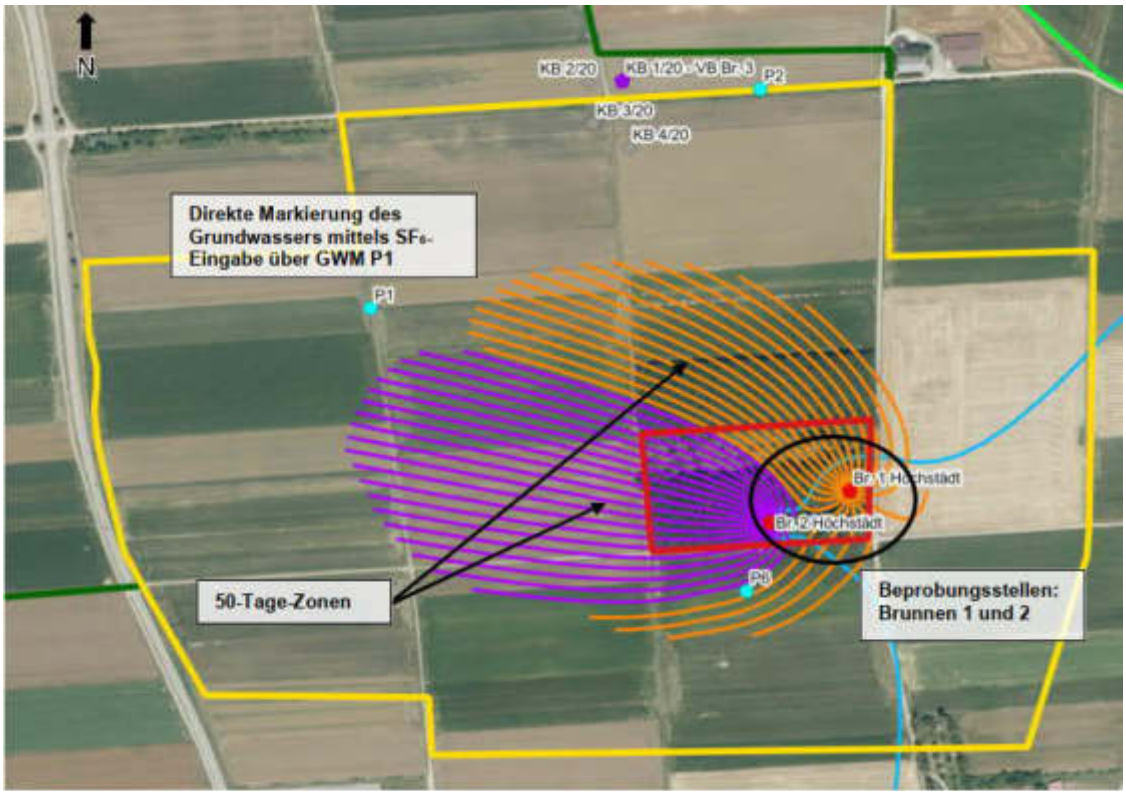


Abbildung 5-4: Konzept für den SF_6-Markierungsversuch 2021 im bestehenden WSG, Zone II (aus /1/)

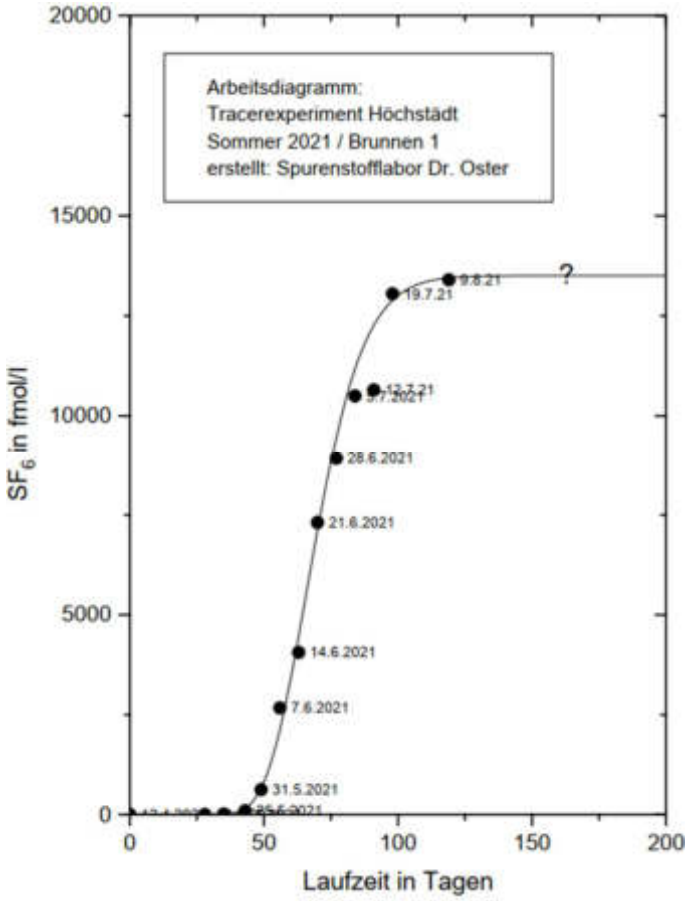


Abbildung 5-5: SF_6-Durchgang am Brunnen 1 (Datenstand 09.08.2021)

© Büro HG GmbH

6. Numerische Grundwassermodellierung

6.1 Modellkonzept, Modellkalibrierung

Für die Optimierung der zukünftigen TwGewinnung der Stadt Höchstädt a.d.Donau wurde in /31/ ein numerisches GwModell für den Quartär-GwLeiter der Hochterrasse nördlich der Donau erstellt, das 2020 erstmalig /1/ und auf Basis der Erkundungsergebnisse 2021 aktuell nach folgendem Konzept fortgeschrieben wird:

Tabelle 6-1: Konzept für das „GwModell Höchstädt a.d.Donau“

Modellaspekt	konzeptioneller Ansatz	Umsetzung, Untersuchungsziele und fachliche Hinweise
Modellgebiet	Orientierung an natürlichen Randbedingungen (RB)	➢ Naturnahe Ausrichtung der GwStrömungsberechnung
Modellcharakter	Stationäres und instationäres Modell	➢ Stationäre Modellierung für ca.-MW-Bedingungen 22./28.06.2021 ➢ Instationäre Modellierung auf Basis der GwStandsaufzeichnungen für den Zeitraum 01/2016 bis 06/2021; stationärer Kalibrierungszustand als Anfangsbedingung für die instationäre Modellierung.
Randbedingungen (RB) (abgeleitet aus GwGleichenplan)	➢ No-Flow- Randbedingungen (NFR) entlang abgeschätzter im Nordwesten, Norden und Nordosten (NFR; wirksam in beiden Modellschichten). ➢ (tiefliegendes) Festpotenzial (FPR) entlang des E‘ Modellrandes; Höhenniveau abgeleitet aus GwGleichenplan bzw. den GwStänden Anfang/Mitte 04/2019 an den BRW-Messstellen B1 und B3 (stationäre Modellierung); zeitlich variabel für den Zeitraum ab 01/2016 (instationäre Modellierung) (Festpotenzial wirksam in beiden Modellschichten). ➢ Leakage-RB (RIVER [LRR]) entlang der Vorfluter Brunnenbach, Nebelbach, Pulverbach und Klosterbach (Ex- und Infiltration sind modelltechnisch möglich; wirksam in der 1. oder 2. Modellschicht). ➢ Leakage-RB (DRAIN [LRD]) entlang der übrigen Gräben / Gewässer sowie Quellen (modelltechnisch ist nur Exfiltration möglich; wirksam in der 1. oder 2. Modellschicht).	➢ Sicherstellung einer integren GwBilanz für das Quartär. ➢ Gewässer als Leakage-RB; Gewässerniveaus entsprechend DGM1 (Nebelbach, Klosterbach, Pulverbach), bekannte Gewässerhöhen bzw. gemäß DGM 10 und TK25 (Nebenbäche der o.g. Fließgewässer). ➢ Lateraler Randzufluss aus dem Tertiär in den quartären GwLeiter entlang des nördlichen Donautalrandes wird nicht angesetzt, sondern resultiert aus der Modellierung.

© Büro HG GmbH

Modellaspekt	**konzeptioneller Ansatz**	**Umsetzung, Untersuchungsziele und fachliche Hinweise**
Quellen und Senken	➢ GwNeubildung aus Niederschlag gemäß aktuellem LfU-Datensatz für den Zeitraum 2012 bis 2018 (stationäre Modellierung). ➢ GwNeubildung nach Bodenwasserhaushaltsmodell für den Zeitraum 01/2016 bis 06/2021 (instationäre Modellierung) ➢ Keine flächenhaft wirksame Zuspeisung aus dem Quartär-Unterlager. ➢ Entnahmen an den Brunnen der Stadt Höchstädt[1], umgesetzt in Modellschicht 1 (nur Quartärbrunnen-Entnahmen). ➢ Stationäre Kalibrierung: Ansatz der Br. 1 und 2 Höchstädt mit der monatlichen Entnahme Juni 2021. ➢ Instationäre Kalibrierung: Entnahmen an den Br. 1 und 2 Höchstädt: • Zeitraum 01/2016 bis 12/2018: ∅Jahresentnahmen • Zeitraum 01/2019 bis 06/2021: ∅Monatsentnahmen	
Vertikaler Modellaufbau	Umsetzung des Untergrundaufbaus als 2-Schichten-Modell	➢ Schicht 1: Quartär-GwLeiter; realitätsnaher Ansatz der Quartärbasis gemäß Anlage 5.1.1. ➢ Schicht 2: Tertiär unterhalb der Quartärbasis als dichte Modellbasis, festgesetzt auf 400 m ü.NN (Abschätzung in Anlehnung an das GwModell „Kugelberggruppe“ /17/).
Parametrisierung	➢ Startwerte für die (stationäre und instationäre) Kalibrierung (Quartäraquifer; 1. Modellschicht im Donautal [Hochterrasse] nach HGM in Kap. 4.6): • k_f = 1,4E-2 m/s • n_o = 0,27 • Ss = 1E-4 m^{-1} ➢ Definierte Werte für Tertiär-Schichten (1. Modellschicht außerhalb des Donautals und 2. Modellschicht im Donautal [Abschätzung in Anlehnung an das GwModell „Kugelberggruppe“ /17/ und nach /3/]): • k_{fh} = 1E-6 m/s; k_{fv} = 1E-7 m/s	➢ Quartär im Donautal: flächenhafte k_f-Wert-Ermittlung über Modellkalibrierung (Parameteroptimierung). ➢ Quartär im Donautal: flächenhafte Ermittlung der Nutzporosität (n_o) über die instationäre Modellkalibrierung im Kernbereich des Modellgebietes (= Prognosegebiet) (Parameteroptimierung

[1] Es bestehen keine weiteren relevanten GwEntnahmen im Modellgebiet.

© Büro HG GmbH

Modellaspekt	konzeptioneller Ansatz	Umsetzung, Untersuchungsziele und fachliche Hinweise
	• n_o = 0,05 • Ss = 1E-4 m^{-1}	
Kalibrierungsziele (stationär) und Plausibilitätsprüfung	➢ Nachbildung der GwStrömungssituation gemäß ca.-MW-Bedingungen am 22./28.06.2021. ➢ Plausibilitätsprüfung anhand der vorliegenden Abflussmesswerte (Messungen vom 26.07.2004 und vom Sommer 2020). ➢ Reproduktion der Abstandsgeschwindigkeit gemäß Markierungsversuch 2021 im Bereich GWM P1 – Br. 1+2 Höchstädt.	➢ Nachbildung der GwStrömungsverhältnisse bei Ansatz der Durchschnittsentnahmen an den Brunnen 1 und 2 Höchstädt des Jahres 2019 und ca.-MW-Bedingungen und des GwNeubildungsansatzes gemäß LfU /10/ (Mittelwert 2012 bis 2018). ➢ Plausibilitätsprüfung bzgl. der GwBilanz anhand der gemessenen NW-Abflüsse an den Fließgewässern im Modellgebiet.
Kalibrierungsziele (instationär)	➢ Nachbildung der GwGanglinien an der amtlichen GWM D 44 Mörslingen und an den GWM P2, P3, P8 und P11 der Stadt Höchstädt im Zeitraum 01/2016 bis 06/2021; Ansatz der zeitlich variablen GwNeubildung gemäß Bodenwasserhaushaltsmodell. ➢ Vorgabe des stationären Kalibrierungszustands als Anfangsbedingung.	➢ Reproduktion der Dynamik des GwSystems bei realitätsnaher Vorgabe der zeitlichen variablen GwNeubildung aus Niederschlag (Bodenwasserhaushaltsmodell) im Zeitraum 01/2016 bis 06/2021.
Modellanwendungen (stationäre Berechnungen)	➢ Berechnung des GwEinzugsgebietes und der 50-Tage-Zonen für für mögliche Standorte für einen neuen Brunnen (VB Br. 3 und VB Br. 4) und evtl. Alternativstandorte. ➢ Sensitivitätsberechnung: Untersuchung des Einflusses der Quartärbasis auf die Lage des Brunneneinzugsgebietes von VB Br. 3.	➢ Ermittlung relevanter Brunneneinzugsgebiete und der maßgeblichen GwFließgeschwindigkeit in diesen Brunneneinzugsgebieten. ➢ Konzeptionelle WSG-Bemessung für mögliche Standorte für einen neuen Brunnen (VB Br. 3 und VB Br. 4).

Das numerische GwModell wird mit dem Rechenprogramm MODFLOW (GMS Version 10.4.10) erstellt, das nach der Finite-Differenzen-Methode arbeitet.

6.2 Modellkalibrierung

6.2.1 Stationäre Kalibrierung

Das „GwModell Höchstädt a.d.Donau“ ist auf Basis des GwStandes vom 22./28.06.2021 (= ca.-MW-Bedingungen) stationär kalibriert, und anhand der NW-Abflussmessungen vom 26.07.2004 und vom Sommer 2020 an den lokalen Vorfluter auf Plausibilität geprüft; die entsprechenden Abflussmessstellen sind in Anlage 6.5.2 dargestellt. Darüber hinaus dienen die NW-Abflussmessungen vom Sommer 2020 zur Plausibilitätskontrolle.

© Büro HG GmbH

Die Güte der stationären Modellkalibrierung ergibt sich aus dem Scatter-Plot in Anlage 6.5.1, den dort angegebenen statistischen Parametern und aus dem Vergleich der berechneten Abflüsse bzw. Abflusszuwächse in Anlage 6.5.2. Bezüglich des Abflusses wird die Messung vom 26.07.2004 als maßgebend angesehen, da diese (sommerliche) NW-Bedingungen repräsentiert, was im Sinne der Aufgabenstellung, und bei Vorgabe der GwNeubildung entsprechend den relativ trockenen Jahren 2012 bis 2018 gemäß LfU-Shapefile, einen konservativen Ansatz bedeutet.
Die statistischen Parameter bezüglich des Vergleichs von gemessenen und berechneten GwStänden in Anlage 6.5.1 sind sehr gut.

Bezüglich des Vergleichs gemessener und berechneter Abflüsse ist der Gewässerabschnitt MP4 – MP8 des Klosterbachs besonders aussagekräftig, da das Teileinzugsgebiet dieses Gewässerabschnitts vollständig im Modellgebiet liegt. Gemessen wurde hier am 26.07.2004 eine Infiltrationsrate von 76 l/s und das GwModell liefert für diesen Gewässerabschnitt eine plausible Infiltrationsrate von ca. 82 l/s. Ebenso bleiben im Modell die Gewässer (= Leakage-RB, Typ Drain) östlich von Lutzingen an dem Messpunkt MP12 trocken, wie dies sowohl am 26.07.2004 als auch im Sommer 2020 gemessen resp. festgestellt wurde. Bis zum MP15 berechnet das GwModell nur einen minimalen Abfluss.

Die Berechnung der Abstandsgeschwindigkeit ergab mit der Nutzporosität gemäß HGM von n_o = 0,27 bzw. 27% eine im Vergleich zum Markierungsversuch 2021 zu geringe Abstandsgeschwindigkeit. Dementsprechend war die resultierende 50-Tage-Zone für die Brunnen 1 und 2 zu klein, bzw. erfolgte der SF_6-Durchgang am Brunnen 1 deutlich schneller, als dies nach dem im Folgenden gezeigten Berechnungsergebnis hätte der Fall sein können (siehe Anlage 4.6.1):

Abbildung 6-1: 50-Tage-Zone für Brunnen 1 und 2 mit n_o = 0,27 bzw. 27% (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung)

© Büro HG GmbH

Eine realitätsnahe Reproduktion der mittels Markierungsversuch nachgewiesenen Abstandsgeschwindigkeit gelingt erst bei Reduktion der Nutzporosität auf 50% des Ausgangswertes:

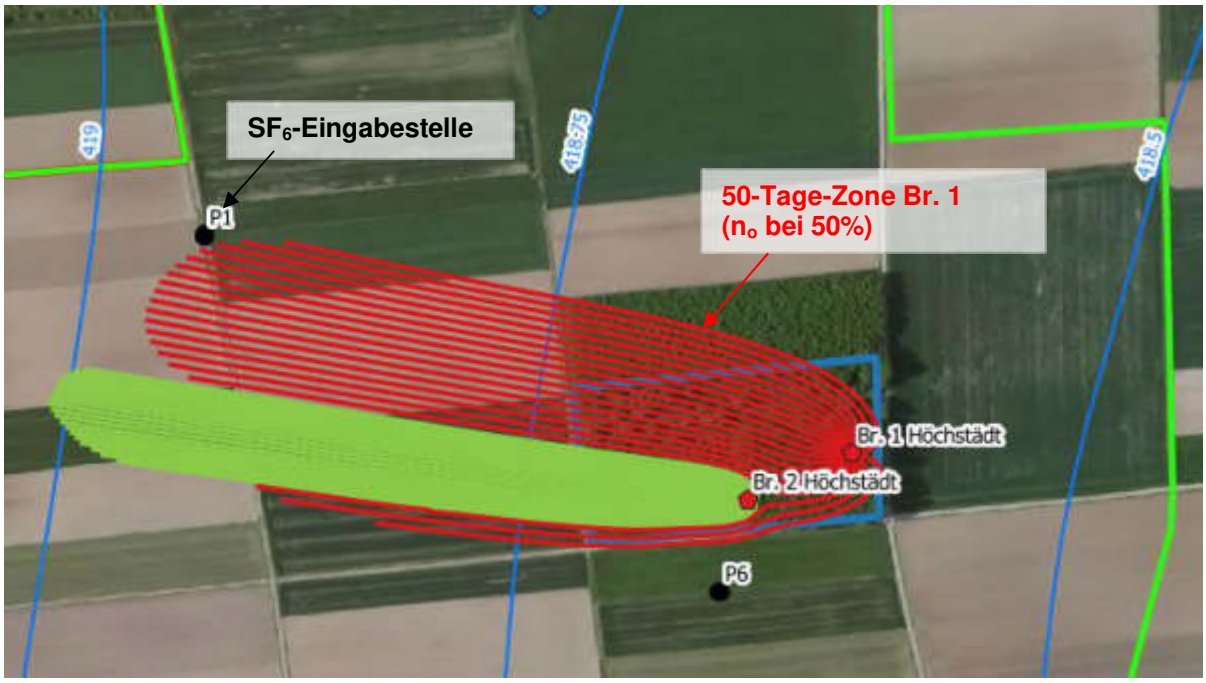


Abbildung 6-2: 50-Tage-Zone für Brunnen 1 und 2 mit n_o = 0,13 bzw. 13% (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung)

Geohydraulisch äquivalent wäre, bei einer wirksamen Nutzporosität von n_o = 0,27 bzw. 27%, ein um den Faktor 2 erhöhter k_f-Wert. Dieser Zusammenhang bei der Bemessung der Schutzzone II ist zu berücksichtigen. Die instationäre Modellkalibrierung ergab eine Nutzporosität von n_o = 0,25 bzw. 25% (s. u.).

Wesentlich für die weiteren Überlegungen ist der Umstand, dass das GwModell im Bereich der bestehenden Brunnen und nordwestlich davon, also im potenziellen Erschließungsbereich, die mittels Pumpversuchen ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f-Werte; siehe Kap. 4.4) gut reproduziert (siehe Anlage 6.7). Dies zeigt der Wertevergleich in der folgenden Tabelle, in der Abweichungen um Faktor <1,5 grün und um Faktor >2 rot gekennzeichnet sind. Demnach werden insbesondere innerhalb des bestehenden WSG im Bereich nördlich der Brunnen 1 und 2 und östlich der St 2212 die k_f-Werte vom GwModell sowie auch westlich der Kreisstraße DL 25 bis nahe an den Ortsbereich von Mörslingen sehr gut nachgebildet.

Tabelle 6-2: Vergleich berechneter und aus Pumpversuchsdaten ermittelter k_f-Werte (m/s)

GWM-Bohrung	k_f-Wert aus PV-Daten	k_f-Wert nach GwModell (Wertebereich)
B1 (P1)	0,015	0,013 bis 0,015
B2 (P2)	0,012	0,01 bis 0,013
B3 (P3)	0,013	0,01 bis 0,013
B4 (P4)	0,012	0,01 bis 0,013
B5 (P5)	0,0043	0,0035 bis 0,0058
B8 (P8)	0,013	0,01 bis 0,013

© Büro HG GmbH

GWM-Bohrung	k_f-Wert aus PV-Daten	k_f-Wert nach GwModell (Wertebereich)
B9 (P9	0,013	0,0012 bis 0,0035
B11 (P11)	0,009	0,0081 bis 0,01
B12 (P12)	0,006	0,0058 bis 0,0081
VB Br. 3	**0,015**	**0,015 bis 0,017**
GWM 1/20	0,0033	0,0012 bis 0,0035
GWM 2/20	0,0057	0,0035 bis 0,0058
GWM 3/20	0,012	0,01 bis 0,013
GWM 5/20	0,005	0,0012 bis 0,0035
GWM 6/21	0,0085	0,0012 bis 0,0035
GWM 7/21	0,038	0,0012 bis 0,0035
VB Br. 4	**0,022**	**0,015 bis 0,017**

Demnach ergibt sich lediglich südöstlich von Lutzingen eine größere Abweichung (Faktor >2) zwischen den aus Pumpversuchen und den modelltechnisch ermittelten k_f-Werten.

6.2.2 Instationäre Kalibrierung

Zur Präzisierung des numerischen GwStrömungsmodells wird eine instationäre Kalibrierung für den Zeitraum 01/2016 bis 06/2021 durchgeführt, wobei der stationäre Kalibrierungszustand als Anfangsbedingungen definiert wird. Der Zeitraum 01/2016 bis 06/2021 wurde für die instationäre Kalibrierung gewählt, da dieser das Jahr 2018 mit der bisher höchsten Jahresentnahme an den Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt einschließt und seit 11/2019 auch von den GWM P2, P3, P8 und P11 im Untersuchungsgebiet auch kontinuierlich erfasste GwStandsmessungen vorliegen. Die GwStandsdaten von der amtlichen Messstelle D44 Mörslingen liegen seit 1985 vor.
Die GwNeubildung innerhalb des Kalibrierungszeitraums wird auf der Basis einer Bodenwasserhaushaltsberechnung zeitlich variabel vorgegeben. Dies gilt auch für die Entnahmen an den Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt, für die Monatswerte im Zeitraum 01/2016 bis 06/2021 vorgegeben werden.

Druckhöhe und GwDynamik können mit der instationären Kalibrierung gut reproduziert werden. Insbesondere sind die Abweichungen der langjährigen Messreihe der GWM D44 Mörslingen gering. Einzig GWM P9 zeigt etwas höhere Abweichungen der berechneten Druckhöhen. Hier wird der berechnete GwSpiegel unterschätzt.

Die angesetzte Nutzporosität von 25% zeigte bei der instationären Kalibrierung die beste Anpassung. Eine niedrigere Nutzporosität führte zu einer Überschätzung der GwDynamik. Dieses Ergebnis bestätigt zuverlässig die Nutzporosität gemäß HGM von n_o = 0,27 bzw. 27%.

© Büro HG GmbH

6.2.3 Bewertung der Modellkalibrierung und der Modellgüte, Stand 06/2021

Insgesamt liegt ein im Sinne der Aufgabenstellung und entsprechend der Datenlage gut kalibriertes GwStrömungsmodell für den Quartäraquifer im Bereich Höchstädt vor, mit dem alternative Brunnen- und Entnahmekonfigurationen mit Blick auf die TwNeuerschließung resp. Brunnenverlagerung im Sinne eines Variantenvergleichs untersucht werden können.
Nach der Bewertung des hydrogeologischen Modells (HGM) nach dem aktuell von der FH-DDGV veröffentlichten Schema[1] in Verbindung mit der Klassifizierung nach /24/ liegt ein Planungsmodell hoher Güte vor (Bewertung HGM: ca. 84% lokal; ca. 69% global; siehe Anhang 1).

Die Güte des HGM wurde gegenüber dem Modellstand 10/2020 /1/ deutlich verbessert, insbesondere aufgrund der 2021 durchgeführten Erkundungsmaßnahmen südlich und südöstlich von Lutzingen. Zudem liefern die Berichte /2/, /5/ und /6/ weitere Erkenntnisse zu den hydrogeologisch-geohydraulischen Gegebenheiten im Untersuchungs- resp. Modellgebiet gegenüber dem Stand 10/2020.
Das numerische Modell wurde sowohl aufgrund dieser verbesserten Erkundungslage als auch durch die ergänzende instationäre Modellierung präzisiert. Die Prognosefähigkeit des vorliegenden GwStrömungsmodells im Sinne der Aufgabenstellung ist somit gegeben. Detailangaben zur Modellerstellung und -kalibrierung sind in Anlage 6.1 enthalten.

Die implizite Unschärfe des GwModells wurde im Rahmen der Anwendung mittels Sensitivitätsberechnungen bereits in /1/ quantifiziert. Der Fokus lag hierbei auf der Basis des quartären GwLeiters, die aufgrund des ungespannten Charakters des Aquifers wesentlichen Einfluss auf die Lage bzw. die Geometrie der relevanten Brunneneinzugsgebiete hat. Dies bedeutet, dass Unklarheiten in der Morphologie der Quartärbasis zu Unschärfen bei der GwModell-gestützten Abgrenzung eines möglichen Wasserschutzgebietes führen, unabhängig von der (formal) hohen Güte des HGM.
Diese Unschärfe wurde durch die Erkundung 2021 weutgehend beseitigt. Gleichwohl wird die entsprechende Sensitivitätsberechnung aus /1/ (Szenario 3) auch im vorliegenden Gutachten dokumentiert, um den Einfluss der Morphologie der Aquiferbasis auf die GwStrömung nachvollziehbar darzustellen.

6.3 Modellanwendung – Berechnung von Brunnenbetriebsszenarien

6.3.1 Untersuchungsziele, Berechnungsansätze und Ergebnisdarstellung

In /31/ wurde gemäß der damaligen Aufgabenstellung für die zukünftige TwVersorgung der Stadt Höchstädt a.d.Donau die (theoretisch) optimale Brunnen- und Entnahmekonfigurationen ermittelt, wobei auch mögliche Brunnenstandorte innerhalb des bestehenden Wasserschutzgebietes für die Brunnen 1 und 2 zu betrachten waren. Bei dem hieraus folgenden Variantenvergleich waren folgende Kriterien zu beachten:

- Es soll eine Brunnen- und Entnahmekonfiguration erreicht werden, die eine möglichst hohe (Durchschnitts-)Entnahme an dem oder den neuen Brunnen gestattet. Mindestens sollte, unter Berücksichtigung der vertraglich mit der BRW vereinbarten Wasserlieferung, der langfristig prognostizierte Wasserbedarf gedeckt werden können.

[1] Download über Homepage der FH-DGGV (Fachsektion Hydrogeologie e.V. in der DGGV (e.V.): 2019-01_Bewertung_HGM_ExcelTool.xlsm

© Büro HG GmbH

- Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben ist für den eventuellen neuen Brunnenstandort ein Vergleich zur fortgesetzten Nutzung der bestehenden Brunnen 1 und 2 vorzunehmen. Diese Brunnen müssten allerdings für den Fall der weiteren Nutzung ertüchtigt werden.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben resultierte in /1/ zunächst der Brunnenstandort VB Br. 3 ca. 400 m nördlich der Brunnen 1 und 2 bzw. ca. 100 m westlich der GWM P2, der durch die Erkundungsmaßnahmen 2020 bestätigt wurde. 2021 wurde darüber hinaus zusätzlich ein etwa 200 m weiter nördlich gelegener Standort (VB Br. 4) untersucht. Aufgrund der erwartbaren Ergiebigkeiten und GwQualitäten sind beide Standorte für eine TwNeuerschließung der Stadt Höchstädt in Betracht zu ziehen (siehe Kap. 5).

Die Diskussion mit den potenziell von einer zukünftigen WSG-Festsetzung betroffenen Kommunen Mörslingen und Lutzingen ergab, dass für die Abgrenzung eines zukünftigen Wasserschutzgebietes für Brunnen der Stadt Höchstädt soweit wie möglich Flächen der Nachbargemeinden vermieden werden sollten. Ortsbereiche dürfen aufgrund der Vorgaben in § 1, Art. 31 BayWG bei der WSG-Abgrenzung für eine TwNeuerschließung ohnehin nicht tangiert werden. Somit resultiert als weiteres Untersuchungsziel die Lageoptimierung eines möglichen zukünftigen WSG im Falle der TwNeuerschließung.

Ausgehend von der aktuellen Wasserbedarfsprognose (siehe Anhang 2), und unter Berücksichtigung des Wasserbezugs von der BRW, liegen gemäß Kap. 3.4 den geohydraulischen Berechnungen in /1/ folgende Förderraten zugrunde:

- bis zu 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s)
- bis zu 2.345 m³/d (≅ 27,1 l/s)

Die Jahresentnahme ist maßgebend für die Bemessung der Schutzzone III, und die Tagesspitzenentnahme war bis 03/2021 für die Berechnung der 50-Tage-Zone zur Bemessung der Schutzzone II anzusetzen; dementsprechend wurde auch in /1/ verfahren.

Wie in Kapitel 3.4 dargestellt, ist nach der seit 04/2021 geltenden (aktuellen) DVGW-Richtlinie W 101 /24/ nicht mehr die Tagesspitzenentnahme, sondern die innerhalb von 50 Tagen maximal mögliche Entnahmemenge resp. die äquivalente Förderrate für die Berechnung der 50-Tage-Zone bzw. für die Bemessung der Schutzzone II anzusetzen. Hierfür wurde in Kapitel 3.4 für das Jahr 2060 ein Betrag von 1.600 m³/Tag hergeleitet, und diese Neuerung gemäß DVGW-Richtlinie W 101 wurde bei der aktualisierten Modellanwendung, Szenarien 1a/1b und 6a/6b wie folgt umgesetzt:

- Bei den (Szenarien-)Berechnungen zu den möglichen Brunnenstandorten VB Br. 3 und VB Br. 4 (Szenarien 1 und 6) wurden folgende Förderraten angesetzt:
  - GwEinzugsgebietsberechnung: Q_{Mittel} = 430.000 m³/a
  - 50-Tage-Zonen-Berechnung: Q_{50} = 1.600 m³/d

- Bei den übrigen Szenarien- und Sensitivitätsberechnungen werden die Ergebnisse aus /1/ übernommen, da hinsichtlich der Gesamtausdehnung eines möglichen WSG primär die GwEinzugsgebietslagen relevant sind, die durchweg mit Q_{Mittel} = 430.000 m³/a berechnet wurden. Die Berechnung der 50-Tage-Zonen mit der (absoluten) Tagesspitze Q = 2.345 m³/d wurde in den betreffenden Szenarien 2 bis 5 gegenüber /1/ nicht verändert, da dies für den späteren Variantenvergleich unerheblich ist. Zur

© Büro HG GmbH

Vollständigkeit werden aber die entsprechenden Ergebnisse aus /1/ auch in das vorliegende Abschlussgutachten übernommen.

Dementsprechend werden bzw. wurden für die jeweiligen Szenarien Bahnlinien mit Zeitmarken (Δt = 50 Tage) bzw. 50-Tage-Zonen berechnet. Die ohne Zeitbegrenzung berechneten Bahnlinien beschreiben in Verbindung mit einer GwBilanzbetrachtung bezüglich der rechnerisch notwendigen Bilanzdeckungsfläche das Gesamteinzugsgebiet einer Brunnenentnahme am betreffenden Standort. Dieses Berechnungsergebnis ist wesentlich zur Einschätzung der jeweils notwendigen Gesamt-WSG-Fläche bzw. für die Abgrenzung der WSG-Zone III (alle Szenarien). Die in den Szenarien 1 und 6 berechneten 50-Tage-Zonen bilden die Grundlage für die Bemessung der jeweils (theoretisch) notwendigen WSG-Zone II.

6.3.2 Beschreibung der Berechnungsfälle (Szenarien) – Übersicht

Im Folgenden werden die untersuchten Brunnen- und Entnahmekonfigurationen tabellarisch dargestellt. Dieser Auswahl bzw. Festlegung der Modellszenarien liegen folgende Überlegungen zugrunde:

- Mit Szenario 1a/1b wird auf der Basis der aktuellen Erkundung das GwEinzugsgebiet und das potenzielle WSG für den möglichen Brunnenstandort VB Br. 3 ermittelt.
  Szenario 6a/6b ist äquivalent zu Szenario 1a/1b, jedoch für den möglichen Brunnenstandort VB Br. 4.

- Szenario 2a/2b betrachtet analog die Situation für die bestehenden Brunnen 1 und 2 und zeigt im Vergleich zu Szenario 1a/1b und Szenario 6a/6b die mögliche Verbesserung der TwGewinnung durch die Verlagerung der TwGewinnung nach Norden (Ergebnis aus /1/).

- Szenario 3 ist als Sensitivitätsberechnung zu sehen. Hierbei wird, ausgehend von Szenario 1a, eine mögliche tiefere Lage der Quartärbasis südlich der GWM 4/20 und deren Einfluss auf die Lage des Einzugsgebietes für den Standort VB Br. 3 untersucht, sowie die daraus resultierenden Konsequenzen für die WSG-Bemessung (Ergebnis aus /1/).

- Ausgehend von den Ergebnissen der Szenarien 1a und 3 wird mit den Szenarien 4a/4b und 5a/5b im Sinne einer Alternativenprüfung die Veränderung des Einzugsgebietes bei (modelltheoretischer) Verlagerung des Brunnenstandortes um ca. 200 m (Szenario 4) bzw. um ca. 400 m (Szenario 5) nach Norden gegenüber dem Standort VB Br. 3 berechnet (Ergebnis aus /1/).

© Büro HG GmbH

Tabelle 6-3: Untersuchte Brunnen- und Entnahmekonfigurationen (Modellszenarien)

Szenario Nr.	Charakterisierung	Untersuchungsziel
1a	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 3** ca. 400 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 100 m westlich von GWM P2 mit einer Förderrate von: ➢ **430.000 m³/a** (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des Brunneneinzugsgebietes als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone III für den Standort VB Br. 3.
1b	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 3** ca. 400 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 100 m westlich von GWM P2 mit einer Förderrate von: ➢ **1.600 m³/d** (≅ 18,5 l/s)	Berechnung der 50-Tage-Zone ausgehend von Szenario 1a, jedoch bei Ansatz der hergeleiteten „50-Tage-Spitze" als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone II.
2a	Ansatz der bestehenden Br. 1 und 2 mit einer Förderrate zu je 50% von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 14,0 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des Brunneneinzugsgebietes als Grundlage für die WSG-Bemessung, Schutzzone III (Ergebnis aus /1/).
2b	Ansatz der bestehenden Br. 1 und 2 mit einer Förderrate zu je 50% von: ➢ 2.345 m³/d (≅ 27,1 l/s)	Berechnung der 50-Tage-Zone ausgehend von Szenario 2a, jedoch bei Ansatz der Tagesspitzenentnahme als Grundlage für die WSG-Bemessung, Schutzzone II (Ergebnis aus /1/).
Sensitivitätsberechnung (Szenario 3)	Ausgehend von Szenario 1a: Ansatz einer vertieften Quartärbasis S' der Bohrung GWM 4/20 (2. Interpretationsansatz für die Erkundungsergebnisse)	Untersuchung der Auswirkungen auf die Einzugsgebietslage bei hypothetisch abgesenkter Aquiferbasis S' GWM 4/20 (Ergebnis aus /1/).
1. Alternativenprüfung (Szenario 4)	Ansatz eines neuen Brunnens am Standort südlich der GWM P4 mit einer Förderrate von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des GwEinzugsgebietes eines hypothetischen Brunnens zwischen der GWM P4 und VB Br. 3 (Ergebnis aus /1/).
2. Alternativenprüfung (Szenario 5)	Ansatz eines neuen Brunnens am Standort der GWM P4 mit einer Förderrate von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des GwEinzugsgebietes eines hypothetischen Brunnens am Standort GWM P4 (Ergebnis aus /1/).
6a	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 4** ca. 600 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 200 m südlich von GWM P4 mit einer Förderrate von: **430.000 m³/a** (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des Brunneneinzugsgebietes als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone III für den Standort VB Br. 4.
6b	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 4** ca. 600 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 200 m südlich von GWM P4 mit einer Förderrate von: **1.600 m³/d** (≅ 18,5 l/s)	Berechnung der 50-Tage-Zone ausgehend von Szenario 6a, jedoch bei Ansatz der hergeleiteten „50-Tage-Spitze" als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone II.

Die Standortwahl für die Szenarien 4 und 5 in /1/ berücksichtigt, dass hier 2020 eine ähnliche Aquifermächtigkeit erwartet werden konnte, wie am Standort VB Br. 3, was durch die Erkundung 2021 auch bestätigt wurde. Da an der GWM P4 mittels Pumpversuch ein ähnlich hoher k_f-Wert ermittelt wurde wie an der GWM P2, war bei vergleichbarer Aquifermächtigkeit an den Standorten gemäß Szenario 4 und 5 mit einer ähnlichen Brunnenergiebigkeit zu rechnen, wie am Standort VB Br. 3. Dies wurde 2021 durch das Ergebnis vom Versuchsbrunnen VB Br. 4 ebenfalls bestätigt.

Bei der Berechnung der Bahnlinien mit Zeitmarken ist zu berücksichtigen, dass die Fließzeitenberechnung mit der Nutzporosität n_o = 0,27 bzw. 27% durchgeführt wurde, was etwa dem Ergebnis der instationären Modellkalibrierung entspricht (n_o = 0,25 bzw. 25%; siehe Kap. 6.2.2).

© Büro HG GmbH

6.3.3 Ergebnisse der Szenarienberechnungen

6.3.3.1 Szenario 1a/1b – Untersuchung Standort VB Br. 3

Szenario 1a/1b, das in Anlage 7.1 dargestellt ist, zeigt folgendes:

- Nach Szenario 1a ist die Lage des GwEinzugsgebietes für den Standort VB Br. 3 gegenüber dem Berechnungsergebnis in /31/ etwas nach Süden verschoben, und der nördliche Teil des Ortsbereichs von Mörslingen, und randlich auch der (potenziell) infiltrierende Brunnenbach, fallen nun in das Brunneneinzugsgebiet; nach Szenario 2 in /31/ war dies nicht der Fall. Wie der Vergleich mit dem (Sensitivitäts-)Szenario 3 zeigt, resultiert dieses Ergebnis aus der gemäß Erkundung bzw. Anlage 5.1.1 im Vergleich zum Kenntnisstand /31/ weiter nach Süden reichenden HT-Grenze bei GWM 4/20, bzw. der relativen Hochlage der Quartärbasis südlich der GWM 4/20. Dies führt gegenüber Szenario 2 in /31//1/ zur Verlagerung“ des GwEinzugsgebietes der VB Br. 3 in Richtung Deisenhofen.

- Nach Szenario 1a liegt die Staatsstraße St 2212 im GwEinzugsgebietes für den Standort VB Br. 3. Jedoch ist der betreffende Abschnitt der St 2212 nach RiStWag ausgebaut, so dass dies kein Risiko für einen eventuellen zukünftigen TwBrunnen an diesem Standort darstellt.

- Nach Szenario 1b bleibt auch nach der Detailerkundung des Standortes VB Br. 3 die 50-Tage-Zone für einen dortigen Brunnen deutlich östlich der Staatsstraße St 2212 (mit RiStWag-Ausbau), d. h. die WSG-Zone II könnte entsprechend begrenzt werden.

- Auf der Grundlage des Szenarios 1a/1b wurde ein WSG-Konzept für den Brunnenstandort VB Br. 3 entwickelt (siehe Kap. 7.2 und 0). Der Verlauf der Südgrenze des WSG rückt aufgrund der oben beschriebenen Wirkung der Quartärbasis südlich der GWM 4/20 im Vergleich zu /31/ näher an Deisenhofen heran. Das WSG würde östlich von Mörslingen allerdings noch vollständig innerhalb der wasserwirtschaftlichen VorrangflächeT126 gemäß Regionalplan verbleiben.

6.3.3.2 Szenario 2a/2b – Untersuchung Brunnen 1 und 2 Höchstädt

Szenario 2a/2b, das in Anlage 7.2 dargestellt ist, zeigt im Vergleich zu Szenario 5 und in Verbindung mit Szenario 1a folgendes:

- Nach Szenario 2a ist die Lage des GwEinzugsgebietes für die Brunnen 1 und 2 gegenüber den Voruntersuchungen 2019 /31/ nach Süden verschoben, und der nördliche Teil der Ortsbereich von Mörslingen, und auch der (potenziell) infiltrierende Brunnenbach, fallen nun zentral in das Brunneneinzugsgebiet; nach Szenario 5 in den Voruntersuchungen 2019 /31/ war dies jeweils nur randlich der Fall. Das erforderliche WSG würde im Südwesten bzw. östlich von Mörslingen nicht mehr vollständig innerhalb der wasserwirtschaftlichen Vorrangfläche gemäß Regionalplan verbleiben.

- Das Brunneneinzugsgebiet reicht nordöstlich der GWM 2/20 nach Süden über die bestehende WSG-Grenze hinaus und verläuft teilweise auch südlich der wasserwirtschaftlichen Vorrangfläche T126

© Büro HG GmbH

gemäß Regionalplan. Die nach Szenario 2b resultierende 50-Tage-Zone liegt innerhalb der bestehenden Schutzzone II.

Die Erkundung 2021 lieferte in diesem Teil des Untersuchungsgebietes keine neueren Erkenntnisse, so dass das Ergebnis nach /1/ weiterhin Bestand hat und dementsprechend in das vorliegende Gutachten übernommen wurde.

6.3.3.3 Szenario 3 – Sensitivitätsberechnung

In Szenario 3 wurde gegenüber Szenario 1a bzw. Anlage 5.1.1 in /31/ die Quartärbasis entsprechend dem Kenntnisstand 10/2020 innerhalb des möglichen hydrogeologischen Interpretations- bzw. Interpolationsspielraums bezüglich der Erkundungsdaten südlich der GWM 4/20 etwas vertieft (siehe Anlage 7.2). Hierdurch wird (modelltheoretisch) südlich der GWM 4/20, neben einer größerer Aquifermächtigkeit und einer somit auch größeren Transmissivität, eine etwas weiter nach Norden reichende Grenze des Quartäraquifers vorgegeben. Im Vergleich zu Szenario 1a führt dies zu folgenden Ergebnissen:

- Nördlich von Deisenhofen führt die Abflachung der Quartärbasis südlich der GWM 4/20 zu einer, allerdings nur geringfügigen Verschiebung des resultierenden Brunneneinzugsgebietes nach Norden. Das erforderliche WSG würde im Südwesten bzw. östlich von Mörslingen eventuell gerade noch innerhalb der wasserwirtschaftlichen Vorrangfläche gemäß Regionalplan verbleiben.

- Der nördliche Teil des Ortsbereichs von Mörslingen, und randlich auch der (potenziell) infiltrierende Brunnenbach, verlaufen in sehr ähnlicher Weise innerhalb des Brunneneinzugsgebietes wie sich dies auch aus Szenario 1a in /31/ ergibt.

Dieses Szenario macht den Einfluss der Quartärbasis auf die GwStrömung in dem ungespannten Aquifer in der quartären Hochterrasse deutlich, weshalb zur Klärung dieses Sachverhaltes die ergänzende Erkundung 2021 durchgeführt wurde. Nach dem aktuellen Kenntnisstand ist dieses Szenario als Sensitivitätsberechnung zu werten und wurde dementsprechend aus /1/ in das vorliegende Gutachten übernommen.

6.3.3.4 Szenario 4a/4b – 1. Alternativenprüfung

Aufgrund der im Vergleich zu den Voruntersuchungen /31/ ungünstigeren Lage des GwEinzugsgebietes für den Standort VB Br.3 wurde, ausgehend von Szenario 1a/1b, mit Szenario 4a/4b im Sinne einer Alternativenprüfung untersucht, ob ausgehend vom Standort VB Br. 3 durch einen um ca. 200 m nach Norden verschobenen Brunnenstandort (modelltheoretisch) eine bezüglich der WSG-Bemessung günstigere Lage des Brunneneinzugsgebietes erreicht werden könnte. Angesetzt wurde bei Szenario 4a/4b – wie bereits in Szenario 1a/1b – die Morphologie der Quartärbasis gemäß Anlage 5.1.1 in /1/ (Kenntnisstand 10/2020).
Aus Szenario 4a/4b, das in Anlage 7.4 dargestellt ist, resultiert im Vergleich zu Szenario 1a/1b gemäß dem Kenntnisstand 10/2020 folgendes:

© Büro HG GmbH

- Das berechnete Brunneneinzugsgebiet liegt im Vergleich zu Szenario 1a deutlich weiter nördlich und tangiert nicht mehr den Ortsbereich von Mörslingen; auch der potenziell infiltrierende Brunnenbach verbleibt außerhalb des GwEinzugsgebietes.
  Ein mögliches WSG, Schutzzone III für diesen Standort könnte vor der Ortsbebauung von Mörslingen enden. Nördlich von Deisenhofen wäre nach diesem Modellergebnis für die Zone III eine Grenzziehung ca. 250 m nördlich der GWM 2/20 begründbar. Das WSG würde im Westen sicher innerhalb der wasserwirtschaftlichen Vorrangfläche gemäß Regionalplan verbleiben. Legt man die Bemessungskriterien gemäß Kap. 7.2 an, würde das WSG vor der Ortsbebauung von Mörslingen enden.

- Nach der Berechnung der 50-Tage-Zone könnte auch für diesen Standort die Schutzzone II entlang der Staatsstraße St 2212 begrenzt werden. Außer den landwirtschaftlichen Nutzflächen wären demnach von der WSG-Zone II keine konkurrierenden Nutzungen betroffen.

Nach /1/ stellte sich somit dieser Bereich als potenziell interessante Alternative zum Standort VB Br. 3 dar, weshalb zur Klärung dieses Sachverhaltes die ergänzende Erkundung 2021 durchgeführt wurde. Gemäß diesem Szenario wurde hier 2021 der Versuchsbrunnen VB Br. 4 eingerichtet (s. u., Szenario 6a/6b). Um den Vergleich mit dem aktuellen Kenntnisstand zu ermöglichen, wurde dieses Szenario aus /1/ im Sinne der Alternativenprüfung in das vorliegende Gutachten übernommen.

6.3.3.5 Szenario 5a/5b – 2. Alternativenprüfung

Ausgehend von Szenario 4a/4b wurde in /1/ der hypothetische Brunnenstandort im Nahbereich der GWM P4 angesetzt und die Morphologie der Quartärbasis gemäß Anlage 5.1.1 in /1/ beibehalten.
Das Szenario 5a/5b, das in Anlage 7.5 dargestellt ist, zeigt im Vergleich zu Szenario 4a/4b folgendes:

- Das resultierende Brunneneinzugsgebiet rückt im Westen noch deutlich weiter vom Ortsbereich Mörslingen und im Süden noch deutlich weiter vom Ortsbereich Deisenhofen ab.
  Ein mögliches WSG, Schutzzone III für diesen Standort könnte im Westen und Süden etwa entlang der Linie KB6/20 – GWM 5/20 – GWM 3/20 – GWM P11 begrenzt werden. Das WSG würde im Westen sicher innerhalb der wasserwirtschaftlichen Vorrangfläche gemäß Regionalplan verbleiben. Allerdings würde die Staatsstraße St 2212 mit abschnittsweise fehlendem RiStWag-Ausbau in das Brunneneinzugsgebiet fallen; zudem läge die Goldbergalm im GwEinzugsgebiet dieses Brunnenstandorts..

- Nach der Berechnung der 50-Tage-Zone könnte auch für diesen Standort die Schutzzone II entlang der Staatsstraße St 2212 begrenzt werden. Wie nach Szenario 1b wären ebenfalls nur landwirtschaftliche Nutzflächen von der WSG-Zone II betroffen.

Ein solcher Brunnenstandort würde mit dem notwendigen WSG in stärkerem Maße Flächen der Gemeinde Lutzingen beanspruchen, weshalb zur Klärung dieses Sachverhaltes die ergänzende Erkundung 2021 durchgeführt wurde. Um den Vergleich mit dem aktuellen Kenntnisstand zu ermöglichen, wurde auch dieses Szenario aus /1/ im Sinne der Alternativenprüfung in das vorliegende Gutachten übernommen.

© Büro HG GmbH

6.3.3.6 Szenario 6a/6b

Szenario 6a/6b, das in Anlage 7.6 dargestellt ist, zeigt folgendes:

- Der Standort VB Br. 4 liegt etwa 200 m nördlich des Standorts VB Br. 3 und dementsprechend auch das GwEinzugsgebiet für diesen Brunnenstandort etwas weiter nördlich. Dies hat zur Folge, dass sowohl der Ortsbereich von Mörslingen als auch der (potenziell) infiltrierende Brunnenbach nun nicht mehr ins Brunneneinzugsgebiet fallen. Ortsbebauung und die Goldbergalm liegen – wie auch für den möglichen Brunnenstandort VB Br. 3 – nicht im ermittelten GwEinzugsgebiet.

- Nach Szenario 6a liegt die Staatsstraße St 2212 im GwEinzugsgebietes für den Standort VB Br. 4. Jedoch ist der betreffende Abschnitt der St 2212 bereits nach RiStWag ausgebaut, so dass dies – wie für den möglichen Brunnenstandort VB Br. 3 – kein Risiko für einen eventuellen zukünftigen TwBrunnen am Standort VB Br. 4 darstellt.

- Nach Szenario 6b bleibt auch nach der Detailerkundung des Standortes VB Br. 4 die 50-Tage-Zone für einen dortigen Brunnen deutlich östlich der Staatsstraße St 2212 (mit RiStWag-Ausbau), d. h. die WSG-Zone II könnte entsprechend begrenzt werden. Diesbezüglich wird auf die Ausführungen zu VB Br. 4 in Kap. 7.2 verwiesen.

- Auf der Grundlage des Szenarios 6a/6b wurde ein WSG-Konzept für den Brunnenstandort VB Br. 4 entwickelt (siehe Kap. 7.2 und 0). Der Verlauf der Südgrenze des WSG rückt aufgrund der nördlicheren Lage des GwEinzugsgebietes weiter von der Ortsbebauung Mörslingen und Deisenhofen ab, als dies für den Standort VB Br. 3 der Fall wäre. Das WSG würde östlich von Mörslingen vollständig innerhalb der wasserwirtschaftlichen VorrangflächeT126 gemäß Regionalplan verbleiben und südlich von Lutzingen partiell nur unwesentlich über die bestehende WSG-Grenze, Zone III für die Brunnen 1 und 2 hinausgehen.

6.3.4 Bewertung der Modellergebnisse und Schlussfolgerungen

Geht man von dem prioritären Ziel der Realisierung einer bestmöglich schützbaren TwGewinnungsanlage mit ausreichender Ergiebigkeit und gleichzeitig möglichst konfliktarmer WSG-Bemessung aus, so lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Modellanwendungen bzw. Szenarienberechnungen wie folgt zusammenfassen:

- Szenario 2a/2b, also die fortgesetzte Nutzung der Brunnen 1 und 2, stellt hinsichtlich der Schützbarkeit die ungünstigste Brunnenkonfiguration dar, da der Ortsbereich von Mörslingen und die Infiltrationsrandbedingung Brunnenbach zentral im GwEinzugsgebiet liegen. Das erforderliche WSG müsste, nach den in Kap. 7.2 beschriebenen Bemessungskriterien, bis kurz vor Mörslingen, etwa bis auf Höhe der GWM D44 reichen. Die Südgrenze des WSG müsste etwa entlang der Linie GWM D44 – GWM 2/20 verlaufen, und würde hier über die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 gemäß Regionalplan und teilweise auch über die bestehende WSG-Fläche hinausgehen.

© Büro HG GmbH

- Günstiger ist im Vergleich dazu der Brunnenstandort VB Br. 3 gemäß Szenario 1a/1b zu bewerten. Dessen GwEinzugsgebiet liegt gegenüber den bestehenden Brunnen etwas weiter nördlich, erfasst aber auch noch den nördlichen Ortsbereich von Mörslingen; auch der potenziell infiltrierende Brunnenbach liegt noch randlich im Brunneneinzugsgebiet.

- Das Brunneneinzugsgebiet des etwa 200 m weiter nördlich gelegene Brunnenstandort VB Br. 4 vermeidet, im Gegensatz zum Standort VB Br. 3, mit seinem GwEinzugsgebiet sowohl den Ortsbereich von Mörslingen als auch die mögliche Infiltrationsstrecke entlang des Brunnenbachs, wie das Ergebnis von Szenario 6a/6b zeigt. Dieser mögliche Brunnenstandort stellt sich somit im Sinne der oben beschriebenen Zielstellung am günstigsten dar.

Wesentlich für die weitere wasserwirtschaftliche Bewertung ist, dass die Staatsstraße St 2212 innerhalb der berechneten Brunneneinzugsgebiete für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 liegt, allerdings mit dem Abschnitt der für das bestehende WSG für die Brunnen 1 und 2 bereits nach RiStWag ausgebaut ist. Zudem ist wesentlich, dass für beide Brunnenstandorte die berechneten 50-Tage-Zonen östlich der St 2212 liegen.

© Büro HG GmbH

7. Wasserwirtschaftliche Bewertung und Alternativenprüfung

7.1 GwBilanzierung und gewinnbares GwDargebot

In Kapitel 4.5 wurde unter Ansatz einer durchschnittlichen GwNeubildung aus Niederschlag von 100 mm/a bzw. einer GwNeubildungsspende von q_{Gw} = ca. 3,1 l/s*km² überschlägig ermittelt, dass für eine Förderrate von Q = 430.000 m³/a (≈ 13,7 l/s) eine rechnerisch notwendige Bilanzdeckungsfläche von F = ca. 4,4 km² erforderlich ist. Diese Bilanzbetrachtung wird durch Szenario 6a für den Standort VB Br. 4 wie folgt in etwa bestätigt (siehe Anlage 8.2):

- Es lässt sich ein Gesamteinzugsgebiet für den Standort VB Br. 4 mit einer Fläche von ca. 5,25 km² abgrenzen. Dies reicht als GwNeubildungsfläche zur bilanziellen Abdeckung der zukünftigen Jahresförderung von 430.000 m³/a bzw. ca. 13,7 l/s sicher aus: 3,1 l/s*km² x 5,25 km² = 16,3 l/s.
  Der rechnerische Bilanzüberschuss von 2,6 l/s impliziert eine „Sicherheitsreserve“ in der GwNeubildungsspende von ca. 0,5 l/s*km² bzw. ca. 16%, die nach den Angaben in /22/ gerechtfertigt ist:
  2,6 l/s*km² x 5,25 km² = 13,7 l/s

- In dieser Bilanzrechnung wird keine vertikale Zuspeisung aus dem Unterlager angesetzt, was als konservativer Ansatz zu werten ist. Allerdings wird innerhalb des Tertiär-Gebietes auch keine GwAbsickerung in den unterlagernden Weißjura (Karst) angerechnet, was diesen konservativen Ansatz relativiert.

Gleichwohl bestätigt diese Bilanzbetrachtung in Verbindung mit den vorliegenden Pumpversuchsergebnissen und Modellrechnungen ein ausreichendes gewinnnbares GwDargebot zur Deckung des Wasserbedarfs der Stadt Höchstädt am Standort VB Br. 4. Dieses Resultat kann aufgrund der Ähnlichkeit der Einzugsgebietsgeometrien auch auf den Standort VB Br. 3 übertragen werden.

Der Wasserfallgraben quert die relevanten Brunneneinzugsgebiete. Dieser Graben war bei den NW-Abflussmessungen trocken, so dass anzunehmen ist, dass dieser Graben – wenn überhaupt – im Wesentlichen nur bei HW-Bedingungen als Dränage im GwSystem wirken kann; eine GwAnreicherung durch Gewässerinfiltration entlang dieses Grabens ist nach dieser geohydraulischen Einschätzung unwahrscheinlich. Zudem ist aufgrund der mindestens mittleren Schutzfunktion der Deckschichten in diesem Bereich ein qualitatives Risiko durch Gewässerinfiltration für die östlich gelegenen Brunnenstandorte auszuschließen.

7.2 WSG-Konzepte für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4

Für die möglichen Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4 werden auf der Grundlage der vorliegenden GwModellrechnungen (Szenario 1a/1b und Szenario 6a/6b), und unter Beachtung der Vorgaben gemäß LfU-Merkblatt Nr. 1.2/7 /8/, die in 0 dargestellten WSG-Konzepte entwickelt, sowie eine mögliche Schutzgebietsverordnung (Entwurf) dargestellt. Die beschriebenen Bemessungskriterien gelten gegebenenfalls auch für die Brunnen die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt.

© Büro HG GmbH

Die WSG-Konzepte entsprechen dem Abgrenzungsschema gemäß LfU-Merkblatts Nr. 1.2/7 /8/ (siehe Abbildung 7-1). Hierbei gilt aufgrund der Erkundungsergebnisse, dass östlich von Mörslingen und südlich von Lutzingen innerhalb der berechneten Brunneneinzugsgebiete und abseits der Nahbereiche der VB Br. 3 und VB Br. 4 flächenhaft eine mindestens mittlere Schutzfunktion der Deckschichten gegeben ist (siehe Anlage 5.3, Blatt 69).
Eine hohe Schutzfunktion der Deckschichten ist auch in dem geplanten Neubaugebiet „Dreifaltigkeit II“ in Mörslingen durch die dortigen RKS 1 und RKS 2 nachgewiesen. Diese reduziert sich gegebenenfalls auf „mittel“, wenn bei Realisierung einer Wohnbebauung mit Unterkellerung in dem Neubaugebiet „Dreifaltigkeit II“ bis zu 3 m tief in den Untergrund eingegriffen wird.

Die vorgeschlagene WSG-Abgrenzung und die zugrundeliegende Anwendung des Abgrenzungsschemas gemäß LfU-Merkblatt 1.2/7 gilt als fachlich begründetes Konzept für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4, das aber hinsichtlich der Bemessungskriterien gegebenenfalls auch auf die Brunnen 1 und 2 der Stadt Höchstädt übertragen werden kann.
Eine Differenzierung der Schutzzone III in Teilzonen IIIA und IIIB ist demnach nicht vorgesehen. Dem wird auch in dem Entwurf für einen möglichen WSG-Katalog in Anlage 9.4 entsprochen.

Tabelle 7-1: WSG-Konzept für die TwNeuerschließung der Stadt Höchstädt a.d.Donau an den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4

Schutzzone	Bemessungsansätze bzw. -vorgaben
Schutzzone I (Fassungsbereich)	Vorgabe nach DVGW-Richtlinie W 101: mindestens 10 m allseitig um den jeweiligen Brunnen.
Schutzzone II (Engere Schutzzone)	Die GwModell-gestützte **Berechnung der 50-Tage-Linien (50-Tage-Zonen)** für den jeweiligen Brunnenstandort bei Ansatz der „50-Tage-Spitze“ von **1.600 m³/d** (≅ 18,5 l/s).
Schutzzone III (Weitere Schutzzone)	Die GwModell-gestützte **Berechnung des GwEinzugsgebietes** von für den jeweiligen Brunnenstandort bei Ansatz einer Durchschnittsförderung von **430.000 m³/a** (≅ 13,7 l/s); Grundlage: Szenarien 1a (Anlage 7.1.1) und 6a (Anlage 7.6.1). Aufgrund der nach Anlage 5.3 einheitlich mindestens mittleren Schutzfunktion der Deckschichten außerhalb des unmittelbaren Nahbereiches der Standorte VB Br. 3 bzw. VB Br. 4[1] kann die Zone III nach /8/ gemäß den Vorgaben für die Schutzzone IIIA bemessen und dementsprechend begrenzt werden. Da die maßgebliche GwFließgeschwindigkeit >5 m/Tag beträgt, sollte die Schutzzone III nach /7/ bis ca. 3 km oberstromig des Brunnenstandorts reichen. Dieses 3 km-Kriterium wird für die oberstromige Begrenzung des WSG, Zone III angesetzt. Die nördliche und südliche Begrenzung der Zone III berücksichtigt neben der berechneten Einzugsgebietsbreite auch die mögliche Variation der Einzugsgebietsbreite in Abhängigkeit von hydrologisch bedingten Schwankungen und der Dispersion innerhalb der quartären Hochterrasse.

[1] Die unmittelbaren Nahbereiche der Standorte VB Br. 3 bzw. VB Br. 4 fallen gegebenenfalls in den Fassungsbereich und in den brunnennahen Teil der Engeren Schutzzone (Schutzzone II), wo durch die erwartbaren WSG-Auflagen ein hoher TwSchutz realisiert wird. Daher kann die hier sehr lokal geringe Schutzfunktion der Deckschichten akzeptiert werden, und diese lokale Situation für die Bemessung der Schutzzone III außer Acht bleiben. Als maßgebend gilt für die Bemessung der Zone III die mindestens mittlere Schutzfunktion der Deckschichten oberstromig des unmittelbaren Nahbereiches der möglichen Brunnenstandorte, die nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen als flächendeckend gelten kann.

© Büro HG GmbH

Die Teileinzugsgebiete (TEZG) der möglichen Brunnenstandorten VB Br. 3 und VB Br. 4, die nördlich der quartären Hochterrasse im Tertiär-Gebiet liegen, werden nach dem unten gezeigten Abgrenzungsschema gemäß LfU-Merkblatt 1.2/7 /7/ als Teilflächen mit geringer Schutzbedürftigkeit nicht in das WSG miteinbezogen. Das Tertiär ist strukturgeologisch von der quartären Hochterrasse abzugrenzen; zudem ist aufgrund der Geländemorphologie in diesem Bereich ein größerer GwFlurabstand anzunehmen, was in Verbindung mit der überwiegend feinklastischen Ausbildung der Tertiär-Gesteine in diesem TEZG auch eine mindestens mittlere, sehr wahrscheinlich aber eher eine hohe bis sehr hohe Schutzfunktion der Deckschichten erwarten lässt. Es ist auch von einer deutlich geringeren GwFließgeschwindigkeit innerhalb der Tertiär-Gesteine und mithin von einer deutlich ausgeprägteren Filterwirkung des Untergrundes im Vergleich zur quartären Hochterrasse auszugehen.

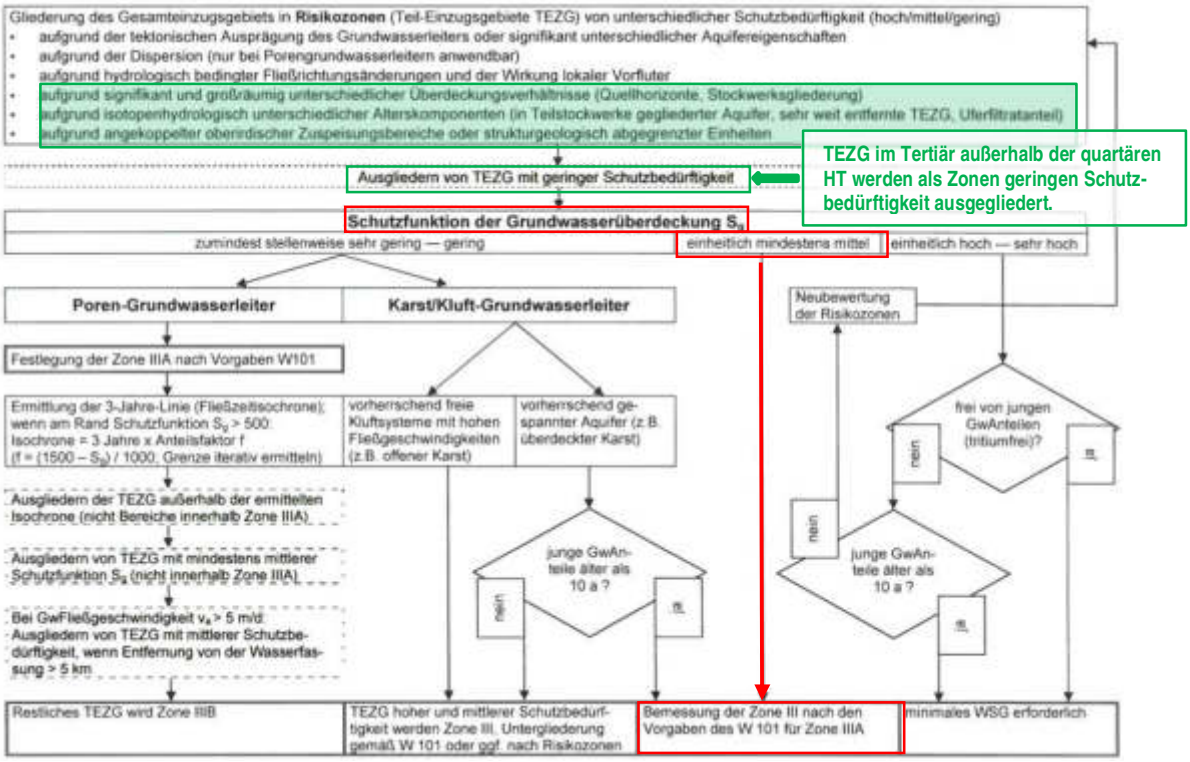


Abbildung 7-1: WSG-Bemessung für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4, Schutzzone III – Anwendung des Abgrenzungsschemas nach /8/

Nach dieser WSG-Abgrenzung würde das zukünftig notwendige WSG, Schutzzone III sowohl für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 als auch für die bestehenden Brunnen 1 und 2 maximal bis nahe an die östliche Ortsbebauung von Mörslingen heranreichen.
Für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 könnte das WSG, abgesehen von zusätzlichen Flächen im Stadtgebiet von Höchstädt im Nachbereich der möglichen Brunnen, nahezu vollständig auf das bestehende WSG für die Brunnen 1 und 2 und die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 gemäß Regionalplan beschränkt bleiben. Für die Brunnen 1 und 2 wäre dies nicht möglich; das hierfür notwendige (neu festzusetzende) WSG würde im Süden über die bestehende WSG-Grenze und die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 gemäß Regionalplan hinausreichen.

Geschlossene Ortsbebauung wäre durch keines der möglichen WSG betroffen. Für die eventuelle TwNeuerschließung am Standort VB Br. 3 oder am Standort VB Br. 4 wäre somit kein Konflikt mit § 1, Art. 31

© Büro HG GmbH

BayWG verbunden, wonach für neue Wassergewinnungsanlagen keine WSG-Ausweisung in geschlossener Ortbebauung erfolgen soll.
Für die bestehenden (Alt-)Brunnen 1 und 2 ist diese wasserrechtliche Vorgabe nicht relevant.

Die möglichen WSG-Konzepte für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 sind in 0 dargestellt, wobei sich die Abgrenzung der Schutzzonen II und III jeweils an bestehenden Grundstücksgrenzen gemäß Flurstücksplan orientiert.

Wie oben bereits dargestellt, ist die Einbeziehung des angekoppelten Tertiär-Gebietes nördlich der quartären Hochterrasse in das WSG ist für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 aus hydrogeologischen Gründen nicht erforderlich (TEZG mit geringer Schutzbedürftigkeit). Diese Einschätzung gilt auch unter Berücksichtigung des oberirdischen Abflusses. Gräben, die das Tertiär-Gebiet in Richtung der Brunneneinzugsgebiete entwässern, üben aufgrund der mindestens mittleren Schutzfunktion der Deckschichten keine wesentliche Infiltrationswirkung aus, so dass eine entsprechend induzierte qualitative und quantitative Beeinflussung der wasserwirtschaftlich relevanten GwEinzugsgebiete ausgeschlossen werden kann.

In Kapitel 6.2.1 ist dargelegt, dass der Ansatz der Nutzporosität von n_o = 0,27 bzw. 27% gemäß HGM zu einer Unterschätzung der GwFließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) und mithin auch zur Unterschätzung der Ausdehnung der 50-Tage-Zone führt. Daher wurde für den Standort VB Br. 4 die 50-Tage-Zone (bei Q = 1.600 m³/d) mit einer auf 50% reduzierten Nutzporosität berechnet, mit folgendem Ergebnis:

Abbildung 7-2: Berechnung der 50-Tage-Zone für den Standort VB Br. 4 mit n_o = 0,13 bzw. 13% (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung)

Geohydraulisch äquivalent wäre, bei einer wirksamen Nutzporosität von n_o = 0,27 bzw. 27%, ein um den Faktor 2 erhöhter k_f-Wert. Diese mögliche Variation in den Beträgen für die maßgeblichen geohydraulischen Parameter wird bei der Bemessung der Schutzzone II berücksichtigt.

© Büro HG GmbH

Es zeigt sich auch nach diesem konservativen Ansatz, dass die Schutzzone II an der Staatsstraße St 2212 enden kann. Dieses Resultat kann analog auch für den Standort VB Br. 3 und gegebenenfalls auch für die Brunnen 1 und 2 angenommen werden.

Für die Abgrenzung der Schutzzone III ist sowohl für den Standort VB Br. 3 als auch für den Standort VB Br. 4 das Entfernungskriterium in Verbindung mit der Deckschichtensituation maßgebend. Diesbezüglich ist die Abstandsgeschwindigkeit dahingehend relevant, dass aufgrund der mittels Markierungsversuch nachgewiesenen Abstandsgeschwindigkeit mit v_a >5 m/Tag zu rechnen ist, und somit das 3 km-Kriterium für die Abgrenzung der Schutzzone III anzusetzen ist. Die Gw-oberstromige Grenze der Schutzzone III soll bei diesen Gegebenheiten nach /7/ in ca. 3 km Entfernung von der TwFassung verlaufen.

Sowohl am Standort VB Br. 3 als auch am Standort VB Br. 4 sind die Bedingungen für die Schutzbedürftigkeit, für die Schutzwürdigkeit und für die Schutzfähigkeit gegeben:

Tabelle 7-2: Bewertung der Schutzwürdigkeit, der Schutzbedürftigkeit und der Schutzfähigkeit für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4

Kriterium, Beschreibung	Bewertung der Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4
Schutzbedürftigkeit liegt vor, wenn das Wasservorkommen ohne den Schutz durch eine Wasserschutzgebietsverordnung in seiner Eignung für Trinkwasserzwecke beeinträchtigt werden kann. Der konkrete Nachweis unmittelbar drohender Schäden ist nicht erforderlich; ausreichend ist ein Anlass, typischerweise gefährlichen Situationen zu begegnen.	Die Schutzbedürftigkeit des relevanten GwVorkommens **ist** an beiden Standorten **gegeben**, da jeweils das oberflächennahe Quartär-GwStockwerk genutzt wird. Ohne die Wirksamkeit eines WSG sind aufgrund der bestehenden Nutzungen (z.B. Landwirtschaft) inakzeptable qualitative Beeinträchtigungen des Trinkwassers nicht auszuschließen.
Schutzwürdigkeit ist immer dann anzunehmen, wenn das Wasservorkommen wegen seiner Bedeutung (Güte, Menge, Brauchbarkeit) für die öffentliche Trinkwasserversorgung des Schutzes bedarf. Hierfür reicht es aus, wenn das Wasservorkommen qualitativ für die Trinkwasserversorgung überhaupt brauchbar ist.	Für beide Standorte belegen die GwAnalysen aus den Pumpversuchen an den Versuchsbrunnen, dass das im relevanten GwStockwerk förderbare Grundwasser hydrochemisch den Anforderungen der TrinkwV entspricht, also für die Trinkwasserversorgt brauchbar **ist**. Die Pumpversuche belegen eine Brunnenergiebigkeit, die für die Wasserbedarfsdeckung von Höchstädt sicher ausreicht. Die Schutzwürdigkeit ist somit für beide Standorte **gegeben**.
Die **Schutzfähigkeit** eines Wasservorkommens ist gegeben, wenn es ohne unverhältnismäßige Beschränkung der Rechte Dritter geschützt werden kann. Eingriffe in Form einer Schutzgebietsverordnung müssen demnach geeignet sein, das Schutzziel zu erreichen; ferner müssen sie erforderlich im Sinne des geringsten Eingriffs sein, und dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit im engeren Sinn entsprechen.	Die Schutzfähigkeit der beiden Standorte **ist** bei Um- bzw. Festsetzung einer angemessenen Schutzgebietsverordnung **gegeben**, bei Vermeidung unverhältnismäßiger Eingriffe in Rechte Dritter. Das Schutzziel des WSG wird im Sinne des geringsten Eingriffs durch die Beschränkung der Schutzgebietsgrenzen auf das fachlich unbedingt notwendige Maß erreicht.

© Büro HG GmbH

7.3 Mögliche Konfliktpotenziale für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4

Die Konfliktpotenziale innerhalb des möglichen WSG für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 werden im Folgenden bewertet. Andere Brunnenstandorte kommen für die TwNeuerschließung für die Stadt Höchstädt nicht in Betracht, so dass die Bewertung der Konfliktpotenziale auf die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4 beschränkt bleiben kann.

Tabelle 7-3: Bewertung der bestehenden Konfliktpotenziale innerhalb eines möglichen WSG für die Standorte VB Br. 3 und VB Br. 4

Konkurrierende Nutzung	Art der Nutzung	Einschätzung des Konfliktpotenzials, mögliche Konfliktlösungsansätze
Land- und forstwirtschaftliche Nutzungen in den Schutzzonen II und III	landwirtschaftliche Nutzung und forstwirtschaftliche Nutzung	➢ Mittleres Gefährdungspotenzial; Risikobegrenzung durch WSG-Ausweisung ➢ Konfliktlösung durch Ausgleichszahlungen im Falle wirtschaftlicher Einbußen in Folge der Nutzungsbeschränkungen durch den WSG-Katalog
Staatsstraße St 2212	Verkehrsweg	➢ Kein Konfliktpotenzial wegen bestehendem RiSt-Wag-Ausbau im GwEinzugsgebiet ➢ Keine Maßnahmen zur Konfliktlösung erforderlich
Kreisstraße DLG 25	Verkehrsweg	➢ Geringes Gefährdungspotenzial wegen nachgewiesener mittlerer bis sehr hoher Schutzfunktion der Deckschichten im Brunneneinzugsgebiet ➢ Sofern erforderlich Konfliktlösung durch RiStWag-Ausbau (Zone III)

Der „Bayerische Weg“ bei der Abgrenzung folgt der Grundüberlegungen, dass ein Wasserschutzgebiet (WSG) auf Flächen zu beschränken ist, in denen für den TwSchutz besondere Vorsorgen getroffen werden müssen. Auf daran angrenzenden Flächen, also auch in dem gegebenenfalls – wie an den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 – über das WSG hinausgehende (Teil-)Einzugsgebiet (TEZG), gelten die Anforderungen des Allgemeinen Gewässerschutzes. In diesem Sinne sollten innerhalb der in Anlage 8 dargestellten TEZG jenseits der konzeptionierten WSG-Grenzen vor allem Nutzungen unterbleiben, die i.S.d. DVGW-Richtlinie W 101 (A) /7/ mit hoher Gefährdung für eine (hypothetische) Schutzzone IIIB eingestuft werden, wie z.B. die Ausweisung neuer Industriegebiete, Ablagerung von Abfällen, Gewinnen von Rohstoffen und sonstigen Abgrabungen mit Freilegung des Grundwassers usw. Hinsichtlich entsprechender Nutzungen wird auf die Tabelle 1 in der DVGW-Richtlinie W 101 (A) /7/ verwiesen.
Gemäß §52 WHG Abs. 3 können behördliche Entscheidungen zu Nutzungsbeschränkungen auch außerhalb eines Wasserschutzgebietes getroffen werden, wenn andernfalls der mit der WSG-Festsetzung verfolgte Zweck (= Sicherung der TwQualität und -Menge) gefährdet wäre.

7.4 Bewertung der möglichen Brunnenstandorte für die Stadt Höchstädt

Die Realisierung eines ausreichend ergiebigen TwBrunnens ist sowohl am Standort VB Br. 3 als auch am Standort VB Br. 4 möglich; mit den Brunnen 1 und 2 besteht diese bereits. Die wasserwirtschaftlichen Unterschiede zwischen diesen Brunnenstandorten bestehen in der Bewertung der Schützbarkeit, der geohydraulischen Gegebenheiten für die Brunnenbauwerke und der absehbaren WSG-Bemessung.

© Büro HG GmbH

- Die fortgesetzte Nutzung der Brunnen 1 und 2, stellt hinsichtlich der Schützbarkeit die ungünstigste Brunnenkonfiguration dar, da der Ortsbereich von Mörslingen und die Infiltrationsrandbedingung Brunnenbach zentral im GwEinzugsgebiet liegen. Das erforderliche WSG müsste, nach den oben beschriebenen Bemessungskriterien, bis kurz vor Mörslingen, etwa bis auf Höhe der GWM D44 reichen. Die Südgrenze des WSG müsste etwa entlang der Linie GWM D44 – GWM 2/20 verlaufen, und würde hier über die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 gemäß Regionalplan hinausgehen. Nördlich von Deisenhofen wäre auch eine Anpassung der bestehenden WSG-Grenze, Zone III nach Süden erforderlich.

- Günstiger sind im Vergleich dazu die Brunnenstandorte VB Br. 3 und VB Br. 4 gemäß Szenario 1a/1b bzw. Szenario 6a/6b zu bewerten. Die entsprechenden GwEinzugsgebiete liegen gegenüber dem der bestehenden Brunnen weiter nördlich. Allerdings erfasst das GwEinzugsgebiet des VB Br. 3 noch den nördlichen Ortsbereich von Mörslingen und teilweise auch den potenziell infiltrierenden Brunnenbach, was am Standort VB Br. 4 vermieden wird. Hinsichtlich der Schützbarkeit ist somit der Standort VB Br. 4 zu bevorzugen, wenngleich für beide Standorte ein wirksames WSG ausgewiesen werden kann.

Als Zwischenfazit ist somit festzuhalten, dass die Realisierung eines neuen TwBrunnens am Standort VB Br. 3 oder VB Br. 4 vor allem aufgrund der besseren Schützbarkeit der Beibehaltung der (Alt-)Brunnenstandorte 1 und 2 vorzuziehen sind. Im Folgenden werden daher nur noch diese beiden möglichen Brunnenstandorte weiter vergleichend bewertet.

- An den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 ist jeweils mittels Leistungspumpversuch aktuell eine ausreichende erwartbare Ergiebigkeit nachgewiesen. Allerdings ist am Standort VB Br. 4 eine deutlich größere Aquifermächtigkeit und mithin eine größere absenkbare Wassersäule in dem dort möglichen Brunnen gegeben. Dies ist geohydraulisch ein Vorteil gegenüber dem Standort VB Br. 3, da dies für den Fall zukünftig fallender GwStände, etwa in Folge des Klimawandels, den möglichen Pumpbetrieb am Brunnenstandort VB Br. 4 weniger stark einschränkt. Der größere Spielraum hinsichtlich der möglichen GwAbsenkung an einem Brunnen am Standort VB Br. 4 wird durch folgenden Vergleich der Aquifermächtigkeiten deutlich (siehe Pumpversuchsauswertungen in Anlage 4.3.1 und Anlage 4.3.6):
  - Aquifermächtigkeit VB Br. 3: 3,8 m
  - Aquifermächtigkeit VB Br. 4: 6,5 m

- Hinsichtlich der GwQualität besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen den möglichen Brunnenstandorten VB Br. 3 und VB Br. 4. An beiden Standorten ist ein Sauerstoff-reiches Grundwasser anzutreffen, das aufgrund der dementsprechenden Eisen- und Mangan-Armut Brunnen erwarten lässt, die – auch entsprechend der Erfahrung von den Brunnen 1 und 2 – keinem wesentlichen Verockerungsrisiko unterliegen.
  Das Nitrat-Niveau von knapp 30 mg/l zeigt in beiden Fällen den Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung im GwEinzugsgebiet; Nitratabbau findet aufgrund des hohen Sauerstoff-Gehaltes des Grundwassers nicht statt.

- Hinsichtlich der Verkehrswege St 2212 und DLG 25 besteht ebenfalls kein Unterschied zwischen den möglichen Brunnenstandorten VB Br. 3 und VB Br. 4. In beiden Fällen liegt die Staatsstraße 2212 im GwEinzugsgebiet, jedoch mit dem bereits nach RiStWag ausgebauten Abschnitt. Auch die Kreisstraße

© Büro HG GmbH

DLG 25 liegt innerhalb des jeweiligen Brunneneinzugsgebietes, allerdings jeweils in einem Bereich mit mittlerer bis sehr hoher Schutzfunktion der Deckschichten. Die Verkehrswege St 2212 und DLG 25 stellen somit für keinen der beiden möglichen Brunnenstandorte ein wesentliches Gefährdungspotenzial dar.

In der Gesamtbewertung stellt sich die Variante gemäß Szenario 6a/6b resp. der mögliche Brunnenstandort VB Br. 4 als die günstigste Lösung für die zukünftige TwGewinnung der Stadt Höchstädt dar, aufgrund der günstigeren Bedingungen für die Brunnenhydraulik und der Vermeidung des Ortsbereichs von Mörslingen und der möglichen Infiltrationstrecke des Brunnenbachs im GwEinzugsgebiet.

7.5 Alternativenprüfung

In /1/ und /31/ wurden verschiedene Standorte in der quartären Hochterrasse für die zukünftige TwGewinnung der Stadt Höchstädt a.d.Donau untersucht, die gegenüber den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 folgende Nachteile aufweisen:

- Für einen westlich der Staatsstraße St 2212, etwa zwischen den GWM P3 und P12 gelegenen Brunnenstandort (Szenario 4 in /31/) würde absehbar mit dem erforderlichen WSG die Gemarkung Mörslingen und vermutlich auch den Ortsbereich von Mörslingen tangieren. Dies wäre nicht genehmigungsfähig, da die Verlagerung des Brunnenstandortes bzw. des Ortes der TwGewinnung, auch innerhalb des bestehenden WSG, als Neuerschließung aufzufassen wäre. Dies stünde im Konflikt mit §1, Art. 31 BayWG, wonach für neue Wassergewinnungsanlagen keine Ausweisung von Wasserschutzgebieten in bebauten Ortsbereichen erfolgen soll.

- Unter der Voraussetzung der technischen Ertüchtigung der bestehenden Brunnen 1 und 2 wäre auch die Beibehaltung der aktuellen TwGewinnung an den bestehenden Brunnenstandorten möglich. Allerdings ist die Schützbarkeit dieser Brunnen aufgrund der zentralen Lage des Ortsbereiches von Mörslingen und der Infiltrationsrandbedingung Brunnenbach im GwEinzugsgebiet ungünstiger zu bewerten, als die Standorte VB Br. 3 oder VB Br. 4. Das notwendige WSG für die Brunnen 1 und 2 würde zudem im Süden außerhalb der wasserwirtschaftlichen Vorrangfläche gemäß Regionalplan (T126 nordöstlich von Mörslingen) und teilweise auch außerhalb des bestehenden WSG liegen.

- Nördlich bis nordwestlich von GWM P4, in Richtung Lutzingen gelegene Brunnenstandorte scheiden aus hydrogeologischen Gründen aus. Hier ist mit unzureichender Mächtigkeit des quartären GwLeiters (Quartäraquifer) und somit unzureichender Brunnenergiebigkeit zu rechnen, bei gleichzeitiger Nähe zur Terrassengrenzen, die tendenziell als Staugrenze wirkt. Zudem wäre eine größere Betroffenheit der Gemeinde Lutzingen zu gegeben (Konflikt mit §1, Art. 31 BayWG) und die Staatsstraße 2212 fiele mit einem Abschnitt ohne RiStWag-Ausbau in das absehbare Brunneneinzugsgebiet.

- Eine Verlegung der TwGewinnung der Stadt Höchstädt a.d.Donau innerhalb der Hochterrasse in nordöstliche Richtung gerät zunehmend in Konflikt mit der TwGewinnung der BRW im Gebiet Blindheim, und scheidet somit aufgrund der absehbar fehlenden Genehmigungsfähigkeit ebenfalls aus. Zudem ist

© Büro HG GmbH

in diesem Bereich die Kreisstraße DLG 36 als wesentliche Nutzungskonkurrenz bzw. relevantes Gefährdungspotenzial bei ungeklärter Schutzfunktion der Deckschichten zu sehen.

- Ein vollständiger Wasserbezug von der BRW wäre eventuell möglich, entspräche aber nicht dem anzustrebenden Konzept der dezentralen Wasserversorgung. Zudem hätte dies eine entsprechend erhöhte Förderung der BRW zur Folge, mutmaßlich an anderer Stelle in der quartären Hochterrasse (z. B. im Gebiet Blindheim). Für den GwHaushalt im Quartär im Donautal ergibt sich hierdurch kein positiver Effekt gegenüber der äquivalenten TwFörderung auf dem Stadtgebiet von Höchstädt.

- Die TwGewinnung im tieferen Untergrund kommt im Bereich Höchstädt aus folgenden Gründen nicht in Betracht:
    - Das Tertiär-Unterlager der quartären Hochterrasse weist feinkörnige Sedimente auf, die keine erschließungsrelevante Förderraten erwarten lassen. Eine entsprechende TwErschließung im Tertiär scheidet daher aus.
    - Der Karstaquifer im tieferen Untergrund führt altes Tiefengrundwasser, dessen Förderung nur dann genehmigungsfähig ist, wenn nachweislich keine Gewinnungsalternative im oberflächennahen Bereich besteht. Dies ist jedoch in der quartären Hochterrasse mindestens an den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 der Fall.

- TwNeuerschließungen in größerer Entfernung von dem bestehenden Gewinnungsgebiet scheiden, unabhängig von eventuellen Nutzungskonkurrenzen, für die Stadt Höchstädt aufgrund der hohen Erschließungskosten und somit aus wirtschaftlichen Gründen aus.

© Büro HG GmbH

8. Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wird mit Blick auf die zukünftige TwGewinnung der Stadt Höchstädt a.d.Donau bei Fortsetzung der Eigenwasserversorgung folgende weitere Vorgehensweise empfohlen:

- Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass eine TwNeuerschließung sowohl am Standort VB Br. 3 als auch am Standort VB Br. 4 möglich wäre. Aufgrund der möglichen Nutzung des bestehenden RiStWag-Ausbaus der Staatsstraße St 2212, der weitgehenden Begrenzung der erforderlichen WSG-Fläche auf das bestehende WSG für die Brunnen 1 und 2 und die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 nordöstlich von Mörslingen gemäß Regionalplan, der Lage des GwEinzugsgebietes abseits des Ortsbereiches von Mörslingen und der möglichen Infiltrationsstrecke entlang des Brunnenbachs ist der Standort VB Br. 4 gegenüber dem Standort VB Br. 3 zu bevorzugen. Auch die Gegebenheiten für die Brunnenhydraulik sind am Standort VB Br. 4 günstiger als am Standort VB Br. 3.

- Weitere Erkundungsmaßnahmen sind zur Klärung des zweckmäßigen Brunnenstandorts nicht mehr erforderlich. Auf der Grundlage der vorliegenden Daten können die Planung des Brunnenbauwerks durchgeführt und die Unterlagen für die erforderlichen wasserrechtlichen Verfahren erstellt werden. Es ist daher zu empfehlen, die Erschließungsplanung für den Standort VB Br. 4 weiter zu verfolgen.

- Zu empfehlen ist ein einzelner großkalibriger Brunnen (Brunnen 3) am Standort VB Br. 4, der mit zwei Pumpen so ausgestattet werden sollte, dass die Pumpen im Wechsel betrieben werden können. Die Pumpen und die Steigleitung sollten hierbei so ausgelegt bzw. ausgeführt werden, dass beim Ausfall einer Pumpe die jeweils andere die vollständige Bedarfsdeckung übernehmen kann. Gegenüber einer Brunnendoublette hat diese Konfiguration den Vorteil, dass nur ein Brunnenbauwerk errichtet werden muss, und zudem der Flächenbedarf für den notwendigen Fassungsbereich minimiert ist. Ausreichend wäre hierfür eine Fläche von mindestens 20 x 20 m.
  Sollte der zukünftige Brunnen 3 für längere Zeit außer Betrieb genommen werden müssen, etwa für Brunnenreinigungsarbeiten, kann die Wasserversorgung der Stadt Höchstädt über den Anschluss an die BRW realisiert werden. Ein weiterer Brunnen, zusätzlich zum Brunnen 3, ist somit zur Absicherung der städtischen Wasserversorgung nicht erforderlich.

- Bis zur betriebsfertigen Einrichtung des neuen Brunnens am Standort VB Br. 4 (Brunnen 3) sind die Brunnen 1 und 2 für die TwVersorgung der Stadt Höchstädt weiter zu betreiben; eine entsprechende wasserrechtliche Erlaubnis bis zum 31.12.2023 besteht. Der notwendige Rückbau dieser Brunnen kann erst dann erfolgen, wenn der neue Brunnen (Brunnen 3) an das Versorgungsnetz angeschlossen ist. Dies sollte zu gegebener Zeit gemäß einem entsprechenden Rückbaukonzept in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth erfolgen.

- Für die Planung von Infrastrukturmaßnahmen im Stadtgebiet von Höchstädt sollte von der Realisierung des Brunnens 3 am Standort VB Br. 4 ausgegangen und die entsprechend vorgenommene WSG-Abgrenzung gemäß Anlage 9.2 zugrunde gelegt werden.

© Büro HG GmbH

- Die in Anlage 9.2 gezeigte Abgrenzung der Schutzzone III folgt im Bereich Mörslingen dem ca.-3 km-Soll-Kriterium nach /7/ bzw. /8/. In diesem Bereich ist allerdings eine hohe Schutzfunktion der Deckschichten nachgewiesen, die innerhalb des Neubaugebietes „Dreifaltigkeit II“ lediglich auf „mittel“ gemindert wird, wenn man einen Bodenaushub bis maximal 3 m u.GOK annimmt (Wohnbebauung mit einfacher Unterkellerung). Es sollte daher aufgrund der günstigen Deckschichtensituation in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donau geprüft werden, ob die zunächst konzeptionell bemessene W-Grenze der Schutzzone III in diesem Bereich um etwa 200 m nach Osten verlegt werden kann. Diese Grenze wäre dann in einer Gw-oberstromigen Entfernung von mindestens 2.700 m vom Standort VB Br. 4 zu ziehen. Hierdurch würde die westlichste Grundstücksreihe innerhalb der Vorrangfläche T126 gemäß Regionalplan „WSG-frei“, wodurch für die Gemeinde Finningen, OT Mörslingen ein größerer Planungsspielraum für zukünftige Baumaßnahmen entsteht.
  Fachlich wäre eine solche „Ostverlagerung“ vertretbar, da im Bereich des GwEinzugsgebietes des Standortes VB Br. 4 westlich der Kreisstraße DLG 25 nachweislich eine hohe bis sehr hohe Schutzfunktion der Deckschichten gegeben ist.

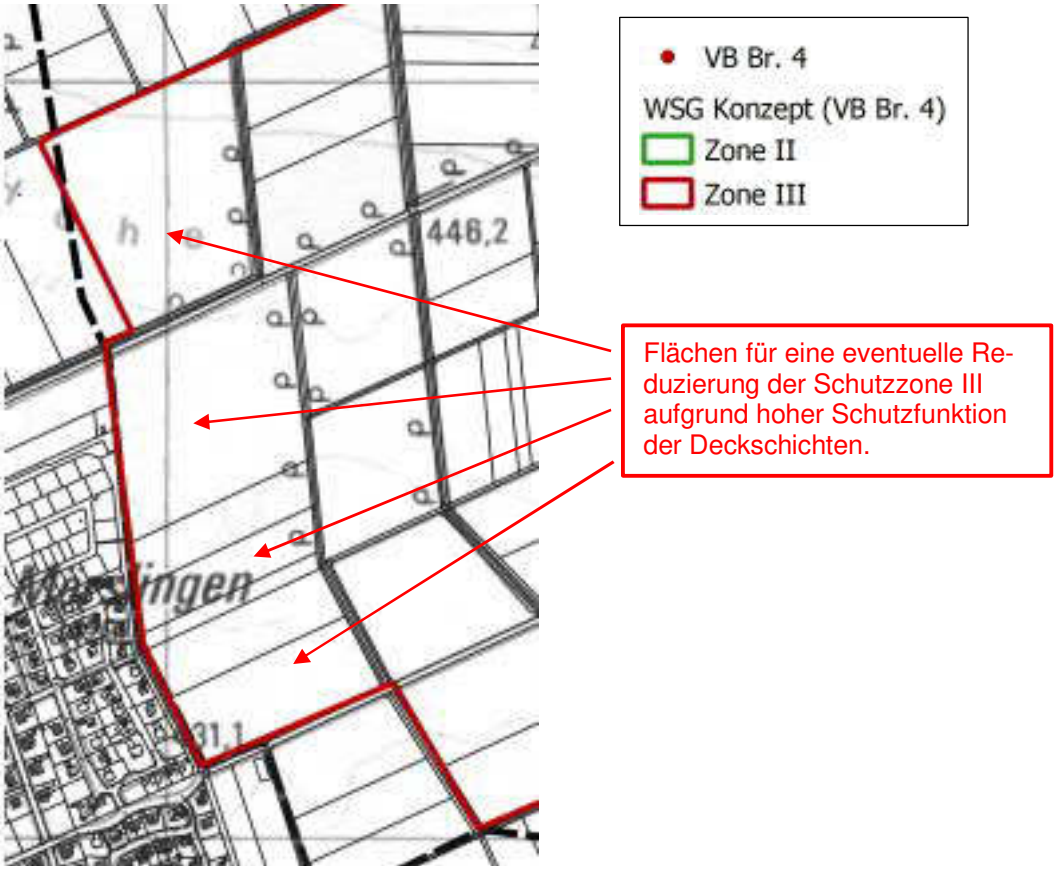


Abbildung 8-1: Eventuelle Begrenzung der WSG-Zone III östlich von Mörslingen (unmaßstäbliche Darstellung; N-Ausrichtung)

Vor Einleitung der empfohlenen Maßnahmen sollte die weitere Vorgehensweise mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth und dem Landratsamt Dillingen a.d.Donau abgestimmt werden.

© Büro HG GmbH

9. Zusammenfassung

Aufgrund entsprechender Voruntersuchungen in 2019 /31/ war im Auftrag der Stadt Höchstädt a.d.Donau im Detail zu prüfen, ob entsprechend der Einschätzung in /1/ etwa 400 m bzw. ca. 600 m nördlich der bestehenden Brunnen 1 und 2 eine Neuerschließung für die zukünftige TwGewinnung möglich ist, und welche Konsequenzen insbesondere im Hinblick auf die zukünftige WSG-Bemessung hieraus resultieren.

Entsprechend dieser Aufgabenstellung wurde im Frühjahr/Sommer 2020 in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth ein Erkundungsprogramm durchgeführt, mittels dessen die hydrogeologischen Grundlagen für eine zukünftige TwNeuerschließung und die zukünftige WSG-Bemessung verbessert werden konnten. Die Erkundungsergebnisse belegen, dass am Standort VB Br. 3, etwa 400 m nördlich der bestehenden Brunnen 1 und 2, eine schützbare und genehmigungsfähige TwNeuerschließung möglich ist. Allerdings ergaben sich aus dieser Erkundung auch Hinweise darauf, dass eventuell auch weiter nördlich, in Richtung Lutzingen, eine vorteilhafte TwNeuerschließung möglich sein könnte. Um dies auch im Sinne einer Alternativenprüfung abzuklären, wurden 2021 in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth ergänzende Erkundungsmaßnahmen durchgeführt. Diese Ergebnisse sind gemeinsam mit den Erkenntnissen aus /31/ und /1/ Gegenstand des vorliegenden Abschlussgutachtens.

Im Rahmen der Untersuchungen 2020/2021 wurde für den möglichen Erschließungsbereich nördlich von Höchstädt das hydrogeologische Modell und das numerische GwStrömungsmodell für den wasserwirtschaftlich relevanten Quartäraquifer gemäß /31/ bzw. /1/ fortgeschrieben. Dieses GwModell ist stationär und instationär kalibriert. Die stationäre Kalibrierung und basiert wesentlich auf den Erkundungsdaten 2020/2021 (inkl. SF_6-Markierungsversuch im Bereich der Brunnen 1 und 2), der GwStichtagsmessung am 22./28.06.2021 und Abflussmessungen an den lokalen Gewässern und Gräben.
Die instationäre Kalibrierung erfasst den Zeitraum 2019 bis 06/2021, wobei die angesetzte saisonale Variabilität der GwNeubildung aus Niederschlag mittels Bodenwasserhaushaltsmodell bestimmt wurde.
Nach der Bewertung des dem numerischen GwModell zugrunde liegenden hydrogeologischen Modells (HGM) erfüllt dieses die Kriterien für ein Planungsmodell hoher Güte.

Insgesamt liegt ein im Sinne der Aufgabenstellung und entsprechend der Datenlage gut kalibriertes GwStrömungsmodell für den Quartäraquifer im Bereich Höchstädt vor, mit dem planungsrelevante Brunnen- und Entnahmekonfigurationen berechnet werden können. Ausgehend von der vorliegenden Wasserbedarfsprognose werden GwModell-gestützt folgende Brunnen- und Entnahmekonfigurationen untersucht:

© Büro HG GmbH

Szenario Nr.	Charakterisierung	Untersuchungsziel
1a	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 3** ca. 400 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 100 m westlich von GWM P2 mit einer Förderrate von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des Brunneneinzugsgebietes als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone III für den Standort VB Br. 3.
1b	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 3** ca. 400 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 100 m westlich von GWM P2 mit einer Förderrate von: ➢ 1.600 m³/d (≅ 18,5 l/s)	Berechnung der 50-Tage-Zone ausgehend von Szenario 1a, jedoch bei Ansatz der hergeleiteten „50-Tage-Spitze" als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone II.
2a	Ansatz der bestehenden Br. 1 und 2 mit einer Förderrate zu je 50% von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 14,0 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des Brunneneinzugsgebietes als Grundlage für die WSG-Bemessung, Schutzzone III (Ergebnis aus /1/).
2b	Ansatz der bestehenden Br. 1 und 2 mit einer Förderrate zu je 50% von: ➢ 2.345 m³/d (≅ 27,1 l/s)	Berechnung der 50-Tage-Zone ausgehend von Szenario 2a, jedoch bei Ansatz der Tagesspitzenentnahme als Grundlage für die WSG-Bemessung, Schutzzone II (Ergebnis aus /1/).
Sensitivitätsberechnung (Szenario 3)	Ausgehend von Szenario 1a: Ansatz einer vertieften Quartärbasis S' der Bohrung GWM 4/20 (2. Interpretationsansatz für die Erkundungsergebnisse)	Untersuchung der Auswirkungen auf die Einzugsgebietslage bei hypothetisch abgesenkter Aquiferbasis S' GWM 4/20 (Ergebnis aus /1/).
1. Alternativenprüfung (Szenario 4)	Ansatz eines neuen Brunnens am Standort südlich der GWM P4 mit einer Förderrate von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des GwEinzugsgebietes eines hypothetischen Brunnens zwischen der GWM P4 und VB Br. 3 (Ergebnis aus /1/).
2. Alternativenprüfung (Szenario 5)	Ansatz eines neuen Brunnens am Standort der GWM P4 mit einer Förderrate von: ➢ 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des GwEinzugsgebietes eines hypothetischen Brunnens am Standort GWM P4 (Ergebnis aus /1/).
6a	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 4** ca. 600 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 200 m südlich von GWM P4 mit einer Förderrate von: 430.000 m³/a (≅ 13,7 l/s) bzw. 1.180 m³/d	Ermittlung des Brunneneinzugsgebietes als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone III für den Standort VB Br. 4.
6b	Ansatz eines neuen Brunnens am **Standort VB Br. 4** ca. 600 m N' der Br. 1 und 2 und ca. 200 m südlich von GWM P4 mit einer Förderrate von: 1.600 m³/d (≅ 18,5 l/s)	Berechnung der 50-Tage-Zone ausgehend von Szenario 6a, jedoch bei Ansatz der hergeleiteten „50-Tage-Spitze" als Grundlage für die WSG-Bemessung, Zone II.

Die Realisierung einer ausreichend ergiebigen TwGewinnungsanlage ist sowohl am Standort VB Br. 3 als auch am Standort VB Br. 4 möglich; mit den Brunnen 1 und 2 besteht diese bereits. Die wasserwirtschaftlichen Unterschiede zwischen diesen Brunnenstandorten bestehen in der Bewertung der Schützbarkeit, der geohydraulischen Gegebenheiten für die (potenziellen) Brunnenbauwerke und der absehbaren WSG-Bemessung. Schutzbedürftigkeit, Schutzwürdigkeit und Schutzfähigkeit sind an den Standorten VB Br. 3 und VB Br. 4 gegeben, und somit die Voraussetzungen für die Ausweisung eines WSG.

In der Gesamtbewertung stellt sich die Variante gemäß Szenario 6a/6b resp. der mögliche Brunnenstandort VB Br. 4 als vorteilhafteste Lösung für die zukünftige TwGewinnung der Stadt Höchstädt dar, aufgrund der günstigen Bedingungen für die Brunnenhydraulik und der Vermeidung des Ortsbereichs von Mörslingen und der möglichen Infiltrationstrecke des Brunnenbachs im GwEinzugsgebiet. Das WSG für diesen Brunnenstandort kann weitgehend auf bereits bestehende WSG-Flächen und die wasserwirtschaftliche Vorrangfläche T126 gemäß Regionalplan beschränkt bleiben.

© Büro HG GmbH

Ortsbebauungen sind durch das erforderliche WSG nicht betroffen, und die Verkehrswege St 2212 (mit RiStWag-Ausbau) und DLG 25 (Bereich mit hoher bis sehr hoher Schutzfunktion der Deckschichten) stellen keine wesentliches Gefährdungspotenzial für die TwGewinnung am Standort VB Br. 4 dar. Ein entsprechendes WSG-Konzept ist Bestandteil des vorliegenden Gutachtens.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wird der Stadt Höchstädt empfohlen, am Standort VB Br. 4 einen neuen Brunnen (Brunnen 3) für die zukünftige TwVersorgung einzurichten und die Brunnen 1 und 2 perspektivisch aufzulassen. Weitere Erkundungsmaßnahmen sind zur Klärung eines zweckmäßigen Brunnenstandorts nicht mehr erforderlich; vielmehr können auf der Grundlage der vorliegenden Daten die Brunnenplanung durchgeführt und die Unterlagen für die erforderlichen wasserrechtlichen Verfahren erstellt werden. Die Brunnen 1 und 2 wären nach Anschluss des Brunnens 3 an das Versorgungsnetz rückzubauen.

Für die WSG-Abgrenzung sollte in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth geprüft werden, ob östlich der Ortsbebauung von Mörslingen aufgrund der dort hohen Schutzfunktion der Deckschichten die Ausdehnung der Zone III bis in eine Gw-oberstromige Entfernung von mindestens 2.700 m vom Standort VB Br. 4 einen ausreichenden TwSchutz gewährleistet. Aufgrund der hohen Schutzfunktion der Deckschichten östlich von Mörslingen wäre dies fachlich vertratbar.

Vor Einleitung der empfohlenen Maßnahmen sollte die weitere Vorgehensweise mit dem Wasserwirtschaftsamt Donauwörth und dem Landratsamt Dillingen a.d.Donau abgestimmt werden.

Büro HG GmbH
Gießen, August 2021

gez.

Dipl.-Geol. Dr. Bernd Hanauer Dipl.-Ing. Jan Bockholt

© Büro HG GmbH