

**Landeshauptstadt München
mit den Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und
Neubiberg**



**HOCHWASSERMANAGEMENT HACHINGER BACH
GRUNDWASSERMODELL**

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung numerisches Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Datenstand: 23.12.2020



Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Niederlassung Augsburg
Morellstraße 33, 86159 Augsburg
Telefon +49 821 3194908-0, bce-augsburg@bjoernsen.de
Oktober 2021, KA, gwh1709936

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht

1	Veranlassung und Auftrag	1
2	Datengrundlagen	3
2.1	Erfasste Daten	3
2.2	Bewertung der Daten	5
3	Entwicklung des Hydrogeologischen Modells	8
3.1	Hydrogeologische Übersicht	8
3.2	Modellraum	10
3.3	Strukturierung des Modellraumes	11
3.3.1	Hydrostratigrafische Einheiten	11
3.3.2	Geohydraulische Kennwerte	16
3.4	Hachinger Bach	22
3.4.1	Entstehung und Verlauf	22
3.4.2	Wasserstände und Abflüsse	24
3.4.3	Zuflüsse zum Hachinger Bach	26
3.5	Grundwasserhydraulik	31
3.5.1	Grundwassermessnetze	31
3.5.2	Grundwasserstände	32
3.6	Grundwasserbilanz	47
3.6.1	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	47
3.6.2	Austausch mit Oberflächengewässern	52
3.6.3	Grundwasserentnahmen	53
3.6.4	Zu- und Abstrom im quartären Grundwasserleiter	55
3.6.5	Vorläufige Gesamtbilanz	55
3.6.6	Randbedingungen	55
3.7	Vorgaben für das numerische Grundwassermodell	56
3.7.1	Stationäres Grundwassermodell	56
3.7.2	Instationäres Grundwassermodell	57
4	Aufbau und Kalibrierung des numerischen Grundwassermodells	59

4.1	Modellaufbau	59
4.1.1	Modellgeometrie	59
4.1.2	Randbedingungen	60
4.2	Stationäre Kalibrierung - Stichtag 06. April 2018	63
4.2.1	Stationärer Ausgangsfall	63
4.2.2	Stationärer Endzustand	65
4.3	Sensitivitätsanalyse	68
4.3.1	Sensitivität Untergurnddurchlässigkeit (k_f -Werte)	69
4.3.2	Sensitivität Gewässeraustauschrute (Durchlässigkeit Gewässersohle)	71
4.3.3	Sensitivität Grundwasserneubildung (Sickerwasserraten)	73
4.3.4	Gesamtbewertung der Sensitivitätsanalyse	74
4.4	Instationäre Kalibrierung Hochwasser 2013 (HW2013)	75
4.4.1	Verfügbare Messdaten	76
4.4.2	Randbedingungen für das instationäre Grundwassermodell	84
4.4.3	Untersuchungsschritte	86
4.4.4	Endverteilung Modellparameter	100
4.4.5	Gesamtbewertung der instationären Modellkalibrierung	101
5	Einsatz Grundwassermodell	103
5.1	Zielsetzung	103
5.2	Modellgrundlage	103
5.3	Untersuchte Zustände und Varianten	103
5.3.1	Zustände	103
5.3.2	Varianten	104
5.3.3	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	105
5.4	Randbedingungen und Parameter	107
5.4.1	Hydraulik (2D-WSP-Modell)	107
5.4.2	Modellparameter	109
5.4.3	Grundwasserentnahmen	111
5.4.4	Hydrologische Randbedingungen	112
5.5	Grundwasserhydraulische Berechnungen	115
5.5.1	Lastfall HQ100 - Variante Hydrologie MGW	115
5.5.2	Lastfall HQ100 - Variante Hydrologie HGW2013	117
5.5.3	Lastfall HQ100 - Variante Hydrologie HGW100	119
5.6	Zusammenfassung und Bewertung	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hydrogeologische Teilräume Bayerns [10]	8
Abbildung 2:	Schematischer hydrogeologischer Schnitt C – C'	14
Abbildung 3:	Hachinger Sperrschicht (Flußmergel) in Entwässerungsgraben, Feuchtwiese bei Taufkirchen	15
Abbildung 4:	Räumliche Ausdehnung der Hachinger Sperrschicht, (digitalisiert nach Auswertungen von Ralph Annau [6])	16
Abbildung 5:	Pumpversuch am Sportparkbrunnen, Gemessener Brunnenwasserspiegel und Förderrate (Mai 2019)	21
Abbildung 6:	Langzeitige Wasserstände und Abflüsse im Zeitraum WWJ2007/2016	25
Abbildung 7:	Abflüsse am Hachinger Bach (Pegel Furth, Oberhaching), 1/4-Stunden-Werte, Zeitraum 29.05.2013 bis 05.06.2013	26
Abbildung 8:	Zuflussrandbedingung D in Oberhaching (Quelle: 112398-01.1b-KP_IST-Zustand.pdf, [15])	28
Abbildung 9:	Zuflussrandbedingung C in Taufkirchen-Potzham (Quelle: 112398-01.3b-KP_IST-Zustand.pdf, [15])	28
Abbildung 10:	Zuflussrandbedingungen A und B in Taufkirchen (Quelle: 112398-01.5b-KP_IST-Zustand.pdf, [15])	29
Abbildung 11:	Gemessene Grundwasserstände im Bereich der Gde. Oberhaching und Jahressummen der Niederschläge an der Station Deisenhofen (LfU)	34
Abbildung 12:	Lageplan Notbrunnen Gemeinde Unterhaching und Grundwassermessnetz im Bereich Campeon-Gelände im Gemeindegebiet Neubiberg	38
Abbildung 13:	Gemessene Grundwasserstände an den Notbrunnen in Unterhaching und an der amtlichen Messstelle UNTERBIBERG Q 7	39
Abbildung 14:	Gegenüberstellung gemessene Grundwasserstände im Stadtgebiet München, BS16 (LHM: UP 15) und BS22 (LHM: UP 189)	41
Abbildung 15:	Gemessene Grundwasserstände an Entnahmebrunnen (Kühlwasserbrunnen) auf dem Campeon-Gelände und an der amtlichen Messstelle UNTERBIBERG Q 7	42
Abbildung 16:	Messstation Deisenhofen, Lkr. München, Niederschlagssummen der hydrologischen Halbjahre 2006/16	48
Abbildung 17:	Schematische Darstellung des hydrologischen Wasserkreislaufs [12]	49
Abbildung 18:	Monatssummen der Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr, WHJ2011/12 und 2017/18, LfU-Station Deisenhofen, Kreis München	51
Abbildung 19:	Austausch mit Oberflächengewässern im Grundwassermodell - Exfiltration aus dem Grundwasser	62
Abbildung 20:	Austausch mit Oberflächengewässern im Grundwassermodell - Infiltration in das Grundwasser	62
Abbildung 21:	4-Tages-Niederschlagssumme vom 30.05.2013 bis 02.06.2013 [14].	76
Abbildung 22:	Tagessummen Niederschläge Station Deisenhofen, Kreis München, Mai 2013 bis April 2014	77
Abbildung 23:	Tagessummen Niederschläge Station Deisenhofen, Kreis München, Mai/Juni 2013	78

Abbildung 24:	Hachinger Bach - Pegel Furth, Abflüsse und Abflussspende 29. Mai 2013 bis 05. Juni 2013 (Quelle: WWA München)	79
Abbildung 25:	Campeon Gelände, Entnahme und Einleitungen Schluckbrunnen, Mai 2013 bis April 2014	80
Abbildung 26:	Tagessummen Niederschlag, Station Deisenhofen und gemessene Grundwasserstände an GWM Oberhaching D D62, Mai 2013 – April 2014	82
Abbildung 27:	Hachinger Bach - Pegel Furth, Abflüsse Mai 2013 bis April 2014 (Quelle: WWA München)	85
Abbildung 28:	Instationäre Randbedingung am südlichen und nördlichen Modellrand, Mai 2013 bis April 2014	86
Abbildung 29:	Zufluss Sickerwasser im Modellraum – modifizierter Ansatz für Schritt 2 und Ansatz Schritt 1 (aus Monatswerten LfU)	91
Abbildung 30:	Tagessummen der Niederschläge Station Deisenhofen, Gemessene Grundwasserstände GWM Oberhaching D D 62, 25.05.2013 – 25.06.2013	94
Abbildung 31:	Zufluss Sickerwasser im Modellraum – modifizierter Ansatz für Schritt 3 mit Faktor 2,9 und Schritt 2 (aus Monatswerten LfU)	95
Abbildung 32:	Hachinger Bach - Pegel Furth, Abflüsse 29.05.2013 bis 05.06.2013 (Quelle: WWA München)	98
Abbildung 33:	Zulauftrandbedingungen 2D-WSP-Modell - Zuflüsse HQ100 (D = 48 h)	108
Abbildung 34:	Zulauftrandbedingungen 2D-WSP-Modell – Einleitstellen HQ100 (D = 48 h)	108
Abbildung 35:	Festpotenzial Modellrand Süd – hydrologische Varianten MQ, HW2013 und HQ100	113
Abbildung 36:	Festpotenzial Modellrand Nord – hydrologische Varianten MQ, HW2013 und HQ100	113
Abbildung 37:	Zufluss aus Sickerwasser im Modellraum – hydrologische Varianten MQ, HW2013 und HQ100	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Erdgeschichtliche Zeitabschnitte und Eiszeiten	9
Tabelle 2:	Kenndaten zu den an Notbrunnen in Unterhaching durchgeführten Pumpversuchen (1983/84)	17
Tabelle 3:	Kenndaten der an Notbrunnen in Unterhaching durchgeführten Kurz-Pumpversuche 2014/16	18
Tabelle 4:	Berechnungsgrundlagen NA-Model Hachinger Bach [15]	27
Tabelle 5:	Berechnungsergebnisse HQ100 am Hachinger Bach [15]	30
Tabelle 6:	Messnetz Oberhaching – Auswertung WWJ 2007/16	33
Tabelle 7:	Messnetz Taufkirchen – Auswertung WWJ 2006/16	35
Tabelle 8:	Messnetz Stadt München (LHM) – Auswertung WWJ 2006/16	43
Tabelle 9:	Niederschlags- und Wetterstationen	47
Tabelle 10:	Vorläufige Grundwasserbilanz für den Modellraum – Mittlere Verhältnisse	55
Tabelle 11:	Vergleich Endzustand/Ausgangsfall – stationäre Kalibrierung	66
Tabelle 12:	Bilanzgrößen für den Modellraum	68
Tabelle 13:	Sensitivität kf-Werte – Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten	69
Tabelle 14:	Sensitivität kf-Werte – Änderung der Bilanzgrößen im Modellraum	70
Tabelle 15:	Sensitivität Gewässeraustauschraten – Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten	71
Tabelle 16:	Sensitivität Gewässeraustauschraten – Änderung der Bilanzgrößen im Modellraum	72
Tabelle 17:	Sensitivität Grundwasserneubildung – Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten	73
Tabelle 18:	Sensitivität Grundwasserneubildung – Änderung der Bilanzgrößen im Modellraum	73
Tabelle 19:	Gemessene Wasserstände am Hachinger Bach – Juni 2013 (Messnetz Gde. Taufkirchen)	79
Tabelle 20:	Amtliche Grundwassermessstellen – Kenngrößen beim HW2013	81

Anlagen

Hydrogeologisches Modell		Maßstab
1	Datenerfassung	
	<i>Lagepläne</i>	
1.1	Bilanz- und Modellraum	1:40.000
1.2	Topografie im Modellraum	1:40.000
	<i>Strukturierung des Modellraums</i>	
1.3	Hydrogeologische Situation und Bohrungen	1:50.000
1.3.1	Schematischer hydrogeologischer Schnitt A – A'	1:250 / 1:1.000
1.3.2	Schematischer hydrogeologischer Schnitt B – B'	1:250 / 1:1.000
1.4	Basis des quartären Grundwasserleiters	1:40.000
1.5	Deckschichtmächtigkeit	1:40.000
1.6	Untergrunddurchlässigkeiten (k _r -Werte), Ausgangsverteilung	1:40.000
1.7	Pumpversuch am Sportparkbrunnen in Unterhaching (2019)	
	<i>Grundwasserhydraulik</i>	
1.8	Hydrologisches Messnetz	1:40.000
1.9	Gemessene Grundwasserstände, Zeitraum WWJ2007/2016	
1.9.1	Messnetz Oberhaching	
1.9.2	Messnetz Taufkirchen	
1.9.3	Messnetz Campeon Infineon	
1.9.4	Messnetz Landeshauptstadt München (LHM)	
1.9.5	Einflussbereiche Grundwasserstände	1:40.000
1.10	Stichtagsmessung 06. April 2018, Messwerte (Tabellenform)	
1.11	Grundwassergleichen quartärer Grundwasserleiter Stichtagsmessung 06. April 2018	1:40.000
1.12	Grundwasser erfüllte Mächtigkeit des quartären Grundwasserleiters	1:40.000
	<i>Komponenten der Grundwasserbilanz</i>	
1.13	Jahressummen der Niederschläge an Messstationen	
1.14	Mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Zeitraum 2005/2015	1:40.000
1.15	Mittlere Sickerwasserrate– Winterhalbjahr WWJ 2011/2012	1:40.000
1.16	Grundwasserentnahmen Betriebswasserversorgung Campeon Infineon	
	<i>Oberflächengewässer</i>	
1.17	Fließgewässer, Gewässereinzugsgebiete	1:40.000
1.18	Längsschnitt Hachinger Bach	
1.19	Längsschnitt Entenbachl	

Aufbau und Kalibrierung numerisches Grundwassermodell

2	Modellnetz	1:40.000
	<i>Stationäres Grundwassermodell</i>	
2.1	Stationäre Kalibrierung Stichtagsmessung 06. April 2018, Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände (Ausgangsfall)	
2.1.1	Tabellarische Darstellung	
2.1.2	Streudiagramm (berechneter/gemessener Grundwasserstand)	
2.2	Stationäre Kalibrierung Stichtagsmessung 06. April 2018, Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände (Endzustand)	
2.2.1	Tabellarische Darstellung	
2.2.2	Streudiagramm (berechneter/gemessener Grundwasserstand)	
2.2.3	Streudiagramm (Differenz berechneter zu gemessenem Grundwasserstand/gemessener Grundwasserstand)	
2.2.4	Gemessene und berechnete Grundwassergleichen Stichtagsmessung 06. April 2018	1:40.000
2.3	Stationäre Kalibrierung – Endverteilung Modellparameter	
2.3.1	Untergrunddurchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter	1:40.000
2.3.2	Endverteilung Gewässeraustauschraten	1:40.000
	<i>Sensitivitätsanalyse</i>	
2.4	Sensitivitätsanalyse k_f -Werte, Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen	
2.4.1	Faktor 2	1:40.000
2.4.2	Faktor 1/2	1:40.000
2.5	Sensitivitätsanalyse Durchlässigkeit Gewässersohlen, Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen	
2.5.1	Faktor 10	1:40.000
2.5.2	Faktor 1/10	1:40.000
2.6	Sensitivitätsanalyse Grundwasserneubildung, Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen	
2.6.1	Erhöhung um 25 %	1:40.000
2.6.2	Verringerung um 25 %	1:40.000
	<i>Instationäres Grundwassermodell</i>	
2.7	Lageplan instationäre Kalibrierung Hochwasser 2013 (HW2013)	1:40.000
2.8	Gemessene Grundwasserstände - Hochwasser 2013	
2.8.1	Oberhaching/Neubiberg	
2.8.2	Taufkirchen Mitte	
2.8.3	Taufkirchen Nord	

- 2.8.4 Neubiberg/Campeon
- 2.8.5 Landeshauptstadt München (LHM)

- 2.9 Instationäre Kalibrierung HW2013 (1. Untersuchungsschritt)
Ganglinien berechneter und gemessener Grundwasserstände
 - 2.9.1 Bereich Oberhaching
 - 2.9.2 Bereich Taufkirchen
 - 2.9.3 Bereich Neubiberg/Campeon
 - 2.9.4 Bereich Landeshauptstadt München

- 2.10 Instationäre Kalibrierung HW2013 (2. Untersuchungsschritt)
Ganglinien berechneter und gemessener Grundwasserstände
 - 2.10.1 Bereich Oberhaching
 - 2.10.2 Bereich Taufkirchen
 - 2.10.3 Bereich Neubiberg/Campeon
 - 2.10.4 Bereich Landeshauptstadt München

- 2.11 Instationäre Kalibrierung HW2013 (3. Untersuchungsschritt)
Ganglinien berechneter und gemessener Grundwasserstände
 - 2.11.1 Bereich Oberhaching
 - 2.11.2 Bereich Taufkirchen
 - 2.11.3 Bereich Neubiberg/Campeon
 - 2.11.4 Bereich Landeshauptstadt München

- 2.12 Instationäre Kalibrierung HW2013 (4. Untersuchungsschritt)
Ganglinien berechneter und gemessener Grundwasserstände
 - 2.12.1 Bereich Oberhaching
 - 2.12.2 Bereich Taufkirchen
 - 2.12.3 Bereich Neubiberg/Campeon
 - 2.12.4 Bereich Landeshauptstadt München

Einsatz Grundwassermodell

Lagepläne

- | | | |
|---|--------------------------------------|----------|
| 3 | Lageplan Istzustand - Lastfall HQ100 | 1:25.000 |
|---|--------------------------------------|----------|

Grundwasserhydraulische Berechnungen

- | | | |
|-------|--|----------|
| 3.1 | Lastfall HQ100, mittlere hydrologische Verhältnisse MGW | |
| 3.1.1 | Berechnete maximale Grundwasserspiegeldifferenzen Plan- zu Istzustand | 1:40.000 |
| 3.1.2 | Berechnete maximale Grundwasserstände und Flurabstandsbereiche Planzustand | 1:40.000 |
| 3.2 | Lastfall HQ100, Hydrologie HGW2013 | |
| 3.2.1 | Berechnete maximale Grundwasserspiegeldifferenzen Plan- zu Istzustand | 1:40.000 |
| 3.2.2 | Berechnete maximale Grundwasserstände und Flurabstandsbereiche Planzustand | 1:40.000 |

3.3	Lastfall HQ100, Hydrologie HGW100	
3.3.1	Berechnete maximale Grundwasserspiegeldifferenzen Plan- zu Istzustand	1:40.000
3.3.2	Berechnete maximale Grundwasserstände und Flurabstandsbereiche Planzustand	1:40.000

Verwendete Unterlagen

- [1] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.)
Untersuchung der Grundwasserverhältnisse in der Münchner Schotterebene
Koblenz, 1982
Verfasser: Björnson Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz
- [2] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.)
Grundwasserverhältnisse und Grundwassernutzung im südöstlichen Teil der Münchner Schotterebene
Koblenz, 1986
Verfasser: Björnson Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz
- [3] Gemeinde Taufkirchen (Hrsg.)
Wasserwerk Taufkirchen – Ermittlung des Einzugsgebietes
Koblenz, 1991
Verfasser: Björnson Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz
- [4] Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.)
Geologische Karte 1:25.000 von Bayern, 8034 Starnberg Süd
München 1987
- [5] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.)
Die Grundwasserneubildung in Bayern; Berechnet aus den Niedrigwasserabflüssen der oberirdischen Gewässer
München, 1996
- [6] Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie der Ludwig-Maximilians-Universität, München (Hrsg.)
Die oberirdischen und unterirdischen Abflußverhältnisse im Hachinger Tal südlich von München. Diplomarbeit
1997
Verfasser: Ralph Annau
- [7] Festring Perlach e.V. (Hrsg.)
Der geheimnisvolle Hachinger Bach, 2. Erweiterte Auflage
1999
- [8] Infineon Technologies AG (Hrsg.)
Gutachten 00 1648-3, Grundwassermodell, Erläuterungsbericht
München, 2001
Verfasser: Axel Christmann Ingenieurtechnik, Institut für Erd- und Grundbau (ACI)

- [9] Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (FH-DGG) (Hrsg.)
Hydrogeologische Modelle. Ein Leitfaden mit Fallbeispielen. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 24
Hannover, 2002
- [10] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.)
Hydrogeologische Karte 1:500.000 von Bayern mit Erläuterungen
Augsburg, 2009
- [11] Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (FH-DGG) (Hrsg.)
Hydrogeologische Modelle. Bewertung des a priori-Wissens. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 70
Hannover, 2010
- [12] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.)
Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz, KLIWA-Bericht, Heft 17
https://www.kliwa.de/_download/KLIWAHeft17.pdf
Juni 2012
- [13] Hölting, Bernward, Coldewey, Wilhelm G. (Hrsg.)
Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie.
8. Auflage 2013
- [14] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.)
Junihochwasser 2013 – Wasserwirtschaftlicher Bericht
Februar 2014, 2. überarbeitete Auflage
- [15] Landeshauptstadt München mit den Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und Neubiberg (Hrsg.)
Vertiefende Hochwasserstudie Überschwemmungsgebiet Hachinger Bach, vertiefende Untersuchungen zum Hochwassermanagement
Neusäß, 2014
Verfasser: Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co.KG
- [16] Dietrich Grund, Andreas Huber (Hrsg.)
Der Hachinger Bach: Seine Entstehung - seine Menschen - seine Mühlen
2014
- [17] Landeshauptstadt München (Hrsg.)
Potenzial der oberflächennahen Geothermie in München
Flurabstand quartärer Grundwasserleiter Münchner Schotterebene, Stichtagsmessung 2014
Verfasser: Lehrstuhl für Hydrogeologie (TUM) & Bayerisches Landesamt für Umwelt
<https://geoportal.muenchen.de/portal/geothermie/> (zuletzt abgerufen am 22.06.2021)

- [18] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (Hrsg.):
Technische Regel - Arbeitsblatt: DVGW W 107 (A): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten
2016
- [19] MoTo Objekt CAMPEON GmbH & Co. KG (Hrsg.)
Gutachten 00 1648-4, Grundwassermodell, Erläuterungsbericht
München, 2016
Verfasser: Axel Christmann Ingenieurtechnik, Institut für Erd- und Grundbau (ACI)
- [20] Landeshauptstadt München mit den Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und Neubiberg (Hrsg.)
Auswirkungen Lageanpassung des Flussschlauchs auf die geplanten Hochwasserschutzrückhaltemaßnahmen
Neusäß, Januar 2016
Verfasser: Steinbacher-Consult, Ingenieurgesellschaft mbH & Co.KG
- [21] Arbeitskreis KLIWA
Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen (1951-2015)
https://www.kliwa.de/_download/KLIWAHeft21.pdf
März 2017
- [22] Gertraud und Klaus-Peter Schubert (Hrsg.)
Der Hachinger Bach
2018
- [23] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Hrsg.)
Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland (HÜK250) 1:250.000
Projektstand: 15.09.2019
- [24] Protokolle nachfolgender Besprechungen
- 31.07.2017: Startgespräch bei LHM/RKU (1. Projektbesprechung)
 - 03.05.2018: Grundwassermodell (Stufe 1) , Zwischenevaluation der bisherigen Ergebnisse (2. Projektbesprechung)
 - 17.07.2018: Grundwassermodell (Stufe 2), Abstimmung der Randbedingungen für die Modellkalibrierung (3. Projektbesprechung)
 - 23.10.2018: Grundwassermodell (Stufe 2), Abstimmung Zwischenstand Kalibrierung Grundwassermodell (4. Projektbesprechung bei LHM/Baureferat)
 - 20.09.2019: Grundwassermodell (Stufe 2), Abstimmung Zwischenstand instationäre Kalibrierung Grundwassermodell (5. Projektbesprechung)

- [25] Landeshauptstadt München mit den Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und Neubiberg (Hrsg.)
Hochwassermanagement Hachinger Bach
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung numerisches Grundwassermodell
Dokumentation Arbeitsstand September 2019 (Datenstand 24.05.2019)
Augsburg, Juli 2020
Verfasser: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
- [26] Landeshauptstadt München mit den Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und Neubiberg (Hrsg.)
Kurzdokumentation Ableitung Randbedingungen HQ100
Augsburg, November 2020
Verfasser: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
- [27] Virtuelle Projektbesprechungen und Videokonferenzen
- 13.04.2021: Grundwassermodell (Stufe 2), Präsentation und Abstimmung Ergebnisse Plan-/Istzustand HQ100 mit hydrologischen Randbedingungen HQ100 (4. Projektbesprechung)
 - 21.05.2021: Grundwassermodell (Stufe 2), Präsentation und Abstimmung Ergebnisse Plan-/Istzustand HQ100 mit hydrologischen Randbedingungen HW2013 (5. Projektbesprechung)
 - 27.05.2021: Grundwassermodell (Stufe 2), Präsentation und Abstimmung Ergebnisse Plan-/Istzustand HQ100 mit mittleren hydrologischen Randbedingungen (6. Projektbesprechung, nur Übermittlung von Präsentationsfolien)
 - 23.06.2021: Grundwassermodell (Stufe 2), Präsentation und Endevaluation vorliegender Ergebnisse der Planungsberechnungen

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
2d-Berechnung	Zweidimensionale hydrotechnische Berechnung
2D-WSP-Modell	Zweidimensionales Wasserspiegellagenmodell
‰	Promille
%	Prozent
Δh bzw. dH	Höhendifferenz-/unterschied
AG	Auftraggeber
BAB	Bundesautobahn
BCE	Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
BY	Bayern
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EZG	Einzugsgebiet
Fl.km	Flusskilometer
FNP	Flächennutzungsplan
Gde.	Gemeinde
GIS	Geographisches Informationssystem
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermessstelle
GWN	Grundwasserneubildung
HW	Hochwasser
HWM	Hochwassermanagement
HWS	Hochwasserschutz
HYDRO_AS-2D	Software für die 2D-Simulation von Fließgewässern (hydrodynamisch-numerisches Programm)
km	Kilometrierung
l/s	Liter/Sekunde
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LHM	Landeshauptstadt München
RKU	Referat für Klima- und Umweltschutz
m ³ /s	Abfluss in Kubikmeter pro Sekunde
mNN	Meter über Normal Null (DHHN12)
NA-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
OSM	Obere Süßwassermolasse
OW	Oberflächenwasser
OT	Ortsteil
PV	Pumpversuch
Q	Abfluss oder Förderleistung [m ³ /s]
SHJ	Sommerhalbjahr

SMS	Surface Water Modeling System; Computerprogramm zur Vor- und Nachbearbeitung für 2-dimensionale hydrotechnische Berechnungen mit HYDRO_AS-2D
SWM	Stadtwerke München
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
WHJ	Winterhalbjahr
WSG	Wasserschutzgebiet
WSP	Wasserspiegel
WWA	Wasserwirtschaftsamt
WWJ	Wasserwirtschaftsjahre

1 Veranlassung und Auftrag

Die Stadt München betreibt zusammen mit den Gemeinden Neubiberg, Unterhaching, Taufkirchen und Oberhaching ein gemeindeübergreifendes Hochwassermanagement (HWM) am Hachinger Bach. In einer vertiefenden Studie wurde ein Konzept mit verschiedenen Rückhaltemaßnahmen zum Schutz vor dem 100-jährlichen Hochwasser (HQ₁₀₀) für München und Neubiberg entwickelt [15]. Die Oberliegergemeinden (Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching) befürchten bei Schaffung der vorgeschlagenen Retentionsräume auf ihrem Gebiet jedoch einen Anstieg des Grundwassers, mit negativen Folgen auf die dortige Bebauung.

Die Erstellung eines Grundwassermodells stellt daher eine wichtige Voraussetzung und einen unverzichtbaren Teil des Gesamtkonzepts für das HWM am Hachinger Bach dar. Hiermit soll aufgezeigt werden, welchen Einfluss die potentiellen Retentionsräume entlang des Hachinger Bachs im Hochwasserfall auf das Grundwasser haben. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse sind die Konsequenzen der Beeinflussung zu beurteilen. Hierbei sind vorrangig die Gefahren für Mensch und Umwelt zu klären. Zudem sind weitere mögliche Gefahren durch ansteigendes Grundwasser zu ermitteln und ggf. geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der Gefahren vorzuschlagen.

Die Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (BCE) wurde von der Landeshauptstadt München, Referat für Klima- und Umweltschutz (LHM/RKU) mit Ingenieurvertrag vom 21.07.2017 mit der Erstellung eines Grundwassermodells beauftragt. Die Beauftragung erfolgte stufenweise.

Im Rahmen der 1. Stufe (21.07.2017) wurden Leistungspositionen abgerufen, welche im Wesentlichen die Einarbeitung in vorliegende Unterlagen und Gutachten, eine ergänzende Grundlagenrecherche, die Durchführung und Auswertung hydrogeologischer Feldversuche (Stichtagsmessung) und die Darstellung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse (hydrogeologisches Modell) beinhalten. Darüber hinaus erfolgten vorbereitende Arbeiten zum Aufbau des numerischen Grundwassermodells.

Zur Schließung von Informationslücken erfolgte im März 2018 die Beauftragung weiterer Leistungen (Ergänzung Stufe 1). Diese umfassten ergänzende Datenerfassungen bei den Kommunen und auf dem Campeon-Gelände in Neubiberg (Infineon Technologies AG), sowie die Organisation und Auswertung einer Vermessung, zur Überprüfung der Bezugshöhen im Grundwassermessnetz der Gemeinde Taufkirchen.

Die Ergebnisse der 1. Stufe wurden dem Auftraggeber (AG) und den beteiligten Oberliegergemeinden, sowie weiteren einbezogenen Institutionen (WWA München, LRA München), auf der 2. Projektbesprechung vom 03.05.2018 vorgestellt und erläutert (Zwischenevaluation).

Die Beauftragung für die Durchführung der weiteren Arbeiten (Stufe 2) erfolgte mit Schreiben LHM/RKU vom 11.06.2018. Die Leistungspositionen beinhalten u.a. die stationäre und instationäre Kalibrierung des Grundwassermodells. Der Aufbau des numerischen Grundwassermodells und die Ergebnisse der stationären Kalibrierung, an der Stichtagsmessung vom 06. April 2018, wurden auf der

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Besprechung vom 17.07.2018 präsentiert (3. Projektbesprechung). Hierbei wurde vereinbart die stationäre Kalibrierung unter Einbeziehung der Ergebnisse aus einem geplanten Pumpversuch am Sportparkbrunnen in Unterhaching fortzuführen. Zudem wurden die Randbedingungen für die instationäre Modellkalibrierung am Hochwasser im Juni 2013 (HW2013) abgestimmt.

Die Planungen zum Pumpversuch am Sportparkbrunnen erfolgte durch BCE im Juli 2018, der Bescheid seitens LRA München lag am 11.09.2018 vor (Erlaubnis nach Art. 70 BayWG). Aufgrund zwischenzeitlicher baulicher Maßnahmen an der geplanten Einleitstelle (Sportparksee), für das beim Pumpversuch geförderte Grundwasser, konnte der PV erst im Mai 2019 durchgeführt werden.

Bei der Besprechung am 20.09.2019 wurden die abschließenden Ergebnisse der stationären Kalibrierung, unter Einbeziehung der Ergebnisse des PV am Sportparkbrunnen, vorgestellt (Endzustand). Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der instationären Kalibrierung (HW2013) präsentiert.

Der Zwischenbericht zu allen vorstehend genannten Arbeitsschritten wurde im April 2020 vorgelegt und seitens AG im Juli 2020 freigegeben [25]. Im Anschluss erfolgten die Arbeiten an den Prognoserechnungen (Einsatz Grundwassermodell). Diese wurden iterativ und in regelmäßiger Abstimmung mit dem AG und dem WWA München durchgeführt [26].

Der vorliegende Bericht dokumentiert den finalen Bearbeitungsstand im Juli 2021 und gliedert sich in folgende Kapitel:

- Kapitel 2: Datengrundlagen (Erfasste Daten, Bewertung der Daten)
- Kapitel 3: Entwicklung der hydrogeologischen Modellvorstellung (HGM, mit Ableitung der Vorgaben für das numerische Grundwassermodell)
- Kapitel 4: Aufbau des numerischen Grundwassermodells (stationäre und instationäre Kalibrierung)
- Kapitel 5: Einsatz des Grundwassermodells (Festlegung von Rechenszenarien und instationäre Prognoserechnungen)

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

2 Datengrundlagen

2.1 Erfasste Daten

Beim Startgespräch am 31.07.2017 wurden umfangreiche Unterlagen und Daten auf DVD übergeben. Diese beinhalteten auch Rückmeldungen der beteiligten Kommunen auf eine entsprechende Anfrage von LHM/RKU zu bestehenden Grundwassermessnetzen und durchgeführten Grundwasserstandsmessungen, zu den von den Kommunen betriebenen Brunnen, sowie zu tiefer liegenden Gebäuden oder Gebäudeteilen (z. B. Garagen, Kanäle), die für das Grundwasser eine Barriere darstellen können. Insgesamt wurden zu Beginn der Untersuchung folgende Unterlagen bereitgestellt:

- Geobasisdaten (Orthofotos, Digitale Flurkarte, Digitales Geländemodell)
- Stammdaten und Messdaten der bestehenden Grundwassermessnetze (Gemeinde Oberhaching, Gemeinde Taufkirchen, Gemeinde Neubiberg, LHM)
- Bohrprofile / Schichtverzeichnisse an bestehenden Grundwassermessstellen (LHM) und bestehenden Brunnen (Gemeinde Unterhaching)
- Wartungsprotokolle an Trinkwasser-Notbrunnen (Gemeinde Unterhaching)
- Messdaten an bestehenden Brunnen, z.B.: Wasserstände und Pumpversuchsdaten am Sportparkbrunnen und Wasserstände am Brunnen beim Wasserturm (Gemeinde Unterhaching)
- Vertiefende Hochwasserstudie Überschwemmungsgebiet Hachinger Bach. Vertiefende Untersuchungen zum Hochwassermanagement [15]
- Verordnungen über das Überschwemmungsgebiet am Hachinger Bach innerhalb der Stadtgrenzen der Landeshauptstadt München, von Flusskilometer 5+800 bis Flusskilometer 6+600, gemäß Stadtratsbeschluss vom 14.12.2016
- Verordnung des Landratsamtes München über das Überschwemmungsgebiet am Hachinger Bach auf dem Gebiet der Gemeinden Neubiberg, Unterhaching, Taufkirchen und Oberhaching von Flusskilometer 6+600 bis Flusskilometer 15+600, Vom 6. Oktober 2015 (ABI Nr. 31 vom 21.10.2015) in der Fassung der Änderungsverordnung vom 10.03.2017 (ABI Nr. 9 vom 01.04.2017)
- Zuflussganglinien für die Berechnung des Überschwemmungsgebietes des Hachinger Baches mit zugehörigen Erläuterungen (LfU, 2013).

Hiervon ausgehend erfolgte seitens BCE eine zusätzliche Datenrecherche. Die benötigten hydrogeologischen, hydrologischen und grundwasserhydraulischen Daten und Unterlagen wurden überwiegend vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU), den einbezogenen Referaten der Landeshauptstadt München (Referat Gesundheit und Umwelt, Baureferat, Stadtentwässerung), dem Wasserwirtschaftsamt (WWA) München und den beteiligten Gemeinden zur Verfügung gestellt. Insgesamt waren bei diesen Institutionen weitere Unterlagen und Daten zu folgenden Themenbereichen verfügbar:

- Digitales Geländemodell (LDBV: DGM5, Stand: 2012)
- Geologie und Hydrogeologie: Kartenwerke, Geofachdaten aus dem UmweltAtlas Bayern (LfU)
- Grundwasserstände: amtliche Messdaten (www.gkd.bayern.de sowie WWA München), ergänzende Messdaten zum Grundwassermessnetz der beteiligten Kommunen
- Hydrometeorologie:

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Niederschlagsmessstation Deisenhofen (LfU, Messstellen-Nr.: 933)
- Niederschlagsmessstation Oberhaching-Laufzorn (DWD, Nr.: 7431)
- Grundwasserneubildung: Jahressummen der Grundwasserneubildung für den Zeitraum 2005 bis 2015 und monatliche Sickerwasserraten von 2005 bis 2015 (LfU)
- Grundwasserentnahmen:
 - Entnahmebrunnen auf dem Campeon-Gelände in Neubiberg, Gutachten zum Grundwassermodell ([8], [19])
 - Trinkwassergewinnungen der Gemeinden Oberhaching und Taufkirchen, sowie der Stadtwerke München (SWM), Gewinnung Deisenhofen
 - Jahresentnahmen Brunnen Sportpark und Brunnen Wasserturm (Turmstraße)
- Wassergewinnung der Gemeinde Taufkirchen: Auswertungsergebnisse zu durchgeführten Pumpversuchen an Br. VIII und IX
- Notversorgungsbrunnen Unterhaching: Schlussberichte über die Sanierung/Regenerierung (2014/15)
- Hachinger Bach: Wasserstände und Abflussmessungen am Pegel Furth in Oberhaching, Kilometrierung (WWA München)

Außerdem erfolgte seitens BCE eine Kontaktaufnahme mit der GETEC Contracting GmbH, welche für den Betrieb und die Überwachung der seit 2006 bestehenden thermischen Grundwassernutzung auf dem Campeon Gelände (Infineon Technologies AG) bei Neubiberg zuständig ist. In diesem Zusammenhang wurden 2 Ortstermine zur Abstimmung und Erfassung benötigter Daten durchgeführt (03.11.2017, 29.02.2018). Im Vordergrund standen hierbei:

- der Betrieb der Entnahme- und Schluckbrunnen auf dem Campeon -Gelände und die im Rahmen der dort durchgeführten Grundwasserüberwachung
- Unterlagen zum dem für das Campeon -Gelände erstellten kleinräumigen Grundwassermodell (2001) und zu darauf aufbauenden Untersuchungen (2016), diese wurden im Mai/Juni 2018 zur Verfügung gestellt ([8], [19])

Im Vorfeld der Prognoserechnungen wurden nach Abstimmung mit LHM/Baureferat im November/Dezember 2020 folgende, ergänzende Daten zur Verfügung gestellt:

- Modelldaten Hydraulik (2D-WSP-Modell, Plan- und Istzustand, Stand 2014) [15]
- Brief und Anlagen zur Lageanpassung Flussschlauch Hachinger Bach [20]

Die insgesamt bis zum 23.12.2020 erfassten Daten und Unterlagen sind in Anlage 1 tabellarisch zusammengestellt. Bei der Erfassung und Auswertung erfolgte zunächst eine Überprüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität. In der Folge ergaben sich weitere Detailabstimmungen mit beteiligten Gemeinden (Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching, LHM).

Im Rahmen des Startgespräches [24] im Juli 2017 wurden zudem folgende Festlegungen, für die Bearbeitung der Untersuchung im geografischen Informationssystem (GIS), getroffen:

- Lagebezugssystem bzw. Koordinatenreferenzsystem: DHDN/3-degree Gauß-Krüger Zone 4 (EPSG-Code: 31468)
- Höhenbezugssystem: Höhen über NN des DHHN12 (Status 100)

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

2.2 Bewertung der Daten

Bohrungen

Es lag eine relativ große Zahl von Bohraufschlüssen (502), mit jedoch sehr unterschiedlicher räumlicher Verteilungsdichte vor (Anlage 1.3). Die höchste Dichte an bekannten Bohrungen besteht im nördlichen Projektgebiet (Modellraum), im Stadtgebiet von München und auf Höhe der Gemeinde Oberhaching. Relativ wenige Bohrungen sind insbesondere im südlichen Modellraum, südlich von Oberhaching, zwischen Oberhaching und Taufkirchen und zwischen Taufkirchen und Unterhaching vorhanden.

Von besonderer Bedeutung sind diejenigen Bohrungen, an denen die Obere Süßwassermolasse (OSM) erbohrt wurde. Die OSM wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung als Grundwasserhemmer betrachtet, die Oberkante der OSM bildet somit die Basis des quartären Grundwasserleiters (Anlage 1.4). Hinsichtlich der Datendichte ist festzustellen:

- Südlich von Oberhaching-Deisenhofen liegen nur wenige aussagekräftige Werte vor.
- Zwischen Oberhaching und Taufkirchen lassen die Auswertungen ein relativ flaches Gefälle der Basis des quartären GWL erkennen (ca. 2,5 ‰). Vor diesem Hintergrund erscheint die Informationsdichte dort ausreichend.
- Auf Höhe von Taufkirchen bis in den südlichen Gemeindebereich von Unterhaching fällt die Basis von 555 mNN auf 535 mNN relativ steil ab (ca. 15 ‰), dieser Bereich ist beidseits des Hachinger Baches ebenfalls relativ gut durch tiefe Bohrungen belegt.
- Eine relativ geringe Datendichte ist für das nördliche Gemeindegebiet Unterhaching zu verzeichnen, dies trifft insbesondere auf die weiter vom Hachinger Bach entfernten Bereiche innerhalb des Modellraumes zu.

Die südlich von Oberhaching-Deisenhofen bestehenden Informationsdefizite sind vor dem Hintergrund der zu untersuchenden Fragestellung, die sich auf die vorgeschlagenen Rückhaltmaßnahmen am Hachinger Bach zwischen Taufkirchen und Neubiberg beziehen (Lage siehe Anlage 1.1), voraussichtlich von untergeordneter Bedeutung. Entsprechendes trifft auf die relativ geringe Datendichte im nördlichen Gemeindegebiet von Unterhaching zu. In diesem Gebiet werden i.d.R. Flurabstände von über 10 m angetroffen (Flurabstand = Abstand Geländeoberkante zum Grundwasserspiegel). Direkte Wechselwirkungen zwischen dem Grundwasser und dem Hachinger Bach können dort ausgeschlossen werden.

Insgesamt bilden die vorliegenden Bohrungen aus derzeitiger Sicht eine ausreichende Grundlage zur Ermittlung der Basis des quartären Grundwasserleiters (Schichtgrenze Quartär/OSM).

Untergrundkennwerte

Kenntnisse über die im Projektgebiet zu erwartenden Untergrunddurchlässigkeiten (k_f -Werte), liegen aus den in der Vergangenheit durchgeführten großräumigen Untersuchungen vor ([1], [2], [3]). Für den hier betrachteten Modellraum ergibt sich eine Bandbreite zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1,2 \cdot 10^{-2}$ m/s.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Auswertungsergebnisse aus PV, zur Untergrunddurchlässigkeit im quartären Grundwasserleiter, lagen im Modellraum nur an 6 Brunnen vor (Anlage 1.6). Die Standorte dieser Brunnen befinden sich alle in einem relativ kleinen Gebiet in der Gemeinde Unterhaching (Notbrunnen 1, 2 und 4, Sportparkbrunnen) und der angrenzenden Gemeinde Unterbiberg (Campeon-Brunnen). Dort wurde für die Untergrunddurchlässigkeit eine Größenordnung von $k_f = 1,5 \cdot 10^{-2}$ m/s bis $k_f = 4,5 \cdot 10^{-2}$ m/s ermittelt. Für das Stadtgebiet von München und die Gemeinden Taufkirchen und Oberhaching waren keine entsprechenden aussagekräftigen Informationen verfügbar.

Vor diesem Hintergrund wurde auch auf verfügbare Daten an Brunnen außerhalb des Modellraumes zurückgegriffen (Brunnen VIII und IX der Gewinnung Taufkirchen, Lage 1.6). Die dort ermittelte, relativ große Bandbreite an ermittelten Untergrunddurchlässigkeiten (ca. $k_f = 2 \cdot 10^{-3}$ m/s bis ca. $k_f = 2 \cdot 10^{-2}$ m/s) ist vermutlich auf die dort bestehende heterogene Ablagerung unterschiedlicher Schichten zurück zu führen. Innerhalb der dominierenden grob bis mittelkiesige, quartäre Ablagerungen werden dort mehrere Meter mächtige Ablagerungen von Lehm, Nagelfluh, Mergel und mit Nagelfluh durchsetzten Kiesen (Konglomerate) angetroffen [3]. Die Mächtigkeit dieser Konglomerate erreicht an den Brunnen der Gemeinde Taufkirchen ca. 40% bis über 60% der gesamten grundwassererfüllten Mächtigkeit. Diese führen bei der Auswertung von Pumpversuchen (PV), zu einer Reduzierung der hieraus abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte.

Insgesamt ist die Datengrundlage hinsichtlich der Untergrunddurchlässigkeit im quartären GWL als noch ausreichend zu bewerten. Datenlücken ergeben sich insbesondere für das Gemeindegebiet von Oberhaching und Taufkirchen und das Stadtgebiet München. Im Hinblick auf die Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwasserstände werden daher Sensitivitätsbetrachtungen empfohlen, welche die mögliche Bandbreite der Untergrunddurchlässigkeit zwischen ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s und ca. $k_f = 5 \cdot 10^{-2}$ m/s berücksichtigen.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Hydrologisches Messnetz

Im Hinblick auf die Erfassung der Grundwasserverhältnisse im Modellraum ist das Grundwassermessnetz sowohl hinsichtlich Anzahl, als auch hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Messstellen als noch ausreichend einzustufen (Kap. 3.5.1, Anlage 1.8). Informationslücken bestehen insbesondere in weiter Entfernung vom Hachinger Bach (> 1 km).

Hinsichtlich der Zeitreihen bestehen Defizite, insbesondere bei der zeitlichen Auflösung der Messwerte. Aufgrund der durch die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geprägten Dynamik der Grundwasserstandsentwicklung **wird empfohlen ausgewählte GWM mit Datenloggern auszustatten**. Zielsetzung ist hierbei, die kurzzeitigen Schwankungen der Grundwasserstände und vor allem die bei Starkregenereignissen oder längeren „feuchten Phasen“ tatsächlich aufgetretenen maximalen Grundwasserstände, möglichst genau zu erfassen. Durch die derzeit durchgeführten monatlichen oder wöchentlichen Messungen ist dies nicht möglich. Diese Empfehlungen betreffen vor allem GWM in den Grundwasserstand sensiblen Bebauungsgebieten der Gemeinden Oberhaching und Taufkirchen, sowie im südlichen Bebauungsbereich von Unterhaching.

Im Gemeindegebiet Oberhaching werden die Grundwasserstandmessungen an Sickerschächten durchgeführt. Die durchgeführten Auswertungen zu den Grundwasserständen (Kap. 3.5.2) zeigen, dass an diesen Messorten die Reaktionen im Grundwasser in den wesentlichen Charakteristiken erfasst werden. Aus den vorstehend genannten Gründen wird auch dort **die Ausstattung ausgewählter Messstandorte mit Datenloggern** empfohlen. Dieser Empfehlung kommt auch vor dem Hintergrund der o.a. geringen Datengrundlagen zu den Untergrundverhältnissen, südlich von Oberhaching-Deisenhofen, eine besondere Bedeutung zu.

Hachinger Bach

Die Besonderheit dieses Gewässers besteht darin, dass es fast ausschließlich aus Grundwasseraustritten gespeist wird (s. Kap. 3.4). Zur Beurteilung der Wasserstände und Abflüsse am Hachinger Bach steht derzeit nur der Pegel Furth in Oberhaching zur Verfügung (Lage s. Anlage 1.8). Von der Gemeinde Taufkirchen werden im Rahmen der monatlichen Grundwasserstandsmessungen zudem an 3 Standorten (Pegel 1 bis 3) die Wasserspiegel am Hachinger Bach erfasst.

Angesichts der Bedeutung des Austausches zwischen Grundwasser und Hachinger Bach, für die Abflüsse und die Wasserstände am Hachinger Bach, in den Kommunen Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching, Neubiberg und im südlichen Stadtgebiet von München, wird die **Ergänzung des Messnetzes am Hachinger Bach um einen weiteren Pegel, mit kontinuierlicher Erfassung der Wasserstände empfohlen**. Es wird ein Standort im Gewässerabschnitt unterhalb der Sixtmühle in Taufkirchen empfohlen (z.B.: Brücke Münchener Straße).

3 Entwicklung des Hydrogeologischen Modells

Das Hydrogeologische Modell (HGM) wurde auf Basis der in Kap. 2 beschriebenen Datengrundlagen in Anlehnung an [9], [11] erstellt. Es beinhaltet die Abstrahierung bzw. Schematisierung der im betrachteten Untersuchungsgebiet bestehenden geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten, sowie der maßgebenden Einflussgrößen und ihrer Zusammenhänge. Zielsetzung ist die Darstellung der wesentlichen Systemeigenschaften im Untersuchungsraum, die für die Beschreibung und Prognose hydrogeologischer Vorgänge im Sinne der Aufgabenstellung relevant sind. Das HGM stellt eine Grundvoraussetzung für die Aufstellung eines numerischen Grundwassermodells dar.

3.1 Hydrogeologische Übersicht

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der sogenannten Münchner Schotterebene (MSE). Sie bildet die größte geschlossene Schotterdecke Bayerns mit einer Fläche von rd. 1.800 km². Die Ausdehnung und die Lage des Untersuchungsgebietes sind aus Abbildung 1 ersichtlich (rot umrandet).

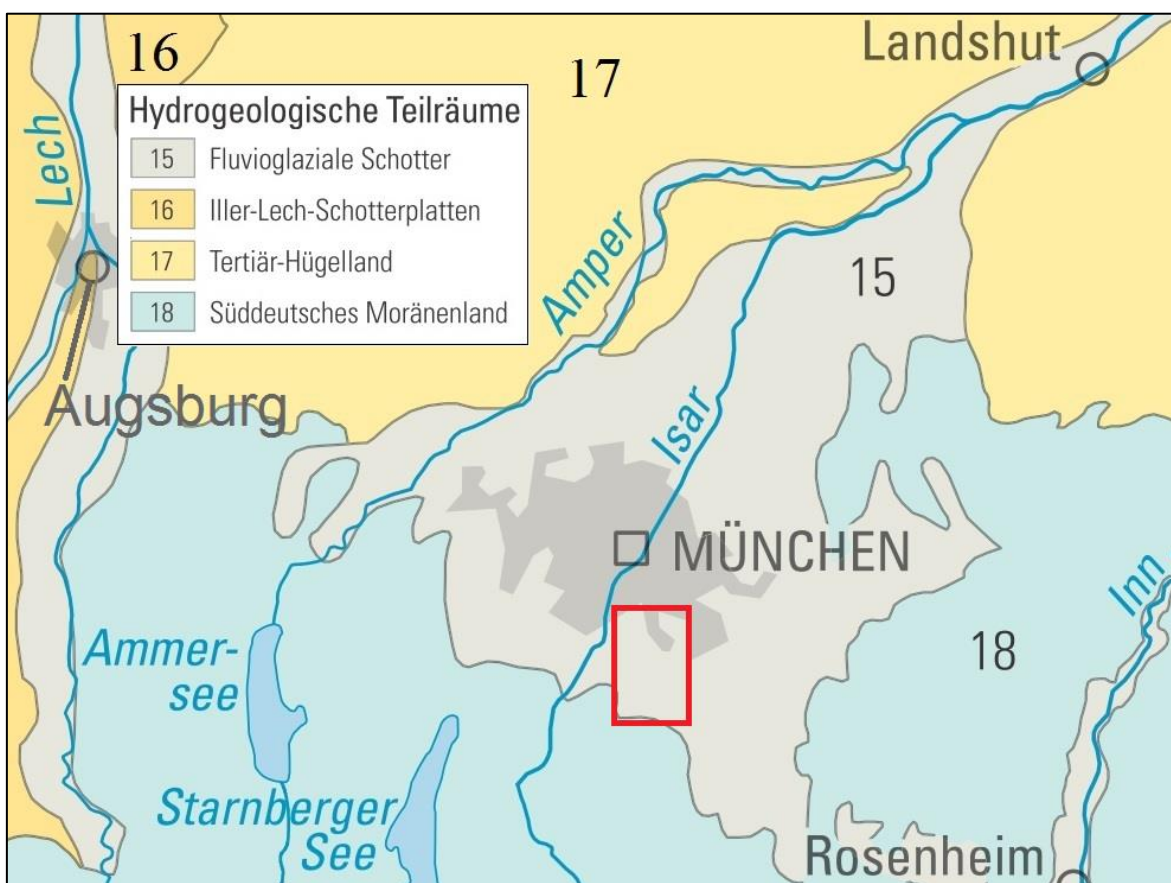


Abbildung 1: Hydrogeologische Teilräume Bayerns [10]

Die MSE ist eine aus eiszeitlichen Sedimenten aufgebaute Ablagerungsfläche, welche sich während des Quartärs von Süden her aus einer spitzbogigen Bucht bei Holzkirchen nach Norden hin, bis südlich von Freising bei Landshut gebildet hat. Die Ränder im Süden werden vorwiegend aus

Endmoränenwällen der würmeiszeitlichen Isar-Würm- und Inngletscher aufgebaut. Im Norden wird sie von den Tertiärhöhen zwischen Mammendorf, Dachau und Moosburg, wie auch von den Altmoränengebieten des Sempt/Isen-Hügellandes begrenzt. Die östliche Grenze wird ebenfalls von älteren pleistozänen Ablagerungen des Süddeutschen Moränenlandes gebildet.

Als oberste Ablagerung herrschen kiesige Sedimente der Würmeiszeit, als würmeiszeitliche Niederter-rassenschotter vor. Am Aufbau sind ferner Sedimente der Riß-Mindel- und Günzeiszeit beteiligt. Kennzeichnend ist eine vielfach deckenförmige Überlagerung von Schottern der einzelnen Eiszeiten. Die erdgeschichtliche Zuordnung und chronostratigrafische Abfolge dieser Eiszeiten ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Erdgeschichtliche Zeitabschnitte und Eiszeiten

Chronostratigraphie				Kaltzeiten				
System	Serie	Stufe	Tsd. Jahre		Bezeichnung	Tsd. Jahre		
			von	bis		von	bis	
Quartär	Holozän	Holozän	0	12				
	Pleistozän	Jungpleistozän	12	126	Würm	10	115	
		Mittelpleistozän		126	781	Riß	130	300
						Mindel	460	400
						Günz	600	800
		Altpleistozän	781	1806				
	Gelasium	1806	2588					

Nach Korngrößenanalysen handelt es sich bei den pleistozänen Sedimenten vorwiegend um schwach feinkiesige bis feinkiese Mittel- und Grobkiese mit schwach sandigen Nebengemenganteilen und schlechter Sortierung, ferner finden sich Sande, Seetone, Lössen und Sandlössen. Diese Schotter bilden einen gut durchlässigen, weiträumigen GWL mit einer hohen Grundwasser-Speicherfähigkeit ([1], [2]). Im Allgemeinen erreichen diese Schotter am Südrand der Münchener Schotterebene bei Holzkirchen eine Mächtigkeit bis zum 90 m, bei Hofolding etwa 50 m und dünnen nach Norden hin aus, bis sie im Bereich des Dachauer- und Erdinger Moores nur noch etwa 5 - 15 m mächtig anstehen.

Einen Überblick über die geologische und hydrogeologische Situation im Bereich des Modellraumes gibt Anlage 1.3. Dieser beinhaltet einen Kartenausschnitt der Hydrogeologischen Karte von Bayern [10], ergänzend hierzu sind die aus der Digitalen geologischen Karte (dgK25) entnommenen wesentlichen geologischen Einheiten mit aufgenommen. Hieraus ist ersichtlich, dass der Kartenausschnitt durch fluvioglaziale Ablagerungen dominiert wird, welche im Wesentlichen Schmelzwasserschotter darstellen. Weiter westlich schließen sich entlang der Isar rinnenförmig abgelagerte, quartäre Fluss-schotter an. Im Süden und Südwesten sind bereichsweise, bis an die südliche Grenze des Modell-raumes reichend, Moränenablagerungen zu verzeichnen, welche durch Nordwest orientierte Rinnen von Schmelzwasserschotter voneinander getrennt werden.

In der letzten Eiszeit, der Würmeiszeit, erodierten Schmelzwässer des Isar-Loisach-Gletschers auch die weicheren Schichten aus den davor liegenden Eiszeiten des Tertiärs (OSM) und schufen so Raum zur Ausbildung einer neuen Schotterebene. Das Gleißental im Süden des Hachinger Tals, ist eine ursprüngliche, nach Norden orientierte Abflussrinne, die postglazial trocken fiel. Die Talfurche von Deisenhofen reicht bis in den Deckenschotter hinein. Nach dem Ende der Würmeiszeit tiefte sich der Bach ein und schuf die Terrasse entlang der heutigen Straße Oberhaching-Taufkirchen (s. a. Anlage 1.2).

Innerhalb des Modellraums können die fluvioglazialen Ablagerungen in mehrere Verbreitungsgebiete von unterschiedlichen, hochwürmezeitlichen Niederterrassen abgegrenzt werden (Anlage 1.3, schwarze Umrandung). Im nördlichen Modellraum, im Stadtgebiet von München, liegen zusätzlich Bereiche mit oberflächennah anstehendem Lößlehm sowie anthropogenen, also künstlichen Ablagerungen vor.

Die für die vorliegende Untersuchung maßgebenden oberflächennahen Ablagerungen lassen sich wie folgt charakterisieren:

1. Quartäre Flussschotter
 - a. Spätglaziale Niederterrassenschotter der Würmeiszeit
 - b. Hochterrassenschotter der Rißeiszeit
 - c. zum Teil zu Nagelfluh verbackene Deckenschotter der Mindeleiszeit (nicht mehr flächig vorhanden)
2. Obere Süßwassermolasse (Tertiär)
 - a. jungtertiäre Ablagerungen: Flinzmergel/Flinzsand
 - b. tertiäre sandige Kiesablagerungen

An den aus dem BIS-Bayern erfassten Bohrungen wurden an 46% der Bohrungen (229) zu Nagelfluh bzw. Konglomerat verfestigte Schotter und Kiese unterschiedlicher Mächtigkeit angesprochen (Hydrogeologische Einheit des GWL). An den Brunnen der Trinkwassergewinnung Taufkirchen (Lage siehe Anlage 1.1) nehmen diese Schichten zwischen 40 % und 67 % der Grundwasser erfüllten Mächtigkeit ein [3].

3.2 Modellraum

Das Projektgebiet zum Hochwassermanagement Hachinger Bach umfasst eine Ausdehnung von ca. 10 km². Im Rahmen des Startgespräches [24] wurde von BCE für die Datenerfassung zum HGM eine Erweiterung des Untersuchungsgebietes auf ca. 20 km² vorgeschlagen. Seitens BCE wurde hierbei darauf hingewiesen, dass sich – in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Datenrecherche und -auswertung – ggf. auch die Notwendigkeit zu einer weiteren Vergrößerung des Modellgebietes ergeben kann.

Der **Modellraum** für die spätere numerische Grundwassermodellierung wurde nach geohydraulischen Kriterien und unter Berücksichtigung der Ausdehnung des Untersuchungsgebietes der vertiefenden Hochwasserstudie zum Überschwemmungsgebiet Hachinger Bach [15], abgeleitet (Anlage 1.1). Auf

Grundlage der verfügbaren Daten und Informationen erfolgte eine Abgrenzung mit einer Ausdehnung von rd. 40 km². In den Modellraum mit einbezogen sind die im Rahmen der Hochwasserstudie vorgeschlagenen Rückhaltemaßnahmen ([15]), zudem umfasst der gewählte Modellraum die Ausdehnung dort erstellter hydraulischer Modelle (2D-WSP-Modelle).

Die Grenzen des Modellraumes lassen sich wie folgt beschreiben (Anlage 1.1):

- Im Süden erfolgte die Abgrenzung entlang einer aus HK500 [10] übernommenen Grundwassergleiche (578 mNN). Diese Grenze befindet sich in einer Entfernung von über 2 km zum Austrittsbereich des Hachinger Bachs und in einer Entfernung von über 4 km zu den geplanten Maßnahmen im südlichen Gemeindegebiet von Taufkirchen. Die Grenze befindet sich somit ausreichend weit von den geplanten Maßnahmen entfernt.
- Nach Westen und Osten wurden die Modellgrenzen, gemäß den Abstimmungen vom 03.05.2018 [24], in einem Abstand von ca. 1 km, beidseits des Hachinger Bachs gewählt. Hierdurch wird Bebauung, der hier mit einbezogenen Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und Neubiberg, überwiegend erfasst. Dies betrifft insbesondere Grundwasserstand sensible Gebiete in diesen Kommunen. Der Verlauf der Modellgrenzen folgt dort abgeleiteten Stromlinien, die senkrecht zu den mittleren Grundwassergleichen aus der HK500 [10] verlaufen.
- Die nördliche Modellgrenze orientiert sich an den bestehenden Planungen zum Hochwassermanagement Hachinger Bach und entlang der dort verlaufenden Grundwassergleiche aus HK500 (525 mNN). Diese liegt damit auch im Übergangsbereich zu den nördlich anschließenden Planungen zum Hochwassermanagement, ab Ramersdorf-Perlach.

Die Topografie des Modellraumes (Anlage 1.2) ist durch die würmeiszeitliche Abflussrinne des Gleißentals geprägt, die sich bei Oberhaching-Deisenhofen, im Austrittsbereich des Hachinger Baches, als Hachinger Tal fortsetzt. Der Geländeeinschnitt bei Oberhaching ist durch ein enges Tal mit steilen Flanken charakterisiert. Die Geländehöhen am Talboden liegen dort bei ca. 575 mNN bis 570 mNN und damit um bis zu 35 m tiefer als auf den Höhenrücken (zwischen 610 mNN und 580 mNN). Im weiteren Verlauf, nördlich von Taufkirchen, bis zum Münchener Stadtgebiet, löst sich die Talstruktur allmählich auf und es ist eine zunehmende Verflachung der Geländeoberkante zu verzeichnen, welche am nördlichen Modellrand Höhen von 535 mNN bis 530 mNN erreicht.

3.3 Strukturierung des Modellraumes

3.3.1 Hydrostratigrafische Einheiten

Die quartären Anlagerungen im Modellraum bestehen im Wesentlichen aus spätglazialen Niederter-rassenschotter der Würmeiszeit. Diese quartären Kiese und Sande werden im Liegenden durch die tertiären Ablagerungen der OSM begrenzt, welche somit die Basis des quartären GWL bildet. Im Hangenden begrenzen Deckschichten den quartären GWL, die überwiegend als wenige Meter mächtige, schluffige Deckschichten ausgebildet sind.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Die tertiären Schichten der OSM weisen eine um mehrere Zehnerpotenzen geringere Durchlässigkeit als der quartäre GWL auf. Im Rahmen dieser Untersuchung sind sie daher als Grundwasserhemmer zu betrachten. Innerhalb der Hauptstruktur bestehende kleinräumige Eintiefungen im Grundwasserhemmer (Rinnenstrukturen), oder bereichsweise deutlich geringere Mächtigkeiten des quartären GWL (Rücken in der Oberfläche der OSM), werden bei der vorliegenden Datendichte nicht überall erfasst.

Im Modellraum sind somit folgende hydrostratigrafische Einheiten zu unterscheiden:

- Quartärer Grundwasserleiter der Kiese und Sande der Münchener Schotterebene
- Tertiäre Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM)

Insgesamt standen über 500 Untergrundaufschlüsse zur Verfügung, die im Hinblick auf ihre hydrostratigrafische Gliederung berücksichtigt wurden. Für alle Bohrungen, an denen im BIS-Bayern Informationen zu den angetroffenen Schichten vorlagen, erfolgte seitens BCE eine entsprechende Ableitung der Schichtgrenzen (Deckschichtunterkante, Basis quartärer GWL), bezogen auf Höhen in [mNN].

Bei der überwiegenden Anzahl der Bohrungen konnte hierbei auf stratigrafische Ansprachen im Datensatz BIS-Bayern zurückgegriffen werden, dies betraf vor allem die Schichtgrenze Quartär/OSM. Nicht eindeutige Ansprachen wurden nicht berücksichtigt, teilweise erfolgten seitens BCE entsprechende Ergänzungen zur Schichtgrenze. Die Deckschichtunterkante wurde von BCE unter Berücksichtigung der vorliegenden stratigrafischen Ansprachen und den schichtbezogenen Gesteinsansprachen (DIN-Ansprache) abgeleitet. Auf Grundlage der verfügbaren und geeigneten Informationen erfolgte eine weitergehende Auswertung und Darstellung der ermittelten Schichtgrenzen, die wie folgt dargestellt sind:

- Schematische, hydrogeologische Schnitte, Bereich Oberhaching (Anlage 1.3.1 und 1.3.2)
- Basis des quartären Grundwasserleiters (Anlage 1.4)
- Mächtigkeit der Deckschichten (Anlage 1.5)

Erläuterungen hierzu enthalten die nachstehenden Kapitel 3.3.1.1 und 3.3.1.2.

3.3.1.1 Basis des quartären Grundwasserleiters

Zur Ermittlung der räumlichen Verteilung der Basis des quartären Grundwasserleiters wurden innerhalb des Modellraums und im angrenzenden Bereich die nachstehenden Daten herangezogen:

- 346 Bohrungen aus dem BIS-Bayern, darin mit enthalten waren die Informationen zu 19 von LHM/RKU bereit gestellte Bohrprofile
- 2 Bohrungen von der Gemeinde Unterhaching im Perlacher Forst
- 4 zusätzliche Bohrprofile an errichteten GWM von LHM/RKU
- 2 zusätzliche Bohrungen aus dem UmweltAtlas Bayern

Insgesamt wurden somit 354 Standorte, an denen die Schichtgrenze Quartär/OSM angetroffen wurde, ausgewertet. Die hieraus abgeleitete flächige Verteilung der Basis des quartären GWL ist aus Anlage 1.4 ersichtlich. Hieraus ist großräumig ein Einfallen der Basis von Südwesten (575 mNN) nach

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Nordosten (515 mNN) zu erkennen, entsprechend einem mittleren Gefälle von ca. 4 ‰. Regional ergeben sich folgende Charakteristiken:

- Im südlichen Bereich des Modellraumes ist zunächst ein etwas steileres Abfallen der Basis von 575 mNN auf 560 mNN festzustellen (ca. 8 ‰), welche im Austrittsbereich des Hachinger Baches, bei Oberhaching-Deisenhofen, in eine rinnenförmige Struktur übergeht (555 mNN). Östlich des Hachinger Baches, zwischen den Ortsteilen Deisenhofen und Furth von Oberhaching, sowie Taufkirchen-Potzham erhebt sich eine rückenartige Struktur (560 mNN).
- Zwischen den Gemeinden Oberhaching und Taufkirchen liegt die Basis des quartären GWL, bis zu den Ortsteilen „Bergham“ und „Am Berg“ von Taufkirchen, weitgehend gleichbleibend auf einem Höhengniveau von ca. 555 mNN.
- Von Taufkirchen, bis auf Höhe der südlichen Bebauungsbereiche von Unterhaching, fällt die Basis des GWL auf kurzer Strecke relativ steil ab (ca. 15 ‰), von 555 mNN auf 535 mNN.
- Im nördlichen Modellraum, im Gemeindegebiet von Neubiberg und im Stadtgebiet von München, ist bei Höhen zwischen 530 mNN bis 515 mNN wieder eine zunehmende Verflachung der Basis des quartären GWL zu verzeichnen (mittleres Gefälle ca. 3 ‰).

Insgesamt ergibt sich somit ein komplexer, im Süden durch Rinnenstrukturen geprägter und Richtung Norden durch ein stark wechselndes Gefälle charakterisierter Verlauf der Basis des quartären GWL.

Im südlichen Modellraum, am Hachinger Bach bei Oberhaching, werden oberflächennah sandig-schluffige Schichten des Altpleistozäns angetroffen. Die Auswertung dort vorliegender ausgewählter Bohrungen zu zwei schematischen Schnitten ist aus Anlage 1.3.1 und Anlage 1.3.2 ersichtlich. Diese veranschaulichen die dort in Mächtigkeiten bis zu ca. 15 m angetroffenen, älteren quartären Ablagerungen des Altpleistozäns. Diese sind, im Gegensatz zu den angrenzenden, überwiegend kiesigen Sedimenten der Würmeiszeit (Terrassenschotter), von vornehmlich sandiger Beschaffenheit und weisen daher eine geringere Durchlässigkeit als die Kiese auf (k_f ca. $1 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-3}$ m/s). Die Mächtigkeit dieser altpleistozänen Schichten nimmt mit zunehmender Entfernung vom Hachinger Bach ab.

In den beiden Schnitten ist zudem der aus der Stichtagsmessung vom 06. April 2018 (Kap. 3.5.2.2) abgeleitete Grundwasserspiegel eingetragen. Hieraus ist ersichtlich, dass der Grundwasserspiegel auf den Schnittachsen überwiegend mehr als 15 m unter der Geländeoberkante liegt. Lediglich im Nahbereich des Hachinger Baches treten deutliche geringere Flurabstände auf. Aufgrund der rinnenartigen Eintiefung des Tales am Hachinger Bach kommt es dort zu den bereits angesprochenen Grundwasserströmen im Gemeindegebiet von Oberhaching.

Zur weiteren Veranschaulichung ist in Abbildung 2 ein annähernd parallel zum Hachinger Bach verlaufender Längsschnitt, von der Gemeindegrenze Oberhaching/Taufkirchen bis nach Neubiberg, dargestellt (Lage Schnittachse siehe Anlage 1.4). Dieser beinhaltet die aus Bohrungen abgeleitete Basis des quartären GWL, den aus den Messungen der Stichtagsmessung vom 6. April 2018 abgeleiteten Grundwasserstand (Kap. 3.5.2.2) und die Geländeoberkante aus dem DGM5. Zudem mit eingetragen sind ausgewählte Absturzbauwerke am Hachinger Bach entsprechend der zugehörigen Lage auf Höhe der Schnittachse (Projektion auf die Schnittachse).

Hieraus ist entsprechend den obenstehenden Ausführungen zur Anlage 1.4 zunächst ein relativ flacher Verlauf der Basis des quartären Grundwasserleiters im südlichen Gemeindegebiet von Taufkirchen erkennbar (ca. 2,5 ‰). Aufgrund der in diesem Gebiet steiler einfallenden Geländetopographie kommt es zu einer Verringerung der Aquifermächtigkeit im Grundwasserleiter. Dementsprechend kann es auch dort, bei entsprechend hohen Grundwasserständen, zu einem Austritt von Grundwasser in den Hachinger Bach kommen.

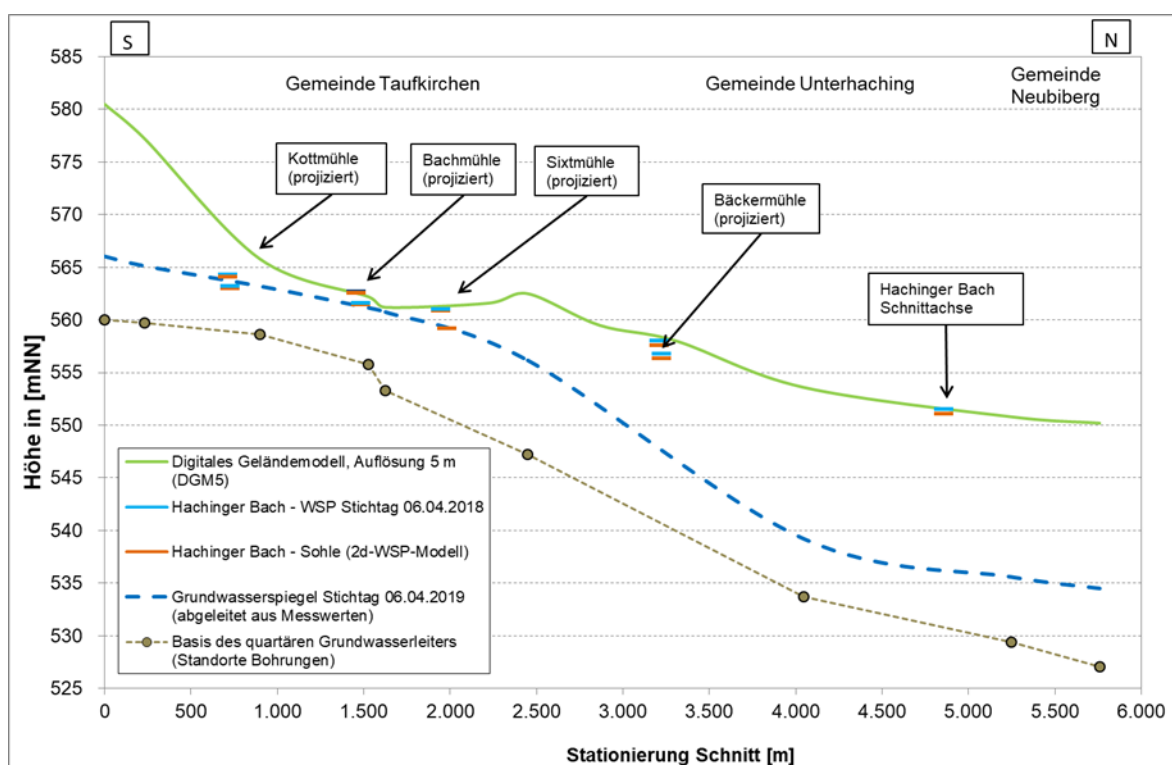


Abbildung 2: Schematischer hydrogeologischer Schnitt C – C'

In etwa ab Höhe der Sixtmühle in Taufkirchen fällt die Basis des quartären GWL nach Norden steiler ein (ca. 15 ‰), was zu einer entsprechenden Zunahme im Fließgefälle des Grundwassers und einer tieferen Lage des Grundwasserspiegels führt. Nördlich davon findet auch bei hohen Grundwasserständen keine Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach mehr statt. Am Ende des betrachteten Schnittes, in Neubiberg, liegt der Hachinger Bach über 15 m über dem Grundwasserspiegel im quartären Grundwasserleiter.

3.3.1.2 Deckschichten und Hachinger Sperrschicht

Die Deckschicht konnten aus ca. 450 Bohrungen innerhalb des Modellraums und im angrenzenden Bereich abgeleitet werden. Die ausgewerteten Standorte sind aus Anlage 1.5 ersichtlich. Die Mächtigkeit der Deckschichten variiert im Modellraum zwischen 0,1 m und rd. 12 m, wobei Mächtigkeiten > 5 m nur an 8 Bohrungen innerhalb des Modellraums ermittelt wurde. Es handelt sich hierbei überwiegend um Standorte im Stadtgebiet von München (anthropogene Auffüllungen). Die mittlere Mächtigkeit über alle ausgewerteten Bohrungen beträgt ca. 1 m. Die ermittelte Deckschichtunterkante fällt,

entsprechend der nach Norden abfallenden Geländeoberkante, von rd. 610 mNN am südlichen Modellrand bis auf rd. 530 mNN bei München, am nordöstlichen Rand des Modellraumes, ab.

In Bereichen mit geringen Flurabständen kann den Deckschichten eine besondere Bedeutung bei der Ausbreitung des Druckwasserspiegels im Grundwasser zukommen. Dies gilt insbesondere bei Hochwasserereignissen, wenn der freie Grundwasserspiegel die Deckschichtunterkante erreicht und es zu einem Druckwasserspiegel kommt (Wechsel von freiem Grundwasser zu teilgespannten bzw. gespanntem Grundwasser). Dies ist bei hohen Grundwasserständen, insbesondere in Gebieten nahe zum Hachinger Bach, zwischen Oberhaching und Taufkirchen möglich.



Abbildung 3: Hachinger Sperrschicht (Flußmergel) in Entwässerungsgraben, Feuchtwiese bei Taufkirchen¹

Eine besondere Form der Deckschicht stellt die lokal auftretende, sog. „Hachinger Sperrschicht“ (HSS) dar. Hierbei handelt es sich um oberflächennah anstehende, quartäre Ablagerungen von weißlichem Flussmergel (rote Umrandung in Abbildung 3). Diese meist geringmächtige (< 0,5 m) Schicht aus schluffig-toniger Zusammensetzung entstand vermutlich durch spätglaziale, fluviatile Ablagerungen und ist in den quartären Grundwasserleiter eingebettet.

In Abbildung 4 sind die aus [6] entnommenen und zusammengefassten Gebiete dargestellt, in denen die HSS angetroffen bzw. nicht angetroffen wurden. Die Gebiete wurden auf der Grundlage von punktuellen Informationen an verfügbaren Bohrungen und Schürfen im betrachteten Gebiet interpoliert.

¹ Quelle: Von Ventus55 - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45317867>

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Eine gesonderte Anfrage beim LfU in 2018 zu Schichtenansprachen an Aufschlüssen im Nahbereich des Hachinger Bachs ergab keine weiteren Erkenntnisse bezüglich des Verbreitungsgebietes der HSS.

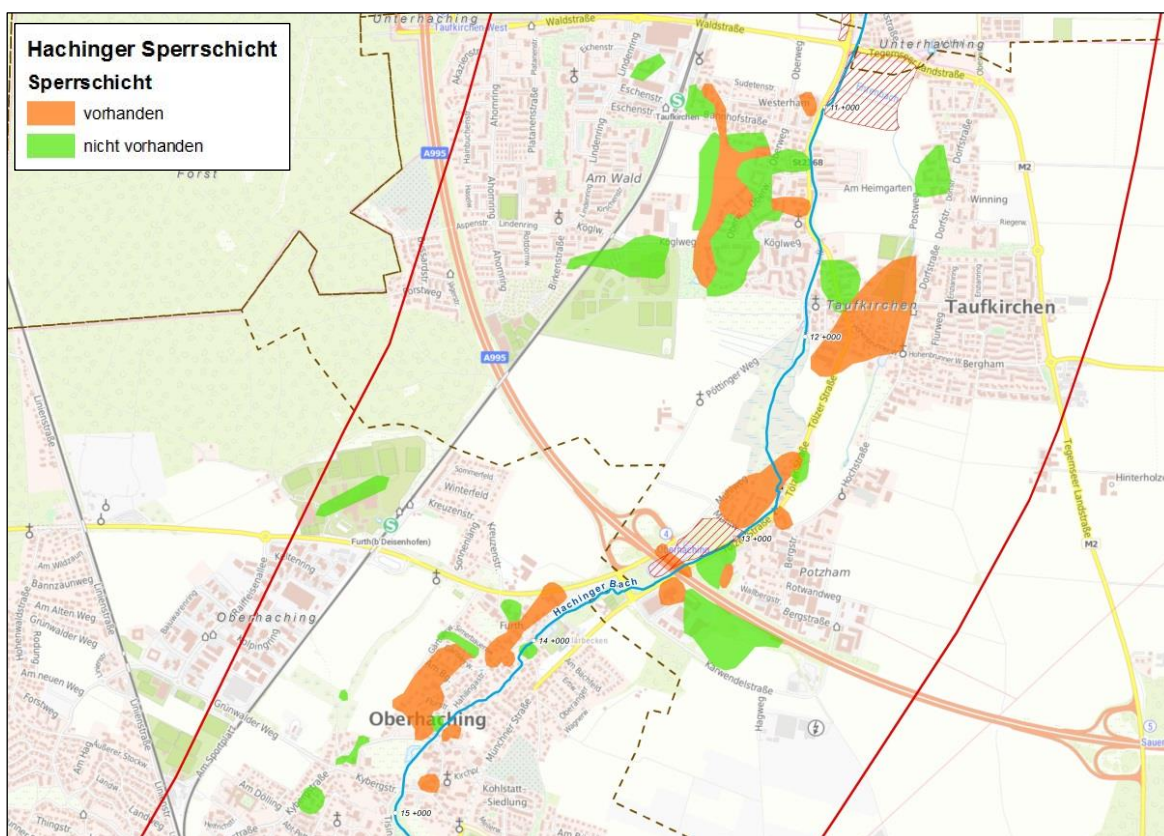


Abbildung 4: Räumliche Ausdehnung der Hachinger Sperrschicht, (digitalisiert nach Auswertungen von Ralph Annau [6])

Ob die angetroffene HSS auch hydraulisch wirksam wird hängt davon ab, ob der Grundwasserstand bis über die Unterkante der HSS ansteigt. Dies ist insbesondere bei höheren Grundwasserständen in den nahe zum Hachinger Bach gelegenen Gebieten möglich.

Die Durchlässigkeit der HSS wird in [6] mit $k_f \leq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s angegeben (mündliche Aussage von Herrn Dr. Polz, seinerzeit WWA München). Da es sich bei der HSS um einen Flnzmergel handelt sind nach Ansicht LHM/RKU tendenziell deutlich geringere Werte von $k_f = 1 \cdot 10^{-7}$ bis $1 \cdot 10^{-8}$ m/s zu erwarten [24]. Angaben zum hydraulisch wirksamen Speicherkoeffizient liegen nicht vor. BCE überprüft diesen Ansatz im Rahmen der Modellkalibrierung.

3.3.2 Geohydraulische Kennwerte

3.3.2.1 Zusammenstellung bereits vorliegender Angaben

Aus den in bereits in den 1980er und 1990er Jahren durchgeführten großräumigen Untersuchungen zur MSE lagen bereits Kenntnisse über die im Modellraum zu erwartenden

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
 Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
 - Hydrogeologisches Modell
 - Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
 - Einsatz Grundwassermodell

Untergrunddurchlässigkeiten vor ([1], [2], [3]). Für das hier betrachtete Projektgebiet (Modellraum) ergibt sich eine Bandbreite von $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $k_f = 1,2 \cdot 10^{-2}$ m/s.

Zur Überprüfung der seinerzeit abgeleiteten Größenordnungen erfolgten seitens BCE ergänzende Datenrecherchen. Aus dem BIS-Bayern lagen für 6 Standorte im Modellraum Hinweise auf möglicherweise verfügbare Daten oder Auswertungen zu durchgeführten PV vor. Eine in 2018 durchgeführte aktuelle Abfrage beim LfU in 2018 ergab jedoch keine verwertbaren Daten. Weitere Daten und Informationen ergaben sich aus den nachstehend aufgeführten Recherchen und Auswertungen.

Gde. Neubiberg (Campeon-Gelände von Infineon Technologies AG)

Für Berechnungen zur thermischen Grundwassernutzung auf dem Kapellenfeld bei Neubiberg (Campeon-Gelände) wurde in einem Baugrundgutachten von Axel Christmann Ingenieurtechnik (ACI) eine mittlere Durchlässigkeit von $k_f = 1 \cdot 10^{-2}$ m/s verwendet (2001, [8]).

Nach Errichtung der Brunnen auf dem Campeon-Gelände (2005) wurden ergänzende PV an den bestehenden Brunnen durchgeführt. Die Auswertung dieser PV ergab eine durchschnittliche Durchlässigkeit von $k_f = 3,1 \cdot 10^{-2}$ m/s. Für die in 2016 durchgeführten Berechnungen wurde von ACI, „als konservative Abschätzung“, der Mittelwert aus beiden Ansätzen zugrunde gelegt, im Ergebnis ergibt sich $k_f = 2 \cdot 10^{-2}$ m/s [19].

Gde. Unterhaching (Notbrunnen)

Für die 4 Notbrunnen im Gemeindegebiet Unterhaching wurde von BCE eine analytische Auswertung vorliegender Pumpversuchsdaten durchgeführt (Anlage 1.7, Lage Brunnen siehe Anlage 1.8). Messdaten lagen dort sowohl von PV aus dem Zeitraum der Errichtung der Brunnen vor (1983/84), als auch aus PV, die im Rahmen der Überprüfung der Brunnen in den Jahren 2014/16 erfolgten.

Die in Tabelle 2 dargestellten Kennzahlen der 1983/84 durchgeführten Pumpversuche lassen bei vergleichsweise hohen Entnahmen von 4,5 l/s bis 16 l/s überwiegend geringe Absenkungen des Brunnenwasserspiegels von < 0,15 m erkennen. Dies weist auf hohe zu erwartende Untergrunddurchlässigkeiten in diesem Gebiet hin. Lediglich am Notbrunnen 3 wurde bei einer relativ geringen Entnahme ($Q = 2,5$ l/s) mit 1,03 m eine relativ große Absenkung des Brunnenwasserspiegels festgestellt. Die in der Tabelle angegebenen „Restmächtigkeit“ ist als der Abstand zwischen abgesenktem Brunnenwasserspiegel, am Ende des PV, und der Basis des quartären Grundwasserleiters, am Brunnenstandort, definiert.

Tabelle 2: Kenndaten zu den an Notbrunnen in Unterhaching durchgeführten Pumpversuchen (1983/84)

Notbrunnen	Lage	Dauer [h]	maximale Förderleistung [l/s] / [m³/h]	maximale Absenkung [m]	Restmächtigkeit [m]
1	Falkenweg/ Parkstr.	12	4,5 / 16,2	0,15	2,0
2	Ortspark (Isartalstr.)	20	16,0 / 57,6	0,09	3,9

3	Bürgermeister-Prenn-Str./ Kirchenstr.	13	2,5 / 9,0	1,03	0,59
4	Goerdelerstr. (Leberstraße)	8	4,5 / 16,2	0,06	2,05

Aufgrund der relativ groben zeitlichen Auflösung der vorliegenden Messdaten (≥ 1 Minute) war jedoch nur eine orientierende Abschätzung der Untergrunddurchlässigkeit (k_f - Werte) möglich. Die Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwertes wurde aus der Entnahmemenge nach dem Ansatz von Hölting [13] für freie Verhältnisse durchgeführt:

$$k_f = \frac{Q}{h_m \cdot s} \quad \text{mit} \quad h_m = h + \frac{s}{2}$$

Q =Entnahmemenge [m^3/s]

s = Absenkungsbetrag im Brunnen [m]

h = abgesenkte Wassersäule über Brunnensohle [m]

Hiermit ergeben sich folgende Abschätzungen:

- An den Notbrunnen 2 und 4 liegen die hiermit ermittelten k_f – Werte in einer Größenordnung von $k_f = 4 \cdot 10^{-2}$ m/s (Notbr. 2: $k_f = 4,5 \cdot 10^{-2}$ m/s; Notbr. 4: $k_f = 3,6 \cdot 10^{-2}$ m/s).
- Für den Notbrunnen 1 wird ein k_f – Wert von $1,5 \cdot 10^{-2}$ m/s abgeleitet, dieser liegt damit auch in der Größenordnung des Ansatzes, der für die Entnahmebrunnen auf dem Campeon-Gelände zugrunde gelegt wurde ($k_f = 2 \cdot 10^{-2}$ m/s, s.o.).
- Der für den Notbrunnen 3 abgeschätzte k_f – Wert ergab einen um ca. 1 Zehnerpotenz geringere Durchlässigkeit (ca. $2 \cdot 10^{-3}$ m/s). Dieser Wert wurde aufgrund der vergleichsweisen hohen Absenkung von > 1 m, bei vergleichsweise geringer Restmächtigkeit im Brunnen (ca. 0,6 m), als nicht aussagekräftig beurteilt und daher nicht berücksichtigt

Als weitere Information wurden die aus den Wartungsprotokollen der Gemeinde Unterhaching (Wasserwerk Unterhaching) von 2014 und 2016 vorliegenden Daten, zu den in diesem Zusammenhang durchgeführten Kurzpumpversuchen (Kurz-PV), herangezogen. Die Überprüfungen erfolgen jährlich, Kurz-PV werden alternierend in einem Zyklus von ca. 5 Jahren durchgeführt.

Die Kenndaten der in 2014 (Notbrunnen 1, 2 und 4) und 2016 (Notbrunnen 3) durchgeführten Kurz-PV sind in Tabelle 3 zusammengestellt. An allen Brunnen wurde nach ca. 1,5 h bis 3,0 h eine quasi-Beharrung ermittelt, d.h. es wurde keine weitere messbare Absenkung des Brunnenwasserspiegels mehr festgestellt (Messgenauigkeit: 1 cm).

Tabelle 3: Kenndaten der an Notbrunnen in Unterhaching durchgeführten Kurz-Pumpversuche 2014/16

Notbrunnen	Lage	Dauer [h]	maximale Förderleistung [l/s] / [m^3/h]	maximale Absenkung [m]	Restmächtigkeit [m]
1	Falkenweg/ Parkstr.	3,5	1,5 / 5,4	0,09	2,76

2	Ortspark (Isartalstr.)	3,13	7,0 / 25,2	0,11	2,06
3	Bürgermeister-Prenn-Str./ Kirchenstr.	4,0	2,54 / 9,14	0,59	1,13
4	Goerdelerstr. (Leberstraße)	5,47	5,0 / 18,0	0,41	0,59

Im Vergleich zu den Pumpversuchen von 1983/84 ergeben sich folgende Feststellungen:

- An Notbrunnen 1 und 2 fallen bei den in 2014 durchgeführten PV die Förderraten deutlich geringer aus als in 1983/84 (nur ca. 33% bis 44% der seinerzeitigen Förderrate). Dennoch wird an beiden Notbrunnen eine ähnliche Absenkung des Brunnenwasserspiegels ermittelt (ca. 0,1 m). Der Ruhewasserspiegel liegt am Notbrunnen 1 in 2014 um ca. 0,7 m höher als 1983, am Notbrunnen 2 um ca. 1,8 m tiefer. Dementsprechend fällt auch die Restmächtigkeit am Ende der 2014 durchgeführten PV entsprechend größer bzw. geringer aus.
- Insgesamt ergibt sich somit für beide Brunnen eine Verschlechterung der Leistungscharakteristik beim PV 2014, gegenüber dem PV 1983. Dies weist darauf hin, dass an beiden Brunnen zwischenzeitlich Alterungserscheinungen aufgetreten sind (z.B.: Verockerung, Versandung, Versinterung, Verschleimung, Ausfällungen, etc.).
- Der vorliegenden Daten am Notbrunnen 1 beziehen sich auf den vor der Regenerierung im März 2014 durchgeführten PV (03.03.2014). Vom 04.03.2014 bis zum 05.03.2014 wurde der Notbrunnen 1 regeneriert. Die Kamerabefahrung am 06.03.2014 konnte eine gute Reinigung nachweisen. Messdaten zu einem im Anschluss an Regenerierung durchgeführten Pumpversuch lagen nicht vor.
- Bei der am Notbrunnen 2 im Juli 2015 durchgeführten Überprüfung erfolgte auch eine Kamerabefahrung des Brunnens. Folgendes Ergebnis wurde festgehalten: „die Innenflächen sind mit leichten Benetzungen überzogen, die Filterschlitzte teilweise belegt, stellenweise Ablagerungen und zum Teil geschlossen“. Es wird die Empfehlung zu einer Regenerierung in 8 – 10 Jahren gegeben. Insgesamt bestätigen diese Aussagen die bereits für den PV von 2014 vermutete Brunnenalterung am Notbrunnen 2.
- An den Notbrunnen 3 und 4 wurden bei den PV in 2014/16 ähnliche Förderraten gemessen, wie bei den in 1983/84 durchgeführten PV (ca. 2,0 – 2,5 l/s bzw. 4,5 – 5 l/s).
- Am Notbrunnen 3 liegt der Ausgangswasserspiegel auch annähernd auf gleichem Niveau wie beim PV in 1983 (ca. 14 m u. GOK). Die ermittelte Absenkung fällt mit 0,56 m jedoch geringer aus als beim PV von 1983 (1,03 m). Insgesamt ergibt sich dort eine Restmächtigkeit von ca. 1,2 m. Vor diesem Hintergrund erfolgte für den PV von 2014 eine ergänzende Auswertung zu Ermittlung der Untergrunddurchlässigkeit, diese wurde zu $k_f = 3 \cdot 10^{-3}$ m/s abgeleitet.
- Beim Kurz-PV am Notbrunnen 4, im Oktober 2014, lag der Ausgangswasserspiegel um 1,5 m höher als beim PV 1984, es wird eine Absenkung von ca. 0,4 m gemessen, die damit deutlich höher ausfällt als im Jahr 1983 bei ähnlicher maximaler Förderrate (Absenkung: 0,06 m). Insgesamt resultiert hieraus eine geringe Restmächtigkeit am Ende des PV (2014) von ca. 0,6 m. Dieser PV wird daher als nicht aussagekräftig beurteilt und daher nicht berücksichtigt. Somit bestehen auch für den Notbrunnen 4 Hinweise auf Alterungsprozesse im Filterbereich.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Insgesamt bestätigen die abschätzenden Auswertungen die bereits bei den großräumigen Untersuchungen ermittelte hohe Untergrunddurchlässigkeit ($> k_f = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$) für das Gebiet der Gemeinde Unterhaching.

Die aus 2014/16 vorliegenden Daten zu durchgeführten Kurz-PV liefern aufgrund der vorliegenden Hinweise zu zwischenzeitlichen Alterungsprozessen an den Brunnen überwiegend keine geeignete Datengrundlage zur Überprüfung von Untergrundkennwerten. Lediglich der PV am Notbrunnen 3 im Jahr 2014 durchgeführte PV erscheint für eine Abschätzung der Durchlässigkeitsbeiwert geeignet, er wurde zu $k_f = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ abgeleitet. Er fällt damit allerdings um ca. eine Zehnerpotenz geringer aus, als die entsprechenden Ergebnisse an den benachbarten Notbrunnen 2 und 4. In Anbetracht der relativ geringen Restmächtigkeit von 1,13 m wird der dort abgeleitete Wert als eingeschränkt „aussagekräftig“ eingestuft. (Anlage 1.6).

Gde. Taufkirchen (Entnahmebrunnen)

Aus dem Gebiet der Trinkwassergewinnung der Gemeinde Taufkirchen, die sich südöstlich der Gemeinde und außerhalb des hier betrachteten Modellraumes befindet (Anlage 1.1), wurden seitens der Gemeinde Taufkirchen Auswertungsergebnisse zu dort durchgeführten PV zur Verfügung gestellt. An den im Jahr 2017 neu errichteten Brunnen VIII (Flur Nr. 1600/1) und Brunnen IX (Flur Nr. 2025/1) wurden mit $k_f = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ (Br. VIII) und $k_f = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ (Br. IX) Untergrundkennwerte ermittelt, die um eine Größenordnung (Zehnerpotenz) variieren. Die zugehörigen Transmissivitäten wurden mit $T = 1,31 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (Br. VIII) und $T = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ (Br. IX) benannt.

Die für beide Brunnen vorliegenden Bohrprofile weisen innerhalb der grundwassere erfüllten Mächtigkeit von ca. 6 m bis 7 m, ca. 2 m (Br. IX) bis ca. 3 m (Br. 8) mächtige Ablagerungen aus Schluff und/oder Nagelfluh (Konglomerate) auf (s.a. Kap. 3.3.1). Vermutlich resultieren die sehr unterschiedlichen ermittelten Untergrunddurchlässigkeiten aus der lokal unterschiedlichen Mächtigkeit und Beschaffenheit dieser Konglomerate, die zu einer Verringerung der Untergrunddurchlässigkeit am Brunnenstandort führen.

3.3.2.2 Pumpversuch am Sportparkbrunnen Unterhaching (2019)

Zur weiteren Verifizierung der vorstehenden Auswertungen wurde am Sportparkbrunnen in der Gemarkung Unterhaching ein zusätzlicher Pumpversuch mit detaillierter Erfassung der Wasserstandsänderungen durchgeführt.

- Dem Antrag vom 24.07.2018 zur Planung und Durchführung des PV folgte am 11.09.2018 die wasserrechtliche Erlaubnis des LRA München.
- Infolge der Sanierung, der für die Einleitung des geförderten Wassers vorgesehenen benachbarten Sportparkseen, musste die geplante Durchführung des PV seitens der Gde. Unterhaching bis Anfang Mai 2019 verschoben werden.
- Die Durchführung erfolgte vom 07.05 - 10.05.2019, mit einer maximalen Förderrate von 56 m^3/h bzw. 15,5 l/s und einer Gesamtfördermenge von rd. 2.680 m^3 .

Die beim Pumpversuch ermittelte Förderrate am Brunnen und der gemessene Brunnenwasserspiegel sind aus Abbildung 5 ersichtlich. Weitergehende Auswertungen enthalten die Anlagen 1.7.1 bis Anlage 1.7.4.

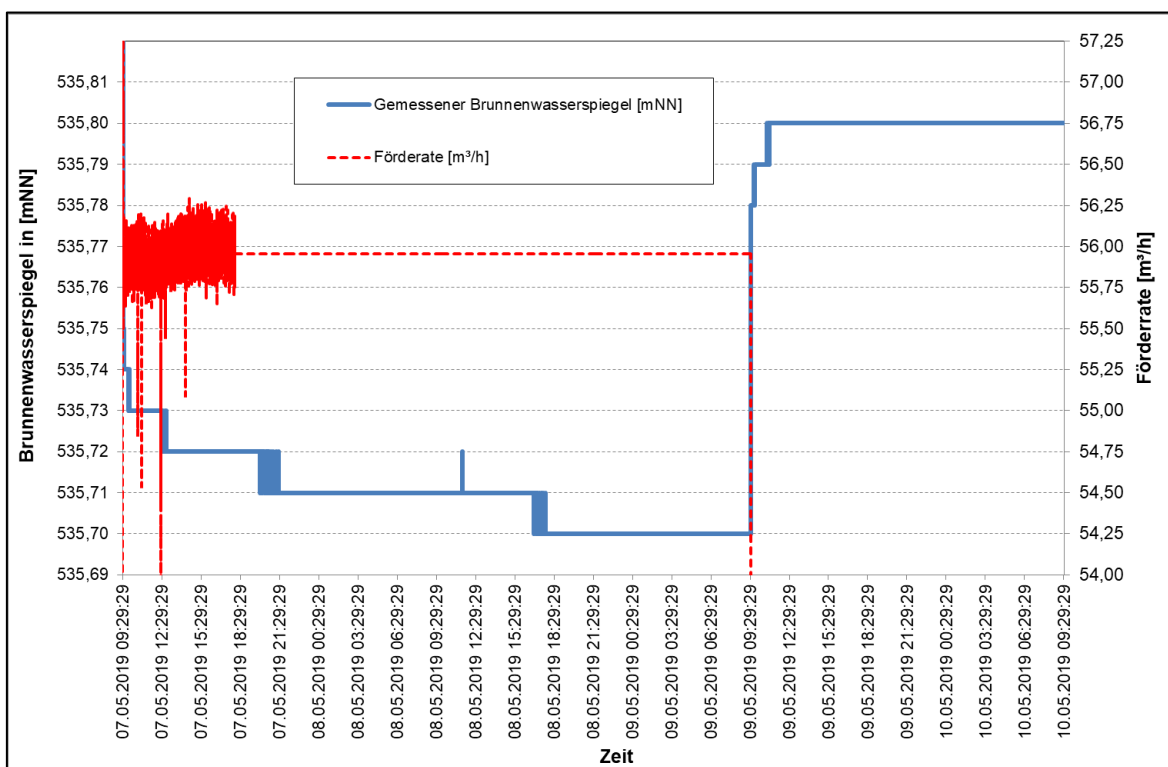


Abbildung 5: Pumpversuch am Sportparkbrunnen, Gemessener Brunnenwasserspiegel und Förderrate (Mai 2019)

Insgesamt ergeben sich hieraus folgende Feststellungen:

- Die mittlere Förderrate beim PV am Sportparkbrunnen wurde zu rd. 55,9 [m³/h] ermittelt, entsprechend rd. 15,4 l/s.
- Die maximale Absenkung des Brunnenwasserspiegels gegenüber dem Ausgangsniveau von 535,82 mNN auf 535,70 mNN ergibt sich zu 0,12 m. Nach Abschaltung der Pumpe wird ein Wiederanstieg von 0,1 m auf 535,80 mNN gemessen.

Zur weiteren Beurteilung wurden die gemessenen Grundwasserstände, an der ca. 2,2 km vom Sportparkbrunnen entfernten GWM Unterbiberg Q7, zusammen mit dem Brunnenwasserspiegel am Sportparkbrunnen ausgewertet (Anlage 1.7.1). Hieraus ist ersichtlich, dass während des PV an der GWM ein Rückgang der Grundwasserstände um 0,02 m zu beobachten ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser allmähliche, hydrologisch bedingte Rückgang der Grundwasserstände, im Zeitraum des Pumpversuches auch am Sportparkbrunnen aufgetreten ist. Hieraus erklärt sich der, im Verhältnis zur gemessenen Absenkung, um 0,02 m größere Wiederanstieg des Brunnenwasserspiegels. Auch wenn der hydrologische Einfluss absolut gesehen sehr gering ist, angesichts der geringen Gesamtabenkung von 0,1 m am Sportparkbrunnen, ist er im Hinblick auf die analytische Auswertung nicht zu vernachlässigen.

Vor diesem Hintergrund wurde die Phase des Wiederanstiegs am Sportparkbrunnen ausgewertet. In diesem kurzen Zeitfenster erfolgte vermutlich keine nennenswerte Beeinflussung des Brunnenwasserspiegels durch hydrologische Einflüsse.

- Der Wiederanstieg des Brunnenwasserspiegels im Sportparkbrunnen wurde in einem Zeitintervall von 1 Sekunde gemessen. Die Messwerte in den ersten 8 Sekunden nach Abschaltung wurden nicht berücksichtigt, da in dieser Phase die Pumpe noch herunterfährt (Gemeinde Unterhaching).
- Der weitere Anstieg des Brunnenwasserspiegels ist im Wesentlichen durch zwei Phasen mit unterschiedlichem Anstiegsverhalten gekennzeichnet. Die analytische Auswertung ergab für die beiden Auswertungs-Phasen eine Bandbreite der ermittelten Untergrunddurchlässigkeiten zwischen $k_f = 0,5 \cdot 10^{-2}$ m/s und $k_f = 2,7 \cdot 10^{-2}$ m/s (s. Anlage 1.7.2 und 1.7.3). Für die Untersuchungen wurde in Abstimmung mit dem AG zunächst der obere Wert dieser Bandbreite zugrunde gelegt.

Insgesamt bestätigt der PV am Sportparkbrunnen somit die Größenordnung der an den benachbarten Brunnen ermittelten Untergrunddurchlässigkeiten im Quartär ($k_f = 1,5 \cdot 10^{-2}$ m/s bis $k_f = 4,5 \cdot 10^{-2}$ m/s).

3.3.2.3 Gesamtbewertung zu den vorliegenden k_f -Werten

Hinsichtlich der Untergrundkennwerte im Modellraum ergibt sich aus den vorliegenden Auswertungen und Informationen eine Bandbreite von $k_f = \text{rd. } 1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $\text{rd. } 5 \cdot 10^{-2}$ m/s. Die hohen Werte spiegeln die gute Durchlässigkeit der quartären Terrassenschotter in der Münchener Schotterebene wider. Die niedrigeren Werte resultieren vermutlich aus höheren sandigen Anteilen innerhalb der quartären Terrassenschotter und/oder dem bereichsweise Auftreten von sandigen, altpleistozänen Ablagerungen in den tieferen Ablagerungen des Quartärs (Kap. 3.3), sowie aus Ablagerungen von Lehm, Nagelfluh, Mergel und mit Nagelfluh durchsetzten Kiesen (Konglomerate) innerhalb der quartären Ablagerungen.

Die unter Berücksichtigung der vorstehenden Auswertungen ermittelte Ausgangsverteilung der Untergrunddurchlässigkeit im quartären GWL ist aus Anlage 1.6 ersichtlich. Die angetroffenen Bandbreiten sind dort als farblich hinterlegte Regionalisierung, in den Abstufungen $k_f \leq 5 \cdot 10^{-3}$ m/s, $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-2}$ m/s und $k_f > 1 \cdot 10^{-2}$ m/s, dargestellt. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der stationären Kalibrierung.

3.4 Hachinger Bach

3.4.1 Entstehung und Verlauf

Der Hachinger Bach ist ein Gewässer III. Ordnung, welches als offene Gewässerstruktur durch die Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen, Unterhaching und Neubiberg bis nach München-Perlach verläuft (Anlage 1.1). Von dort, auf Höhe des Michaelibades, fließt er in einem Rohr bis zum sogenannten Hüllgraben, nördlich der Gleisanlagen bei Berg am Laim (Stadtgebiet München). Der Hüllgraben ist ein künstlich angelegter Wasserlauf, er führt als Fortsetzung des unterirdisch zugeleiteten Hachinger Bachs, vom Zamdorfer Gleisdreieck in den Abfanggraben, der schließlich in den Mittlere-Isar-Kanal mündet.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Der Hachinger Bach entspringt in einer ehemaligen Gletscherabflussrinne zwischen Deisenhofen und Oberhaching und fließt von Süden kommend Richtung Norden, Richtung LHM (Anlage 1.1). In verschiedenen öffentlich zugänglichen Publikationen wird als „Quelle“ des Hachinger Baches das Gleißental bei Deining (Ortsteil der oberbayerischen Gemeinde Egling, Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen), ca. 8 km südlich von Oberhaching-Deisenhofen, angegeben. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird dieser abschnittsweise wasserführende Abschnitt im Gleißental nicht berücksichtigt, da der aus dem Deining Weiher (Gleißentalweiher) abfließende Gleißbach schon nach wenigen hundert Metern wieder versickert.

Der Hachinger Bach wird in seinem Oberlauf zwischen Oberhaching-Deisenhofen bis Taufkirchen vom Grundwasser aus der Münchner Schotterebene gespeist. Die Talsohle liegt in diesem Bereich tiefer als der mittlere Grundwasserstand, so dass hier Grundwasser in den Bach austreten kann. Je nach Grundwasserstand wird der oberste Bachabschnitt in Oberhaching mehr oder weniger stark mit Wasser versorgt. Durch seine Abhängigkeit vom Grundwasserstand ist - bei niedrigen Grundwasserständen - auch ein Trockenfallen des Baches möglich. Daher werden am derzeitigen Bachbeginn in Oberhaching bei Bedarf über einen Brunnen kontinuierlich etwa 10 [l/s] Grundwasser in den Bach eingespeist. Diese Anlage wurde 1982 von der Gemeinde Oberhaching errichtet und wird seitdem von ihr betreut.

Der Verlauf des Hachinger Baches wurde auf Grundlage der aus dem 2D-WSP-Modell verfügbaren Daten [15] und unter zusätzlicher Berücksichtigung der aus den vorliegenden digitalen Daten (Orthofotos, DGM) und örtlicher Einsicht gewonnenen Informationen festgelegt. Die Festlegung der Stationierung am Hachinger Bach erfolgte auf Grundlage der vom WWA München zur Verfügung gestellten Daten. Die Station 0+000 befindet sich an der Einleitung des Hachinger Baches in den Hüllgraben, bei der S-Bahn-Abstellanlage Steinhausen. Die weitere Stationierung erfolgt, entgegen der Fließrichtung, bis ins Gemeindegebiet Oberhaching. Wesentliche Stationierungen im Modellraum ergeben sich hieraus wie folgt (Anlage 1.8):

- ca. Station 2+400: Austritt des Hachinger Baches aus dem Modellraum (Norden)
- ca. Station 14+200: Pegel Furth in Oberhaching
- ca. Station 15+250: Einleitung Grundwasser aus dem Brunnen in Oberhaching
- ca. Station 15+700: Grabenbeginn an der Bergstraße/Vorderes Gleißental im OT Deisenhofen von Oberhaching

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Zudem bestehen im betrachteten Gewässerabschnitt u.a. folgende Querbauwerke:

- Unterhaching:
 - Kiermeier Bäckerei (Bäckermühle), ca. km 10+400, Absturz von ca. 1,3 m
- Taufkirchen:
 - Triebwerk Stumpf (Sixtmühle), ca. km 11+600, Absturz von ca. 2,2 m
 - Triebwerk Ferstl (Bachmühle), ca. km 12+000, Absturz von ca. 1 m
 - Triebwerk Sutner (Kottmühle), ca. km 12+700, Absturz von ca. 1 m
 - Sohlrampe am Mühlweg (ca. km 13+000)
- Oberhaching:
 - Stauschütz Wintersberger (ca. km 13+700)

Der Hachinger Bach überwindet von seinem Austrittsbereich bei Oberhaching-Deisenhofen, bis Berg am Laim, im Stadtgebiet der LHM, einen Höhenunterschied von ca. 40 m (Ursprung ca. auf 570 mNN).

3.4.2 Wasserstände und Abflüsse

Zur Beurteilung der Wasserstände am Hachinger Bach standen die vom WWA München bereitgestellten Messdaten am Pegel Furth, Oberhaching und die hieraus abgeleiteten Abflüsse (W-Q-Diagramm, Eta-Verfahren), für den Zeitraum der Wasserwirtschaftsjahre 2007/16 (WWJ 2007/16 = November 2006 bis Oktober 2016), zur Verfügung.

Auf Grundlage der verfügbaren Daten am Pegel Furth und ergänzenden diesbezüglichen Abstimmungen mit dem WWA München in 2018 ergeben sich folgende Feststellungen:

- Im o.g. Zeitraum liegen an 316 Tagen keine Messwerte vor (ca. 9 %). Diese Datenlücken entfallen im Wesentlichen auf die hydrologischen Winterhalbjahre (WHJ) 2010 und 2011.
- Die Datenlage am Pegel Furth wird seitens WWA München, insbesondere im Hinblick auf die ermittelten Abflüsse, als „nicht gut“ beurteilt (Pegel an Gewässer III. Ordnung). Die zugrunde liegende W-Q-Beziehung ist durch zu wenige Daten belegt. Insgesamt erscheint eine Höherstufung des Pegels sinnvoll, um dadurch die Datenqualität zu verbessern.
- Am 28.06.2018 wurde im Zuge der Pegelkontrolle vom WWA München eine Abflussmessung durchgeführt. Die Eingabe dieser Messung hat zu einer Veränderung des bisherigen ETA-Wertes geführt (Interpolation zwischen 2005 und 2018). Mit den neuen ETA-Werten wurden die aus den Wasserständen ermittelten Abflüsse ab 2007 neu berechnet.
- WWA München weist darauf hin, dass der Pegel Furth bei erhöhten Abflüssen umläufig ist. Dementsprechend sind im Juni 2013 voraussichtlich höhere Abflüsse aufgetreten, als aus der W-Q-Beziehung abgeleitet wurden.

Die seitens WWA München bereitgestellten Tagesmittelwerte der gemessenen Wasserstände am Pegel Furth und die auf Grundlage der zugrunde liegende W-Q-Beziehung ermittelten Abflüsse, für den Zeitraum 2007/2017 und das hydrologische Sommerhalbjahr (SHJ) 2018, sind in Abbildung 6 dargestellt.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

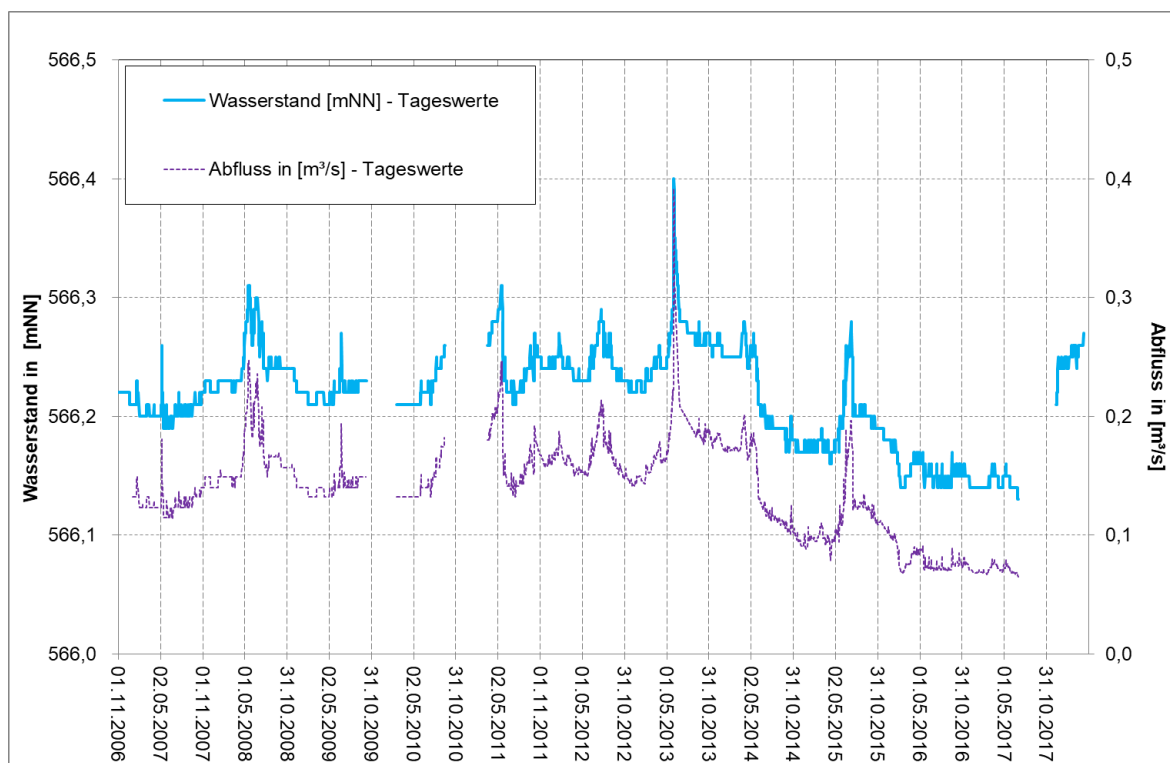


Abbildung 6: Langzeitige Wasserstände und Abflüsse im Zeitraum WWJ2007/2016

Insgesamt ist hieraus zu erkennen:

- In den WWJ 2007 bis WWJ 2012 ist am Pegel Furth eine überwiegend geringe Schwankungsbreite der Wasserstände von ca. 0,1 m zu beobachten. Der Mittelwert in diesem Zeitraum ergibt sich zu 566,23 mNN. Die in diesem Zeitraum gemessenen Höchstwerte um ca. 566,3 mNN werden überwiegend zu Beginn der hydrologischen Sommerhalbjahre festgestellt (Mai bis Juli). Der mittlere Wasserstand in diesem Zeitraum wurde zu 566,23 mNN ermittelt, dieser entspricht einem Abfluss von ca. 150 l/s.
- Der höchste Wasserstand/Abfluss im gesamten Betrachtungszeitraum ist im SHJ 2013 zu verzeichnen. Am 02.06.2013 wird dort ein Wasserstand von 566,4 mNN ermittelt (Tageswert). Für dieses Ereignis wird im Weiteren die Bezeichnung Hochwasser 2013 verwendet (HW2013). Beim HW2013 ergibt sich somit, gegenüber den mittleren Verhältnissen im Zeitraum WWJ 2007/12, ein Anstieg des Wasserstandes um ca. 0,2 m. Der Tagesmittelwert der Abflüsse wird für den 02.06.2013 mit rd. 390 l/s angegeben.
- Nach dem HW2013 ist eine fallende Tendenz der Wasserstände am Hachinger Bach zu beobachten, die sich bis in das WHJ 2015/16 fortsetzt. Von Februar 2016 bis Juni 2016 sind dann anhaltend geringe Wasserstände um 566,15 mNN zu verzeichnen. Der niedrigste gemessene Wasserstand im gesamten betrachteten Zeitraum fällt in den Februar 2016 und liegt bei 566,14 mNN, entsprechend einem Abfluss von 71 l/s.
- Zum Jahresende 2017 setzt, soweit auf Grundlage der verfügbaren Daten beurteilbar (Datenlücke von Juli 2017 bis Mitte Dezember 2017), wieder ein Anstieg der Wasserstände ein. Im April 2018 werden Wasserstände gemessen, die annähernd den mittleren Verhältnissen im Zeitraum WWJ2006/2012 entsprechen (ca. 566,23 mNN). Für den Stichtag

am 06. April 2018 wird ein Wasserstand von 566,26 mNN angegeben, dies entspricht einem Abfluss von ca. 180 l/s.

- Für den gesamten betrachteten Zeitraum 01.11.2006 bis 01.05.2018 wird ein mittlerer Wasserstand von 566,22 mNN, entsprechend einem mittleren Abfluss von 140 l/s ermittelt.

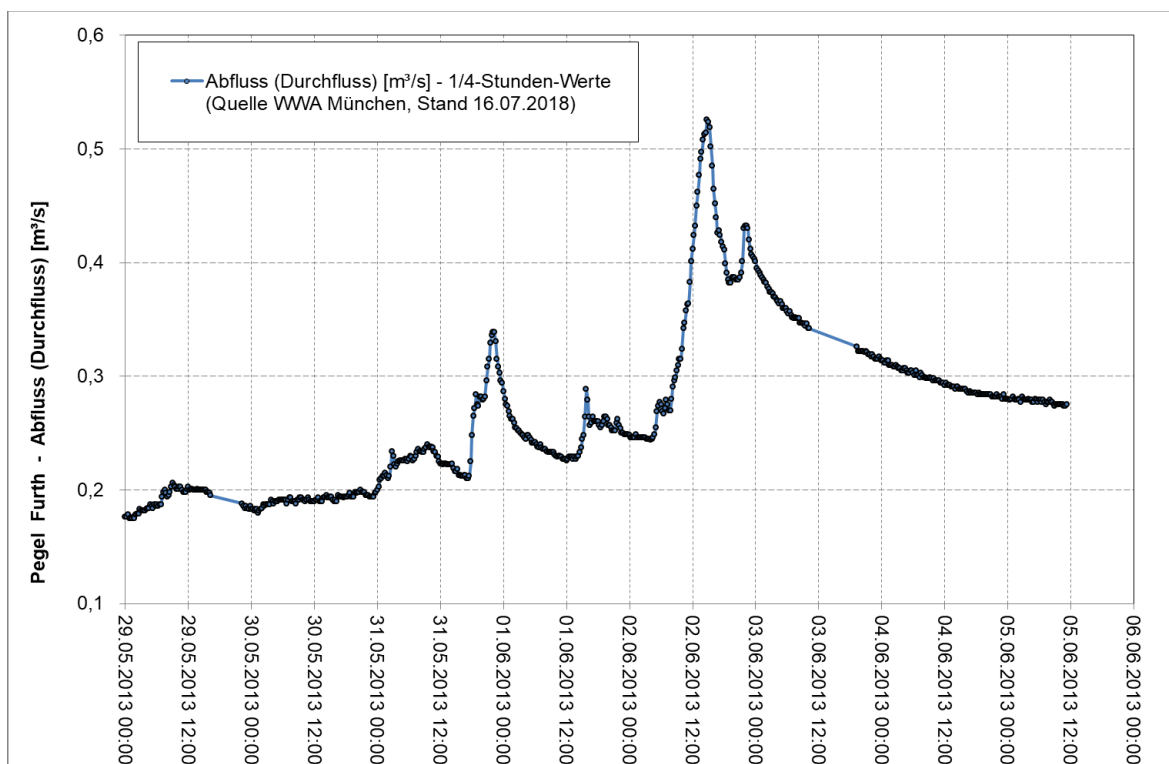


Abbildung 7: Abflüsse am Hachinger Bach (Pegel Furth, Oberhaching), 1/4-Stunden-Werte, Zeitraum 29.05.2013 bis 05.06.2013

Zu weiteren Beurteilung der Verhältnisse beim HW2013 standen die vom WWA München für den Zeitraum 29.05.2013 bis 05.06.2013 zusätzlich bereit gestellten 1/4-Stunden-Werte des Abflusses am Hachinger Bach zur Verfügung (Abbildung 7). Der maximale gemessene Wasserstand beim HW2013 wurde am 02.06.2013 mit 566,49 mNN ermittelt, dies entspricht einem Abfluss von 526 l/s (0,526 m³/s). Die zugehörige Abflussspende für den maximalen Abfluss wird mit rd. 18,8 [l/(s·km²)] angegeben.

Eine Verifizierung, ob es beim HW2013 zu einer Umläufigkeit am Pegel Furth gekommen ist, war nicht möglich. Beim WWA München lagen keine entsprechenden Informationen vor (Anfrage BCE vom Oktober 2018).

3.4.3 Zuflüsse zum Hachinger Bach

3.4.3.1 Grabensysteme

Bekannte oberirdische Zuflüsse zum Hachinger Bach sind (Anlage 1.1):

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- der Mühlbach, der im Autobahnweiher bei Taufkirchen beginnt und am Nordrand von Potzham in den Hachinger Bach fließt.
- der Entenbachl, der östlich des Hachinger Baches von Taufkirchen-Potzham, über Taufkirchen-Bergham in nördlicher Richtung verläuft und dann beim Ortsteil Winning nach Westen verschwenkt. Er mündet in etwa auf Höhe von km 11+000 in den Hachinger Bach.
- Grabensysteme in Taufkirchen, westlich vom Hachinger Bach, am Pöttinger Weg, die bei ca. km 12+000 in den Hachinger Bach münden.

Bei diesen Zuflüssen handelt es sich um periodische Zuflüsse, die letztlich infolge Aussickerung von Grundwasser und/oder infolge von oberirdischen Zuflüssen aus den versiegelten Flächen entstehen. Letztere machen sich vorrangig nach Regenereignissen bemerkbar. Bei niedrigen Grundwasserständen fallen die Gräben (abschnittsweise) trocken. Im Verlauf der genannten Grabensysteme werden dementsprechend, je nach Lage des Grundwasserspiegels zur Grabensohle, abwechselnd exfiltrierende (Austritt von Grundwasser in den Graben) und infiltrierende Verhältnisse angetroffen (Versickerung aus dem Graben in das Grundwasser, s. a. Kap. 3.6.2.2 und Kap. 3.6.2.3.)

Angaben zur Höhenlage der Sohle an diesen Grabensystem oder Querprofilaufnahmen lagen nicht vor. Die Höhenlage der Grabensohlen wurde auf Grundlage des vorliegenden digitalen Geländemodells (DGM) und unter Berücksichtigung der bei Ortsbesichtigungen in 2018 beobachteten Verhältnisse abgeschätzt.

3.4.3.2 Einleitstellen

Für den Pegel Furth wurde im Rahmen von 2004 durchgeführten Untersuchungen (LfU) das HQ100 mit $Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt. Für Untersuchungen zur „Renaturierung des Hachinger Baches im Landschaftspark Hachinger Tal“ von 2003 wurde für einen Querschnitt unterhalb des Entenbachl ein $\text{HQ100} = 3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet. Auf der Grundlage dieser statistisch ermittelten HQ100-Werte berechnete das WWA München mit einem nicht flächendifferenzierten N-A-Modell die Hochwasserabflussganglinien für vier Querschnitte im Hachinger Bach (Programm EGLSYN). Die Gebietseinteilung wurde entsprechend den in Tabelle 4 definierten Querschnitten (A bis D) in 4 Teilgebiete vorgenommen, dort mit angegeben sind ausgewählte Berechnungsgrundlagen für das eingesetzte NA-Modell.

Tabelle 4: Berechnungsgrundlagen NA-Model Hachinger Bach [15]

Querschnitt/ Zuflussrandbe- dingung	Einzugsgebiet	Einzugsgebiet ges. [km ²]	Länge Vorfluter [km]	Gefälle Vorfluter [%]	Basisabfluss [m ³ /s]
D	bis Pegel Furth	3,03	2,45	0,36	0,13
C	bis Ortsende Pozzham	4,51	4,05	0,26	0,17
B	bis Taufkirchen, Mündung Entenbachl	6,7	5,75	0,28	0,20
A	Einzugsgebiet Entenbachl	7,53	5,95	0,28	0,23

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Die Zuflussrandbedingung D umfasst das abflusswirksame Teilgebiet bis zum Pegel Furth in Oberhaching (Abbildung 8).

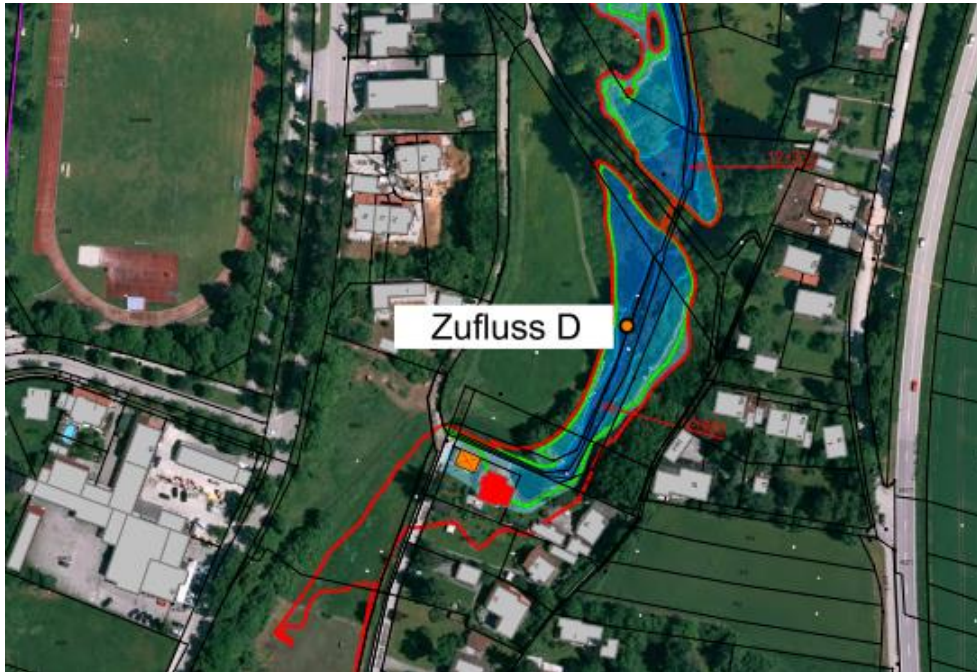


Abbildung 8: Zuflussrandbedingung D in Oberhaching (Quelle: 112398-01.1b-KP_IST-Zustand.pdf, [15])

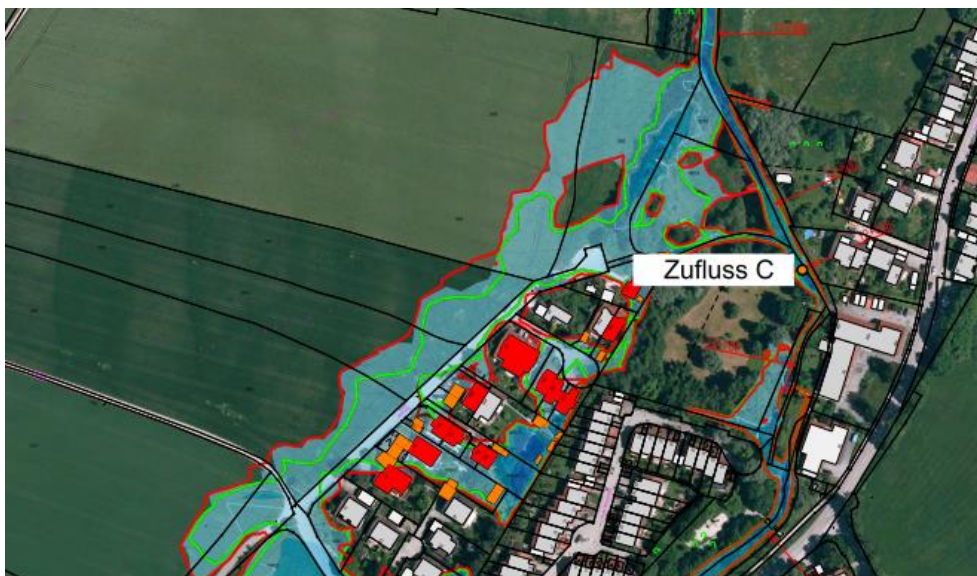


Abbildung 9: Zuflussrandbedingung C in Taufkirchen-Potzham (Quelle: 112398-01.3b-KP_IST-Zustand.pdf, [15])

Bis zum Querschnitt C (Abbildung 9) wird zusätzlich das Einzugsgebiet zwischen dem Pegel Furth und dem OT Potzham (Gde. Taufkirchen), mit einem EZG von 1,48 km² erfasst. Das Gebiet bis zum Querschnitt B beinhaltet zudem das Teilgebiet zwischen Potzham und der Mündung des Entenbacht (2,19 km²) bei Taufkirchen-Winning. Am Querschnitt/Zufluss A, unterhalb der Einmündung des

Entenbachl, wird zusätzlich das Einzugsgebiet des Entenbachl mit einer Fläche von 0,83 km² berücksichtigt (Abbildung 10).



Abbildung 10: Zuflussrandbedingungen A und B in Taufkirchen (Quelle: 112398-01.5b-KP_IST-Zustand.pdf, [15])

Den seitens WWA München durchgeführten Berechnungen lagen u.a. folgende Randbedingungen zugrunde:

- Als abflusswirksames Einzugsgebiet des Pegels Furth wurde das Einzugsgebiet ohne die Waldbereiche oberhalb Deisenhofen angesetzt (3,03 km²)
- Nach Mündung des Entenbachls ist der Grundwasser-Flurabstand so hoch, dass kein weiterer Zustrom zum Hachinger Bach erfolgt.
- Das Einzugsgebiet des Hachinger Bachs zwischen dem Pegel Furth und dem Entenbachl wird im Wesentlichen durch die Hangkanten eingegrenzt, der Zufluss von oberhalb der Hangkanten (geringes Gefälle, größerer Flurabstand) vernachlässigbar ist.
- Die Abflussbildung wurde über einen konstanten Abflussbeiwert für das Gesamtgebiet ermittelt. Die Größe des Abflussbeiwertes wurde über den HQ 100-Wert am Pegel Furth abgeleitet.
- Die Abflussverformung wurde mit dem Einheitsganglinienverfahren nach DVWK, angepasst an bayerische Verhältnisse (DVWK-Südbayern), berechnet
- Als konstanter Basisabfluss wurde am Pegel Furth $MQ = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt. Die weiteren Werte wurden nach Hr. Lederer ermittelt.
- Im Weiteren wurde der 48 Stunden Niederschlag für das Einzugsgebiet als maßgebend angesetzt. Die Ganglinien die mit dem N100, 48-stündiger Dauer ermittelt wurden, wurden entsprechend den HQ 100-Werten normiert.

Im Rahmen der Vertiefenden Hochwasserstudie von 2014 [15] wurde festgestellt, dass Regenwasserereinigungen, sowie der Einfluss von innerörtlicher Niederschlagswasserbeseitigung, insbesondere

im Hochwasserfall wesentlich für das Abflussgeschehen im Hachinger Bach sind. Aus diesem Grund wurden der Einfluss aus Gebietsabfluss, Niederschlagswassereinleitung, sowie die hydrologischen Eingangsparmeter durch das LfU neu bewertet (siehe Anlage 1 in [15], Schreiben LfU zum „Hochwasserlängsschnitt HQ100 Hachinger Bach“). Die Überprüfung ergab „dass die Extremwertangaben großen Unsicherheiten unterliegen. Trotzdem weichen die HQ100-Werte, von der maßgebenden gewählten Funktion ..., weniger als 20% vom bisherigen ermittelten HQ100-Wert ab. Daraus resultierend wurden die bisherigen HQ100-Werte beibehalten.“

Hiervon ausgehend wurde vom LfU ein flächendetailliertes Flussgebietsmodells für den Hachinger Bach aufgestellt. Mit diesem Modell kann die Berechnung der Abflussbildung und Abflussverformung in den natürlichen Teilgebieten getrennt von der Wellenverformung im Gewässer berechnet werden, zudem können zusätzlich Direkteinleitungen berücksichtigt werden. Die Gebietseinteilung wurde entsprechend den Untersuchungen von 2004 in 4 Teilgebiete mit zugehörigen Zuflussquerschnitten (A – D) vorgenommen. Zusätzlich wurden die bekannten, aktiven Einleitungen in den Hachinger Bach berücksichtigt (Regenwassereinleitungen, innerörtliche Niederschlagswassereinleitungen. Um das Modell zu vereinfachen wurden die 23 erfassten Einleitstellen in 6 Einleitstellenpunkte zusammengefasst [15].

Vom LfU wurden die Abflussspitzen in den Zuflüssen, Einleitern und den Querschnitten im Hachinger Bach bei 100-jährigen Niederschlägen unterschiedlicher Dauer und unterschiedlichem Einleitergefälle ermittelt. Im Ergebnis zeigt sich, wie bei den bereits durchgeführten Untersuchungen (2004), dass die Niederschlagsdauerstufe 48 [h] als maßgebend für den Hachinger Bach anzusehen ist. Bei dieser Niederschlagsdauerstufe wurde an allen 4 Querschnitten im Hachinger Bach Abflussganglinien mit den höchsten Spitzenabflüssen erzeugt. Die entsprechend ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 5 für die Niederschlagsdauer D = 48 h und auch für die Dauerstufe D = 1 h gegenübergestellt.

Tabelle 5: Berechnungsergebnisse HQ100 am Hachinger Bach [15]

Querschnitt/ Zuflussrandbedingung	Einzugsgebiet [km ²]	Basisabfluss [m ³ /s]	Zufluss Qmax [m ³ /s]	
			HQ100 D = 48 h	HQ100 D = 1 h
D	3,03	0,13	2,0	1,92
C	4,51	0,17	0,44	0,62
B	6,7	0,20	1,00	1,30
A	7,53	0,23	0,43	0,47
Spitzenabfluss Q _{max} :			3,38	2,45

Die Gegenüberstellung zeigt, dass bei 100-jährigen Niederschlägen nicht nur längere Gebietsniederschläge zu Überschwemmungen führen, sondern - durch die bestehenden Einleitungen - auch kurze Starkniederschläge für Überschwemmungen maßgebend werden können.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

3.5 Grundwasserhydraulik

Die Grundwasserverhältnisse werden nachstehend für den oberflächennahen, quartären Grundwasserleiter beschrieben, da dieser für die Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen maßgebend ist.

3.5.1 Grundwassermessnetze

Im Rahmen der Datenerfassung wurden die im Modellraum bestehenden GWM, sowie die dort verfügbaren Messdaten erfasst, auf Vollständigkeit und auf Plausibilität überprüft. Die im Modellraum bestehenden Grundwassermessnetze beinhalten amtliche GWM, Messstellen der beteiligten Kommunen und private Messeinrichtungen (Lage siehe Anlage 1.8). Die wesentlichen Messnetzbetreiber sind nachstehend aufgeführt:

- WWA München/LfU Bayern
- Landeshauptstadt München (LHM)
- Gemeinde Taufkirchen
- Gemeinde Oberhaching
- Infineon (GWM im Gemeindegebiet Neubiberg und im Stadtgebiet München)

Im Modellraum existieren **2 amtliche GWM** (OBERHACHING D D 62, Unterbiberg Q 7), die von WWA München/LfU Bayern betrieben werden. Messwerte liegen dort seit Mai 1986 (Oberhaching) bzw. seit Mai 2007 (Unterbiberg) vor.

Von LHM wurden im Modellraum bzw. im angrenzenden Gebiet Informationen zu 18 GWM und zugehörige Messdaten ab dem Jahr 2000 bereitgestellt. An **15 GWM** lagen ausreichend verwertbare Messwerte vor.

Im Gebiet der Gemeinde Oberhaching handelt es sich bei den dort verwendeten Messorten nicht um gebohrte GWM, sondern um Sickerschächte, welche bis in den Grundwasserbereich reichen und über die der Grundwasserstand gemessen wird. Das Messnetz der Gemeinde Oberhaching umfasst aktuell **14 Messorte** (Lage siehe Anlage 1.8). An 9 Standorten liegen Messwerte bereits seit 1998 vor. Von 2005 bis 2009 wurden 4 zusätzliche Messorte mit einbezogen (Messorte 10, 11, 12, 14), 2014 erfolgte die zusätzliche Einbeziehung von Messort 2. Der Standort 8 entspricht dem Brunnen, der zur Einspeisung von Grundwasser in den Hachinger Bach verwendet wird. Bei den Messorten 1 – 3 handelt es sich um Messorte im Naturschwimmbad in Oberhaching (Hauptbecken, Füllwasser), diese wurde aufgrund der Verbindung zur Freizeitnutzung und den dort erst seit 2014 vorliegenden Messreihen hier nicht berücksichtigt.

Von der Gemeinde Taufkirchen wurden Daten und Informationen zu insgesamt 20 Messorten zur Verfügung gestellt. Für 16 Messorte lagen Messwerte bereits ab 1998 vor, ab 2001 wurden 4 zusätzliche Messorte (GWM 11, GWM 14, GWM 18, GWM 20) mit einbezogen. An zwei GWM wurden die Messungen im April 2007 (GWM 19) bzw. im Januar 2014 (GWM 7) eingestellt. Insgesamt liegen aktuell somit **15 GWM** mit Messdaten von 2001 bis zum 05.12.2016 vor. Darüber hinaus werden an 3 Standorten (Brücke, Steg), die Wasserstände am Hachinger Bach gemessen, für diese Messorte wird im

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Bezeichnung **Pegel 1 bis Pegel 3** verwendet (Anlage 1.8).

Im Gemeindegebiet von Unterhaching bestehen keine GWM. Messungen der Grundwasserstände sind dort an den bestehenden Notversorgungsbrunnen (Notbrunnen 1 bis 4), dem Sportparkbrunnen und am Brunnen beim Wasserturm möglich. Im Zusammenhang mit der Durchführung der Stichtagsmessung im April 2018 (Kap. 3.5.2.2) wurden zwei von der Gemeinde neu errichtete GWM im Perlacher Forst mit einbezogen (UH 01, UH 02). Dort lagen jedoch keine weiteren Messdaten vor. Für die Gemeinde Unterhaching und das westlich angrenzende Gebiet im Perlacher Forst ergeben sich somit insgesamt **8 mögliche Messorte**.

Auf dem Gebiet der Gemeinde Neubiberg existiert westlich des Hachinger Baches die GWM 16103n (Zwingerstraße). Diese wird im Rahmen der Grundwasserüberwachung zur thermischen Nutzung des Grundwassers auf dem Campeon-Gelände (Infineon Technologies AG), als Referenzmessstelle herangezogen (s.a. Kap. 3.6.3.1). Darüber hinaus sind auf dem Campeon-Gelände und im nördlichen Abstrom, Richtung München-Fasanengarten, 8 GWM in das Messprogramm mit einbezogen (Stand: 2018). Somit ergeben sich für das Gebiet der Gemeinde Neubiberg **9 verfügbare GWM**. Messwerte liegen dort seit Mai 2004 vor.

Insgesamt liegen im Untersuchungsgebiet aktuell somit **67 grundsätzlich geeignete Messorte** vor (GWM, Sickerschächte, Messorte am Hachinger Bach, Brunnen). Die räumliche Verteilung und Dichte der Messorte variiert stark (Anlage 1.8). Die höchste Messstellendichte ist entlang des Hachinger Baches, bis in eine Entfernung von ca. 1 km zum Gewässer, zu erkennen. In weiterer Entfernung nimmt die Dichte deutlich ab. Verfügbare Stammdaten (Lagekoordinaten, Bezugshöhen: GOK, MPH) sind im Zusammenhang mit den Ergebnisdaten der durchgeführten Stichtagsmessung (Kap. 3.5.2.2) in Anlage 1.10 aufgeführt.

Die zeitliche Auflösung der Messwernerfassung variiert in den verfügbaren kommunalen Messnetzen zwischen Wochenwerten (LHM) und Monatswerten (Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen und Neubiberg). An den beiden amtlichen GWM wurden Stunden-/Tageswerte bereitgestellt (Oberhaching D D 62 und Unterbiberg Q7). In der Gemeinde Unterhaching ist der Sportparkbrunnen mit einem Datenlogger ausgestattet, die Messwerte werden dort zeitlich hoch aufgelöst erfasst (5 Sekunden). Am Brunnen am Wasserturm erfolgt werktäglich jeweils 1 Messung. An den 4 Notbrunnen werden keine kontinuierlichen Messungen der Grundwasserstände, durchgeführt, diese erfolgen nur jeweils 1 Mal jährlich im Rahmen der Zustandsüberprüfungen.

3.5.2 Grundwasserstände

3.5.2.1 Entwicklung im Zeitraum WWJ 2007/16

Zur Beurteilung der Grundwasserstände im Modellraum wurden die seit 2006 verfügbaren Messdaten herangezogen. Diese Auswahl erfolgte vor dem Hintergrund:

- der seit 2005 höheren Anzahl verfügbarer Messorte in der Gemeinde Oberhaching
- dem seit 2007 weitgehend unveränderten Messstellenbestand in der Gemeinde Taufkirchen

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- der in 2006 beginnenden Inbetriebnahme der Brunnengalerien (Entnahmebrunnen, Schluckbrunnen) auf dem Campeon-Gelände (Infineon Technologies AG), der seither dort vorliegenden Beeinflussung der Grundwasserstände und den verfügbaren Grundwasserstandsmessungen in diesem Gebiet (ab Mai 2004)

Die Auswertung der Messdaten erfolgte für den Zeitraum der WWJ 2007/16 (01.11.2006/31.10.2016) und umfasst damit einen 10-Jahres-Zeitraum.

Gemeinde Oberhaching

Die gemessenen Grundwasserstände im Gebiet der Gemeinde Oberhaching sind aus Anlage 1.9.1.1 bis Anlage 1.9.1.3 ersichtlich. Im Betrachtungszeitraum liegen dort zwischen 63 und 81 Messwerte vor. Eine größere Datenlücke ist für das Jahr 2013 zu verzeichnen, zwischen Dezember 2012 und Dezember 2013 wurden dort keine Messungen durchgeführt.

Tabelle 6: Messnetz Oberhaching – Auswertung WWJ 2007/16

Teilgebiet von Oberhaching	Messorte (GWM / Sickerschächte)	Schwankungsbreite Grundwasserstände ca. [m]	Anlage Nr. Ganglinien-darstellung
Süd (OT Deisenhofen)	11 - 15	1,8 - 2,3	1.9.1.1
	9, 10, 16	1,9 - 2,0	1.9.1.2
	OBERHACHING D D 62	2,4	
Nord (OT Furth)	Pegel Furth	0,26	
	6 bis 8	1,25 - 1,5	1.9.1.3
	4 und 5	0,6 - 0,7	1.9.1.3

Einen Überblick über die im Gemeindegebiet berücksichtigten Messorte (GWM/Sickerschächte) gibt Tabelle 6. Dort mit aufgenommen ist die für den Zeitraum WWJ 2007/16 jeweils ermittelte Schwankungsbreite der Grundwasserstände.

Die gemessenen Grundwasserstände an den Messorten (Sickerschächte) im OT Deisenhofen zeigen einen in den Haupttendenzen ähnlichen Verlauf (Anlage 1.9.1.1 und Anlage 1.9.1.2). Die höchsten Grundwasserstände sind dort im Januar 2011 zu verzeichnen, die niedrigsten Werte werden im Dezember 2014 ermittelt. Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände an den südlichen Messorten der Gemeinde Oberhaching (11 bis 15) liegt bei ca. 1,8 m bis ca. 2,3 m. An den etwas weiter nördlich gelegenen Messorten 9, 10 und 16 wird eine Schwankungsbreite von ca. 1,9 m bis 2,0 m ermittelt. Auch an der amtlichen GWM OBERHACHING D D 62 (Tageswerte) ist eine ähnliche Charakteristik festzustellen, dort wird im Betrachtungszeitraum eine Schwankungsbreite von rd. 2,4 m ermittelt.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

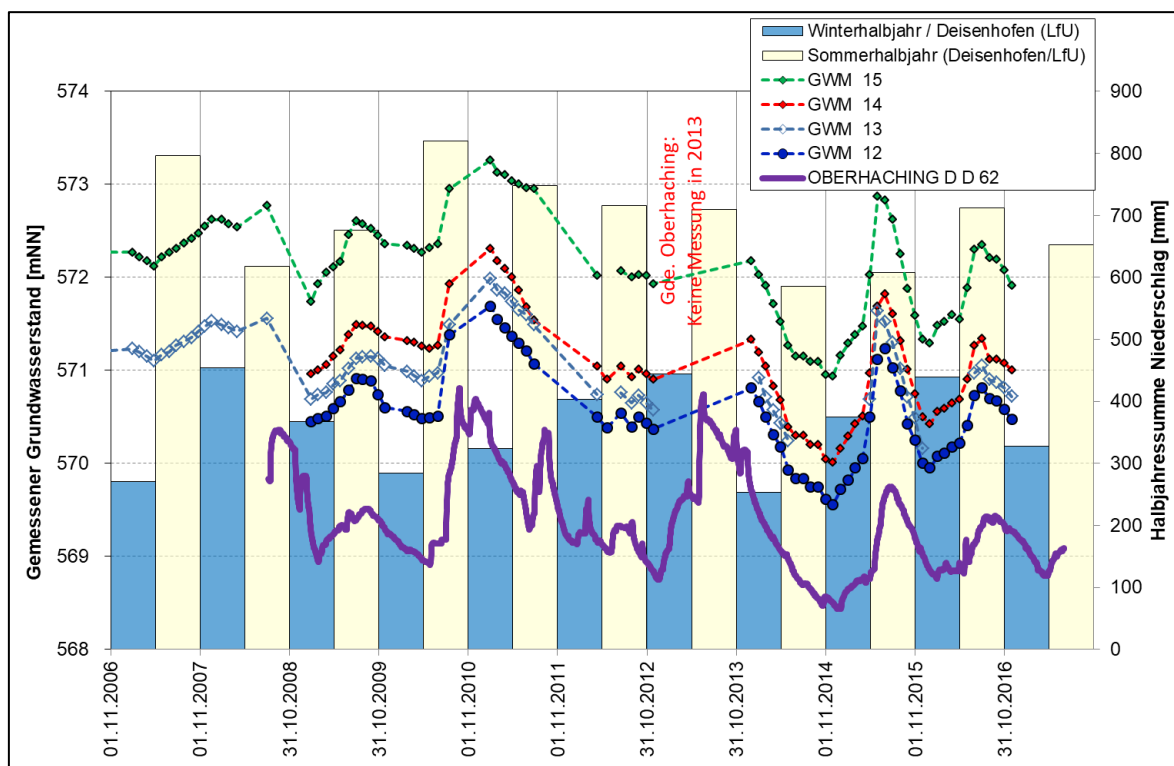


Abbildung 11: Gemessene Grundwasserstände im Bereich der Gde. Oberhaching und Jahressummen der Niederschläge an der Station Deisenhofen (LfU)

Der Verlauf der Grundwasserstände, an den im Süden von Oberhaching bestehenden Messorten 12 bis 15 und der GWM OBERHACHING D D 62, ist auch in Abbildung 11 dargestellt (Lage s. Anlage 1.8). Dort mit eingetragen sind zudem die Halbjahressummen der Niederschläge an der Station Deisenhofen (LfU). Eine direkte Korrelation zwischen der Niederschlagsentwicklung und dem zeitlichen Verlauf der Grundwasserstände lässt sich dort nicht ablesen (s. Kap. 3.6.1). An der GWM OBERHACHING D D 62 werden die höchsten Grundwasserstände im September 2010 und im Juni 2013 ermittelt (570,81 mNN bzw. 570,74 mNN). Vermutlich trägt die relativ nahe Lage dieser GWM zum Hachinger Bach (< 200 m) zur Begrenzung des Grundwasseranstiegs auf ähnlichem Niveau bei.

Die an der GWM OBERHACHING D D 62 gemessenen hohen Grundwasserstände im Juni 2013 werden wg. der bestehenden Datenlücke an den Messorten der Gemeinde Oberhaching nicht erfasst. Entsprechendes trifft auf die Datenlücke, in der Phase mit hohen Grundwasserständen, von September 2010 bis Dezember 2011, zu. Aufgrund der nur monatlichen Erfassung der Grundwasserstände werden die im Gemeindegebiet von Oberhaching im Betrachtungszeitraum tatsächlich aufgetretenen, maximalen und minimalen Grundwasserstände voraussichtlich nicht erfasst.

Ein von den vorstehenden Haupttendenzen abweichender Verlauf der Grundwasserstände ist für die Messorte 4 bis 8 im OT Furth von Oberhaching zu beobachten (Anlage 1.9.1.3). Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände fällt dort mit rd. 0,6 m bis 0,7 m (Messorte 4 und 5) bzw. rd. 1,3 m bis rd. 1,5 m (Messorte 6 bis 8), im Betrachtungszeitraum deutlich geringer aus, als an den

- Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
 - Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
 - Einsatz Grundwassermodell

Messorten im südlichen Gemeindegebiet. Am Pegel Furth, der in etwa auf Höhe des Messortes 4 befindet, ergibt sich aus den amtlichen Messdaten (Tageswerte) für den Betrachtungszeitraum eine Schwankungsbreite der Wasserstände von 0,26 m. Die Messwerte am Messort 8 sind unter Vorbehalt zu betrachten, da diese durch die dort stattfindende Entnahme beeinflusst werden (Brunnen zur Einspeisung Grundwasser in den Hachinger Bach).

Insgesamt ergibt sich hieraus eine nach Norden zunehmende Dämpfung in den Reaktionen der Grundwasserstände (Rückgang der Schwankungsbreite von ca. 2,3 m auf 1,3 m im OT Deisenhofen auf ca. 0,6 m im OT Furth). Dies ist auf die dort zunehmende Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach zurück zu führen. Dem Hachinger Bach kommt dort die Funktion einer Drainage für das Grundwasser zu, wobei das Austrittsniveau durch die Bachsohle und den sich im Bach einstellenden Wasserspiegel vorgegeben wird.

Gemeinde Taufkirchen

Die gemessenen Grundwasserstände, an den im Gemeindegebiet Taufkirchen bestehenden GWM, sind in Anlage 1.9.2.1 bis Anlage 1.9.2.4 dargestellt. An diesen GWM lagen im Betrachtungszeitraum überwiegend 117 bis 119 Messwerte vor. Die GWM 19 wurde aufgrund geringer Messwertanzahl bei der Auswertung nicht berücksichtigt (6 Messwerte).

Einen Überblick über die dort erfassten GWM und Pegel, deren räumliche Zuordnung sowie die jeweils ermittelte Schwankungsbreite der Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum WWJ 2006/16 gibt Tabelle 7.

Tabelle 7: Messnetz Taufkirchen – Auswertung WWJ 2006/16

Teilgebiet von Taufkirchen	Messorte (Pegel / GWM)	Schwankungsbreite Grundwasserstände ca. [m]	Anlage Nr. Ganglinien-darstellung
Süd	Pegel 1 GWM 4, 5, 12, 13	0,15 0,6 – 0,7	1.9.2.1
Zentrum West	Pegel 2 GWM 6, 7, 14, 20 und GWM 11, 18	0,26 1,5 – 1,7 1,3 – 1,5	1.9.2.2
Zentrum Ost	Pegel 3 GWM 16, 17 und GWM 15	0,49 1,9 – 2,0 1,9	1.9.2.3
Nord / Unterhaching	GWM 8, 9, 10	1,6 – 2,6	1.9.2.4

Aus Anlage 1.9.2.1 sind die vorliegenden Messwerte an den GWM im südlichen Gemeindegebiet von Taufkirchen ersichtlich, diese befinden sich im Gebiet zwischen der Gemeindegrenze Taufkirchen/Oberhaching und dem Oberwasser der Bachmühle (Triebwerk Ferstl) bei ca. Bach-km 12+000, in Taufkirchen. Den Ganglinien der dort berücksichtigten GWM (GWM 4, GWM 5, GWM 12, GWM 13) ist der gemessene Wasserstandsverlauf am Hachinger Bach, an der Mühlbrücke (Pegel 1), gegenübergestellt. Auf Basis der verfügbaren Monatswerte ergibt sich für den Pegel 1 eine relativ

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

geringe Schwankungsbreite der Wasserstände von 0,16 m. Die gemessene Schwankungsbreite der Grundwasserstände an den betrachteten GWM wurde zu ca. 0,6 m – 0,7 m ermittelt. Diese liegt damit in der Größenordnung der Schwankungsbreite an den Messorten im nördlichen Gemeindegebiet von Oberhaching (Anlage 1.9.1.3).

In Anlage 1.9.2.2 sind die gemessenen Grundwasserstände an den im zentralen Gemeindegebiet von Taufkirchen vorhandenen GWM dargestellt. Diese befinden sich überwiegend westlich des Hachinger Baches (GWM 6, 7, 14, 20), mit ausgewählt wurden zudem die GWM 11 und 18, östlich des Hachinger Baches. Weiterhin mit aufgenommen sind die gemessenen Wasserstände am Hachinger Bach (Pegel 2, Pöttingerweg). Die Schwankungsbreite wird an den westlich des Hachinger Baches gelegenen GWM zu ca. 1,5 m bis 1,7 m ermittelt, an den östlich des Hachinger Baches bestehenden GWM 18 beträgt diese ca. 1,3 m und an GWM 11 ca. 1,7 m. **Die höchsten (Grund-)Wasserstände im Betrachtungszeitraum werden dort im Juni 2013 gemessen.**

In Anlage 1.9.2.3 sind die gemessenen Grundwasserstände, an den ebenfalls im zentralen Gemeindegebiet von Taufkirchen bestehenden GWM dargestellt, die sich sowohl östlich (GWM 16, 17) und westlich des Hachinger Baches (GWM 15) befinden. Zudem mit dargestellt sind die gemessenen Wasserstände am Pegel 3 (Am Heimgarten) am Hachinger Bach. Diese GWM zeigen hinsichtlich der zeitlichen Veränderung der Grundwasserstände überwiegend eine ähnliche Charakteristik. Ein starker vorübergehender Anstieg der Grundwasserstände ist dort von Mai auf Juni 2013 zu verzeichnen (ca. 1,5 – 1,7 m). Den betrachteten GWM gemeinsam ist eine deutliche Zunahme der Schwankungsbreite der Grundwasserstände auf ca. 1,9 – 2,0 m, was in etwa einer Verdoppelung in der Reaktionsintensität gegenüber den im Oberstrom der Bachmühle gelegenen GWM entspricht. Auch am Hachinger Bach ist eine Zunahme bei der Schwankungsbreite der Wasserstände festzustellen (Pegel 3: 0,49 m). Dies ist vermutlich auf die in Fließrichtung zunehmenden Zuflüsse aus dem Grundwasser zurück zu führen.

Eine Auffälligkeit ist an der GWM 20 (Sportplatz Köglweg) von November 2009 bis Januar 2010 zu verzeichnen. In diesem Zeitraum ist eine vorübergehende Absenkung des Grundwasserstandes um bis ca. 0,7 m zu beobachten. Da diese Reaktion an den anderen beobachteten GWM nicht feststellbar ist, weist dies auf vorübergehende anthropogene Einflüsse im Umfeld der GWM 20 hin (z.B. Bauwasserhaltung o.ä.).

Die Anlage 1.9.2.4 dargestellten Ganglinien beinhalten die Messwerte der im nördlichen Gemeindegebiet und an der Gemeindegrenze zu Unterhaching bestehenden GWM. Dort ist eine weitere Zunahme in der Schwankungsbreite in den Grundwasserständen auf 1,6 m bis 2,6 m zu beobachten. **Die höchsten Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum sind dort ebenfalls im Juni 2013 zu erkennen.** Die relativ großen Unterschiede in der Schwankungsbreite an diesen GWM resultieren aus der relativ groben Erfassung der Scheitelwerte (Monatswerte). Die tatsächlichen Scheitelwerte treten aufgrund der unterschiedlichen Entfernung zum Hachinger Bach nicht zeitgleich auf.

Die im Gemeindegebiet Taufkirchen im Grundwasser beobachteten Reaktionen lassen sich zusammenfassend wie folgt charakterisieren:

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Dämpfende Wirkung des Hachinger Baches und der einmündenden Grabensysteme, auf die Grundwasserstände im südlichen Gemeindegebiet von Taufkirchen, in etwa bis auf Höhe der Bachmühle (Triebwerk Ferstl). Die Höhenlage von Sohle und Wasserspiegel, im Hachinger Bach und in den zufließenden Gräben, begrenzen den Anstieg der Grundwasserstände in diesem Gebiet. Dies führt zu einer zeitlich veränderlichen Aussickerung von Grundwasser in den Bach/die Gräben, welche insbesondere bei hohen Grundwasserständen auftritt. Letztere können insbesondere nach Starkregenereignissen im EZG des Hachinger Baches (z.B. Mai/Juni 2013), oder nach hydrologisch feuchten Phasen, mit anhaltend hoher Grundwasserneubildung aus Niederschlag, auftreten. Die höchsten Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum wurden dort im Juni 2013 gemessen.
- Zunahme der Schwankungsbreite an den im zentralen Gemeindegebiet bestehenden GWM, etwa im Abschnitt zwischen Bachmühle und Sixtmühle (ca. km 12+000 bis 11+600). Dies weist auf den nachlassenden Einfluss der Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach und die Zunahme der großräumigen hydrologischen Einflüsse in diesem Gebiet hin (regionale Grundwasserneubildung aus Niederschlag).
- Weitere Zunahme der Schwankungsbreite im Abschnitt zwischen Sixtmühle und Bäckermühle (ca. km 11+600 bis km 10+400). Dies weist darauf hin, dass dem Hachinger Bach dort kein nennenswerter Einfluss auf die Grundwasserstände mehr zukommt. Dies ist dadurch bedingt, dass die Basis des quartären Grundwasserleiters und auch der Grundwasserspiegel, in etwa auf Höhe der Sixtmühle, zunehmend steiler einfallen und somit sowohl mehrere Meter unter die Geländeoberkante, als auch mehrere Meter unter die Sohle des Hachinger Baches abfallen. Hierdurch bedingt ist dort eine Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach auch bei hohen Grundwasserständen nicht mehr möglich. Als nördliche Grenze einer möglicher Aussickerung in den Hachinger Bach ist das Gebiet auf Höhe der GWM 15 anzusehen.

Aufgrund der nur monatlichen Erfassung der Grundwasserstände an den Messnetzen im Gemeindegebiet von Oberhaching und Taufkirchen ist davon auszugehen, dass die im Betrachtungszeitraum tatsächlich aufgetretenen maximalen und minimalen Grundwasserstände nicht erfasst werden. Daher wird empfohlen ausgewählte Messorte mit digitalen Datensammlern auszustatten um hiermit eine kontinuierliche Erfassung der Grundwasserstände sicher zu stellen.

Gemeinde Unterhaching

Im Gemeindegebiet Unterhaching lagen Grundwasserstandmessungen, aus den jährlichen Überprüfungen und Sanierungen der Gemeinde (Eigenbetrieb Wasserwerk), an den 4 Trinkwasser-Notbrunnen im Zeitraum 2014/16 vor (Lage s. Abbildung 12). Zudem standen für kürzere Zeiträume (2013/14) Messdaten am Sportparkbrunnen zur Verfügung.

Zudem wurden Handaufzeichnungen werktäglichen Grundwasserstandmessungen am Brunnen beim Wasserturm bereitgestellt. Dieser Brunnen befindet sich auf Höhe der GWM 8 und GWM 9 des Messnetzes der Gemeinde Taufkirchen (s. Abbildung 12). Vor diesem Hintergrund wird kein wesentlicher neuer Erkenntnisgewinn aus den Grundwasserstandsmessungen am Brunnen erwartet. Dementsprechend wurde auf die Auswertung der nur in analoger Form vorliegenden Messdaten verzichtet.

- Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
 Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
 - Hydrogeologisches Modell
 - Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
 - Einsatz Grundwassermodell

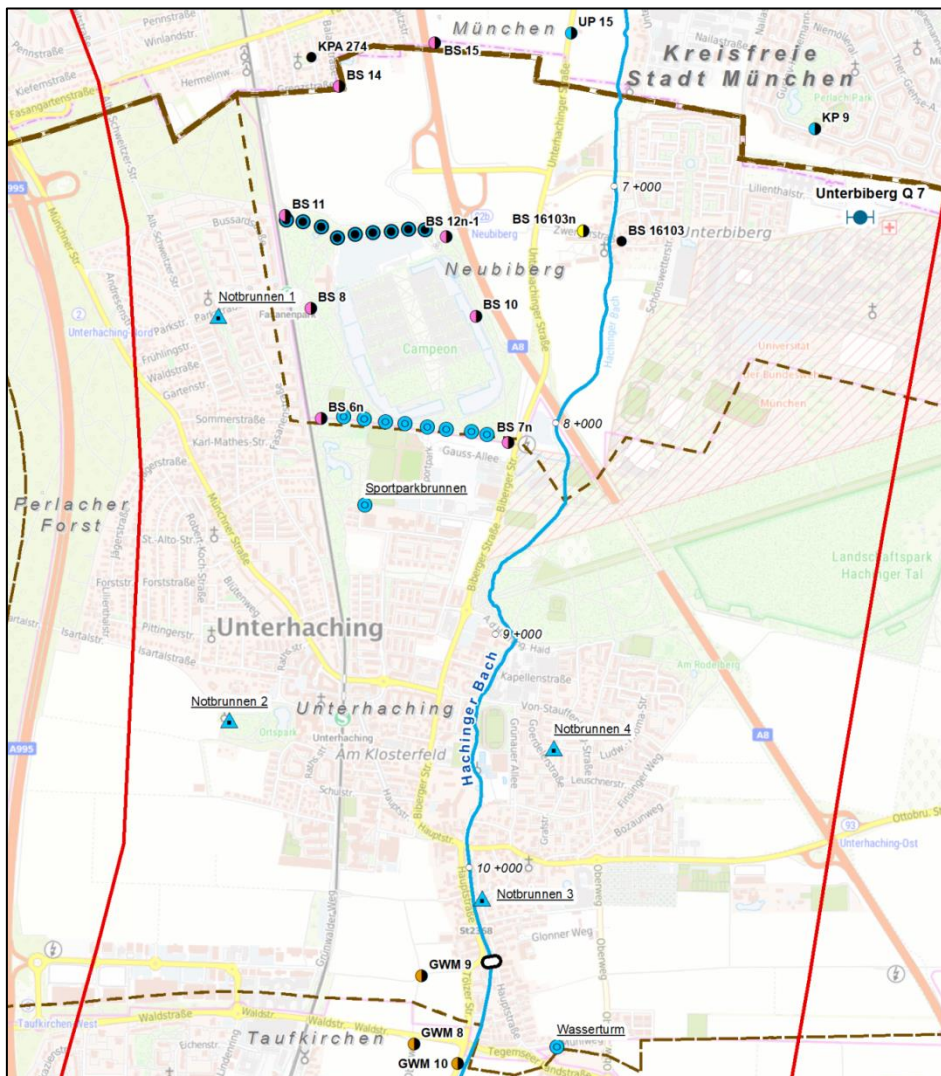


Abbildung 12: Lageplan Notbrunnen Gemeinde Unterhaching und Grundwassermessnetz im Bereich Campeon-Gelände im Gemeindegebiet Neubiberg

Aus dem Messprogramm auf dem Campeon-Gelände (Gemeindegebiet Neubiberg) standen zudem monatliche Messwerte an den Notbrunnen 1 bis 4 und am Sportparkbrunnen der Gemeinde Unterhaching zur Verfügung, wobei sich der Messzeitraum überwiegend auf die WWJ 2006/2008 beschränkt. Zu Einordnung in die langzeitige Grundwasserstandsentwicklung ist die Ganglinie der gemessenen Grundwasserstände an der amtlichen GWM UNTERBIBERG Q 7 mit beigefügt (Abbildung 13).

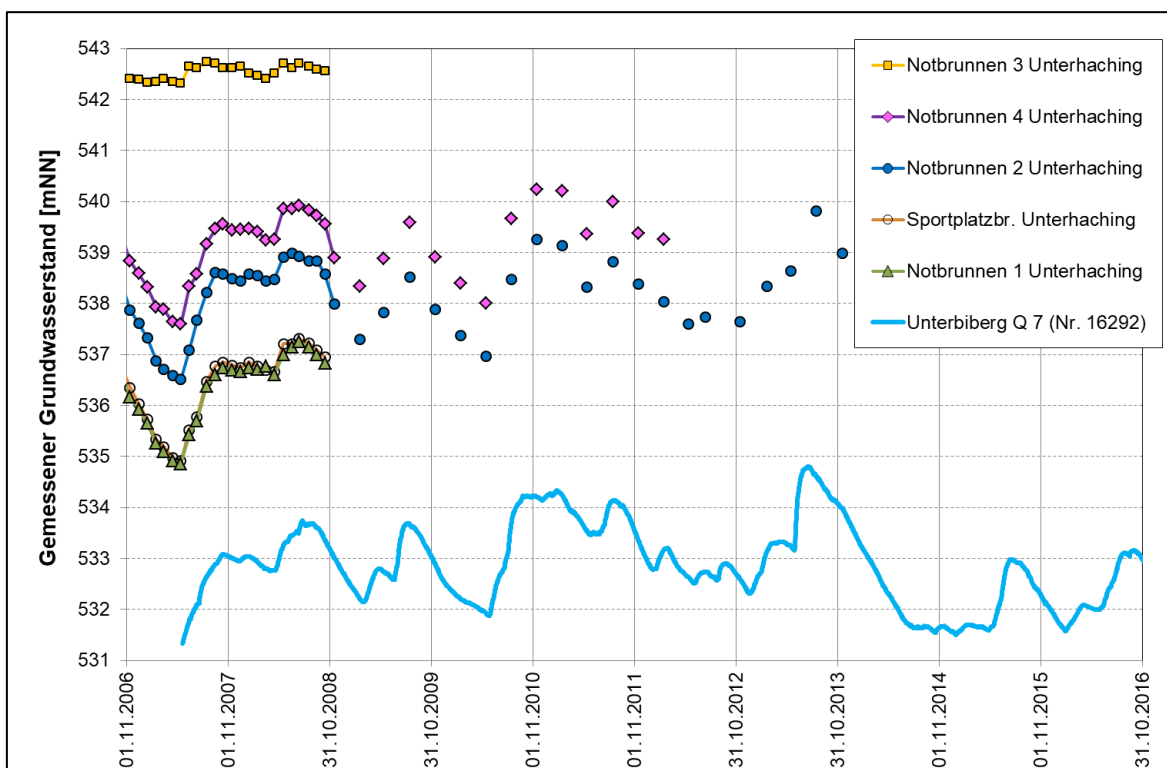


Abbildung 13: Gemessene Grundwasserstände an den Notbrunnen in Unterhaching und an der amtlichen Messstelle UNTERBIBERG Q 7

Für die Notbrunnen 1, 2 und 4, sowie den Sportparkbrunnen ist im Auswertungszeitraum ein in den wesentlichen Charakteristiken übereinstimmender Verlauf der Grundwasserstände zu erkennen. Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände wird dort im Zeitraum WWJ 2006/2008 zu rd. 2,7 m – 2,9 m ermittelt. Aus der bis 2013 reichenden Messreihe am Notbrunnen 2 ergibt sich eine Schwankungsbreite von ca. 3,3 m. Dies gibt auch annähernd die Größenordnung der aus Tageswerten abgeleiteten Schwankungsbreite amtlichen GWM UNTERBIBERG Q 7 wieder (ca. 3,5 m).

Die Zunahme der Schwankungsbreite, im Gemeindegebiet von Unterhaching, ist u.a. auf die, gegenüber dem Gemeindegebiet von Oberhaching und Taufkirchen, unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnisse zurück zu führen. Diese sind im Gemeindegebiet Unterhaching durch ein um ca. 20 – 30 m tiefer liegendes Niveau, der Basis des quartären GWL und einen in ähnlicher Größenordnung tiefer liegenden Grundwasserspiegel gekennzeichnet (Anlage 1.4). Die hieraus resultierenden hohen Flurabstände haben u.a. eine zeitliche Verzögerung der großräumigen hydrologischen Einflüsse (Grundwasserneubildung aus Niederschlag) auf die Grundwasserstände im Gemeindegebiet von Unterhaching zur Folge.

Einen von den vorstehenden Charakteristiken abweichenden Verlauf zeigen die gemessenen Grundwasserstände am Notbrunnen 3, im südlichen Gemeindegebiet von Unterhaching. Die Schwankungsbreite liegt dort im Zeitraum WWJ 2006/08 bei nur ca. 0,6 m. Im Bereich dieses Brunnens und östlich davon wurden sehr geringe Aquifermächtigkeiten von < 2 m festgestellt (Stichtagsmessung April 2008, s. Kap. 3.5.2.2 und Anlage 1.12). Die Grundwasserstände in diesem

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Gebiet werden vermutlich durch eine von Osten in den Modellraum hineinragende, rückenähnliche Struktur, in der Basis des quartären GWL, beeinflusst.

Gemeinde Neubiberg/Campeon-Gelände

Zur Beurteilung der Grundwasserstände im Gemeindegebiet Neubiberg standen im Wesentlichen die im Zusammenhang mit dem Betrieb der Entnahme- und Schluckbrunnen auf dem Campeon-Gelände (Geothermische Anlage/Kühlkreislauf) beobachteten GWM zur Verfügung. Zum Zeitpunkt der Erfassung wurden 11 GWM berücksichtigt, die sich auf dem Campeon-Gelände und dem nördlichen Abstrom befinden (Anlage 1.8). Hierin mit einbezogen sind auch zwei GWM, welche zum Messnetz der LHM gehören und im Campeon-Messnetz mit Alternativbezeichnungen geführt werden (BS16/LHM = UP 15; BS22/LHM = UP 189). Die ca. 500 m östlich des Campeon-Geländes bestehende GWM 16103n wird im Rahmen der Überwachung des Brunnenbetriebes als Referenz-Messstelle betrachtet. Für die vorliegende Auswertungen wurden außerdem die Messwerte an der amtlichen GWM UNTERBIBERG Q 7 mit herangezogen, die sich ca. 1,6 km östlich des Campeon-Geländes befindet (Lage s. Abbildung 12).

Der zeitliche Verlauf der monatlich gemessenen Grundwasserstände, an den im Bereich des Campeon-Geländes bestehenden GWM, ist aus Anlage 1.9.3.1 und Anlage 1.9.3.2 ersichtlich. Die gemessenen Reaktionen zeigen in den wesentlichen Haupttendenzen eine gute Übereinstimmung mit dem entsprechenden Verlauf an der amtlichen GWM UNTERBIBERG Q 7. Die maximalen Grundwasserstände werden dort im August 2013 ermittelt, hierauf folgt ein stetiger Rückgang bis August 2014, hierbei wird ein ähnlicher, niedriger Grundwasserstand erreicht, wie beim bisherigen niedrigsten Stand im Mai 2007. Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände liegt an diesen GWM bei ca. 2,7 m bis 3,6 m. Auch an der Referenzmessstelle 16103n ist überwiegend ein ähnlicher Verlauf der Grundwasserstände erkennbar, allerdings ist dort, im Vergleich zu den benachbarten GWM, von Juli 2011 bis Juni 2013 eine gegenläufige Tendenz feststellbar. Dies ist vermutlich auf eine vorübergehende fehlerhafte (inverse) Erfassung der Grundwasserstände zurück zu führen.

In der nachstehenden Abbildung 14 sind die jeweils von LHM und Campeon bereit gestellten Messdaten an BS16/UP 15 und BS22/UP 189 gegenübergestellt. Die höhere zeitliche Auflösung der Messdaten von LHM ergibt einen detaillierteren Verlauf der aufgetretenen Grundwasserstandsschwankungen. Dies ermöglicht eine genauere Ermittlung des Zeitpunktes, an dem die maximalen Grundwasserstände aufgetreten sind und auch der tatsächlich aufgetretene Maximalwert wird genauer erfasst. **Aus den Messdaten von LHM ergibt sich das Maximum für den 06.07.2013, dieses tritt somit ca. 1 Monat nach dem Scheitelwert der Abflusswelle, am Pegel Furth in Oberhaching, auf.**

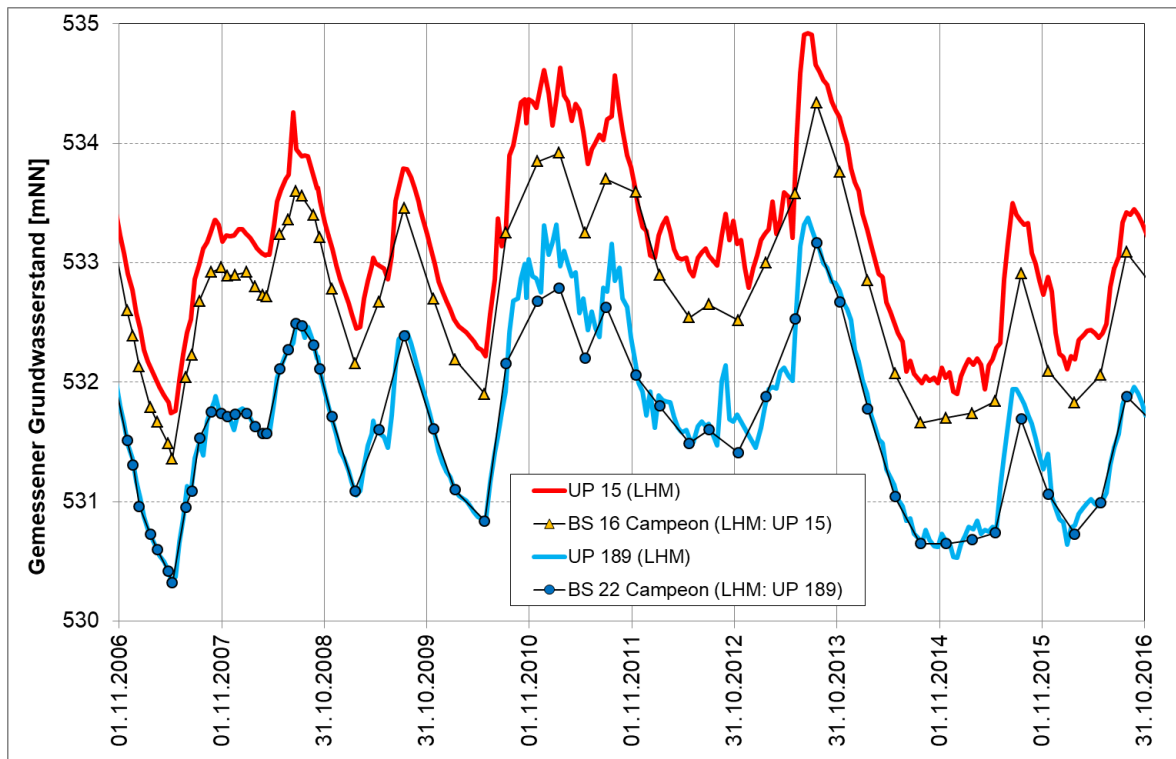


Abbildung 14: Gegenüberstellung gemessene Grundwasserstände im Stadtgebiet München, BS16 (LHM: UP 15) und BS22 (LHM: UP 189)

Aus den monatlichen Messdaten von GETEC (Campeon) ergibt sich ein maximaler Grundwasserstand im August 2013, zu diesem Zeitpunkt ist aber bereits wieder von einem Rückgang der Grundwasserstände auszugehen (Vergleich: BS16/UP 15 und BS22/UP 189). Die Messdaten von LHM an UP 15 liegen im Mittel um ca. 0,5 m höher als in der Messreihe von Campeon (BS 16).

Die nachstehende Abbildung 15 beinhaltet eine Gegenüberstellung der an ausgewählten Entnahmebrunnen auf dem Campeon-Gelände monatlich gemessenen Ruhewasserspiegel, sowie der gemessenen Grundwasserstände an der ca. 1,7 – 2,0 km von den Brunnen entfernten GWM UNTERBIBERG Q 7. Auch dort stimmt der Verlauf weitgehend überein. Die Schwankungsbreite der Ruhewasserspiegel liegt an den Brunnen mit ca. 3,3 m in ähnlicher Größenordnung wie an der GWM UNTERBIBERG Q 7, der maximale Grundwasserstand im Betrachtungszeitraum von 534,8 mNN wird dort zwischen dem 15.07. und dem 22.07.2013 gemessen. An den Kühlwasserbrunnen werden die maximalen Grundwasserstände, bedingt durch die Erfassung als Monatswerte, erst im August 2013 ermittelt.

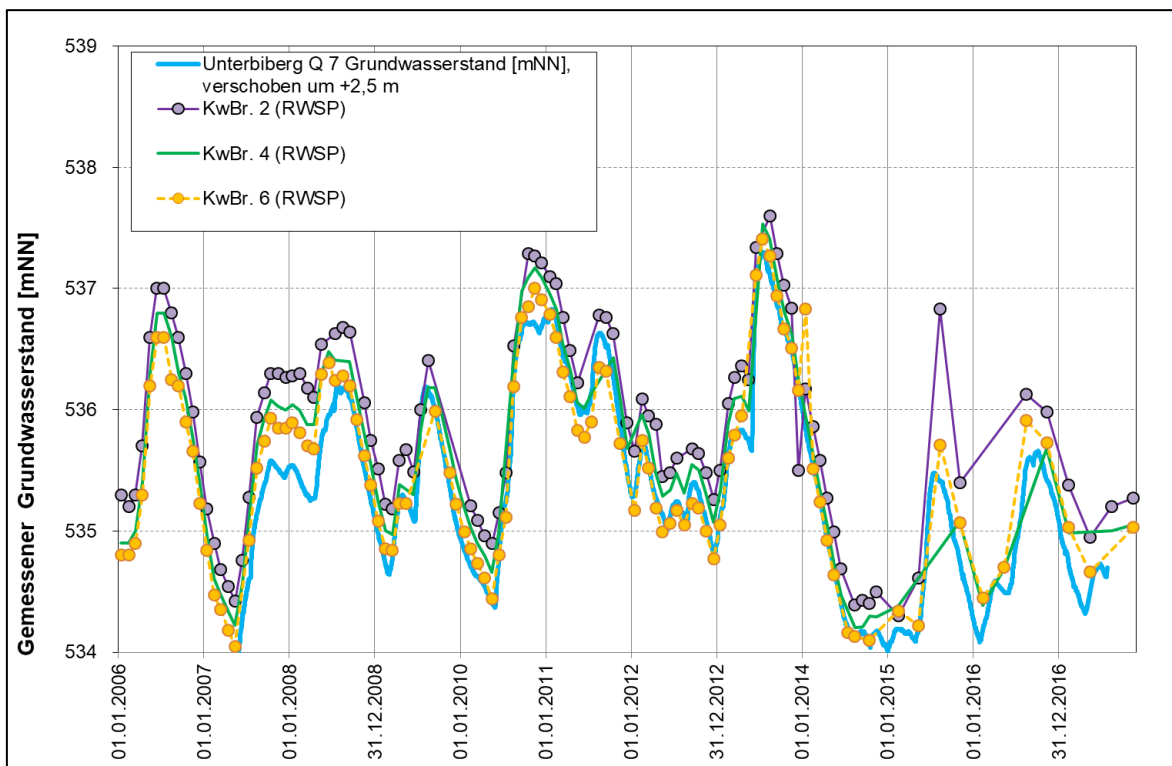


Abbildung 15: Gemessene Grundwasserstände an Entnahmebrunnen (Kühlwasserbrunnen) auf dem Campeon-Gelände und an der amtlichen Messstelle UNTERBIBERG Q 7

Für das Gemeindegebiet von Neubiberg, lässt sich hieraus - im Vergleich zum Gemeindegebiet von Oberhaching und Taufkirchen - insgesamt eine deutliche größere Schwankungsbreite der Grundwasserstände und eine **zeitliche Verschiebung des Zeitpunktes, zu dem der maximale gemessene Grundwasserstand im Jahr 2013 auftritt, um ca. 1 – 2 Monate feststellen.**

Auch im Gemeindegebiet Neubiberg liegen hydrogeologische Verhältnisse vor, die gegenüber dem südlichen Modellraum (Gemeindegebiet Oberhaching und Taufkirchen) durch ein ca. 20 m bis 30 m tiefer liegendes Niveau der Basis des quartären GWL und einen entsprechend tiefer liegenden Grundwasserspiegel gekennzeichnet sind (Anlage 1.4). Die daraus resultierenden hohen Flurabstände von 10 – 15 m haben auch dort eine zeitliche Verzögerung der flächigen hydrologischen Einflüsse (Grundwasserneubildung aus Niederschlag) auf die Grundwasserstände im Gemeindegebiet Neubiberg zur Folge. Der Einfluss der Betriebswasserversorgung auf dem Campeon-Gelände auf die Grundwasserstände ist, insbesondere auch aufgrund der geringen Netto-Entnahme, hierbei von untergeordneter Bedeutung (s. Kap. 1.16).

Landeshauptstadt München (LHM)

Die im Messnetz von LHM erfassten Grundwasserstände (Lage s. Anlage 1.8) liegen überwiegend im wöchentlichen oder 14-tägigen Turnus vor, im Betrachtungszeitraum wurden überwiegend ca. 240 - 270 Messwerte erfasst. An der GWM KP 9 erfolgte bis Ende 2009 eine Messung in halbjährlichem Zyklus. Die im betrachteten Stadtgebiet im Betrachtungszeitraum WWJ 2006/16 gemessenen Grundwasserstände sind für 3 Teilbereiche in Anlage 1.9.4.1 bis Anlage 1.9.4.3 gegenüber gestellt. Eine Auswertung hinsichtlich der dort jeweils ermittelten Schwankungsbreite der Grundwasserstände im Zeitraum WWJ 2006/16 enthält Tabelle 8.

Tabelle 8: Messnetz Stadt München (LHM) – Auswertung WWJ 2006/16

Stadtbezirk von München	Messorte (GWM)	Schwankungsbreite Grundwasserstände ca. [m]	Anlage Nr. Ganglinien-darstellung
Ramersdorf-Perlach Obergiesing	KP 9, UP 15, UP 189 KP 1069	3,0 – 3,2 2,4	1.9.4.1
Ramersdorf-Perlach Obergiesing	UP 194, UP 195, KP 295 U8 675	2,3 – 2,8 2,7 1,6	1.9.4.2
Ramersdorf-Perlach Obergiesing	UP 52, UP 281, KP 708 U8 283, U8 309, U8 542	2,1 – 2,6 1,3 – 1,5	1.9.4.3

Für die im Stadtbezirk Ramersdorf-Perlach (Stadtteil Perlach) gelegenen GWM sind, bei einer Schwankungsbreite von ca. 3,0 m bis 3,2 m, gemessene Grundwasserstände festzustellen, die in ihrem Verlauf weitgehend mit denen an der amtlichen GWM UNTERBIBERG Q 7 übereinstimmen (Anlage 1.9.4.1). Bei hohen Flurabständen von ca. 10 – 15 m ist dort auch von ähnlichen hydrogeologische Gegebenheiten auszugehen, wie im vorstehend beschriebenen Gemeindegebiet Neubiberg. Als Vergleichsmesssstelle ist die KP 1069, die sich westlich des Modellraumes befindet (M.-Fasangarten), mit aufgenommen. Dort wird eine geringere Schwankungsbreite von ca. 2,4 m ermittelt, diese resultiert insbesondere aus dem bei höheren Grundwasserständen geringeren Anstieg an der KP 1069. Bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen stimmt der Verlauf mit den Messwerten an der weiter östlich gelegenen UP 189 weitgehend überein.

An den weiter nördlich, in Ramersdorf-Perlach gelegenen GWM (Anlage 1.9.4.2), wird mit ca. 2,3 m bis 2,8 m eine nach Norden abnehmende Schwankungsbreite der Grundwasserstände festgestellt. Bei weitgehend übereinstimmendem Verlauf der Grundwasserstände an KP 295 und UP 194 ist, an der weiter östlich gelegenen KP 295, bei höheren Grundwasserständen jeweils ein etwas stärkerer Anstieg zu verzeichnen, eine ähnliche Reaktionsintensität zeigt dort auch die UP 195. An der nahe zum Perlacher Forst bestehenden GWM U8 675 im Stadtbezirk Obergiesing ergibt sich eine Schwankungsbreite der Grundwasserstände von ca. 1,6 m.

An den in Ramersdorf-Perlach, im nördlichen Modellraum vorhandenen GWM (UP 52, KP 708, UP 281, Anlage 1.9.4.3), ist eine nach Norden weiter abnehmende Schwankungsbreite festzustellen (ca. 2,1 – 2,7 m). Auch im Stadtbezirk Obergiesing (GWM U8 283, U8 309, U8 542) ist ein weiterer

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Rückgang der Schwankungsbreite erkennbar, der mit ca. 1,3 – 1,5 m deutlich geringer ausfällt, als an den östlichen, betrachteten GWM.

Die gemessenen Grundwasserstände an der KP 708 liegen, bei mittlerem Grundwasserstands-niveau (Mittel WWJ 2006/16), ca. 0,25 – 0,5 m über dem entsprechenden Niveau an der im Stadtbezirk Obergiesing bestehenden U8 542. Bei hohen Grundwasserständen nimmt dieser Unterschied auf bis ca. 1 m zu, bei fallenden Grundwasserständen ist an der KP 708 ein deutlich stärkerer Rückgang der Grundwasserstände zu verzeichnen. Dieser führt dazu, dass der Grundwasserstand an der KP 708 bis auf das Niveau an der U8 542 abfällt, oder dieses sogar unterschreitet. Dies bedeutet, dass bei fallenden Grundwasserständen ein nach Nordosten zunehmendes Grundwassergefälle zu verzeichnen ist. Ein ähnliche intensive Reaktion ist für alle dort betrachteten GWM, im Stadtbezirk Ramersdorf-Perlach, zu verzeichnen (KP 708, U8 283, UP 281).

Insgesamt zeigen die vorstehenden Auswertungen, dass die Grundwasserstände im Stadtgebiet München, innerhalb des hier betrachteten Modellraumes, verschiedenen Einflußgrößen unterliegen. Vermutlich tragen hierzu die räumlich unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnisse (Mächtigkeit quartärer GWL) und auch die räumlich unterschiedliche Vorflutsituation Richtung Isar bei. Unter Einbeziehung der über den Modellraum hinausreichenden großräumigen Kenntnisse ([1], [2]) und den Informationen aus der HK 500 [10], lässt sich für das Grundwasser im nördlichen Modellraum eine grobe Unterteilung in zwei Teilgebiete vornehmen (Teilgebiet jeweils westlich und östlich der BAB A 8). Diese Teilgebiete sind im Hinblick auf die Grundwasserströmungsrichtung und die maßgebenden Grundwasservorfluter durch folgende Charakteristiken geprägt:

- der westlich der BAB A8 betrachtete Grundwasserbereich ist durch hohe Flurabstände von über 10 m gekennzeichnet. Das Grundwasser entwässert dort, auf relativ kurzer Strecke (ca. 2 km), nach Nordwesten, zur Isar. Aufgrund der starken Eintiefung des Flußbettes der Isar in den tertiären Untergrund besteht dort jedoch kein direkter hydraulischer Zusammenhang zwischen dem quartären GWL und dem Gewässer. Grundwasseraustritte treten dort unabhängig vom Isarwasserstand auf, die Austrittsmenge wird demzufolge allein durch den Grundwasserstand im Austrittsbereich bestimmt [1].
- Östlich der BAB A8 werden Flurabstände überwiegend zwischen 4 m und 10 m angetroffen. Der Grundwasserabstrom ist dort in nördlicher Richtung orientiert. Die Vorflut zur Isar erfolgt erst im Bereich der Stadtbezirke Oberföhring und Unterföhring, in einer Entfernung von ca. 4 km bis über 7 km, vom nördlichen Modellrand. Zudem befinden sich im nördlichen Abstrom zusätzliche Gewässer denen eine Vorflutwirkung für das Grundwasser zukommt. Hierzu gehört der Truderinger Hüllgraben, der im Stadtgebiet von München in den Hachinger Bach mündet. Unterstrom dieser Einmündung wird er als Hüllgraben bezeichnet, dieser wiederum mündet in den Abfanggraben, der als Entwässerungssystem konzipiert ist und nördlich von Aschheim und Kirchheim verläuft. Durch mehrere Wehranlagen besteht dort die Möglichkeit die Wasserspiegellage im Gewässer zu regulieren und dadurch den Austausch zwischen Grundwasser und Graben zu beeinflussen. Da beide genannten Gewässersysteme annähernd senkrecht zur Grundwasserströmungsrichtung verlaufen können sie große Mengen an Grundwasser aufnehmen [1].
- Insgesamt führen diese hydrogeologischen Gegebenheiten und Vorflutbeziehungen zur vorstehend beschriebenen Verringerung der Schwankungsbreite der Grundwasserstände an

den beobachteten GWM im Stadtbezirk Obergiesing (westliches Teilgebiet). Für die Grundwasserstände im Stadtbezirk Ramersdorf-Perlach (östliches Teilgebiet) ist davon auszugehen, dass diese auch durch Wasserstandsänderungen an den Vorflutern Hüllgraben und Abfanggraben mit beeinflusst werden. Dies führt voraussichtlich zu den beobachteten stärkeren Reaktionen im Bereich von hohen und niedrigen Grundwasserständen.

3.5.2.2 Stichtagsmessung 06. April 2018

Zielsetzung einer Stichtagsmessung ist die Erfassung der Grundwasseroberfläche bzw. der Grundwasserdruckfläche zu einem bestimmten Zeitpunkt an allen im Untersuchungsgebiet verfügbaren Messstellen. Einer Stichtagsmessung kommt vor allem dann eine besondere Bedeutung zu, wenn im Untersuchungsgebiet keine kontinuierlichen lückenlosen Messungen der Grundwasserstände für einen längeren Zeitraum (≥ 10 Jahre) vorliegen oder/und die Messwerte nur in großen Zeitabständen und evtl. auch diskontinuierlich erfasst werden oder/und häufige und längere Datenlücken vorliegen oder/und sich Anzahl und Lage der beobachteten Messeinrichtungen im Betrachtungszeitraum stark verändert haben. Einige dieser Kriterien treffen auf das hier betrachtete Untersuchungsgebiet zu

Im Vorfeld der geplanten Stichtagsmessung erfolgte Anfang April 2018 eine Überprüfung von Lage und Höhe der Messstellen im Messnetz Taufkirchen durch eine terrestrische Vermessung. Diese diente der Überprüfung festgestellter Auffälligkeiten. In Anbetracht der in Taufkirchen bekannten geringen Flurabstände kommt dem Messnetz der Gemeinde Taufkirchen hierbei eine besondere Bedeutung zu. Die bei der Vermessung festgestellten Abweichungen gegenüber dem vorliegenden Konzeptplan betragen:

- Bei der Lage: 64 m – 200 m
- Bei der Höhe: überwiegend geringe Abweichungen, im Mittel ca. 0,03 m
An einzelnen GWM größere Abweichungen von -0,22 m bis +1,0 m

Die Stichtagsmessung wurde am 06. April 2018 durchgeführt. Hierin einbezogen wurden die im Modellgebiet bestehenden amtlichen Grundwassermessstellen (GWM), die verfügbaren GWM aus den Messnetzen der beteiligten Kommunen, sowie weitere Brunnen und GWM (Campeon-Gelände, Gemeinde Unterhaching: Notbrunnen, Erkundung Perlacher Forst).

- Am Hachinger Bach wurde der Pegel Furth (Oberhaching), sowie die in das Messnetz der Gemeinde Taufkirchen einbezogenen Messpunkte am Hachinger Bach berücksichtigt (Pegel 1 bis Pegel 3)
- In der Ortslage von Taufkirchen wurden, zur Verdichtung der Informationen, von BCE darüber hinaus 3 weitere Messpunkte am Hachinger Bach festgelegt

Insgesamt wurden bei der Stichtagsmessung 79 Grundwasserstände und 7 Wasserspiegel am Hachinger Bach erfasst. Die Messorte und die am Stichtag erfassten Werte sind in Anlage 1.10 tabellarisch zusammengestellt. Für den Pegel Furth ergibt sich als Tageswert ein Wasserstand von 566,26 mNN, diesem Wert ist ein Abfluss von ca. 180 l/s zugeordnet

Die Auswertung einer Stichtagsmessung erfolgt in Form eines Grundwassergleichenplans. Aus den Grundwassergleichen lassen sich das örtlich vorherrschende Grundwassergefälle sowie die

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Fließrichtungen ermitteln. Über das Grundwassergefälle und die Fließrichtung können auch Mengenflüsse im Untergrund abgeschätzt werden. Der aus der Stichtagsmessung vom 06. April 2018 abgeleitete Grundwassergleichenplan ist aus Anlage 1.11 ersichtlich, dort mit eingetragen sind die am Stichtag bestehenden Flurabstände im Modellraum. **Dieser Gleichenplan bildet eine maßgebende Grundlage für die Beurteilung der Grundwasserstände im Gebiet der betrachteten Kommunen.**

Folgende wesentliche Charakteristiken sind festzustellen:

- Zwischen Oberhaching und Taufkirchen ist ein von Südwesten nach Nordosten orientiertes Grundwassergefälle zu erkennen (Gefälle zwischen ca. 2 ‰ und 4 ‰). Im Nahbereich des Hachinger Baches treten, aufgrund der Aussickerung von Grundwasser in den Bach, beidseits Richtung Bach orientierte Fließkomponenten auf. Aufgrund des starken Geländeeinschnittes bei Oberhaching, der nach Norden Richtung Taufkirchen ausläuft, ergeben sich räumlich stark variierende Flurabstände. Am Talboden, im Nahbereich zum Hachinger Bach, dominieren Flurabstände von weniger als 2 m. Entsprechend der ansteigenden Topographie nehmen diese sowohl nach Westen, als auch nach Osten, auf Flurabstände von bis über 30 m zu.
- Auf Höhe der Gemeindegrenze, zwischen Taufkirchen und Unterhaching, ist eine starke Zunahme des Grundwasserfließgefälles feststellbar (Gefälle ca. 15 ‰), d.h. auf einer Strecke von ca. 1 km fällt der Grundwasserspiegel dort um ca. 15 m ab. Dies resultiert aus dem dort bestehenden starken Gefälle der Basis des Grundwasserleiters (Anlage 1.4). Die Flurabstände nehmen dort, auch im Nahbereich des Hachinger Baches, auf über 10 m zu.
- Nördlich der Notbrunnen 2 und 4 in Unterhaching, bis auf Höhe der Gemeinde/Stadtgrenze zur Landeshauptstadt München, dreht das Fließgefälle in nördliche Richtung und verflacht (Gefälle ca. 3 ‰). Es dominieren dort Flurabstände von 10 m bis 15 m.
- Im Stadtgebiet von München ist eine weitere Drehung des Fließgefälles in nordwestlicher Richtung festzustellen (Gefälle ca. 2,5 ‰). Im westlichen Modellraum (München–Giesing) herrschen Flurabstände von über 10 m vor, während im östlichen Modellraum (München–Ramersdorf-Perlach) eine Bandbreite von überwiegend 4 – 10 m festzustellen ist.

Eine Stichtagsmessung stellt eine Momentaufnahme der zum Zeitpunkt der Erfassung angetroffenen Grundwassersituation dar. Die Messwerte einer Stichtagsmessung sind daher unter Einbeziehung langzeitiger Messreihen hydrologisch einzuordnen (z.B.: mittlere, feuchte, oder trockene hydrologische Verhältnisse). Hierbei sind ggf. weitere Einflussgrößen, die sich auf das Grundwasser auswirken, wie zwischenzeitliche bauliche Veränderungen an Gewässern und/oder veränderte Grundwasserbewirtschaftungen (Grundwasserentnahmen, etc.), zu berücksichtigen.

Ein Vergleich der am Stichtag erfasste Grundwasserstände, mit den langfristig mittleren Grundwasserständen im Zeitraum 2006/16, ergab überwiegend nur geringe Unterschiede (< 0,1 – 0,2 m). Lediglich im südlichen Projektgebiet, bei Oberhaching, wurden am Stichtag um rd. 0,3 – 0,4 m höhere Grundwasserstände ermittelt, als im langzeitigen Mittel. **Insgesamt entsprechen die bei der Stichtagsmessung vom 08. April 2018 erfassten Grundwasserstände somit annähernd mittleren hydrologischen Verhältnissen.**

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

3.6 Grundwasserbilanz

Im Modellraum gehen folgende Größen in die Grundwasserbilanz ein:

- Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Sickerwasserrate)
- Randzustrom aus dem Süden im quartären Grundwasserleiter
- Randabstrom im Norden im quartären Grundwasserleiter
- Austausch mit Oberflächengewässern (Hachinger Bach, Entenbachl, Grabensysteme))
- Grundwasserentnahmen im Quartär

Eventuelle weitere seitliche Zu- und Abflüsse innerhalb des quartären GWL werden, aufgrund der gewählten Modellabgrenzungen entlang der Trennstromlinien, aus derzeitiger Sicht als vernachlässigbar gering eingestuft. Ebenso wird der Austausch mit den tieferen Schichten (Tertiär) wegen der dort deutlich geringeren Untergrunddurchlässigkeiten und der damit einhergehenden deutlich geringeren Grundwasserumsätze vernachlässigt.

3.6.1 Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Niederschläge

Innerhalb des Modellraums befindet sich keine Niederschlags- oder Wetterstation. Außerhalb des Modellraums, westlich von Oberhaching, existieren folgende Stationen:

- Wetterstation Oberhaching-Laufzorn (DWD): ca.1,5 km vom westlichen Modellrand entfernt, diese wird auch vom LfU Bayern als Niederschlagsstation genutzt. Messdaten liegen dort seit dem 29.10.2007 vor.
- Niederschlagsstation Deisenhofen, Kreis München (LfU): Lage westlich der S-Bahn-Station Furth b. Deisenhofen, rd. 1 km westlich vom Modellrand. Messdaten liegen dort seit 1971 vor. Aktuelle Messdaten liegen als Stundensummen des Niederschlages vor, zudem sind Messwerte im 5 Minuten-Intervall verfügbar. Ältere Messdaten werden über den Gewässerkundlichen Dienst bereitgestellt.

Wesentlichen Kenndaten dieser Stationen sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9: Niederschlags- und Wetterstationen

Stationsname	Betreiber	Stationsnummer / ID	Höhenlage [mNN]	Messdaten von	Messdaten bis
Deisenhofen. Kreis München	LfU	933	585	Januar 1971	aktuell
Oberhaching- Laufzorn	DWD	7431	604	29.10.2007	aktuell

Die Jahressummen der Niederschläge an beiden Messstationen sind für den Zeitraum 2006 bis 2016 in Anlage 1.13 dargestellt. Aufgrund der räumlichen Nähe, beide Stationen liegen ca. 3 km voneinander entfernt, unterscheiden sich die gemessenen Jahressummen der Niederschläge im vergleichbaren Zeitraum 2006 bis 2016 nur gering.

Der mittlere Jahresniederschlag an der LfU-Station Deisenhofen, Kreis München im Zeitraum 2006/2016 liegt bei 1.061 mm/a und entspricht somit weitgehend dem langzeitigen Mittel an dieser Station im Zeitraum 1971/2016 (1.056 mm/a). Dementsprechend geben die Niederschläge im Betrachtungszeitraum 2006/16 dort auch annähernd langzeitig mittlere Verhältnisse wieder.

Grundwasserneubildung

Die zeitliche Entwicklung der Niederschläge in den hydrologischen Sommerhalbjahren (Mai bis Oktober) bzw. Winterhalbjahren (November bis April) an der Station Deisenhofen, Kreis München, ist für den Zeitraum WWJ 2007/18 in Abbildung 16 dargestellt. Im Mittel entfallen rd. 66% des Niederschlages auf das hydrologische Sommerhalbjahr (696 mm) und rd. 34% (361 mm) auf das Winterhalbjahr.

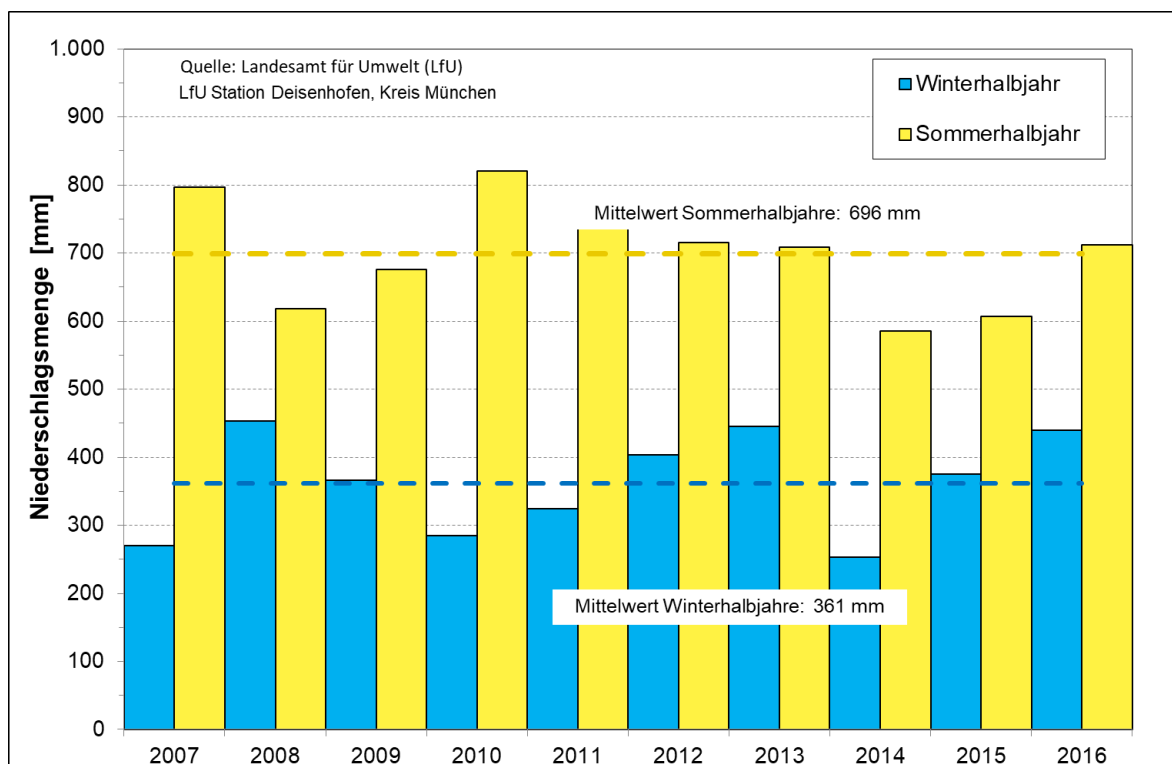


Abbildung 16: Messstation Deisenhofen, Lkr. München, Niederschlagssummen der hydrologischen Halbjahre 2006/16

Für die Grundwasserneubildung (GWN) aus Niederschlag sind i.d.R. insbesondere die Niederschlagssummen der hydrologischen Winterhalbjahre von Bedeutung. Demgegenüber tragen die Niederschläge in den hydrologischen Sommerhalbjahren, infolge der hohen Verdunstungsanteile, in der Regel kaum zur Grundwasserneubildung bei.

Im Hinblick auf den zeitlichen Prozess der Zusickerung von der Geländeoberfläche in das Grundwasser stellen zudem die Flurabstände eine maßgebliche Komponente dar. Aufgrund der im Modellraum räumlich stark variierenden Flurabstände, von weniger als 1 m im Nahbereich des Hachinger Baches (Gemeinden Oberhaching und Taufkirchen) und von weiträumig 10 m bis über 30 m, in weiterer Entfernung vom Hachinger Bach (s. Anlage 1.11), ergeben sich entsprechend differenzierte

Zusickerungszeiten von wenigen Tagen, über mehrere Wochen, bis zu mehreren Monaten ([1], [2]). Dies hat eine komplexe Überlagerung im Hinblick auf die Auswirkungen auf die Grundwasserstände und im Hinblick auf die Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach zur Folge.

Grundwasserneubildung

Aus der Wasserbilanzgleichung, auch hydrologische Grundgleichung genannt, ergibt sich (s.a. Abbildung 17):

$$N = A + V \rightarrow N = A_o + A_u + V \rightarrow A_u = N - V - A_o$$

mit

N = Niederschlag; A = Gesamtabfluss;

A_o = oberirdischer Abfluss; A_u = unterirdischer Abfluss;

V = Verdunstung vom Boden oder freien Wasserflächen.

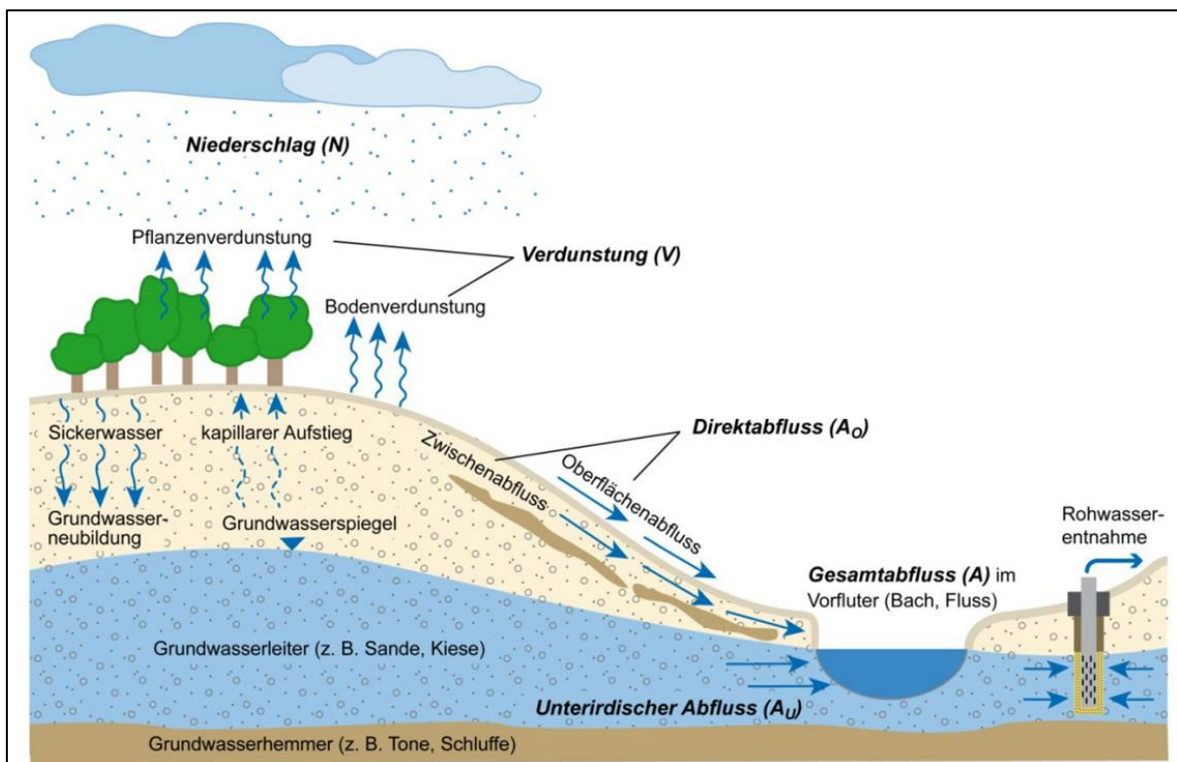


Abbildung 17: Schematische Darstellung des hydrologischen Wasserkreislaufs [12]

Vom LfU wurde im Bereich des Modellraumes die Grundwasserneubildung für den Zeitraum WWJ 2005/15 in Jahreswerten zur Verfügung gestellt, darüber hinaus wurden die ermittelten Sickerwasser-raten für diesen Zeitraum in monatlicher Auflösung bereitgestellt.

Die Grundwasserneubildung stammt aus der bayernweiten Langzeit-Berechnung mit GWN-BW (1951-2016, REGNIE-Input, 104915 Grundflächen). *Das Simulationsmodell GWN-BW ist ein deterministisches, flächendifferenziertes Bodenwasserhaushaltsmodell zur Berechnung der tatsächlichen*

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Verdunstung, des Bodenwasserhaushaltes, sowie der unterhalb der durchwurzelten Bodenzone gebildeten Sickerwassermenge. Die berechnete Sickerwassermenge entspricht in ebenen Porengrundwasserleitern, in denen schnelle laterale Abflusskomponenten vernachlässigt werden können, in der Regel der Grundwasserneubildung aus Niederschlag. In Gebieten mit schnellen lateralen Abflusskomponenten, wie z. B. in den meisten Festgesteinsgrundwasserleitern, ist eine Reduktion mit dem sog. Baseflow-Index (BFI) erforderlich, um den neubildungsrelevanten Anteil der Sickerwasserrate bzw. der Gesamtabflusshöhe zu ermitteln [20].

Der meteorologische Antrieb für das Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW besteht aus Tageswerten für Niederschlag, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Sonnenscheindauer und Windstärke an Niederschlags- und Klimastationen. Alternativ zu den beiden letztgenannten Parametern können auch Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit als Modellinput verwendet werden. Ebenso wie die Verwendung von Stationsdaten ist auch die Vorgabe extern regionalisierter Daten, wie z. B. der REGNIE-Niederschlagsraster (DWD) möglich.

Die bei der Berechnung mit GWN-BW berücksichtigten Grundflächen beruhen auf der Bodenübersichtskarte 1:1.000.000, sowie der CORINE 2000 Landnutzung. Die berechnete Grundwasserneubildung entspricht dem Gesamtabfluss bzw. der Sickerwasserrate abzüglich des Direktabflusses. Der Direktabfluss wird mit Hilfe des regionalisierten Baseflow-Index (BFI) berücksichtigt. Die empirische Ableitung der BFI-Werte aus Abflussdaten wurde auf Basis anthropogen wenig beeinflusster Gebietsabflüsse ermittelt.

$$GwN = N - V - A_o \text{ bzw. } GwN = A - A_o \text{ bzw. } GwN = A_u$$

$$\rightarrow GwN = A * BFI \text{ mit } BFI = A_u / A$$

GwN = Grundwasserneubildung; BFI = Base-Flow-Index

Die aus den Berechnungsergebnissen (GWN-BW) abgeleiteten mittleren Sickerwasserraten im Zeitraum 2005/2015 sind in Anlage 1.14 dargestellt. Die mittlere Sickerwasserrate variiert, je nach Flächennutzung, zwischen rd. 3 l/(s*km²) bis rd. 7 l/(s*km²), in bewaldeten Gebieten (Mischwälder, Nadelwälder) und rd. 11 l/(s*km²) bis 15 l/(s*km²), in landwirtschaftlich geprägten Bereichen (Wiesen und Weiden, nicht bewässertes Ackerland). Städtisch geprägte Gebiete werden in den Berechnungen von LfU nur in einer groben Annäherung, über einen sehr einfachen, pauschalen Ansatz, berücksichtigt. In den seitens LfU zur Verfügung gestellten Datensätzen der berechneten Sickerwasserraten und der berechneten Grundwasserneubildung sind anthropogen geprägte Bereiche, die durch Bebauung einen höheren Versiegelungsgrad besitzen, daher ausgespart (Anlage 1.14).

Der Modellraum ist überwiegend durch eine flache Topographie ohne Vorflutbeziehung zu Gewässern gekennzeichnet (Anlage 1.2). Zudem dominieren weiträumig Gebiete mit Flurabständen von 10 m und mehr (Anlage 1.11). Gebiete mit steiler Topographie und/oder geringen Flurabständen sind nur kleinst-räumig, zwischen Oberhaching und Taufkirchen, im Nahbereich des Hachinger Baches, festzustellen. In den Berechnungsgrundlagen des LfU zum NA-Model wird bis zur Einmündung des Entenbachl in Taufkirchen ein EZG von 6,7 km² angegeben (Kap. 3.4.3). Dementsprechend können im Modellraum mögliche Verluste infolge von kapillarem Aufstieg, oder infolge von Direktabfluss (Zwischenabfluss,

Oberflächenabfluss) vernachlässigt werden. Im Ergebnis kann die Grundwasserneubildung mit der im GWN-BW ermittelten Sickerwasserrate gleichgesetzt werden.

Grundwasserneubildung - Stichtagsmessung April 2018

Die Messwerte der Stichtagsmessung vom 06. April 2018 stellen eine wichtige Datengrundlage für die Kalibrierung des numerischen Modells dar (s. Kap. 3.5.2.2 und Kap. 4.2). Vor diesem Hintergrund war auch eine Einordnung der hydrologischen Verhältnisse zu bzw. vor diesem Zeitpunkt erforderlich. Die landesweiten Berechnungen von LfU zur Grundwasserneubildung und zu den Sickerwasserraten lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung bis Ende 2015 vor.

Dementsprechend waren entsprechende Ergebnisse für den Zeitraum der durchgeführten Stichtagsmessung nicht verfügbar. Daher musste auf die Ergebnisse für einen ähnlichen hydrologischen Zeitraum zurückgegriffen werden. Die Auswahl eines geeigneten Zeitraums erfolgte auf Grundlage eines Vergleiches der in den Winterhalbjahren (WHJ) gemessenen Niederschläge an der Messstation Deisenhofen, Kreis München, im Ergebnis wurde das WHJ 2011/12 ausgewählt. In Abbildung 16 sind die jeweiligen Monatssummen der WHJ 2011/12 und WHJ 2017/18 gegenübergestellt. Phasenweise ergeben sich deutliche Unterschiede in den jeweiligen Monatssummen, in den Monaten Januar bis März sind jedoch sehr ähnliche Niederschlagssummen festzustellen. Außerdem entspricht die gesamte Niederschlagssumme im WHJ 2011/12 mit rd. 393 mm weitgehend derjenigen im WHJ 2017/18, mit rd. 403 mm (Unterschied < 3 %). Vor diesem Hintergrund werden die von LfU für das WHJ 2011/12 berechneten Sickerwasserraten auch für das WHJ 2017/18 zugrunde gelegt. Diese Festlegung erfolgte in Abstimmung mit WWA München und LHM (RKU) ([20], Besprechung vom 17.07.2018).

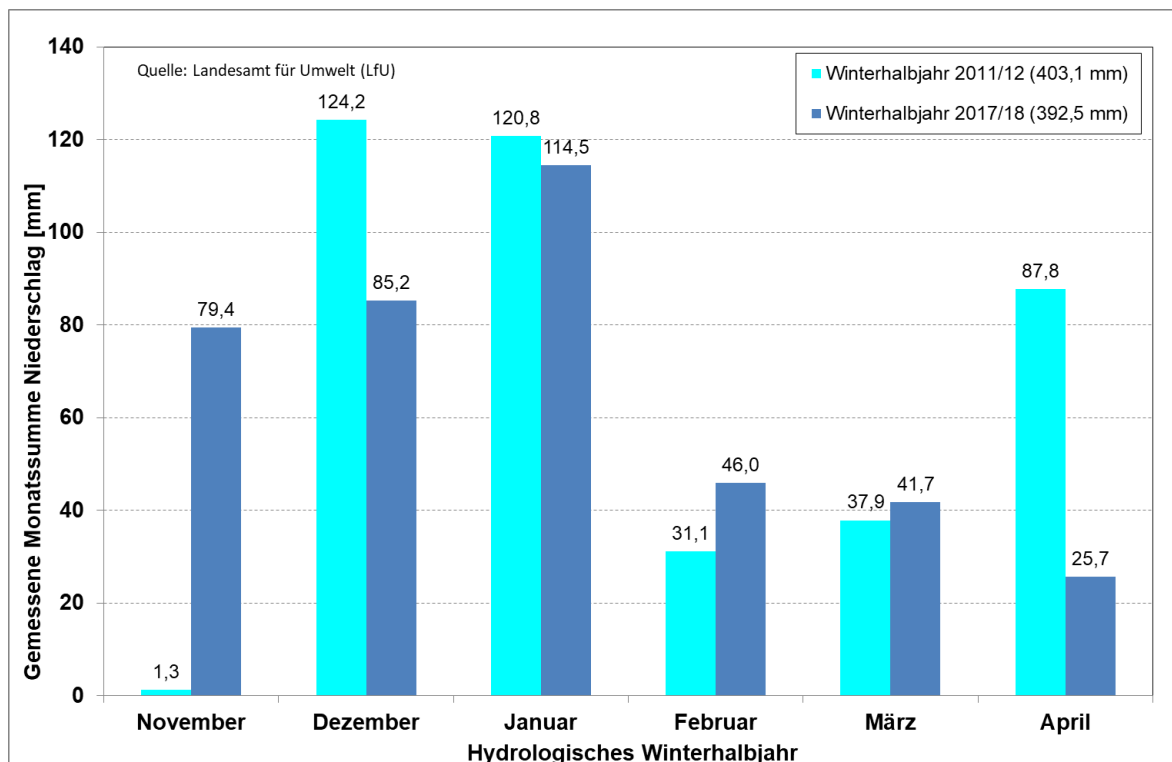


Abbildung 18: Monatssummen der Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr, WHJ2011/12 und 2017/18, LfU-Station Deisenhofen, Kreis München

Da für die Berechnungen mit dem Grundwassermodell flächendeckende Werte erforderlich sind, erfolgte für die anthropogen beeinflussten Gebiete eine grobe Abschätzung der Sickerwasserraten. Diese wurde auf Grundlage der vom LfU bereit gestellten BFI in den Siedlungsgebieten (BFI ca. 0,55 - 0,65) und dem von LfU berechneten Gesamtabfluss in den an die Bebauung angrenzenden Gebieten vorgenommen. Die auf dieser Grundlage ermittelte flächige Verteilung der Sickerwasserraten im hydrologischen Winterhalbjahr 2011/12 ist in Anlage 1.15 dargestellt. Für das WHJ 2011/12 wurde eine mittlere Sickerwasserrate von rd. 13,4 l/s·km² ermittelt. Dem quartären Grundwasserleiter innerhalb des Modellraumes sickern mit diesem Ansatz insgesamt 533 l/s zu.

3.6.2 Austausch mit Oberflächengewässern

Anlage 1.17 zeigt die Einzugsgebiete der im Modellraum liegenden Oberflächengewässer. Neben dem Hachinger Bach werden noch der Entenbachl und das Grabensystem bei Taufkirchen näher betrachtet.

3.6.2.1 Hachinger Bach

Anlage 1.18 enthält einen Längsschnitt des Hachinger Bachs, von Unterhaching bis nach Oberhaching (Abschnitt km 10+000 bis 15+600). Die Gewässersohle wurde aus dem 2D-WSP-Modell entnommen, der Wasserspiegel aus den Messwerten der Stichtagsmessung vom 06.04.2018 abgeleitet. Zudem mit eingetragen sind der aus der Stichtagsmessung abgeleitete Grundwasserspiegel, die interpolierte Basis des quartären GWL, sowie die in diesem Abschnitt bestehenden, maßgebenden Querbauwerke. Hieraus können Annahmen für Austauschvorgänge dem Grundwasser und dem Hachinger Bach abgeleitet werden, es lässt sich folgendes feststellen:

- Unter den Verhältnissen des Stichtages vom April 2018 erscheint ein Grundwasseraustritt in den Hachinger Bach vorrangig möglich (Lage der Stationen s. Anlage 1.8):
 - in Oberhaching, südlich der Brücke Kybergstraße, ca. km 15+400 bis ca. km 15+000
 - in Oberhaching, beginnend auf Höhe des Messortes 5 (ca. km 14+500), bis ins UW des Stauschützes Wintersberger (ca. km 13+700), an der Gemeindegrenze Oberhaching/Taufkirchen
 - in Taufkirchen, im UW der Kottmühle (Triebwerk Sutner), ca. km 12+700 bis ca. km 12+200

Die bei mittleren und hohen Grundwasserständen dort mögliche Aussickerung (Exfiltration) von Grundwasser in den Hachinger Bach deutet somit auf eine weitgehend offene Sohle in diesen Abschnitten hin (Annahme Leakage $L = 1 \cdot 10^{-4}$ 1/s)

- Im Gemeindegebiet von Unterhaching und im Stadtgebiet von München liegt der Wasserspiegel des Hachinger Bachs überwiegend über dem mittleren Grundwasserspiegel. Dort ist nur eine Infiltration aus dem Gewässer in das Grundwasser möglich, die aber voraussichtlich nur in geringem Umfang stattfindet, was aufgrund des seit mehreren Jahrzehnten bestehenden Zustandes plausibel ist. Dies weist auf eine teildichtete Sohle in diesem Abschnitt hin (Annahme Leakage $L = 1 \cdot 10^{-6}$ 1/s).
- Im Hochwasserfall, wie z.B. beim HW2013, steigt der Grundwasserspiegel im gesamten Gemeindegebiet von Oberhaching höher als die Sohle des Gewässers (s. Anlage 1.8), entsprechendes trifft auch auf das überwiegende Gemeindegebiet von Taufkirchen, bis ins

UW der Sixtmühle zu. Unter diesen Bedingungen ist in diesen Abschnitten eine Aussickerung von Grundwasser in den Bach möglich.

3.6.2.2 Entenbachl (Taufkirchen)

Das Entenbachl unterliegt periodischen Zuflüssen, er wirkt im Hinblick auf das Grundwasser zumindest abschnittsweise als drainierend.

- Aus Anlage 1.19 lässt sich ersehen, dass südlich des Hohenbrunner Weges, voraussichtlich bereits bei mittleren Grundwasserständen, eine Exfiltration von Grundwasser in den Entenbachl erfolgt. Im Hochwasserfall, wie z.B. beim HW2013, steigt der Grundwasserspiegel vermutlich über eine Grabenlänge von mehr als 1 Kilometer (bis Gemeindestraße „Am Heimgarten“), höher als die Sohle des Grabens (s. Anlage 1.19). Unter diesen Bedingungen ist über diesen gesamten Abschnitt eine Aussickerung von Grundwasser in den Graben möglich. Aufgrund der wechselnden Austauschrichtung (Exfiltration aus dem Grundwasser, Infiltration in das Grundwasser) wird dort vorläufig von einer hydraulisch weitgehend offenen Sohle des Entenbachls ausgegangen (Annahme Leakage-Faktor $L = 1 \cdot 10^{-4}$ 1/s).
- Im weiteren Verlauf, bis zur Mündung in den Hachinger Bach liegt die Grabensohle, vermutlich auch im Hochwasserfall (HW2013), höher als der umgebende Grundwasserstand, so dass sich die Gewässersohle vermutlich selbst abgedichtet hat (Kolmation). Für diesen Gewässerabschnitt wird ein Leakage-Faktor $L = 1 \cdot 10^{-6}$ 1/s zugrunde gelegt (teildurchlässig).

3.6.2.3 Grabensystem bei Taufkirchen

Da für die Geometrie des Grabensystems keine weiteren Informationen zur Verfügung standen, wurde der Verlauf der Gewässer aus den verfügbaren Kartenwerken abgeleitet. Aus dem vorliegenden DGM5 lässt sich auf Grundlage des 5 m Rasters nur auf die umgebende Geländeoberkante, nicht aber auf die Höhenlage der Sohle, der ca. 0,5 m - 1 m breiten Gräben schließen, die Grabensohle wurde deshalb mit einer Tiefe von 0,5 m unter dem jeweiligen DGM5-Niveau angesetzt. Bei entsprechenden hohen Grundwasserständen wirken die Gräben als Drainage, somit kann von einer teildurchlässigen Sohle ausgegangen werden (Annahme Leakage-Faktor $L = 1 \cdot 10^{-5}$ 1/s).

3.6.3 Grundwasserentnahmen

Zur Erfassung der Grundwasserentnahmen der Öffentlichen Trinkwasserversorgung und von gewerblichen Nutzern lagen sowohl Daten der LHM, der Gemeinden sowie der GETEC GmbH vor. Im Modell- und Bilanzraum liegen folgende Entnahmen aus dem quartären Grundwasserleiter vor:

- Betriebswasserversorgung Campeon (Infineon Technologies AG)
- Einspeisung Hachinger Bach (Gde. Oberhaching)
- Wasserturm (Gde. Unterhaching)
- Notbrunnen (Gde. Unterhaching)

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

3.6.3.1 Betriebswasserversorgung Campeon (Infineon)

Auf dem 2005 fertig gestellten Campeon Areal im Kappellenfeld (Gemeindegebiet Neubiberg) betreibt die Infineon Technologies AG zwei Brunnengalerien zur thermischen Nutzung des Grundwassers. Die Grundwasserentnahme erfolgt aus bis zu 8 Förderbrunnen, nach der Nutzung wird dieses über 9 Schluckbrunnen, im nördlichen Bereich des Areals, in den Grundwasserleiter reinfiltiert. Geringe Mengen werden für die Erhaltung der auf dem Werksgelände errichteten künstlichen Seeanlage verwendet. Hierbei handelt es sich um an der Sohle abgedichtete Seen, die keine Korrespondenz mit dem Grundwasser haben.

Gemäß Bescheid der wasserrechtlichen Genehmigung vom 24.09.2002 können pro Jahr rd. 10,6 Mio. m³ Grundwasser entnommen und davon rd. 176.000 m³ in die Seen eingespeist werden. Die Gesamtförder- sowie Reinfiltrationsmengen im Zeitraum 2006/2016 sind in Anlage 1.16 dargestellt. Hieraus lässt sich erkennen:

- Seit 2006 liegt eine kontinuierliche Erhöhung der Entnahme- sowie Reinfiltrationsmengen vor, die maximale Jahresentnahme im Betrachtungsraum wurde in 2015 mit rd. 5,05 Mio. m³ ermittelt.
- Die mittlere Fördermenge beträgt rd. 3,7 Mio. m³/a (rd. 117 l/s), hiervon werden rd. 3,6 Mio. m³/a (rd. 114 l/s) reinfiltiert und rd. 0,1 m³/a (rd. 3 l/s) in die Seen eingespeist.

Die für den Stichtag 08. April 2018 gemeldeten Entnahme- und Reinfiltrationsmengen entsprechen mit 120 l/s bzw. 117 l/s annähernd den o.a. langzeitigen Mittelwerten und gehen entsprechend in die Grundwasserbilanz ein.

3.6.3.2 Grundwasserentnahmen Kommunen

Entnahmebrunnen (GWM 8) in Oberhaching

Am derzeitigen Bachbeginn in Oberhaching werden über einen Brunnen kontinuierlich etwa 10 l/s Grundwasser in den Bach eingespeist. Dies erfolgt bereits seit Jahren in konstanter Höhe (Aussage WWA auf Besprechung 17.07.2018). Diese Anlage wurde 1982 von der Gemeinde Oberhaching errichtet und wird seitdem von ihr betreut.

Brunnen Wasserturm in Unterhaching

Der Wasserturm in Unterhaching dient der Friedhofsbewässerung der Gde. Unterhaching. Die mittleren, zu Bewässerungszwecken entnommenen Mengen sind nur sehr gering, die Jahresentnahmen im Zeitraum 2006/16 bewegen sich zwischen ca. 3.000 m³ und ca. 9.000 m³/a (< 0,3 l/s) und werden daher als nicht nennenswerte Bilanzgröße betrachtet.

Notbrunnen Unterhaching

Die Gde. Unterhaching unterhält insgesamt 4 Notbrunnen, welche der Notwasserversorgung dienen. Entnahmen erfolgen nur im Rahmen von Funktionsprüfungen (kurzzeitige Pumpversuche) im Intervall von 5 Jahren. Somit spielen die Entnahmemengen der Notbrunnen eine untergeordnete Rolle und gehen nicht in die Grundwasserbilanz mit ein.

3.6.4 Zu- und Abstrom im quartären Grundwasserleiter

Für den südlichen Zustrom bei Oberhaching erfolgte die Abschätzung des Grundwasserszustromes im Quartär auf Grundlage vorliegender hydrogeologischer und grundwasserhydraulischer Parameter in diesem Bereich (s. a. Anlage 1.11).

Über die südliche Modellgrenze, mit einer Breite von rd. 2,3 km, fließt das Grundwasser im Quartär mit einem mittleren Gefälle von $I = 4\%$. Bei einer abgeschätzten mittleren grundwassererfüllten Mächtigkeit von rd. 4,5 m und einer zugrunde gelegten Untergrunddurchlässigkeit mit einem k_f -Wert = $7 \cdot 10^{-3}$ m/s (Anlagen 1.6, Anlage 1.12). Hieraus resultiert ein abgeschätzter Zufluss über die Modellgrenze von:

$$Q = k_f \cdot I \cdot B \cdot H = 0,29 \text{ m}^3/\text{s} = 290 \text{ l/s}$$

Analog wurde der Grundwasserabstrom über den nördlichen Modellrand bei Ramersdorf-Perlach zu ca. 640 l/s abgeleitet.

3.6.5 Vorläufige Gesamtbilanz

Bei Betrachtung aller Bilanzterme kann für den Modellraum folgende vorläufige **Grundwasserbilanz** für annähernd mittlere Bedingungen (Stichtag 06.04.2018) aufgestellt werden:

Tabelle 10: Vorläufige Grundwasserbilanz für den Modellraum – Mittlere Verhältnisse

Bilanzterm Zustrom	Menge rd. [l/s]	Bilanzterm Abstrom	Menge rd. [l/s]
Südlicher Zustrom im Quartär	290	Nord Randabstrom im Quartär	640
Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Modellraum	533		
Infiltration Gewässer ca.		Exfiltration Gewässer ca.	180
Infiltration Campeon	117	Entnahmen Campeon	120
Summe Zustrom	940	Summe Abstrom	940

Diese vorläufige Gesamtbilanz spiegelt eine dem gegenwärtigen Wissensstand entsprechende erste Einschätzung der Prozesse wider. Während der stationären Modellkalibrierung wird diese Bilanz als erste Orientierung herangezogen und gegebenenfalls angepasst.

3.6.6 Randbedingungen

Für den Modellraum lassen sich folgende innere und äußere stationäre Randbedingungen festlegen:

- Festpotenzial-Randbedingung am nördlichen Modellrand (Randbedingung 1. Art/ Dirichlet-Bedingung: Vorgabe der Potentialhöhe).

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Festpotenzial-Randbedingung am südlichen Modellrand (Randbedingung 1. Art/Dirichlet-Bedingung: Vorgabe der Potentialhöhe)
- Trennstromlinie am westlichen und östlichen Modellrand („No-flow-Randbedingung“).
- Grundwasserneubildung als flächenhafter Zufluss. (Randbedingung 2. Art/Neumann-Bedingung: Vorgabe des Durchflusses)
- Austausch Oberflächengewässer/Grundwasser (Hachinger Bach, Entenbach und Grabensystem bei Taufkirchen) wird als Transfer/Leakage-Randbedingung angesetzt. (Randbedingung 3. Art/Cauchy-Bedingung: Kombination aus Dirichlet- und Neumann-Randbedingung).
- Grundwasserentnahmen: Brunnen auf dem Campeon Gelände der Infineon Technologies AG. Brunnenförderung und Reinfiltration in den quartären Grundwasserleiter wird als punktuelle Größe für jeden einzelnen Brunnen angesetzt. (Randbedingung 4. Art: Source/Sink).

3.7 Vorgaben für das numerische Grundwassermodell

3.7.1 Stationäres Grundwassermodell

Aus dem HGM können folgende Vorgaben für das numerische, stationäre Modell abgeleitet werden:

- Äußere Modellränder (siehe Anlage 1.1):
 - Norden: Festpotenzial
 - Westen: Trennstromlinie
 - Osten: Trennstromlinie
 - Süden: Festpotenzial
- Einschichtiges Grundwassermodell, das den quartären GWL umfasst.
- Modellunterkante: Basis des quartären Grundwasserleiters (Anlage 1.4).
- Modelloberkante (Oberkante GWL): Unterkante der Deckschichten (Anlage 1.5)
- Geohydraulische Kennwerte: Die k_f -Werte im quartären GWL (1. GWL) werden entsprechend der in Anlage 1.6 dargestellten Ausgangsverteilung angesetzt. Die Verifizierung dieser Verteilung erfolgt im Rahmen der Modellkalibrierung.

Definition weiterer Randbedingungen:

- Grundwasserneubildung die Neubildung wird auf Grundlage der für das hydrologische Winterhalbjahr 2011/12 berechneten Sickerwasserraten gewählt (siehe Kap. 3.6.1).
- Austausch mit Gewässern: Hachinger Bach, Entenbachl und das Grabensystem in Taufkirchen werden als Leakage-Randbedingung definiert.

Festlegung der *Geometrie*:

- für den Hachinger Bach wurde die Gewässersohle aus dem bestehenden 2D-WSP-Modell übernommen.
- für den Entenbachl und das Grabensystem bei Taufkirchen wurde anhand vorliegender GIS-Daten (Topografische Kartenwerke, DGM5) eine Gewässersohle abgeschätzt.

Festlegung der Wasserspiegel:

- entsprechend den Wasserspiegelmessungen bei der Stichtagsmessung vom 06. April 2018. Ableitung der Wassertiefe an den Messpunkten am Hachinger Bach, dazwischen abschnittsweise konstant angesetzt entlang des Gewässerzuges.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- für den Entenbachl und das Grabensystem bei Taufkirchen wurde die abgeschätzte Grabensohle als Austrittsniveau angesetzt, da diesen Gewässern nur bei höheren Grundwasserständen eine exfiltrierende Wirkung für das Grundwasser zukommt (Wirkung als Drainage).
- Festlegung der Leakage-Faktoren bzw. Transferraten für die Fließgewässer entsprechend den in Kap. 3.6.2 gewählten Ansätzen. Die Verifizierung dieser Werte erfolgt im Rahmen der Modellkalibrierung.
- No-Flow-Randbedingung: entlang der westlichen und östlichen Außengrenzen des Modellraumes (Trennstromlinie).
- Grundwasserentnahmen: Förderung aus Brunnen bzw. Reinfiltration in Schluckbrunnen als punktuelle Entnahme/Einleitung entsprechend Kap. 3.6.3 (FEFLOW: Senkenterm, Randbedingung 4. Art).
- Bauwerke (relevante Wechselwirkungen mit dem Grundwasser) sind nach Informationen seitens LHM/WWA München sowie Rückmeldungen der beteiligten Gemeinden nicht bekannt.

Für die stationäre Modellkalibrierung wird der abgeleitete Grundwassergleichenplan der Stichtagsmessung in Anlage 1.10 verwendet.

3.7.2 Instationäres Grundwassermodell

Für die numerische, instationäre Grundwassermodellierung ergeben sich gegenüber den Randbedingungen im vorherigen Abschnitt folgende ergänzende Vorgaben:

- Als Ausgangsgrundwasserstand für die Modellrechnung wird der Endzustand der stationären Kalibrierung verwendet. Sollte die Ausgangssituation vor dem betrachteten instationären Ereignis nicht mittleren Verhältnissen entsprechen, erfolgt eine grobe Anpassung der hydrologischen Randbedingungen zur Ermittlung einer geeigneten Ausgangsverteilung (stationärer Vorlauf).
- Die instationäre Modellkalibrierung erfolgt für das Hochwasserereignis im Juni 2013 (HW2013) und den darauffolgenden Zeitabschnitt bis April 2014. Hierdurch werden auch zeitlich verzögerte Reaktionen im Grundwasser, auf die Hochwasserverhältnisse im Mai/Juni 2013, berücksichtigt. Zudem ist diese Phase durch einen kurzzeitigen starken Anstieg der Grundwasserstände, sowie eine darauffolgende Phase fallender Grundwasserstände gekennzeichnet.
- Speicherkoeffizient für freie Grundwasserverhältnisse: 20 % (Verifizierung, bzw. Anpassung des Wertes im Rahmen der Modellkalibrierung).
- Speicherkoeffizient für (teil-)gespannte Grundwasserverhältnisse: 0,0001 [1/m] (Verifizierung, bzw. Anpassung des Wertes im Rahmen der Modellkalibrierung).
- Definition der Randbedingungen:
 - Für den südlichen Modellrand wird die zeitliche Veränderung der Grundwasserstände aus den Messwerten an der GWM Oberhaching D D62 abgeleitet und zeitlich variabel angesetzt, bei entsprechender Berücksichtigung des höheren Ausgangsniveaus der Grundwasserstände am Modellrand. Für die näher zum südlichen Modellrand gelegenen Messorte 13 – 15 lagen keine entsprechenden Messwerte vor.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Am nördlichen Modellrand wird die zeitliche Veränderung der Grundwasserstände aus den Messwerten an den GWM KP 708 sowie U 823 abgeleitet und entsprechend zeitlich veränderlich vorgegeben.
- Die Grundwasserneubildung aus Sickerwasser für den Kalibrierungszeitraum wird entsprechend den Berechnungen von LfU, mit den aus GWN-BW vorliegenden Monatswerten, zeitlich veränderlich angesetzt.
- Die Grundwasserentnahmen und -infiltrationen auf dem Campeon-Gelände werden entsprechend den vorliegenden Monatssummen berücksichtigt.

4 Aufbau und Kalibrierung des numerischen Grundwassermodells

Das numerische Grundwassermodell wurde entsprechend den Vorgaben des Hydrogeologischen Modells (Kap. 3) aufgebaut. Die Ausdehnung des dort abgeleiteten Modellraumes (ca. 40 km²) ist aus Anlage 1.1 ersichtlich. Die Kalibrierung des Grundwassermodells wurde in folgenden Schritten durchgeführt:

- Stationäre Anpassung an die Verhältnisse des Stichtags vom 06.04.2018 (Kap. 4.2)
- Sensitivitätsanalyse (Kap. 4.3)
- Instationäre Anpassung an das Hochwasserereignis vom Mai/Juni 2013 (HW2013) (Kap. 4.4)

4.1 Modellaufbau

4.1.1 Modellgeometrie

Das Grundwassermodell wurde in der Modellumgebung FEFLOW (Version 7.1) erstellt. Bei der in FEFLOW verwendeten Finite-Elemente-Methode (FEM) handelt es sich um ein numerisches Verfahren, bei dem das Berechnungsgebiet in endlich viele Teilgebiete/Teilelemente einfacher Form aufgeteilt wird, z. B. in kleine Dreiecke oder Vierecke unterschiedlicher Kantenlängen („Finite Elemente“). Für diese Elemente werden die zu Grunde liegenden Differentialgleichungen mittels vereinfachter mathematischer Funktionen beschrieben und dann zu einem Gesamtgleichungssystem zusammengefasst und dieses iterativ gelöst.

Das für die vorliegende Untersuchung erstellte Gitternetz umfasst rd. 140.000 Dreiecks-Elemente, mit einer räumlichen Auflösung (Kantenlänge) zwischen ca. 5 m und ca. 70 m (Anlage 2). Es wurden wesentliche Strukturen und Geometrien im Modellraum berücksichtigt:

- Hachinger Bach (linienhafter Verlauf, Lage von Absturzbauwerken, etc.)
- Relevante Grabenstrukturen (Entenbachl, Grabensystem Taufkirchen)
- Entnahmen- und Reinfiltrationsbrunnen (Campeon-Gelände)
- Vorgeschlagene Rückhaltmaßnahmen (HRB) [15]

Im Nahbereich des Hachinger Bachs und in Gebieten mit geringen Flurabständen (Grundwasserstand sensible Bebauung) sowie in Bereichen mit höherem Grundwassergefälle, erfolgte im Modellnetz eine feinere räumliche Auflösung (Diskretisierung).

Modellränder

Die äußeren Modellränder wurden gemäß den Festlegungen in Kap. 3.2 und unter Berücksichtigung der in FEFLOW definierbaren Randbedingungen wie folgt festgelegt:

- Modellgrenze im Süden:
Die Abgrenzung erfolgt dort entlang der aus der HK500 [10] übernommenen Grundwassergleiche bei ca. 578 mNN. Es wird eine Randbedingung 1. Art (Dirichlet-Bedingung) über eine Strecke von rd. 2.300 m angesetzt.
- Modellgrenzen im Westen und Osten:

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Die westliche und östliche Modellgrenze wurde, auf Grundlage von (Trenn-) Stromlinien, die aus den Grundwassergleichen der HK500 [10] abgeleitet wurden, als No-flow-Randbedingung definiert. Es findet, im langzeitigen Mittel, voraussichtlich kein wesentlicher Austausch über diese Grenzen hinweg statt.

- **Modellgrenze im Norden:**
Die nördliche Modellgrenze verläuft entlang der dort aus den Messwerten der Stichtagsmessung vom April 2018 abgeleiteten Grundwassergleiche (524 mNN). Diese wird über eine Länge von rd. 4.500 m als Festpotenzialrandbedingung definiert (Randbedingung 1. Art/Dirichlet-Bedingung).

Vertikale Gliederung

Die Abbildung der im HGM ermittelten Stratigrafie erfolgte durch ein einschichtiges Grundwassermodell, das den Grundwasserleiter im Quartär umfasst. Dieser wird folgendermaßen begrenzt:

- **Modelluntergrenze:**
Die Modellunterkante wird durch die Schichtgrenze zwischen Quartär und Tertiär gebildet. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird das Tertiär bzw. die OSM als Grundwasserhemmer betrachtet. Die Basis des quartären Grundwasserleiters wurde auf Grundlage der Auswertungen zu den hydrostratigrafischen Einheiten abgeleitet und entsprechend Anlage 1.4 in das Grundwassermodell übertragen.
- **Modellobergrenze:**
Unterseite der Deckschichten. Flächigen Interpolation der aus den vorliegenden Bohrungen abgeleiteten Deckschichtunterkante bzw. den ermittelten Deckschichtmächtigkeiten (s. Anlage 1.5).

4.1.2 Randbedingungen

Die Vorgaben für die numerische Grundwassermodellierung wurden aus den in Kap. 3.7.1 (HGM) abgeleiteten Randbedingungen übernommen. Für die stationäre Kalibrierung wurden die Verhältnisse beim Stichtag vom 06.04.2018 zugrunde gelegt, welche annähernd den mittleren Verhältnissen im Zeitraum WWJ 2006/2017 entsprechen (s. Kap. 3.5.2.2). Für den stationären Ausgangsfall wurden folgende Parameter festgelegt:

Grundwasserneubildung

Für den hydrologisch maßgebenden Zeitraum der Stichtagsmessung vom April 2018 lagen keine entsprechenden Berechnungen seitens LfU vor. Aus den Auswertungen zu den Halbjahressummen der Niederschläge geht hervor, dass in dem für die Stichtagsmessung vom 06. April 2018 maßgebenden WHJ 2017/2018 eine ähnliche Niederschlagssumme wie im WHJ 2011/12 ermittelt wurde (Kap. 3.6.1). Vor diesem Hintergrund wurden als näherungsweise Ansatz die seitens BCE ergänzte mittlere Sickerwasserrate für einen ähnlichen hydrologischen Zeitraum herangezogen (WHJ 2011/12).

Für die städtisch geprägten Gebiete (Bebauung Kommunen und LHM) wurden vom LfU aus methodischen Gründen keine Berechnungsergebnisse zur Verfügung gestellt. Da diese einen wesentlichen Flächenanteil (ca. 43 %) im Modellraum darstellen, erfolgte eine Abschätzung der monatlichen Sickerwasserraten in den anthropogen beeinflussten Gebieten. Hierzu wurde die die vom LfU zusätzlich zur

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Verfügung gestellte Base Flow Index (BFI)-Verteilung in den betrachteten Siedlungsflächen herangezogen und die modellwirksame Grundwasserneubildung mit dem in Kapitel 3.6.1 erläuterten Ansatz abgeschätzt. Hieraus ergibt sich im Modellraum für das WHJ 2011/2012 ein Gesamtzufluss aus Sickerwasser von 533 l/s.

Untergrunddurchlässigkeiten

Die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) für den sandig-kiesigen Grundwasserleiter wurden entsprechend der im HGM ermittelten, räumlich differenzierten Verteilung in der Bandbreite von $k_f = 2 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $4 \cdot 10^{-2}$ m/s zugrunde gelegt. Diese Verteilung stellt die Ausgangsverteilung für das Grundwassermodell und die stationäre Kalibrierung dar (Anlage 1.6).

Gewässer

Umsetzung als Randbedingung 3. Art (Cauchy-Bedingung: Kombination aus Dirichlet- und Neumann-Randbedingung).

Für die modelltechnische Abbildung von Gewässern müssen naturnahe Ansätze festgelegt werden, diese umfassen geometrische und geohydraulische Vorgaben (Sohle, Breite, Wasserspiegel, Leakage-Faktoren). Liegen keine geometrischen Daten vor, müssen die Parameter auf Grundlage von Ortsbegehungen, topografischen Daten (DGM) und Analogieschlüssen abgeschätzt werden. Der sogenannte Leakage-Faktor L bzw. die Transferrate (im Modellsystem FEFLOW), bildet hierbei die Randbedingung einer teildurchlässigen Gewässersohle ($L = k_f/M'$, d.h. Quotient aus der Durchlässigkeit und der Dicke der Gewässersohle) ab. Im Hinblick auf den Austausch zwischen dem Grundwasserleiter wurden der Hachinger Bach und die einmündenden Gräben als Gewässer mit teilgedichteter Sohle definiert (Leakage-Bedingung).

Die Austauschrichtung wird dadurch bestimmt, ob der Grundwasserspiegel bzw. der Druckwasserspiegel im Grundwasser höher als der Wasserspiegel im Gewässer oder darunter liegt. In Abhängigkeit hiervon kann es zu einer Exfiltration aus dem Grundwasser in das Gewässer (Abbildung 19) oder zu einer Infiltration in das Grundwasser (Abbildung 20) kommen.

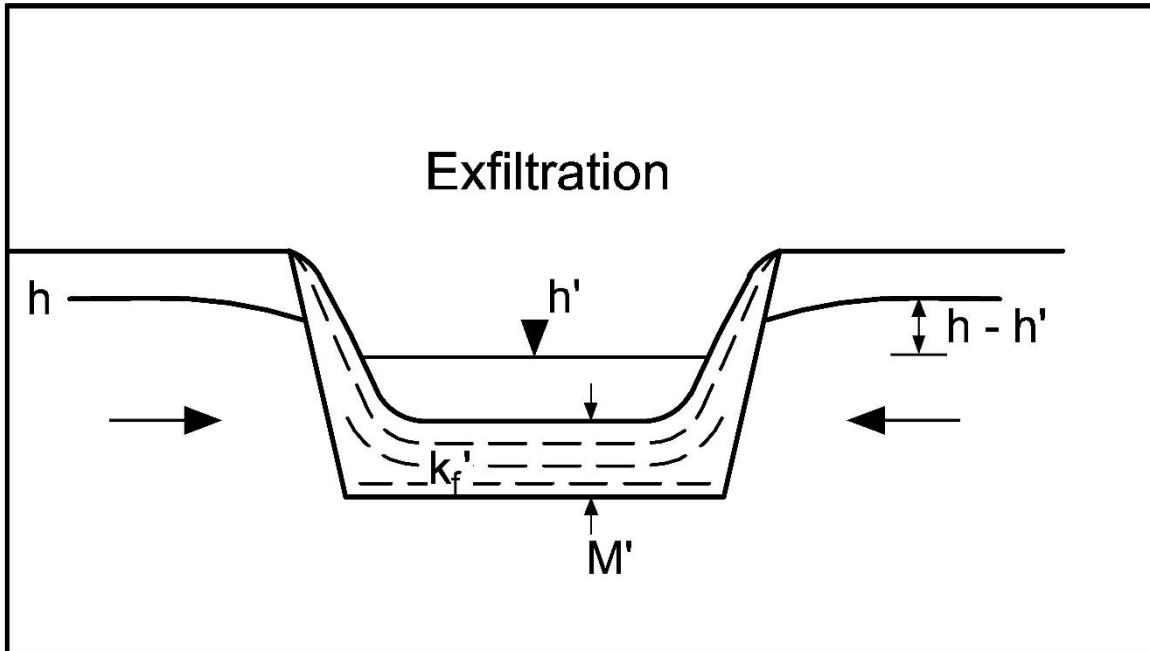


Abbildung 19: Austausch mit Oberflächengewässern im Grundwassermodell - Exfiltration aus dem Grundwasser

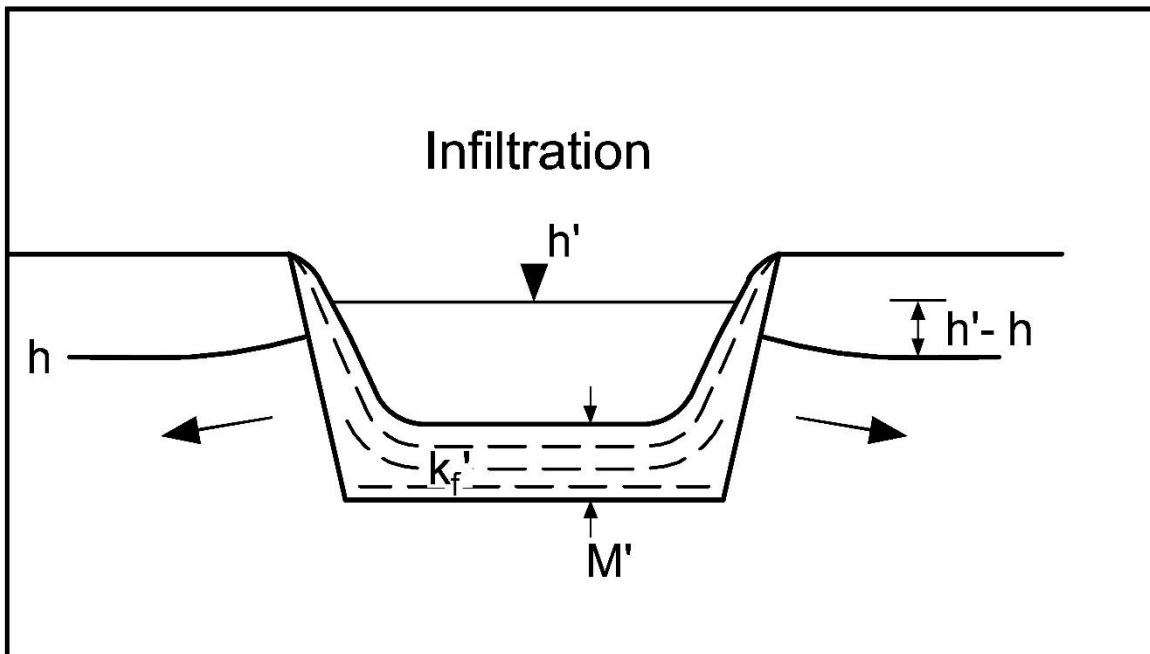


Abbildung 20: Austausch mit Oberflächengewässern im Grundwassermodell - Infiltration in das Grundwasser

Entsprechend den in Kap. 3.6.2 abgeleiteten Ansätzen wurden für die Gewässer im Modellraum folgende vorläufige Festlegungen getroffen:

- Im Oberlauf des Hachinger Baches, im Gemeindegebiet Oberhaching bis OW Sixtmühle im Gemeindegebiet Taufkirchen: weitgehend offene Sohle, d.h. $L = 1 \cdot 10^{-4} \text{ 1/s}$, ab UW Sixtmühle teilgedichtete Sohle: $L = 1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/s}$

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Im Oberlauf des Entenbachl weitgehend offene Sohle ($L = 1 \cdot 10^{-4}$ 1/s), ab Straße „Am Heimgarten“ in Taufkirchen: teildichtete Sohle: $L = 1 \cdot 10^{-6}$ 1/s
- Grabensystem Taufkirchen: teildurchlässige Sohle: $L = 1 \cdot 10^{-5}$ 1/s

Entnahmen aus Brunnen

FEFLOW-Randbedingung: Well (Senken-Term). Berücksichtigung als punktuelle Entnahme/Re-Infiltration entsprechend Kap. 3.6.3. Die Entnahme- und Reinfiltrationsraten werden differenziert gemäß den Monatssummen der einzelnen Brunnen angesetzt.

Bauwerke und Anlagen

Im Modellraum sind nach den Rückmeldungen der Kommunen keine Bauwerke mit relevanter Auswirkung auf die Grundwasserstände bekannt. Aufgrund der nördlich von Taufkirchen hohen Flurabstände ist von einem möglichen Einfluss durch Bauwerke generell nur im Gemeindegebiet von Oberhaching und Taufkirchen und dort auch nur im Nahbereich des Hachinger Baches auszugehen.

4.2 Stationäre Kalibrierung - Stichtag 06. April 2018

Bei der stationären Kalibrierung wurden insgesamt 51 Messorte (GWM, Sickerschächte) mit Messdaten am Stichtag 06. April 2018 berücksichtigt. Die Lage der Messorte ist aus Anlage 1.11 ersichtlich. Bei der Kalibrierung wird an diesen Messpunkten die Differenz der gemessenen und berechneten Werte als Maß der Güte betrachtet. Ziel ist es diese Differenz möglichst zu minimieren. Dies geschieht durch sukzessive Variation der Modellparameter (im Wesentlichen der Untergrunddurchlässigkeiten und Gewässer-Transferraten) innerhalb physikalisch plausibler Bandbreiten.

4.2.1 Stationärer Ausgangsfall

Im Rahmen der stationären Modellkalibrierung wird zunächst der Ausgangsfall betrachtet. In diesem Fall werden alle Modellparameter unverändert aus dem Hydrogeologischen Modell übernommen. Die Ergebnisse der Kalibrierung für den Ausgangsfall sind wie folgt dargestellt:

- Anlage 2.1.1: Tabellarische Auswertung
Dort ist dem am Stichtag 06.04.2018 gemessenem Grundwasserstand, dem für den Ausgangsfall berechneten Grundwasserstand gegenübergestellt, zudem mit aufgeführt ist die Differenz zwischen berechnetem und gemessenem Grundwasserstand (Residuum). Negative Differenzen zeigen einen, im Vergleich zum Messwert (Stichtag 06.04.2018), zu niedrig berechneten Grundwasserstand, umgekehrt weisen positive Differenzen auf einen entsprechenden zu hoch berechneten Grundwasserstand hin.
Die Abfolge der GWM in Anlage 2.1.1 wurde anhand Ihrer Betreiber bzw. räumlichen Zuordnung gewählt und von Süd nach Nord mit lfd. Nummern versehen:
 - Lfd. Nr. 1 bis 17: Gemeindegebiet Oberhaching (Betreiber Gde. Oberhaching sowie WWA München)
 - Lfd. Nr. 18 bis 33: Gemeindegebiet Taufkirchen (Betreiber Gde. Taufkirchen)
 - Lfd. Nr. 34 bis 39: Gemeindegebiet Neubiberg (Betreiber Gde. Neubiberg, GETEC und WWA München)
 - Lfd. Nr. 40 bis 51: Stadtgebiet Landeshauptstadt München (Betreiber LHM)

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

An denjenigen Messorten, an denen die Differenz zwischen berechnetem und gemessenem Grundwasserstand, im Verhältnis zur gesamten gemessenen Bandbreite (Differenz des höchsten und geringsten gemessenen Grundwasserstandes), mehr als 5 % beträgt, wurde der Wert rot hinterlegt. Dies betrifft nur die GWM 8 bis GWM 10 im Gemeindegebiet Taufkirchen.

- Anlage 2.1.2: Streudiagramm
Die Ergebnisse sind dort in einem sog. Streudiagramm („Scatter-Plot“) veranschaulicht. Je näher ein Punkt an der Winkelhalbierenden liegt, umso besser ist die am Standort der betrachteten GWM erreichte Modellanpassung. Bei oberhalb der Geraden gelegenen Punkten wird, an der entsprechenden Messstelle, im Modell ein zu hoher Grundwasserstand berechnet, analog stellen Punkte unterhalb der Gerade zu niedrig berechnete Grundwasserstände dar.

Insgesamt ergibt sich hieraus, dass im Ausgangsfall an einem Drittel der Messorte (17 Standorte, ca. 33 %) die berechneten Grundwasserstände höher als die Messwerte liegen. Abweichungen größer $\pm 0,5$ m werden an 26 GWM der betrachteten GWM ermittelt, dies entspricht rd. 51 % der betrachteten GWM.

Im Hinblick auf die räumliche Verteilung der festgestellten Abweichungen lässt sich für die Ergebnisse des Ausgangsfalls feststellen (Lage der Messorte siehe Anlage 1.8):

- Bereich Gemeinde Oberhaching:
 - An den Messorten im südlichen Gemeindegebiet Deisenhofen (Messorte 9 – 15) ergeben sich um rd. -0,3 m bis -2 m zu hoch berechnete Grundwasserstände
 - Im zentralen Gemeindebereich, an den Messorten 5 – 8, sowie am Messort 16 und der amtlichen GWM OBERHACHING D D 62, liegen die berechneten Grundwasserstände tendenziell um rd. -0,2 m bis -0,6 m tiefer als die zugehörigen Messwerte
 - An den Messorten 1 - 4, im Umfeld des Pegel Furth, werden zwischen -0,2 m und -0,3 m zu niedrig berechnete Grundwasserstände ermittelt.
- Bereich Gemeinde Taufkirchen:
 - Tendenziell zu niedrige, berechnete Grundwasserstände zwischen Sohlrampe am Mühlweg und Pegel 3 (zwischen -0,3 m und -2,3 m).
 - Deutliche Abweichungen zwischen berechnetem Grundwasserstand und Messwert an den GWM 8 bis GWM 11. Die Berechnungsergebnisse liegen dort um mehrere Meter unter den ermittelten Messwerten (rd. 3,3 m bis 9,3 m). In diesem Gebiet ist ein steiles Einfallen der Basis des quartären GWL und eine entsprechende Zunahme des Grundwassergefälles zu verzeichnen (Kap. 3.3.1.1 und 3.5.2.2).
- Bereich Gemeinde Neubiberg/Campeon:
 - Tendenziell zu hoch berechnete Grundwasserstände nördlich und östlich Campeon sowie im Bereich Universität der Bundeswehr (+0,53 m bis +1,17 m).
 - Zu gering berechnete Grundwasserstände an Stadtgrenze München (BS 14) sowie westlich der Entnahmebrunnengalerie (BS 6n).
- Bereich Landeshauptstadt München:

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Überwiegend zu hoch berechnete Grundwasserstände im Nahbereich Hachinger Bach zw. +0,2 m bis +0,4 m. Mit zunehmender Entfernung vom Hachinger Bach zw. rd. +0,8 m bis +1,2 m zu hohe Grundwasserstände (KP 9, U8 542, UP 194)
- Tendenziell zu niedrig berechnete Grundwasserstände nördl. Campeon (UP 15, U8 641) sowie nahe der nördl. Modellgrenze (U8 283, UP 281), zw. rd. -0,1 m bis -0,6 m zu tief.

Entsprechend dem DVGW Arbeitsblatt W 107 [18] ist der mittlere, relative Fehler ein mögliches Qualitätskriterium für die Beurteilung der Genauigkeit eines stationären Grundwassermodells. Der *mittlere relative Fehler* entspricht dem Quotienten aus der „mittleren absoluten Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Werten im Verhältnis zu der maximalen Differenz der Standrohrspiegelhöhen im Modellraum“.

Bei einem mittleren relativen Fehler von unter 5 % wird von einer guten stationären Modellanpassung, bei einem mittleren relativen Fehler von unter 1 % von einer sehr guten stationären Modellanpassung gesprochen.

Für den Ausgangsfall ermittelt sich dieser wie folgt:

- Differenz der Standrohrspiegelhöhen im Modellraum. Diese wurde ermittelt aus dem höchsten Grundwasserstand an GWM 15 (Gde. Oberhaching) von 572,81 mNN und dem niedrigsten Grundwasserstand von 524,16 mNN an GWM U8 283 (Stichtag 08. April 2018), diese ergibt sich somit zu 48,65 m.
- Mittlere, absolute Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Werten: 1,19 m (s.a. Anlage 2.1.1)
- Resultierender, mittlerer relativer Fehler: **2,4 %**.

Somit ist festzustellen, dass bereits im Ausgangsfall eine gute Modellkalibrierung vorliegt.

Allerdings soll im Rahmen der weiteren Modellkalibrierung versucht werden, die verbleibende Abweichung, zwischen der Messung und der Berechnung, noch weiter zu minimieren. Hierbei stehen insbesondere die noch sehr hohen Abweichungen im Bereich Gemeinde Taufkirchen im Vordergrund.

Aus den Ergebnissen für den Ausgangsfall ergeben sich wesentliche Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen:

- Anpassung der Gewässeraustauschraten am Hachinger Bach (Durchlässigkeit der Gewässersohle)
- Räumliche Anpassung der Untergrunddurchlässigkeiten, insbesondere bereichsweise Verringerung der Untergrunddurchlässigkeiten, im Bereich Taufkirchen

4.2.2 Stationärer Endzustand

Im Zuge der weiteren durchgeführten Rechenläufe zur Modellkalibrierung wurden, basierend auf dem oben beschriebenen Ausgangsfall, iterativ die Modellparameter variiert. Dokumentiert werden hier nicht alle Zwischenschritte, sondern nur das Endergebnis der stationären Kalibrierung, das die beste erzielte Modellanpassung lieferte.

Entsprechend den in Kap. 4.2.1 erläuterten Ergebnissen des Ausgangsfall, sowie der dort beschriebenen Vorgehensweise, wurden im Prozess der stationären Kalibrierung die nachstehend erläuterten Bearbeitungsschritte zur Verbesserung des Ergebnisses durchgeführt:

- Leakage Hachinger Bach:
 - Verringerung des Leakage-Faktors im Bereich Taufkirchen von $1,5 \cdot 10^{-4}$ [1/s] auf $5 \cdot 10^{-6}$ [1/s]
 - Reduzierung der Transferraten/Leakage-Faktoren im Oberwasser der Absturzbauwerke (Stauhaltungen) im Gemeindegebiet Taufkirchen von $1,5 \cdot 10^{-4}$ [1/s] auf $2 \cdot 10^{-7}$ [1/s]
- Untergurnddurchlässigkeiten (k_f -Werte):
 - Reduzierung der k_f -Werte im nordwestlichen Bereich zwischen. Campeon (ca. km 8+000) und München-Perlach (ca. km. 5+250) von $1,5 \cdot 10^{-2}$ [m/s] auf $1 \cdot 10^{-2}$ [m/s]
 - Verringerung der k_f -Werte im Gebiet zwischen München-Perlach (ca. km 5+250) und München-Ramersdorf (km 2+500) von $7 \cdot 10^{-3}$ [m/s] auf $5 \cdot 10^{-3}$ [m/s]
 - Verringerung der k_f -Werte im nordwestlichen Bereich von Oberhaching von $4 \cdot 10^{-2}$ [m/s] auf $2,7 \cdot 10^{-2}$ [m/s] (Ergebnis aus PV im Mai 2019, s. Kap. 3.3.2.2)
 - Verringerung k_f -Werte im Bereich Taufkirchen Winning und Unterhaching - Am Klosterfeld, sowie Unterhaching Ost von $4 \cdot 10^{-2}$ [m/s] auf $2 \cdot 10^{-3}$ [m/s]
 - Anpassung der räumlichen Ausdehnung der Untergurnddurchlässigkeiten im Bereich Taufkirchen und Oberhaching
 - Erhöhung k_f -Werte im Bereich Taufkirchen Potzham und Am Wald von $5 \cdot 10^{-3}$ [m/s] auf $7 \cdot 10^{-3}$ [m/s]
 - Verringerung k_f -Werte im Bereich Oberhaching-Deisenhofen von $7 \cdot 10^{-3}$ [m/s] auf $2 \cdot 10^{-3}$ [m/s]
 - Erhöhung der k_f -Werte südlich von Oberhaching von $2 \cdot 10^{-3}$ auf $7 \cdot 10^{-3}$ [m/s]

Die durch die o.a. Bearbeitungsschritte gegenüber dem Ausgangsfall erreichte Verbesserung der Modellkalibrierung ist aus Tabelle 11 ersichtlich.

Tabelle 11: Vergleich Endzustand/Ausgangsfall – stationäre Kalibrierung

Kriterium	Ausgangsfall	Endzustand
Anzahl GWM mit mittlerem relativem Fehler > 1%	27	18
Anteil GWM mit mittlerem relativem Fehler > 1%	53 %	35 %
Mittlere Absolute Abweichung [m]	1,19	0,58
Standardabweichung [m]	2,16	0,91
Mittlerer relativer Fehler Gesamtmodell nach DVGW Arbeitsblatt W 107 [18]	2,4 %	1,2 %

Die Ergebnisse der Kalibrierung für den quartären GWL (Endzustand) wurden insgesamt wie folgt dokumentiert:

- Anlage 2.2.1:

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Tabellarische Gegenüberstellung von gemessenem und berechnetem Grundwasserstand für jede berücksichtigte GWM, mit zugehöriger Differenz zwischen berechnetem Wert und gemessenem Grundwasserstand.

- Anlage 2.2.2
Entsprechende grafische Veranschaulichung der Ergebnisse (Streudiagramm Berechneter Grundwasserstand/Gemessener Grundwasserstand)
- Anlage 2.2.3:
Zusätzliche grafische Veranschaulichung der Ergebnisse: Streudiagramm (Differenz berechneter zu gemessenem Grundwasserstand/gemessener Grundwasserstand)
- Anlage 2.2.4:
Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten Grundwassergleichen.

Die Ergebnisse der stationären Anpassung werden nachstehend erläutert:

- Gemeinde Oberhaching:
 - Verbesserung der berechneten Abweichungen im südl. Gemeindegebiet um ca. 0,4 m bis 1,7 m (Messorte 9 - 15),
 - Verbesserung der Anpassung an der amtlichen GWM Oberhaching D D 62 um ca. 0,2 m.
 - Verbesserung der Differenz berechnet zu gemessen um ca. 0,05 m bis ca. 0,1 m im Bereich um Pegel Furth (Messorte 1 - 3).
- Gemeinde Taufkirchen:
 - Verbesserung des stationären Kalibrierungsergebnisses im zentralen Gemeindebereich auf Höhe Bachmühle und Sixtmühle um rd. 0,3 m bis 1,9 m.
 - Deutliche Verbesserung der Abweichungen im Gebiet der steil einfallenden Basis um 5,3 m bis 6,3 m (GWM 8 - 10).
- Gemeinde Neubiberg/Campeon:
 - Geringfügige Verbesserung der Anpassung im Bereich Campeon um ca. 0,05 m (GWM BS 16103n) bis ca. 0,1 m (GWM BS 14, BS 6n)
 - Verbesserte Anpassung östlich des Campeon Areal, Grundwasserstände noch zwischen 0,3 m (GWM KP 9) und 0,5 m (GWM Unterbiberg Q 7) zu hoch.
- Landeshauptstadt München:
 - Generelle Verbesserung der Anpassung im zentralen Modellraum um ca. 0,1 m (GWM U8 542, UP 194) bis 0,3 m (UP 195, UP 203)

Die auf Grundlage der durchgeführten Anpassungen für den Endzustand ermittelten Parameterverteilungen sind wie folgt dargestellt:

- Anlage 2.3.1: Untergrunddurchlässigkeiten (k_f -Werte) - Endverteilung
- Anlage 2.3.2: Gewässeraustauschraten - Endverteilung

Die Grundwasserbilanz für die stationäre Kalibrierung (Endzustand) ist aus Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12: Bilanzgrößen für den Modellraum

Bilanzterm	Zufluss [l/s]	Abfluss [l/s]	Summe [l/s]
Sickerwasser aus Niederschlag (GWN)	533	–	533
Südlicher Randzustrom im Quartär	287	–	287
Nördlicher Randabstrom im Quartär	–	681	-681
Gewässer (Infiltration/Exfiltration)	19	155	-136
Entnahmen	117	120	-3
Summe	956	956	0

Hinsichtlich der vorläufigen Gesamtbilanz, welche im HGM (s. Kap. 3.6.5) aufgestellt wurde, ergeben sich folgende Feststellungen:

- Im HGM wurde der südliche Randzustrom im Quartär zu 290 l/s abgeschätzt. Der im Grundwassermodell berechnete, südliche Randzustrom in den Modellraum, wird durch die Kalibrierung in der Größenordnung bestätigt.
- Der nördliche Randabstrom wurde im HGM zu 640 l/s abgeschätzt. Im Grundwassermodell ergeben sich rd. 680 l, somit liegt ein etwas höherer berechneter Abstrom vor (Zunahme um rd. 40 l/s bzw. rd. 6 %).
- Bei den berechneten Austauschmengen zwischen dem Grundwasser und dem Hachinger Bach ergeben sich nur geringe Unterschiede. Die Exfiltration wurde zu 155 l/s ermittelt. Diese liegt damit rd. 14 % unter dem aus den Messungen am Pegel Furth abgeleiteten Abfluss. Die berechneten geringen Zusickerungsmengen treten im Gemeindegebiet Taufkirchen im OW der Absturzbauwerke auf.

Die im HGM abgeschätzten Bilanzgrößen werden durch die Modellkalibrierung in der Größenordnung gut bestätigt. Insgesamt ergibt sich eine gute stationäre Anpassung des Grundwassermodells an die gemessenen Grundwasserstände der Stichtagsmessung vom 06.04.2018 (Anlage 2.2.1 bis 2.2.2):

- Die mittlere absolute Abweichung für den Endzustand wurde an den im Rahmen der stationären Anpassung berücksichtigten 51 GWM zu 0,58 m ermittelt (Anlage 2.2.1).
- Die maximale Differenz der im Modellraum berücksichtigten, gemessenen Grundwasserstände beträgt 48,65 m (GWM 15 der Gde. Oberhaching: 572,81 mNN; U8 283: 524,16 mNN).
- Im Streudiagramm (Anlage 2.2.2) ist kein Trend der Abweichungen gemessen berechnet zu erkennen. Positive und negative Abweichungen heben sich mehr oder weniger gegeneinander auf.

Der hieraus für den Endzustand der stationären Kalibrierung ermittelte mittlere relative Fehler ergibt sich zu 1,2 %. **Das Ergebnis der stationären Kalibrierung wird gemäß dieser Bewertung als gut, nahezu sehr gut eingestuft.**

4.3 Sensitivitätsanalyse

Bei der Anwendung von Grundwassermodellen ist die „Aussageschärfe“ von wesentlicher Bedeutung. Für Aufbau und Anpassung des Grundwassermodells sind verschiedene Annahmen erforderlich,

welche die Ergebnisse beeinflussen. Deshalb werden die wesentlichen Parameter und Annahmen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse systematisch variiert. Hierbei wird untersucht, wie empfindlich die Modellergebnisse auf die Veränderung von Eingangsparametern reagieren. Die Sensitivitätsanalyse erfolgte für folgende Parameter:

- **Untergurnddurchlässigkeiten (k_f -Werte):**
Variation um den Faktor 2 bzw. 1/2, gegenüber der Endverteilung der stationären Kalibrierung (s. Anlage 2.3.1).
- **Durchlässigkeit der Gewässersohlen (Gewässeraustauschraten):**
Variation um den Faktor 10 bzw. 1/10, gegenüber der Endverteilung der stationären Kalibrierung (s. Anlage 2.3.2).
- **Modellwirksame Grundwasserneubildung:**
Variation um $\pm 25\%$, ausgehend von der Sickerwasserrate für die stationäre Kalibrierung (rd. 533 l/s), entsprechend einer Reduzierung auf rd. 400 l/s bzw. Erhöhung auf rd. 667 l/s.

Die gewählten Variationen der Parameter orientieren sich an den im Hydrogeologischen Modell definierten Spannbreiten. Die Auswertung der Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsberechnungen erfolgte jeweils im Vergleich zu den Ergebnissen der stationären Modellkalibrierung (Endzustand, Kap.4.2.2), diese stellen somit den Vergleichsfall für die betrachteten Sensitivitätsvarianten dar.

4.3.1 Sensitivität Untergurnddurchlässigkeit (k_f -Werte)

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zu den Untergurnddurchlässigkeiten (k_f -Werte) mit Variation um Faktor 2 und Faktor 1/2, sind wie folgt dargestellt:

- Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten für die Sensitivitätsvarianten und den Vergleichsfall (stationäre Kalibrierung, Stichtag 06.04.2018) in Tabelle 13.
- Gegenüberstellung der berechneten Bilanzgrößen für die Sensitivitätsvarianten und den Vergleichsfall in Tabelle 14.
- Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen der Sensitivitätsvariante und dem Vergleichsfall in Anlage 2.4.1 (Faktor 2) und Anlage 2.4.2 (Faktor 1/2).

Tabelle 13: Sensitivität k_f -Werte – Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten

Abweichung gegenüber den Messwerten	Modellanpassung Stichtag 06.04.2018 (Vergleichsfall)	Sensitivität Ausgangsverteilung $\times 2$	Sensitivität Ausgangsverteilung $\times 1/2$
Mittelwert Berechnung [m]	-0,16	-0,71	0,82
Standardabweichung Berechnung [m]	0,91	1,04	1,21
Mittlerer relativer Fehler nach DVGW W 107 [18]	1,2 %	1,8 %	2,2 %

Aus der Gegenüberstellung in Tabelle 13 ist ersichtlich, dass bei der Sensitivität mit dem Faktor 2 die Differenz zwischen berechneten Grundwasserständen und den Messwerten zunimmt (Berechnung im Mittel um rd. 0,7 m zu niedrig). Das Ergebnis mit der Sensitivität Faktor 1/2 weicht deutlich vom Kalibrierungsergebnis ab, die berechneten Grundwasserstände liegen dort im Mittel um rd. 0,8 m zu hoch. Mit der für den Vergleichsfall ermittelten Verteilung der Untergrunddurchlässigkeiten (Anlage 2.3.1) wird das beste Ergebnis erzielt, diese liegt im mittleren Bereich der betrachteten Bandbreite.

Tabelle 14: Sensitivität kf-Werte – Änderung der Bilanzgrößen im Modellraum

Bilanzterm mit Zufluss (+) Abfluss (-) in [l/s]	Modellanpassung Stichtag (Vergleichsfall)	Sensitivität Aus- gangsverteilung × 2	Sensitivität Aus- gangsverteilung × 1/2
Südl. Randzustrom im Quartär	+287	+596	+131
Nörtl. Randabstrom im Quartär	-681	-977	-525
Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Zusickerung)	+533	+533	+533
Entnahmen/Reinfiltration (netto)	-3	-3	-3
Gewässeraustausch (-Aussickerung/+Zusickerung) netto	(-155/+19) -136	(-183/+34) -149	(-141/+5) -136
Summe (netto)	0	0	0

Die berechneten Bilanzgrößen für die beiden betrachteten Sensitivitätsvarianten sind, zusammen mit den entsprechenden Ergebnissen für die stationäre Kalibrierung (Vergleichsfall), in Tabelle 14 gegenübergestellt. Bei einer Erhöhung der Untergrunddurchlässigkeit um den Faktor 2 nimmt der südliche Randzustrom im Quartär um auf mehr als das Doppelte zu (um 309 l/s) und der nördliche Randabstrom nimmt um ca. 43 % zu (296 l/s). Im Hinblick auf den Austausch zwischen dem Grundwasser und dem Hachinger Bach ergibt sich eine Zunahme um -13 l/s (rd. 10 %).

Beim Faktor 1/2 reduzieren sich der südliche Randzustrom und der nördliche Abstrom über die Modellränder um jeweils 156 l/s, dies entspricht einer Abnahme von 54 % (Zustrom) bzw. 23 % (Abstrom). Die Austauschmenge zwischen dem Grundwasser und dem Hachinger Bach entspricht der Austauschmenge im Vergleichsfall (Exfiltration: -136 l/s).

Aus den Ergebnissen der Differenzen der berechneten Grundwasserstände gegenüber dem Vergleichsfall in Anlage 2.4.1 (Faktor 2) und in Anlage 2.4.2 (Faktor ½) ist ersichtlich:

- Die um den Faktor 2 erhöhten Untergrunddurchlässigkeiten führen erwartungsgemäß überwiegend zu geringeren Grundwasserständen als im Vergleichsfall (Anlage 2.4.1). Die größten Auswirkungen ergeben sich im Gemeindegebiet von Unterhaching und Neubiberg, mit Absenkungen von -1,0 m bis zu -1,6 m. Für das Gemeindegebiet von Oberhaching ergeben sich überwiegend nur geringe Veränderungen von > -0,2 m.
- Umgekehrt führen geringere Untergrunddurchlässigkeiten zu höheren Grundwasserständen, als im Vergleichsfall (Anlage 2.4.2). Beim Faktor ½ werden in Gebiet von Unterhaching und Neubiberg um ca. 2,0 bis zu +2,6 m höhere Grundwasserstände berechnet.

- Die hohen berechneten Grundwasserstandsänderungen treten überwiegend in Bereichen mit steilem Grundwassergefälle und/oder geringer Aquifermächtigkeit (Anlage 1.12, Anlage 2.3.1) auf.

Insgesamt ergeben sich somit, hinsichtlich der berechneten Grundwasserstände und damit auch bezüglich der Güte der Modellkalibrierung, für den Vergleichsfall (Kalibrierungsergebnis), die besten Ergebnisse. Die Aussickerung aus dem Grundwasser in den Hachinger Bach erweist sich bei der betrachteten Parameterbandbreite als relativ wenig sensibel.

4.3.2 Sensitivität Gewässeraustauschrate (Durchlässigkeit Gewässersohle)

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur Durchlässigkeit der Gewässersohlen (Faktor 10 und Faktor 1/10) sind wie folgt dargestellt:

- Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten für die Sensitivitätsvarianten und dem Vergleichsfall in Tabelle 15.
- Gegenüberstellung der berechneten Bilanzgrößen für die Sensitivitätsvarianten und den Vergleichsfall in Tabelle 16.
- Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen der Sensitivitätsvariante und dem Vergleichsfall in Anlage 2.5.1 und Anlage 2.5.2.

Für die Sensitivität mit dem Faktor 10 ergibt sich ein etwas besseres Ergebnis, als bei der stationären Kalibrierung (Tabelle 15), während das Ergebnis mit dem Sensitivitätsfaktor 1/10 deutlich vom Kalibrierungsergebnis abweicht.

Tabelle 15: Sensitivität Gewässeraustauschrate – Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten

Abweichung gegenüber den Messwerten [m]	Modellanpassung Stichtag 06.04.2018 (Vergleichsfall)	Sensitivität Ausgangsverteilung x 10	Sensitivität Ausgangsverteilung x 1/10
Mittelwert Berechnung	-0,16	-0,01	0,38
Standardabweichung Berechnung	0,91	0,83	0,95
Mittlerer relativer Fehler nach DVGW Arbeitsblatt W 107 [18]	1,2 %	1,1 %	1,6 %

Die im Modell berechneten Bilanzgrößen für die beiden Sensitivitätsvarianten sind, zusammen mit den entsprechenden Ergebnissen für die stationäre Anpassung, in Tabelle 16 gegenübergestellt.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Tabelle 16: Sensitivität Gewässeraustauschraten – Änderung der Bilanzgrößen im Modellraum

Bilanzterm mit Zufluss (+) Abfluss (-) in [l/s]	Modellanpassung Stichtag (Vergleichsfall)	Sensitivität Aus- gangsverteilung × 10	Sensitivität Aus- gangsverteilung × 1/10
Südl. Randzustrom im Quartär	+287	+290	+269
Nördl. Randabstrom im Quartär	-681	-713	-719
Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Zusickerung)	+533	+533	+533
Entnahmen/Reinfiltration (netto)	-3	-3	-3
Gewässeraustausch (-Aussickerung/+Zusickerung) netto	(-155/+19) -136	(-225/+118) -107	(-81/+1) -80
Summe (netto)	0	0	0

Die Erhöhung der Gewässeraustauschraten um den Faktor 10 führt im Modellraum nur zu geringfügig veränderten Zu- und Abstrommengen über die Modellränder (Abweichung < 5%). Die Austauschmengen mit dem Hachinger Bach nehmen zu, es ergibt sich aber eine gegenüber dem Vergleichsfall verringerte Netto-Aussickerung von 107 l/s (Reduzierung um 29 l/s bzw. ca. 21 %). Die Modellgüte ist mit dieser Sensitivitätsbetrachtung geringfügig besser, als im Vergleichsfall, die berechnete Netto-Aussickerung weicht jedoch deutlich von dem für den Pegel Furth am Stichtag 06.04.2018 ermittelten Abfluss von ca. 180 l/s ab. Bei der Sensitivität mit dem Faktor 1/10 verändern sich die Zu- und Abflüsse über die Modellränder ebenfalls gering (Abweichung < 6%). Die Netto-Aussickerung reduziert sich auf -80 l/s (Abnahme um 48 % gegenüber dem Vergleichsfall).

Aus den Ergebnissen der Differenzen der berechneten Grundwasserstände. gegenüber dem Vergleichsfall, in Anlage 2.5.1 (Faktor 10) und in Anlage 2.5.2 (Faktor 1/10), ist ersichtlich:

- Bei einer Erhöhung der Gewässeraustauschraten um den Faktor 10 ergeben sich gegenüber dem Vergleichsfall, im südlichen Modellgebiet, im Nahbereich des Hachinger Baches, Absenkungen der Grundwasserstände um bis zu -0,4 m. Nördlich der BAB A995 sind im Nahbereich des Hachinger Baches berechnete Anhebungen der Grundwasserstände von bis +0,6 m zu verzeichnen.
- Beim Faktor 1/10 werden im Ortsteil Furth der Gde. Oberhaching, im Nahbereich des Hachinger Baches, weiträumige Anhebungen des Grundwasserspiegels von bis zu +1,2 m berechnet (Anlage 2.5.2). Diese lokalen Anhebungen resultieren aus dem zugrunde gelegten erhöhten Austrittswiderstand (geringere Transferrate). Weiter nach Norden nimmt dieser Effekt allmählich ab, dies betrifft insbesondere das Gebiet nördlich von Taufkirchen, wo keine messbare Wechselwirkung zwischen dem Hachinger Bach und dem Grundwasser besteht.

Insgesamt ergibt sich für die betrachtete „Sensitivität Gewässeraustauschraten“, hinsichtlich der Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach, für den Vergleichsfall (Kalibrierungsergebnis) das plausibelste Ergebnis. Die Variation der Gewässeraustauschraten wirkt sich erwartungsgemäß relativ

stark auf die berechneten Austauschmengen zwischen dem Grundwasser und dem Hachinger Bach aus.

4.3.3 Sensitivität Grundwasserneubildung (Sickerwasserraten)

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur Variation der modellwirksamen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Sickerwasserrate $\pm 25\%$) wurden wie folgt ausgewertet:

- Berechnete Abweichungen gegenüber den gemessenen Werten in Tabelle 17.
- Berechnete Bilanzgrößen im betrachteten Untersuchungsgebiet in Tabelle 18.
- Differenzen der berechneten Grundwasserstände gegenüber dem Vergleichsfall (stationäre Kalibrierung) in Anlage 2.6.1 und Anlage 2.6.2.

Aus den in Tabelle 17 dargestellten berechneten Abweichungen gegenüber den gemessenen Werten ist ersichtlich, dass eine Erhöhung der Grundwasserneubildung um 25 % zu einer ähnlichen Güte der Modellkalibrierung führt, wie im Vergleichsfall. Eine Verringerung der Grundwasserneubildung um 25 % führt zu einer etwas geringeren Güte, als im Vergleichsfall. Durch die erhöhte Grundwasserneubildung steigen die Grundwasserstände erwartungsgemäß um ca. 0,2 m bis 0,6 m an (Anlage 2.6.1). Analog ergibt sich für die Betrachtung mit geringerer Grundwasserneubildung ein Absinken der Grundwasserstände um ca. -0,2 m bis -0,6 m Anlage 2.6.2).

Tabelle 17: Sensitivität Grundwasserneubildung – Abweichungen zwischen berechneten Grundwasserständen und Messwerten

Abweichung gegenüber den Messwerten [m]	Modellanpassung Stichtag 06.04.2018 (Vergleichsfall)	Sensitivität Ausgangsverteilung + 25 %	Sensitivität Ausgangsverteilung - 25 %
Mittelwert Berechnung	-0,16	0,13	-0,45
Standardabweichung Berechnung	0,91	0,94	0,93
Mittlerer relativer Fehler nach DVGW Arbeitsblatt W 107 [18]	1,2 %	1,3 %	1,4 %

Die Bilanzgrößen für die beiden Sensitivitätsvarianten sind zusammen mit den entsprechenden Ergebnissen für die stationäre Anpassung in Tabelle 18 gegenübergestellt.

Tabelle 18: Sensitivität Grundwasserneubildung – Änderung der Bilanzgrößen im Modellraum

Bilanzterm mit Zufluss (+) Abfluss (-) in [l/s]	Modellanpassung Stichtag (Vergleichsfall)	Sensitivität Ausgangsverteilung + 25 %	Sensitivität Ausgangsverteilung - 25 %
Südl. Randzustrom im Quartär	+287	+280	+293
Nördl. Randabstrom im Quartär	-681	-776	-585
Grundwasserneubildung aus	+533	+667	+400

Niederschlag (Zusickerung)			
Entnahmen/Reinfiltration (netto)	-3	-3	-3
Gewässeraustausch (-Aussickerung/+Zusickerung) netto	(-155/+19) -136	(-181/+13) -168	(-132/+27) -105
Summe (netto)	0	0	0

Bei einer Erhöhung der modellwirksamen Grundwasserneubildung aus Sickerwasser um 25 % (+135 l/s) ergeben sich im südlichen Zustrom zum Modell nur geringe Veränderungen (< 3%). Der nördliche Abstrom erhöht sich aufgrund der erhöhten Zuflüsse um ca. 14% (95 l/s). Die größten Änderungen sind bei den berechneten Exfiltrationsmengen in den Hachinger Bach zu verzeichnen. Die Netto-Exfiltration erhöht sich gegenüber dem Ausgangsfall um -32 l/s (rd. 24 %), insgesamt ergibt sich eine Aus-sickerung von 168 l/s, die damit nahe am Messwert der Stichtagsmessung vom 06.04.2018 liegt (Pe-gel Furth: 180 l/s).

Bei einer Verringerung des Zuflusses aus Grundwasserneubildung um 25 % nimmt der südliche Zu-fluss geringfügig zu (ca. 2 %). Der nördliche Abstrom reduziert sich um 96 l/s (14 %). Die Aus-sicke-rung aus dem Grundwasser in den Hachinger Bach nimmt um 31 l/s ab (ca. -3%) auf insgesamt 105 l/s.

Aus der Darstellung der berechneten Grundwasserspiegeldifferenzen in den Anlagen 2.6.1 und 2.6.2 ist zu erkennen, dass sich für beide Sensitivitätsvarianten die deutlichsten Änderungen in den Ge-meindegebieten Oberhaching und Unterbiberg ergeben.

- Bei einer Erhöhung der Grundwasserneubildung um +25 % sind südlich von Taufkirchen Änderungen von $\pm 0,2\text{ m}$ zu verzeichnen. Zwischen Taufkirchen-Am Wald und München-Ramersdorf werden Aufspiegelungen von 0,2 m bis 0,6 m berechnet.
- Analog führt eine Verringerung der Grundwasserneubildung um 25 % südlich von Taufkirchen nur zu geringen Absenkungen von > -0,2 m, während zwischen Taufkirchen und München-Ramersdorf Absenkungen zwischen -0,2 m und -0,6 m zu verzeichnen sind.

4.3.4 Gesamtbewertung der Sensitivitätsanalyse

Untergrunddurchlässigkeiten (k_f -Werte), Faktor 2 bzw. $\frac{1}{2}$:

- deutliche Veränderungen bei Zu- und Abflüssen über Modellränder.
- nur geringe Änderungen der Austauschmengen zwischen Gewässer/ Grundwasser.
- große Auswirkungen auf die Grundwasserstände im zentralen Modellbereich (regional bis zu -1,6 m bzw. bis zu 2,6 m).

Durchlässigkeit Gewässersohlen (Gewässeraustauschraten), Faktor 10 bzw. $\frac{1}{10}$:

- geringe Veränderungen bei den Zu- und Abflüssen über die Modellränder.
- hohe Sensitivität bei den Austauschmengen zwischen Gewässer und Grundwasser.
- deutliche Sensitivität der berechneten Grundwasserstände auf Erhöhung um Faktor 10. im Nahbereich der Gewässer. Geringere Sensitivität gegenüber Verringerung um Faktor $\frac{1}{10}$.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Grundwasserneubildung ($\pm 25\%$):

- geringe Veränderungen bei den südlichen Zuflüssen (ca. $\pm 2\%$), größere Veränderungen bei den nördlichen Abflüssen (ca. $\pm 14\%$).
- Veränderung der Aussickerung in den Hachinger Bach um ca. $\pm 31\%$.
- Sensitivität der berechneten Grundwasserstände bei bis zu $\pm 0,6$ m im Gebiet nördlich der BAB A995.

Insgesamt ergibt sich für die Parameterverteilung der stationären Kalibrierung (Endzustand) hinsichtlich der Güte der Modellkalibrierung das beste bzw. das plausibelste Ergebnis (Grundwasserstände, Austausch Hachinger Bach). Die Parameterverteilung der stationären Kalibrierung wird durch die durchgeführte Sensitivitätsanalyse somit bestätigt. Die Sensitivität des Modells gegenüber den durchgeführten Variationen zeigt, dass

- die in der Kalibrierung verwendete Durchlässigkeitsverteilung relativ belastbar ist. Die Unschärfe in diesem Parameter ist kleiner als die verwendete Spanne (Faktor 2 nach oben und unten).
- Bei den Transferraten zeigt sich, dass das Modell hinsichtlich der Grundwasserstände hier wenig sensitiv auf die Variationen (Faktor 10 nach oben und unten) reagiert, allerdings beeinflusst dies die Bilanzen (insbesondere der Oberflächengewässer) deutlich. Insbesondere der Rechenfall mit höheren Werten ergab ein ebenfalls gutes Ergebnis, im Vergleich der gemessenen und berechneten Werte.
- Hinsichtlich der Variation ($\pm 25\%$) der Grundwasserneubildung ist das Modell vergleichsweise wenig sensitiv. Hier lässt sich die Unschärfe des Modells nicht weiter eingrenzen.

Zusammenfassend lässt sich daraus ableiten, dass für Planungsrechnungen als „Best-Fit-Verteilung“ der Parametersatz der Modellkalibrierung verwendet werden sollte. Für Worst/Best Case Untersuchungen kann die Untergrunddurchlässigkeit um einen Faktor kleiner 2, die Transferrate um einen Faktor 10 und die Grundwasserneubildung um $\pm 25\%$ variiert werden.

4.4 Instationäre Kalibrierung Hochwasser 2013 (HW2013)

Die instationäre Kalibrierung des Grundwassermodells erfolgte anhand den im HGM abgeleiteten Vorgaben (s. Kap. 3.7.2) und den mit LHM und WWA München getroffenen Abstimmungen [24] für das Hochwasserereignis im Mai/Juni 2013 (HW2013). Betrachtet wird hierbei der Zeitraum von Ende Mai 2013 bis Ende April 2014, der somit ein gesamtes hydrologisches Jahr umfasst (hydrolog. Sommerhalbjahr 2013 und hydrolog. Winterhalbjahr 2013/14).

Die zeitliche Diskretisierung der Ein- und Ausgangsdaten des Modells erfolgt in Tagesschritten. Programmintern werden die Berechnungsschritte automatisch gesteuert, sodass (je nach numerischen Erfordernissen) auch deutlich kleinere Zeitschritte für die Berechnung verwendet werden. Für die instationäre Kalibrierung werden die Parametersätze der stationären Kalibrierung übernommen.

4.4.1 Verfügbare Messdaten

4.4.1.1 Niederschläge

Die Witterung im Mai 2013 war in Bayern meist regnerisch, nur an wenigen Tagen wurde kein Niederschlag verzeichnet. Insgesamt war der Mai deutlich zu nass. In Bayern wurde im Mittel ein Monatsniederschlag von 160 mm erreicht, dies entspricht 177% des 30-jährigen Monatsmittels von 1981 bis 2010 [14].

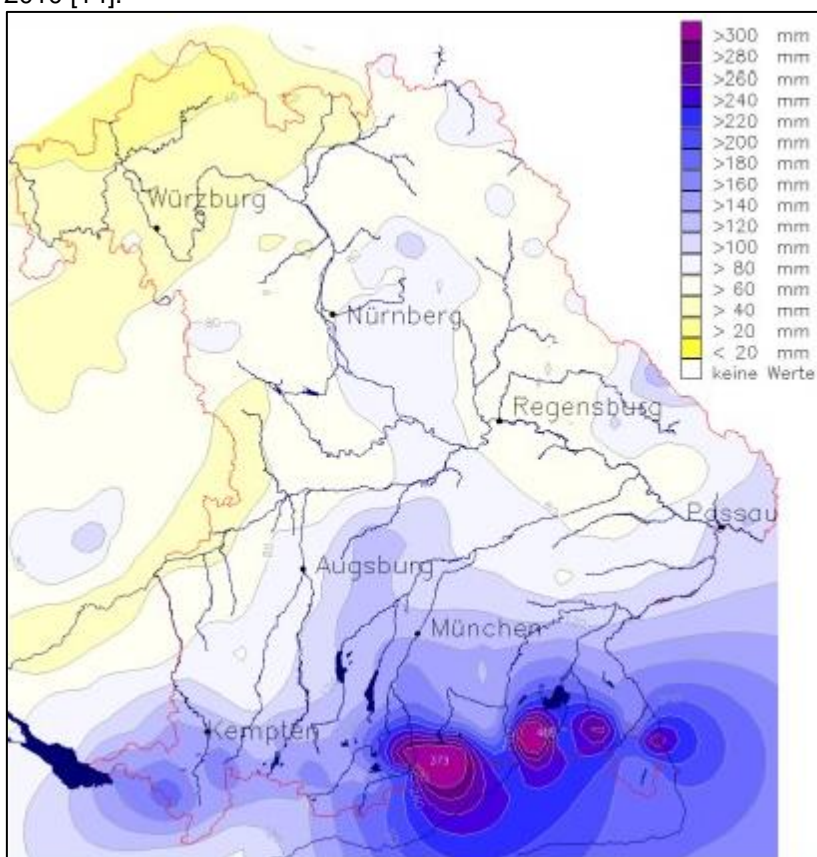


Abbildung 21: 4-Tages-Niederschlagssumme vom 30.05.2013 bis 02.06.2013 [14].

Durch die zahlreichen vorangegangenen Niederschläge waren die Böden am 26. Mai 2013 wassergesättigt. Die nachfolgenden Regenfälle flossen zu großen Teilen oberirdisch ab. Das Hochwassergeschehen von Ende Mai bis Mitte Juni 2013 wurde durch mehrere aufeinander folgende Niederschlagsereignisse ausgelöst. Dabei traten in ganz Bayern Stark- und Dauerregenereignisse auf. In der zeitlichen Abfolge waren unterschiedliche Gebiete betroffen und auch bei den Intensitäten gab es große regionale Unterschiede. Einen Überblick über die im 4-Tages-Zeitraum vom 30.05.2013 bis 02.06.2013 ermittelten Niederschlagssummen gibt Abbildung 21 [14].

Zur genaueren Beurteilung der Niederschlagssituation im Modellraum beim HW2013 wurden die Messdaten der Niederschlagsstation Deisenhofen, Kreis München (LfU) herangezogen. (Lage s. Anlage 1.8). Der mittlere Tagesniederschlag wurde dort zu rd. 3 mm ermittelt (Mittelwert 2006/2016). Die gemessenen Tagessummen der Niederschläge im Zeitraum 01.05.2013 bis 30.04.2014 sind in

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Abbildung 22 dargestellt. In den Monaten Mai und Juni 2013 sind mehrere Phasen mit überdurchschnittlichen Niederschlägen zu erkennen. Der höchste Tagesniederschlag ist am 02.06.2013 mit 67,1 mm zu verzeichnen. Dies entspricht in etwa einem 5-jährlichen Ereignis (ww.gkd.bayern.de). Im weiteren Verlauf sind, nach einem weitgehend niederschlagsfreien Juli, von Ende Juli 2013 bis Ende Oktober 2013 weitere kurzzeitige Phasen mit überdurchschnittlichen Niederschlägen festzustellen.

Ab Mitte Oktober 2013 bis Ende Mai 2014 dominieren unterdurchschnittliche Tagesniederschläge und niederschlagsfreie Phasen. Für das hydrologische Sommerhalbjahr 2013 ergibt sich eine Niederschlagssumme von 709 mm, dies entspricht damit dem Mittelwert im Zeitraum 2006/16. Im Winterhalbjahr 2013/2014, das sich von November 2013 bis April 2014 erstreckt, wird eine Niederschlagssumme von 253 mm ermittelt, diese liegt damit rd. 30 % unter dem entsprechenden Mittelwert von 361 mm (s.a. Kap. 3.6.1).

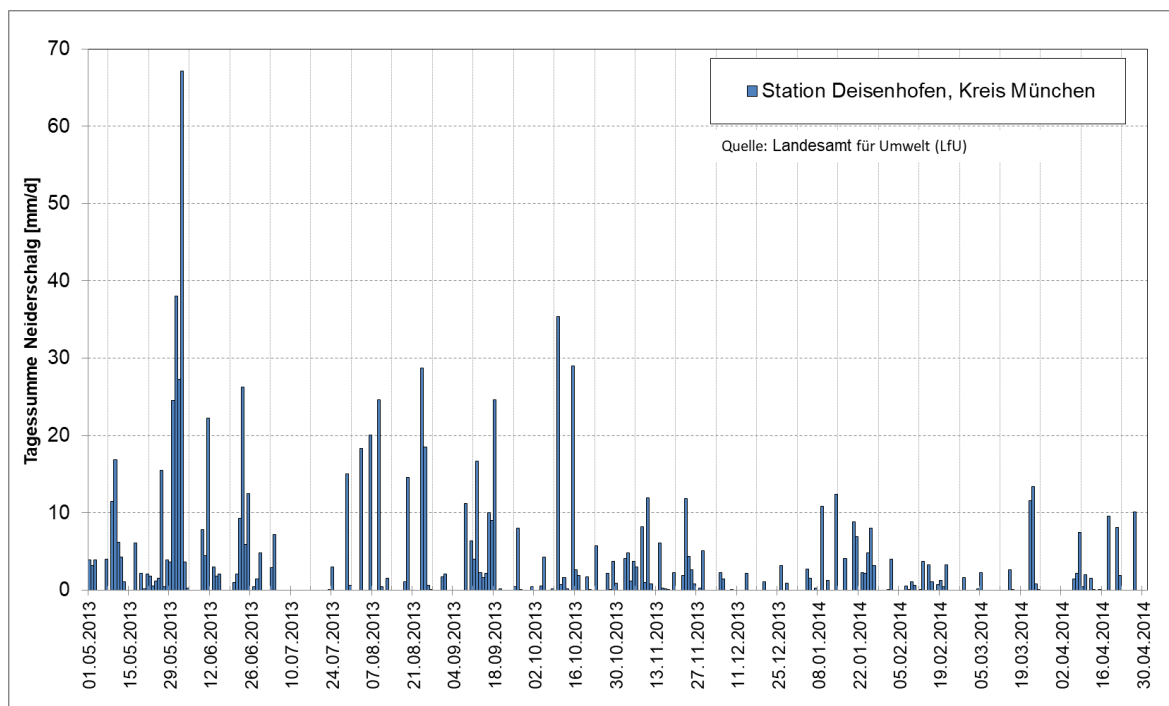


Abbildung 22: Tagessummen Niederschläge Station Deisenhofen, Kreis München, Mai 2013 bis April 2014

Eine Detailbetrachtung für die Monate Mai und Juni 2013 ist in Abbildung 23 dargestellt.

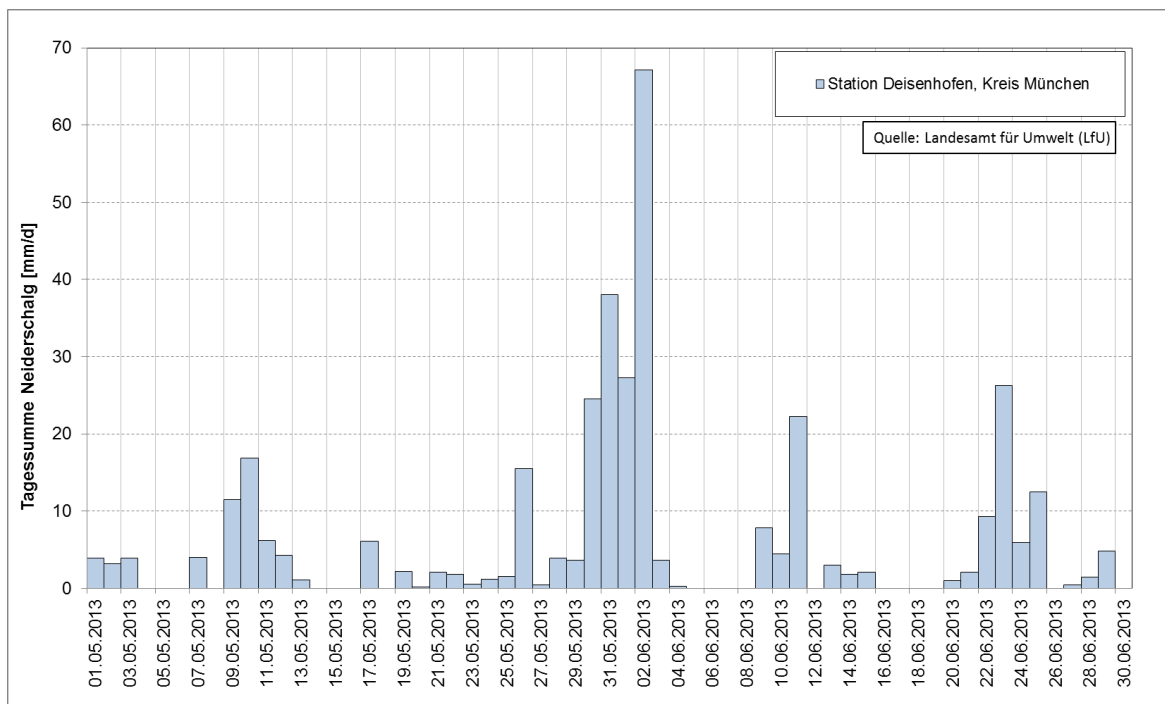


Abbildung 23: Tagessummen Niederschläge Station Deisenhofen, Kreis München, Mai/Juni 2013

Hieraus ist ersichtlich:

- Im Mai 2013 wird eine Niederschlagssumme von rd. 157 mm ermittelt, was einer mittleren Tagessumme von rd. 5 mm entspricht. Auf die beiden letzten Maitagen entfallen rd. 40 % der Mainiederschläge (62,5 mm).
- Im Juni 2013 wird eine Niederschlagssumme von rd. 203 mm ermittelt, entsprechend einem mittleren Tagesniederschlag von rd. 7 mm. Auf die beiden ersten Junitage entfallen rd. 46 % der Niederschläge in diesem Monat (94,4 mm).
- Auf die 4-tägige Phase vom 30.05.2013 bis 02.06.2013 entfallen somit rd. 157 mm, dies entspricht nahezu der Hälfte der Niederschlagssummen in den beiden betrachteten Monaten.

4.4.1.2 Hachinger Bach – Abflüsse/Wasserstände

Pegel Furth

Vom WWA München wurden für den Zeitraum 29.05.2013 bis 05.06.2013 hochaufgelöste Messdaten (1/4 h - Werte) sowie für den Zeitraum 01.01.2007 bis 28.07.2017 Tagesmittelwerte zu den Wasserständen und den hieraus abgeleiteten Abflüssen am Pegel Furth bereitgestellt (W-Q-Beziehung). Hieraus ergibt sich für das HW2013 am 02.06.2013 14:45 Uhr ein Scheitelabfluss von 526 l/s (Abbildung 24).

- Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
 - Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
 - Einsatz Grundwassermodell

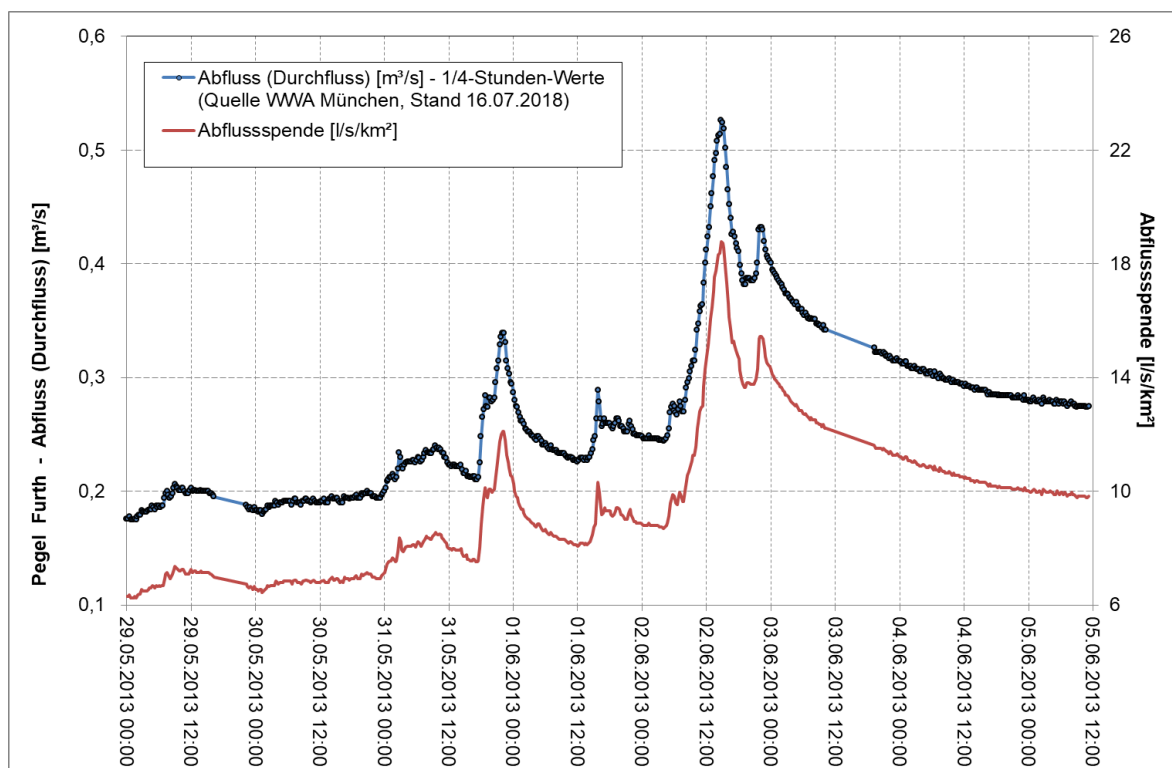


Abbildung 24: Hachinger Bach - Pegel Furth, Abflüsse und Abflussspende 29. Mai 2013 bis 05. Juni 2013 (Quelle: WWA München)

Nach Aussage des WWA München wird die Datenlage am Pegel Furth als „nicht gut“ beurteilt (Pegel an Gewässer III. Ordnung). Zusätzlich ist der Pegel Furth bei erhöhten Abflüssen umläufig. Somit sind im Juni 2013 voraussichtlich höhere Abflüsse aufgetreten, als aus der W-Q abgeleitet werden kann. Insgesamt dienen die Messwerte am Hachinger Bach vom Juni 2013 somit als orientierende Größe und können nicht als absolut gesehen werden.

Pegel Gemeinde Taufkirchen

Weitere systematische Wasserstandsmessungen am Hachinger Bach liegen im Untersuchungsgebiet nur aus dem Messnetz der Gemeinde Taufkirchen vor. Die Messungen erfolgen dort im monatlichen Turnus. Im Zeitfenster des HW2013 wurde die Messung am 03.06.2013 und damit ca. 1 Tag nach dem Abflussscheitel am Pegel Furth durchgeführt. Die ermittelten Wasserstände sind aus Tabelle 19 ersichtlich, die genaue Uhrzeit ist nicht bekannt, der Messwert wurde 12:00 Uhr zugeordnet. Die Lage der betrachteten Pegel ist in Anlage 1.8 dargestellt.

Tabelle 19: Gemessene Wasserstände am Hachinger Bach – Juni 2013 (Messnetz Gde. Taufkirchen)

Datum	Pegel 1 gemessen [mNN]	Pegel 2 gemessen [mNN]	Pegel 3 gemessen [mNN]
03.06.2013	564,51	561,75	559,34

4.4.1.3 Brunnenbetrieb Campeon-Gelände

Die Monatsentnahmen aus den Brunnen auf dem Campeon-Gelände schwanken im Zeitraum Mai bis November 2013 zwischen ca. 320.000 m³ und 550.000 m³, im Zeitraum Dezember 2013 bis April 2014 bewegen sie sich zwischen ca. 270.000 m³ und ca. 310.000 m³ (Abbildung 25).

Die Reinfiltration über die Schluckbrunnen liegt in ähnlicher Größenordnung Die Nettoentnahme (Einspeisung in die Seen) erreicht bis zu ca. 32.000 m³/Monat, im Mittel des betrachteten Zeitraumes ergeben sich ca. 9.400 m³/Monat, dies entspricht weniger als 4 l/s.

Insgesamt ergeben sich somit hinsichtlich der Gesamtbilanz vernachlässigbar geringe Auswirkungen aus dem Betrieb der Brunnen auf dem Campeon-Gelände.

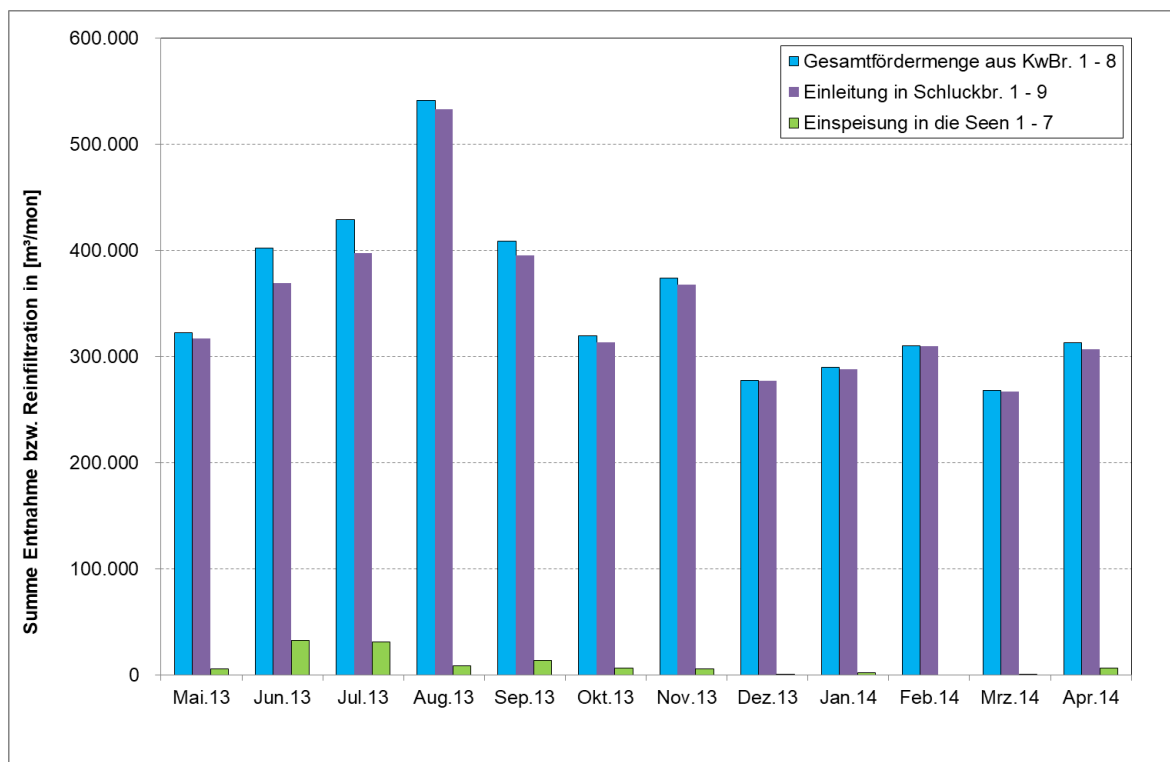


Abbildung 25: Campeon Gelände, Entnahme und Einleitungen Schluckbrunnen, Mai 2013 bis April 2014

4.4.1.4 Grundwasserstände HW2013 – Ganglinienanalyse

Die infolge der hohen Niederschläge (Kap. 4.4.1.1) erhöhten Abflüssen in den Oberflächengewässern hatten in den flussnahen Gebieten auch einen deutlichen Anstieg der Grundwasserstände zur Folge. Bei Grundwassermessstellen mit größerer Entfernung zu den Fließgewässern oder bei mächtiger Überdeckung sind die jeweiligen Höchststände erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung zu erwarten. Dies betrifft z.B. die Münchener Schotterebene im südlichen Teil mit mächtiger Überdeckung des Grundwassers [14].

Im Modellraum liegen nur 2 amtliche Messstellen mit hoher zeitlicher Auflösung (Stundenwerte/Tageswerte) der gemessenen Grundwasserstände vor (Oberhaching D D62, Neubiberg Q7). Der zeitliche Verlauf der Grundwasserstände an diesen beiden GWM ist in Anlage 2.8.1 gegenübergestellt, die Lage der GWM ist aus Anlage 1.8 ersichtlich. Die Entfernung zwischen beiden Standorten beträgt ca. 7,4 km, der Höhenunterschied der gemessenen Grundwasserspiegel liegt seit 2007 im Mittel bei ca. 36,5 m. Aus dem Verlauf ergeben sich die in Tabelle 20 zusammengestellten wesentlichen Kenngrößen.

Tabelle 20: Amtliche Grundwassermessstellen – Kenngrößen beim HW2013

Messstelle	Scheitelwert HW2013 erreicht am	Anstieg beim HW2013 bis Scheitelwert [m]	Rückgang beim HW2013 Scheitelwert bis 30.04.2014 [m]
Oberhaching D D62	20.06.2013	1,1	1,7
Neubiberg Q7	15.07.2013	1,5	2,3

Aus Anlage 2.8.1 ist drüber hinaus ist ersichtlich, dass an der GWM Neubiberg Q7 der Anstieg der Grundwasserstände Anfang Juni 2013 zunächst ähnlich dem an der GWM Oberhaching D D62 verläuft. Ab dem 10.06.2013 ist an der GWM Oberhaching D D62 eine leichte Verflachung im Anstieg der Grundwasserstände zu erkennen, der Scheitelwert von 570,74 mNN wird am 20.06.2013 erreicht. An der GWM Neubiberg Q7 setzt sich der Anstieg am 10.06.2013 weiter fort, der Scheitelwert von 534,8 mNN wird dort am 15.07.2013 erreicht. Insgesamt ist für die GWM Neubiberg Q7 ein um ca. 0,4 m stärkerer Anstieg der Grundwasserstände, als an GWM Oberhaching D D62 festzustellen. Zudem wird an der GWM Neubiberg Q7 ein zeitlicher Versatz des Scheitelwertes, gegenüber dem entsprechenden Wert an der GWM Oberhaching D D62, von ca. 25 Tagen beobachtet. Nach Erreichen des Scheitelwertes ist an beiden GWM ein kontinuierlicher Rückgang der Grundwasserstände zu verzeichnen, an der GWM Oberhaching D D62 wird dieser von Oktober bis Dezember 2013 von vorübergehenden Zwischenanstiegen der Grundwasserstände überlagert.

Die Unterschiede in den beobachteten Reaktionen, an den beiden betrachteten GWM, resultieren voraussichtlich einerseits aus der bereits angesprochenen, räumlich differenzierten Zusickerung von Sickerwasser, infolge Grundwasserneubildung aus Niederschlag. Dies betrifft neben Unterschieden in der Zusickerungsmenge (Flächennutzung, Beschaffenheit der oberflächennahen Bodenschichten), insbesondere auch Unterschiede in den Zusickerungszeiten, von wenigen Stunden bis Tagen, in Gebieten mit geringen Flurabständen, bis zu mehreren Monaten in Gebieten mit hohen Flurabständen (Kap. 3.6.1).

An der GWM Oberhaching D D62 liegt der Grundwasserspiegel ca. 10 m unter der Geländeoberkante. Die Grundwasserstände werden dort beim HW2013 einerseits durch die räumlich differenzierte Zusickerung von Sickerwasser beeinflusst, dies beinhaltet auch eine Zunahme der Zuflüsse im quartären Grundwasserleiter von Süden. Andererseits macht sich dort, insbesondere bei hohen Grundwasserständen, die Aussickerung von Grundwasser in den Hachinger Bach bemerkbar. Diese hat etwa ab dem 10.06.2013 eine Begrenzung des Grundwasseranstiegs im Nahbereich des Hachinger Baches zur Folge (Anlage 2.8.1), dieser Einfluss wirkt sich voraussichtlich bis zum 20.06.2013 an der GWM

Oberhaching D D62 aus. Aufgrund dieser „Entlastung“ erfolgt, im Gegensatz zum Verlauf an der GWM Neubiberg Q7, zunächst ein nahezu sprunghafter Rückgang der Grundwasserstände.

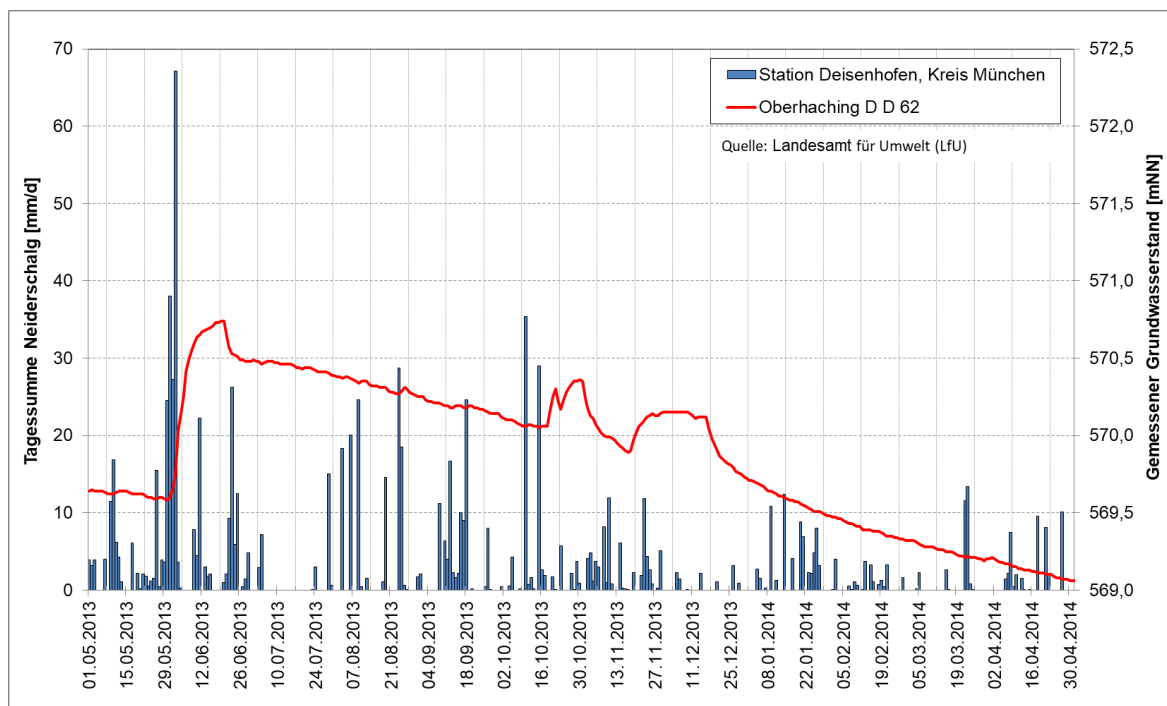


Abbildung 26: Tagessummen Niederschlag, Station Deisenhofen und gemessene Grundwasserstände an GWM Oberhaching D D62, Mai 2013 – April 2014

Im weiteren Verlauf ist an beiden GWM ein ähnlicher fallender Trend der Grundwasserstände zu beobachten. An der GWM Neubiberg Q7 fällt dieser etwas stärker/steiler aus, was vermutlich auf die Richtung Norden, außerhalb des Modellraumes, bestehende Vorflutverhältnisse zurück zu führen ist (Hüllgraben, Abfanggraben). Die Phasen mit vorübergehendem Zwischenanstieg der Grundwasserstände, im Zeitraum Oktober bis Dezember 2013, lassen sich nicht in direkte Korrelation zu den vorliegenden Niederschlagsdaten bringen.

Auch an der GWM Neubiberg Q7 werden Flurabstände von über 10 m angetroffen. Eine Wechselwirkung zwischen dem Grundwasser und dem Hachinger Bereich besteht in diesem Bereich nicht. Der Grundwasseranstieg beim HW2013 verläuft bis zum 10.06.2013 ähnlich dem an der GWM Oberhaching D D62 (Anlage 2.8.1). Dieser Verlauf ist vermutlich durch den großräumigen Anstieg der Grundwasserstände, infolge der in der gesamten Münchener Schotterebene aufgetretenen intensiven Niederschläge Ende Mai/Anfang Juni 2013 zu erklären. Aufgrund der komplexen Überlagerung, von räumlich und zeitlich differenziert zufließendem Sickerwasser setzt sich der Anstieg der Grundwasserstände dort bis zum 15.07.2013 fort. Darüber hinaus bestehen Hinweise auf Einflüsse aus dem angrenzenden Gewässereinzugsgebiet des Truderinger Hüllgraben (Kap. 3.5.2.1 und Anlage 1.17).

An den Messorten der kommunalen Messnetze variiert die zeitliche Auflösung der Messwerterfassung zwischen 14 Tagen (LHM) und Monaten (Gemeinden Oberhaching, Taufkirchen und Neubiberg). Hierdurch wurden die im Betrachtungszeitraum tatsächlich aufgetretenen maximalen Grundwasserstände

voraussichtlich nicht erfasst. Für das Messnetz der Gemeinde Oberhaching lagen aufgrund einer Messlücke im Jahr 2013 keine bzw. zu wenige geeignete Daten vor. Aus den Messnetzen mit geeigneten Messdaten wurden repräsentative Ganglinien ausgewählt, diese sind wie folgt zusammengestellt. Hieraus ergeben sich die nachstehenden Feststellungen.

Grundwassermessnetz Taufkirchen (Anlage 2.8.2 und Anlage 2.8.3)

- Im Bereich der betrachteten GWM sind bei mittleren Grundwasserständen überwiegend Flurabstände von < 6 m zu verzeichnen, im Nahbereich des Hachinger Baches werden Werte von < 2 m ermittelt (Anlage 1.11). Beim HW2013 treten an allen betrachteten GWM die maximalen, gemessenen Grundwasserstände bei der Messung von 03.06.2013 auf (Anlagen 2.8.2). Dies trifft auch auf den max. Wasserspiegel im Hachinger Bach zu (Pegel 2, Pegel 3), die Wasserspiegeländerung beim HW2013 wird dort zu ca. 0,1 m bis 0,2 m ermittelt.
- An den nahe zum Hachinger Bach bzw. Entenbachl gelegenen GWM ist zwischen dem 10.05.2013 und dem 03.06.2013 ein Anstieg um ca. 1,3 bis 1,7 m zu verzeichnen. An den weiter zum Gewässer entfernten GWM 11 und 20 ist mit ca. 1 m ein geringerer Anstieg des Grundwasserspiegels festzustellen. Die gemessenen Reaktionen ergeben sich aus einer Überlagerung der Einflüsse infolge von flächigen Sickerwasserzuflüssen (Grundwasserneubildung aus Niederschlag) und Wasserspiegeländerungen am Hachinger Bach, letztere sind bedingt durch die im Gemeindegebiet Oberhaching und im südlichen Gemeindegebiet von Taufkirchen zunehmende Aussickerung von Grundwasser. Im Umfeld der GWM 16 wirkt sich zudem die Wechselwirkung mit dem Entenbachl aus.
- An allen betrachteten GWM fällt der GW-Spiegel nach dem erreichten Scheitelwert kontinuierlich ab und erreicht am Ende des Betrachtungszeitraumes wieder Grundwasserstände ähnlich dem Ausgangsniveau vor dem HW2013.

Bei der Beurteilung der Reaktionsintensität der Grundwasserstände an einer GWM kommt dem Abstand der Messstelle zum Vorfluter (Hachinger Bach) eine wesentliche Rolle zu, da dieser eine Dämpfung und eine zeitliche Verschiebung der gemessenen Reaktionen zur Folge hat. Da im Messnetz Taufkirchen nur Monatswerte vorliegen, ist eine weitergehende Interpretation kaum möglich. Die vom Abstand zum Hachinger Bach abhängige Dämpfung der Reaktionen im Grundwasser kann nur durch entsprechend hoch aufgelöste Messreihen (Datenlogger) erfasst werden.

Grundwassermessnetz Neubiberg/Campeon (Anlage 2.8.4, Lage Anlage 1.8)

- Im betrachteten Gebiet dominieren Flurabstände von ca. 8 m bis über 10 m (Anlage 1.11). An der GWM BS16103n und an der amtlichen GWM Unterbiberg Q 7 ist beim HW2013, mit einem Anstieg um ca. 1,6 m, ein ähnlicher Verlauf der gemessenen Grundwasserstände festzustellen. Das Maximum beim HW2013 (Scheitelwert) wird, in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt, im Zeitfenster 06.07. bis 16.07.2013 ermittelt.
- Eine demgegenüber geringere Reaktionsintensität (ca. 1,0 – 1,1 m) ist an den GWM UP 195 und KP 1069 zu erkennen, die sich weiter nördlich bzw. am westlichen Modellrand, im Stadtgebiet von München, befinden.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Der Rückgang der Grundwasserstände bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes fällt an allen betrachteten GWM ähnlich aus, wobei die Messungen an GWM BS16103n und GWM Unterbiberg Q 7 einen etwas steileren Abfall erkennen lassen.

Insgesamt weisen die gemessenen Reaktionen darauf hin, dass das Gebiet um die GWM BS16103n und die amtlichen GWM Unterbiberg Q 7 durch zusätzliche Einflussgrößen beeinflusst wird, die sich vermutlich aus der großräumigen Entwässerungsrichtung zum Truderinger Hüllgraben ergeben (s.a. Anlage 1.17)

Grundwassermessnetz LHM (Anlage 2.8.5, Lage Anlage 1.8)

- Die gemessenen Grundwasserstände an UP 203 und UP 52 zeigen beide einen sehr ähnlichen Verlauf. Im Bereich dieser GWM dominieren Flurabstände von 6 – 8 m. Der maximale Anstieg beim HW2013 wird dort zu ca. 1,1 – 1,3 m ermittelt.
- Im Gebiet der GWM U8 542 liegen Flurabstände von > 10 m vor. Der dort beim HW2013 aufgetretene maximale Anstieg der Grundwasserstände ergibt sich zu nur 0,5 m. Möglicherweise trägt hierzu das vom Wasserstand der Isar unabhängige Austrittsniveau für das Grundwasser im Isartal bei.
- Die Scheitelwerte werden im Rahmen der vorliegenden Messwertaufösung zwischen dem 08.06.2013 und dem 06.07.2013 erreicht. Nach dem HW2013 fällt an allen 3 GWM der Grundwasserspiegel kontinuierlich ab, und erreicht Ende April 2014 einen Wert, der leicht unter dem Ausgangsniveau vor dem HW 2013 liegt (0,2 – 0,5 m).

4.4.2 Randbedingungen für das instationäre Grundwassermodell

Die Festlegung der Vorgaben erfolgte entsprechend der entsprechenden Ableitung im HGM (Kap. 3.7.2). Für die numerische, instationäre Modellanpassung am HW2013 ergeben sich gegenüber den Randbedingungen der stationären Anpassung folgende ergänzende Vorgaben.

- Vor dem Hochwasser im Juni 2013 lagen im Modellraum überwiegend Grundwasserstände vor, die denen am Stichtag im April 2018 ähnlich sind (Abweichung < $\pm 0,1$ m). Dementsprechend können die Ergebnisse der stationären Kalibrierung als Ausgangsgrundwasserstand für die instationäre Kalibrierung herangezogen werden, da auch diese annähernd mittlere Verhältnisse wiedergeben (s. Kap. 3.5.2.2). Hiervon abweichend stellt sich jedoch die Situation im Stadtgebiet von München, innerhalb des Modellraumes, dar. Dort liegt das gemessene Niveau der Grundwasserstände vor dem HW2013 im Mittel um ca. 0,5 m höher als bei der Stichtagsmessung im April 2018 (Bandbreite ca. 0,3 m – 0,7 m).
Vor dem Hintergrund, dass bei einer instationären Kalibrierung die Nachbildung der natürlichen gemessenen Dynamik und insbesondere der Unterschiede in der Dynamik im Vordergrund steht und eine (gegenüber der stationären Kalibrierung) verbesserte Abbildung der Absoluthöhen von untergeordneter Bedeutung ist, beeinträchtigen diese Unterschiede im Ausgangsniveau die instationäre Kalibrierung nicht. [18]
- Für die instationäre Kalibrierung wurde, in Abstimmung mit dem AG [24], der Zeitraum vom 01.05.2013 bis 30.04.2014 festgelegt. Dieser ist durch einen ausgeprägten Anstieg der Grundwasserstände im Juni/Juli 2013 (Anstieg > 1 m bis ca. 2 m) und einen darauf

folgenden, anhaltenden Rückgang der Grundwasserstände bis April 2014, um gekennzeichnet (s. Kap.4.4.1.4). Hierdurch werden die bereichsweise zeitlich verzögerten Reaktionen im Grundwasser, auf die hohen Niederschläge im Mai/Juni 2013, erfasst.

- Zur Beurteilung der Abflüsse am Hachinger Bach im betrachteten Zeitraum standen die in Abbildung 27 veranschaulichten Daten zur Verfügung.

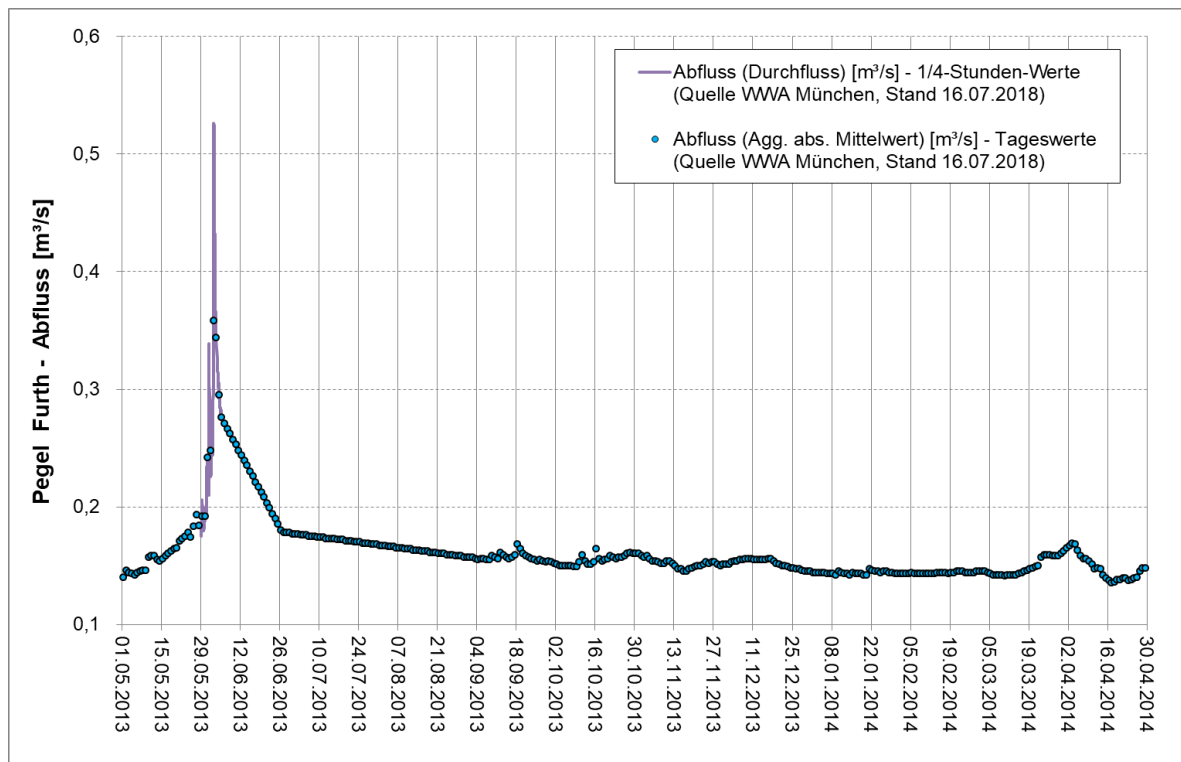


Abbildung 27: Hachinger Bach - Pegel Furth, Abflüsse Mai 2013 bis April 2014 (Quelle: WWA München)

- Die Festlegung der instationären, modellwirksamen Grundwasserneubildung aus Niederschlag erfolgte entsprechend den seitens LfU berechneten und bereit gestellten monatlichen Sickerwasserraten im Betrachtungszeitraum.
- Für den südlichen und nördlichen Modellrand erfolgte die Festlegung einer instationären Randbedingung 1. Art (Festpotenzialrandbedingung). Die zeitliche Variation der Grundwasserstände wurde dort anhand von Messreihen an geeigneten, im Nahbereich der Modellränder gelegenen GWM abgeleitet.
 - Für den südlichen Modellrand wurde, mangels anderer geeigneter GWM mit kontinuierlichen Messreihen, in einem ersten Ansatz die GWM Oberhaching D D 62 herangezogen. Da der südliche Modellrand ca. 2,7 km von dieser GWM entfernt liegt und dort auch keine direkte Vorflut zum Hachinger Bach besteht, erfolgte für den südlichen Modellrand einerseits eine Anpassung auf das stationäre Ausgangsniveau und andererseits wurde dort von einer um ca. 1 m größeren Schwankungsbreite der Grundwasserstände als an der GWM Oberhaching D D 62 ausgegangen.
 - Am nördlichen Modellrand wurde der zeitliche Verlauf der Grundwasserstandsänderungen aus den Messwerten der GWM U8 283 und UP 281 abgeleitet.

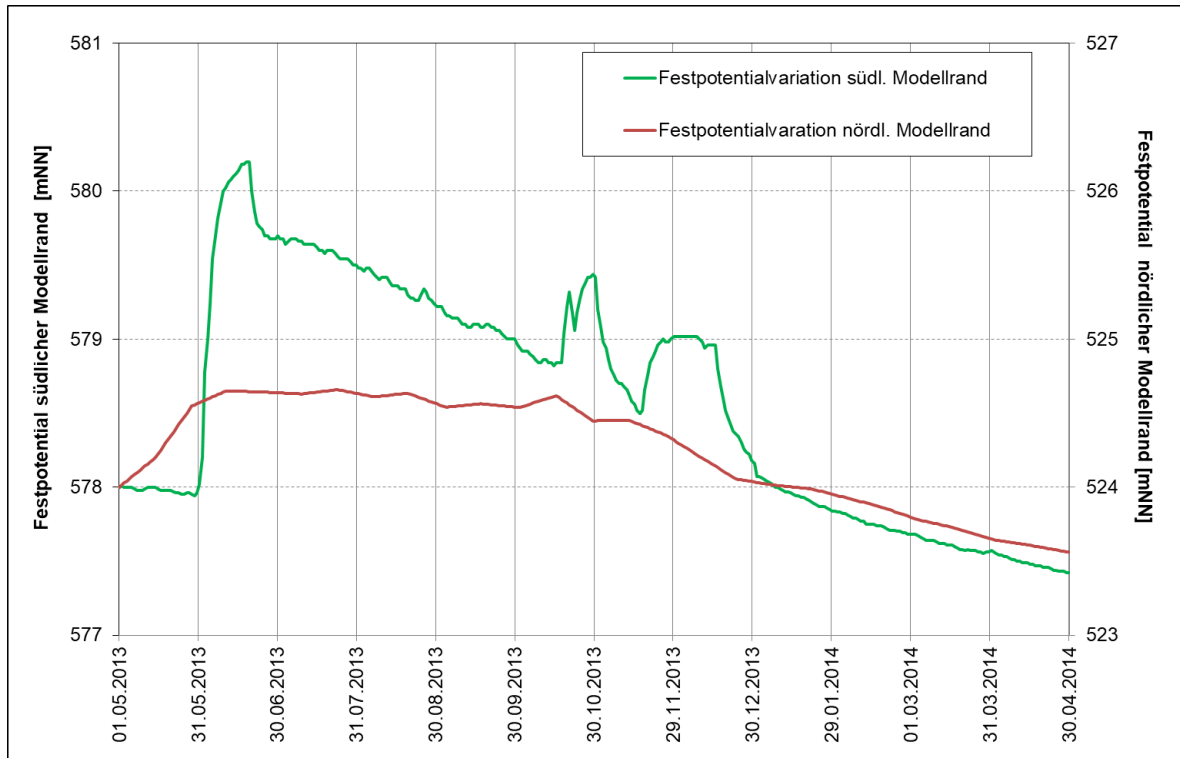


Abbildung 28: Instationäre Randbedingung am südlichen und nördlichen Modellrand, Mai 2013 bis April 2014

- Die Grundwasserentnahmen und -infiltrationen auf dem Campeon-Gelände werden entsprechend den vorliegenden Monatssummen im Grundwassermodell berücksichtigt.
- Die Zeitschrittunterteilung ist variabel und richtet sich nach der zeitlichen Auflösung der Eingangsdaten im Kalibrierungszeitraum (1/4 - Stunden bis Tagesschritte).
- Vorgabe der Deckschichtunterkante im Modellraum als Grundlage für den Wechsel von freien zu (teil-)gespannten Verhältnissen:
 - Speicherkoeffizient für freie Grundwasserverhältnisse: 20 % (0,2)
 - Speicherkoeffizient für (teil-)gespannte Grundwasserverhältnisse: 0,0001 [1/m]

4.4.3 Untersuchungsschritte

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände beim HW2013 und im anschließenden Zeitraum wird durch verschiedene Einflussgrößen bestimmt. Hierzu gehören vor allem die zeitlich veränderliche Grundwasserneubildung aus Niederschlag bzw. die entsprechenden Sickerwasserraten im Modellraum. Weitere wesentliche Zufluss Komponenten stellen die Zu- und Abstrommengen über die südlichen und nördlichen Modellränder dar. Die am Pegel Furth beim HW2013 gemessene zeitliche Veränderung der Abflüsse resultiert im Wesentlichen aus der entsprechenden zeitlichen Variation der Austauschmengen zwischen dem quartären Grundwasserleiter und dem Hachinger Bach. Somit stellen die Abflüsse am Hachinger Bach, neben den gemessenen Reaktionen im Grundwasserleiter, eine wesentliche Verifizierungsgröße für die instationäre Kalibrierung dar.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Um die Einflüsse der Randbedingungen und Parameter auf die Grundwasserstände im Modellraum erfassen zu können, erfolgte eine schrittweise instationäre Anpassung des Grundwassermodells. Insgesamt wurden die nachstehend aufgeführten 4 wesentlichen Bearbeitungsschritte durchgeführt.

4.4.3.1 Schritt 1: Instationärer Ausgangsfall

Randbedingungen

In einem ersten Untersuchungsschritt wurden die in Kap. 4.4.2 zusammen gestellten Randbedingungen zugrunde gelegt. Die flächendifferenzierte, modellwirksame Grundwasserneubildung (Sickerwasserrate) wurde hierbei entsprechend den seitens LfU berechneten Monatswerten von Mai 2013 bis April 2014 angesetzt. Der Wasserspiegel im Hachinger Bach wurde in diesem Schritt zunächst entsprechend den mittleren Verhältnissen beibehalten (abgeleitete Wasserspiegel entsprechend Stichtagsmessung April 2018). Im Hinblick auf die Aussickerung aus dem Grundwasser in den Hachinger Bach stellt dies eine überschätzende Randbedingung dar, da es hierbei tendenziell zu höheren Aussickerungsmengen aus dem Grundwasser kommt (tieferes Austrittsniveau).

Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse zum Schritt 1 sind in Anlage 2.9.1 bis Anlage 2.9.4, in einer Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten Grundwasserstandsganglinien, für ausgewählte Standorte in den betrachteten Kommunen, veranschaulicht.

In Anlage 2.9.1.1 bis Anlage 2.9.1.3 sind Ganglinien an Messorten im Gemeindegebiet von Oberhaching dargestellt. Aufgrund der dort in 2013 bestehenden Datenlücke in den Messreihen waren nur wenige geeignete Standorte verfügbar. Es wurden die nachstehenden Standorte betrachtet (Lage s. Anlage 2.7):

- Messort 12 (Anlage 2.9.1.1)
An diesem Messort besteht nur ein Vergleich für den abfallenden Ast der gemessenen Grundwasserstände im Jahr 2014. Das Niveau der berechneten Grundwasserstände liegt tendenziell ca. 1 m zu hoch, der gemessene Rückgang der Grundwasserstände wird im Zeitfenster mit verfügbaren Messwerten in der Tendenz richtig wiedergegeben (Rückgang um ca. 0,6 – 0,7 m)
- GWM OBERHACHING D D 62 (Anlage 2.9.1.2)
An der amtlichen GWM OBERHACHING D D 62 wird das gemessene Niveau der Grundwasserstände in der Größenordnung richtig wiedergegeben. Die berechneten Grundwasserstandsänderungen fallen gegenüber den gemessenen Reaktionen insgesamt jedoch zu gering aus. Dies betrifft insbesondere den steilen Anstieg der gemessenen Grundwasserstände Anfang Juni 2013 und nach Erreichen des Grundwasserscheitels auch die fallende Tendenz im 2. Halbjahr 2013 und im Jahr 2014.
- Messort 2 (Anlage 2.9.1.3)
Der Messort 2 liegt nahe zum Hachinger Bach, nördlich des Pegels Furth. Die Berechnungsergebnisse zeigen einen sehr gering schwankenden Grundwasserspiegel. Für den Zeitraum mit verfügbaren Messdaten wird eine sehr gute Übereinstimmung von Berechnung und Messung erreicht. Insgesamt weisen die Berechnungsergebnisse auf die richtige Auswahl der Modellparameter zur Nachbildung der Austauschvorgänge zwischen Grundwasser und Hachinger Bach hin.

Anlage 2.9.2.1 bis 2.9.2.8 sind gemessene und berechnete Ganglinien an GWM im Gemeindegebiet von Taufkirchen gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- GWM 5 (Anlage 2.9.2.1)
In den Haupttendenzen gute Nachbildung der gemessenen Reaktionen, dies betrifft auch den Anstieg der Grundwasserstände im Juni 2013 um ca. 0,3 m (Scheitelwert). Allerdings tritt der beim HW2013 berechnete Scheitelwert erst Ende Juni 2013 auf, während der gemessene maximale Grundwasserstand bereits am 03.06.2013 zu verzeichnen ist.
- GWM 20 (Anlage 2.9.2.2), GWM 11 (Anlage 2.9.2.6), GWM 9 (Anlage 2.9.2.8)
Aus dem Verlauf der berechneten Grundwasserstände ist ersichtlich, dass die gemessenen Reaktionen in den wesentlichen Haupttendenzen durch die Berechnung richtig wiedergegeben werden. Der berechnete Grundwasseranstieg im Juni 2013 fällt mit ca. 0,4 - 0,6 m jedoch geringer aus, als der aus den Messwerten abgeleitete Wert (ca. 1 m). Zudem tritt auch hier das berechnete Maximum später als der entsprechende maximale Messwert beim HW2013 auf.
- GWM 14 (Anlage 2.9.2.3), GWM 6 (Anlage 2.9.2.4), GWM 16 (Anlage 2.9.2.5), GWM 15 (Anlage 2.9.2.7)
An den GWM 14, 6, 16 und 15 werden die gemessenen Reaktionen durch die Berechnung überwiegend richtig abgebildet. Der berechnete maximale Grundwasserstand tritt allerdings auch dort später als der Messwert auf, zudem fällt die berechnete Reaktion im Juni 2013, mit einem Anstieg bis zum Scheitelwert um ca. 0,4 m, gegenüber dem gemessenen Anstieg (ca. 1,2 – 1,5 m) zu gering aus.

Anlage 2.9.3.1 bis 2.9.3.2 sind gemessene und berechnete Ganglinien an ausgewählten GWM im Gemeindegebiet von Neubiberg gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- GWM Unterbiberg Q 7 (Anlage 2.9.3.1)
Der Anfang Juni 2013 berechnete Anstieg der Grundwasserstände von ca. 0,3 m fällt gegenüber den gemessenen Grundwasserstandsänderungen deutlich zu gering aus (ca. 1,5 m). Entsprechend ergibt sich in der Berechnung, nach dem Scheitelwert im Juni 2013, insgesamt auch ein schwächerer fallender Trend der Grundwasserstände. Im Hinblick auf den Zeitpunkt, zu dem der gemessene Scheitelwert auftritt (15.07. – 22.07.2013), ergibt sich in der Berechnung mit dem 30.06.2013 ein etwas zu früher Zeitpunkt.
- GWM BS 16103n (Anlage 2.9.3.2)
Für die Ergebnisse am Standort der GWM BS 16103n ergeben sich ähnliche Aussagen wie zur GWM Unterbiberg Q 7. Eine gute Übereinstimmung zwischen Berechnung und Messung ergibt sich – im Rahmen der vorliegenden Messwertauflösung – in Bezug auf den Zeitpunkt, zu dem der Grundwasserscheitel ermittelt wird (30.06./01.07.2013).

In Anlage 2.9.4.1 bis 2.9.4.4 sind gemessene und berechnete Ganglinien an GWM im Stadtgebiet von München (LHM) gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- UP 195 (Anlage 2.9.4.1), KP 295 (Anlage 2.9.4.2), UP 203 (Anlage 2.9.4.3), U8 542 (Anlage 2.9.4.4)
Entsprechend den Erläuterungen in Kap. 4.4.2 liegt das gemessene Niveau der Grundwasserstände im Stadtgebiet von München (Modellraum) vor dem HW2013 im Mittel um ca.

0,5 m höher, als bei der Stichtagsmessung im April 2018. Dementsprechend ergibt sich für das Ausgangsniveau der instationären Berechnung ein entsprechend niedrigerer Startwert. Zum besseren Vergleich wurden die berechneten Grundwasserstandsganglinien zusätzlich entsprechend verschoben dargestellt.

Den ermittelten Ergebnissen gemeinsam ist, dass die relative Veränderung der gemessenen Grundwasserstände, zwischen dem Ausgangsniveau Anfang Mai 2013 und am Ende des betrachteten Zeitraumes (April 2014) weitestgehend richtig wiedergegeben wird. Der berechnete maximale Grundwasserstand tritt Anfang Juli 2013 auf, was auch annähernd den gemessenen Werten entspricht (maximale Grundwasserstände überwiegend am 06.07.2019, lediglich an UP 195 am 20.07.2013).

Die maximale Aussickerung in den Hachinger Bach wurde bei den gewählten Randbedingungen (Schritt 1) zu rd. 270 l/s ermittelt. Der für den Pegel Furth ermittelte Scheitelabfluss wird hiermit folglich nicht erreicht (526 l/s). Die auf den Modellraum bezogene Spende der Zusickerung aus Niederschlag variiert hierbei zwischen 0,23 [l/s*km²] im August 2013 und 44 [l/s*km²] für den maximalen Zufluss im Juni 2013.

Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen der instationären Kalibrierung am HW2013 – Schritt 1 feststellen:

- Im Schritt 1 der instationären Kalibrierung am HW2013 werden – soweit durch entsprechende Messdaten belegt – sowohl an den GWM im Gemeindegebiet Oberhaching, als auch im Gemeindegebiet Taufkirchen, die wesentliche Charakteristiken der gemessenen Grundwasserstände über einen Jahreszeitraum (Mai 2013/April 2014) durch die Berechnung richtig abgebildet. Dies bestätigt damit die gewählten Parameter zu den Untergrundkennwerten und zur hydraulischen Wirkung des Hachinger Baches.
- Abweichungen zwischen Berechnung und Messwerten ergeben sich dort insbesondere hinsichtlich der im Grundwasser ermittelten Scheitelwerte (max. Grundwasserstände). Dies betrifft sowohl den betragsmäßigen Anstieg der Grundwasserstände gegenüber dem Ausgangsniveau von ca. 0,3 m – 1,7 m, dieser wird durch die Berechnung nicht überall erreicht. Dies betrifft insbesondere das nördliche Gemeindegebiet von Taufkirchen, das Gemeindegebiet Neubiberg und das im Modellraum enthaltene Stadtgebiet von München (LHM).
- Das, im Vergleich zur Messung, zeitlich verzögerte Auftreten des maximalen Grundwasserstandes in der Berechnung (Scheitelwert), trifft insbesondere auf die ausgewählten GWM im Gemeindegebiet von Taufkirchen zu (Anlagen 2.9.2.1 bis 2.9.2.8). Hierbei handelt es sich um GWM in Gebieten mit überwiegend geringen Flurabständen (< 4 m, s. Anlage 1.11).

Diese Ergebnisse werden zusammenfassend so interpretiert, dass die zugrunde gelegte zeitliche Auflösung der vertikalen Zusickerung (Sickerwasser, Grundwasserneubildung aus Niederschlag) die natürlichen Verhältnisse nicht ausreichend genau abbildet. Zudem ergibt sich auch der Hinweis, dass die angesetzten Sickerwasserzuflüsse möglicherweise zu gering sind.

Dementsprechend erfolgte im 2. Bearbeitungsschritt eine Modifikation der gewählten Ansätze zu den Zuflüssen aus Sickerwasser. Ob ggf. darüber hinaus weitere instationäre Einflussgrößen für die noch

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

nicht ausreichende Abbildung der natürlichen, gemessenen Verhältnisse von Bedeutung sind, wird im Rahmen der nachstehenden Untersuchungsschritte ebenfalls betrachtet.

4.4.3.2 Schritt 2: Modifikation der Grundwasserneubildung aus Sickerwasser

Randbedingungen

Ausgehend von Schritt 1 wurde in einem 2. Schritt die zeitliche Variation der modellwirksamen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Sickerwasserrate) modifiziert. Hierzu wurden die Monatswerte der Sickerwasserraten für Mai und Juni 2013 unter zusätzlicher Betrachtung der gemessenen, täglichen Niederschlagsverteilung an der Station Deisenhofen (s. Kap. 4.4.1.1) prozentual wie folgt aufgeteilt:

Niederschlagsaufteilung Mai 2013:

- rd. 60 % vom 01.05. – 29.05.2013 (29 Tage)
- rd. 40 % vom 30.05. – 31.05.2013 (2 Tage)

Niederschlagsaufteilung Juni 2013:

- rd. 46 % vom 01.06. – 02.06.2013 (2 Tage)
- rd. 54 % vom 03.06. – 30.06.2013 (28 Tage)

Hierdurch wird den starken kurzzeitigen Niederschlägen Ende Mai/Anfang Juni 2013 Rechnung getragen (Kap.4.4.1.1). Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt gesättigten Böden haben diese im hohen Maße zur den Sickerwassermengen beigetragen.

Bei analoger Umsetzung der monatlichen Sickerwasserzuflüsse auf die entsprechenden Teilzeiträume ergibt sich für den Zeitraum vom 01.05. bis 29.05.2013 eine Verringerung der Zusickerungsmenge um den Faktor 0,64 und für den Zeitraum 30.05. – 31.05.2013 eine Erhöhung der Zusickerungsmenge um ca. den Faktor 6. Für den Juni 2013 resultiert hieraus für den Zeitraum vom 01.06. bis 02.06.2013 eine Erhöhung der Zusickerungsmenge um ca. den Faktor 7, für den verbleibenden Zeitraum bis zum Monatsende Juni 2013 ergibt sich eine Verringerung um den Faktor 0,57.

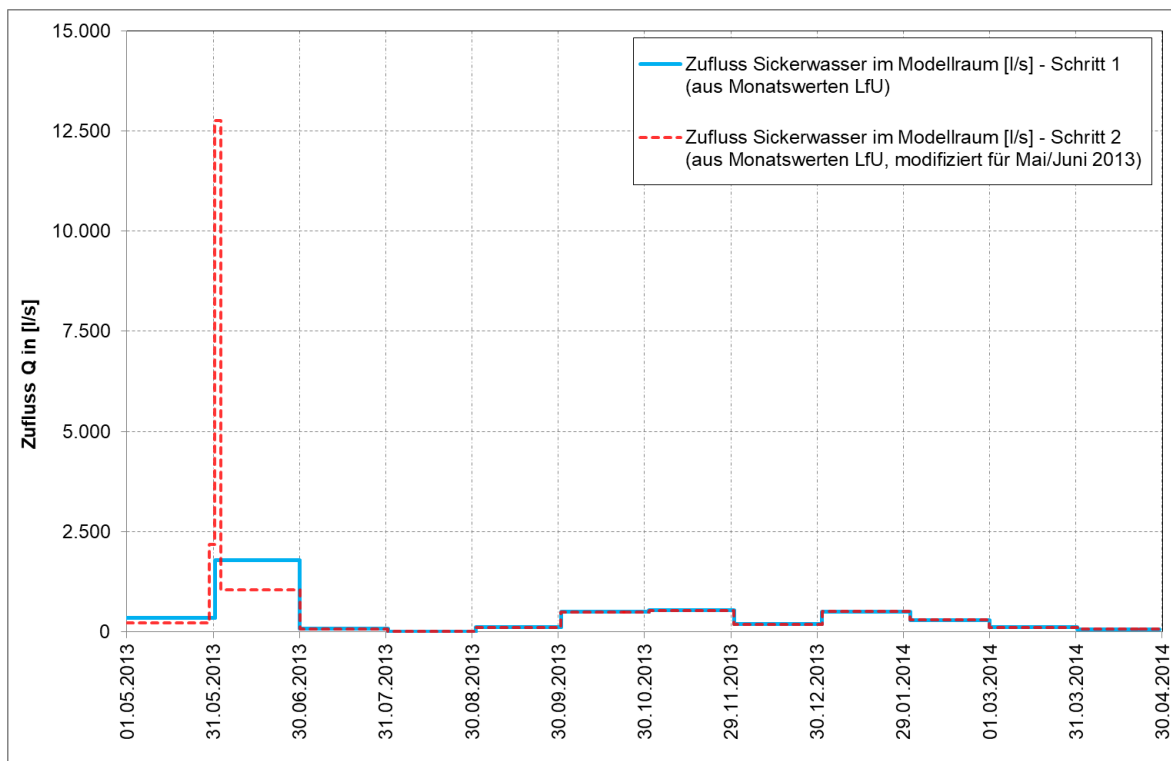


Abbildung 29: Zufluss Sickerwasser im Modellraum – modifizierter Ansatz für Schritt 2 und Ansatz Schritt 1 (aus Monatswerten LfU)

Die hieraus resultierenden Veränderungen in der zeitlichen Abfolge der Zuflüsse aus Sickerwasser im gesamten Modellraum sind in Abbildung 29 dargestellt. Über den gesamten betrachteten Zeitraum ergeben sich die gleichen Zusickerungsmengen, wie bei den jeweils konstanten monatlichen Zuflüssen. Die auf den Modellraum bezogene Spende der Zusickerung aus Niederschlag variiert hierbei zwischen $0,23 \text{ [l/s} \cdot \text{km}^2]$ im August 2013 und $315 \text{ [l/s} \cdot \text{km}^2]$ für den kurzzeitigen maximalen Zufluss Anfang Juni 2013.

Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse zum Schritt 2 sind in Anlage 2.10.2.1 bis Anlage 2.10.4.3 in Form von gemessenen und berechneten Grundwasserstandsganglinien an den ausgewählten GWM dargestellt. Betrachtete Standorte im Gemeindegebiet Oberhaching sind (Lage s. Anlage 2.7):

- Messort 12 (Anlage 2.10.2.1), GWM OBERHACHING D D 62 (Anlage 2.10.2.2), Messort 2 (Anlage 2.10.2.3)

An der amtlichen GWM OBERHACHING D D 62 wird mit den gewählten Randbedingungen der gemessene Anstieg der Grundwasserstände zeitnah richtig wiedergegeben. Die berechneten Grundwasserstandsänderungen fallen gegenüber den gemessenen Reaktionen insgesamt weiterhin zu gering aus. Im weiteren Verlauf ergeben sich keine nennenswerten Veränderungen gegenüber den Ergebnissen in Schritt 1. Dies trifft auch auf den berechneten Verlauf an den Messorten 12 und 2 zu.

In Anlage 2.10.2.1 bis 2.10.2.8 sind gemessene und berechnete Ganglinien an GWM im Gemeindegebiet von Taufkirchen gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- GWM 5 (Anlage 2.10.2.1)
In den Haupttendenzen gute Nachbildung der gemessenen Reaktionen, dies betrifft sowohl den Anstieg der Grundwasserstände im Juni 2013 um ca. 0,3 m (Scheitelwert), als auch den Zeitpunkt des Scheitelwertes am 03.06.2013. In der Berechnung ist bis Anfang Juli 2013 ein nahezu gleichbleibendes Niveau der Grundwasserstände zu erkennen, während sich aus den Messwerten bereits ein Rückgang um ca. 0,3 m ergibt.
- GWM 20 (Anlage 2.10.2.2), GWM 11 (Anlage 2.10.2.6), GWM 9 (Anlage 2.10.2.8)
Aus dem Verlauf der berechneten Grundwasserstände ist ersichtlich, dass die gemessenen Reaktionen in den wesentlichen Haupttendenzen durch die Berechnung richtig abgebildet werden. Der berechnete Anstieg der Grundwasserstände verläuft zeitnah zu dem der Messwerte. Der berechnete Grundwasseranstieg im Juni 2013 fällt mit ca. 0,4 - 0,5 m jedoch weiterhin geringer aus, als der aus den Messwerten abgeleitete Anstieg (ca. 1 m). Das berechnete Maximum tritt weiterhin Ende Juni 2013 auf und damit später als der entsprechende maximale Messwert beim HW2013 (03.06.2013).
- GWM 14 (Anlage 2.10.2.3), GWM 6 (Anlage 2.10.2.4), GWM 16 (Anlage 2.10.2.5), GWM 15 (Anlage 2.10.2.7)
An den GWM 14, 6, 16 und 15 werden die gemessenen Reaktionen durch die Berechnung in den wesentlichen Haupttendenzen überwiegend richtig wiedergegeben. Der Anstieg beim HW2013 erfolgt im Wesentlichen vom 30.05. bis zum 02.06.2013. Der überwiegend zum 30.06.2013 berechnete maximale Grundwasserstand tritt allerdings auch dort später auf, als der maximale Messwert (03.06.2013), zudem fällt die berechnete Reaktion im Juni 2013, mit einem Anstieg bis zum Scheitelwert um ca. 0,4 m, gegenüber dem gemessenen Anstieg (ca. 1,2 – 1,6 m) weiterhin zu gering aus.

Ganglinien an ausgewählten GWM im Gemeindegebiet von Neubiberg (Lage s. Anlage 2.7):

- GWM Unterbiberg Q 7 (Anlage 2.10.3.1), GWM BS 16103n (Anlage bis 2.10.3.2)
An GWM Unterbiberg Q 7 ist von Ende Mai bis Anfang Juni eine gute Nachbildung des gemessenen Anstieges der Grundwasserstände zu erkennen. Der berechnete Gesamtanstieg von ca. 0,3 m – 0,35 m fällt gegenüber den gemessenen Grundwasserstandsänderungen weiterhin deutlich zu gering aus (ca. 1,5 m). Im Hinblick auf den Zeitpunkt, zu dem der gemessene Scheitelwert auftritt (15.07. – 22.07.2013), ergibt sich in der Berechnung mit dem 30.06.2013 ein etwas zu früher Zeitpunkt.

Ganglinien an GWM im Stadtgebiet von München (LHM) (Lage s. Anlage 2.7):

- UP 195 (Anlage 2.10.4.1), KP 295 (Anlage 2.10.4.2), UP 203 (Anlage 2.10.4.3), U8 542 (Anlage 2.10.4.4)
Die relative Veränderung der gemessenen Grundwasserstände, zwischen dem Ausgangsniveau Anfang Mai 2013 und dem Ende des betrachteten Zeitraumes (April 2014), wird an allen betrachteten Standorten weitestgehend richtig abgebildet. Der berechnete maximale Grundwasserstand tritt Anfang Juli 2013 auf, was auch annähernd den gemessenen Werten entspricht (maximale Grundwasserstände überwiegend am 06.07.2013, lediglich an UP 195 am 20.07.2013).
Der berechnete Gesamtanstieg fällt mit ca. 0,3 m – 0,4 m jedoch weiterhin geringerer aus, als der aus den Messwerten abgeleitete Anstieg von ca. 0,6 m – 1,1 m. Eine insgesamt

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

bereits gute Nachbildung der gemessenen Werte wird an der GWM U8 542 erreicht, dies betrifft insbesondere den zeitlichen Verlauf der gemessenen Grundwasserstandsänderungen, der gemessene Scheitelwert wird dort durch die Berechnung um ca. 0,2 m unterschritten (Anlage 2.10.4.4).

Die maximale Aussickerung in den Hachinger Bach wurde bei den gewählten Randbedingungen (Schritt 2) zu rd. 310 l/s ermittelt. Der für den Pegel Furth ermittelte Scheitelabfluss erhöht sich damit gegenüber dem Schritt 1, der seitens WWA München angegeben maximale Abfluss beim HW2013 (526 l/s) wird hiermit weiterhin nicht erreicht.

Die Ergebnisse zum Schritt 2 werden zusammenfassend so interpretiert, dass die zugrunde gelegte zeitliche Auflösung der vertikalen Zusickerung an Sickerwasser (Grundwasserneubildung aus Niederschlag) zu einer Verbesserung in der Nachbildung der gemessenen Grundwasserstände führt, dies betrifft insbesondere auch den zeitlichen Verlauf Ende Mai/Anfang Juni. Dies betrifft auch den Verlauf an GWM mit zeitlich hoch aufgelösten Messdaten (s. GWM OBERHACHING D D 62 in Anlage 2.9.1.2 und GWM Unterbiberg Q 7 in Anlage 2.9.3.1).

Insgesamt zeigt sich jedoch, dass die angesetzten Sickerwasserzuflüsse zu gering sind, da der berechnete Grundwasseranstieg gegenüber den Messwerten überwiegend weiterhin zu gering ausfällt. Dementsprechend erfolgte im 2. Bearbeitungsschritt eine weitere Modifikation der Ansätze zu den Zuflüssen aus Sickerwasser.

4.4.3.3 Schritt 3: Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Sickerwasser

Randbedingungen

Aufgrund der vorstehenden Interpretation der Ergebnisse zum Schritt 2 und dem dort in der Berechnung festgestellte Defizit, bei der Nachbildung der maximalen Grundwasserstände Ende Mai/Anfang Juni 2013, erfolgte eine zusätzliche Auswertung.

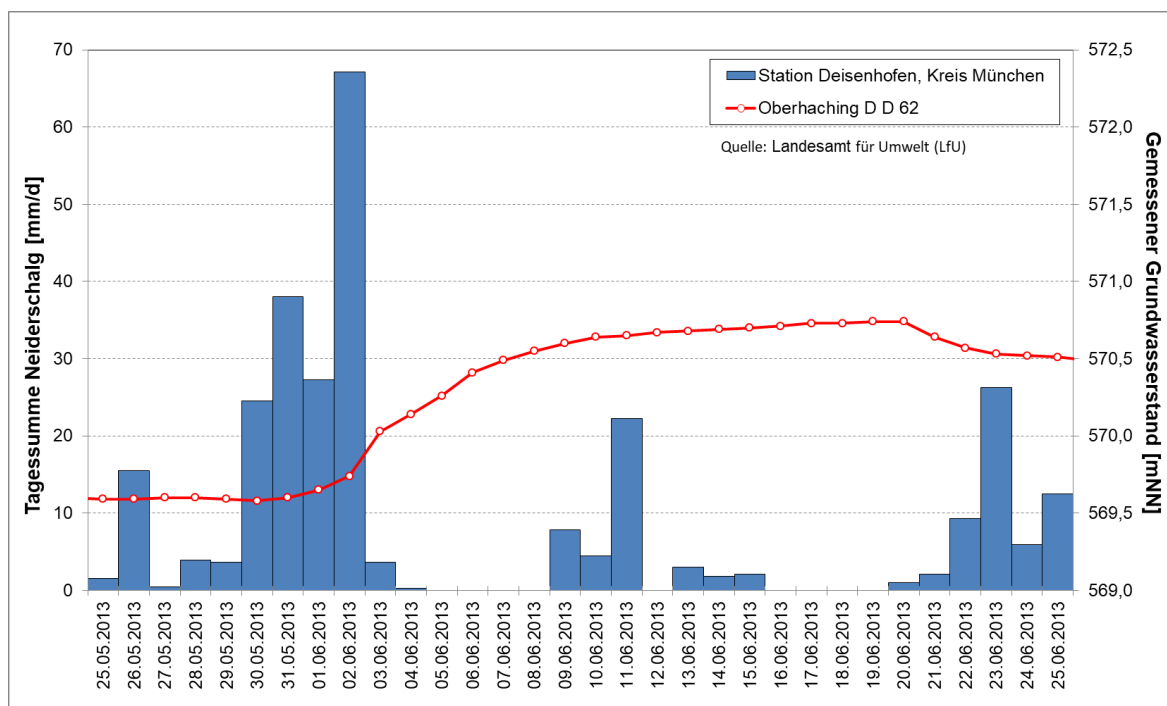


Abbildung 30: Tagessummen der Niederschläge Station Deisenhofen, Gemessene Grundwasserstände GWM Oberhaching D D 62, 25.05.2013 – 25.06.2013

Hierzu wurden die gemessenen Tageswerte an der amtlichen GWM Oberhaching D D 62 zwischen dem 31.05.2013 und dem 19.06.2013 herangezogen (Abbildung 30). In diesem Zeitraum ist beim HW2013 ein Anstieg des Grundwasserspiegels von 569,6 mNN auf 570,74 mNN (Scheitelwert am 19.06.2013) und somit um 1,14 m zu verzeichnen. Hierbei ist der Teilzeitraum vom 31.05.2013 bis 03.06.2013 durch den stärksten Anstieg der Grundwasserstände gekennzeichnet, dieser ergibt sich zu rd. 0,4 m in 3 Tagen. Aus den vorliegenden Sickerwasserberechnungen lässt sich, für das Gebiet um die amtliche GWM Oberhaching D D 62, für diesen Teilzeitraum eine Zusickerung von 0,08 m Sickerwasser ableiten. Bei einem Speicherkoeffizienten von 20 % (ungespannte Verhältnisse, s. a. Kap. 3.7.2) resultiert hieraus ein Anstieg der Grundwasserstände in diesem Teilzeitraum um 0,4 m.

Vom 03.06.2013 bis 08.06.2013 ist ein weiterer Anstieg der Grundwasserstände um rd. 0,5 m zu verzeichnen. An der Niederschlagsstation Deisenhofen sind jedoch vom 04.06.2013 bis zum 08.06.2013 nahezu keine Niederschläge zu verzeichnen (Abbildung 30). Hieraus ergibt sich die Folgerung, dass der Impuls, der bis zum 08.06.2013 zum beobachteten Anstieg um insgesamt rd. 0,9 m führt, sowie zu einem weiteren leichten Anstieg bis zum 19.06.2013 (rd. +0,2 m), im Wesentlichen auf die von Ende Mai bis Anfang Juni 2013 wirksamen Sickerwasserzuflüsse zurückzuführen ist. Aufgrund der räumlich differenzierten Flurabstände, von bis zu 10 m und mehr, erreichen diese Zusickerungen den quartären GWL zeitverzögert.

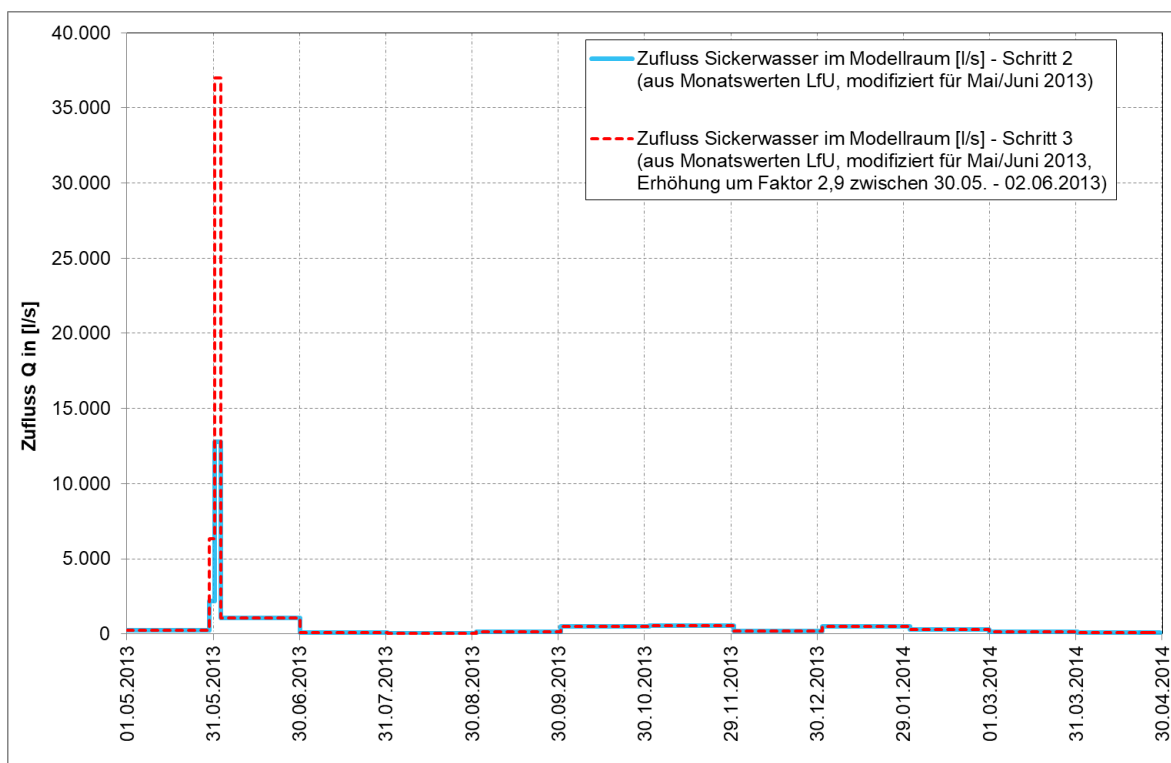


Abbildung 31: Zufluss Sickerwasser im Modellraum – modifizierter Ansatz für Schritt 3 mit Faktor 2,9 und Schritt 2 (aus Monatswerten LfU)

Um den gemessenen Gesamtanstieg um 1,14 m abzubilden, müssten dementsprechend im Zeitraum 30.05. bis 02.06.2013, der Kernphase der Niederschläge beim HW2013, Sickerwasserraten wirksam geworden sein, die um ca. den Faktor 2,9 ($=1,14/0,4$) höher sind, als bisher zugrunde gelegt. Dieser Ansatz wurde den Untersuchungen zum Schritt 3 zugrunde gelegt. Die hieraus resultierende zeitliche Verteilung der Sickerwasserzuflüsse ist aus Abbildung 31 ersichtlich.

Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse zum Schritt 3 sind in Anlage 2.11.1 bis Anlage 2.11.4.3, in Form von gemessenen und berechneten Grundwasserstandsganglinien an ausgewählten GWM, gegenübergestellt. Für die Ganglinien im Gemeindegebiet von Oberhaching lässt sich folgendes feststellen:

- Messort 12 (Anlage 2.11.1.1), GWM OBERHACHING D D 62 (Anlage 2.11.1.2), Messort 2 (Anlage 2.11.1.3)
An der amtlichen GWM OBERHACHING D D 62 beträgt der berechnete Grundwasseranstieg rd. 1 m und erreicht damit annähernd den gemessenen Wert. Unterschiede zwischen Berechnung und Messung, im Scheitel des Grundwasseranstieges, sind vermutlich auf lokale, durch die vorliegenden Daten nicht erfassbare Einflüsse, in der Vorflut zum Hachinger Bach zurück zu führen (z.B. lokale Unterschiede in der Sohlbeschaffenheit, Unterschiede im Austrittsniveau, etc.). Auch der fallende Trend der Grundwasserstände, nach Erreichen des Scheitels im Grundwasser, bis Oktober 2013, wird durch die Berechnung gut abgebildet. Ab Januar 2014 zeigt die Berechnung einen etwas langsameren Rückgang der Grundwasserstände, als die Messung. Möglicherweise liegt dort eine Überschätzung der Sickerwasserraten vor.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Auch an den beiden anderen Messorten in Oberhaching (Messort 12 in Anlage 2.11.1.1, Messort 2 in Anlage 2.11.1.3) ist im Rahmen der verfügbaren Messwerte eine plausible Nachbildung der Messwerte durch die Berechnung erkennbar.

In Anlage 2.11.2.1 bis 2.11.2.8 sind gemessene und berechnete Ganglinien an GWM im Gemeindegebiet von Taufkirchen gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- GWM 5 (Anlage 2.11.2.1):
Der berechnete Grundwasseranstieg Anfang Juni 2013 fällt mit rd. 1,5 m höher aus, als der aus den Messwerten ableitbare Anstieg (0,3 m). Aufgrund der Vorflutwirkung des Hachinger Baches und der dort zulaufenden Gräben beim HW2013 erscheint ein entsprechend hoher Anstieg jedoch nicht unwahrscheinlich. Aufgrund der groben zeitlichen Erfassung der Grundwasserstände wurde der dort tatsächlich aufgetretene höchste Grundwasserstand vermutlich nicht erfasst. Für den weiteren Verlauf, nach dem Scheitelwert, ist eine in den Haupttendenzen gute Nachbildung der gemessenen Reaktionen durch die Berechnung erkennbar, wobei im abfallenden Ast eine gewisse Überschätzung durch die Berechnung auftritt.
- GWM 20 (Anlage 2.11.2.2), GWM 11 (Anlage 2.11.2.6), GWM 9 (Anlage 2.11.2.8):
An diesen GWM wird der gemessene Grundwasseranstieg Anfang Juni 2013 von rd. 1 m durch die Berechnung in der Größenordnung richtig wiedergegeben (1,0 – 1,2 m). An der GWM 20 tritt das berechnete Maximum auch zeitgleich mit dem beim HW2013 gemessenen maximalen Grundwasserstand (03.06.2013) auf. An GWM 11 und GWM 9 wird der Anstieg zum gemessenen Scheitelwert sehr gut nachgebildet, bis zum 30.06. erfolgt jedoch ein weiterer geringer Anstieg der Grundwasserstände, während die Messwerte bereits rückläufig sind. Insgesamt weist dies darauf hin, dass die Entwässerung des GWL, im Bereich dieser GWM, in Natur schneller und besser erfolgt, als in der Berechnung. Dieser Unterschied ist vermutlich Unwägbarkeiten, infolge der nur punktuell und regional vorliegende Informationen zu den hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnissen geschuldet. Die GWM 9 befindet sich im Übergangsbereich nach Unterhaching, mit einem sehr steilen Grundwassergefälle (Anlage 1.11), die GWM 11 liegt am östlichen Modellrand.
- GWM 14 (Anlage 2.11.2.3), GWM 6 (Anlage 2.11.2.4), GWM 16 (Anlage 2.11.2.5), GWM 15 (Anlage 2.11.2.7):
An den GWM 14, 6, 16 und 15 wird beim HW2013 ein Grundwasseranstieg von rd. 1,0 bis 1,1 m berechnet, hiermit wird die gemessene Veränderung weitgehend erreicht (GWM 6, GWM 14: 1,2 – 1,3 m). An GWM 15 und 16 beträgt der gemessene Grundwasseranstieg rd. 1,5 – 1,6 m. An GWM 16, die sich nahe zum westlichen Arm des Entenbachl befindet, tragen möglicherweise zusätzliche oberirdische Einleitungen, aus versiegelten Flächen, die auf kurzem Wege über den Entenbachl dem GWL zusickern, zu dem ausgeprägten gemessenen Grundwasseranstieg bei. Der dort gemessene maximale Grundwasserstand erreicht beim HW2013 das Niveau der Grabensohle.

In Anlage 2.11.3.1 und 2.11.3.2 sind gemessene und berechnete Ganglinien an zwei ausgewählten GWM im Gemeindegebiet von Neubiberg gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- An GWM Unterbiberg Q 7 (Anlage 2.11.3.1) ist von Ende Mai bis zum 03.06.2013 eine gute Nachbildung des gemessenen Anstieges der Grundwasserstände zu erkennen. Der

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

berechnete Gesamtanstieg von ca. 0,9 m fällt gegenüber den gemessenen Grundwasserstandsänderungen jedoch weiterhin zu gering aus (ca. 1,5 m).

- Ähnliche Unterschiede zwischen gemessenem und berechnetem Anstieg ergeben sich auch an der BS 16103n (Anlage 2.11.3.2).

Die GWM Unterbiberg Q 7 befindet sich am rechten Modellrand und im Gewässereinzugsgebiet des Truderinger Hüllgraben (s. Anlage 1.17). Die GWM BS 16103n liegt randlich dazu. Vermutlich tragen beim HW2013 auch Einflüsse von östlich des Modellrandes zum Anstieg der Grundwasserstände an diesen GWM bei. Entsprechende Hinweise ergeben sich aus der Ganglinienanalyse der gemessenen Grundwasserstände (Kap. 4.4.1.4, Anlage 2.8). An GWM Unterbiberg Q 7 und BS 16103n werden beim HW2013 mit einem gemessenen Grundwasseranstieg von rd. 1,4 - 1,5 m deutlich höhere Werte ermittelt, als an den umliegenden GWM im Stadtgebiet München (Bandbreite überwiegend 0,6 m – 0,9 m). Unterschiede im ermittelten Anstieg resultieren (teilweise) auch aus der unterschiedlichen Messwertauflösung.

Diese zusätzlichen Einflüsse lassen sich auf Grundlage der vorliegenden Daten daher nicht genau quantifizieren und wurden bei der Modellberechnung daher nicht berücksichtigt. Insgesamt wird für das östliche Gemeindegebiet von Neubiberg, beim HW2013, von einem zusätzlichen Anstieg von 0,6 m – 0,9 m ausgegangen, der aus Einflüssen von östlich des Modellrandes bedingt ist.

In Anlage 2.11.4.1 bis 2.11.4.4 sind gemessene und berechnete Ganglinien an ausgewählten GWM im Stadtgebiet von München (LHM) gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- UP 195 (Anlage 2.11.4.1), KP 295 (Anlage 2.11.4.2), UP 203 (Anlage 2.11.4.3), U8 542 (Anlage 2.11.4.4)
Die relative Veränderung der gemessenen Grundwasserstände, zwischen dem Ausgangsniveau Anfang Mai 2013 und dem Ende des betrachteten Zeitraumes (April 2014), mit einem Anstieg um rd. 0,6 m bis 1,1 m, wird an allen betrachteten Standorten mit einem berechneten Anstieg von rd. 0,6 m – 0,8 m annähernd richtig wieder gegeben wird. Die beste Anpassung wird für die GWM U8 542 im westlichen Modellraum ermittelt. Die übrigen betrachteten GWM befinden sich überwiegend entlang des Hachinger Baches und damit angrenzend zum direkten Einzugsgebiet des Truderinger Hüllgrabens. Vermutlich wirken sich auch dort die vorstehend angesprochenen Einflüsse von östlich des Modellrandes in gewissem Umfang noch aus und führen zu den in den Messwerten erkennbaren, etwas stärkeren Grundwasserstandsänderungen beim HW2013.

Insgesamt wird im Schritt 3, unter Berücksichtigung der vorstehenden Anmerkungen, eine gute Nachbildung der gemessenen Werte durch die Berechnung erreicht. **Hierdurch werden auch die getroffenen Annahmen zu den vom 30.05.2013 bis 02.06.2013 voraussichtlich höheren wirksamen Sickerwasserraten in der Größenordnung bestätigt.**

Die maximale Aussickerung in den Hachinger Bach wurde bei den gewählten Randbedingungen (Schritt 3) zu rd. 587 l/s ermittelt. Der für den Pegel Furth beim HW2013 abgeleitete maximale Abfluss (526 l/s) wird hiermit etwas überschritten (rd. 12 %). In Anbetracht der beschriebenen Unsicherheiten bei der Ableitung der Abflüsse am Pegel Furth (ETA-Wert, Umläufigkeit beim HW2013) und den beim

HW2013 auch nördlich des Pegel Furth zusätzlich aussickernden Grundwassermengen, **kann das Ergebnis als eine gute Übereinstimmung von Berechnung und abgeleitetem Messwert interpretiert werden.**

4.4.3.4 Schritt 4: Berechnung instationäre Wasserspiegel am Hachinger Bach beim HW2013

Randbedingungen

Ergänzend zum Schritt 3 erfolgte im Schritt 4 eine zeitliche Variation des bisher stationär angesetzten Wasserspiegels am Hachinger Bach.

Als Grundlage für eine Abbildung der beim HW2013 am Hachinger Bach im gesamten Modellraum aufgetretenen Wasserspiegellagen wurden Berechnungen mit dem bestehenden 2D-WSP-Modell durchgeführt. Es wurde die in Abbildung 32 dargestellte Abflusskurve am Pegel Furth (1/4-Stunden-Werte), im Zeitfenster 31.05.2013 bis 05.06.2013, zugrunde gelegt. Der Scheitelabfluss tritt dort am 02.06.2013 14:45 Uhr mit 526 l/s (0,526 m³/s) auf. Für den darauffolgenden weiteren Verlauf, bis zum Ende des Kalibrierungszeitraumes, wurden die Randbedingungen der stationären Kalibrierung verwendet.

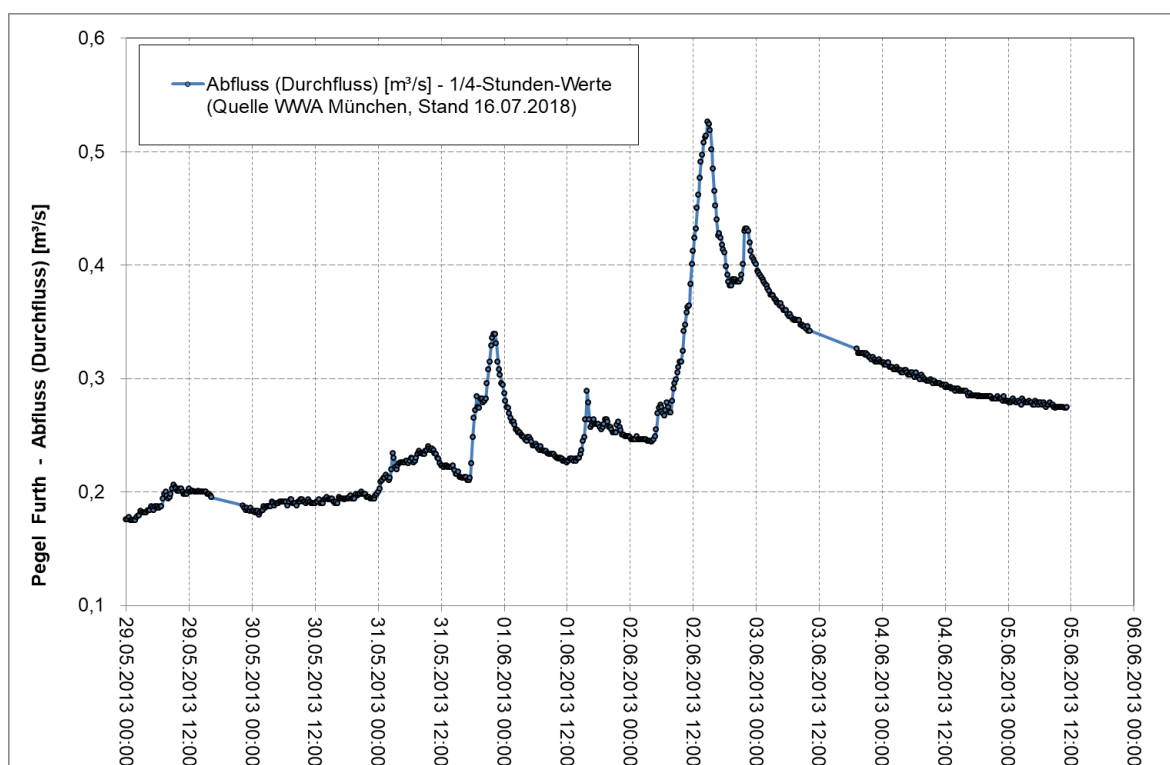


Abbildung 32: Hachinger Bach - Pegel Furth, Abflüsse 29.05.2013 bis 05.06.2013 (Quelle: WWA München)

Die Abflüsse wurden im bestehenden 2D-WSP-Modell an der dort definierten, südlichen Zuflussrandbedingung angesetzt. Diese befindet sich nicht am Standort des Pegel Furth, sondern weiter südlich, in der Gemeinde Oberhaching auf Höhe des Einspeisungsbrunnen.

Ob es beim HW2013 zu einer Umläufigkeit des Pegels Furth kam oder nicht, konnte nicht verifiziert werden. Die zugrunde liegende W-Q-Beziehung ist nach Einschätzung WWA München durch zu wenige Daten belegt. Die am Pegel Furth beim HW2013 ermittelten Wasserstände und Abflüsse am Hachinger Bach können somit lediglich als orientierende Größe angesehen werden. Die weiteren beim HW2013, im Gemeindegebiet Taufkirchen, vorliegenden Wasserstände am Hachinger Bach (Pegel 1 bis 3) vom 03.06.2013 und somit nach dem Scheitel der Hochwasserwelle im Hachinger Bach, wurden als zusätzliche Beurteilungsgrundlage herangezogen (Kap. 3.4.2).

Beim HW2013 sind im Modellraum ebenfalls hohe Niederschläge aufgetreten. Infolgedessen ist davon auszugehen, dass die weiteren im 2D-WSP-Modell bestehenden Zuflüsse und Einleitstellen (Entenbachl, Straßenentwässerung, Dachentwässerung, etc.) auch im Juni 2013 zu den Abflüssen im Hachinger Bach beigetragen haben. Den in der Studie von 2014 angesetzten Zuflüssen lagen allerdings Berechnungen für ein HQ100, bei einer Niederschlagsdauer von 48 h zugrunde (LfU, s.a. Kap. 3.4.3.2). Diese Ansätze können nicht direkt auf die Verhältnisse im Mai/Juni 2013 übertragen werden. Diese Einleitstellen wurden daher vorläufig nicht berücksichtigt.

Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse zum Schritt 4 sind, zum besseren Vergleich, zusammen mit den entsprechenden Ergebnissen zum Schritt 3, in der Anlagenreihe 2.12.1.1 bis 2.12.4.3 gegeneinander gestellt.

Gemeindegebiet Oberhaching

- Die im Schritt 4 berücksichtigten instationären Wasserspiegel am Hachinger Bach führen am Messort 12 (Anlage 2.12.1.1) und an der GWM OBERHACHING D D 62 (Anlage 2.12.1.2) zu einem geringeren Anstieg der berechneten Grundwasserstände als im Schritt 3 (ca. 0,1 m – 0,2 m weniger). Dies ist auf das im Schritt 4 resultierende höhere Austrittsniveau (Vorflut) am Hachinger Bach zurückzuführen, dies hat eine geringere Potentialdifferenz und einen geringeren Austritt von Grundwasser im Hachinger Bach zur Folge.
- Am Messort 2 (Anlage 2.12.1.3) werden im Schritt 4 etwas höhere maximale Grundwasserstände berechnet (ca. +0,3 m), dort korrespondiert der Grundwasserspiegel mit dem Wasserspiegel am nahe gelegenen Hachinger Bach. Insgesamt ergibt sich im Schritt 4 für das Gemeindegebiet Oberhaching eine leichte Verbesserung in der Güte der Modellanpassung.

Gemeindegebiet Taufkirchen

In Anlage 2.12.2.1 bis 2.12.2.8 sind gemessene und berechnete Ganglinien an GWM im Gemeindegebiet von Taufkirchen gegenüber gestellt (Lage s. Anlage 2.7):

- An GWM 5 (Anlage 2.12.2.1) nimmt die berechnete Intensität der Reaktion im Schritt 4 ebenfalls zu, der maximale Grundwasseranstieg fällt im Scheitel um ca.0,2 m höher aus. Auch diese GWM liegt nahe zum Vorfluter Hachinger Bach, die Grundwasserstände korrespondieren dort mit dem berechneten Wasserspiegel. Nach dem Durchlaufen des Scheitelwertes ergeben sich insgesamt nur relativ wenige Veränderungen gegenüber den Ergebnissen zum Schritt 3 (Zentimeter).

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Entsprechendes lässt sich auch für die weiteren GWM im Gemeindegebiet Taufkirchen feststellen (Anlage 2.12.2.2 bis 2.12.2.8)

Gemeindegebiet Neubiberg/Campeon-Gelände

- In Anlage 2.12.3.1 und 2.10.3 Anlage 2.12.3.2 sind gemessene und berechnete Ganglinien an ausgewählten GWM im Gemeindegebiet von Neubiberg gegenüber gestellt.
- Es ergeben sich insgesamt nur geringfügige Veränderungen gegenüber den Ergebnissen zum Schritt 3.

Stadtgebiet München (im Modellraum)

- In Anlage 12.4.1 bis Anlage 12.4.4 sind gemessene und berechnete Ganglinien an GWM im Stadtgebiet von München (LHM) gegenübergestellt.
- Es ergeben sich insgesamt nur geringfügige Veränderungen gegenüber den Ergebnissen zum Schritt 3.

Insgesamt ist festzustellen, dass im Schritt 4 nennenswerte Veränderungen erwartungsgemäß nur für das Gebiet der Gemeinden Oberhaching und Taufkirchen festzustellen sind. Dort wird eine etwas bessere Anpassung der Berechnungsergebnisse, an die beim HW2013 gemessenen, natürlichen Verhältnisse, erreicht. Für die übrigen Gebiete des Modellraumes (Unterhaching, Neubiberg, Stadtgebiet München) treffen die gleichen Aussagen zu wie im Schritt 3 (Kap. 4.4.3.3).

Die maximale Aussickerung in den Hachinger Bach wurde bei den gewählten Randbedingungen (Schritt 3) zu rd. 590 l/s ermittelt. Dieser entspricht damit annähernd dem Wert aus dem Berechnungsschritt 3. In Anbetracht der beschriebenen Unsicherheiten bei der Ableitung der Abflüsse am Pegel Furth (ETA-Wert, Umläufigkeit beim HW2013), **kann das Ergebnis als eine gute Übereinstimmung von Berechnung und abgeleitetem Messwert (526 l/s) interpretiert werden.**

4.4.4 Endverteilung Modellparameter

Die maßgeblichen hydrogeologischen Modellparameter (k_f -Werte, Gewässeraustauschraten bzw. Leakage-Faktoren) wurden entsprechend der stationären Modellkalibrierung beibehalten (Anlage 2.3.1 und Anlage 2.3.2). Die sonstigen für die instationäre Modellkalibrierung wesentlichen Modellparameter wurden gegenüber dem instationären Ausgangsfall ebenso unverändert beibehalten:

- Porosität (n_e): 20 %
- spezifischer Speicherkoeffizient (S_s): 0,0001 [1/m]

Hinsichtlich der Porosität durchgeführte Sensitivitätsbetrachtungen führten zu keiner nennenswerten Verbesserung des Kalibrierungsergebnisses. Die Änderung des Parameters erfolgte in einer Bandbreite von 15 % – 18 %, was überwiegend zu einer starken Überzeichnung der gemessenen Grundwasserstandsänderungen führte.

Hinsichtlich der Hachinger Sperrschicht (HSS) ist eine direkte Überprüfung der (vertikalen) Durchlässigkeit nicht möglich, da deren Unterkante die obere Begrenzung des Grundwassermodells darstellt. Eine indirekte Überprüfung der hydraulischen Wirksamkeit erfolgte jedoch im Rahmen der

instationären Kalibrierung. In den Gebieten mit nachgewiesener Verbreitung der HSS (s. a. Kapitel 3.3.1.2) lag der maximale berechnete Grundwasserspiegel beim HW2013 bis zu ca. 2 m über der Deckschichtunterkante. Dies betrifft insbesondere den nahe zum Hachinger Bach gelegenen Bereich zwischen der Kybergstr. und dem Marklweg, sowie am Postweg in Taufkirchen. Dort lag beim HW2013 somit kurzzeitig und vorübergehend gespanntes Grundwasser vor.

Für die Gebiete mit nachgewiesener Verbreitung der HSS erfolgte im Rahmen der Kalibrierung eine Modifikation des spez. Speicherkoeffizienten um ± 2 Zehnerpotenzen, hierbei wurde keine nennenswerte Veränderung der berechneten Grundwasserstände an den benachbarten GWM festgestellt. Insgesamt weist dies auf eine geringe Sensitivität gegenüber den Annahmen zur hydraulischen Wirkung der HSS hin, dies resultiert vermutlich insbesondere aus der vergleichsweisen kleinräumigen Verbreitung der HSS. Im Grundwassermodell wird die hydraulische Wirkung der insgesamt erfassten Deckschichten in ihrer flächigen Wirkung berücksichtigt (s. Anlage 1.5).

4.4.5 Gesamtbewertung der instationären Modellkalibrierung

Gemäß den einschlägigen technischen Regeln (DVGW W 107 (A) [18] zeichnet „sich die Qualität einer instationären Kalibrierung durch die Erfassung der natürlichen Dynamik und insbesondere der Unterschiede in der Dynamik aus. ...Eine gegenüber der stationären Kalibrierung verbesserte Abbildung der Absoluthöhen ist dabei von untergeordneter Bedeutung.“

Durch die vorliegende instationäre Nachbildung werden die während des HW2013 gemessenen Grundwasserstände an den betrachteten GWM in den wesentlichen Reaktionen nachgebildet. Die Berechnungsergebnisse zeigen, insbesondere durch die überwiegend gute Abbildung der Dynamik in der Anstiegsphase und im darauffolgenden Rückgang der Grundwasserstände, dass die getroffenen Abschätzungen in der richtigen Größenordnung liegen. Die bereichsweise gegenüber den gemessenen Werten intensiveren berechneten Reaktionen im Scheitel der „Grundwasserwelle“ (max. Grundwasserstand beim HW2013) erscheinen plausibel, die tatsächlich aufgetretenen maximalen Grundwasserstände werden an den Messnetzen der beteiligten Kommunen aufgrund der relativ groben zeitlichen Erfassung der Messwerte (Monatswerte, 14-Tageswerte) voraussichtlich nicht erfasst. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen:

- Vor dem Hintergrund der heterogenen Datenlage bei den gemessenen Grundwasserständen ist die Bewertung von Messdaten und die Kalibrierung generell erschwert.
- Die Grundwasserstände im Modellgebiet werden durch verschiedene Einflussgrößen bestimmt, die zu entsprechend komplexen Wechselwirkungen mit dem Grundwasser führen:
 - regional stark variierende Flurabstände und entsprechend zeitlich variierende Zusicke- rung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Sickerwasser),
 - bereichsweise stark variierende hydrogeologische Verhältnisse, betreffend die Mächtigkeit des Grundwasserleiters und das Fließgefälle im Grundwasser,
 - abschnittsweise und zeitlich variierende Abschnitte mit Austritt von Grundwasser im Verlauf des Hachinger Baches. Dies trifft auch auf das Gemeindegebiet von Taufkirchen mit den dort bestehenden Grabensystemen zu.
- Die durchgeführten Berechnungen im Rahmen der instationären Modellkalibrierung zeigen, dass der zeitliche Verlauf der Grundwasserneubildung der wesentliche Faktor zur Erklärung

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

der Grundwasserstands Dynamik ist. Die instationäre Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Sickerwasserrate) wurde aus den seitens LfU berechneten monatlichen Sickerwassermengen und im 2. Schritt unter zusätzlicher Berücksichtigung der Niederschlagsverteilung im Mai/Juni 2013 angesetzt.

Aus zwischenzeitlichen Abstimmungen mit dem LfU wurde in Erfahrung gebracht, dass auch berechnete Tageswerte der Sickerwasserraten zur Verfügung gestellt werden können. Es wird daher empfohlen, bei zukünftigen Arbeiten (z. B. Fortschreibung, Nachkalibrierung) die tagesgenauen Sickerwasserraten zu verwenden und ggf. vorstehende Ableitungen und Ansätze zu verifizieren.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen liegt somit ein prognosefähiges Instrument für die Planungen zum Hochwassermanagement Hachinger Bach vor.

5 Einsatz Grundwassermodell

5.1 Zielsetzung

Das in Abstimmung mit den Oberliegergemeinden und der Landeshauptstadt München gefundene Hochwasserschutzkonzept beinhaltet vier Hochwasserrückhaltmaßnahmen (Lage s. Anlage 1.1 und Anlage 3), Eindeichungen sowie einen teilweisen Gewässerausbau, um die betroffene Bebauung hochwasserfrei zu legen [15].

Zielsetzung der Konzeptbearbeitung war es, bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis (HQ100 Ereignis) eine Drosselung des Abflusses am Hachinger Bach, vor dem Eintritt in das Stadtgebiet der LHM, auf max. 1 m³/s zu erreichen. Bei Umsetzung der genannten Hochwasserschutzmaßnahmen wurde ein Abfluss (am Modellauslauf) von ca. 0,85 m³/s erreicht [15].

Ziel der vorliegenden Prognoserechnungen mit dem kalibrierten Grundwassermodell stellt die Ermittlung und Abschätzung von grundwasserhydraulischen Auswirkungen dieser potentiellen Rückhaltmaßnahmen im Hochwasserfall dar. Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse können Aussagen über Konsequenzen und mögliche, negative Beeinflussungen sowie Auswirkungen für Mensch und Umwelt getroffen werden.

5.2 Modellgrundlage

Die Aufstellung des eingesetzten Grundwassermodells erfolgte auf Grundlage der im HGM abgeleiteten Vorgaben und Randbedingungen (s. Kapitel 3) sowie der anschließenden Anpassung an die Stichtagsmessung vom 06. April 2018 (stationäre Kalibrierung, s. Kapitel 4.2) und das Hochwasserereignis Mai/Juni 2013 (instationäre Kalibrierung, s. Kapitel 4.4).

Die vorstehend genannten Arbeitsschritte und Ergebnisse wurden durch die maßgeblich beteiligten Institutionen (LHM, WWA München) geprüft und entsprechend freigegeben. Das vorliegende, kalibrierte Grundwassermodell stellt somit ein geeignetes Planungswerkzeug zur Abschätzung von grundwasserhydraulischen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen dar.

Nachfolgend werden die untersuchten Zustände, Varianten mit entsprechenden Randbedingungen sowie die Ergebnisse der grundwasserhydraulischen Berechnungen erläutert.

5.3 Untersuchte Zustände und Varianten

5.3.1 Zustände

Die zur Beurteilung der Auswirkungen infolge der geplanten Maßnahmen betrachteten Zustände wurden entsprechend den hydraulischen Berechnungen und Ansätzen im 2D-WSP-Modell (s. Kapitel 5.4.1) entnommen und als **Ist- und Planzustand** in das vorliegende Grundwassermodell umgesetzt.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Der **Istzustand** stellt den Bezugszustand ohne die konzipierten wasser- bzw. flussbaulichen Anpassungsmaßnahmen zur Drosselung des Hochwasserabflusses dar. Hierbei treten bei einem HQ100 Ereignis Ausuferungen bis in die bebauten Gebiete der betroffenen Oberliegergemeinden sowie der Stadt München auf. Die Ausdehnung und Lage dieser Überschwemmungsgebiete ist in Anlage 3 dargestellt. Die hydraulische Leistungsfähigkeit des Hachinger Bachs reicht folglich nicht aus, um einen HQ100-Abfluss ohne Schäden und innerhalb der vorhandenen Strukturen abzuführen.

Im **Planzustand** hingegen werden durch die vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen weite Bereiche hochwasserfrei gelegt. Hierbei wird ein Teil des Hochwasserabflusses in Retentionsräumen zurückgehalten und an geeigneten Stellen um- bzw. abgeleitet. Als wirksamste Maßnahmen wurden in einer vertiefenden Hochwasserstudie von Steinbacher-Consult [15] drei Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) und eine Gewässerableitung identifiziert:

- HRWB Mühlweg (max. Rückhaltevolumen 27.900 m³)
- HWRB Tegernseer Landstraße (max. Rückhaltevolumen 43.600 m³)
- Hochwasser- bzw. Gewässerumleitung Unterhaching (max. Rückhaltevolumen 25.000 m³)
- HWRB Flughafengelände Unterhaching (max. Rückhaltevolumen 79.500 m³)

Die vorstehenden Anpassungs- bzw. Rückhaltemaßnahmen sind – neben dem Abflussgeschehen im Hachinger Bach – in ihrer Wirkung als grundwasserhydraulisch relevant anzusehen. Hierbei spielen insbesondere folgende Einflussgrößen eine wesentliche Rolle:

- Einstauhöhen und Einstaudauer in den potentiellen Rückhaltemaßnahmen
- Lage der Maßnahmen zur umgebenden Bebauung und sonstigen Nutzungen
- Flurabstände im Bereich der potentiellen Rückhalteräume und den angrenzenden Nutzungen im Hochwasserfall
- Beschaffenheit und Mächtigkeit der oberflächennahen Deckschichten in den angedachten Rückhalteräumen.

Weiterführende Beschreibungen und Detailangaben zu allen konzipierten Maßnahmen können der vertiefenden Hochwasserstudie [15] entnommen werden, Lage und Ausdehnung der Rückhaltemaßnahmen im Hinblick auf bestehende Nutzungen innerhalb des Modellraums sind in Anlage 3 dargestellt.

5.3.2 Varianten

In den Prognoserechnungen erfolgt eine Betrachtung des Plan- und Istzustands im Grundwassermodell, um mögliche nachteilige Auswirkungen räumlich identifizieren und abschätzen zu können (s. Kapitel 5.3.1).

Im Zuge der instationären Modellanpassung am HW2013 wurden Unsicherheiten hinsichtlich den hydrologischen Randbedingungen im Grundwasser, insbesondere bzgl. der tatsächlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (Sickerwasserrate) festgestellt und diskutiert.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Auf Grundlage der seitens LfU zur Verfügung gestellten, flächendifferenzierten Sickerwasserraten (Monatswerte) wurden hierbei mehrere, aufeinander aufbauende Untersuchungsschritte durchgeführt und im Hinblick auf die Modellanpassung bewertet (s. Kapitel 4.4.3).

Aufgrund den o. g. Feststellungen wurden im Vorfeld der Prognoserechnungen in einem gesonderten Arbeitsschritt mögliche, hydrologische Randbedingungen im Grundwasser während eines HQ100 Ereignisses geprüft und in einer Kurzdokumentation [25] erläutert. Hierbei stand die Betrachtung der Festpotenziale an den Modellrändern sowie der modellwirksamen Sickerwasserrate im Vordergrund.

Die Ergebnisse dieses Arbeitsschrittes sowie weitere, im Rahmen der Unsicherheiten zu betrachtende hydrologische Randbedingungen eines HQ100 Ereignisses wurden gemeinsam mit dem AG und dem WWA München diskutiert und erarbeitet [26].

Hierbei erfolgte in einer iterativen Vorgehensweise die Festlegung folgender, zu betrachtender **Varianten** für den jeweiligen Ist- und Planzustand des Lastfalls HQ100:

- mittlere hydrologische Verhältnisse im Grundwasser, **Hydrologie MGW**
- hydrologische Verhältnisse des HW2013 im Grundwasser, **Hydrologie HGW2013**
- hydrologische Verhältnisse eines möglichen HQ100 im Grundwasser, **Hydrologie HGW100**

Durch diese sog. Varianten können die Unsicherheiten innerhalb der grundwasserseitig auftretenden Hydrologie während eines HQ100 Ereignisses in ihrer Bandbreite erfasst und beurteilt werden. Sie erfüllen somit im Wesentlichen zwei Funktionen:

- Verifizierung der planungsbedingten Auswirkungen unter verschiedenen, hydrologischen Randbedingungen im Grundwasser.
- Sensitivitätsbetrachtung hinsichtlich der zu erwartenden, maximalen Grundwasserstände unter Berücksichtigung von hydrologischen Unsicherheiten.

Durch die hydrologische Variantenbetrachtung werden nur Änderungen anhand der vorgegebenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag bzw. Sickerwasserrate sowie dem Zu- und Abstrom über die südliche bzw. nördliche Modellgrenze betrachtet. Die entsprechenden Randbedingungen sind in Kapitel 5.4 erläutert.

Für die Prognoserechnungen ergeben sich daher insgesamt 3 zu betrachtende Szenarien, in denen die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen gegenüber dem Istzustand in Kombination mit den maßgebenden, hydrologischen Randbedingungen untersucht werden (s. Kapitel 5.5).

5.3.3 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Da bei den vorliegenden Untersuchungen zum HWM Hachinger Bach vorrangig die Abschätzung von grundwasserseitigen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen im Vordergrund steht, wurde von einer Darstellung detaillierter, punktueller Auswertungen abgesehen. Diese können in Abstimmung mit dem AG bei weiteren, konkreteren Planungs- bzw. Untersuchungsschritten in geeigneter Form (z. B. Gegenüberstellung Ganglinien berechneter Grundwasserstände im Plan- bzw. Istzustand) entsprechend ergänzt werden.

Es wurden daher folgende, hinsichtlich der Aufgabenstellung geeignete, räumliche Ergebnisdarstellungen gewählt:

Grundwassergleichen (maximale Grundwasserstände)

- Die berechneten Grundwasserstände wurden in Form von Grundwassergleichenplänen für die maximalen Grundwasserstände ausgewertet. Diese stellen den bei der jeweils betrachteten Variante ermittelten Scheitelwert im Grundwasser dar. Aufgrund des hohen Potenzialunterschieds im Modellraum wurde für die Darstellung der Isolinien – analog zu den Ergebnissen der stationären Modellanpassung (s. Anlage 2.2.4) – ein Intervall von 2 m gewählt.
- Die Scheitelwerte im Grundwasser treten jedoch nicht an allen Stellen zeitgleich auf, da sich die Auswirkungen von Hochwasserereignissen mit zunehmender Entfernung vom Gewässer bzw. von überschwemmten und eingestauten Bereichen gedämpft auf die Grundwasserstände auswirken. Diese Dämpfung betrifft sowohl den auftretenden Scheitelwert als auch den Zeitpunkt des Auftretens (zeitliche Verzögerung). Die Darstellungen geben somit die maximalen, innerhalb des gesamten instationären Berechnungszeitraums aufgetretenen Grundwasserstände wieder.
- Im Hinblick auf die Beurteilung möglicher, negativer Auswirkungen auf bestehende Nutzungen im Untersuchungsgebiet stellen die maximalen Grundwasserstände den maßgebenden Zustand dar.
- Allen Auswertungen wurden zudem flächige Darstellungen der jeweiligen Flurabstandsbereiche hinterlegt. Der Flurabstand gibt den Abstand zwischen der Geländeoberkante (GOK) und dem berechneten, maximalen (Druck-)Wasserspiegel im Grundwasser wieder. Folglich ist dieser stark von der Topographie im Modellraum abhängig (s. Anlage 1.2). Negative Flurabstände ergeben sich in Bereichen, in denen der berechnete, maximale (Druck-)Wasserspiegel im Grundwasser über Gelände ansteht. Bei entsprechender Beschaffenheit (Durchlässigkeit) und Mächtigkeit der Deckschichten sind somit Qualmwasseraustritte an der Geländeoberfläche möglich.
- Zwecks Vergleichbarkeit sind die Flurabstandsbereiche in ihrer Abstufung entsprechend der Stichtagsmessung vom 06. April 2018 gewählt worden (s. Anlage 1.11). Zur weiteren Differenzierung von möglichen, negativen Flurabständen bei hohen Grundwasserständen wurde diese Darstellung um 4 zusätzliche Bereiche mit Intervallen von -1 m bzw. -2 m ergänzt.

Grundwasserspiegeldifferenzen

- Die Auswirkungen der jeweils betrachteten Szenarien auf die Grundwasserstände wurden durch entsprechende Differenzenpläne veranschaulicht. Die Differenzen wurden hierbei zwischen den berechneten, maximalen Grundwasserständen des betrachteten Plan- und Istzustand gebildet.
- Grundwasserspiegeldifferenzen größer +0,1 m bzw. kleiner -0,1 m liegen innerhalb der Aussagegenauigkeit des Modells und werden als signifikant erachtet. Als Intervall bzw. Abstufung zwischen benachbarten Isolinien gleicher Differenzen wurde ein entsprechend identischer Betrag von 0,1 m gewählt.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Durch die vergleichende Betrachtung wird die Veränderung der maximalen Grundwasserstände infolge der Planung und unter den vorgegebenen, hydrologischen Einflussgrößen ermittelt und flächig dargestellt.
- Die ermittelten Grundwasserspiegeldifferenzen zeigen ebenso die betragsmäßigen Änderungen in den Flurabständen zwischen Plan- und Istzustand auf. Während sich der Flurabstand bei einer Anhebung des berechneten, maximalen Grundwasserspiegels verringert, wird selbiger bei einer Absenkung entsprechend erhöht.

Die Ergebnisse der instationären, grundwasserhydraulischen Berechnungen der untersuchten Varianten sind in Kapitel 5.5.1 bis 5.5.3 dargelegt. Die zugehörigen Anlagen finden sich in den Anlagenreihen 3.1 bis 3.3.

5.4 Randbedingungen und Parameter

5.4.1 Hydraulik (2D-WSP-Modell)

Die zur Beurteilung der Auswirkungen infolge der geplanten Maßnahmen betrachteten Zustände des Lastfalls HQ100 wurden entsprechend dem vorliegenden hydraulischen Modell (Stand 2014, Steinbacher-Consult, [15]) entnommen.

(Ergänzende Anmerkung: Im Rahmen des Startgesprächs [24] wurde der Istzustand 2016 übergeben, welcher die Überarbeitung bzw. Aktualisierung des Istzustands von 2014 darstellt. Dieser aktualisierte Zustand liegt dem Aufbau sowie der stationären und instationären Anpassung des Grundwassermodells zugrunde. Zu Beginn der Prognoseberechnungen wurde nach Rücksprache mit dem Baureferat der LHM festgestellt, dass seitens Steinbacher-Consult keine entsprechende Aktualisierung des Planzustandes von 2014 erfolgte. Die Unterschiede zwischen beiden Istzuständen sind jedoch als vernachlässigbar gering einzustufen, was in einer Gegenüberstellung von Abflussganglinien in Kontrollquerschnitten gezeigt wurde. Somit ist auch von keinen wesentlichen Änderungen im Planzustand auszugehen [20]. In gemeinsamer Abstimmung mit dem Baureferat der LHM wurde daher vereinbart, die Prognoserechnungen mit dem Ist- und Planzustand von 2014 durchzuführen. Dies ist durch die nur betragsmäßig geringe Achsverschiebung des Hachinger Bachs sowie den unwesentlichen Änderungen in den Ausuferungen begründet. Letztere liegen mehrheitlich unter der räumlich variablen Modellauflösung des Grundwassermodells – siehe hierzu auch die grafische Darstellung in der Präsentation vom 13.04.2021 [26].)

Den hydraulischen Berechnungen für den Plan- und Istzustand liegen insgesamt 4 Zuflüsse (D bis A) und 6 zusammengefasste Einleitstellen (E2, E8 – E13, E16 + E17, E18 + 19, E20 – E29 und E31 – E37) als Zulaufbedingungen zugrunde, die in Ihrer Gesamtheit und bei einer Niederschlagsdauer von $D = 48$ h den Hochwasserabfluss im Lastfall HQ100 bewirken. Die Lage dieser Zulaufpunkte innerhalb des Modellraums ist in Anlage 3 dargestellt, die zugehörigen Ganglinien können nachfolgenden Abbildung 33 und Abbildung 34 entnommen werden. Den Berechnungen liegt somit ein maximaler Zufluss von $Q_{\max} = 3,38$ m³/s zugrunde (s. Tabelle 5). Weitere Angaben bzgl. der Zuflüsse und Einleitstellen sind in Kapitel 3.4.3.2 dargelegt, detaillierte Informationen – insbesondere hinsichtlich Ableitung und Relevanz für ein HQ100 Ereignis – sind der Hochwasserstudie [15] zu entnehmen.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
 Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
 - Hydrogeologisches Modell
 - Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
 - Einsatz Grundwassermodell

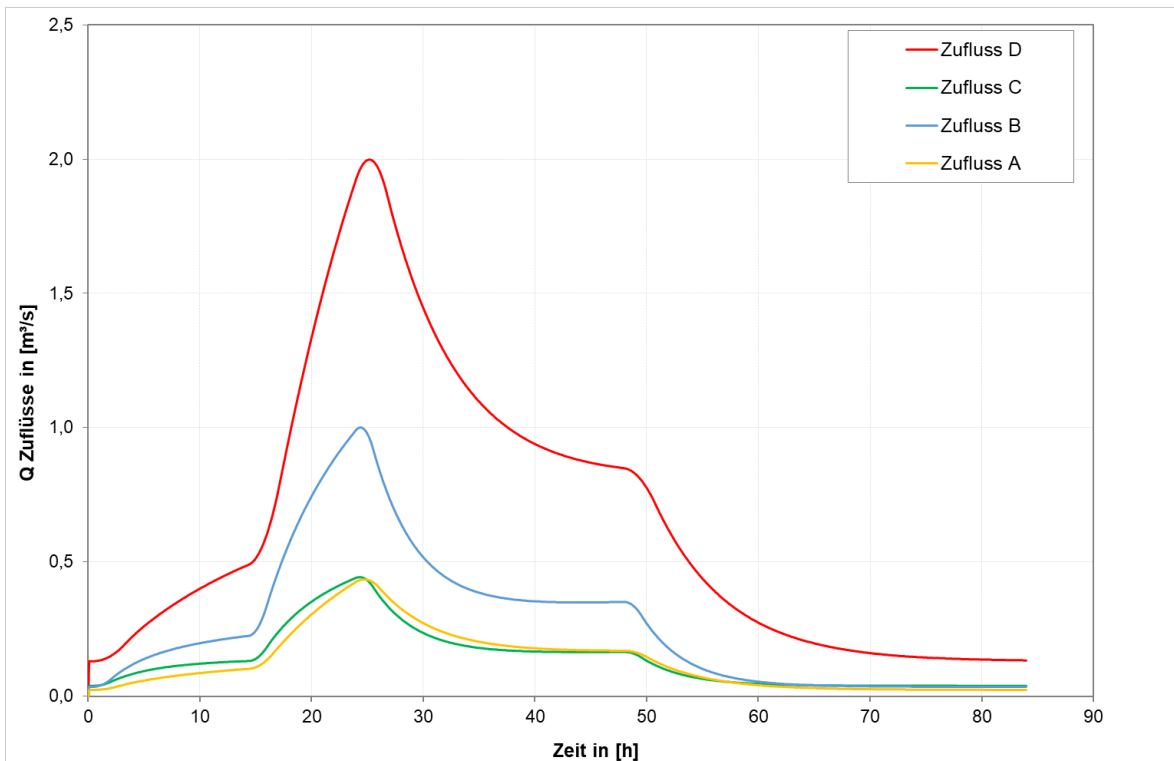


Abbildung 33: Zulaufbedingungen 2D-WSP-Modell - Zuflüsse HQ100 (D = 48 h)

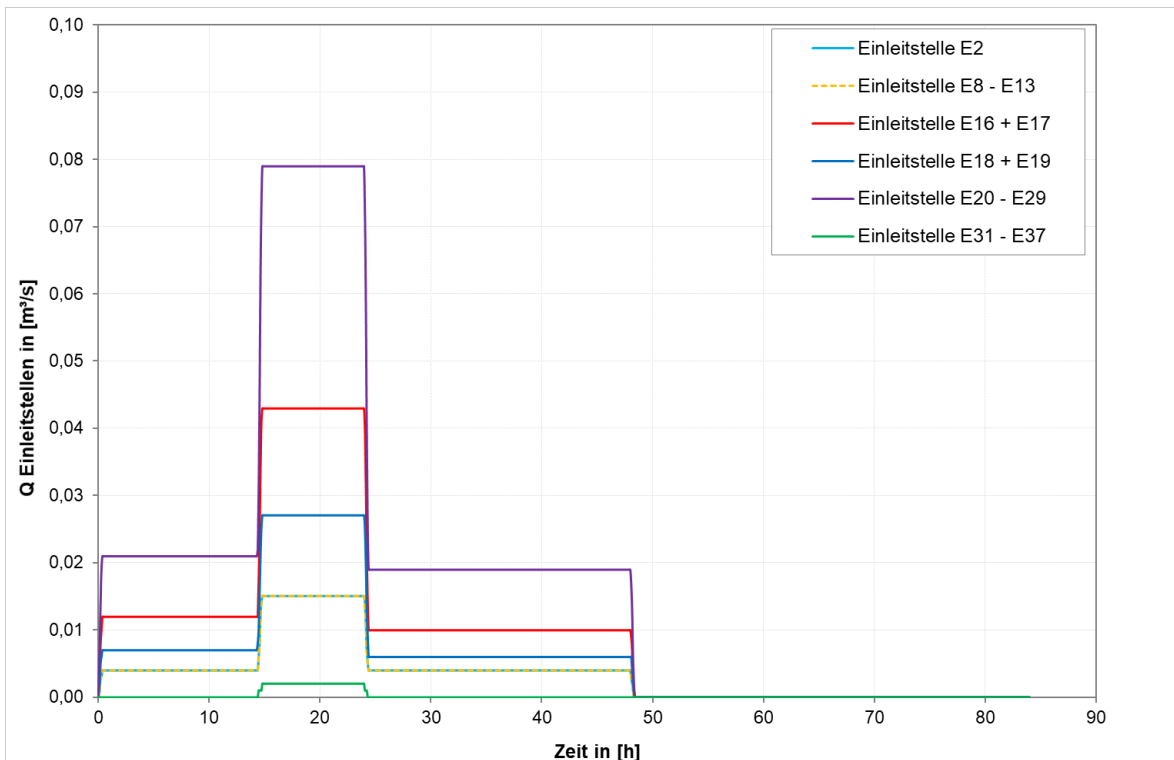


Abbildung 34: Zulaufbedingungen 2D-WSP-Modell – Einleitstellen HQ100 (D = 48 h)

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Nördlich des Zuflusses D werden bei ca. Fl.km 8+000 durch einen Brunnen rd. 10 l/s Grundwasser entnommen und dem Hachinger Bach zugeführt. Hierbei wird verhindert, dass der Bachlauf bei niedrigen bzw. anhaltend unterdurchschnittlichen Grundwasserständen trocken fällt (s. Kapitel 3.6.3.2). Aufgrund der geringen, insbesondere während erhöhten Abflüssen bzw. Hochwasserverhältnissen untergeordneten Menge ist diese Randbedingung weder im 2D-WSP-Modell noch im Grundwassermodell berücksichtigt.

Die mit dem 2D-WSP-Modell ermittelten, zeitlich variablen Wasserstände der Gewässer und Überschwemmungsflächen wurden jeweils für den Ist- und Planzustand als Eingangsgrößen – mit einer entsprechend der Aufgabenstellung gerechten Unterteilung der Zeitschritte – in das Grundwassermodell übernommen. Die Zuweisung erfolgte als zeitlich variable Randbedingung 3. Art (Cauchy-Randbedingung).

Die Laufzeit der hydraulischen Berechnungen beläuft sich auf insgesamt 84 h bzw. 3,5 Tage. Um ein entsprechendes Zusammenwirken bzw. eine Überlagerung des Hochwasserscheitels mit dem Maximum der vorgegebenen Sickerwasserrate (s. Kapitel 5.4.4) abzubilden, wurde die Zeitspanne der hydraulischen Berechnung des HQ100 in die Laufzeit der instationären Modellanpassung am HW2013 (01.05.2013 – 30.04.2014) projiziert. Die zeitliche Zuordnung des Scheitelwerts der HQ100 Welle erfolgte hierbei zeitgleich zum Auftreten des Scheitelwerts des HW2013, als Referenz diente der Durchgang der Welle am Pegel Furth. Dieser Ansatz liegt im Hinblick der kombinierten Auswirkungen der verschiedenen Einflussgrößen auf die Grundwasserstände auf der ungünstigen und somit sicheren Seite.

Für die im Modellgebiet bestehenden Nebengewässer, in denen keine berechnete Wasserspiegellagen im 2D-WSP-Modell (z. B. Entenbachl südlich des HWRB Tegernseer Landstraße und Teile des Grabensystems bei Taufkirchen) vorliegen, wurden die Ansätze aus der Modellanpassung übernommen. Diesen Teilabschnitten kommt in Ihrer Wirkung die Rolle einer Drainage zu, welche bei entsprechend hohen Grundwasserständen wirksam wird (Wasserstand und mögliches Austrittsniveau Grundwasser = Gewässersohle, s. Kapitel 4.1.2).

5.4.2 Modellparameter

Für die grundwasserhydraulischen Prognoserechnungen wurden die Modellparameter entsprechend der Endverteilung der stationären und instationären Modellanpassung übernommen.

Da sich die Unterschiede zwischen Ist- und Planzustand nur durch die jeweiligen hydraulischen Randbedingungen im 2D-WSP-Modell ergeben, wurden beiden Zuständen identische Parameterverteilungen zugewiesen:

- Speicherkoeffizienten:
 - freie Grundwasserverhältnisse: 0,2 (20 %)
 - (teil)gespannte Grundwasserverhältnisse: 0,0001 [1/m]

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

- Untergurnddurchlässigkeiten: Vorgabe gemäß der ermittelten Endverteilung der Modellanpassung (s. Anlage 2.3.1)
- Gewässeraustauschraten: Vorgabe der maßgebenden Modellparameter (Leakage-Faktor bzw. Transferrate) an linienhaften Oberflächengewässern gemäß dem Endzustand der Modellanpassung (s. Anlage 2.3.2)

Ergänzend zu den o. g. Modellparametern erfolgten nachstehende, zusätzliche Festlegungen:

Durchlässigkeit der Deckschichten

Im Hochwasserfall kommt den Ausuferungen und den eingestauten Vorländern die Wirkung eines Gewässers mit teilgedichteter Sohle zu. Hierbei findet innerhalb der Überflutungsflächen eine vertikale Zusickerung von Oberflächenwasser in den Grundwasserbereich statt. Die Höhe der Zusickerungsmenge wird hierbei im Wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Wasserstand auf den eingestauten Flächen
- Grundwasserstand bzw. Druckwasserspiegel im Grundwasserleiter
- Mächtigkeit und Beschaffenheit bzw. Ausbildung der Deckschichten

Die summarische Wirkung von Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Deckschichten wird durch den sogenannten Leakage-Faktor bzw. entsprechende Transferrate beschrieben, der sich als Quotient von vertikalem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) der Deckschicht und Mächtigkeit der Deckschicht ergibt (s. Kapitel 4.1.2).

Für das Modellgebiet – und insbesondere den Bereich der 4 konzipierten Rückhaltmaßnahmen – liegen keine Angaben zur Durchlässigkeit der Deckschichten (z. B. Auswertungen und/oder Daten von Feld- bzw. Laborversuchen) vor. Zusätzlich bestehen innerhalb des Modellraums unterschiedliche Flächennutzungen, die kategorisch grob in nicht versiegelte, teilversiegelte und versiegelte Flächen eingeteilt werden können. Neben landwirtschaftlich geprägten und naturnahen Flächen (s. Anlage 1.14) liegen im Nahbereich des Hachinger Bachs und innerhalb der ermittelten Überschwemmungsgebiete abschnittsweise teilversiegelte bzw. versiegelte, bebaute Gebiete vor.

Aufgrund der in der Realität angenommenen, stark heterogenen Verteilung der Infiltrationsparameter (Leakage-Faktor), vorliegenden Informationsdefiziten und differenzierten Flächennutzungen wurden die betroffenen Vorländer hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit näherungsweise als homogen betrachtet. Zur Berücksichtigung vorstehend genannten Punkte und unter Einbeziehung von Erfahrungswerten in ähnlichen Projektgebieten wurde daher eine vertikale Durchlässigkeit von $k_f = 8 \cdot 10^{-7}$ [m/s] festgelegt.

Die im HGM ermittelte, räumliche Verteilung der Deckschichten zeigt eine bereichsweise stark variierende Mächtigkeit (vgl. Anlage 1.5). Da im Umgriff der geplanten Maßnahmen keine Bohrungen mit Schichtenverzeichnissen oder sonstige Angaben zur Mächtigkeit der Deckschichten vorliegen, wurde die für den Modellraum ermittelte, mittlere Deckschichtmächtigkeit von 1 m zugrunde gelegt.

Aus beiden o. g. Größen ergibt sich ein Leakage-Faktor bzw. eine Austauschrate von $L = 8 \cdot 10^{-7}$ [1/s], welcher den Vorlandbereichen im Grundwassermodell zugewiesen wurde. Hinsichtlich der

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

grundwasserhydraulischen Auswirkungen und dem Austausch von Oberflächen- und Grundwasser innerhalb der Überschwemmungsgebiete stellt dieser Wert einen tendenziell auf der ungünstigen und damit sicheren Seite – im Vergleich zu überwiegend versiegelten Flächen liegenden – Ansatz dar.

Analog zu den linienhaften Gewässern erfolgte innerhalb dieser Flächen die Vorgabe eines möglichen Austauschs zwischen Oberflächen- und Grundwasser in beide Richtungen. Folglich ist neben der Infiltration von Wasser in den Grundwasserbereich bei entsprechenden Potenzialunterschieden (Grund- bzw. Druckwasserspiegel > Wasserstand Vorland) ein umgekehrter Vorgang möglich.

Für die Flächen innerhalb der geplanten Rückhaltmaßnahmen wird zudem angenommen, dass in der bautechnischen Ausführung eine geringe, vertikale Durchlässigkeit ($k_f \leq 5 \cdot 10^{-8}$ m/s) erreicht wird, um den Einstau von Oberflächenwasser zu gewährleisten. Im Grundwassermodell wurde vor diesem Hintergrund die ungünstigere Variante umgesetzt. Die vertikale Durchlässigkeit wurde analog zu den o. a. Ausuferungsflächen bzw. Vorländern gewählt, wobei damit eine um den Faktor ≈ 15 durchlässigere Sohle vorgegeben wird ($k_f = 8 \cdot 10^{-7}$ m/s).

Die HSS (vgl. Kapitel 3.3.1.2) erreicht in ihrer räumlichen Ausdehnung teilweise den Bereich des Autobahnweihers bei Taufkirchen und liegt somit innerhalb der Maßnahme des HWRB Mühlweg. Aufgrund der Betrachtung eines eher offenen Ansatzes erfolgte jedoch keine Berücksichtigung von möglichen, durch lokale Vorkommen der HSS verringerten vertikalen Durchlässigkeiten der Deckschichten. Auch hier werden den Berechnungen damit ungünstigere und tendenzielle auf der sicheren Seite liegende Verhältnisse zugrunde gelegt.

5.4.3 Grundwasserentnahmen

Im Modellgebiet liegen nur im Bereich der Betriebswasserversorgung Campeon relevante Entnahmen bzw. Infiltrationen vor, weitere Nutzungen (z. B. Wasserturm und Notbrunnen der Gde. Unterhaching) weisen nur geringe und/oder unregelmäßige Entnahmen auf (s. Kapitel 3.6.3). Dementsprechend wurden nur die Entnahme- und Schluckbrunnen des Campeon-Geländes berücksichtigt. Die Lage der Brunnengalerien ist in Anlage 3 dargestellt.

Aufgrund der Entfernung zu den geplanten Maßnahmen sowie den ermittelten, bereichsweise sehr hohen Untergrunddurchlässigkeiten (s. Kapitel 3.3.2 und Anlage 2.3.1) sind die Entnahmen bzw. Infiltrationen hinsichtlich der grundwasserhydraulischen Berechnungen als untergeordnet einzustufen. Zusätzlich ergeben sich aus den vorliegenden Daten keine Hinweise auf die Betriebsweise bei Hochwasserereignissen, ergänzende Informationen hierzu lagen ebenfalls nicht vor.

Für die Prognoseberechnungen wurden daher die mittleren Entnahme- und Reinfiltrationsmengen im Zeitraum WWJ 2007/2016 angesetzt. Insgesamt ergeben sich hieraus Entnahme- und Reinfiltrationsmengen von 121 l/s bzw. 118 l/s (3 l/s Einspeisung in Seen zwecks Verdunstungsausgleich), welche damit annähernd den der stationären Anpassung zugrunde gelegten Mengen vom 06. April 2018 (Stichtag) entsprechen.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

5.4.4 Hydrologische Randbedingungen

Die dem Modell zugrunde liegenden hydrologischen Randbedingungen setzen sich aus den Festpotenzialen der Modellränder im Süden und Norden sowie der Grundwasserneubildung aus Niederschlag bzw. Sickerwasserrate zusammen.

Die jeweiligen Zu- und Abstrommengen im quartären GWL werden hierbei durch die Vorgabe der (instationären) Festpotenziale an den Modellrändern bestimmt, während der zeitliche, flächig differenzierte Zufluss in den Modellraum anhand der Sickerwasserrate vorgegeben wird. Mögliche, nicht bekannte seitliche Zu- und Abflüsse innerhalb des quartären GWL sowie ein Austausch mit tieferen GWL (Tertiär) wurden vernachlässigt (s. Kapitel 3.6).

Ausgehend von vorstehend genannten Feststellungen und der instationären Modellanpassung wurden für die den Prognoserechnungen zugrunde gelegten Varianten (s. Kapitel 5.3.2) folgende Festlegungen getroffen:

(Ergänzender Hinweis: nachstehend folgt eine kurze, zusammenfassende Beschreibung der ermittelten und den Prognoserechnungen zugrunde gelegten, hydrologischen Randbedingungen. Insbesondere im Rahmen der Variante HQ100 wurden im Vorfeld mehrere Iterationsschritte durchgeführt und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet (z. B. grundwasserseitige Aussickerungsmengen in den Hachinger Bach). Die kompletten und detaillierten Erläuterungen hierzu können der gesondert angefertigten und dem AG zur Verfügung gestellten Kurzdokumentation entnommen werden [25].)

Zu- und Abstrom quartärer Grundwasserleiter

Für mittlere, hydrologische Verhältnisse (**Variante MGW**) wurden die entsprechenden Festpotenziale aus der stationären Modellanpassung verwendet (südl. Modellrand: 578 mNN, nördl. Modellrand: 524 mNN). Hierbei wird ein konstanter Zu- und Abstrom im Modell vorgegeben.

Die zeitlich variablen Festpotenziale der **Variante HGW2013** wurden aus der instationären Modellanpassung übernommen. Diese basieren auf der zeitlichen Variation der Grundwasserstände zwischen Ausgangsniveau vor dem HW2013 und dem darauf folgenden Ganglinienverlauf an geeigneten Messstellen (s. Kapitel 4.4.2).

Im Hinblick auf mögliche, hydrologische Randbedingungen einer **Variante HGW100** wurden erweiterte Datengrundlagen geprüft und die bestehenden, instationären Festpotenziale im Zeitraum des HW2013 erhöht. Die Skalierung erfolgte anhand von Faktoren, welche durch Betrachtung von langzeitigen Messreihen sowie höchstmöglichen Grundwasserständen (HHGW) abgeleitet wurden. Im Ergebnis wurde die Festpotenziale im Zeitraum vom 01.06.2013 bis zum 01.01.2014 gegenüber der instationären Modellanpassung um den Faktor 1,5 (südl. Modellrand) und den Faktor 2,5 (nördl. Modellrand) erhöht.

Die zeitlichen Verläufe der Festpotenziale aller hydrologischen Varianten sind in den nachfolgenden Abbildung 35 (südlicher Modellrand) bzw. Abbildung 36 (nördlicher Modellrand) dargestellt.

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

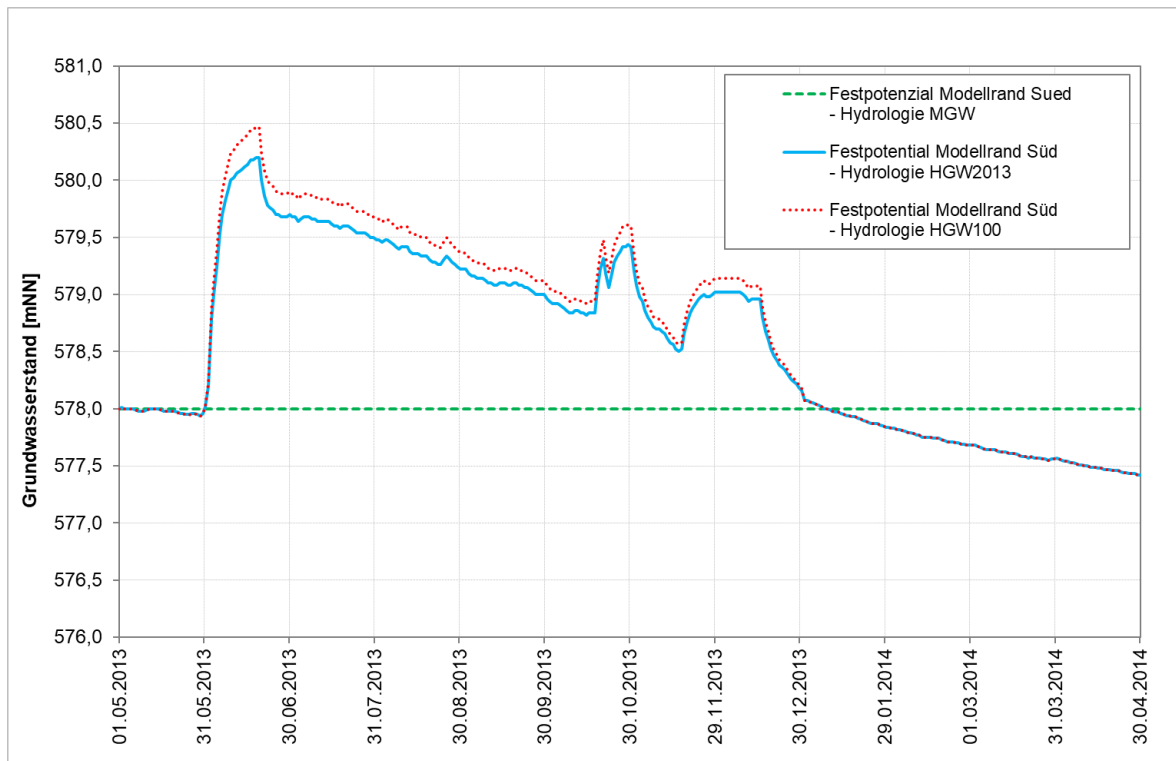


Abbildung 35: Festpotenzial Modellrand Süd – hydrologische Varianten MGWQ, HGW2013 und HGW100

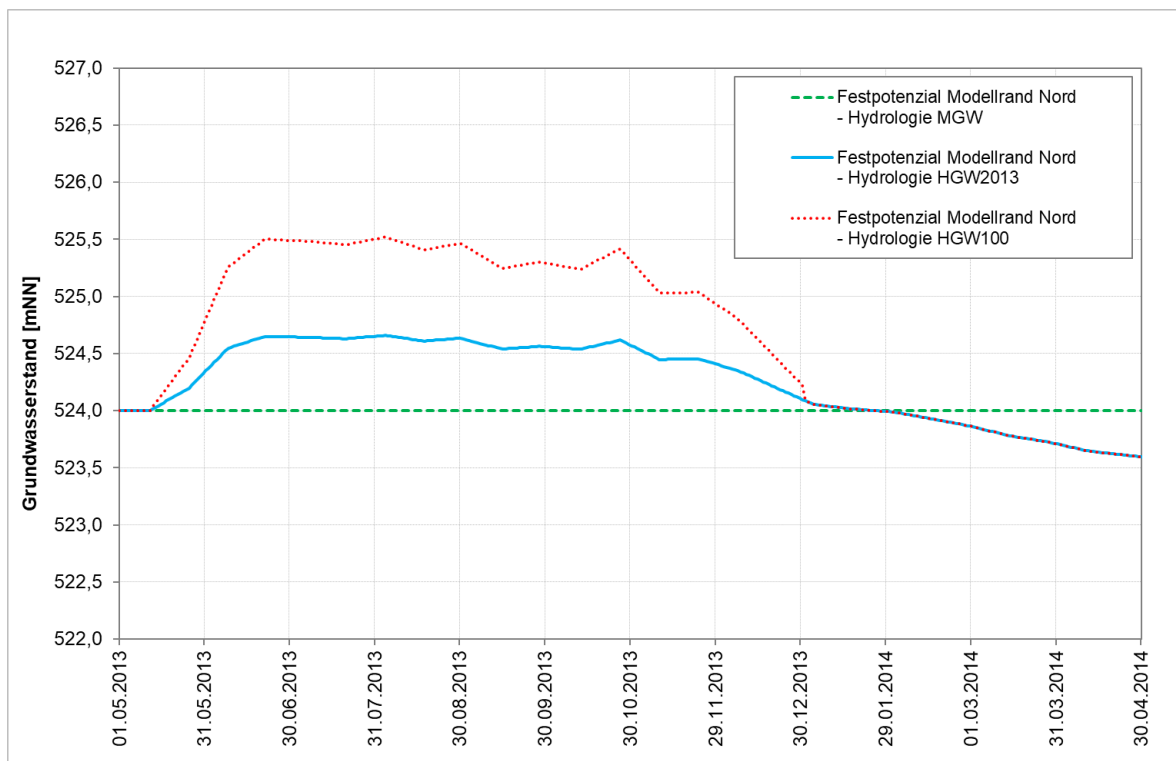


Abbildung 36: Festpotenzial Modellrand Nord – hydrologische Varianten MGWQ, HGW2013 und HGW100

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Insbesondere die Sickerwasserrate stellt die im Hinblick auf Entwicklung der berechneten Grundwasserstände – und damit verbundenen Aussickerungsmengen in den Hachinger Bach – bestimmende Systemgröße dar.

In der Variante **Hydrologie MGW** liegt den Prognoserechnungen die flächendifferenzierte, stationäre Sickerwasserrate des WHJ 2011/12 mit einem Gesamtzufluss von 533 l/s zugrunde. Diese wurde für die stationäre Modellanpassung am Stichtag vom 06. April 2018 festgelegt (s. Kapitel 3.6.1). Da die entsprechenden Grundwasserstände am Stichtag mehrheitlich geringe Abweichungen gegenüber dem Mittelwert im WWJ 2007/2016 aufweisen, kann analog von einer zumindest ähnlichen, in derselben Größenordnung liegenden Sickerwasserrate ausgegangen werden.

Die Modifizierung der Sickerwasserrate im Zeitraum der instationären Modellanpassung wurde in 3 Untersuchungsschritten untersucht:

- Zu Beginn wurden die seitens LfU berechneten und mittels BFI ergänzten Monatswerte der Sickerwasserraten im Modell übernommen (Schritt 1, s. Kapitel 4.4.3.1).
- Darauf aufbauend erfolgte eine prozentuale Aufteilung und Gewichtung der Sickerwasserraten anhand den Ende Mai und Anfang Juni 2013 aufgezeichneten Niederschlägen (Schritt 2, s. Kapitel 4.4.3.2).
- Diese wurden im Anschluss durch die Betrachtung einer Volumenänderung an GWM Oberhaching D D 62 zusätzlich mit dem Faktor 2,9 erhöht (Schritt 3, s. Kapitel 4.4.3.3).

Da die beste Modellanpassung im Untersuchungsschritt 3 ermittelt wurde, erfolgte die entsprechende Vorgabe dieser Sickerwasserraten für die Prognoserechnungen in der Variante **Hydrologie HGW2013** übernommen.

Ausgehend von den o. g. Schritten wurden für die Festlegung von möglichen Sickerwasserraten im Kontext eines HQ100 Ereignisses ergänzende Datengrundlagen herangezogen. Unter Berücksichtigung der gemäß Aussage LfU für ein HQ100 Ereignis maßgeblichen Niederschlagsintensität (Dauer 48 h, Summe 150 mm, [15]) wurde die bereits abgeleitete, modellwirksame Sickerwasserrate von Schritt 3 innerhalb begründeter Größenordnungen nach oben skaliert. Die Festlegung der **Hydrologie HGW100** erfolgte hierbei durch die weitere Erhöhung der Sickerwasserraten mittels des Faktors 1,6 im betreffenden, projizierten Zeitraum (30.05. – 02.06.2013).

Die sich für die vorstehend beschriebenen Varianten aus der Sickerwasserrate ergebenden, zeitlich variablen Zuflüsse im Modellraum sind in Abbildung 37 dargestellt.

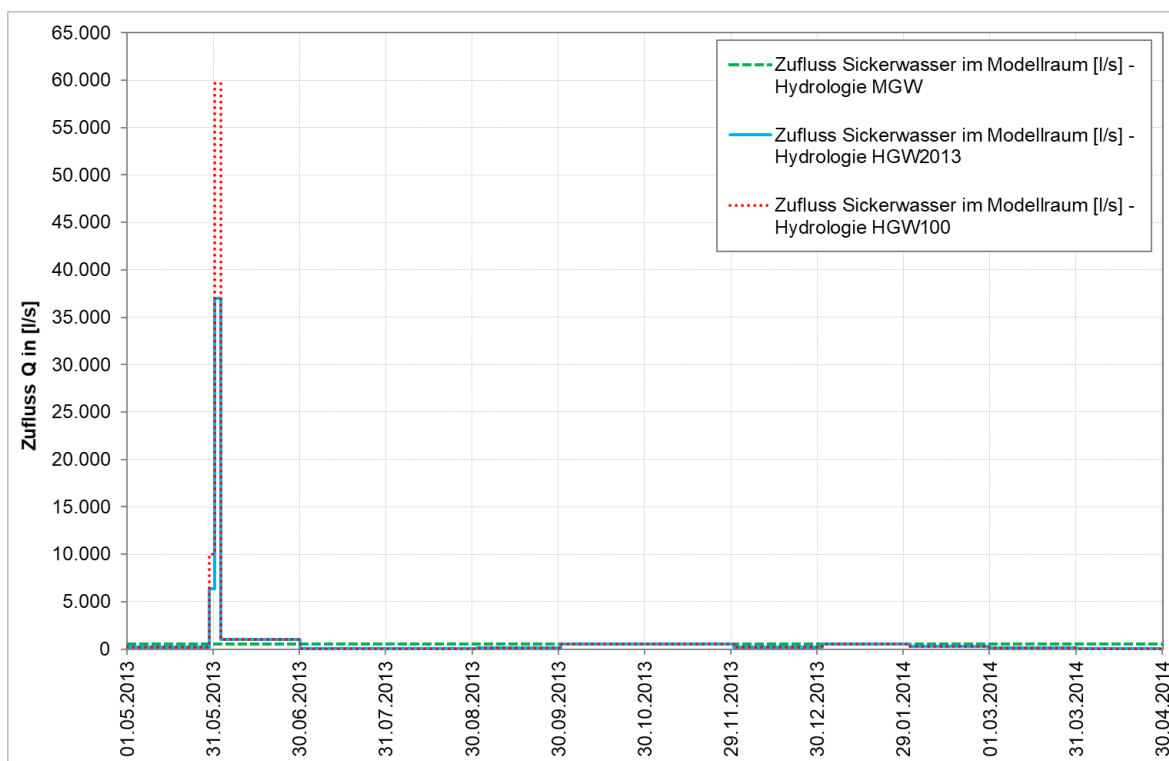


Abbildung 37: Zufluss aus Sickerwasser im Modellraum – hydrologische Varianten MGWQ, HGW2013 und HGW100

5.5 Grundwasserhydraulische Berechnungen

Allen durchgeführten Rechenszenarien liegen zusammengefasst folgende Randbedingungen zugrunde:

- Wasserspiegellagen des 2D-WSP-Modells für den Plan- und Istzustand HQ100 (Stand 2014, [15]), s. Kapitel 5.4.1
- Hydrogeologische Modellparameter gemäß Endzustand der Kalibrierung (Kapitel 5.4.2)
- Entnahmen (bzw. Reinfiltrationen) im quartären GWL, Mittel WWJ 2007/2016 (Kapitel 5.4.3)
- Hydrologische Randbedingungen entsprechend der jeweiligen Variante (MGW, HGW2013, HGW100), s. Kapitel 5.4.4

5.5.1 Lastfall HQ100 - Variante Hydrologie MGW

Zur Beurteilung der planungsbedingten Auswirkungen erfolgte in einem ersten Schritt die Vorgabe von mittleren hydrologischen Randbedingungen. Diese entsprechen weitestgehend den Verhältnissen des Stichtags vom 06. April 2018 (s. Kapitel 3.5.2.2) und weisen eine stationäre, zeitliche nicht variable Sickerwasserrate sowie einen durch Festpotenziale vorgegebenen, stationären Zu- und Abstrom im Grundwasserleiter auf.

Hierbei können Aussagen hinsichtlich der tatsächlichen, hydrologisch weitestgehend unbeeinflussten Auswirkungen der Planungsmaßnahmen getroffen werden.

Die berechneten Differenzen der maximalen Grundwasserstände des Plan- gegenüber dem Istzustand sind in Anlage 3.1.1 dargestellt. Hieraus ist ersichtlich:

- Im Oberlauf des Hachinger Bachs bis auf Höhe der Ortsteile Am Wald und Winning der Gemeinde Taufkirchen (ca. Fl.km 15+000 bis Fl.km 11+500) zeigen sich im Plan- gegenüber dem Istzustand keine bzw. nur geringfügige Änderungen in der Größenordnung $< 0,1$ m.
- Zwischen Fl.km 11+000 und ca. Fl.km 9+500, im Übergangsbereich der Gemeinden Taufkirchen und Unterhaching, werden im Bereich des HWRB Tegernseer Landstraße sowie der Gewässerableitung Unterhaching Anhebungen des max. Grundwasserspiegels von bis zu $+0,6$ m berechnet. Diese Anhebungen klingen bis zur Bebauungsgrenze mehrheitlich auf $+0,1$ m ab. Die Auswirkungen beschränken sich somit im Wesentlichen auf den Nahbereich der Maßnahmen.
- Zwischen der Tegernseer Landstraße im Süden und dem Sportzentrum im Norden werden im Bereich der Gemeinde Unterhaching Absenkungen des maximalen Grundwasserspiegels von bis $-1,6$ m ermittelt. Hierbei liegt aufgrund der Maßnahmen und der flächigen Hochwasserfreilegung von Unterhaching eine Umkehrung der grundwasserseitigen Reaktionen vor.
- Weiter nördlich im Bereich des HWRB Flughafengelände Unterhaching zeigen sich Anhebungen des maximal berechneten Grundwasserspiegels von bis zu $+0,2$ m. Die Auswirkungen klingen hierbei nach rd. 500 m in Nord-Süd Ausdehnung und nach rd. 800 m in West-Ost Ausdehnung vollständig ab.
- Durch die vollständige Freilegung der im Istzustand auftretenden Überschwemmungen im Gebiet der Gemeinde Neubiberg und der Stadt München sind Absenkungen des maximalen Grundwasserspiegels von bis $-0,6$ m festzustellen. Die Auswirkungen nehmen hierbei im Süden bis zur Gemeindegrenze Unterhaching/Neubiberg (ca. Fl.km 8+000) und im Norden bis ca. Fl.km 5+500 bis auf $-0,1$ m ab.

Die für den Planzustand unter mittleren, hydrologischen Verhältnissen berechneten, maximalen Grundwasserstände sind zusammen mit den zugehörigen Flurabstandsbereichen in Anlage 3.1.2 dargestellt. Hieraus ergeben sich folgende Feststellungen:

- Durch die vorgegeben, stationären Festpotenziale an den Modellrändern (s. Kapitel 5.4.4) ergibt sich für die berechneten, maximalen Grundwasserstände im gesamten Modellraum ein gegenüber der stationären Modellanpassung (vgl. Anlage 2.2.4) vergleichbares Grundwassergefälle.
- Aufgrund den ermittelten, bereichsweise sehr hohen Untergrunddurchlässigkeiten von $k_f > 2 \cdot 10^{-2}$ m/s (s. Anlage 2.3.1) liegt zwischen ca. Fl.km 9+700 und Fl.km 8+000 ein relatives flaches Gefälle vor. Hierbei werden die dem Grundwasserbereich durch Versickerung zugeführten Wassermengen des HWRB Flughafengelände Unterhaching zeitnah abgeführt, womit auch die im Hinblick auf Einstautiefe und -volumen räumlich und betragsmäßig eher geringeren Auswirkungen erklärt werden können.
- Im südlichen Gemeindegebiet von Unterhaching und nördlichen Gemeindegebiet von Taufkirchen zeigen die berechneten Isolinien der maximalen Grundwasserstände neben dem erwarteten, aufgrund der abfallenden Basis des quartären GWL steileren Grundwassergefalles auch lokale, im Einflussbereich der Maßnahmen auftretende, erhöhte

Grundwasserspiegel. Dies ist anhand der nach Norden gerichteten Verschwenkungen der Isolinien zu erkennen.

- Hinsichtlich der Flurabstände entsprechen die im Planzustand ermittelten Bereiche annähernd denen der Stichtagsmessung (s. Anlage 1.11). Ab der nördlichen Gemeindegrenze von Taufkirchen nehmen die Flurabstandsbereiche von rd. 6 m – 8 m bis auf 10 m – 15 m zu, wobei nördlich von Fl.km 6+000 innerhalb der Stadt München erneut variierende, etwas geringere Flurabstände vorliegen.
- Entlang des Oberlaufs sind beidseitig des Hachinger Bachs bis in eine Entfernung von rd. 500 m überwiegend geringe Flurabstände von 0 m – 2 m festzustellen. Im Nahbereich, in welchem abschnittsweise exfiltrierende Verhältnisse vorliegen, werden negative Flurabstände bis zu -0,5 m berechnet (Grund-/Druckwasserspiegel > GOK).

Insgesamt ist festzustellen, dass unter mittleren hydrologischen Verhältnissen keine wesentlich nachteiligen Auswirkungen für bestehende Nutzungen zu erwarten sind. Die berechneten, planungsbedingten Anhebungen des maximalen Grundwasserspiegels klingen mehrheitlich bis zum Erreichen der umliegenden Bebauungsgrenze auf < 0,1 m ab. Eine Verbesserung der Situation hinsichtlich den berechneten, maximalen Grundwasserständen wird in Unterhaching und im Übergangsbereich Neubiberg/München ermittelt.

5.5.2 Lastfall HQ100 - Variante Hydrologie HGW2013

Um Unsicherheiten hinsichtlich der möglichen, bei einem HQ100 Ereignis wirksamen Hydrologie zu berücksichtigen, erfolgte in einem zweiten Schritt die Vorgabe der hydrologischen Randbedingungen im Grundwasser aus der instationären Modellanpassung am Hochwasser Mai/Juni 2013 (HW2013). Aufgrund der Ende Mai/Anfang Juni 2013 modifizierten und erhöhten Sickerwasserrate werden hierbei die grundwasserhydraulischen Auswirkungen der Maßnahmen durch hydrologisch bedingte Anstiege im Grundwasser überlagert.

Demnach sind vor allem die berechneten, maximalen Grundwasserstände sowie die resultierenden Flurabstandsbereiche von Interesse.

Aus Anlage 3.2.1 können die berechneten maximalen Grundwasserspiegeldifferenzen von Plan- zu Istzustand entnommen werden. Hieraus ergibt sich:

- Zwischen Fl.km 15+000 und ca. 13+700 wird gegenüber mittleren, hydrologischen Verhältnissen (vgl. Anlage 3.1.1) eine größere Ausdehnung der Null-Linie ermittelt. Zusätzlich liegen innerhalb von Taufkirchen zwischen den Ortsteilen Potzham und Am Wald Anhebungen des berechneten, maximalen Grundwasserspiegels zwischen +0,1 m bis +0,2 m vor.
- Aufgrund der identischen, hydraulischen Randbedingungen des jeweiligen Ist- und Planzustands (Lastfall HQ100) sind die vorstehenden genannten Beobachtungen auf die erhöhten, hydrologischen Randbedingungen zurückzuführen und beschränken sich auf Bereiche mit geringen Flurabständen.
- Hierbei führen die hydrologisch bedingten, stark erhöhten Anstiege im Grundwasser zu (teil-)gespannten Verhältnissen und einer Wechselwirkung mit dem abschnittsweise drainierend

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

wirkenden Grabensystem Taufkirchen. Durch die vorgegebene, beidseitige Austauschrichtung treten die eingestauten Vorlandbereiche ebenso in Wechselwirkung mit dem Grundwasser.

- Im südlichen Bereich von Unterhaching liegen die berechneten Auswirkungen in vergleichbaren Größenordnungen wie bei mittleren, hydrologischen Verhältnissen. Wesentliche Unterschiede sind hierbei nur im Betrag der maximalen Anhebung bzw. Absenkung (rd. $\pm 0,1$ m) sowie in der leicht geringeren, räumlichen Ausdehnung zu erkennen.
- Diese Feststellungen sind anhand der zum Zeitpunkt der berechneten, maximalen Grundwasserstände vorhandenen Potenzialunterschiede zwischen Oberflächenwasser- und Grundwasserspiegel zu erklären. Aufgrund der erhöhten Sickerwasserrate verringert sich der Potenzialunterschied zwischen Oberflächenwasser- und Grundwasserspiegel im zeitlichen Verlauf und erreicht bei den maximalen Grundwasserständen sein Minimum. Durch die folglich reduzierte Zusickerung von Oberflächenwasser ergeben sich neben geringeren, räumlichen Ausdehnungen auch kleinere Anhebungen bzw. größere Absenkungen in den berechneten, maximalen Grundwasserspiegeldifferenzen.
- Die vorstehend genannten Ausführungen können ebenso auf die Bereiche des HWRB Flughafengelände Unterhaching sowie das weiter nördlich gelegene Gebiet der Gemeinde Neubiberg und der Stadt München übertragen werden.

Hinsichtlich der ermittelten Isolinien von maximalen Grundwasserständen und den Flurabstandsbereichen ergibt sich aus Anlage 3.2.2:

- Zwischen Fl.km 15+000 und Fl.km 14+000 ist eine zunehmende Verschwenkung der Grundwassergleichen festzustellen, welche eine – aufgrund der erhöhten Sickerwasserrate – stärkere Exfiltration von Grundwasser in den Hachinger Bach anzeigt.
- Innerhalb von Fl.km 13+000 bis ca. Fl.km 12+000 sind im Nahbereich des Hachinger Bachs lokal hohe Grundwasserstände festzustellen, die durch den entsprechenden Verlauf der Isolinien angedeutet werden. Im Ausgangsniveau der instationären Berechnung bestehen in diesem Bereich bereits (teil-)gespannte Verhältnisse, welche aufgrund des geringen spezifischen Speicherkoeffizienten zu einem schnellen, betragsmäßig hohen Anstieg im Grundwasser führen.
- Im Bereich der Maßnahme des HWRB Tegernseer Landstraße (östlich Fl.km 11+000) und der Gewässerableitung Unterhaching (westlich Fl.km 10+500) zeigen die Isolinien der maximalen Grundwasserstände nicht auf ausgeprägte Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Gewässer hin.
- Im Gegensatz hierzu ist auf Höhe ca. Fl.km 9+000 eine deutliche Änderung im Verlauf der Isolinie 538 mNN erkennbar, welche durch die Zusickerung von Oberflächenwasser aus der örtlichen Maßnahme (HWRB Flughafengelände Unterhaching) beeinflusst wird.
- Im Oberlauf des Hachinger Bachs werden gegenüber mittleren hydrologischen Verhältnissen (vgl. Anlage 3.1.1) überwiegend gespannte Grundwasserverhältnisse (= negative Flurabstände) ermittelt, die vor allem im Nahbereich des Hachinger Bachs in der Bandbreite von -1 m bis -2 m liegen. Der höchste, berechnete Druckwasserspiegel beträgt ca. -2,1 m.
- Für den Bereich nördlich von Taufkirchen werden im gesamten Modellraum gegenüber mittleren, hydrologischen Verhältnissen erwartungsgemäß ähnliche Flurabstandsbereiche

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

von 4 m – 10 m (Bereich LHM) und 10 m – 15 m (Bereiche Unterhaching, Neubiberg) berechnet. Im Bereich der LHM ergeben sich hierbei nur lokal geringere Flurabstände, die anhand der entsprechenden Änderung in der Farbgebung zu erkennen sind.

Insgesamt ergeben sich gegenüber der Variante Hydrologie MGW im Umfeld der geplanten Maßnahmen ähnliche, maximale Grundwasserspiegeldifferenzen. Die festgestellten Abweichungen resultieren aus den insgesamt nasserem Verhältnissen des HW2013 und den grundwasserseitigen Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern (Grabensysteme, eingestaute Bereiche) in Bereichen mit geringen Flurabständen. Durch die höheren, berechneten Grundwasserstände können im Hinblick auf resultierende Flurabstände jedoch kritische Bereiche, welche sensibel gegenüber Anstiegen im Grundwasser sind, eingegrenzt werden.

5.5.3 Lastfall HQ100 - Variante Hydrologie HGW100

Die Betrachtung der hydrologischen Variante HGW100 ist hinsichtlich ihrer grundwasserhydraulischen Auswirkungen auf die Grundwasserstände als Maximalvariante anzusehen. Durch die Vorgabe einer auf der Modellanpassung am HW2013 basierenden, gegenüber selbiger nochmals erhöhten Sickerwasserrate treten kurzzeitigen Zuflüsse von bis zu rd. 60.000 l/s im Modellraum auf (s. Kapitel 5.4.4). Dies entspricht einer vorgegeben Neubildungshöhe von rd. 500 mm innerhalb von 4 Tagen. In der Realität bzw. im Rahmen zu erwartender natürlicher Verhältnisse sind diese Niederschlags- bzw. Sickerwassermengen – insbesondere in der kurzen Zeitspanne – jedoch nicht zu erwarten.

Diese Variante stellt daher – auch unter Berücksichtigung von möglichen, unbekanntem Zuflüssen bzw. Einflüssen über die seitlichen Modellränder – eine Überschätzung dar und liegt hinsichtlich den maximal auftretenden Grundwasserständen auf der sicheren Seite.

Aus der Darstellung der berechneten, maximalen Grundwasserspiegeldifferenzen in Anlage 3.3.1 ergeben sich gegenüber der Variante Hydrologie HGW2013 nur geringfügige Unterschiede. Im Einzelnen ist festzustellen:

- Zwischen Beginn des Hachinger Bachs und der Gemeindegrenze Oberhaching/Taufkirchen nimmt die Ausdehnung der Null-Linie eine ähnliche Form wie bei der Variante Hydrologie HGW2013 an. Bedeutende Änderungen sind hierbei nicht festzustellen.
- Im Gemeindegebiet von Taufkirchen zeigt sich gegenüber der Variante Hydrologie HGW2013 eine südlich gerichtete Ausdehnung der Anhebung des berechneten, maximalen Grundwasserspiegels. Die ermittelten Beträge +0,1 m bis +0,2 m bleiben hierbei unverändert, wobei die größte Anhebung des maximalen Grundwasserspiegels zwischen Mühlweg und den Feuchtwiesen Taufkirchen ermittelt wird. Diese wird durch die hohen Anstiege im Grundwasser und die im Planzustand reduzierten Ausuferungsflächen begünstigt.
- Vorstehend genannte Unterscheide sind auf die bereits in Kapitel 5.5.2 erläuterten, hydraulischen Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Grundwasser in Bereichen mit geringen Flurabständen zurückzuführen.
- Im Umgriff der geplanten Maßnahmen zeigen sich südlich der Tegernseer Landstraße bis zur Stadtgrenze von München gegenüber der Hydrologie HGW2013 vergleichbare, nur

- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

unwesentliche Änderungen. Dies betrifft in gleichem Maße die räumlichen Ausdehnungen sowie Anhebungs- bzw. Absenkungsbeträge des maximalen Grundwasserspiegels.

- Analog zu den Ausführungen in Kapitel 5.5.2 ergeben sich – bedingt durch die wiederum erhöhten Sickerwasserraten und damit einhergehenden Anstiege im Grundwasser – zum Zeitpunkt der berechneten maximalen Grundwasserstände erneut geringere Potenzialunterschiede zwischen Oberflächen- und Grundwasser. Die resultierenden, verringerten Zusickerungsmengen führen zu unwesentlichen, aber feststellbaren Änderungen in den Differenzen des berechneten, maximalen Grundwasserspiegels.

Für die für den Planzustand ermittelten, Grundwassergleichen der maximalen Grundwasserstände und die zugehörigen Flurabstandsbereiche ergibt sich aus Anlage 3.3.2:

- Aufgrund der sehr hohen Sickerwasserrate verschwenken die Isolinien im möglichen Exfiltrationsbereich des Hachinger Bachs deutlich Richtung Gewässer, was insbesondere auf die Isolinien westlich des Gewässers zutrifft. Dies ist auf die räumlich differenzierte Sickerwasserrate (s. Kapitel 3.6.1) und die damit gegenüber dem östlichen Bereich des Hachinger Bachs höheren Druckwasserspiegel zurückzuführen, was zu einer stärkeren Ausprägung der exfiltrierenden Verhältnisse führt.
- In Bereichen mit bereits im Ausgangszustand vorliegenden, (teil-)gespannten Grundwasserverhältnissen (z. B. Fl.km 13+000 bis Fl.km 12+000), steigen die Grundwasserstände kurzzeitig sehr stark an und führen so zu einer Richtung Norden angedeuteten, ellipsenförmigen Ausbildung der Isolinien. Aufgrund der mit zunehmender Entfernung vom Hachinger Bach ansteigenden Flurabstände sind diese jedoch auf rd. 500 m beidseitig des Hachinger Bachs begrenzt.
- Im übrigen Modellraum sind hinsichtlich der Isolinien und der Grundwasserströmung ähnliche Merkmale und Charakteristika wie bei den hydrologischen Verhältnissen HGW2013 ersichtlich. Unterschiede bestehen hier überwiegend in der absoluten Höhe der berechneten, maximalen Grundwasserstände.
- Dies gilt analog für die ermittelten Flurabstandsbereiche, wobei sich die Ausdehnung des Bereichs mit Flurabständen von 10 m – 15 m etwas verringert und sich innerhalb des Stadtgebiets von München weiter nach Süden verlagert.
- Im Gebieten mit geringen oder negativen Flurabständen treten vermehrt Druckwasserspiegel über Gelände auf. Im Ortsteil Furth der Gemeinde Oberhaching werden überwiegend Druckwasserspiegel von -1 m bis -2 m berechnet, während in Taufkirchen innerhalb der Feuchtwiesen bzw. örtlichen Grabensysteme mehrheitlich Druckwasserspiegel zwischen -2 m bis -4 m ermittelt werden. Direkt am Hachinger Bach kommt es dort lokal zu einem Druckwasserspiegel von < -4 m, wobei der maximale Druckwasserspiegel hierbei zu ca. -4,2 m ermittelt wird.
- In den vorstehend genannten Bereichen kann es außerhalb der Überschwemmungsgebiete je nach Ausbildung und Mächtigkeit der Deckschichten zu flächigen Qualmwasseraustritten kommen. An der Geländeoberfläche austretendes Grundwasser würde hierbei je nach Topographie tiefergelegenen Bereich bzw. Geländesenken zufließen und sich entsprechend des Versiegelungsgrads sammeln oder versickern.

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

Insgesamt ergibt sich, dass die Modellergebnisse bei vorgegebenen, hydrologischen Randbedingungen der Variante HGW100 in ihrer Systematik weitestgehend denen der Hydrologie HGW2013 entsprechen. Wesentliche Unterschiede ergeben sich erwartungsgemäß aus den berechneten, maximalen Grundwasserständen und den entsprechenden Flurabständen. Bemerkbare Änderungen in den Grundwasserspiegeldifferenzen sind hierbei rein hydrologisch bedingt.

Die Kombination des hydraulischen Lastfalls HQ100 mit der abgeleiteten, grundwasserseitigen Hydrologie eines HGW100 stellt im Hinblick auf die berechneten, maximalen Grundwasserstände das maßgebende Szenario dar. Durch die vermutlich überschätzten Sickerwasserraten spielen die tatsächlichen, maßnahmenbedingten Auswirkungen vor dem Hintergrund des gewählten Parametersatzes hinsichtlich Entwicklung und Höhe der Grundwasserstände eine untergeordnete Rolle.

5.6 Zusammenfassung und Bewertung

Im Rahmen einer vertiefenden Hochwasserstudie wurden neben fluss- und wasserbaulichen Anpassungen vier geeignete Rückhaltemaßnahmen konzipiert, um den Hochwasserabfluss im Hachinger Bach beim Eintritt in das Stadtgebiet der LHM auf $< 1 \text{ m}^3/\text{s}$ zu drosseln [15]. Durch die grundwasserhydraulische Relevanz der vier vorstehenden genannten Rückhaltemaßnahmen wurden mit dem an die Stichtagsmessung vom 06. April 2018 und an das Hochwasserereignis 2013 angepassten Grundwassermodell Prognoserechnungen durchgeführt. Hierbei stand die Abschätzung der grundwasserseitigen Auswirkungen sowie die Ermittlung möglicher, negativer Folgen für Mensch und Umwelt im Vordergrund.

Als maßgebende Zustände wurden der Istzustand (Bestand ohne Maßnahmen) und der Planzustand (Konzeption wasser- und flussbaulicher Anpassungs- bzw. Rückhaltemaßnahmen) jeweils getrennt betrachtet und anhand geeigneter Ergebnisdarstellungen hinsichtlich ihrer grundwasserhydraulischen Auswirkungen untersucht. Aufgrund von festgestellten Unsicherheiten bzgl. der grundwasserseitigen Hydrologie bei Hochwasserereignissen wurden die Prognoserechnungen für den Ist- und Planzustand anhand von drei Varianten durchgeführt. Die hierbei maßgebenden, hydrologischen Randbedingungen (Zu- und Abstrom über die Modellränder, flächiger Zufluss aus Sickerwasser) wurden aus den Modellanpassungen übernommen bzw. anhand erweiterter Datengrundlagen modifiziert.

Das Szenario des **Lastfalls HQ100** mit der Vorgabe von mittleren, hydrologischen Verhältnissen (**Variante MGW**) gibt im Wesentlichen **maßnahmenbedingten Auswirkungen der Planung** wieder. Durch die Vorgabe einer mittleren, im Rahmen der stationären Modellanpassung bestätigten, grundwasserseitigen Hydrologie treten die Einflüsse selbiger in den Hintergrund und stellen die untere Grenze einer möglichen, bei einem HQ100 Ereignis zu erwartenden Hydrologie, dar. Beim Vergleich des Plan- und Istzustands werden im Nahbereich der Rückhalte- bzw. gewässerseitigen Ableitungsmaßnahmen am Hachinger Bach lokale Anhebungen des maximalen Grundwasserspiegels von bis zu +0,4 m erreicht. Eine Verbesserung der bestehenden Verhältnisse (Istzustand) stellt sich insbesondere nördlich im Bereich Unterhaching sowie im Gemeinde- bzw. Stadtgebiet von Neubiberg und München ein. In diesen Bereichen werden Absenkungen des maximalen Grundwasserspiegels zwischen -1,6 m bis -0,6 m berechnet.

Im Rahmen der Variantenbetrachtung des **Lastfalls HQ100** in Kombination den **Hydrologien HGW2013 bzw. HGW100** spielen die planungsbedingten Auswirkungen eine eher untergeordnete Rolle. Die grundwasserseitigen Reaktionen werden hierbei maßgeblich durch die hohen Zuflüsse aus Sickerwasser bestimmt. Somit stellen beide Varianten geeignete Werkzeuge zur **Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden, maximalen Grundwasserstände** im Modelraum dar. Während die Betrachtung der hydrologischen Variante HGW2013 durch die Ergebnisse der instationären Modellanpassung begründet wird, stellt die auf vorstehender Variante basierende Hydrologie HGW100 eine Überschätzung – und folglich obere Grenze – im Falle eines 100-jährlichen Hochwasserereignisses dar. Hierbei treten vor allem in Bereichen mit geringen Flurabständen und bereits im Ausgangszustand vorliegenden, (teil-)gespannten Verhältnissen betragsmäßig hohe Anstiege der Grundwasserstände auf. Dadurch ergeben sich im näheren Umfeld des Hachinger Bachs bis ca. Fl.km 11+500 negative Flurabstände bzw. Druckwasserspiegel über GOK von -1 m bis zu -4 m. Je nach Vorhandensein und Ausbildung der Deckschichten sind hierbei Qualmwasseraustritte zu erwarten.

Auf Grundlage der durchgeführten Prognoserechnungen können daher folgende Kernaussagen getroffen werden:

- Bei einer möglichen Umsetzung der konzipierten Rückhaltemaßnahmen ist, basierend auf den zugrunde gelegten Parametern und Randbedingungen, derzeit von geringen bzw. nur lokalen Auswirkungen hinsichtlich der Grundwasserverhältnisse auszugehen.
- Eine Verbesserung der Grundwasserverhältnisse stellt sich in Teilen von Unterhaching, Neubiberg und München ein.
- Anhand der Auswertungen ermittelte, (grundwasser-)hydrologisch sensible und insbesondere bei feuchten hydrologischen Verhältnissen (hohe Grundwasserstände) kritische Bereiche erstrecken sich auf eine Länge von rd. 4 km am Oberlauf des Hachinger Bachs (rd. Fl.km 15+000 bis Fl.km 11+000).
- Ab der Gemeindegrenze Taufkirchen nehmen die Flurabstände Richtung Norden auf kurzer Distanz stark zu (s. auch Längsschnitt Abbildung 2). Innerhalb dieser Bereiche ist daher auch unter extrem ungünstigen, hydrologischen Verhältnissen von keiner grundwasserseitigen Gefährdung der bestehenden Nutzungen auszugehen. Folglich stellen diese Bereiche günstige Standorte für potenzielle Rückhaltemaßnahmen im Hochwasserfall dar.

(Ergänzende Anmerkung: gemäß LHM liegen Hinweise seitens der Gemeinde Unterhaching vor, in denen beim HW2013 Probleme mit nassen Kellern bzw. Vernässungen der Bausubstanz wegen drückendem Grundwasser auftraten. Diese Angaben stehen den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung gegenüber, in denen für das Gemeindegebiet Unterhaching in allen Rechenszenarien Flurabstände von mindestens 6 m, mehrheitlich jedoch zwischen 10 m – 20 m ermittelt werden. Diese Größenordnungen wurden auch im Rahmen weiterführender Studien seitens TUM und LfU ermittelt [17]. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die resultierenden Flurabstandsbereiche neben den berechneten, maximalen Grundwasserständen auch von der Höhenlage der Basis des quartären GWL abhängen. Obwohl diese im südlichen Bereich von Unterhaching durch Bohrungen gut belegt ist (s. Anlage 1.4), liegen zwischen einzelnen Aufschlusspunkten grundsätzlich Informationsdefizite vor. Zur Schließung dieser Lücken müssen Annahmen und geeignete Maßnahmen, z. B. räumliche Interpolation, getroffen werden. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich durch lokale, (hydro-)geologische Begebenheiten (z. B. Rückenstruktur der Basis oder schwebende, hydraulisch

Landeshauptstadt München – Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU)
Hochwassermanagement Hachinger Bach – Grundwassermodell
- Hydrogeologisches Modell
- Aufbau und Kalibrierung Grundwassermodell
- Einsatz Grundwassermodell

abgekoppelte GWL) kleinräumig abweichende Verhältnisse ergeben. Aufgrund der begrenzten Datengrundlagen sind diese jedoch nicht zu erfassen und können folglich modelltechnisch nicht abgebildet werden. Möglicherweise sind die aufgetretenen Probleme beim HW2013 auch durch oberflächennahes Schichtwasser nach Niederschlagsereignissen oder bautechnisch bedingte Wasserwegsamkeiten, z. B. Auffüllungen zwischen Außenwand und anstehendem Boden, begründet.)

Hinsichtlich Aussagekraft und Interpretation der ermittelten, grundwasserseitigen Auswirkungen des Planzustands ist zusätzlich darauf hinzuweisen, dass die Berechnungsergebnisse maßgeblich von den angesetzten, vertikalen Durchlässigkeiten der Deckschichten abhängen. Aufgrund von qualitativen und quantitativen Informationsdefiziten erfolgte hierbei vorerst eine Abschätzung der Infiltrationsparameter (s. Kapitel 5.4.2). Bei einer Variation selbiger in der Größenordnung von beispielsweise Faktor 10 (ungünstiger) bzw. 1/10 (günstiger) können sowohl in der Fläche als auch betragsmäßig relevante Abweichungen gegenüber den vorliegenden Ergebnissen auftreten.

Im Hinblick auf die fortschreitende Bearbeitung des HWM Hachinger Bach (z. B. weiterführende Untersuchungen mit dem Grundwassermodell, Entwurfsplanung, Vorplanung o. Ä.) wird daher dringend empfohlen, innerhalb der angedachten Maßnahmen ergänzende Erkundungen (Feld- und/oder Laborversuche an Bodenproben) durchzuführen. Sollten hierbei wesentliche Abweichungen in der Zusammensetzung bzw. hydraulischen Durchlässigkeit der Deckschichten festgestellt werden, müssen diese Erkenntnisse in das Grundwassermodell eingearbeitet und hinsichtlich der grundwasserseitigen Auswirkungen verifiziert und ggf. neu bewertet werden.

Alternativ muss im Zuge der baulichen Umsetzung der Maßnahmen sichergestellt werden, dass bei Ausbildung der Bauwerkssohlen mindestens die Größenordnung der den Prognoserechnungen zugrunde liegenden, vertikalen Durchlässigkeiten erreicht wird. Bei höheren Durchlässigkeiten wäre mit entsprechend größeren Auswirkungen im Grundwasser zu rechnen.

Aufgestellt:

M. Sc. A. [REDACTED]

Dipl.-Ing. (TH) [REDACTED]

Augsburg, Oktober 2021

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

[REDACTED]

[REDACTED]

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
GEOBASISDATEN					
DFK (Digitale Flurkarte)	Anlage 8+9 Luftbilder: dfk	09.05.2012	dxf	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
DOP (digitales Orthophoto)		23.05.2009 (Aufnahmetag)	jpg		
Digitales Höhenmodell (DGM5)	LDBV	2012	ASCII	LDBV	05.12.2017
VERMESSUNGSDATEN					
Vermessungspunkte_Unterhaching_20121007	Anlage 10+11 GA Steinbacher Consult	07.10.2012	ASCII	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
VERORDNUNGEN					
Festsetzung Überschwemmungsgebiet (Verordnung der Landeshauptstadt München über das	LHM-Ü-Gebiet	Stadtratsbeschluss: 14.12.2016 Bekanntmachung: 30.01.2017 (MüABl. S.	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Verordnung des Landratsamtes München über das Überschwemmungsgebiet am Hachinger Bach auf dem Gebiet der Gemeinden Neubiberg, Unterhaching, Taufkirchen und Oberhaching von Flusskilometer 6+600 bis Flusskilometer 15+600 vom 6. Oktober 2015	LRA Mü-Ü-Gebiet	06.10.2015 / 10.03.2017	PDF (Verordnung mit Karten)		
Hachinger Bach - Hochwasserlängsschnitt HQ100 / Bemessungsganglinien	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); Ergebnis 3 - 1 Stunden, Ergebnis 3 - 48 Stunden, LfU-Brief;	2013?	PDF, Excel		
HACHINGER BACH - Allgemein					
Dokumentation	Buch_der_geheimnisvolle_Hachinger_Bach.PDF	1999	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Flusskilometrierung	Steinbacher Consult	31.07.2017	SHP	LHM	06.03.2018
Verlauf Hachinger Bach	WWA München	2013 (FGN25)	SHP	WWA München	02.11.2017
HACHINGER BACH - Messdaten					
Pegel_Furth_partielle_Reihe_Hochwasser.pdf bis 05.03.2001, Abfluss (PDF)	WWA München	25.11.2009	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Messdaten Pegel Furth (Wasserstände/Abflüsse)		28.07.2017	Excel	WWA München	23.10.2017
Messdaten/Stichtagmessung Pegel Furth - Tagesmittel (Wasserstände)		11.12.2017 - 10.04.2018	Excel		11.04.2018
Messdaten Pegel Furth (korrigiert) - Tagesmittel (Wasserstände und Abfluss)		01.11.1969 - 28.07.2018	Excel		16.07.2018
Messdaten Abfluss Furth - 1/4 h Auflösung		27.05.2013 - 30.09.2013	Excel		07.04.2018

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
HACHINGER BACH - Hydraulik					
Hydraulische Berechnungen (E-Bericht)	Anlage 10+11 GA Steinbacher Consult: Erläuterungsbericht_2014	12.05.2014	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Hydraulische Berechnungen (Anlagen)	Anlage 10+11 GA Steinbacher Consult: 28 Pläne_PDF_2014 und 3 Überschwemmungsgebietskarten_Unterhaching				
Hydraulische Berechnungen (Modelldaten) - Istzustand	Anlage 10+11 GA Steinbacher Consult: Finale Original-Dateien 25.06.2016	25.06.2016	hydro_as-2d-Datensatz, dwg, map	LHM	25.11.2020
Hydraulische Berechnungen (Modelldaten) - Plan und Istzustand	Steinbacher Consult: Original-Dateien 22.10.2014	22.10.2014	hydro_as-2d-Datensatz		
Hydraulische Berechnungen (Brief)	Steinbacher Consult: Auswirkungen_Lageanpassung_2016-06-01 Anlage1_Gegenueberstellung_Abflusskurven Anlage2_Uebersicht_Vergleich	01.06.2016	PDF		
HYDROGEOLOGIE - LfU (BIS-Bayern)					
Bohrungen aus BIS-Bayern; Stammdaten	Stammdaten	05.10.2017	Excel	LfU	11.10.2017
Bohrungen aus BIS-Bayern; Bohrprofile	Schichtdaten, Ausbaudaten etc.				
Bohrungen aus BIS-Bayern; Detaillierte Schichtenprofile	14 ausgewählte Bohrprofile	21.12.2017	PDF	LfU	18.01.2018
Hydrogeologische Karte von Bayern (HK500)	LfU	2009	SHP	LfU	16.03.2018
Digitale Geologische Karte von Bayern (dGK25)	www.lfu-bayern.de	27.07.2017	SHP	Recherche BCE	27.07.2017
HYDROGEOLOGIE - LHM					
Stammdaten	Anlage 13 LHM-Daten: 23 Bohrprofile	20.07.2017	Excel	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Bohrprofile			PDF		
Bohrprofile - Ergänzung	11 Bohrungen (KP 295, UP 203, KP 708, UP 281, UP 194, U8 542, U8 283, U8 309, U8 675, KP 1069, UP 52)	20.03.2018	PDF, Excel	LHM	20.03.2018
HYDROGEOLOGIE - Messnetz Neubiberg					
Hydrogeologie - Brunnen	Frau ████████: Es wurde ein neuer Brunnen für die Bewässerung des Sportplatzes errichtet. Die Daten (Bohrprofil etc.) werden BCE zur Verfügung gestellt sobald sie vorliegen.	12.09.2017	keine Daten erhalten	Gemeinde Neubiberg	-
HYDROGEOLOGIE - Unterhaching					
Hydrogeologie - Pumpversuche (4 Notbrunnen, Brunnen Sportpark)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching\	29.08.2016	Notbrunnen 1 - 4 (Bürgermeister Prenn-Straße, Leberstraße, Falkenweg, Brunnen Sport-/Ortspark) (29.08.2016)	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Hydrogeologie - Bohrprofile (Brunnen Sportpark, 4 Notbrunnen)			PDF, Excel		
Hydrogeologie - Bohrprofile (3 Bohrungen Perlacher Forst)	Email	11.10.2017	Excel	Gemeinde Unterhaching	11.10.2017

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
HYDROGEOLOGIE - Taufkirchen					
Hydrogeologie - Messstellen	Anlage 12 Gemeinden/Taufkirchen (Messstellen aus 1970er Jahre)	keine Bohrprofile vorhanden (Mitteilung 21.09.2017)	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Hydrogeologie - Bohrprofile	Bohrprofile zwei neuer Brunnen (Brunnen IX und VIII) und Durchlässigkeitsbeiwerte	04.06.2018	PDF	Gemeinde Taufkirchen	04.06.2018
HYDROGEOLOGIE - Oberhaching					
Hydrogeologie - Messstellen	Anlage 12 Gemeinden\Oberhaching	Telef. Mitteilung Hr. [REDACTED] am 12.09.2017: bei den Messstellen handelt es sich um Straßenversickerungsschächte (Schachtringe)	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Hydrogeologie - Brunnen	Wasserrechtliche Genehmigung vom 12.06.2003; Bohrbrunnen auf Grundstück Flur.Nr. 427/5, Lage und Schnitt Brunnen, Wasserspiegel Gleißental	12.06.2003	PDF	Gemeinde Oberhaching	04.06.2018
KLIMADATEN - Grundwasserneubildung					
Grundwasserneubildung (2005-2015)	LfU	08.11.2017	SHP	LfU	08.11.2017
Baseflow-Index	1971 - 2000 / LfU	12.07.2018	SHP	LfU	13.07.2018
Niederschlag - Niederschlagsmessdaten Station Deisenhofen, Lkr. München	www.gkd.bayern.de	10.09.2018	Excel	Recherche BCE	11.09.2018
Niederschlag - Niederschlagsmessdaten Station Oberhaching-Laufzorn, Lkr. München	www.dwd.de	16.03.2018	Excel	Recherche BCE	16.03.2018
Niederschlag - Niederschlagsmessdaten Station Pullach-Höllriegelskreuth, Lkr. München	www.dwd.de	31.05.2006	Excel	Recherche BCE	16.03.2018
GRUNDWASSER - amtliches Messnetz					
Stammdaten	www.gkd.bayern.de			Recherche BCE	28.07.2017
Messdaten (Tageswerte)	www.gkd.bayern.de			Recherche BCE	28.07.2017
Messdaten (Stundenwerte Unterbiberg Q7)	WWA München	24.05.2019	Excel	WWA München	24.05.2019

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
GRUNDWASSER - Messnetz LHM					
Stammdaten	Anlage 13 LHM-Daten; 7 GWM (UP 195, UP 189, UP 15, U8 641, KP 9, KPA 274, UP 187); 16 Bohrungen	20.07.2017	PDF, Excel	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Stammdaten - Ergänzung	11 GWM (KP 295, UP 203, KP 708, UP 281, UP 194, U8 542, U8 283, U8 309, U8 675, KP 1069, UP 52);	20.03.2018	PDF, Excel	LHM	20.03.2018
Messdaten	Anlage 13 LHM-Daten / Messdaten für 7 GWM (UP 195, UP 189, UP 15, U8 641, KP 9, KPA 274, UP 187)	bis 01.07.2017	Excel	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Messdaten -Ergänzung	Messdaten für 11 GWM (KP 295, UP 203, KP 708, UP 281, UP 194, U8 542, U8 283, U8 309, U8 675, KP 1069, UP 52)	bis 10.03.2018	Excel	LHM	20.03.2018
Grundwasser - Stichtagemessung	Stichtagemessung für 13 GWM (UP 195, UP 189, UP 15, UP 9, UP 295, UP 203, KP 708, UP 52, U8 309, U8 283, U8 542, U8 194, KP 1069) - U8 675 trocken, kein Messwert	06.04.2018	Excel	LHM	10.04.2018
GRUNDWASSER - Messnetz Neubiberg					
Grundwasser - Stammdaten	Anlage 12 Gemeinden\Neubiberg (Lage von 4 GWM: Campeon A, Campeon B, Mangfallstraße, Unterbiberg Q 7;)	17.01.2005	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Grundwasser - Messdaten	Anlage 12 Gemeinden\Neubiberg\Antwort_Neubiberg_GWM.odt	<i>Messdaten wurden der Gemeindeverwaltung nicht übermittelt, der Gemeinde stehen keine weiteren Daten zur Verfügung</i>	-	-	-
GRUNDWASSER - Messnetz Unterhaching					
Stammdaten Messstellen	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching\Antwort_Unterhaching_GWM_Brunnen.odt	Unterhaching_GWM_Brunnen.odt: Herr [REDACTED]: "Messstellen GWM 14 und Bs2n im Zuge der Geothermie Bohrungen in Unterhaching. Hier liegen uns vor: Bohrprofil und Ausbauplan der GW-Messstelle GWM 14, ..."	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Stammdaten Messstellen Perlacher Forst	Email	11.10.2017	Excel	Gemeinde Unterhaching	11.10.2017
Messdaten Messstellen	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching\Antwort_Unterhaching_GWM_Brunnen.odt	"Excel-Datei mit allen bisher in den Messstellen GWM 14 und Bs2ngemessenen Werten. Die Tabellen enthalten nur Daten."	odt	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Grundwasser - Stichtagemessung	Standort, Gelände- & Brunnenkopfhöhe, Ruhewasserspiegel / Gemeinde Unterhaching	06.04.2018	Excel	Gemeinde Unterhaching	06.04.2018

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
GRUNDWASSER - Messnetz Taufkirchen					
Grundwasser - Stammdaten (Taufkirchen)	Anlage 12 Gemeinden\Taufkirchen: Lageplan mit 20 GWM	26.07.2017	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Grundwasser - Stammdaten (Taufkirchen)	Überprüfung von Lage und Höhe durch Vermessung (Nivellement: Koordinaten und Höhenlage) Fernkorn-Vermessung	11.04.2018	Excel / PDF	Fernkorn-Vermessung	11.04.2018
Grundwasser - Messdaten (Taufkirchen)	Anlage 12 Gemeinden\Taufkirchen: Messwerte der 20 GWM von 1988 bis 2016	05.12.2016	Excel	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Grundwasser - Messdaten - Datenlogger	Email: Messwerte bei GWM T3 (006320), P-UG1 und P-UG2	2013 - 2018	PDF	Gemeinde Taufkirchen	12.04.2018
GRUNDWASSER - Messnetz Oberhaching					
Grundwasser - Stammdaten (Oberhaching)	Anlage 12 Gemeinden\Oberhaching: Pegelnamen bis 1998; Pegelnamen ab 1998; Grundwassermessstellen Oberhaching ab 2014		PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
	Gemeinde Oberhaching	19.10.2017	Excel	Gemeinde Oberhaching	24.10.2017
Grundwasser - Messdaten (Oberhaching)	Anlage 12 Gemeinden\Oberhaching: Gemeinde Oberhaching: Grundwasser Pegelmessungen 1998,1999 bis 2016	1998 - 2016	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
	Gemeinde Oberhaching	31.12.2016	Excel	Gemeinde Oberhaching	19.10.2017
Grundwasser - Stichtagsmessung	Gemeinde Oberhaching	06.04.2018	PDF	Gemeinde Oberhaching	09.04.2018
GRUNDWASSERENTNAHMEN - LfU (BIS-Bayern)					
Stammdaten und Monatsentnahmen der einzelnen Brunnen (seit 2000)	Gewinnung Deisenhofener Forst (SWM)	01.12.2016	Excel	LfU	11.10.2017
Stammdaten und Monatsentnahmen der einzelnen Brunnen (seit 2000)	Gewinnung Oberhaching	01.12.2016	Excel	LfU	18.01.2018

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

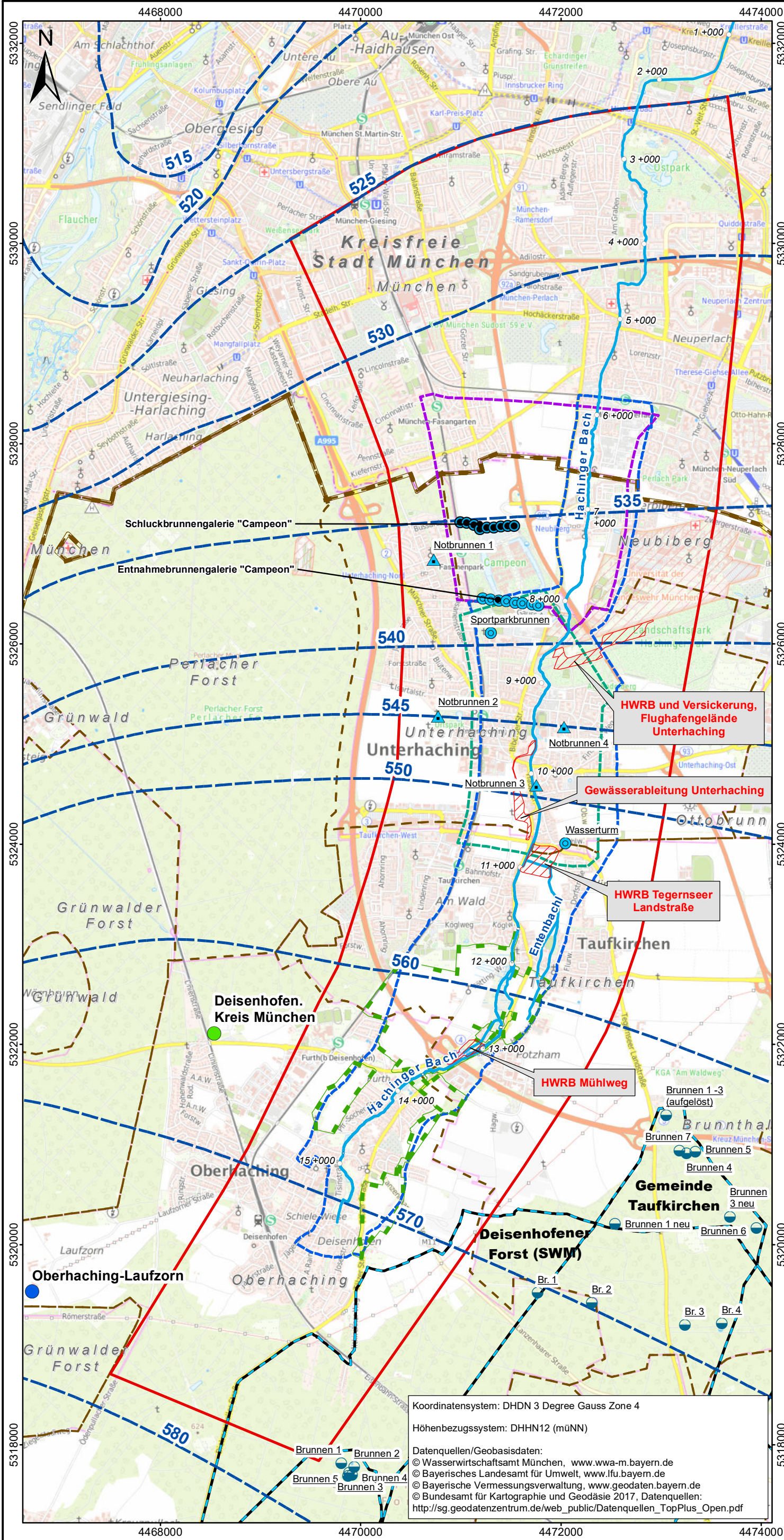
- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
GRUNDWASSERENTNAHMEN - Gemeinde Unterhaching					
Stammdaten - Notbrunnen (4 Brunnen)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching\Hachinger Bach\Brunnen	Karte mit Lage Notbrunnen (PDF): 02.08.2012; Auszug aus Landesdatenbank mit Lagekoordinaten, Bezugshöhen etc. (08.09.2016)	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Stammdaten - Brunnen Wasserturm (Brunnen I)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching: Kenndaten_Brunnen_Turm		PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Wasserstände - Brunnen Wasserturm (Brunnen I)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching: Pegelmesswerte von 2007 bis 2016	Dez.2016	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Stammdaten Brunnen Sportpark (Brunnen II)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching\Hachinger Bach\Brunnen	Bohrprofil - und Ausbauplan; 21.06.2012	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Pumpversuch Brunnen Sportpark (Brunnen II)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching: Pumpversuch_Sportparkbrunnen.xls	11.12.2013	CSV	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Wasserstände bei Brunnen Sportpark (Brunnen II)	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching: Pegelmesswerte von 2014 bis 2016	01.12.2016	CSV	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Brunnen am Wasserwerk (Mühlweg) zur Speisung des Friedhofs	Anlage 12 Gemeinden\Unterhaching\Antwort_Unterhaching_GW M_Brunnen.odt	Herr ██████: "Der Brunnen am Wasserwerk (Mühlweg) zur Speisung des Friedhofs besitzt lediglich die Aufzeichnungen der Grundwasserpegel"	odt	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017
Jahresentnahmen am "Wasserturm Unterhaching" (2008-2016)	Gemeinde Unterhaching	17.03.2017	PDF	Gemeinde Unterhaching	12.10.2017
Stammdaten vom "Sportparkbrunnen"	Gemeinde Unterhaching	20.03.2018	jpg	Gemeinde Unterhaching	20.03.2018
Korrigierte Stammdaten der Entnahmen (4 Notbrunnen, Sportparkbrunnen, Brunnen Wasserturm)	Gemeinde Unterhaching	20.03.2018	PDF, Excel	Gemeinde Unterhaching	20.03.2018
Pumpversuch Brunnen Sportpark (Brunnen II)	Gemeinde Unterhaching	09.05.2019	PDF, Excel	Gemeinde Unterhaching	10.05.2019

Hochwassermanagement Hachinger Bach - Grundwassermodell

- Datenerfassung, (Stand: 23.12.2020)

DATEN	Datenumfang / -quelle	Datenstand /Aktualität	Datenformat	bereit gestellt von	bereit gestellt am
GRUNDWASSERENTNAHMEN - Campeon Infineon					
Monatsmesswerte (Entnahme/Wasserstand/Temperatur) der Entnahme- und Schluckbrunnen (2006-2017)	GETEC Contracting GmbH	08.02.2018	Excel	GETEC	01.03.2018
Tagesmesswerte (Entnahme/Wasserstand/Temperatur) der Entnahme- und Schluckbrunnen (2013-2017)		26.02.2018	Excel		
Lageplan des Campeon Geländes (inkl. Standorte Brunnen)		01.03.2018	PDF		
Lageplan des Campeon Geländes (inkl. Standorte Brunnen)		05.03.2018	DWG		05.03.2018
Stichtagemesswerte (Entnahme/Wasserstand/Temperatur) der Entnahme- und Schluckbrunnen		06.04.2018	jpg		06.04.2018
Sonstige Gutachten					
Gemeinde Unterhaching - Sanierung und Gestaltung der Uferbefestigung des Hachinger Baches	██████████ Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG	08.08.2017	PDF	LHM	01.03.2018
Die oberirdischen und unterirdischen Abflußverhältnisse im Hachinger Tal südlich von München	Diplomarbeit von Ralf Annau (Ludwig-Maximilians-Universität München, 1997)	1997	PDF	LMU	26.04.2018
Campeon Infineon-Hauptquartier / Grundwassermodell Erläuterungsberichte	2001: Gutachten 00 1648 - 3: Grundwassermodell (Erläuterungsbericht und Anlagen 12.1, 12.2 und 13); 2016: Gutachten 00 1648 - 4: Grundwassermodell (Erläuterungsbericht und Anlage 1)	2001 / 2016	PDF	ACI Consult GmbH	28.05.2018
Campeon Kapellenfeld/Neubiberg Grundwassermodell: Auswertungen Hydrogeologie, Messdaten Grundwasser	Christmann Ingenieurtechnik mbH; 2001: Gutachten 00 1648 - 3: Grundwassermodell (Anlagen 0 bis 5, Anlage 9, Messdaten Grundwasserstände);	2001; Messdaten bis Mai 2018	PDF; Excel	ACI Consult GmbH	25.06.2018
Gemeinde Neubiberg - Hydrodynamisch - numerisches 2D - Oberflächenströmungsmodell Neubiberg - West	ISAR CONSULT	01.01.2018	PDF	LHM	06.03.2018
Schutzgebiete					
Trinkwasserschutzgebiete in Bayern	www.lfu-bayern.de	23.07.2017	SHAPE	Recherche BCE	23.07.2017
Landschaftsschutzgebiete in Bayern	www.lfu-bayern.de	01.03.2019	SHAPE	Recherche BCE	06.05.2019
Gemeinde Taufkirchen: Schutzgebietsplan mit Anstrom zu Brunnen 1 neu und Brunnen 3 neu	Anlage 12 Gemeinden\Taufkirchen\	26.07.2010	PDF	LHM (DVD Startgespräch)	31.07.2017



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Geplante Maßnahmen
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Trinkwasserschutzgebiete
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Landschaftsschutzgebiet
- Hachinger Tal im Gebiet der Gemeinden Oberhaching und Taufkirchen
- Niederschlagsstationen**
- Betreiber**
- DWD
- LfU
- Brunnen**
- Art**
- Öffentliche Trinkwasserversorgung
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Bestehende 2D-WSP-Modelle

- Hochwassermanagement H. Bach (2013)
- Unterhaching (2017)
- Neubiberg (2018)

Grundwasserleiter ¹⁾

- Grundwassergleichen des quartären Grundwasserleiters

¹⁾ aus Hydrogeologischer Karte von Bayern, 1:500.000 (HK500) [9]

Übersicht



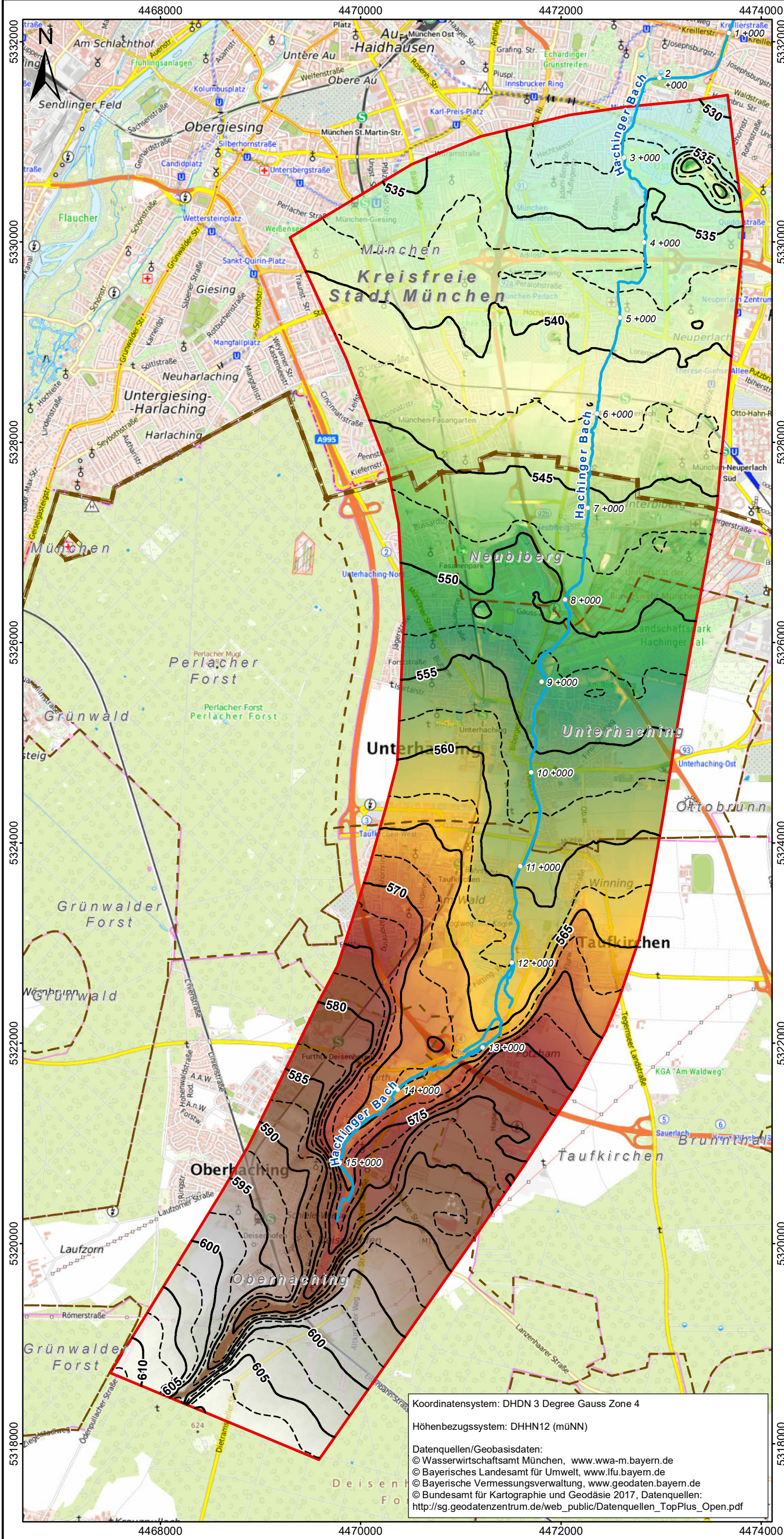
0 0,5 1 2 km



Bilanz- und Modellraum

M.: 1:40.000 | März 2020 | gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

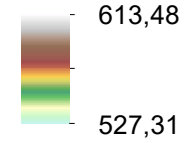


Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach

Geländehöhe

Angaben in [mNN]



550 Linie gleicher Geländeoberkante in [mNN]

Übersicht

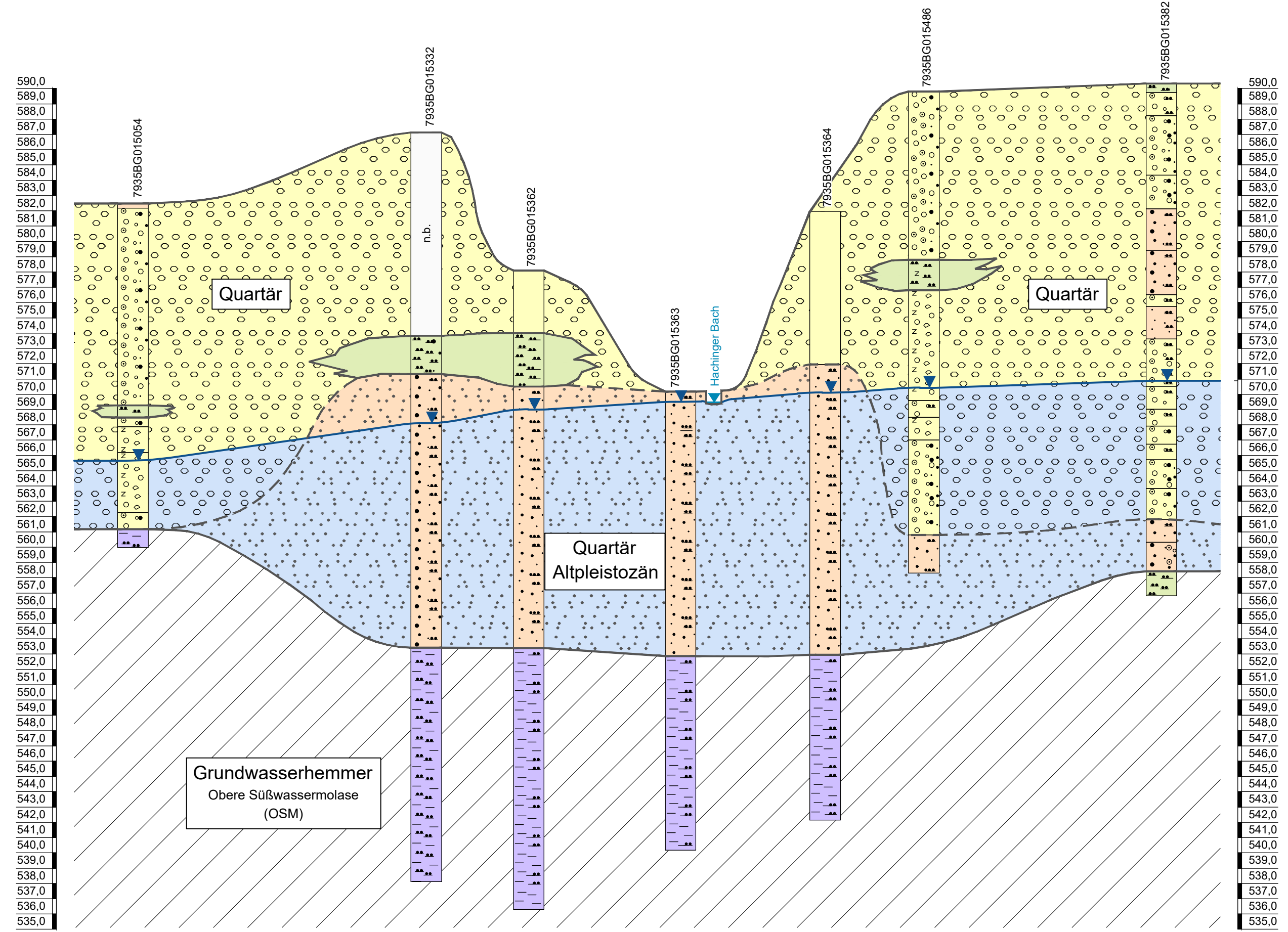


0 0,5 1 2 km



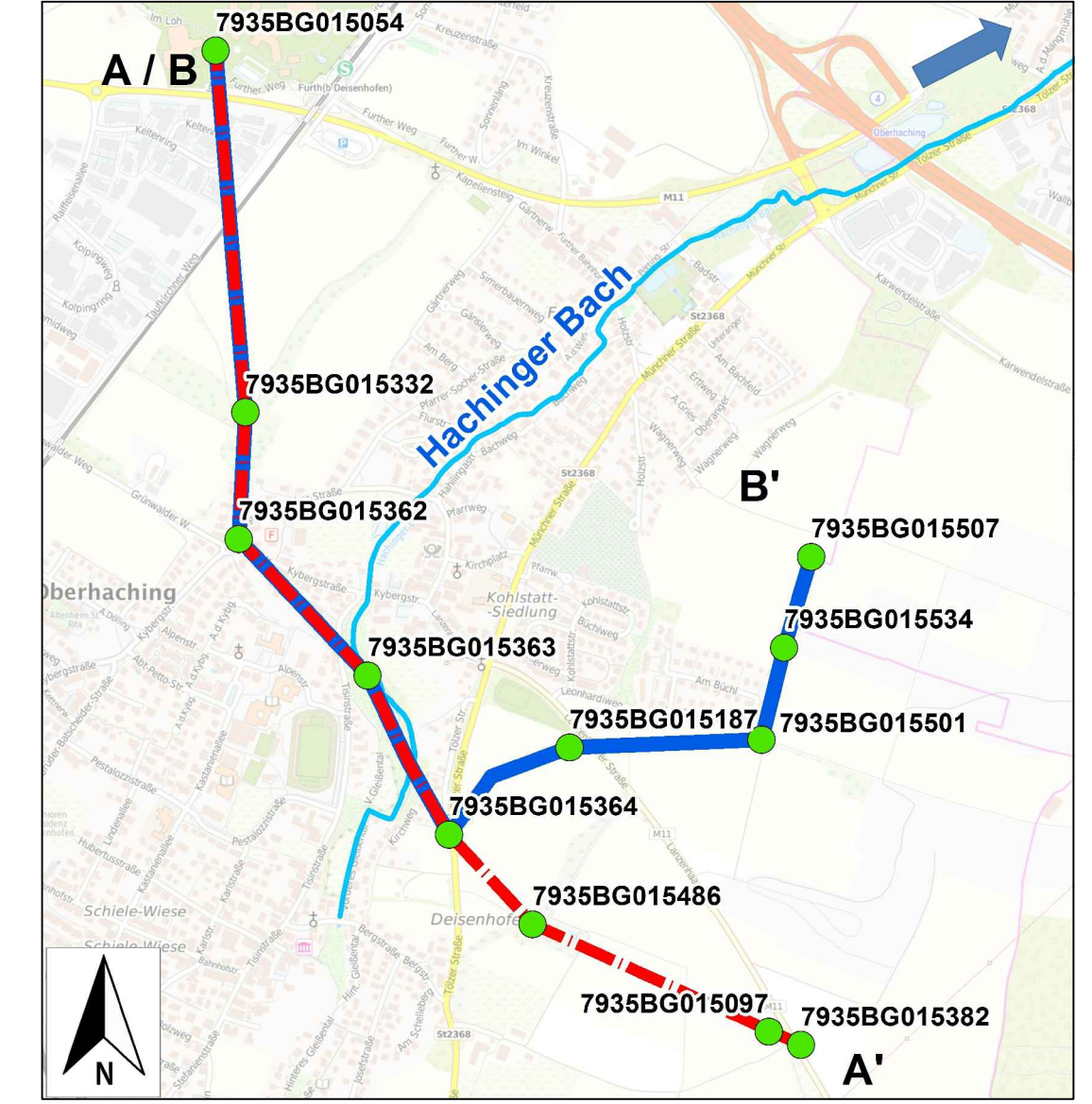
Topografie im Modellraum		
M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



- Zeichenerklärung:**
- Bodenprofil:**
- Auffüllung
 - Deckschichten
 - Sand
 - Schluff (Warmzeit: Riß, Würm)
 - Kies
 - Sandstein
 - Steine
 - klastisches Lockergestein
 - n.b. Material nicht bekannt
- Hydrostratigrafische Zuordnung:**
- Grundwasserleiter Quartär (Altpleistozän)
 - Grundwasserleiter (Quartär)
 - Grundwasserhemmer
 - Grundwasserspiegel¹
 - Wasserspiegel Hachinger Bach¹
- ¹ Stichtagsmessung 06. April 2018

Übersicht:



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (NN)

Datengrundlagen:
 © Stadt München, www.muenchen.de
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-muenchen.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung

Index	Datum	Name	geändert
c			
b			
a			

WWA München für die Gemeinden /
Landeshauptstadt München

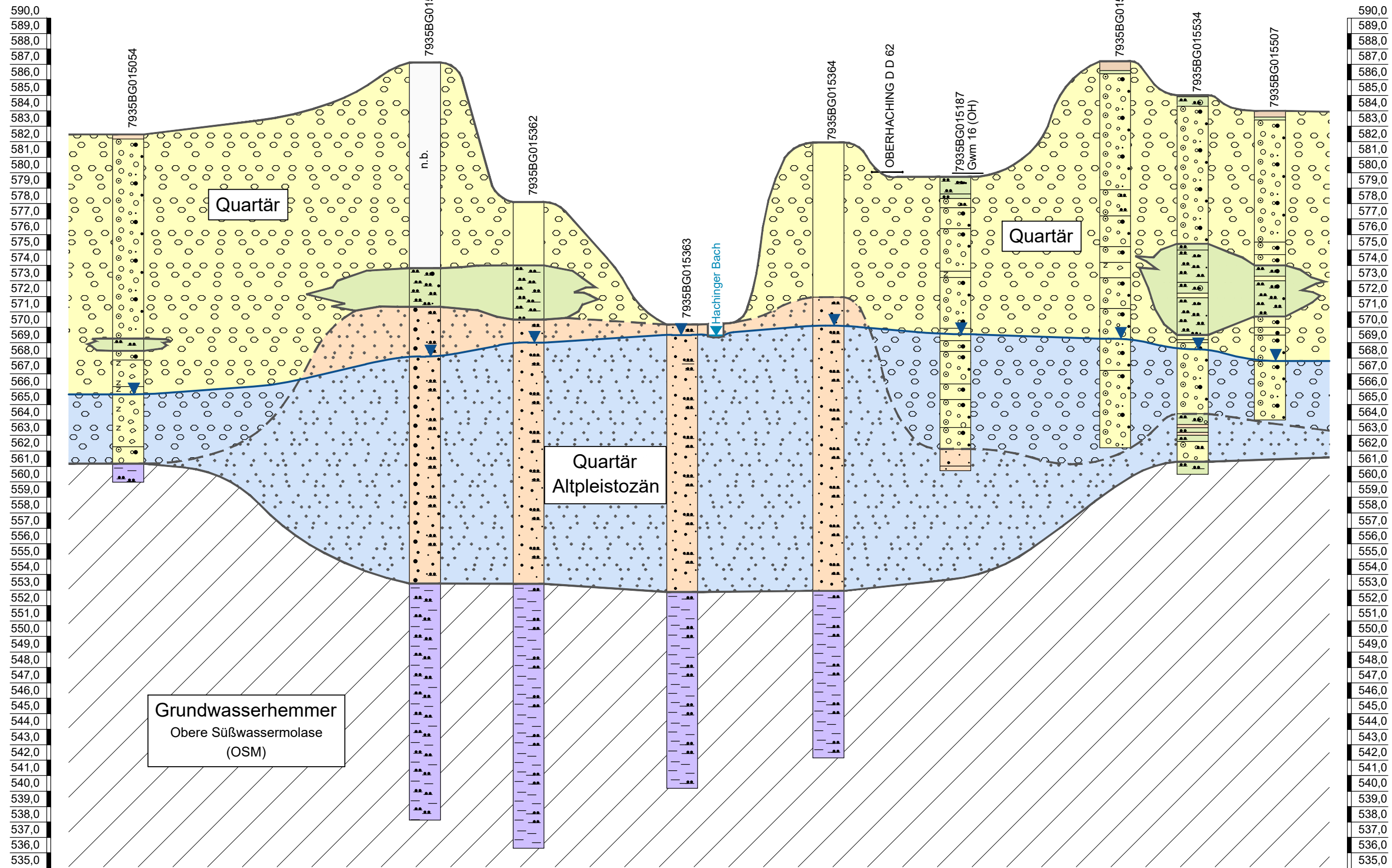
München, den Landeshauptstadt München
i.A.

Projekt: **Hochwassermanagement
Hachinger Bach - Grundwassermodell**

Inhalt: **Schematischer hydrogeologischer Schnitt A - A'**

Fachplanung:

Entwurfsverfasser:		Projekt-Nr.:	gwh1709936
		Plan-/Anlage-Nr.:	1.3.1
		Maßstab:	1:250 / 1:1.000
Bearb.:	März 2020	D. Knötschke	
Gez.:	März 2020	A. Glaser	
Gepr.:	März 2020	M. Probst	



Zeichenerklärung:

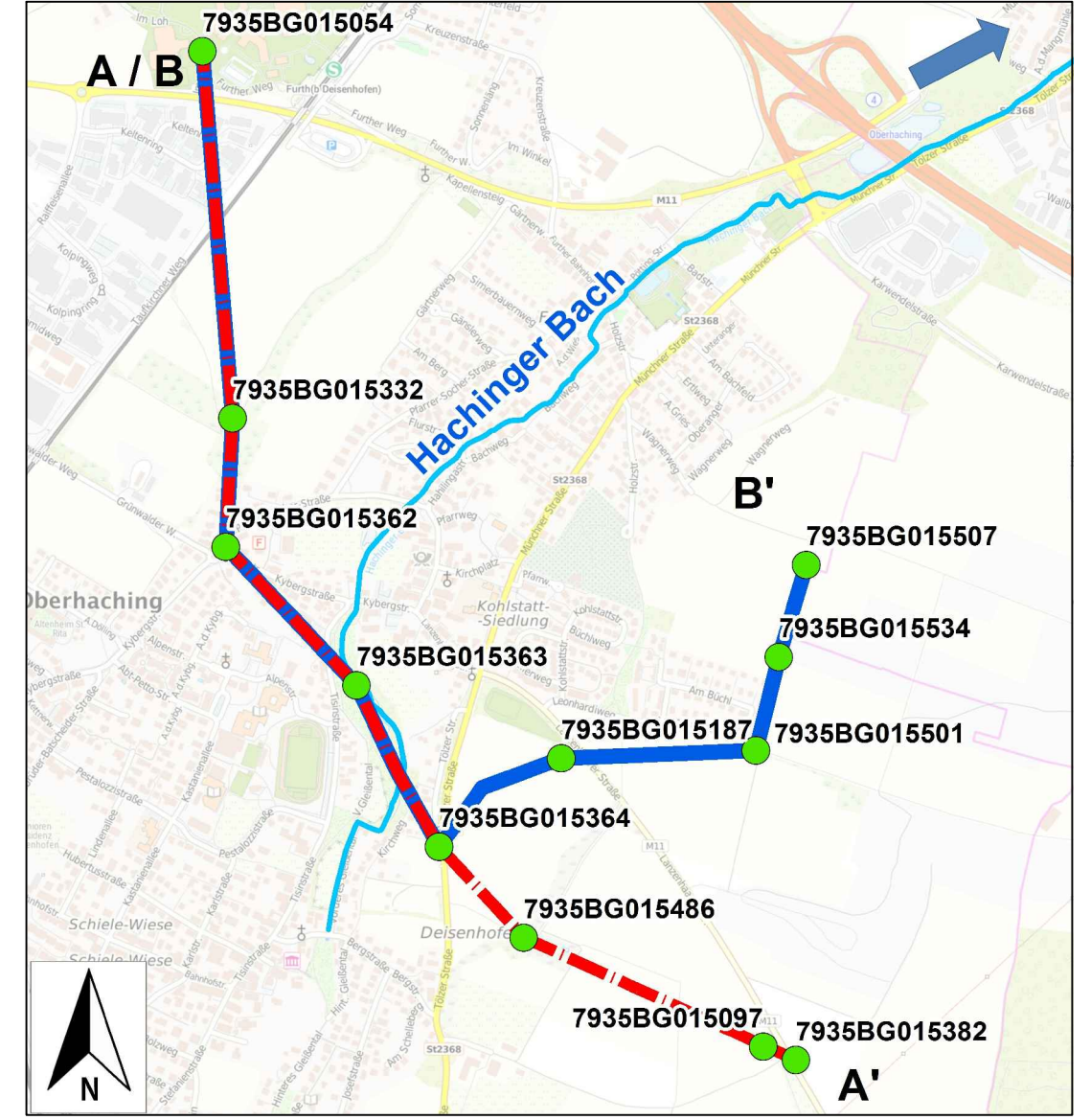
Bodenprofil:

- Auffüllung
- Deckschichten
- Sand
- Schluff (Warmzeit: Riß, Würm)
- Kies
- Sandstein
- Steine
- klastisches Lockergestein
- Material nicht bekannt

Hydrostratigrafische Zuordnung:

- Grundwasserleiter Quartär (Altpleistozän)
 - Grundwasserleiter (Quartär)
 - Grundwasserhemmer
 - Grundwasserspiegel ¹
 - Wasserspiegel Hachinger Bach ¹
- ¹ Stichtagsmessung 06. April 2018

Übersicht:



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (NN)

Datengrundlagen:
 © Stadt München, www.muenchen.de
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-muenchen.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung

Blattgröße: 765 x 297 mm, A = 0,25 m²
 Gezeichnet: 07.09.21 09:23:09 / Plottedatum: 07.09.21 09:23:46 Sinyakova
 K:\gwt\709936\04_Plan\acad03_ErhwSchmitt A-B.dwg / Layout: Schnitt B

c			
b			
a			
Index	Datum	Name	geändert

WWA München für die Gemeinden /
Landeshauptstadt München

München, den Landeshauptstadt
München

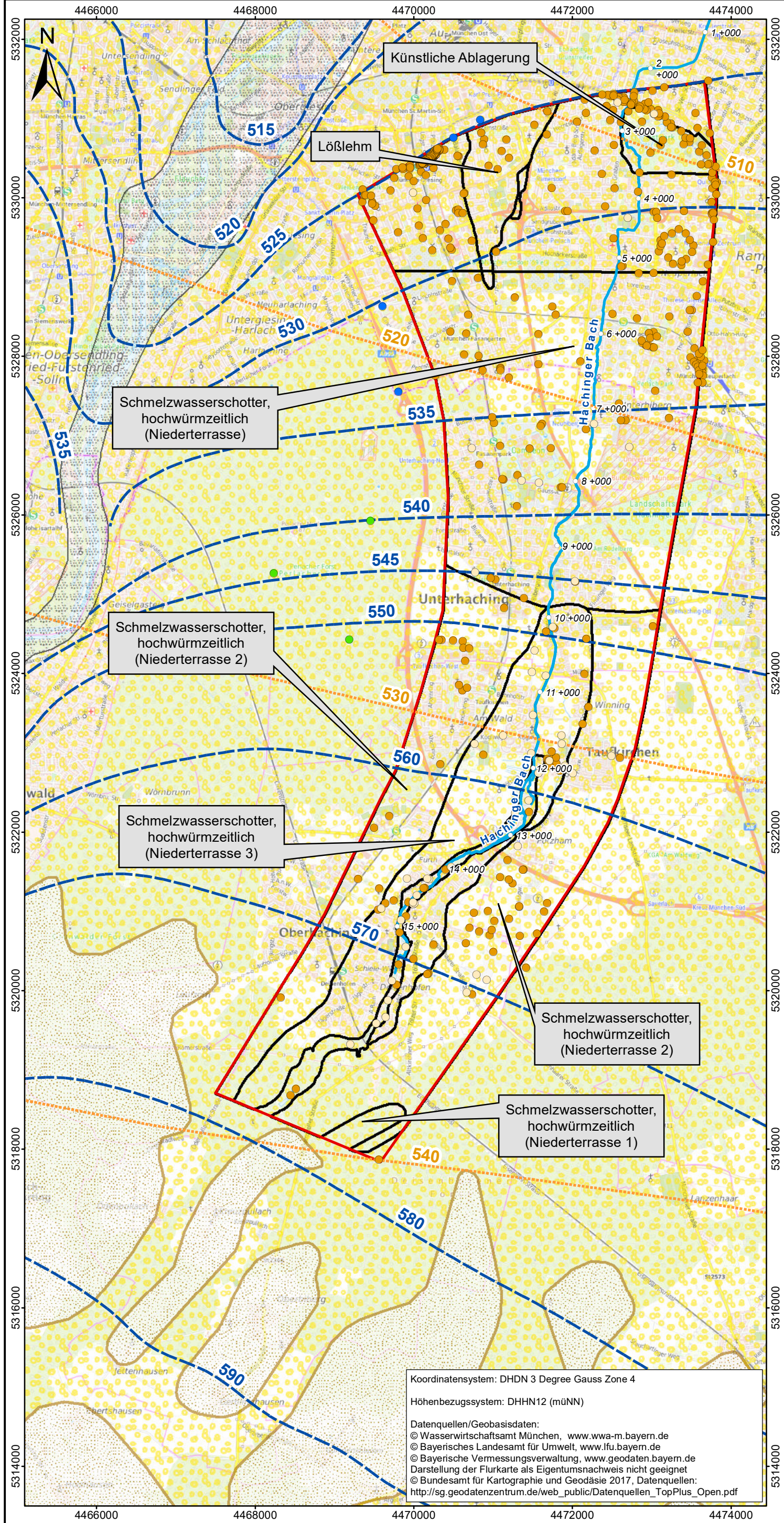
i.A.

Projekt: **Hochwassermanagement
Hachinger Bach - Grundwassermodell**

Inhalt: **Schematischer hydrogeologischer Schnitt B - B'**

Fachplanung:

Entwurfsverfasser:		Projekt-Nr.:	gwh1709936
		Plan-/Anlage-Nr.:	1.3.2
		Maßstab:	1:250 / 1:1.000
Bearb.:	März 2020	D. Knötschke	
Gez.:	März 2020	A. Glaser	
Gepr.:	März 2020	M. Probst	



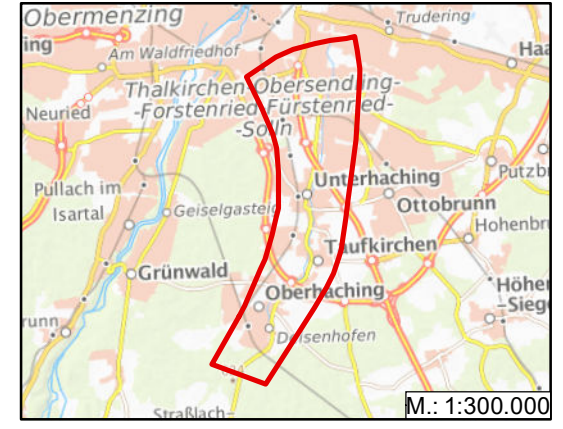
Zeichenerklärung

- Vorläufiger Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Aufschluss/Bohrung**
 BIS Bayern (Stand: 05.10.2017)
 - mit Schichtenverzeichnis
 - ohne Schichtenverzeichnis
- Gemeinde Unterhaching (Perlacher Forst, Stand: 11.10.2017)
 - mit Schichtenverzeichnis
 - mit Schichtenverzeichnis
- Landeshauptstadt München**
 - mit Schichtenverzeichnis
- Hydrogeologische Einheiten)¹**
Ausprägung
 - Moränenablagerungen
 - Fluvioglaziale Ablagerungen (Schmelzwasserschotter)
 - Quartäre Flussschotter
- Geologische Einheiten)²**
 - Grenzen der Verbreitungsgebiete
- Grundwasserleiter)¹**
 - - - Grundwassergleichen des quartären Grundwasserleiters
 - - - Grundwassergleichen des tertiären Grundwasserleiters

¹ aus Hydrogeologischer Karte von Bayern, 1:500.000 (HK500) [9]

² aus digitaler Geologischer Karte von Bayern, 1:25.000 (dGK25)

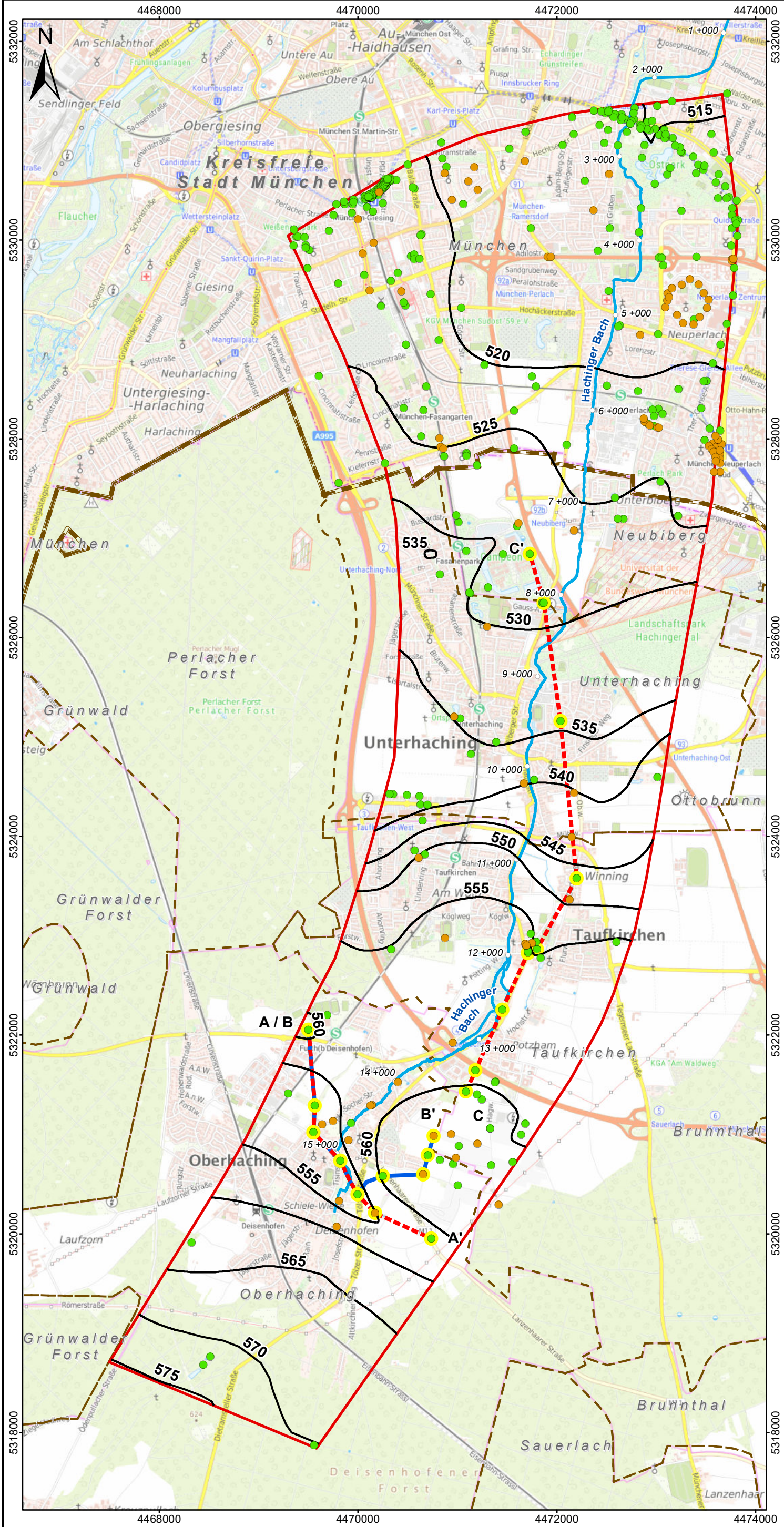
Übersicht



Hydrogeologische Situation
und Bohrungen

M.: 1:50.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Flusskilometer
- Hachinger Bach

Bohrungen

- Basis nicht erreicht
- Basis erreicht

530 Linien gleicher Basis des quartären Grundwasserleiters [m NN]

Schematische, hydrogeologische Schnitte

- für schematische, hydrogeologische Schnitte ausgewählte Bohrungen
- Schnittachse A - A' (Anlage 1.3.1)
- Schnittachse B - B' (Anlage 1.3.2)
- Schnittachse C - C' (Abb. 2)

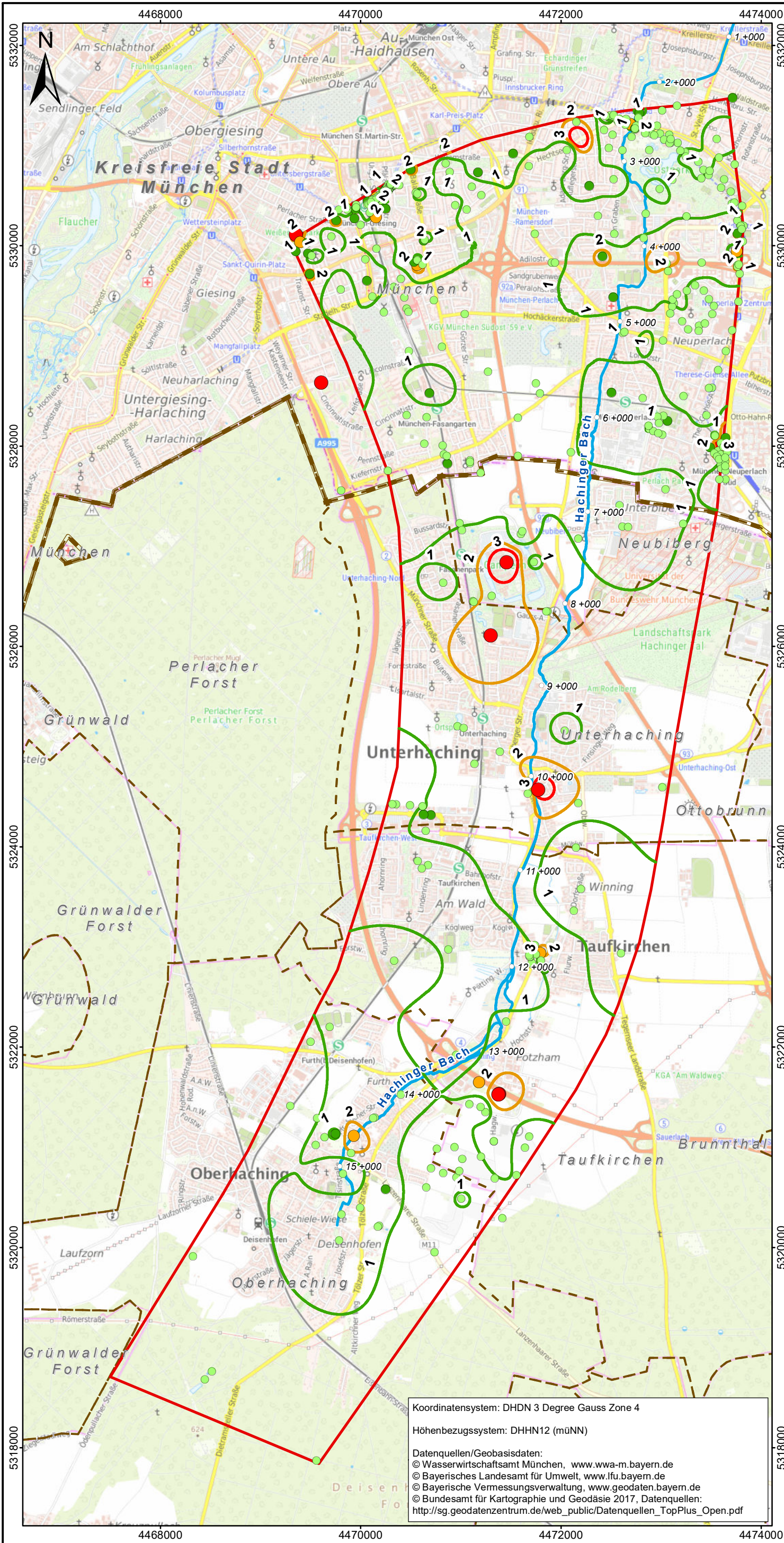
Übersicht



BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Basis des quartären Grundwasserleiters

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Flusskilometer
- Hachinger Bach

Erbohrte Deckschichtmächtigkeit

Mächtigkeit in [m]

- < 1
- 1 bis 2
- 2 bis 3
- > 3

Linien gleicher Deckschichtmächtigkeit

Angaben in [m]

- 1
- 2
- 3

Übersicht



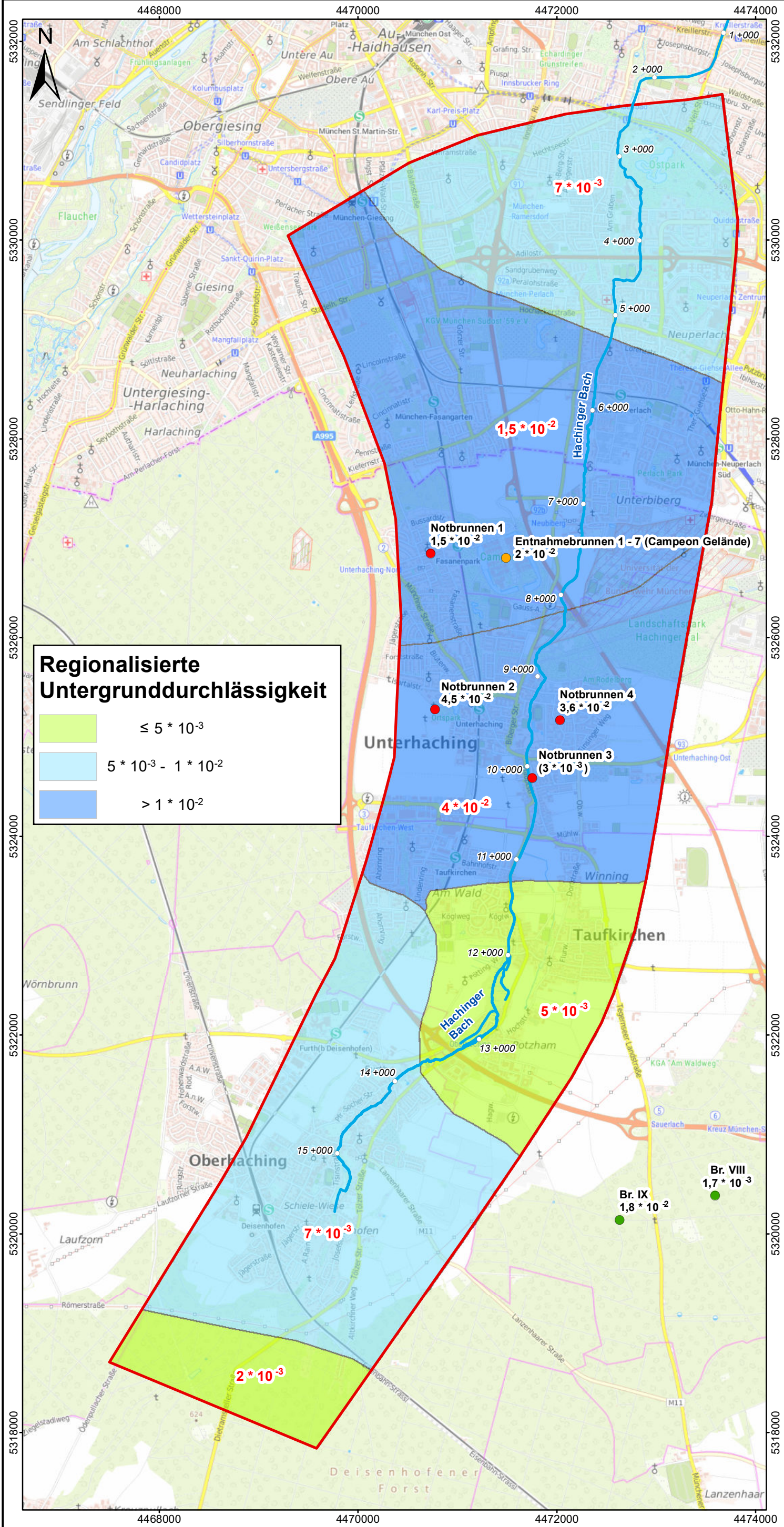
0 0,5 1 2 km

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Deckschichtmächtigkeit

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



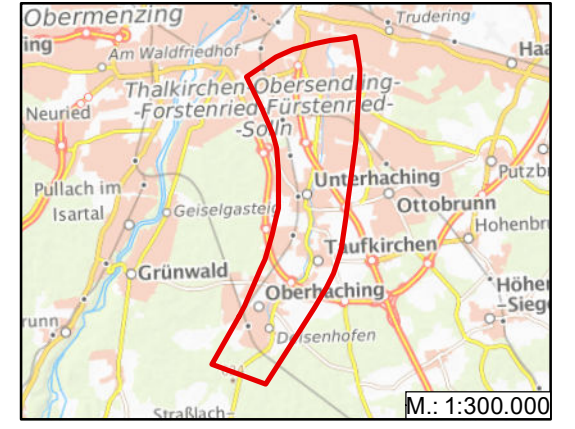
**Regionalisierte
 Untergunddurchlässigkeit**

	$\leq 5 \cdot 10^{-3}$
	$5 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$
	$> 1 \cdot 10^{-2}$

Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Gemeinde Taufkirchen: Angabe aus Gutachten IB Dr. Knorr (2018)
- ACI GmbH: Erläuterungsbericht - Grundwassermodell (2016)
- BCE GmbH: Auswertung Pumpversuchsdaten von 1983/84 und 2014/16 (orientierende Abschätzung 2018)
- $(3 \cdot 10^{-3})$ Ermittelter Wert aufgrund geringer Restmächtigkeit im Brunnen eingeschränkt aussagekräftig
- Regionalisierte Ausgangsverteilung:**
- $4 \cdot 10^{-2}$ k_f -Werte in [m/s]

Übersicht



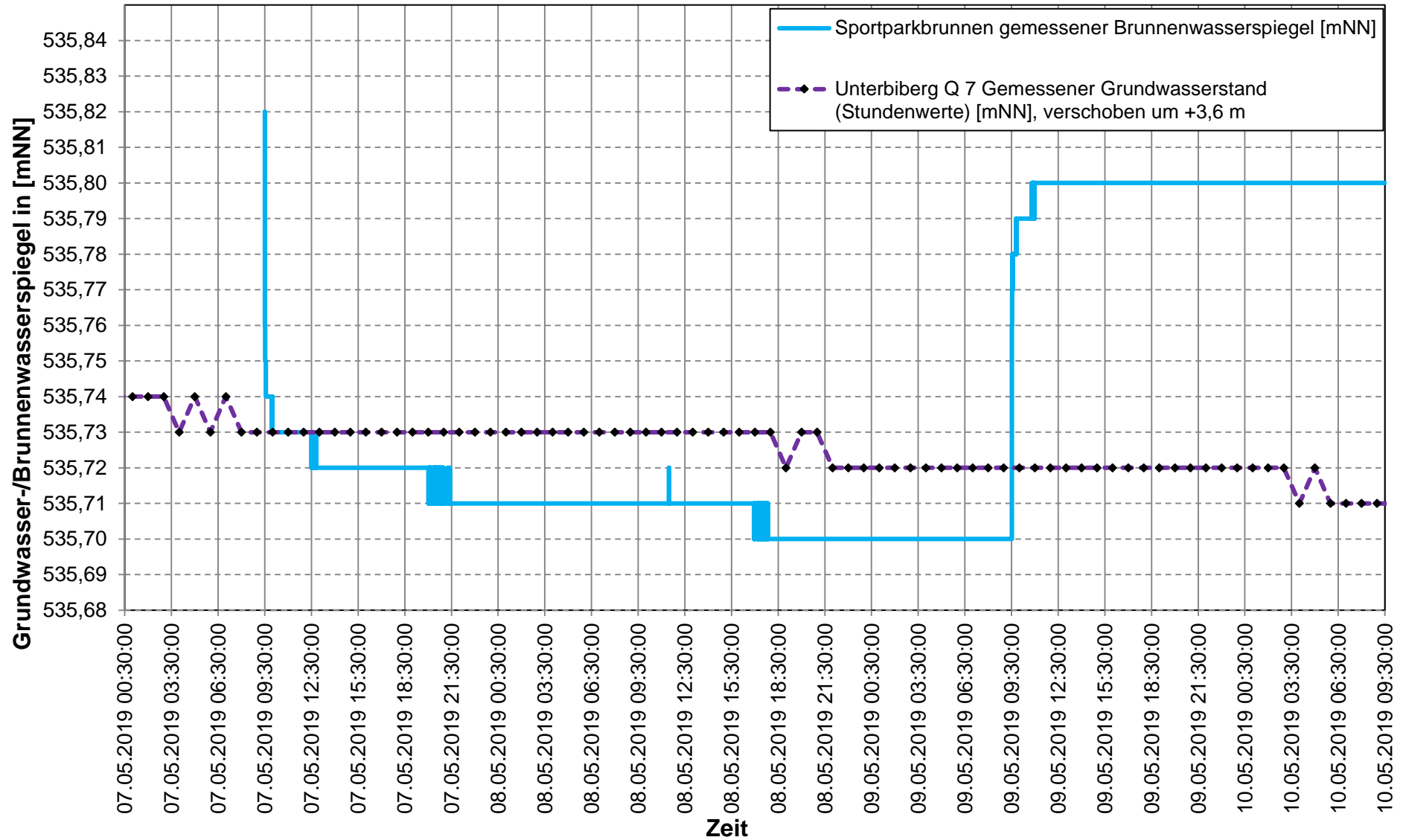
0 0,5 1 2 km

BCE
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

**Untergunddurchlässigkeiten
 (kf-Werte)
 - Ausgangsverteilung -**

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Sportparkbrunnen Unterhaching Pumpversuch Mai 2019



PUMPVERSUCHSAUSWERTUNG (WIEDERANSTIEG) NACH THEIS
(UNGESPANNTER AQUIFER)

MESSSTELLENBEZEICHNUNG:	<u>Sportparkbrunnen</u>	Projekt: <u>gwh1709936</u>
-------------------------	-------------------------	----------------------------

Aquifermächtigkeit, M [m]:	7,25
Entnahmemenge, Q [m ³ /s]:	0,000016
Ruhewasserspiegel, Abstich [m]:	15,150
Pumpdauer (Ersatzzeit te) [sec]	172904

Pumpversuchsdatum:	07.-10.05.2019
Datum Auswertung:	27.05.2019

PUMPVERSUCHSDATEN:

Zeit t'' [sec]	Abstich [m]	(te+t'')/t''	((te+t'')/t'') ²	Restabsenkung s'' [m]
1	15,24	172905,07	5,24	-0,09
5	15,23	34581,80	4,54	-0,08
10	15,22	17291,40	4,24	-0,07
16	15,21	10807,50	4,03	-0,06
21	15,2	8234,52	3,92	-0,05
27	15,19	6404,85	3,81	-0,04
38	15,18	4551,11	3,66	-0,03
169	15,17	1024,10	3,01	-0,02
1041	15,16	167,09	2,22	-0,01
4642	15,15	38,25	1,58	0,00

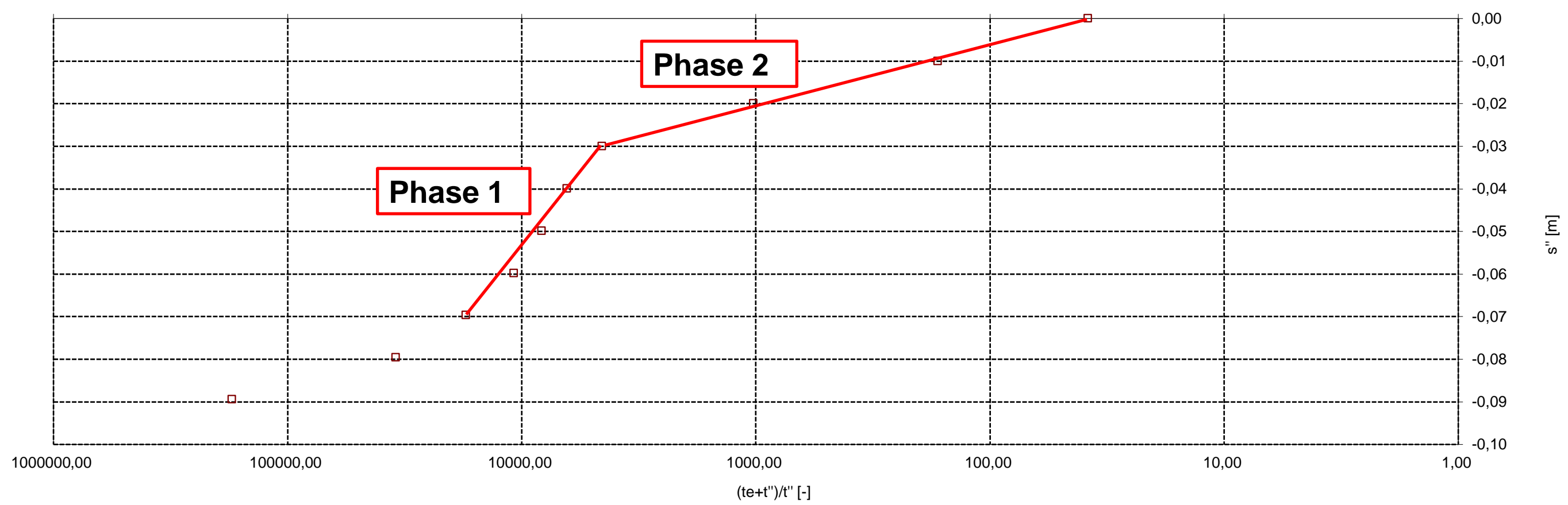
AUSWERTUNG:

Regressionsanalyse:	
X-Achsenabschnitt	0,051
Standardfehler der Regression	0,009
Bestimmtheitsmaß (R ²)	0,912
Zahl der Meßwerte	10
Freiheitsgrade	8
Steigung	-0,026

Transmissivität [m²/s]:

Kf-Wert [m/s]:

**Gesamter Wiederanstieg
Zeitpunkte mit messbarer Veränderung des Wasserspiegels**



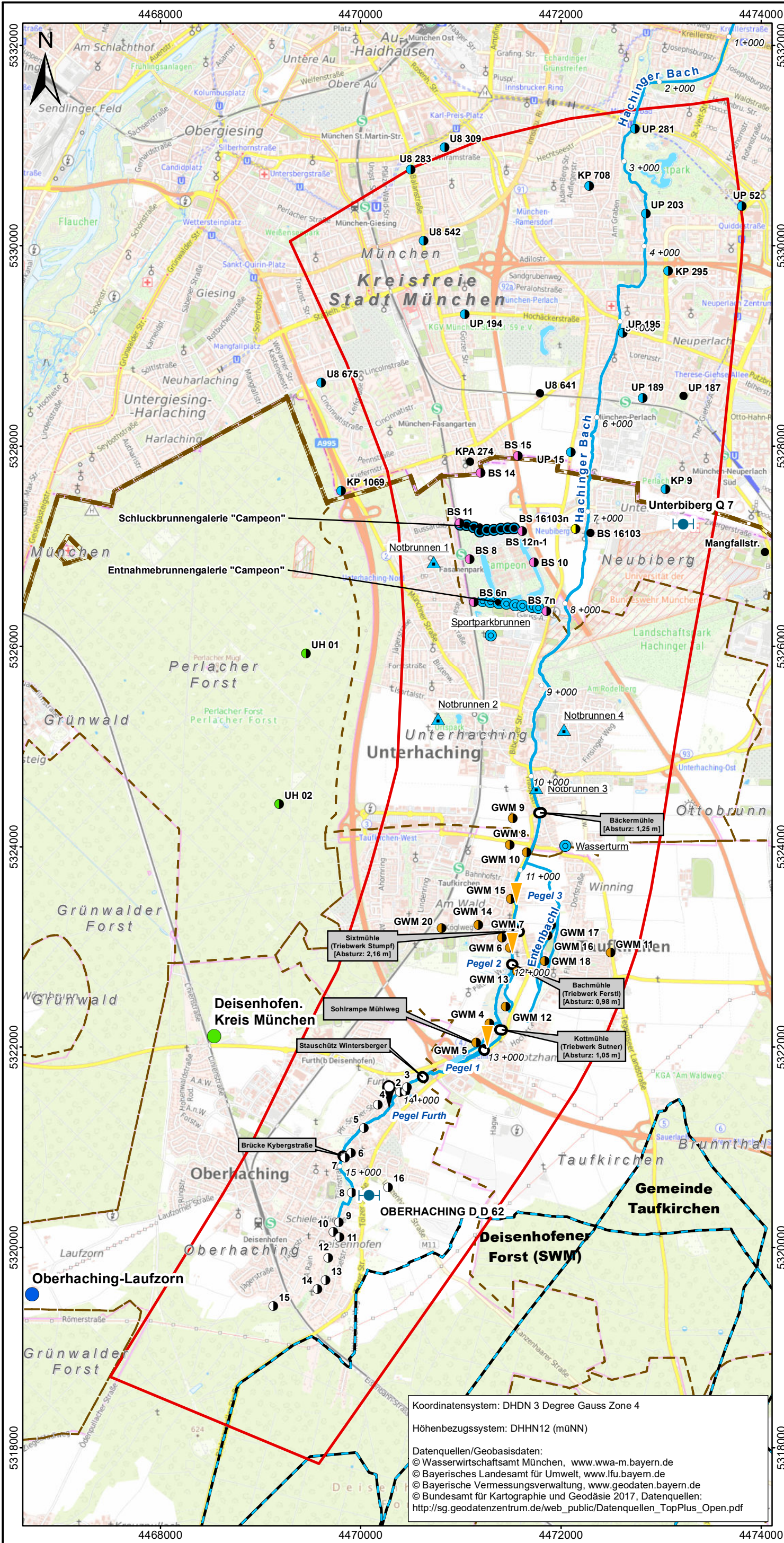
PUMPVERSUCHSAUSWERTUNG (WIEDERANSTIEG) NACH THEIS
(UNGESPANNTER AQUIFER)

MESSSTELLENBEZEICHNUNG:		<u>Sportparkbrunnen</u>	<u>Projekt: gwh1709936</u>
Aquifermächtigkeit, M [m]:	7,25	Pumpversuchsdatum:	07.-10.05.2019
Entnahmemenge, Q [m3/s]:	0,015500	Datum Auswertung:	27.05.2019
Ruhwasserspiegel, Abstich [m]:	15,150		
Pumpdauer (Ersatzzeit te) [sec]	172904		

PUMPVERSUCHSDATEN:				AUSWERTUNG:			
Zeit t'' [sec]	Abstich [m]	(te+t'')/t''	((te+t'')/t Restabsenkung s'' [m]				Regressionsanalyse:
10,0	15,22	17291,40	4,24	-0,07	-0,07		X-Achsenabschnitt 0,228
16,0	15,21	10807,50	4,03	-0,06	-0,06		Standardfehler der Regression 0,002
21,0	15,2	8234,52	3,92	-0,05	-0,05		Bestimmtheitsmaß (R²) 0,986
27,0	15,19	6404,85	3,81	-0,04	-0,04		Zahl der Meßwerte 7
38,0	15,18	4551,11	3,66	-0,03	-0,03		Freiheitsgrade 5
							Steigung -0,071

Transmissivität [m2/s]:	4,0E-02
Kf-Wert [m/s]:	5,5E-03

Phase 1 Wiederanstieg
Zeitpunkte mit messbarer Veränderung des Wasserspiegels



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Trinkwasserschutzgebiete
- Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Bauwerke

Niederschlagsstationen

Betreiber

- DWD
- LfU

Grundwassermessstellen (GWM)

Betreiber

- Landeshauptstadt München
- Gemeinde Neubiberg
- GETEC
- Gemeinde Unterhaching
- Gemeinde Taufkirchen
- Gemeinde Oberhaching
- amtliche GWM (WWA München)
- zerstört / keine aktuelle Messwerterfassung

Pegelmessstellen

- WWA München
- ▼ Gemeinde Taufkirchen

Brunnen mit Erfassung der Wasserstände

Art

- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Übersicht



0 0,5 1 2 km

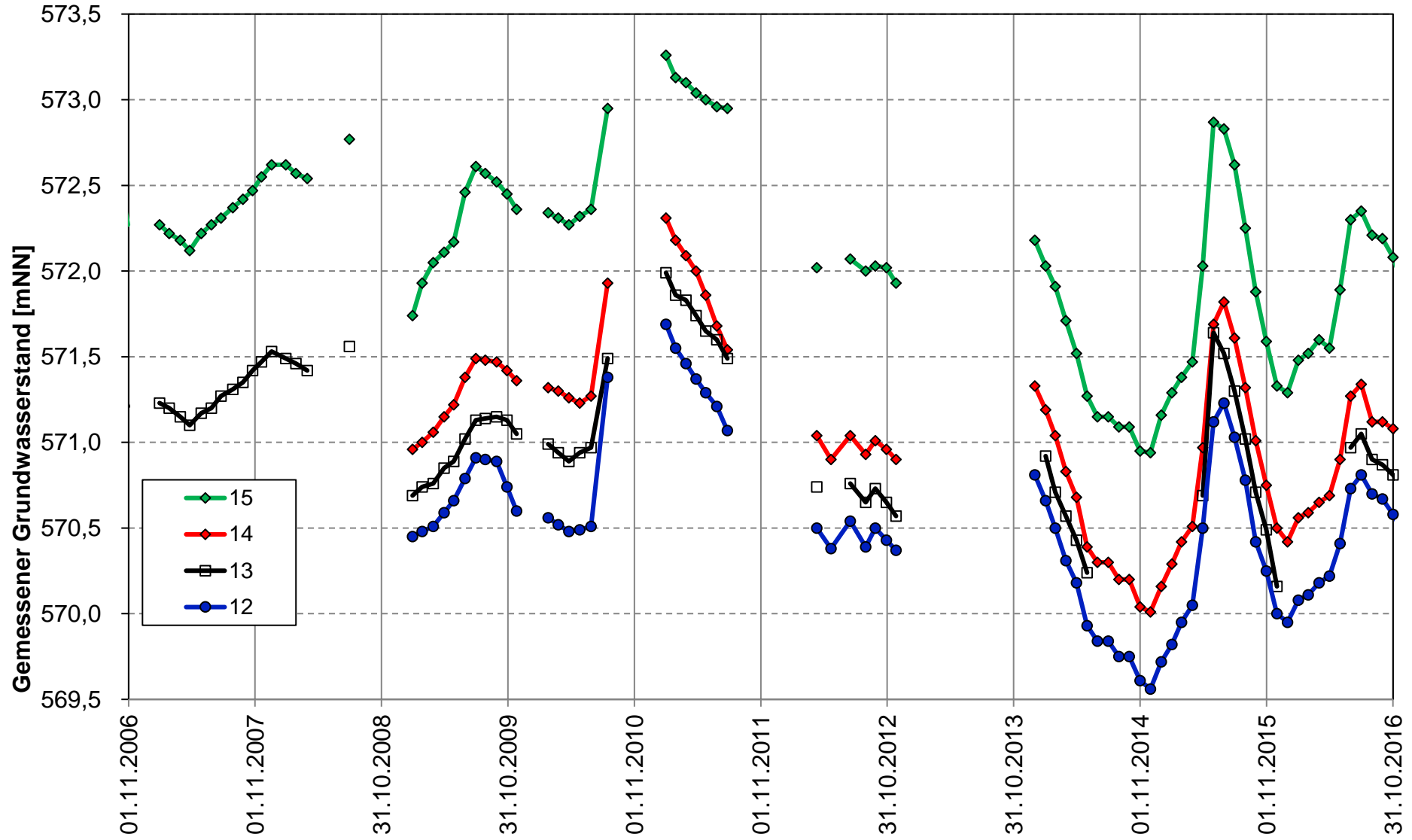


Hydrologisches Messnetz

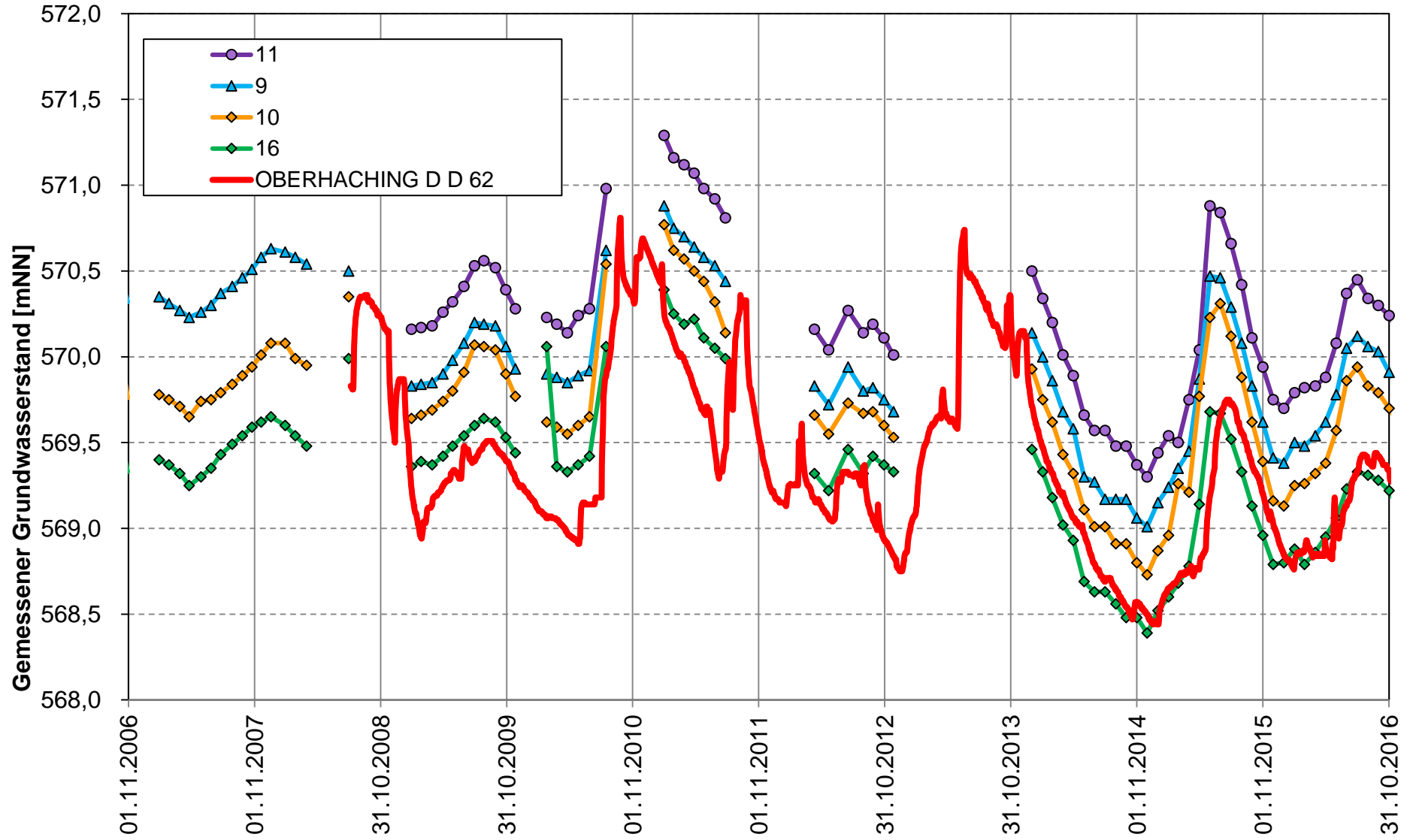
M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

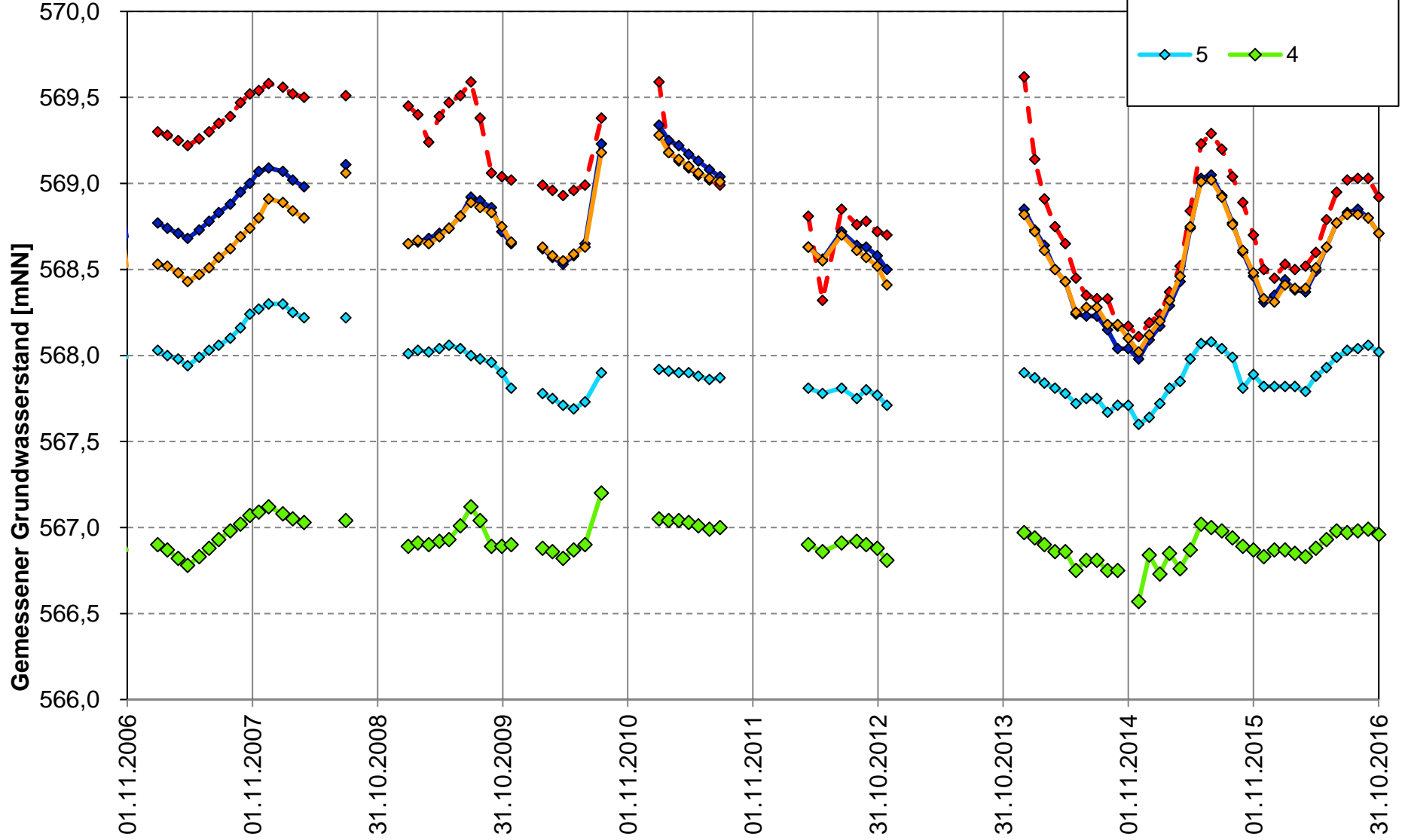
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Oberhaching - Süd-



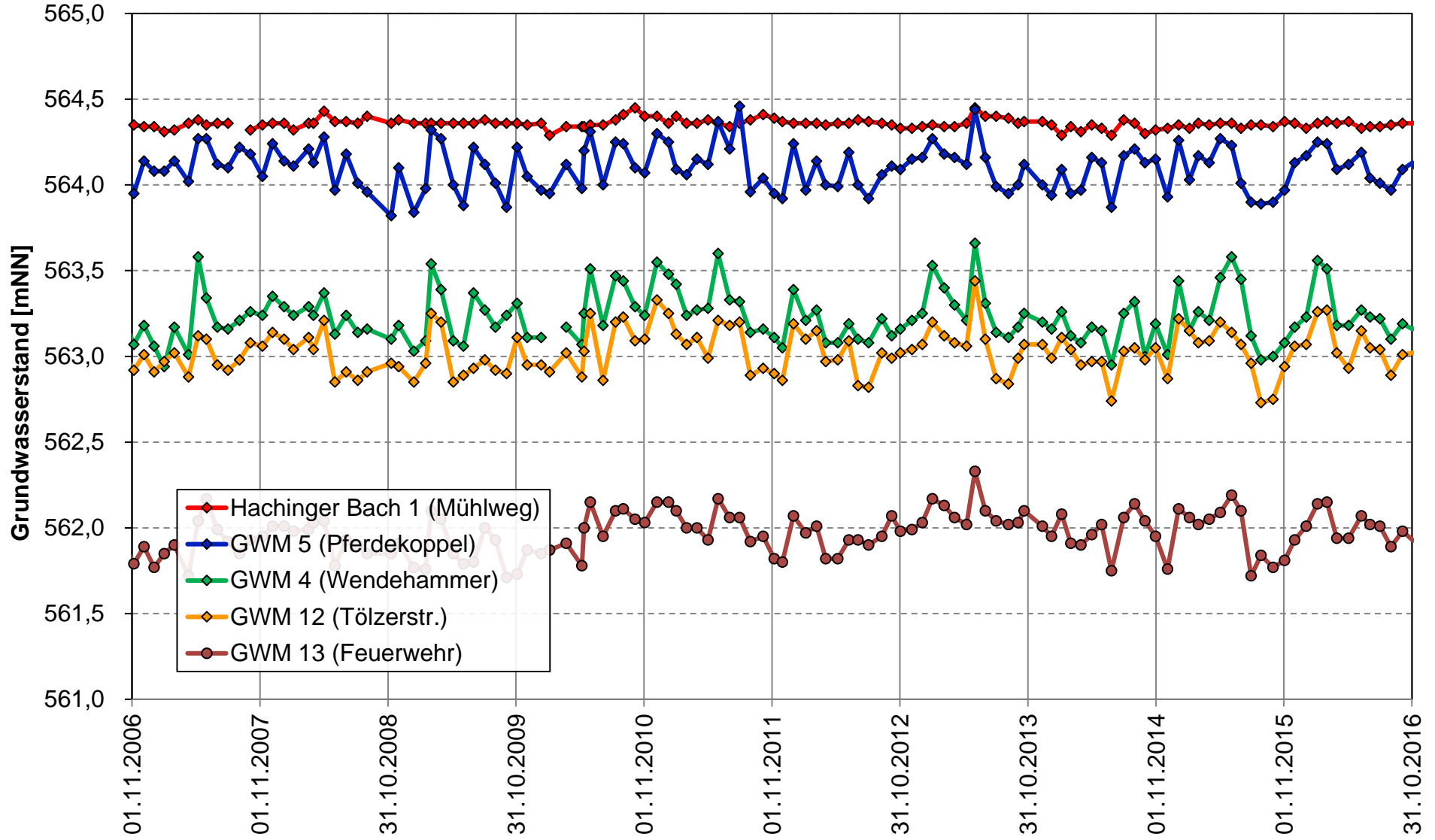
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Oberhaching - Zentrum -



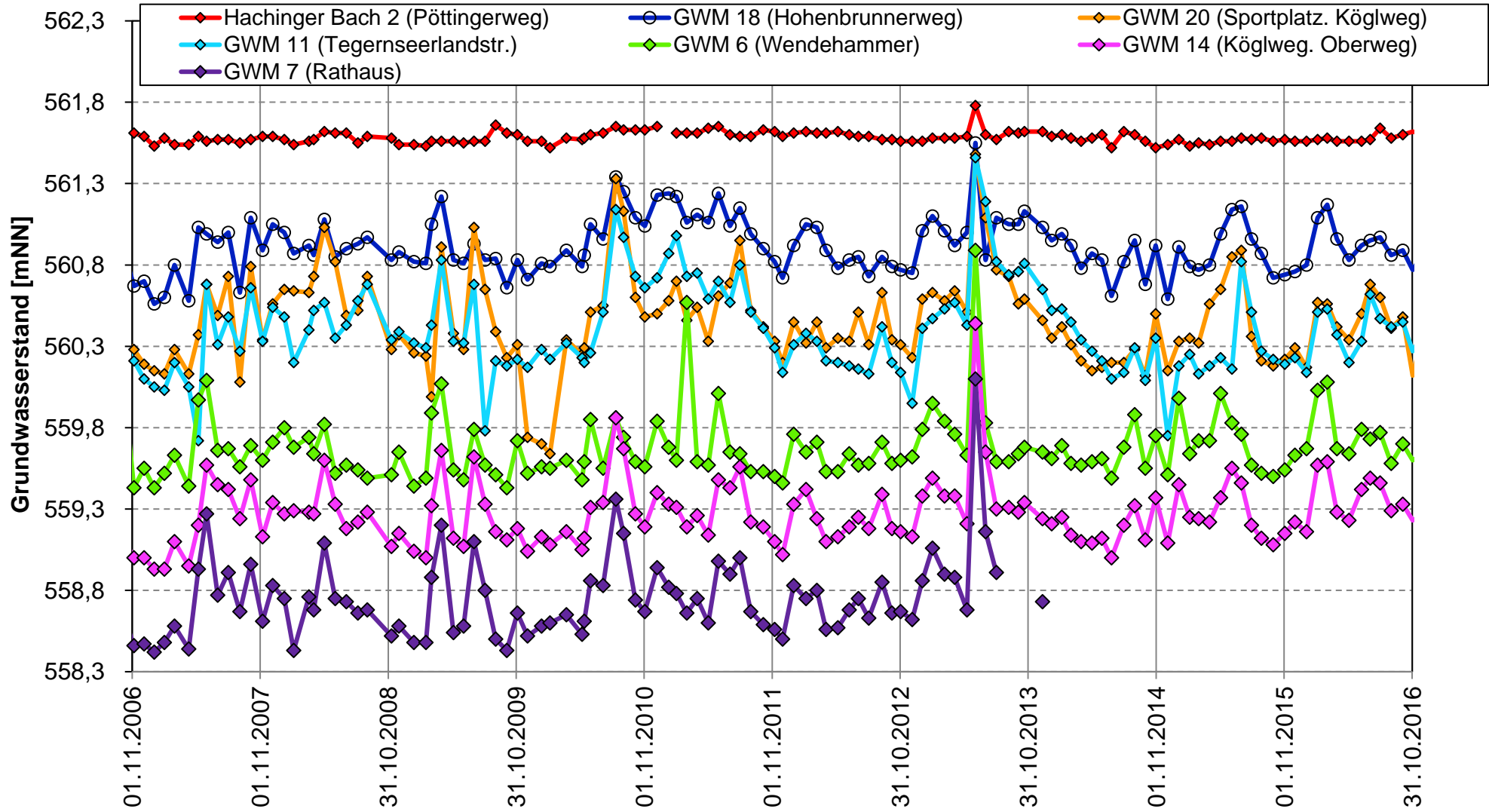
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Oberhaching - Nord -



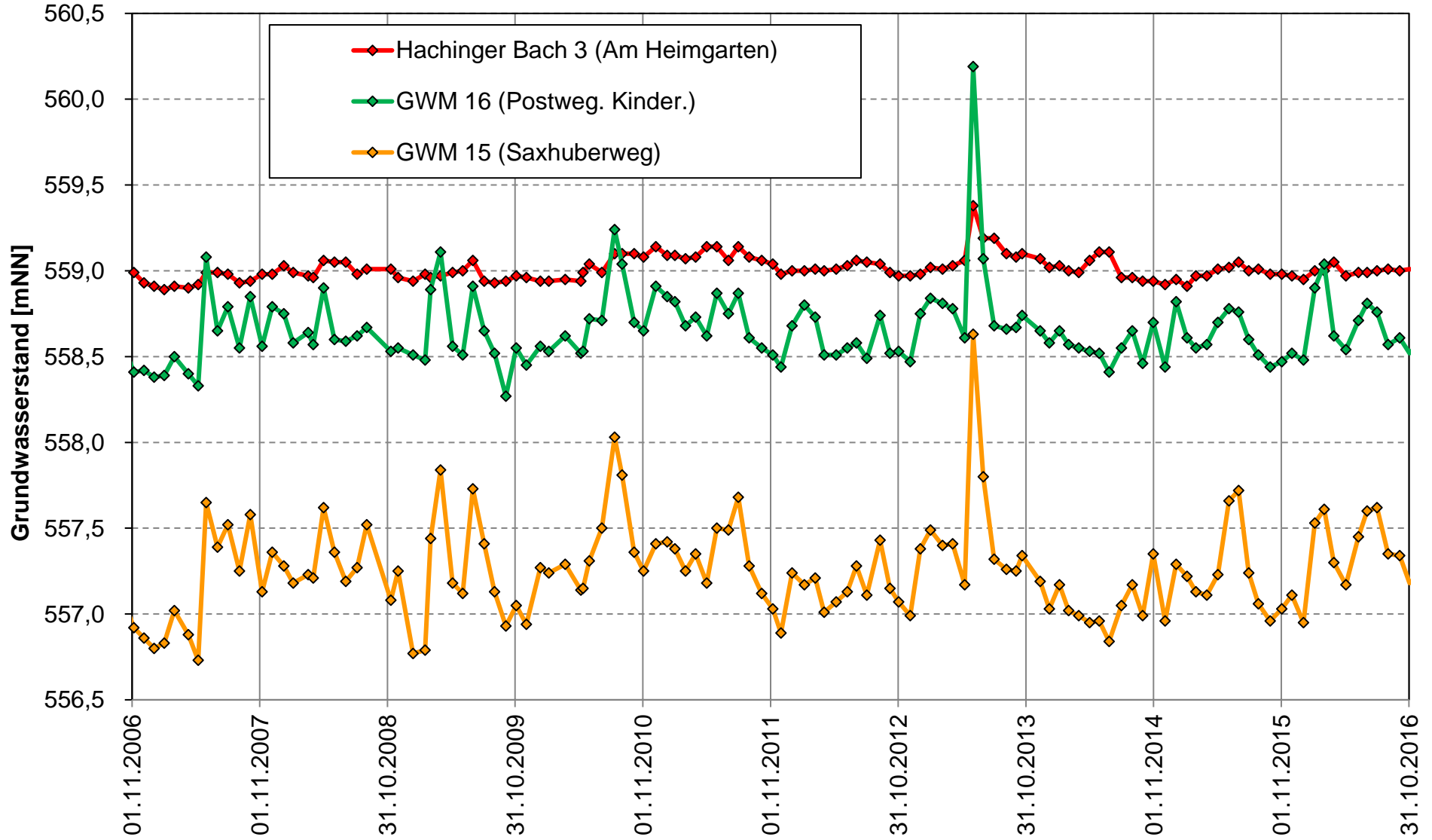
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Taufkirchen - Süd -



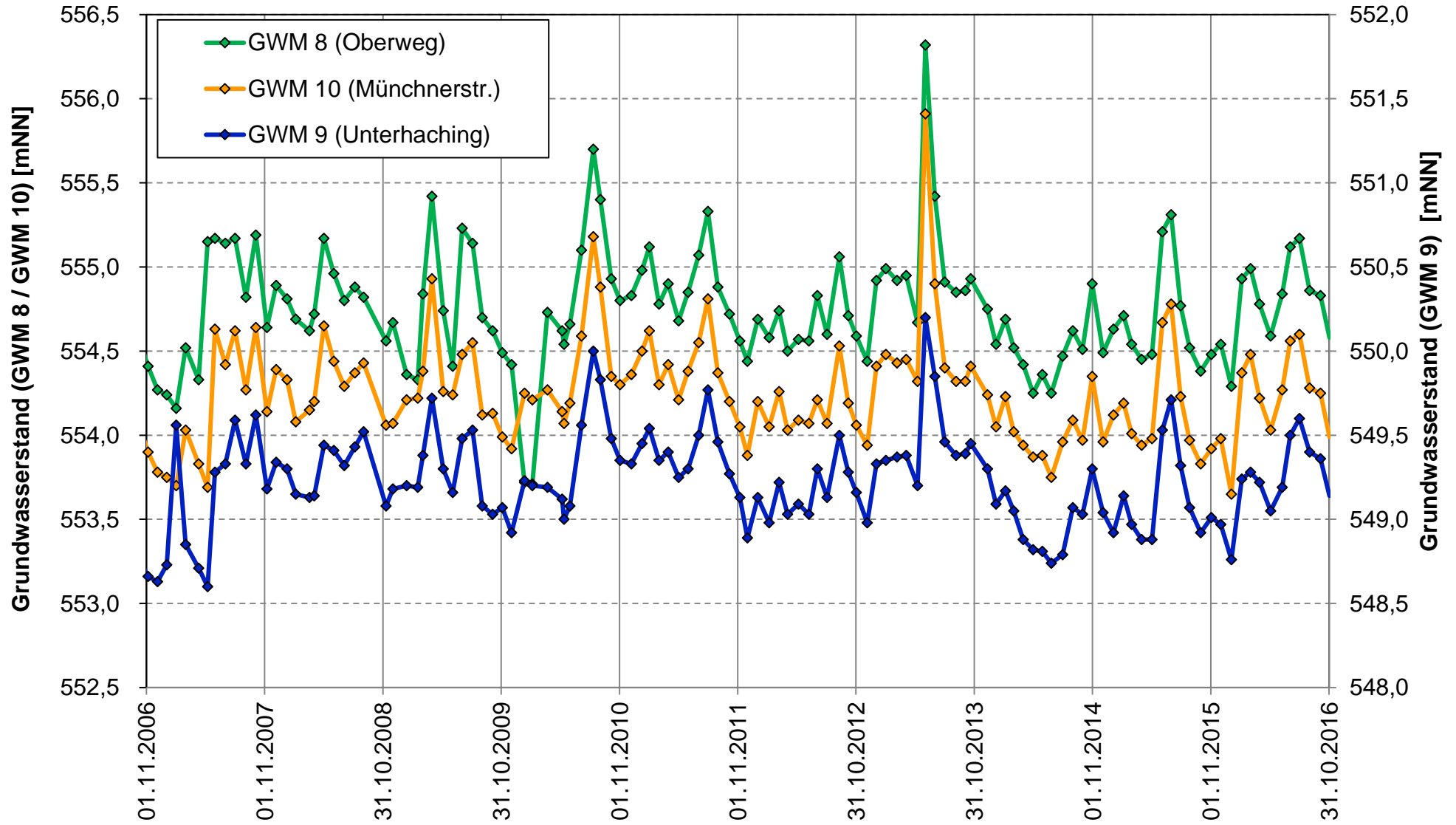
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Taufkirchen - Zentrum West -



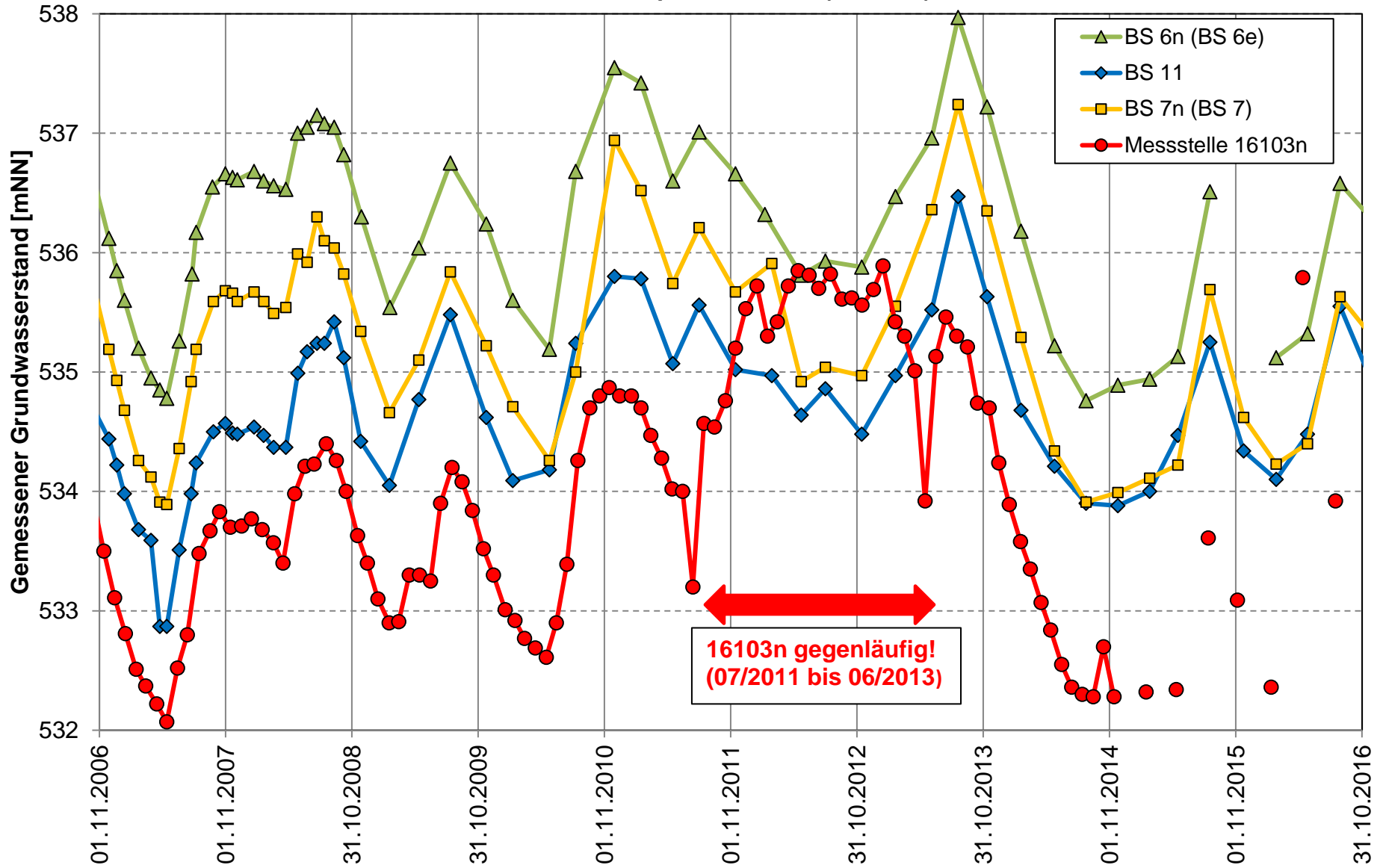
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Taufkirchen - Zentrum Ost -



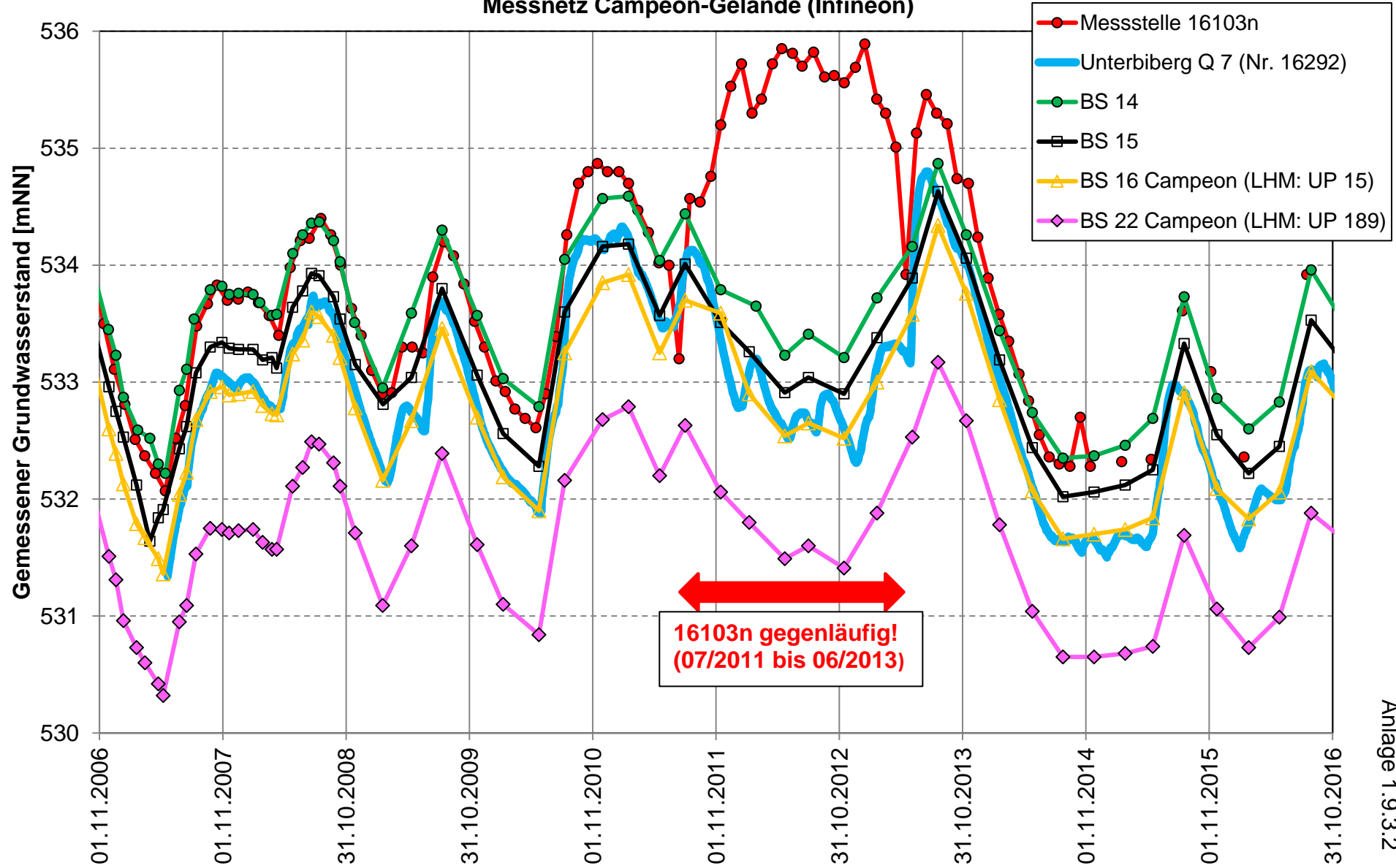
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Gemeinde Taufkirchen - Nord/Unterhaching -



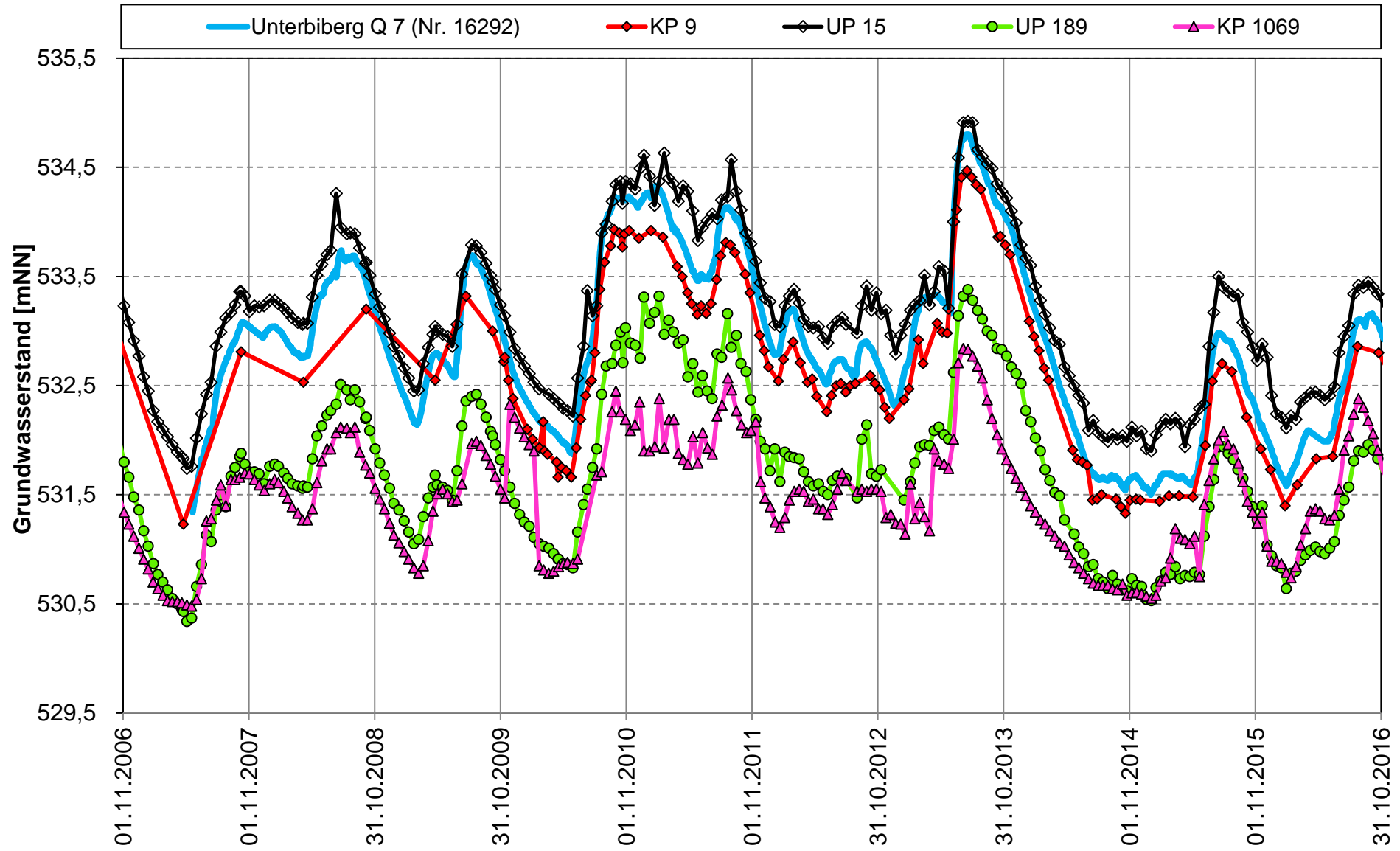
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Campeon-Gelände (Infineon)



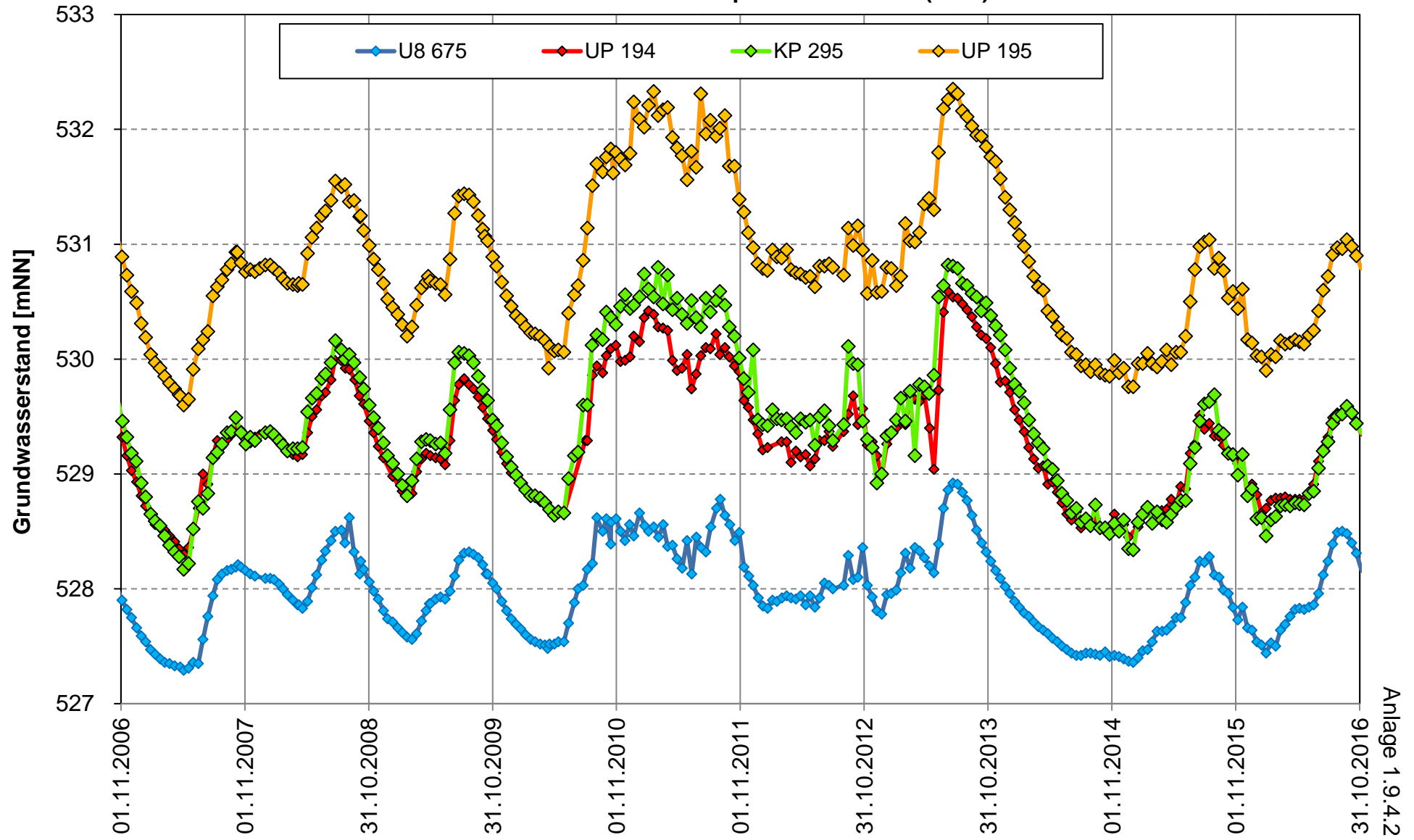
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Campeon-Gelände (Infineon)



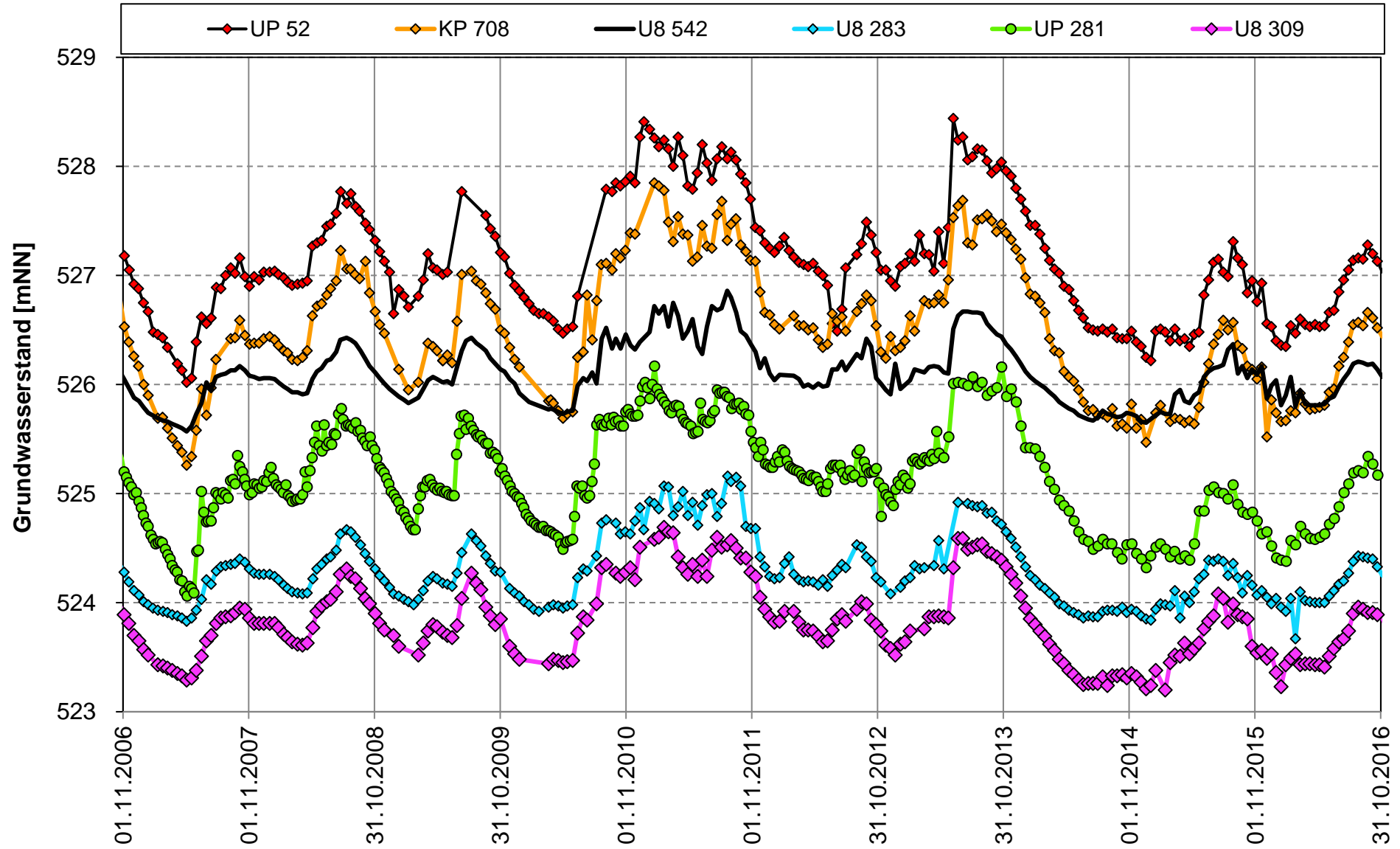
Gemessene Grundwasserstände Messnetz Landeshauptstadt München (LHM)

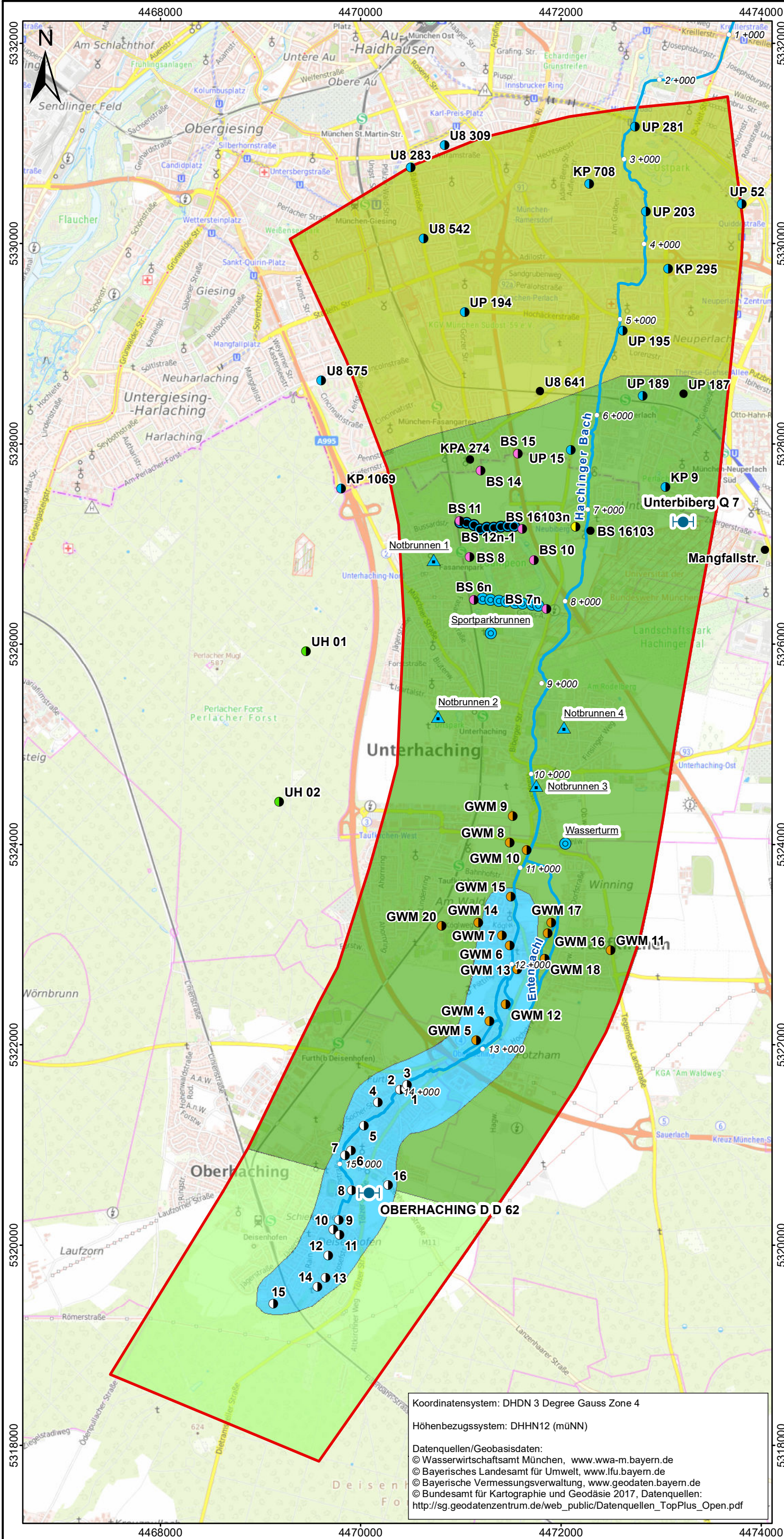


Gemessene Grundwasserstände Messnetz Landeshauptstadt München (LHM)



Gemessene Grundwasserstände Messnetz Landeshauptstadt München (LHM)





Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach

Grundwassermessstellen (GWM)

Betreiber

- Landeshauptstadt München
- Gemeinde Neubiberg
- GETEC
- Gemeinde Unterhaching
- Gemeinde Taufkirchen
- Gemeinde Oberhaching
- amtliche GWM (WWA München)
- zerstört / keine aktuelle Messwerterfassung

Brunnen mit Erfassung der Wasserstände

Art

- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Einflussbereiche Grundwasserstände

- Nahbereich Hachinger Bach mit möglicher Aussickerung von Grundwasser
- Nördliche Abflüsse und regionale Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- Regionale Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- Südliche Zuflüsse und regionale Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Übersicht



0 0,5 1 2 km



Einflussbereiche Grundwasserstände		
M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

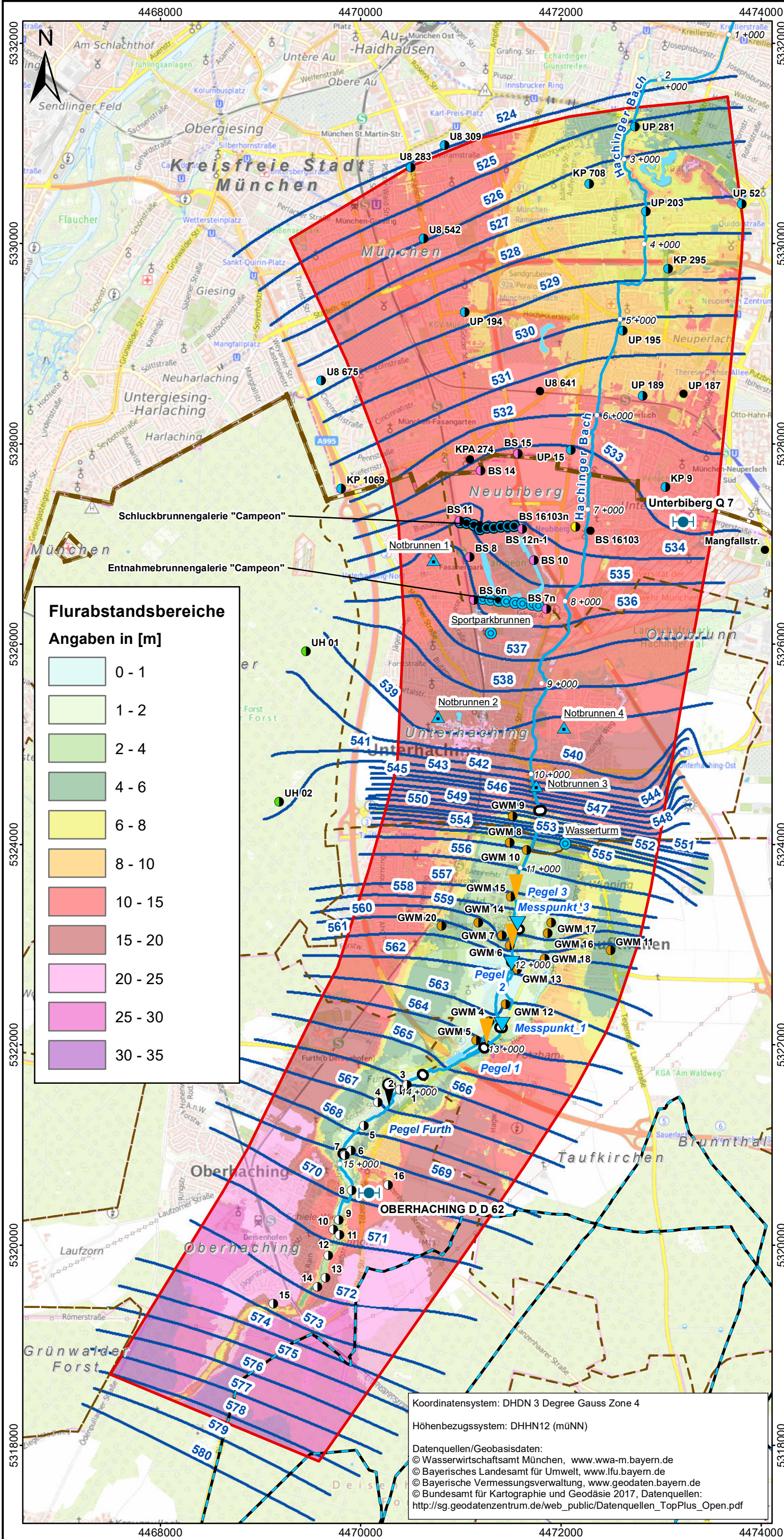
Stichtagsmessung 06.04.2018

- Gemessene (Grund-)Wasserspiegel

Messstelle	gemessen durch	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Typ	GOK [mNN]	MPH [mNN]	Abstich [m]	(G-)WSP [mNN]	Bemerkung	Anzahl
BCE										7
BS 11	BCE	4470990,00	5327230,00	Grundwassermessstelle	546,59		-999	-999	BCE: Messstelle nicht auffindbar.	
BS 14	BCE	4471200,00	5327730,00	Grundwassermessstelle	545,06	546,00	12,73	533,28		1
BS 15	BCE	4471570,00	5327900,00	Grundwassermessstelle	541,16	542,12	12,16	529,96		1
BS 6n	BCE	4471130,00	5326443,00	Grundwassermessstelle	550,64	551,00	14,79	536,21		1
BS 7n	BCE	4471856,00	5326350,00	Grundwassermessstelle	550,39	550,85	15,48	535,37		1
U8 641	BCE	4471791,65	5328527,04	Grundwassermessstelle	541,70	542,41	11,10	531,31		1
UH 01	BCE	4469454,00	5325928,08	Grundwassermessstelle	556,81	557,62	18,07	539,55		1
UH 02	BCE	4469186,91	5324426,40	Grundwassermessstelle	564,35	565,14	23,56	541,58		1
UP 187	BCE	4473223,32	5328500,90	Grundwassermessstelle	541,12	541,87	-999	-999	BCE: kein Zugang, Sicherheitsschloss (50mm)	
Gemeinde Oberhaching										16
1	Gemeinde Oberhaching	4470449,56	5321560,78	Sickerschacht	–	566,50	0,18	566,32		1
2	Gemeinde Oberhaching	4470390,76	5321552,27	Sickerschacht	–	566,67	0,37	566,30		1
3	Gemeinde Oberhaching	4470463,57	5321600,34	Sickerschacht	–	566,93	0,62	566,31		1
4	Gemeinde Oberhaching	4470172,14	5321425,24	Sickerschacht	–	567,72	0,71	567,01		1
5	Gemeinde Oberhaching	4470032,73	5321193,76	Sickerschacht	–	568,44	0,68	567,76		1
6	Gemeinde Oberhaching	4469903,86	5320943,70	Sickerschacht	–	575,03	6,04	568,99		1
7	Gemeinde Oberhaching	4469843,85	5320897,02	Sickerschacht	–	570,67	1,63	569,04		1
8	Gemeinde Oberhaching	4469910,35	5320547,56	Sickerschacht	–	570,65	0,29	569,89		1
9	Gemeinde Oberhaching	4469781,28	5320253,89	Sickerschacht	–	572,10	1,68	570,42		1
10	Gemeinde Oberhaching	4469729,65	5320153,95	Sickerschacht	–	573,29	3,04	570,25		1
11	Gemeinde Oberhaching	4469788,26	5320100,46	Sickerschacht	–	573,68	2,88	570,80		1
12	Gemeinde Oberhaching	4469676,77	5319895,27	Sickerschacht	–	574,93	3,75	571,18		1
13	Gemeinde Oberhaching	4469651,91	5319674,01	Sickerschacht	–	577,24	5,77	571,47		1
14	Gemeinde Oberhaching	4469569,64	5319583,43	Sickerschacht	–	578,77	6,99	571,78		1
15	Gemeinde Oberhaching	4469129,16	5319413,53	Sickerschacht	–	579,97	7,16	572,81		1
16	Gemeinde Oberhaching	4470273,53	5320601,42	Sickerschacht	–	581,14	11,48	569,66		1
Gemeinde Taufkirchen										22
GWM 4	Gemeinde Taufkirchen	4471287,64	5322237,38	Grundwassermessstelle	–	564,29	1,12	563,17		1
GWM 5	Gemeinde Taufkirchen	4471155,32	5322043,25	Grundwassermessstelle	–	565,69	1,58	564,11		1
GWM 6	Gemeinde Taufkirchen	4471487,96	5322988,37	Grundwassermessstelle	–	563,39	3,74	559,65		1
GWM 7	Gemeinde Taufkirchen	4471411,91	5323091,30	Grundwassermessstelle	–	561,88	3,15	558,73		1
GWM 8	Gemeinde Taufkirchen	4471490,17	5324019,29	Grundwassermessstelle	–	557,41	2,79	554,62		1
GWM 9	Gemeinde Taufkirchen	4471520,83	5324283,15	Grundwassermessstelle	–	557,53	8,47	549,06		1
GWM 10	Gemeinde Taufkirchen	4471659,38	5323943,75	Grundwassermessstelle	–	558,43	3,33	555,10		1
GWM 11	Gemeinde Taufkirchen	4472495,50	5322940,75	Grundwassermessstelle	–	565,41	5,17	560,24		1

Messstelle	gemessen durch	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Typ	GOK [mNN]	MPH [mNN]	Abstich [m]	(G-)WSP [mNN]	Bemerkung	Anzahl
GWM 12	Gemeinde Taufkirchen	4471448,77	5322402,58	Grundwassermessstelle	–	564,29	1,29	563,00		1
GWM 13	Gemeinde Taufkirchen	4471563,68	5322750,92	Grundwassermessstelle	–	563,24	1,34	561,90		1
GWM 14	Gemeinde Taufkirchen	4471174,90	5323219,90	Grundwassermessstelle	–	562,35	3,16	559,19		1
GWM 15	Gemeinde Taufkirchen	4471499,21	5323478,45	Grundwassermessstelle	–	559,74	2,64	557,10		1
GWM 16	Gemeinde Taufkirchen	4471867,65	5323113,69	Grundwassermessstelle	–	561,73	3,05	558,68		1
GWM 17	Gemeinde Taufkirchen	4471903,60	5323220,55	Grundwassermessstelle	–	561,62	3,31	558,31		1
GWM 18	Gemeinde Taufkirchen	4471838,85	5322857,16	Grundwassermessstelle	–	562,92	2,01	560,91		1
GWM 20	Gemeinde Taufkirchen	4470810,24	5323183,96	Grundwassermessstelle	–	565,10	4,72	560,38		1
Messpunkt 1	Gemeinde Taufkirchen	4471410,06	5322203,86	Messpunkt am Hachinger Bach	–	563,98	0,81	563,17		1
Messpunkt 2	Gemeinde Taufkirchen	4471510,32	5322813,70	Messpunkt am Hachinger Bach	–	563,05	0,46	562,59		1
Messpunkt 3	Gemeinde Taufkirchen	4471565,84	5323209,46	Messpunkt am Hachinger Bach	–	560,78	1,66	559,12		1
Pegel 1	Gemeinde Taufkirchen	4471256,90	5321989,18	Messpunkt am Hachinger Bach	–	565,82	1,39	564,43		1
Pegel 2	Gemeinde Taufkirchen	4471512,42	5322935,66	Messpunkt am Hachinger Bach	–	562,43	0,88	561,55		1
Pegel 3	Gemeinde Taufkirchen	4471549,81	5323428,00	Messpunkt am Hachinger Bach	–	560,50	1,51	558,99		1
Gemeinde Unterhaching										6
Brunnen Sportpark - Pegel	Gemeinde Unterhaching	4471300,82	5326107,40	Entnahmebrunnen	553,09	550,95	14,52	536,43		1
Notbrunnen 1	Gemeinde Unterhaching	4470732,00	5326842,00	Entnahmebrunnen	551,21	549,50	11,54	537,96	Korrektur seitens BCE, gemäß Abstimmung mit Hr. Wehnert vom 10.04.2018	1
Notbrunnen 2	Gemeinde Unterhaching	4470774,74	5325273,78	Entnahmebrunnen	559,92	558,84	20,50	538,34		1
Notbrunnen 3	Gemeinde Unterhaching	4471754,53	5324583,65	Entnahmebrunnen	556,30	552,85	12,58	540,27		1
Notbrunnen 4	Gemeinde Unterhaching	4472033,10	5325166,38	Entnahmebrunnen	553,67	551,96	14,98	536,98		1
Wasserturm Unterhaching	Gemeinde Unterhaching	4472045,00	5324008,00	Entnahmebrunnen	559,30	-999	5,37	553,93		1
GETEC										18
BS 16103n	GETEC	4472147,51	5327171,32	Grundwassermessstelle		-999		533,50		1
KwBr.1	GETEC	4471218,52	5326450,68	Entnahmebrunnen	549,58	530,91		535,53		1
KwBr.2	GETEC	4471297,73	5326440,82	Entnahmebrunnen	550,40	530,68		535,83		1
KwBr.3	GETEC	4471379,65	5326430,86	Entnahmebrunnen	550,56	529,82		535,81		1
KwBr.4	GETEC	4471454,57	5326424,11	Entnahmebrunnen	550,54	529,79		535,58		1
KwBr.5	GETEC	4471542,32	5326410,92	Entnahmebrunnen	550,56	529,89		535,34		1
KwBr.6	GETEC	4471614,72	5326401,67	Entnahmebrunnen	550,45	530,80		535,54		1
KwBr.7	GETEC	4471714,01	5326391,99	Entnahmebrunnen	550,03	529,70		535,31		1
KwBr.8	GETEC	4471773,93	5326382,25	Entnahmebrunnen	550,30	529,48		535,10		1
SchBr.1	GETEC	4470994,32	5327213,40	Schluckbrunnen	547,05	531,48		535,65		1
SchBr.2	GETEC	4471059,75	5327206,75	Schluckbrunnen	546,39	530,51		535,76		1
SchBr.3	GETEC	4471131,19	5327184,92	Schluckbrunnen	546,61	530,94		534,86		1
SchBr.4	GETEC	4471192,68	5327143,29	Schluckbrunnen	546,91	531,29		534,12		1
SchBr.5	GETEC	4471260,98	5327157,17	Schluckbrunnen	547,11	531,52		534,69		1
SchBr.6	GETEC	4471330,19	5327162,68	Schluckbrunnen	546,97	531,45		533,71		1
SchBr.7	GETEC	4471401,14	5327167,13	Schluckbrunnen	546,86	531,30		534,36		1
SchBr.8	GETEC	4471469,72	5327177,63	Schluckbrunnen	546,37	530,97		533,13		1
SchBr.9	GETEC	4471532,13	5327174,92	Schluckbrunnen	-999	-999		534,37		1

Messstelle	gemessen durch	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Typ	GOK [mNN]	MPH [mNN]	Abstich [m]	(G-)WSP [mNN]	Bemerkung	Anzahl
LHM-Baureferat										1
UP 281	LHM-Baureferat	4472740,20	5331169,69	Grundwassermessstelle	532,40	–	–	525,09		1
LHM-RGU										13
KP 1069	LHM-RGU	4469807,91	5327554,16	Grundwassermessstelle	554,82	555,41	23,79	531,62		1
KP 295	LHM-RGU	4473070,29	5329745,87	Grundwassermessstelle	533,83	534,85	6,05	528,80		1
KP 708	LHM-RGU	4472281,47	5330596,71	Grundwassermessstelle	533,35	533,21	6,90	526,31		1
KP 9	LHM-RGU	4473043,54	5327566,66	Grundwassermessstelle	545,69	546,75	14,24	532,51		1
U8 283	LHM-RGU	4470500,77	5330757,58	Grundwassermessstelle	534,38	535,33	11,17	524,16		1
U8 309	LHM-RGU	4470838,53	5330982,21	Grundwassermessstelle	535,38	535,11	11,41	523,70		1
U8 542	LHM-RGU	4470629,82	5330048,33	Grundwassermessstelle	536,73	536,51	10,53	525,98		1
U8 675	LHM-RGU	4469606,75	5328632,46	Grundwassermessstelle	544,81	545,57	-999	-999	LHM: kein Messwert, Messstelle trocken	
UP 15	LHM-RGU	4472099,05	5327936,66	Grundwassermessstelle	544,97	545,67	12,62	533,05		1
UP 189	LHM-RGU	4472817,65	5328477,68	Grundwassermessstelle	541,30	542,11	10,54	531,57		1
UP 194	LHM-RGU	4471037,68	5329316,05	Grundwassermessstelle	538,94	538,81	10,13	528,68		1
UP 195	LHM-RGU	4472616,80	5329130,36	Grundwassermessstelle	538,69	539,62	9,43	530,19		1
UP 203	LHM-RGU	4472846,95	5330318,04	Grundwassermessstelle	534,99	535,81	8,68	527,13		1
UP 52	LHM-RGU	4473807,94	5330394,67	Grundwassermessstelle	534,08	534,73	7,67	527,06		1
WWA München/ LfU										3
OBERHACHING D D 62	WWA München	4470085,11	5320518,64	Grundwassermessstelle	580,06	–	–	569,72		1
Pegel Furth	WWA München	4470283,00	5321388,00	Pegelmessstelle		566,09		566,26	Flur-Nr. 1474/0 Gemarkung Oberhaching	1
Unterbiberg Q 7	WWA München	4473220,40	5327223,71	Grundwassermessstelle	546,27	–	–	532,77		1
Gesamtergebnis										86



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Trinkwasserschutzgebiete
- Flusskilometer
- Hachinger Bach

Grundwassermessstellen (GWM)

Betreiber

- Landeshauptstadt München
- Gemeinde Neubiberg
- GETEC
- Gemeinde Unterhaching
- Gemeinde Taufkirchen
- Gemeinde Oberhaching
- amtliche GWM (WWA München)
- zerstört / keine aktuelle Messwerterfassung

Pegelmessstellen

- WWA München
- Gemeinde Taufkirchen
- Zusätzlicher Messpunkt Hachinger Bach

Brunnen mit Erfassung der Wasserstände

Art

- Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Stichtagsmessung 06. April

- Gemessene Grundwassergleichen

Übersicht

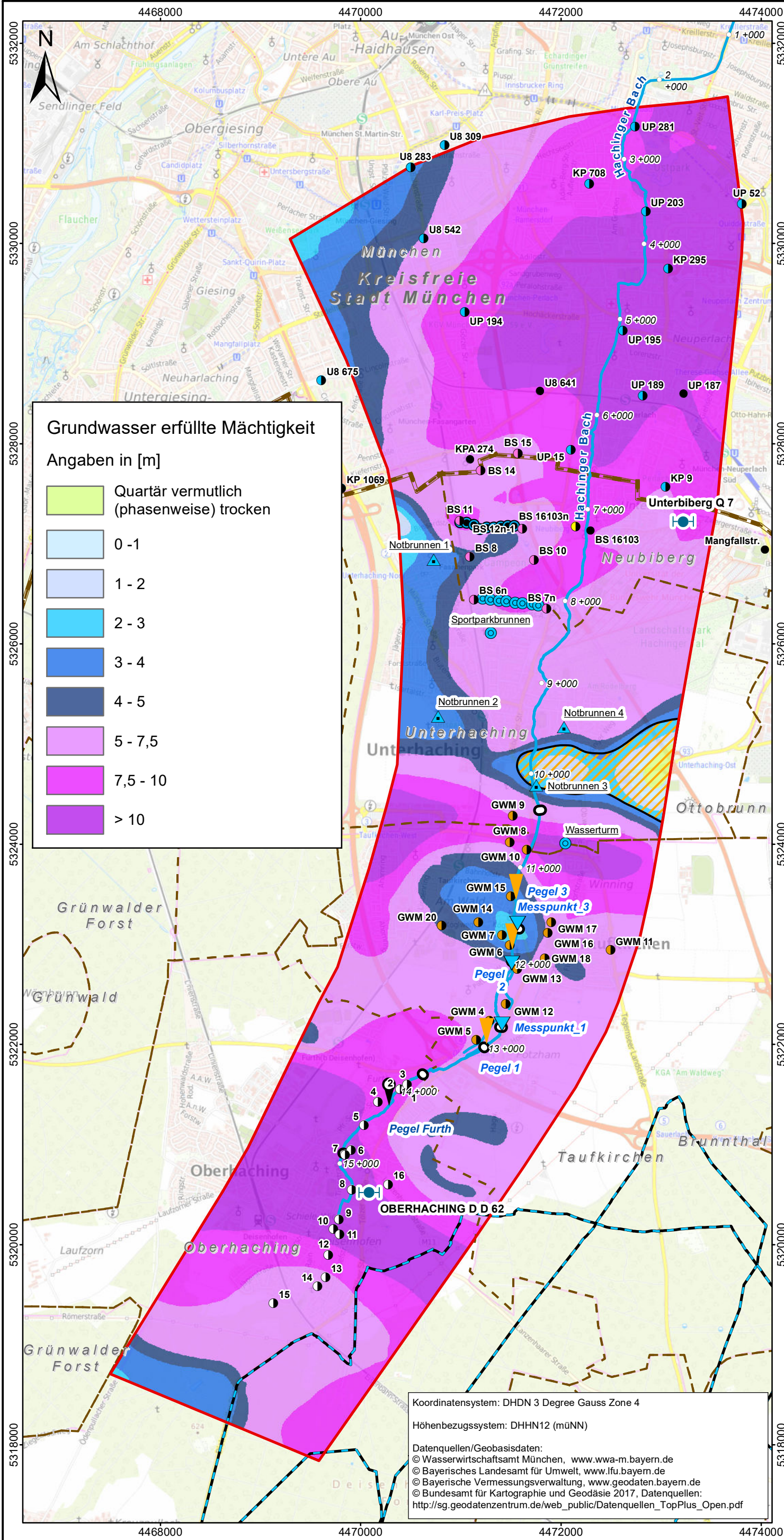


0 0,5 1 2 km



Grundwassergleichen
Quartärer Grundwasserleiter
Stichtagsmessung 06. April 2018

M.: 1:40.000 | März 2020 | gwh1709936



Grundwasser erfüllte Mächtigkeit
 Angaben in [m]

Quartär vermutlich (phasenweise) trocken
0 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 7,5
7,5 - 10
> 10

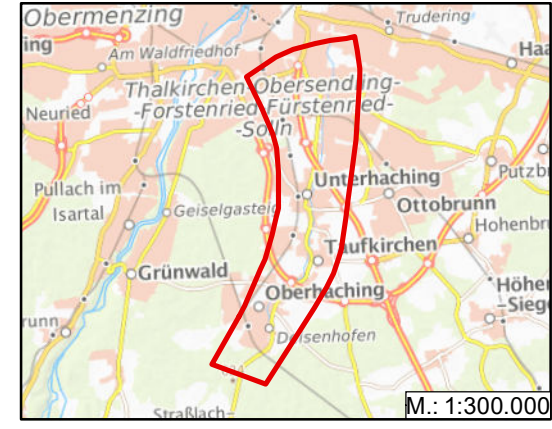
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

Zeichenerklärung

- Modellraum
 - Stadtgrenze München
 - Gemeindegrenze
 - Trinkwasserschutzgebiete
 - Flusskilometer
 - Hachinger Bach
 - Bauwerke
- Grundwassermessstellen (GWM)**
- Betreiber**
- Landeshauptstadt München
 - Gemeinde Neubiberg
 - GETEC
 - Gemeinde Unterhaching
 - Gemeinde Taufkirchen
 - Gemeinde Oberhaching
 - amtliche GWM (WWA München)
 - zerstört / keine aktuelle Messwerterfassung
- Pegelmessstellen**
- 📍 WWA München
 - ▼ Gemeinde Taufkirchen
 - ▼ Zusätzlicher Messpunkt Hachinger Bach

- Brunnen mit Erfassung der Wasserstände**
- Art**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
 - Brauchwasserversorgung
 - Schluckbrunnen
 - vermutete geringe Aquifermächtigkeit (<2 m), möglicherweise zeitweises Trockenfallen

Übersicht

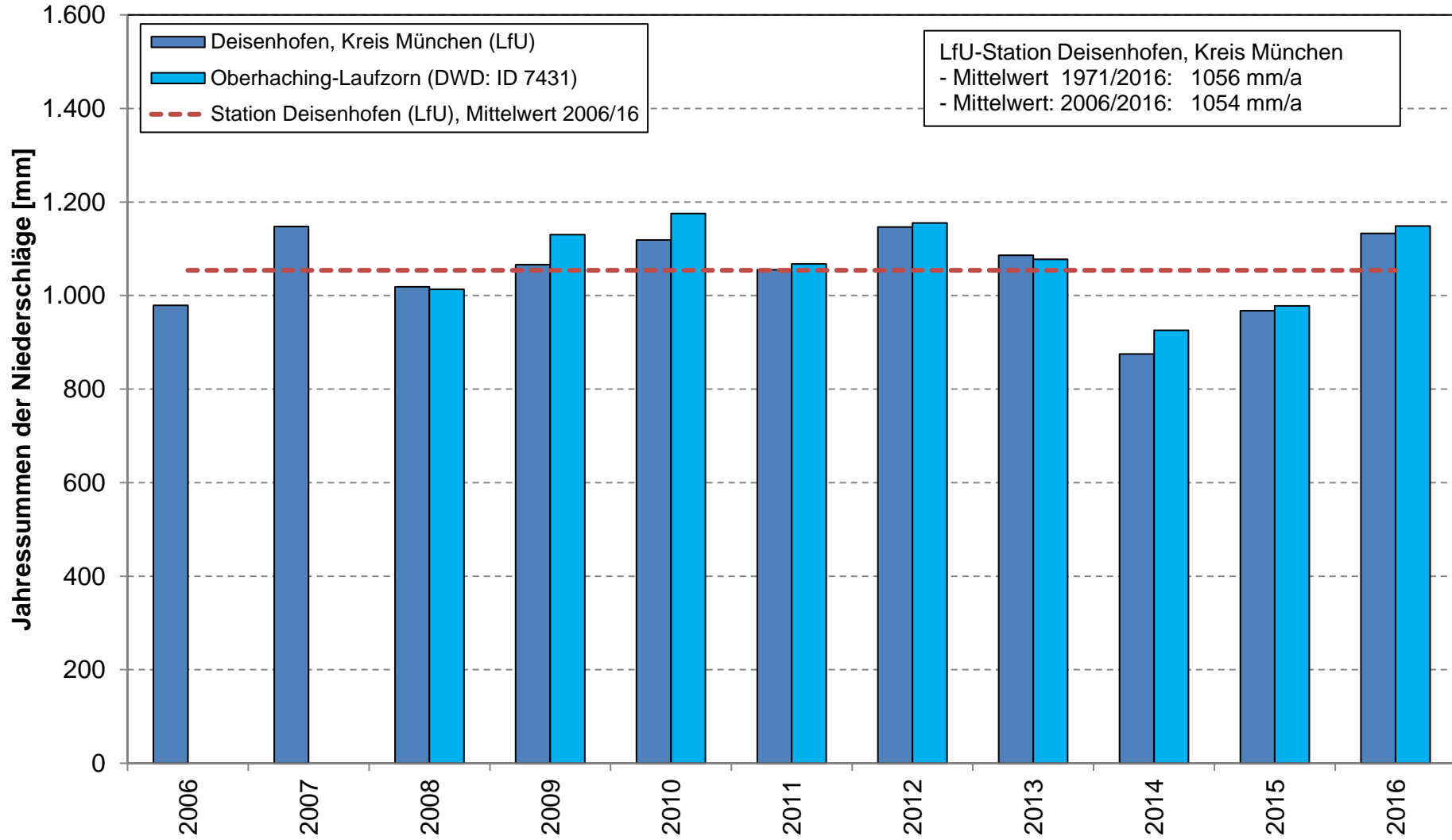


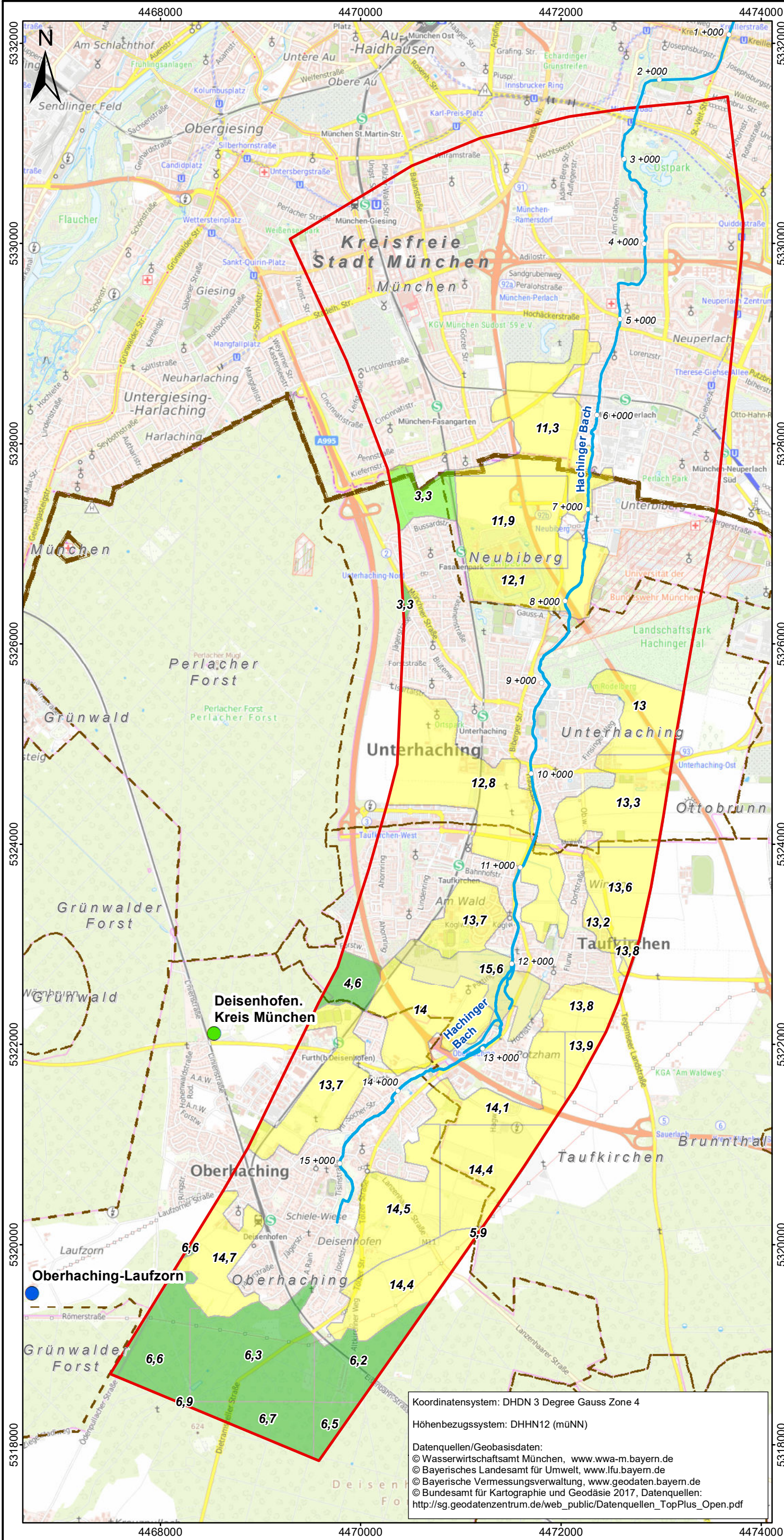
BCI
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Grundwasser erfüllte Mächtigkeit
 Quartärer Grundwasserleiter
 Stichtagsmessung 06. April 2018

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Jahressummen der Niederschläge Messstationen Deisenhofen (LfU) und Oberhaching-Laufzorn (DWD)





Zeichenerklärung

Vorläufiger Modellraum

Stadtgrenze München

Gemeindegrenze

Flusskilometer

Hachinger Bach

Niederschlagsstationen

Betreiber

DWD

LfU

Gebietsbezogene Sickerwasserrate
13 in $l/(s \cdot km^2)$
 (Berechnung LfU, Mittel 2005/15)

Flächennutzung (Corine 2000)

Mischwälder

Nadelwälder

Nicht bewässertes Ackerland

Wiesen und Weiden

Übersicht



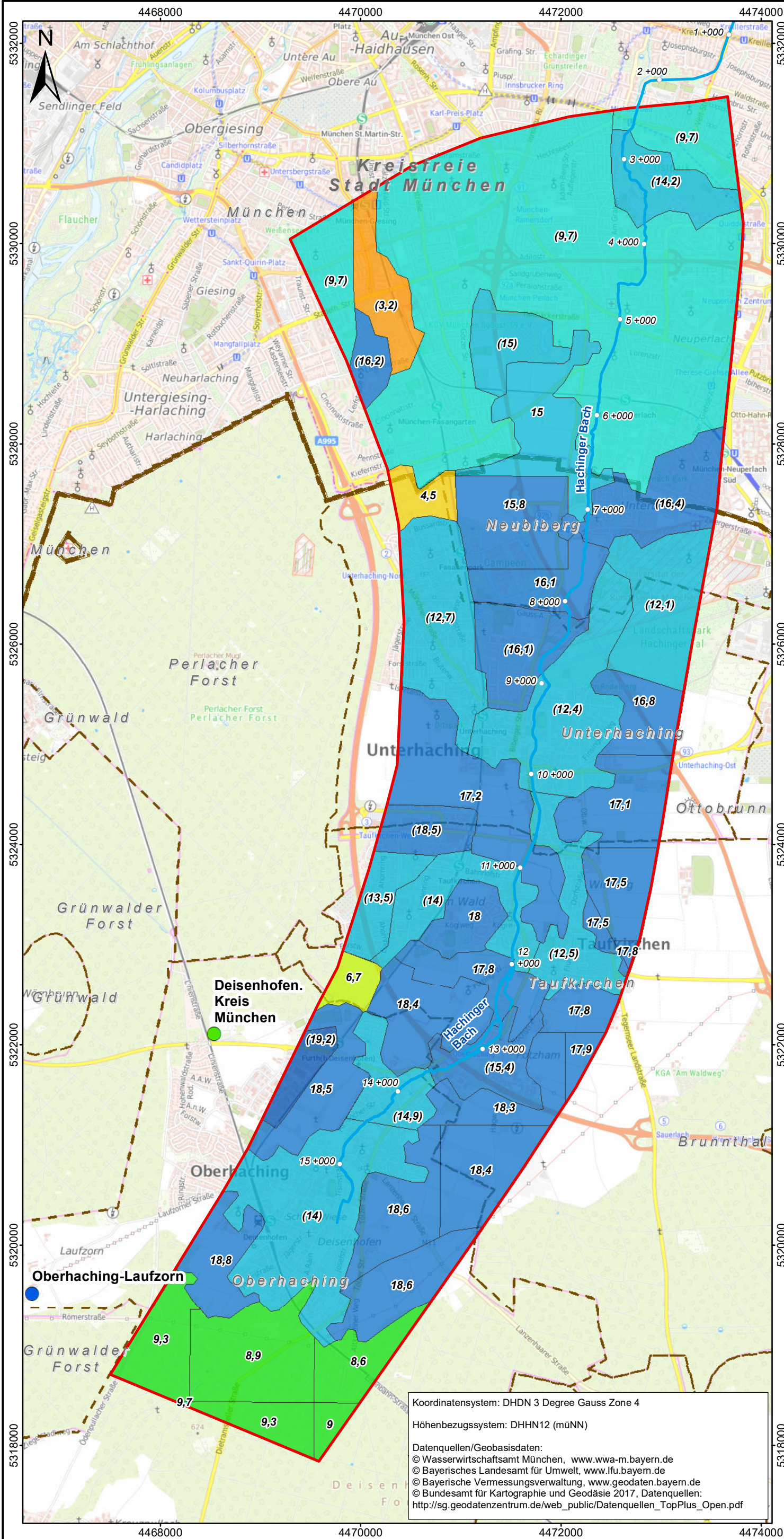
0 0,5 1 2 km



Mittlere Sickerwasserraten
 (Berechnung LfU)
 Zeitraum 2005 - 2015

M.: 1:40.000 | März 2020 | gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Vorläufiger Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach

Niederschlagsstationen

- Betreiber
- DWD
 - LfU

Mittlere Sickerwasserrate Winterhalbjahr WWJ2011/2012 in [mm/mon]

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- > 50

15 Gebietsbezogene Sickerwasserrate in [l/(s*km²)]
 (Berechnung LfU, Mittelwert Winterhalbjahr WWJ2011/2012)

(15) Gebietsbezogene Sickerwasserrate in [l/(s*km²)]
 (Ableitung BCE, Mittelwert Winterhalbjahr WWJ2011/2012)

Übersicht



0 0,5 1 2 km

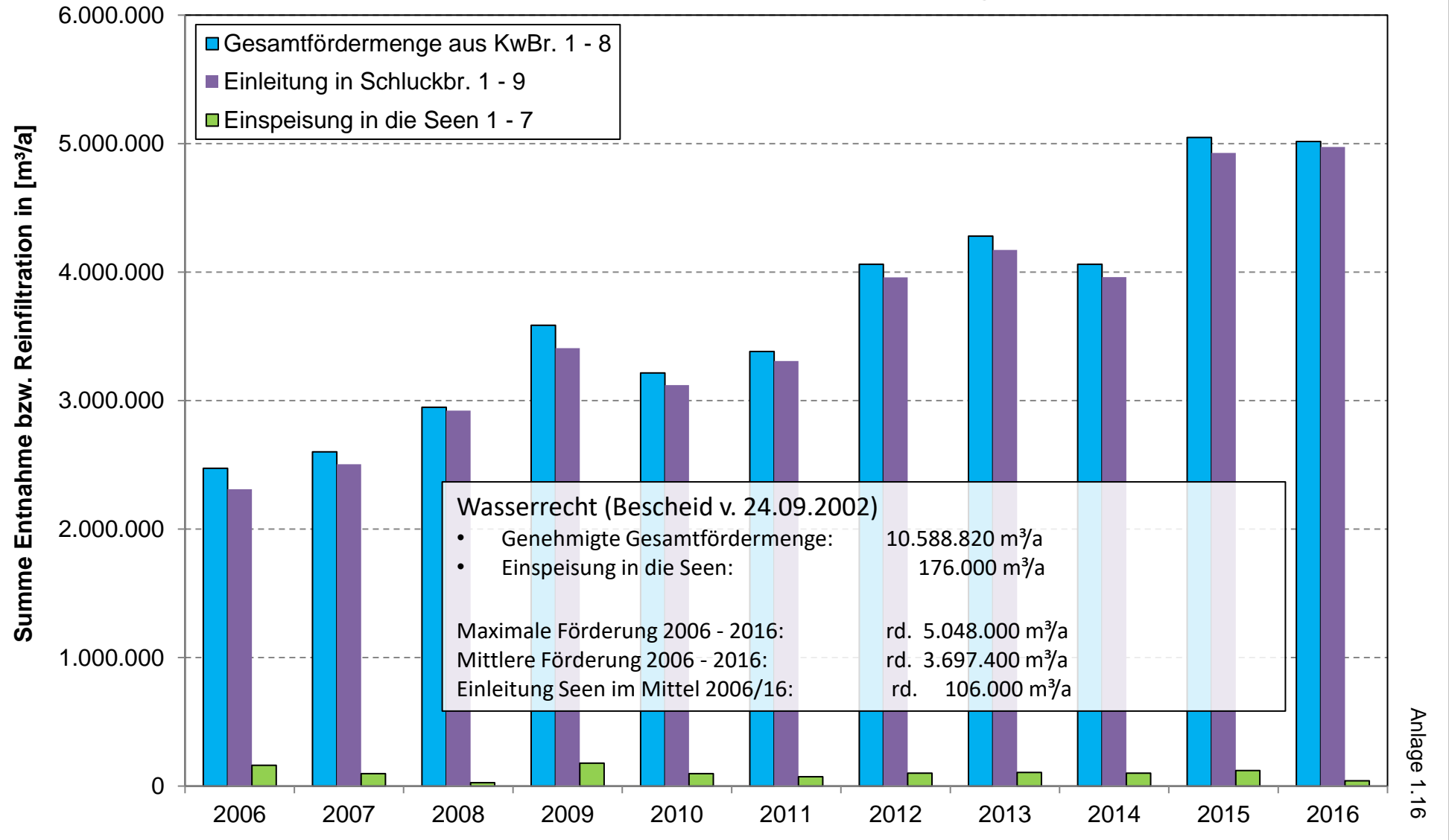


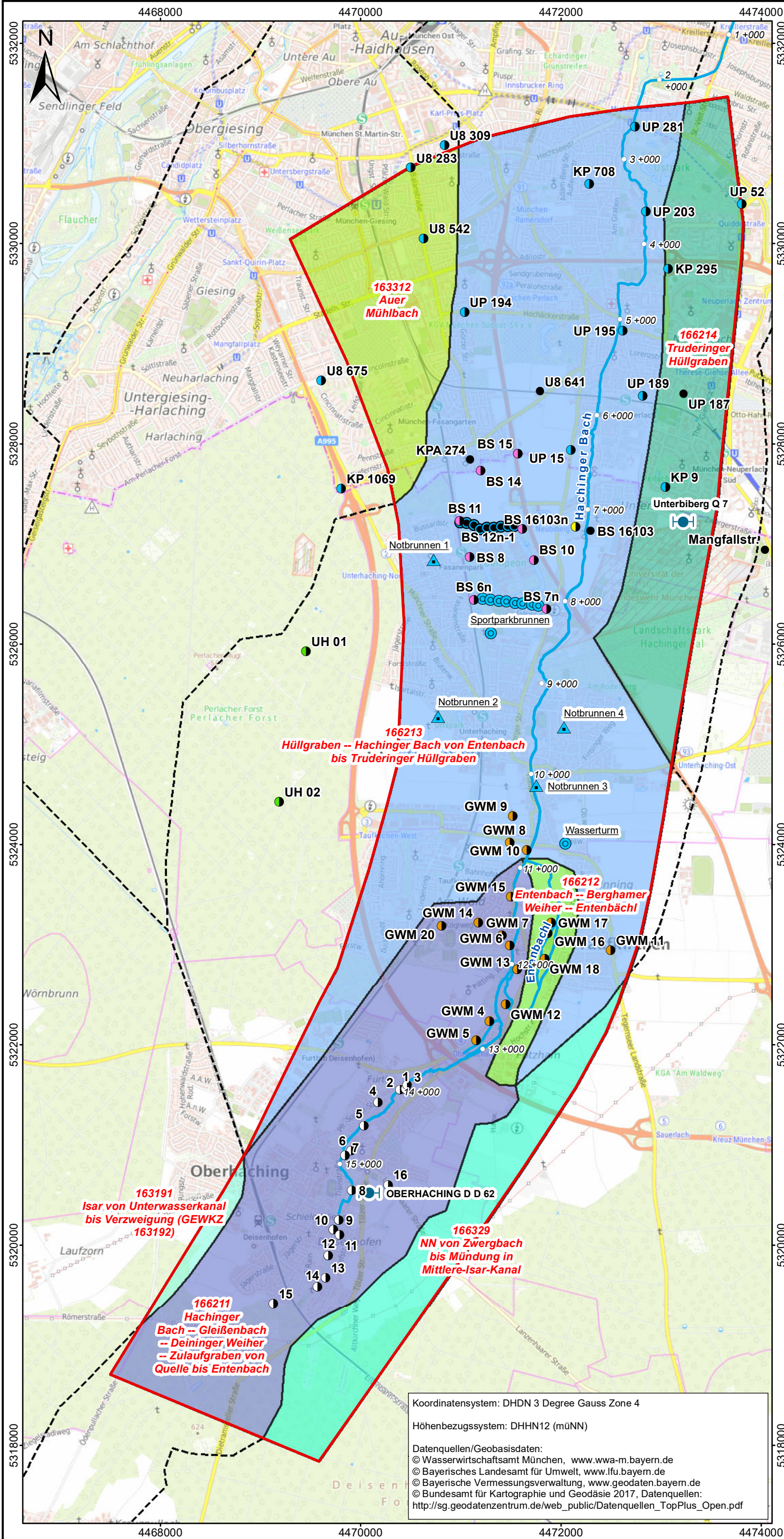
Mittlere Sickerwasserrate
 Winterhalbjahr
 WWJ2011/2012

M.: 1:40.000 | März 2020 | gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (mÜNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

Betriebswasserversorgung Campeon Infineon Entnahmen und Reinfiltration (Jahresmengen)





Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Grundwassermessstellen (GWM)**
- Betreiber**
- Landeshauptstadt München
- Gemeinde Neubiberg
- GETEC
- Gemeinde Unterhaching
- Gemeinde Taufkirchen
- Gemeinde Oberhaching
- amtliche GWM (WWA München)
- zerstört / keine aktuelle Messwerterfassung
- Brunnen mit Erfassung der Wasserstände**
- Art**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen
- Gewässereinzugsgebiete - Teileinzugsgebiete Stufe 6 *)**
- Lage**
- innerhalb Modellraum
- außerhalb Modellraum
- 163312 Auer Mühlbach** Flussgebietskennzahl und -bezeichnung
- 166214 Truderinger Hüllgraben**
- 166213 Hüllgraben -- Hachinger Bach von Entenbach bis Truderinger Hüllgraben**
- 166212 Entenbach -- Berghamer Weiher -- Entenbächel**
- 163191 Isar von Unterwasserkanal bis Verzweigung (GEWKZ 163192)**
- 166211 Hachinger Bach -- Gleißbach -- Deininger Weiher -- Zulaufgraben von Quelle bis Entenbach**
- 166329 NN von Zwergbach bis Mündung in Mittlere-Isar-Kanal**

*) Quelle: LfU Bayern, www.lfu-bayern.de

Übersicht



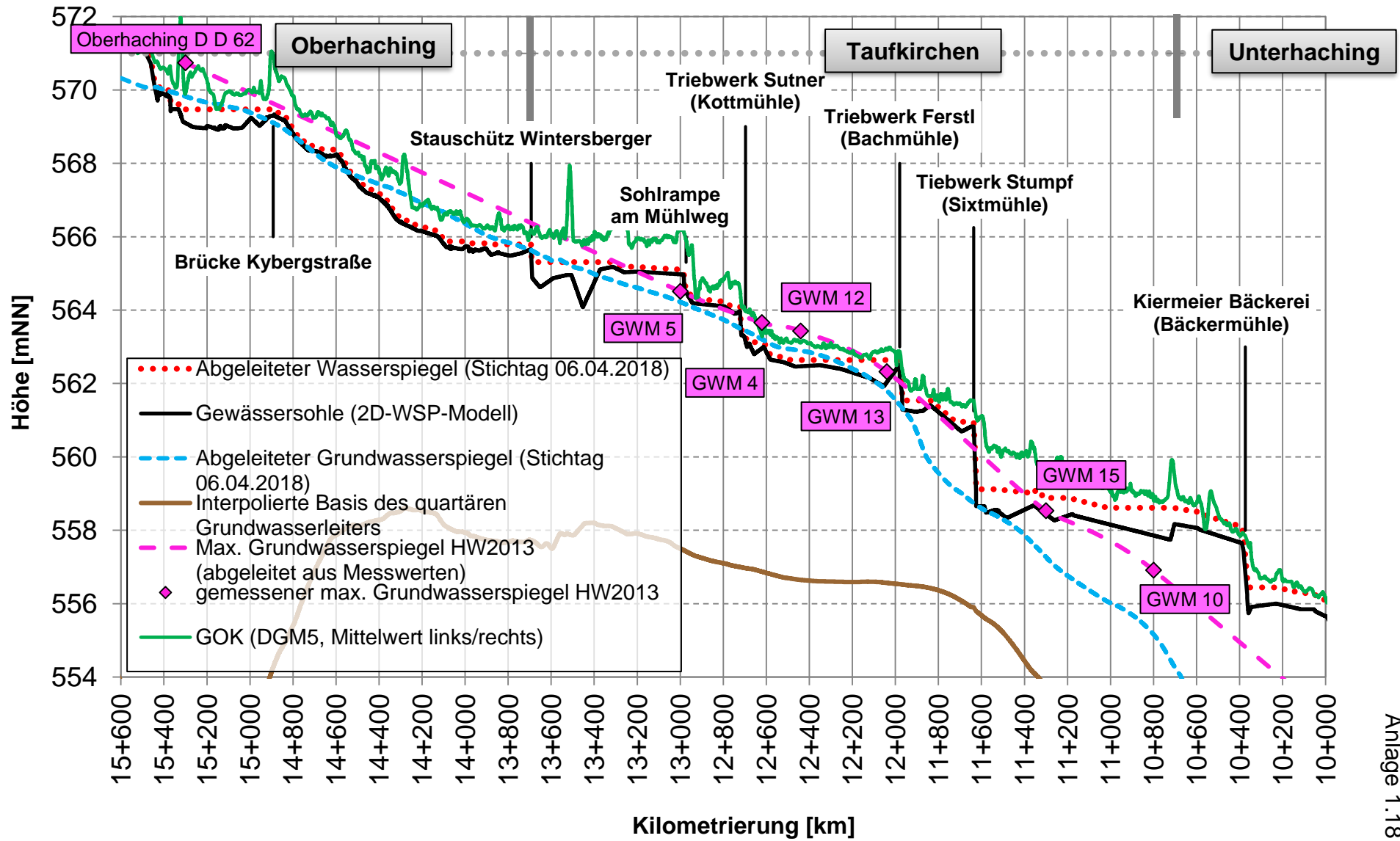
0 0,5 1 2 km

Fließgewässer
Gewässereinzugsgebiete

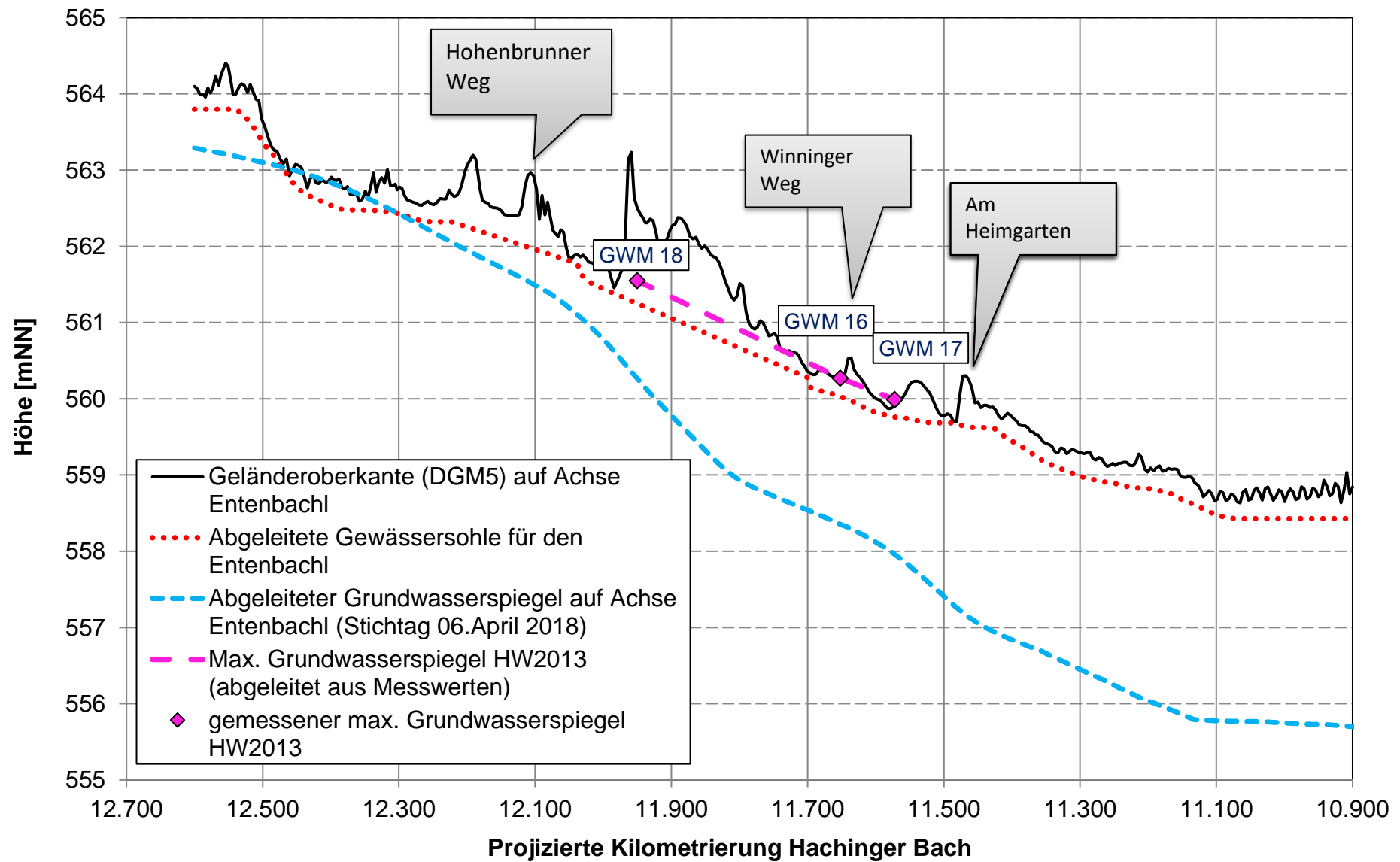
M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

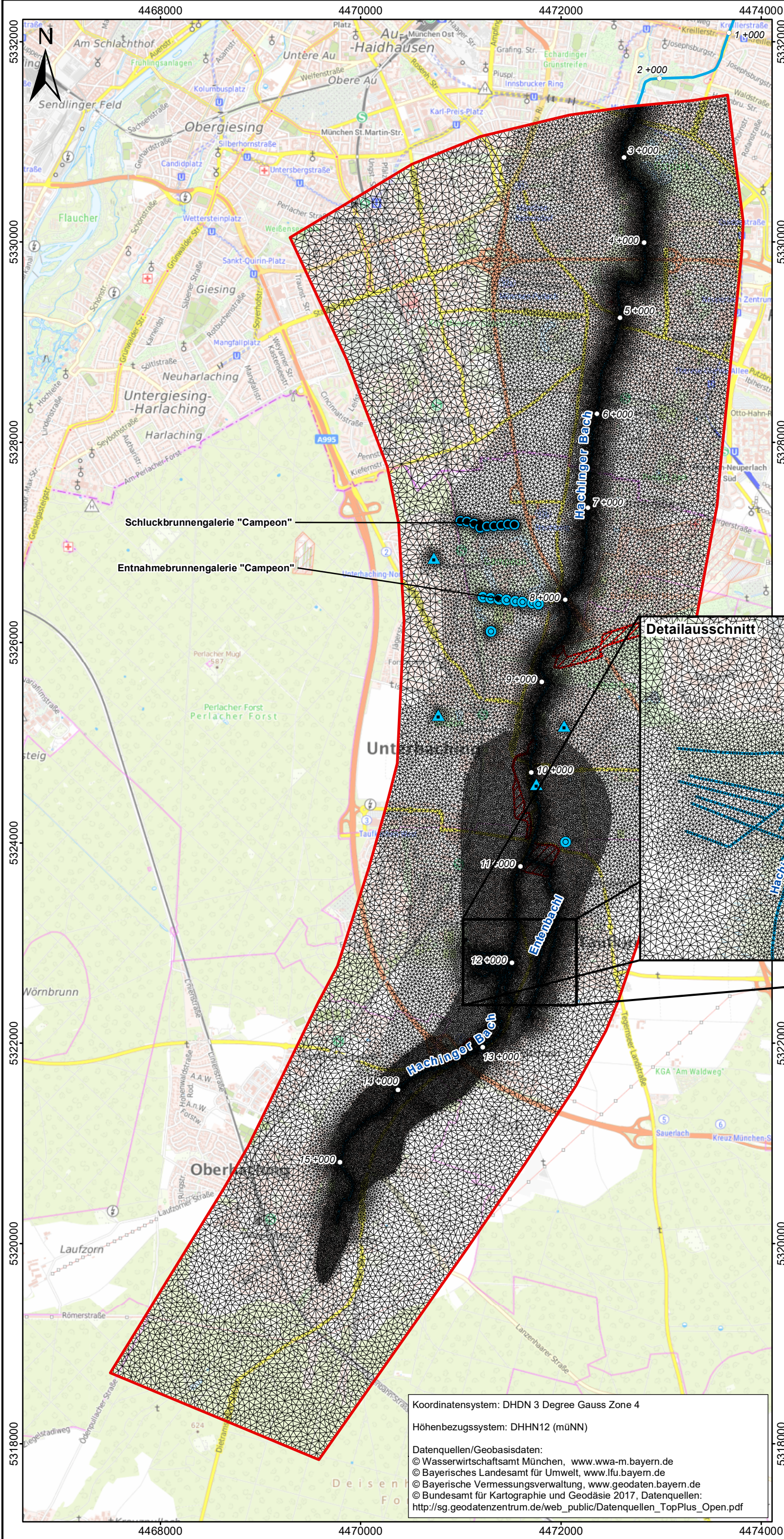
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

Längsschnitt Hachinger Bach



Längsschnitt Entenbachl





Zeichenerklärung

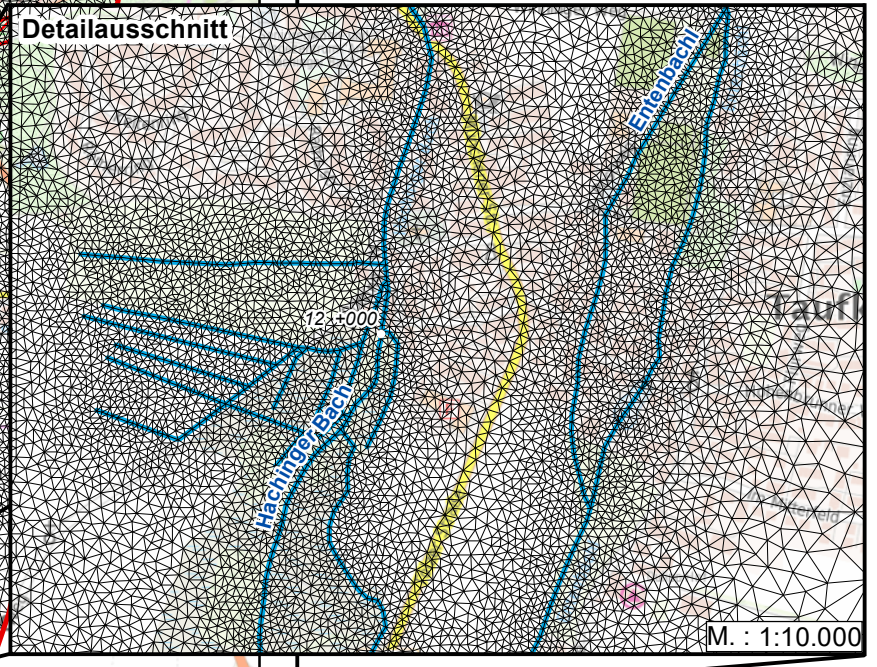
- Modellraum
- Geplante Maßnahmen
- Flusskilometer
- Hachinger Bach

Brunnen

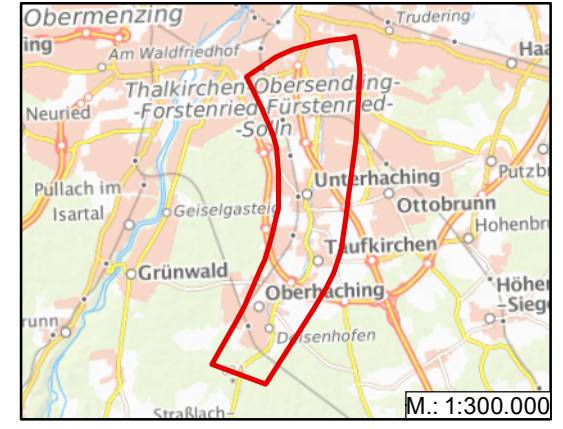
Art

- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Detailausschnitt



Übersicht



Modellnetz

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

Stationäre Kalibrierung Stichtag 06.04.2018
Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände
- Ausgangsfall -

Lfd. Nr.	Messstelle	Betreiber	Grundwasserstand gemessen [mNN]	Grundwasserstand berechnet [mNN]	Differenz berechnet zu gemessen [m]
1	OBERHACHING D D 62	WWA München	569,72	569,37	-0,35
2	1	Gemeinde Oberhaching	566,32	566,09	-0,23
3	2	Gemeinde Oberhaching	566,30	566,14	-0,16
4	3	Gemeinde Oberhaching	566,31	565,98	-0,33
5	4	Gemeinde Oberhaching	567,01	566,86	-0,15
6	5	Gemeinde Oberhaching	567,76	567,81	0,05
7	6	Gemeinde Oberhaching	568,99	568,71	-0,28
8	7	Gemeinde Oberhaching	569,04	568,89	-0,15
9	8	Gemeinde Oberhaching	569,89	569,48	-0,41
10	9	Gemeinde Oberhaching	570,42	570,06	-0,36
11	10	Gemeinde Oberhaching	570,25	569,96	-0,29
12	11	Gemeinde Oberhaching	570,80	569,94	-0,86
13	12	Gemeinde Oberhaching	571,18	570,06	-1,12
14	13	Gemeinde Oberhaching	571,47	570,28	-1,19
15	14	Gemeinde Oberhaching	571,78	570,42	-1,36
16	15	Gemeinde Oberhaching	572,81	570,86	-1,95
17	16	Gemeinde Oberhaching	569,66	569,02	-0,64
18	GWM 4	Gemeinde Taufkirchen	563,17	563,42	0,25
19	GWM 5	Gemeinde Taufkirchen	564,11	564,28	0,17
20	GWM 6	Gemeinde Taufkirchen	559,65	560,72	1,07
21	GWM 7	Gemeinde Taufkirchen	558,73	559,92	1,19
22	GWM 8	Gemeinde Taufkirchen	554,62	545,94	-8,68
23	GWM 9	Gemeinde Taufkirchen	549,06	542,03	-7,03
24	GWM 10	Gemeinde Taufkirchen	555,10	545,82	-9,28
25	GWM 11	Gemeinde Taufkirchen	560,24	556,99	-3,25
26	GWM 12	Gemeinde Taufkirchen	563,00	562,71	-0,29
27	GWM 13	Gemeinde Taufkirchen	561,90	561,58	-0,32
28	GWM 14	Gemeinde Taufkirchen	559,19	558,69	-0,50
29	GWM 15	Gemeinde Taufkirchen	557,10	555,63	-1,47
30	GWM 16	Gemeinde Taufkirchen	558,68	557,43	-1,25
31	GWM 17	Gemeinde Taufkirchen	558,31	556,02	-2,29
32	GWM 18	Gemeinde Taufkirchen	560,91	559,61	-1,30
33	GWM 20	Gemeinde Taufkirchen	560,38	558,31	-2,07
34	Unterbiberg Q 7	WWA München	532,77	533,94	1,17
35	BS 16103n	Gemeinde Neubiberg	533,50	534,12	0,62
36	BS 14	GETEC	533,28	532,59	-0,69
37	BS 15	GETEC	529,96	532,34	2,38
38	BS 7n	GETEC	535,37	535,90	0,53
39	BS 6n	GETEC	536,21	535,92	-0,29
40	UP 195	Landeshauptstadt München	530,19	530,51	0,32
41	UP 189	Landeshauptstadt München	531,57	531,65	0,08
42	UP 15	Landeshauptstadt München	533,05	532,44	-0,61
43	U8 641	Landeshauptstadt München	531,31	531,15	-0,16
44	KP 9	Landeshauptstadt München	532,51	533,27	0,76
45	KP 295	Landeshauptstadt München	528,80	528,93	0,13
46	UP 203	Landeshauptstadt München	527,13	527,48	0,35
47	KP 708	Landeshauptstadt München	526,31	526,48	0,17
48	UP 281	Landeshauptstadt München	525,09	524,75	-0,34
49	UP 194	Landeshauptstadt München	528,68	529,39	0,71
50	U8 542	Landeshauptstadt München	525,98	527,19	1,21
51	U8 283	Landeshauptstadt München	524,16	524,06	-0,10

Mittelwert in [m]	552,35	551,59	-0,76
Varianz in [m²]	291,65	279,90	4,65
Standardabweichung in [m]	17,08	16,73	2,16

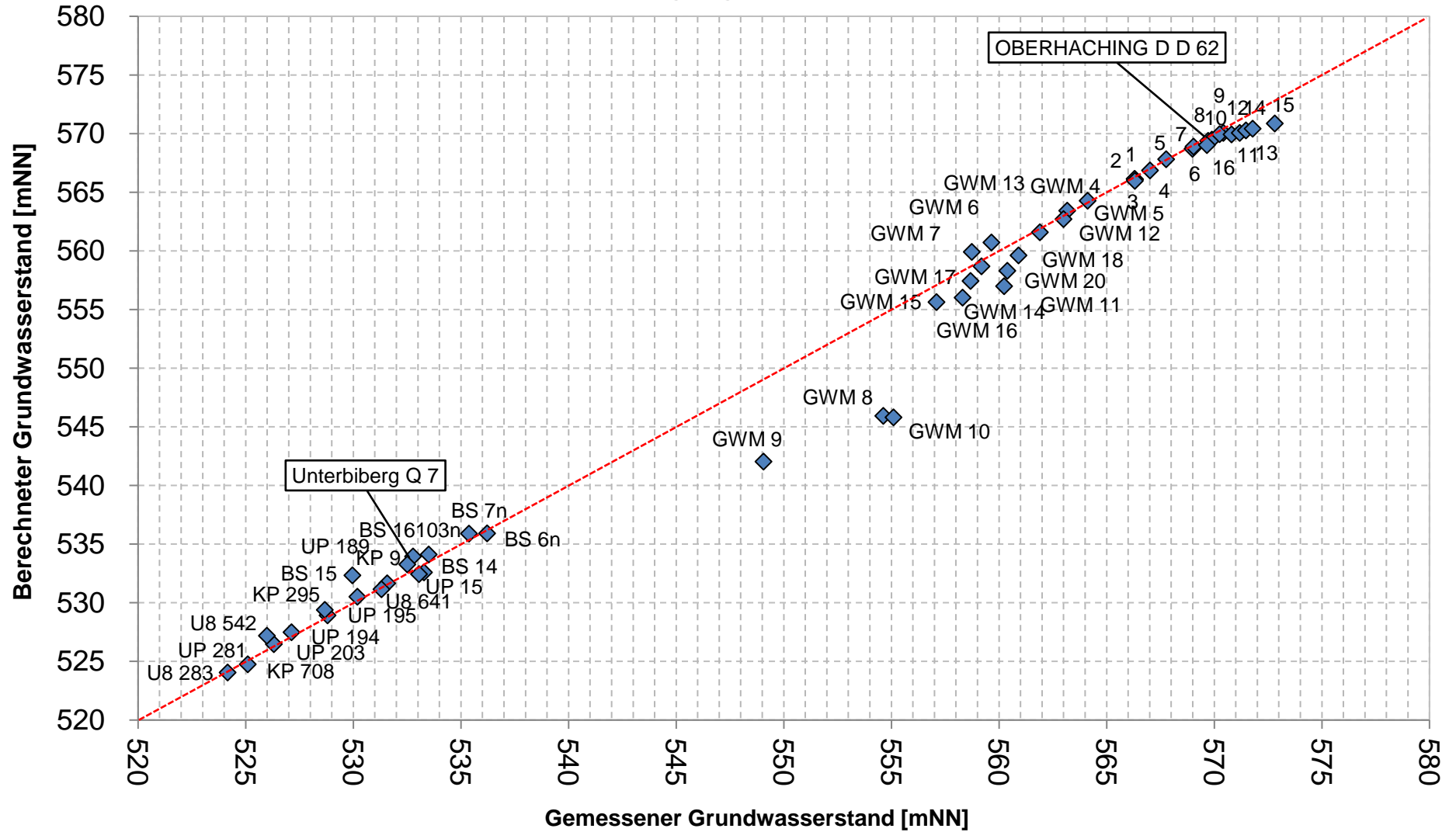
-0,16	Abweichung bis 1 %	Differenz positiv:	berechneter Wert höher als Messwert
0,76	Abweichung größer 1 % bis 5 %	Differenz negativ:	berechneter Wert niedriger als Messwert
-3,25	Abweichung größer 5 %		

Mittlere absolute Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Werten: 1,19 m
 Maximale Differenz der Standrohrspiegelhöhen im Modellraum: 48,65 m
 Mittlerer relativer Fehler nach DVGW W 107 (A): 2,4 %

Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände

Stationäre Anpassung Stichtagsmessung 06. April 2018

- Ausgangsfall -



Stationäre Kalibrierung Stichtag 06.04.2018
Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände
- Endzustand -

Lfd. Nr.	Messstelle	Betreiber	Grundwasserstand gemessen [mNN]	Grundwasserstand berechnet [mNN]	Differenz berechnet zu gemessen [m]
1	OBERHACHING D D 62	WWA München	569,72	569,90	0,18
2	1	Gemeinde Oberhaching	566,32	566,18	-0,14
3	2	Gemeinde Oberhaching	566,30	566,16	-0,14
4	3	Gemeinde Oberhaching	566,31	566,03	-0,28
5	4	Gemeinde Oberhaching	567,01	567,14	0,13
6	5	Gemeinde Oberhaching	567,76	568,02	0,26
7	6	Gemeinde Oberhaching	568,99	569,14	0,15
8	7	Gemeinde Oberhaching	569,04	569,42	0,38
9	8	Gemeinde Oberhaching	569,89	569,94	0,05
10	9	Gemeinde Oberhaching	570,42	570,79	0,37
11	10	Gemeinde Oberhaching	570,25	570,95	0,70
12	11	Gemeinde Oberhaching	570,80	570,95	0,15
13	12	Gemeinde Oberhaching	571,18	571,41	0,23
14	13	Gemeinde Oberhaching	571,47	571,89	0,42
15	14	Gemeinde Oberhaching	571,78	572,19	0,41
16	15	Gemeinde Oberhaching	572,81	573,09	0,28
17	16	Gemeinde Oberhaching	569,66	569,54	-0,12
18	GWM 4	Gemeinde Taufkirchen	563,17	563,07	-0,10
19	GWM 5	Gemeinde Taufkirchen	564,11	563,85	-0,26
20	GWM 6	Gemeinde Taufkirchen	559,65	559,73	0,08
21	GWM 7	Gemeinde Taufkirchen	558,73	559,20	0,47
22	GWM 8	Gemeinde Taufkirchen	554,62	551,22	-3,40
23	GWM 9	Gemeinde Taufkirchen	549,06	548,20	-0,86
24	GWM 10	Gemeinde Taufkirchen	555,10	552,10	-3,00
25	GWM 11	Gemeinde Taufkirchen	560,24	558,51	-1,73
26	GWM 12	Gemeinde Taufkirchen	563,00	562,34	-0,66
27	GWM 13	Gemeinde Taufkirchen	561,90	560,81	-1,09
28	GWM 14	Gemeinde Taufkirchen	559,19	558,55	-0,64
29	GWM 15	Gemeinde Taufkirchen	557,10	556,62	-0,48
30	GWM 16	Gemeinde Taufkirchen	558,68	558,54	-0,14
31	GWM 17	Gemeinde Taufkirchen	558,31	557,89	-0,42
32	GWM 18	Gemeinde Taufkirchen	560,91	559,89	-1,02
33	GWM 20	Gemeinde Taufkirchen	560,38	558,63	-1,75
34	Unterbiberg Q 7	WWA München	532,77	533,26	0,49
35	BS 16103n	Gemeinde Neubiberg	533,50	534,07	0,57
36	BS 14	GETEC	533,28	532,71	-0,57
37	BS 15	GETEC	529,96	532,36	2,40
38	BS 7n	GETEC	535,37	536,05	0,68
39	BS 6n	GETEC	536,21	536,01	-0,20
40	UP 195	Landeshauptstadt München	530,19	530,29	0,10
41	UP 189	Landeshauptstadt München	531,57	531,39	-0,18
42	UP 15	Landeshauptstadt München	533,05	532,33	-0,72
43	U8 641	Landeshauptstadt München	531,31	531,06	-0,25
44	KP 9	Landeshauptstadt München	532,51	532,83	0,32
45	KP 295	Landeshauptstadt München	528,80	528,70	-0,10
46	UP 203	Landeshauptstadt München	527,13	527,23	0,10
47	KP 708	Landeshauptstadt München	526,31	526,34	0,03
48	UP 281	Landeshauptstadt München	525,09	524,64	-0,45
49	UP 194	Landeshauptstadt München	528,68	529,34	0,66
50	U8 542	Landeshauptstadt München	525,98	527,15	1,17
51	U8 283	Landeshauptstadt München	524,16	524,06	-0,10

Mittelwert in [m]	552,35	552,19	-0,16
Varianz in [m²]	291,65	288,12	0,83
Standardabweichung in [m]	17,08	16,97	0,91

-0,10	Abweichung bis 1 %	Differenz positiv:	berechneter Wert höher als Messwert
-0,72	Abweichung größer 1 % bis 5 %	Differenz negativ:	berechneter Wert niedriger als Messwert
-3,40	Abweichung größer 5 %		

Mittlere absolute Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Werten: 0,58 m

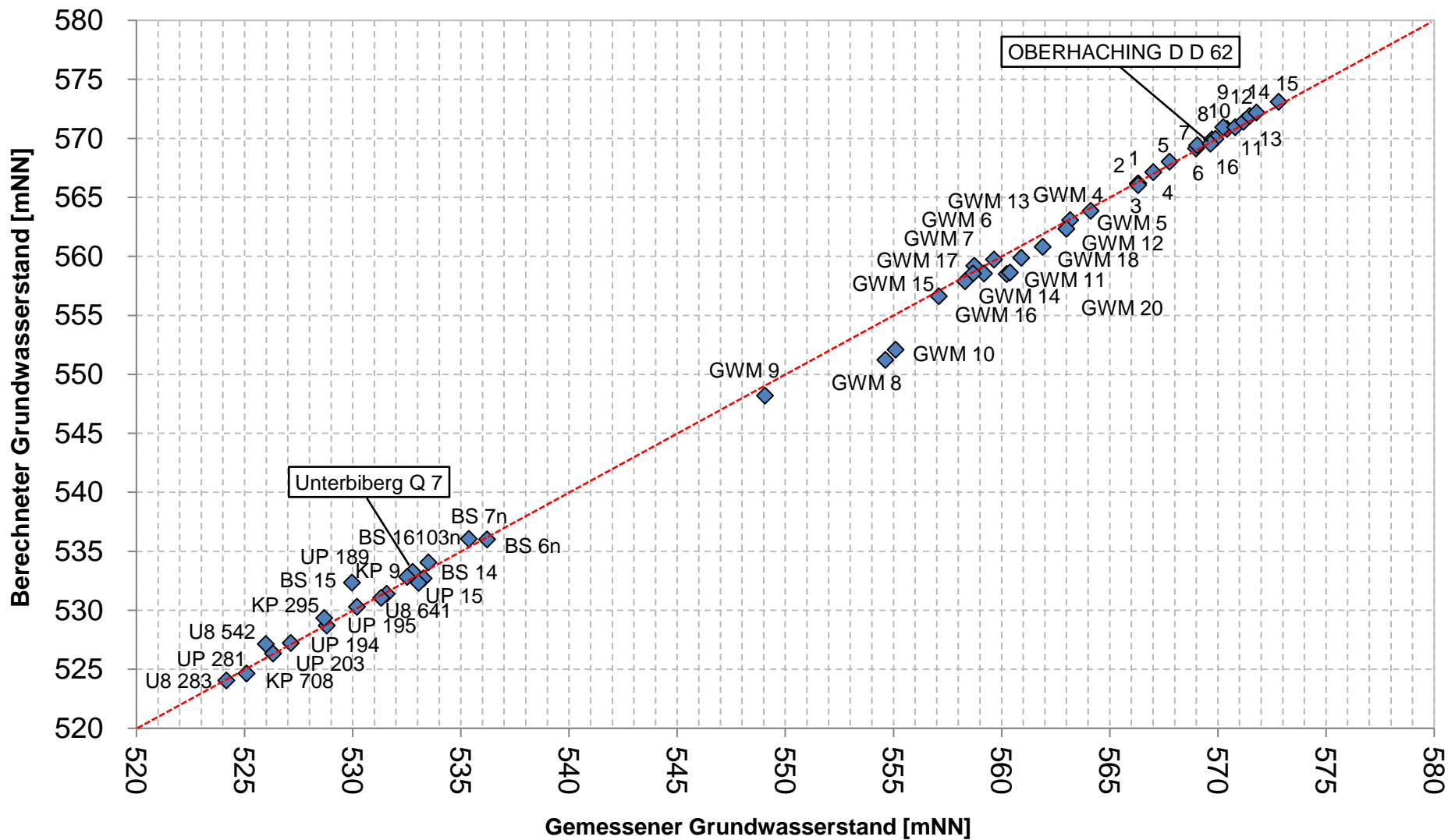
Maximale Differenz der Standrohrspiegelhöhen im Modellraum: 48,65 m

Mittlerer relativer Fehler nach DVGW W 107 (A): 1,2 %

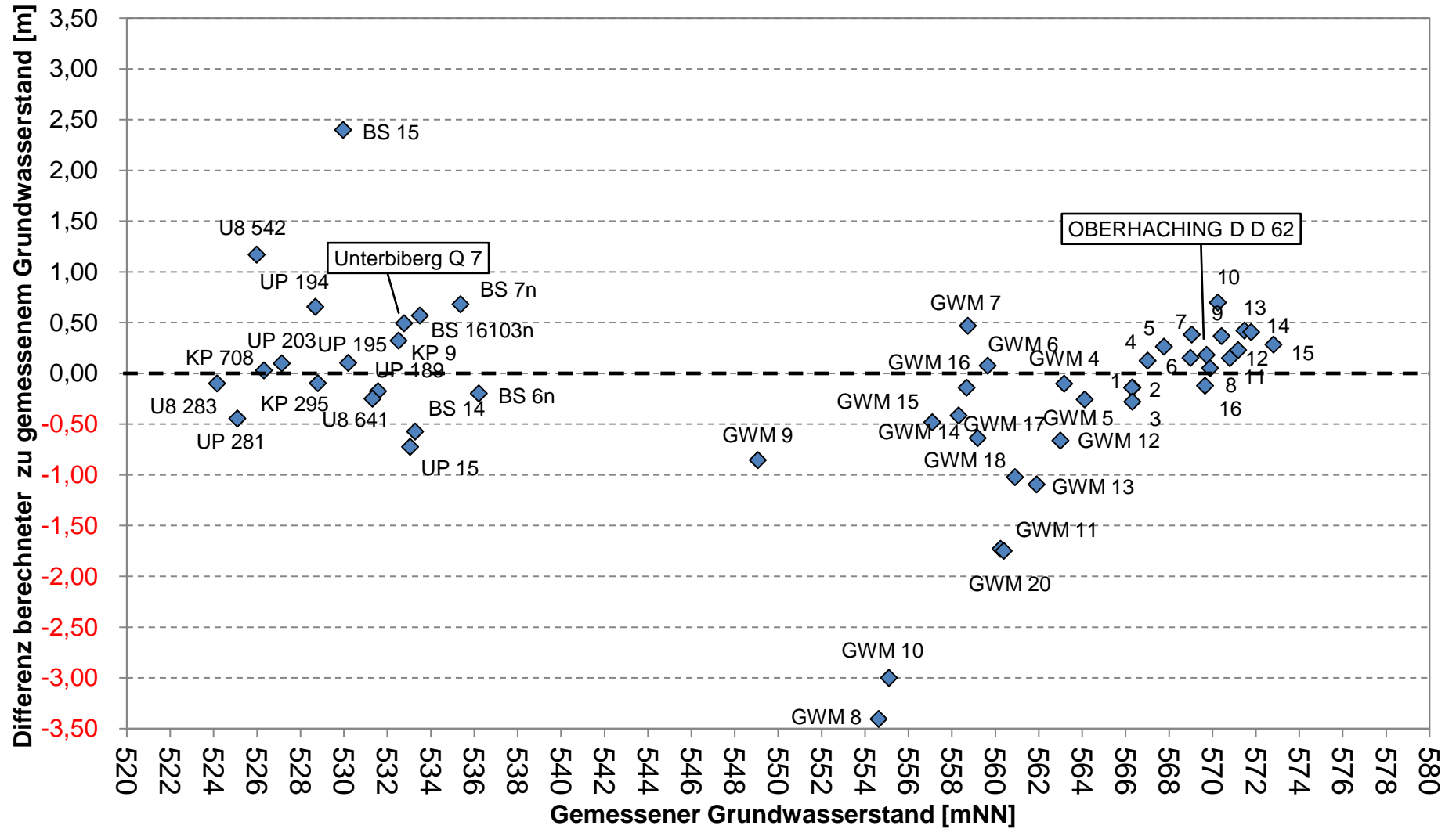
Stationäre Anpassung Stichtagsmessung 06. April 2018

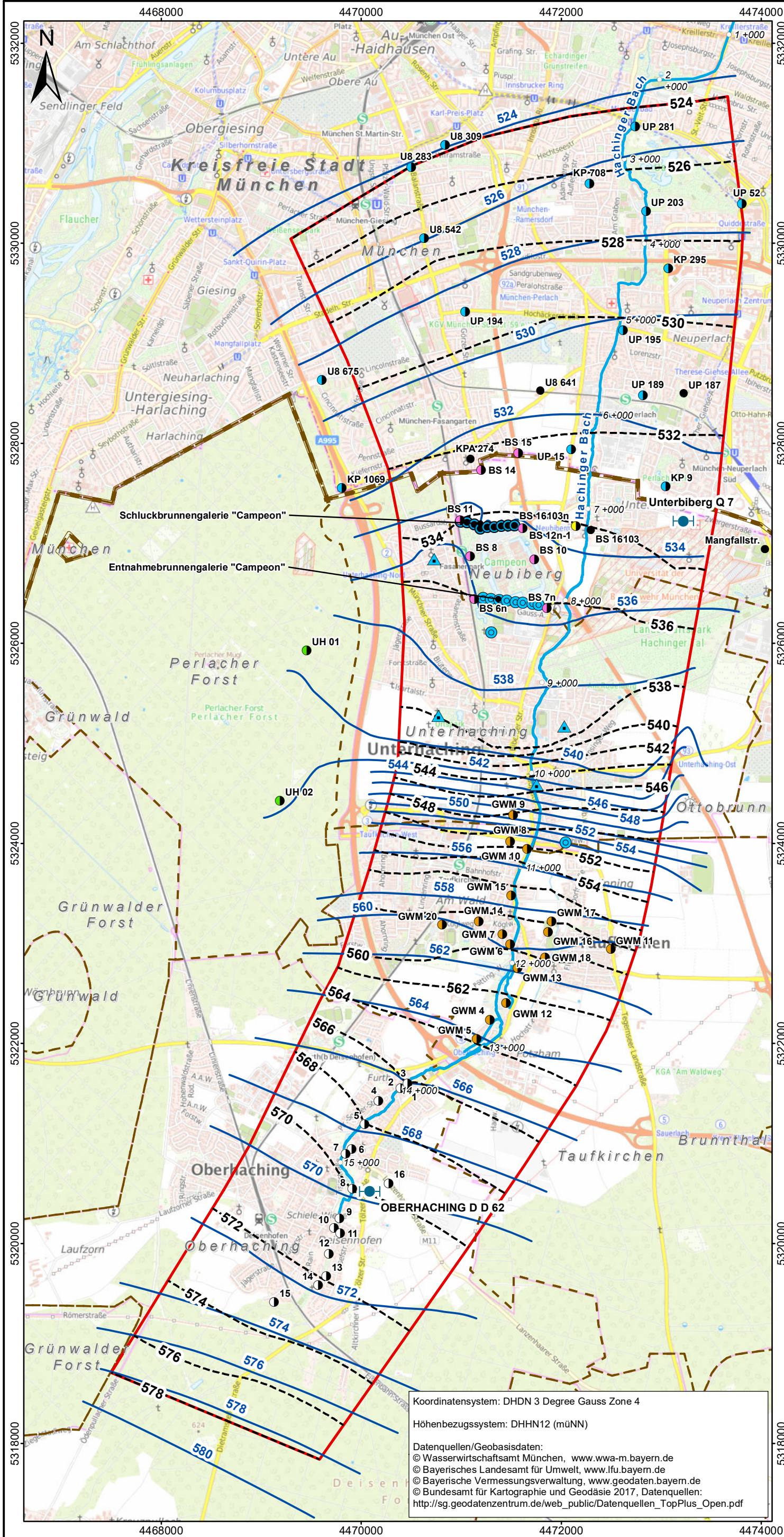
Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände

- Endzustand -



Stationäre Anpassung Stichtagsmessung 06. April 2018
Gegenüberstellung gemessener und berechneter Grundwasserstände
- Endzustand -





Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach

Grundwassermessstellen (GWM)

Betreiber

- Landeshauptstadt München
- Gemeinde Neubiberg
- GETEC
- Gemeinde Unterhaching
- Gemeinde Taufkirchen
- Gemeinde Oberhaching
- amtliche GWM (WWA München)
- zerstört / keine aktuelle Messwerterfassung

Brunnen

Art

- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Grundwassergleichen

Stichtagsmessung 06. April 2018

- Linien gleicher gemessener Grundwasserstände [mNN]
- 534
- - - Linien gleicher berechneter Grundwasserstände [mNN]
- 534

Übersicht



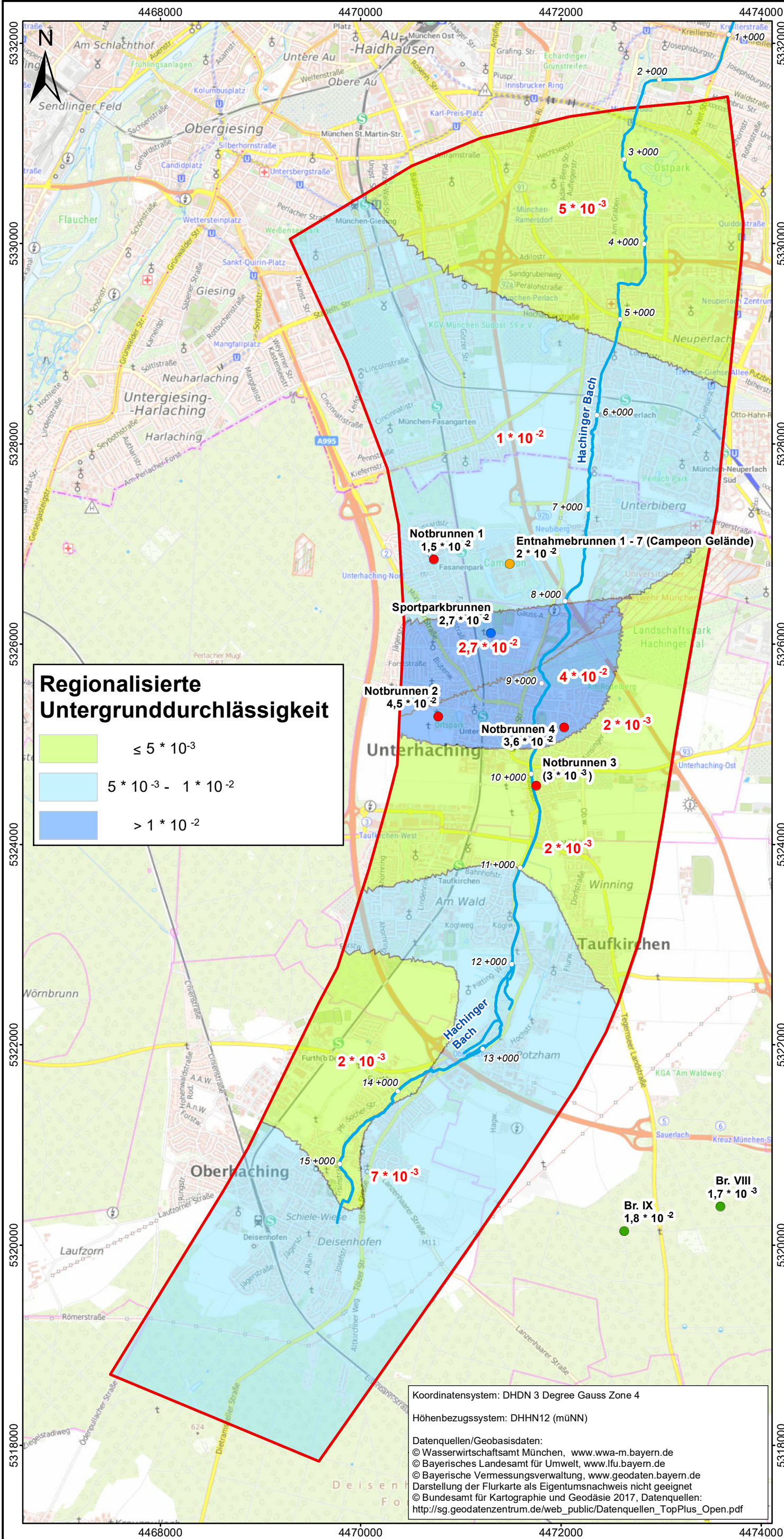
0 0,5 1 2 km



Gemessene und berechnete Grundwassergleichen
 Stichtagsmessung 06. April 2018

M.: 1:40.000 März 2020 gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



**Regionalisierte
 Untergunddurchlässigkeit**

	$\leq 5 \cdot 10^{-3}$
	$5 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$
	$> 1 \cdot 10^{-2}$

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

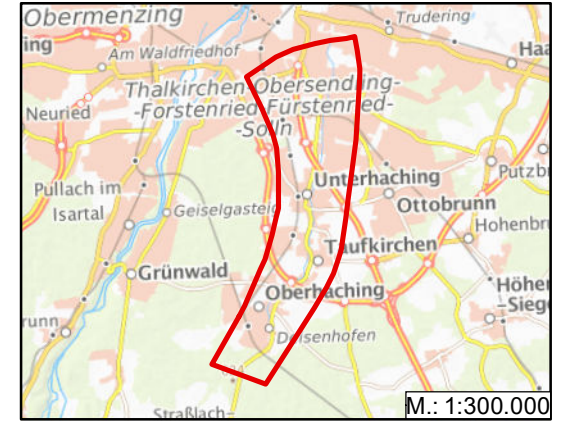
Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Pumpversuch Sportparkbrunnen Unterhaching (2019)
- Gemeinde Taufkirchen: Angabe aus Gutachten IB Dr. Knorr (2018)
- ACI GmbH: Erläuterungsbericht - Grundwassermodell (2016)
- BCE GmbH: Auswertung Pumpversuchsdaten von 1983/84 und 2014/16 (orientierende Abschätzung, 2018)
- $(3 \cdot 10^{-3})$ Ermittelter Wert aufgrund geringer Restmächtigkeit im Brunnen eingeschränkt aussagekräftig

Regionalisierte Endverteilung:

4 * 10⁻² k_f -Werte in [m/s]

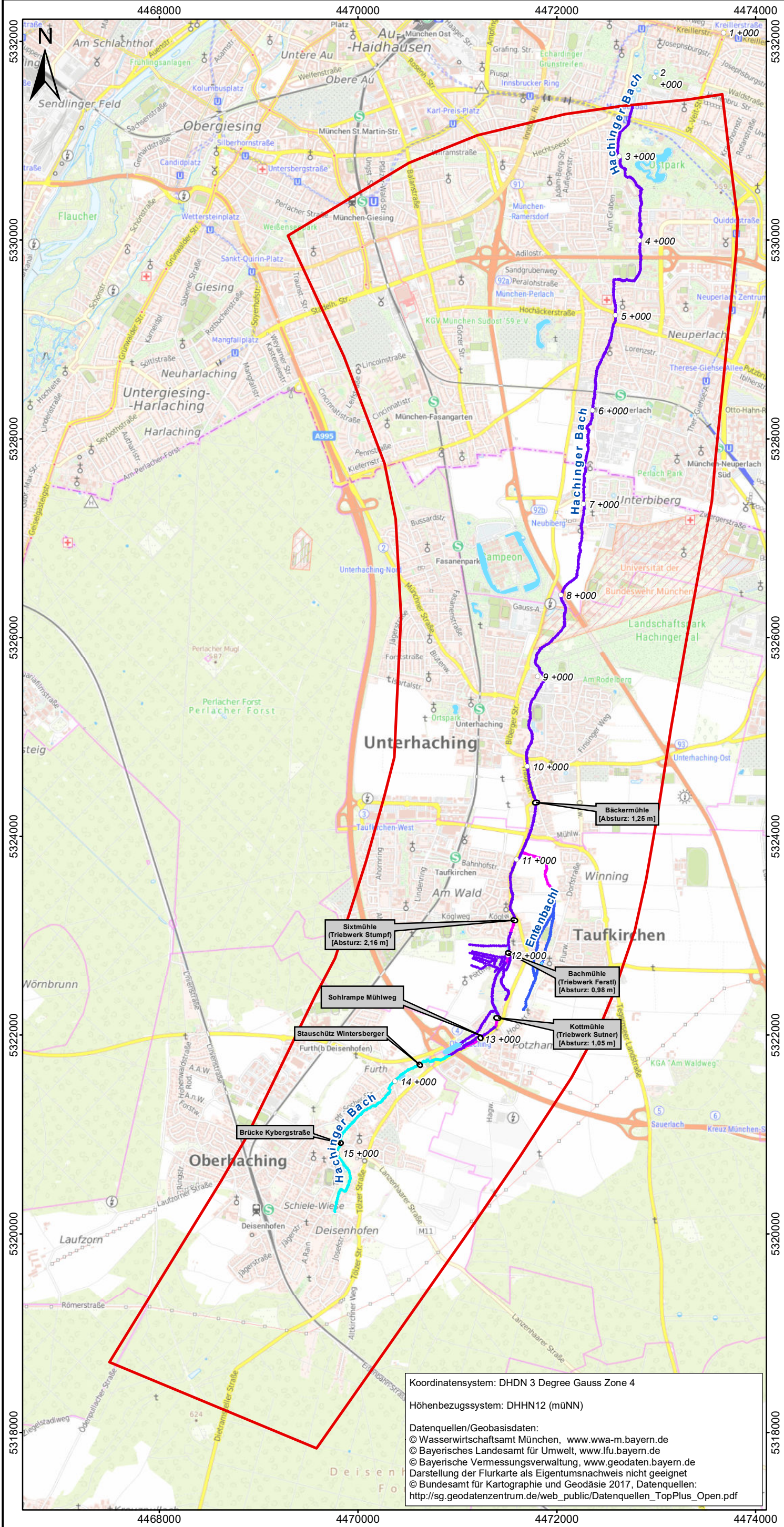
Übersicht



BCE
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

**Untergunddurchlässigkeiten
 (k_f-Werte)
 - Endverteilung -**

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------



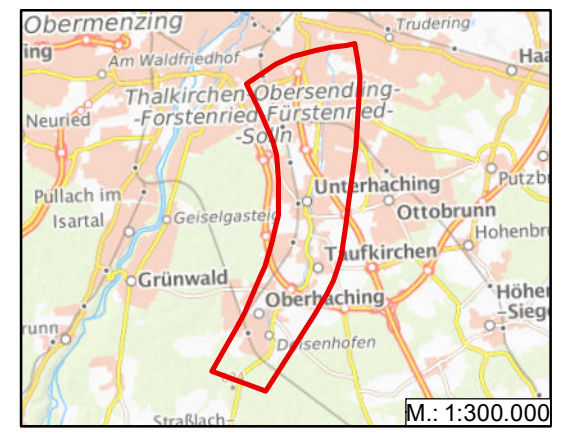
Zeichenerklärung

- Modellraum
- Flusskilometer

Gewässeraustauschrate in [1/s]

- < 10⁻⁶
- 10⁻⁶ bis 10⁻⁵
- 10⁻⁵ bis 10⁻⁴
- > 10⁻⁴

Übersicht



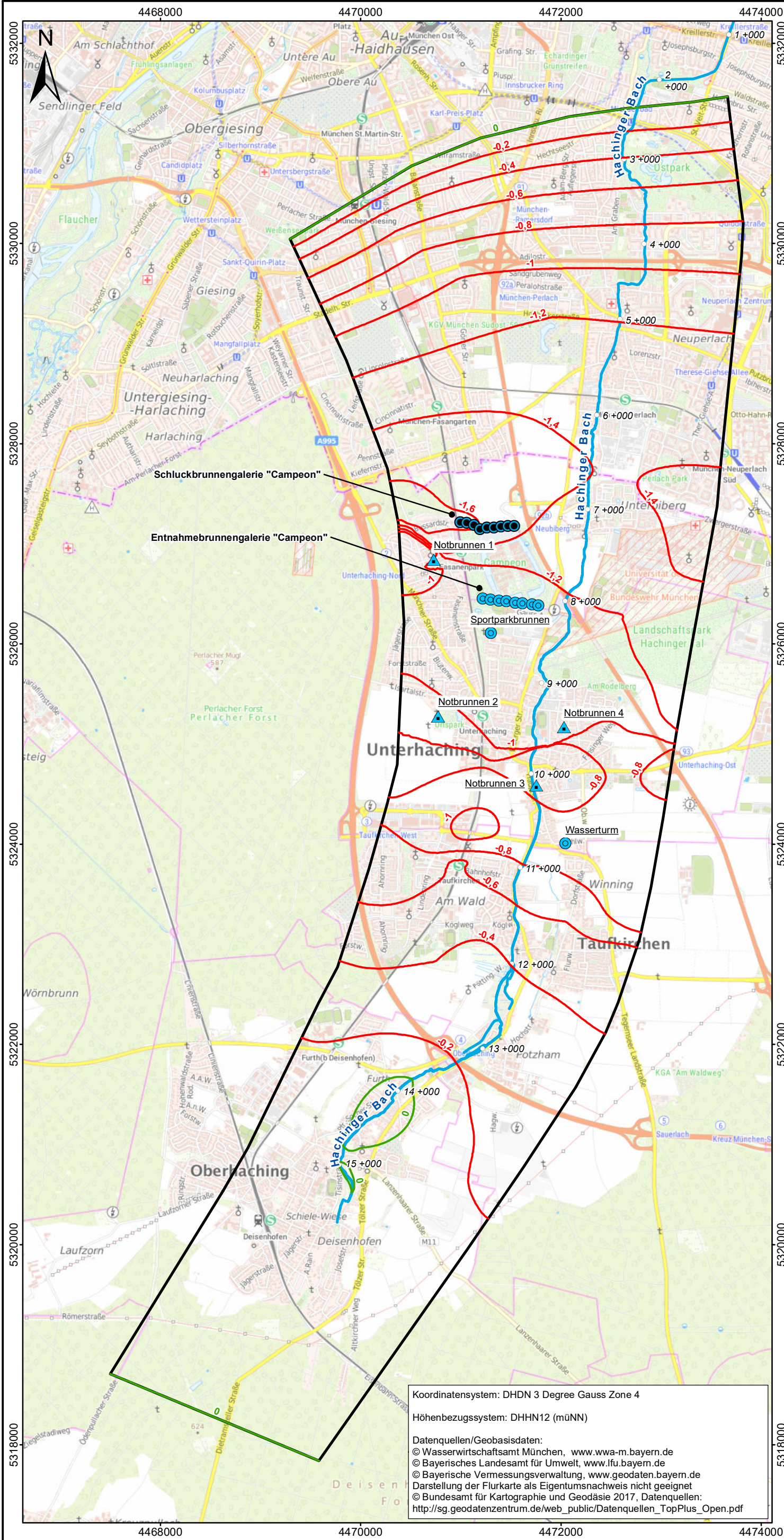
0 0,5 1 2 km



Gewässeraustauschraten - Endverteilung -

M.: 1:40.000 März 2020 gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



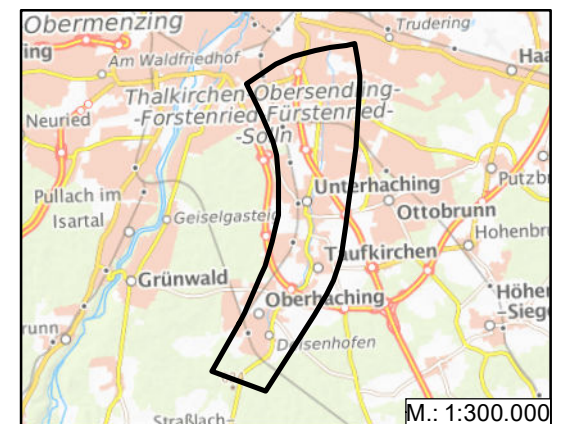
Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Brunnen**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen in [m]

- 0,2 Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
- 0 Null-Linie
- 0,2 Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

Übersicht

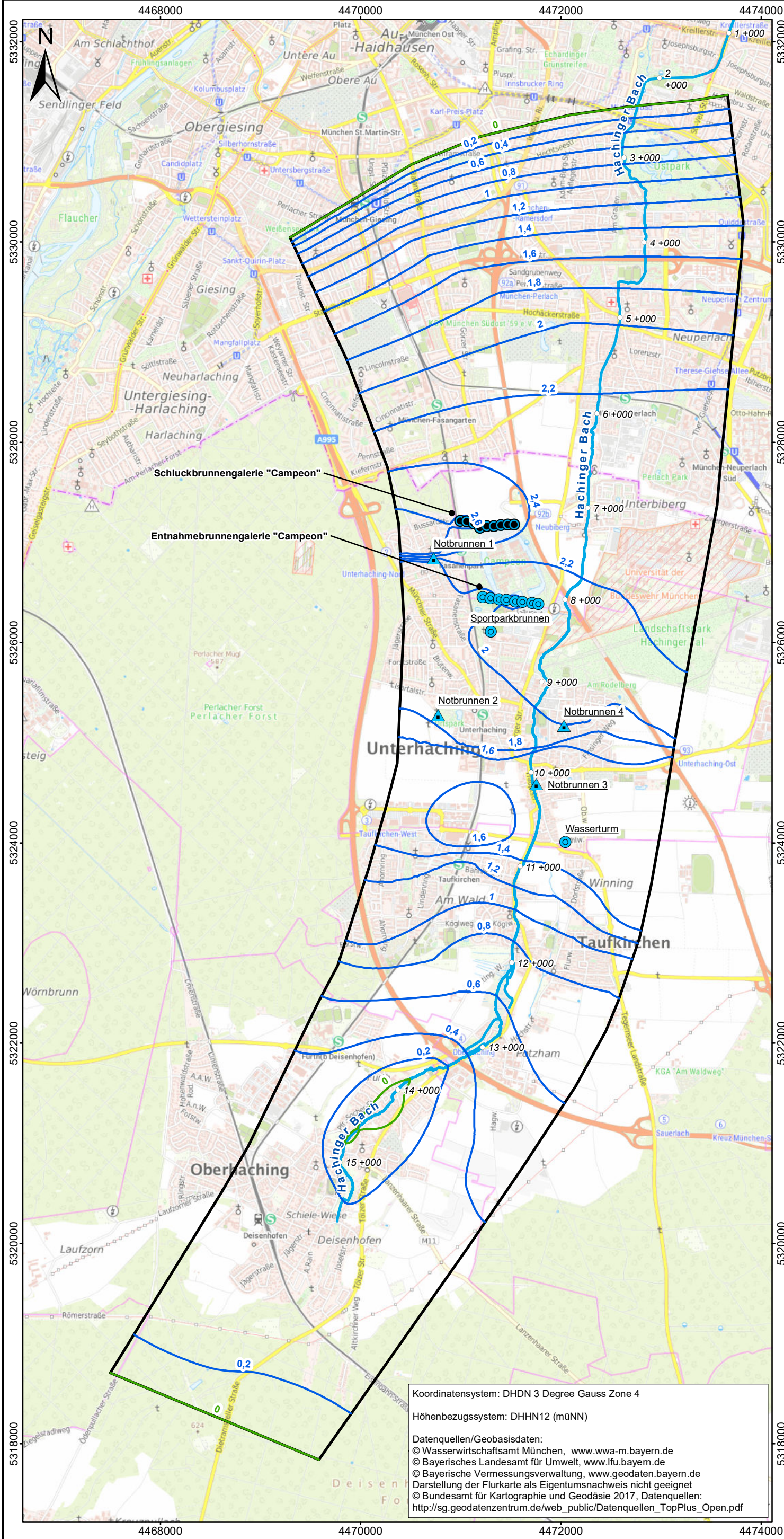


0 0,5 1 2 km

Sensitivitätsanalyse k_f -Werte
 Faktor 2
 Berechnete
 Grundwasserspiegeldifferenzen

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



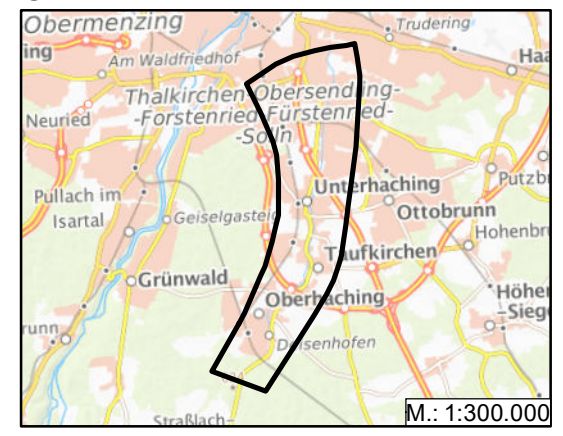
Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Brunnen**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Berechnete Grundwasserspiegel-differenzen in [m]

- 0,2 Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
- 0 Null-Linie
- 0,2 Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

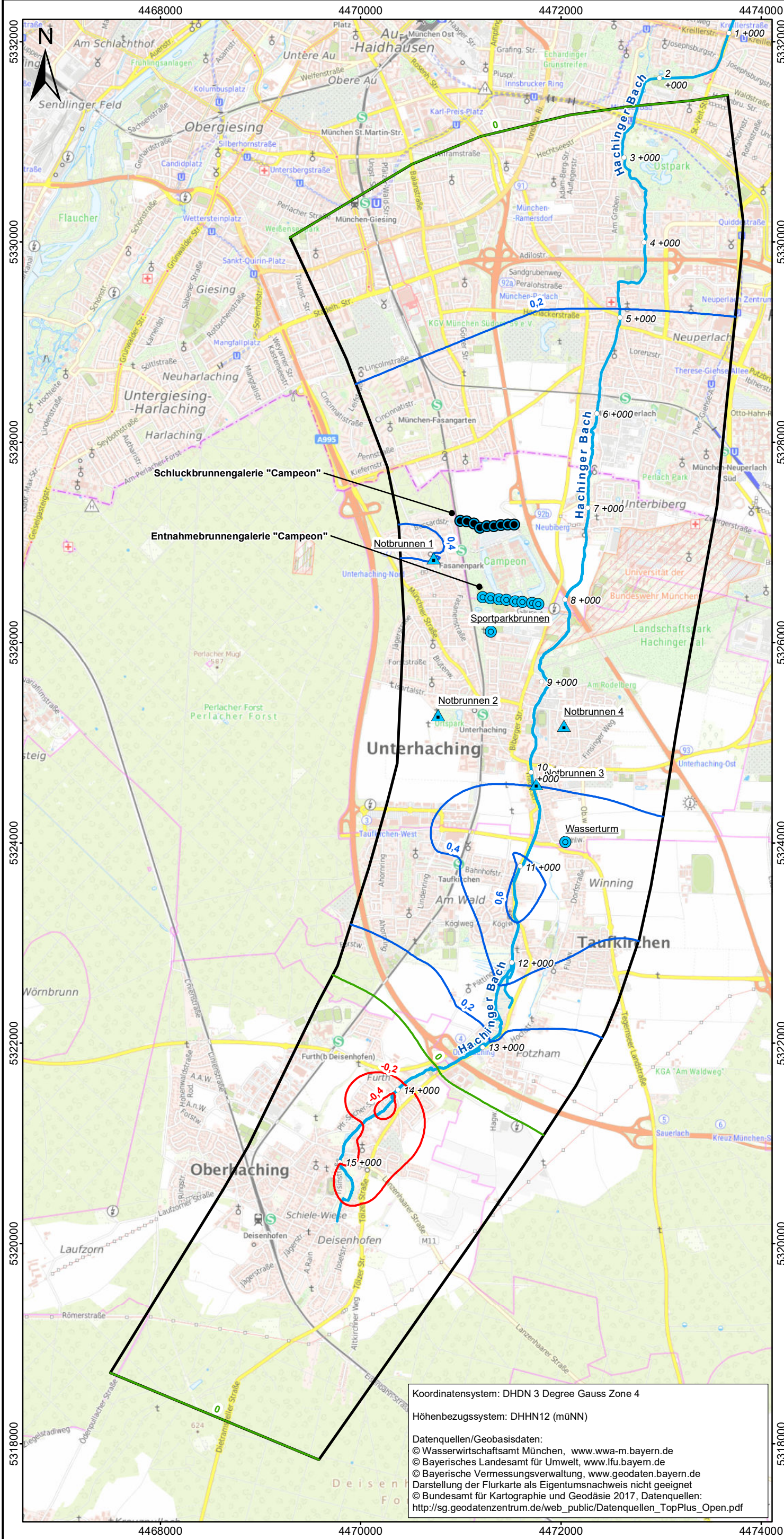
Übersicht



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

Sensitivitätsanalyse k_f -Werte
 Faktor 1/2
 Berechnete
 Grundwasserspiegeldifferenzen

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------



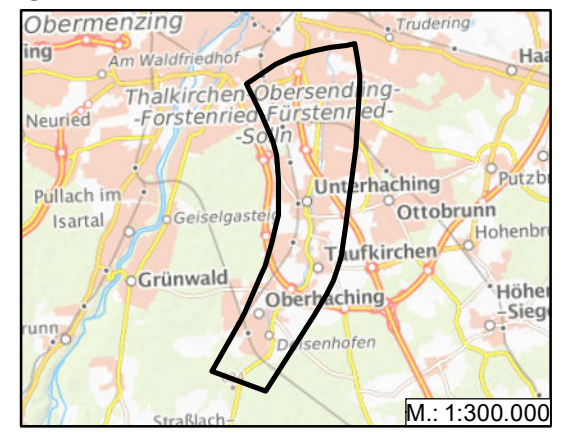
Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Brunnen**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen in [m]

- 0,2 Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
- 0 Null-Linie
- 0,2 Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

Übersicht



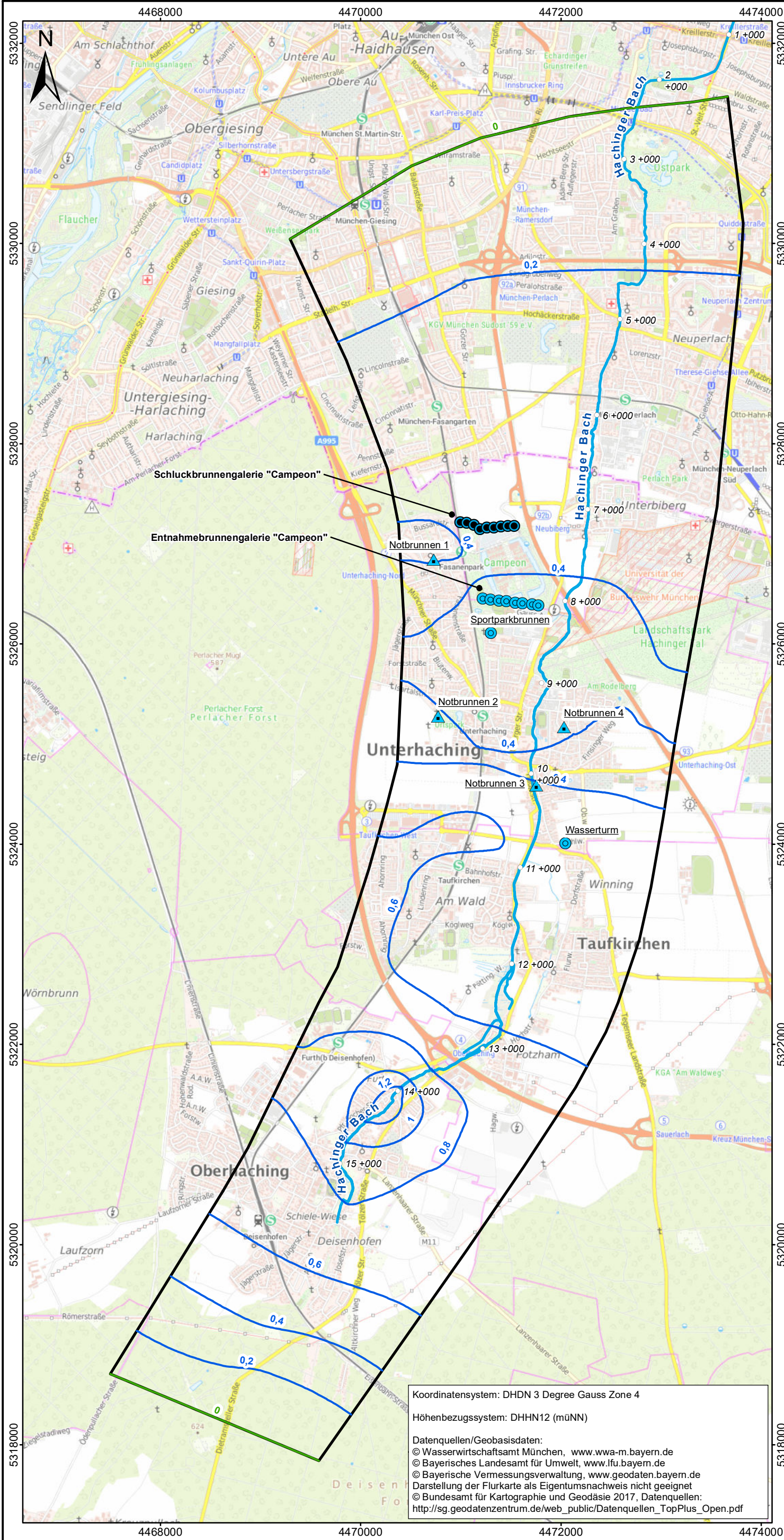
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Sensitivitätsanalyse
Durchlässigkeit Gewässersohlen
Faktor 10
Berechnete
Grundwasserspiegeldifferenzen

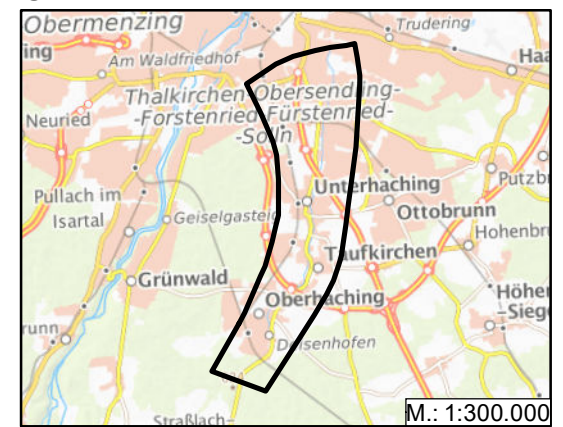
M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------



Zeichenerklärung

- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Brunnen**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen
- Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen in [m]**
- 0,2 Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
- 0 Null-Linie
- _0,2 Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

Übersicht



0 0,5 1 2 km

BJØRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Sensitivitätsanalyse

Durchlässigkeit Gewässersohlen

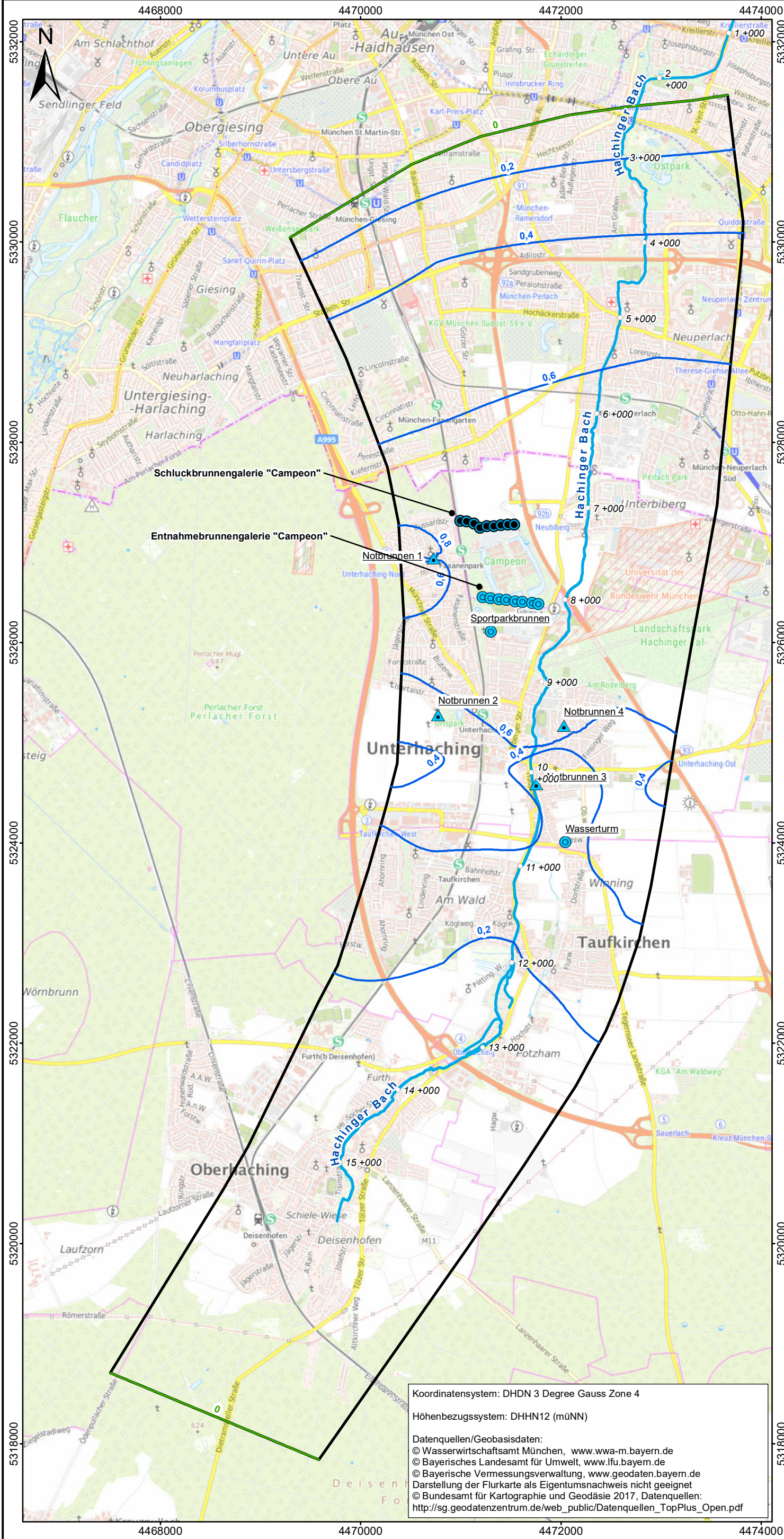
Faktor 1/10

Berechnete

Grundwasserspiegeldifferenzen

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

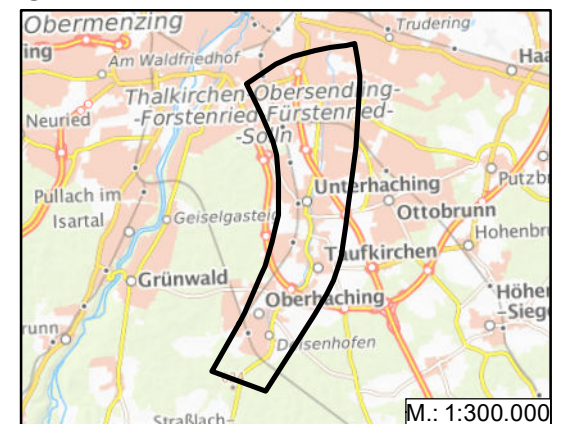
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Brunnen**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen
- Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen in [m]**
- 0,2 Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
- 0 Null-Linie
- 0,2 Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

Übersicht



0 0,5 1 2 km

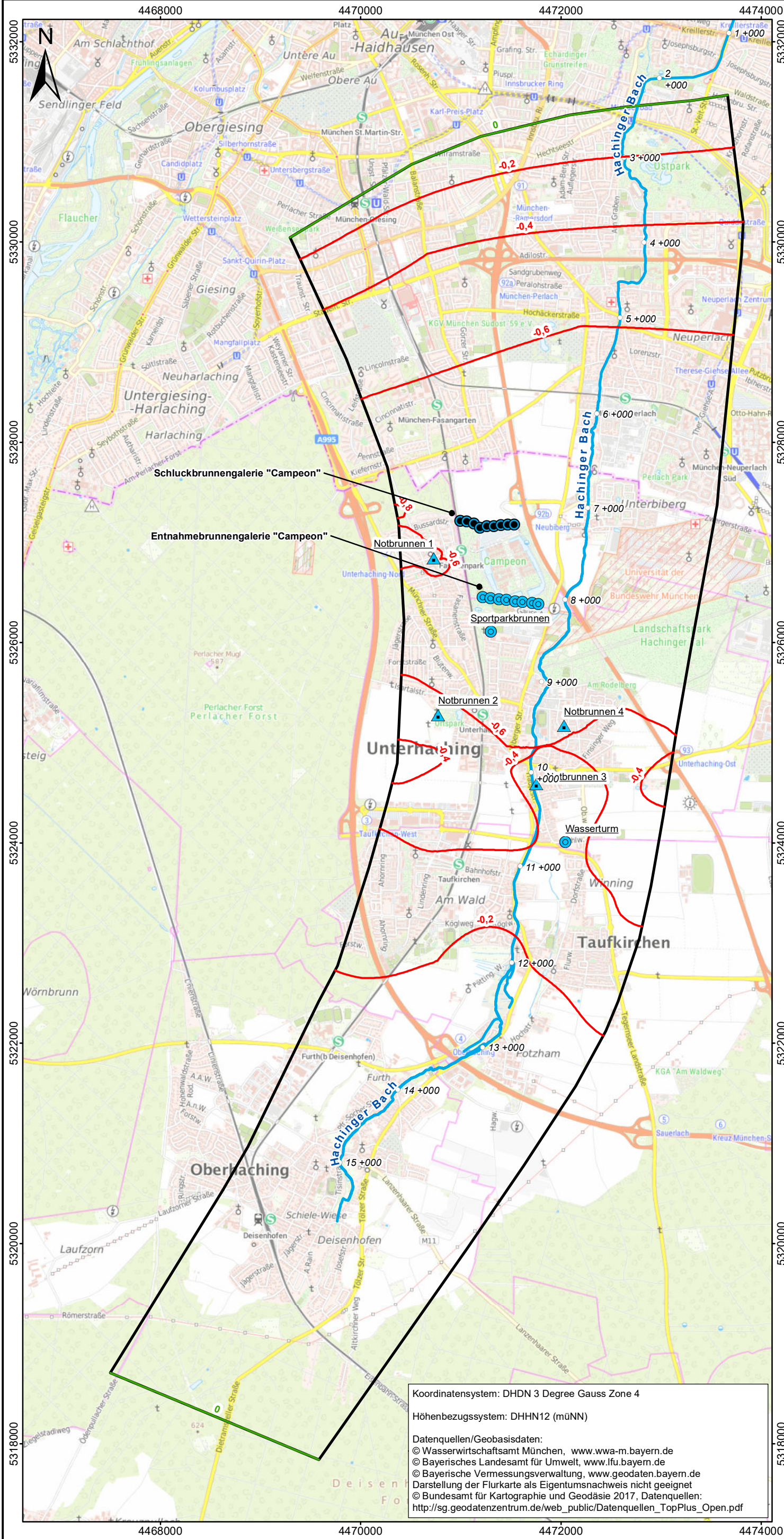
BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

**Sensitivitätsanalyse
 Grundwasserneubildung
 Erhöhung um 25 %
 Berechnete
 Grundwasserspiegeldifferenzen**

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)

Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



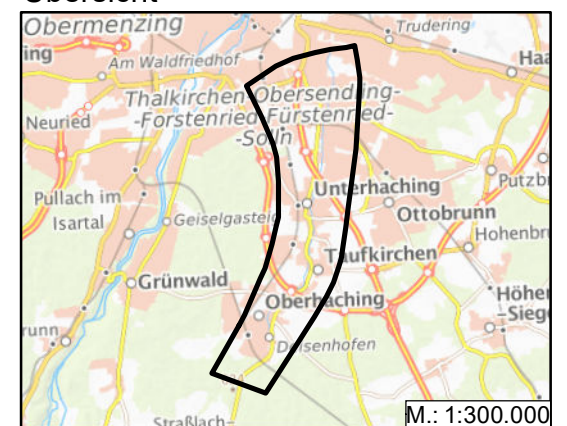
Zeichenerklärung


- Modellraum
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Brunnen**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
- Brauchwasserversorgung
- Schluckbrunnen

Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen in [m]

- 0,2 Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
- 0 Null-Linie
- 0,2 Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

Übersicht





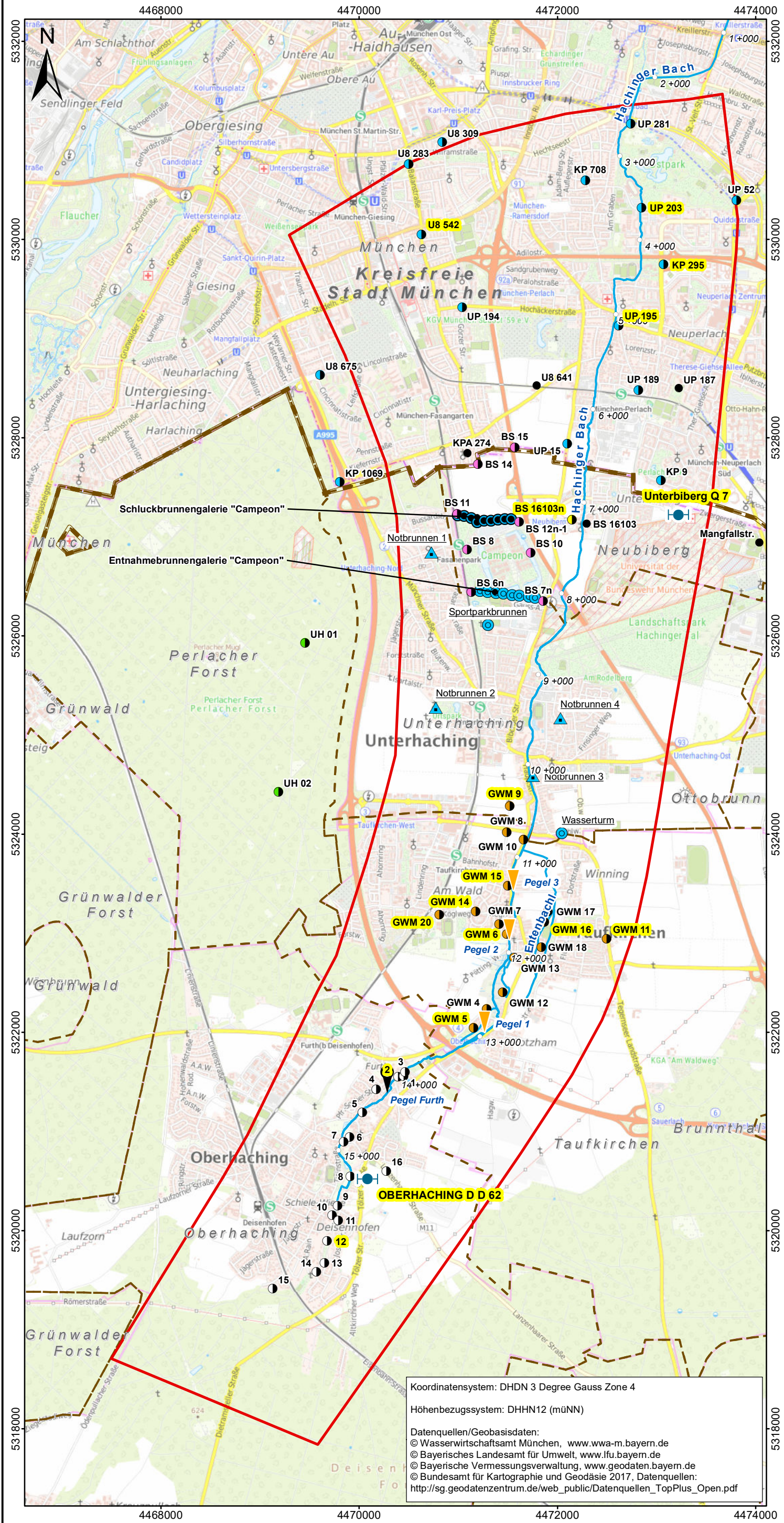
BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

**Sensitivitätsanalyse
 Grundwasserneubildung
 Verringerung um 25 %
 Berechnete
 Grundwasserspiegeldifferenzen**

M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)

Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 Darstellung der Flurkarte als Eigentumsnachweis nicht geeignet
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Flusskilometer
- Hachinger Bach

Grundwassermessstellen (GWM)

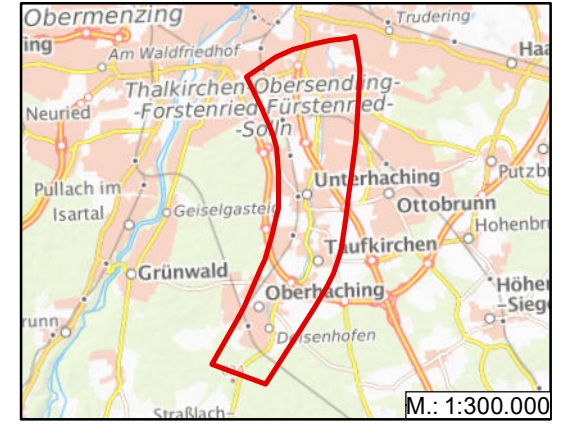
- Betreiber**
- Landeshauptstadt München
 - Gemeinde Neubiberg
 - GETEC
 - Gemeinde Unterhaching
 - Gemeinde Taufkirchen
 - Gemeinde Oberhaching
 - ⊕ amtliche GWM (WWA München)
 - zerstört / keine aktuelle Messwertaufzeichnung
- Pegelmessstellen**
- Betreiber**
- ⊕ WWA München
 - ▼ Gemeinde Taufkirchen
- Brunnen mit Erfassung der Wasserstände**
- Art**
- ▲ Notwasserversorgung Unterhaching
 - ⊕ Brauchwasserversorgung
 - Schluckbrunnen

Instationäre Kalibrierung HW2013

Auswahl Grundwassermessstellen mit Gangliniendarstellung in Anlagen 2.9 bis 2.12

- GWM 9

Übersicht

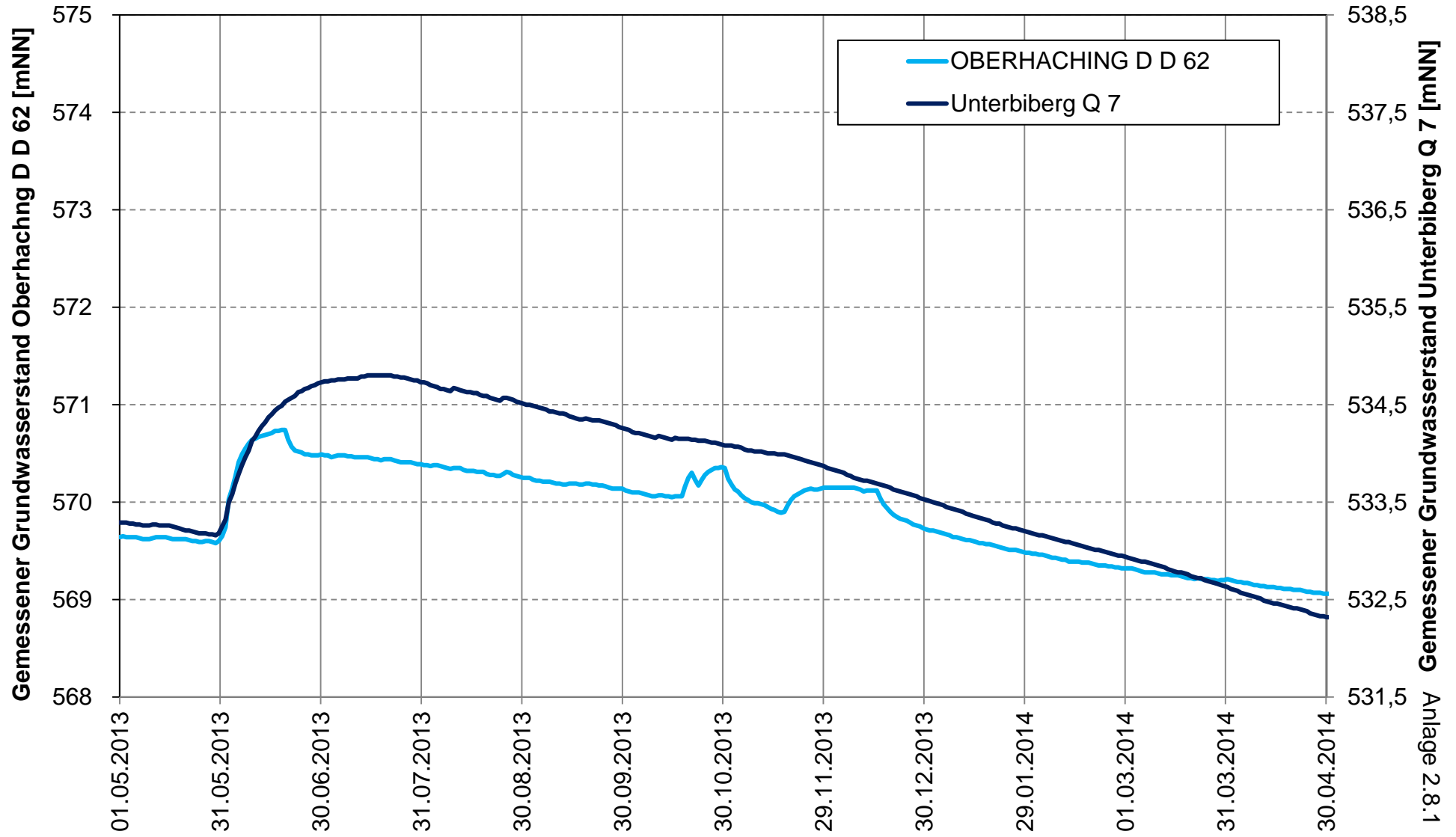


Lageplan instationäre Kalibrierung
 Hochwasser 2013 (HW2013)

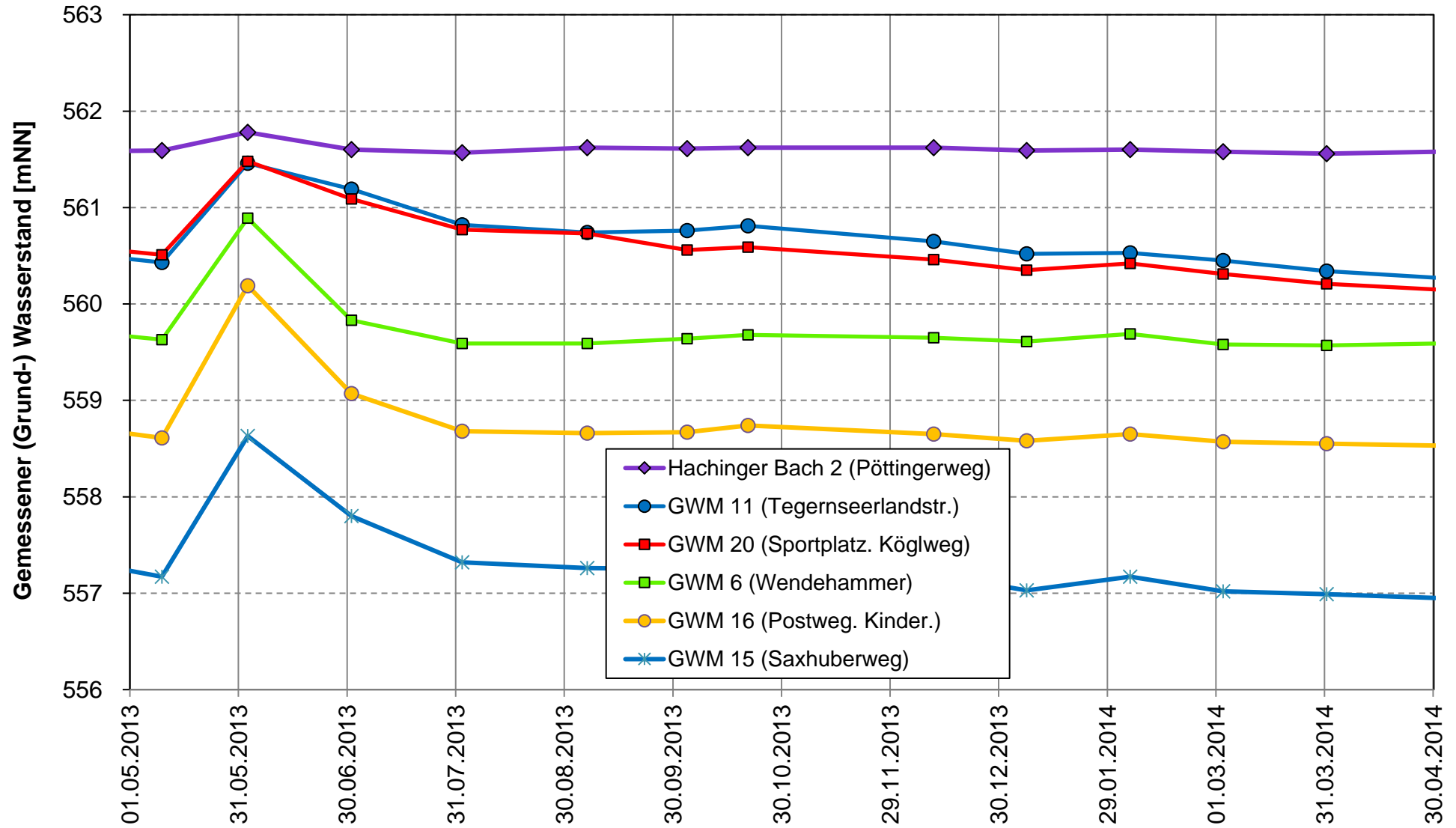
M.: 1:40.000	März 2020	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

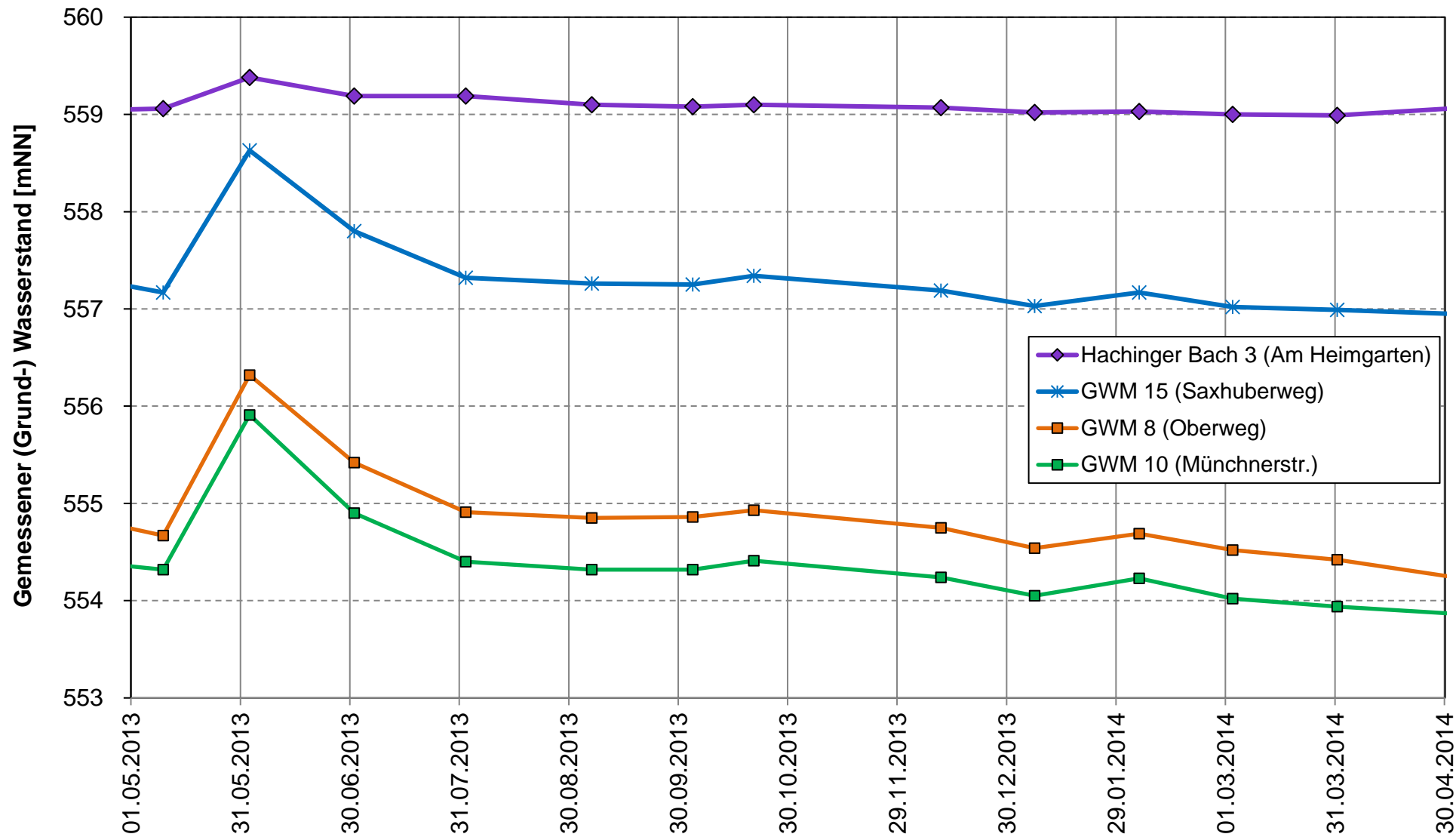
Gemessene Grundwasserstände Hochwasser 2013 - Oberhaching/Neubiberg -



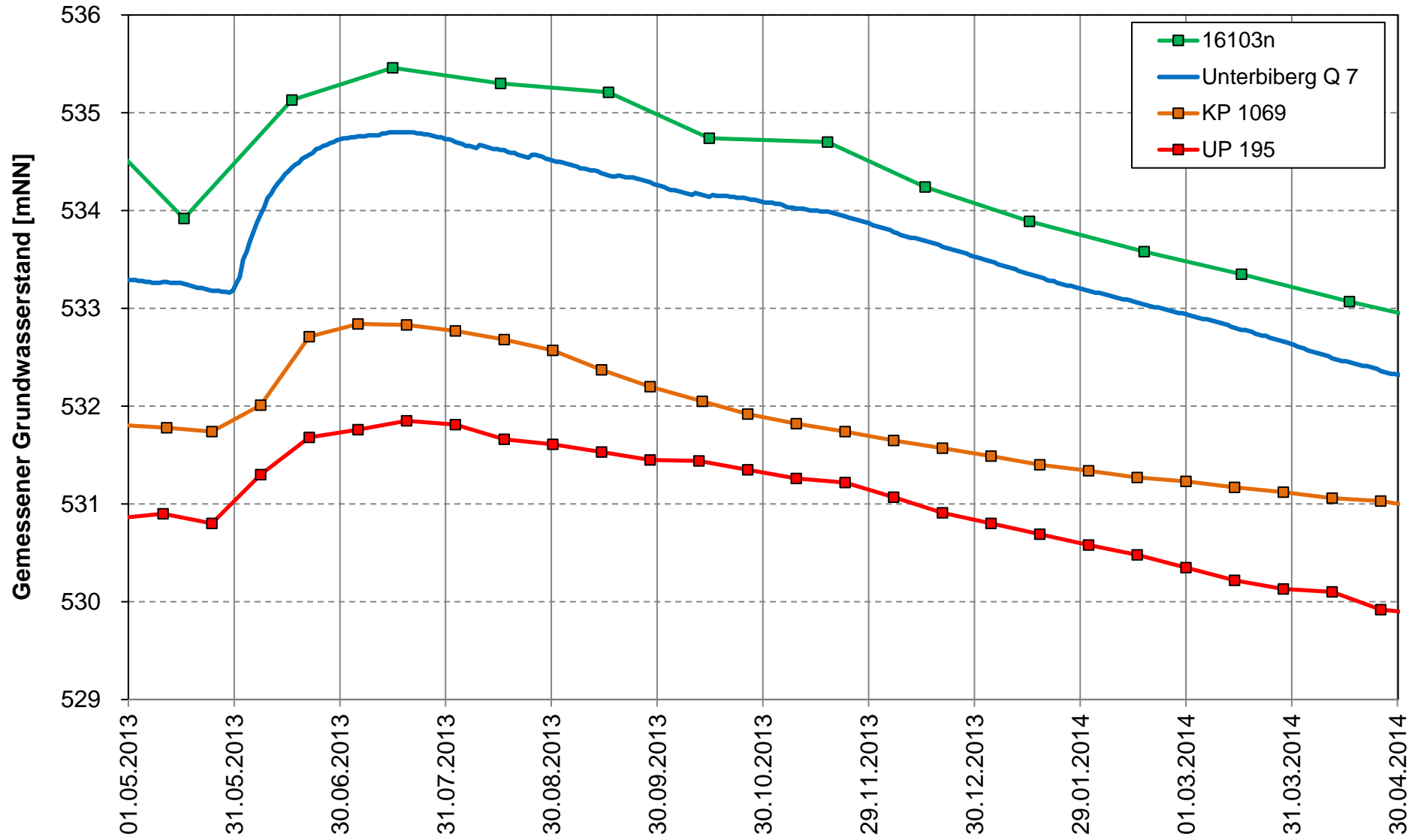
Gemessene Grundwasserstände Hochwasser 2013 - Taufkirchen Mitte -



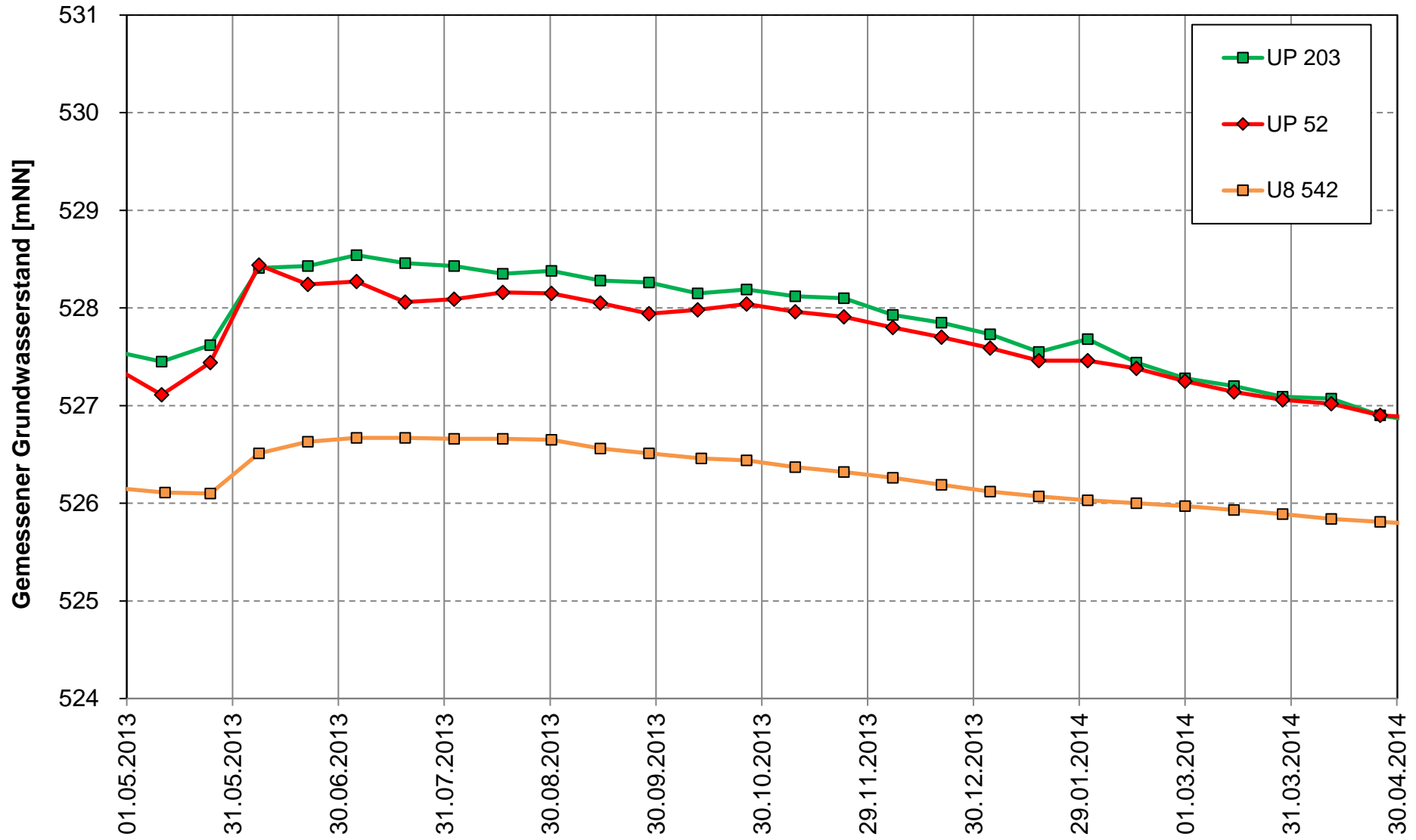
Gemessene Grundwasserstände Hochwasser 2013 - Taufkirchen Nord -



Gemessene Grundwasserstände Hochwasser 2013 - Neubiberg/Campeon -



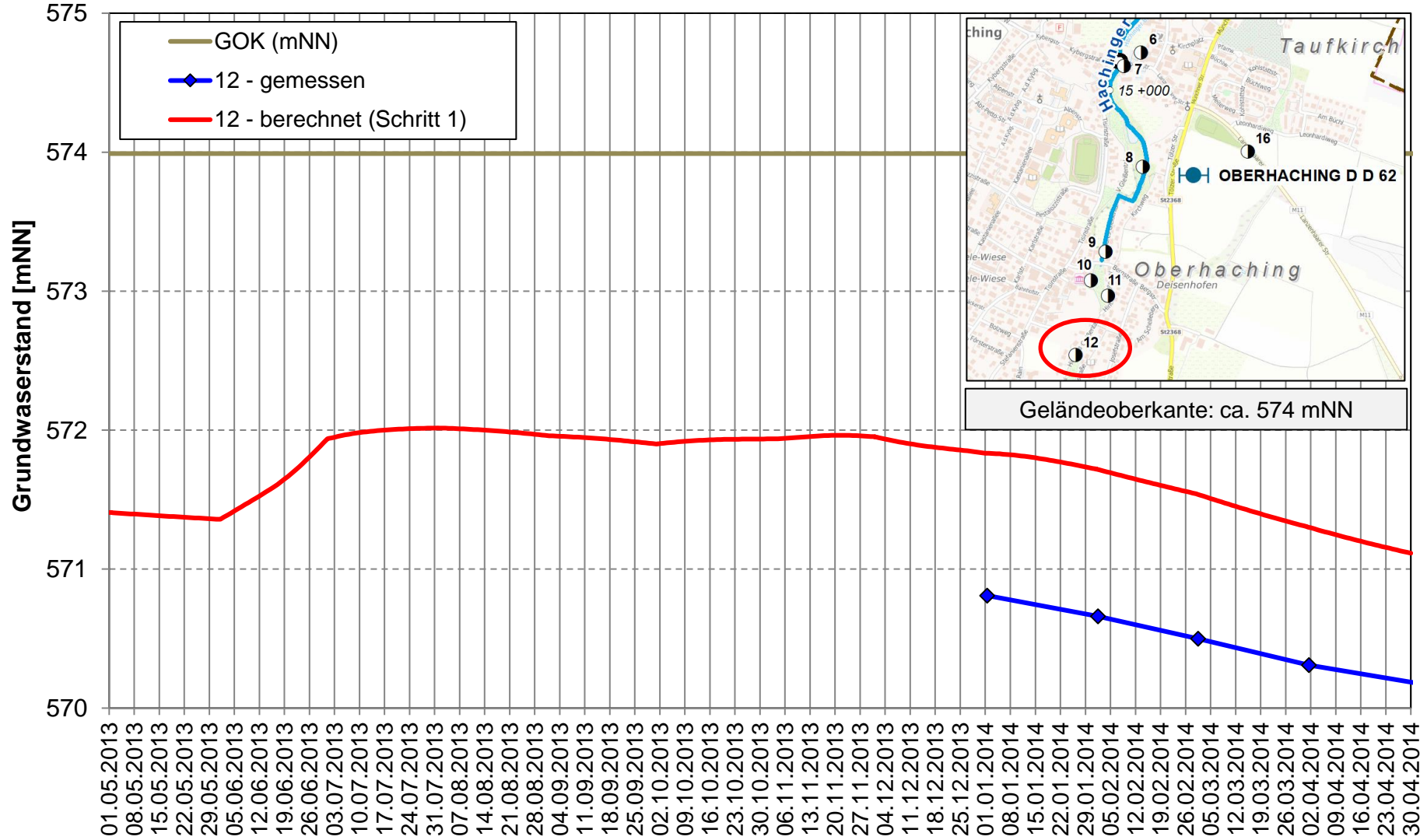
Gemessene Grundwasserstände Hochwasser 2013 - Landeshauptstadt München (LHM) -



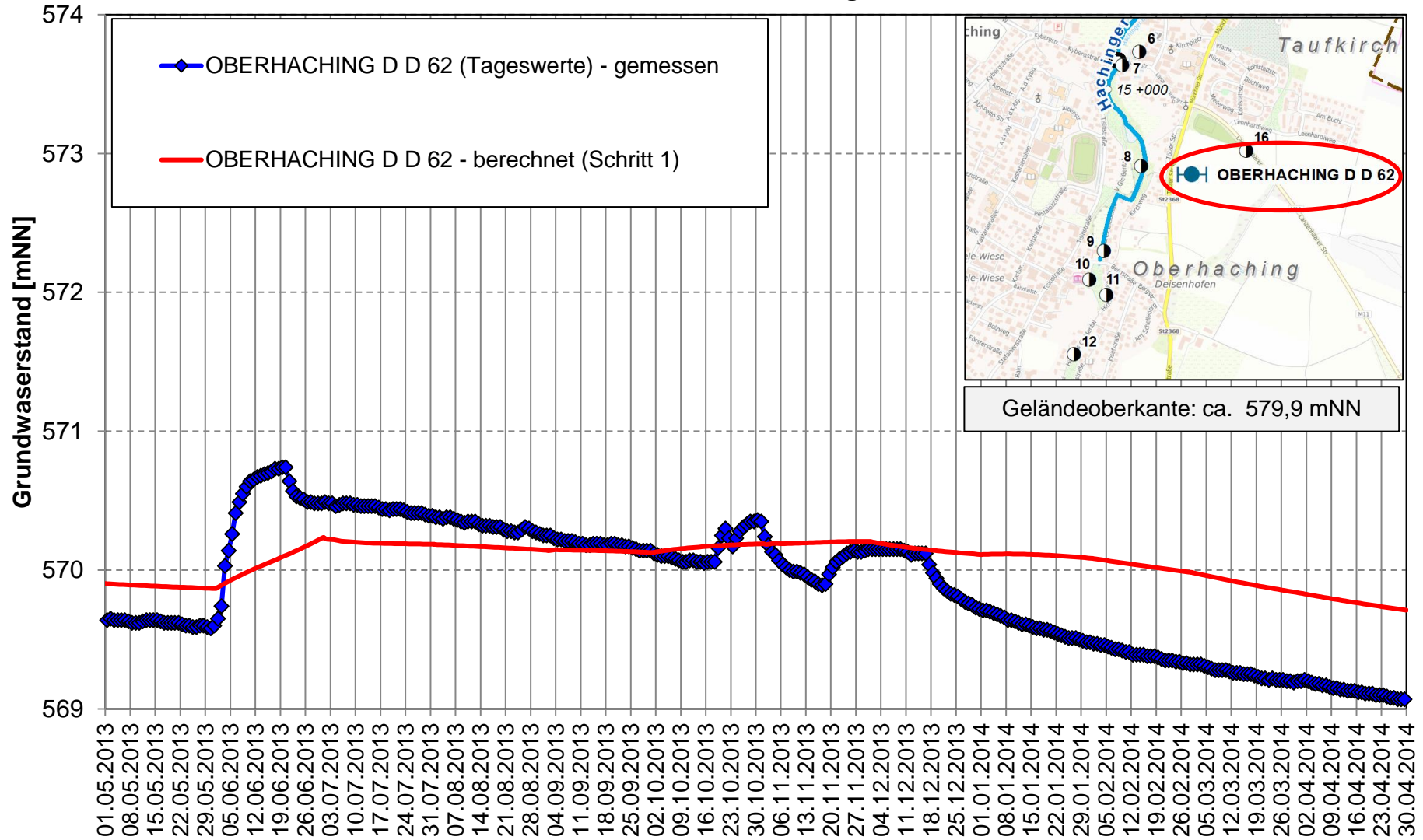
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

- Bereich Oberhaching -



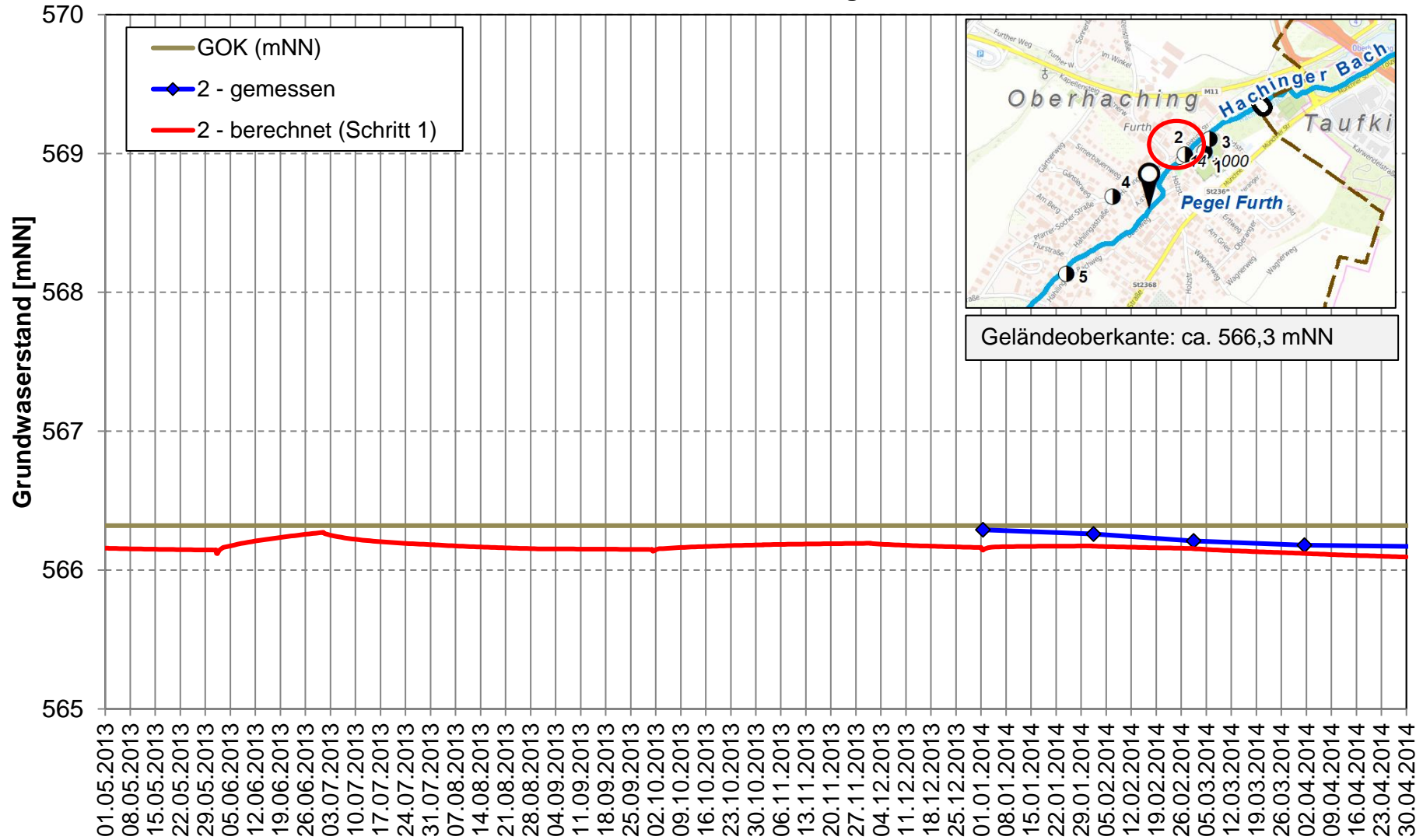
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



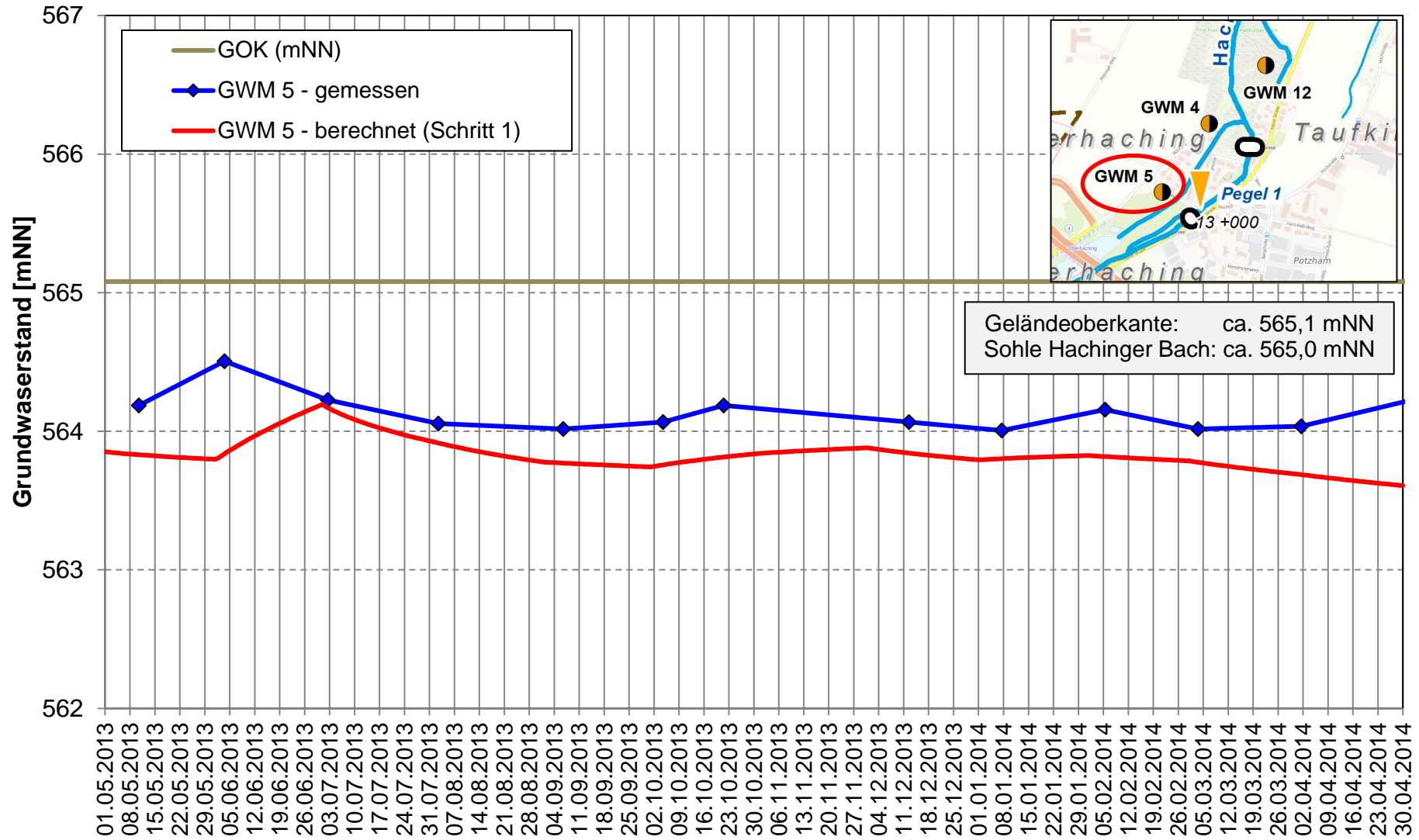
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

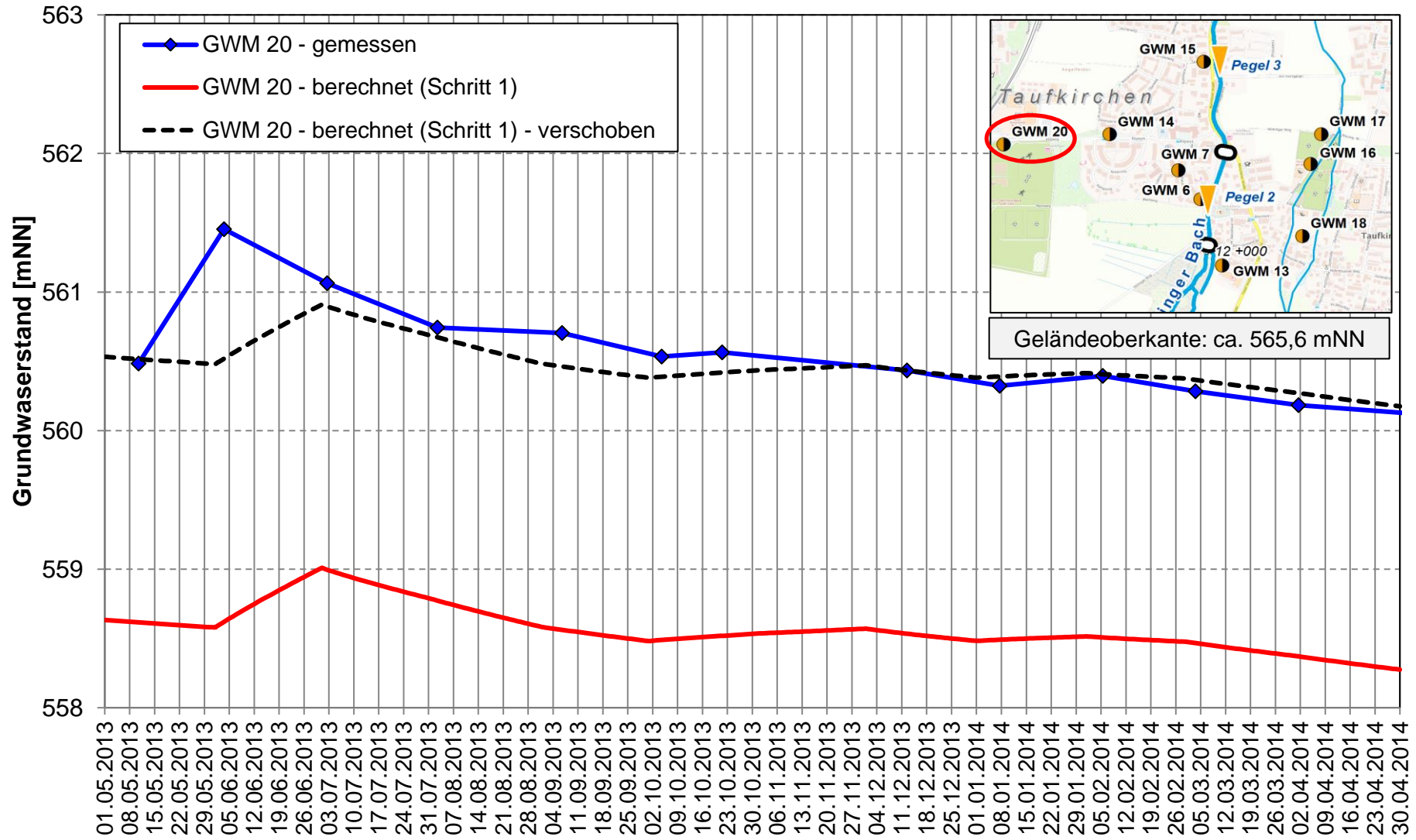
- Bereich Oberhaching -



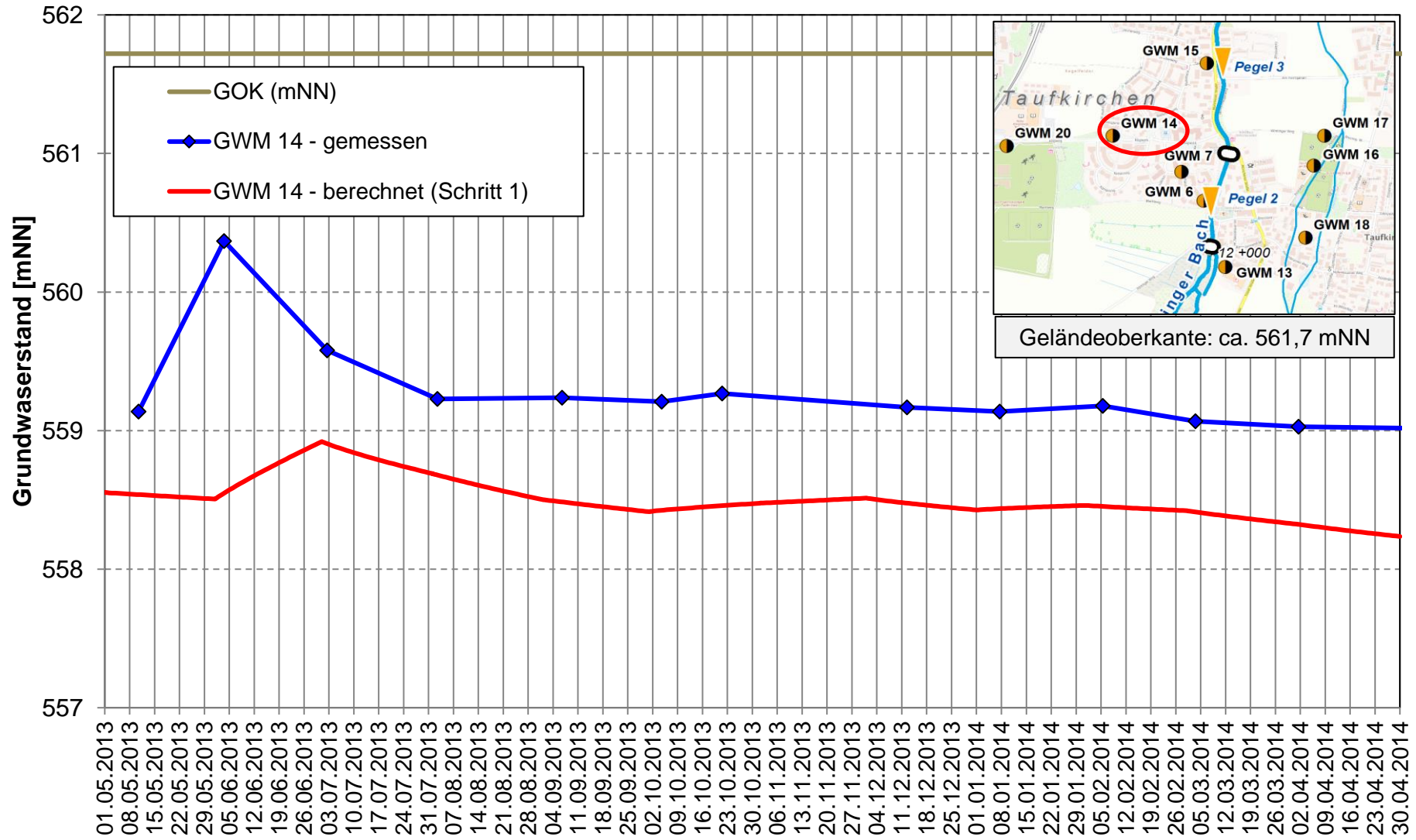
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



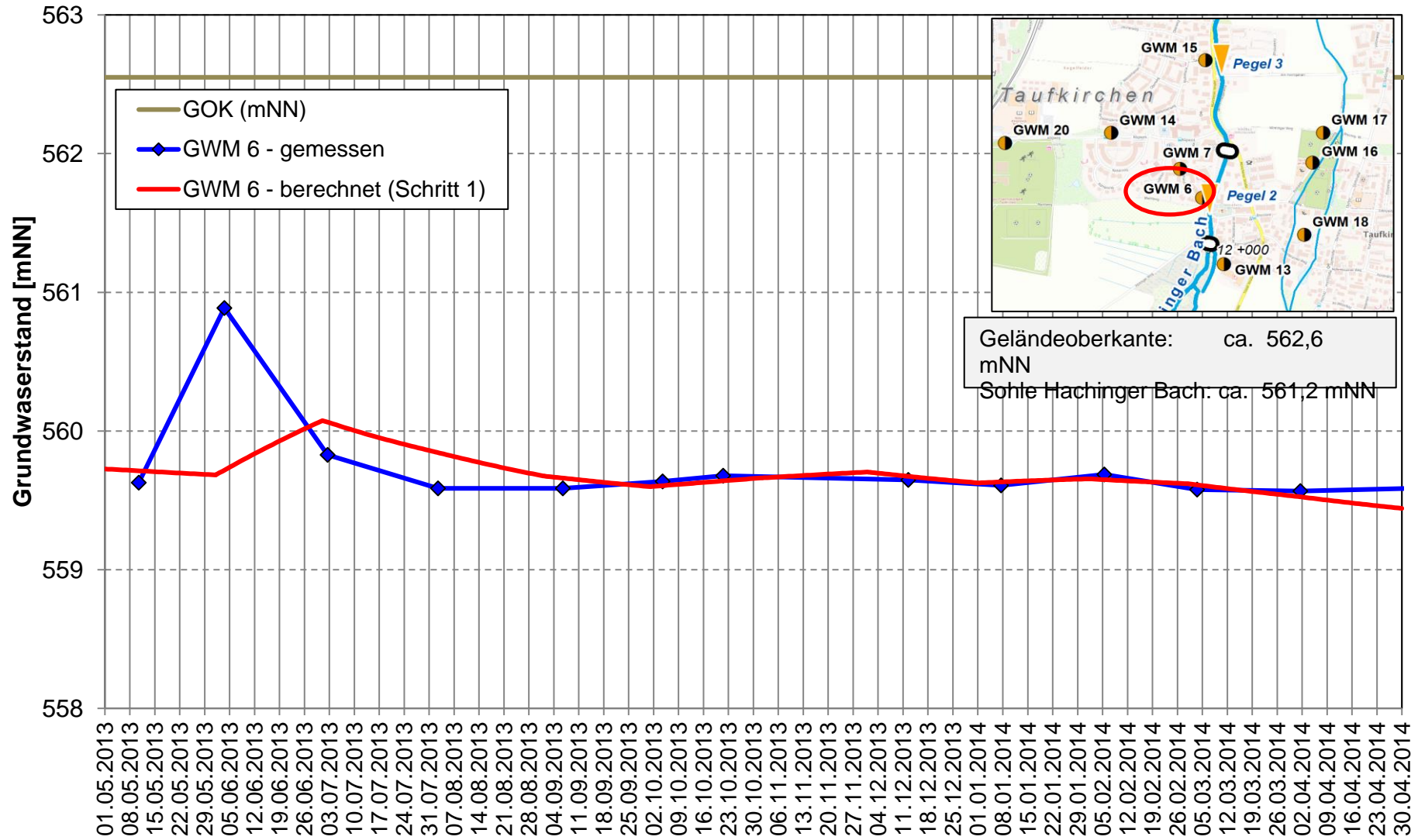
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



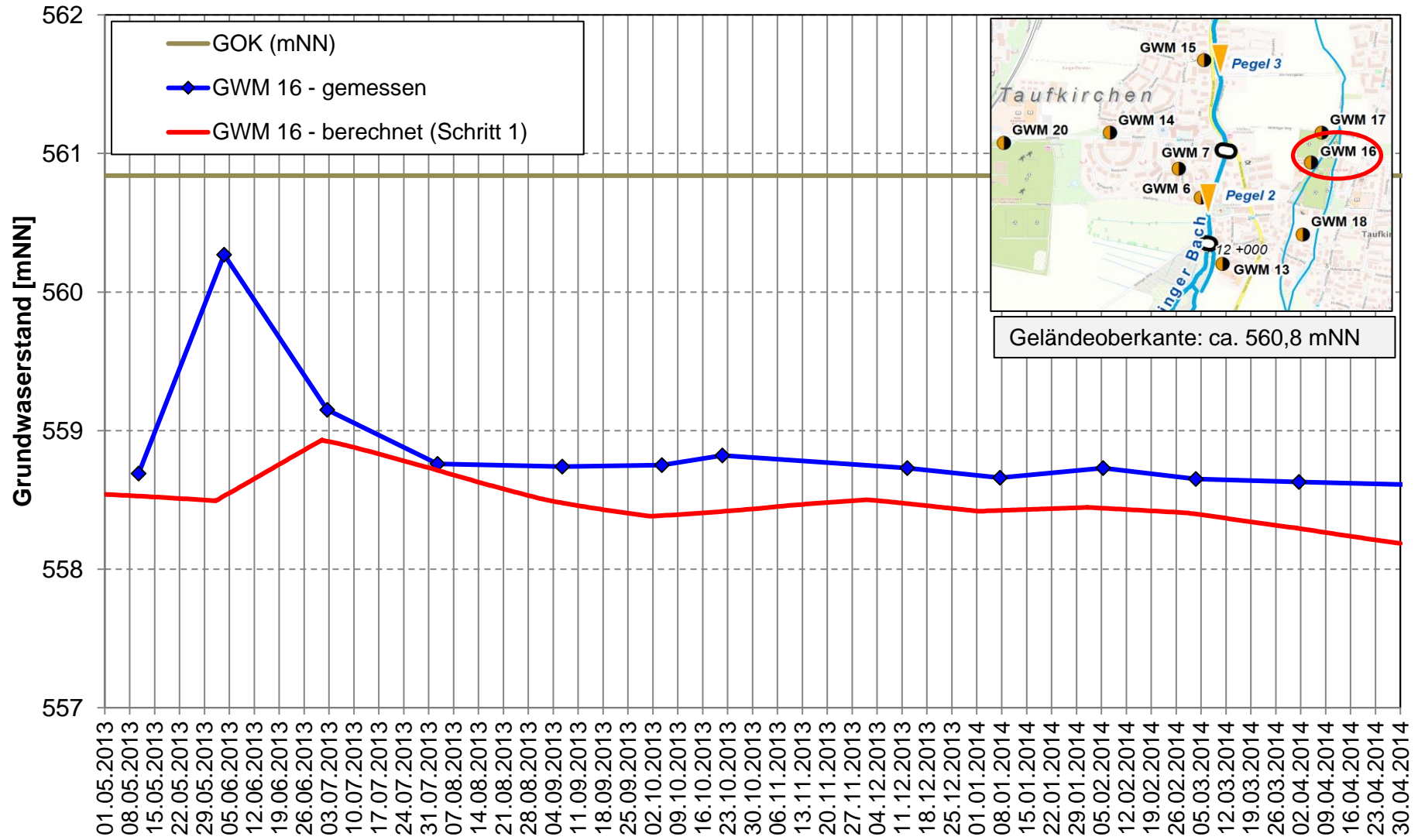
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



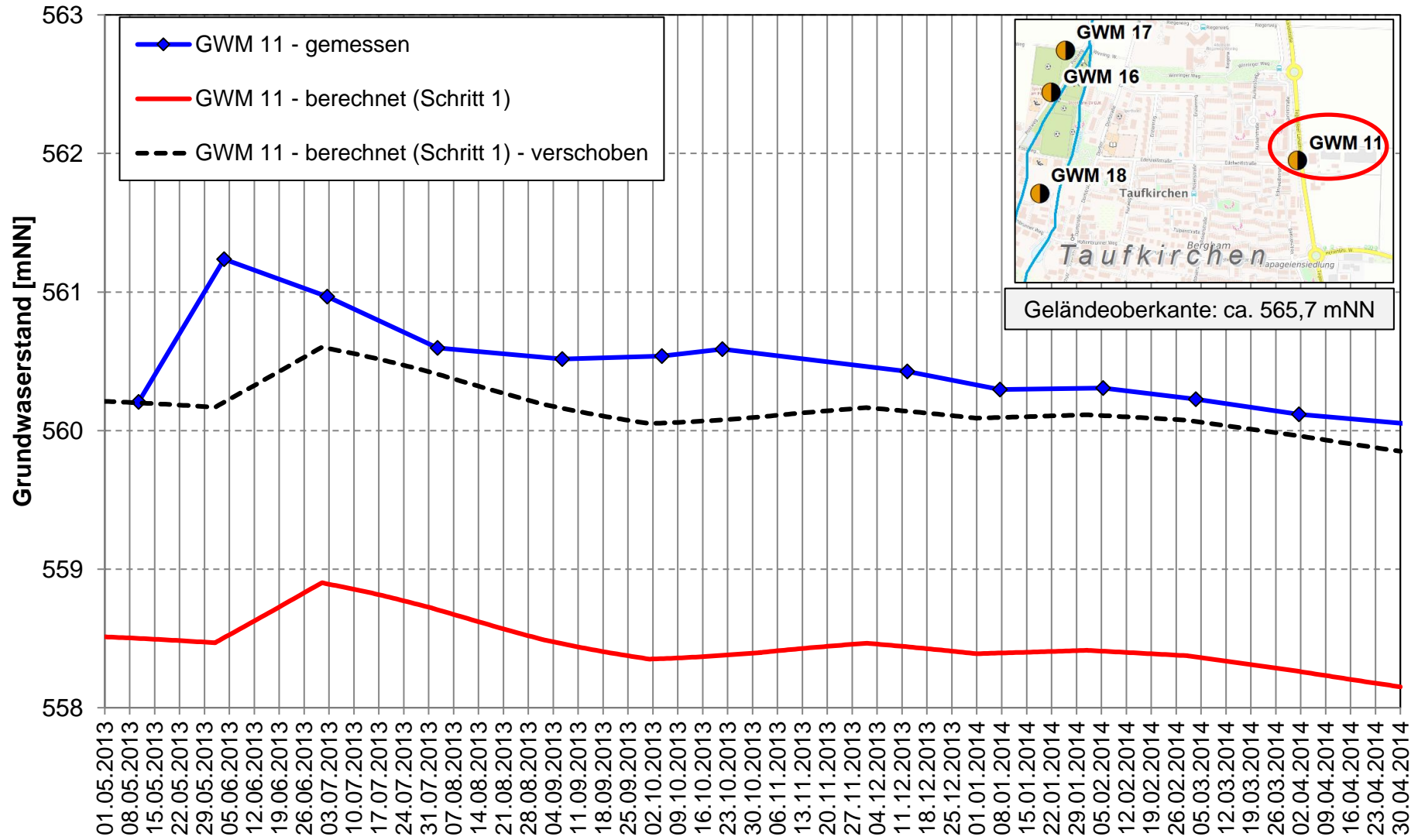
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



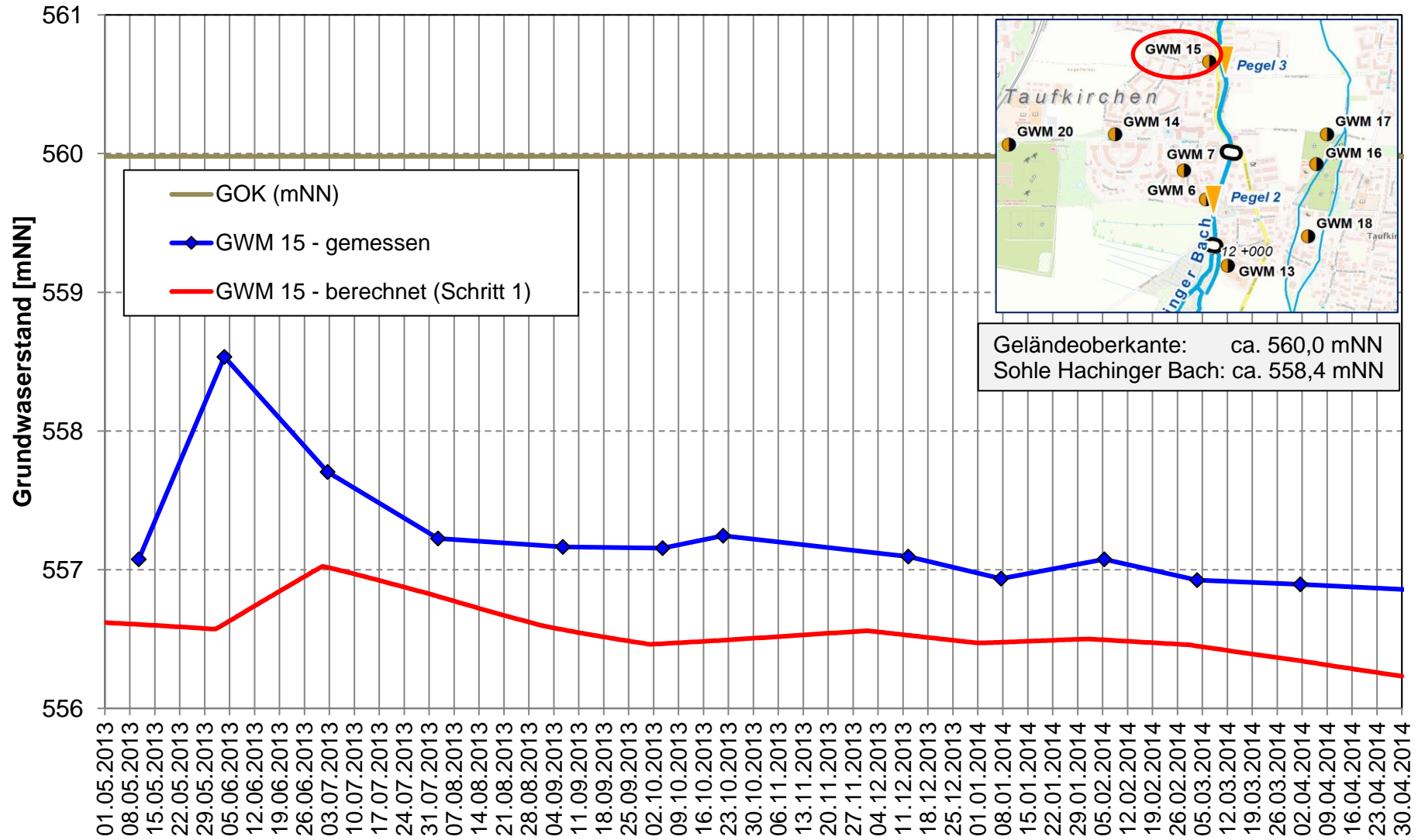
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



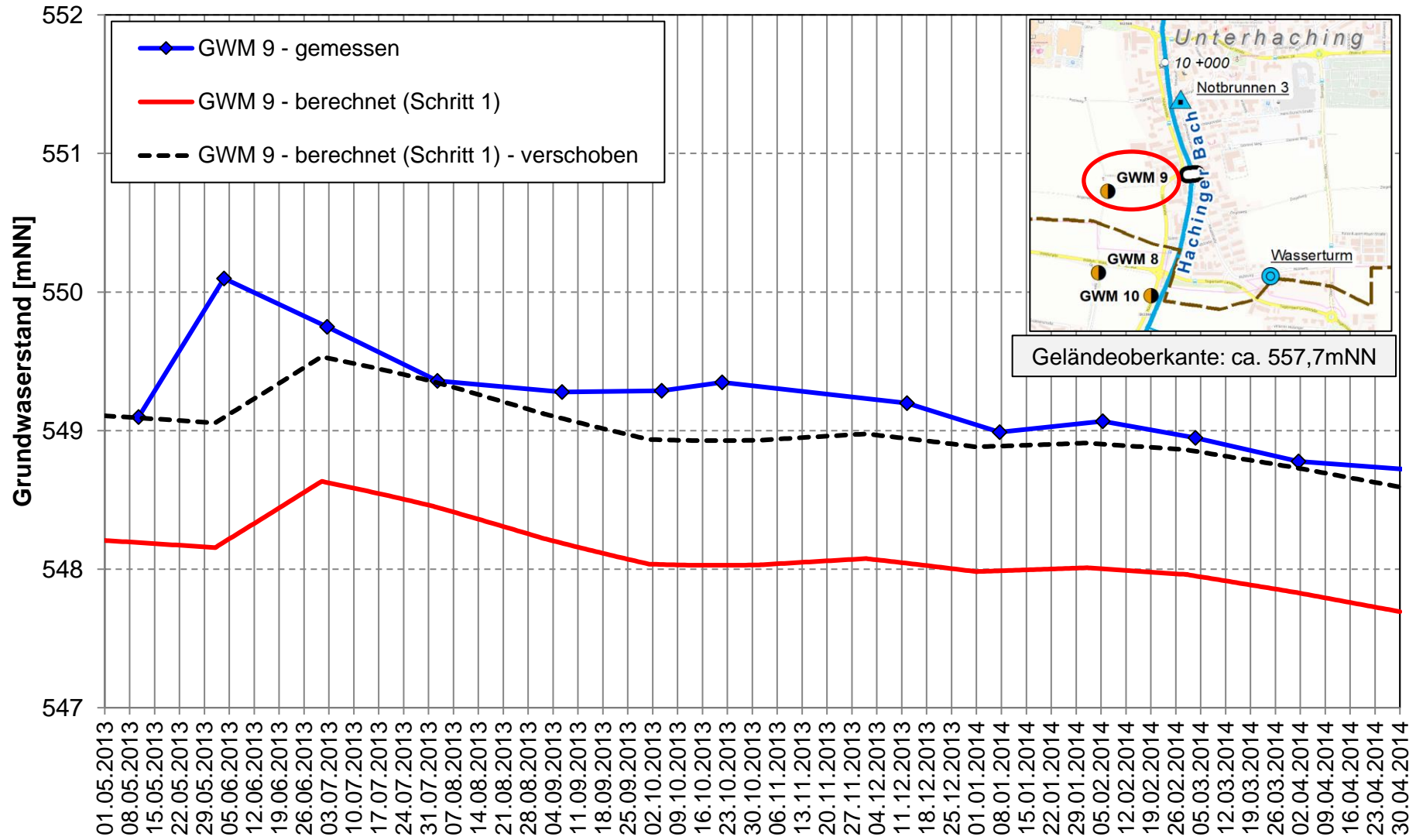
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

- Bereich Taufkirchen -



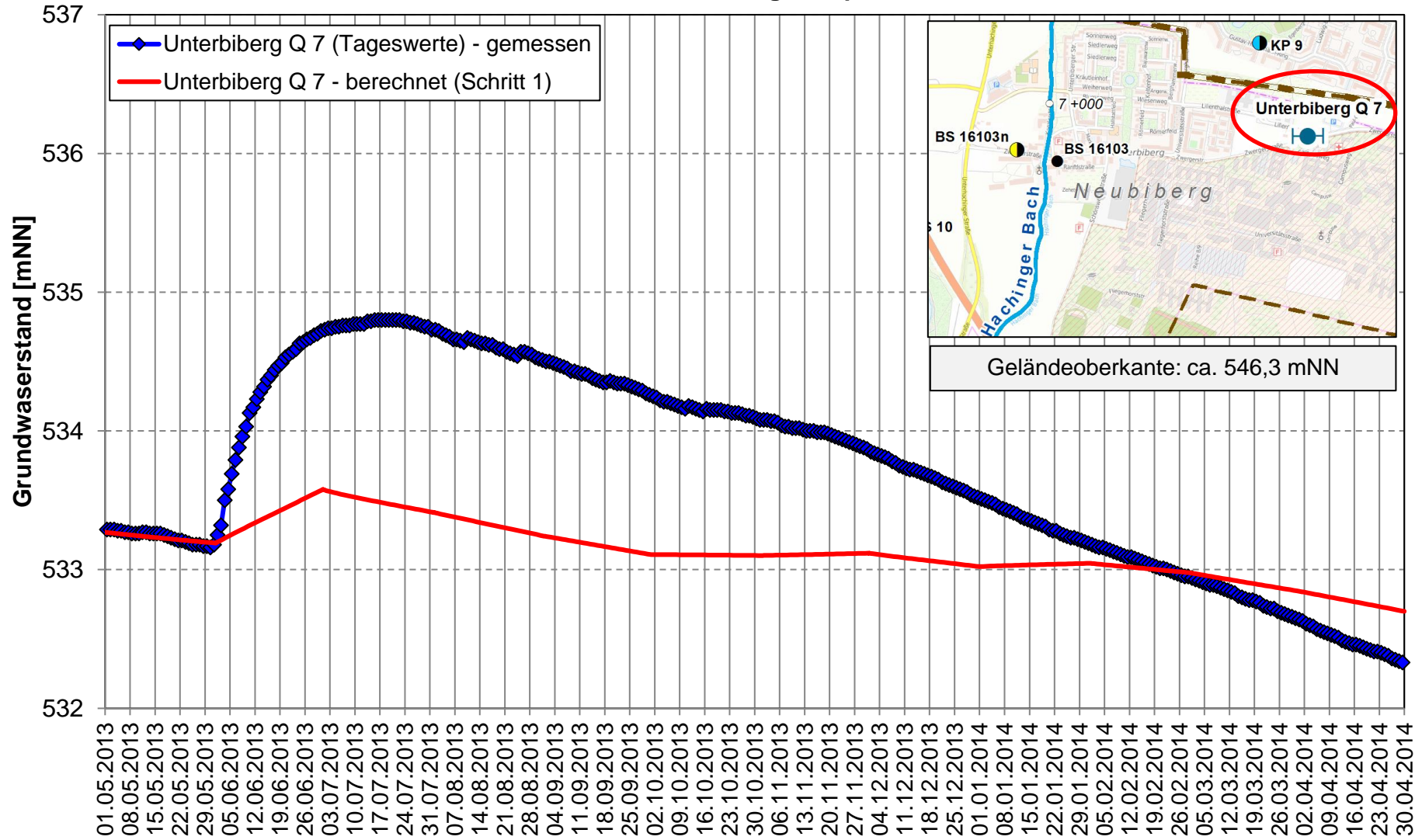
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

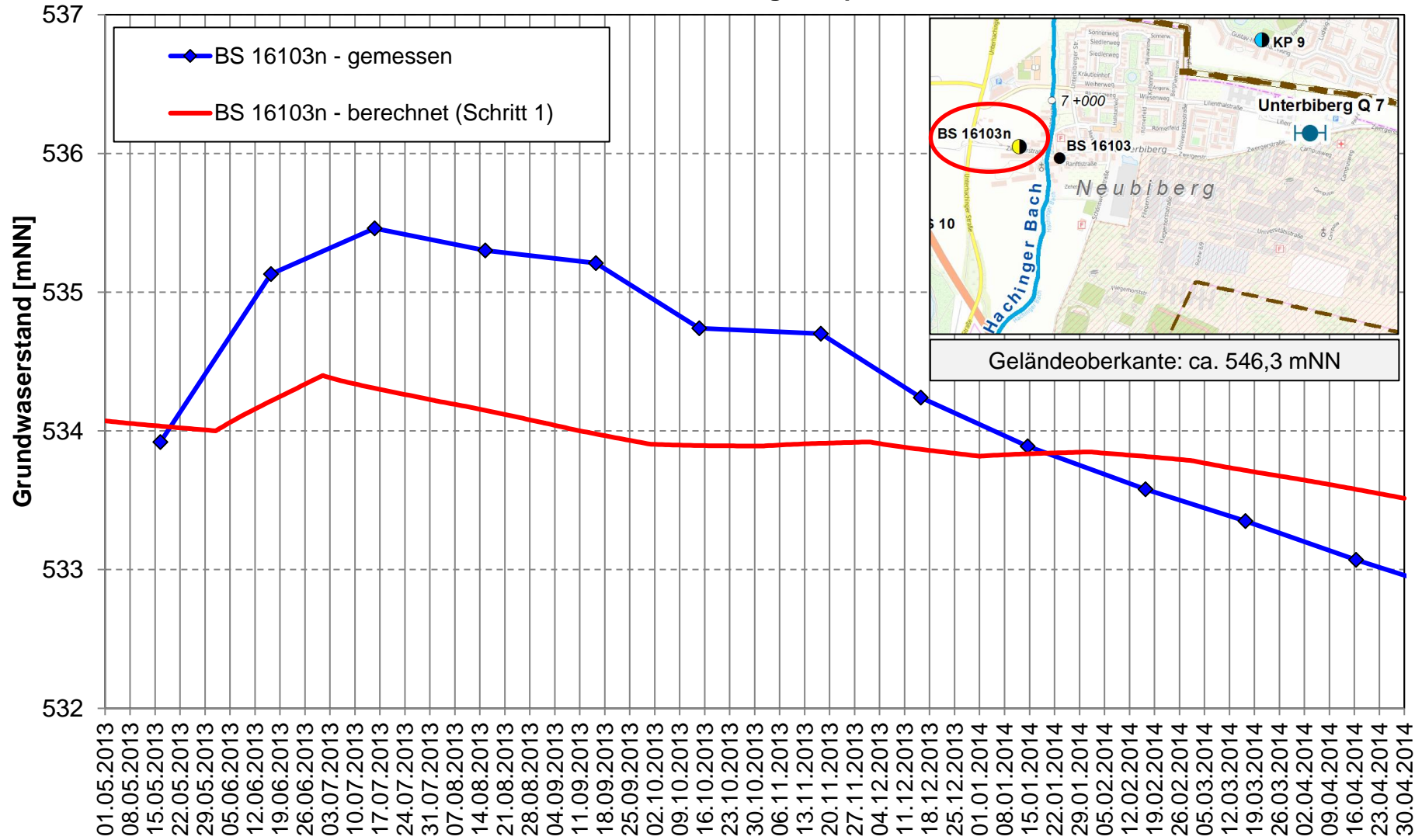
- Bereich Neubiberg/Campeon -



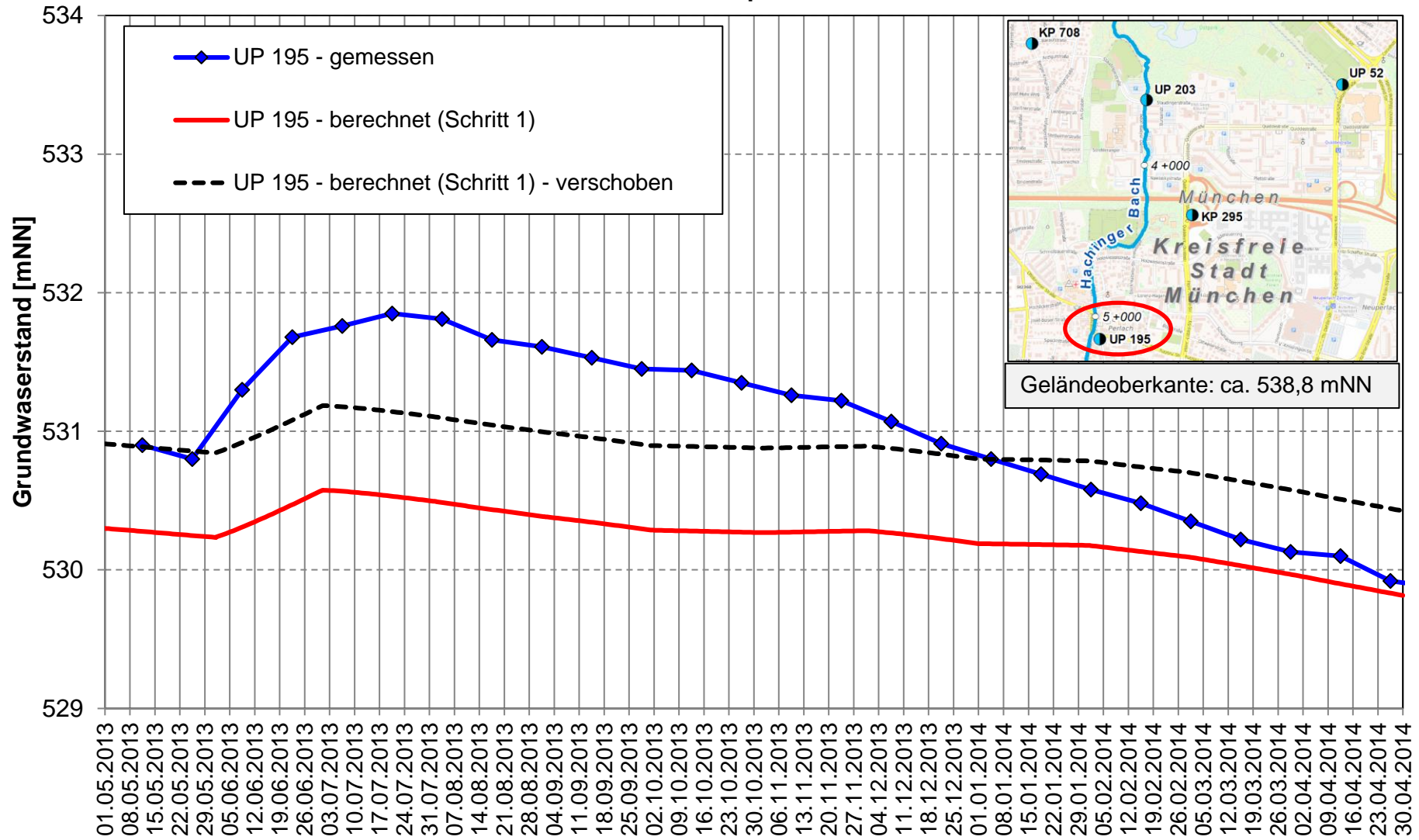
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

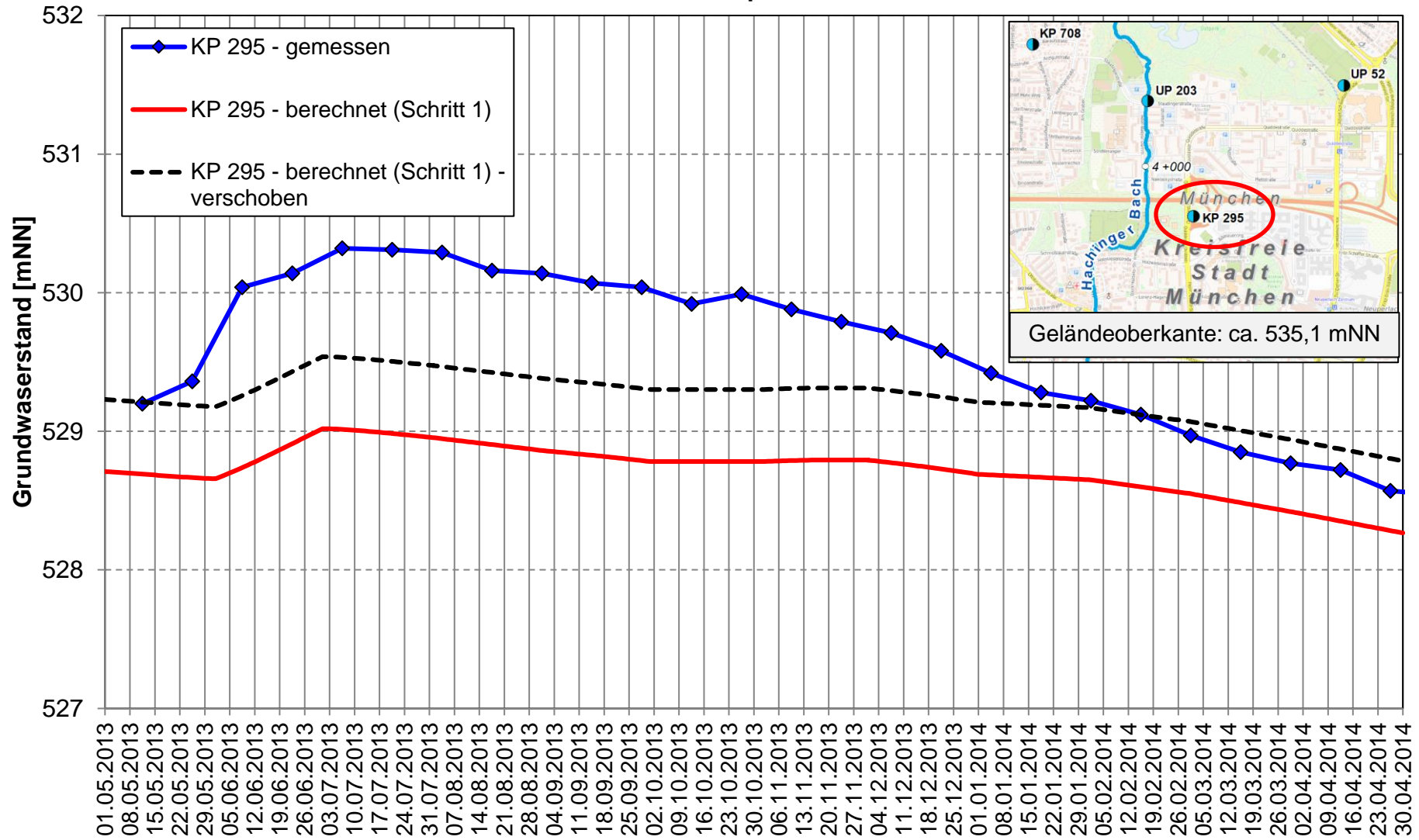
- Bereich Neubiberg/Campeon -



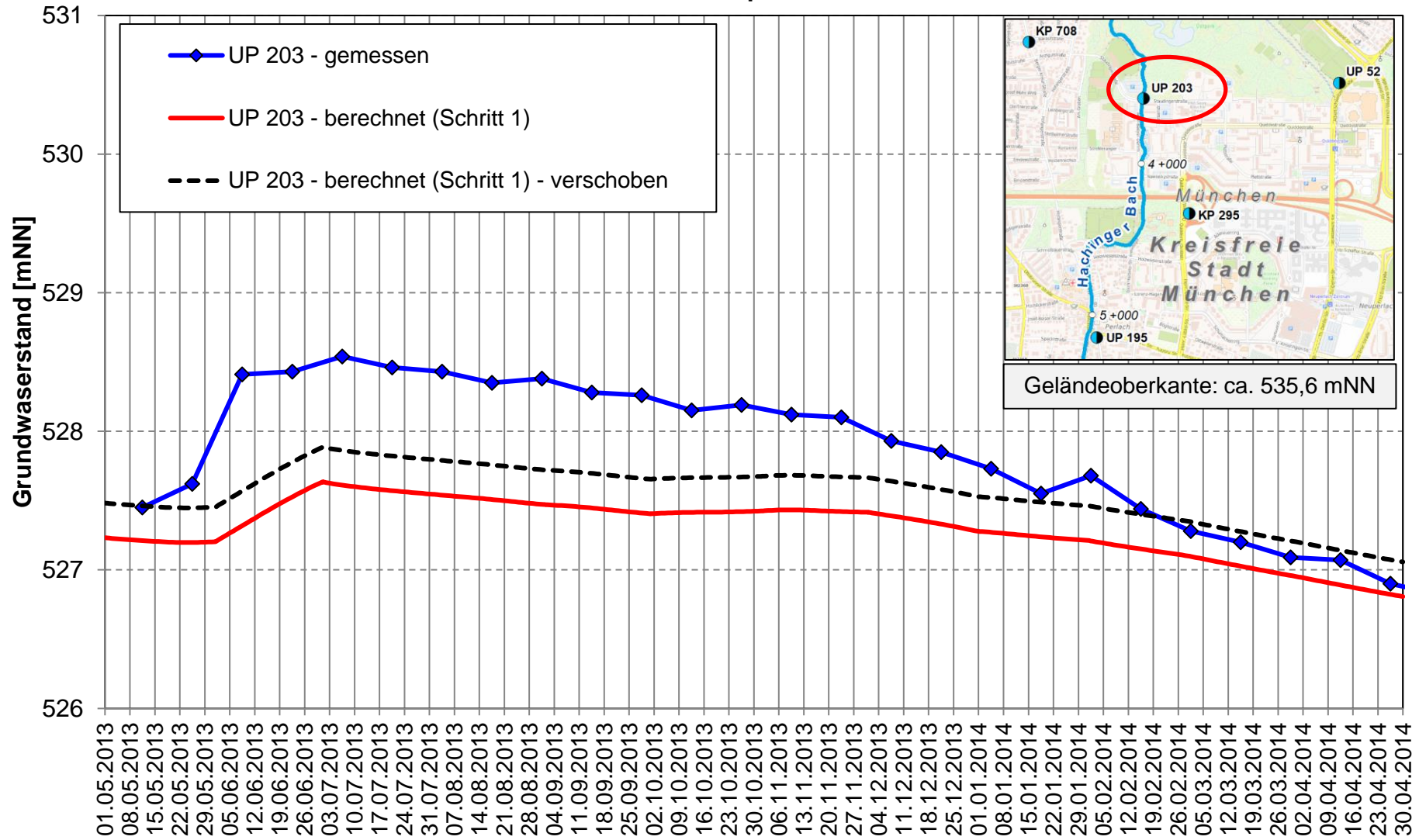
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



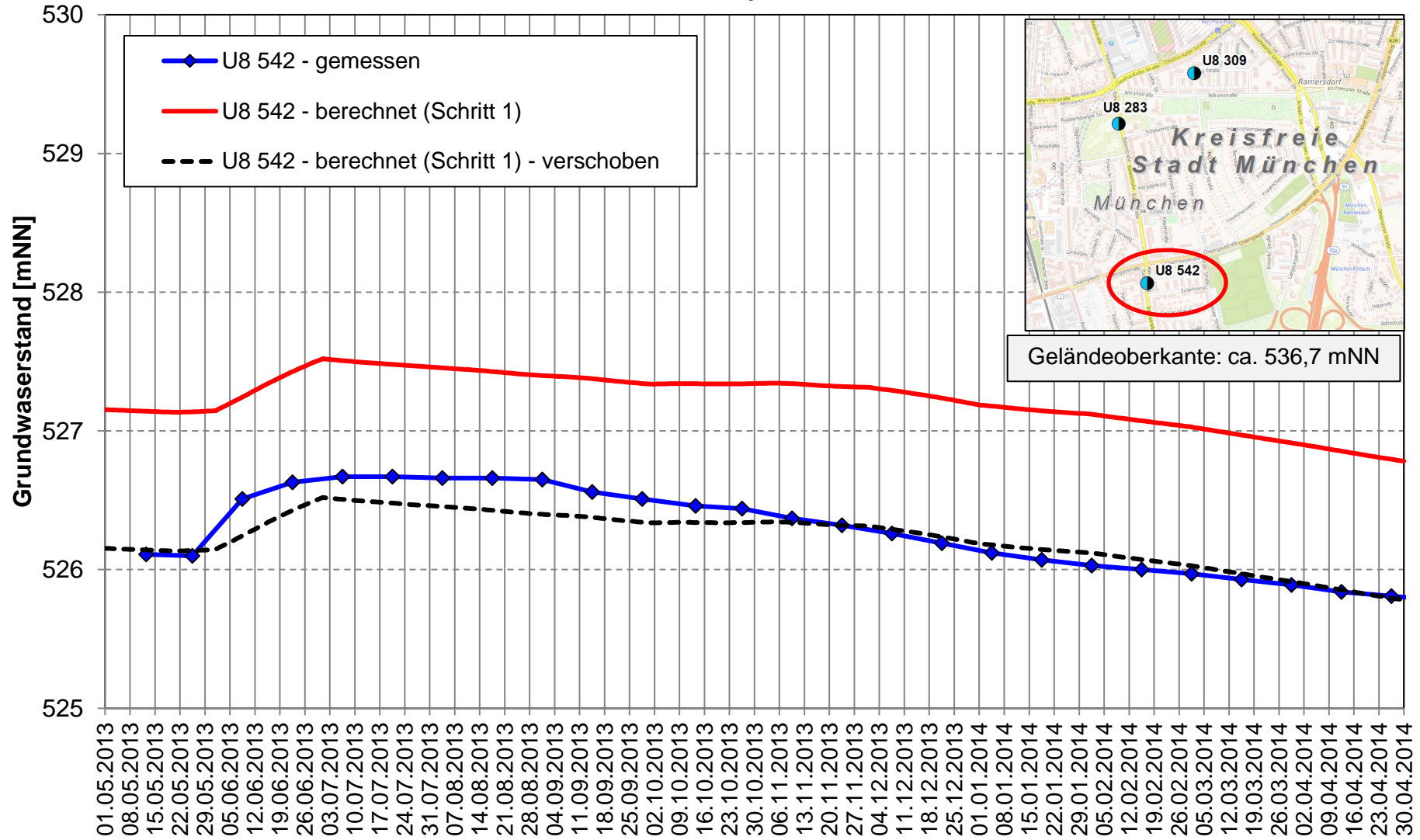
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



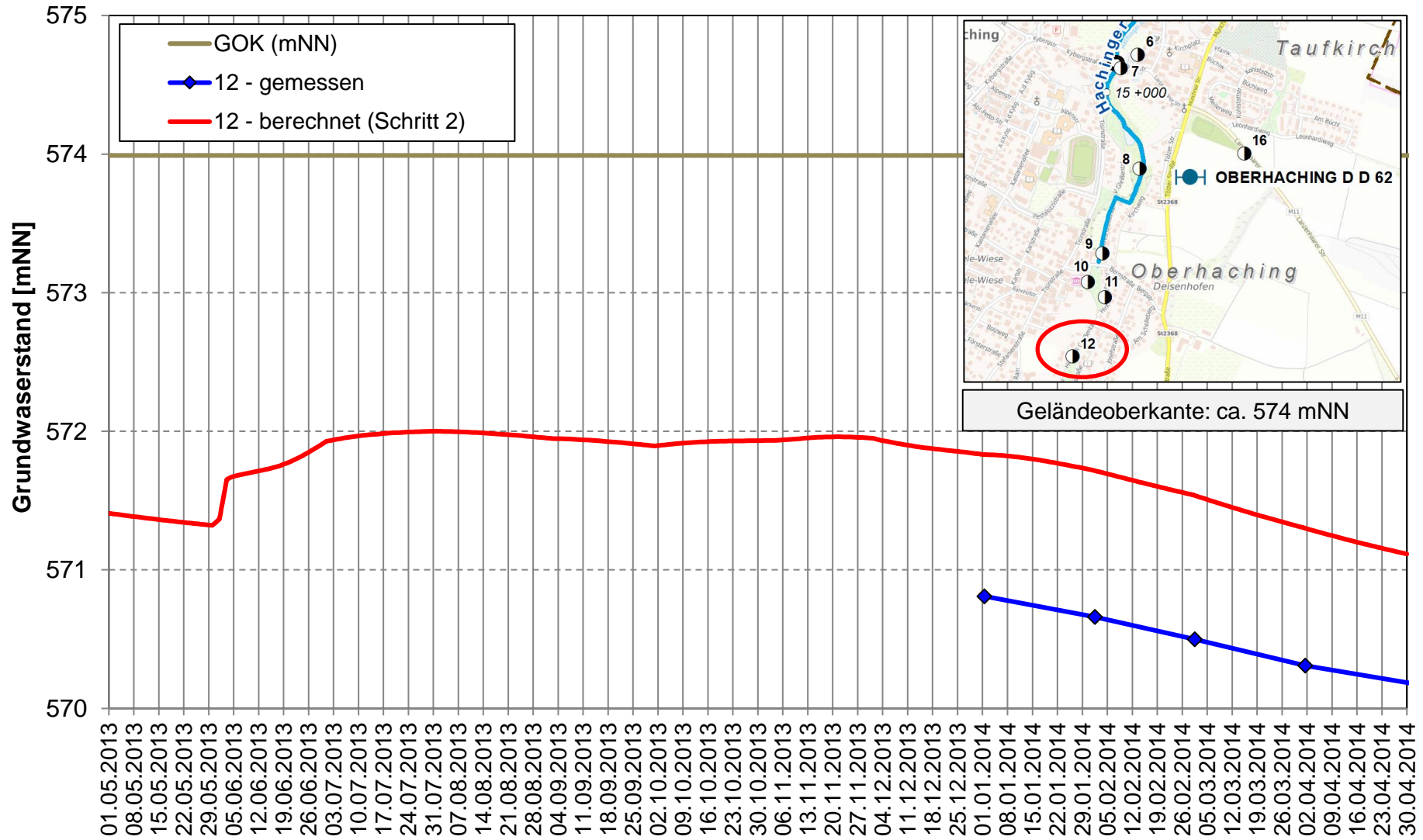
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



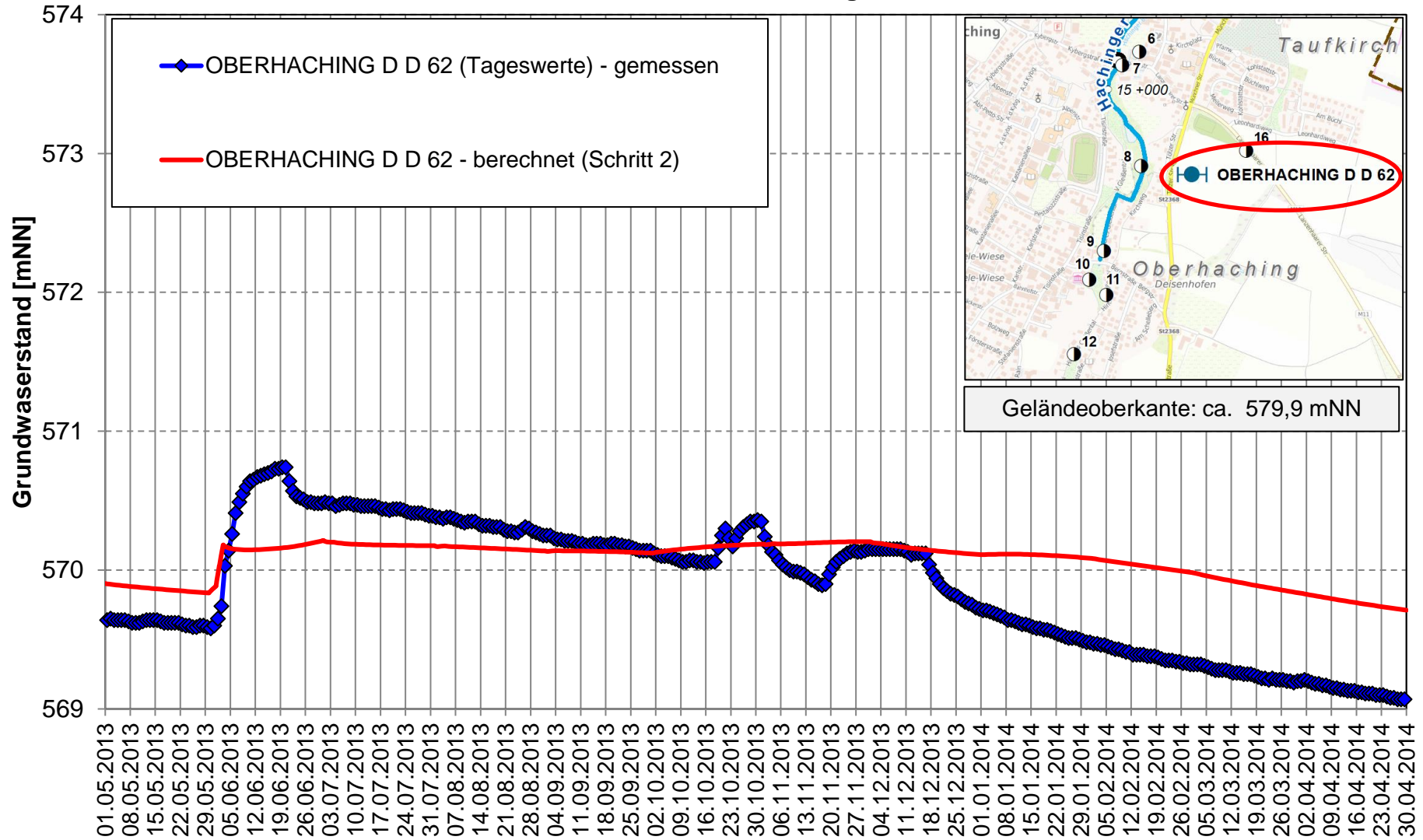
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

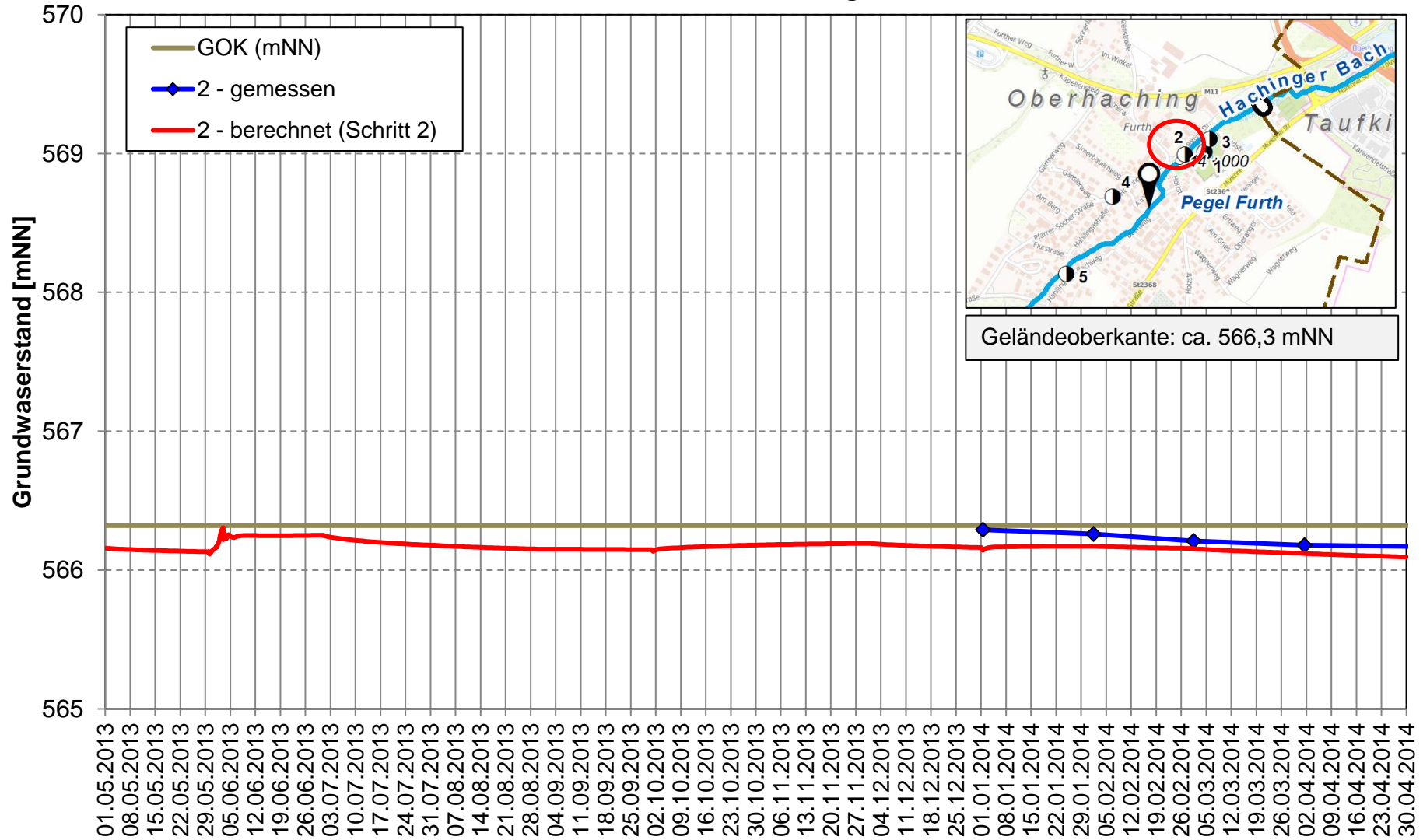
- Bereich Oberhaching -



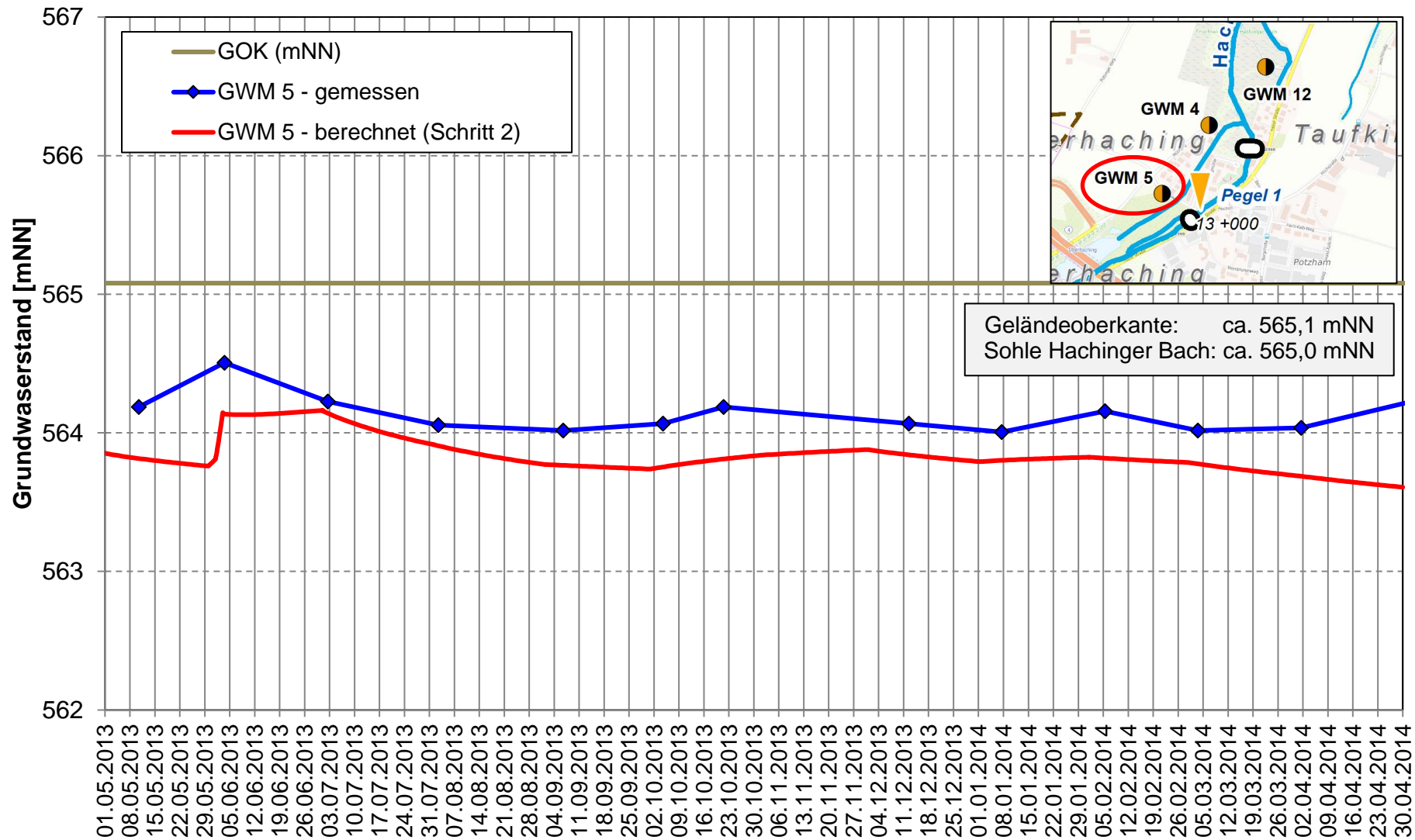
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

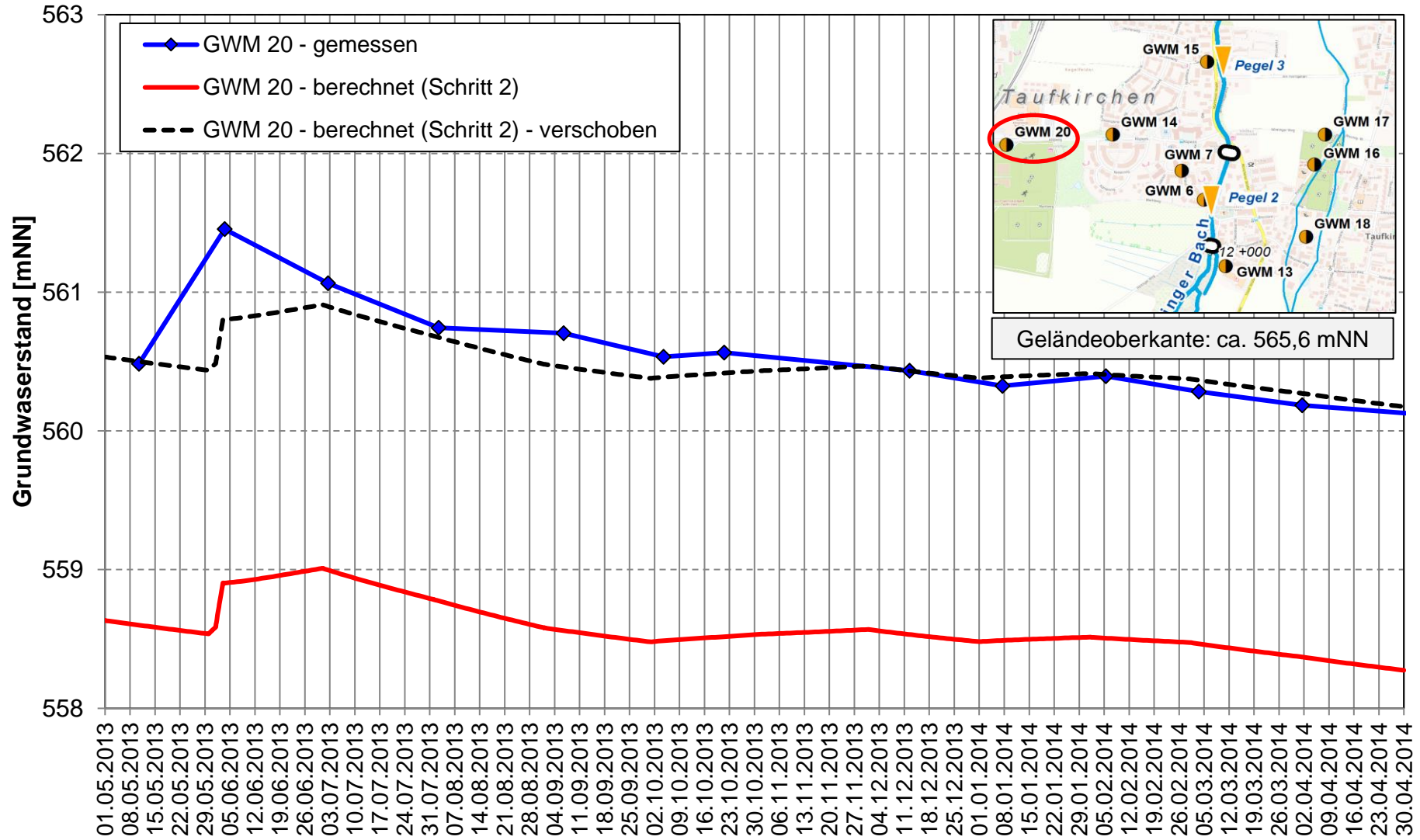
- Bereich Oberhaching -



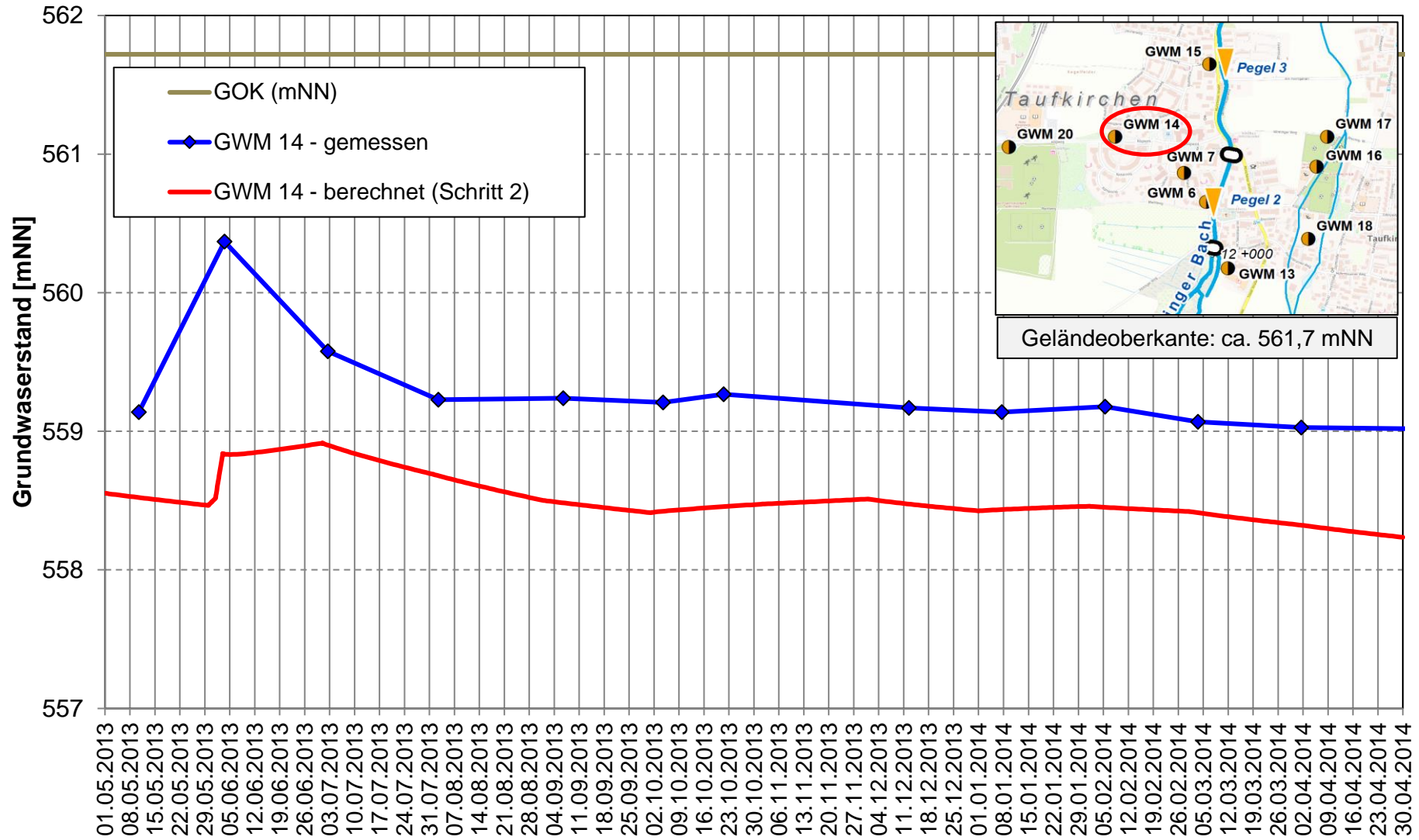
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



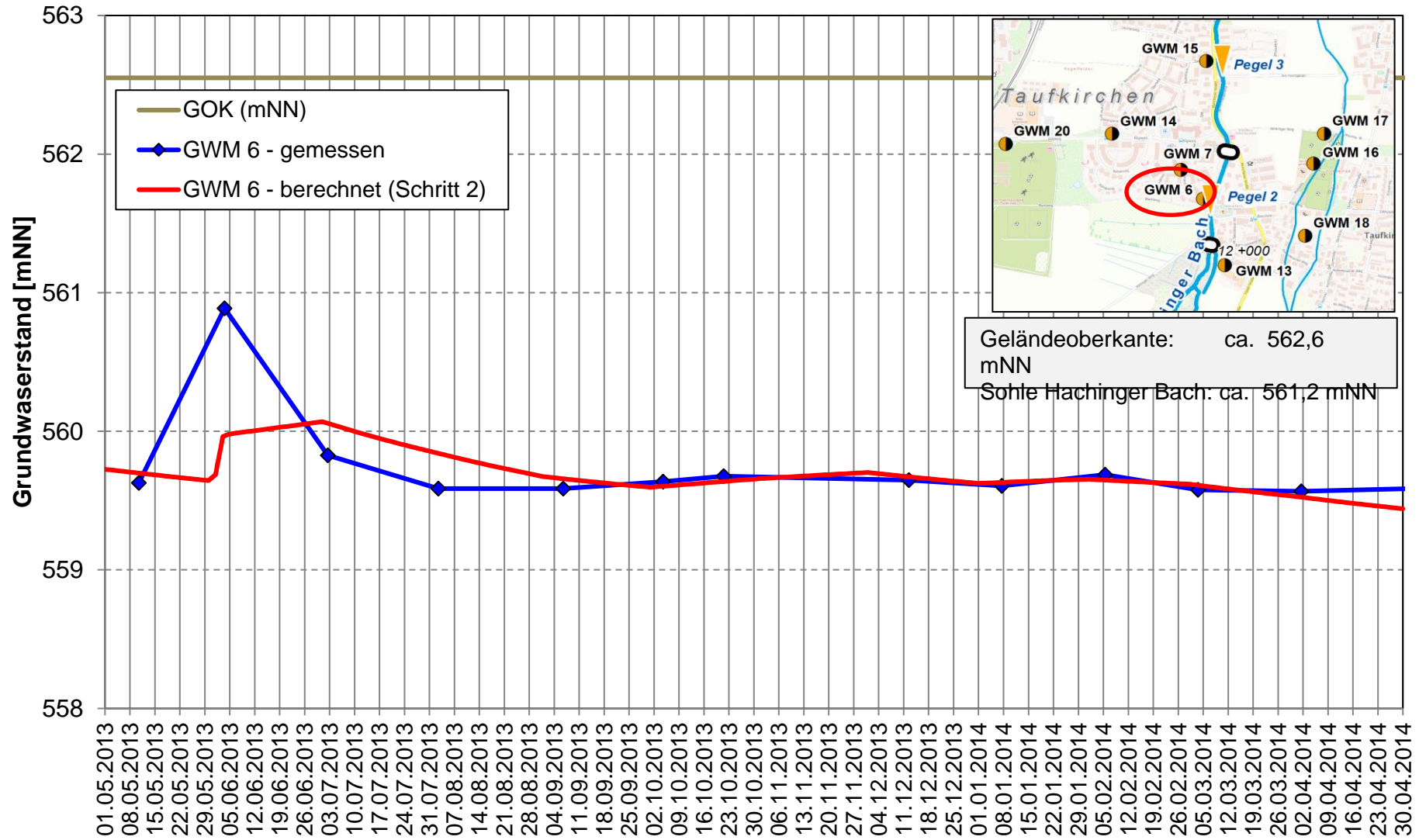
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



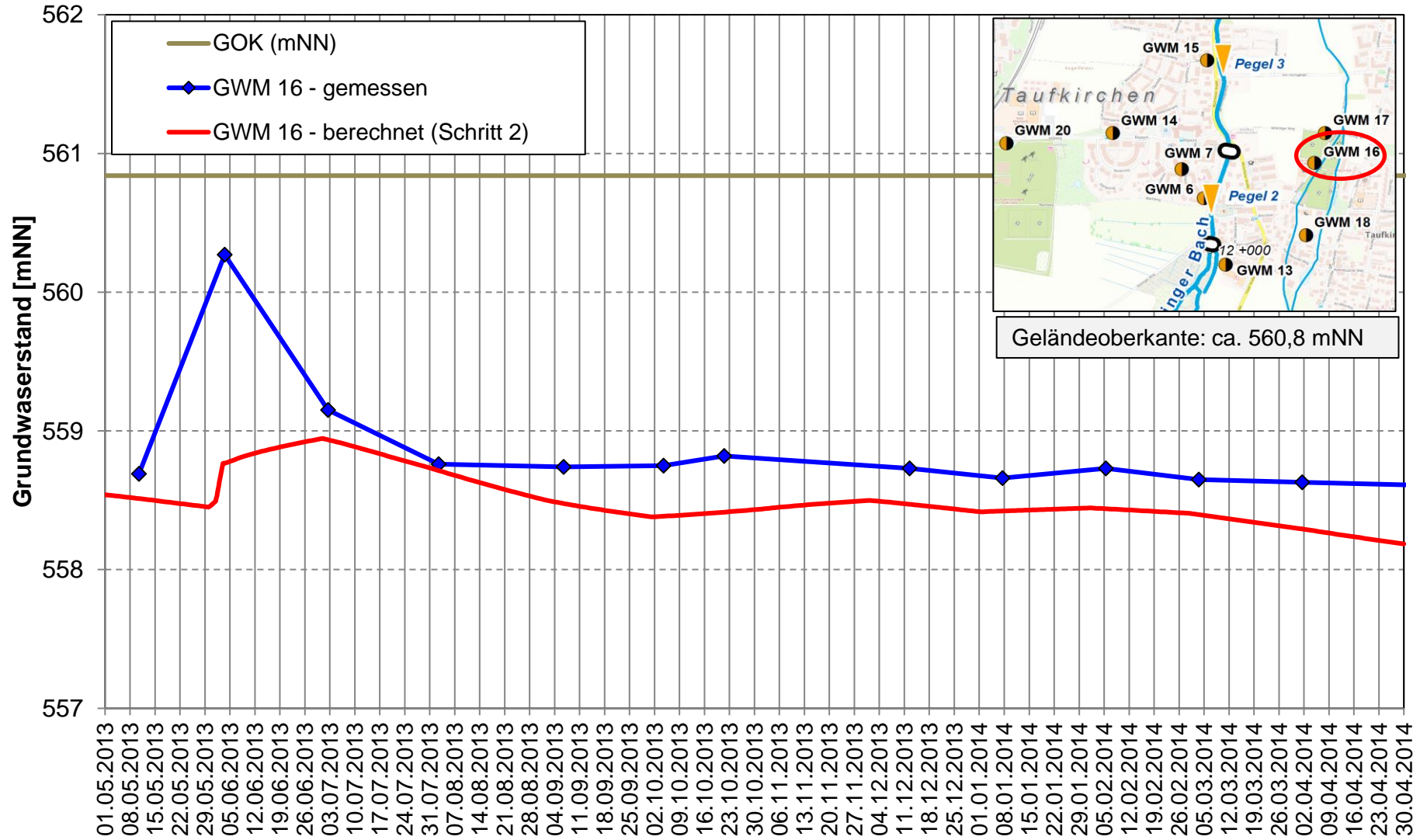
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



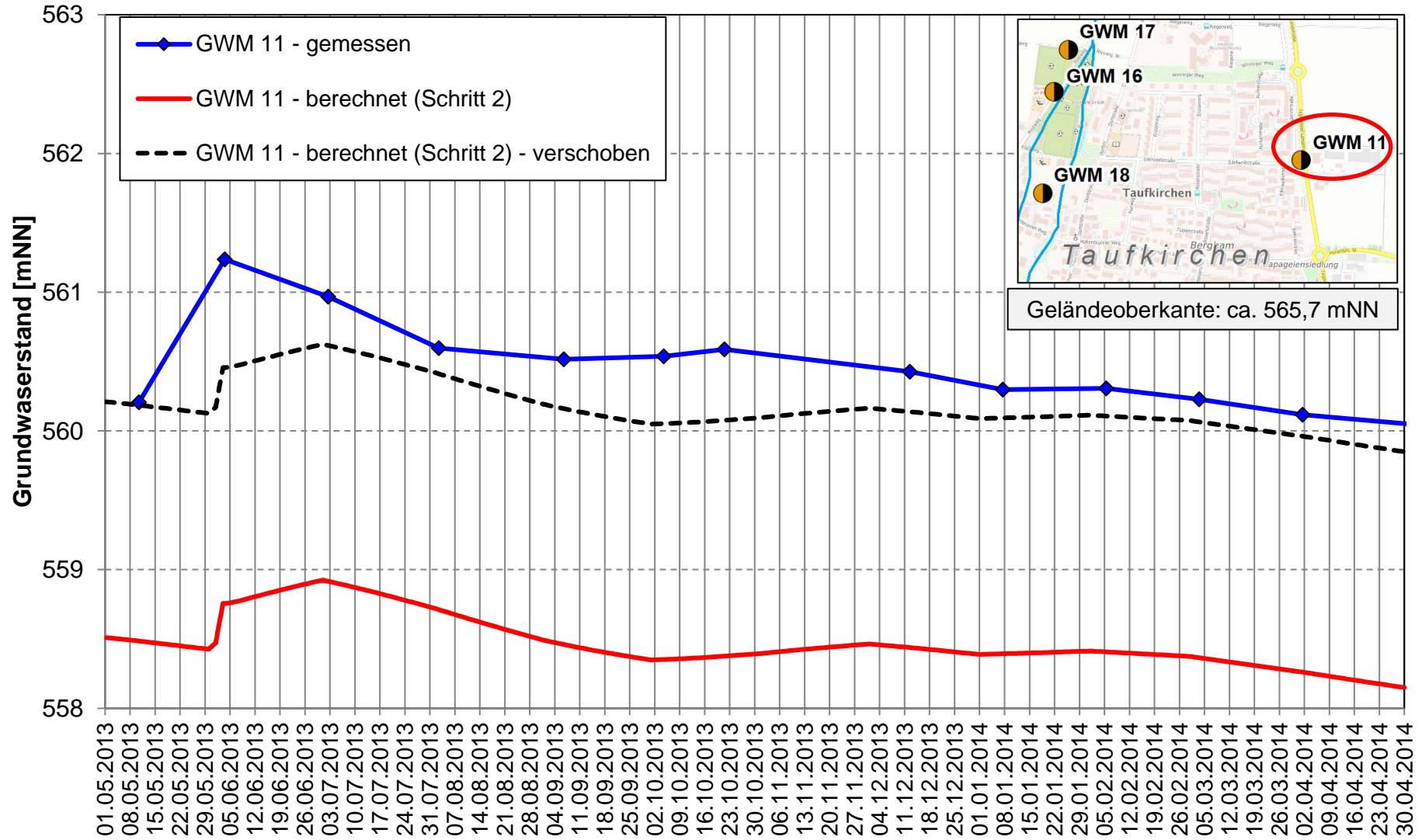
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

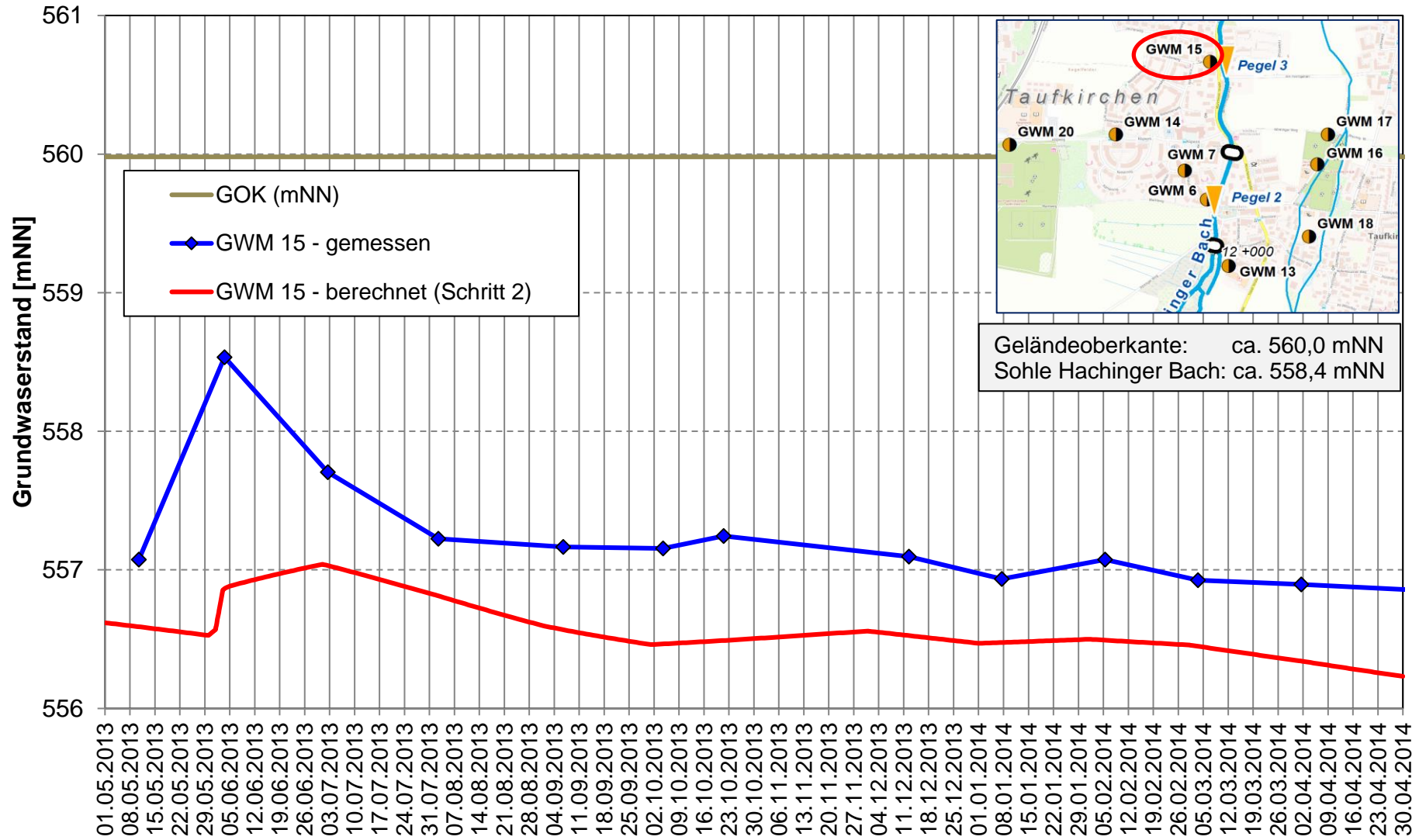
- Bereich Taufkirchen -



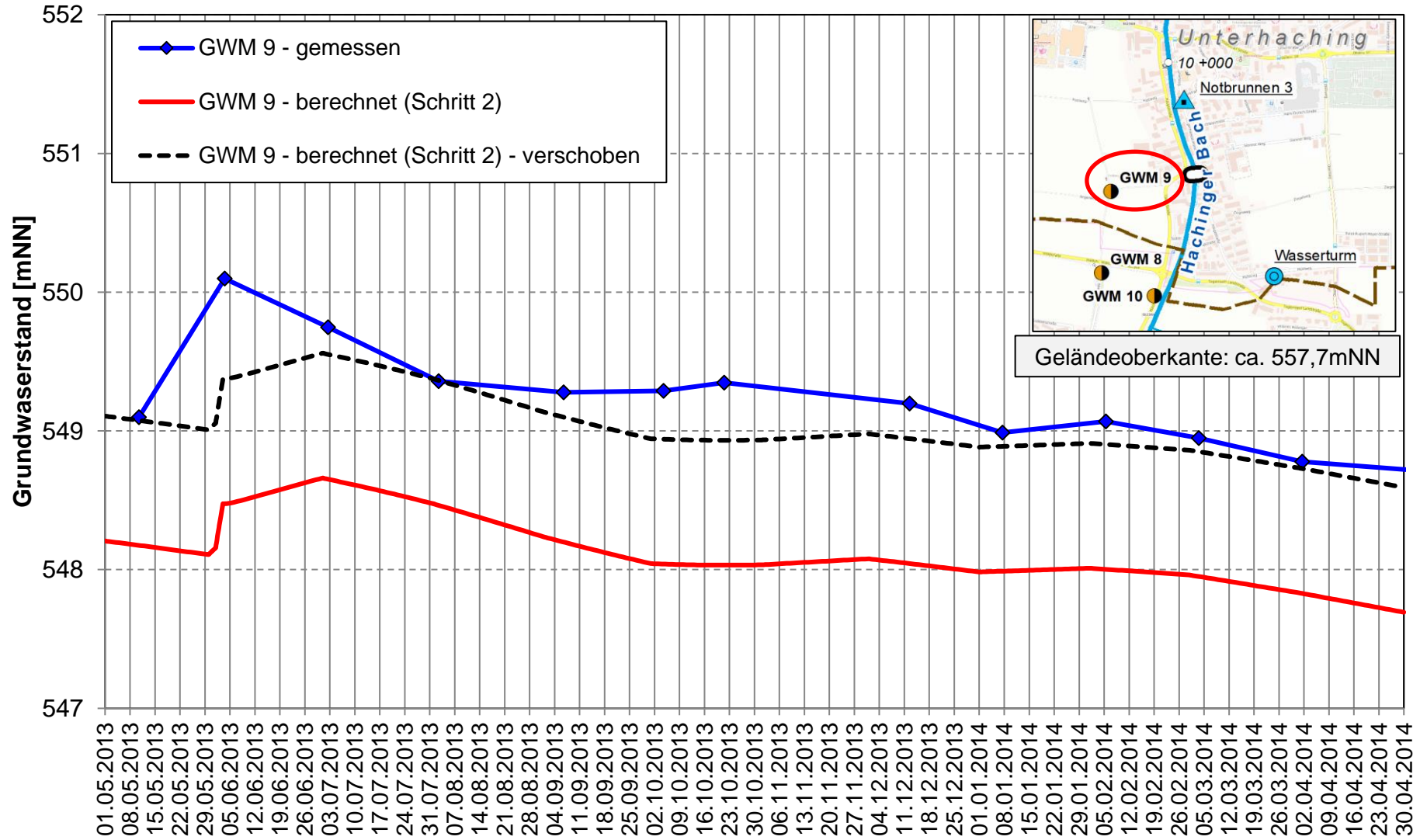
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

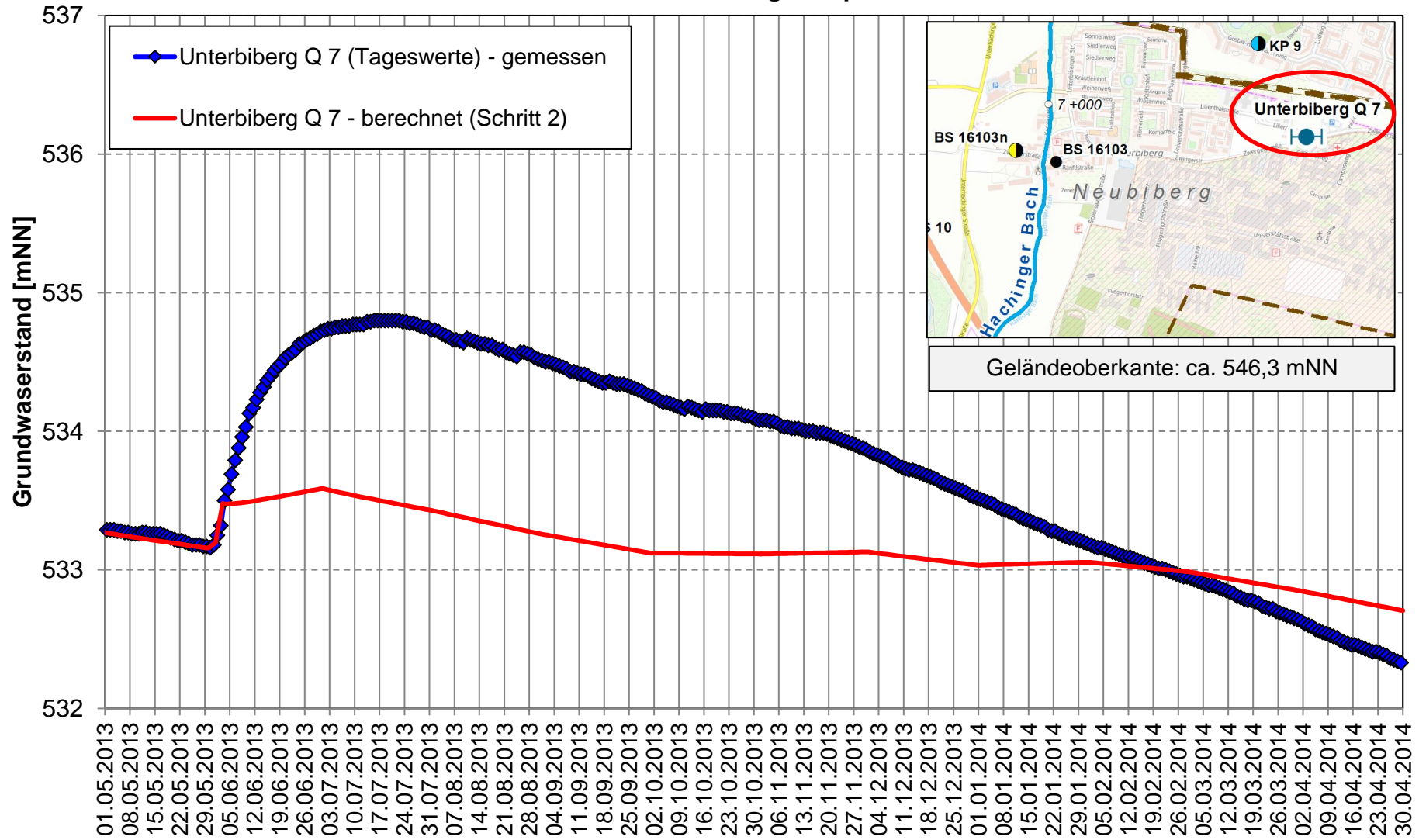
- Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



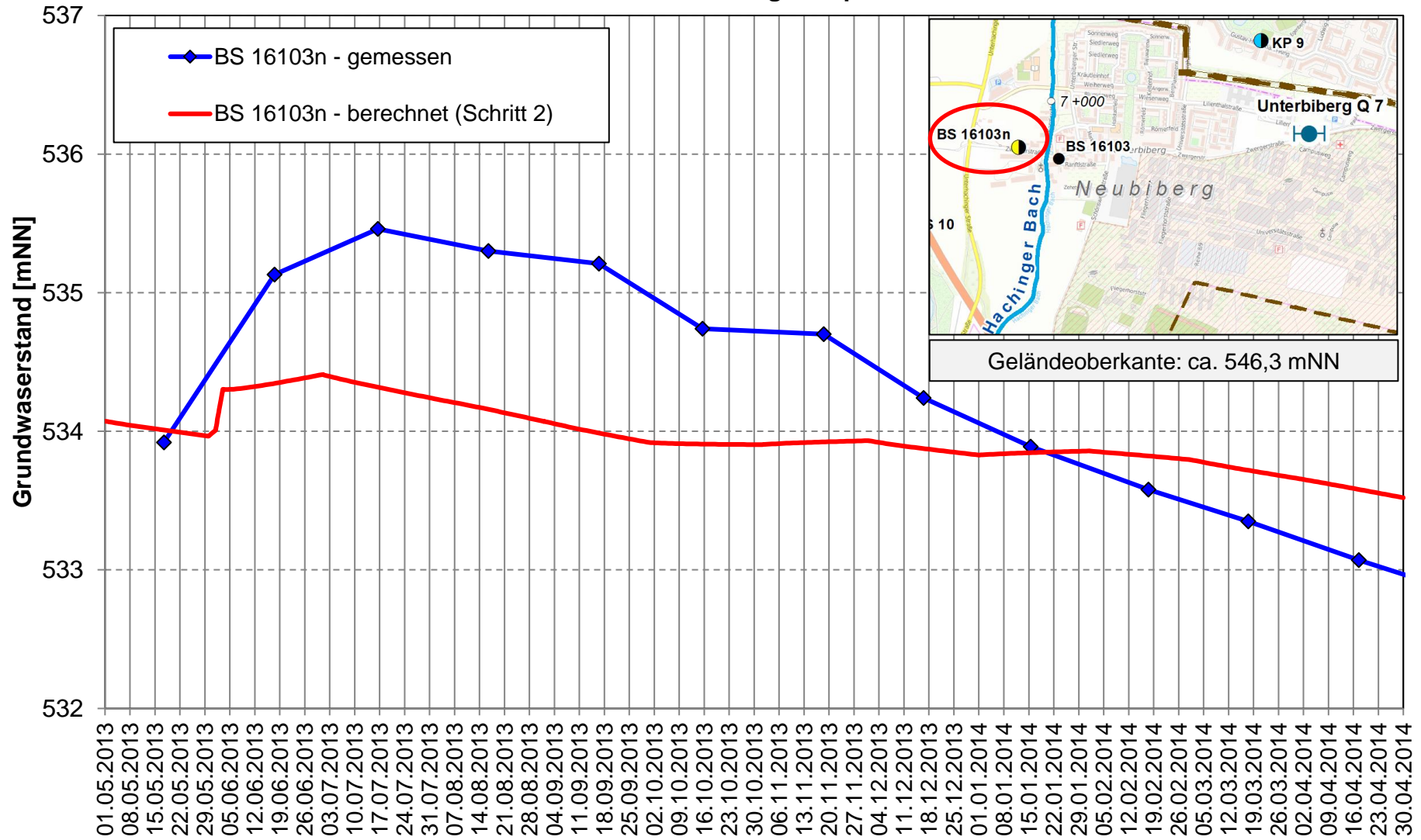
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Neubiberg/Campeon -



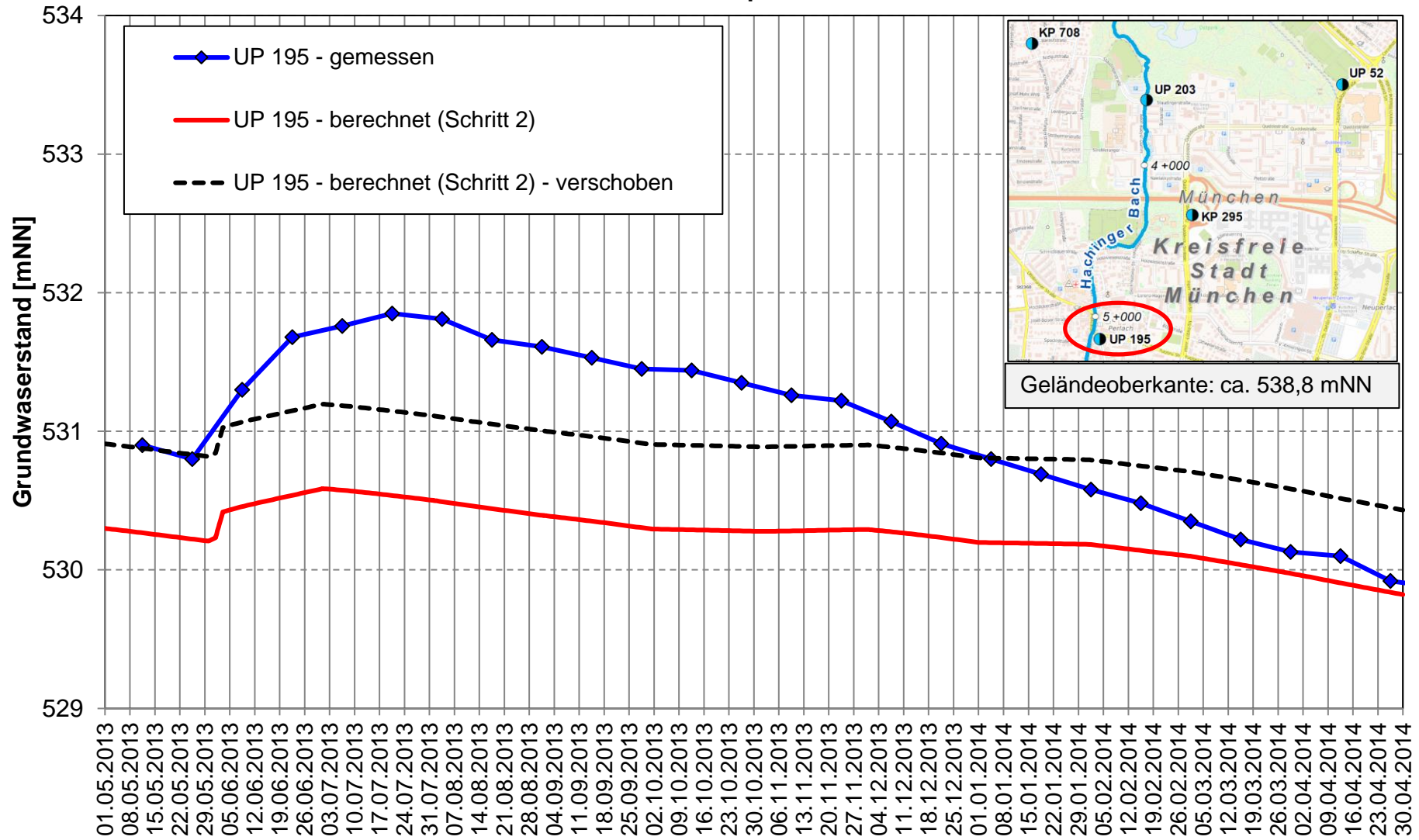
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

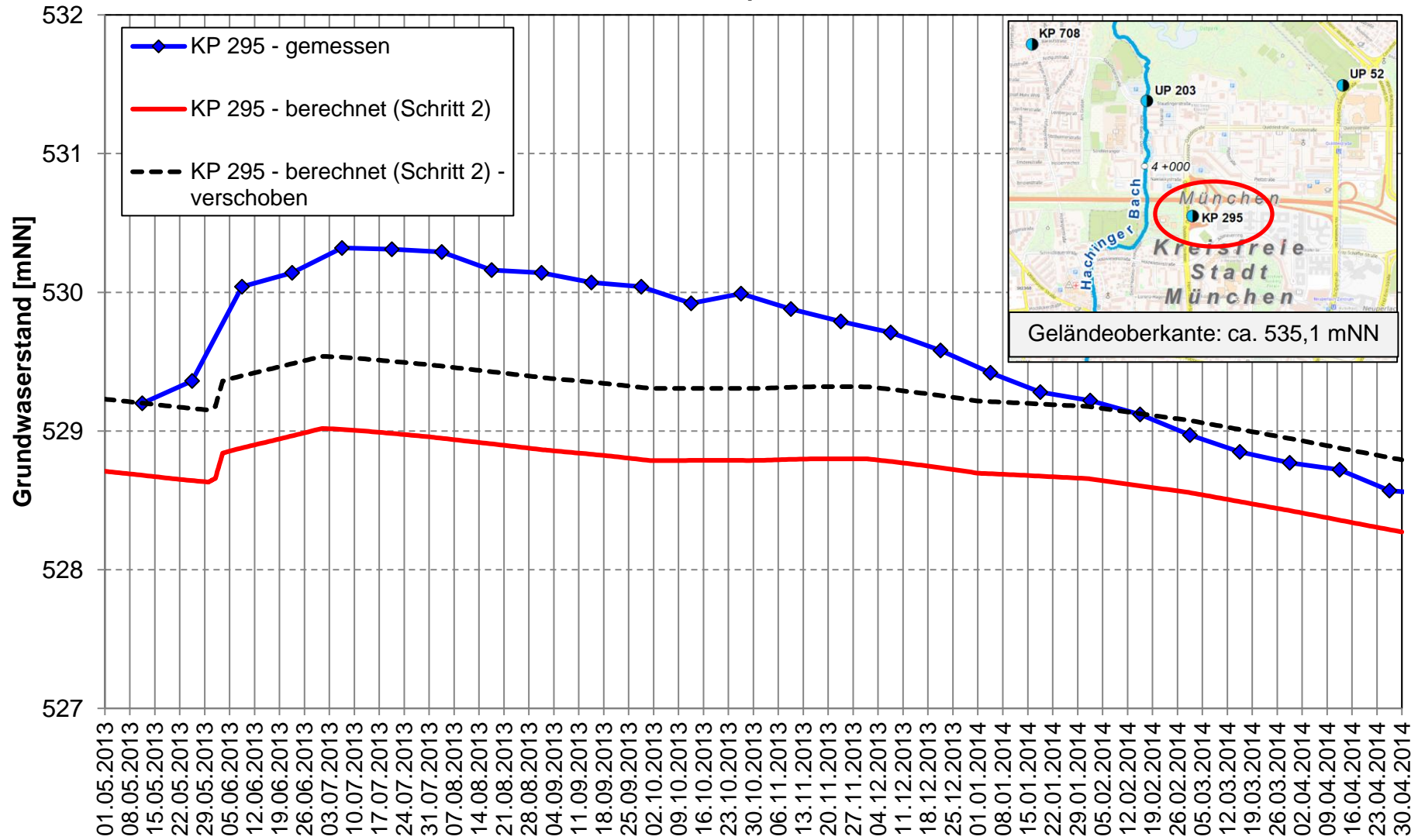
- Bereich Neubiberg/Campeon -



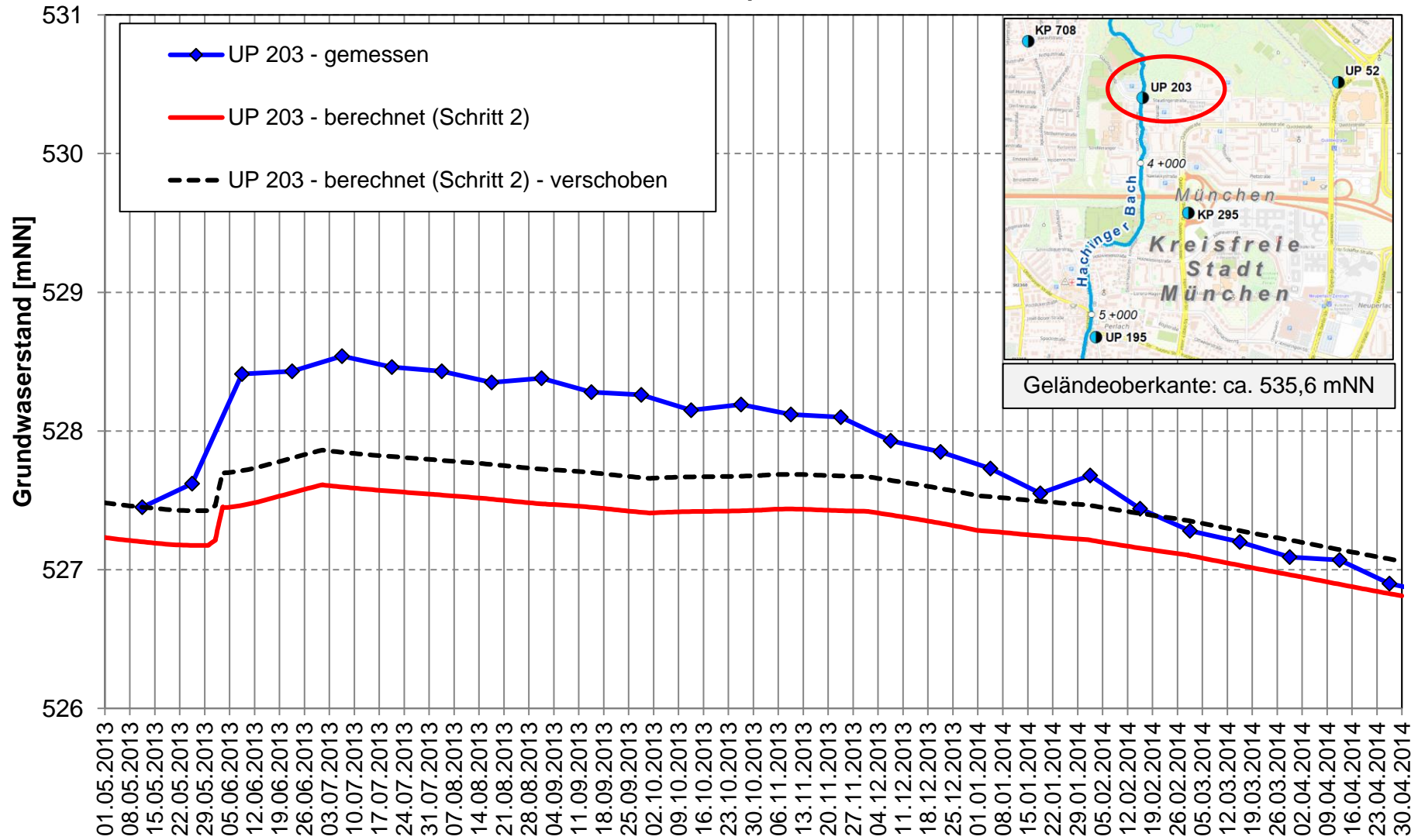
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



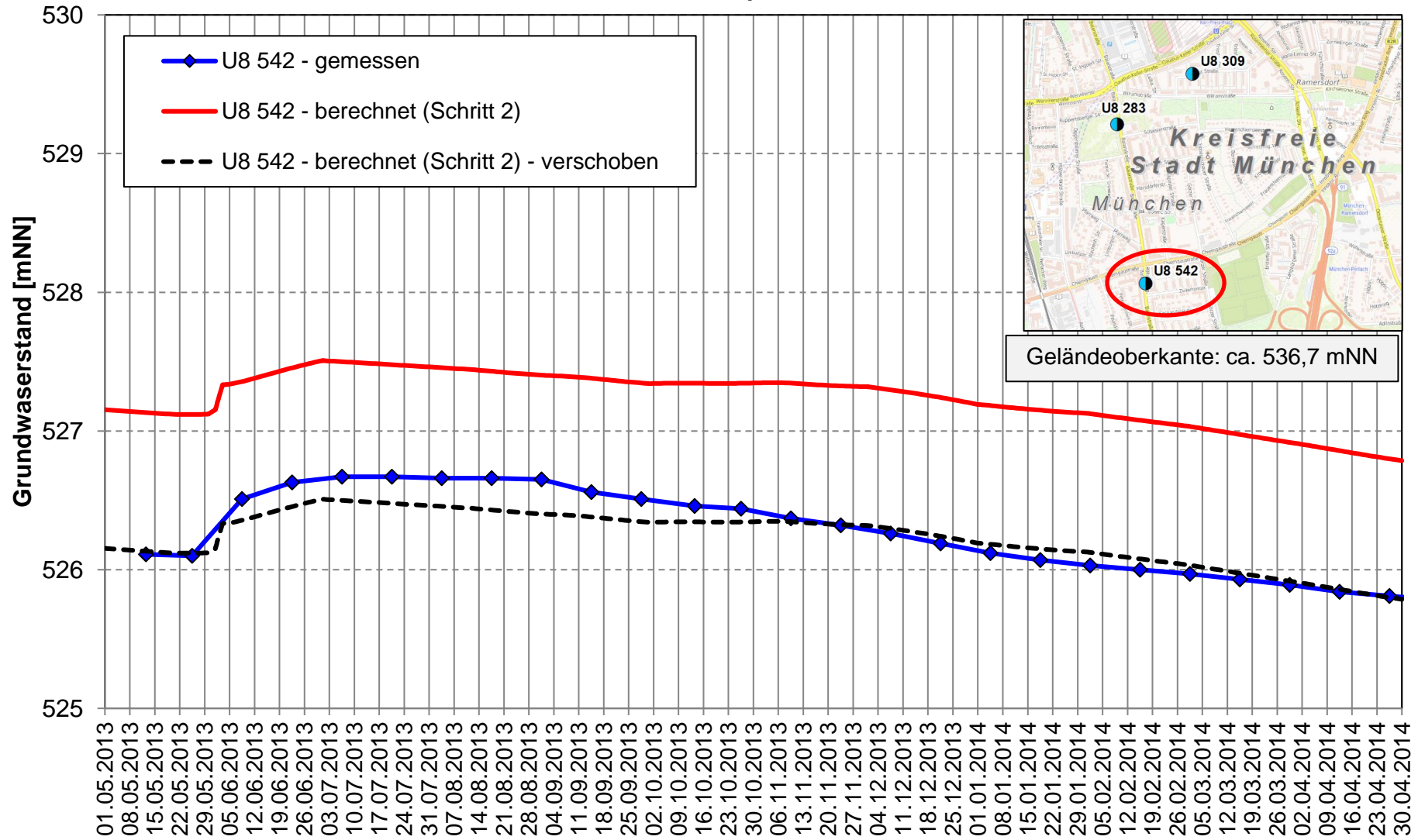
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



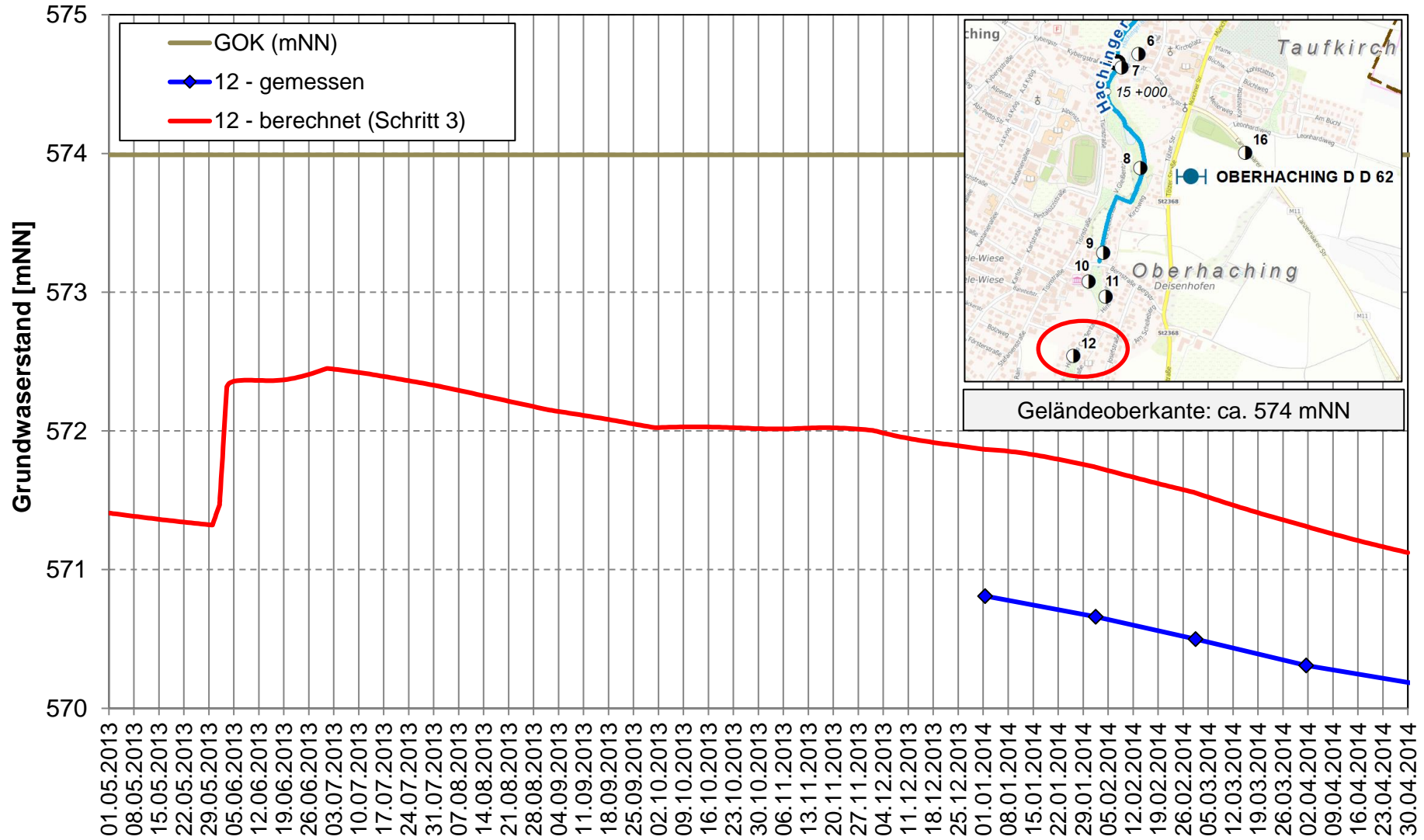
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



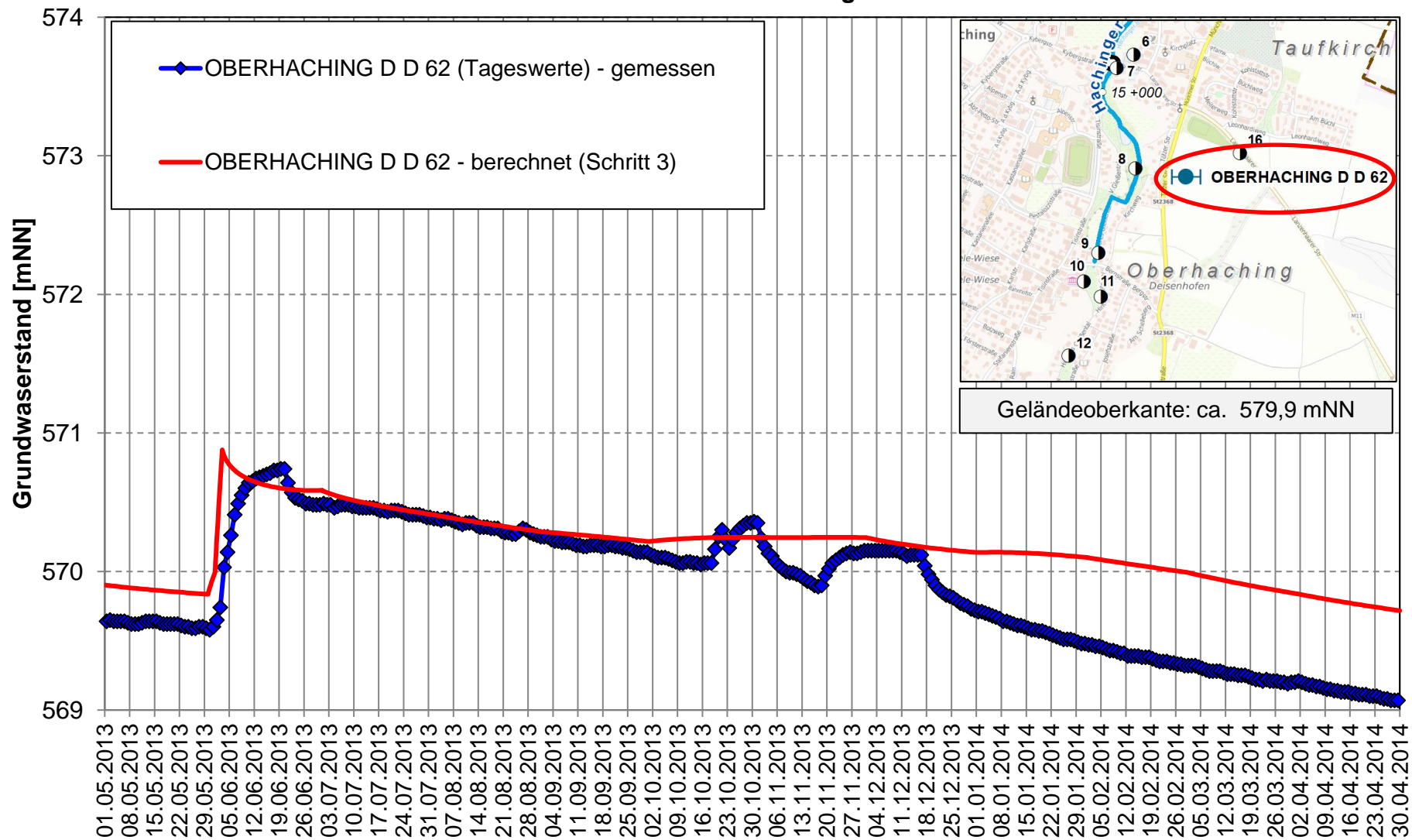
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



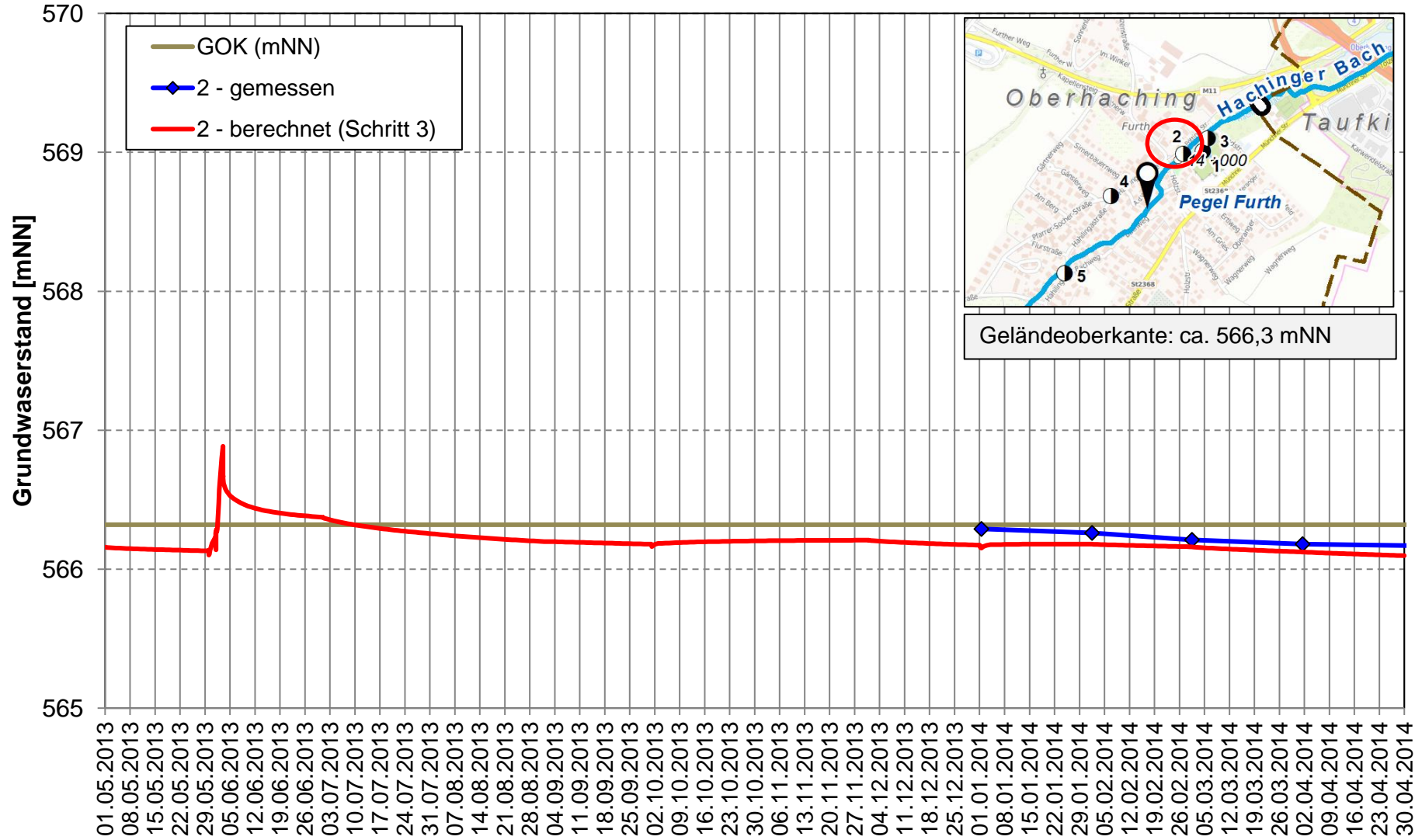
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



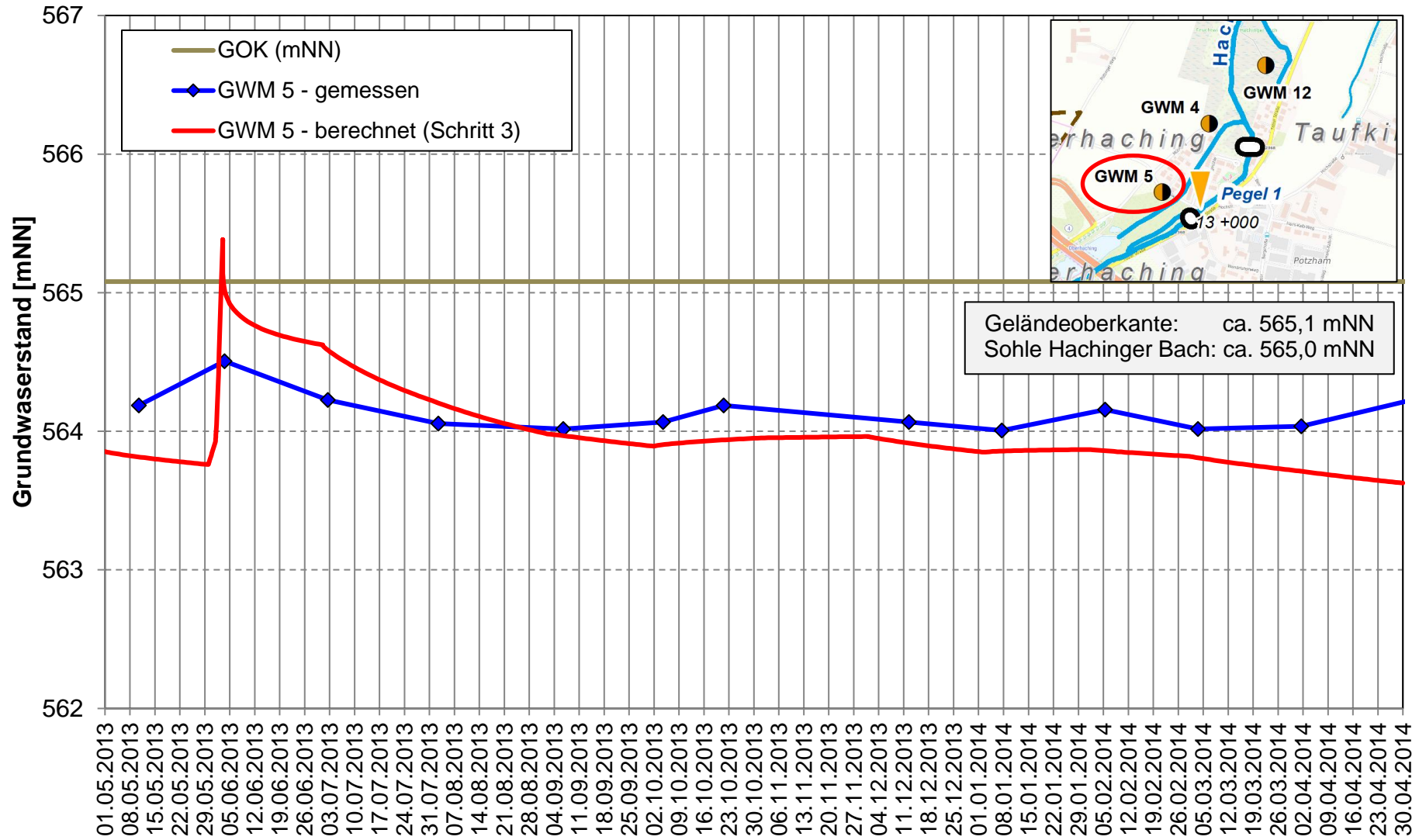
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



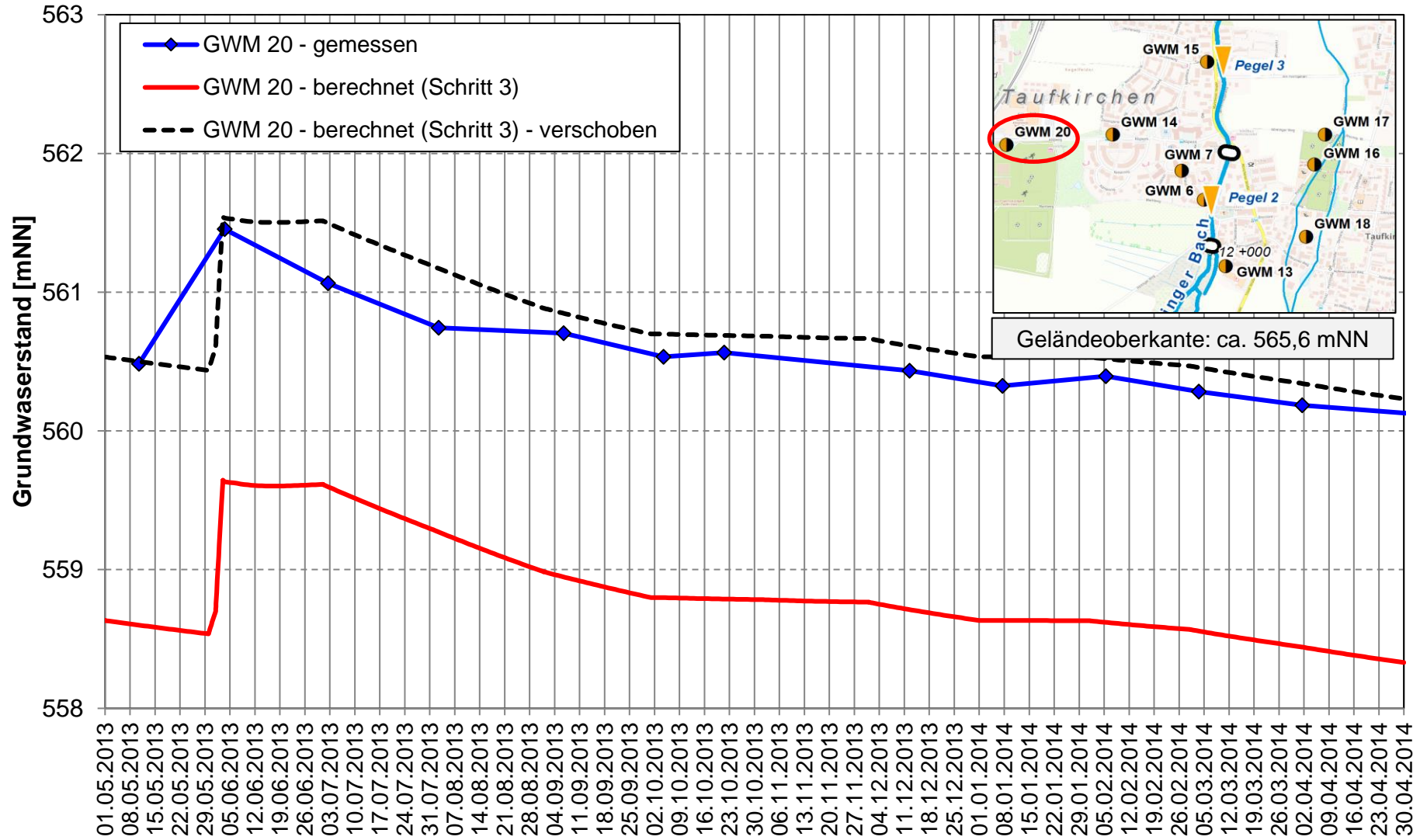
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



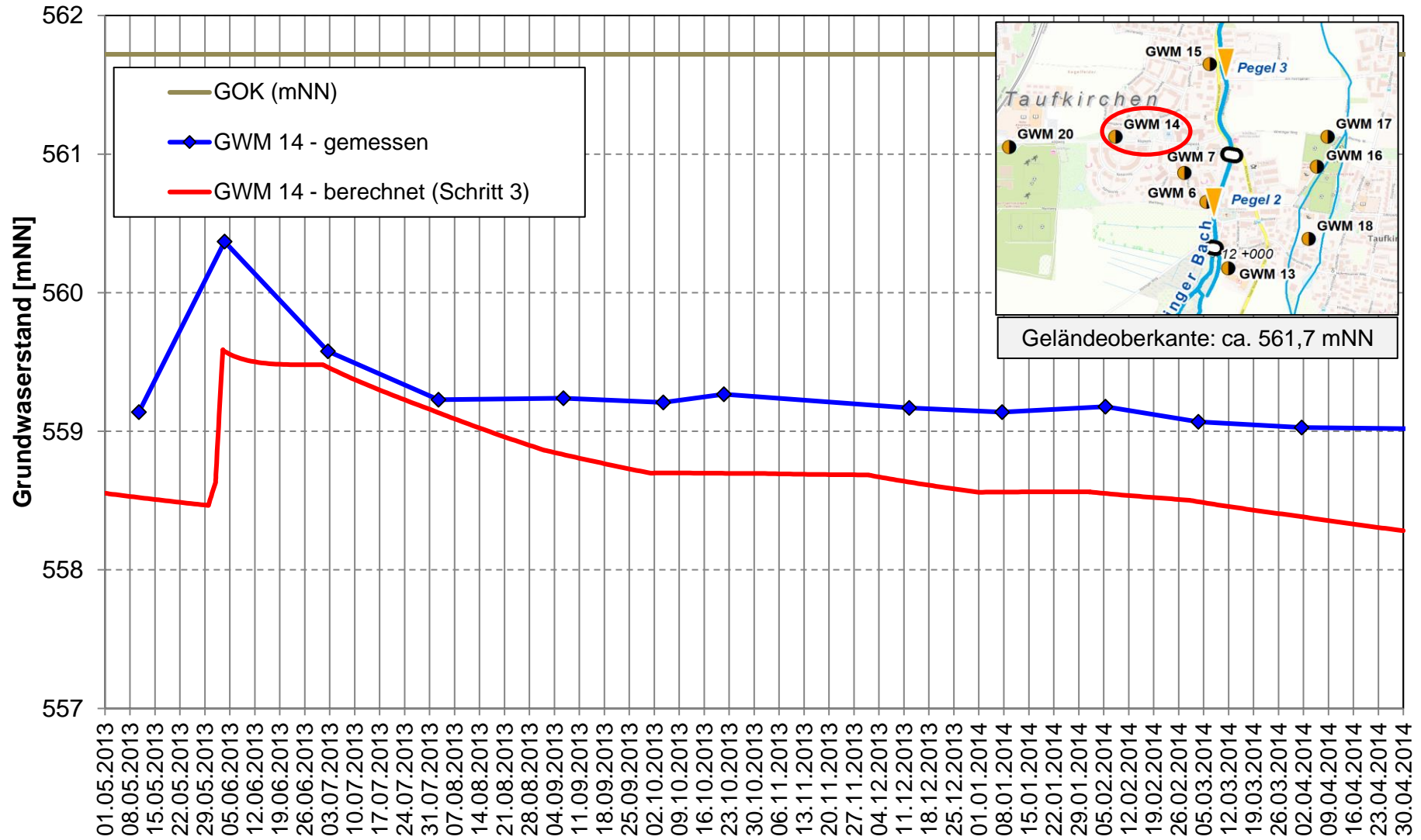
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



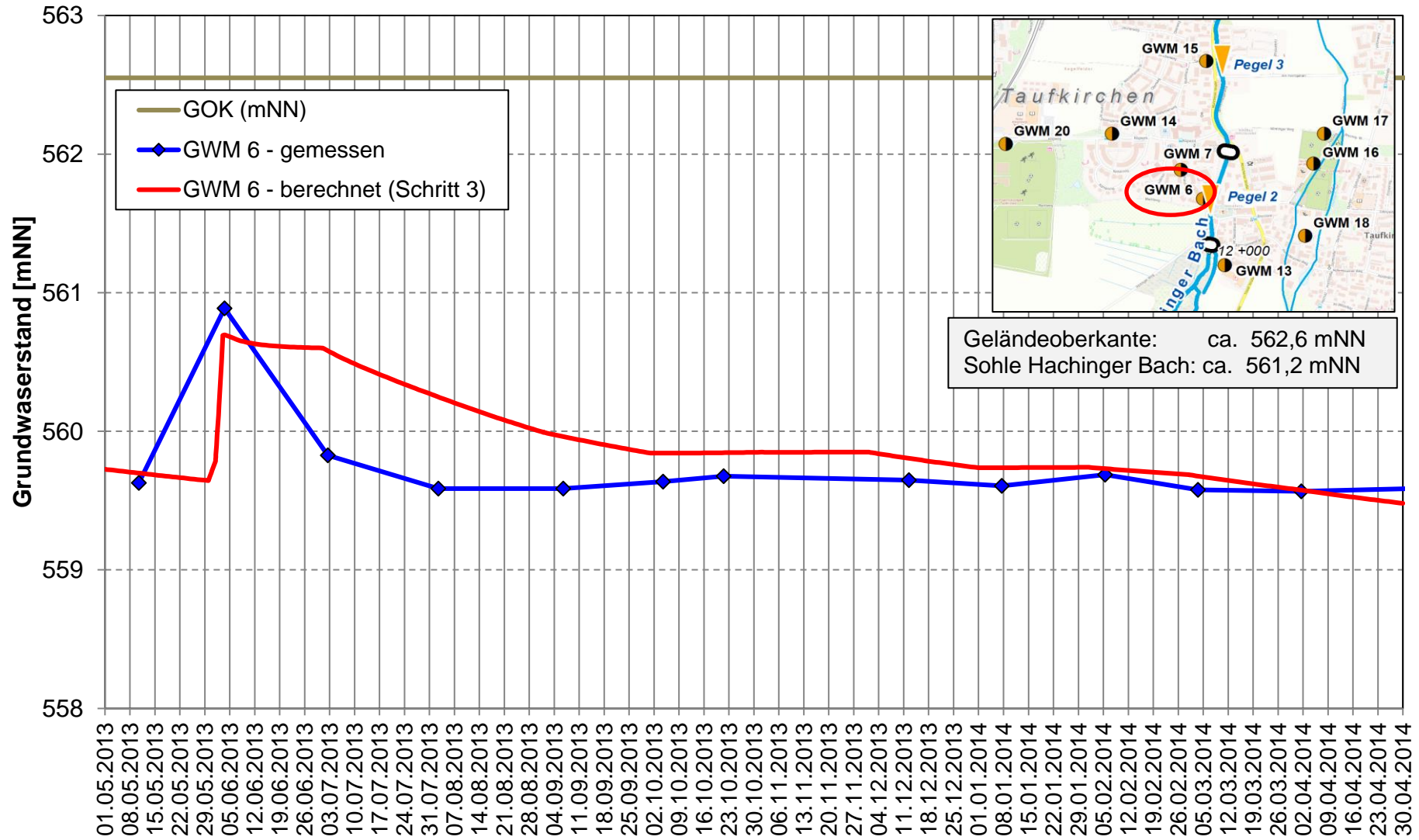
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

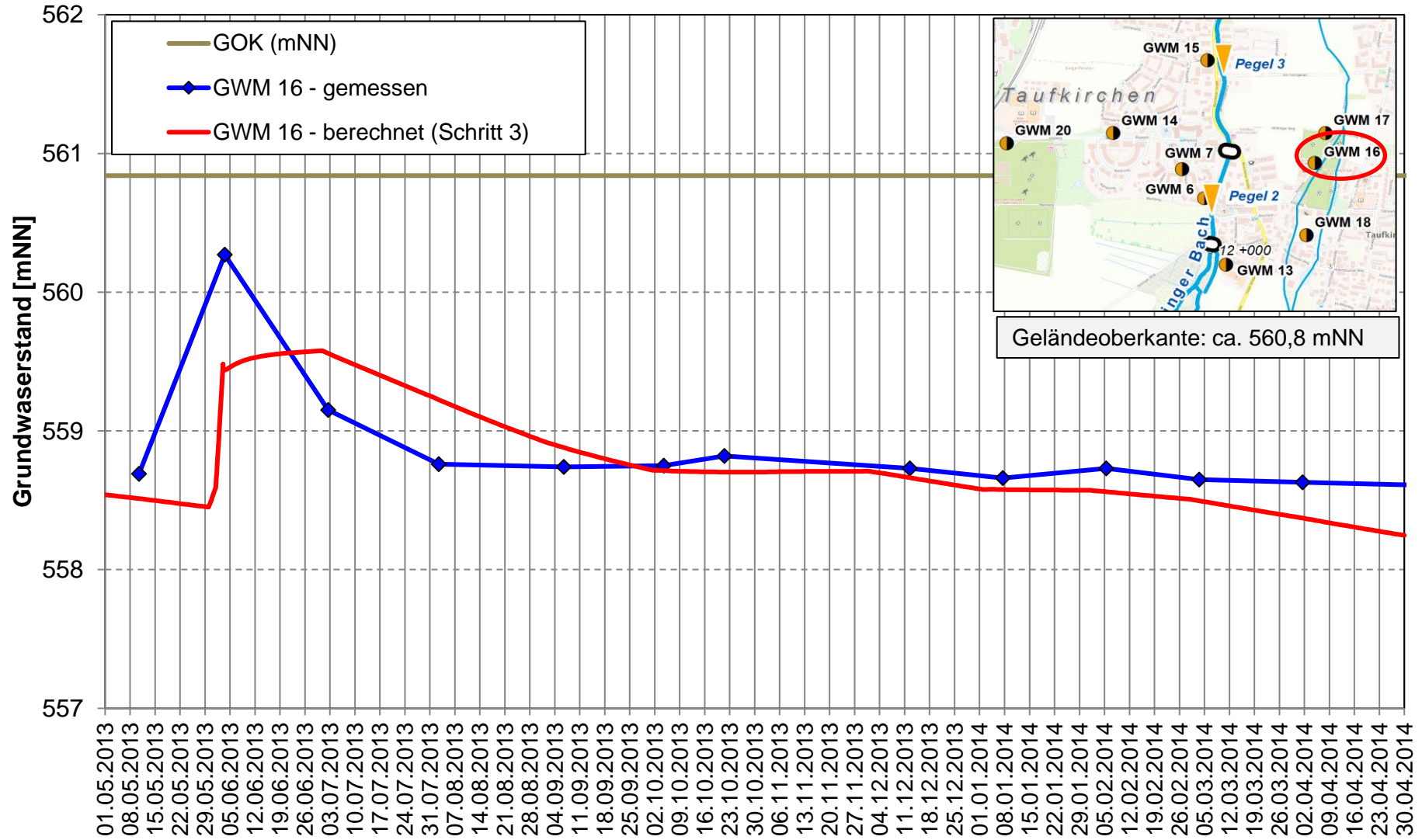
- Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



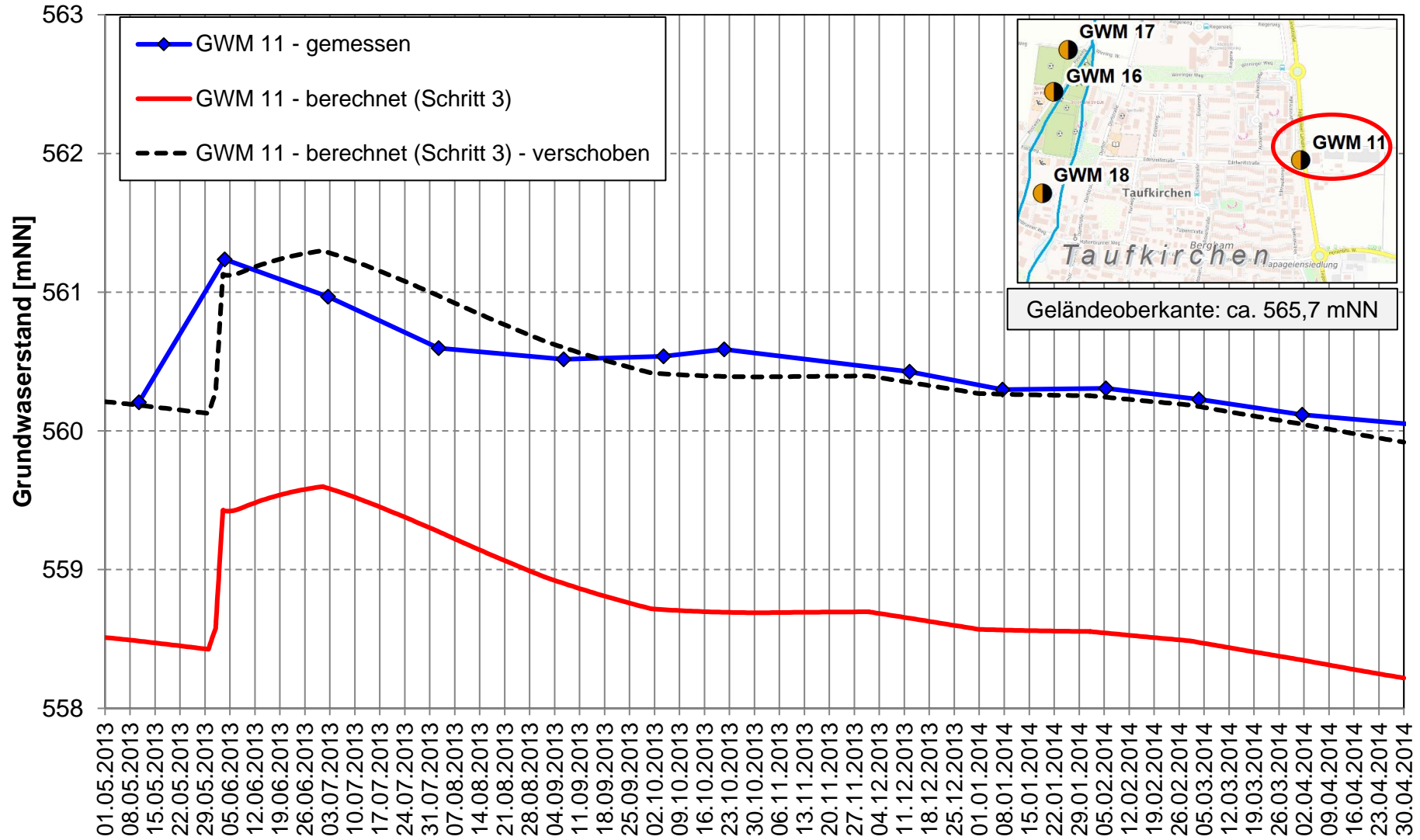
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



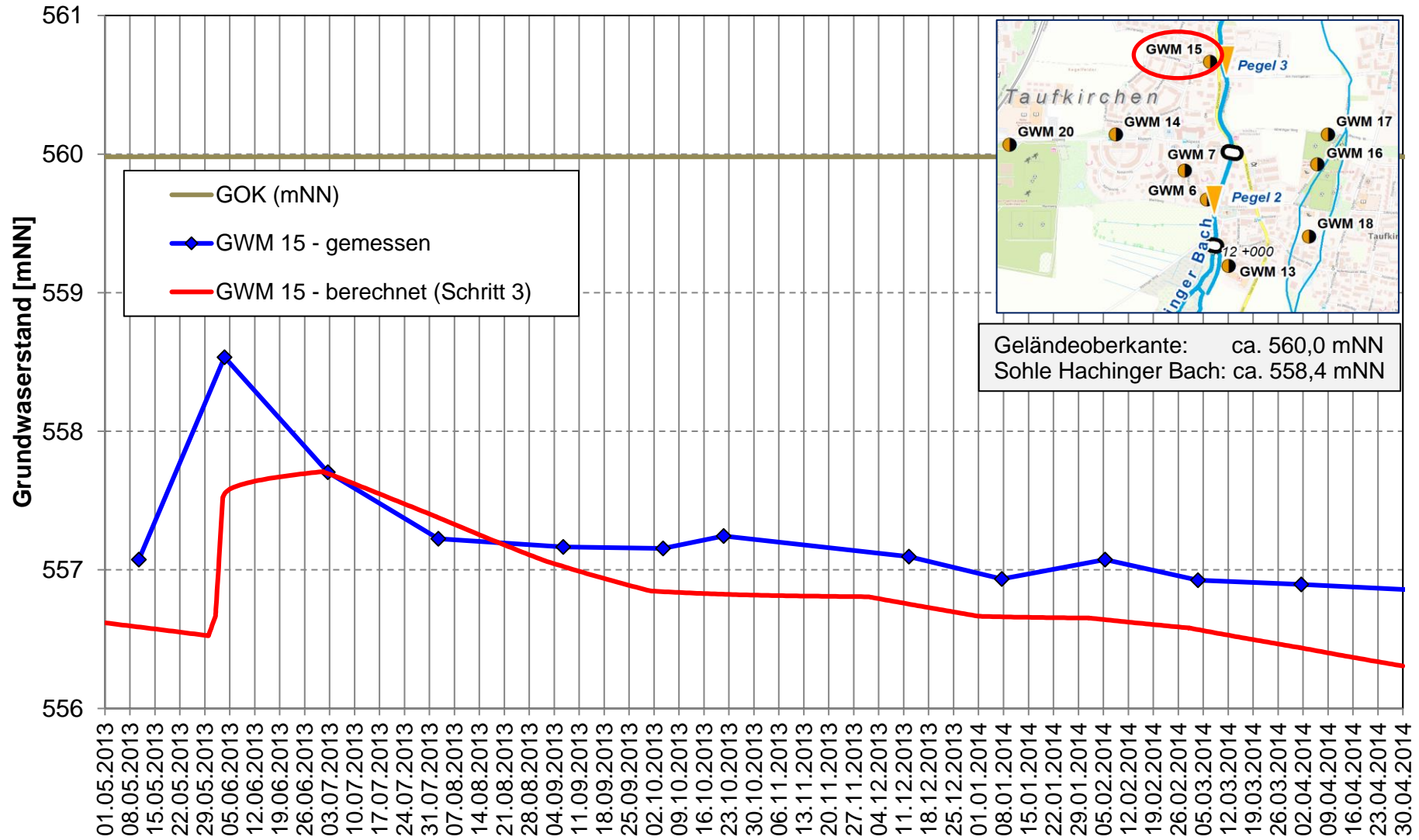
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

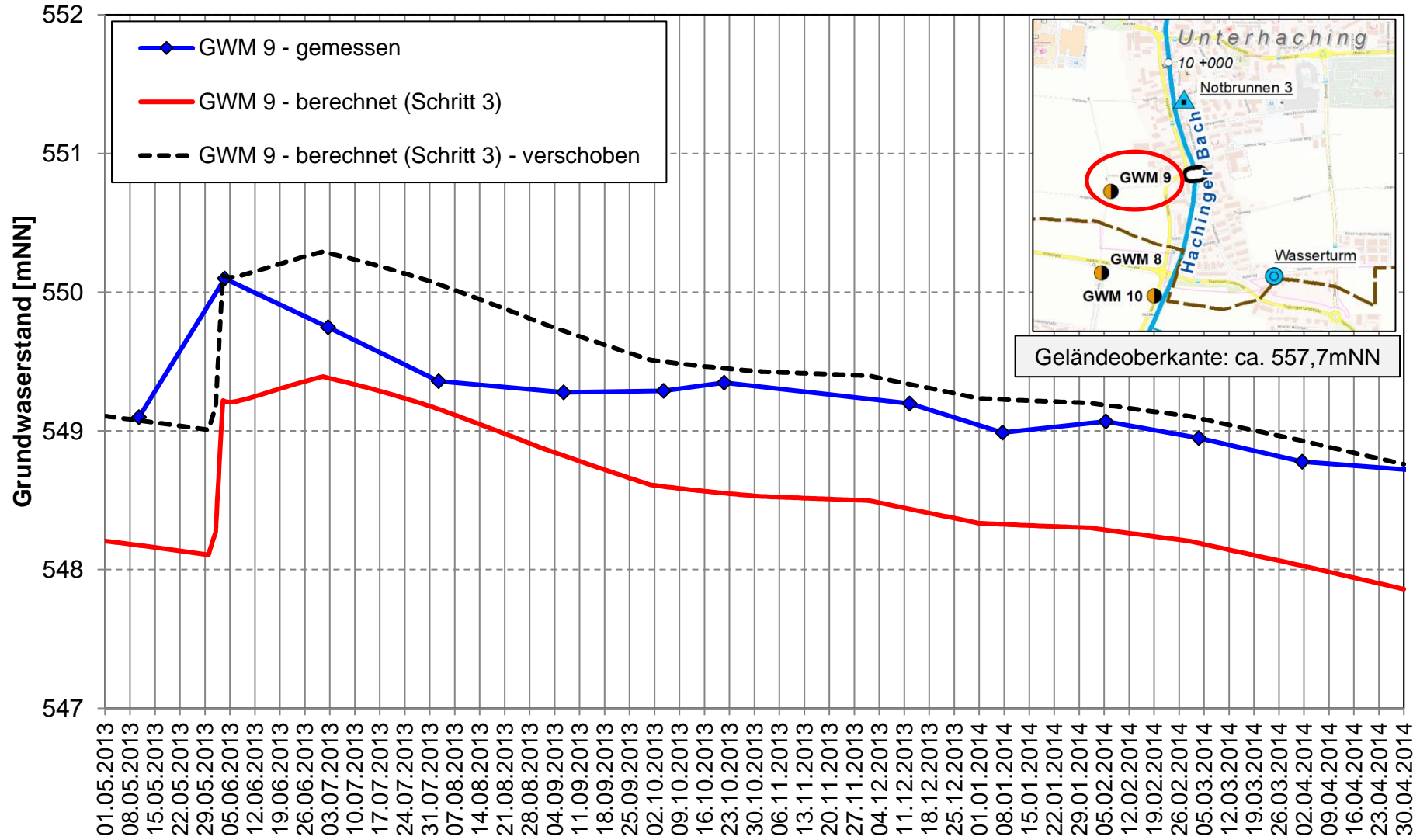
- Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



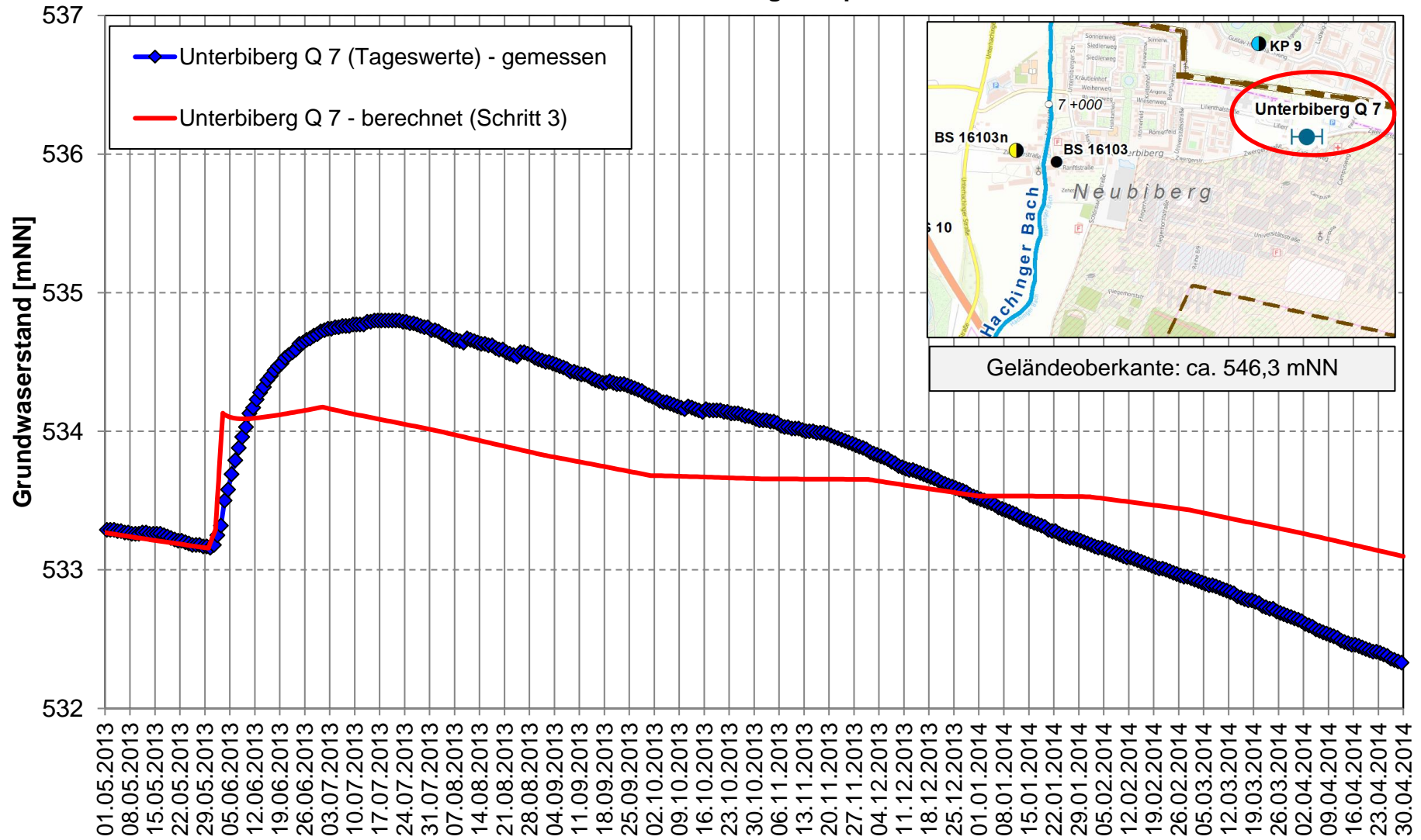
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



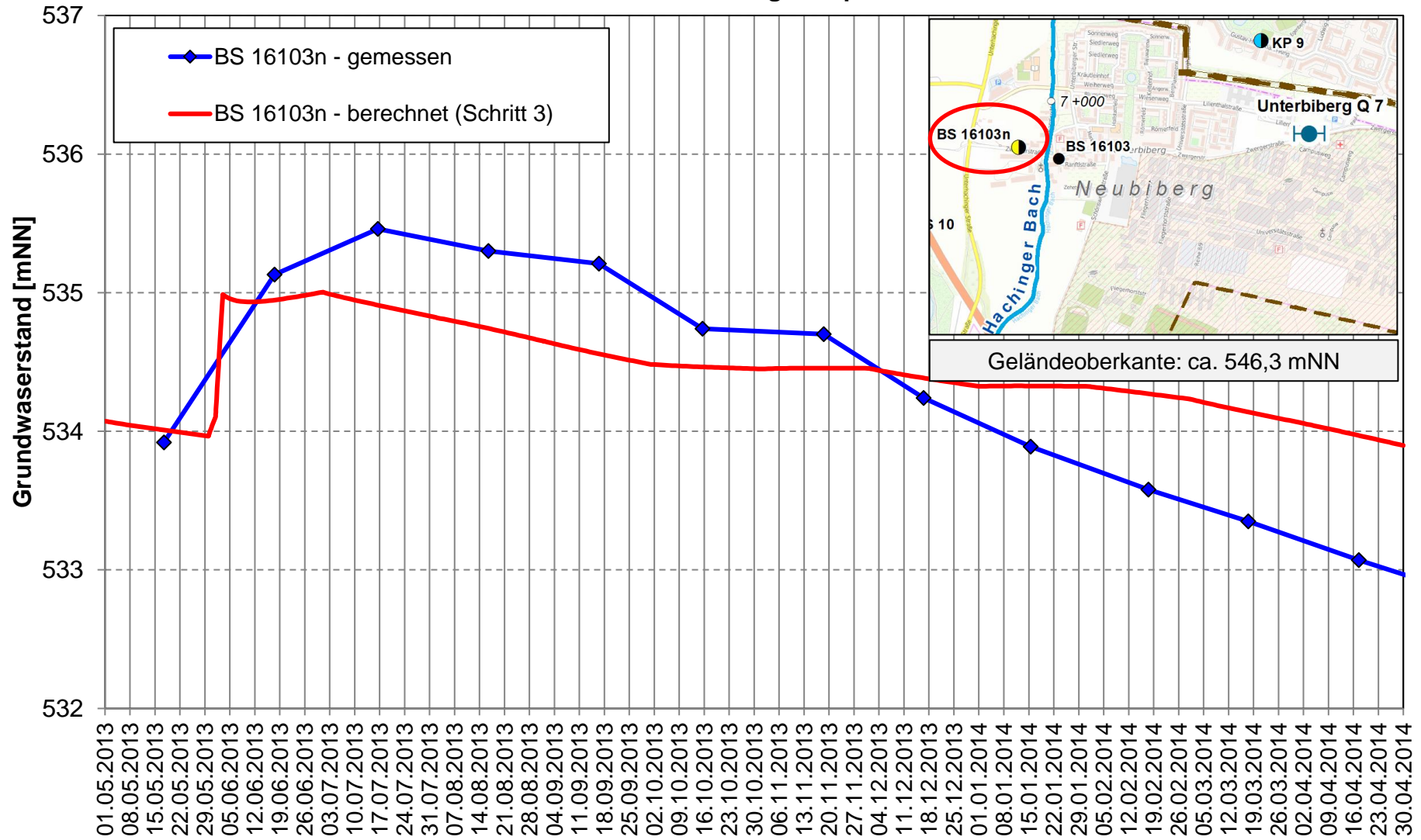
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

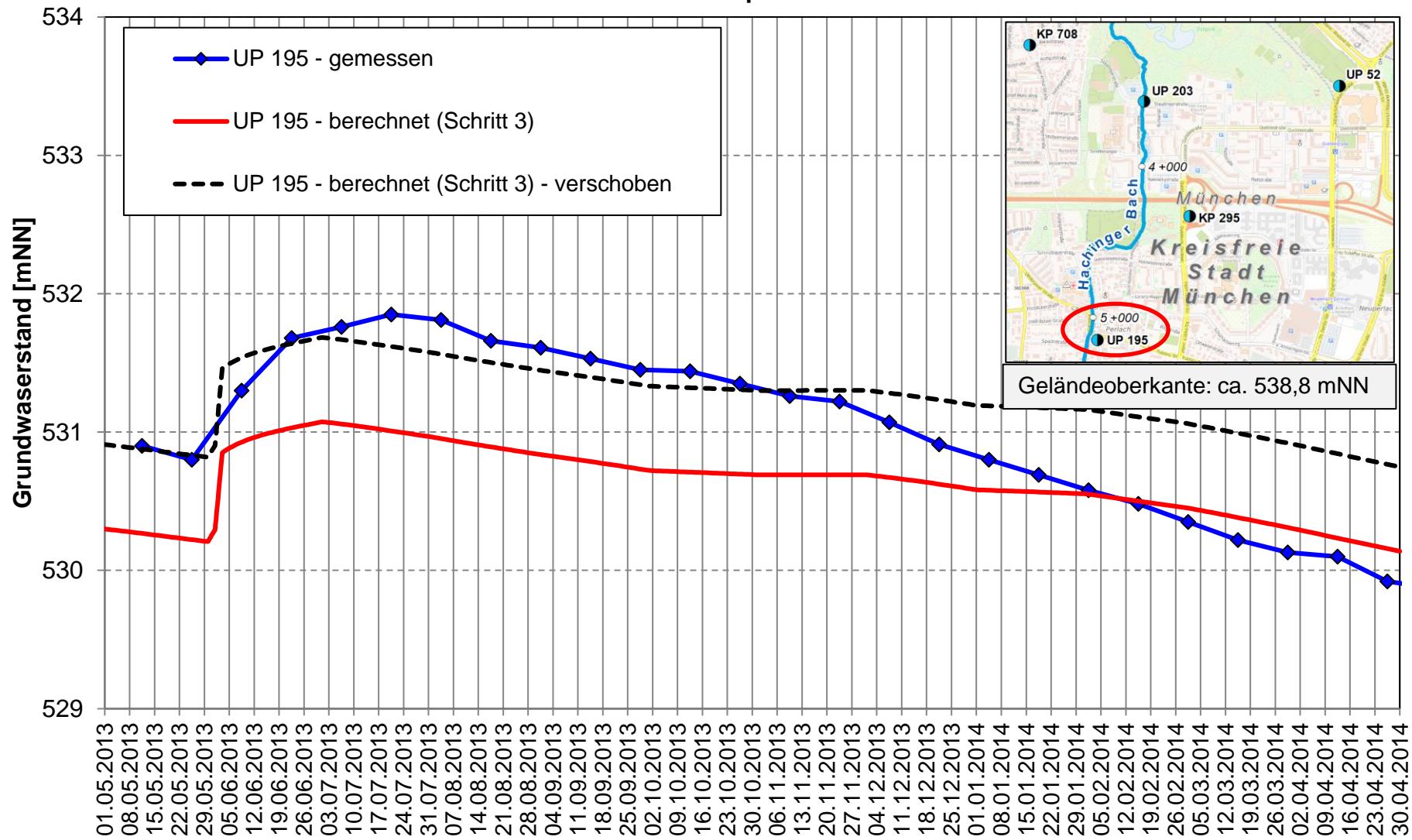
- Bereich Neubiberg/Campeon -



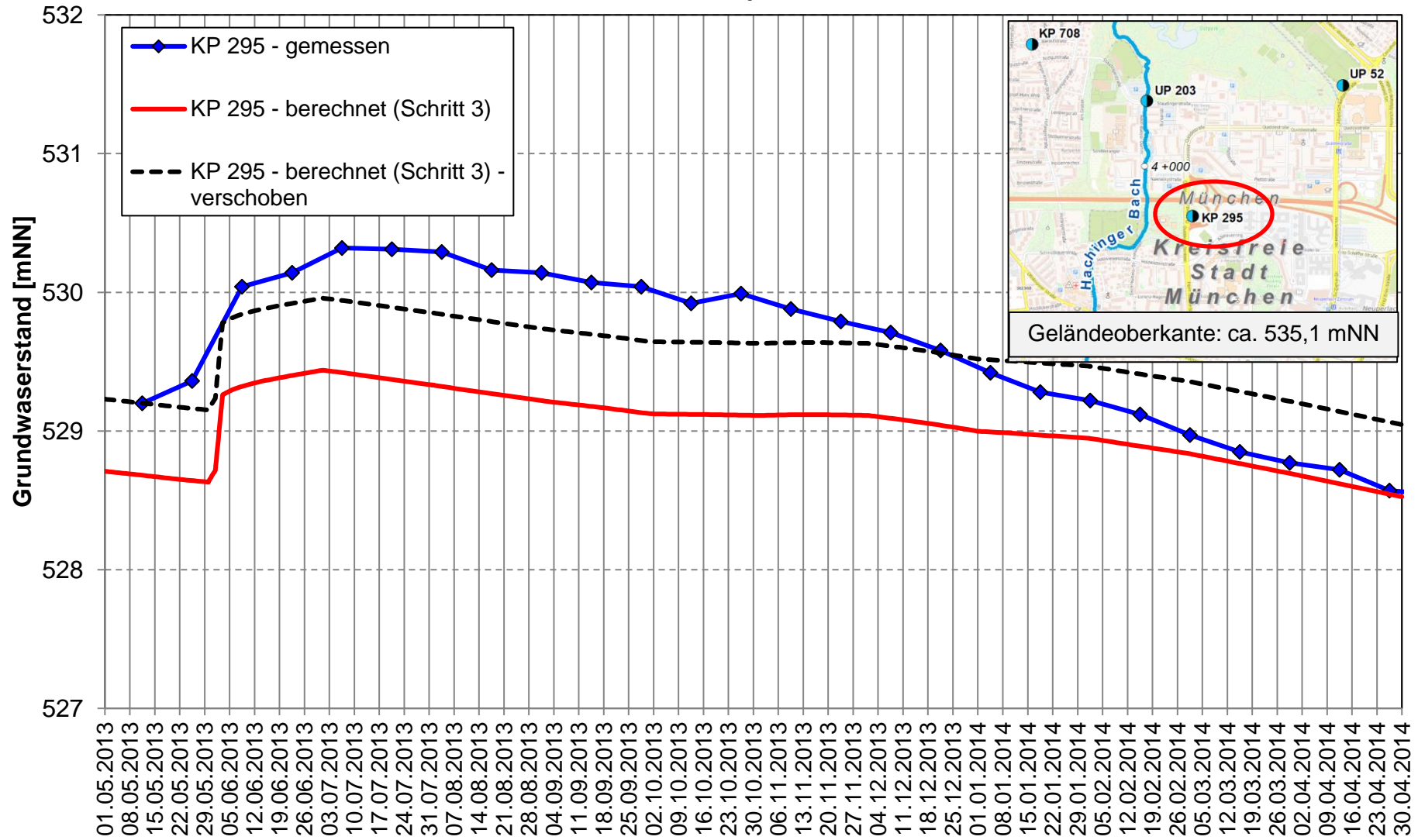
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Neubiberg/Campeon -



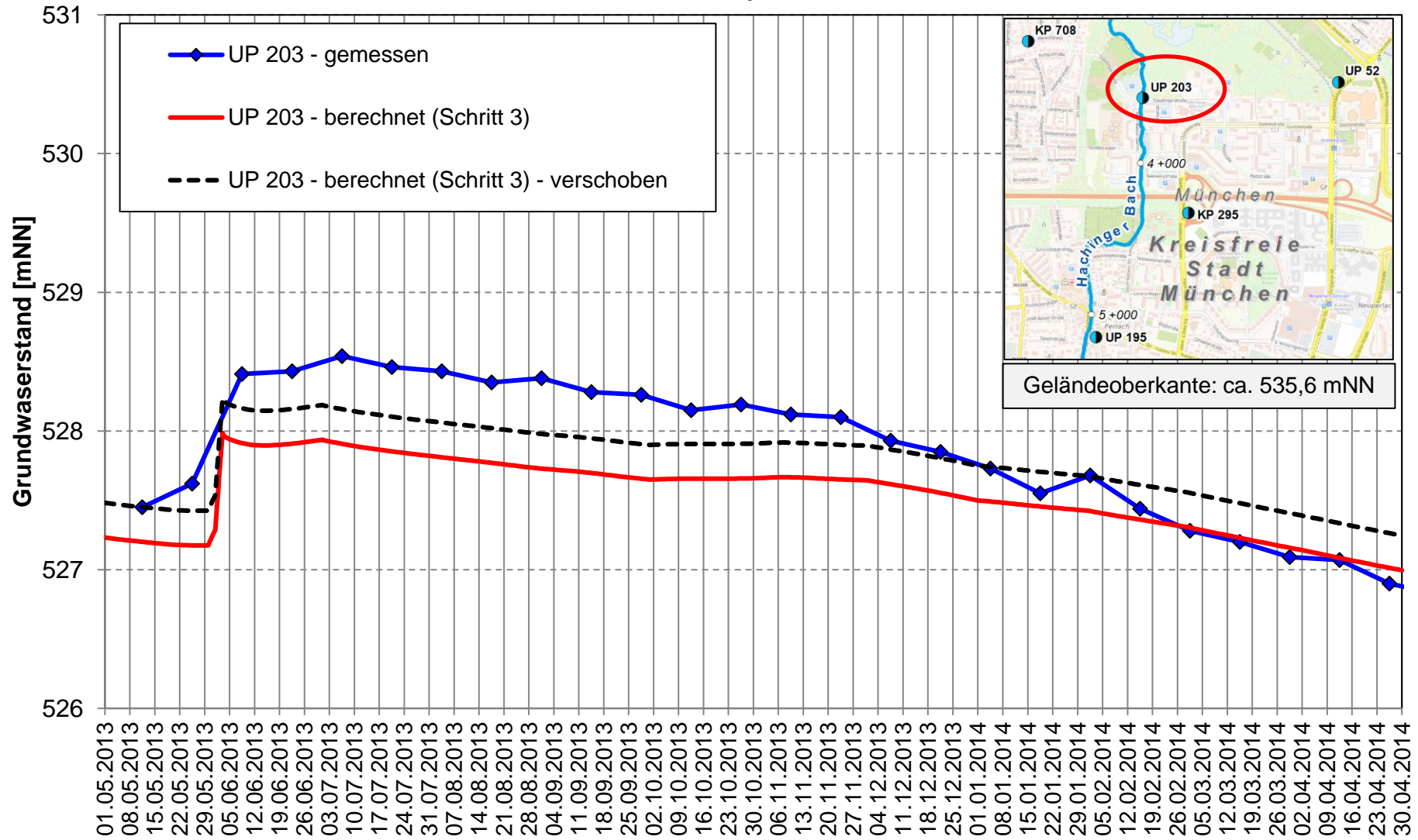
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



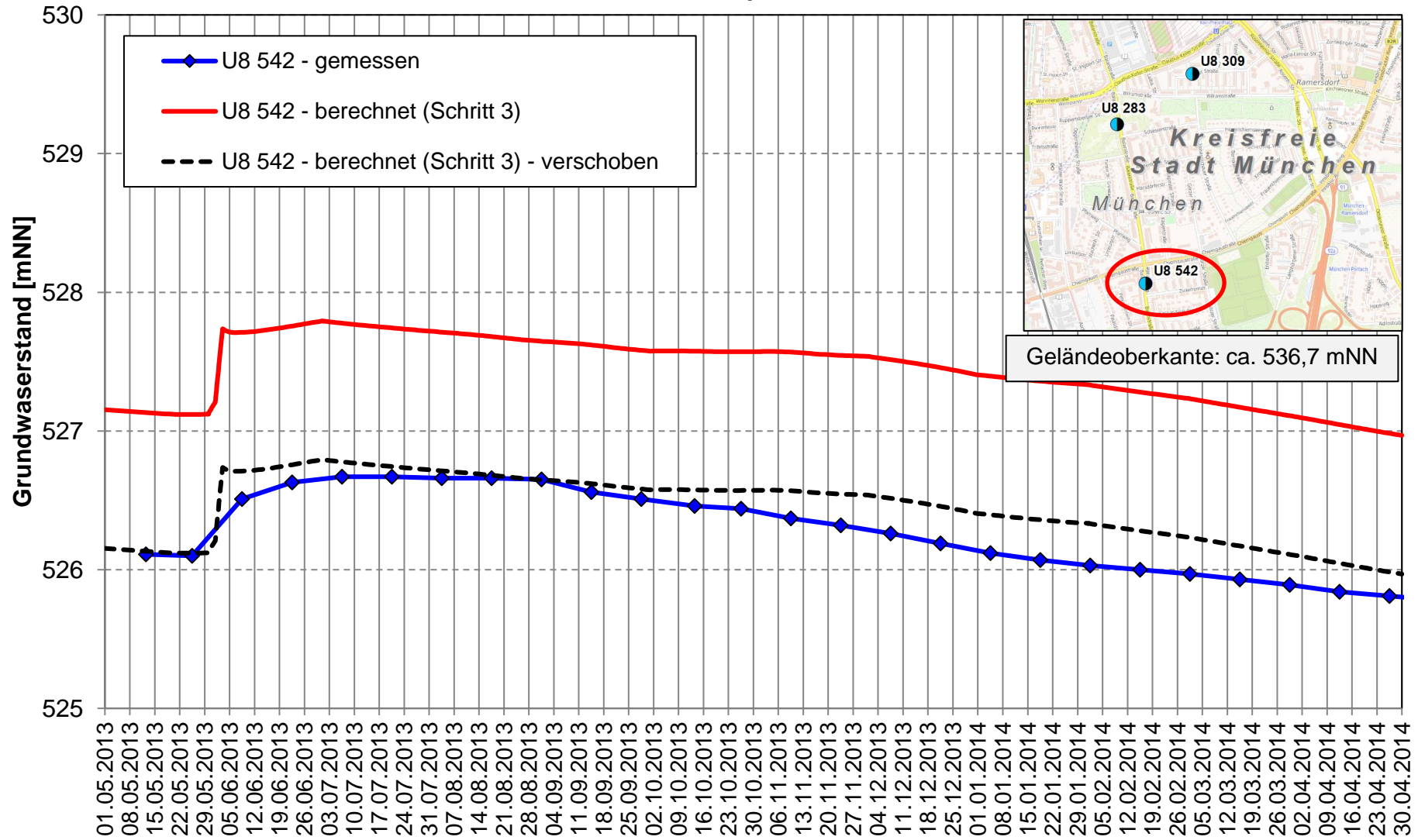
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



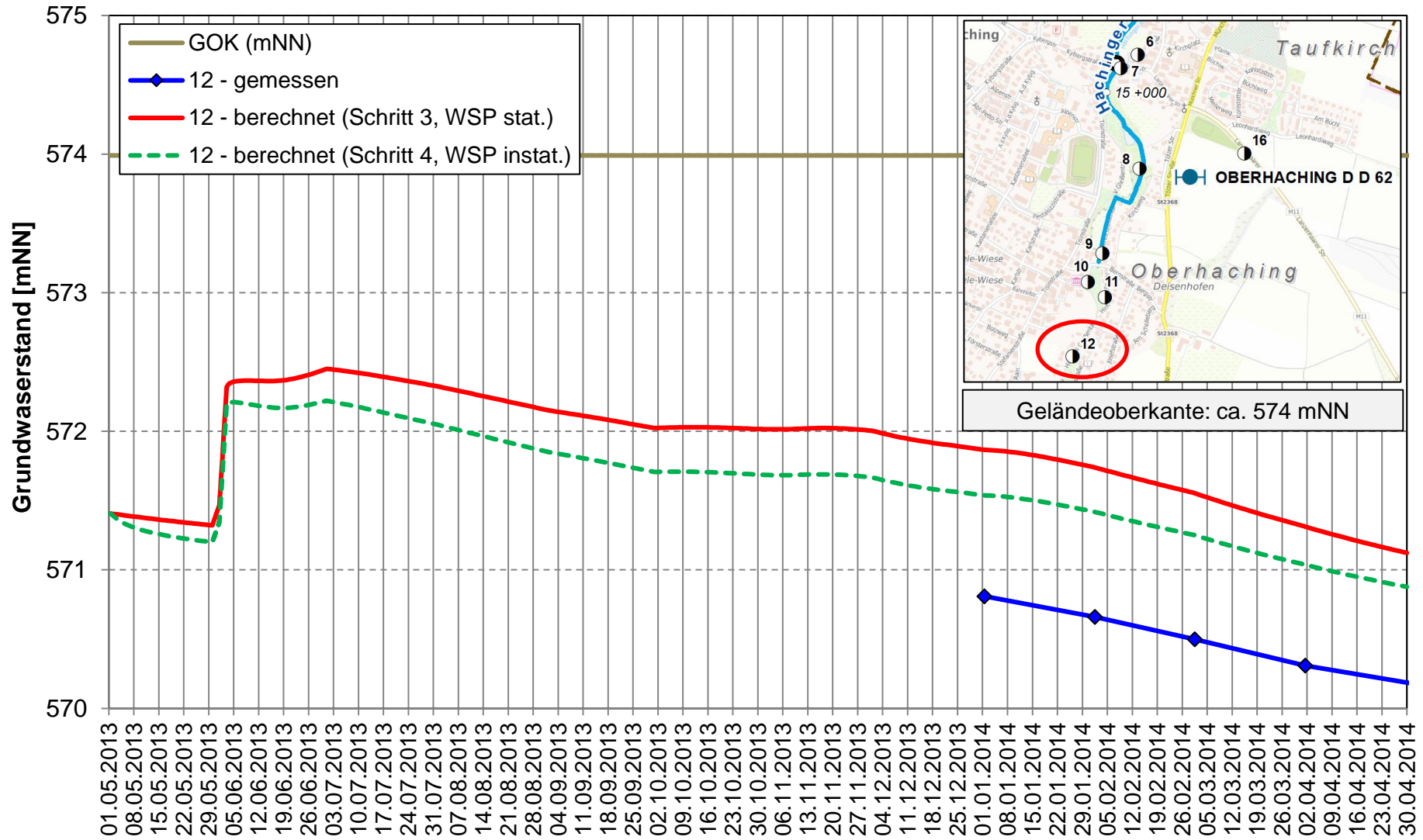
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



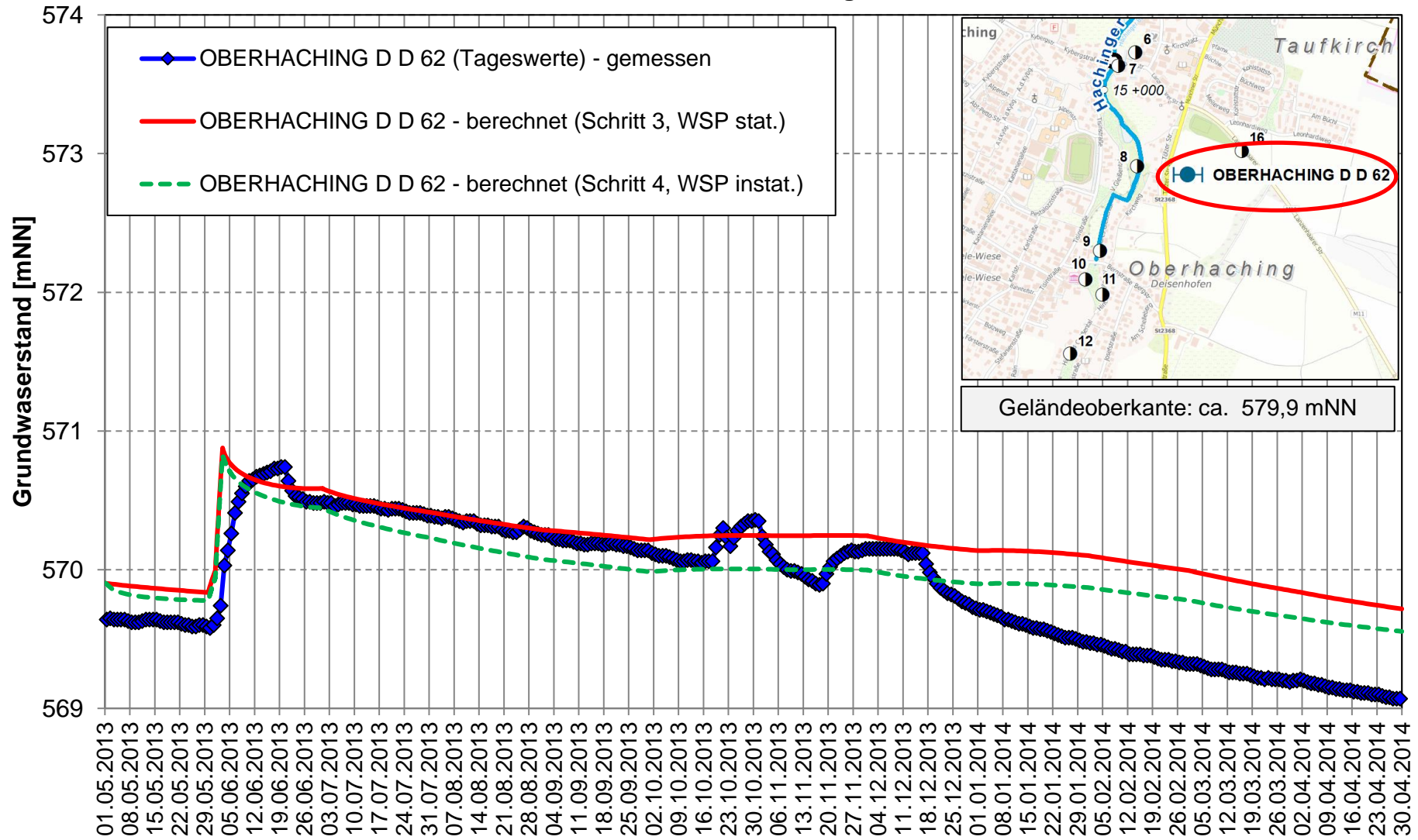
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



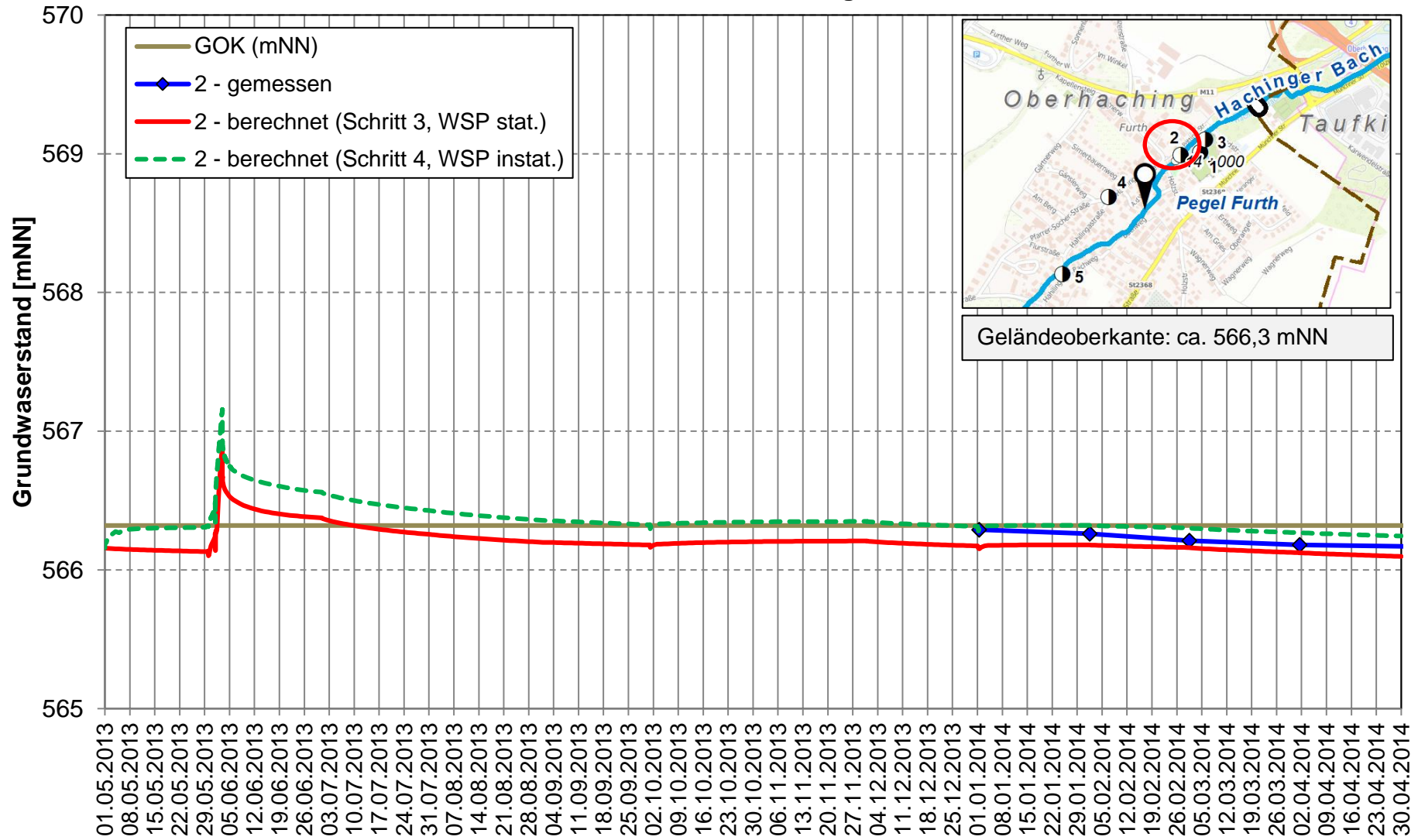
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



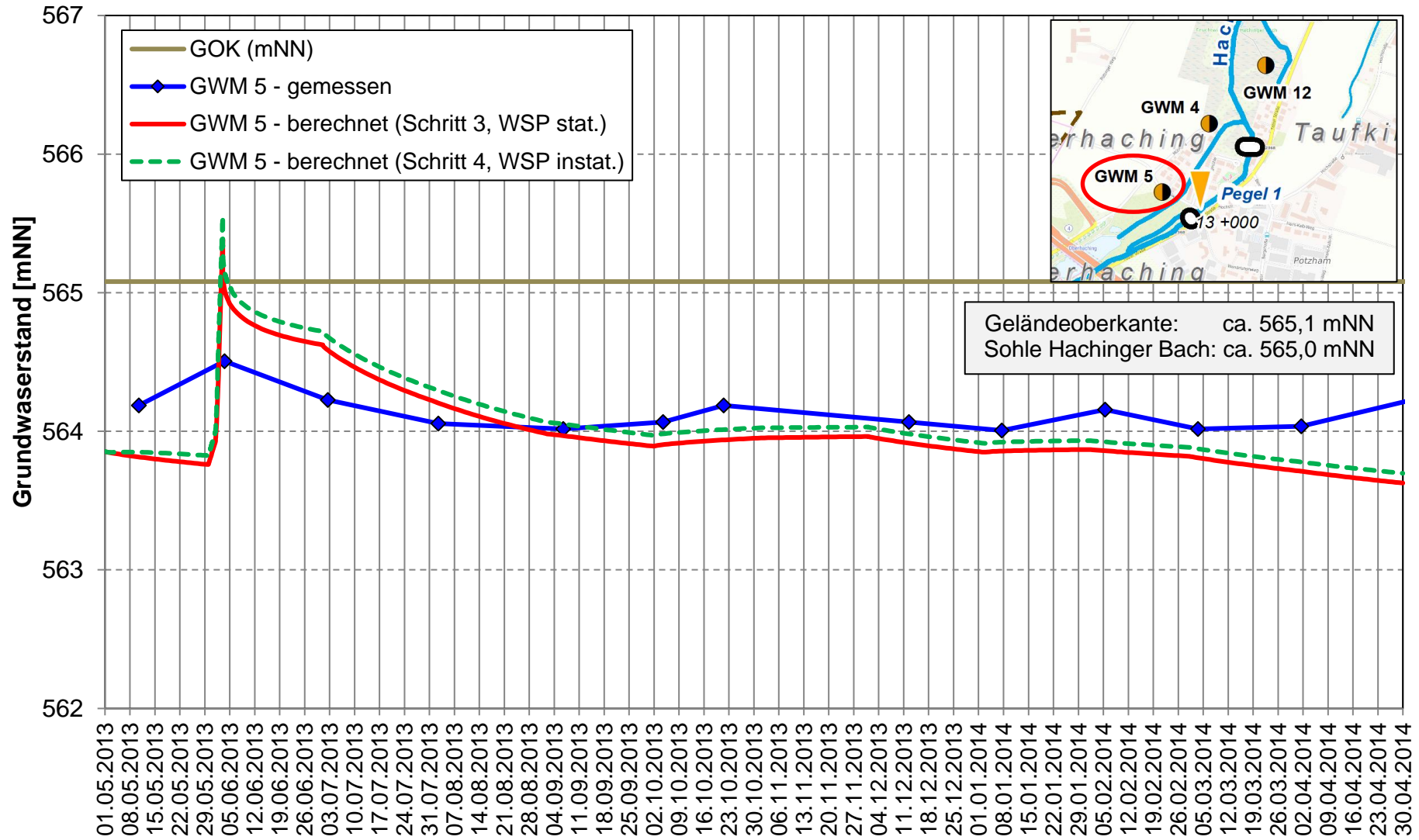
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



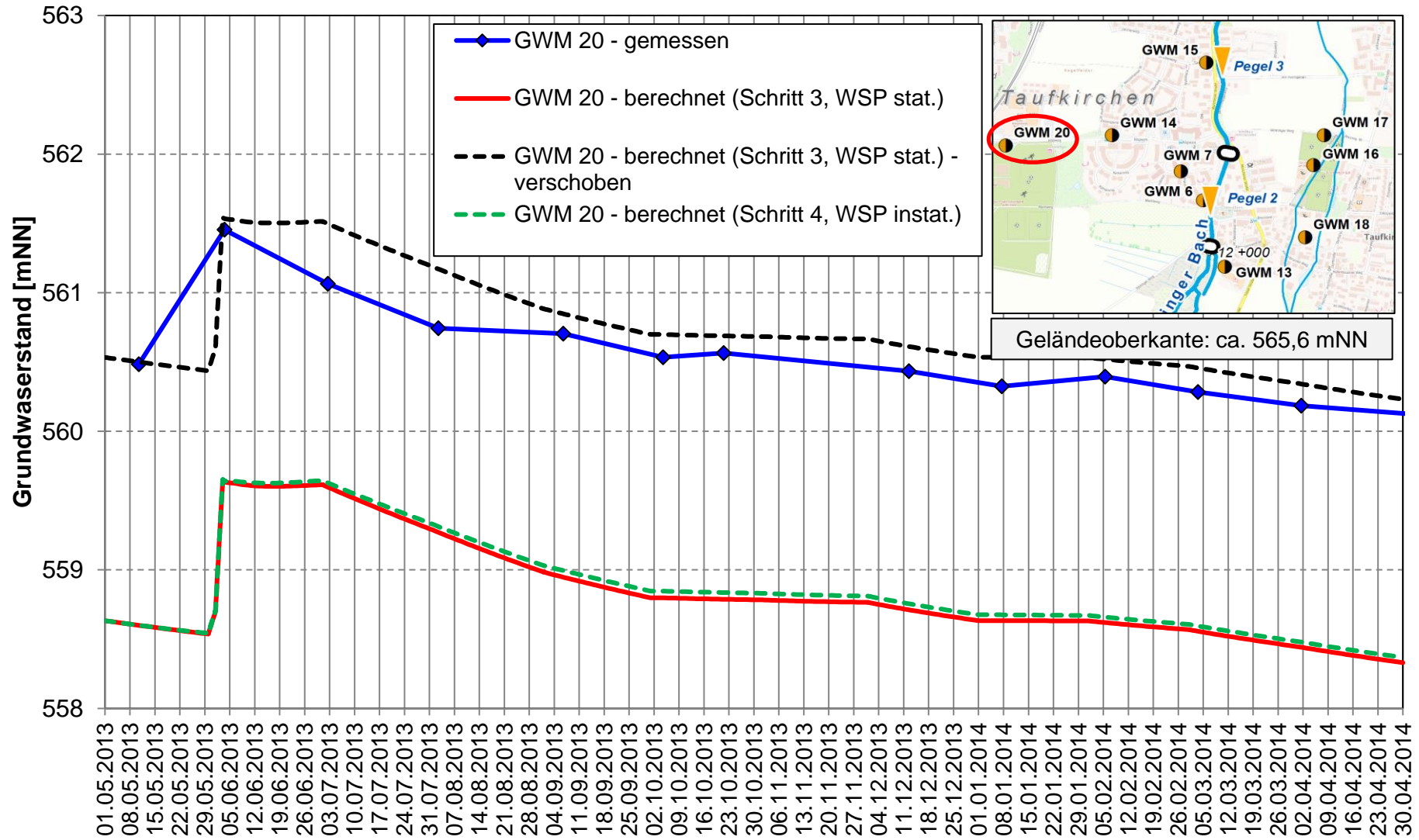
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Oberhaching -



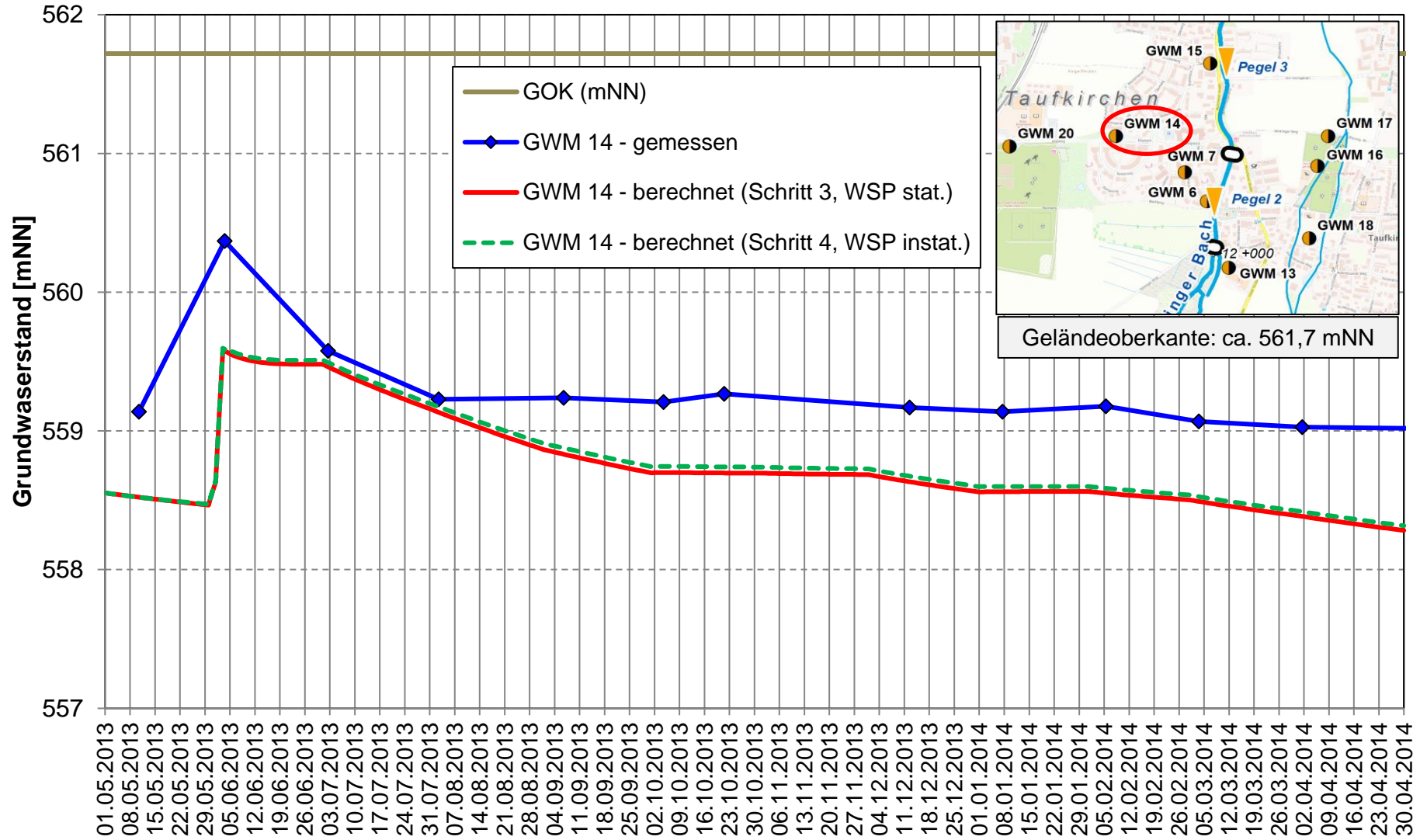
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



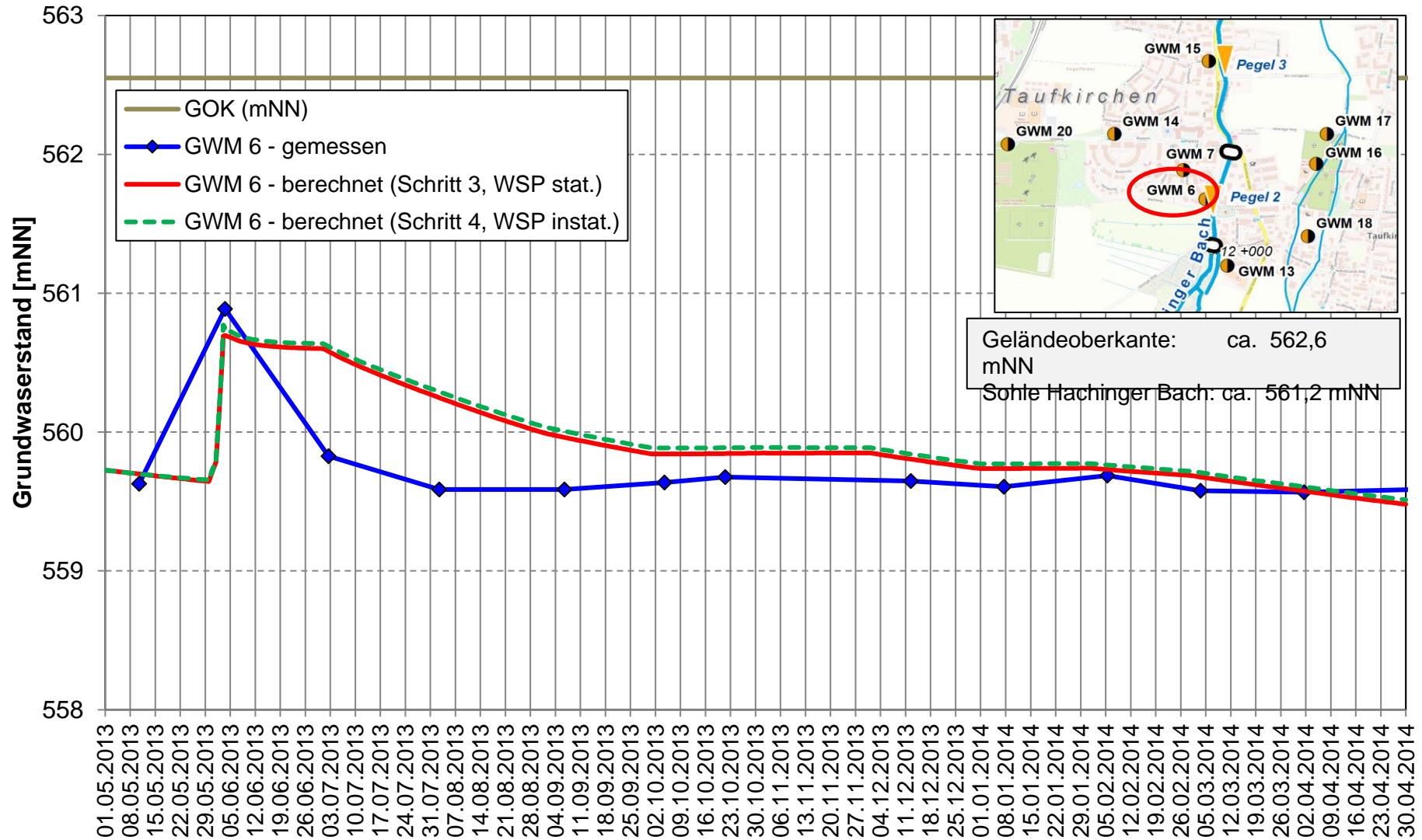
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



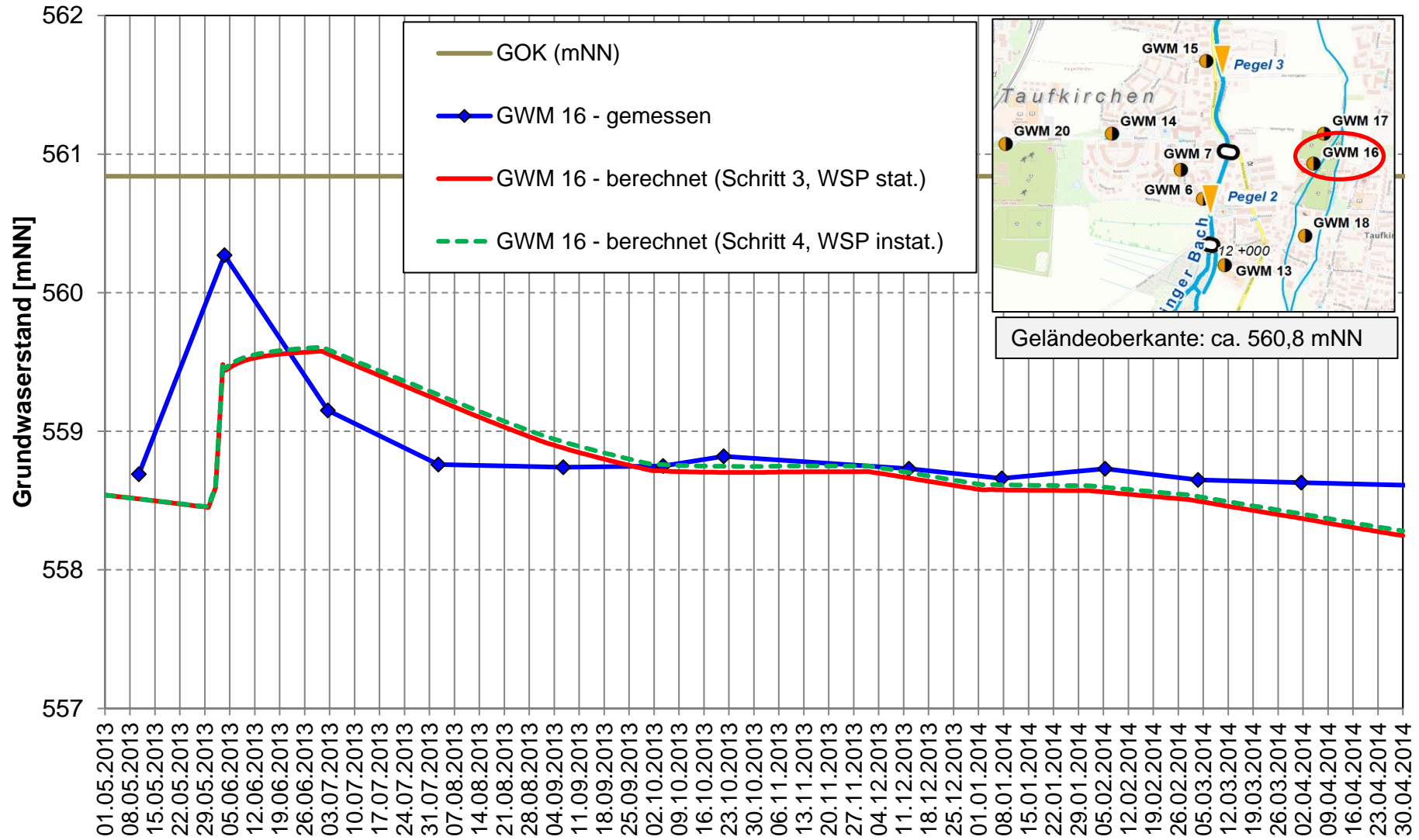
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

- Bereich Taufkirchen -



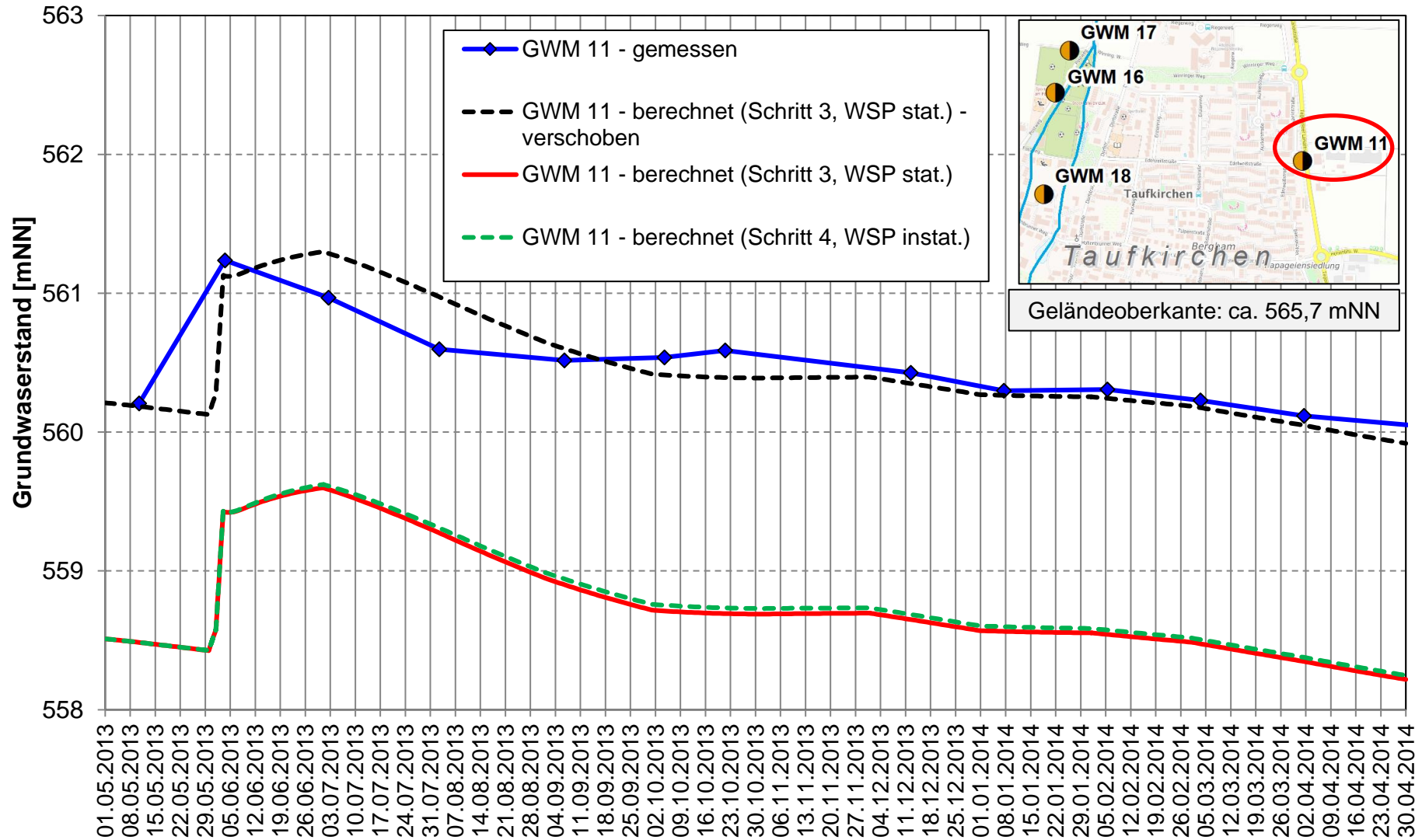
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

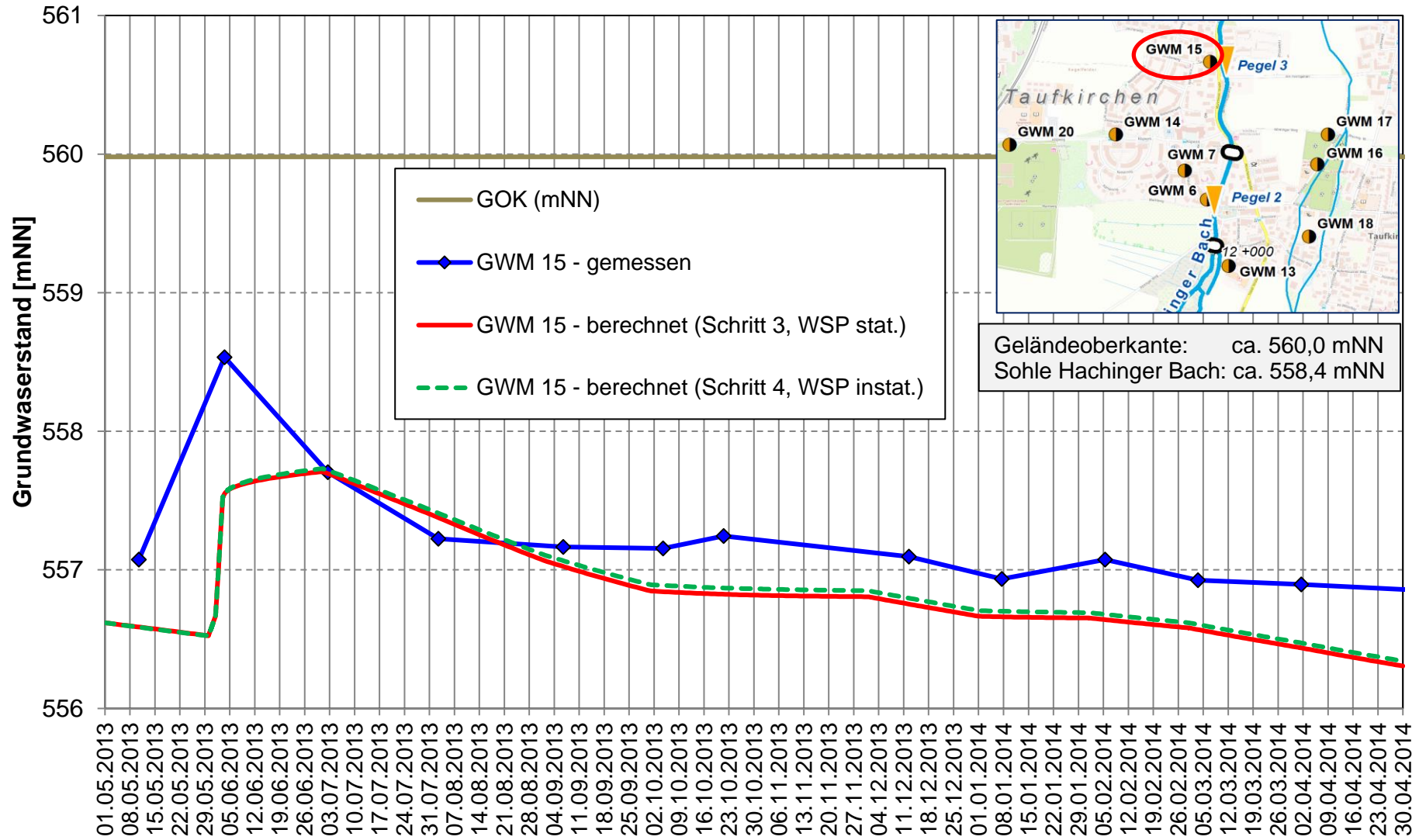
- Bereich Taufkirchen -



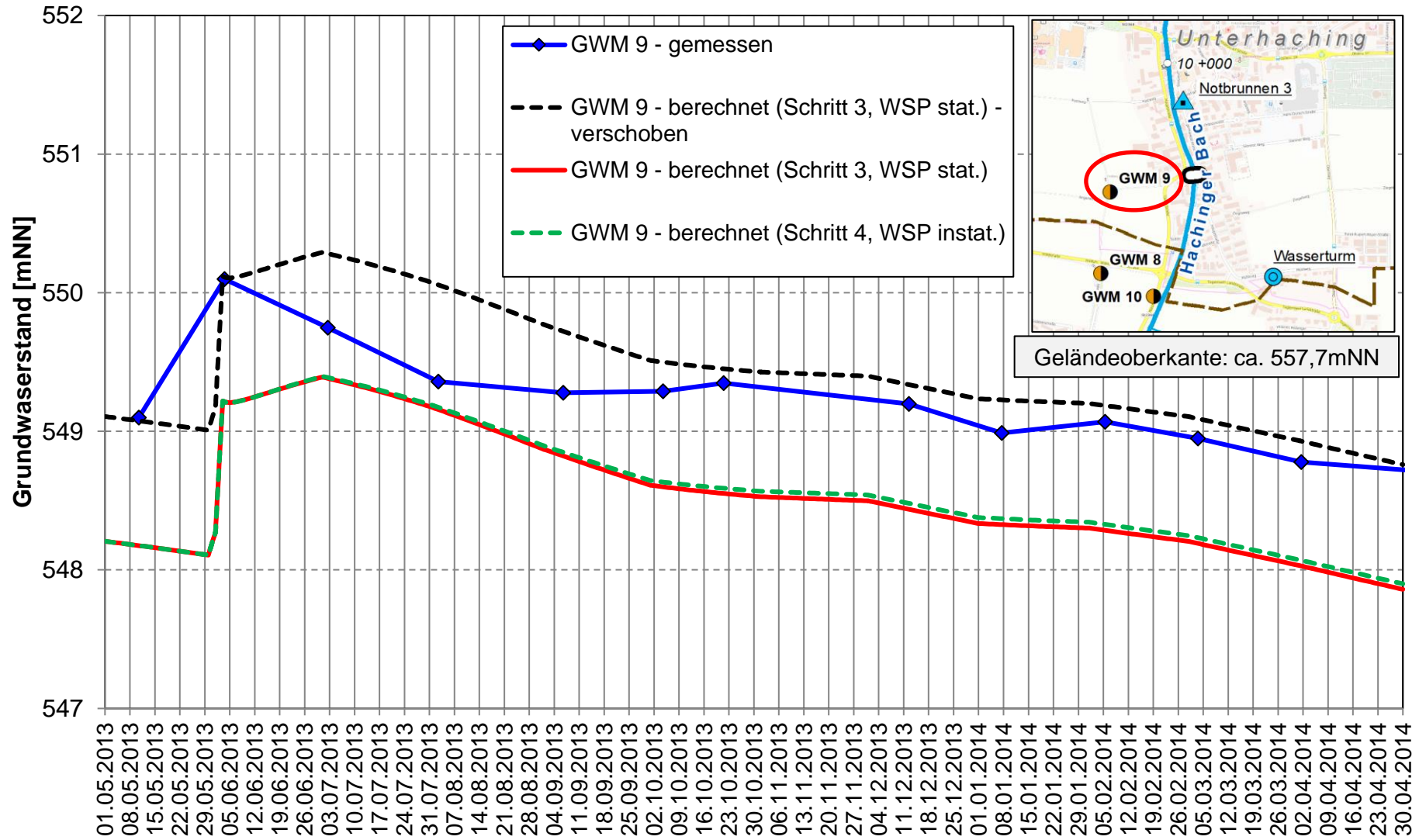
Instationäre Kalibrierung HW2013

Gemessene und berechnete Grundwasserstände

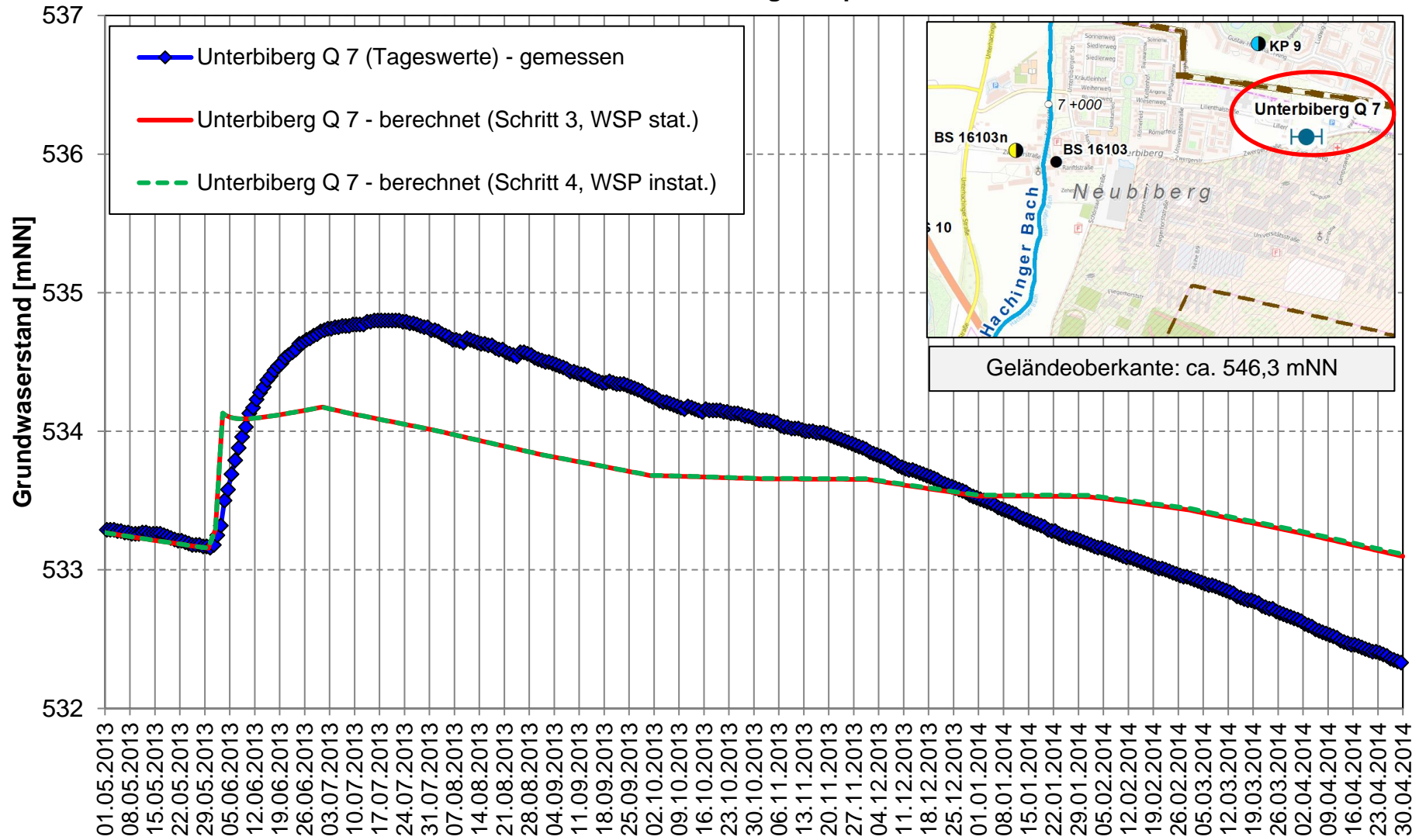
- Bereich Taufkirchen -



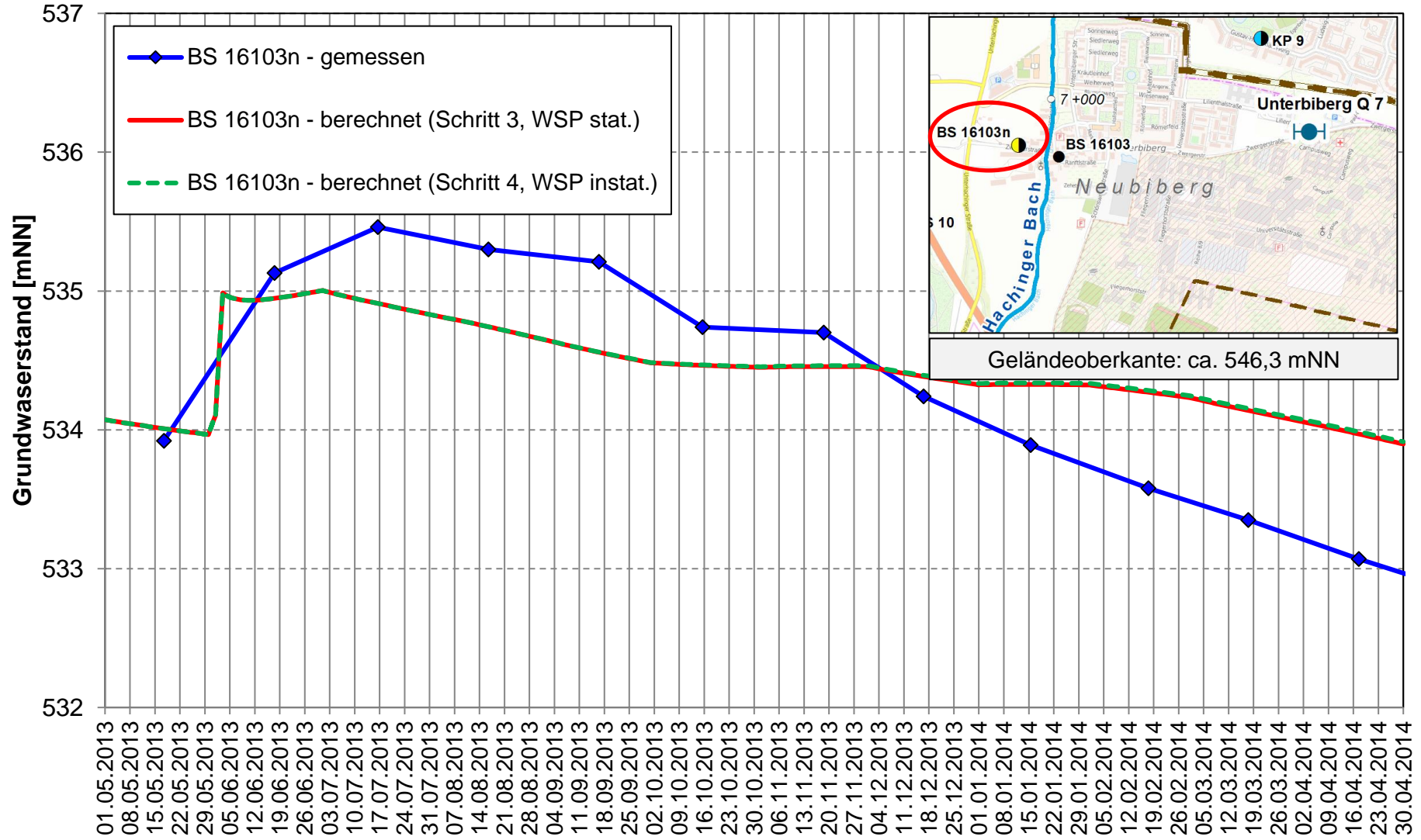
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Taufkirchen -



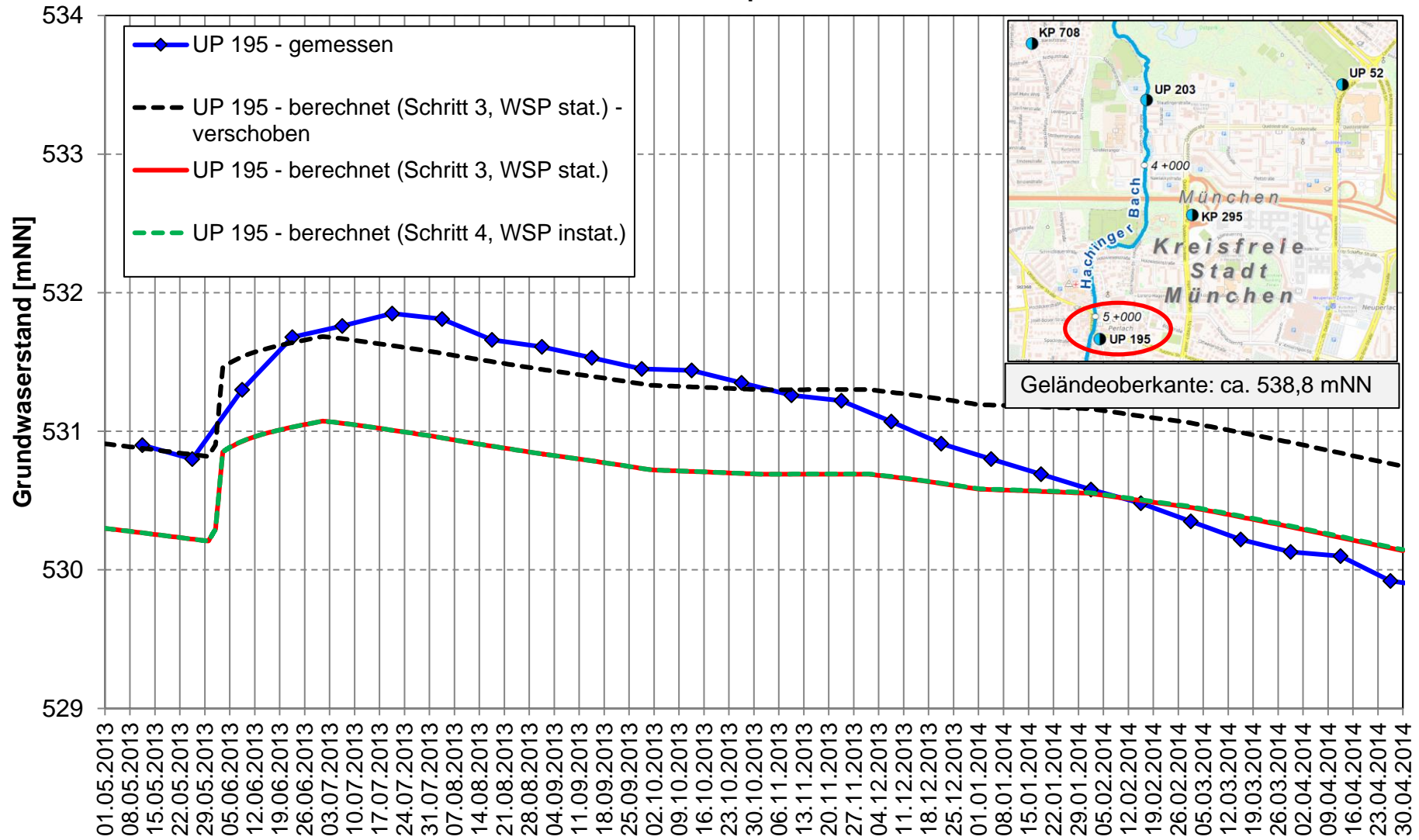
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Neubiberg/Campeon -



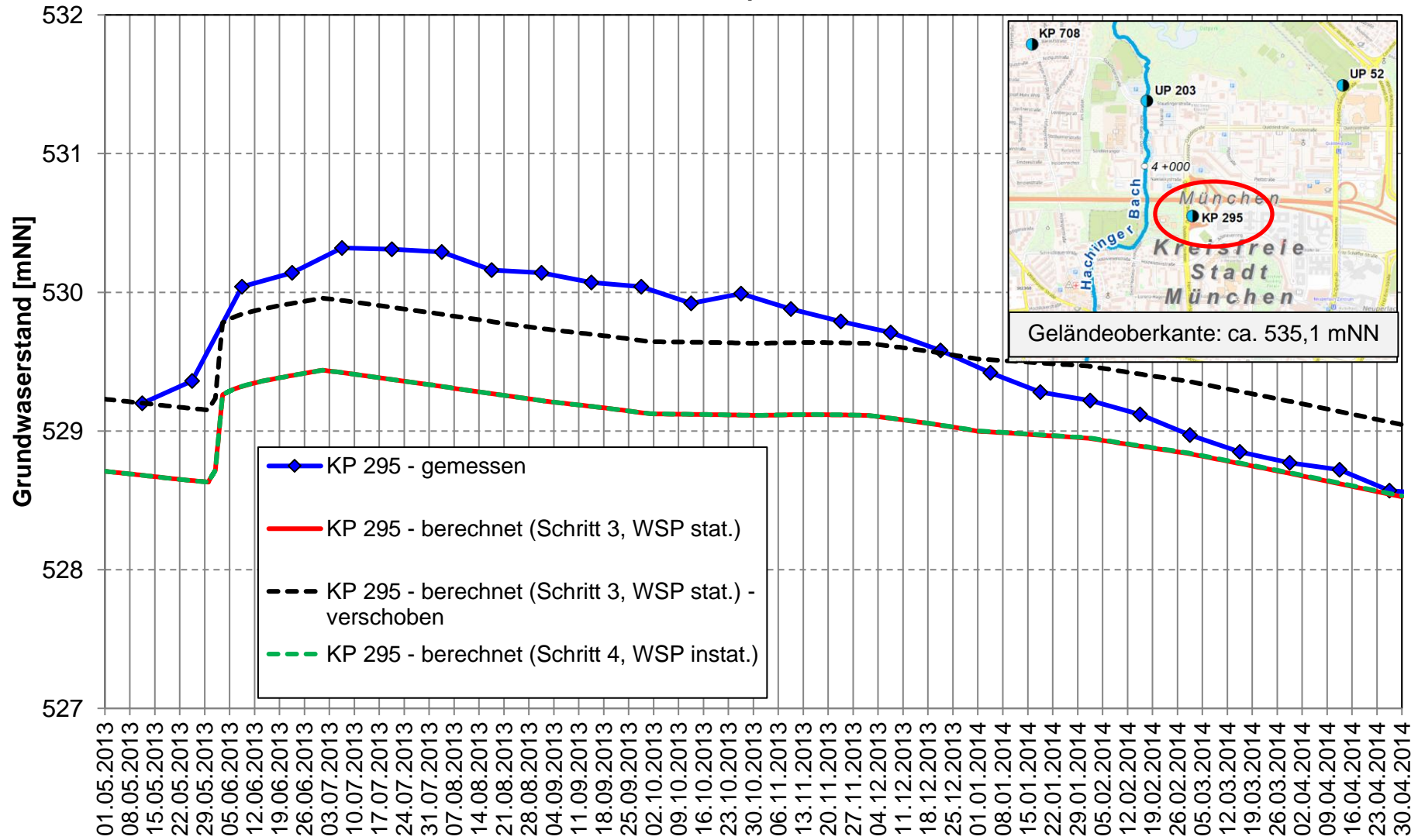
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Neubiberg/Campeon -



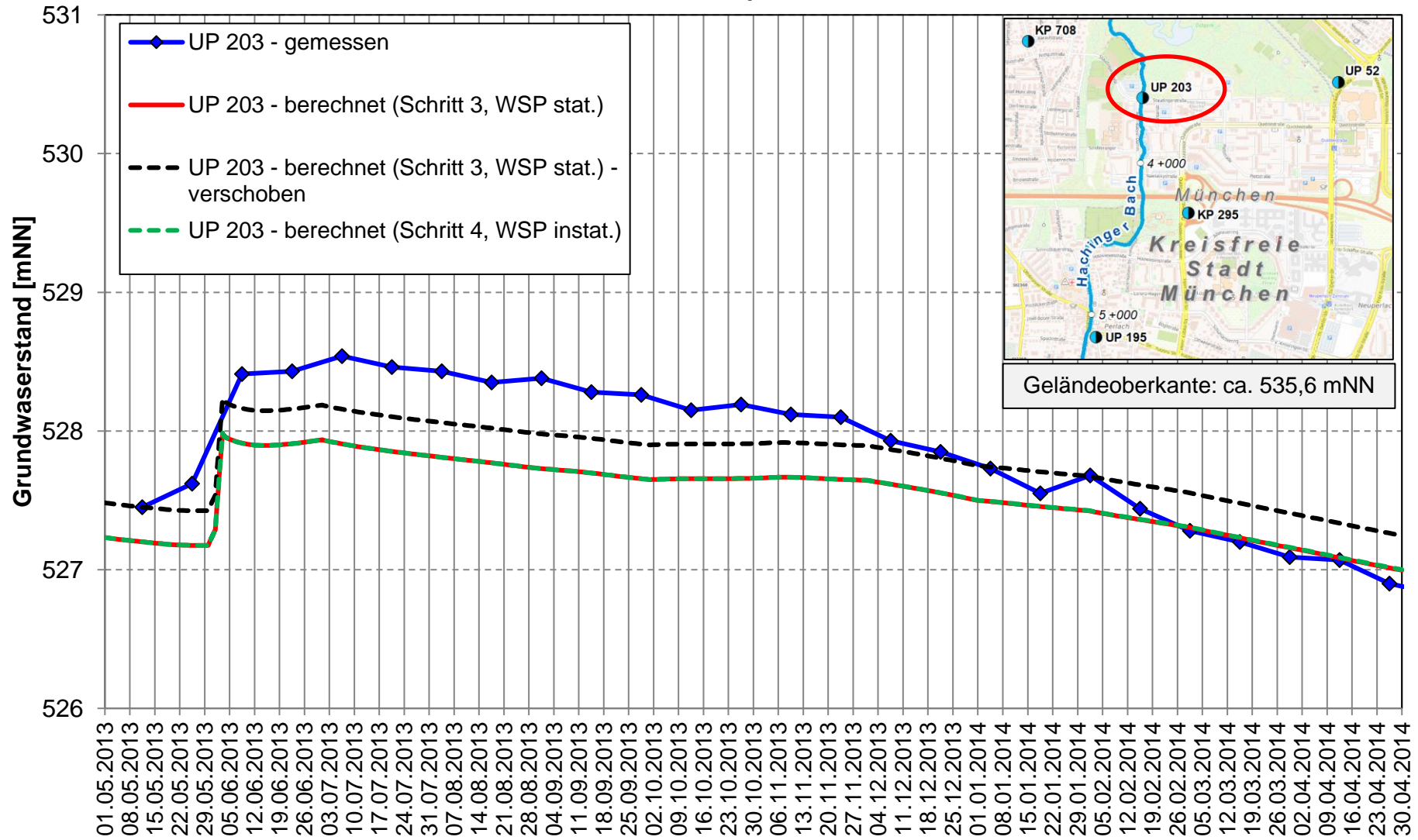
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



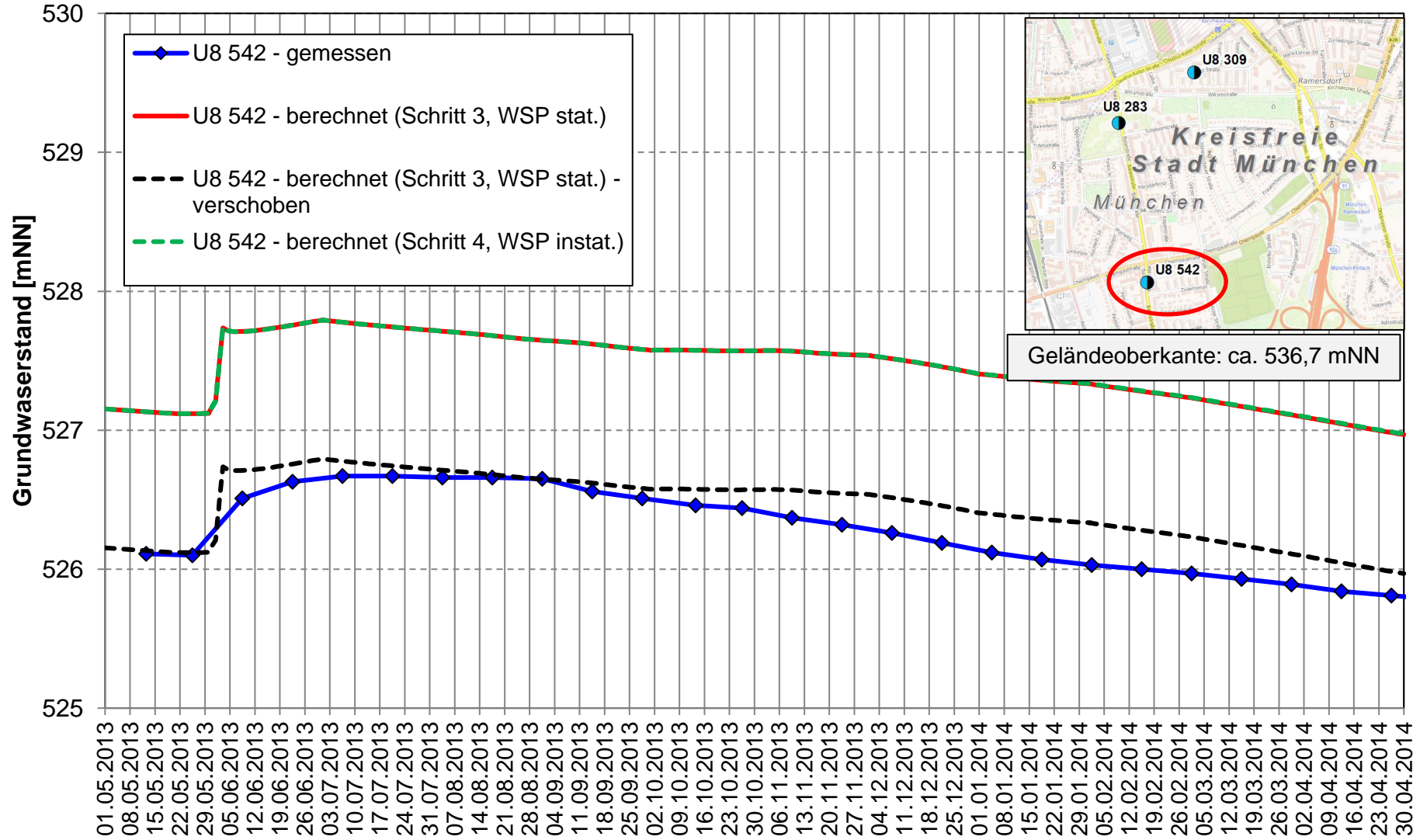
Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -

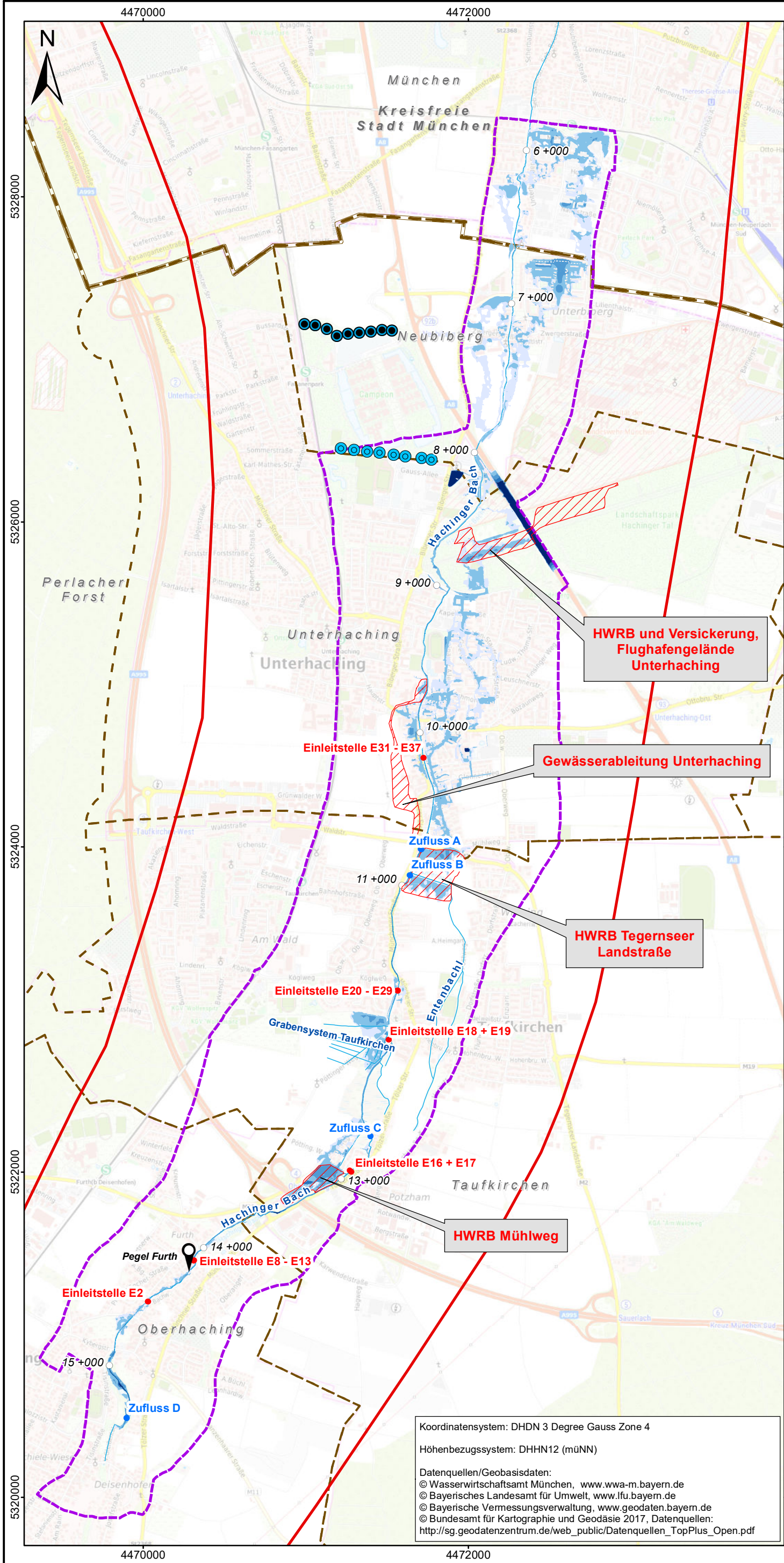


Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -



Instationäre Kalibrierung HW2013 Gemessene und berechnete Grundwasserstände - Bereich Landeshauptstadt München -





Zeichenerklärung

- Modellraum
- Geplante Maßnahmen
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Pegel Furth (WWA München)
- Entnahmebrunnen
- Infiltrationsbrunnen

2D-WSP-Modell Hochwassermanagement Hachinger Bach (2013)

- Modellgrenze

Zulaufandrbedingungen

Typ

- Zuflüsse
- Einleitstellen

Berechnete, max. Wassertiefen Istzustand HQ100 (Stand 2014) in [m]¹

- < 0,1
- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- > 1,5

HWRB und Versickerung, Flughafengelände Unterhaching

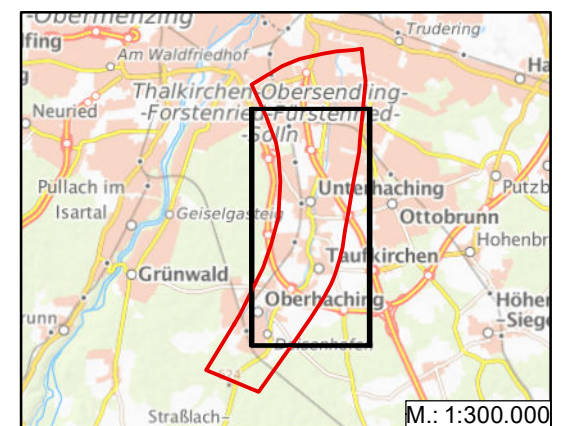
Gewässerableitung Unterhaching

HWRB Tegernseer Landstraße

HWRB Mühlweg

¹ 2D-WSP-Modell Steinbacher-Consult [15]

Übersicht



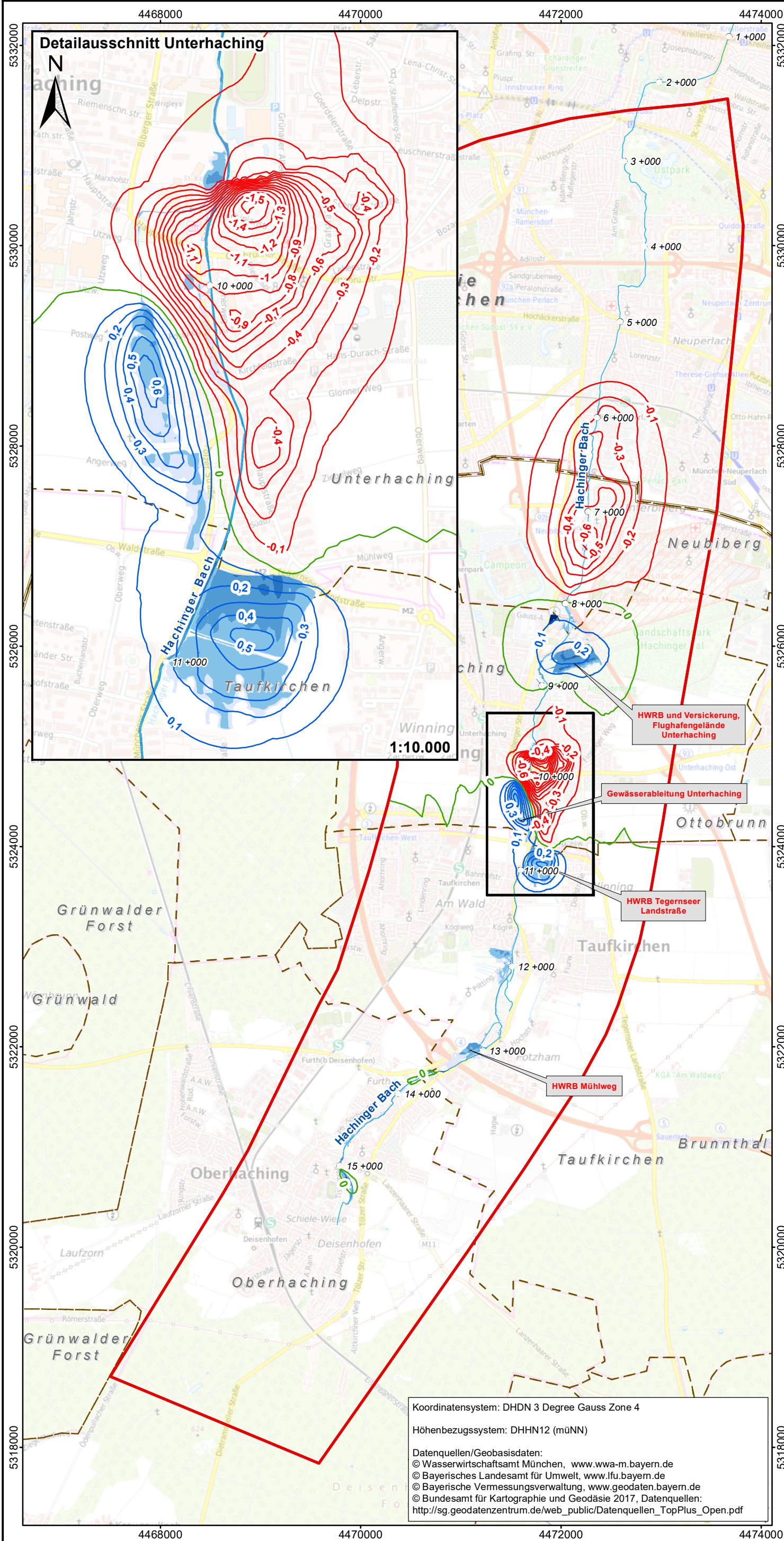
0 0,5 1 km



Lageplan Istzustand - Lastfall HQ100

M.: 1:25.000 | Juli 2021 | gwh1709936

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
 - Stadtgrenze München
 - Gemeindegrenze
 - Flusskilometer
 - Hachinger Bach
- 2D-WSP-Modell Planzustand HQ100 (Stand 2014) - berechnete, maximale Wassertiefen, Angaben in [m]¹
- < 0,1
 - 0,1 - 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - > 1,5
- Berechnete, maximale Grundwasserspiegeldifferenzen Plan- zu Istzustand, Angaben in [m]
- Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
 - Null-Linie
 - Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

¹ 2D-WSP-Modell Steinbacher-Consult [15]

Übersicht



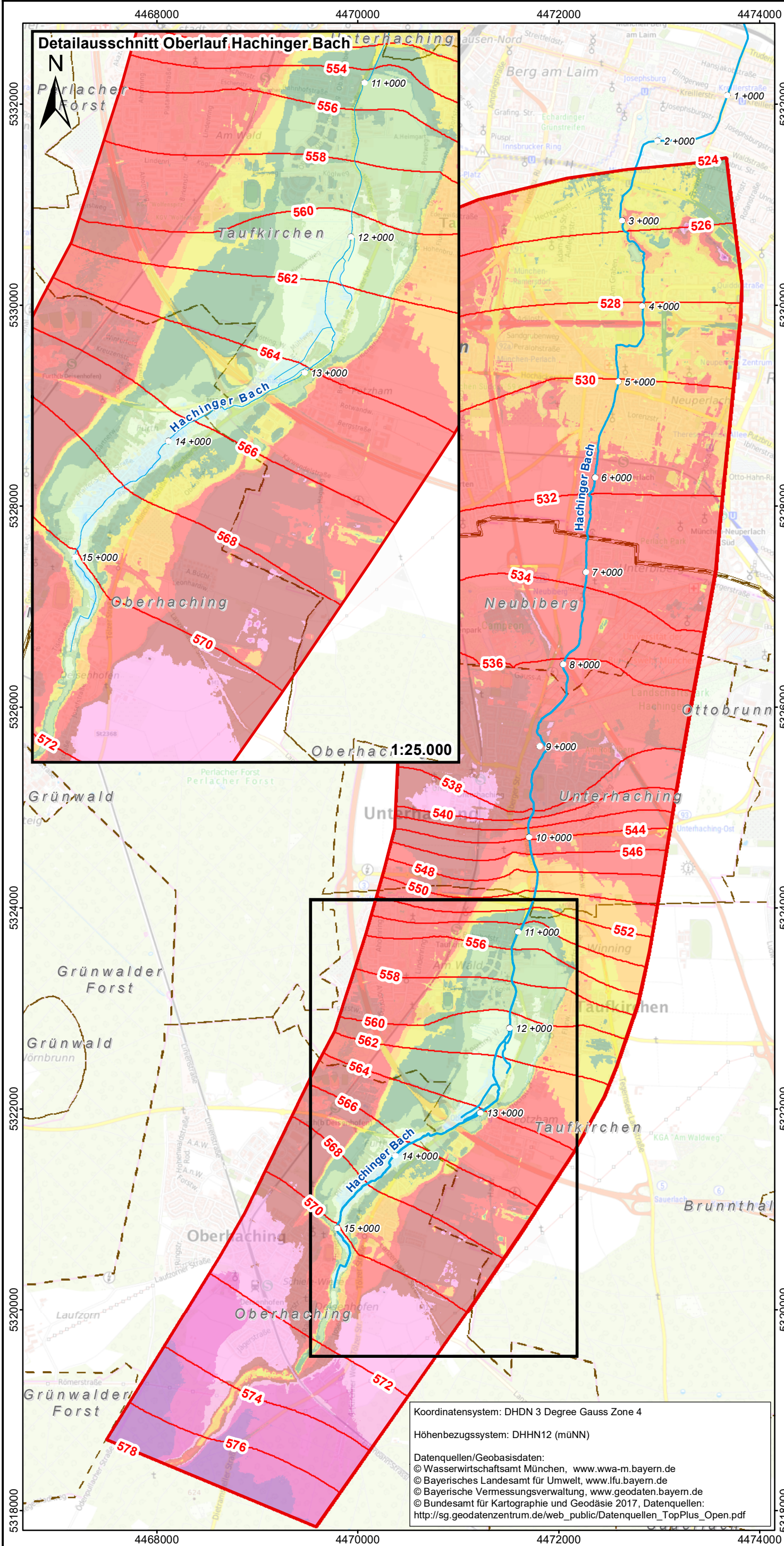
0 0,5 1 2 km

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Lastfall HQ100
- mittlere, hydrologische Verhältnisse MGW
Berechnete maximale
Grundwasserspiegeldifferenzen
Plan- zu Istzustand

M.: 1:40.000	Juli 2021	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Planzustand**
- Isolinien berechneter maximaler Grundwasserstände, Angaben in [mNN]

Berechnete Flurabstandsbereiche maximale Grundwasserstände

Angaben in [m]

- 1 bis 0
- > 0 - 1
- > 1 - 2
- > 2 - 4
- > 4 - 6
- > 6 - 8
- > 8 - 10
- > 10 - 15
- > 15 - 20
- > 20 - 25
- > 25 - 30
- > 30 - 35

Übersicht



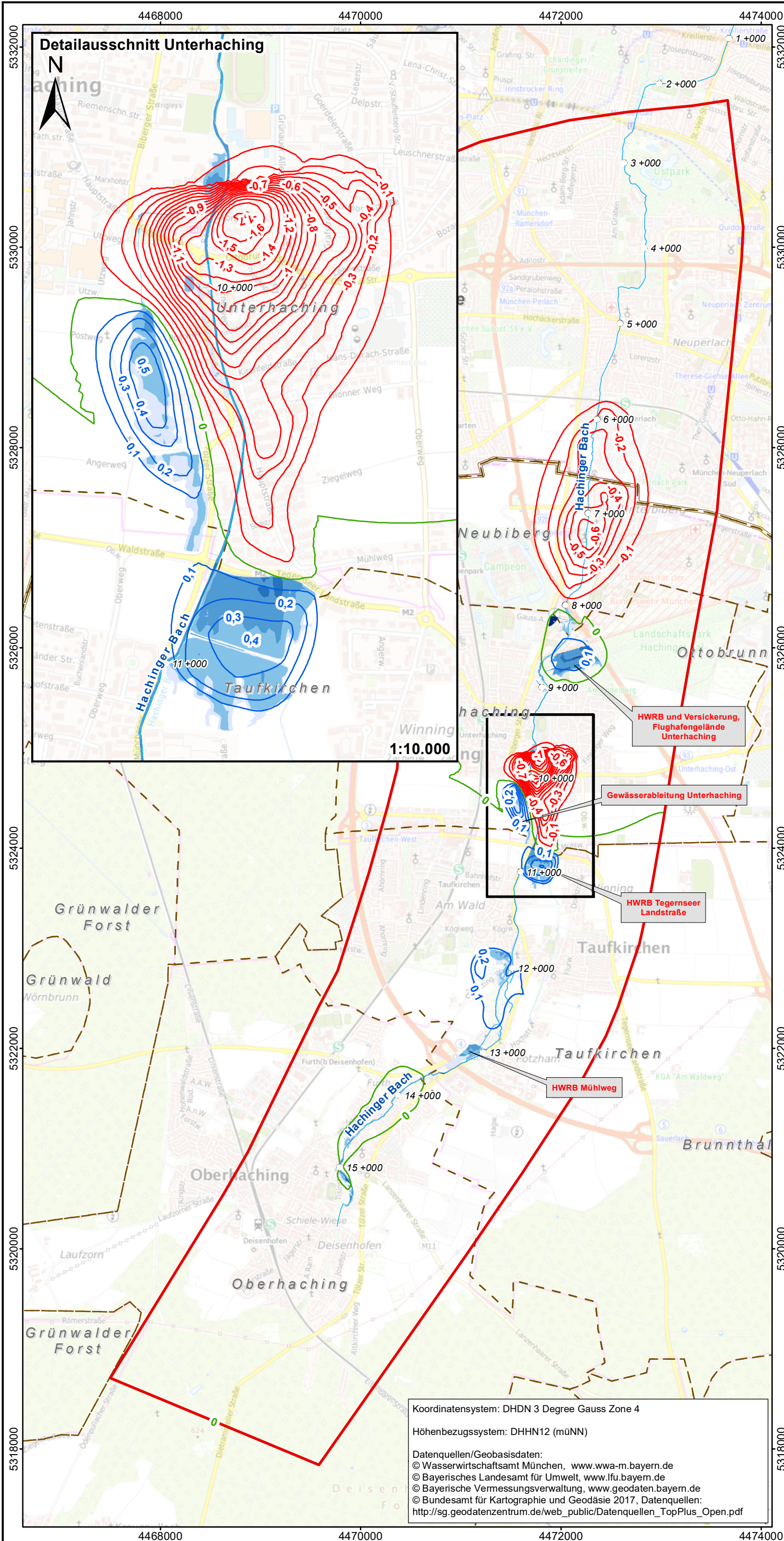
0 0,5 1 2 km

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Lastfall HQ100
 - mittlere, hydrologische Verhältnisse MGW
 Berechnete, maximale Grundwasserstände
 und Flurabstandsbereiche
 Planzustand

M.: 1:40.000	Juli 2021	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
 - Stadtgrenze München
 - Gemeindegrenze
 - 12+000 Flusskilometer
 - Hachinger Bach
- 2D-WSP-Modell Planzustand HQ100 (Stand 2014) - berechnete, maximale Wassertiefen, Angaben in [m]¹
- < 0,1
 - 0,1 - 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - > 1,5
- Berechnete, maximale Grundwasserspiegeldifferenzen Plan- zu Istzustand, Angaben in [m]
- Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
 - Null-Linie
 - Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

¹ 2D-WSP-Modell Steinbacher-Consult [15]

Übersicht



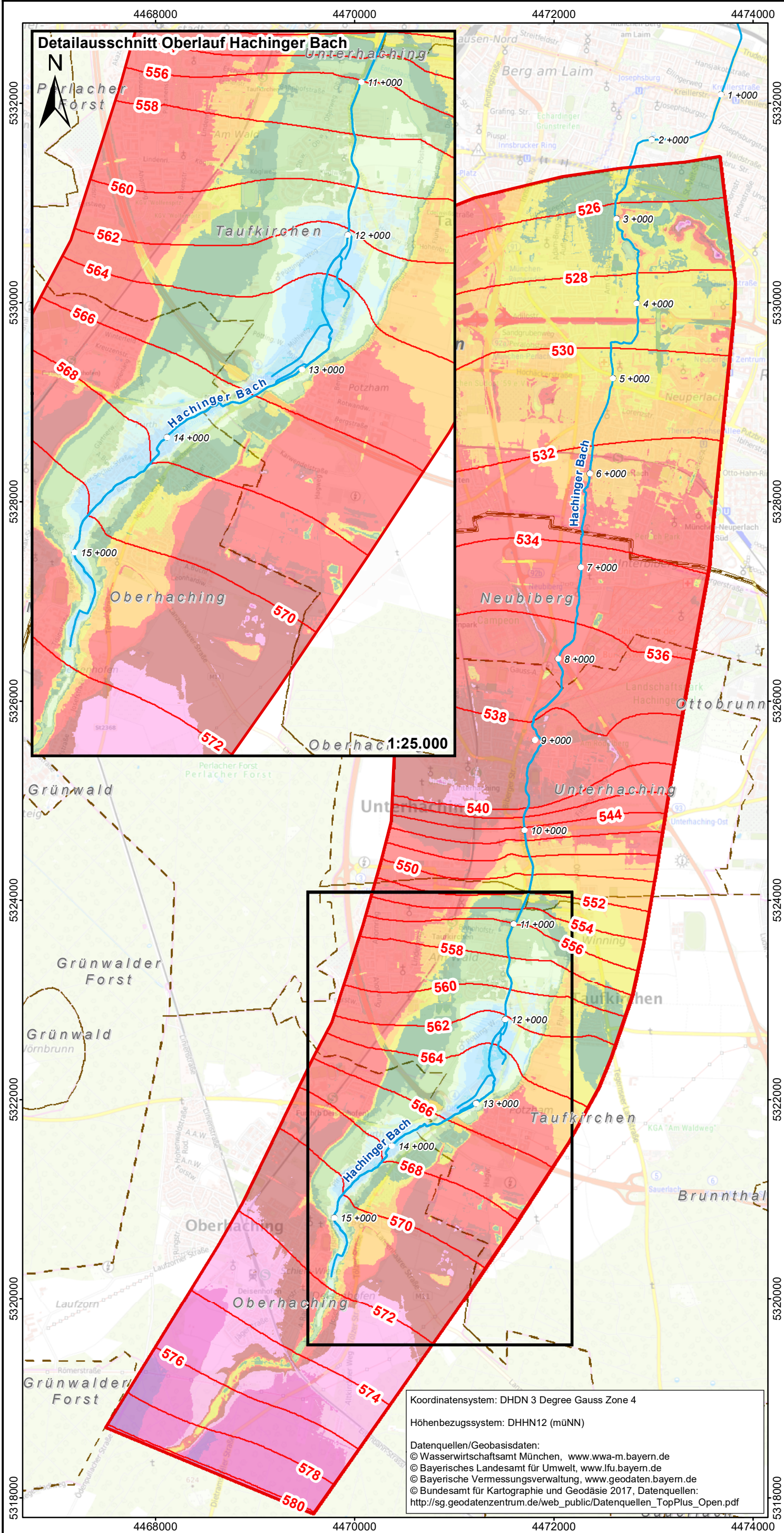
0 0,5 1 2 km

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Lastfall HQ100
 - Hydrologie HGW2013
 Berechnete maximale
 Grundwasserspiegeldifferenzen
 Plan- zu Istzustand

M.: 1:40.000	Juli 2021	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Planzustand**
- Isolinien berechneter maximaler Grundwasserstände, Angaben in [mNN]

Berechnete Flurabstandsbereiche maximale Grundwasserstände

Angaben in [m]

- < -2
- > -2 bis -1
- > -1 bis 0
- > 0 - 1
- > 1 - 2
- > 2 - 4
- > 4 - 6
- > 6 - 8
- > 8 - 10
- > 10 - 15
- > 15 - 20
- > 20 - 25
- > 25 - 30
- > 30 - 35

Übersicht



0 0,5 1 2 km

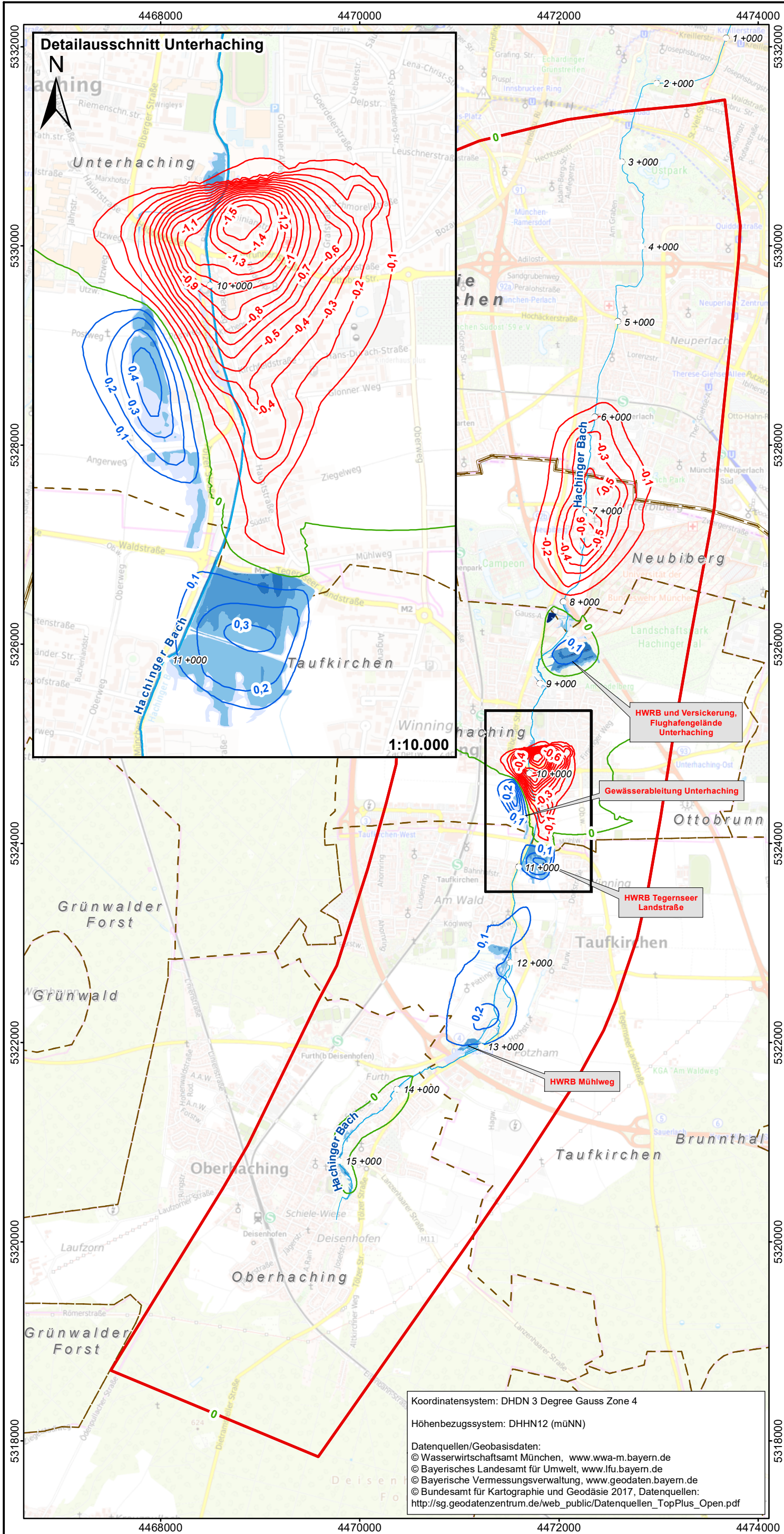
BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Lastfall HQ100
- Hydrologie HGW2013

Berechnete, maximale Grundwasserstände
und Flurabstandsbereiche
Planzustand

M.: 1:40.000	Juli 2021	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung


- Modellraum
 - Stadtgrenze München
 - Gemeindegrenze
 - 12+000 Flusskilometer
 - Hachinger Bach
- 2D-WSP-Modell Planzustand HQ100 (Stand 2014) - berechnete, maximale Wassertiefen, Angaben in [m]¹
- < 0,1
 - 0,1 - 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - > 1,5
- Berechnete, maximale Grundwasserspiegeldifferenzen Plan- zu Istzustand, Angaben in [m]
- Absenkung Grund-/Druckwasserspiegel
 - Null-Linie
 - Anhebung Grund-/Druckwasserspiegel

¹ 2D-WSP-Modell Steinbacher-Consult [15]

Übersicht



0 0,5 1 2 km

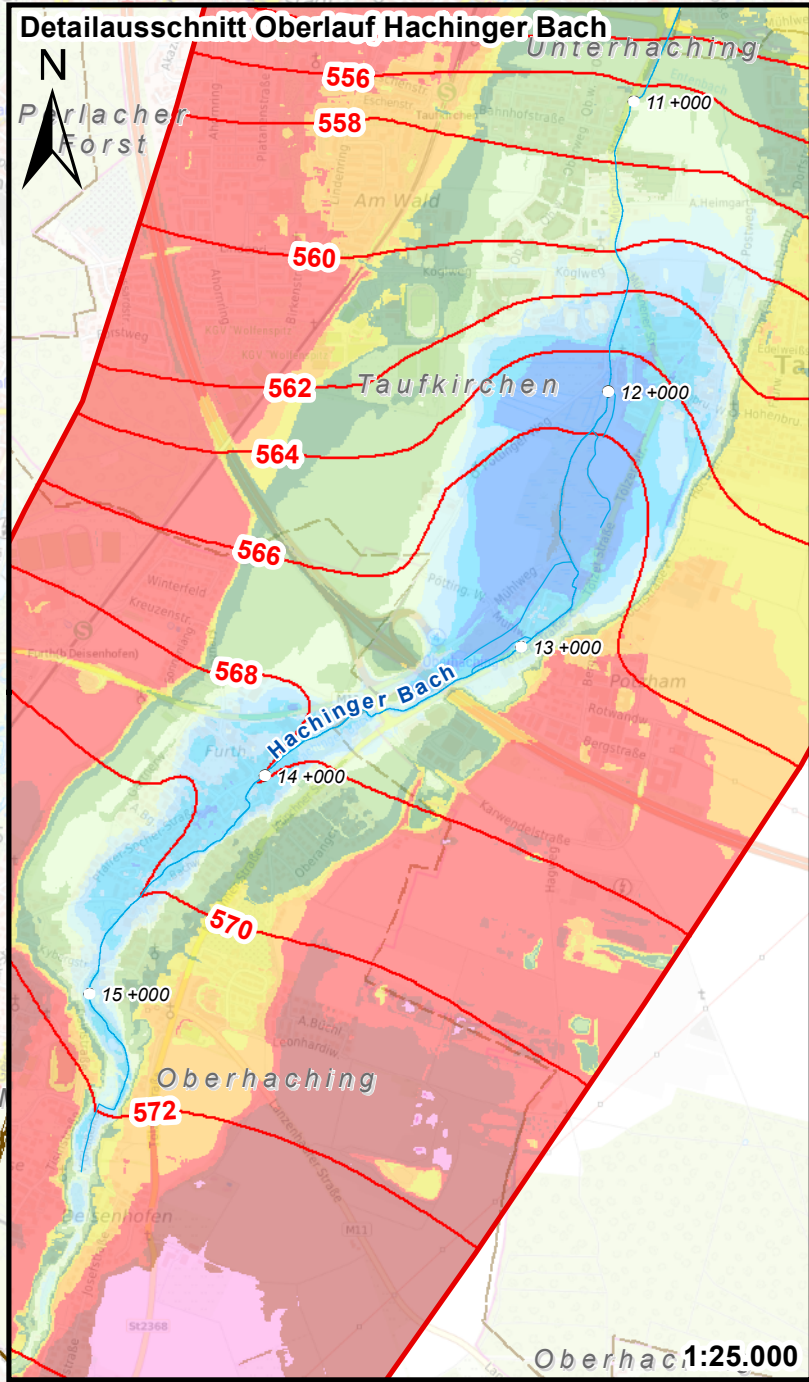
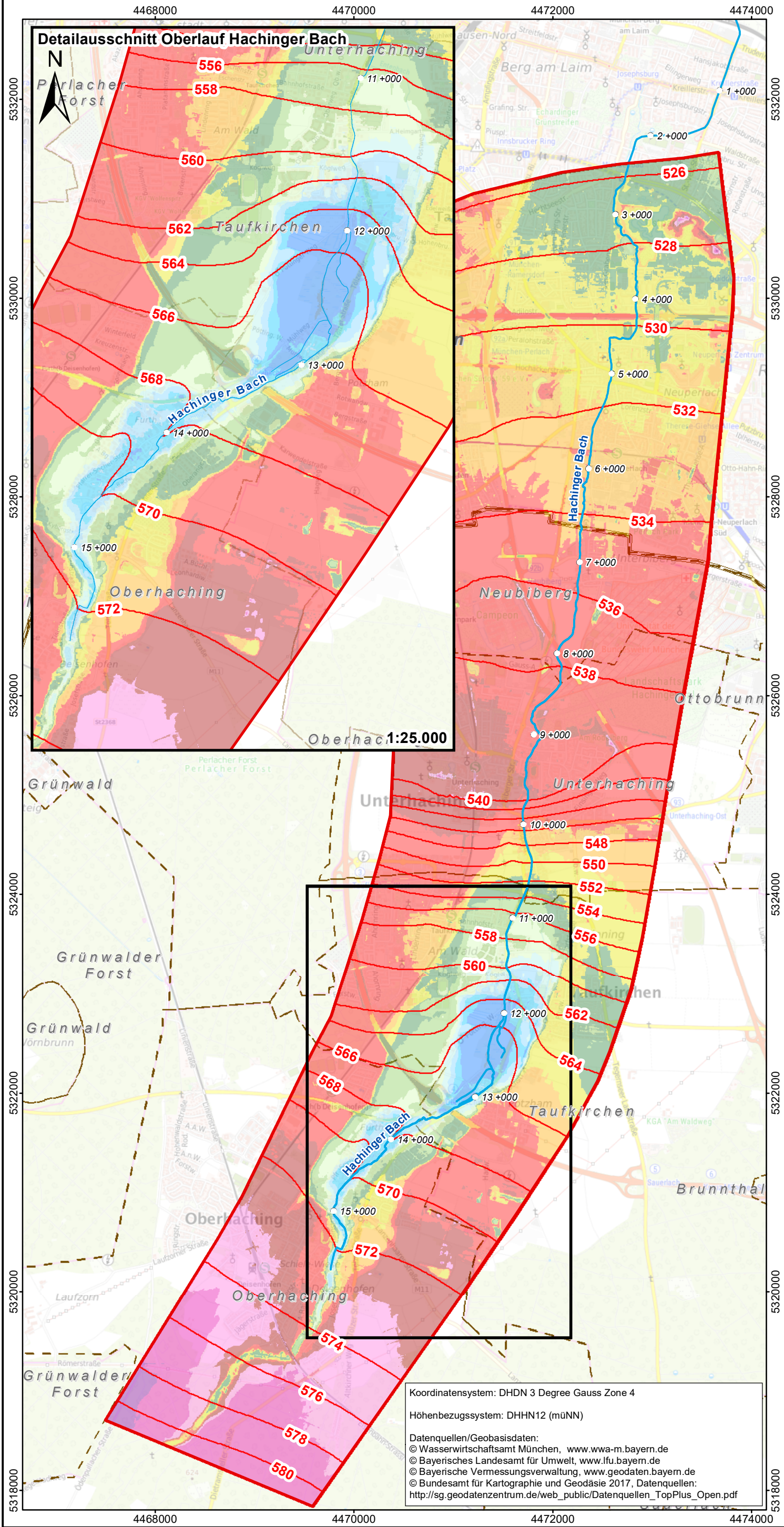


BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Lastfall HQ100
 - Hydrologie HGW100
 Berechnete maximale
 Grundwasserspiegeldifferenzen
 Plan- zu Istzustand

M.: 1:40.000	Juli 2021	gwh1709936
--------------	-----------	------------

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Stadtgrenze München
- Gemeindegrenze
- 12+000 Flusskilometer
- Hachinger Bach
- Planzustand**
- Isolinien berechneter maximaler Grundwasserstände, Angaben in [mNN]

- Berechnete Flurabstandsbereiche maximale Grundwasserstände**
 Angaben in [m]
- < -4
 - > -4 bis -2
 - > -2 bis -1
 - > -1 bis 0
 - > 0 - 1
 - > 1 - 2
 - > 2 - 4
 - > 4 - 6
 - > 6 - 8
 - > 8 - 10
 - > 10 - 15
 - > 15 - 20
 - > 20 - 25
 - > 25 - 30
 - > 30 - 35

Übersicht



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4
 Höhen Bezugssystem: DHHN12 (müNN)
 Datenquellen/Geobasisdaten:
 © Wasserwirtschaftsamt München, www.wwa-m.bayern.de
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de
 © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
 http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Lastfall HQ100
 - Hydrologie HGW100
 Berechnete, maximale Grundwasserstände
 und Flurabstandsbereiche
 Planzustand

M.: 1:40.000	Juli 2021	gwh1709936
--------------	-----------	------------