



Wasserwirtschaftsamt  
Donauwörth



# HOCHWASSERSCHUTZ UND GEWÄSSERENTWICKLUNG AN DER WERTACH

## 4. Realisierungsabschnitt

### Anlage 9.1

### Teil 1: Hydrogeologisches Modell

- Datenstand: August 2013 -

Wasserwirtschaftsamt Donauwörth  
Donauwörth, den .....2015

.....  
Ralph Neumeier, Ltd. Baudirektor

aufgestellt:  
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Augsburg, im August 2015  
i.V.

.....  
Dipl.-Ing. (FH), M.Eng. Stefan Bonengel

**BCE**

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Niederlassung Augsburg  
Morellstraße 33 · 86159 Augsburg  
Telefon 0821 3194908-0 · Telefax 0821 3194908-17

August 2015

Knö/wth2007025.36



## Inhaltsverzeichnis

<b>Erläuterungsbericht</b>		<b>Seite</b>
1	Aufgabenstellung	1
2	Daten	2
2.1	Datengrundlagen	2
2.2	Bewertung der Datengrundlagen	6
3	Entwicklung des Hydrogeologischen Modells	7
3.1	Hydrogeologische Übersicht	7
3.1.1	Bilanzraum und Modellraum	8
3.1.2	Strukturierung des Modellraumes	9
3.1.2.1	Hydrostratigrafische Einheiten	9
3.1.2.2	Geohydraulische Kennwerte	11
3.1.3	Gewässersystem	15
3.1.4	Grundwasserhydraulik	20
3.1.5	Grundwasserbilanz	25
3.1.5.1	Grundwasserneubildung	25
3.1.5.2	Randzufluss aus dem orohydrografischen Einzugsgebiet	26
3.1.5.3	Zustrom im quartären Grundwasserleiter	27
3.1.5.4	Austausch mit Oberflächengewässern	27
3.1.5.5	Grundwasserentnahmen	31
3.1.5.6	Grundwasseraustausch mit dem tertiären Grundwasserleiter	32
3.1.5.7	Grundwasserbilanz	32
3.1.6	Randbedingungen	33
3.2	Vorgaben für das numerische Grundwassermodell	33
3.3	Vorgaben für das numerische instationäre Grundwassermodell	34
4	Empfehlungen	35

## Anlagen

- 1 Lagepläne
  - 1.1 Bilanz- und Modellraum
  - 1.2 Regionalgeologische Situation
  - 1.3 Legende zur Regionalgeologischen Situation
  
- 2 Strukturierung des Modellraumes
  - 2.1 Basis des quartären Grundwasserleiters
  - 2.2 Schematische hydrogeologische Schnitte
    - 2.2.1 Profil A-A'
    - 2.2.2 Profil B-B'
    - 2.2.3 Profil C-C'
    - 2.2.4 Profil D-D'
    - 2.2.5 Profil E-E'
    - 2.2.6 Profil F-F'
  - 2.3 Deckschichtmächtigkeit
  - 2.4 Durchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter
  - 2.5 Zeitliche Pumpversuchsauswertung nach Cooper/Jacob an der Messstelle TBA\_1071
  - 2.6 Triebwerkskanäle und Bachläufe auf der Wertachseite (schematische Darstellung)
  - 2.7 Entwicklung der Wertachsohle 1999/2010
  
- 3 Grundwasserhydraulik
  - 3.1 Hydrologisches Messnetz
  - 3.2 Wasserstände der Wertach am Pegel Augsburg-Oberhausen, Stundenwerte, 2003 - 2012
  - 3.3 Abflüsse der Wertach am Auslauf KW Inningen (Stausee), Tageswerte, 2003 - 2009
  - 3.4 Sondermessnetz Wertach vital II, Gemessene Grundwasserstände Mai 2004/Nov 2009
    - 3.4.1 1. Realisierungsabschnitt
    - 3.4.2 3. Realisierungsabschnitt
    - 3.4.3 4. Realisierungsabschnitt – westliche Wertachseite
    - 3.4.4 4. Realisierungsabschnitt – östliche Wertachseite
    - 3.4.5 Bereich südlich Ackermannwehr
  - 3.5 Gemessene Grundwassergleichen Mittlere Grundwasserstände (MGW) und Messwerte Stichtagsmessung Oktober 2007
  - 3.6 Stichtagsmessung 25.10.2007, Abflussmessungen an Gewässern, schematische Darstellung
  - 3.7 Flurabstandskarte Mittelwerte WWJ 2009
  
- 4 Komponenten der Grundwasserbilanz
  - 4.1 Klimastation Augsburg- Mühlhausen (DWD 10852), Niederschlagssummen der hydrologisches Halbjahre
  - 4.2 Grundwasserneubildung

## **Abbildungen**

Abbildung 1:	Geologische Landschaftsgliederung des Kartenbereiches aus [2], verändert	7
Abbildung 2:	Kurzpumpversuch an GWM TBA_0987	11
Abbildung 3:	Schema der Gewässer und Triebwerke (gekennzeichnet mit Triebwerksnummer) im Modellraum	15
Abbildung 4:	Wesentliche Grundwasserentnahmen im Modellraum	31

## **Tabellen**

Tabelle 1:	Auswertung von Pumpversuchen an Grundwassermessstellen	13
Tabelle 2:	Abläsetermine Wertachseite 2004 - 2013	20
Tabelle 3:	Vorläufige Grundwasserbilanz für den Modellraum	32

## Verwendete Unterlagen

- [1] Landesamt für Umwelt, Hochwassernachrichtendienst (Hrsg.):  
Informationen über die Pegel Augsburg Oberhausen / Wertach und Augsburg u. d.  
Wertachmündung / Lech  
www.hnd.bayern.de
  
- [2] Schaefer, I.:  
Erläuterungen zur Geologischen Karte von Augsburg und Umgebung 1:50000  
München, 1957
  
- [3] Schuler, G.:  
Erläuterungen zur Grundwasserkarte der Stadt Augsburg 1:25000  
Augsburg, Dezember 1982
  
- [4] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:  
Die Grundwasserneubildung in Bayern; Berechnet aus den Niedrigwasserabflüssen  
der oberirdischen Gewässer  
München, 1996
  
- [5] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) (Hrsg.):  
Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, DVWK-Merkblätter zur  
Wasserwirtschaft, H. 238  
Bonn, 1996
  
- [6] Deutsche Bahn AG (Hrsg.):  
Erweiterte Orientierende Untersuchung Standort Augsburg (6105), Band 8: Haupt-  
bahnhof – Grundwasseruntersuchungen, Erläuterungsbericht  
Homburg, April 1999  
Verfasser: PLASA – Planungsgesellschaft Bodensanierung Homburg mbH
  
- [7] Wasserwirtschaftsamt Donauwörth (Hrsg.):  
Wertach Vital. Sanierung und naturnahe Umgestaltung der Wertach zwischen Fluss-  
km 13+500 und 8+275, Hydrogeologische Untersuchungen, Teil 1: hydrogeologi-  
sches Gutachten mit Dokumentation des Ist-zustandes,  
Augsburg, Januar 2000  
Verfasser: Geotechnisches Büro Prof. Dr. Schuler und Dr.-Ing. Gödecke
  
- [8] Wasserwirtschaftsamt Donauwörth (Hrsg.):  
Wertach Vital. Sanierung und naturnahe Umgestaltung der Wertach zwischen Fluss-  
km 13+500 und 8+275, Hydrogeologische Untersuchungen, Teil 2: Mathematisches  
Grundwasserströmungsmodell und bisherige Beweissicherungsmessungen  
Augsburg, Januar 2001  
Verfasser: Geotechnisches Büro Prof. Dr. Schuler und Dr.-Ing. Gödecke
  
- [9] Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Hrsg.):  
Hydrogeologische Modelle. Ein Leitfaden mit Fallbeispielen. Schriftenreihe der Deut-  
schen Geologischen Gesellschaft Heft 24  
Hannover, 2002

- [10] Wasserwirtschaftsamt Donauwörth (Hrsg.):  
Wertach vital II - Hydrogeologische Untersuchungen  
Teil 1: Hydrogeologisches Modell  
Koblenz, Juli 2003  
Verfasser: Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH
- [11] Fachhochschule Augsburg, Projektgruppe, Prof. Dr.-Ing. Frank Gießner  
in Zusammenarbeit mit der Umweltkoordinierungsstelle:  
Wasserkraft in Augsburg, Reaktivierung von stillgelegten und defekten Wasserkraft-  
anlagen, Projektarbeit WS 2002/03  
Augsburg, 2003
- [12] WWA Donauwörth, Stadt Augsburg (Tiefbauamt), HydroConsult GmbH:  
Grundwasserkarte der Stadt Augsburg 1:25.000 (Kenntnisstand 2005)  
2005
- [13] Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften  
(SDGG) (Hrsg.):  
Hydrogeologische Modelle. Bewertung des a priori-Wissens. Schriftenreihe der Deut-  
schen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 70  
Hannover, 2010
- [14] Wasserwirtschaftsamt Donauwörth (Hrsg.):  
Hochwasserschutz und Gewässerentwicklung an der Wertach - Wertach vital II  
Grundwasserüberwachung Wasserwirtschaftsjahre 2004 - 2009  
Augsburg, Juli 2010  
Verfasser: Björnßen Beratende Ingenieure GmbH
- [15] Hölting, Bernward, Coldewey, Wilhelm G. (Hrsg.)  
Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie.  
8. Auflage 2013
- [16] Protokolle nachfolgender Besprechungen zum 4. RA  
– 04.03.2008, Abstimmungsgespräch Firma Ackermann  
– 26.03.2010, Teil I: Grundwasserüberwachung  
– 12.12.2012, Pos. 4 Grundwasser  
– 11.11.2013, Pos. 3 Grundwasser  
– 21.01.2014, Pos. 3 Grundwasser

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
2d-Berechnung	Zweidimensionale hydrotechnische Berechnung
°C	Grad Celsius
‰	Promille
%	Prozent
$\Delta h$	Höhendifferenz-/unterschied
<b>A</b>	
AA	Altablagerung
a.a.R.d.T.	allgemein anerkannte Regeln der Technik
Abs.	Absatz
ABuDIS	Altlasten-, Bodenschutz- und Deponieinformationssystem (LfU)
AN	Auftragnehmer
AG	Auftraggeber
Art.	Artikel
AS	Altstandort
ATV	Allgemeine technische Vertragsbedingungen
AVB	Allgemeine Vertragsbedingungen
AW	Abwasser
Az	Aktenzeichen
<b>B</b>	
BayStMUV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
BayNatSchG	Bayerisches Naturschutzgesetz
BayWG	Bayerisches Wassergesetz
BCE	Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BGBI	Bundesgesetzblatt
BHQ	Bemessungshochwasser
bspw.	beispielsweise
BY	Bayern
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
<b>C</b>	
ca.	cirka
CAD	Computer aided design (Computer unterstütztes Konstruieren)
<b>D</b>	
DIN	Deutsche Industrie-Norm oder Deutsches Institut für Normung e.V.
d.h.	das heißt
DGM	Digitales Geländemodell
DN	Nenndurchmesser Rohrleitung oder Grundwassermessstelle

DXF	Dateiformat eines CAD-Programms (Datenaustausch)
<b>E</b>	
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Evtl.	eventuell
EZG	Einzugsgebiet
<b>F</b>	
Fa.	Firma
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FIS-Natur	Bayerisches Fachinformationssystem Naturschutz
Fl.km	Flusskilometer
FNP	Flächennutzungsplan
<b>G</b>	
Gde.	Gemeinde
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geographisches Informationssystem (z.B. ESRI ArcGIS 10)
GmbH	Gesellschaft mit bedingter Haftung
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermessstelle
GWSP	Grundwasserspiegel
<b>H</b>	
ha	Hektar
HHGW	höchstmöglicher Grundwasserstand
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HW	Hochwasser
HWT	Hochwasser mit statistischem Wiederkehrintervall T in Jahren
HWS	Hochwasserschutz
HQ <sub>T</sub>	Hochwasserabfluss mit statistischem Wiederkehrintervall T in Jahren
<b>I</b>	
IB	Ingenieurbüro
i.d.R.	in der Regel
inkl.	inklusive
ISYBAU	Integriertes DV-System Bauwesen
i. V. m.	in Verbindung mit
<b>K</b>	
KA	Kläranlage
Kap.	Kapitel

k <sub>f</sub>	Durchlässigkeitsbeiwert oder Hydraulische Leitfähigkeit, Proportionalitätsfaktor, der die Durchlässigkeit von Boden oder Fels für Wasser kennzeichnet
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
<b>L</b>	
l	Liter
l/s	Liter/Sekunde
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LGD	Landesgrundwasserdienst Bayern
LISA	Liegenschaftsinformationssystem Außenanlagen (ein GIS)
LKNr.	Liegenschaftskennnummer
Lkr.	Landkreis
LNr.	Liegenschaftsnummer
LRA	Landratsamt
LSA	Lösungsansatz
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LWG	Landeswassergesetz
<b>M</b>	
M	Maßstab
m	Meter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
m <sup>3</sup> /s	Abfluss in Kubikmeter pro Sekunde
max.	maximal
mg	Milligramm
MGW	mittlerer Grundwasserstand
min	Minute
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
mNN	Meter über Normal Null
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante
MW	Mischwasser
<b>N</b>	
NA-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
n.b.	nicht bekannt
Nr.	Nummer
<b>O</b>	
OD	Offenes Deckwerk
o.g.	oben genannt
OSM	Obere Süßwassermolasse

<b>P</b>	
PV	Pumpversuch
<b>Q</b>	
Q	Abfluss oder Förderleistung [m <sup>3</sup> /s]
Q(a)	Jährliche Entnahme [m <sup>3</sup> /a]
QM	Qualitätsmanagement
Q-s	Leistungsdiagramm (Auswertung Pumpversuch) mit Gegenüberstellung von Förderleistung Q und Absenkung s
Q-t	Pumpversuchsdiagramm (Auswertung Pumpversuch) mit Gegenüberstellung von Förderleistung Q und Zeit t
<b>R</b>	
rd.	rund
RiStWag	Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten
RW	Regenwasser
<b>S</b>	
s	Sekunde
s.	siehe
s.a.	siehe auch
SCS	Soil Conservation Service
SMS	Surface Water Modeling System ; Computerprogramm zur Vor- und Nachbearbeitung für 2-dimensionale hydrotechnische Berechnungen mit HYDRO_AS-2D
s. o.	siehe oben
sog.	sogenannt
St.d.T.	Stand der Technik
SW	Schmutzwasser
<b>T</b>	
t	Time (Zeit, Zeitachse)
TBA	Tiefbauamt, Abt. Wasser- und Brückenbau der Stadt Augsburg
TEG	Teileinzugsgebiet
TdV	Träger des Vorhabens
TS	Transportstrecke
Tsd.	Tausend
TU	Technische Universität
<b>U</b>	
u. a.	unter anderen
UG	Untersuchungsgebiet
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
ÜSG	Überschwemmungsgebiet

<b>V</b>	
v.a.	vor allem
VHB	Vergabehandbuch
VO	Verordnung
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
VOL	Verdingungsordnung für Leistungen, ohne Bauleistungen
vs.	versus
vsl.	voraussichtlich
VVAwS	Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe
VwV	Verwaltungsvorschrift
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe
<b>W</b>	
WA	Wehranlage
WG	Wassergesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (des Bundes; Rahmengesetz)
WKA	Wasserkraftanlage
WP	Wärmepumpe
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
WSG	Wasserschutzgebiet
WSP	Wasserspiegel
WWA	Wasserwirtschaftsamt
<b>Z</b>	
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

## 1 Aufgabenstellung

Im Zusammenhang mit den Planungen zu Hochwasserschutz und Gewässerentwicklung an der Wertach im Abschnitt *Wertach vital II* ist die Ermittlung und Beurteilung der aus den Maßnahmen resultierenden Auswirkungen auf die Grundwasserstände und hiervon ggf. betroffene Nutzungen erforderlich.

Hierzu wurde 2008 ein Grundwassermodell erstellt, welches das Wertachtal zwischen der Staustufe Inningen (ca. Fl.km 13+500) und der Mündung der Wertach in den Lech (bei ca. Lech Fl.km 39) und darüber hinaus bis zum Lech bei Fl.km 37, im Unterwasser des Gersthofer Wehres (Anlage 1.1), umfasst. Das Grundwassermodell wurde auf Grundlage der im Hydrogeologischen Modell (HGM) aus 2003 [10] abgeleiteten hydrogeologischen Modellvorstellung und den seinerzeit ermittelten Randbedingungen erstellt.

Im Hinblick auf die Planungen des 4. Realisierungsabschnitt (RA) zu *Wertach Vital II* wurde das HGM fortgeschrieben. Die Ausarbeitung des hiermit vorgelegten HGM erfolgte gemäß den einschlägigen Leitfäden der Fachsektion Hydrogeologie [9], [13].

## 2 Daten

### 2.1 Datengrundlagen

Entsprechend den Empfehlungen im HGM von 2003 [10] wurden zur Verbesserung der Datengrundlagen seitens WWA Donauwörth und Tiefbauamt (TBA) der Stadt Augsburg zusätzliche Erkundungsmaßnahmen durchgeführt. Diese umfassten insbesondere:

- Die Errichtung von 18 neuen Grundwassermessstellen zur Verdichtung des Grundwassermessnetzes (2004).
- Die Ausstattung ausgewählter Grundwassermessstellen mit Datenloggern zur kontinuierlichen Erfassung der Grundwasserstände (*Sondermessnetz Wertach vital*)
- Die Durchführung einer umfassenden Stichtagsmessung am 25.10.2007 mit gleichzeitigen Wasserstands- und Abflussmessungen an Oberflächengewässern.

Insgesamt wurden, neben den im Verzeichnis der verwendeten Unterlagen (Seite IV) aufgeführten Unterlagen und Untersuchungsberichten, die nachfolgend aufgeführten Daten und Unterlagen verwendet und unter Berücksichtigung der vorliegenden Auswertungen im HGM von 2003 [10] aktualisiert bzw. fortgeschrieben. Die verwendeten Daten wurden vom WWA Donauwörth zur Verfügung gestellt.

#### Kartengrundlagen

- Topographische Karten (1:25.000), Stand 2011
  - Blatt Nr. 7531 Gersthofen
  - Blatt Nr. 7630 Westheim b. Augsburg
  - Blatt Nr. 7631 Augsburg
  - Blatt Nr. 7730 Großaitingen
  - Blatt Nr. 7731 Mering

#### Topografie – Digitales Geländemodell (DGM)

- Digitales Geländemodell (DGM) aus dem Datenbestand des bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation (LVG)
  - DGM2 (Auflösung 2 m): östliches Wertachtal und überwiegender Bereich des westlichen Tales, zwischen ca. Wertach Fl.km 3+900 und ca. Wertach Fl.km 12+200, Stand 2003
  - DGM1 (Auflösung 1 m): bereichsweise westliches Wertachtal, zwischen ca. Wertach Fl.km 3+900 und ca. Wertach Fl.km 12+200, Stand 2007
- Digitale Orthofotos, des bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation (LVG), ca. Wertach Fl.km 3+600 bis ca. Wertach Fl.km 11+500, Stand 30.06.2012

#### Flächennutzung

- Landnutzung aus dem Datenbestand des bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation (LVG), Wertachtal zwischen ca. Wertach Fl.km 3+900 und ca. Wertach Fl.km 13+500

## Hydrologie

### A) Gewässersystem

- Schematische Darstellung der wichtigsten Augsburgsberger Triebwerkskanäle und Bachläufe sowie ihre Zusammenhänge und Verbindungen (Stand Mai 2006), erhalten vom Tiefbauamt der Stadt Augsburg
- Wertach vital II, 4. Realisierungsabschnitt Fl.Km 6+760 bis Fl.Km 8+250, Radegundisbach, Hydrologische Planungsgrundlagen und Wasserspiegellagenmodell, Entwurfsverfasser: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth (Az. P-4441.2-StA-2130/2013), Feb 2013
- Querprofilaufnahmen der Wertach zu unterschiedlichen Vermessungszeitpunkten:
  - Sohle Frühjahr 1995: 20.04./24.04.1995
  - Sohle Sommer 1999: 07.07/12.08.1999
  - Sohle vor dem HW05: 01.08.2005
  - Sohle nach dem HW05: 19.09/26.09.2005
  - Sohle Herbst 2009: 17.09.2009
  - Sohle Sommer 2010: 15.06/16.06.2010

### B) Wasserstände und Abflüsse

- Abflüsse der Wertach am Pegel Augsburg-Oberhausen ab 01.01.1999 bis 31.12.2012, ab 01.01.2003 Stundenwerte
- Abflussmessungen an der Wertach im Unterwasser der Staustufe Inningen (Fl.km 13+500): Tageswerte 01.01.1995 - 20.11.2013
- Wasserstandsmessungen und Abflussmessungen an Singold, Ablassbach, Fabrikkanal, Wertachkanal, Mühl- bzw. Hettenbach, Forellenbach bei der Stichtagsmessung vom 25.10.2007 (46 Stationen mit Wasserstandsmessungen, 22 Stationen mit Abflussmessungen)

### C) Klimadaten

- Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Station Augsburg-Mühlhausen
  - Monatliche Niederschläge 1990-2012
  - Monatsmitteltemperaturen 1990-2012
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): monatliche Sickerwasserraten im Bilanzgebiet, Zeitraum Januar 2000 bis Dezember 2010 (aus der bayernweiten Langzeitberechnung mit GWN-BW (1951-2010, REGNIE-Input, 104915 Grundflächen, Niederschlag aus Stationswerten regionalisiert), April 2014

## Hydrogeologie

### A) Geologische Karte

- Geologische Karte von Augsburg und Umgebung 1:50.000, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 1956

## B) Bohrprofile

- GeoFachdatenAtlas/Bodeninformationssystem (BIS) <http://www.bis.bayern.de>
- Bohrprofile der Grundwassermessstellen TBA\_0988, TBA\_0989, TBA\_0993, Errichtung 2004, aus INFO-WAS, WWA Donauwörth
- Wertach vital II, Hydrogeologische Untersuchungen, Errichtung der Grundwassermessstellen TBA\_0993 bis TBA\_1000, April – Mai 2004, WWA Donauwörth: Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse, Fotodokumentation der 18 neuen Grundwassermessstellen mit Bohrtiefen zwischen 4 m und 14 m
- Stadt Stadtbergen, Bohrung Brunnenplatz und Bohrungen B1 und B2 im Hopfengarten, Lageplan und Bohrprofile bereit gestellt mit Schreiben vom 22.10.2007
- Stadt Stadtbergen, Neubau der Erschließungsstraße Baugebiet S 40 „Ulmer Landstraße Ost“, in 86391 Stadtbergen, Bodenprofile RKS 39, RKS 14, RKB 110, RKS 21, RKB 104, DPH 8, RKS 4, Sch 2, DPH 7, RKS 2, SB5, SB4, SB2, SB1, bereit gestellt mit Schreiben vom 22.10.2007
- Fa. Amann Nähgarne GmbH & Co. KG (vormals Ackermann Nähgarne GmbH & Co): Lageplan mit den Werksbrunnen, Bohrprofile und Ausbauezeichnungen von Brunnen 9 (errichtet 2001) und Brunnen 10 (errichtet 2003)
- Baugrunderkundung 4.RA, 2008, Bayerisches Landesamt für Umwelt: Dokumentation vom 19.04.2010, umfassend
  - Bohrprofile von 62 Kleinbohrungen mit Tiefen bis maximal 3,5 m
  - Rammdiagramme von 23 Sondierungen mit Tiefen zwischen 3,2 m und 10,0 m
- Baugrunderkundung Wehranlage 4 Fallen am Wertachkanal, April 2009, Geotechnikum Ingenieurgesellschaft mbH: Lageplan, Bohrprofile und Laboruntersuchungen (Korngrößenverteilung, Siebanalysen) der Baugrundbohrungen B1 und B2, Tiefen von 8 m – 10 m
- Baugrunderkundung 4.RA, November 2012 - Januar 2013, Geotechnikum Ingenieurgesellschaft mbH/Terrasond GmbH & Co.KG (Endstand vom 03.07.2013), umfassend:
  - Bohrprofile von 19 Kernbohrungen in Tiefen von 10 m bis 14,75 m
  - Bohrprofile von 11 (Rammkern-)Sondierbohrungen in Tiefen von 4 m bis 5 m
  - Untergrundaufschlüsse von 30 Schürfen mit einer Tiefe von jeweils 0,75 m
  - Rammdiagramme von 8 Sondierungen in Tiefen von 2,5 – 5,2 m
- Datenexport aus dem GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern) des Bayerischen Landesamt für Umwelt, umfassend Informationen zu 330 Bohrungen: Stammdaten, Schichtdaten, Angaben zu durchgeführten Pumpversuchen, Zuordnung zur Hydrogeologische Einheit, Bohrungszustand (Datenstand 02. August 2013)

## C) Pumpversuche

- Wertach vital II, Hydrogeologische Untersuchungen, Errichtung der Grundwassermessstellen TBA\_0993 bis TBA\_1000; April – Mai 2004, WWA Donauwörth: Pumpversuchsdaten (Kurzpumpversuche) an den Grundwassermessstellen TBA\_0983 bis TBA\_1000 als pdf-Datei

- Terrasond GmbH & Co. KG, Pumpversuch an BK-19 GWM vom 10.01.2013, Grafische Auswertung von Absenkkurve und Pumpenleistung, Messdaten als Excel-Tabelle
- Fa. Amann Nähgarne GmbH & Co. KG (vormals Ackermann Nähgarne GmbH & Co): Brunnen 10: Leistungsdiagramm und Pumpversuchsdiagramm

#### **D) Bodenkarten**

- Bodenkarte 1:200.000 CC 7926 Augsburg
- Bodenschätzungskarte 1:25.000, Augsburg 608 (Aufnahme 1908, Ausgabe 1911)
- Bodenschätzungskarte 1:25.000, 7631 Augsburg (1982)
- Standortkundliche Bodenkarte 1:50.000, L 7730, München 1987

#### **Grundwasserdaten**

##### **A) Grundwassermessstellen**

- Ausbau der Bohrung BK19 (Baugrunderkundung 2012) zu einer Grundwassermessstelle, Bezeichnung TBA\_1071, Verfilterung von 4,8 m bis 9,8 m; Ausstattung mit Datenlogger

##### **B) Grundwassergleichenpläne**

- Grundwasserkarte der Stadt Augsburg (1:25.000), Bearbeitungsstand 2005; Stadt Augsburg, Tiefbauamt und HydroConsult GmbH, Augsburg als pdf-Datei; mittlerer Grundwasserstand (MGW) und höchstmögliche Grundwasserstände (HHGW) als GIS-shape

##### **C) Grundwasserstandsmessungen**

- Gemessene Grundwasserstände an Messstellen im *Sondermessnetz Wertach vital II*: 20 Messstellen des Tiefbauamtes Augsburg, ausgestattet mit Datenloggern (Messwerte bis Dezember 2012), erhalten vom Tiefbauamt der Stadt Augsburg

##### **D) Grundwasserentnahmen**

- Grundwasserentnahmen im Stadtgebiet Augsburg, Zeitraum 2005 – 2012, erhalten vom TBA der Stadt Augsburg
- Grundwasserentnahmen an den Brunnen 9 und 10 der Fa. Amann Nähgarne GmbH & Co. KG (vormals Ackermann Nähgarne GmbH & Co), Zeitraum 2005 – 2012
- Grundwasserentnahmen an 13 Grundwasserwärmepumpen im Stadtteil Augsburg-Schafweidesiedlung (Datenquelle: WWA Donauwörth, Email vom 08.09.2014). Der genehmigte Benutzungsumfang je Pumpe liegt bei 0,6 l/s bis maximal bei 2 l/s (bzw. maximal 10.250 m<sup>3</sup>/a). Bei einer Grundwasserwärmepumpe wird Grundwasser aus einem Förderbrunnen entnommen und (im Kreislauf) durch einen so genannten Schluckbrunnen in den Grundwasserleiter zurückgeführt. Letztlich erfolgt somit keine Entnahme aus dem Grundwasserleiter. Die Wärmepumpen wurden daher nicht berücksichtigt.

### **E) Vermessungsdaten**

- Krause Vermessung, Augsburg, Vermessung zum Erkundungskonzept Wertach vital II: 4 Realisierungsabschnitt (Datenlieferung vom 28.11.2008)
- Ingenieurbüro für Bauwesen, J o s e f T r e m e l, Augsburg, Vermessung zur Baugrunderkundung (Endstand vom 24.06.2013)
- Schubert Vermessungen GmbH, im Auftrag der Wasserkraftwerk Fabrikkanal GbR, Franz & Heinrich Winter, Schießstättenstr. 19, 86159 Augsburg: Vermessung Fabrikkanal Oberwasser vom Feb 2011 (1 Längsschnitt, 11 Querschnitte), Datenlieferung vom 25.11.2014

## **2.2 Bewertung der Datengrundlagen**

Die vorhandenen Daten stellen für die grundwasserhydraulischen Betrachtungen zum Vorhaben Wertach vital II, 4. RA eine ausreichende Grundlage dar.

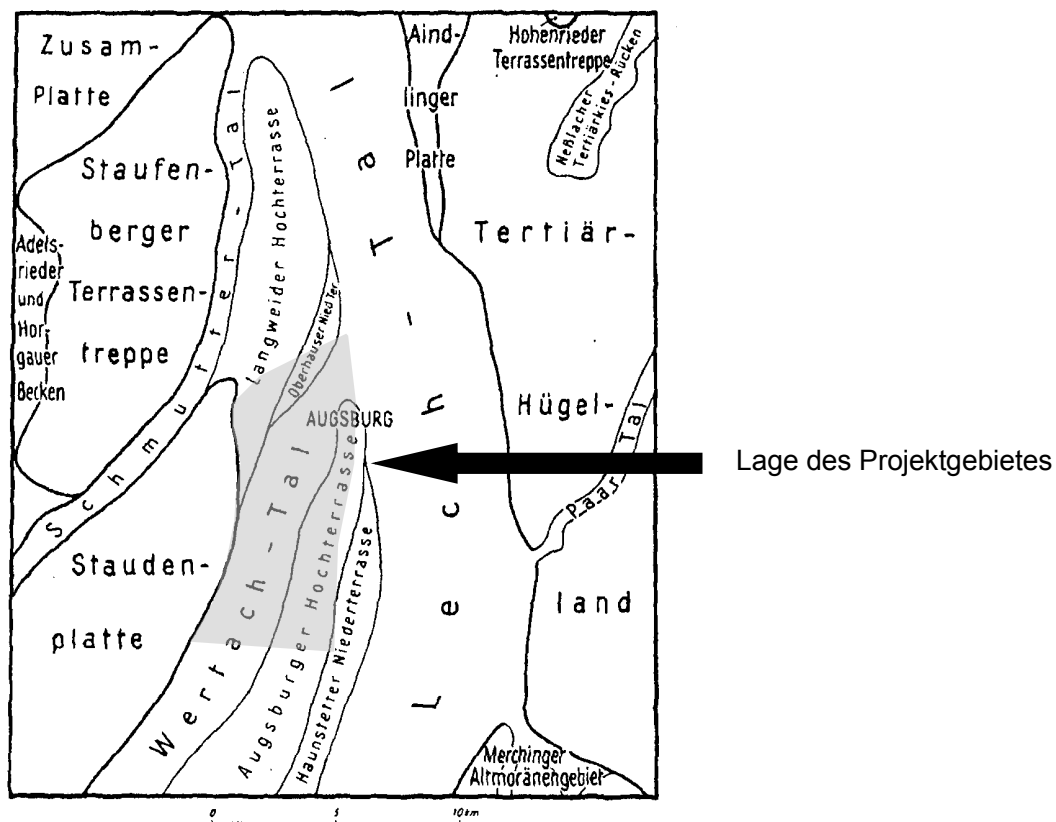
Zur Beweissicherung wird empfohlen die Überwachung der Grundwasserstände im Rahmen des eingerichteten *Sondermessnetz Wertach vital II* (s. Anlage 3.1) kontinuierlich fortzuführen. Zur Verbesserung der Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen dem Grundwasser und den Kanälen sollten zudem die digitalen Wasserstandsmessungen an den bestehenden Kanalmessstellen (Fabrikkanal, Singold, Mühl- bzw. Hettenbach) fortgeführt werden.

### 3 Entwicklung des Hydrogeologischen Modells

#### 3.1 Hydrogeologische Übersicht

Das Projektgebiet Wertach Vital II liegt im bayerischen Voralpenland. Einen Überblick über die regionalgeologische Situation gibt der Kartenausschnitt in Anlage 1.2. Oberflächennah stehen Schichten des Quartär und der tertiären Oberen Süßwassermolasse (OSM) an [2].

Entlang der Wertach und des Lech sind jüngste Auenablagerungen über jungholozänen Kiesablagerungen zu finden. Zu beiden Seiten dieser Ablagerungen erstrecken sich postglaziale und würmeiszeitliche Schotterterrassen. Diese werden im Westen bis auf die Höhe des Stadtgebietes von Augsburg vom Tertiärgebiet, der so genannten Staudenplatte, als östlichster Teil der Iller-Lech-Platte, begrenzt. Nördlich davon schließt sich die risseiszeitliche, größtenteils lösslehmbedeckte Langweider Hochterrasse an. Im Osten der Wertach schließt sich die ebenfalls risseiszeitliche und meist lösslehmbedeckte Augsburgische Hochterrasse an. Im Bereich des Zusammenflusses von Wertach und Lech wird diese Hochterrasse von den Schotterterrassen des Lech abgelöst. Östlich der Augsburgischen Hochterrasse verläuft die würmeiszeitliche Haunstetter Niederterrasse.



**Abbildung 1: Geologische Landschaftsgliederung des Kartenbereiches aus [2], verändert**

Die hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsraum sind durch Kiesablagerungen geprägt. Bei den quartären Kiesen handelt es sich zumeist um schwach schluffige bis z.T. schluffig-sandige Kiese. Das Grundwasser in den quartären Kiessanden bildet das Obere Grundwasserstockwerk. Die tieferen, meist gespannten Grundwasserstockwerke liegen innerhalb des Tertiäruntergrundes [3].

Die quartären Kiese liegen auf dem tertiären Untergrund der OSM auf. Diese Sedimente bestehen aus einer Wechsellagerung von sandigen, z.T. auch kiesigen Schichten und undurchlässigen Tonmergeln. Wo sandige oder stellenweise kiesig-sandige Tertiärschichten unmittelbar unter den quartären Kiesen anstehen, reicht das Obere Grundwasserstockwerk bis in den Tertiäruntergrund [3]. Überwiegend ist das obere Stockwerk jedoch durch Tonmergel oder stark schluffige Sande der oberen Tertiärschichten von den tieferen Grundwasserstockwerken im Tertiäruntergrund abgetrennt.

### 3.1.1 Bilanzraum und Modellraum

Den **Bilanzraum** im weiteren Sinne bilden das Wertachtal und das zugehörige orohydrografische Einzugsgebiet. Auf der Grundlage der Geologischen Karte sowie der verfügbaren Grundwassergleichenpläne wurden für den Bereich *Wertach Vital II* die Grenzen des Bilanzraums wie folgt abgeleitet (Anlage 1.1), er erstreckt sich über eine Fläche von rd. 75 km<sup>2</sup>.

- Der Bilanzraum umfasst die quartären Ablagerungen des Wertachtals sowie Bereiche quartärer Ablagerungen angrenzender Terrassen.
- Die südliche Begrenzung wurde im Bereich der Staustufe Inningen (Fl.km 13+500) gewählt, die Grenze liegt somit weit genug vom engeren Untersuchungsgebiet (Fl.km 8+275 bis Fl.km 4+215) entfernt. Der Verlauf wird dabei parallel zu Linien gleichen Grundwasserstandes gelegt (ca. 500 – 501 mNN).
- Die westliche Abgrenzung wird durch das orohydrografische Einzugsgebiet des Wertachtals gebildet.
- Die östliche Begrenzung bildet die Grundwasserscheide zwischen Wertachtal und Lechtal.
- Die nördliche Begrenzung bildet eine Trennstromlinie (Grundwasserscheide), die im Unterwasser des Gersthofer Wehres am Lech endet.

Der **Modellraum** für die spätere numerische Grundwassermodellierung wurde in seinen Grenzen mit dem Bilanzraum weitgehend identisch gewählt. Abweichend wurde am westlichen Modellrand der Grundwasserzustrom aus dem an das Wertachtal angrenzenden orohydrografischen Einzugsgebiet als Randzustrom vorgegeben. Die westliche Grenze des Modellraums verläuft dort entlang der Grenze der quartären Ablagerungen (Tertiärrand), der Modellraum umfasst eine Fläche von rd. 59 km<sup>2</sup> (Anlage 1.1).

Im Modellraum sind folgende hydrostratigrafische Einheiten zu unterscheiden:

- Quartärer Grundwasserleiter der Kiese und Sande des Wertachtales und angrenzender Terrassen;
- Tertiäre Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM).

Die meist aus Tonmergel und stark schluffigen Sanden bestehenden oberen Tertiärschichten weisen eine um etwa 2 Zehnerpotenzen geringere Durchlässigkeit als der quartäre Grundwasserleiter auf (Kapitel 3.1.2.2). Im Rahmen dieser Untersuchung sind sie als Grundwasserhemmer zu betrachten.

### 3.1.2 Strukturierung des Modellraumes

#### 3.1.2.1 Hydrostratigrafische Einheiten

Die Quartärkiese im Modellraum werden im Liegenden durch tertiäre Ablagerungen begrenzt, sie bilden somit die Basis des quartären Grundwasserleiters. Im Hangenden sind bei einem Teil der Bohraufschlüsse schluffige Deckschichten vorhanden. Im Bereich der Augsburgs Hochterrasse kommen Lösslehmablagerungen von mehreren Metern Mächtigkeit vor. Aufgrund der städtischen Prägung des Modellraumes sind die quartären Ablagerungen jedoch meist von anthropogenen Auffüllungen überlagert.

Die vorliegenden Bohrungen wurden hinsichtlich der Quartärbasis ausgewertet (Anlage 2.1). Im südlichen Bereich des Modellraumes (Staustufe Inningen bis Ackermannwehr) wurde auf die in [7] dokumentierte Quartärbasis zurück gegriffen. Im Norden und Osten erfolgte die Ermittlung auf Grundlage der dort verfügbaren Untergrundaufschlüsse. Hierbei konnte u.a. auf die aus den nachfolgenden Untersuchungen und Maßnahmen verfügbaren Aufschlüsse (Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse, etc.) zurückgegriffen werden, die sich vorrangig auf den 4. RA beziehen:

- Errichtung von 18 neuen GWM (TBA 0983 bis TBA\_1000) im Bereich des 1.RA bis 4.RA, April/Mai 2004;
- Bohrungen im Bereich der Stadt Stadtbergen, 2007;
- 62 Kleinbohrungen und 23 Sondierungen aus der Baugrunderkundung im Bereich des 4.RA, 2008;
- 2 Bohrungen aus der Baugrunderkundung *Wehranlage 4 Fallen* am Wertachkanal, April 2009;
- 19 Kernbohrungen, 11 (Rammkern-) Sondierbohrungen und 30 Schürfe aus der Baugrunderkundung im Bereich des 4.RA, November 2012 - Januar 2013;
- Abfrage vom 02.08.2013 zu den im Bodeninformationssystem (BIS) LfU verfügbaren Untergrundaufschlüssen im Bereich des 4. RA;

Insgesamt standen somit zahlreiche Untergrundaufschlüsse zur Verfügung, die im Hinblick auf ihre hydrostratigrafische Gliederung (Deckschichten, Basis quartärer Grundwasserleiter) be-

wertet wurden. Auf dieser Grundlage erfolgte eine GIS-gestützte Ermittlung der räumlichen Verteilung der maßgebenden hydrostratigrafischen Schichtgrenzen. Die Auswertung der Ergebnisse umfasst im Einzelnen folgende Darstellungen:

- Basis des quartären Grundwasserleiters (flächige Darstellung in Anlage 2.1)
- Schematische hydrogeologische Schnitte (Anlage 2.2.1 bis Anlage 2.2.6)
- Mächtigkeit der Deckschichten (Anlage 2.3)

Die **Basis des quartären Grundwasserleiters** fällt von Süden nach Norden von etwa 500 mNN auf 455 mNN ab. Insgesamt ist hieraus eine Rinnenstruktur in der Quartärbasis zu erkennen, deren Tiefpunkte im Bereich der Wertach liegen. Auf der östlichen Wertachseite ist ein steiler Anstieg der Basisoberfläche (Tertiäroberkante) feststellbar, westlich der Wertach verläuft der Anstieg flacher. In den Randbereichen des Modellraumes (z.B. nordöstlich von Neusäß, bei Stadtbergen, westlich von Inningen und Göggingen) ist die Basis bereichsweise nicht durch Bohrungen belegt. Dort wurden aus den umliegenden Bohrungen und dem Höhenmodell plausible Stützstellen zur Interpolation abgeleitet.

In Anlage 2.2 sind mehrere schematische Schnitte durch den quartären Grundwasserleiter zusammen gestellt (Schnittachsen siehe Anlage 2.1). Dargestellt sind jeweils die Geländeoberkante (entnommen aus dem Digitalen Geländemodell), die Grundwasserstände der Stichtagmessung vom 25.10.2007, die Basis des quartären Grundwasserleiters sowie die Lage der größeren Gewässer. Zudem sind ausgewählte Bohrprofile eingetragen. Gebiete, in denen die Quartärbasis nicht mit Bohrungen belegt ist, sind mit einem Fragezeichen markiert.

Die Schnitte veranschaulichen die o.a. Rinnenstruktur in der Quartärbasis im Bereich der Wertach. Dementsprechend ist dort auch die Mächtigkeit des quartären Grundwasserleiters am größten. Zu den Talrändern hin nimmt die Mächtigkeit deutlich ab, bereichsweise fällt der Grundwasserspiegel bis unter die Basis ab.

Die in den Bohrungen angetroffene **Deckschichtmächtigkeit** ist einschließlich der angetroffenen Ausprägung (natürliche Deckschichten, anthropogene Auffüllungen) in Anlage 2.3 dargestellt. Zur Schließung von Kenntnislücken, insbesondere im 4. RA, zwischen der Wertach und der angrenzenden Bebauung, wurden hierzu ergänzende, aus dem Bodeninformationssystem (BIS) verfügbare Schichtendaten interpretiert. Es wurden hierbei auch seitens LfU als „*nicht überprüftes Schichtenprofil*“ eingestufte Schichtenprofile ausgewertet. Den Deckschichten kommt dort bei Hochwasserereignissen eine besondere Bedeutung bei der Ausbreitung des Druckwasserspiegels im Grundwasser von der Wertach Richtung Bebauung zu (gespannte Verhältnisse).

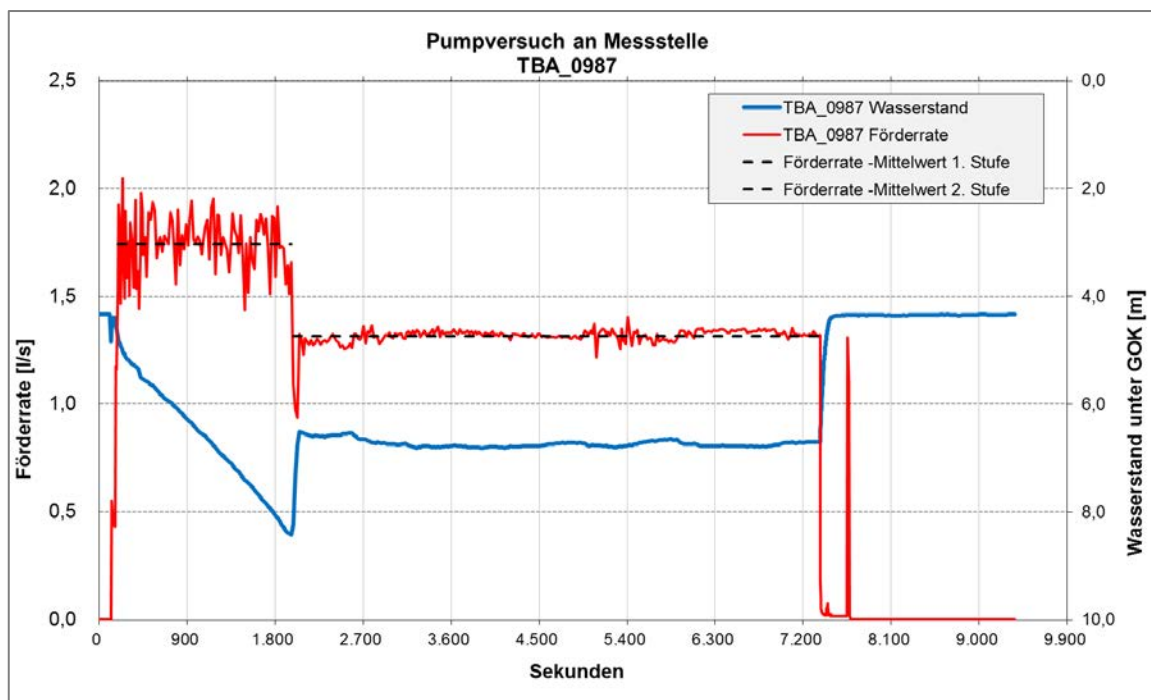
Die Mächtigkeit der Deckschichten variiert im Modellraum zwischen 0 m und über 10 m, wobei Werte von mehr als 4 m überwiegend in größerer Entfernung von der Wertach, in bebauten

Gebieten auftreten. Im 4. RA variiert die Deckschichtmächtigkeit zwischen 0,1 m und 3 m, wobei Mächtigkeiten bis ca. 1,2 m dominieren, im Mittel ergibt sich dort eine Deckschichtmächtigkeit von rd. 0,8 m (siehe Detailausschnitt in Anlage 2.3)

### 3.1.2.2 Geohydraulische Kennwerte

Zur Beurteilung der Untergrunddurchlässigkeiten wurde im südlichen Modellraum auf die Zusammenstellungen aus vorangegangenen Untersuchungen [3], [7], [8] zurückgegriffen. Die dort ermittelten  $k_f$ -Werte basieren teilweise auf der instationären Auswertung von PV-Daten (z.B.: WWA 9901, 9906, 9907), teilweise auf einer Sieblinienanalyse (z.B.: WWA 9903, WWA 9905). Weiter nördlich lagen Pumpversuchsaufzeichnungen an den Brunnen 9/Ackermann, 101/Haindl, 108/Haindl und an der Messstelle B1/LVA, sowie Pumpversuchsauswertungen an den Messstellen TBA 705 und 255A vor.

Im Jahr 2004 erfolgte die Errichtung von 18 neuen GWM, an denen jeweils auch Kurzpumpversuche durchgeführt wurden. Die Messdaten (Förderrate, Wasserstand, Leitfähigkeit) wurden alle 10 Sekunden erfasst. An den meisten dieser GWM waren zu Beginn der PV oszillierende Förderraten und in der Folge auch oszillierende Schwankungen des Grundwasserspiegels festzustellen (siehe Beispiel in Abbildung 2). An einigen GWM wurde dies auch beim Wiederanstieg, nach dem Abschalten der Pumpen, festgestellt. Die Pumpversuchsdauer betrug überwiegend ca. 2,5 h (9.000 sec).



**Abbildung 2:** Kurzpumpversuch an GWM TBA\_0987

Insgesamt wurden an 5 GWM die durchgeführten PV als auswertbar eingestuft (TBA\_0987, TBA\_0989, TBA\_0990, TBA\_0991, TBA\_0993). Außerdem wurden die vorliegenden PV-Aufzeichnungen an der westlich der Wertach, im Januar 2013 neu errichteten Grundwassermessstelle TBA\_1071 mit einbezogen. Aus einer Anfrage zu den im BIS-Bayern (GeofachdatenAtlas) erfassten Daten ergaben sich keine weiteren Angaben zu durchgeführten bzw. ausgewerteten PV im Bilanzraum (Stand August 2013).

Während der 2004 und 2013 durchgeführten Kurz-PV an neu errichteten GWM wurden jeweils nur die Grundwasserstände in der bepumpten GWM selbst gemessen. Eine Beobachtung der Grundwasserstände im Umfeld war aufgrund der relativ geringen Reichweite der Absenkungen (ca.  $\leq 100$  m) und des vorliegenden Abstandes der benachbarten GWM (mehrere hundert Meter) nicht möglich. Derart ermittelte Werte unterliegen Unschärfen hinsichtlich der Auswertung (Wasserspeicherung in der Messstelle, Skin-Effekt am Filter) und können nur als Punktwerte im direkten Umfeld der GWM interpretiert werden. Die so ermittelten Untergrundkennwerte können aber zur Plausibilisierung der hydrogeologischen Modellvorstellung dienen.

Es erfolgte eine instationäre Auswertung der verfügbaren, geeigneten Messdaten mit den nachstehenden analytischen Verfahren, sowohl für die Absenkungsphase, als auch für den Wiederanstieg des Grundwasserspiegels (nach Abschaltung der Pumpe):

- PUMPVERSUCHSAUSWERTUNG NACH COOPER / JACOB (ABSENKUNG)
- PUMPVERSUCHSAUSWERTUNG NACH THEIS (WIEDERANSTIEG)

Im Ergebnis wurde durch diese Verfahren der jeweilige Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  [m/s] und die Transmissivität  $T$  [m<sup>2</sup>/s] für den Standort der jeweils betrachteten GWM ermittelt. Nicht alle Messdaten waren für diese Auswertungsverfahren geeignet. Ergänzend wurde eine näherungsweise Auswertung mittels orientierender Bestimmungsmethoden vorgenommen. Hierunter werden in [15] Verfahren verstanden, die - im Vergleich zur genaueren instationären Auswertung (analytische Verfahren) - nur näherungsweise gelten und daher mehr orientierenden Charakter haben. Zu diesen Methoden gehört z.B. auch die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes aus der Entnahmemenge. Für die überwiegend angetroffenen ungespannten Verhältnisse wird folgende Formel zugrunde gelegt [15]:

$$k_f = \frac{Q}{hm * s}$$

und für gespannte Verhältnisse ergibt sich folgende Formel [15]:  $k_f = \frac{Q}{M*s}$

mit  $Q$  = Entnahme,  $M$  = Mächtigkeit des Aquifers,  $s$  = Absenkungsbetrag im Brunnen  
 $hm = h + s/2$ , wobei  $h$  die abgesenkte Wassersäule über der Brunnensohle darstellt

Für die obengenannten 5 GWM mit geeigneten PV-Messdaten sind die Auswertungsergebnisse in Tabelle 1 zusammengestellt. Es wurde generell nur der Wiederanstieg nach THEIS ausgewertet. Eine Auswertung der Messdaten in der Absenkungsphase war, aufgrund der zu Beginn der Pumpversuche feststellbaren oszillierenden Schwankungen der Förderraten um ca.  $\pm 0,3$  l/s bis ca.  $\pm 0,9$  l/s, nicht möglich.

**Tabelle 1: Auswertung von Pumpversuchen an Grundwassermessstellen**

GWM/ k <sub>f</sub> -Werte in [m/s]	Grundwasser- verhältnisse beim Pump- versuch	instationäre Auswertung Wiederanstieg ca.	k <sub>f</sub> -Wert aus Entnahme- menge [15] ca.	Geometrisches Mittel aus beiden Auswertungen k <sub>f</sub> -Wert
TBA_0987	ungespannt	$8,0 \cdot 10^{-05}$	$1,2 \cdot 10^{-04}$	$1,0 \cdot 10^{-04}$
TBA_0989	ungespannt	$1,1 \cdot 10^{-04}$	$1,4 \cdot 10^{-04}$	$1,2 \cdot 10^{-04}$
TBA_0990	ungespannt	$1,1 \cdot 10^{-04}$	$1,2 \cdot 10^{-04}$	$1,1 \cdot 10^{-04}$
TBA_0991	ungespannt	$3,1 \cdot 10^{-05}$	$2,0 \cdot 10^{-04}$	$8,0 \cdot 10^{-05}$
TBA_0993	ungespannt	$6,5 \cdot 10^{-05}$	$1,5 \cdot 10^{-05}$	$3,1 \cdot 10^{-05}$

Es werden somit überwiegend relativ geringe Untergrunddurchlässigkeiten von ca.  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s ermittelt, die damit um ca. eine Zehnerpotenz geringer ausfallen, als die im HGM von 2003 [10] erfassten Werte (siehe Anlage 2.4). Mögliche Einflussgrößen für diese geringen Werte ergeben sich aus:

- Den lokalen Untergrundverhältnissen: In den Bohrprofilen von TBA\_0987, TBA\_0989 und TBA\_0991 werden neben Kies auch sandige, schwach schluffige Anteile mit angesprochen.
- Den (ausbau-) technischen Randbedingungen: Die 5 betrachteten GWM sind als 5“-Messstellen ausgeführt. Bei den 2004 durchgeführten PV wurden maximale Förderraten von rd. rd. 2,2 l/s (TBA\_0991) bzw. rd. 2,3 l/s (TBA\_0989) erreicht, an den 3 anderen GWM wurden vor dem Wiederanstieg nicht mehr als rd. 1,5 l/s gefördert. An allen 5 GWM wurde der Ausgangswasserspiegel überwiegend innerhalb von ca. 2 Minuten wieder erreicht. Insgesamt ergeben sich somit bei den durchgeführten PV (ausbau-technisch bedingt) relativ geringe Förderleistungen und auch relativ kurze Zeitintervalle, in denen ein Wiederanstieg beobachtet werden konnte.

Vor diesem Hintergrund besteht die Vermutung, dass die bei den PV gemessenen Absenkungen primär aus Widerständen an der GWM selbst resultieren. Aufgrund des schnellen Wiederanstiegs, sowie den nach relativ kurzer Zeit nicht mehr feststellbaren Wasserstandsänderungen, ist eine Differenzierung in Einflüsse aus der Messstelle selbst und hydrogeologische Einflüsse kaum möglich. **Dies bedeutet, dass die k<sub>f</sub>-Werte im anstehenden Untergrund größer sein können, als die aus den PV von 2004 abgeleiteten Werte.**

An der TBA\_1071 wurden die Messwerte im 1 Minuten-Turnus erfasst, für den Wiederanstieg lagen dort nur 3 Messwerte vor, somit war für diese Phase keine ausreichende Datengrundlage für eine instationäre Auswertung vorhanden. Die Auswertung der Absenkungsphase nach COOPER/JACOB ergab einen  $k_f$ -Wert von rd.  $0,7 \cdot 10^{-4}$  m/s (s. Anlage 2.4 und Anlage 2.5).

Insgesamt ergibt sich hieraus:

- Aus den im HGM von 2003 [10] zur Verfügung stehenden Auswertungen konnte für den  $k_f$ -Wert im quartären GWL eine Spanne von  $0,4 \cdot 10^{-3}$  m/s bis  $19 \cdot 10^{-3}$  m/s abgeleitet werden (Anlage 2.4). Im südlichen Modellraum, bis auf Höhe des Ackermannwehres bei ca. Fl.km 8+300, ergibt sich aus den ermittelten  $k_f$ -Werten auf der westlichen Wertachseite ein Mittelwert von rd.  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s, auf der östlichen Wertachseite resultiert ein Mittelwert von rd.  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s.
- Auch im nördlichen Modellraum ergibt sich auf der westlichen Wertachseite ein mittlerer  $k_f$ -Wert von rd.  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s. Wobei der relativ hohe Wert von  $19 \cdot 10^{-3}$  m/s an B1/LVA hierbei nicht berücksichtigt wurde. Vermutlich ergibt sich dieser Wert aufgrund der nahen Lage zum Mühl- bzw. Hettenbach und der Wirkung des Kanals als Anreicherungsgrenze. Entsprechendes gilt für den nahe zum Fabrikkanal gelegenen Brunnen 9 der Fa. Amman ( $k_f = 15 \cdot 10^{-3}$  m/s).
- In [3] wurden für die quartären Kiessande im Stadtgebiet Augsburg aus 14 Pumpversuchen auf beiden Seiten der Wertach  $k_f$ -Werte von  $1,0 - 6,5 \cdot 10^{-3}$  m/s ermittelt.
- An den 2004 neu errichteten GWM werden  $k_f$ -Werte in der Größenordnung von überwiegend rd.  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s ermittelt. Diese Werte werden als zu gering angesehen und sind vermutlich auf Einflüsse an den GWM selbst zurück zu führen.
- Für die 2013 neu errichtete GWM TBA\_1071 wurde eine  $k_f$ -Wert von rd.  $0,7 \cdot 10^{-3}$  m/s abgeleitet (Anlage 2.4), der damit etwas geringer ausfällt, als die sonstigen, auf der linken Wertachseite ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte. Der verfilterte Tiefenbereich dieser Messstelle wird im zugehörigen Bohrprofil als sandiger Kies angesprochen.

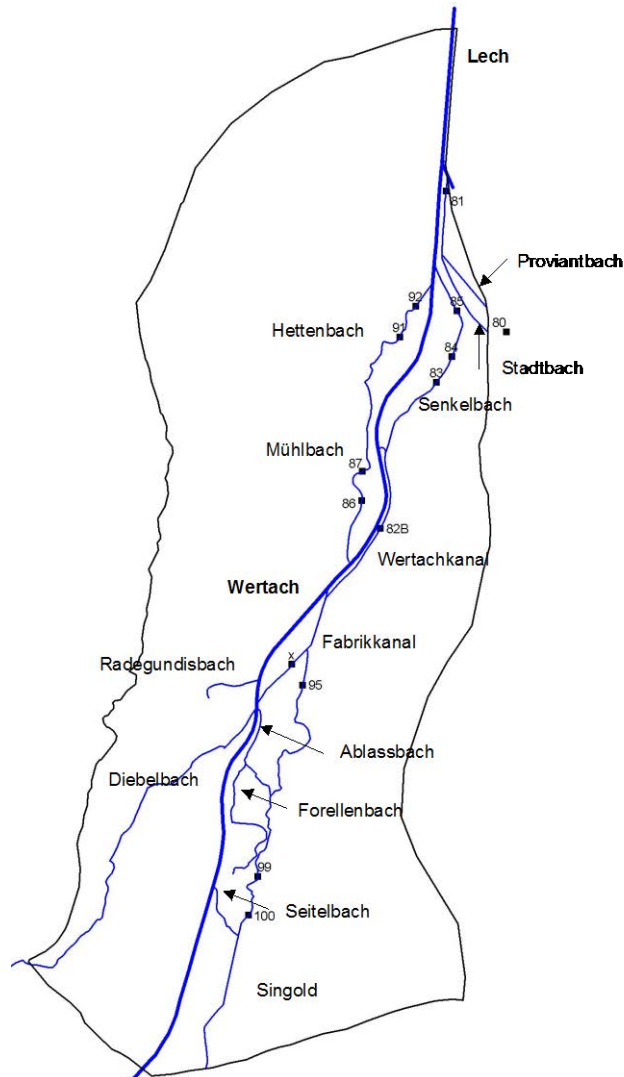
Im Ergebnis wurde im Modellraum östlich der Wertach für das Quartär zunächst ein einheitlicher  $k_f$ -Wert von  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s und westlich der Wertach von  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s angesetzt (Anlage 2.4).

Die  $k_f$ -Werte der unter den Kiesen anstehenden Tertiärsande liegen im Mittel bei  $2 \cdot 10^{-5}$  bis  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s [8]. Für das Tertiär wurde aus 15 PV am Hauptbahnhof Augsburg ein mittlerer  $k_f$ -Wert von  $2,7 \cdot 10^{-5}$  m/s ermittelt [6]. Die Durchlässigkeitsbeiwerte im Tertiär sind somit um den Faktor 100 kleiner als in den quartären Sanden und Kiesen.

Für das *nutzbare Porenvolumen* sind in den vorliegenden Kiesen erfahrungsgemäß etwa 15 % bis 20 % anzusetzen. Aus Auswertungen von PV an WWA – Messstellen ergaben sich nutzbare Porenvolumina von 16,6 % - 22,3 % bei einem Mittelwert von 18 % [8].

### 3.1.3 Gewässersystem

Ein Schema der Gewässer im Modellraum zeigt Abbildung 3.



**Abbildung 3: Schema der Gewässer und Triebwerke (gekennzeichnet mit Triebwerksnummer) im Modellraum**

Der Modellraum wird von Süden nach Nordosten von der Wertach durchquert, die im nördlichen Stadtgebiet von Augsburg in den Lech mündet (siehe auch Anlage 1.1).

Westlich der Wertach fließen von Süd nach Nord die Bachläufe Diebelbach und Radegundisbach der Wertach zu. Auf Höhe der Localbahnbrücke bei ca. Fl.km 6+000 erfolgt über einen Düker die Ausleitung eines Teilabflusses der Wertach (ca. 2 m<sup>3</sup>/s) in den Mühlbach, der als Triebwerkskanal auf der westlichen Wertachseite durch das Stadtgebiet von Augsburg verläuft und bei ca. Fl.km 1+750 wieder in die Wertach eingeleitet wird. In seinem nördlichen Verlauf (Triebwerke 91 und 92) wird der Kanal als Hettenbach bezeichnet.

- Der *Diebelbach* entspringt südwestlich von Straßberg und tritt südlich von Bergheim in den Modellraum ein. Von dort fließt er weiter in Richtung Nordosten und mündet nach ca. 5 km westlich von Göggingen, im Oberwasser des Ackermannwehres (ca. Fl.km 8+300), in die Wertach.
- Der *Radegundisbach* entspringt östlich von Radegundis und mündet südlich der Schafweidesiedlung bei Fl.km 8+000 über ein Schützbauwerk in die Wertach. Zur Vermeidung von Rückstau, bei Hochwasser in der Wertach, kann der Auslauf in die Wertach geschlossen werden. Aufgrund der geringen Einzugsgebietsgröße führt der Radegundisbach nur zeitweise Wasser. Bei verschiedenen Ortsbegehungen (bis 2013) war der Graben bis zu seiner Mündung in die Wertach trocken. Pegelaufzeichnungen oder Messwerte zu Hochwasserbeobachtungen lagen nicht vor.

Im Osten der Wertach sind von Süd nach Nord die Gewässer Singold, Seitelbach, Forellenbach, Ablassbach, Senkelbach, Stadtbach und Proviantbach zu nennen (Anlage 1.1). Mit Ausnahme der kleineren Grabensysteme (Seitelbach, Forellenbach, Ablassbach) und der im Modellraum überwiegend kanalartig ausgebauten Singold handelt es sich hierbei um Triebwerkskanäle, die durch Wasserkraftanlagen abschnittsweise staugeregelt sind (zur Lage der Triebwerke siehe Anlage 2.6).

- Die *Singold* tritt östlich der Staustufe Inningen in den Modellraum ein und mündet in Göggingen in den Fabrikkanal. Südlich von Inningen erfolgt bei hohen Abflüssen zur Vermeidung von Überbordung ein Teilabschlag aus der Singold über den *Seitelbach* in die Wertach.
- Der aus einer Grundwasserquelle nördlich von Inningen gespeiste *Forellenbach* verläuft parallel zur Wertach und mündet unmittelbar vor dem Ackermannwehr im Oberwasser in die Wertach.
- Südlich von Göggingen zweigt der *Ablassbach* (auch *Abkehrbach* genannt) von der Singold ab, er verläuft seit 2006 ab der Inninger/Bergheimer Brücke parallel zur Wertach durch den Auwald und mündet im Oberwasser des Ackermannwehres in die Wertach.
- Am Ackermannwehr (ca. Fl.km 8+300) westlich von A.-Göggingen zweigt der Fabrikkanal von der Wertach ab. Das abgeschlagene Wasser wird nördlich der Bundesstraße B17 in den Wertachkanal und auf Höhe der Rampe bei ca. Fl.km 4+200 in den Senkelbach weitergeleitet. Dieser mündet bei ca. Fl.km 1+500 im Stadtteil Oberhausen in die Wertach.
- Bei *Proviantbach* und *Stadtbach*, handelt es sich um Augsburgs Stadtbäche (Lechkanäle), die mit am Hochablass abgeleitetem Wasser aus dem Lech gespeist werden. Beide Bäche werden etwa auf Höhe von Wertach Fl.km 1+300 zusammen geführt und münden kurz oberstrom der Wertachmündung in den Lech.

### **Wertach**

Die Abfluss- und Wasserstandsentwicklung am Pegel Augsburg-Oberhausen ist relevant für den Wertachabschnitt zwischen dem Pegel Augsburg-Oberhausen und dem Ackermannwehr bei ca. Fl.km 8+300 (Südgrenze des Planungsabschnittes *Wertach vital II*).

Die Ganglinie der Wasserstände am Wertachpegel in Augsburg-Oberhausen ist für den Zeitraum 2003/2012 in Anlage 3.2 dargestellt (Lage siehe Anlage 1.1). Der Mittelwert im Auswertungszeitraum ergibt sich zu 464,88 mNN (Stundenwerte). Der langzeitige Mittelwert 1990/2009 beträgt 464,93 mNN ([www.hnd.bayern.de](http://www.hnd.bayern.de)).

Der im Auswertungszeitraum höchste gemessene Wasserstand wurde beim HW 2005 am 23.08.2005 mit 468,51 mNN gemessen. Dieser Wasserstand liegt damit noch unter den Höchstwerten der Hochwasserereignisse Mai 1999 (HW99: 469,21 mNN) und August 2002 (HW02: 468,64 mNN). Die Schwankungsbreite der Wasserstände liegt im Auswertungszeitraum bei rd. 4 m.

Die Abflüsse am Pegel Augsburg-Oberhausen werden amtlicherseits nur für Hochwasserereignisse ab einem Abfluss von rund 75 m<sup>3</sup>/s ermittelt. Für das Hochwasser 2005 (HW05) wurde am 23./24.08.2005 ein Scheitelabfluss von rd. 275 m<sup>3</sup>/s angegeben ([www.hnd.bayern.de](http://www.hnd.bayern.de)). Die Abflussganglinie der Wertach an der Staustufe Inningen (Tageswerte) im Zeitraum 2003/2009 ist aus Anlage 3.3 ersichtlich (Lage siehe Anlage 1.1). Beim HW05 wird ein maximaler Abfluss von 228 m<sup>3</sup>/s ermittelt.

### ***Flussbauliche Maßnahmen an der Wertach***

Im Rahmen der Planungen zu Hochwasserschutz und Gewässerentwicklung an der Wertach (*Wertach vital II*) wurden die Realisierungsabschnitte 1 bis 3 baulich weitgehend umgesetzt. Dies umfasst nachfolgende für das Grundwasser relevante Bauwerke:

- 1. RA: 2006: Raue Rampe von Fl.km 4+200 bis 4+500;  
2008: 2 Querriegel bei Fl.km 4+665 und 4+860
- 2. RA: 2008: Raue Rampe (Fl.km 5+825 bis 5+877); Endquerriegel bei Fl.km 5+775;  
2008: 4 Querriegel bei Fl.km 5+045, 5+275, 5+465 und 5+650
- 3. RA: 2013: Spundwand im Baulos 2 (ca. Fl.km 6+490 bis 6+530);  
2013/2014: Spundwand im Baulos 1  
(ca. Fl.km 6+390 bis 6+470 und 6+170 bis 6+220)

Die Baumaßnahmen im 1. RA wurden vorrangig in den Jahren 2004 bis 2006 umgesetzt. Sie wurden in die Bauabschnitte „Musterstrecke“ und „Goggeleswehr bis Luitpoldbrücke“ aufgeteilt. Im Winter 2004/2005 unterspülte die Wertach das Goggeleswehr im 1. RA, das im Rahmen von *Wertach vital II* durch eine Raue Rampe ersetzt wurde. Am 16. Februar 2005 bra-

chen Betonstücke aus den Pfeilern heraus. Die Schädigung war so schwerwiegend, dass die Standsicherheit nicht mehr gewährleistet war und das Wehr abgebrochen werden musste (Februar 2005). Der Wehrabsturz wurde in der Zeit bis zum Neubau durch eine provisorische Steinschüttung gestützt. Die Raue Rampe selbst konnte dann bis Herbst 2006 realisiert werden (Quelle: [www.wwa-don.bayern.de](http://www.wwa-don.bayern.de)).

Der Bau des 2. RA zwischen Fl.km 5+000 und Fl.km 5+935 (Localbahnbrücke) fand von Januar bis Juli 2008 statt. In diesem Zusammenhang wurden im 1. RA nachträglich noch zwei sohlstützende Querriegel bei Fluss-km 4+650 und 4+850 eingebaut.

Der 3. RA untergliedert sich in die Baulose 1 und 2. Das Baulos 2 umfasst einen Deich- und Hochwasserschutzmauerabschnitt zwischen B17 und Kulperhütte. Als Gründung der Hochwasserschutzmauer wurde im Frühjahr 2013 eine Spundwand hergestellt. Die bauliche Ausführung für das Baulos 1 begann im Oktober 2013, es umfasst ebenfalls Spundwandgründungen für die zwei Hochwasserschutzmauerabschnitte auf der *Wertachleite*.

### **Sohlentwicklung an der Wertach**

Zur Beurteilung der Entwicklung der Wertachsohle wurden seitens WWA Donauwörth Querprofilaufnahmen durchgeführt. Diese liegen für die nachfolgenden Zeitpunkte vor:

➤ Sohle Frühjahr 1995:	20.04./24.04.1995
➤ Sohle Sommer 1999:	07.07/12.08.1999
➤ Sohle vor dem HW05:	01.08.2005
➤ Sohle nach dem HW05:	19.09/26.09.2005
➤ Sohle Herbst 2009:	17.09.2009
➤ Sohle Sommer 2010:	15.06/16.06.2010

Die Querprofilaufnahmen erfolgten überwiegend in einem Abstand von 200 m auf der Längsachse der Wertach, abschnittsweise erfolgte auch eine Verdichtung.

Für die Beurteilung der Sohlentwicklung im Zeitraum WWJ2004/09 wurden die Querprofilaufnahmen vom 01.08.2005 und vom 17. September 2009 herangezogen. Eine Gegenüberstellung der Sohlhöhen ist aus dem Längsschnitt in 2.7 ersichtlich. Die Sohlhöhe der Wertach wurde für jedes Querprofil aus dem Mittelwert der acht tiefsten gemessenen Sohlpunkte abgeleitet, dies gibt in etwa das mittlere Sohlniveau wieder. Aus der Darstellung lassen sich folgende Entwicklungen ablesen:

- Im 1. RA folgt aus dem Abriss des Goggeleswehr (Fl.km 4+200) und der Errichtung einer Rauen Rampe (Fl.km 4+200 bis 4+500), im Vergleich August 2005/September 2009 bei Fl.km 4+400 eine um rd. 1,2 m tiefere Sohlhöhe als vor dem Umbau im Jahr 2005/2006, im Vergleich zur Sohle von 1999 beträgt das Maß der Eintiefung sogar 2,4 m.

- Im Unterwasser der Rampe (Fl.km 3+800 bis 4+000) hat sich die Sohle im Zeitraum 2005/2009 um ca. 0,6 m eingetieft. Beim Hochwasser im August 2005 wurden aus dem Bereich des im Februar 2005 abgerissenen Goggeleswehres (Fl.km 4+200) große Geschiebemengen ausgespült.
- Oberstrom der Rampenkronen, bei Fl.km 4+600, liegt die stabilisierte Flusssohle im September 2009 nahezu auf dem Niveau vom 01. August 2005 und ca. 0,5 m unter dem Niveau aus 1999.
- Im 2. RA wird die Flusssohle seit 2008 durch Querriegel stabilisiert. Die Sohle liegt dort insgesamt bis zu mehreren Dezimeter tiefer als am 01. August 2005. Zwischen den Querriegeln wurden bei der Querprofilaufnahme vom September 2009 zusätzliche, teilweise mehrere Dezimeter große Sohleintiefungen ermittelt. Diese werden durch die Querprofilaufnahme vom Juni 2010 jedoch nicht bestätigt. Im Juni 2010 liegt die Sohle zwischen den Querriegeln auf Höhe des jeweiligen stützenden Querriegels oder darüber.
- Im 2. RA, auf Höhe der Rampe bei ca. Fl.km 5+800 bis 5+900 (Querung Mühl- bzw. Hettenbach-Düker), liegt die Gewässersohle in etwa auf dem Sohlniveau von Sommer 1999.
- Im 3. RA sind im Zeitraum 01. August 2005/ September 2009 nur geringe Veränderungen der Sohle von rd. + 0,1 m bis -0,2 m zu beobachten. Im Vergleich zur Sohle vom Frühjahr 1999 ist eine nach Süden zunehmende Eintiefung von rd. 0,1 m bei Fl.km 6+000 bis rd. 0,6 m bei Fl.km 6+600 festzustellen (Stützwirkung der Rauen Rampe bei Fl.km 5+877).
- Im 4. RA nimmt die Eintiefung der Sohle nach Süden zu. Im Vergleich der Querprofilnahmen Juni 2010/August 1999 beträgt die Eintiefung der mittleren Sohle rd. 0,6 m bei Fl.km 6+800 und 1,8 m bei Fl.km 8+000.

### **Wertachkanäle**

Das TBA betreibt an der Singold, am Fabrikkanal und am Mühl- bzw. Hettenbach seit 2008 jeweils eine Messstelle zur kontinuierlichen Wasserstands- bzw. Abflussmessung (Anlage 1.1). Die Wasserstände werden täglich mittels Datenfernübertragung (DFÜ) abgerufen.

Die Kanäle im Stadtgebiet von Augsburg werden durch das TBA der Stadt Augsburg zu Revisionszwecken regelmäßig abgelassen. Die sogenannten *Ablässtermine* für die Wertachseite im Zeitraum 2004/2012 sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Infolge der Kanalablässe ergeben sich bereichsweise Auswirkungen auf die Grundwasserstände (siehe Kapitel 3.1.4).

**Tabelle 2: Ablässetermine Wertachseite 2004 - 2013**

<b>Jahr</b>	<b>von</b>	<b>bis</b>
2004	24. April	16. Mai
2005	09. April	01. Mai
2006	18. April	31. Mai
	08. August	12. August
2007	19. Mai	09. Juni
2008	19. April	27. April
2009	10. Oktober	25. Oktober
2010	13. März	03. April
2011	14. Mai	28. Mai
2012	4. April	8. April

Die Wasserstände im Fabrikkanal unterliegen starken zeitlichen Schwankungen. Die Schwankungsbreite wird durch die verfügbaren Zuflüsse aus der Wertach (Einhaltung Mindestabfluss in der Wertach von 2,6 m³/s (seit 01.01.2008); 2,8 m³/s (seit 01.01.2010) bzw. 3,0 m³/s (ab 01.01.2014) und den Betrieb der Wasserkraftanlage der Fa. Ackermann bestimmt. Während der o.a. Kanalablässe sind nur noch geringe Restwasserstände (rd. 0,2 m) zu verzeichnen.

### **3.1.4 Grundwasserhydraulik**

#### **Grundwassermessnetz**

Die im Modellraum vorhandenen GWM sind aus Anlage 3.1 ersichtlich. Es handelt sich hierbei um Messstellen unterschiedlicher Betreiber (WWA Donauwörth, der Stadt Augsburg (TBA), Lechwerke AG (LEW), sonstige private Betreiber). Im südlichen Modellraum und im Bereich des 1. RA bis 4. RA liegt ein relativ dichter Messstellenbestand vor. Im nördlichen Modellraum ist die Zahl der Messstellen mit Grundwasserstandmessungen eher geringer. Insgesamt sind innerhalb des Modellraumes derzeit etwa ca. 100 funktionsfähige GWM bekannt.

Im Jahr 2004 erfolgte im Bereich der 4. Realisierungsabschnitte eine Verdichtung des Messnetzes durch die zusätzliche Niederbringung von 18 neuen GWM, eine weitere GWM wurde im Januar 2013 im Bereich des 4. RA errichtet (TBA\_1071).

Zur Überwachung der Grundwasserstände im Bereich der 4 Realisierungsabschnitte wurde ein *Sondermessnetz Wertach vital II* aufgebaut [14]. In das Sondermessnetz wurden ausgewählte GWM und Gewässerpegel einbezogen. Das Sondermessnetz umfasst aktuell 21 GWM, alle sind mit Datensammlern ausgestattet. Die räumliche Ausdehnung des Sondermessnetzes ist aus Anlage 3.1 zu ersehen. Das Sondermessnetz reicht bis in eine Entfernung von ca. 1,5 km von der Wertach. Hierdurch werden auch eventuell weitreichende Einflüsse auf

die Grundwasserstände erfasst (Wertach-Wasserstände, Niederschlag, binnenseitige Einflüsse). Die flächige Ausdehnung des Sondermessnetz Wertach vital II umfasst ca. 11 km<sup>2</sup>.

***Einflussgrößen auf die Grundwasserstandsentwicklung sind:***

- Grundwasserneubildung durch Niederschlag
- Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern (Wertach bzw. Nebengewässer)
- Anthropogene Eingriffe (Entnahmen, Kanalablässe, Wasserhaltungen, Bauwerke)

***Grundwasserstandsentwicklung***

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im Zeitraum 2004/2009 im Bereich es 1. RA bis 4. RA ist detailliert in [14] beschrieben. Dort erfolgte eine gruppenweise Auswertung der Grundwasserstandsdaten entsprechend ihrer Lage an den verschiedenen RA. Die Ganglinien der GWM im 1. RA und 3. RA sind aus den Anlagen 3.4.1 und 3.4.2 ersichtlich.

Nachstehend sind die für den 4. RA maßgebenden Entwicklungen und Einflussgrößen bis einschließlich 2010 zusammenfassend wieder gegeben.

Ausgewählte Grundwassermessstellen:

- In Anlage 3.4.3 sind die Ganglinien der gemessenen Grundwasserstände an den Messstellen auf der westlichen Wertachseite dargestellt (TBA\_0653, TBA\_0993, TBA\_0988 jeweils mit Datensammler; TBA\_529b: bis Oktober 2007 Monatswerte, seit Juni 2009 Datensammler).
- Aus Anlage 3.4.4 sind die Ganglinien der gemessenen Grundwasserstände an den Messstellen auf der östlichen Wertachseite ersichtlich. Alle Messstellen sind mit Datensammlern ausgestattet.

Grundwasserstandsganglinien

- Die Haupttendenzen der Grundwasserstandsentwicklung im Auswertungszeitraum sind durch folgende Entwicklungen gekennzeichnet:
  - Der Verlauf der Grundwasserstände korrespondiert deutlich mit dem Wertachwasserstand. Mit zunehmender Entfernung von der Wertach ist eine zunehmende Dämpfung und zeitliche Verzögerung der Amplituden festzustellen.
  - Nach geringer Schwankungsbreite im Zeitraum August 2004/August 2005 ist bedingt durch das Wertachhochwasser (HW05) Ende August 2005 ein kurzzeitiger ausgeprägter Anstieg der Grundwasserstände zu verzeichnen.
  - Nach dem HW05 ist zunächst ein Rückgang der Grundwasserstände zu beobachten, auf den in den Monaten März 2006 bis Juni 2006 ein anhaltender Anstieg der Grundwasserstände folgt. Dieser ist auf eine Phase erhöhter Wertachabflüsse, als

Folge der Schneeschmelze nach dem schneereichen Winter 2005/2006 zurückzuführen.

- Im weiteren Verlauf bis Ende WWJ09 ist eine leicht fallende Tendenz der Grundwasserstände bei überwiegend geringer Schwankungsbreite zu beobachten.
- An den westlich der Wertach gelegenen Grundwassermessstellen wird der höchste Grundwasserstand im Betrachtungszeitraum überwiegend im April 2006 erreicht, lediglich an der Wertach nahen Messstelle TBA\_0988 tritt der maximale Grundwasserstand beim HW05 auf. Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände liegt überwiegend bei rd. 1,6 m bis 1,7 m. Die größte Schwankungsbreite wird erwartungsgemäß an der nahe zur Wertach gelegenen Messstelle TBA\_0988 (2,25 m) ermittelt (Anlage 3.4.2).
- An den Messstellen auf der östlichen Wertachseite wird das Maximum der Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum beim HW05 erreicht. An den Wertach nahen Messstellen (TBA\_0992, TBA\_0989) beträgt die Schwankungsbreite rd. 1,7 m. An den Wertach fernen Messstellen (TBA\_0990, TBA\_0991, TBA\_1000) ist eine deutlich geringere Schwankungsbreite von nur rd. 0,6 m bis 0,75 m festzustellen (Anlage 3.4.4).

An der nahe zum Kanal gelegenen GWM (TBA\_0986, TBA\_0989, TBA\_0990) sind zudem die Auswirkungen der Kanalablässe auf die Grundwasserstände feststellbar. Das Ablassen des Kanals führt jeweils zu einem vorübergehenden Rückgang des Grundwasserstandes um bis zu rd. 0,4 m. Besonders deutlich ist dies für die ca. 4- bis 6-wöchigen Ablässe vom April 2005 und April/Mai 2006 zu erkennen. Der nur rd. 1-wöchige Ablass vom April 2008 ist auch an der Messstelle TBA\_0986 (Lage am Übergang 4.RA zu 3.RA) feststellbar. Diese Messwerte belegen die hydraulische Wechselwirkung zwischen Wertachkanal und dem Grundwasserbereich.

- An den nahe zur Wertach gelegenen Messstellen (TBA\_0988, TBA\_0989, TBA\_0992) ist aufgrund der fortschreitenden Eintiefung der Wertachsohle innerhalb des Betrachtungszeitraumes ein Rückgang der Grundwasserstände zu verzeichnen. Auf der westlichen Wertachseite fällt dieser mit rd. 0,3 m größer aus als an den östlichen Messstellen (ca. 0,1 m). Dies ist vermutlich auf lokale Unterschiede bei der Entwässerung des Grundwasserleiters Richtung Vorfluter Wertach zurückzuführen (Untergrunddurchlässigkeiten, Basis des quartären Grundwasserleiters).

Das Grundwasser im quartären Grundwasserleiter ist in der Regel ungespannt, es kann jedoch, beim Vorhandensein undurchlässiger Deckschichten und dem Auftreten hoher Grundwasserstände (Hochwasserereignisse), im Nahbereich der Wertach und in Geländemulden auch als gespannter Grundwasserleiter auftreten.

### **Grundwassergleichen**

Zur weiteren Veranschaulichung der Grundwasserverhältnisse im Modellraum sind in Anlage 3.5 folgende Auswertungen dargestellt:

- Grundwassergleichen für mittlere Grundwasserverhältnisse (MGW), Ausschnitt aus der Grundwassergleichenkarte der Stadt Augsburg [11]
- Messwerte der Stichtagsmessung vom 25.10.2007
- Grundwassergleichen im Bereich der 4 Realisierungsabschnitte für die mittleren Grundwasserstände im Wasserwirtschaftsjahr 2009 (WWJ09: November 2008 bis Oktober 2009) [14].

Die Grundwassergleichenkarte der Stadt Augsburg basiert gemäß der dort verzeichneten „Anmerkung zur Benutzung der Karte“ auf dem Kenntnisstand bis zum Jahr 2005. Zur genaueren Erfassung der Grundwasserstände wurde vom WWA Donauwörth und dem TBA der Stadt Augsburg am 25.10.2007 eine umfassende Stichtagsmessung durchgeführt. Im Vorfeld hierzu erfolgte eine Überprüfung des Messstellenbestandes hinsichtlich Existenz und Zustand. Im Ergebnis wurden 91 GWM in die Stichtagsmessung einbezogen, die im quartären Grundwasserleiter verfiltert sind. Darüber hinaus wurden an 21 Messprofilen der Gräben und Kanäle Wasserspiegel eingemessen und zeitgleich Abflussmessungen durchgeführt (Anlage 3.6).

Die bei der Stichtagsmessung gemessenen Grundwasserstände sind in Anlage 3.5 dargestellt. Aus dem Detailausschnitt sind zudem die Grundwassergleichen für die mittleren Grundwasserstände im Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) 2009 zu ersehen (WWJ 2009: November 2008 bis Oktober 2009). Insgesamt ergibt sich hieraus:

- Die Messwerte der Stichtagsmessung vom 25.10.2007 bestätigen im Wesentlichen die Grundwasserstände der Grundwassergleichenkarte der Stadt Augsburg [11] innerhalb des Modellraumes. Dies trifft auch auf den Bereich des 1. RA bis 4. RA (Detailausschnitt) zu.

Im 4. RA lassen die Grundwassergleichen für das WWJ 2009 im Nahbereich der Wertach jedoch einen Rückgang der Grundwasserstände gegenüber den mittleren Verhältnissen in der Grundwassergleichenkarte [11] erkennen. Dies ist auf die fortschreitende Eintiefung der Flusssohle in diesem Flussabschnitt zurückzuführen. Zwischen August 2005 und Juni 2010 hat sich die Flusssohle dort um bis zu rd. 0,6 m eingetieft, was zu einer entsprechenden Absenkung des mit dem Flusswasserspiegel korrespondierenden Grundwasserspiegels im Nahbereich des Gewässers führt.

Hinsichtlich der Grundwasserströmung sind aus Anlage 3.5 insgesamt folgende Charakteristiken erkennbar:

- Zwischen der Staustufe Inningen im Süden (ca. Fl.km 13+500) und dem Ackermannwehr (ca. Fl.km 8+300) ist die Grundwasserströmung westlich der Wertach in nordöstlicher

Richtung zum Vorfluter Wertach hin orientiert. Das Fließgefälle liegt zwischen ca. 0,3 % und ca. 0,4 %. Der Wertach kommt dort Vorflutfunktion für das Grundwasser zu. Die bereits am Talrand erkennbare Strömungsrichtung weist auf seitliche Zuflüsse aus dem angrenzenden tertiären Hügelland in das Wertachtal hin.

- Auf der östlichen Wertachseite dominiert eine nordwestliche, bereichsweise auch annähernd parallel zur Wertach orientierte Grundwasserströmungsrichtung. Die Vorflutwirkung der Wertach ist dort insbesondere im Nahbereich des Gewässers zu erkennen.
- Im Bereich des 1. RA bis 4. RA ist auf der westlichen Wertachseite eine überwiegend parallel zur Wertach verlaufende Grundwasserströmungsrichtung feststellbar. Auf der östlichen Wertachseite entwässert das Grundwasser in die Wertach.

Eine ausgeprägte Vorflutwirkung der Wertach, sowohl für die westliche, als auch für die östliche Wertachseite, ist dort insbesondere für das Unterwasser des Ackermannwehres (ca. Fl.km 8+300) und das Unterwasser der Rauen Rampe im 1. RA (Fl.km 4+200 bis 4+500) festzustellen. Dort nimmt das Grundwassergefälle auf ca. 0,7 % bis 1,1 % zu. Im Oberwasser dieser Bauwerke infiltriert Wertachwasser in den Grundwasserleiter und fließt von dort auf kurzem Weg in das Unterwasser des jeweiligen Bauwerkes.

- Die starke Vorflutwirkung der Wertach für das Grundwasser im Wertachtal setzt sich nördlich der Rauen Rampe bei Fl.km 4+200/4+500 bis zur Mündung der Wertach in den Lech fort. Dieser Bereich gehört zum Projektabschnitt Wertach vital III.

### **Flurabstände**

Die Flurabstände liegen im 4. RA (Fl.Km 6+760 bis Fl.Km 8+250), im flussnahen Bereich, auf beiden Seiten der Wertach, bei mittleren Grundwasserständen überwiegend zwischen ca. 2 m und ca. 4 m (Anlage 3.7). In Rinnenstrukturen sind kleinräumig auch geringere Flurabstände von ca. 1 m festzustellen.

Auf der östlichen Wertachseite, im Stadtteil A.-Göggingen, dominieren in weiterer Entfernung, etwa bis auf Höhe der St2035, zunächst Flurabstände zwischen ca. 2 m und ca. 4 m. Beim Gögginger Bad und in Geländetiefpunkten an der St2035 werden Flurabstände von ca. 1 m bis 2 m ermittelt. Südlich der Bebauungsgrenze von Göggingen, Richtung Wertachau und entlang der Singold, sind ausgedehnte Bereiche mit Flurabständen überwiegend zwischen 0,5 m und 1,5 m erkennbar. Nach Osten, in Richtung Augsburger Hochterrasse, nehmen die Flurabstände weiträumig auf mehr als 5 m zu.

Auf der westlichen Wertachseite, im Gebiet des Leitershofer Holz und der Schrebergärten am Wasenmeisterweg, herrschen bei mittleren Grundwasserständen Flurabstände zwischen ca. 2 m und ca. 3 m vor. In den westlich angrenzenden Bebauungsgebieten (A.-Schafweidesiedlung, S.-Leitershofen) nehmen die Flurabstände auf überwiegend 3 m bis 4 m zu. Im Bereich der ackerbaulich genutzten Flächen werden Flurabstände zwischen 3 m und 5 m ermittelt.

### 3.1.5 Grundwasserbilanz

Im Modellraum gehen folgende Größen in die Grundwasserbilanz ein:

- Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- Randzufluss aus dem westlichen orohydrografischen Einzugsgebiet
- Randzustrom aus dem Süden in den quartären Grundwasserleiter
- Austausch mit Oberflächengewässern (Infiltration und Exfiltration)
- Entnahmen
- Grundwasseraustausch mit dem tertiären Grundwasserleiter

#### 3.1.5.1 Grundwasserneubildung

Zur Beschreibung der klimatischen Verhältnisse wurden die Klimadaten der Messstation Augsburg-Mühlhausen (DWD 10852) herangezogen. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe im 10-Jahres-Zeitraum 1990-2012 beträgt dort 757 mm und entspricht damit weitgehend dem mittleren Jahresniederschlag im Zeitraum 1961-1990 (750 mm).

Für die Beurteilung der hydrologischen Verhältnisse sind neben den Jahresniederschlägen auch die Verteilung auf Sommer- und Winterhalbjahr maßgebend. Aus Anlage 4.1 ist die Entwicklung der Sommer- und Winterniederschläge im Zeitraum 2003 – 2012 im Vergleich zum jeweiligen Mittelwert im Zeitraum 1990-2012 dargestellt (Sommerhalbjahr 477 mm, Winterhalbjahr 280 mm).

Für die Grundwasserneubildung aus Niederschlag sind 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.

Die Ermittlung der Grundwasserneubildung im Modellraum erfolgte auf Grundlage der vom LfU zur Verfügung gestellten monatlichen Sickerwasserraten im Zeitraum Januar 2000 bis Dezember 2010. Die Sickerwasserraten stammen aus der bayernweiten Langzeit-Berechnung mit Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW. Gemäß LfU können diese Werte *„in Bereichen mit geringen Flurabständen“* - wie sie im Modellraum verbreitet vorliegen (s. a. Anlage 3.7) - *„näherungsweise der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden“*. Entsprechendes gilt auch für Talbereiche mit flacher Topographie und ohne Vorflutbeziehung in Gräben o.ä.. Verluste infolge von Zwischenabfluss oder Interflow (Anteil des Abflusses der den Vorflutern aus den oberflächennahen Bodenschichten zufließt), können dort vernachlässigt werden.

Die den Berechnungen des LfU zugrunde liegende Flächennutzung (CORINE) im Modellraum, zusammen mit den aus den Berechnungsergebnissen abgeleiteten mittleren Grundwasserneubildungsraten im Zeitraum Jan 2000/Dez 2010 zeigt Anlage 4.2. Die Neubildungsraten

variieren überwiegend zwischen rd. 1 l/s\*km<sup>2</sup> und rd. 11 l/s\*km<sup>2</sup>, wobei die geringsten Werte erwartungsgemäß für bebaute Gebiete ermittelt wurden, die höchsten Werte sind für Ackerflächen festzustellen. In den nahe zur Wertach gelegenen und durch Mischwald geprägten Gebieten ergeben sich negative Werte zwischen -0,7 und -1,9 l/s\*km<sup>2</sup>. Dies ist insbesondere an grundwassernahen Standorten möglich, wo kapillarer Wasseraufstieg von Grundwasser zur Wasserversorgung von Pflanzen beitragen kann.

Für das Modellgebiet wurde für den Zeitraum 2000/2010 eine mittlere Grundwasserneubildung von rd. 5,1 l/s\*km<sup>2</sup> ermittelt, entsprechend ca. 160 mm/a. Im WWJ2009 beträgt die mittlere Grundwasserneubildungsrate nur rd. 3,5 l/s l/s\*km<sup>2</sup>. Die Grundwasserstände in diesem Zeitraum werden jedoch auch durch die langzeitige Entwicklung der Grundwasserneubildung beeinflusst, dementsprechend wird den weiteren Untersuchungen der Mittelwert des Zeitraums 2000/2010 (5,1 l/s\*km<sup>2</sup>) zugrunde gelegt. Insgesamt sickern dem quartären Grundwasserleiter innerhalb des Modellraumes rd. 300 l/s zu.

### 3.1.5.2 Randzufluss aus dem orohydrografischen Einzugsgebiet

Zur Ermittlung der mittleren Zuflüsse aus den westlichen orohydrografischen Einzugsgebieten des Bilanzraumes in den Modellraum (Gesamtfläche ca. 16 km<sup>2</sup>), wurden ebenfalls auf die seitens LfU zur Verfügung gestellten berechneten Sickerwasserraten zurückgegriffen. Für den Zeitraum Jan 2000/Dez 2010 ergibt sich dort eine mittlere Sickerwasserrate von rd. 5,9 l/s\*km<sup>2</sup> (185 mm/a).

Ergänzend hierzu wurden die Ergebnisse der Untersuchungen in [4] berücksichtigt. Im Zusammenhang mit den dort durchgeführten großräumigen, modellgestützten Bilanzierungen wurde für den Molasse-GWL (Tiefengrundwasserleiter) im tertiären Hügelland westlich von Augsburg eine Neubildungsrate von 2,0 – 2,5 [l/s\*km<sup>2</sup>] ermittelt.

Im Hinblick auf die Ermittlung der Randzuflüsse aus dem westlichen orohydrografischen EZG sind die Neubildungsraten für das Tertiär somit als „Verlust“ anzusetzen. Dementsprechend wurden die o.a. seitens LfU ermittelten Sickerraten entsprechend abgemindert. Hieraus resultiert eine Bandbreite von 3,4 l/s\*km<sup>2</sup> - 3,9 l/s\*km<sup>2</sup>. Für die vorliegende Untersuchung wird eine Grundwasserneubildungsrate von 3,4 l/s\*km<sup>2</sup> zugrunde gelegt. Dieser Wert liegt in der Größenordnung der bei den bisherigen Untersuchungen im Wertachtal ([7]) gewählten Ansätze. Die Ergebnisse sind differenziert nach Flächennutzung in Anlage 4.2 dargestellt.

Insgesamt resultiert hieraus ein seitlicher Zufluss aus dem westlichen orohydrografischen EZG in den Modellraum von rd. 54 l/s.

### 3.1.5.3 Zustrom im quartären Grundwasserleiter

Das Wertachtal erstreckt sich über die Begrenzung des Modellraumes hinaus nach Süden. Der südliche Zustrom innerhalb des quartären Grundwasserleiters wurde auf Grundlage der geometrischen Randbedingungen, der geohydraulischen Kennwerte und der Gefälleverhältnisse zu rd. 540 l/s abgeschätzt.

- Zustrombreite  $B = 6.700 \text{ m}$
- Mittlere Aquifermächtigkeit  $H = 5,5 \text{ m}$ ,  
abgeleitet aus mittlerem Grundwasserspiegel (501 mNN) und mittlerer Basis des quartären GWL (495 mNN) am südlichen Modellrand
- Grundwassergefälle  $I = \text{ca. } 1/300 = 3 \text{ ‰}$
- Durchlässigkeitsbeiwert:  $k_f = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Hieraus resultiert ein Zufluss über den  $Q = k_f \cdot I \cdot B \cdot H [\text{m}^3/\text{s}] = 0,33 \text{ m}^3/\text{s} = 330 \text{ l/s}$

### 3.1.5.4 Austausch mit Oberflächengewässern

#### Austausch Oberflächengewässer / Grundwasser

Hinsichtlich der Gewässer interessiert der Wasserstand, die Gewässergeometrie (Sohlhöhe, Breite) und die Leakage-Faktoren (=Sohldurchlässigkeit/Sohlmächtigkeit). Zudem ist wichtig, ob das Gewässer über dem Grundwasser (Infiltration) oder im Grundwasser liegt (Infiltration und Exfiltration möglich). Für alle Gewässer müssen Ansätze für die modelltechnische Behandlung getroffen werden (Sohle, Breite, Wasserspiegel, Leakage-Faktoren). Liegen keine gemessenen Daten vor, müssen die Parameter auf Grundlage von Ortsbegehungen, topografischen Daten (DGM) und Analogieschlüssen abgeschätzt werden. Der sogenannte Leakage-Faktor  $L$  bildet hierbei die Randbedingung einer teildurchlässigen Gewässersohle ab.

Angaben zu den Sohlagen und der Breite der **Wertach** wurden aus den vorhandenen Querprofilaufnahmen (s. Kapitel 3.1.3) übernommen. Im Rahmen der bereits durchgeführten Modelluntersuchungen ergab sich, dass im Oberwasser des Ackermannwehres ein relativ geringer Leakage-Faktor von  $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  anzusetzen ist. Dies ist vermutlich auf die dort auftretenden Kolmationseffekte (Selbstdichtung der Sohle) zurück zu führen. Im Bereich der freien Fließstrecke der Wertach wurde ein Leakage-Faktor von 1 bis  $2 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  angesetzt, der eine relativ offene, teildurchlässige Gewässersohle wiedergibt. Diese Werte entsprechen den Ansätzen, wie sie im südlich angrenzenden Grundwassermodell für die Wertach gewählt wurden [7].

**Diebelbach** und **Radegundisbach** weisen nur eine geringe Wasserführung auf bzw. führen nur zeitweise Wasser. Der Grundwasserspiegel liegt bei mittleren Grundwasserständen unter der Grabensohle. Dementsprechend erfolgt bei trockenen und mittleren hydrologischen Verhältnissen weder eine Zusickerung aus den Gräben in das Grundwasser, noch eine Aussickerung aus dem Grundwasser in die Gräben. Beide Gräben können somit im zu erstellenden Grundwassermodell bei mittleren Bedingungen vernachlässigt werden.

Am Diebelbach sind Überflutungen bei Starkregenereignissen bekannt. Unter diesen Bedingungen ist eine Zusickerung in den Grundwasserbereich möglich. Bei hohen Grundwasserständen und Hochwasserbedingungen in der Wertach kann beiden Gräben zumindest im flussnahen Bereich Vorflutfunktion zukommen. Dementsprechend werden beide Gräben bei Hochwasserbedingungen als sogenannte Leakage-Randbedingung definiert, die eine teildurchlässige Gewässersohle abbildet. Aufgrund der wechselnden Austauschrichtungen ist von einer relativ offenen Grabensohle auszugehen, es wurde ein Leakage-Faktor  $L = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  gewählt.

An den kanalartig ausgebauten Gewässern **Singold, Fabrikkanal, Wertachkanal, Senkelbach, Mühl- bzw. Hettenbach** liegt der Wasserspiegel überwiegend über dem mittleren Grundwasserspiegel. Lediglich im Unterwasser des Triebwerkes am Fabrikkanal (Bezeichnung: X, siehe auch Anlage 2.6) etwa bis zur Mündung der Singold, und im Unterwasser des Triebwerkes an der Singold (Nr. 95) kann der Grundwasserstand auch bei mittleren Verhältnissen einige Dezimeter höher als der Kanalwasserspiegel liegen. Entsprechendes gilt für kurze Strecken im Mündungsbereich zur Wertach. Insgesamt ist somit im Modellraum überwiegend von einer Infiltration aus den Kanälen in das Grundwasser auszugehen.

Für die Kanäle lagen keine Angaben zu den Leakage-Faktoren vor. Die Böschungen an den Kanälen wurden überwiegend als Betonplatten ausgeführt, die bereichsweise mit wasserbausteinen überschüttet sind. An mehreren Stellen sind Beschädigungen und Alterungserscheinungen am Beton festzustellen. Auch die Verfugungen sind nicht durchgängig erhalten. Über die Dichtigkeit der Böschungen lagen keine Angaben vor. Auch zur Beschaffenheit der Kanalsohlen lagen keine genauen Angaben vor, vermutlich wurden diese als „Lehmschlag“ ausgeführt, entsprechende Hinweise ergeben sich zumindest für den Fabrikkanal (s.u.).

Zur weiteren Beurteilung der Austauschvorgänge zwischen den Triebwerkskanälen im Modellraum und dem Grundwasser wurden bei der Stichtagsmessung am 25.10.2007 an insgesamt 21 Messprofilen Abflussmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Anlage 3.6 schematisch veranschaulicht. Aus den Abflussmessungen lassen sich zwischen verschiedenen Messprofilen Abflussverringerungen feststellen, die grundsätzlich aus der Zusickerung von Kanalwasser in das Grundwasser resultieren können. Generell ist hierzu festzustellen, dass systembedingt von Messwertabweichungen in einer Größenordnung von ca. 10% auszugehen ist.

- Für die **Singold** ergaben sich, unter Berücksichtigung der Ausleitungen (Seitelbach, Ablassbach) zwischen den verschiedenen Messprofilen, überwiegend kausale Beziehungen der gemessenen Abflüsse. Zwischen den Abflussprofilen S4 und S5 wird eine Abflussminderung von rd.  $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $60 \text{ l/s}$ ) ermittelt, entsprechend einer Reduzierung um rd. 4%, bezogen auf den Abfluss am Profil S4 ( $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Diese Veränderung liegt in der Größenordnung der Messgenauigkeit.

- Am **Ablassbach** lagen die Abflüsse an 2 Messprofilen (S6, S7) bei rd. 0,14 m<sup>3</sup>/s. Nach der Einmündung in den **Forellenbach** wurden dort (S8) rd. 0,18 m<sup>3</sup>/s ermittelt. Im weiteren Verlauf ist zwischen S8 und S9 eine Abflussverringering um rd. 0,04 m<sup>3</sup>/s festzustellen, dies entspricht einer Reduzierung um rd. 22%. Hieraus lässt sich bei einer Länge des Grabenabschnittes von rd. 620 m und weiteren geometrischen Abschätzungen (Breite: 2 m, Wassertiefe: 0,4 - 0,5 m) ein Leakage-Faktor L von rd. 0,6 – 0,8 · 10<sup>-5</sup> s<sup>-1</sup> ableiten. Dieser Wert erscheint in Anbetracht der Grabenbeschaffenheit (kiesige Sohle) plausibel.
- Am **Fabrikkanal** wurde zwischen dem Messprofil S10, das sich im Oberwasser des dortigen Triebwerkes (Bezeichnung: X) befindet, und dem Messprofil S12, unterstrom des Triebwerkes, eine Abflussreduzierung um rd. 1,2 m<sup>3</sup>/s ermittelt, entsprechend rd. 10% des Abflusses am Profil S10 (12,1 m<sup>3</sup>/s). Diese Veränderung liegt in der Größenordnung der Messgenauigkeit. Bei einer entsprechend hohen Zusickerung aus dem Kanal in den Grundwasserleiter wäre ein ausgeprägter Grundwasseranstieg in diesem Bereich zu verzeichnen, dies ist aus den vorliegenden Messdaten nicht erkennbar. Zur weiteren Überprüfung wurde eine Abschätzung hinsichtlich des Leakage-Faktors vorgenommen. Im Ergebnis ergibt sich mit den bekannten geometrischen Größen ein Wert von rd. 6 · 10<sup>-5</sup> s<sup>-1</sup>. Dieser relativ hohe Wert wird als nicht plausibel angesehen, da nach Angaben der Fa. Ackermann *die Sohle im Fabrikkanal durch eine Lehmschicht gedichtet ist. Die Beobachtungen während der Kanalablässe zeigen zudem, dass der Kanal eine gute Dichtwirkung aufweist* (Besprechung vom 04.03.2008, [16]).
- Am **Wertachkanal** liegen die Abflussveränderungen zwischen den Messstationen S11/S12 und S13 bzw. S15 und S17 unter Berücksichtigung der Zuflüsse (Singold) und Abflüsse (Abschlag 4 Fallen) in einer Bandbreite von rd. 0,11 m<sup>3</sup>/s bis rd. 0,35 m<sup>3</sup>/s und damit im Bereich der Messgenauigkeit (rd. 1% - 3%). Zwischen den Messprofilen S13 (auf Höhe Wehranlage Kulperhütte) und S15 (auf Höhe Localbahnbrücke) wurde eine Verringerung des Abflusses um rd. 1,5 m<sup>3</sup>/s ermittelt. Dies sind rd. 12% des Abflusses an der Station S13. Bei einer entsprechend hohen Zusickerung aus dem Kanal in den Grundwasserleiter wäre ein ausgeprägter Grundwasseranstieg in diesem Bereich zu verzeichnen, dies ist aus den vorliegenden Messdaten nicht erkennbar. Außerdem müssten, aufgrund der Vorflutwirkung der Wertach für das Grundwasser, in diesem Abschnitt auch merkliche Zusickerungen in das Gewässer feststellbar sein. Ortsbegehungen bei Niedrigwasserabflüssen gaben jedoch keine Hinweise darauf. Dementsprechend ist beim abweichenden Messwert an der Station S15 von einer Messungenauigkeit auszugehen.  
Aus den Auswertungen zur Grundwasserüberwachung ([14], Kap. 3.1.4) ergab sich, dass im 4. RA, an den nahe zum Wertachkanal gelegenen GWM TBA\_0986, TBA\_0989 und TBA\_0990, die Auswirkungen der Kanalablässe auf die Grundwasserstände gedämpft feststellbar sind (vorübergehendes Absinken des Grundwasserstandes um bis zu rd. 0,4 m). Dementsprechend ist dort von einem Austausch zwischen Kanal und Grundwasserbereich auszugehen.

- Am **Senkelbach** ergaben die Abflussmessungen an den Stationen S18a (rd. 8,7 m<sup>3</sup>/s) und S20 (rd. 8,4 m<sup>3</sup>/s) eine Abflussverringerung um rd. 0,3 m<sup>3</sup>/s, die Differenz beträgt somit rd. 3% des Abflusses. Diese Veränderung liegt in der Größenordnung der Messgenauigkeit.
- Am **Mühl- bzw. Hettenbach** stimmen die gemessenen Abflüsse nach der Ausleitung aus dem Wertachkanal (S16) und vor der Einleitung in die Wertach (S19) mit 2,66 m<sup>3</sup>/s bzw. rd. 2,70 m<sup>3</sup>/s nahezu überein. Die Abweichung liegt bei weniger als 2%. Insgesamt ergibt sich hieraus, dass über die Gesamtlänge des Mühl- bzw. Hettenbachs von rd. 4,7 km nicht von nennenswerten Austauschmengen mit dem Grundwasserleiter auszugehen ist.
- Für den **Stadtbach** lagen keine genauen Kenntnisse über die Abdichtung des Kanales vor. Aus den Untersuchungen einer Projektgruppe der Fachhochschule Augsburg [11] ergibt sich folgender Hinweis: *„Jedoch lässt sich feststellen, dass die Gerinnesohle als Betonsohle ausgebildet ist und die Seitenwände größtenteils ebenfalls aus Beton sind. Durch den ständigen Transport von Sedimenten besitzt das Gerinne eine natürliche Selbstabdichtungsfunktion. Somit kann davon ausgegangen werden, dass nur ein geringer Wasseraustausch mit dem Grundwasser vorhanden ist.“* Für den **Proviantbach** ist von ähnlichen Verhältnissen auszugehen

Insgesamt ergeben sich aus den bei der Stichtagsmessung am 25.10.2007 durchgeführten Abflussmessungen und den vorliegenden Informationen ergänzende Hinweise (z.B. keine nennenswerten Austauschmengen an der Singold und am Mühl- bzw. Hettenbach), die jedoch nicht in jeder Hinsicht eindeutig sind (Abflussveränderungen in der Größenordnung der Messgenauigkeit, nicht plausible Messung am Wertachkanal Station S15). Zudem stellt die Messung nur eine Momentaufnahme dar. Bei der Beurteilung der zwischen den verschiedenen Messprofilen ermittelten Abflussveränderungen ist zudem zu berücksichtigen, dass diese, bezogen auf den Gesamtabfluss in den jeweiligen Kanälen, überwiegend nur einen geringen Anteil von wenigen Prozent darstellen. Bezogen auf die Grundwasserbilanz (Kap. 3.1.5.7) werden jedoch Größenordnungen erreicht, (z.B. am Senkelbach: 300 l/s) die dem gesamten Zufluss einzelner Bilanzterme entsprechen. Eine zuverlässige Ableitung von Leakage-Faktoren ist aus diesen Messungen nicht möglich.

Auf Grundlage von Erfahrungswerten bei vergleichbaren Untersuchungen (Protokoll der Besprechung vom 26.03.2010, [16]) wurde für die kanalartig ausgebauten Nebengewässer ein Leakage-Faktor  $L = 1 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$  gewählt. Am Wertachkanal wurde aufgrund der bei den Ablässen an den nahe zum Kanal gelegenen GWM festgestellten Reaktionen als Ausgangswert ein Leakage-Faktor  $L = 1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$  angesetzt. Für Stadtbach und Proviantbach ist von einer geringeren Durchlässigkeit der Sohle auszugehen, dort wurde als Ausgangswert  $L = 1 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$  gewählt.

Hiermit wurde für die Nebengewässer im Modellraum (Länge ca. 24 km) eine Infiltration in den Grundwasserleiter in der Größenordnung von ca. 180 l/s abgeschätzt. Dieser Ansatz wird im Rahmen der Modellkalibrierung überprüft.

Da der **Lech** als Festpotenzial als nordöstliche Modellrandgrenze in das Grundwassermodell eingeht, sind nur Angaben zu den Wasserspiegeln erforderlich.

### 3.1.5.5 Grundwasserentnahmen

Die Lage der Grundwasserentnahmen im Modellraum ist aus Anlage 1.1 ersichtlich. Es wurden alle Entnahmen größer als 50.000 m<sup>3</sup>/a berücksichtigt. In den nahe zur Wertach gelegenen Kleingartenanlagen befinden sich private Brunnen zur Bewässerung der Gärten. Die Förderkapazität dieser Kleinbrunnen ist zu gering, um sich nennenswert auf den Grundwasserspiegel auswirken zu können, daher können diese Entnahmen vernachlässigt werden.

Wesentliche Entnahmen erfolgen seitens der Amann Nähgarne GmbH & Co. KG und der Hessing-Stiftung im Stadtteil Göggingen, der Fa. Eberle & Cie. GmbH im Stadtteil Pfersee und durch die Stadt Augsburg, Abwasserbetrieb im Klärwerk nördlich der Mündung der Wertach in den Lech. Die zeitliche Entwicklung dieser Entnahmen im Zeitraum 2005/2012 ist in Abbildung 4 dargestellt.

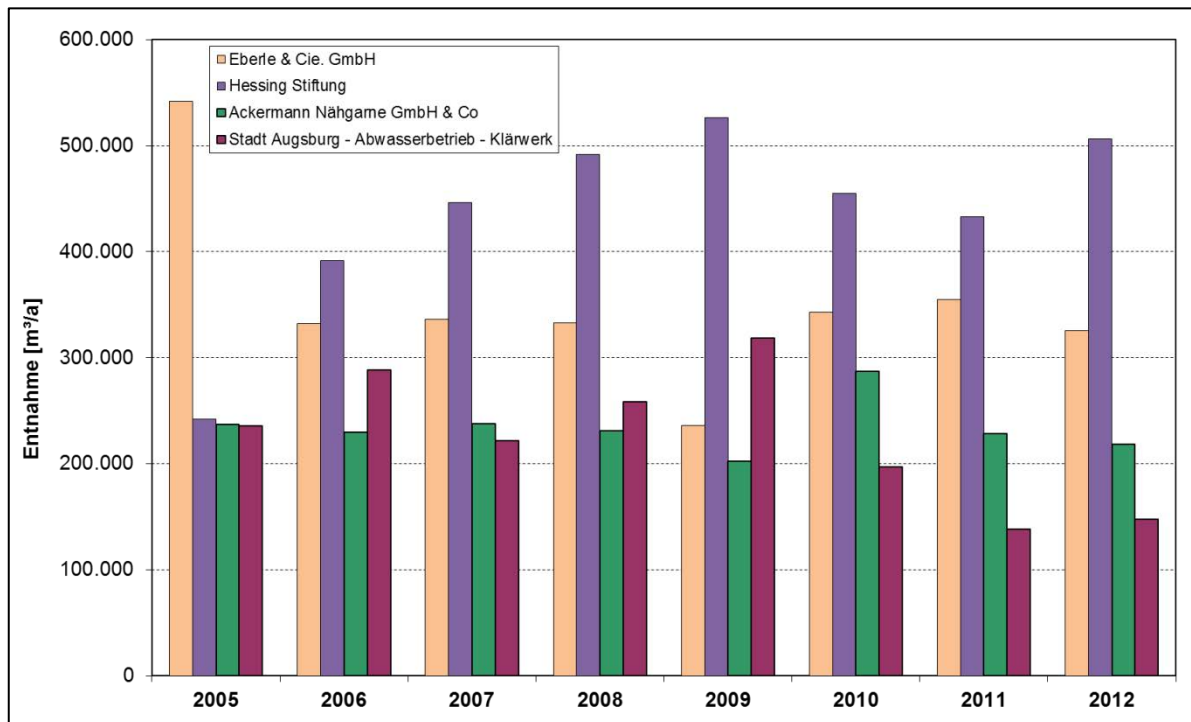


Abbildung 4: Wesentliche Grundwasserentnahmen im Modellraum

Die Gesamtentnahme aus den Brunnen dieser vier Unternehmen schwankt im Zeitraum 2005/2012 zwischen rd. 1,15 Mio. m<sup>3</sup>/a und rd. 1,3 Mio. m<sup>3</sup>/a, im Mittel des Auswertezitraumes werden rd. 1,25 Mio. m<sup>3</sup>/a entnommen. Insgesamt wurden im Modellraum im Mittel der Jahre 2005/2012 rd. 1,3 Mio. m<sup>3</sup>/a (= 41 l/s) entnommen.

### 3.1.5.6 Grundwasseraustausch mit dem tertiären Grundwasserleiter

Ein potentieller Mengenaustausch mit dem Tertiär (Zu-/Abstrom) wurde aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Tertiärs vernachlässigt.

### 3.1.5.7 Grundwasserbilanz

Bei Betrachtung aller Bilanzterme kann für den Modellraum folgende **Grundwasserbilanz** für mittlere Bedingungen und derzeitige Entnahmen aufgestellt werden:

**Tabelle 3: Vorläufige Grundwasserbilanz für den Modellraum**

Bilanzterm Zustrom	Menge [l/s]	Bilanzterm Abstrom	Menge [l/s]
Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Modellraum	350	Grundwasserentnahmen	41
Randzustrom aus dem westlichen orohydrografischen EZG	80		
Südlicher Randzustrom im Quartär	330	Nördlicher Randabstrom im Quartär	0
Infiltration Gewässer ca.	180	Exfiltration Gewässer	899
<b>Summe Zustrom</b>	<b>940</b>	<b>Summe Abstrom</b>	<b>940</b>

Einem Gesamtzustrom von ca. 940 l/s steht eine Grundwasserentnahme von 41 l/s gegenüber. Damit verbleibt eine Menge von rd. 900 l/s, die in die Vorfluter Wertach und Lech abfließt.

Im Abschnitt *Wertach Vital I* ergab sich bei der stationären Modellkalibrierung ein Grundwasserabstrom in die Wertach von 460 l/s auf einer Länge von 8 km [8]. Diese Menge entspricht einer Aufnahme von ca. 58 l/s/km. In der vorstehenden vorläufigen Bilanz ergibt sich ein Grundwasseraustritt in Wertach und Lech (Gesamtlänge rd.16,3 km) von rd. 55 l/s/km. Somit ergeben sich übereinstimmende Größenordnungen.

### 3.1.6 Randbedingungen

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

- Zustrom-Randbedingung am westlichen Rand (Tertiärrand).
- Randzustrom von Süden im quartären Grundwasserleiter abgeleitet aus geohydraulischen Parametern.
- Lech als Festpotenzial am nordöstlichen Modellrand.
- Alle übrigen Modellränder werden als Trennstromlinien (kein Zustrom) behandelt.
- Grundwasserneubildung als flächenhafter Zufluss.
- Austausch Oberflächengewässer/Grundwasser wird über Leakage-Randbedingung (Wertach und Nebengewässer) angesetzt.
- Dichte Modellbasis bzw. kein Austausch mit dem Tertiär.
- Grundwasserentnahmen an den Brunnen innerhalb des Modellraumes.

### 3.2 Vorgaben für das numerische Grundwassermodell

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

- Äußere Modellränder (siehe Anlage 1.1):
  - Westen und Süden: Randzustrom
  - Osten: Trennstromlinie
  - Nordwesten: Trennstromlinie
  - Nordosten: Lech-Wasserspiegel als Festpotenzial
- Einschichtiges Grundwassermodell, das den quartären GWL umfasst.
- Modellunterkante: Basis des quartären Grundwasserleiters (Anlage 2.1).
- Modelloberkante (Oberkante GWL): Unterkante der Deckschichten (Anlage 2.3)
- Geohydraulische Kennwerte: Verteilung der  $k_f$ -Werte entsprechend Anlage 2.4.
- **Definition der Randbedingungen:**
  - Grundwasserneubildung als differenzierter flächenhafter Zufluss gemäß Anlage 4.2.
  - Austausch mit Gewässern: Wertach, Singold, Ablassbach, Fabrikkanal/Wertachkanal, Senkelbach, Mühl- bzw. Hettenbach, Stadtbach und Proviantbach werden als Leakage-Randbedingung definiert.  
Festlegung der *Geometrie*: aus vorliegenden Querprofilaufnahmen (Wertach, Fabrikkanal, Wertachkanal) bzw. Abschätzungen auf Grundlage Ortsbesichtigung bei Stichtagsmessung 25.10.2007.  
Festlegung der *Wasserspiegel* an der Wertach: Übernahme aus den zugehörigen Wasserspiegellagenberechnungen mit dem 2D-WSP-Modell (Hydro\_AS-2D).  
Festlegung der *Wasserspiegel* an den Kanälen und Gräben: entsprechend vorliegender Querprofilaufnahmen bzw. Wasserspiegelmessungen bei der Stichtagsmessung

vom 25.10.2007. Zwischen den Messprofilen wird linear interpoliert. Aufgrund des überwiegend kanalartigen Ausbaus mit Stauhaltungen ist von weitgehend gleichbleibenden Wasserspiegeln auszugehen.

*Leakage-Faktoren* entsprechend den im Kap. 3.1.5.4 gewählten Ansätzen.

- Randzustrom über den Tertiärrand im Westen: Die für das orohydrografische Einzugsgebiet ermittelte Grundwasserneubildung (Kap. 3.1.5.2), wird in den 3 Teileinzugsgebieten als Randzustrom, gleich verteilt über den jeweiligen Modelrandabschnitt, angesetzt.
- Randzustrom im quartären Grundwasserleiter: am südlichen Modellrand, entsprechend der durchgeführten Abschätzung (Kap. 3.1.5.3).
- No-Flow-Randbedingung: entlang der übrigen Außengrenzen des Modellraumes.
- Kein Zufluss über die dichte Modellbasis.
- Grundwasserentnahmen: Entnahmen > 50.000 m<sup>3</sup>/a aus den Brunnen entsprechend Kap. 3.1.5.5.

Für die stationäre Modellanpassung wird der Grundwassergleichenplan in Anlage 3.5 verwendet.

- im Modellraum werden die Messwerte der Stichtagsmessung von 25. Oktober 2007 zugrunde gelegt, die weitgehend auch den mittleren Grundwasserständen in der Grundwasserkarte der Stadt Augsburg entsprechen.
- im Bereich der 4 Realisierungsabschnitte werden die mittleren Grundwasserstände im WWJ2009 zugrunde gelegt, da diese die zwischenzeitliche fortgeschrittene Eintiefung der Wertachsohle und den damit korrespondierenden Rückgang des Wertachwasserspiegels im Unterwasser des Ackermannwehres mit erfassen.

### 3.3 Vorgaben für das numerische instationäre Grundwassermodell

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

- Als Ausgangsgrundwasserstand für die Modellrechnung wird der stationäre Rechenfall verwendet. Sollte die Ausgangssituation vor dem betrachteten instationären Ereignis nicht mittleren Verhältnissen entsprechen, erfolgt eine grobe stationäre Vergleichsanpassung unter Berücksichtigung der entsprechenden Randbedingungen zur Ermittlung einer geeigneten Ausgangsverteilung (Anpassung Wasserstände der Wertach, Niederschlag).
- Die instationäre Modellanpassung erfolgt für das Hochwasserereignis im August 2005 (HW05).
- Die Zeitschrittunterteilung ist variabel und richtet sich nach der zeitlichen Auflösung der gemessenen Wasserstandsänderungen in der Wertach und an den Grundwassermessstellen im Anpassungszeitraum (Stundenschritte bis Schritte von mehreren Tagen)

- Vorgabe der Deckschichtunterkante
- Speicherkoeffizient für freie Grundwasserverhältnisse: 20 %
- Speicherkoeffizient für gespannte Grundwasserverhältnisse: 0,2 %
- Definition der Randbedingungen:
  - Wertach als Leakage-Randbedingung mit zeitlich veränderlichem Wasserstand. Die zeitliche Veränderung der Wasserspiegel wird aus den Wasserspiegellagenberechnungen mit dem 2D-WSP-Modell (Hydro\_AS-2D) übernommen.
  - Singold, Ablassbach, Fabrikkanal, Wertachkanal, Senkelbach, Mühl- bzw. Hettenbach, Stadtbach und Proviantbach als Leakage-Randbedingung mit konstantem Wasserstand.
  - Der Grundwasserzustrom über den südlichen Modellrand zeitlich konstant gesetzt. Der Modellrand liegt über 5 km vom 4. RA entfernt, instationäre Einflüsse vom Modellrand wirken sich nicht bis in dieses Gebiet aus.
  - Die Grundwasserneubildung für den Anpassungszeitraum wird entsprechend der Veränderung der Tagesniederschläge und der mittleren Tagetemperatur zeitlich verändert angesetzt.
  - Die Grundwasserentnahmen werden zeitlich konstant angesetzt.

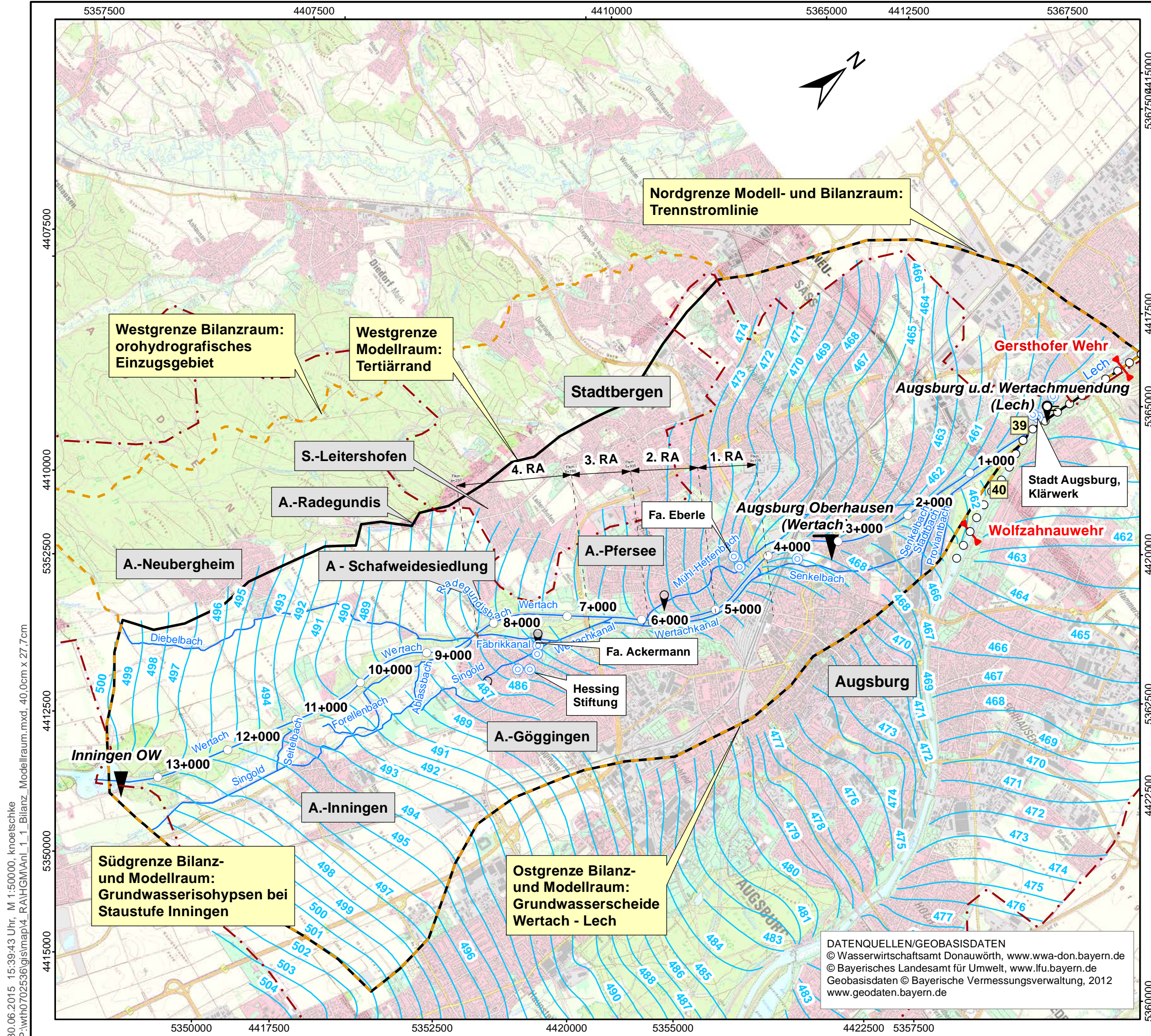
#### 4 Empfehlungen

Bei der Anwendung von Grundwassermodellen ist die „Aussageschärfe“ von wesentlicher Bedeutung. Für den Aufbau und Anpassung sind verschiedene Annahmen erforderlich, welche die Ergebnisse beeinflussen. Es hat sich daher als zweckmäßig herausgestellt, die wesentlichen Parameter und Annahmen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse systematisch zu variieren. Hierbei wird untersucht, wie empfindlich die Modellergebnisse auf die Veränderung von Eingangsparametern reagieren. Vor diesem Hintergrund wird die zusätzliche Durchführung einer Sensitivitätsanalyse empfohlen.

Projektbearbeiter:  
Dipl.-Ing. D. Knötschke

Augsburg, im August 2015

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Niederlassung Augsburg



**Zeichenerklärung:**

- Modellraum Grundwassermodell
- Bilanzraum
- Stadtgrenze Augsburg
- Entnahmebrunnen
- Flusskilometer (Fl.km) Wertach
- Wehr (Lech)
- Flusskilometer Lech

**Gewässerpegel**

- Registrierpegel mit Fernübertragung, mit Abflussmessung
- Registrierpegel mit Abflussmessung
- Registrierpegel mit Messwertansage, ohne Abflussmessung
- Registrierpegel ohne Abflussmessung

**Grundwassergleichen**

- Grundwassergleichen für mittlere Grundwasserstände (MW)  
Quelle: Grundwasserkarte der Stadt Augsburg
- 1. RA - 4. RA Realisierungsabschnitte Wertach vital II

0 1 2 3 km

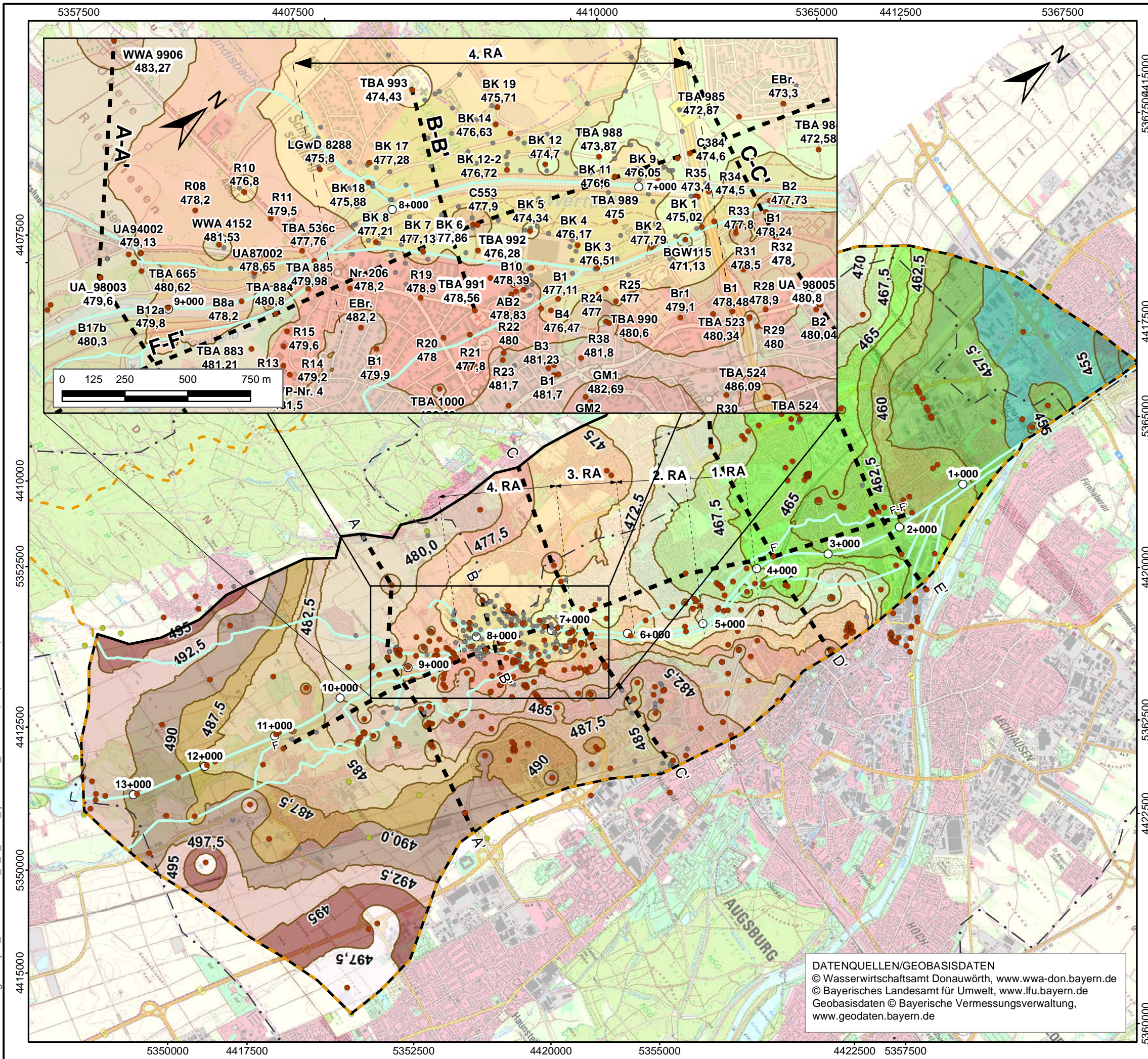
**BCE**  
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

**Bilanz- und Modellraum**

M.: 1:50.000    Juni 2015    wth0702536

30.06.2015 15:39:43 Uhr, M 1:50000, knoetschke  
 P:\wth0702536\gis\map4\_RAHGMA\Anl\_1\_1\_Bilanz\_Modellraum.mxd, 40,0cm x 27,7cm

30.06.2015 14:49:56 Uhr, M 1:50000, knoetschke  
P:\wfh0702536\gis\map4\_RA\HGM\Anl\_2\_1\_Basis\_quartaerer\_GWL\_mxd\_40,0cm x 27,7cm



**Zeichenerklärung:**

- Modellraum Grundwassermodell
- Stadtgrenze Augsburg
- Flusskilometer (Fl.km) Wertach
- Achsen der schematischen hydrogeolog. Schnitte (siehe Anlage 2.2.1 bis 2.2.6)

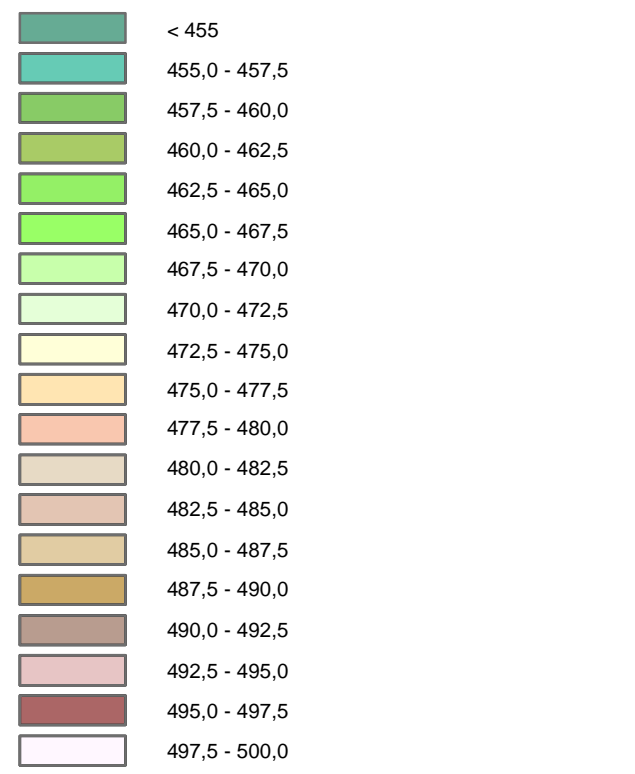
**Bohrungen**

- Aquiferbasis erreicht
- Stützstelle
- Aquiferbasis nicht erreicht

**Basis quartärer Grundwasserleiter**

**477,5** Linien gleicher Basis des quartären Grundwasserleiters [mNN]

**Basis quartärer Grundwasserleiter (mNN)**



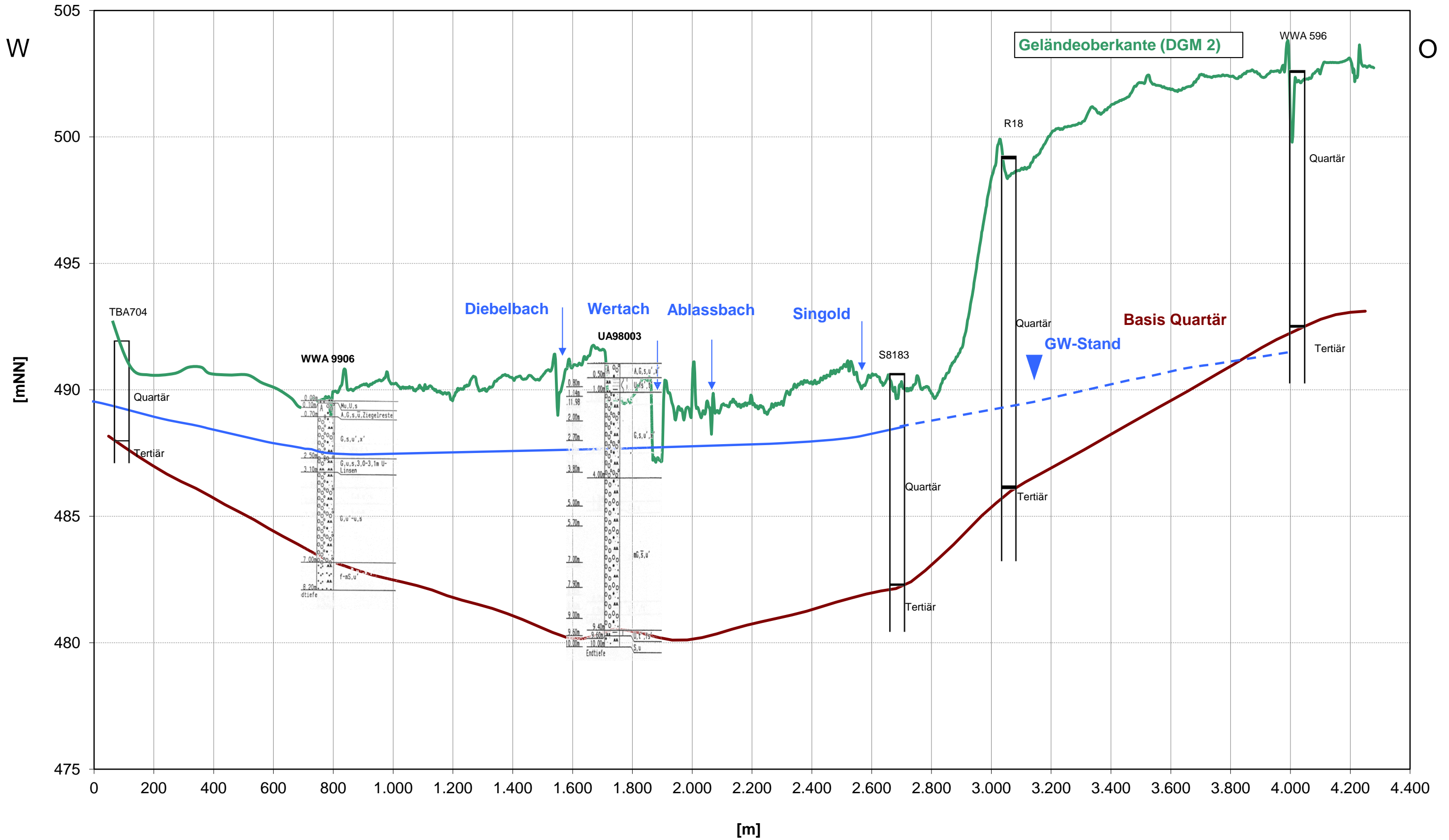
**BCE**  
BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Basis des quartären Grundwasserleiters

M.: 1:50.000    Juni 2015    wth0702536

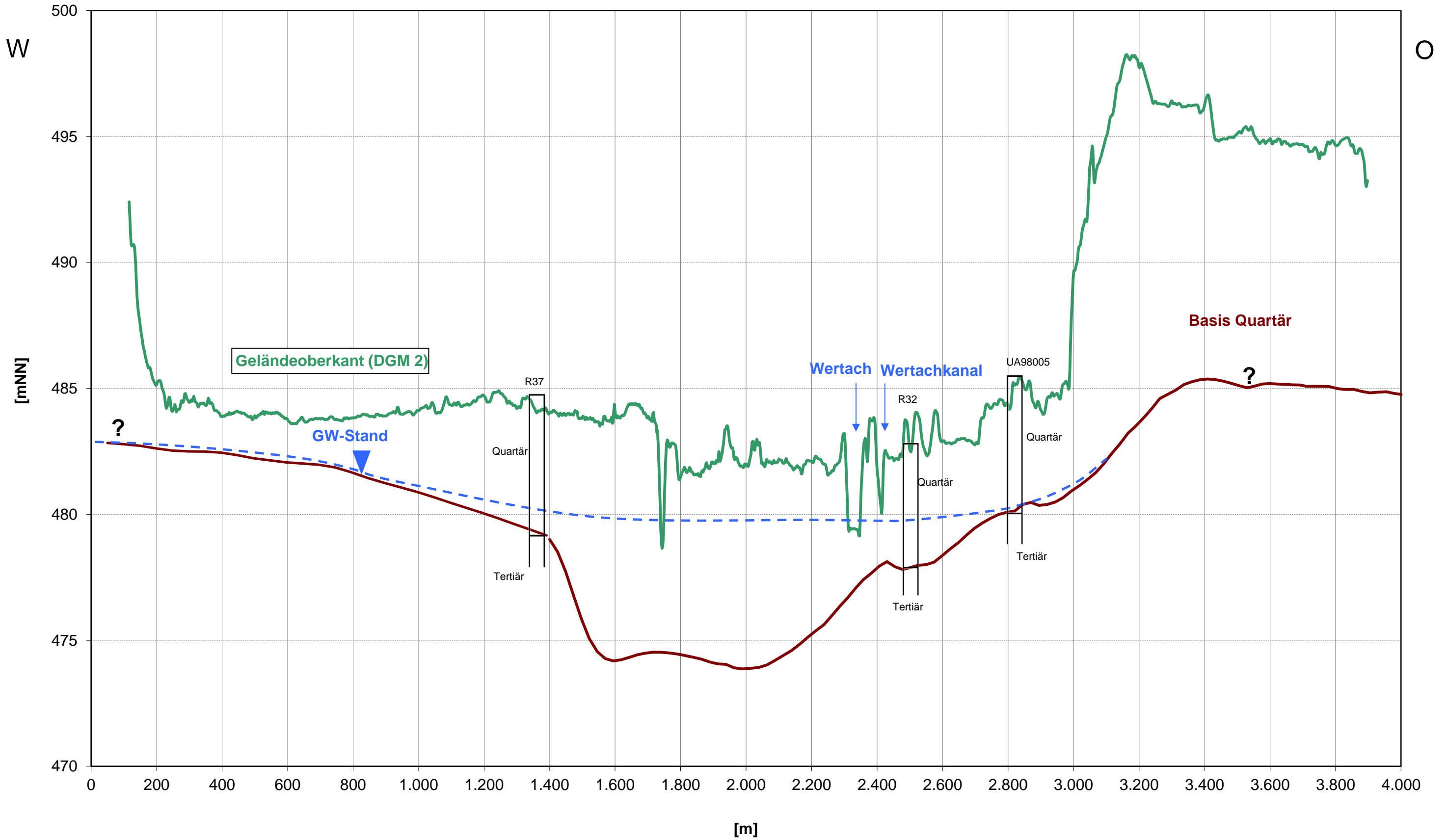
DATENQUELLEN/GEODATENDATEN  
 © Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, www.wwa-don.bayern.de  
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de  
 Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung,  
 www.geodaten.bayern.de

# Schnitt A-A'

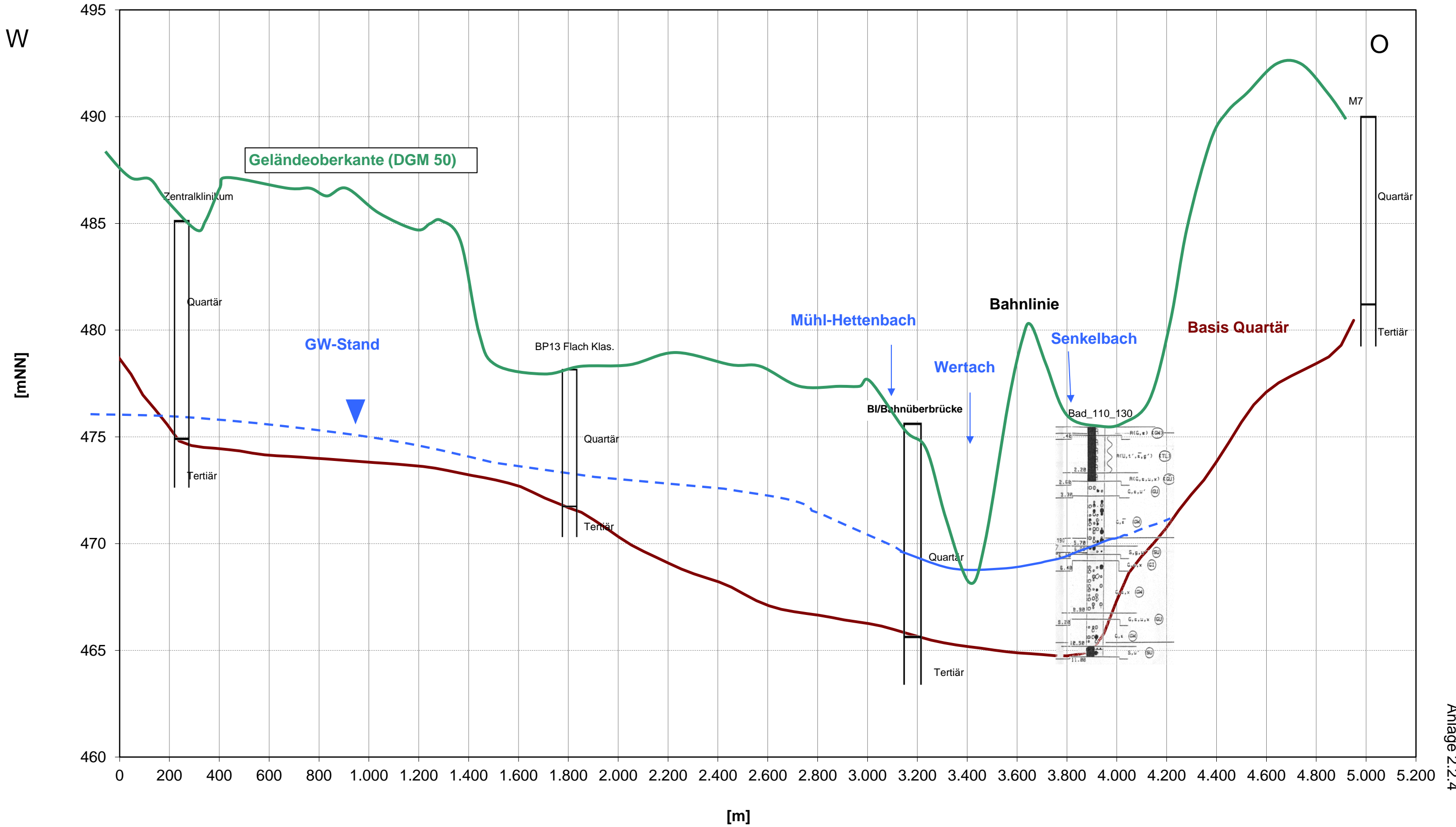




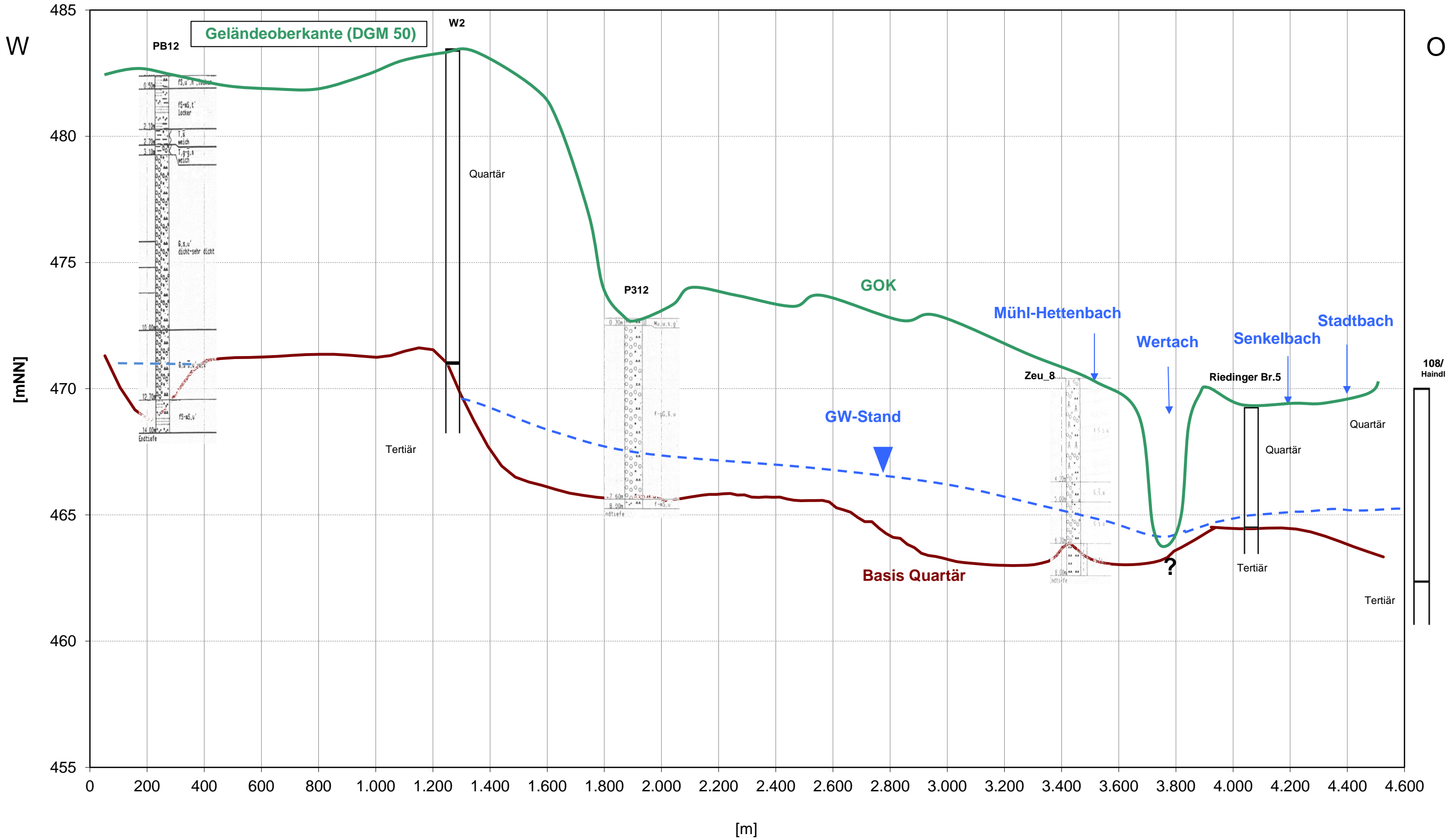
# Schnitt C-C'



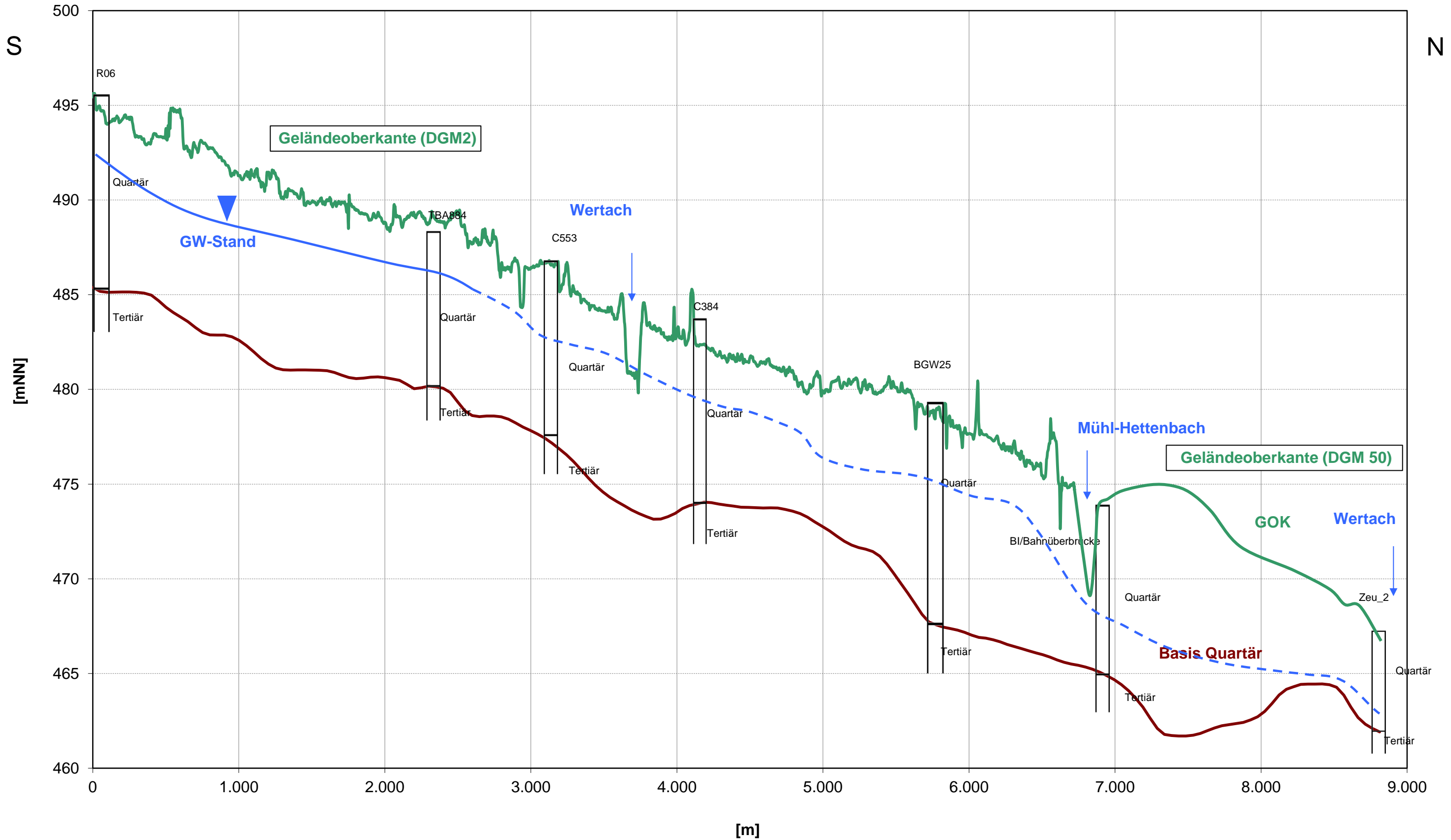
# Schnitt D-D'

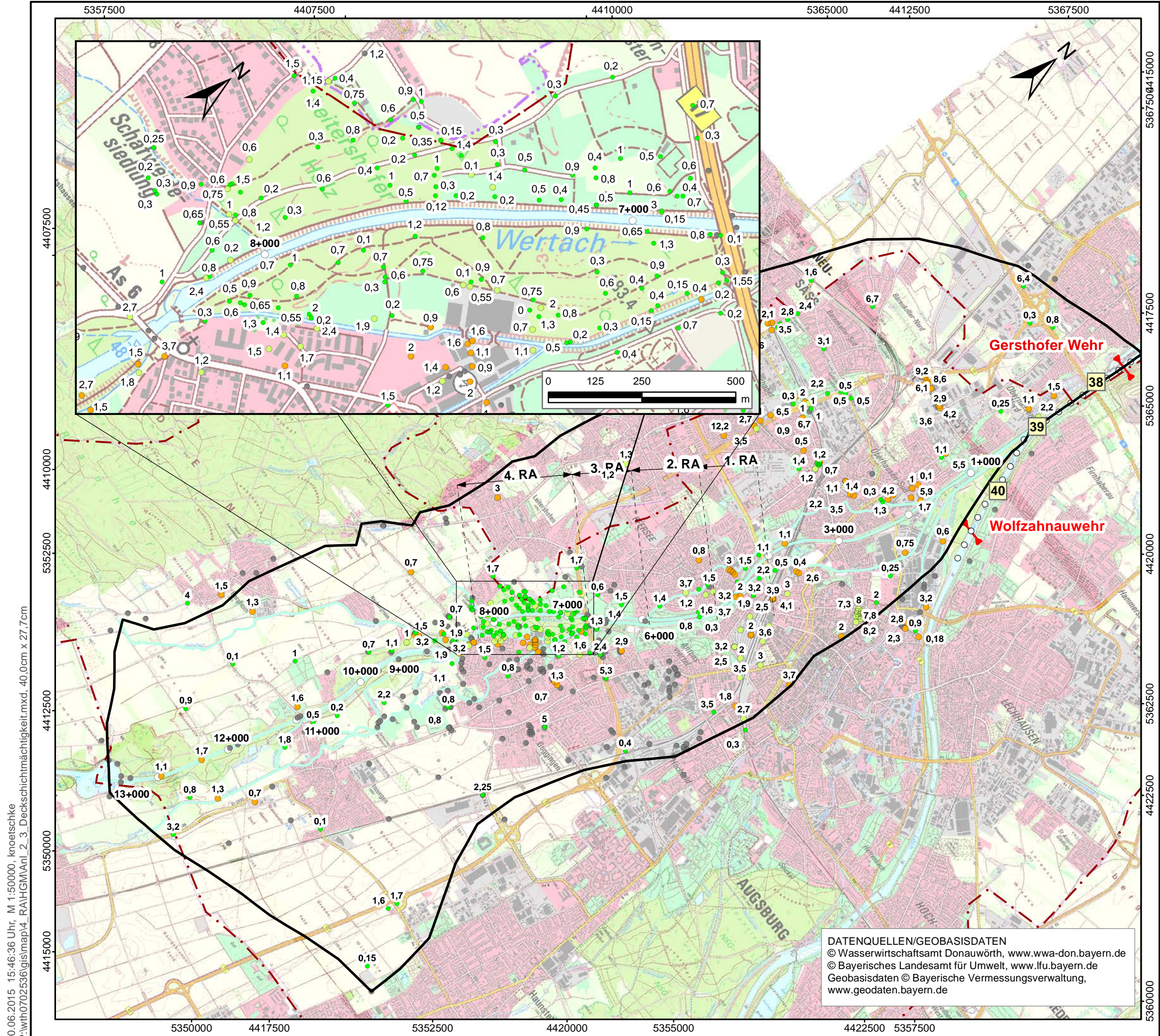


# Schnitt E-E'



# Schnitt F-F'





- Zeichenerklärung:**
- Modellraum Grundwassermodell
  - Stadtgrenze Augsburg
  - Flusskilometer (Fl.km)
  - Wertach
  - 1. RA - 4. RA Realisierungsabschnitte Wertach vital II

- Deckschichtmächtigkeit [m] und Ausprägung der Deckschicht:**
- Auffüllung
  - Auffüllung + natürlich
  - natürlich
  - k.A. bzw. "nicht überprüfetes Schichtenprofil" im BIS



**BCE**  
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

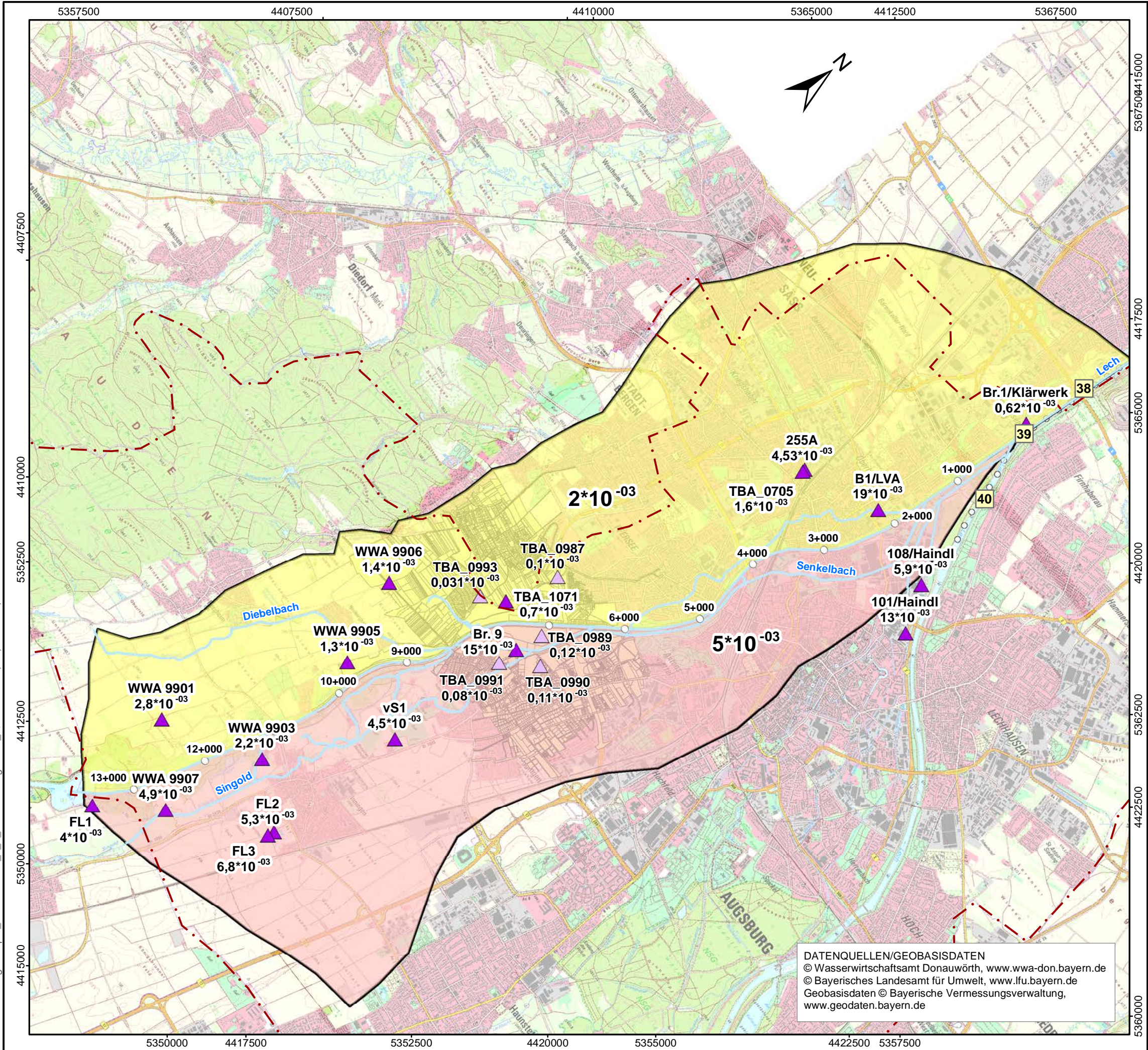
Deckschichtmächtigkeit

M.: 1:50.000	Juni 2015	wth0702536
--------------	-----------	------------

DATENQUELLEN/GEODATENDATEN  
 © Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, www.wwa-don.bayern.de  
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de  
 Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung,  
 www.geodaten.bayern.de

30.06.2015 15:46:36 Uhr, M 1:50000, knoetschke  
 P:\wfh0702536\gis\map4\_RA\HGM\Anl\_2\_3\_Deckschichtmächtigkeit.mxd, 40,0cm x 27,7cm

30.06.2015 19:52:27 Uhr, M 1:50000, knoetschke  
P:\wfb0702536\gis\map4\_RA\HGM\Anl\_2\_4\_Durchlaessigkeiten\_Quartaer.mxd, 40,0cm x 27,7cm



**Zeichenerklärung:**

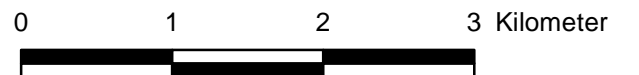
- Modellraum Grundwassermodell
- Stadtgrenze Augsburg
- Flusskilometer (Fl.km) Wertach
- 40 Flusskilometer\_Lech

Pumpversuche an Brunnen und Grundwassermessstellen mit den für den quartären Grundwasserleiter ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerten

- TBA\_1071  
 $0,4 \cdot 10^{-03}$   
▲ Bezeichnung Brunnen/GWM und ermittelter kf-Wert [m/s]
- TBA\_0990  
 $0,11 \cdot 10^{-03}$   
▲ Bezeichnung GWM (Errichtung 2004) und ermittelter kf-Wert [m/s]

Regionalisierung der kf-Werte [m/s]  
Ausgangsverteilung für Grundwassermodell

- $2 \cdot 10^{-03}$
- $5 \cdot 10^{-03}$



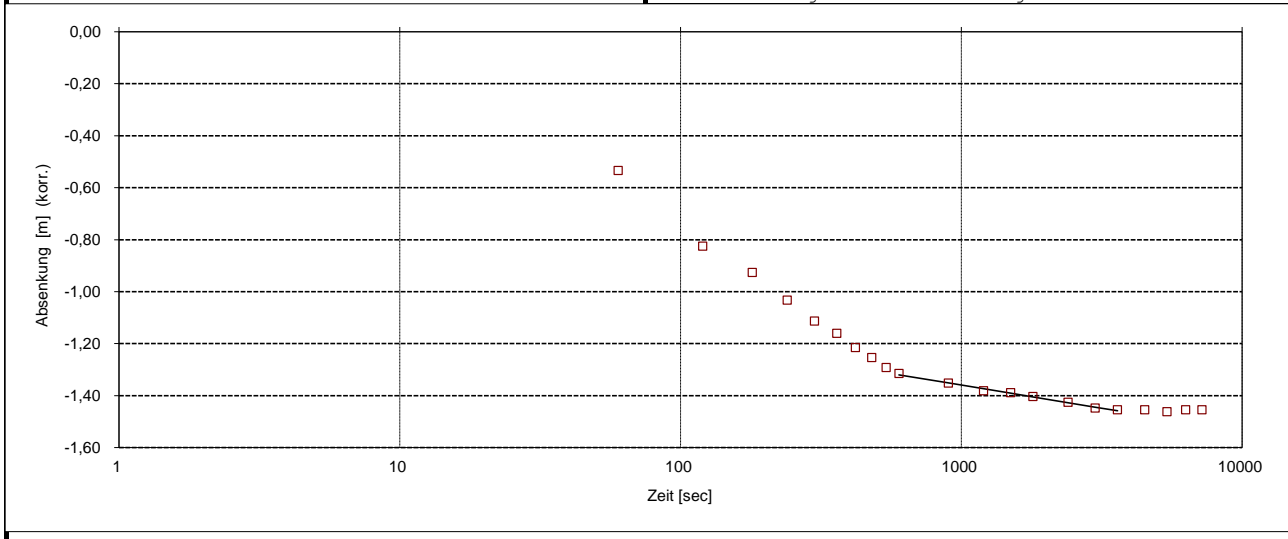
Durchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter

M.: 1:50.000    Juni 2015    wth0702536

DATENQUELLEN/GEOBASISDATEN  
© Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, www.wwa-don.bayern.de  
© Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de  
Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung,  
www.geodaten.bayern.de

**ZEITLICHE PUMPVERSUCHSAUSWERTUNG NACH COOPER / JACOB**  
(UNGESPANNTER AQUIFER)

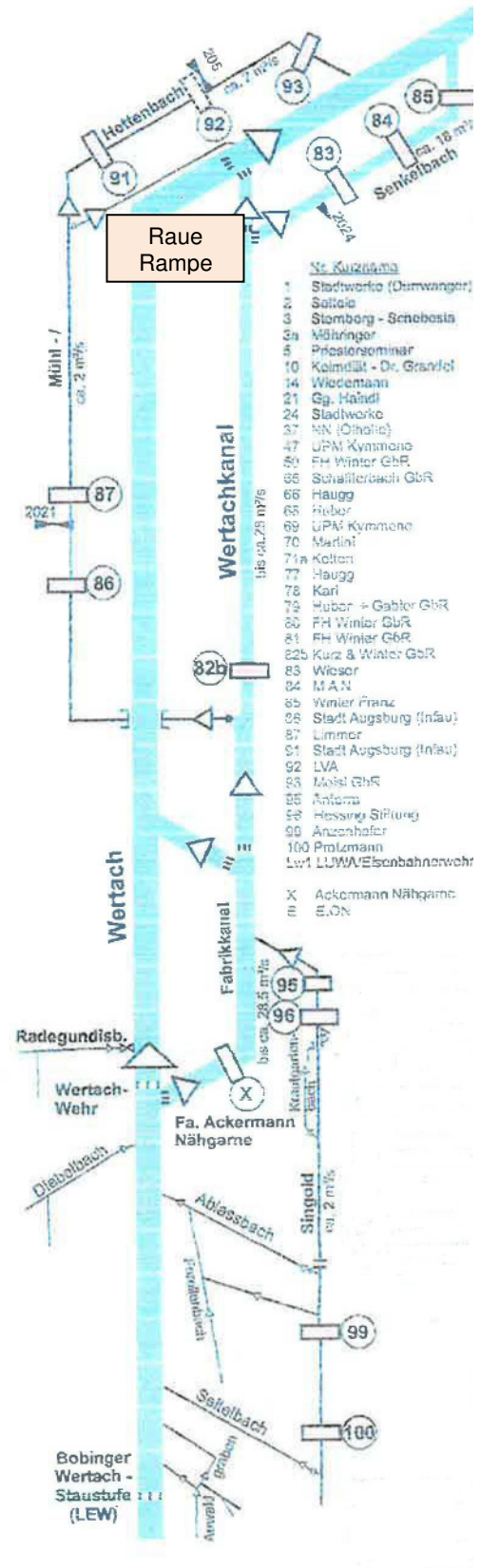
<b>MESSSTELLENBEZEICHNUNG:</b>		<b>TBA 1071 (BK19)</b>	<b>PROJEKT:</b> wth0702536		
Aquifermächtigkeit, M [m]:	6,08	Pumpversuchsdatum:	10.01.2013		
Entnahmemenge, Q [m <sup>3</sup> /s]:	0,0033	Datum Auswertung:	09.08.2013		
Ruhewasserspiegel, Abstich [m]:	4,52				
<b>PUMPVERSUCHSDATEN:</b>			<b>AUSWERTUNG:</b>		
Zeit [sec]	Abstich [m]	log t	sk [m]	R-Gerade	Regressionsanalyse:
60	5,08	1,78	-0,53	-1,14	X-Achsenabschnitt
120	5,41	2,08	-0,82	-1,19	Standardfehler der Regression
180	5,53	2,26	-0,93	-1,23	Bestimmtheitsmaß (R <sup>2</sup> )
240	5,66	2,38	-1,03	-1,25	Zahl der Meßwerte
300	5,76	2,48	-1,11	-1,27	Freiheitsgrade
360	5,82	2,56	-1,16	-1,28	Steigung
420	5,89	2,62	-1,22	-1,29	-0,1788
480	5,94	2,68	-1,25	-1,30	
540	5,99	2,73	-1,29	-1,31	
600	6,02	2,78	-1,31	-1,32	
900	6,07	2,95	-1,35	-1,35	
1200	6,11	3,08	-1,38	-1,37	
1500	6,12	3,18	-1,39	-1,39	
1800	6,14	3,26	-1,40	-1,41	
2400	6,17	3,38	-1,43	-1,43	
3000	6,2	3,48	-1,45	-1,44	
3600	6,21	3,56	-1,46	-1,46	
4500	6,21	3,65	-1,46	-1,48	
5400	6,22	3,73	-1,46	-1,49	
6300	6,21	3,80	-1,46	-1,50	
7200	6,21	3,86	-1,46	-1,51	
					<b>Transmissivität [m<sup>2</sup>/s]:</b> 3,3E-03
					<b>Kf-Wert [m/s]:</b> 5,5E-04
					dient als grober Orientierungswert <input type="checkbox"/>



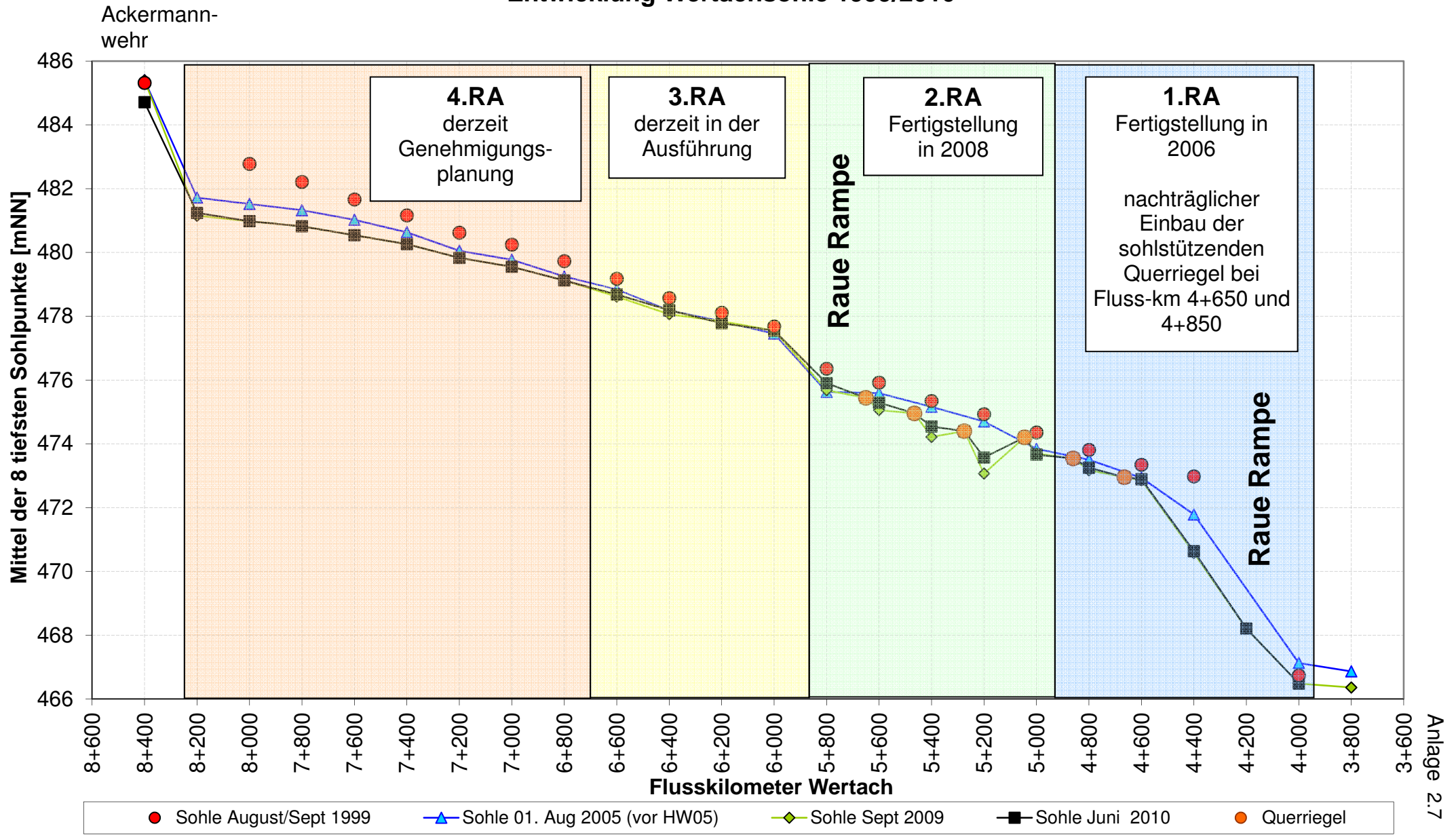
**Gewässer- und Kanalsystem**  
**Schematische Darstellung**

Quelle: Stadt Augsburg, Tiefbauamt  
 Abt. Wasser- + Brückenbau  
 Stand Mai 2006

BCE aktualisiert:  
 Raue Rampe statt Goggeleswehr  
 (2005 rückgebaut)

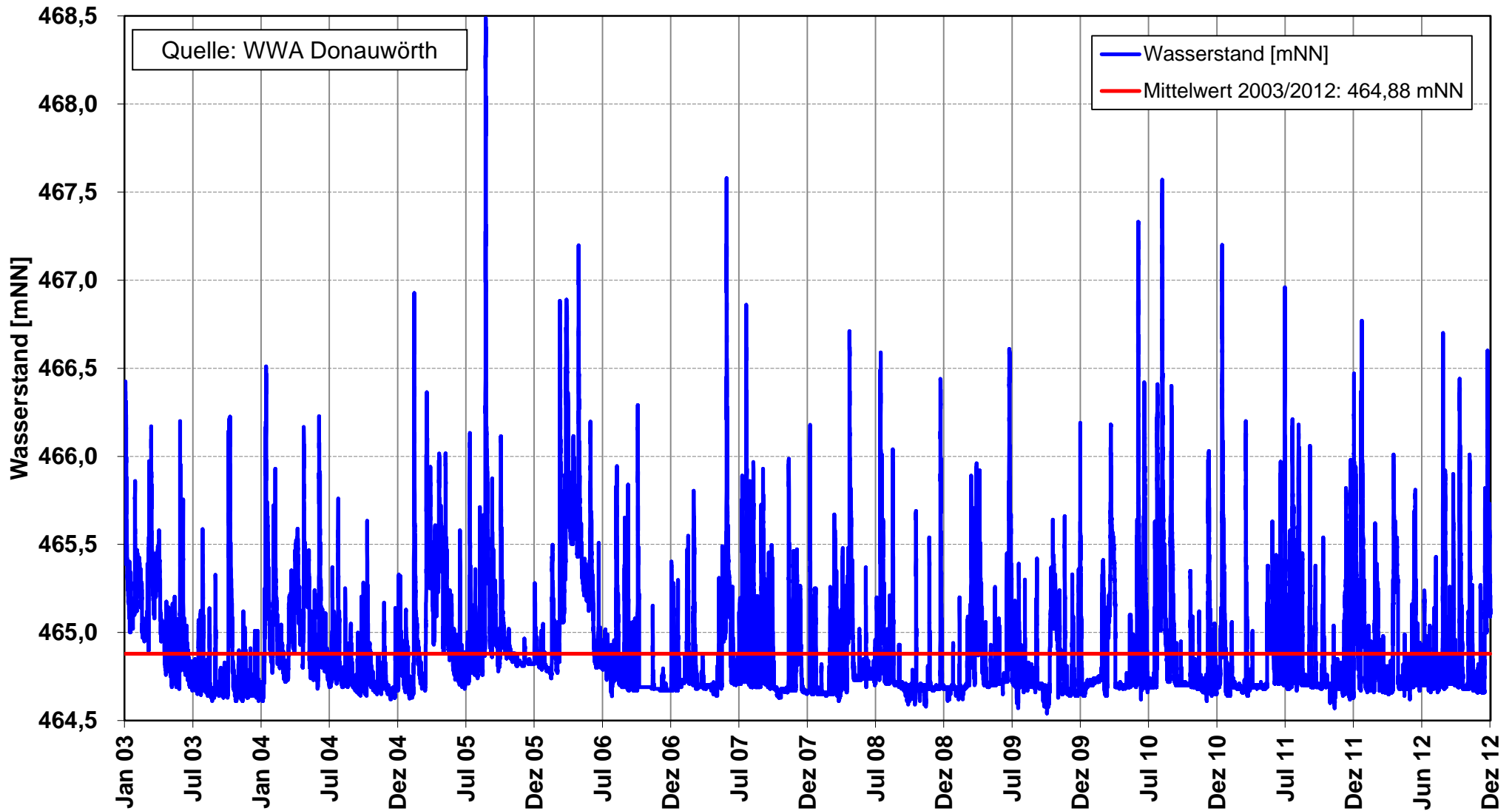


### Entwicklung Wertachsohle 1999/2010

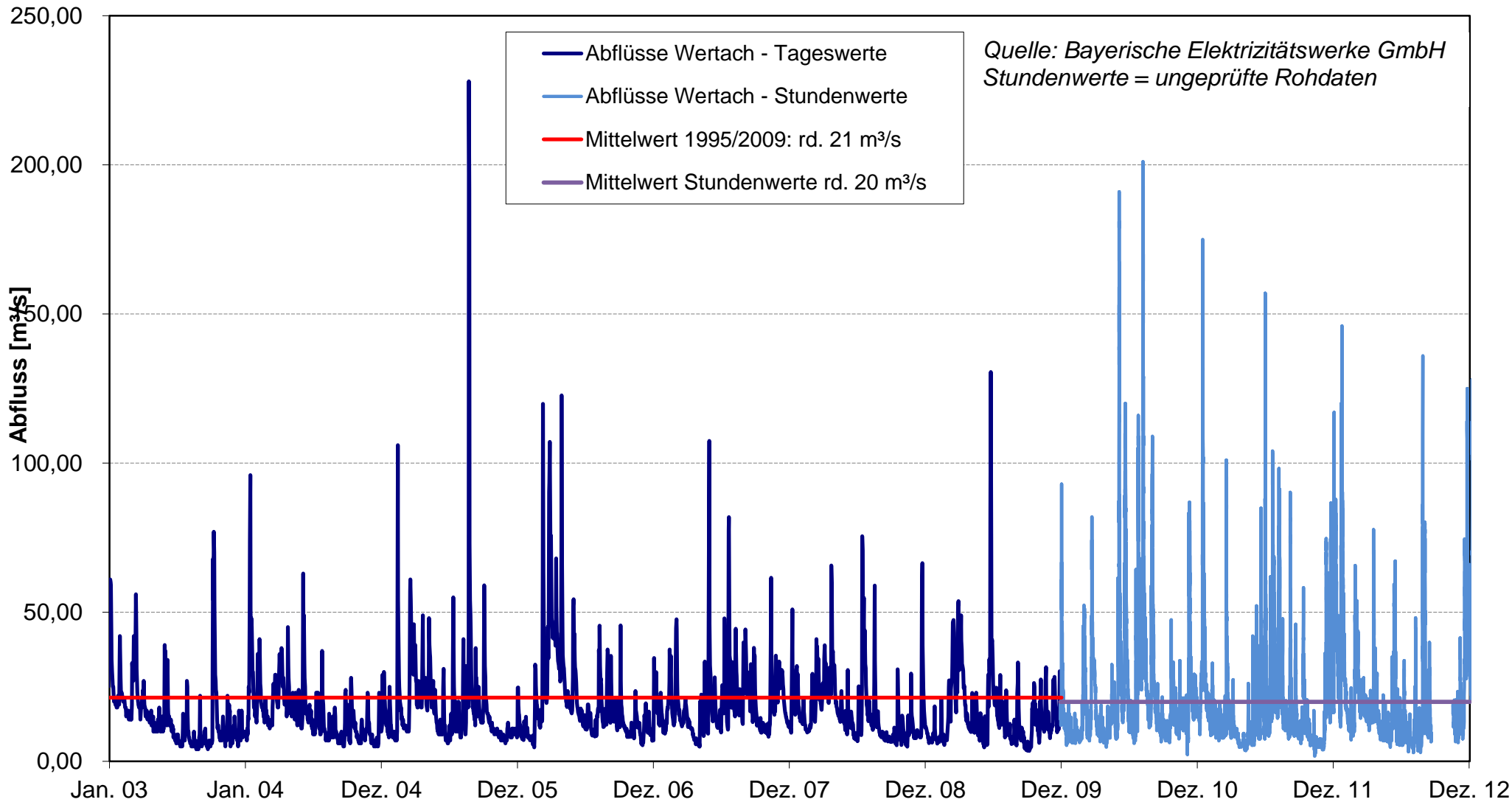




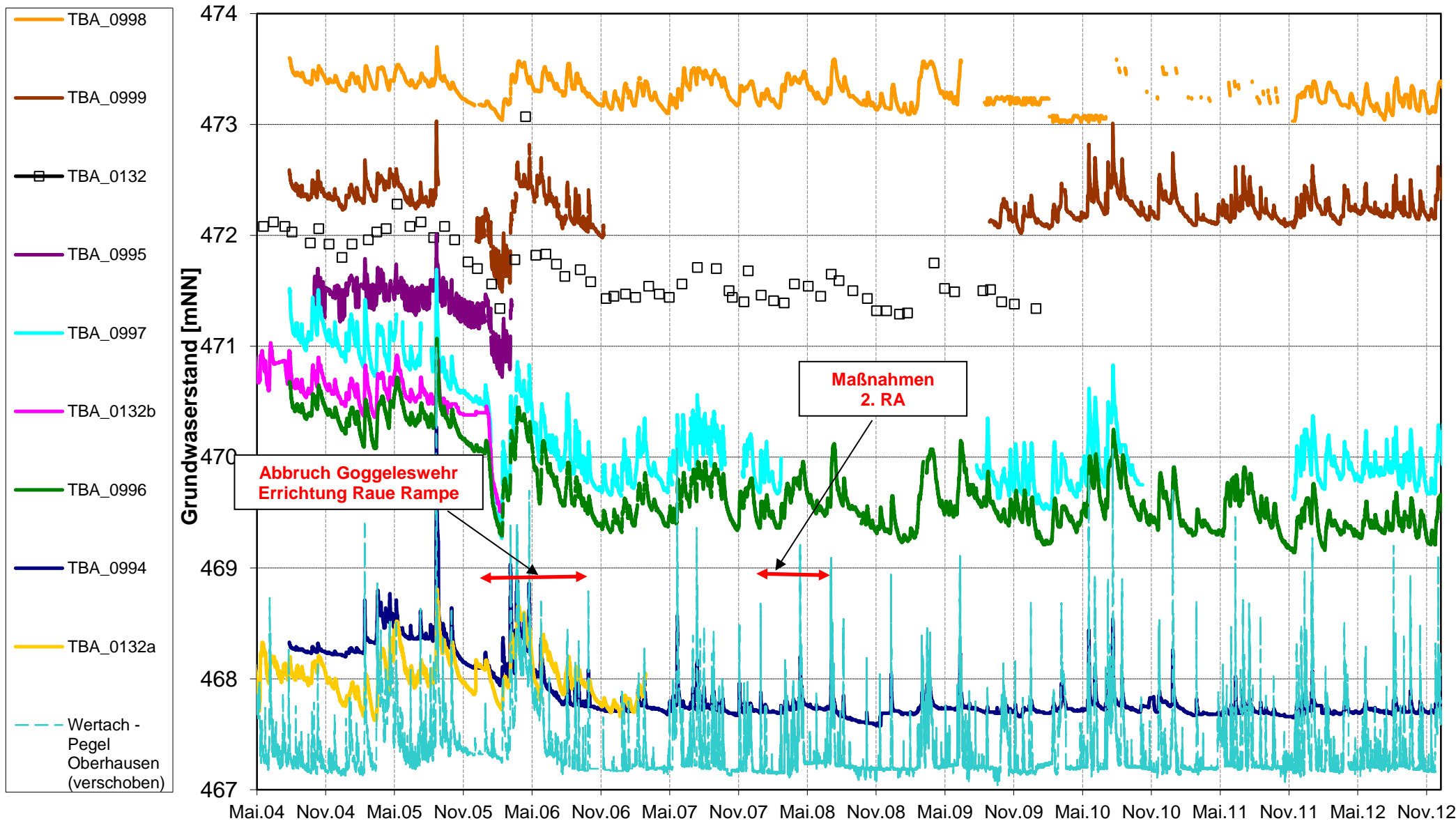
### Wasserstände der Wertach am Pegel Augsburg-Oberhausen - Stundenwerte -



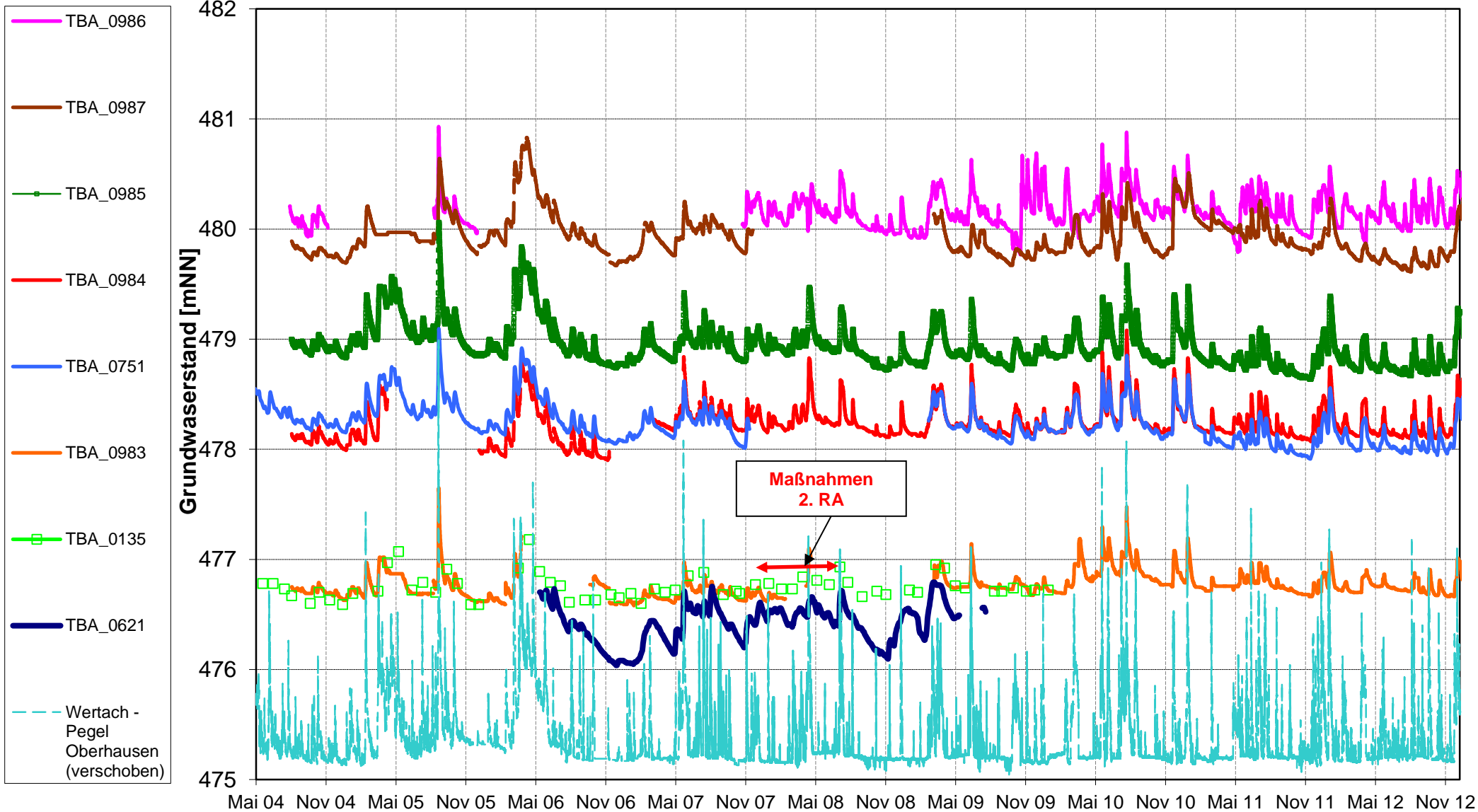
### Abflüsse der Wertach am Auslauf KW Inningen (Stausee)



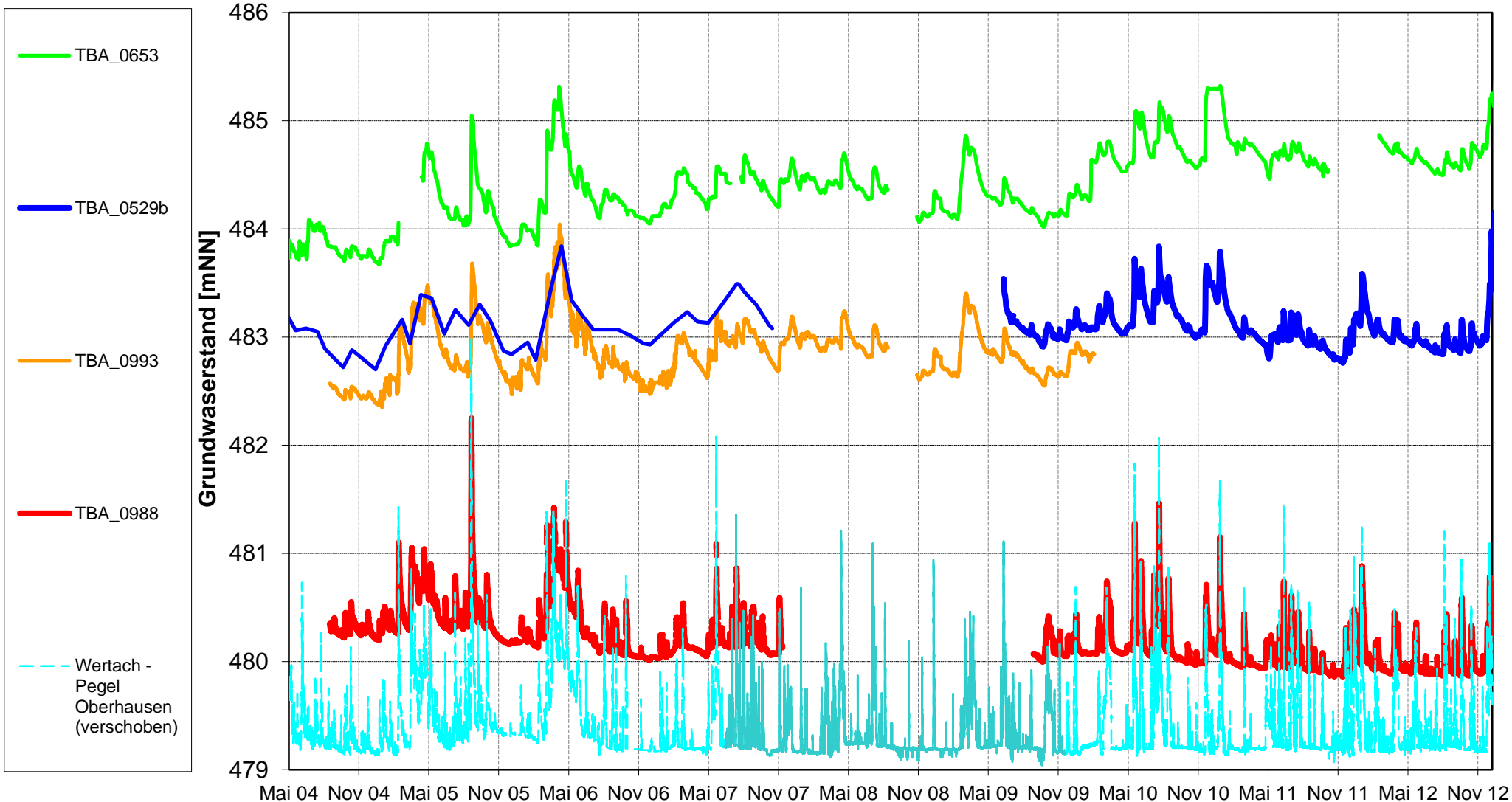
### Sondermessnetz Wertach vital II Gemessene Grundwasserstände - Bereich 1. RA



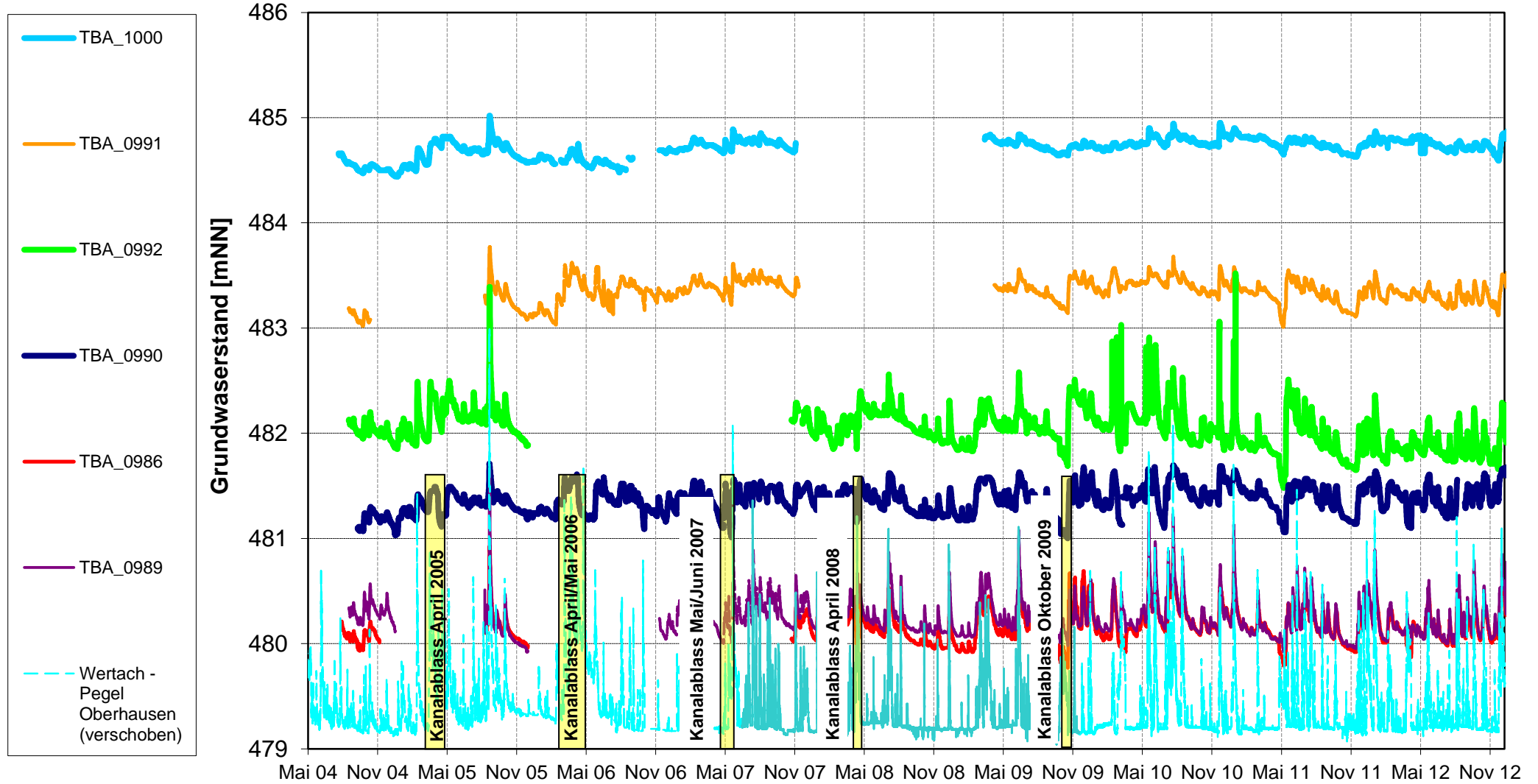
### Wertach vital II Grundwasserstandsmessungen Bereich 3. RA



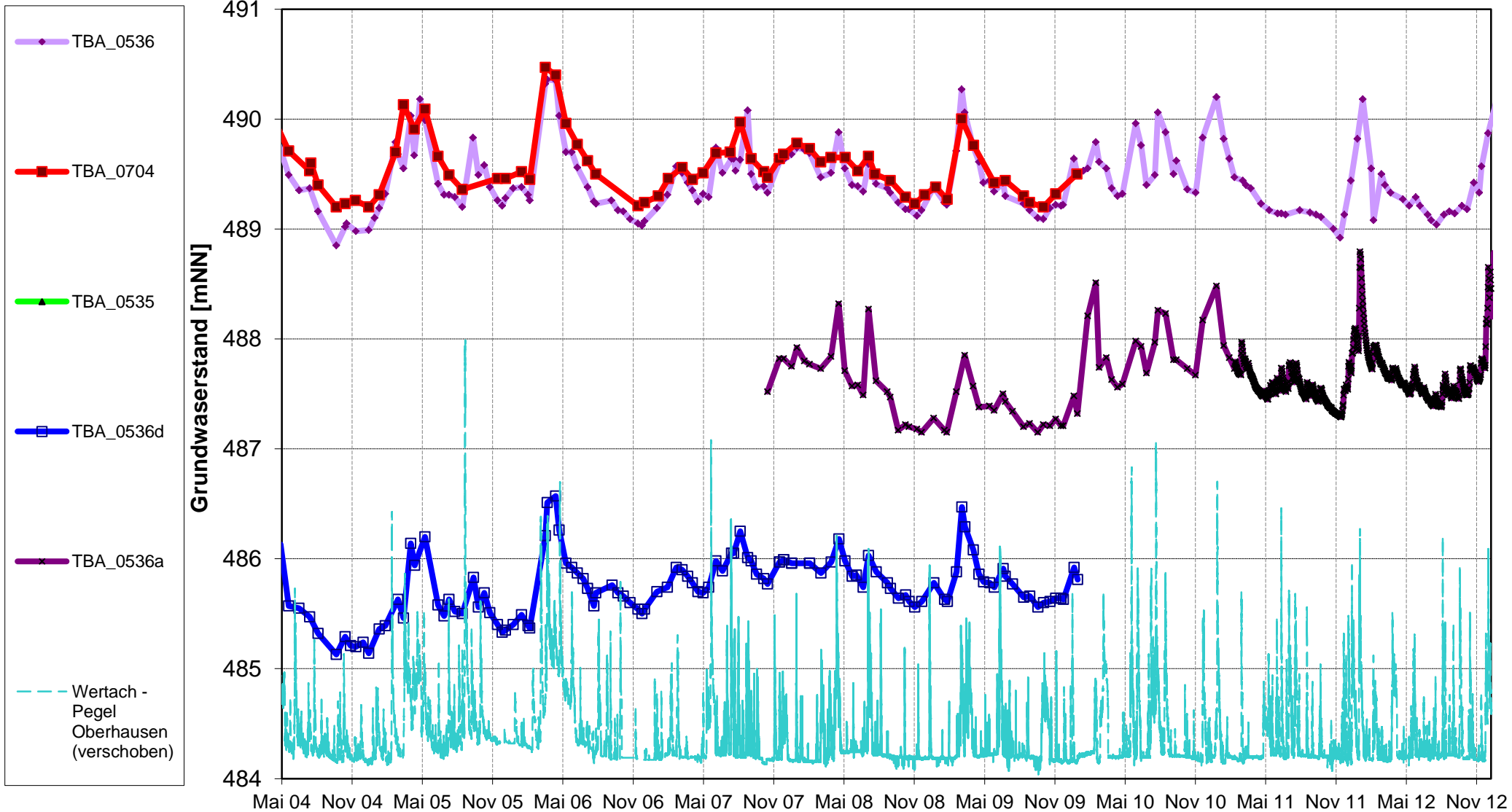
### Wertach vital II Grundwasserstandsmessungen WWJ 2004/2009 Bereich 4. RA - westliche Wertachseite

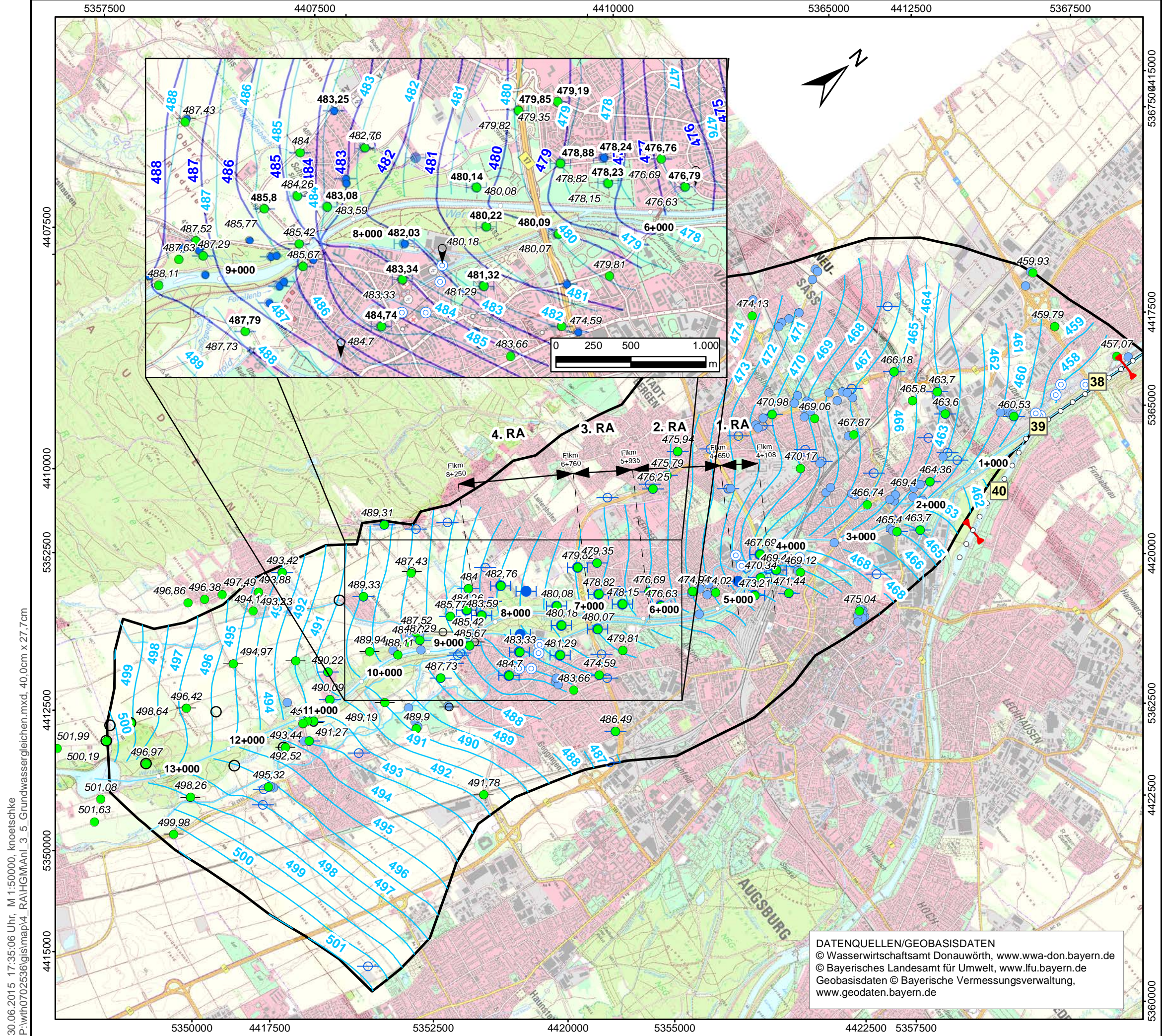


## Wertach vital II Grundwasserstandsmessungen WWJ 2004/2009 Bereich 4. RA - östliche Wertachseite



### Wertach vital II Grundwasserstandsmessungen - Bereich südlich Ackermannwehr





**Zeichenerklärung:**

- Modellraum Grundwassermodell
- 4+000  
Flusskilometer (Fl.km) Wertach
- | Wehr (Lech)
- 40 Flusskilometer\_Lech

**Grundwassermessnetz**

- TBA\_0985 Messstelle TBA mit Datenlogger
- TBA\_0995 Messstelle TBA ohne Datenlogger
- WWA 9906 Messstelle WWA Donauwörth
- Sonstige Messstelle

**Stichtagsmessung Oktober 2007**

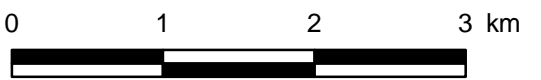
- 480,08 Grundwassermessstelle mit Messwert 25.10.2007

**Im Detailausschnitt: Wasserwirtschaftsjahr 2009 (WWJ2009)**

- 480,14 Grundwassermessstelle mit Mittelwert aus Messwerten im WWJ2009
- | Grundwassermessstelle mit Mittelwert aus Messwerten im WWJ2009

**Grundwassergleichen, Zahlenangaben in mNN**

- 476 Gemessene Grundwassergleichen Mittelwerte WWJ 2009
  - 462 Grundwassergleichen für mittlere Grundwasserstände (MW)
- Quelle: Grundwasserkarte der Stadt Augsburg*



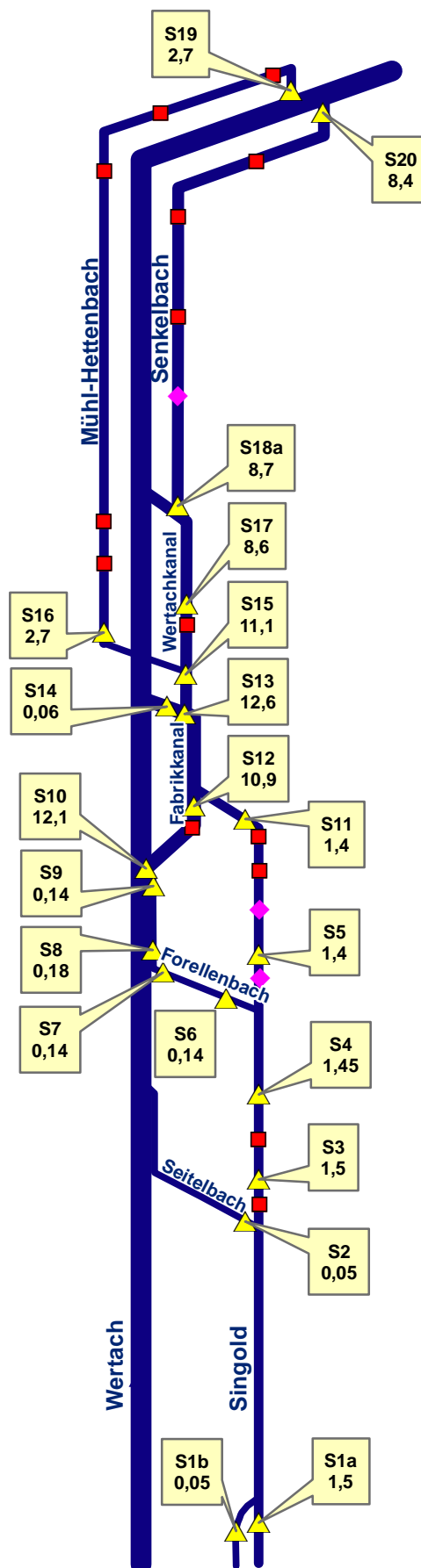
Gemessene Grundwassergleichen  
Mittlere Grundwasserstände (MW)  
und Mittelwerte WWJ2009

M.: 1:50.000	Juni 2015	wth0702536
--------------	-----------	------------

DATENQUELLEN/GEOBASISDATEN  
 © Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, www.wwa-don.bayern.de  
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de  
 Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de

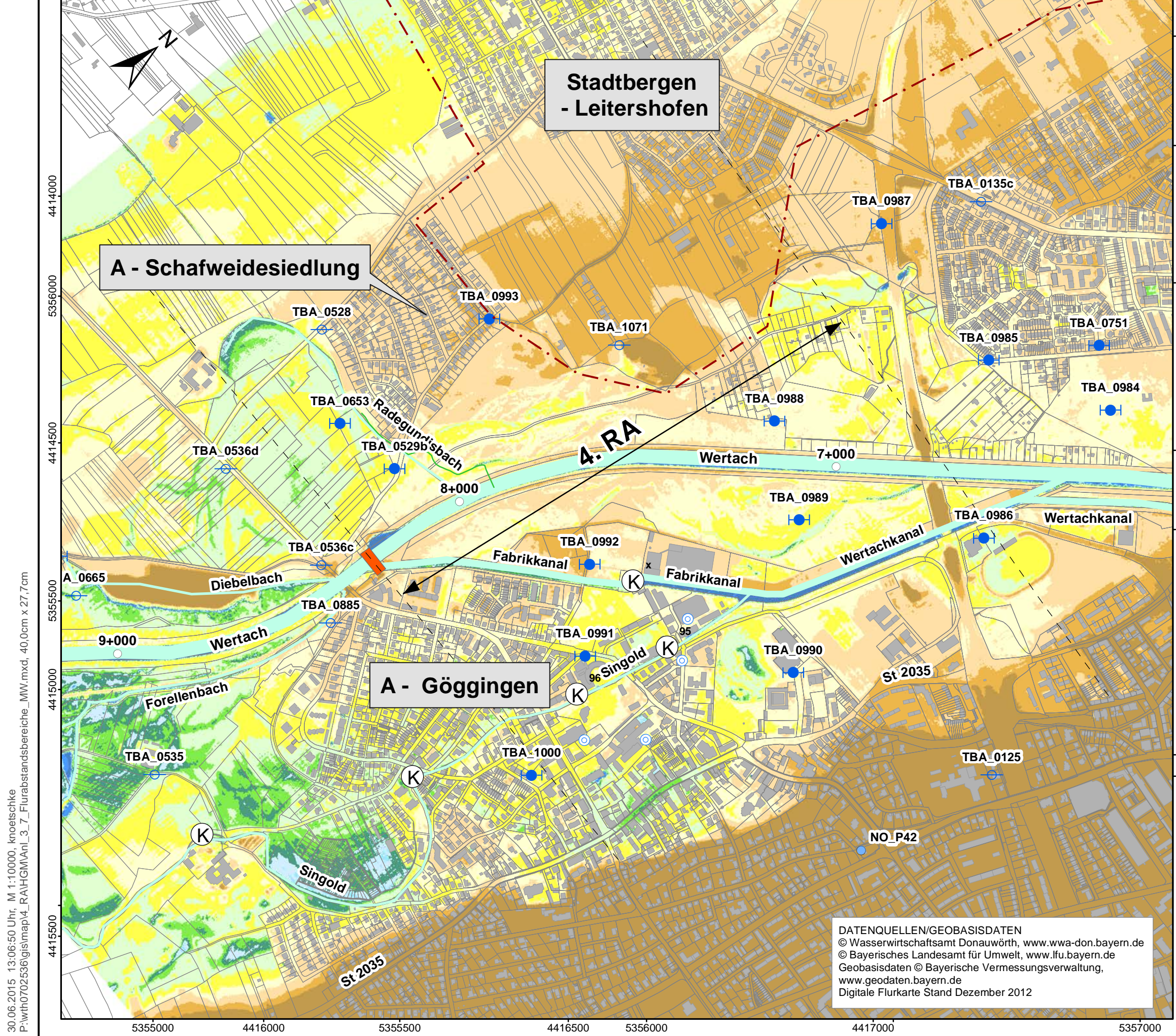
30.06.2015 17:35:06 Uhr, M 1:50000, knoetschke  
 P:\wth0702536\gis\map4\_RA\HGM\Anl\_3\_5\_Grundwassergleichen.mxd, 40,0cm x 27,7cm

Stichtagsmessung 25.10.2007  
 Abflussmessungen an Gewässern  
 - schematische Darstellung -



**Zeichenerklärung:**

<b>S18</b> <b>8,7</b>	Bezeichnung Messprofil Abfluss [m <sup>3</sup> /s], gerundet
▲	Messprofil Stichtagsmessung
■	Triebwerk
◆	Sohlschwellen



- Zeichenerklärung:**
- - - Stadtgrenze Augsburg
  - ⊙ Brunnen
  - 4+000** ○ Flusskilometer (Fl.km) Wertach
  - K<sup>96</sup> Triebwerk mit Nr.
  - Ackermannwehr
- Grundwassermessnetz**
- ⊙ TBA\_0985 Messstelle TBA mit Datenlogger
  - TBA\_0995 Messstelle TBA ohne Datenlogger
  - ⊙ WWA 9906 Messstelle WWA Donauwörth
  - Sonstige Messstelle



**BCE**

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

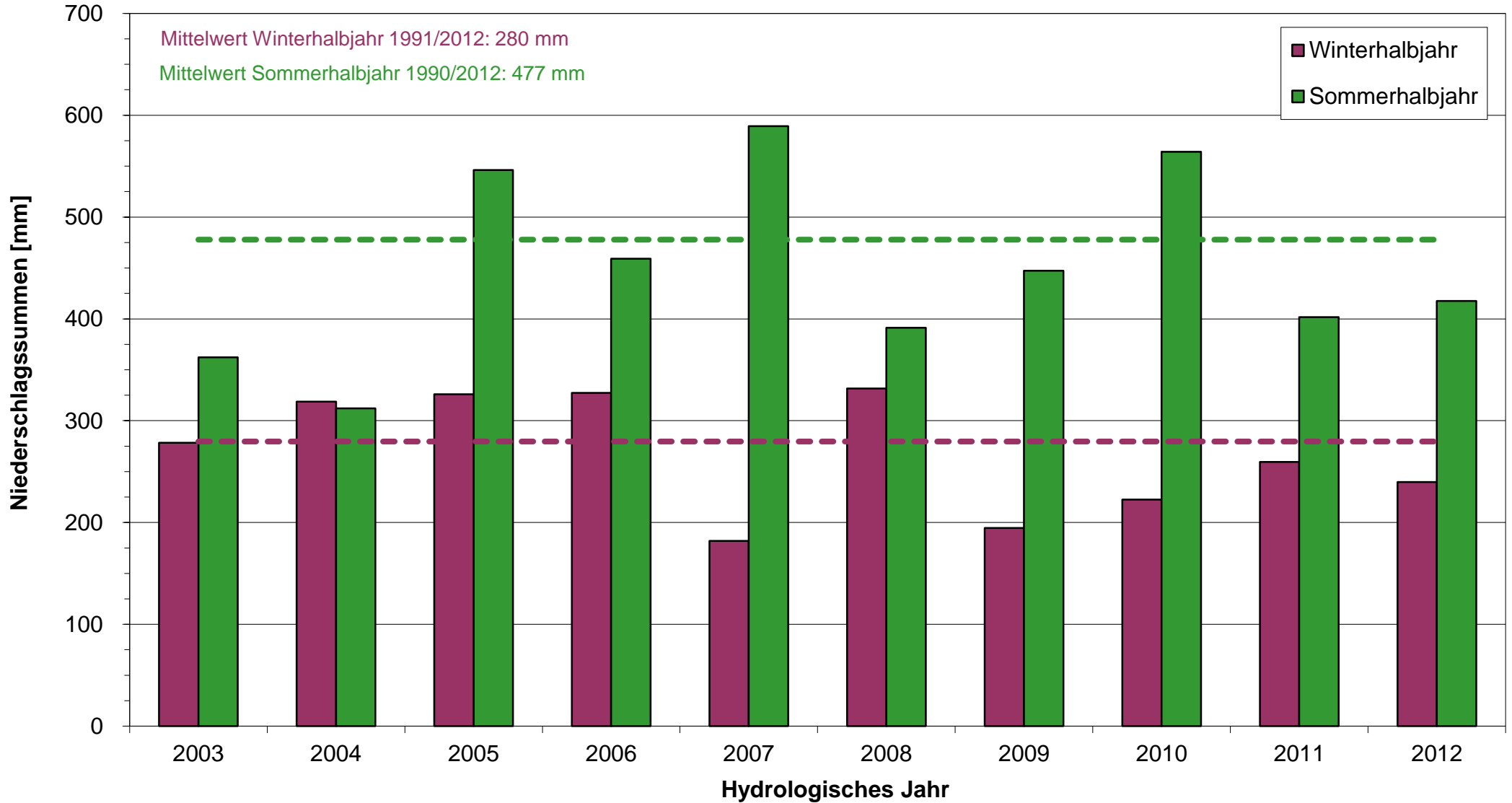
Flurabstandsbereiche  
bei mittleren Grundwasserständen  
4. Realisierungsabschnitt

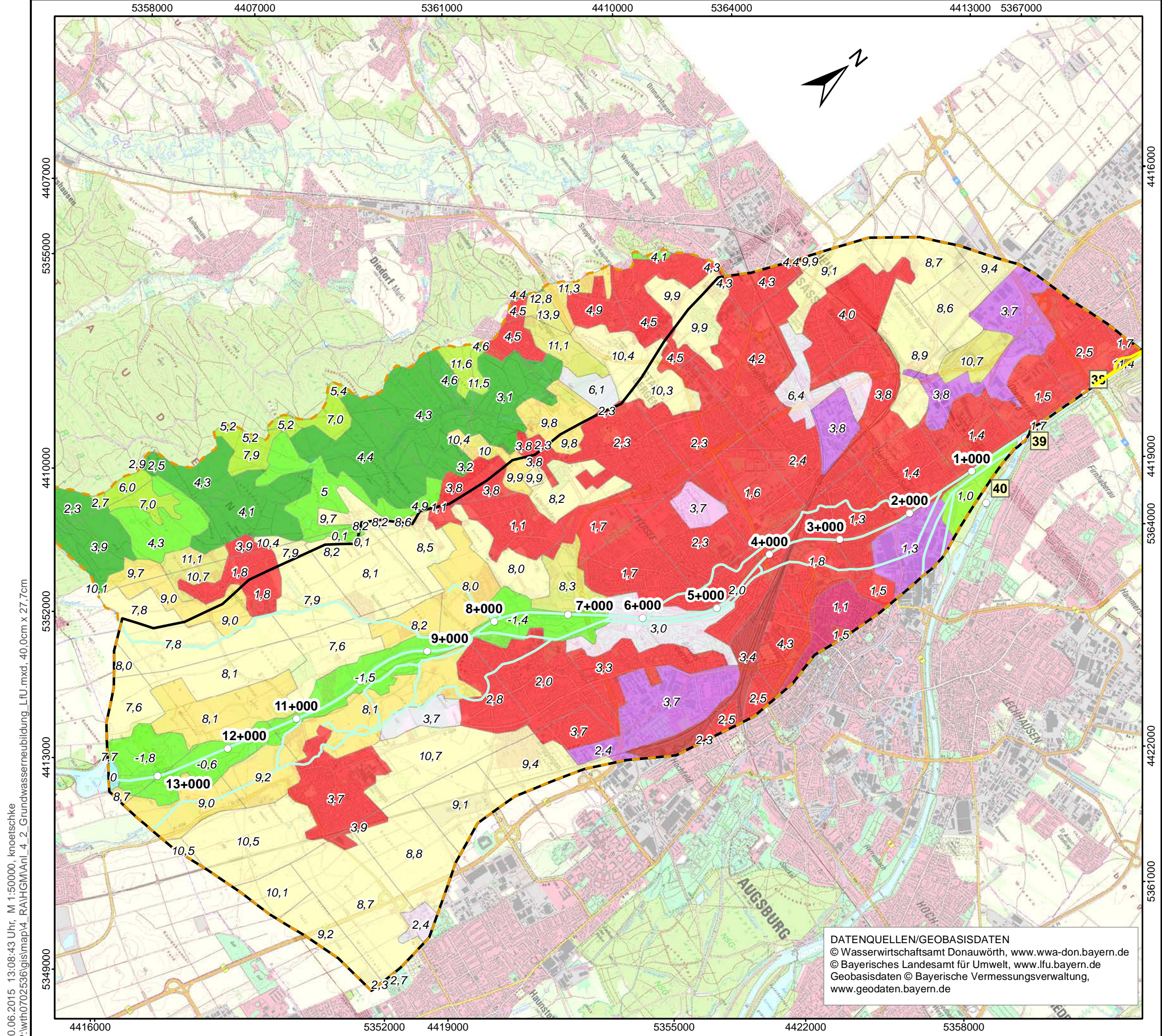
M.: 1:10.000	Juni 2015	wth0702536
--------------	-----------	------------

30.06.2015 13:06:50 Uhr, M 1:10000, knoetschke  
 P:\wfh0702536\gismap4\_RA\HGMA\Anl\_3\_7\_Flurabstandsbereiche\_MW.mxd, 40,0cm x 27,7cm

DATENQUELLEN/GEOBASISDATEN  
 © Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, www.wwa-don.bayern.de  
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de  
 Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung,  
 www.geodaten.bayern.de  
 Digitale Flurkarte Stand Dezember 2012

**Klimastation Augsburg- Mühlhausen (DWD 10852)**  
**Niederschlagssummen der hydrologische Halbjahre**





**Zeichenerklärung:**

- Modellraum Grundwassermodell
- Bilanzraum
- 4+000  
Wertach
- 40 Flusskilometer\_Lech

Flächennutzung (CORINE2000) mit Grundwasserneubildung [ $l/s \cdot km^2$ ] (Mittelwert 2000/2010 abgeleitet aus monatlichen Sickerwasserraten - berechnet von LfU)

- Deponien und Abraumhalden
- Flächen durchgängig städtischer Prägung
- Flächen nicht-durchgängig städtischer Prägung
- Industrie- und Gewerbeflächen
- Komplexe Parzellenstrukturen
- Laubwald
- Mischwald
- Wald-Strauch-Übergangsstadien
- Nadelwald
- Nicht bewässertes Ackerland
- Sport und Freizeitanlagen
- Straßen und Eisenbahn
- Städtische Grünflächen
- Wasserflächen
- Wiesen und Weiden



**BCE**  
BIÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

**Grundwasserneubildung**

M.: 1:50.000    Juni 2015    wth0702536

DATENQUELLEN/GEOBASISDATEN  
 © Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, www.wwa-don.bayern.de  
 © Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de  
 Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodaten.bayern.de

30.06.2015 13:08:43 Uhr, M 1:50000, knoetschke P:\wfh0702536\gis\map4\_RA\HGMA\Anl\_4\_2\_Grundwasserneubildung\_LfU.mxd, 40,0cm x 27,7cm