



Endbericht

Numerisches Grundwassermodell und Prognoseberechnungen Einkaufs- und Dienstleistungszentrum (EDZ) Singen

Stand 22.06.2016

Bezug : Modell Singen – Aktualisierung 2015
Hydrogeologische Untersuchungen GCO
Wasserspiegelstichtag Nov. /Dez. 2015 (HYDRO-DATA)

Auftraggeber: ECE Projektmanagement GmbH & Co.KG
Heegbarg 30
22391 Hamburg

Zeitraum: November 2015 – Juni 2016

Maßnahmen: Aktualisierung Hydrogeologisches Modell
Nachkalibrierung numerisches Modell
Prognoseberechnungen für Bewertung Fließsystem

Projektnr.: 22391|2015-040-01|849

Bericht erstellt:

Radolfzell, 22.06.2016

Handwritten signature of M. Reinold in black ink.

M. Reinold
Dipl.-Geologe

Handwritten signature of Dr. W. Michel in black ink.

Dr. W. Michel
Dipl. Geophysiker

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Vorbemerkung	6
2. Maßnahmen zur Ergänzung der Datengrundlage – zusätzliches Untersuchungsprogramm 2016 auf Grundlage der vorhandenen Daten.....	6
2.1 Datenerhebung und Begründung der zusätzlichen Untersuchungen	7
2.2 Bohrungen/Messstellen aus den Jahren 2015/2016 im Untersuchungsgebiet.....	7
2.3 Hydraulische Versuche	10
2.4 Wasserspiegelmessungen	11
2.5 Grundwasserchemismus	14
3. Aktualisierung des konzeptionellen hydrogeologischen Modells	15
3.1 Aquiferbasis	15
3.2 Aquifermächtigkeit.....	16
3.3 Grundwasserfließverhältnisse	20
3.4 Hydraulische Parameter (kf-Wert).....	29
4. Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells	31
5. Prognoseberechnungen	33
5.1 Szenarium 1: Vollständige Umspundung	34
5.2 Szenarium 2: vollständige Entfernung der Umspundung nach Fertigstellung des Bauwerkes	39
5.3 Szenarium 3: Verbleib 80% der Umspundung nach Fertigstellung des Bauwerkes.....	43
5.4 Szenarium 4: Entfernung 50% der Umspundung nach Fertigstellung des Bauwerkes.....	46
6. Fazit	49

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Die Bestimmung des kf-Wertes für die 4 hydraulischen Versuche aus den Grundwassermessstellen im Bereich des geplanten EDZ Singen.....	11
Tab. 2a	Summe LHKW [$\mu\text{g/l}$] in den Messstellen während der Pumpversuche	14
Tab. 2b	Summe LHKW [$\mu\text{g/l}$] in den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15 und GWM DB12 während des Pumpversuch2 2015	15
Tab. 3	Wasserspiegelstichtagsmessungen vom 25.04.2016 – 07.06.2016.....	21
Tab. 4	Durchschnittswerte, Minima und Maxima der Wasserspiegelmessungen im Untersuchungsgebiet (Zeitraum 1990 – 2016)	27
Tab. 5	Vergleich der Wasserspiegelmessungen vom 27.04.2016 mit den langjährigen Maxima der Messstellen	27

Tab. 6a	Vergleich der Grundwasserstände und Flurabstände (Basis Keller) für einen mittleren Grundwasserstand mit und ohne Baumaßnahmen	52
Tab. 6b	Vergleich der Grundwasserstände und Flurabstände (Basis Keller) für einen Grundwasserhochstand mit und ohne Baumaßnahmen	53

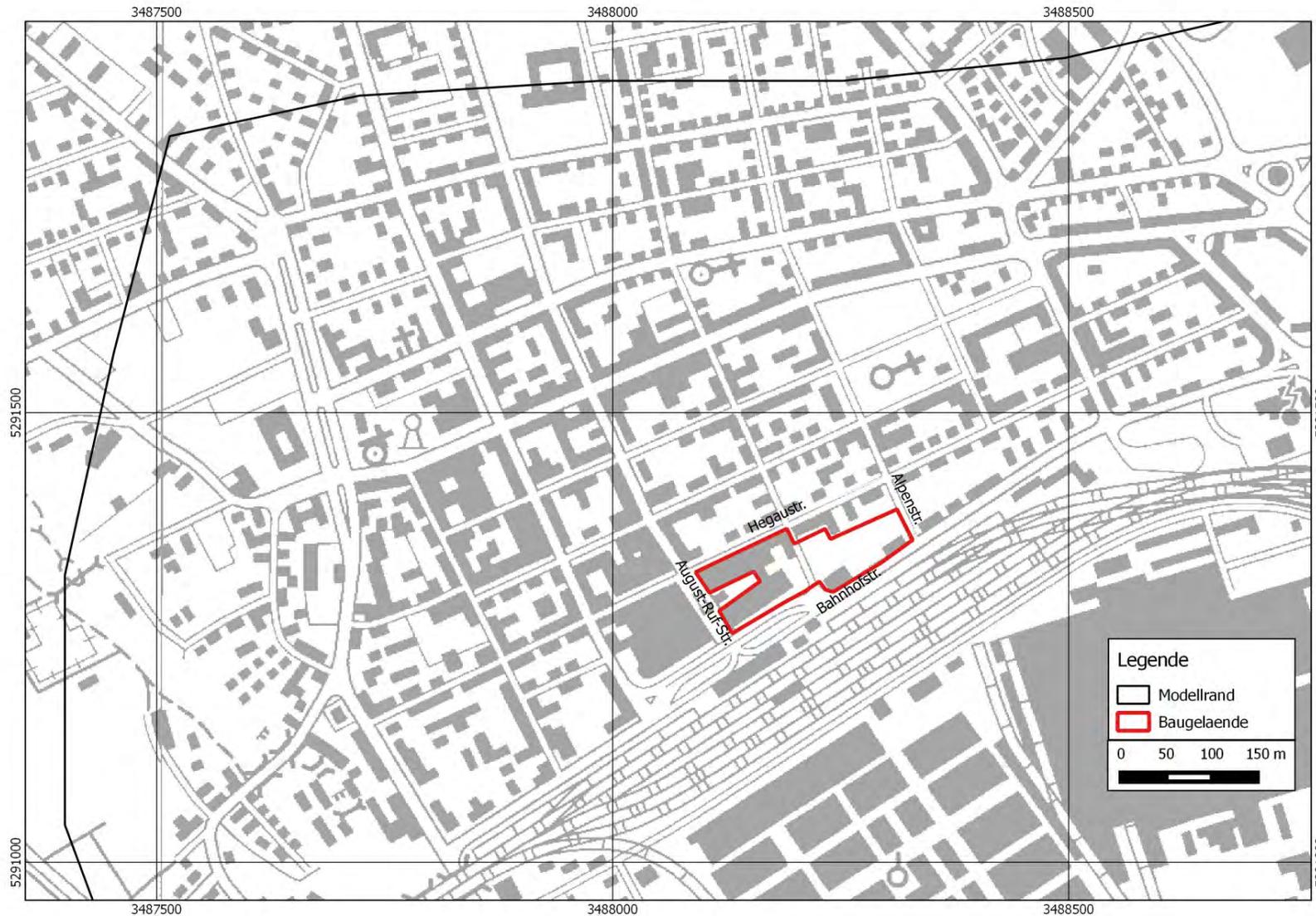
Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Lageplan der geplanten Baumaßnahme in Singen.....	5
Abb. 2	Lageplan der Bohrungen/Messstellen im Untersuchungsgebiet.....	8
Abb. 3	Lageplan der 2015/2016 erstellten Bohrungen / Messstellen.....	9
Abb. 4	Verlauf und Auswertung des Pumpversuchs in der ECE B1/16	10
Abb. 5	Lageplan der Messstellen mit Bestimmung des kf-Wertes im Untersuchungsgebiet	12
Abb. 6	Lageplan der Messstellen (Wasserspiegelmessungen).....	13
Abb. 7a	Basis des Grundwasserleiters (regional)	17
Abb. 7b	Basis des Grundwasserleiters im Bereich der Baumaßnahme.....	18
Abb. 8	Aquifermächtigkeit des Grundwasserleiters (Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016)	19
Abb. 9a	Grundwassergleichenplan der Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016.....	22
Abb. 9b	Fließrichtung im Untersuchungsgebiet (Stichtagsmessung vom 30.05.2016)	23
Abb. 9c	Grundwasserganglinien (Messwerte) nördlich der geplanten Baumaßnahme	25
Abb. 9d	Grundwasserganglinien (Messwerte) im Bereich und südlich der geplanten Baumaßnahme	25
Abb. 9e	Grundwasserganglinien (Messwerte) der kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen im Bereich der geplanten Baumaßnahme (April – Juni 2016)	26
Abb. 9f	Grundwassergleichenplan für einen Grundwasserhöchststand im Bereich der Baumaßnahme.....	28
Abb. 10	kf-Wert-Verteilung im Untersuchungsgebiet.....	30
Abb. 11	Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwassergleichen vom Stichtag April 2016	32
Abb. 12a	Prognoseberechnung: Aufstauhöhen (Erhöhung des Wasserspiegels) im Bereich der Baumaßnahme bei 100% Umspundung (Bauphase) - Detailbetrachtung	35
Abb. 12b	Prognoseberechnung: Aufstauhöhen (Erhöhung des Wasserspiegels) im Bereich der Baumaßnahme bei 100% Umspundung (Bauphase)	36

Abb. 12c	Prognoseberechnung: Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand und 100% Umspundung (Bauphase).....	37
Abb. 12d	Prognoseberechnung: Aufstauhöhen (Erhöhung Wasserspiegel) im Untersuchungsgebiet bei 100 %iger Umspundung mit Grundwasserumleitung für einen Höchstwasserstand.....	38
Abb. 13a	Prognoseberechnung: Aufstauhöhen im Untersuchungsgebiet nach Entfernung der Umspundung (nach der Bauphase)	40
Abb. 13b	Bereich der Gründung des Bauwerkes in der Zwischenschicht mit Angabe der Basis des Oberen Kieslagers bei einer Tiefe des Gebäudes von 421,5 m.....	41
Abb. 13c	Prognoseberechnung: Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand ohne Umspundung (nach der Bauphase)	42
Abb. 14a	Prognoseberechnung: Aufstauhöhen im Bereich der Baumaßnahme bei 80% Umspundung	44
Abb. 14b	Prognoseberechnung: Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand und 80% Umspundung (nach der Bauphase)	45
Abb. 15a	Prognoseberechnung: Aufstauhöhen im Bereich des Bauwerkes bei 50% Umspundung.....	47
Abb. 15b	Prognoseberechnungen: Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand und 50% Umspundung (nach der Bauphase)	48
Abb. 16a	Hydrogeologisches Profil West im Untersuchungsgebiet für einen Grundwasser-höchststand und unterschiedlichem Anteil der Umspundung.....	50
Abb. 16b	Hydrogeologisches Profil Mitte im Untersuchungsgebiet für einen Grundwasserhöchststand und unterschiedlichem Anteil der Umspundung.....	50
Abb. 16c	Hydrogeologisches Profil Ost im Untersuchungsgebiet für einen Grundwasserhöchststand und unterschiedlichem Anteil der Umspundung.....	51

Anlage 1

Hydrogeologische Erkundung Kernstadtbereich Singen – ECE Singen
Dokumentation der Bohrarbeiten 2016 incl. Pumpersuche (Stand 10.05.2016)



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der geplanten Baumaßnahme in Singen

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_1_ECE_LP

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 1 | Seite 5

1. Vorbemerkung

Für die geplante Baumaßnahme zwischen Bahnhof – Hegaustraße – August-Ruf-Straße-Alpenstraße (Abb. 1) ist es erforderlich die Auswirkungen auf die Grundwasserfließverhältnisse im Bereich der Innenstadt Singen während und nach der Bauzeit zu berechnen.

Die Prognoseberechnungen der Grundwasserfließverhältnisse während und nach der Baumaßnahme erfolgt mit Hilfe eines Grundwasserströmungsmodells. Zur Bewertung der Berechnungsergebnissen des numerischen Modells werden die Ergebnisse von Berechnungen mit analytischen Methoden gegenübergestellt.

Die Grundlage der numerischen Berechnungen ist eine ausreichende Datengrundlage, damit die Grundwasserfließverhältnisse hinreichend genau erfasst und auf dieser Grundlage Prognoseberechnungen durchgeführt werden können. Daher wurde ein Untersuchungsprogramm erstellt, das Bohrungen, Wasserspiegelmessungen und hydraulische Versuche umfasste.

Mit dem numerischen Modell können auch Prognoseberechnungen zur Überprüfung der Wirksamkeit technischer Maßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse (z.B. Drainagen) erstellt werden.

2. Maßnahmen zur Ergänzung der Datengrundlage – zusätzliches Untersuchungsprogramm 2016 auf Grundlage der vorhandenen Daten

Bei einer ersten Abschätzung der Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasserfließverhältnisse mit dem bestehenden Strömungsmodell hat sich ein Aufstau bis zu 2 m im Anstrom des geplanten Bauwerkes ergeben (HYDRO-DATA, Zusatzberechnungen, Bericht vom 31.03.2016 .ergänzt am 06.04.2016). Da die Datendichte im Umfeld der Baumaßnahme für eine genaue Bewertung nicht ausreichte, wurde 2016 ein zusätzliches Untersuchungsprogramm erstellt, das die Erhebung bzw. Überprüfung bestehender Daten, 2 neue Bohrungen im Bereich des geplanten Bauwerkes, 4 weitere Bohrungen im Anstrombereich, kontinuierliche Wasserspiegelmessungen in ausgewählten Messstellen, Wasserspiegelstichtagsmessungen im Untersuchungsgebiet und hydraulische Versuche beinhaltete. Ergänzt wurde das Untersuchungsprogramm durch Untersuchungen im Rahmen anderer Bauprojekte im Untersuchungsgebiet. Dadurch standen die o.g. 4 weiteren Bohrungen/Messstellen zur Beschreibung der Grundwasserverhältnisse und des Grundwasserleiters (Oberes Kieslager / Zwischenschicht) zur Verfügung.

2.1 Datenerhebung und Begründung der zusätzlichen Untersuchungen

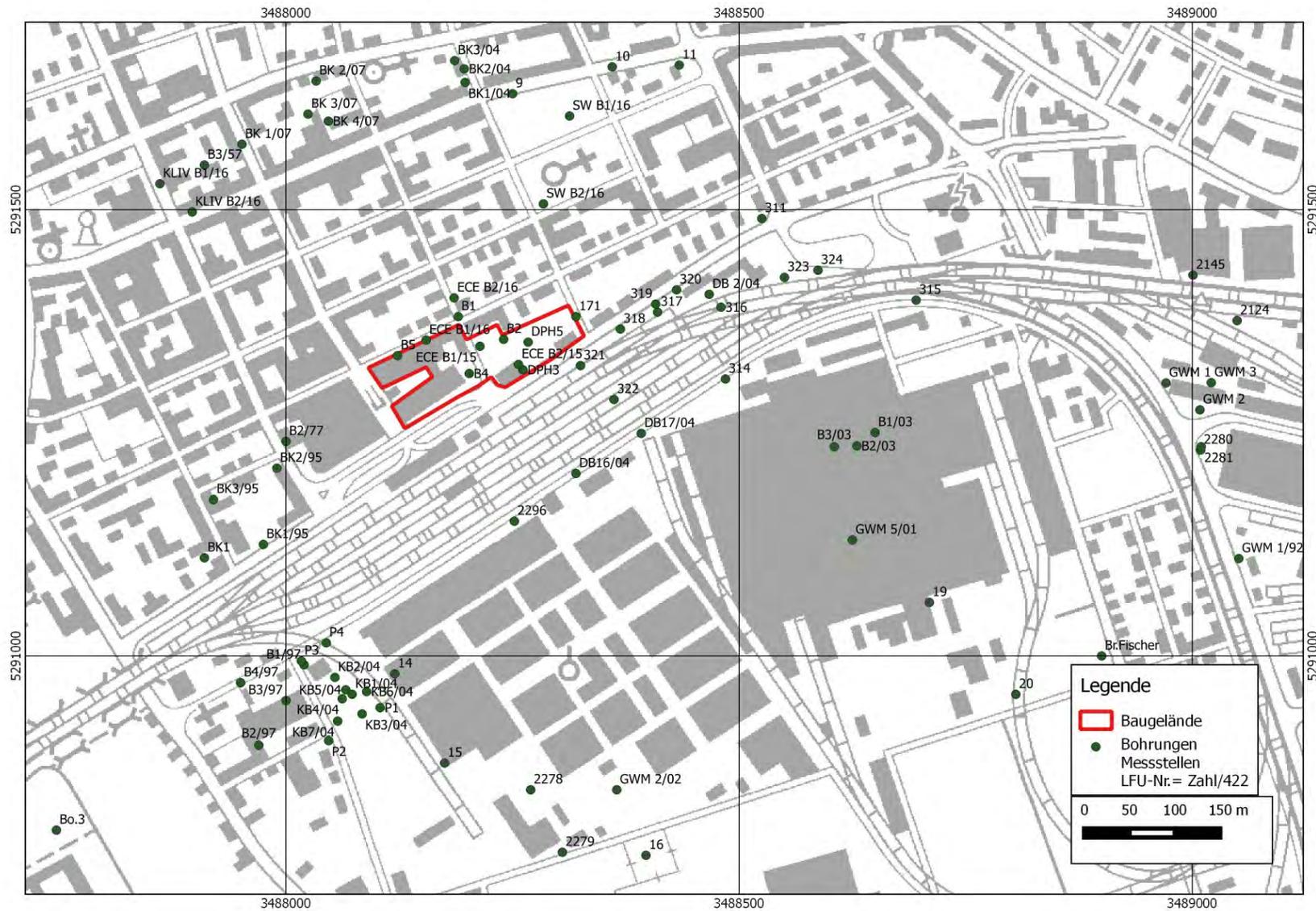
Die Datenerhebung umfasste die Sichtung der vorhandenen Bohrungen (Quelle LRA Konstanz, HYDRO-DATA) im Untersuchungsgebiet und die Bohrungen, die 2015 im Rahmen der Baugrunduntersuchungen abgeteuft wurden (GCO 28.08./21.09.2015). Insgesamt umfasste die Erhebung 96 Bohrungen/Messstellen, die die Aquiferbasis erreicht haben und bei der Konstruktion der Aquiferbasis berücksichtigt wurden.

Die Bohrungen/Grundwassermessstellen, die vor 2015 erstellt wurden, liegen südlich und nördliche der geplanten Baumaßnahme und wurden im Rahmen von Altlasterkundungen oder zur Erkundung des Baugrundes abgeteuft. Im Bereich der geplanten Baumaßnahme EDZ lag nach der Datenerhebung keine ausreichende Datengrundlage für eine detaillierte hydrogeologische Bewertung vor. Aus diesem Grunde wurden die 6 zusätzlichen Bohrungen abgeteuft, die nachfolgend beschrieben werden.

2.2 Bohrungen/Messstellen aus den Jahren 2015/2016 im Untersuchungsgebiet

Für die Baugrunduntersuchung im Bereich des geplanten Bauwerkes wurden 2015 5 Bohrungen und 2 Rammsondierungen bis zur Basis des oberen Grundwasserleiters abgeteuft. Diese Bohrungen sollten die Baugrundverhältnisse bis zur Zwischenschicht erkundigen. Zwei der Bohrungen wurden zu Messstellen ausgebaut (ECE B1/15, ECE B2/15). Da sich gezeigt hat, dass diese Messstellen nicht für eine Bewertung der Grundwasserfließverhältnisse ausreichen, wurden 2016 die Messstellen ECE B1/16 und ECE B2/16 erstellt. Vier weitere Bohrungen wurden 2016 nördlich des geplanten Bauwerkes zur Baugrunduntersuchung anderer Projekte abgeteuft und zu Messstellen ausgebaut (Abb. 3: SW B1/16 – SW B2/16 – Kliv B1/16 – Kliv B2/16). Die Erkenntnisse aus diesen hydrogeologischen Aufschlussbohrungen wurden für das numerische Modell berücksichtigt.

Die Bohrdokumentation der Bohrungen ECE B1/16 und B2/16 ist in der Anlage 1 zusammengestellt.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der Bohrungen/Messstellen im Untersuchungsgebiet

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

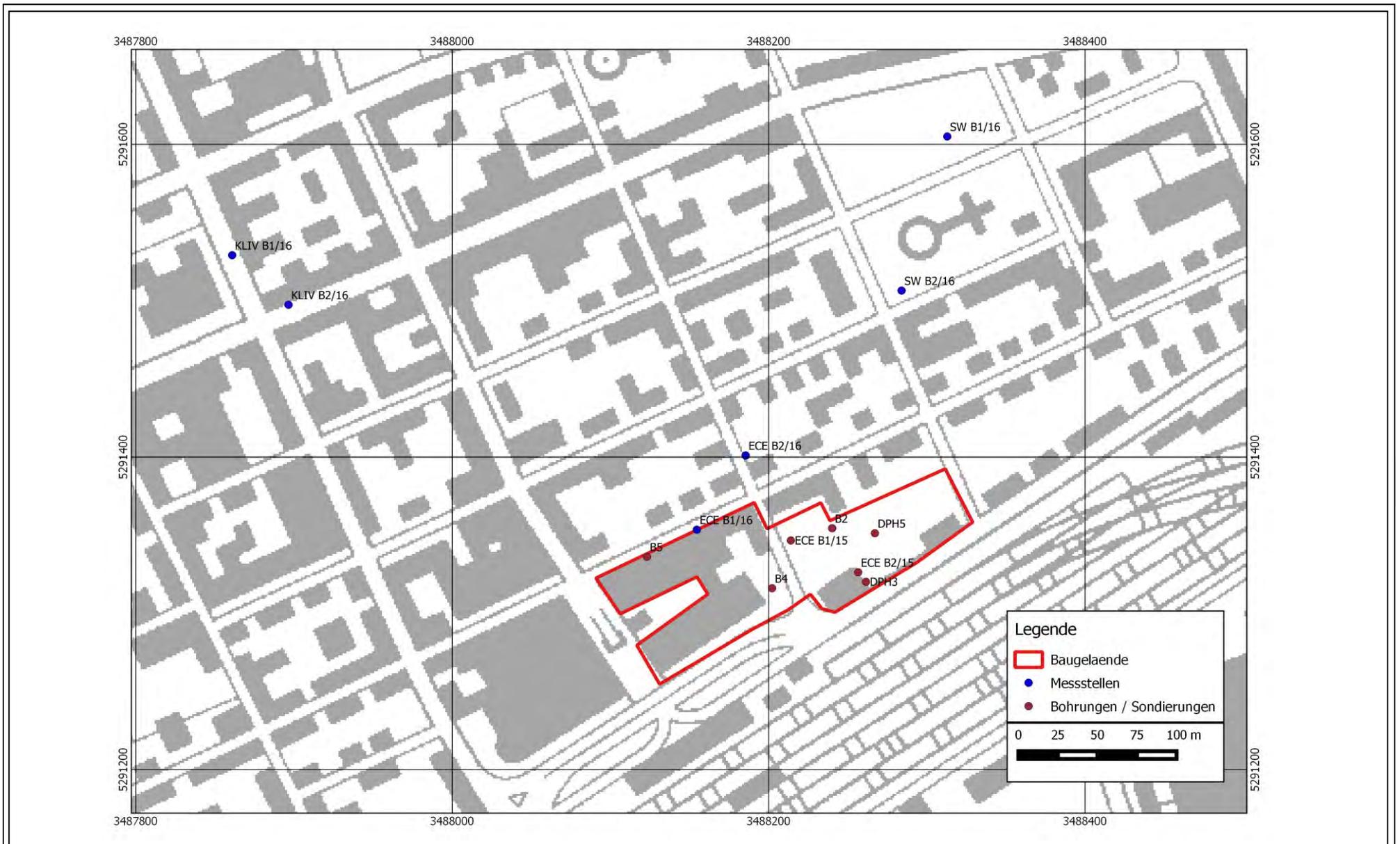
Datei: Abb_2_ECE_LP_Bohrungen

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 2 | Seite 8



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der 2015/2016 erstellten Bohrungen / Messstellen

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_3_ECE_LP_Bohrungen_2016

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 3 | Seite 9

2.3 Hydraulische Versuche

Zur Bestimmung der hydraulischen Kennwerte des Aquifers (kf-Wert und Aquifermächtigkeit) im Bereich der Baumaßnahme wurden 3 Kurzpumpversuche (ECE B1/15, ECE B2/15 und ECE B1/16) und 1 Slugtest (ECE B2/16) durchgeführt. Die Entnahmemenge während der Kurzpumpversuche betrug ca. 1 l/s und führte in den 3 Messstellen zu Absenkungen bis ca. 0,1 m. In der Abbildung 4 sind der Verlauf und die Auswertung des Pumpversuchs in der ECE B1/16 exemplarisch dargestellt.

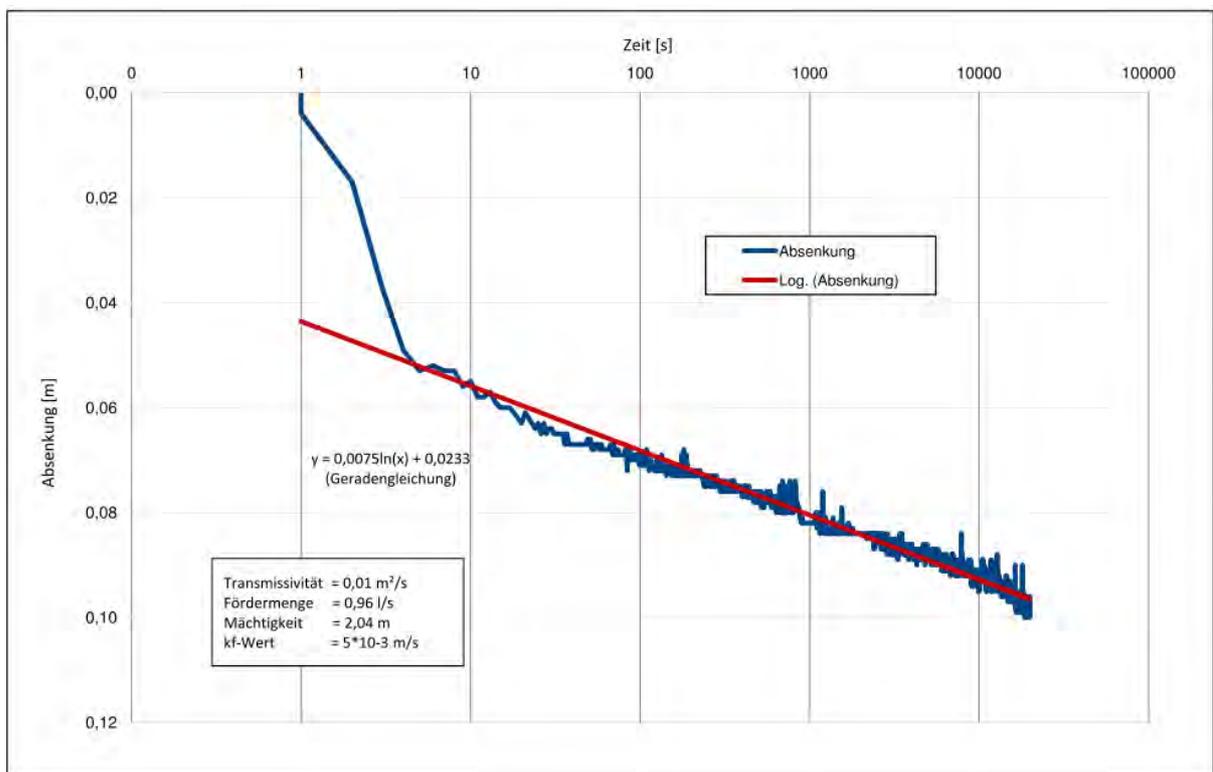


Abb. 4 Verlauf und Auswertung des Pumpversuchs in der ECE B1/16

In der GWM ECE B2/16 betrug die Aquifermächtigkeit weniger als 1 m, wodurch die Durchführung eines Pumpversuchs nicht möglich war. Hier wurde zur Abschätzung des kf-Wertes ein SLUG-Test durchgeführt (Beschreibung s. Anl. 1; Ergebnisse s. Tabelle 1).

Tab. 1 Die Bestimmung des kf-Wertes für die 4 hydraulischen Versuche aus den Grundwassermessstellen im Bereich des geplanten EDZ Singen

Messstelle	Testverfahren	kf-Wert m/s	Aquifer- mächtigkeit in m	Transmi- sivität m ² /s
GWM ECE B1/15	Kurzpumpversuch	$5,0 \cdot 10^{-3}$	1,86	$9,4 \cdot 10^{-3}$
GWM ECE B2/15	Kurzpumpversuch	$4,7 \cdot 10^{-3}$	2,35	$1,1 \cdot 10^{-2}$
GWM ECE B1/16	Kurzpumpversuch	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,04	$1,0 \cdot 10^{-2}$
GWM ECE B2/16	Slugtest	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,67	$8,7 \cdot 10^{-6}$

Es liegen hier ungespannte Grundwasserverhältnisse vor.

In der Anlage 1 sind die Durchführung und die Auswertung der hydraulischen Versuche detailliert zusammengestellt.

Die Abbildung 5 zeigt, dass durch die Pumpversuche im Bereich des geplanten Bauwerks die Durchlässigkeit (kf-Wert) gut erfasst ist.

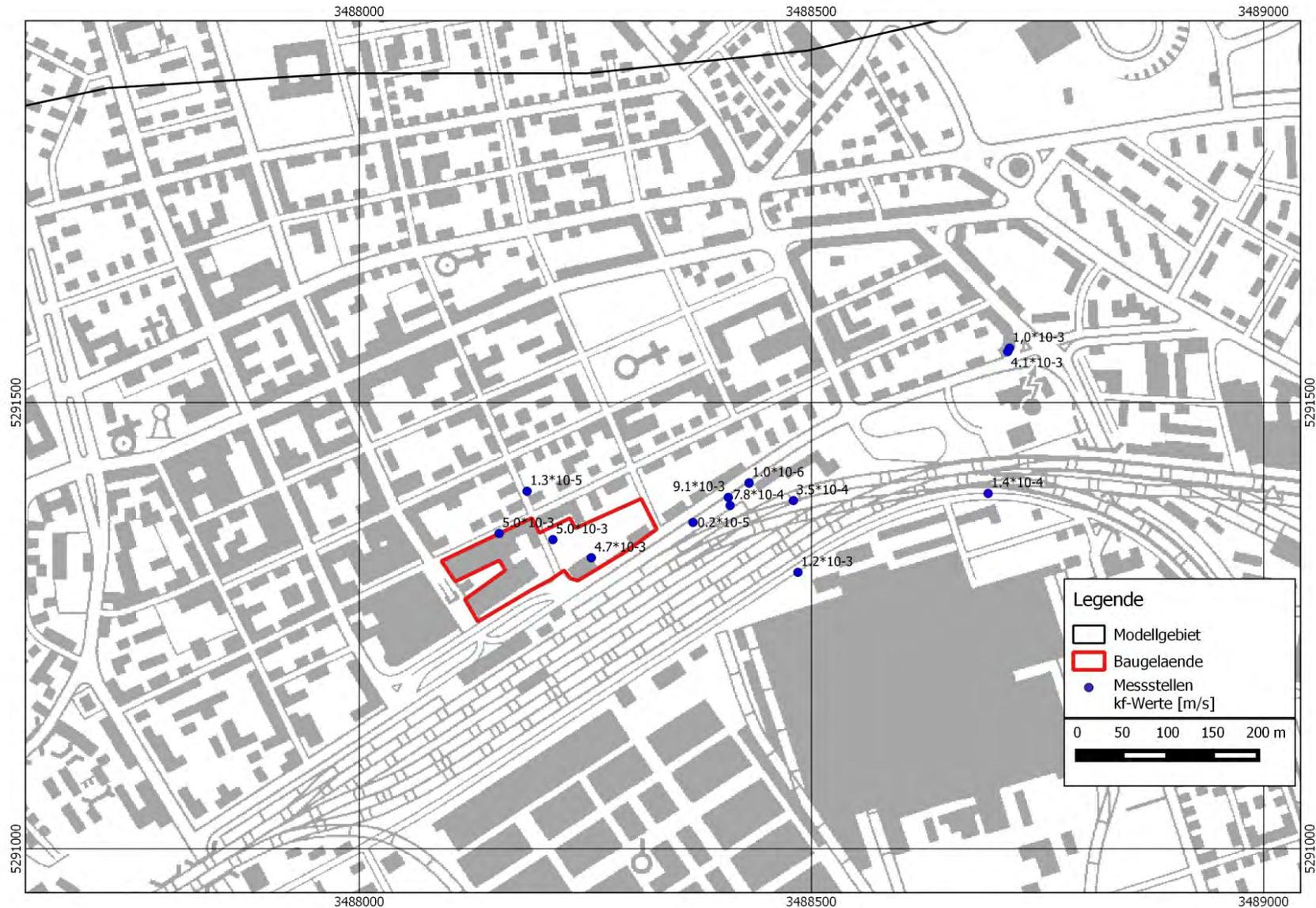
2.4 Wasserspiegelmessungen

Ein wesentlicher Bestandteil zur Erfassung der Grundwasserfließverhältnisse sind Wasserspiegelstichtagsmessungen und kontinuierliche Wasserspiegelmessungen in ausgewählten Messstellen.

Anhand der Wasserspiegelstichtagsmessungen können Grundwassergleichenpläne erstellt werden, die Auskunft über die Strömungsrichtung und das Grundwassergefälle geben können. Im Verlauf der Durchführung der hydraulischen Versuche vom 25.04. – 29.04.2016 wurden 3 Wasserspiegelstichtagsmessungen durchgeführt. Weitere großräumigere Stichtagsmessungen erfolgten am 30.05.2016 und am 07.06.2016.

Ergänzend zu den Wasserspiegelstichtagsmessungen wurden in 6 Grundwassermessstellen Drucksonden zur kontinuierlichen Erfassung der Wasserspiegelhöhe über einen Zeitraum von 6 Wochen (25.04. – 07.06.2016) eingebaut. Seit dem 29.05.2016 erfolgen auch kontinuierliche Messungen in den Messstellen SW B1/16 und KLIV B1/16. Die Messungen werden fortgesetzt.

In der Abbildung 6 sind die Messstellen, die bei den Wasserspiegelmessungen berücksichtigt wurden, dargestellt.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell
Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der Messstellen mit Bestimmung des kf-Wertes im Untersuchungsgebiet

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

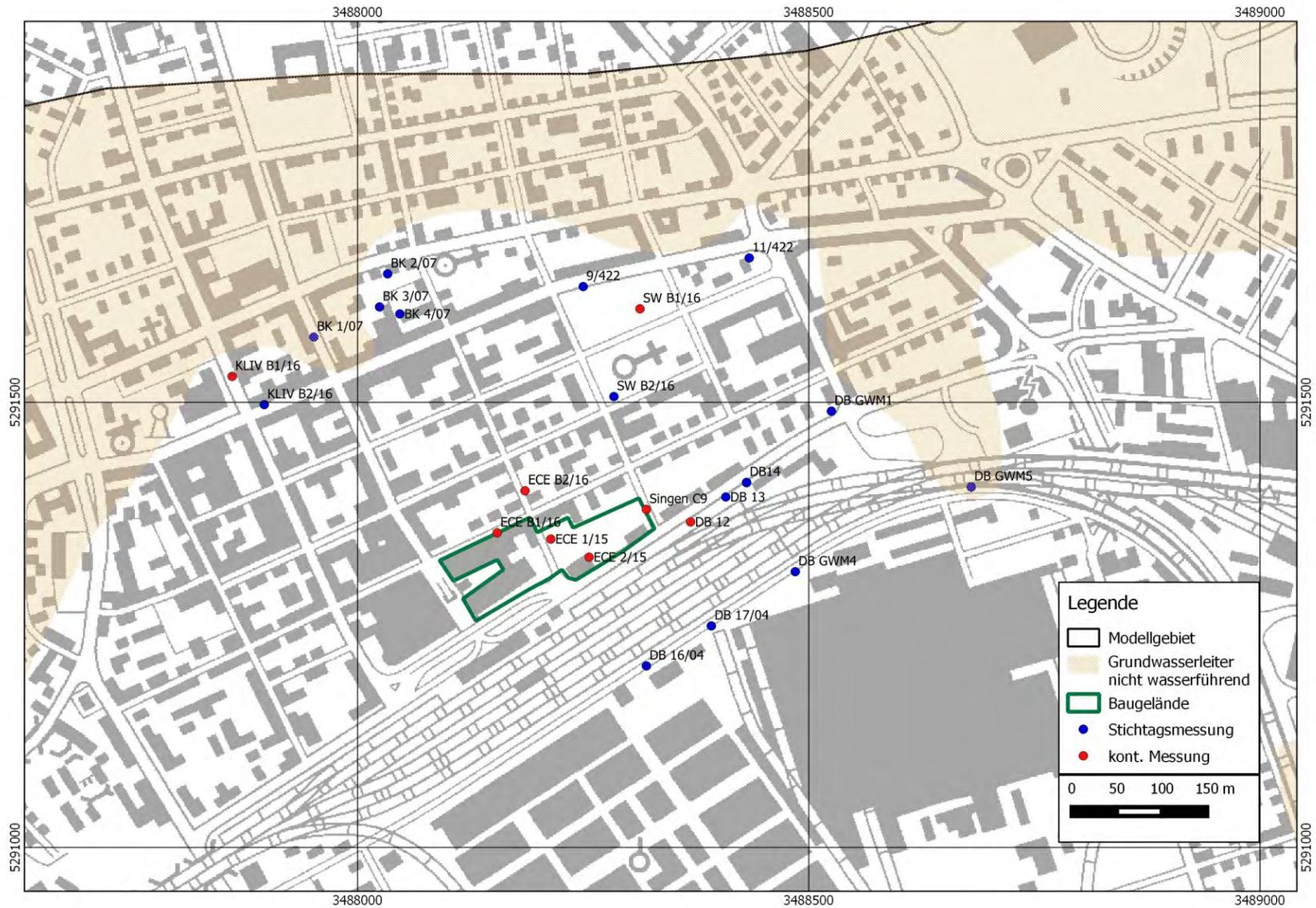
Datei: Abb_5_ECE_kf_Wert

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 5 | Seite 12



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der Messstellen (Wasserspiegelmessungen)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Datei: Abb_6_ECE_LP_WSP

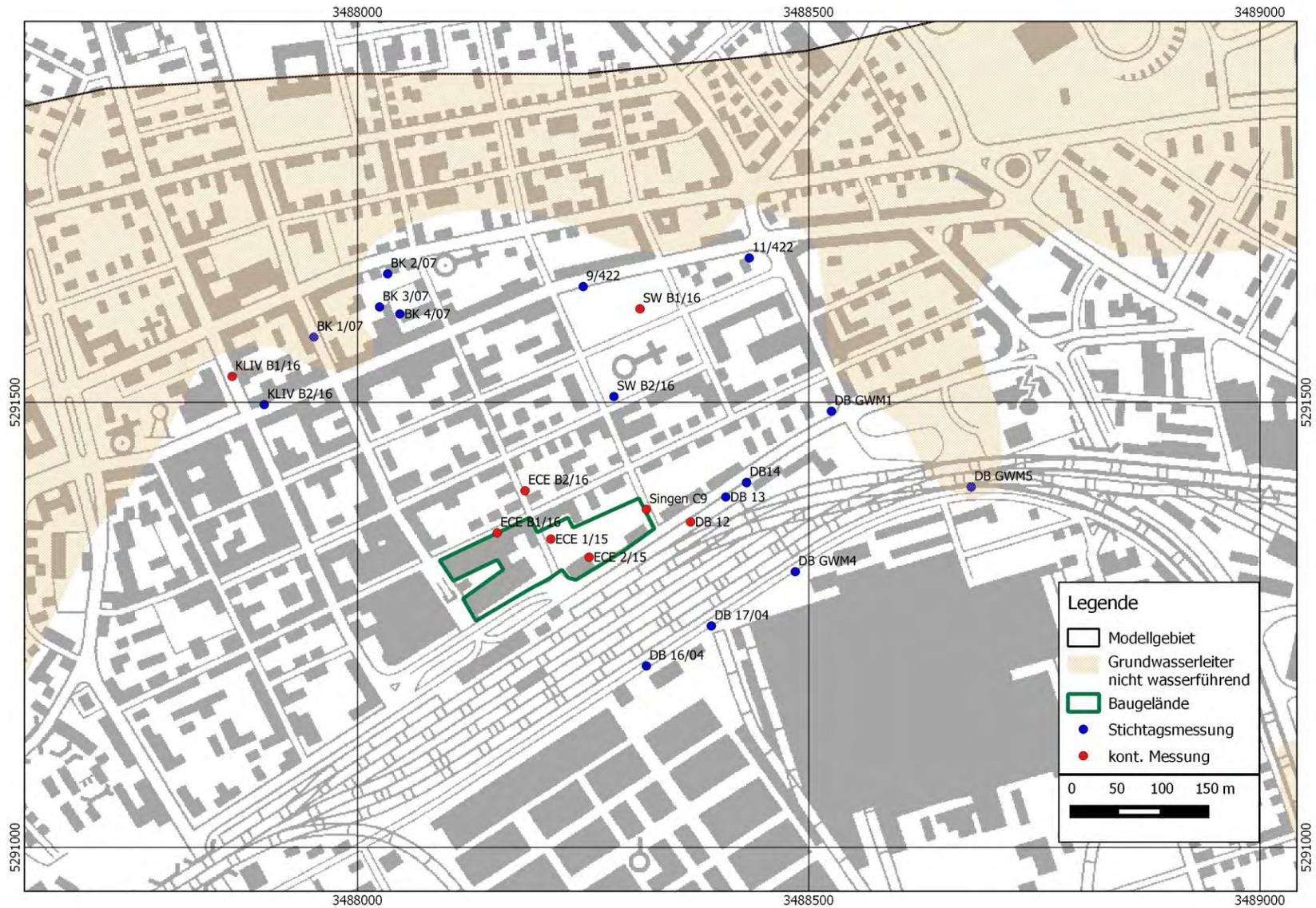
Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 6 | Seite 13



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der Messstellen (Wasserspiegelmessungen)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

Datei: Abb_6_ECE_LP_WSP

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 6 | Seite 14

2.5 Grundwasserchemismus

Im Verlauf der hydraulischen Versuche erfolgten regelmäßige Messungen der Temperatur und Leitfähigkeit (Anlage 2). Zusätzlich wurde zu Beginn und am Ende der Pumpversuche Proben zur Bestimmung der Belastung des Grundwassers durch leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) genommen.

Die Temperaturwerte des Grundwassers während der Pumpversuche lagen zwischen 13°C und 14°C, die Leitfähigkeitswerte bei ca. 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ECE B1/15), 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ECE B2/15) und 985 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ECE B1/16). Signifikante Schwankungen oder Trends waren nicht zu beobachten.

Die LHKW-Analysen zeigten eine Belastung des Grundwassers mit Tetrachlorethen in einer Größenordnung von 1,3 – 2,5 $\mu\text{g}/\text{l}$. In der Tabelle 2a sind die Ergebnisse der Analysen zusammengestellt.

Tab. 2a Summe LHKW [$\mu\text{g}/\text{l}$] in den Messstellen während der Pumpversuche

Messstelle	ECE B1/16	ECE B1/15	ECE B2/15
Probennahme-Datum	26.04.2016	27.04.2016	28.04.2016
LHKW-Konz. Beginn PV	1,5 $\mu\text{g}/\text{l}$	1,3 $\mu\text{g}/\text{l}$	1,9 $\mu\text{g}/\text{l}$
LHKW-Konz. Ende PV	2,5 $\mu\text{g}/\text{l}$	1,7 $\mu\text{g}/\text{l}$	1,4 $\mu\text{g}/\text{l}$

Im Verlauf der Pumpversuche ist in den beiden Messstellen ECE B1/16 und ECE B1/15 ein Anstieg, in der GWM ECE B2/15 eine Abnahme der Konzentration zu beobachten.

Während des 72-stündigen Pumpversuchs im März 2015, der ein mögliches Anziehen von schadstoffbelastetem (LHKW Schaden auf dem Bahngelände, Sanierung 1991 – 2004) Grundwasser überprüfen sollte, wurden die Messstelle (GWM)ECE B1/15, die GWM B2/15 und die GWM DB 12 jeweils zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Pumpversuchs beprobt. Die Analysen ergaben nur für die GWM DB12 erhöhte Werte zwischen 9,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ und 12 $\mu\text{g}/\text{l}$. Die Ergebnisse der Analysen (LHKW) sind in der Tabelle 2b zusammengefasst.

Tab. 2b Summe LHKW [$\mu\text{g/l}$] in den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15 und GWM DB12 während des Pumpversuch2 2015

Messstelle	ECE B1/15	ECE B2/15	GWM DB12
LHKW-Konz. Beginn PV	0,86 $\mu\text{g/l}$	1,5 $\mu\text{g/l}$	9,5 $\mu\text{g/l}$
LHKW-Konz. Mitte PV	1,10 $\mu\text{g/l}$	1,6 $\mu\text{g/l}$	9,7 $\mu\text{g/l}$
LHKW-Konz. Ende PV	1,2 $\mu\text{g/l}$	1,5 $\mu\text{g/l}$	12,0 $\mu\text{g/l}$

Eine Beziehung von LHKW-belasteten Wässern bzw. Grundwasserkomponenten im Bereich der geplanten Baumaßnahme konnte im Verlauf der hydraulischen Versuche nicht beobachtet werden. Dies belegten neben den Analyseergebnissen auch die gemessenen Leitfähigkeiten, die bei den Pumpversuchen 2015 mit Werten von ca. 1100 $\mu\text{S/cm}$ vergleichbare Werte wie 2016 gezeigt haben.

3. Aktualisierung des konzeptionellen hydrogeologischen Modells

Auf der Grundlage der vorliegenden Daten erfolgte eine Überarbeitung des konzeptionellen Modells. Dies beinhaltet die Aktualisierung der

- Aquiferbasis des kiesigen Grundwasserleiters im Horizont E
- die Erfassung der Aquifermächtigkeit des Oberen Kieslagers
- die Bestimmung der Fließrichtung und des hydraulischen Gefälles (Grundwasserstichtagsmessungen)
- die Regionalisierung des kf-Wertes im Untersuchungsgebiet
- Wasserspiegelganglinien, Bestimmung des Höchstwasserstands

3.1 Aquiferbasis

Durch die neuen Bohrungen, die bis zur Basis des Grundwasserleiters abgeteuft wurden, konnte der bestehende Basislinienplan aktualisiert werden. Die neuen Erkenntnisse haben zu einer besseren Auflösung der bisher bekannten Strukturen geführt. Der Aquiferbasisplan in Abbildung 7a zeigt, dass im Untersuchungsgebiet die Basis des Grundwasserleiters in Rinnen und Schwellen unterteilt ist.

Im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurde durch die Bohrungen 2015/2016 ein Übergang von einem Schwellenbereich im Osten in einen Rinnenbereich im Westen erfasst (Abb. 7b). Im östlichen Teil der geplanten Baumaßnahme liegt die Aquiferbasis auf einem Niveau von ca. 422 m NN und im westlichen Teil bei ca. 419 mNN.

Durch den Anstieg der Basis im östlichen Teil der Baumaßnahme ist davon auszugehen, dass der Grundwasserleiter hier zeitweise nicht wasserführend ist.

3.2 Aquifermächtigkeit

Die Auswertungen der Bohrprofile haben gezeigt, dass im Untersuchungsgebiet die Aquiferbasis stark wechselnde Höhenlagen aufweist. Dadurch ergeben sich auch starke Schwankungen der Aquifermächtigkeit. Die berechneten Aquifermächtigkeiten für die Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016 schwanken zwischen 0,24 m in der GWM DB13 und 2,7 m in der GWM 9/422.

In den Messstellen BK1/07 (nördlich der Baumaßnahme) und der DB GWM5 (östlich der Baumaßnahme) war der kiesige Grundwasserleiter des Horizontes E zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung nicht wasserführend.

In der Abbildung 8 sind die Aquifermächtigkeiten des Stichtages vom 27.04.2016 dargestellt.

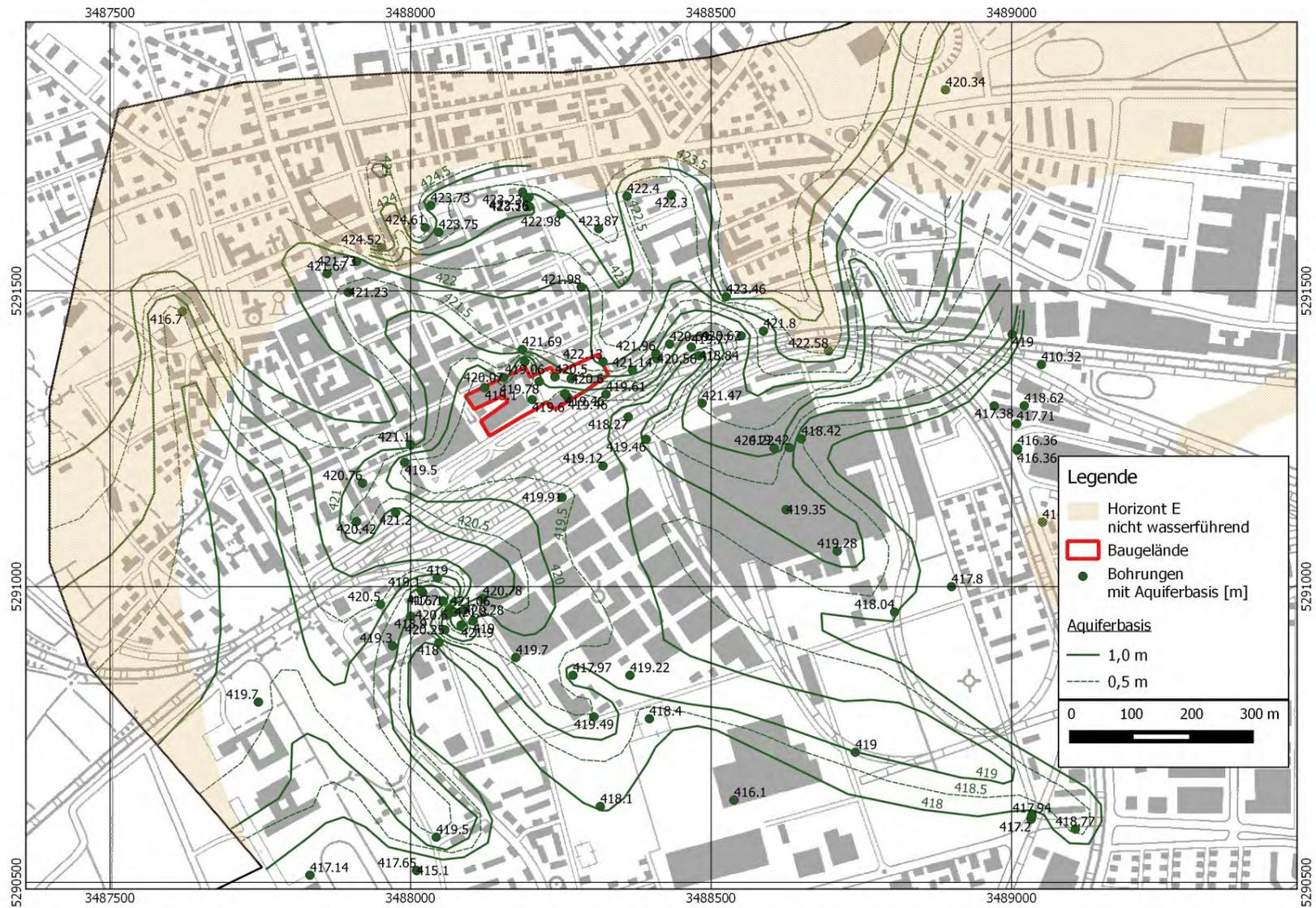
Bemerkung:

Im oberen Kiesgrundwasserleiter liegt ein ungespannter Grundwasserleiter vor. Dies bedeutet, dass der Grundwasserleiter bei unterschiedlichen Wasserständen auch trocken fallen kann (=> der Aquifer ist temporär nicht ausgebildet). Damit schwanken die Aquifermächtigkeiten auch deutlich und können sogar „Null“ d.h. trocken werden.

Im Bereich der Baumaßnahme schwankt die Aquifermächtigkeit am 27.04.2016 / 30.05.2016 zwischen 0,29 m / 0,3 m (Singen GWM C9) im östlichen Bereich und 2,02 m / 2,07 m (GWM ECE B1/16) im westlichen Teil.

Auch von Nord nach Süd ändern sich die Aquifermächtigkeiten signifikant. In der GWM ECE B2/16 beträgt die Aquifermächtigkeit 0,53 m / 0,61 m und in der südlich gelegenen GWM ECE 2/15 hingegen 2,34 m / 2,43 m.

Die Schwankungen der Aquifermächtigkeiten im Bereich des geplanten Bauwerkes belegen, dass in diesem Bereich sehr heterogene hydrogeologische Verhältnisse vorliegen.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Basis des Grundwasserleiters (regional)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

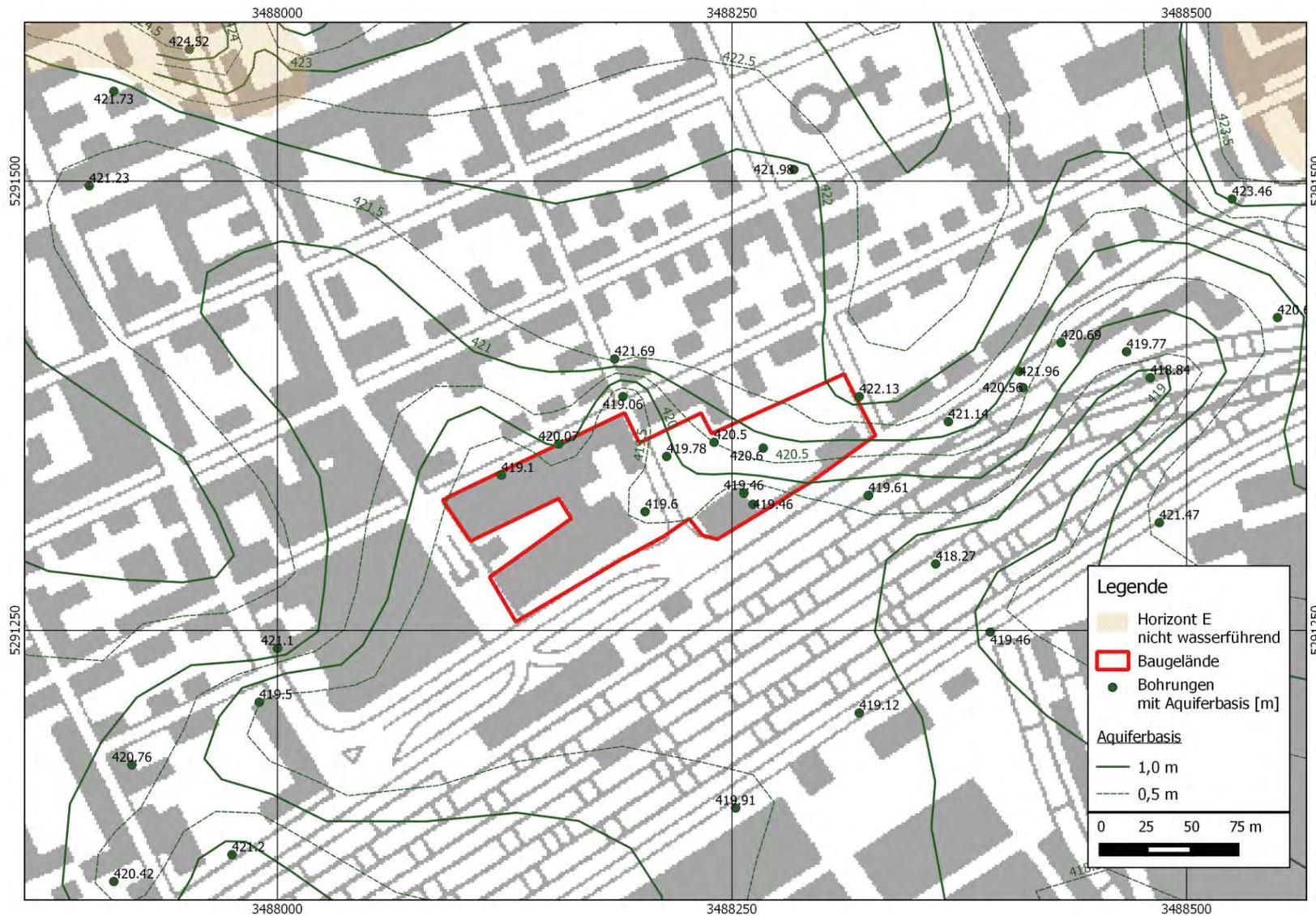
Datei: Abb_7a_ECE_LP_WSP

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 7a | Seite 17



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Basis des Grundwasserleiters im Bereich der Baumaßnahme

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegberg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

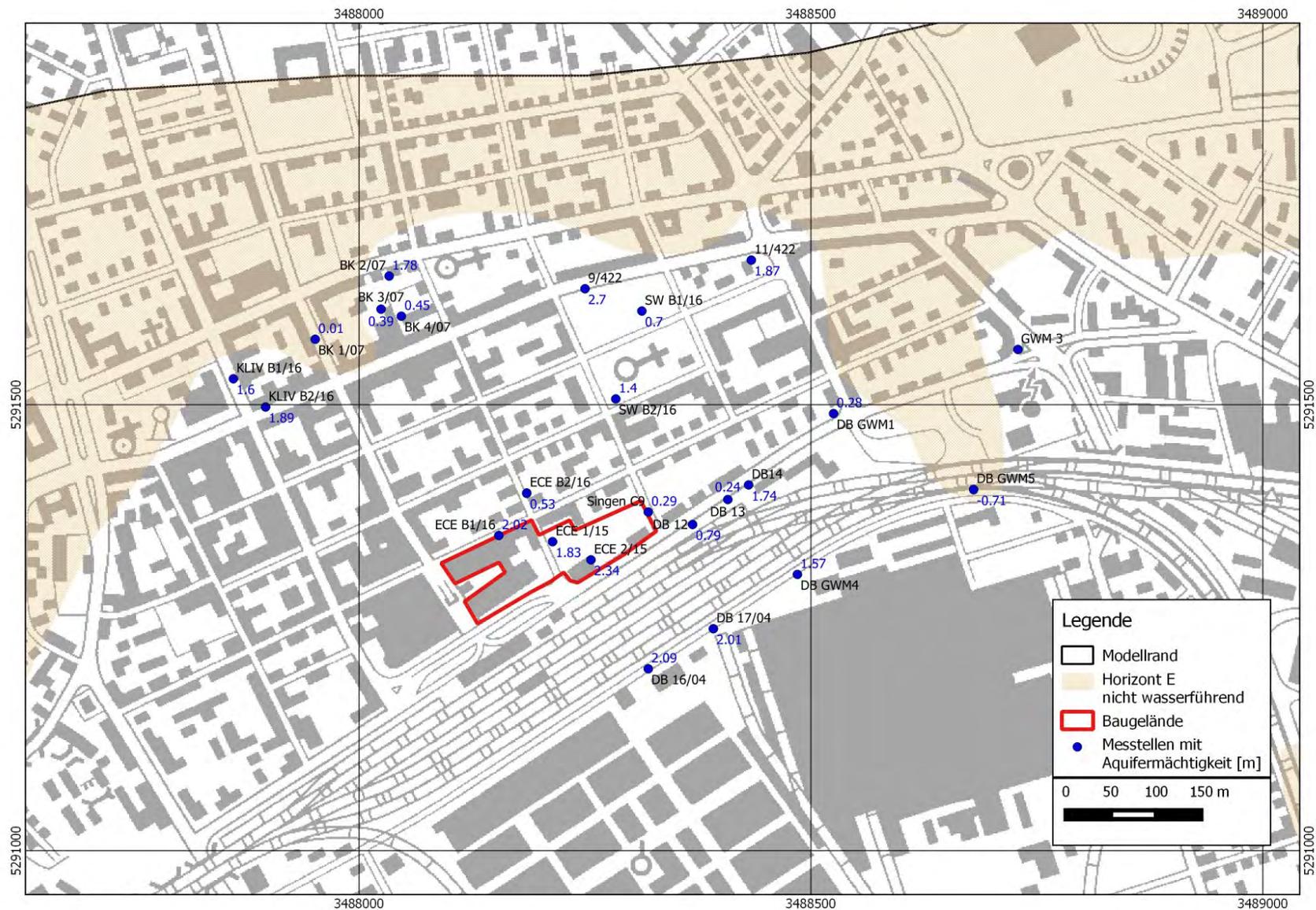
Datei: Abb_7b_ECE_GWGL

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 7b | Seite 18



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Aquifermächtigkeit des Grundwasserleiters (Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegberg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_8_ECE_Aquif_Maechtigk

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 8 | Seite 19

3.3 Grundwasserfließverhältnisse

Zur Erfassung der Grundwasserfließverhältnisse wurden im Verlauf der hydraulischen Versuche (25.04. – 29.04.2016) 3 Wasserspiegelstichtagsmessungen durchgeführt. Eine weitere Stichtagsmessung erfolgte am 30.05.2016 und am 07.06.2016. Im Zeitraum vom 25.04. bis 29.04.2016 zeigen die Wasserspiegelmessungen kaum Änderungen. In der Tabelle 3 sind die Messergebnisse zusammengestellt.

Zur Erfassung unterschiedlicher Grundwasserstände (Niedrig-, Mittel- und Hochwasserstand) dienen auch die kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen in den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15, ECE B1/16, ECE B2/16, Singen C9 und DB12.

Grundwasserfließrichtung

Zur Beschreibung der Grundwasserfließverhältnisse wurde für die Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016 ein Grundwassergleichenplan erstellt (Abb. 9a).

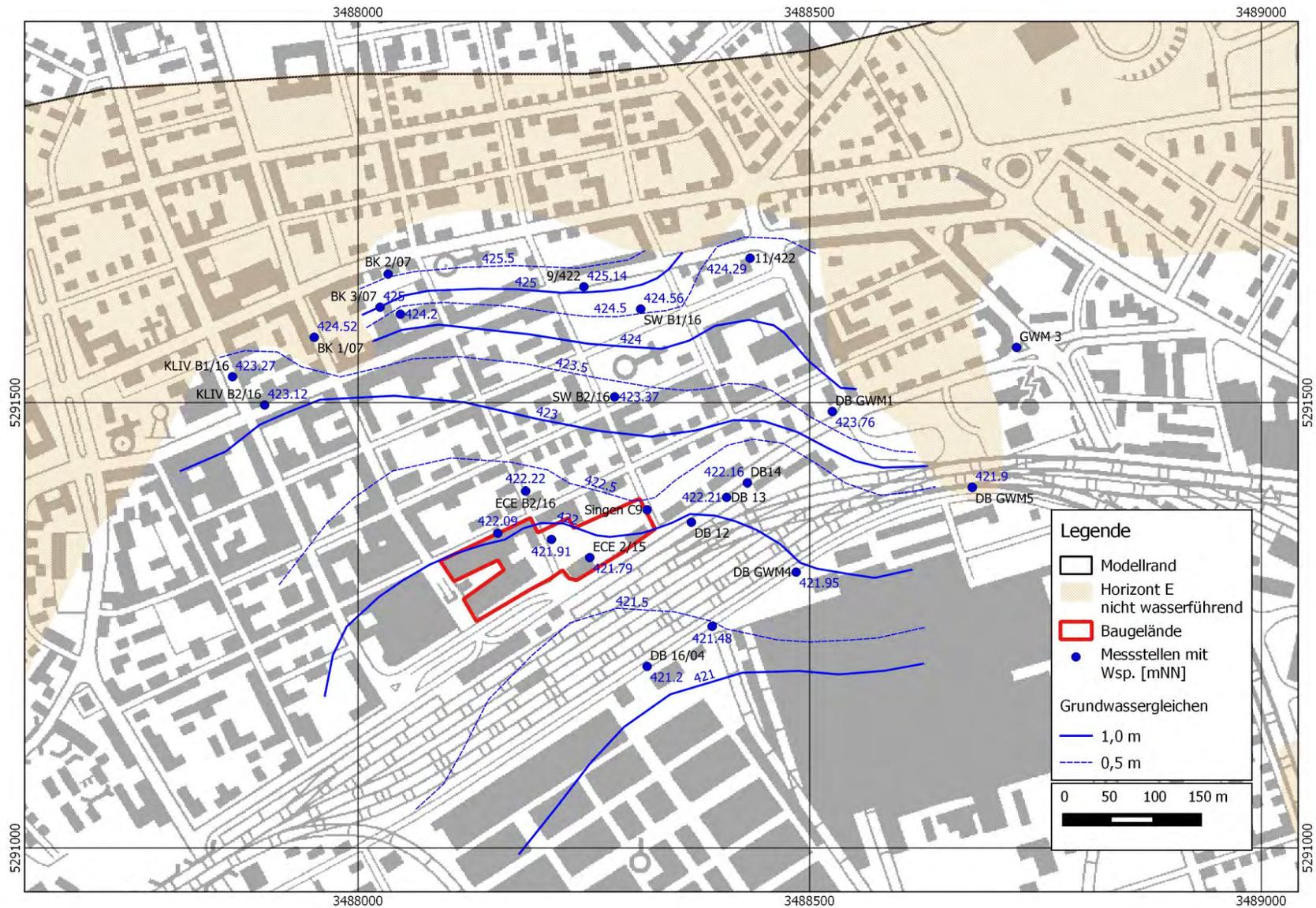
In der Abbildung ist zu erkennen, dass die Fließrichtungen im Modellgebiet zwischen Nord-Nord-Ost nach Süd-Süd-West und Nord-Nord-West nach Süd-Süd-Ost schwanken. Die wechselnden Fließrichtungen im Untersuchungsgebiet verdeutlicht die Abbildung 9b am Beispiel der Wasserspiegelstichtagsmessung vom 30.05.2016.

Die Stichtagsmessung am 07.06.2016 zeigt vergleichbare Fließverhältnisse wie am 30.05.2016. Die Niederschläge in diesem Zeitraum machen sich nicht wesentlich bemerkbar. Dies wird auch aus dem Verlauf der Wasserspiegelganglinien erkennbar.

Tab. 3 Wasserspiegelstichtagsmessungen vom 25.04.2016 – 07.06.2016

EDV	LUBW-Nr.	Bez	GOK	POK	Rechtswert	Hochwert	Abstich 25.04.16 [m u BZP]	Abstich 27.04.16 [m u BZP]	Abstich 28.04.16 [m u BZP]	Abstich 29.04.16 [m u BZP]	Abstich 30.05.16 [n uBZP]	Abstich 07.06.16 [n uBZP]	Wsp 25.04.16 [mNN]	Wsp 27.04.16 [mNN]	Wsp 28.04.16 [mNN]	Wsp 29.04.16 [mNN]	Wsp 30.05.16 [mNN]	Wsp 07.06.16 [mNN]	
5033	-	Kliv B1/16	428,17	428,04	3487860,89	5291529,05	-	4,77	4,77	4,78	4,77	4,74		423,27	423,27	423,26	423,27	423,27	423,30
5034	-	Kliv B2/16	428,03	427,95	3487896,49	5291497,33	-	4,83	4,83	4,83	4,81	4,79	-	423,12	423,12	423,12	423,12	423,14	423,16
5031	-	SW B1/16	427,97	427,81	3488312,9	5291605,01	-	3,25	3,25	3,25	3,20	3,26	-	424,56	424,56	424,56	424,56	424,61	424,55
5032	-	SW B2/16	428,28	428,16	3488284,03	5291506,43	-	4,79	4,80	zugeparkt	4,75	4,76	-	423,37	423,36	zugeparkt	423,41	423,40	
5029	-	ECE B1/16	428,07	427,89	3488154,64	5291353,61	5,46	5,80	5,83	5,83	5,75	5,74	422,43	422,09	422,06	422,06	422,14	422,15	
5030	-	ECE B2/16	427,99	427,87	3488185,48	5291400,97	DS	5,65	5,53	5,66	5,57	5,59	DS	422,22	422,34	422,21	422,30	422,28	
9	0009/422-0	P5 Kreuzensteinplatz	428,78	428,56	3488272,50	5291627,80	2,98	2,97	2,94	2,98		2,92	425,58	425,59	425,62	425,58	zugeparkt	425,64	
11	0011/422-3	P15 Kreuzensteinplatz	428,30	428,11	3488433,96	5291662,12	3,84	3,82	3,83	3,82	3,76	3,81	424,27	424,29	424,28	424,29	424,35	424,30	
266	0318/422-3	DB GWM 12	428,14	427,95	3488369,00	5291366,00	DS	6,02	6,03	6,01	5,91	5,92	DS	421,93	421,92	421,94	422,04	422,03	
267	0319/422-9	DB GWM 13	428,26	428,04	3488408,00	5291394,00	5,84	5,83	5,83	5,83	5,70	5,73	422,20	422,21	422,21	422,21	422,34	422,31	
268	0320/422-6	DB GWM 14	428,39	428,11	3488431,00	5291410,00	5,98	5,95	5,95	5,94		5,83	422,13	422,16	422,16	422,17		422,28	
177	0171/422-2	Bahnhof Singen C9	427,73	428,73	3488320,00	5291380,00	DS	6,31	6,31	6,31	6,30	6,30	DS	422,42	422,42	422,42	422,42	422,43	422,43
3151	-	BK 1/07 Kunsthalle	428,92	428,75	3487951,43	5291573,33	4,22	4,23	4,23	4,23			424,53	424,52	424,52	424,52			
3152	-	BK 2/07 Kunsthalle	428,83	428,71	3488033,23	5291644,25	3,20	3,20	3,20	3,20		3,19	425,51	425,51	425,51	425,51		425,52	
3153	-	BK 3/07 Kunsthalle	428,16	428,10	3488024,30	5291607,09	3,10	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	425,00	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt
3154	-	BK 4/07 Kunsthalle	428,50	428,20	3488046,76	5291599,24	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	4,02	424,20	424,20	424,20	424,20	424,21	424,18	
4982	-	ECE GWM 1/15	428,08	428,80	3488214,05	5291346,70	DS	6,89	6,89	6,87	6,78	6,10	DS	421,91	421,91	421,93	422,02	422,70	
4983	-	ECE GWM 2/15	428,06	427,98	3488256,55	5291326,32	DS	6,19	DS	6,18	6,09	6,81	DS	421,79	DS	421,80	421,89	421,17	
259	0311/422-5	DB GWM1	428,66	428,97	3488525,00	5291490,00	5,23	5,21	5,21	5,21	5,20	5,21	423,74	423,76	423,76	423,76	423,77	423,76	
262	0314/422-1	DB GWM4	427,97	427,80	3488485,00	5291310,00	5,66	5,85	5,84	5,85		5,76	422,14	421,95	421,96	421,95		422,04	
263	0315/422-7	DB GWM5	429,18	429,08	3488695,34	5291398,45	7,21	7,18	7,33	7,16		6,89	421,87	421,90	421,75	421,92		422,19	
2929	-	DB 16/04 GWM Betriebswerk Singen	428,02	427,89	3488320,00	5291204,00	6,68	6,69	6,69	6,69	6,59	6,60	421,21	421,20	421,20	421,20	421,30	421,29	
2930	-	DB 17/04 GWM Betriebswerk Singen	428,16	428,04	3488392,00	5291249,00	6,57	6,56	6,57	6,57	6,48	6,49	421,47	421,48	421,47	421,47	421,56	421,55	
260	0312/422-0	DB GWM2	427,47	427,72	3488719,00	5291561,00						4,61							423,11
261	0313/422-6	DB GWM3	427,46	427,67	3488717,00	5291557,00						7,77							419,90

BZP Bezugspunkt
POK Pegeloberkante
GOK Geländeoberkante
Wsp Wasserspiegel
DS Datensammler installiert



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Grundwassergleichenplan der Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

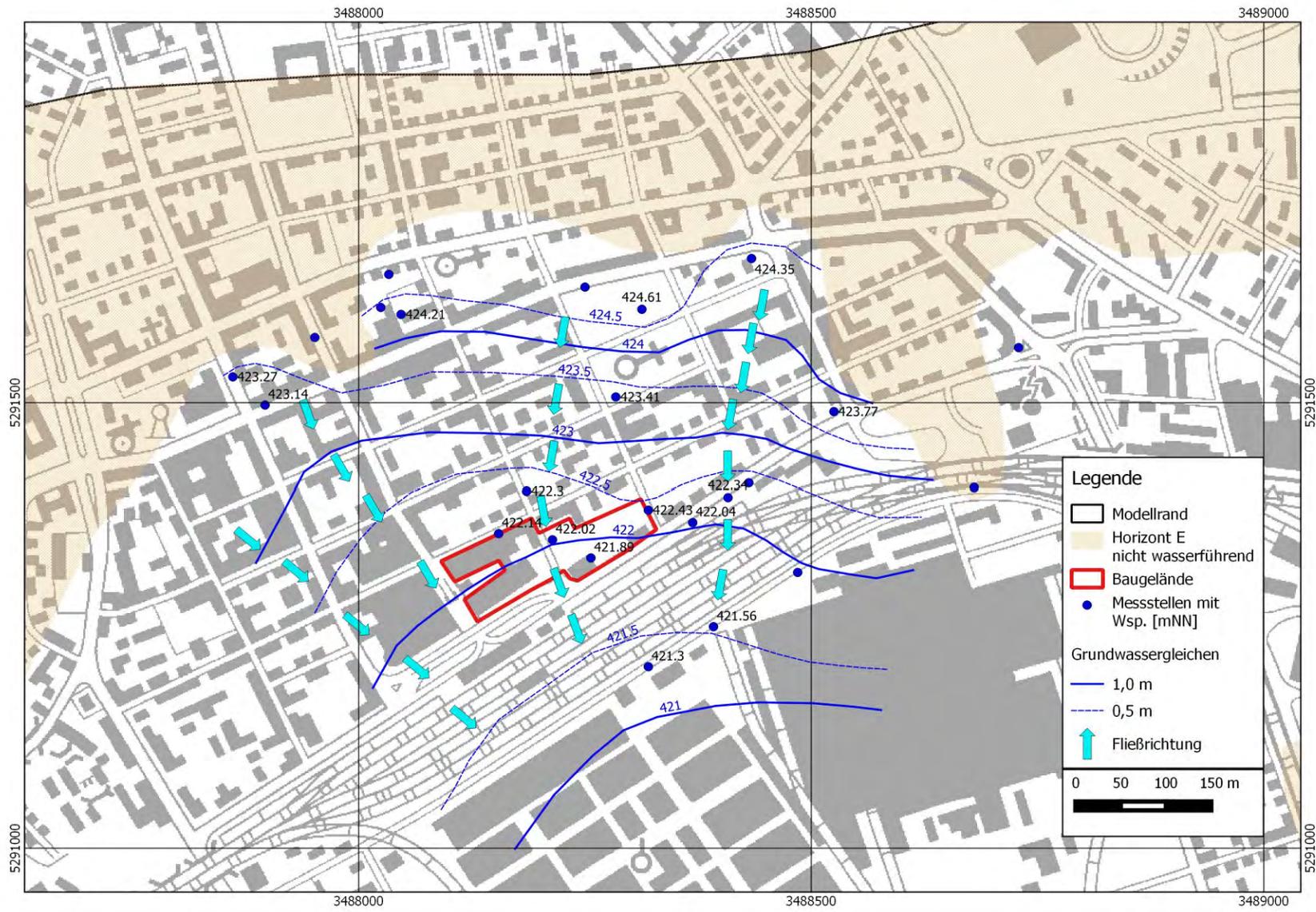
Datei: Abb_9a_ECE_GWGL_270416

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 9a | Seite 22



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Fließrichtung im Untersuchungsgebiet (Stichtagsmessung vom 30.05.2016)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegberg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_9b_ECE_Fließr_300516

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Grundwassergefälle

Neben der Bestimmung der Fließrichtungen ermöglicht der Grundwassergleichenplan eine Abschätzung des hydraulischen Gefälles.

Bei geringeren Abständen zwischen den Grundwassergleichen resultiert ein höheres Gefälle als bei größeren Abständen. Geringere Abstände und somit ein höheres Gefälle sind am nördlichen Rand des Untersuchungsgebietes (BK2/07, BK3/07) zu beobachten.

Im Bereich der geplanten Baumaßnahme belegt der Verlauf der Grundwassergleichen im östlichen Teil ein höheres Gefälle, während im westlichen Teil die Grundwassergleichen deutlich verflachen.

Die Änderungen des Fließgefälles geben auch Hinweise auf die Transmissivität

$$T = kf * H$$

mit kf = Durchlässigkeit, H = Aquifermächtigkeit

Durch die Zunahme der Aquifermächtigkeit oder die Zunahme der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters reduziert sich das Gefälle. Im Bereich der Baumaßnahme hat die Berechnung der Aquifermächtigkeit gezeigt, dass im östlichen Teil und nördlich der geplanten Baumaßnahme die Aquifermächtigkeiten deutlich geringer sind als im westlichen und südlichen Teil. Dies deckt sich mit dem Verlauf der Grundwassergleichen. Welchen Einfluss zusätzlich die Durchlässigkeit auf das Fließgefälle hat lässt sich anhand der Ergebnisse der vorliegenden bzw. 2016 durchgeführten hydraulischen Versuche bewerten.

Bestimmung Grundwasserhöchststand

Die Bestimmung des Grundwasserhöchststandes für den Bereich der geplanten Baumaßnahme erfolgte anhand älterer vorliegender Wasserspiegelmessungen (Abb. 9c, 9d) im Bereich der Innenstadt Singen (Lage der Messstellen Abb. 6). In der Abbildung 9e sind die kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen in den neuen Messstellen und den beiden älteren Messstellen Singen C9 und GWM DB12 dargestellt.

Die langjährigen Messungen nördlich der geplanten Baumaßnahmen zeigen zwischen Niedrig- und Hochwasserständen nur geringe Schwankungen im Bereich von ca. 0,5 m. In den Messstellen südlich der geplanten Baumaßnahme liegt der erfasste Schwankungsbereich zwischen Niedrig- und Hochwasserstände bei ca. 0,7 m.



Abb. 9c Grundwasserganglinien (Messwerte) nördlich der geplanten Baumaßnahme

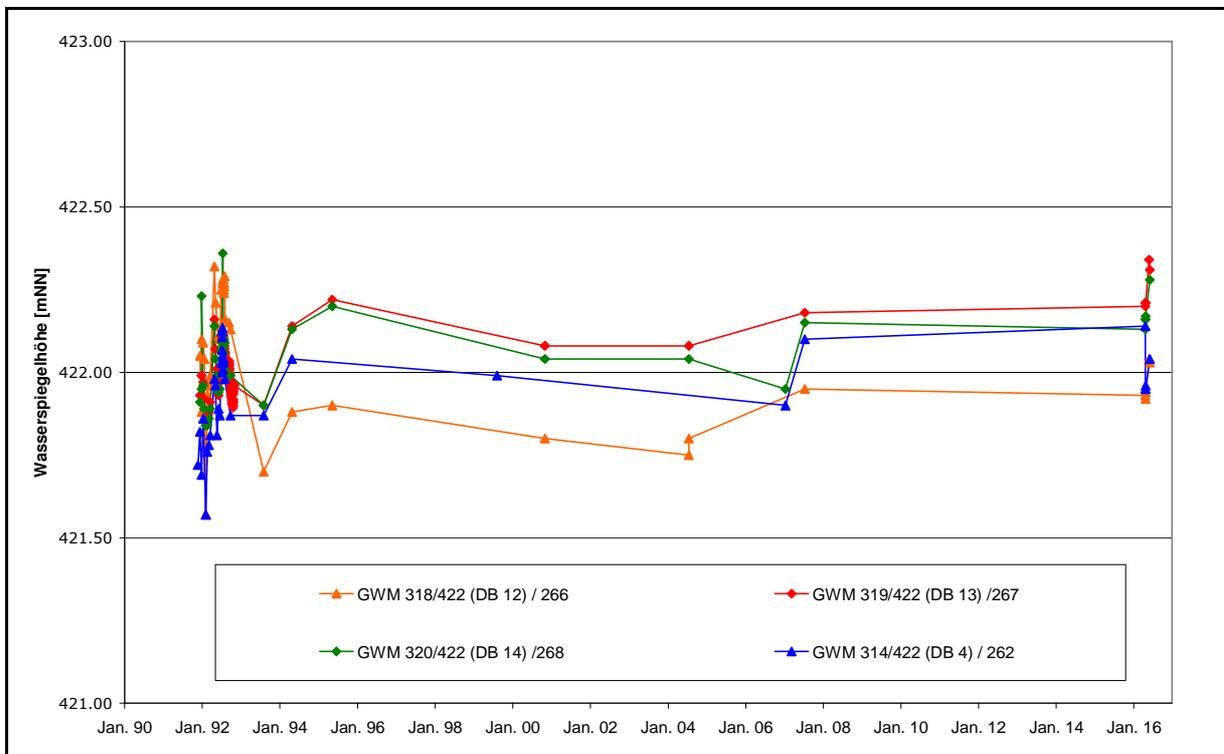


Abb. 9d Grundwasserganglinien (Messwerte) im Bereich und südlich der geplanten Baumaßnahme

Der Verlauf der Grundwasserspiegelganglinien in den Bohrungen ECE 1/15, ECE 2/15, ECE 1/16 und ECE 2/16 ist mit den Ganglinien der GWM DB 12 vergleichbar. Somit kann auch das langfristige Verhalten des Grundwasserspiegels, das durch die Messungen in den Messstellen in Abb. 9c und 9d dargestellt ist, auf den Bereich der geplanten Baumaßnahme übertragen werden.

Der Wasserspiegel in der GWM Singen C9 gibt keinen Hinweis auf den Grundwasserhöchststand, da diese Messstelle nicht an den Grundwasserleiter angeschlossen ist.

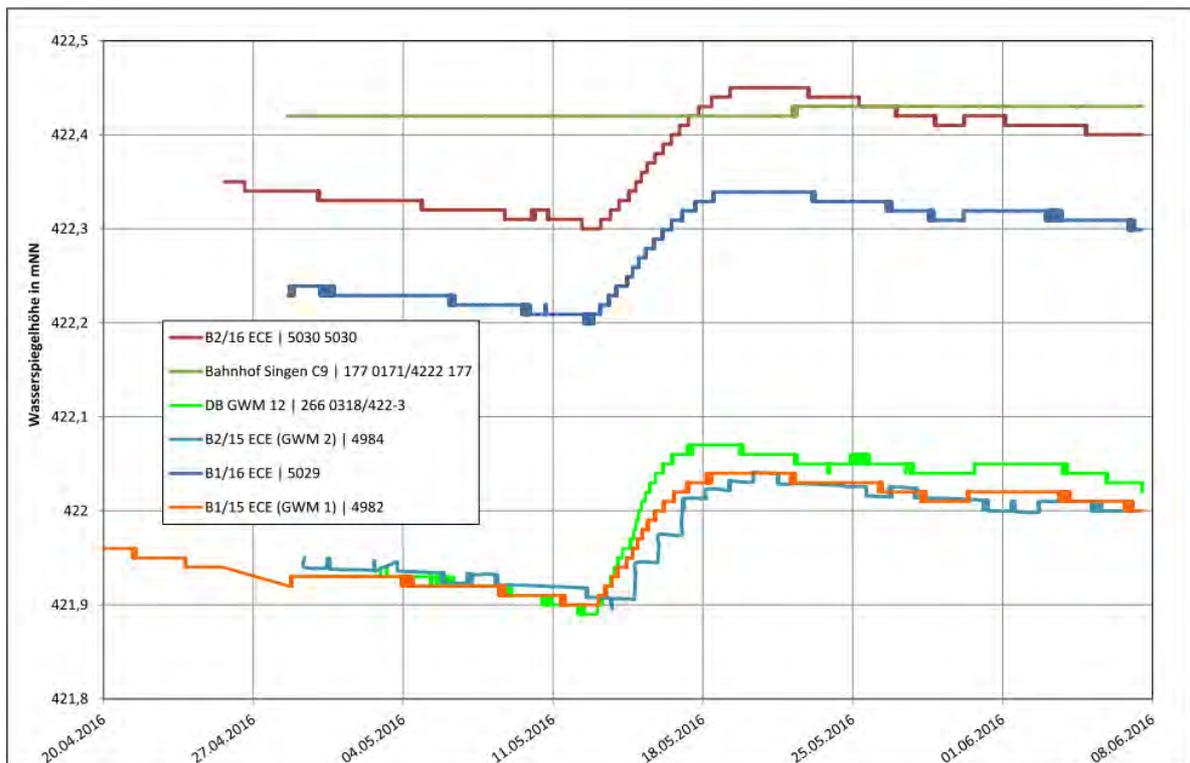


Abb. 9e Grundwasserganglinien (Messwerte) der kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen im Bereich der geplanten Baumaßnahme (April – Juni 2016)

Aus den vorliegenden langjährigen Wasserspiegelhöhen ergeben sich Schwankungen zwischen Grundwasserniedrig- und Grundwasserhochstand von 0,24 - 0,75 m (Tab. 4 und Abb. 9c/9d).

Tab. 4 Durchschnittswerte, Minima und Maxima der Wasserspiegelmessungen im Untersuchungsgebiet (Zeitraum 1990 – 2016)

Messstellen	Durchschnitt	Minimum	Maximum	Differenz min - max
GWM 9/422	425,18 mNN	425,02 mNN	425,64 mNN	0,62 m
GWM 11/422	424,20 mNN	424,02 mNN	424,58 mNN	0,56 m
GWM DB 1	423,67 mNN	423,53 mNN	423,77 mNN	0,24 m
GWM DB 4	421,94 mNN	421,57 mNN	422,14 mNN	0,57 m
GWM DB 12	422,08 mNN	421,57 mNN	422,32 mNN	0,75 m
GWM DB 13	422,01 mNN	421,86 mNN	422,34 mNN	0,48 m
GWM DB 14	422,05 mNN	421,84 mNN	422,36 mNN	0,52 m

Zum Zeitpunkt der Wasserspiegelstichtagsmessung am 27.04.2016 wurde ein mittlerer Grundwasserstand erfasst. Im Vergleich mit den Maxima, die anhand der vorliegenden Wasserspiegelmessungen bestimmt wurden ergeben sich Differenzen zwischen 0,01 m und 0,39 m. Der Durchschnitt liegt bei 0,18 m (Tab. 5).

Tab. 5 Vergleich der Wasserspiegelmessungen vom 27.04.2016 mit den langjährigen Maxima der Messstellen

Messstellen	WSP vom 27.04.2016	Maximum	Differenz
GWM 9/422	425,59 mNN	425,64 mNN	0,05 m
GWM 11/422	424,29 mNN	424,58 mNN	0,29 m
GWM DB 1	423,76 mNN	423,77 mNN	0,01 m
GWM DB 4	421,95 mNN	422,14 mNN	0,19 m
GWM DB 12	421,93 mNN	422,32 mNN	0,39 m
GWM DB 13	422,21 mNN	422,34 mNN	0,13 m
GWM DB 14	422,16 mNN	422,36 mNN	0,20 m

Zur Beschreibung eines Grundwasserhöchstwasserstandes im Bereich der geplanten Baumaßnahme werden die Wasserspiegelhöhen vom 27.04.2016 um 0,4 m angehoben. In der Abbildung 9f sind die Grundwassergleichen für den Höchstwasserstand dargestellt.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Grundwassergleichenplan für einen Grundwasserhöchststand im Bereich der Baumaßnahme

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_9f_ECE_GWGL_Hoehchststand

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 9f | Seite 28

Der Grundwassergleichenplan des Grundwasserhöchststandes zeigt, dass westlich des geplanten Bauwerkes der Abstand zwischen der Gründungstiefe (423,15 mNN) des Gebäudes (Karstadt) und dem Grundwasserhöchststand (ca. 422,35 mNN) ca. 0,8 m beträgt.

Nördlich und östlich des geplanten Bauwerks liegt der Abstand zwischen Grundwasserhöchststand und der Basis der Gebäude über einem Meter (Hegaustr.23 – 33, Hegaustr. 42 – 50, Bahnhofstr. 31, Thurgauerstr.1).

Eine Gefährdung der Gebäude im Bereich der geplanten Baumaßnahme durch Grundwasser ist auf der Basis der vorliegenden Daten ohne Baumaßnahme nicht gegeben.

3.4 Hydraulische Parameter (kf-Wert)

Neben der Aquifermächtigkeit bestimmt vor allem die Durchlässigkeit (kf-Wert) des Grundwasserleiters das Fließverhalten. Geringe Durchlässigkeiten tragen zu einer Versteilung des Grundwassergefälles bei, hohe Durchlässigkeiten führen zu geringeren Fließgefällen, bei vergleichbaren Durchflussmengen Q ($Q = kf \cdot F \cdot i$).

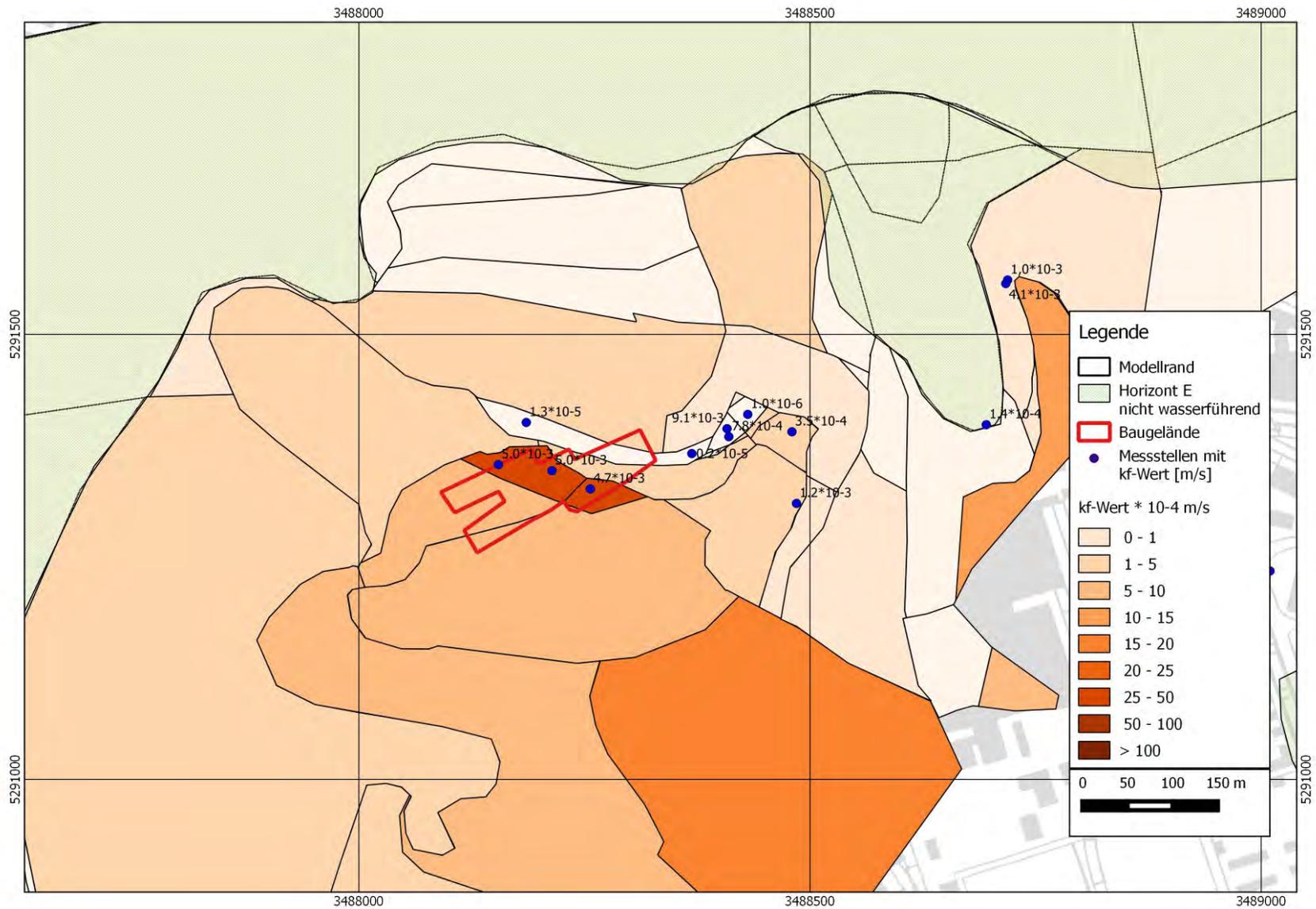
Zur Ermittlung der Durchlässigkeit im Bereich des geplanten Bauwerkes wurden 4 hydraulische Versuche in den neu erstellten Grundwassermessstellen (2015/2016) durchgeführt. Sie ergaben im westlichen Teil mit kf-Werten von ca. $4,7 - 5 \cdot 10^{-3}$ m/s sehr gute Durchlässigkeiten, die in Kombination mit den höheren Aquifermächtigkeiten zu einem geringen Gefälle führen.

Nördlich des geplanten Bauwerkes, im Bereich mit geringen Aquifermächtigkeiten ergab der hydraulische Versuch in der GWM ECE B2/16 geringe Durchlässigkeiten, was sich auch in einem höheren Gefälle niederschlägt.

Da für das weitere Untersuchungsgebiet nur wenige Informationen zur Durchlässigkeit vorliegen, erfolgte die flächenhafte Verteilung der Durchlässigkeit (Regionalisierung) im Rahmen der Modellkalibrierung.

Bei der Kalibrierung werden durch Änderungen der Modellparameter (Mächtigkeit, kf-Wert, Neubildung, Randzufluss) die berechneten Wasserspiegelhöhen an die gemessenen angepasst, wobei die unmittelbar gemessenen Parameter (in den Bohrungen) nicht verändert werden.

In der Abbildung 10 ist die kf-Wert-Verteilung mit den gemessenen/ermittelten kf-Werten im Untersuchungsgebiet dargestellt.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

kf-Wert-Verteilung im Untersuchungsgebiet

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

Datei: Abb_10_kf_Wert_Verteilung

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 10 | Seite 30

4. Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass im Bereich der geplanten Baumaßnahme komplexe hydrogeologische Bedingungen vorliegen. Aus diesem Grunde werden die analytischen Berechnungen der Aufstauhöhen durch numerische Berechnungen zum Einfluss der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse ergänzt.

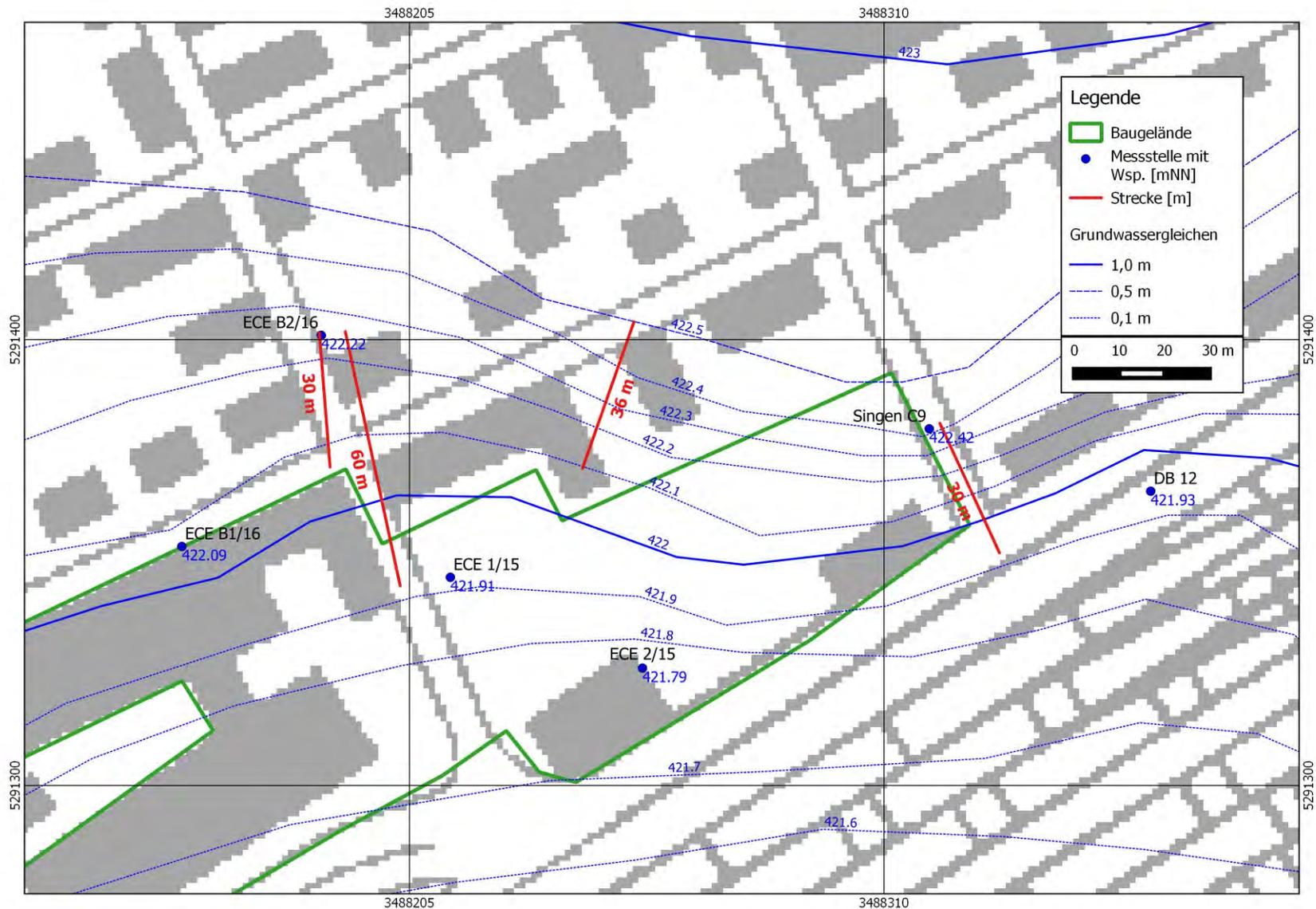
Bei der Aktualisierung des bestehenden Strömungsmodells der Stadtwerke Singen wurden die neuen Erkenntnisse der Untersuchungen 2015/2016, die im konzeptionellen Modell zusammengefasst wurden, in das Strömungsmodell eingepflegt (Aquiferbasis, Wasserspiegelmessungen, Ergebnisse der hydraulischen Versuche).

Bei der Anpassung der berechneten an die gemessenen Grundwasserstände wurde die kf-Wert-Verteilung im Rahmen plausibler Werte unter Beibehaltung der durch die Pumpversuche ermittelten Werte variiert (Abb. 10). Die Güte der Anpassung zeigt der Vergleich der berechneten Grundwassergleichen mit den konstruierten Grundwassergleichen auf der Grundlage der Wasserspiegelstichtagsmessung vom 27.04.2016 (Abb. 11).

Mit dem aktualisierten Strömungsmodell können die Wirksamkeiten von Maßnahmen untersucht werden, die zur Reduzierung von möglichen Auswirkungen der Umspundung (teilweise und komplette Umspundung), wie z.B. Aufstau im Anstrom bzw. Absenkung im Abstrom während der Bauzeit und nach Beendigung der Baumaßnahme eingesetzt werden können.

Bemerkung:

Zur Abschätzung der Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserstände und einem Vergleich mit längeren älteren Messreihen wird empfohlen, die Wasserspiegelmessungen im Rahmen des Monitoring vor Baubeginn in ausgewählten Messstellen fortzusetzen.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Berechnung des Gefälles im Untersuchungsgebiet (Stichtagsmessung April 2016)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_11_Gefaeelle

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 11 | Seite 32

5. Prognoseberechnungen

Auf der Grundlage des kalibrierten Strömungsmodells erfolgen die Prognoseberechnungen für verschiedene Szenarien während und nach der Durchführung der Baumaßnahmen. Dabei werden folgende Szenarien betrachtet:

Szenarium 1:

- a) Der Bereich der Baumaßnahme ist vollständig umpundet (Zustand während der Bauphase)
- b) Der Bereich der Baumaßnahme ist vollständig umpundet, ein Aufstau / Absenkung im Bereich der Baumaßnahme wird durch Entnahme/Eingabe kontrolliert

Szenarium 2:

Die Spundwand ist vollständig entfernt (möglicher Zustand nach der Bauphase)

Szenarium 3:

- a) Die Spundwand ist zu 20% entfernt (→ 80% der Spundwand verbleiben – möglicher Zustand nach der Bauphase)
- b) Die Spundwand ist zu 20% entfernt (→ 80% verbleiben und eine Grundwasserumleitung ist aktiv – möglicher Zustand nach der Bauphase)

Szenarium 4:

Die Spundwand ist zu 50% entfernt – eine Unterströmung des Baukörpers ist möglich (angestrebter Zustand nach der Bauphase)

Die Darstellung des Einflusses der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse erfolgt zum einen in Form der Aufstauhöhen (= zusätzliche Erhöhung des Wasserspiegels), die sich nördlich der Baumaßnahme einstellen, und zweitens in Form von Grundwasserspiegelhöhen in mNN (Grundwassergleichen), die den Grundwasserhöchststand (Grundwasserstand vom 27.04.2017 zuzüglich 0,4 m (Abb. 9f)) mit der Aufstauhöhe berücksichtigen. Diese werden dann den Höhenlagen der Gründung der nächstgelegenen Gebäude gegenübergestellt. Die Höhenlagen der Gründungstiefen der Gebäude wurde vom Bauamt Singen zur Verfügung gestellt (Es

wurde seitens der Behörde darauf verwiesen, dass die Höhen aus Bauplänen abgegriffen wurden und daher gewisse Toleranzen beinhalten).

5.1 Szenarium 1: Vollständige Umspundung

a) Vollständige Umspundung ohne Grundwasserumleitung

Bei einer vollständigen Umspundung des geplanten Bauwerkes berechnet sich für den nordöstlichen Bereich ein Aufstau bis zu 1,3 m. In Richtung Westen reduziert sich dann der Aufstau bis zu einem Betrag von ca. 0,6 m (Abb. 12a). Im Abstrom des Bauwerkes führt die Umspundung zu einem Absinken des Wasserspiegels bis zu ca. -0,2 m.

Die Reichweite des Aufstaus ($> 0,10$ m) erfasst den gesamten nördlichen Teil (ca. 400m) des wassererfüllten Grundwasserleiters (Abb. 12b).

Beim Vergleich der berechneten Wasserspiegelhöhen des Grundwasserhöchststandes zuzüglich der Aufstauhöhe (Abb. 12c) bei vollständiger Umspundung mit den Gründungstiefen der Gebäude im Umfeld der geplanten Baumaßnahmen zeigt sich, dass der Grundwasserspiegel im Westen noch ca. 0,5 m und nördlich noch ca. 1 – 2 m tiefer als die Basis der Gebäude liegt.

b) Vollständige Umspundung mit Grundwasserumleitung

Die Berechnungen haben gezeigt, dass sich das Grundwasser bei einer vollständigen Umspundung zwischen 0,6 und 1,3 m aufstaut. Dieser Aufstau lässt sich durch eine Grundwasserumleitung mit Mengen kleiner 1 l/s erheblich reduzieren. Aufgrund des sehr heterogenen Grundwasserleiters und der daraus resultierenden Fließverhältnisse ist für die Vermeidung eines Aufstaus sowohl eine Entnahme im östlichen Bereich des Bauwerkes als auch im westlichen Bereich zu empfehlen. Bei der Berechnung in Abbildung 12d beträgt die Entnahme im östlichen Bereich insgesamt ca. 0,11 l/s und im westlichen ca. 0,6 l/s. Die Einspeisung des entnommenen Grundwassers erfolgt in 2 Brunnen südlich des Bauwerks. Mit dieser Maßnahme berechnen sich Aufstauhöhen zwischen 0,35 m (östlicher Teil) und 0,1 m (westlicher Teil).



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung:
Aufstauhöhen (Erhöhung des Wasserspiegels) im Bereich der Baumaßnahme bei 100% Umspundung (Bauphase) - Detailbetrachtung

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_12a_Aufstauh_100

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 12a | Seite 35



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung:
Aufstauhöhen (Erhöhung des Wasserspiegels)
im Bereich der Baumaßnahme bei 100% Umspundung (Bauphase)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

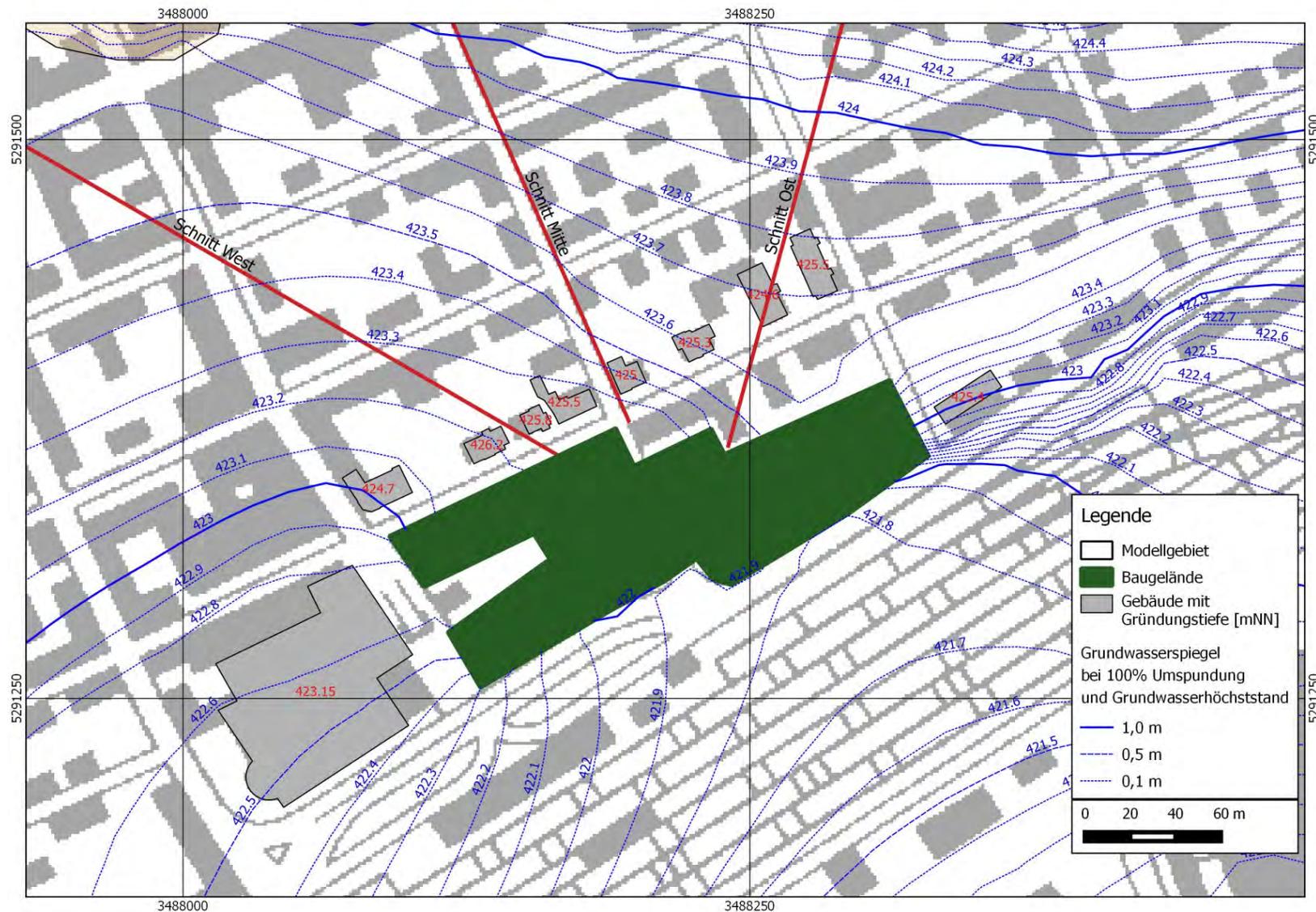
Datei: Abb_12b_Aufstauh_Ugebiet_100

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 12b | Seite 36



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung: Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand und 100% Umspundung (Bauphase)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegberg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_12c_GWSpHoehen

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 12c | Seite 37



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung:

Aufstauhöhen (Erhöhung Wasserspiegel) im Untersuchungsgebiet bei 100 %iger Umpfung mit Grundwasserumleitung für einen Höchstwasserstand

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

Datei: Abb_12d_Aufstau_Whaltung

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 12d | Seite 38

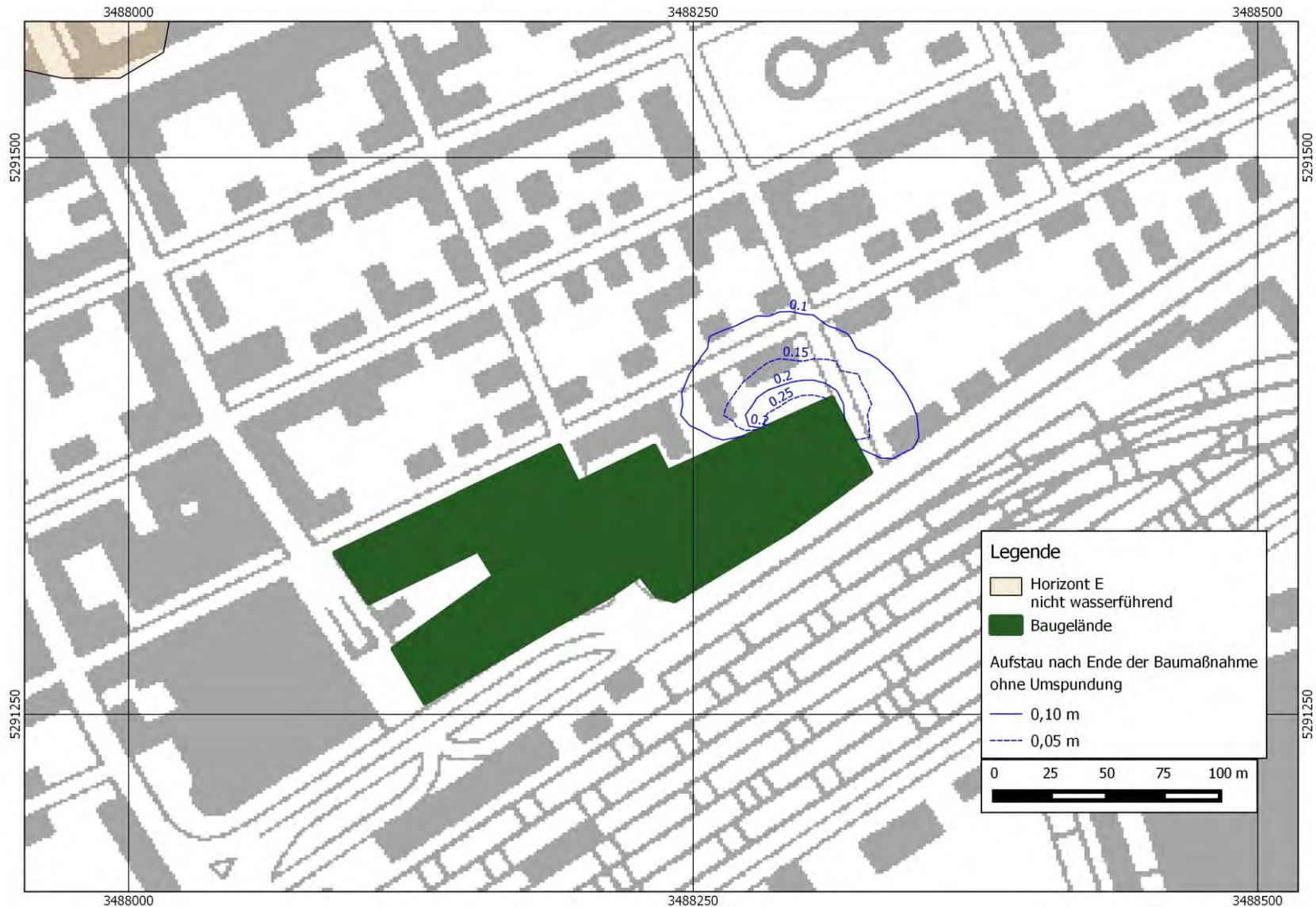
5.2 Szenarium 2: vollständige Entfernung der Umspundung nach Fertigstellung des Bauwerkes

Nach Beendigung der Baumaßnahme und der Entfernung der kompletten Spundwand ist nur noch im Anstrom des östlichen Teils des Bauwerkes ein Aufstau (ca. 0,25 m) zu beobachten (Abb. 13a). Die Ursache für den Aufstau liegt darin, dass im Osten das Bauwerk bei einer Höhe der Bodenplatte von 421,5 mNN bis in den Zwischenhorizont e/d gründet und dadurch eine Unterströmung des Gebäudes nicht mehr möglich ist (Abb. 13b). Die geringen Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters in diesem Bereich begünstigen zusätzlich einen Aufstau des Grundwassers im Anstrom des Gebäudes.

Die Reichweite des Aufstaus größer 0,1 m beträgt ca. 40 m.

Die Berechnungen belegen, dass nach Entfernung der Spundwand mit nur geringen Änderungen des Wasserspiegels zu rechnen ist. Das Grundwasser kann das Bauwerk größtenteils unterströmen und die Beeinträchtigung des Fließsystems ist gering.

Auswirkungen auf die oberstrom liegenden Gebäude sind nicht zu erwarten. Der Grundwasserspiegel bleibt auch bei einem Grundwasserhöchststand deutlich unter der Gründungstiefe der umstehenden Gebäude (Abb. 13c).



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung:
Aufstauhöhen im Untersuchungsgebiet nach Entfernung der Umspundung
(nach der Bauphase)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

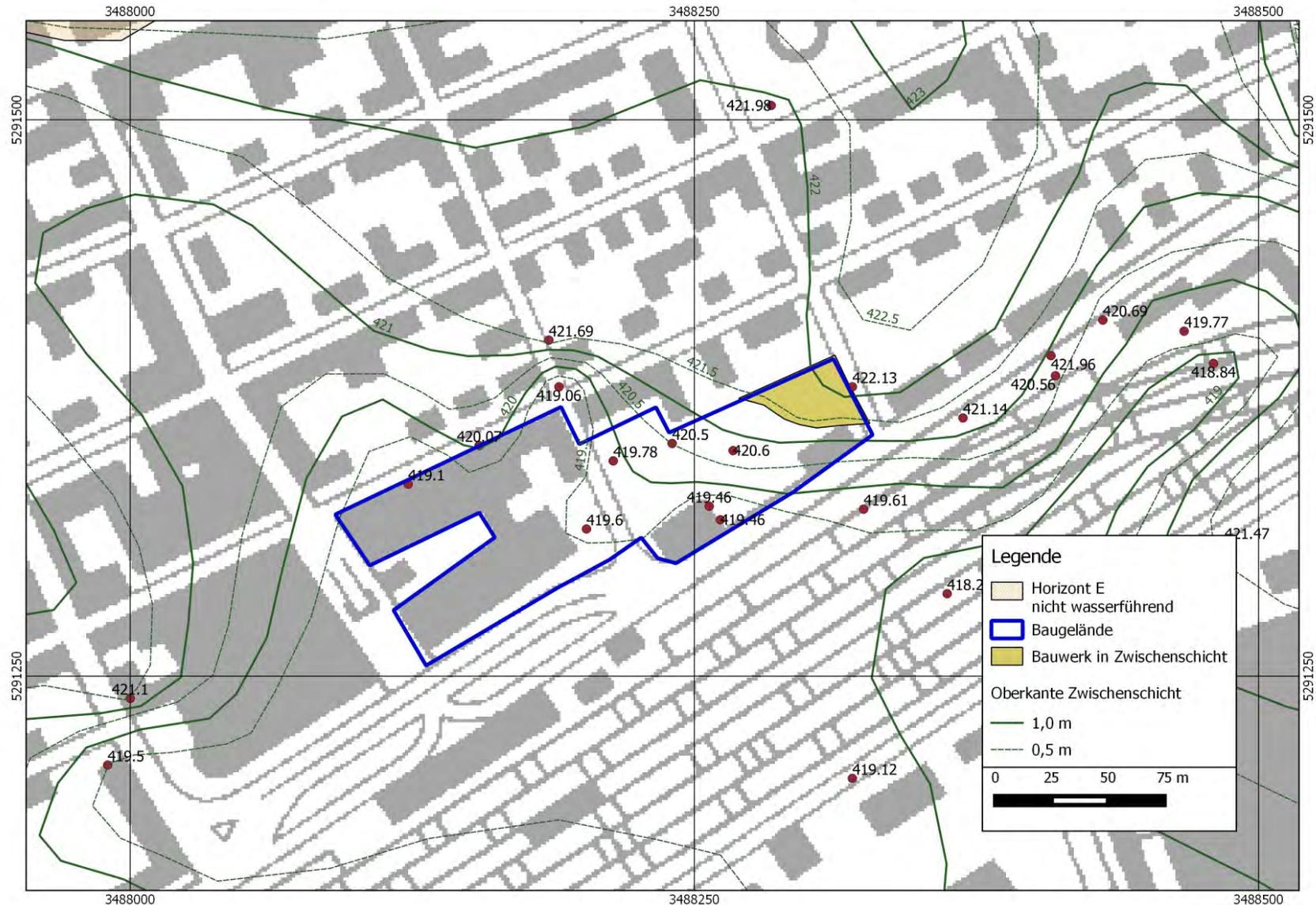
Datei: Abb_13a_Aufstau_nachEntf

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht

Abb. 13a | Seite 40



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Bereich der Gründung des Bauwerkes in der Zwischenschicht mit Angabe der Basis des Oberen Kieslagers bei einer Tiefe des Gebäudes von 421,5 m

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

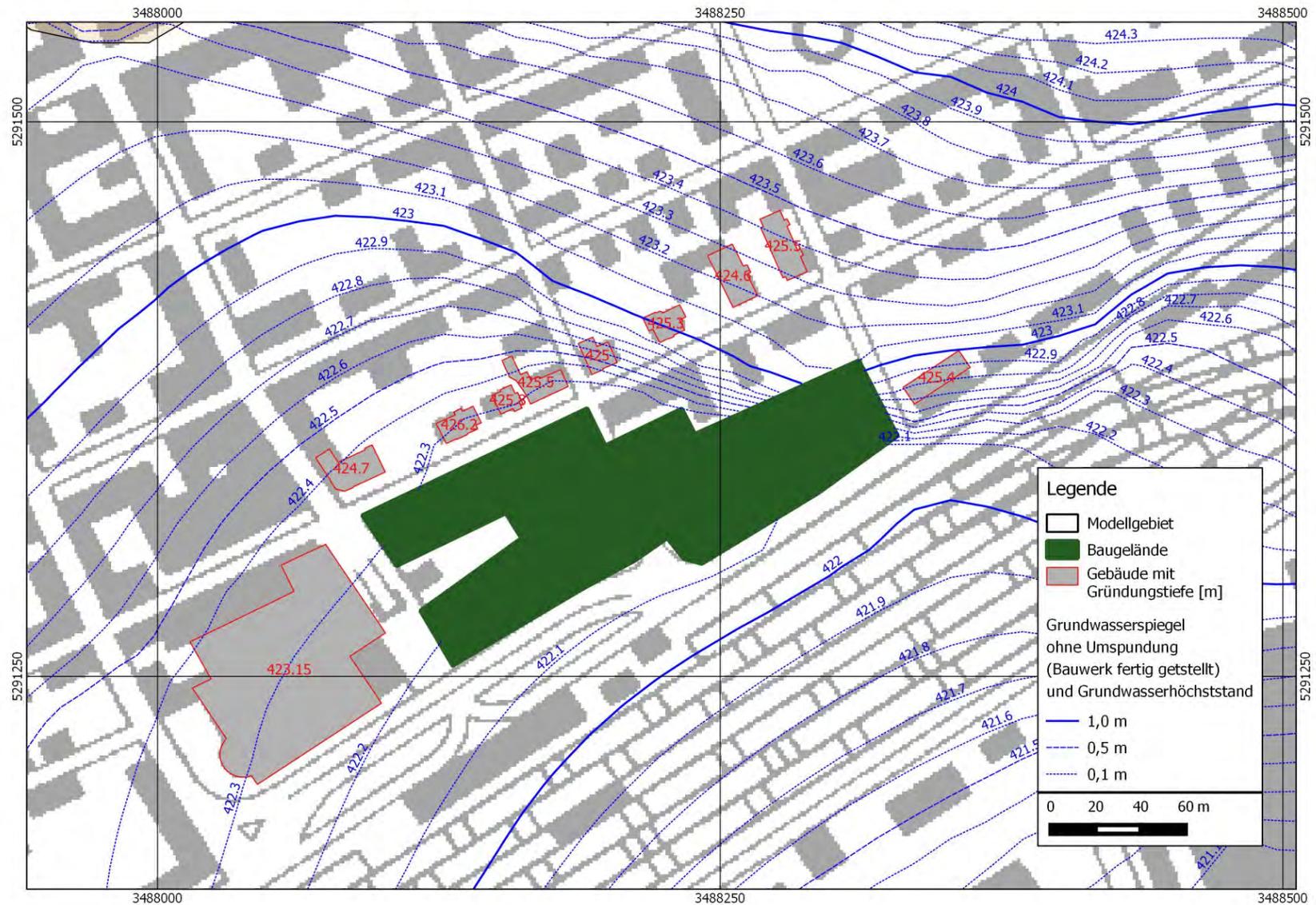
Datei: Abb_13b_Aufstau_nachEntf

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 13b | Seite 41



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung:
Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand ohne Umspundung (nach der Bauphase)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

Datei: Abb_13c_GWHoeh_ohneUmsp

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 13c | Seite 42

5.3 Szenarium 3: Verbleib 80% der Umspundung nach Fertigstellung des Bauwerkes

Bei einer Reduzierung der Umspundung um 20% verbleibt im östlichen Bereich ein Aufstau bis zu 0,7 m. In Richtung Westen reduziert sich der Aufstau bei diesem Szenarium bis zu einem Betrag von ca. 0,2 m (Abb. 14a). Im Abstrom des Bauwerkes zeigt die Berechnung kein signifikantes Absinken des Wasserspiegels nach der Entfernung von 20% der Umspundung.

Die Reichweite des Aufstaus (> 0,10 m) in nördlicher Richtung beträgt ca. 130 m.

Der Wasserspiegel bei Grundwasserhöchststand und einer verbleibenden Umspundung von 80% nach der Bauphase liegt noch ca. 1 m bis ca. 2,5 m unter den vorliegenden Gründungsteufen der Gebäude im Umfeld der geplanten Baumaßnahme (Abb. 14b).



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

**Prognoseberechnung:
Aufstauhöhen im Bereich der Baumaßnahme bei 80% Umspundung**

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

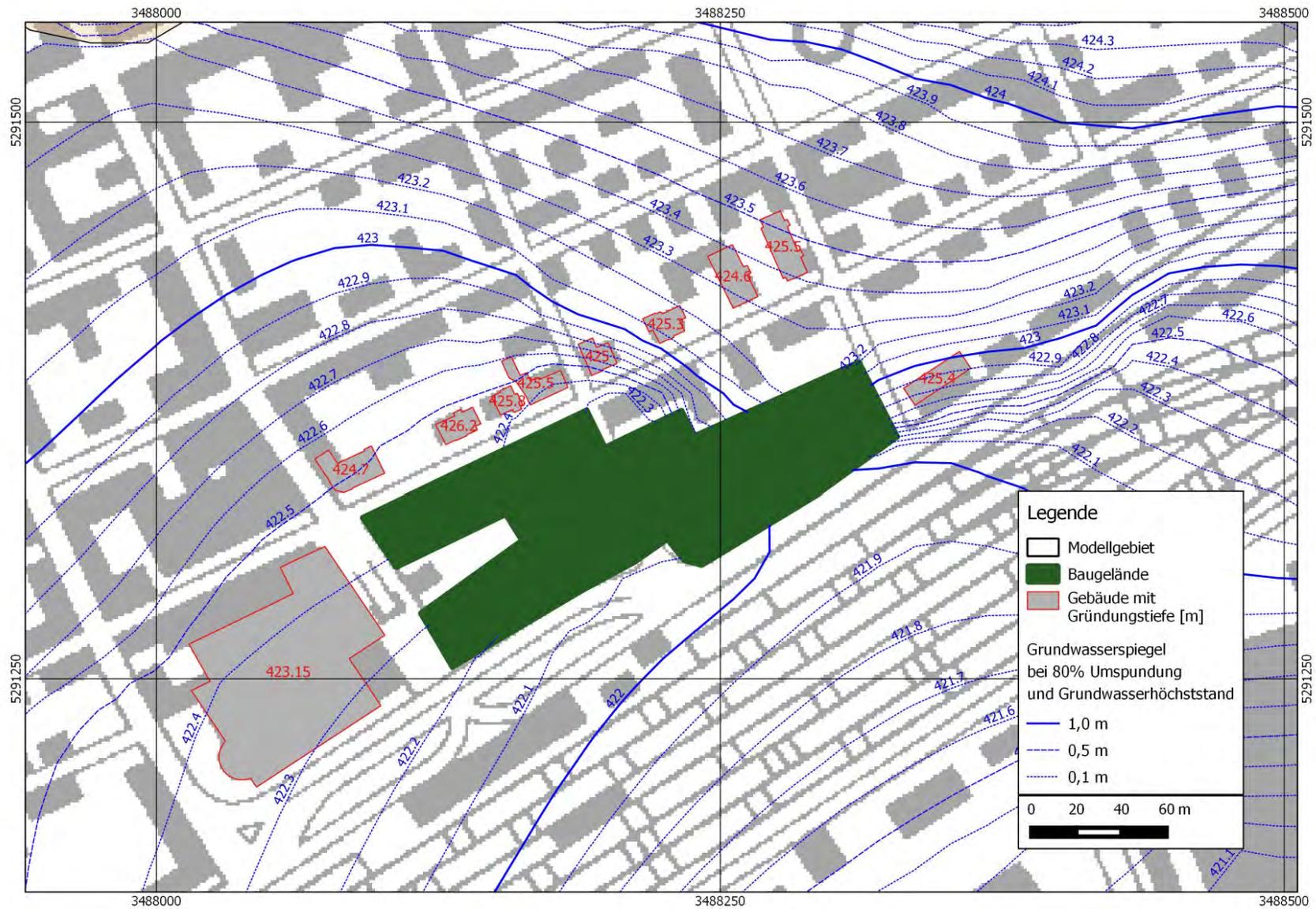
Datei: Abb_14a_Aufstau_80_prozent

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 14a | Seite 44



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnung:
Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand und 80% Umspundung (nach der Bauphase)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_14b_GWSp_Hoechs_80

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 14b | Seite 45

5.4 Szenarium 4: Entfernung 50% der Umspundung nach Fertigstellung des Bauwerkes

Bei einer Reduzierung der Umspundung um 50% reduziert sich der Aufstau deutlich. Im Osten liegt das Maximum bei ca. 0,25 m (Abb. 15a). Im westlichen Bereich des Bauwerkes zeigt die Berechnung einen Aufstau von 0,15 m.

Im Abstrom des Bauwerkes zeigt die Berechnung kein Absinken des Wasserspiegels nach der Entfernung von 50% der Umspundung, sondern einen geringfügigen Anstieg.

Die Reichweite des Aufstaus ($> 0,10\text{m}$) in nördlicher Richtung beträgt ca. 90 m.

Bei der Reduzierung der Umspundung um 50% stellt sich auch bei Höchstwasserstand eine ausreichende Distanz zwischen dem Grundwasserspiegel und den Kellern der Gebäude im Umfeld der geplanten Baumaßnahme ein (Abb. 15b).



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

**Prognoseberechnung:
Aufstauhöhen im Bereich des Bauwerkes bei 50% Umpundung**

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391 | 2015-040-01 | 849

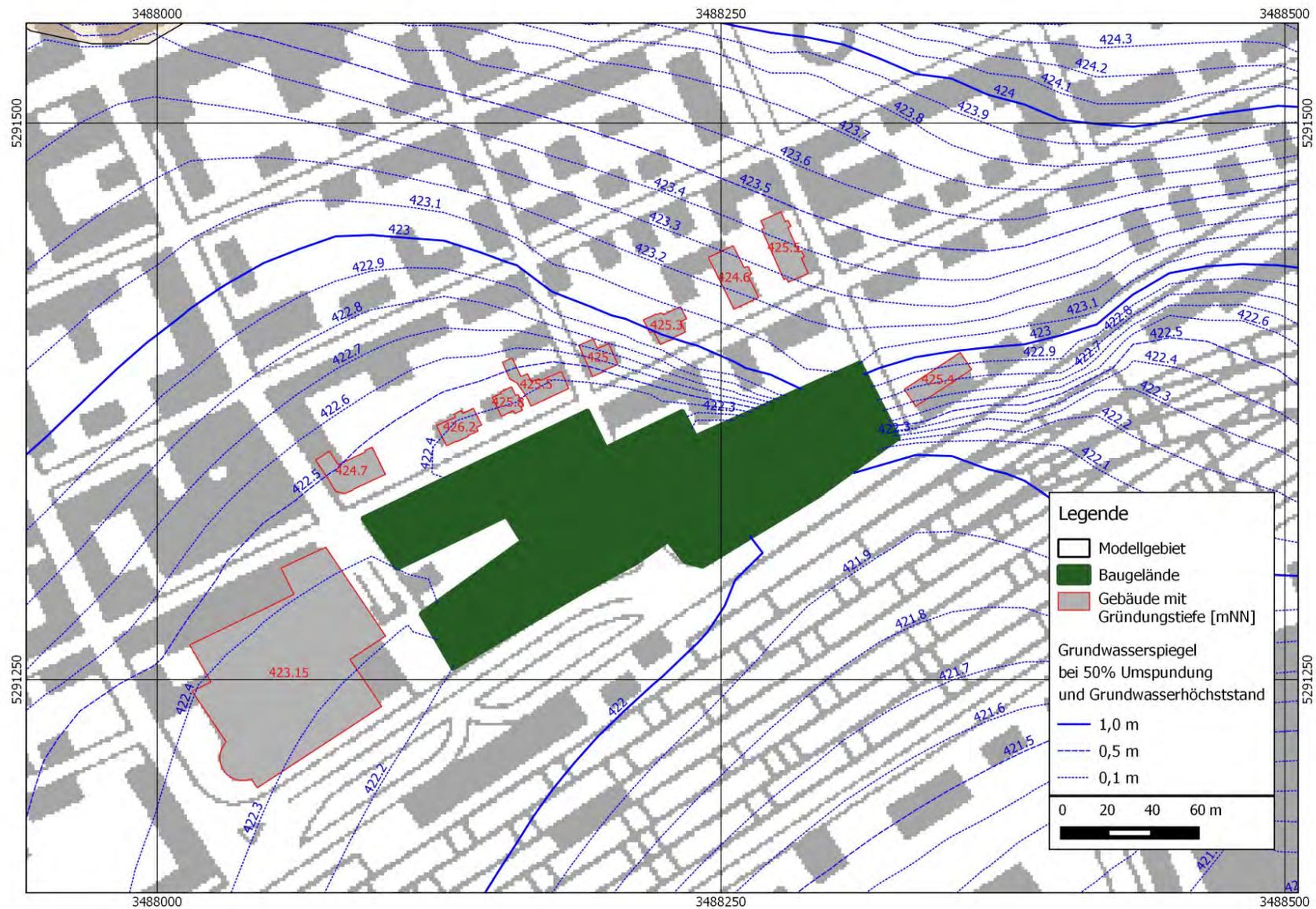
Datei: Abb_15a_Aufstauh_50Prozent

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 15a | Seite 47



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Prognoseberechnungen:
Grundwasserspiegelhöhen in mNN im Untersuchungsgebiet bei Grundwasserhöchststand und 50% Umspundung (nach der Bauphase)

Auftraggeber:
ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG | Heegbarg 30 | D-22391 Hamburg

Projekt-Nr.:
22391|2015-040-01|849

Datei: Abb_15b_GWSpHoechst_50proze

Bearb.: Dipl.-Geol. M. Reinold

Datum: 10.06.2016

**Numerisches
Grundwassermodell und
Prognoseberechnungen
EDZ Singen
Endbericht**

Abb. 15b | Seite 48

6. Fazit

Auf der Grundlage der erhobenen Daten und den Untersuchungen 2015/2016 konnte der Einfluss des geplanten Bauwerkes auf die Grundwasserverhältnisse abgeschätzt werden.

Die numerischen Berechnungen der Aufstauhöhen im Anstrom des geplanten Gebäudes ergaben Werte zwischen ca. 0,6 m im westlichen Teil des geplanten Bauwerkes und bis zu ca. 1,3 m im östlichen Teil des geplanten Bauwerkes während der Bauphase bzw. bei vollständiger Umspundung. Der Grundwasserstand wird noch bis zu 400 m (Aufstau > 0,1 m) nördlich der geplanten Baumaßnahmen beeinflusst.

Aufgrund dieser Aufstauhöhen ist eine Grundwasserumleitung bei einer 100 % Umspundung notwendig. Die Berechnungen haben ergeben, dass eine Grundwasserumleitung mit einer Grundwassermenge kleiner 1 l/s durchführbar ist. Aufgrund der Inhomogenität des Grundwasserleiters ist eine getrennte Wasserhaltung für den östlichen und den westlichen Teil des geplanten Bauwerkes zu empfehlen. Bei einer Überschreitung der Wasserspiegelhöhe von 424 mNN im Osten und 423 mNN im Westen sollte während der Bauphase die Grundwasserumleitung wirksam werden.

Die berechneten Grundwasserspiegelhöhen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufstauhöhen und einem Grundwasserhöchststand (0,4 m über Grundwasserstand vom April 2016) zeigen, dass eine Grundwasserumleitung nach der Bauphase und einer ausreichenden Teilentfernung der Umspundung nicht notwendig ist. Dies verdeutlichen die hydrogeologischen Schnitte (Lage der Schnitte Abb. 12c), die den Grundwasserspiegel für die unterschiedlichen Szenarien in Relation zu den Gründungsteufen der Gebäude darstellen. Das Szenarium „Umspundung 0 Prozent“ ist dem Grundwasserhöchststand ohne Baumaßnahme nahezu gleichzusetzen.

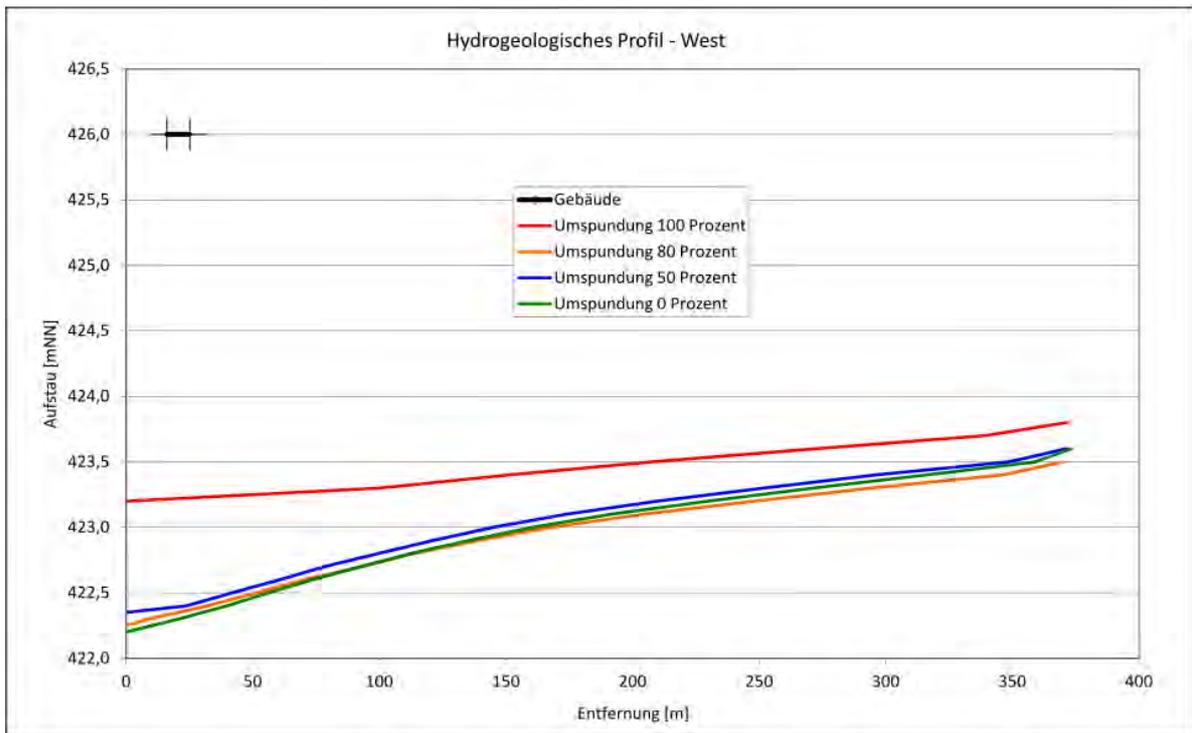


Abb. 16a Hydrogeologisches Profil West im Untersuchungsgebiet für einen Grundwasserhöchststand und unterschiedlichem Anteil der Umspundung

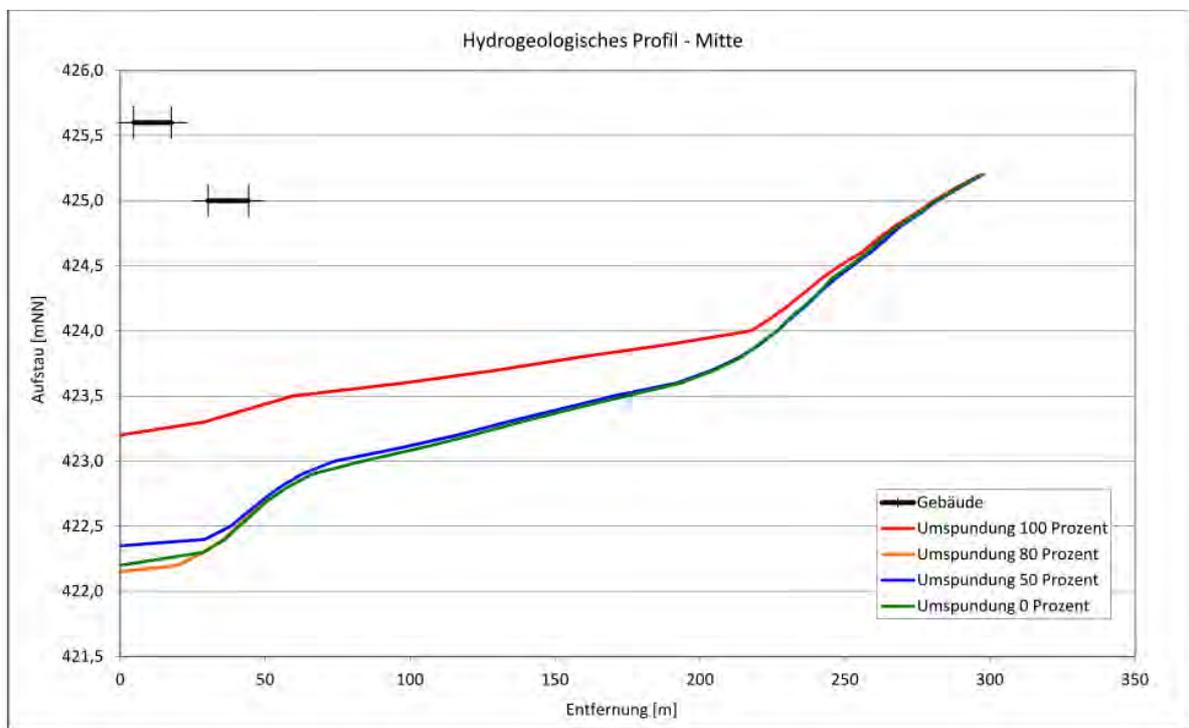


Abb. 16b Hydrogeologisches Profil Mitte im Untersuchungsgebiet für einen Grundwasserhöchststand und unterschiedlichem Anteil der Umspundung

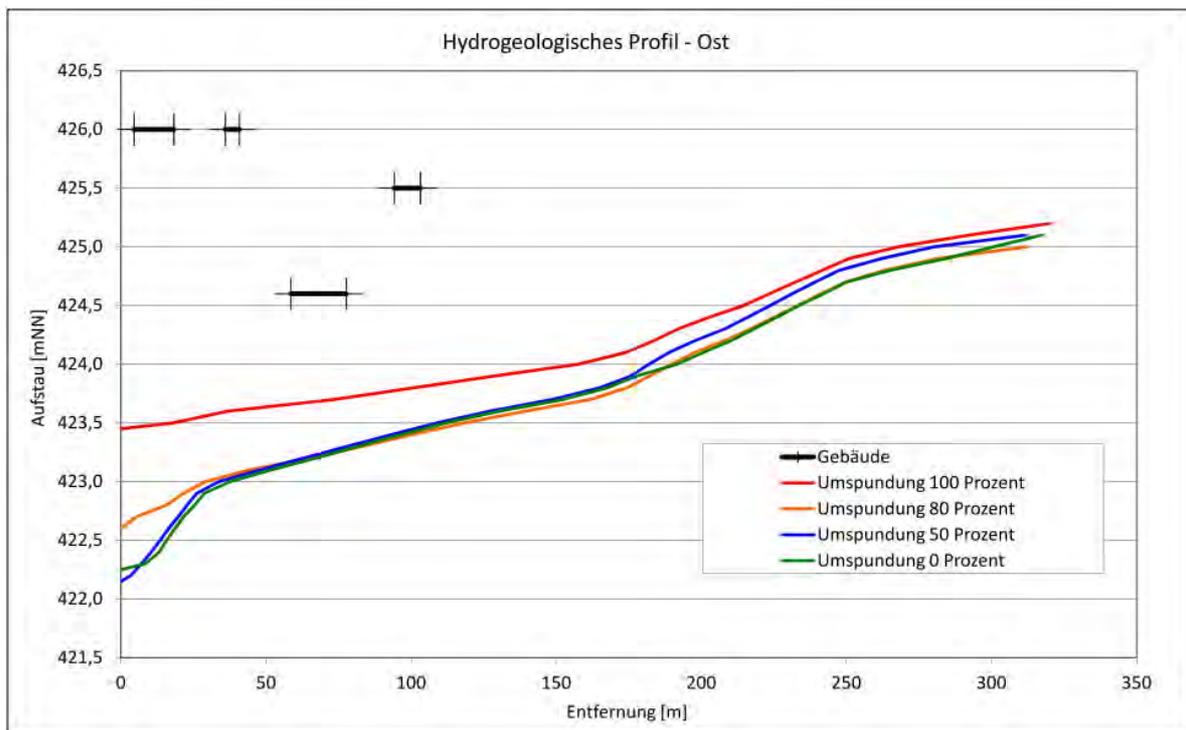


Abb. 16c Hydrogeologisches Profil Ost im Untersuchungsgebiet für einen Grundwasserhöchststand und unterschiedlichem Anteil der Umspundung

Es wird empfohlen, die Spundwand zu mindestens 50% zu entfernen, da dann eine gute Unterströmung des Gebäudes gewährleistet ist und der Einfluss auf das Fließsystem mit Ausnahme des östlichen Bereichs zu vernachlässigen ist.

Die Bewertungsgrundlagen für eine Gefährdung der Gebäude im Bereich des geplanten Bauwerkes basiert auf den Gründungstiefen der Gebäude, der Grundwasserstände und der Flurabstände (Basis Keller).

In der Tabelle 6a (Mittelwasserstand) und 6b (Hochwasserstand) sind die Daten der Prognoseberechnungen (Wasserspiegelhöhen) der einzelnen Varianten mit und ohne Spundwand als:

- Unterkante Keller in m NN
- Schwankungsbereich des mittleren und Hochwasserstands in m NN
- Abstand des Wasserspiegels zur UK Keller in m für Mittel- und Hochwasserstand

für die betroffenen Grundstücke bzw. Gebäude dargestellt.

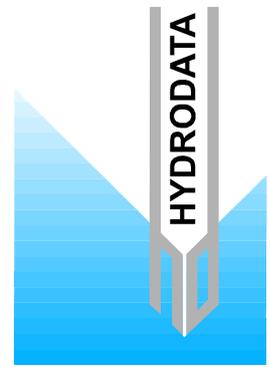
Die Bewertung ergibt, dass der Wasserspiegel bei den betrachteten Varianten der Umspundung (0 %, 50 % und 100 %) immer unterhalb der Gebäuden (Keller /Tiefgaragen) bleibt.

Tab. 6a Vergleich der Grundwasserstände und Flurabstände (Basis Keller) für einen mittleren Grundwasserstand mit und ohne Baumaßnahmen

Gebäude	UK Keller	Mittlerer Grundwasserstand	Abstand UK Keller - Mittlerer Grundwasserstand	Mittlerer Grundwasserstand und 100% Umspundung	Abstand UK Keller - Mittlerer Grundwasserstand und 100% Umspundung	Mittlerer Grundwasserstand und 50% Umspundung	Abstand UK Keller - Mittlerer Grundwasserstand und 50% Umspundung	Bewertung
Karstadt (Bahnhofstr., August-Ruf-Str., Erzbergerstr.)	423,15 mNN	421,60 - 422,00 mNN	1,15 - 1,55 m	422,10 - 422,40 mNN	0,75 - 1,05 m	421,85 - 422,05 mNN	1,10 - 1,30 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 23	424,70 mNN	422,10 - 422,20 mNN	2,50 - 2,60 m	422,60 - 422,70 mNN	2,00 - 2,10 m	422,05 - 422,15 mNN	2,55 - 2,65 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 25	426,20 mNN	422,10 - 422,20 mNN	4,00 - 4,10 m	422,80 mNN	3,40 m	421,95 - 422,05 mNN	4,15 - 4,25 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 27	425,80 mNN	422,10 - 422,20 mNN	3,60 - 3,70 m	422,85 mNN	2,95 m	421,95 - 422,05 mNN	3,75 - 3,85 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 29	425,00 mNN	422,20 - 422,30 mNN	2,70 - 2,80 m	422,85 - 422,90 mNN	2,10 - 2,15 m	422,00 - 422,40 mNN	2,60 - 3,00 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 31	425,30 mNN	422,40 - 422,50 mNN	2,80 - 2,90 m	422,90 - 423,10 mNN	2,20 - 2,40 m	422,60 - 422,70 mNN	2,60 - 2,70 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 33	424,60 mNN	422,60 - 422,80 mNN	1,80 - 2,00 m	423,25 - 423,35 mNN	1,25 - 1,35 m	422,80 - 422,90 mNN	1,70 - 1,80 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 42 / 44	425,60 mNN	422,00 - 422,20 mNN	3,40 - 3,60 m	422,85 - 423,00 mNN	2,60 - 2,75 m	421,90 - 422,20 mNN	3,40 - 3,70 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 46	426,00 mNN	422,10 - 422,30 mNN	3,70 - 3,90 m	423,05 - 423,15 mNN	2,85 - 3,05 m	421,80 - 422,50 mNN	3,50 - 4,20 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 48	426,00 mNN	422,30 - 422,50 mNN	3,50 - 3,70 m	423,15 - 423,25 mNN	2,75 - 2,85 m	422,50 - 422,65 mNN	3,35 - 3,50 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 50	425,85 mNN	422,50 - 422,70 mNN	3,15 - 3,35 m	423,20 - 423,25 mNN	2,60 - 2,65 m	422,70 - 422,80 mNN	3,15 - 3,25 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Thurgauer Str. 1	425,50 mNN	422,10 - 422,20 mNN	3,30 - 3,40 m	422,85 - 422,90 mNN	2,60 - 2,65 m	422,95 - 423,10 mNN	2,40 - 2,55 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Alpenstr. 5	425,50 mNN	422,80 - 423,00 mNN	2,50 - 2,70 m	423,30 - 423,40 mNN	2,10 - 2,20 m	422,90 - 423,10 mNN	2,40 - 2,60 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Bahnhofstr. 31	425,40 mNN	422,20 - 422,40 mNN	3,00 - 3,20 m	422,50 - 422,70 mNN	2,70 - 2,90 m	422,10 - 422,60 mNN	2,80 - 3,30 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen

Tab. 6b Vergleich der Grundwasserstände und Flurabstände (Basis Keller) für einen Grundwasserhochstand mit und ohne Baumaßnahmen

Gebäude	UK Keller	Grundwasserhöchststand	Abstand UK Keller - Grundwasserhöchststand	Grundwasserhöchststand und 100% Umspundung	Abstand UK Keller - Grundwasserhöchststand und 100% Umspundung	Grundwasserhöchststand und 50% Umspundung	Abstand UK Keller - Grundwasserhöchststand und 50% Umspundung	Bewertung
Karstadt (Bahnhofstr., August-Ruf-Str., Erzbergerstr.)	423,15 mNN	422,00 - 422,40 mNN	0,75 - 1,15 m	422,50 - 422,80 mNN	0,35 - 0,65 m	422,25 - 422,45 mNN	0,70 - 0,90 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 23	424,70 mNN	422,50 - 422,60 mNN	2,10 - 2,20 m	423,00 - 423,10 mNN	1,60 - 1,70 m	422,45 - 422,55 mNN	2,15 - 2,25 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 25	426,20 mNN	422,50 - 422,60 mNN	3,60 - 3,70 m	423,20 mNN	3,00 m	422,35 - 422,45 mNN	3,75 - 3,85 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 27	425,80 mNN	422,50 - 422,60 mNN	3,20 - 3,30 m	423,25 mNN	2,55 m	422,35 - 422,45 mNN	3,35 - 3,45 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 29	425,00 mNN	422,60 - 422,70 mNN	2,30 - 2,40 m	423,25 - 423,30 mNN	1,70 - 1,75 m	422,40 - 422,80 mNN	2,20 - 2,60 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 31	425,30 mNN	422,80 - 422,90 mNN	2,40 - 2,50 m	423,55 - 423,65 mNN	1,65 - 1,75 m	423,00 - 423,10 mNN	2,20 - 2,30 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 33	424,60 mNN	423,00 - 423,20 mNN	1,40 - 1,60 m	423,65 - 423,75 mNN	0,85 - 0,95 m	423,20 - 423,30 mNN	1,30 - 1,40 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 42 / 44	425,60 mNN	422,40 - 422,60 mNN	3,00 - 3,20 m	423,25 - 423,40 mNN	2,20 - 2,35 m	422,30 - 422,60 mNN	3,00 - 3,30 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 46	426,00 mNN	422,50 - 422,70 mNN	3,30 - 3,50 m	423,45 - 423,55 mNN	2,45 - 2,55 m	422,20 - 422,90 mNN	3,10 - 3,80 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 48	426,00 mNN	422,70 - 422,90 mNN	3,10 - 3,30 m	423,55 - 423,65 mNN	2,35 - 2,45 m	422,90 - 423,05 mNN	2,95 - 3,10 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Hegaustr. 50	425,85 mNN	422,90 - 423,20 mNN	2,75 - 2,95 m	423,60 - 423,65 mNN	2,20 - 2,25 m	423,10 - 423,20 mNN	2,65 - 2,75 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Thurgauer Str. 1	425,50 mNN	422,50 - 422,60 mNN	2,90 - 3,00 m	423,25 - 423,30 mNN	2,20 - 2,25 m	423,35 - 423,50 mNN	2,00 - 2,15 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Alpenstr. 5	425,50 mNN	423,20 - 423,40 mNN	2,10 - 2,30 m	423,70 - 423,80 mNN	1,70 - 1,80 m	423,30 - 423,50 mNN	2,00 - 2,20 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen
Bahnhofstr. 31	425,40 mNN	422,60 - 422,80 mNN	2,60 - 2,80 m	422,90 - 423,10 mNN	2,30 - 2,50 m	422,50 - 423,00 mNN	2,40 - 2,90 m	Wasserspiegel bleibt unterhalb der angegebenen Kellertiefen



Hydrogeologische Erkundung Kernstadtbereich Singen ECE Singen -Dokumentation der Bohrarbeiten 2016-

- Projekt** : Einkaufszentrum Singen
Hydrogeologische Erkundung
- Auftraggeber** : ECE Projektmanagement GmbH & Co.KG
22366 Hamburg
- Maßnahmen** :
- Abteufen von 6 Bohraufschlüssen incl.
Ausbau zu 5-, 6- und 3-Zoll-
Grundwassermessstellen
- Einmessarbeiten
- Hydraulische Tests
- Wasserspiegelmessungen
- Projektnummer** : 70-437/2016-010-01/849

Bericht erstellt:

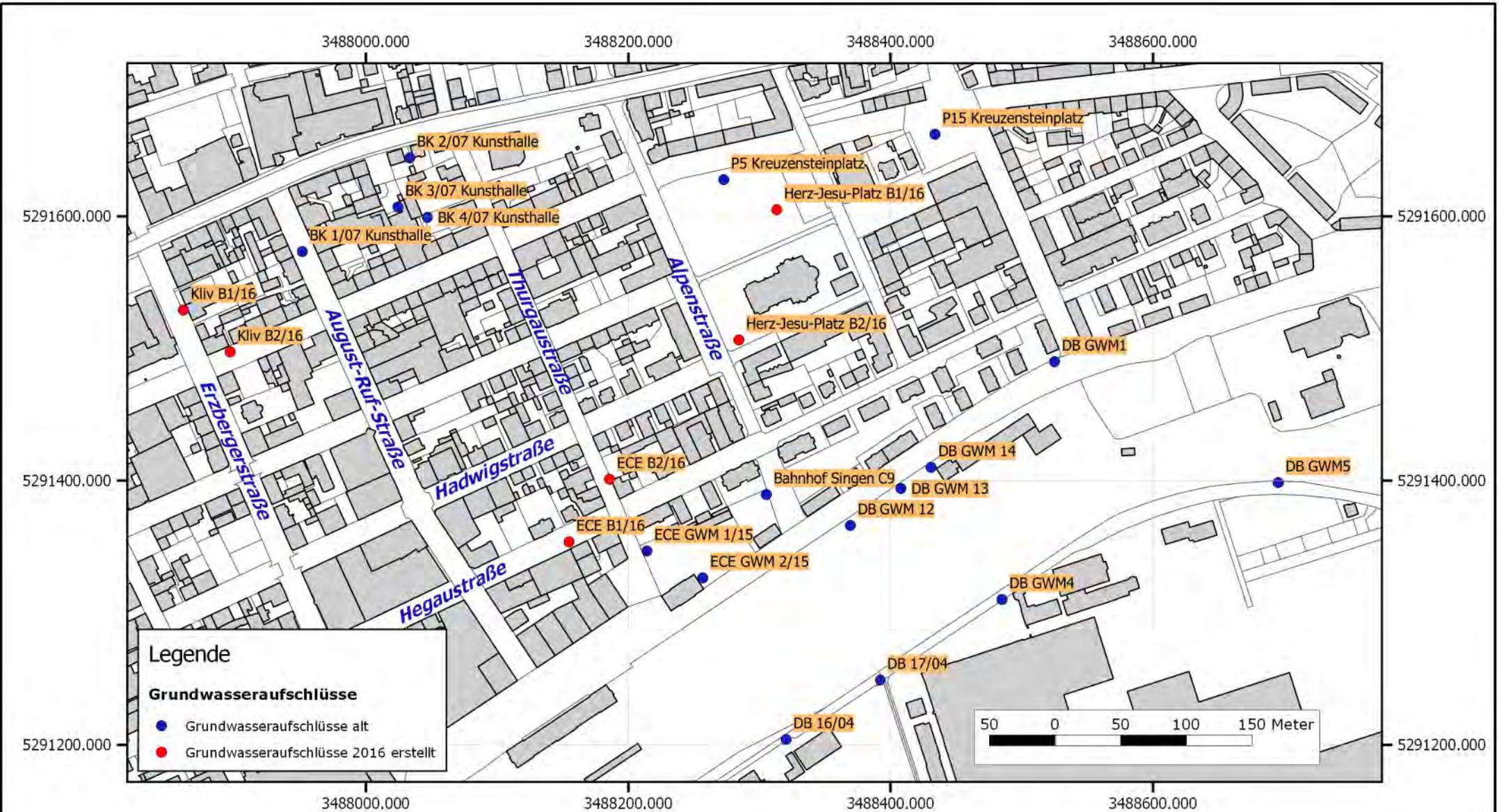
Radolfzell, den 10.05.2016

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. Reinold".

M. Reinold
Dipl.-Geologe

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dr. W. Michel".

Dr. W. Michel
Dipl.-Geophysiker



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15

eMail:
mail@hydro-data.de

Lageplan mit Grundwasseraufschlüssen		
Auftraggeber: ECE Projektmanagement GmbH & Co.KG Heegbarg 30, 22391 Hamburg		Projekt-Nr.: 70-437/2016-010-01/849
Datei: Abb_1_Lageplan	Bearbeiter: M. Reinold	Datum: Mai 2016

Hydrogeologische
Erkundung
ECE Singen
- Bohrdokumentation

Abb. 1

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkung	5
2. Durchgeführte Untersuchungen	5
3. Dokumentation der Untersuchungsergebnisse	6
3.1 Bohrarbeiten	6
3.2 Einmessarbeiten	8
3.3 Grundwasseranalysen (LHKW).....	8
3.4 Hydraulische Versuche	9
3.4.1 GWM ECE B1/15 – Pumpversuch.....	9
3.4.2 GWM ECE B2/15 – Pumpversuch.....	12
3.4.3 GWM ECE B1/16 – Pumpversuch.....	14
3.4.4 GWM ECE B2/16 – Slugtest	16
3.4.5 Vergleich der hydraulischen Versuche 2016 mit den Ergebnissen 2015	18
3.5 Wasserspiegelmessungen	18

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Lageplan mit Grundwasseraufschlüssen.....	2
Abb. 2.1	Lineare Darstellung des Pumpversuchs in GWM ECE B1/15 am 27.04.2016	11
Abb. 2.2	Auswertung des Pumpversuchs in GWM ECE B1/15 nach JACOB	11
Abb. 3.1	Lineare Darstellung des Pumpversuchs und des Wiederanstiegs in GWM ECE B2/15 am 28.04.2016.....	13
Abb. 3.2	Auswertung des Pumpversuchs in GWM ECE B2/15 nach JACOB	13
Abb. 4.1	Lineare Darstellung des Pumpversuchs in GWM ECE B1/16 am 26.04.2016	15
Abb. 4.2	Auswertung des Pumpversuchs in GWM ECE 1/16 nach JACOB	16
Abb. 5	Lineare Darstellung des Slugtests in GWM ECE B2/16 am 25.04.2016	17

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Daten zu den Aufschlussbohrungen Kernstadt Singen.....	7
Tab. 2	Summe LHKW [$\mu\text{g/l}$] zu Beginn und am Ende der 6-stündigen Pumpversuche in den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15 und ECE B1/16 vom 26. – 28.04.2016	9
Tab. 3	Verlauf des Pumpversuchs in der GWM ECE B1/15.....	10
Tab.4	Verlauf des Pumpversuchs in der GWM ECE B2/15.....	12
Tab. 5	Verlauf des Pumpversuchs in der GWM ECE B1/16.....	14
Tab. 6	Vergleich kf-Werte nach Korngrößenanalysen und Pumpversuchen	18

Anlagenverzeichnis

Anl. 1	Dokumentation der Bohrarbeiten ECE, Kliv und Herz-Jesu-Platz
Anl. 2	Ergebnismitteilung Einmessarbeiten
Anl. 3	Wasserspiegel-Stichtagsmessungen am 27.04. und am 29.04.2016
Anl. 4	LHKW-Analysenergebnisse SGS Institut Fresenius

1. Vorbemerkung

Zur Abschätzung des Einflusses von Bauprojekten auf die Grundwasserverhältnisse im Bereich der Innenstadt Singen ist die Bestimmung des Grundwassergefälles und der hydraulischen Parameter im Untersuchungsgebiet notwendig. Dazu wurden insgesamt 6 neue Bohrungen im Untersuchungsgebiet (Abb.1) abgeteuft und zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Zusätzlich erfolgten kontinuierliche Wasserspiegelmessungen in ausgesuchten Grundwassermessstellen, Wasserspiegelstichtagsmessungen in den Messstellen im Untersuchungsgebiet und hydraulische Versuche.

2 der Bohrungen (B1/16 ECE und B2/16 ECE) liegen im Zustrom des geplanten Einkaufszentrums während die anderen Aufschlüsse im Bereich weiterer geplanter Bauvorhaben eingerichtet wurden:

- Tiefgarage Herz-Jesu-Platz (B1/16 und B2/16 Herz-Jesu-Platz)
- Wohnbebauung incl. Tiefgarage Ecke Erzberger – Ekkehard-Straße (B1/16 und B2/16 Kliv)

Mit Hilfe dieser Daten erfolgt eine Überarbeitung des konzeptionellen Modells im Bereich des Untersuchungsgebietes als Grundlage für die Aktualisierung des numerischen Strömungsmodells der Stadtwerke Singen. Mit dem aktualisierten und kalibrierten Strömungsmodell können dann Prognoseberechnungen zum Einfluss unterschiedlicher Varianten der geplanten Baumaßnahme erfolgen.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Folgende Maßnahmen wurden im Zeitraum April/Mai 2016 durchgeführt:

- Abteufen von 6 Erkundungsbohrungen incl. Ausbau zu 6-, 5- und 3-Zoll-Grundwassermessstellen
- Einmessarbeiten (Lagekoordinaten und Höhe m+NN)
- Durchführung hydraulischer Tests (1 Slugtest und 3 Pumpversuche) in bestehenden und neuen Grundwassermessstellen
- Entnahme von Grundwasserproben aus den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15 und ECE B1/16 zu Beginn und am Ende der Pumpversuche

- Analytik der Grundwasserproben auf LHKW (Auflage Landratsamt Konstanz)
- Kontinuierliche Wasserspiegelmessungen und Wasserspiegel-Stichtagsmessungen

3. Dokumentation der Untersuchungsergebnisse

3.1 Bohrarbeiten

Im Zeitraum 19.04. – 27.04.2016 wurden von der Fa. *Terrasond Gesellschaft für Baugrunduntersuchungen mbH & Co.KG* aus Günzburg-Deffingen insgesamt 6 Bohrungen bis max. 12,00 m unter Gelände abgeteuft. Vier dieser Bohrungen (B 1/16 Herz-Jesu-Platz, B 2/16 Herz-Jesu-Platz, B1/16 Kliv und B2/16 Kliv) wurden zu 3-Zoll-Grundwassermessstellen, die Aufschlüsse B1/16 ECE und B2/16 ECE wurden zur 6-Zoll- bzw. 5-Zoll-Grundwassermessstelle ausgebaut.

Die Ergebnisse der Bohrarbeiten sind in Anlage 1 (Bohrprofile, Ausbaupläne, Fotodokumentation) dokumentiert. Eine Kurzübersicht zu den wichtigsten Daten der Bohrungen bietet Tabelle 1.

Die Schichtenverzeichnisse und Profilzeichnungen der Fa. *Terrasond* (Anlage 1) wurden auf Grundlage der Angaben des Bohrmeisters erstellt.

Kurzbeschreibung der Bohrergebnisse

Die Bohraufschlüsse erschließen würmeiszeitliche Rückzugskiese des Rheingletschers. Analog des „Mehrschicht-Modells“, welches im Zuge der Erarbeitung eines Grundwasserbewirtschaftungskonzeptes für die Stadt Singen vom LGRB Freiburg 1997 für den Singener Beckenkomplex aufgestellt wurde, handelt es sich bei den erschlossenen Sedimenten um den oberflächennahen Grundwasserleiter E und die Zwischenschicht d/e.

Alle 6 Bohrungen haben nach einer bis zu max. 1,80 m mächtigen, künstlichen Auffüllung den kiesig, sandigen Grundwasserleiter E angetroffen. Die Basis des Kieskörpers wurde zwischen 4,1 m und 8,3 m unter Gelände erbohrt. Die im Liegenden anstehende Zwischenschicht d/e wurde bis max. 12 m unter Gelände erschlossen. Sie besteht im Wesentlichen aus Feinsedimenten (Schluffe, Feinsande und Tone). In der Bohrung Kliv B1/16 und untergeordnet auch in Kliv B2/16 wurden ab einer Tiefe von 10 m unter Gelände matrixgestützte Diamikte (Kiese in einer Matrix aus Feinsedimenten) angetroffen. Diese Zwischenschichtsedimente bilden eine hydraulische Sperrzone zu dem nachfolgenden, tiefer liegenden Grundwasserstockwerk D bzw. Fenster CD.

Tab. 1 Daten zu den Aufschlussbohrungen Kernstadt Singen 2016

Bezeichnung	interne EDV-Nr.	Rechtswert	Hochwert	GOK [m ü NN]	POK [m ü NN]	Bohrverfahren	Bohr ø [mm]	Ausbau [mm]	Filter [m u GOK]	Endteufe [m u GOK]	Endteufe [m ü NN]	Wsp angebohrt [m u GOK]	Wsp gemessen 29.04.2016 [m u GOK]	Bohrdatum
B 1/16 ECE	5029	3488154,64	5291353,61	428,069	427,89	Rammkern	324	150	5,0 - 8,0	10,00	418,07	6,10	6,01	25.04.2016
B 2/16 ECE	5030	3488185,48	5291400,97	427,990	427,87	Rammkern	324	125	5,5 - 6,5	10,00	417,99	6,00	5,78	21.04.2016
B 1/16 Kliv	5033	3487860,89	5291529,05	428,173	428,04	Rammkern	220	75	4,5 - 6,5	12,00	416,17	5,50	4,91	26.04.2016
B 2/16 Kliv	5034	3487896,49	5291497,33	428,031	427,95	Rammkern	220	75	3,8 - 6,8	12,00	416,03	5,20	4,91	27.04.2016
B 1/16 Herz-Jesu-Platz	5031	3488312,90	5291605,01	427,966	427,81	Rammkern	220	75	2,1 - 4,1	12,00	415,97	3,5 / 11,4	3,41	19.04.2016
B 2/16 Herz-Jesu-Platz	5032	3488284,03	5291506,43	428,277	428,16	Rammkern	220	75	4,3 - 6,3	8,30	419,98	5,30	4,92	20.04.2016

GOK = Geländeoberkante

POK = Pegeloberkante

Wsp = Wasserspiegel

Grundwasserverhältnisse

In allen Bohrungen wurde in den oberflächennahen Kiesen zwischen 3,5 m und 6,0 m unter Gelände Grundwasser angebohrt. Die Aquifermächtigkeiten fallen mit 0,50 m – max. 2,00 m sehr gering aus. Das Grundwasser im Grundwasserstockwerk E ist ungespannt. Alle 6 Bohrungen wurden in den sandigen Kiesen des Grundwasserleiters E mit Filterrohren ausgebaut.

In der Bohrung Herz-Jesu-Platz B1/16 wurde in den Feinsanden der Zwischenschicht d/e bei 11,40 m unter Gelände ein weiterer Grundwasserzutritt beobachtet. Der dort angebohrte Wasserspiegel stieg in der Verrohrung bis 6,5 m unter Gelände an. In der Messstelle wurde der untere Wasserzutritt wieder mit Ton abgedichtet, verfiltert wurde nur der obere Wasserzutritt im kiesigen Stockwerk E.

3.2 Einmessarbeiten

Die neuen Grundwasseraufschlüsse befinden sich auf dem Kartenblatt TK25 8119 Singen. Ein Ausschnitt des Kartenblattes mit den Bohranfangspunkten ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die neuen Messstellen wurden von der Abteilung Vermessung und Geoinformation der Stadt Singen nach Abschluss der Bohrarbeiten am 27./28.04.2016 nach Lage und Höhe eingemessen (s. Anlage 2 und Tabelle 1).

Die in Anlage 2 angegebenen Höhen beziehen sich auf Oberkante Deckel Unterflurschacht (entspricht GOK = Geländeoberkante). Alle 6 Bohrungen wurden als Unterflurmessstellen ausgebaut.

3.3 Grundwasseranalysen (LHKW)

Die Erlaubnis zur Durchführung von Kurzpumpversuchen und zur Einleitung des Pumpwassers in die Kanalisation war seitens des Landratsamtes Konstanz mit der Auflage zur Entnahme von Grundwasserproben zu Beginn und am Ende der Pumpversuche incl. Analytik der Proben auf LHKW verknüpft. Die Analyseergebnisse sind in Tabelle 2 und Anlage 4 einzusehen.

Ein urspr. in Messstelle B2/16 ECE ebenfalls vorgesehener Pumpversuch konnte auf Grund der geringen Wasserführung (0,30 m Wassersäule) nicht durchgeführt werden. Eine Beprobung fand nicht statt.

Tab. 2 Summe LHKW [$\mu\text{g/l}$] zu Beginn und am Ende der 6-stündigen Pumpversuche in den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15 und ECE B1/16 vom 26. – 28.04.2016

Messstelle	ECE B1/16	ECE B1/15	ECE B2/15
Probennahme-Datum	26.04.2016	27.04.2016	28.04.2016
LHKW-Konz. Beginn PV	1,5	1,3	1,9
LHKW-Konz. Ende PV	2,5	1,7	1,4

Bei den in den Messstellen festgestellten LHKW handelt es sich ausnahmslos um den Parameter Tetrachlorethen.

In den Aufschlüssen ECE B1/16 und ECE B1/15 ist während des Abpumpvorgangs eine Zunahme der Tetrachlorethen-Konzentration zu verzeichnen, in ECE B2/15 nimmt die Konzentration ab.

3.4 Hydraulische Versuche

Zur Bestimmung der hydraulischen Parameter wurden in den Messstellen ECE B1/15, ECE B2/15 und ECE B1/16 Pumpversuche über eine Zeitdauer von 6 Stunden durchgeführt.

In der GWM ECE B2/16 war die Durchführung eines Pumpversuchs aufgrund der geringen Aquifermächtigkeit (ca. 0,5 m) nicht möglich. Das Bohrprofil der GWM ECE B2/15 gab Hinweise auf geringere Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters. Es wurde in der GWM ECE B2/16 ein Slugtest zur Abschätzung des kf-Wertes durchgeführt.

3.4.1 GWM ECE B1/15 – Pumpversuch

Die Durchführung des Pumpversuchs in der GWM ECE B1/15 erfolgte am 27.04.2016. Die Pumpphase erstreckte sich über 6 Stunden bei einer durchschnittlichen Entnahme von 1,1 l/s. Zu Beginn des Pumpversuchs lag der Wasserspiegel bei 6,86 m unter POK (POK = Pegeloberkante) bzw. 421,94 mNN. Die Basis des Grundwasserleiters befindet sich bei 8,0 m unter GOK (GOK = Geländeoberkante) bzw. 420,08 mNN. Daraus resultiert eine Aquifermächtigkeit von 1,86 m.

In der Tabelle 3 sind die Daten des Pumpversuchs zusammengefasst.

Tab. 3 Verlauf des Pumpversuchs in der GWM ECE B1/15

	Zeit	Abstich	Menge	Lf [$\mu\text{S}/\text{cm}$] / T [$^{\circ}\text{C}$] ¹⁾
Messbeginn	27.04.2016 08:29	6,862 m	0 l/s	
Start Pumpversuch	27.04.2016 08:32	6,862 m	1,1 l/s	
Probennahme	27.04.2016 08:35		1,1 l/s	1010 / 12,9
	27.04.2016 09:30	6,933 m	1,1 l/s	1005 / 12,9
	27.04.2016 10:30	6,940 m	1,1 l/s	1007 / 13,2
	27.04.2016 11:30	6,945 m	1,1 l/s	1005 / 13,2
	27.04.2016 12:30	6,948 m	1,1 l/s	1000 / 12,9
	27.04.2016 13:30	6,952 m	1,1 l/s	1004 / 12,9
Probennahme	27.04.2016 14:32	6,955 m	1,1 l/s	1005 / 12,9
Ende Pumpversuch	27.04.2016 14:32	6,955 m	0 l/s	
Ende Wiederanstieg	27.04.2016 15:00			

¹⁾ Lf = Leitfähigkeit, T = Temperatur

In der Abbildung 2.1 ist die Wasserspiegelganglinie während des Pumpversuchs (Absenkungsphase und Wiederanstieg) dargestellt.

Die Auswertung der Absenkungsphase des Pumpversuchs erfolgte nach der Methode von JACOB (Abb. 2.2). Nach dieser Methode berechnet sich die Transmissivität zu $9,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Bei einer Aquifermächtigkeit von 1,86 m berechnet sich ein kf-Wert von $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

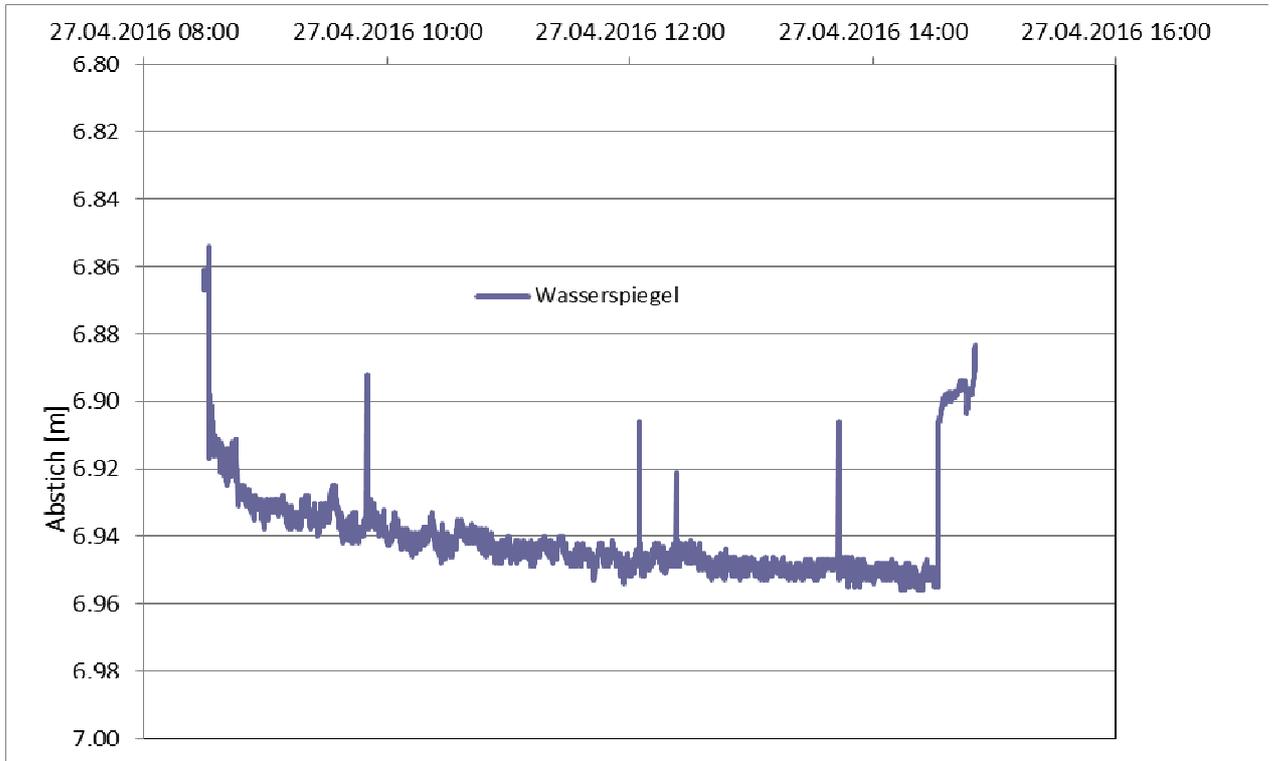


Abb. 2.1 Lineare Darstellung des Pumpversuchs ECE B1/15 am 27.04.2016

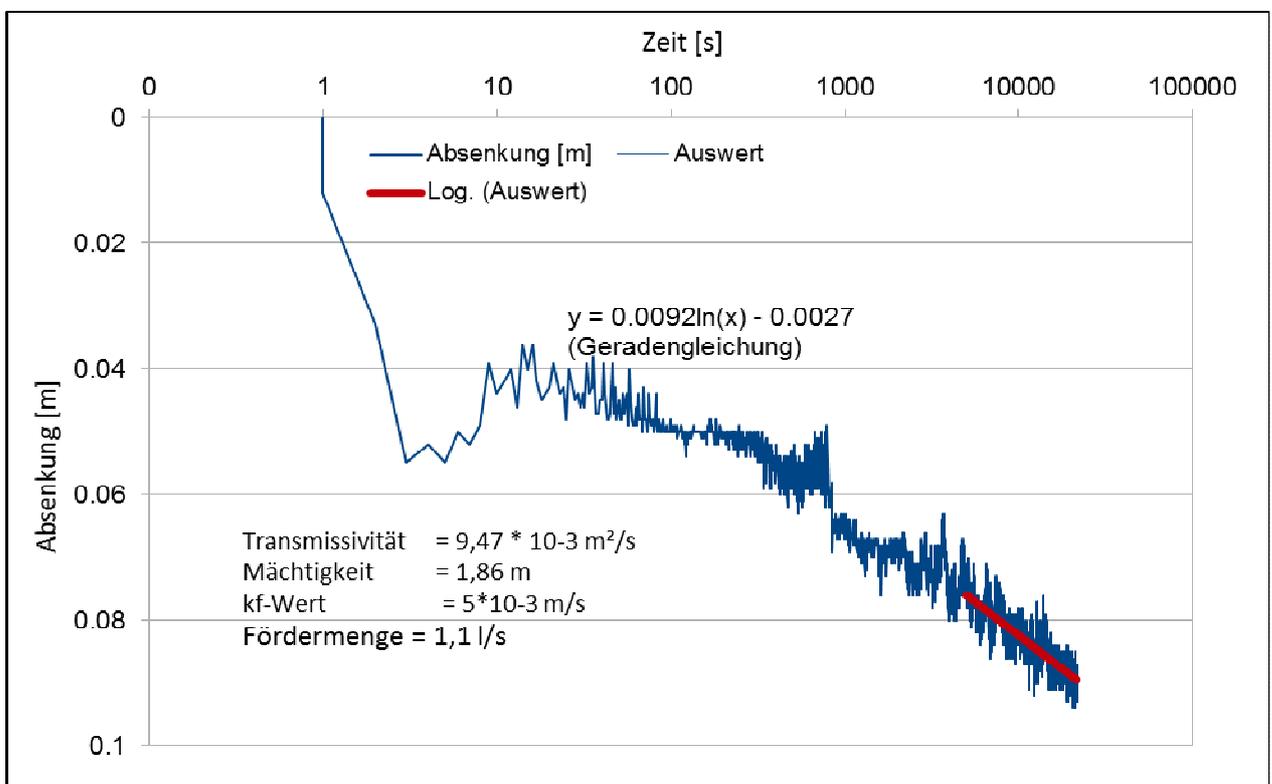


Abb.2.2 Auswertung des Pumpversuchs in GWM ECE B1/15 nach JACOB

Im Verlauf des Pumpversuchs wurde die Leitfähigkeit und die Temperatur erfasst. Diese Parameter können Hinweise auf Änderungen des Grundwasserchemismus liefern. Die Messwerte zeigen keine signifikanten Änderungen.

3.4.2 GWM ECE B2/15 – Pumpversuch

Der Pumpversuch in der GWM B2/15 wurde am 28.04.2016 durchgeführt. Auch bei diesem Pumpversuch betrug die durchschnittlichen Entnahme 1,1 l/s über den Zeitraum von 6 Stunden. Zu Beginn des Pumpversuchs lag der Wasserspiegel bei 6,17 m unter POK (Pegeloberkante) bzw. 421,81 mNN. Die Basis des Grundwasserleiters befindet sich bei 8,6 m unter GOK (Geländeoberkante) bzw. 419,46 mNN. Daraus resultiert eine Aquifer-mächtigkeit von 2,35 m.

In der Tabelle 4 sind die Daten des Pumpversuchs zusammengefasst.

Tab.4 Verlauf des Pumpversuchs in der GWM ECE B2/15

	Zeit	Abstich	Menge	Lf [$\mu\text{S}/\text{cm}$] / T [$^{\circ}\text{C}$] ¹⁾
Messbeginn	28.04.2016 07:28	6,180 m	0 l/s	
Start PV	28.04.2016 07:30	6,174 m	1,1 l/s	
Probennahme	28.04.2016 07:40		1,1 l/s	924 / 13,4
	28.04.2016 08:00	6,241 m	1,1 l/s	922 / 14,0
	28.04.2016 08:30	6,247 m	1,1 l/s	927 / 14,0
	28.04.2016 09:45	6,257 m	1,1 l/s	930 / 14,0
	28.04.2016 10:30	6,261 m	1,1 l/s	928 / 14,0
	28.04.2016 11:30	6,266 m	1,1 l/s	927 / 14,0
	28.04.2016 12:30	6,268 m	1,1 l/s	931 / 14,0
Probennahme	28.04.2016 13:25		1,1 l/s	933 / 14,0
Ende PV	28.04.2016 13:30	6,279 m	0 l/s	
Ende Wiederanstieg	28.04.2016 16:30			

¹⁾ Lf = Leitfähigkeit, T = Temperatur

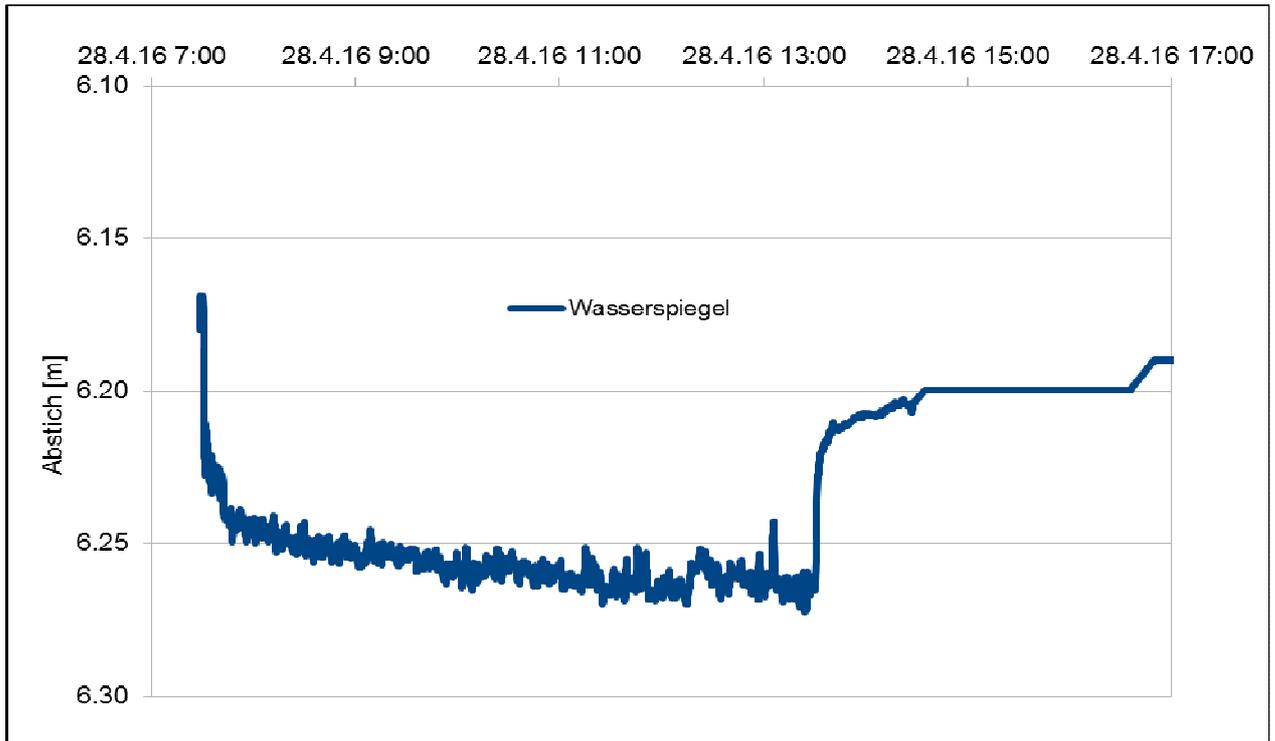


Abb. 3.1 Lineare Darstellung des Pumpversuchs und des Wiederanstiegs in GWM ECE B2/15 am 28.04.2016

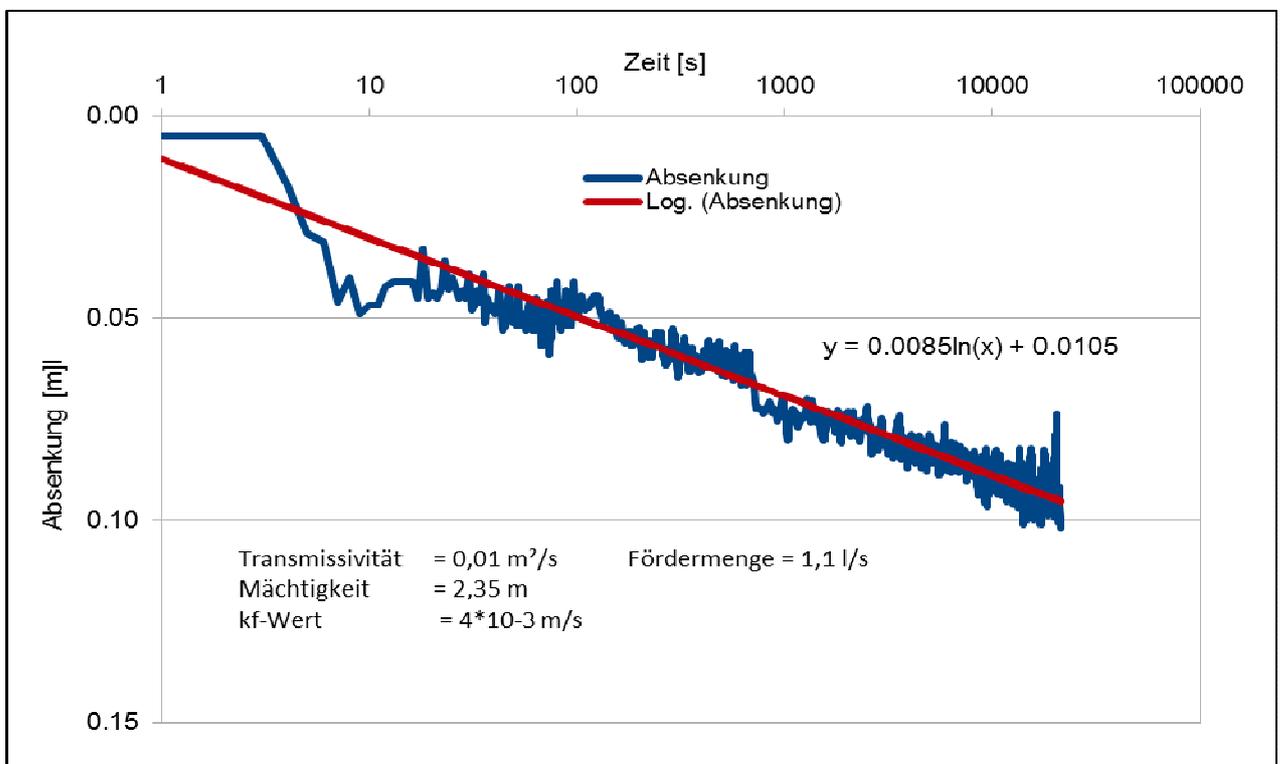


Abb. 3.2 Auswertung des Pumpversuchs in GWM ECE B2/15 nach JACOB

Die Auswertung der Absenkungsphase des Pumpversuchs erfolgte nach der Methode von JACOB (Abb. 3.2). Nach dieser Methode berechnet sich die Transmissivität zu $1,1 \cdot 10^{-2}$ m²/s. Bei einer Aquifermächtigkeit von 2,35 m berechnet sich ein kf-Wert von $4,0 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Die chemisch-physikalischen Parameter (Leitfähigkeit, Temperatur) geben keinen Hinweis auf unterschiedliche Grundwasserkomponenten.

3.4.3 GWM ECE B1/16 – Pumpversuch

Der Pumpversuch in der GWM ECE B1/16 begann am 26.04.2016 um 08:13. Die geplante Pumpphase von 6 Stunden musste aufgrund einer Beschwerde eines Anliegers um eine halbe Stunde verkürzt werden. Die durchschnittliche Fördermenge lag bei 0,96 l/s. Die Höhe des Ruhewasserspiegel betrug 5,96 m unter GOK bzw. 422,11 mNN. Die Basis des Grundwasserleiters befindet sich im Bereich der B1/16 bei 8,0 m unter GOK bzw. 420,07 mNN. Somit beträgt die Aquifermächtigkeit zum Zeitpunkt des Pumpversuchs 2,04 m.

In der Tabelle 5 sind die Daten des Pumpversuchs zusammengefasst.

Tab. 5 Verlauf des Pumpversuchs in der GWM ECE B1/16

	Zeit	Abstich	Menge	Lf [μ S/cm] / T [$^{\circ}$ C] ¹⁾
Messbeginn	26.04.2016 08:11	5,956 m	0 l/s	
Start Pumpversuch	26.04.2016 08:13	5,956 m	0,96 l/s	
Probennahme	26.04.2016 08:20		0,96 l/s	994 / 13,2
	26.04.2016 09:15	6,044 m	0,96 l/s	986 / 12,8
	26.04.2016 10:15	6,047 m	0,96 l/s	981 / 12,8
	26.04.2016 11:15	6,049 m	0,96 l/s	985 / 12,9
	26.04.2016 12:15	6,051 m	0,96 l/s	981 / 12,9
	26.04.2016 13:15	6,053 m	0,96 l/s	978 / 12,9
Probennahme	26.04.2016 13:40	6,055 m	0,96 l/s	980 / 12,9
Ende Pumpversuch	26.04.2016 13:45	6,055 m	0 l/s	
Ende Wiederanstieg	26.04.2016 16:30			

¹⁾ Lf = Leitfähigkeit, T = Temperatur

In der Abbildung 4.1 ist die Wasserspiegelganglinie während des Pumpversuchs (Absenkungsphase und Wiederanstieg) dargestellt.

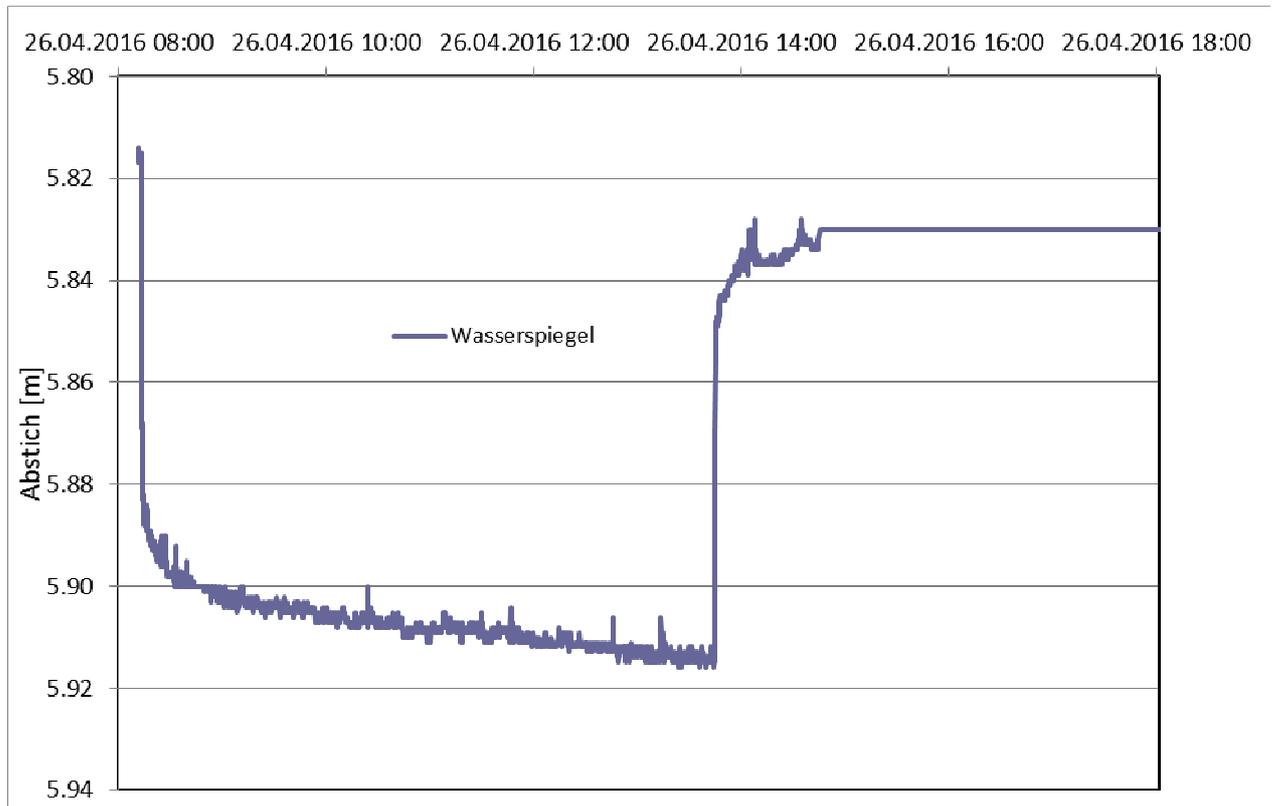


Abb. 4.1 Lineare Darstellung des Pumpversuchs in GWM ECE B1/16 am 26.04.2016

Die Auswertung der Absenkungsphase des Pumpversuchs erfolgte nach der Methode von JACOB (Abb. 4.2). Nach dieser Methode berechnet sich die Transmissivität zu $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Bei einer Aquifermächtigkeit von 2,04 m berechnet sich ein k_f -Wert von $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

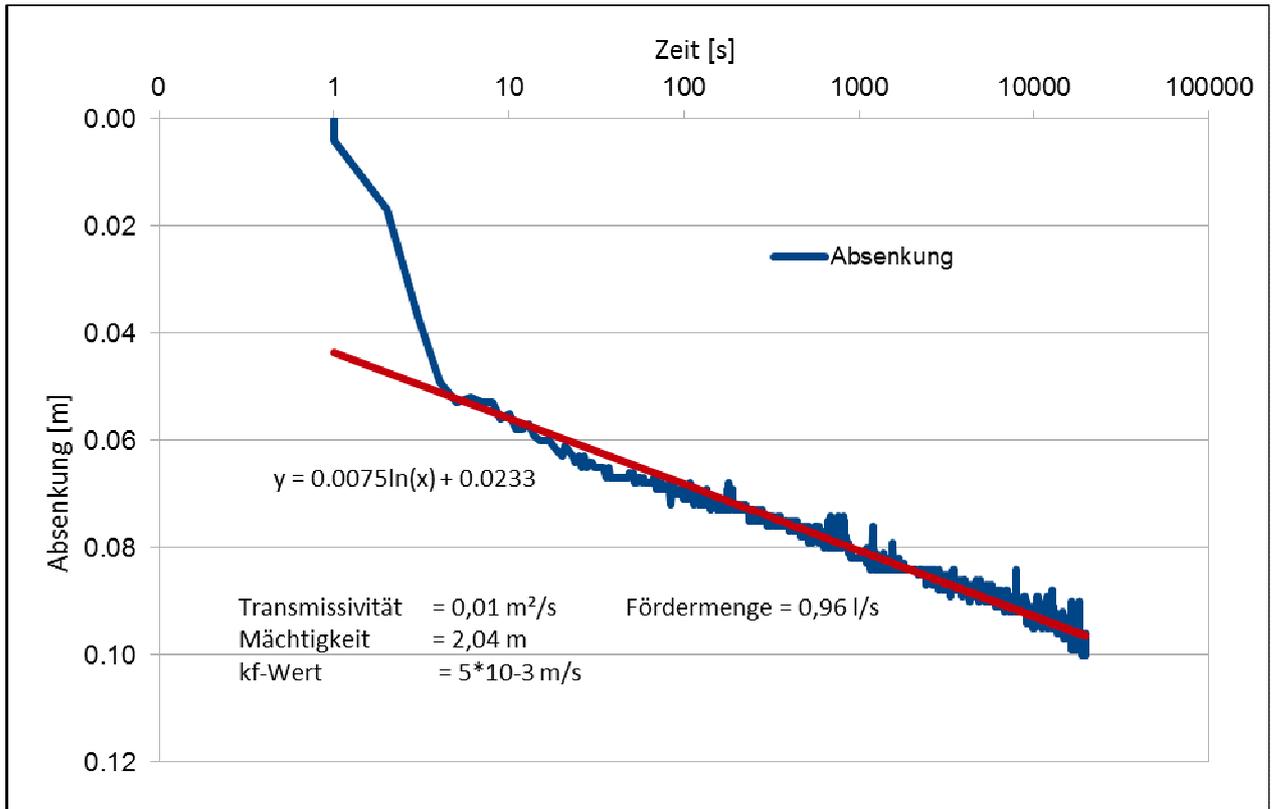


Abb. 4.2 Auswertung des Pumpversuchs in GWM ECE 1/16 nach JACOB

Die Leitfähigkeit und die Temperatur des Grundwassers bleiben im Verlauf des Pumpversuchs nahezu konstant.

3.4.4 GWM ECE B2/16 – Slugtest

In der GWM ECE B2/16 war die Durchführung eines Pumpversuchs aufgrund der geringen Aquifermächtigkeit von ca. 0,5 m nicht möglich. Aus diesem Grunde wurden Slugteste durchgeführt. Dabei wurde ein Verdrängungskörper (4") in das Bohrloch eingebracht (Slugphase – Erhöhung des Wasserspiegels) bzw. herausgezogen (Bailphase – Absenkung des Wasserspiegels). In der Abbildung 5 ist der Verlauf der einzelnen Phasen des Slugtestes dargestellt.

Die Auswertung der einzelnen Phasen des Slugtestes erfolgte nach der Methode von BOUWER & RICE (ungespannte Grundwasserleiter). Bei der Auswertung wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

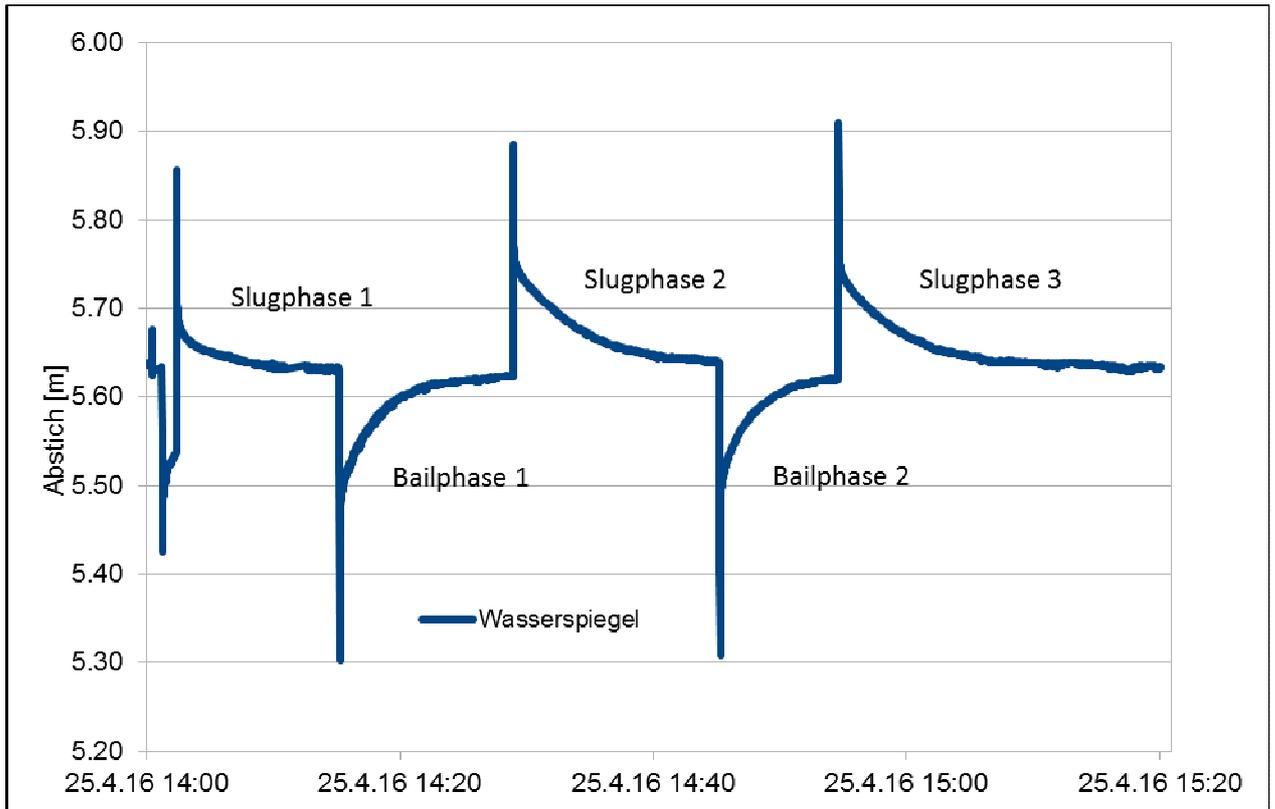


Abb. 5 Lineare Darstellung des Slugtests in GWM ECE B2/16 am 25.04.2016

Bohrdurchmesser: 324 mm
Filterdurchmesser: 125 mm
Oberkante Filter: 5,5 m u.GOK
Basis Filter: 6,5 m u.GOK
Ruhewasserspiegel: 5,63 m u.POK = 5,78 m u.GOK

Die Auswertung der einzelnen Phasen ergab folgende Durchlässigkeiten (kf-Werte):

Slugphase 1: $2,9 \cdot 10^{-5}$ m/s
Slugphase 2: $9,4 \cdot 10^{-6}$ m/s
Slugphase 3: $9,3 \cdot 10^{-6}$ m/s
Bailphase 1: $1,6 \cdot 10^{-5}$ m/s
Bailphase 2: $1,8 \cdot 10^{-5}$ m/s

Daraus resultiert ein Durchschnittswert (ohne Ergebnis Slugphase 1) von $1,3 \cdot 10^{-5}$ m/s.

3.4.5 Vergleich der hydraulischen Versuche 2016 mit den Ergebnissen 2015

Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen 2015 wurde der kf-Wert mit Hilfe von Korngrößenanalysen und anhand eines Immisionspumpversuchs bestimmt bzw. abgeschätzt. Die Bestimmung des kf-Wertes anhand der Korngrößenanalysen ergaben Werte zwischen $4 \cdot 10^{-4}$ m/s und $2 \cdot 10^{-3}$ m/s. Der geringste kf-Wert wurde in der Bohrung B3 (Probennahme zwischen 6,0 und 7,0 m), der höchste Wert mit $2,0 \cdot 10^{-3}$ m/s (6,0 – 7,5 m) in der B2 bestimmt.

Die Ergebnisse der Pumpversuche 2016 für diesen Bereich liegen mit ca. $4 \cdot 10^{-3}$ m/s über den Ergebnissen der Korngrößenanalyse.

Die Durchlässigkeit, die in der GWM ECE B2/16 ca. 30 m nördlich des geplanten Bauvorhabens mit einem Slugtest bestimmt wurde, ist mit ca. $1,3 \cdot 10^{-5}$ m/s deutlich geringer als die Ergebnisse der hydraulischen Bestimmungen in den Bohrungen und Messstellen innerhalb des Bereichs der geplanten Baumaßnahme.

Tab. 6 Vergleich kf-Werte nach Korngrößenanalysen und Pumpversuchen

GWM	kf-Wert [m/s] aus Korngrößenanalysen	kf-Wert [m/s] aus Pumpversuchen 2015	kf-Wert [m/s] aus Pumpversuchen/ Slugtest 2016
ECE B1/15	$2,2 \cdot 10^{-3}$	-	$5,0 \cdot 10^{-3}$
ECE B2/15	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
ECE B1/16	-	-	$5,0 \cdot 10^{-3}$
ECE B2/16	-	-	$1,3 \cdot 10^{-5}$ (Slugtest)

3.5 Wasserspiegelmessungen

Zur Klärung der Grundwasserfließverhältnisse und zur Bestimmung des hydraulischen Gefälles im Kernstadtbereich Singen wurden mehrere Wasserspiegel-Stichtagsmessungen in insgesamt 23 Grundwasseraufschlüssen durchgeführt. Die gemessenen Wasserspiegel für die Stichtage 27.04 und 29.04.2016 sind beispielhaft in Anlage 3 zusammengestellt. Eine Interpretation der Messdaten in Form von Grundwasser-Potenzialverteilungen erfolgt im Zuge der Aktualisierung / Kalibrierung des numerischen Strömungsmodells bis Ende Mai 2016.

Es wurden Datensammler zur kontinuierlichen Aufzeichnung des Wasserspiegels in 8 Messstellen installiert um den regionalen Trend während und nach den Pumpversuchen zu messen:

ECE B1/15, ECE B2/15, ECE B1/16, ECE B2/16, DB 12, 171/422 Kliv B1/16 und Herz-Jesu-Platz B1/16

Die Wasserspiegeländerungen, bedingt durch den regionalen Trend, waren während der Pumpversuche vernachlässigbar.

Die Darstellung und Bewertung der Wasserspiegelganglinien erfolgt ebenfalls Ende Mai 2016.



Anlage 1

Dokumentation der Bohrarbeiten

ECE B1/16

ECE B2/16

Kliv B1/16

Kliv B2/16

Herz-Jesu-Platz B1/16

Herz-Jesu-Platz B2/16



Anlage 1.1

Dokumentation der Bohrung ECE B 1/16



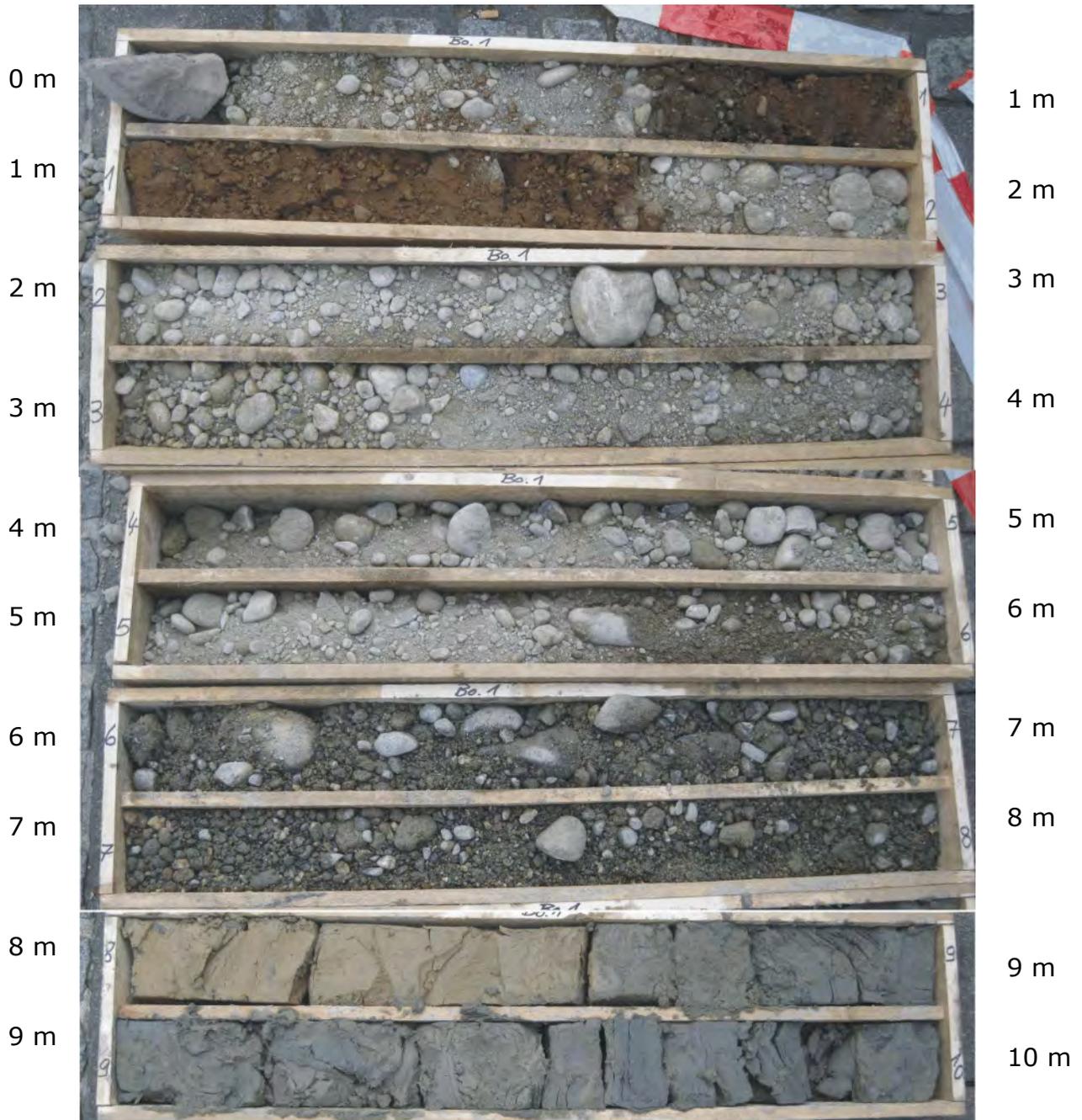
Projekt: Einkaufszentrum Singen | ECE
Projekt Nr.: 849
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Bohrprofil B1/16 ECE Singen (22.04.2016)

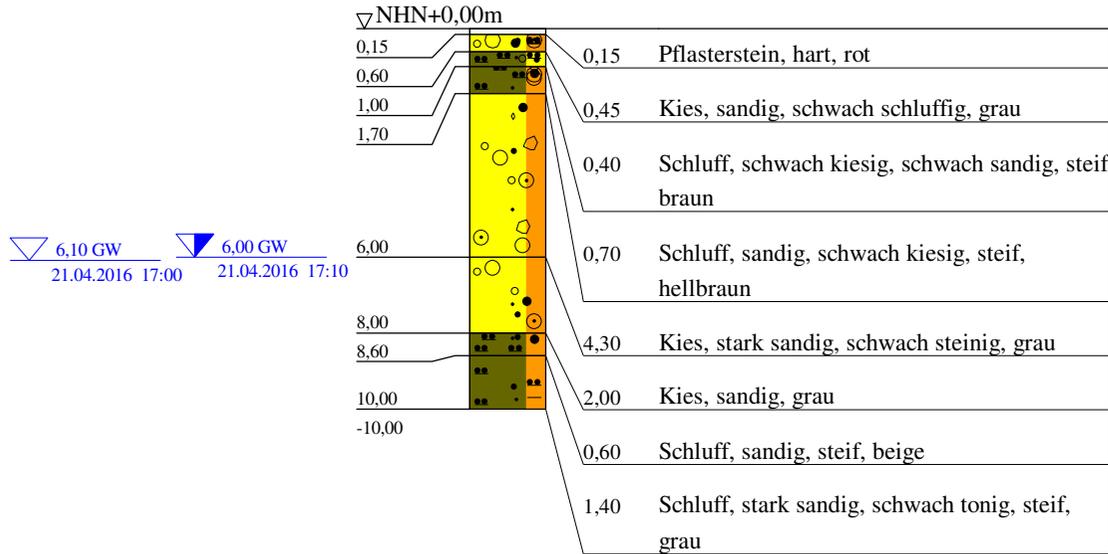
0	- 0,15 m	Pflasterstein
	- 0,65 m	Auffüllung (Fein- bis Grobkies, sandig, grau)
	- 1,80 m	Schluff, feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig, dicht gelagert, braun – rotbraun (vermutl. Auffüllung)
	- 6,70 m	Fein- bis Grobkies, sandig – stark sandig, steinig, graubraun
	- 8,00 m	Fein- bis Mittelkies, grobkiesig, sandig, graubraun; Wasserzutritt 6,10 m
	- 8,55 m	Ton, schwach schluffig, beigebraun
	- 10,00 m	Schluff, tonig, feinsandig, grau

Projekt: Einkaufszentrum Singen | ECE
Projekt Nr.: 849
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

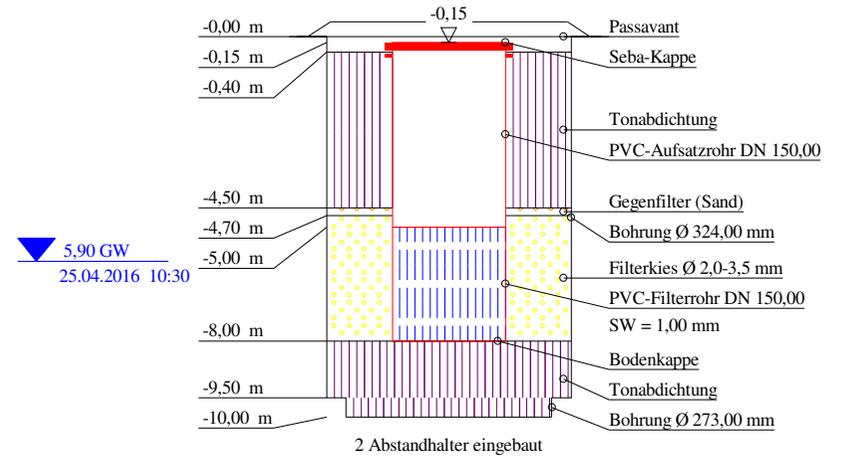
Fotodokumentation der Bohrung B1/16-ECE



B 1 ECE



Ausbauzeichnung



B1/16 ECE

HD - EDV Nr. 5029

Koordinaten:

Rechtswert 3488154,64

Hochwert 5291353,61

POK 428,069 mNN

TERRASOND

Gesellschaft für
Baugrunduntersuchungen GmbH & Co.KG

St.-Ulrich-Straße 12 - 16
89312 Günzburg-Deffingen
Tel.: 0 82 21/906 - 0
Fax: 0 82 21/906 - 40

Bauvorhaben:

ECE Singen

Planbezeichnung:

Bohrprofil & Ausbauzeichnung

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 2016-0521

Datum: 21. - 25.04.2016

Maßstab: 1 : 200

Bearbeiter: Dr. Edgar Erfle

Bohrung Nr. B 1 ECE	Rammkernbohrung bis 10,00 m verrohrt bis 9,50 m Ø 324 mm
Durchführungszeit: 21. - 25.04.2016	Rotationskernbohrung bis m verrohrt bis m Ø mm EK-DK-S Ø 273 mm verrohrt bis m Ø mm

Höhe des Ansatzpunktes zu m; bezogen auf
 Gitterwerte d. Bohransatzes: Rechts: Hoch: Einmessung durch:

Grundwasserstände	Datum	Uhrzeit	Tiefe m	UK Verrohrg. m	Bohrtiefe m
angebohrt/angestiegen im Pegel gemessen	21.04.2016 25.04.2016	17:00/17:10 10:30	6,10/6,00 5,90	6,00 -	6,50 -

Pegelrohr **150** Ø ROK = **0,15** m, unter Gel. = m **Passavant, 2 Abstandhalter**
 Sumpfrohr m, Filterrohr **3,00** m, Vollrohr PVC **4,85** m, Vollrohr Stahl m, **Seba-/Bodenkappe**
 Filterkies von **8,00** bis **4,70** m, Tondichtung von **10,00** bis **8,00** m, Zem.-Bent. von bis m
 Gegenfilter/Sand von **4,70** bis **4,50** m, Tondichtung von **4,50** bis **0,40** m, Bohrgut von bis m

Bis __m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortsübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					

1	2					3	4	5	6
---	---	--	--	--	--	---	---	---	---

0,15	a1) Pflasterstein					Verrohrung Ø 324 mm bis 9,50 m feucht			
	a2)								
	b) hart	c) schwer zu bohren	d) rot						
	f)	g)	h)	e)					

0,60	a1) Kies, sandig, schwach schluffig					feucht			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

1,00	a1) Schluff, schwach kiesig, schwach sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) braun						
	f)	g)	h)	e)					

1,70	a1) Schluff, sandig, schwach kiesig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) hellbraun						
	f)	g)	h)	e)					

Bodenpr./Versuche: GP KP SP WP **10** mKi(v) mBKB() SPT
 Bodenproben übergeben am an

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 1 ECE**

Durchführungszeit: **21. - 25.04.2016**

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					
1	2					3	4	5	6
6,00	a1) Kies, stark sandig, schwach steinig					feucht			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
8,00	a1) Kies, sandig					nass			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
8,60	a1) Schluff, sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) beige						
	f)	g)	h)	e)					
10,00	a1) Schluff, stark sandig, schwach tonig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



Anlage 1.2

Dokumentation der Bohrung ECE B 2/16



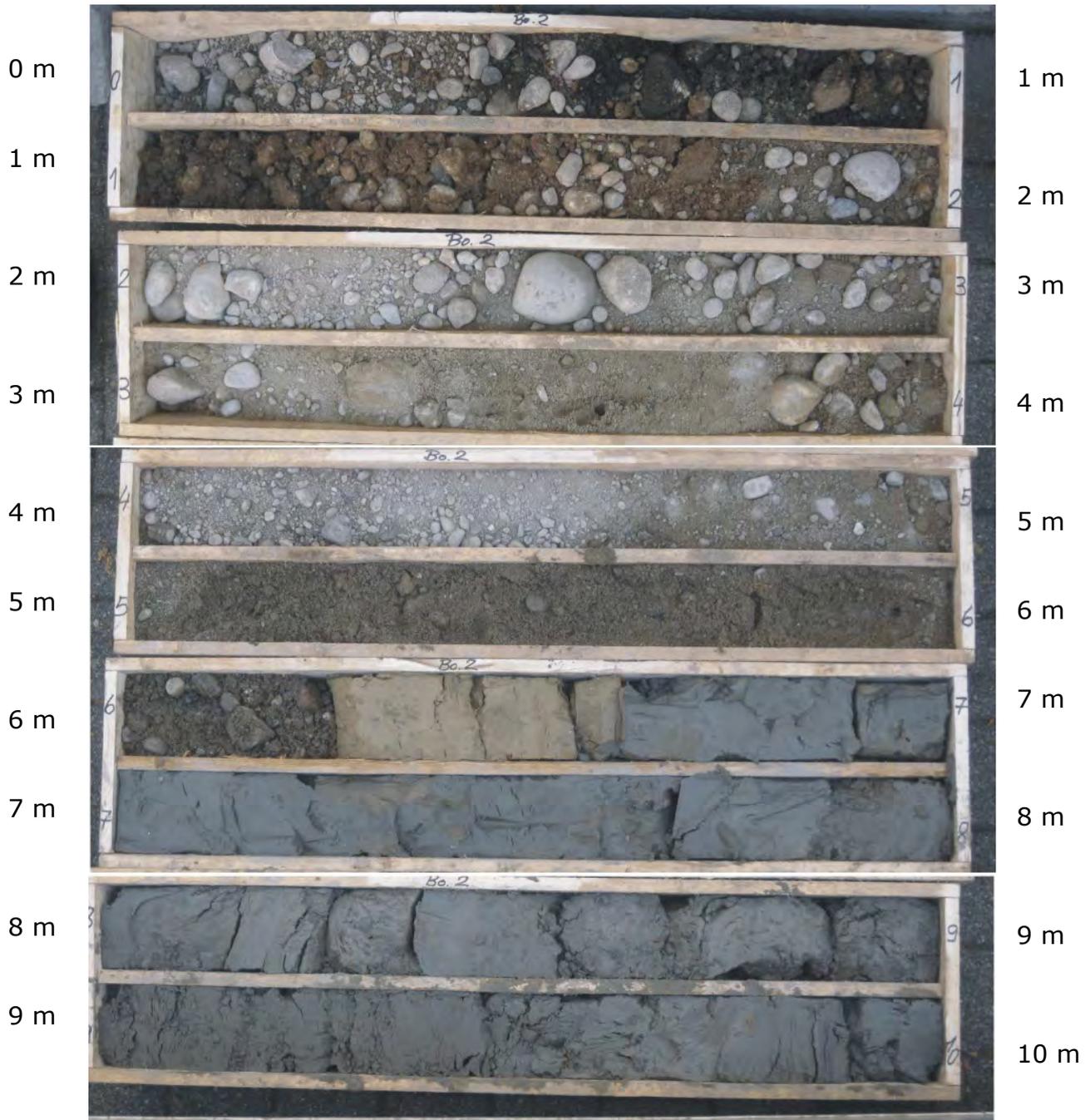
Projekt: Einkaufszentrum Singen | ECE
Projekt Nr.: 849
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Bohrprofil B2/16 ECE Singen (21.04.2016)

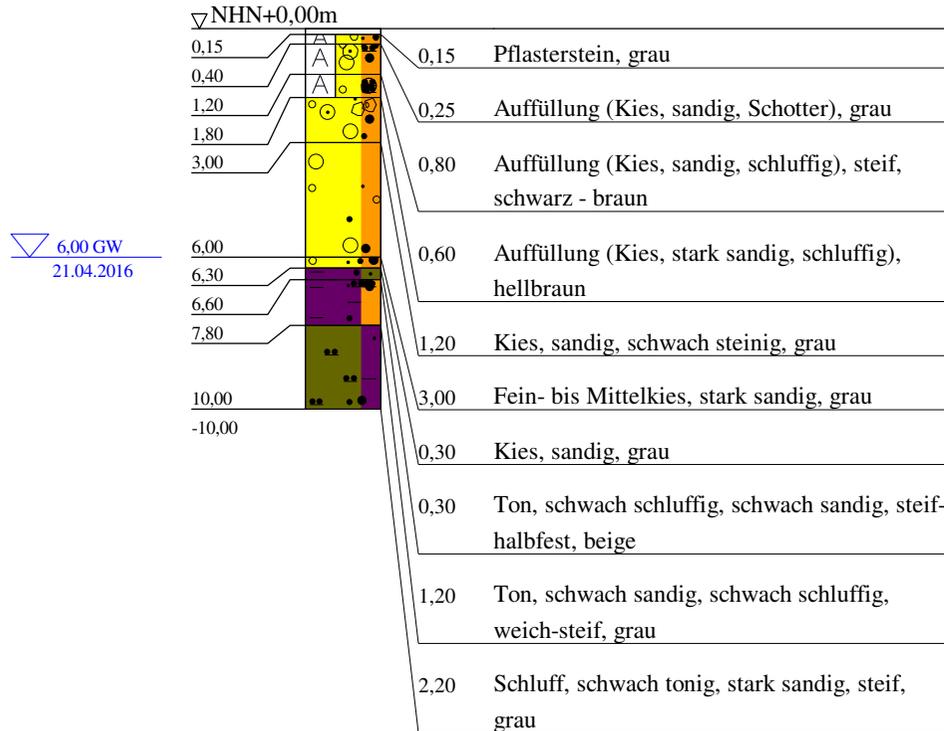
0	- 0,10 m	Pflasterstein
	- 0,45 m	Auffüllung (Fein- bis Grobkies, sandig, graubraun)
	- 0,85 m	Auffüllung (Fein- bis Grobkies, steinig, schluffig, sandig, Ziegelbruch, schwarz-grauschwarz)
	- 1,40 m	Auffüllung (Schluff, kiesig, sandig, schwach tonig, dunkelbraun – braun)
	- 1,75 m	Fein- bis Mittelkies, sandig, schluffig – schwach schluffig, braun (vermutl. Auffüllung)
	- 3,10 m	Fein- bis Grobkies, steinig – stark steinig,, graubraun
	- 3,75 m	Fein- bis Mittelkies, stark sandig, grobkiesig – schwach grobkiesig, bei 3,30 m steinig, braun – graubraun
	- 4,00 m	Fein- bis Grobkies, sandig – stark sandig, steinig, graubraun
	- 5,00 m	Fein- bis Mittelkies, stark sandig, schwach grobkiesig, graubraun
	- 6,00 m	Fein- bis Mittelkies, sehr stark sandig, graubraun
	- 6,27 m	Fein- bis Grobkies, sandig – stark sandig, schwach steinig, graubraun; Wasserzutritt 6,00 m
	- 6,64 m	Ton, schluffig, braun
	- 7,80 m	Ton, schwach schluffig, grau
	- 8,90 m	Schluff, feinsandig, schwach tonig, grau
	- 10,00 m	Feinsand, schluffig, schwach tonig, grau

Projekt: Einkaufszentrum Singen | ECE
Projekt Nr.: 849
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

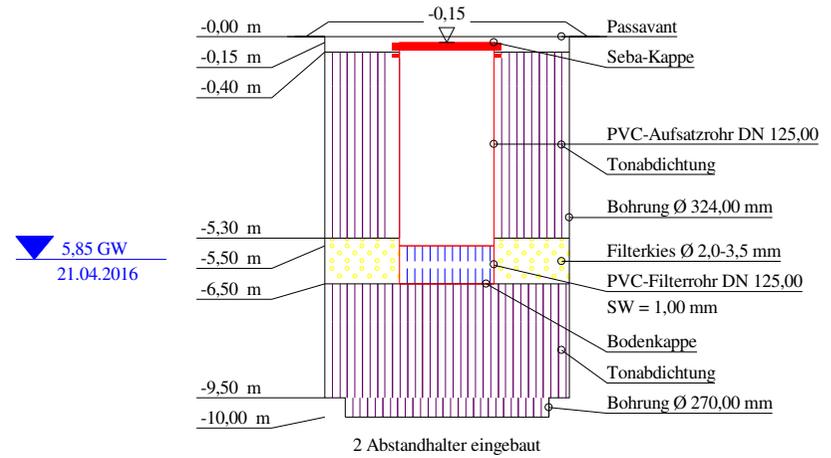
Fotodokumentation der Bohrung B2/16-ECE



B 2 ECE



Ausbauzeichnung



B2/16 ECE

HD - EDV Nr. 5030

Koordinaten:

Rechtswert 3488185,48

Hochwert 5291400,97

POK 427,990 mNN

TERRASOND

Gesellschaft für
Baugrunduntersuchungen GmbH & Co. KG

St.-Ulrich-Straße 12 - 16
89312 Günzburg-Deffingen
Tel.: 0 82 21/906 - 0
Fax: 0 82 21/906 - 40

Bauvorhaben:

ECE Singen

Planbezeichnung:

Bohrprofil & Ausbauzeichnung

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 2016-0521

Datum: 20. - 21.04.2016

Maßstab: 1 : 200

Bearbeiter: Dr. Edgar Erfle

Bohrung Nr. B 2 ECE	Rammkernbohrung bis 10,00 m verrohrt bis 9,50 m Ø 324 mm
Durchführungszeit: 20. - 21.04.2016	Rotationskernbohrung bis m verrohrt bis m Ø mm
	EK-DK-S Ø 270 mm verrohrt bis m Ø mm

Höhe des Ansatzpunktes zu m; bezogen auf
 Gitterwerte d. Bohransatzes: Rechts: Hoch: Einmessung durch:

Grundwasserstände	Datum	Uhrzeit	Tiefe m	UK Verrohrg. m	Bohrtiefe m
angebohrt im Pegel gemessen	21.04.2016		6,00	5,80	6,30
	21.04.2016		5,85	-	-

Pegelrohr **125** Ø ROK = **0,15** m, unter Gel. = m **Passavant, 2 Abstandhalter**
 Sumpfrohr m, Filterrohr **1,00** m, Vollrohr PVC **5,35** m, Vollrohr Stahl m, **Seba-/Bodenkappe**
 Filterkies von **6,50** bis **5,30** m, Tondichtung von **10,00** bis **6,50** m, Zem.-Bent. von bis m
 Gegenfilter/Sand von bis m, Tondichtung von **5,30** bis **0,40** m, Bohrgut von bis m

Bis ___ m unter Ansatzpunkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter-kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortsübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalkgehalt					
1	2					3	4	5	6
0,15	a1) Pflasterstein					Verrohrung Ø 324 mm bis 9,50 m Vorschacht bis 1,50 m			
	a2)								
		c)	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
0,40	a1) Auffüllung (Kies, sandig, Schotter)								
	a2)								
		c)	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
1,20	a1) Auffüllung (Kies, sandig, schluffig)								
	a2)								
	b) steif	c)	d) schwarz - braun						
	f)	g)	h)	e)					
1,80	a1) Auffüllung (Kies, stark sandig, schluffig)					feucht			
	a2)								
	b)	c) mittel zu bohren	d) hellbraun						
	f)	g)	h)	e)					

Bodenpr./Versuche: GP KP SP WP **10** mKi(v) mBKB() SPT
 Bodenproben übergeben am an

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 2 ECE**

Durchführungszeit: **20. - 21.04.2016**

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht				Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Ortübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt				
1	2				3	4	5	6
3,00	a1) Kies, sandig, schwach steinig				feucht			
	a2)							
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau					
	f)	g)	h)	e)				
6,00	a1) Fein- bis Mittelkies, stark sandig				feucht			
	a2)							
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau					
	f)	g)	h)	e)				
6,30	a1) Kies, sandig				nass			
	a2)							
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau					
	f)	g)	h)	e)				
6,60	a1) Ton, schwach schluffig, schwach sandig				feucht			
	a2)							
	b) steif-halbfest	c) leicht zu bohren	d) beige					
	f)	g)	h)	e)				
7,80	a1) Ton, schwach sandig, schwach schluffig				feucht			
	a2)							
	b) weich-steif	c) leicht zu bohren	d) grau					
	f)	g)	h)	e)				
10,00	a1) Schluff, schwach tonig, stark sandig				stark feucht			
	a2)							
	b) steif	c) leicht zu bohren	d) grau					
	f)	g)	h)	e)				

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



Anlage 1.3

Dokumentation der Bohrung Kliv B 1/16



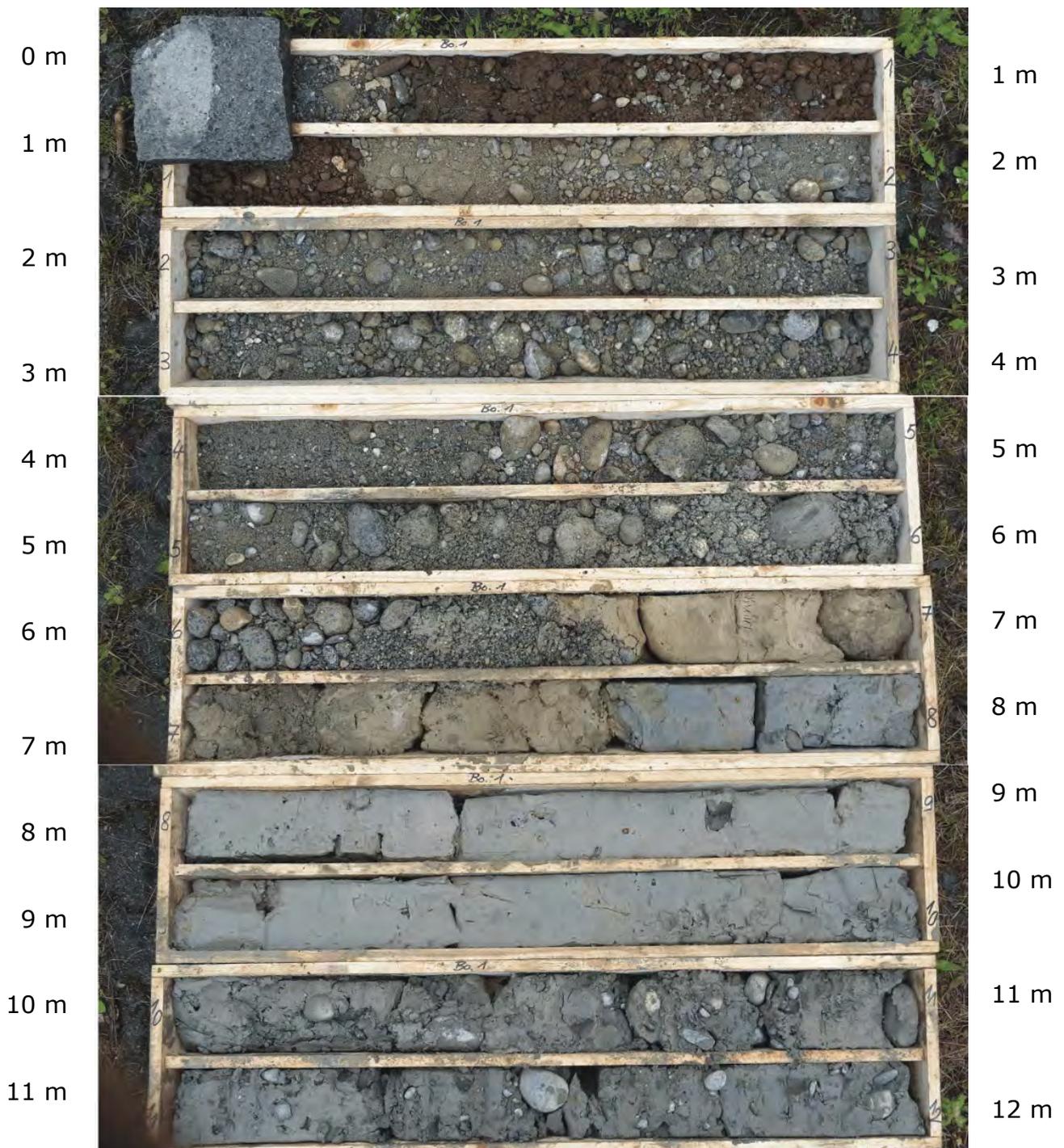
Projekt: BV Wohnhaus/Tiefgarage
Bereich Ekkehardstraße auf Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/kn
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Bohrprofil B1/16 kliv GmbH, Stadt Singen (26.04.2016)

0	- 0,10 m	Pflasterstein
	- 0,20 m	Auffüllung (feiner Schotter, grau)
	- 0,30 m	Auffüllung (Fein- bis Grobkies, sandig, schluffig, gelbbraun - graubraun)
	- 0,70 m	Auffüllung (Schluff, fein- bis mittelkiesig, feinsandig, schwach tonig, braun - rotbraun)
	- 1,25 m	Fein- bis Mittelkies, sandig, grobkiesig, schluffig – schwach schluffig, braun – rotbraun (Auffüllung?)
	- 1,55 m	Fein- bis Mittelsand, fein- bis mittelkiesig, schwach grobkiesig, (IDm-Brocken) grau
	- 4,00 m	Fein- bis Grobkies, stark sandig – sandig, schwach steinig, graubraun
	- 4,45 m	Feinkies, stark sandig, mittelkiesig, graubraun
	- 5,55 m	Fein- bis Grobkies, stark steinig – steinig, sandig, grau – graubraun
	- 6,00 m	Fein- bis Mittelkies, grobkiesig, steinig, schwach schluffig, grau
	- 6,25 m	Fein- bis Grobkies, sandig, schwach steinig, graubraun
	- 6,50 m	Feinkies, sandig, schwach mittelkiesig, grau; Wasserzutritt 5,50 m
	- 7,60 m	Schluff, feinsandig, schwach tonig, beige, kalkhaltig – schwach kalkhaltig
	- 9,90 m	Ton, grau, schwach kalkhaltig
	- 12,00 m	Schluff, kiesig, tonig – schwach tonig, grau, kalkhaltig (IDm), schwach konsolidiert

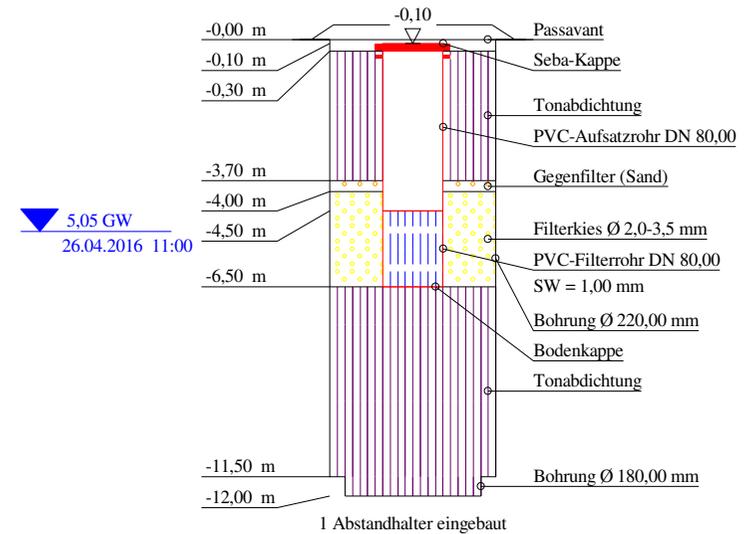
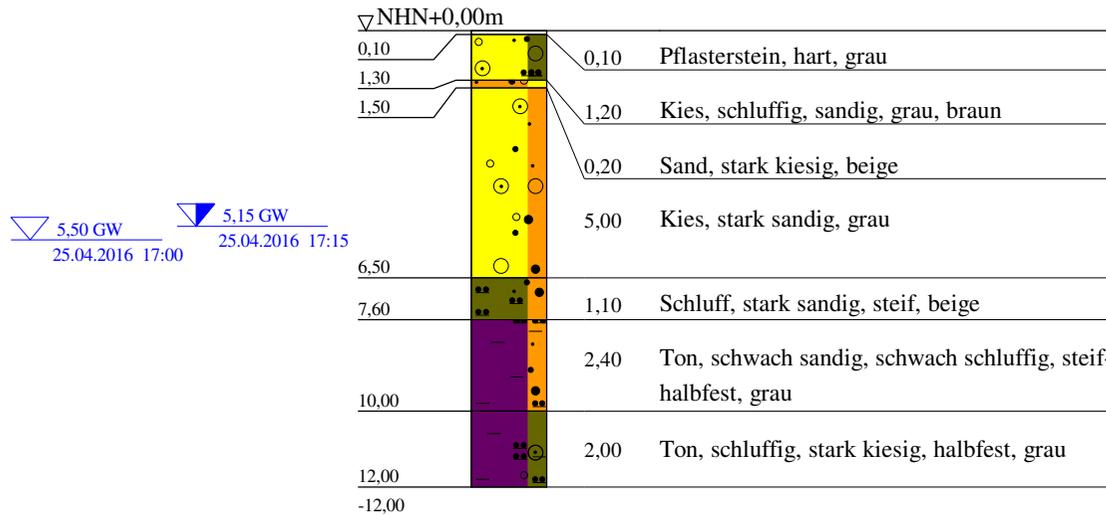
Projekt: BV Wohnhaus/Tiefgarage
Bereich Ekkehardstraße auf Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/kn
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Fotodokumentation der Bohrung B1/16kliv



B 1 Kliv

Ausbauzeichnung



B1/16 KLIV

HD - EDV Nr. 5033

Koordinaten:

Rechtswert 3487860,89

Hochwert 5291529,05

POK 428,173 mNN

TERRASOND

Gesellschaft für
Baugrunduntersuchungen GmbH & Co.KG

St.-Ulrich-Straße 12 - 16
89312 Günzburg-Deffingen
Tel.: 0 82 21/906 - 0
Fax: 0 82 21/906 - 40

Bauvorhaben:

Kliv Singen, Ekkehardstraße

Planbezeichnung:

Bohrprofil & Ausbauzeichnung

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 2016-0584

Datum: 25. - 26.04.2016

Maßstab: 1 : 200

Bearbeiter: Dr. Edgar Erfle

Bohrung Nr. B 1 Kliv	Rammkernbohrung bis 12,00 m verrohrt bis 11,50 m Ø 220 mm
Durchführungszeit: 25. - 26.04.2016	Rotationskernbohrung bis m verrohrt bis m Ø mm
	EK-DK-S Ø 180 mm verrohrt bis m Ø mm

Höhe des Ansatzpunktes zu m; bezogen auf
 Gitterwerte d. Bohransatzes: Rechts: Hoch: Einmessung durch:

Grundwasserstände	Datum	Uhrzeit	Tiefe m	UK Verrohrg. m	Bohrtiefe m
angebohrt/eingespiegelt im Pegel gemessen	25.04.2016	17:00/17:15	5,50/5,15	5,20	5,80
	26.04.2016	11:00	5,05	-	-

Pegelrohr **80** Ø ROK = **0,10** m, unter Gel. = m **Passavant, 1 Abstandhalter**
 Sumpfrohr m, Filterrohr **2,00** m, Vollrohr PVC **4,40** m, Vollrohr Stahl m, **Seba-/Bodenkappe**
 Filterkies von **6,50** bis **4,00** m, Tondichtung von **12,00** bis **6,50** m, Zem.-Bent. von bis m
 Gegenfilter/Sand von **4,00** bis **3,70** m, Tondichtung von **3,70** bis **0,30** m, Bohrgut von bis m

Bis ___ m unter Ansatzpunkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter-kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortsübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalkgehalt					

1	2					3	4	5	6
---	---	--	--	--	--	---	---	---	---

0,10	a1) Pflasterstein					Verrohrung Ø 220 mm bis 11,50 m Vorschacht bis 1,50 m			
	a2)								
	b) hart	c)		d) grau					
	f)	g)	h)	e)					

1,30	a1) Kies, schluffig, sandig								
	a2)								
	b)	c)		d) grau, braun					
	f)	g)	h)	e)					

1,50	a1) Sand, stark kiesig								
	a2)								
	b)	c)		d) beige					
	f)	g)	h)	e)					

6,50	a1) Kies, stark sandig					nass			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren		d) grau					
	f)	g)	h)	e)					

Bodenpr./Versuche: GP KP SP WP **12** mKi(v) mBKB() SPT
 Bodenproben übergeben am an

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 1 Kliv**

Durchführungszeit: **25. - 26.04.2016**

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortstübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					
1	2					3	4	5	6
7,60	a1) Schluff, stark sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) beige						
	f)	g)	h)	e)					
10,00	a1) Ton, schwach sandig, schwach schluffig					feucht			
	a2)								
	b) steif-halbfest	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
12,00	a1) Ton, schluffig, stark kiesig					feucht			
	a2) (Moräne)								
	b) halbfest	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					



Anlage 1.4

Dokumentation der Bohrung Kliv B 2/16

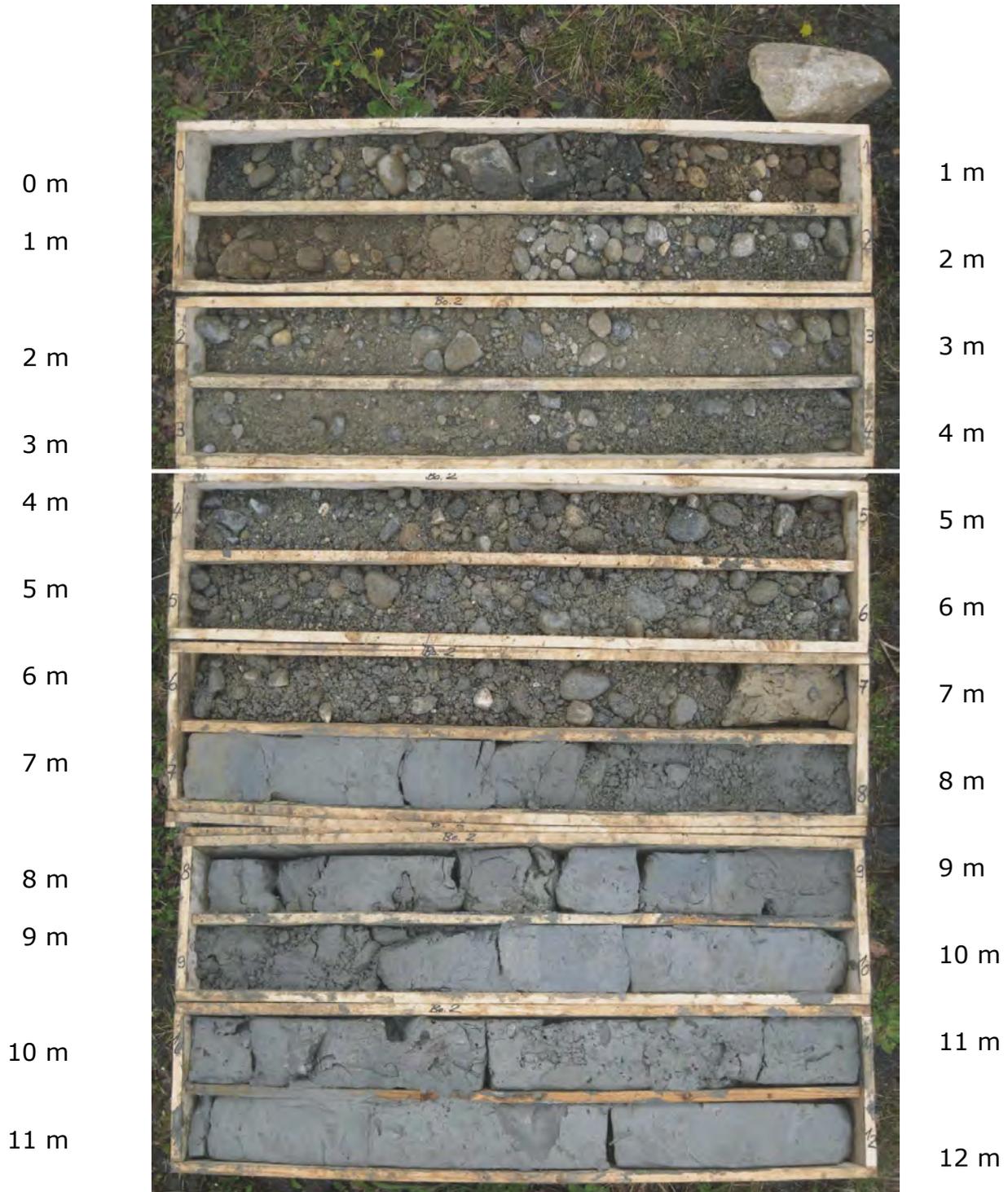
Projekt: BV Wohnhaus/Tiefgarage
Bereich Ekkehardstraße auf Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/kn
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Bohrprofil B2/16 kliv GmbH, Stadt Singen (27.04.2016)

0	- 0,10 m	Pflasterstein
	- 0,20 m	Auffüllung (Feinkies, feiner Schotter, grau)
	- 0,40 m	Auffüllung (Fein- bis Grobkies, sandig, Ziegelbruch, graubraun)
	- 0,70 m	Auffüllung (Fein- bis Grobkies, steinig, Ziegelbruch, grau)
	- 0,75 m	Auffüllung (Schluff, fein- bis mittelkiesig, feinsandig, schwach tonig, rotbraun)
	- 1,35 m	Fein- bis Grobkies, sandig, ab 1,15 m stark sandig, schwach steinig, graubraun
	- 1,50 m	Fein- bis Mittelsand, braun
	- 1,70 m	Fein- bis Mittelkies, sandig, grau (sandiger IDm)
	- 4,00 m	Fein- bis Mittelkies, stark sandig, grobkiesig, schwach steinig, graubraun
	- 6,80 m	Fein- bis Grobkies, sandig – stark sandig, schwach steinig, graubraun; Wasserzutritt 5,20 m, steigt an auf 4,85 m
	- 7,10 m	Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, beige, karbonatisch
	- 7,45 m	Ton, schluffig, grau, schwach karbontisch
	- 8,00 m	Feinsand, schwach steinig, grau, karbonatisch
	- 8,80 m	Schluff, tonig und Feinsand (Wechselagerung), grau, karbonatisch
	- 9,30 m	Feinsand, grau
	- 9,50 m	Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig, grau
	- 10,00 m	Ton, schwach schluffig, grau
	- 11,00 m	Ton, schwach kiesig, sehr schwach schluffig, grau (IDm)
	- 12,00 m	Ton, grau

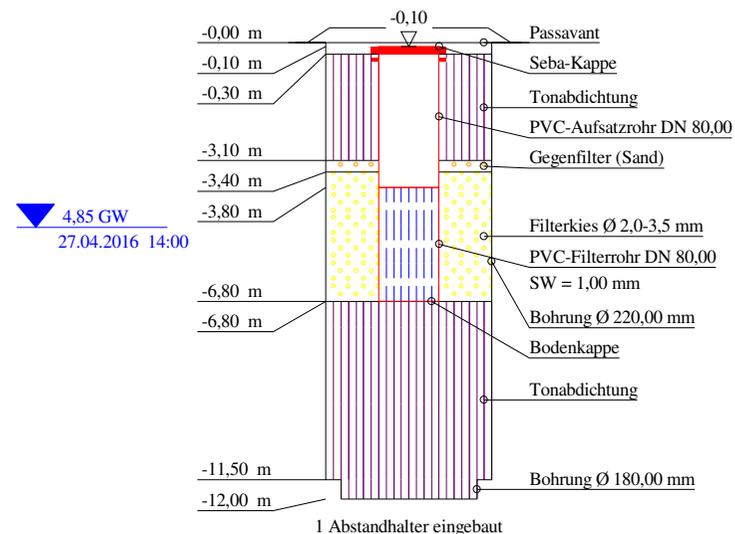
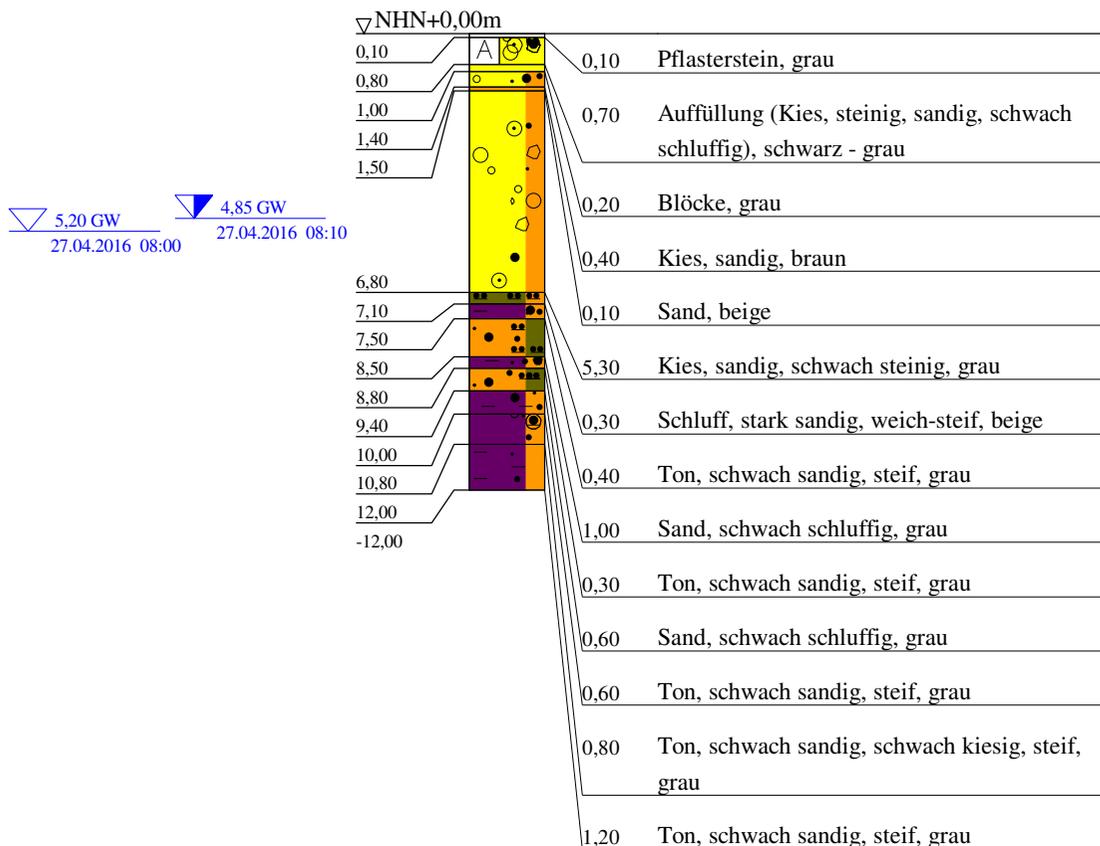
Projekt: BV Wohnhaus/Tiefgarage
Bereich Ekkehardstraße auf Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/kn
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Fotodokumentation der Bohrung B2/16kliv



B 2 Kliv

Ausbauzeichnung



B2/16 KLIV

HD - EDV Nr. 5034

Koordinaten:

Rechtswert 3487896,49

Hochwert 5291497,33

POK 428,031 mNN

TERRASOND

Gesellschaft für
Baugrunduntersuchungen GmbH & Co.KG

St.-Ulrich-Straße 12 - 16
89312 Günzburg-Deffingen
Tel.: 0 82 21/906 - 0
Fax: 0 82 21/906 - 40

Bauvorhaben:

Kliv Singen, Ekkehardstraße

Planbezeichnung:

Bohrprofil & Ausbauzeichnung

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 2016-0584

Datum: 26. - 27.04.2016

Maßstab: 1 : 200

Bearbeiter: Dr. Edgar Erfle

Bohrung Nr. B 2 Kliv	Rammkernbohrung bis 12,00 m verrohrt bis 11,50 m Ø 220 mm
Durchführungszeit: 26. - 27.04.2016	Rotationskernbohrung bis m verrohrt bis m Ø mm
	EK-DK-S Ø 180 mm verrohrt bis m Ø mm

Höhe des Ansatzpunktes zu m; bezogen auf
 Gitterwerte d. Bohransatzes: Rechts: Hoch: Einmessung durch:

Grundwasserstände	Datum	Uhrzeit	Tiefe m	UK Verrohrg. m	Bohrtiefe m
angebohrt/angestiegen im Pegel gemessen	27.04.2016	08:00/08:10	5,20/4,85	4,50	5,50
	27.04.2016	14:00	4,85	-	-

Pegelrohr **80** Ø ROK = **0,10** m, unter Gel. = m **Passavant, 1 Abstandhalter**
 Sumpfrohr m, Filterrohr **3,00** m, Vollrohr PVC **3,70** m, Vollrohr Stahl m, **Seba-/Bodenkappe**
 Filterkies von **6,80** bis **3,40** m, Tondichtung von **12,00** bis **6,80** m, Zem.-Bent. von bis m
 Gegenfilter/Sand von **3,40** bis **3,10** m, Tondichtung von **3,10** bis **0,30** m, Bohrgut von bis m

Bis ___ m unter Ansatzpunkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter-kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortsübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalkgehalt					
1	2					3	4	5	6
0,10	a1) Pflasterstein					Verrohrung Ø 220 mm bis 11,50 m Vorschacht bis 1,50 m			
	a2)								
					d) grau				
					h) e)				
0,80	a1) Auffüllung (Kies, steinig, sandig, schwach schluffig)								
	a2) Ziegelreste								
					d) schwarz - grau				
					h) e)				
1,00	a1) Blöcke								
	a2)								
					d) grau				
					h) e)				
1,40	a1) Kies, sandig								
	a2)								
					d) braun				
					h) e)				

Bodenpr./Versuche: GP KP SP WP **12** mKi(v) mBKB() SPT
 Bodenproben übergeben am an

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 2 Kliv**

Durchführungszeit: **26. - 27.04.2016**

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					
1	2					3	4	5	6
1,50	a1) Sand								
	a2)								
	b)	c)	d) beige						
	f)	g)	h)	e)					
6,80	a1) Kies, sandig, schwach steinig					nass			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
7,10	a1) Schluff, stark sandig					feucht			
	a2)								
	b) weich-steif	c) mittel zu bohren	d) beige						
	f)	g)	h)	e)					
7,50	a1) Ton, schwach sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
8,50	a1) Sand, schwach schluffig					nass			
	a2)								
	b)	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
8,80	a1) Ton, schwach sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 2 Kliv**

Durchführungszeit: **26. - 27.04.2016**

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					
1	2					3	4	5	6
9,40	a1) Sand, schwach schluffig					nass			
	a2)								
	b)	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
10,00	a1) Ton, schwach sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
10,80	a1) Ton, schwach sandig, schwach kiesig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
12,00	a1) Ton, schwach sandig					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



Anlage 1.5

Dokumentation
der Bohrung Herz-Jesu-Platz B 1/16



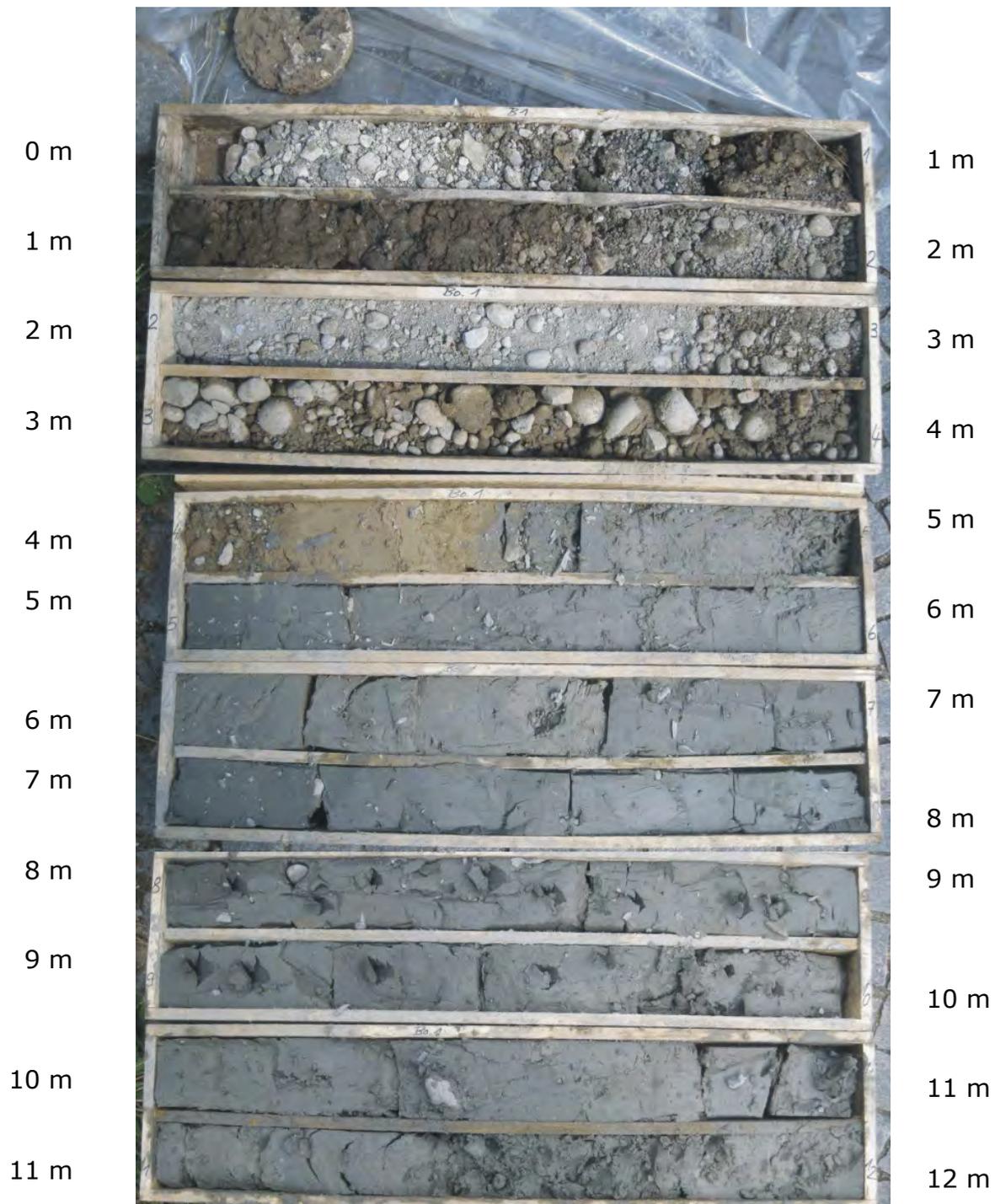
Projekt: BV Tiefgarage
im Bereich Herz-Jesu-Platz Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/SWS
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Bohrprofil B1/16 Herz-Jesu-Platz Singen, Stadtwerke Singen (19.04.2016)

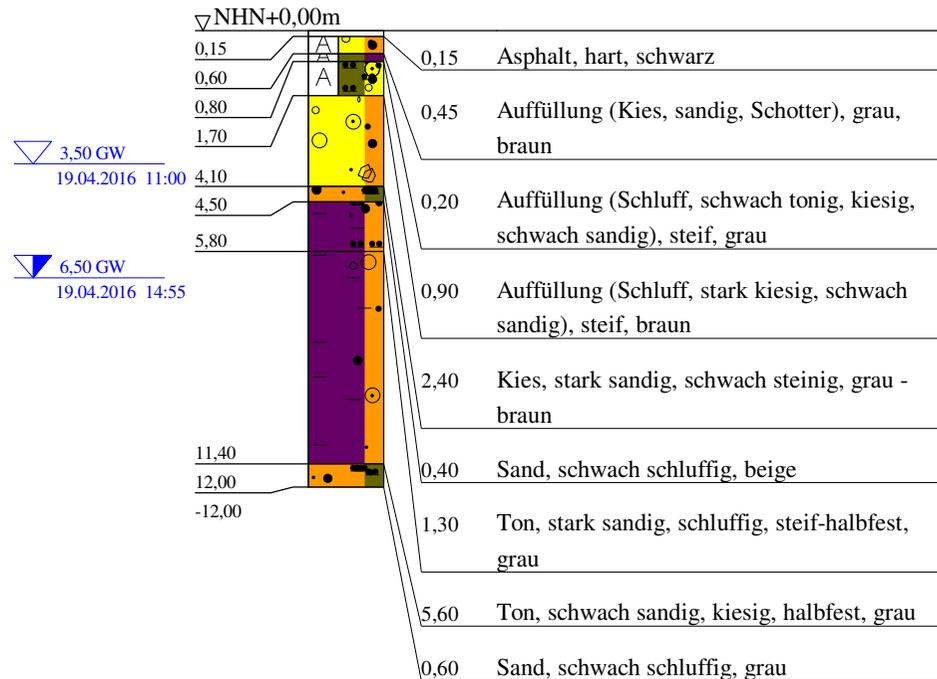
0	- 0,15 m	Teerdecke
	- 0,40 m	Auffüllung (Kalkschotter, grau)
	- 0,60 m	Auffüllung (Fein- bis Mittelkies, sandig, schluffig – schwach schluffig, Ziegelbruch, beige)
	- 0,80 m	Auffüllung (Schluff, fein- bis mittelkiesig, schwach tonig, schwach feinsandig, grau – dunkelgrau)
	- 1,70 m	Schluff, tonig, schwach kiesig, schwach steinig, weich, braun – rotbraun (vermutl. Auffüllung)
	- 2,00 m	Fein- bis Mittelkies, grobkiesig, sandig, schluffig, braun – graubraun
	- 2,80 m	Fein- bis Grobkies, sandig – stark sandig, schwach schluffig, hellgrau
	- 3,00 m	Fein- bis Mittelkies, stark sandig, schwach grobkiesig, graubraun
	- 3,80 m	Fein- bis Grobkies, steinig, sandig, graubraun; Wasserzutritt 3,50 m
	- 4,10 m	Fein- bis Mittelkies, stark sandig, grobkiesig, graubraun
	- 4,45 m	Feinsand, schluffig, braun, kalkhaltig
	- 5,00 m	Feinsand, schluffig, schwach tonig, grau, kalkhaltig
	- 5,40 m	Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig, grau, kalkhaltig
	- 5,70 m	Feinsand, schluffig, grau, kalkhaltig
	- 6,00 m	Schluff, feinsandig, nach unten schwach tonig, grau, unkonsolidiert
	- 11,00 m	Schluff, tonig – stark tonig, schwach feinsandig, sehr schwach kiesig, grau, unkonsolidiert
	- 11,40 m	Schluff, feinsandig, schwach tonig (Wechselagerung), grau
	- 11,80 m	Feinsand, schwach mittelsandig, grau; Wasserzutritt 11,40 m, steigt an auf 6,45 m
	- 12,00 m	Feinsand, schluffig, grau

Projekt: BV Tiefgarage
im Bereich Herz-Jesu-Platz Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/SWS
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

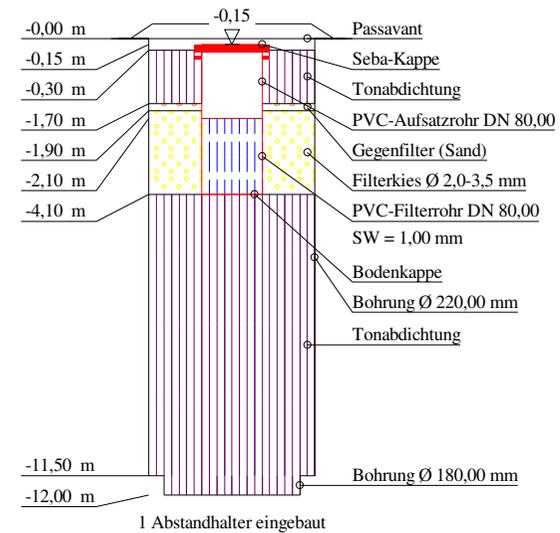
Fotodokumentation der Bohrung B1/16-SWS



B 1 Herz-Jesu



Ausbauzeichnung



B1/16 HJ

HD - EDV Nr. 5031

Koordinaten:

Rechtswert 3488312,90

Hochwert 5291605,01

POK 427,966 mNN

TERRASOND

Gesellschaft für
Baugrunduntersuchungen GmbH & Co.KG

St.-Ulrich-Straße 12 - 16
89312 Günzburg-Deffingen
Tel.: 0 82 21/906 - 0
Fax: 0 82 21/906 - 40

Bauvorhaben:

Herz-Jesu-Platz, Singen

Planbezeichnung:

Bohrprofil & Ausbauzeichnung

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 2016-0583

Datum: 19.04.2016

Maßstab: 1 : 200

Bearbeiter: Dr. Edgar Erfle

Bohrung Nr. B 1 Herz-Jesu	Rammkernbohrung bis 12,00 m verrohrt bis 11,50 m Ø 220 mm
Durchführungszeit: 19.04.2016	Rotationskernbohrung bis m verrohrt bis m Ø mm EK-DK-S Ø 180 mm verrohrt bis m Ø mm

Höhe des Ansatzpunktes zu m; bezogen auf
 Gitterwerte d. Bohransatzes: Rechts: Hoch: Einmessung durch:

Grundwasserstände	Datum	Uhrzeit	Tiefe m	UK Verrohrg. m	Bohrtiefe m
angebohrt/angestiegen	19.04.2016	11:00/11:10	3,50/3,35	3,20	3,70
angebohrt/angestiegen	19.04.2016	14:40/14:55	11,50/6,50	11,50	12,00

Pegelrohr **80** Ø ROK = **0,15** m, unter Gel. = m **Passavant, 1 Abstandhalter**
 Sumpfrohr m, Filterrohr **2,00** m, Vollrohr PVC **1,95** m, Vollrohr Stahl m, **Seba-/Bodenkappe**
 Filterkies von **4,10** bis **1,90** m, Tondichtung von **12,00** bis **4,10** m, Zem.-Bent. von bis m
 Gegenfilter/Sand von **1,90** bis **1,70** m, Tondichtung von **1,70** bis **0,30** m, Bohrgut von bis m

Bis __m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortsübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					

1	2					3	4	5	6
0,15	a1) Asphalt					Verrohrung Ø 220 mm bis 11,50 m feucht			
	a2)								
	b) hart	c) schwer zu bohren	d) schwarz						
	f)	g)	h)	e)					
0,60	a1) Auffüllung (Kies, sandig, Schotter)					feucht			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau, braun						
	f)	g)	h)	e)					
0,80	a1) Auffüllung (Schluff, schwach tonig, kiesig, schwach sandig)					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) leicht zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
1,70	a1) Auffüllung (Schluff, stark kiesig, schwach sandig)					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) braun						
	f)	g)	h)	e)					

Bodenpr./Versuche: GP KP SP WP **12** mKi(v) mBKB() SPT
 Bodenproben übergeben am an

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 1 Herz-Jesu**

Durchführungszeit: **19.04.2016**

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					
1	2					3	4	5	6
4,10	a1) Kies, stark sandig, schwach steinig					nass			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau - braun						
	f)	g)	h)	e)					
4,50	a1) Sand, schwach schluffig					stark feucht			
	a2)								
	b)	c) mittel zu bohren	d) beige						
	f)	g)	h)	e)					
5,80	a1) Ton, stark sandig, schluffig					feucht			
	a2)								
	b) steif-halbfest	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
11,40	a1) Ton, schwach sandig, kiesig					feucht			
	a2)								
	b) halbfest	c) mittel zu bohren, schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
12,00	a1) Sand, schwach schluffig					nass			
	a2)								
	b)	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



Anlage 1.6

Dokumentation
der Bohrung Herz-Jesu-Platz B 2/16



Projekt: BV Tiefgarage
im Bereich Herz-Jesu-Platz Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/SWS
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Bohrprofil B2/16 Herz-Jesu-Platz Singen, Stadtwerke Singen (20.04.2016)

0	- 0,15 m	Teerdecke
	- 0,50 m	Auffüllung (Kalkschotter, weiß – weißgrau, mehlig)
	- 0,80 m	Auffüllung (Feinsand, schluffig, fein- bis mittelkiesig, schwarz)
	- 0,90 m	Auffüllung (Betonbruchstück)
	- 1,80 m	Schluff, tonig, schwach kiesig, schwach steinig, weich, braun – rotbraun (vermutl. Auffüllung)
	- 5,00 m	Fein- bis Grobkies, sandig – stark sandig, schwach steinig, graubraun
	- 6,00 m	Fein- bis Grobkies, sandig, schwach schluffig, ockerbraun; Wasserzutritt 5,30 m, steigt an auf 5,00 m
	- 6,30 m	Fein- bis Grobkies, stark steinig, schwach sandig, schwach schluffig – schluffig (verlehmt), ockerbraun
	- 7,10 m	Schluff, tonig, Feinsand-Lage 7,8 – 7,9 m, grau
	- 7,55 m	Schluff, feinsandig, grau
	- 8,00 m	Schluff, tonig – schwach tonig, grau
	- 8,30 m	Schluff, feinsandig, grau

Projekt: BV Tiefgarage
im Bereich Herz-Jesu-Platz Gemarkung Singen
Projekt Nr.: 321/SWS
Bearbeitung: HYDRO-DATA, R. Ramsch
Bohrzeitraum: April 2016

Fotodokumentation der Bohrung B2/16-SWS



Bohrung Nr. B 2 Herz-Jesu	Rammkernbohrung bis 8,30 m verrohrt bis 8,00 m Ø 220 mm
Durchführungszeit: 20.04.2016	Rotationskernbohrung bis m verrohrt bis m Ø mm EK-DK-S Ø 180 mm verrohrt bis m Ø mm

Höhe des Ansatzpunktes zu m; bezogen auf
 Gitterwerte d. Bohransatzes: Rechts: Hoch: Einmessung durch:

Grundwasserstände	Datum	Uhrzeit	Tiefe m	UK Verrohrg. m	Bohrtiefe m
angebohrt/angestiegen im Pegel gemessen	20.04.2016 20.04.2016	10:30/10:40 11:50	5,30/5,00 4,90	5,00 -	5,50 -

Pegelrohr **80** Ø ROK = **0,10** m, unter Gel. = m **Passavant, 1 Abstandhalter**
 Sumpfrohr m, Filterrohr **2,00** m, Vollrohr PVC **4,20** m, Vollrohr Stahl m, **Seba-/Bodenkappe**
 Filterkies von **6,30** bis **3,00** m, Tondichtung von **8,30** bis **6,30** m, Zem.-Bent. von bis m
 Gegenfilter/Sand von **3,00** bis **2,70** m, Tondichtung von **2,70** bis **0,40** m, Bohrgut von bis m

Bis __m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortsübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					

1	2					3	4	5	6
0,15	a1) Asphalt					Verrohrung Ø 220 mm bis 8,00 m feucht			
	a2)								
	b) hart	c) schwer zu bohren	d) schwarz						
	f)	g)	h)	e)					
0,50	a1) Auffüllung (Kies, sandig, Schotter)					feucht			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
0,80	a1) Auffüllung (Schluff, stark sandig, schwach kiesig)					feucht			
	a2)								
	b) weich-steif	c) mittel zu bohren	d) schwarz - braun						
	f)	g)	h)	e)					
0,90	a1) Auffüllung (Beton)					feucht			
	a2)								
	b) hart	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

Bodenpr./Versuche: GP KP SP WP **9** mKi(v) mBKB() SPT
 Bodenproben übergeben am an

1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Bohrung Nr. **B 2 Herz-Jesu**

Durchführungszeit: **20.04.2016**

Bis __ m unter Ansatz- punkt	a1) Benennung und Beschreibung der Schicht					Feststellungen beim Bohren: Wasserführung; Bohrwerkzeuge; SPT-Test Sonstiges	Entnommene Proben		
	a2) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾						Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	b) Beschaffenheit gemäß Bohrgut	c) Beschaffenheit gemäß Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Ortübliche Bezeichnung	g) Geologische Bezeichnung ¹⁾	h) Gruppe ¹⁾	e) Kalk- gehalt					
1	2					3	4	5	6
1,80	a1) Auffüllung (Schluff, stark kiesig, sandig)					feucht			
	a2)								
	b) steif	c) mittel zu bohren	d) hellbraun						
	f)	g)	h)	e)					
5,00	a1) Kies, stark sandig, schwach steinig					feucht			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					
6,30	a1) Kies, schwach sandig, steinig					nass			
	a2)								
	b)	c) schwer zu bohren	d) beige						
	f)	g)	h)	e)					
8,30	a1) Sand, stark schluffig					feucht			
	a2)								
	b)	c) mittel zu bohren	d) grau						
	f)	g)	h)	e)					

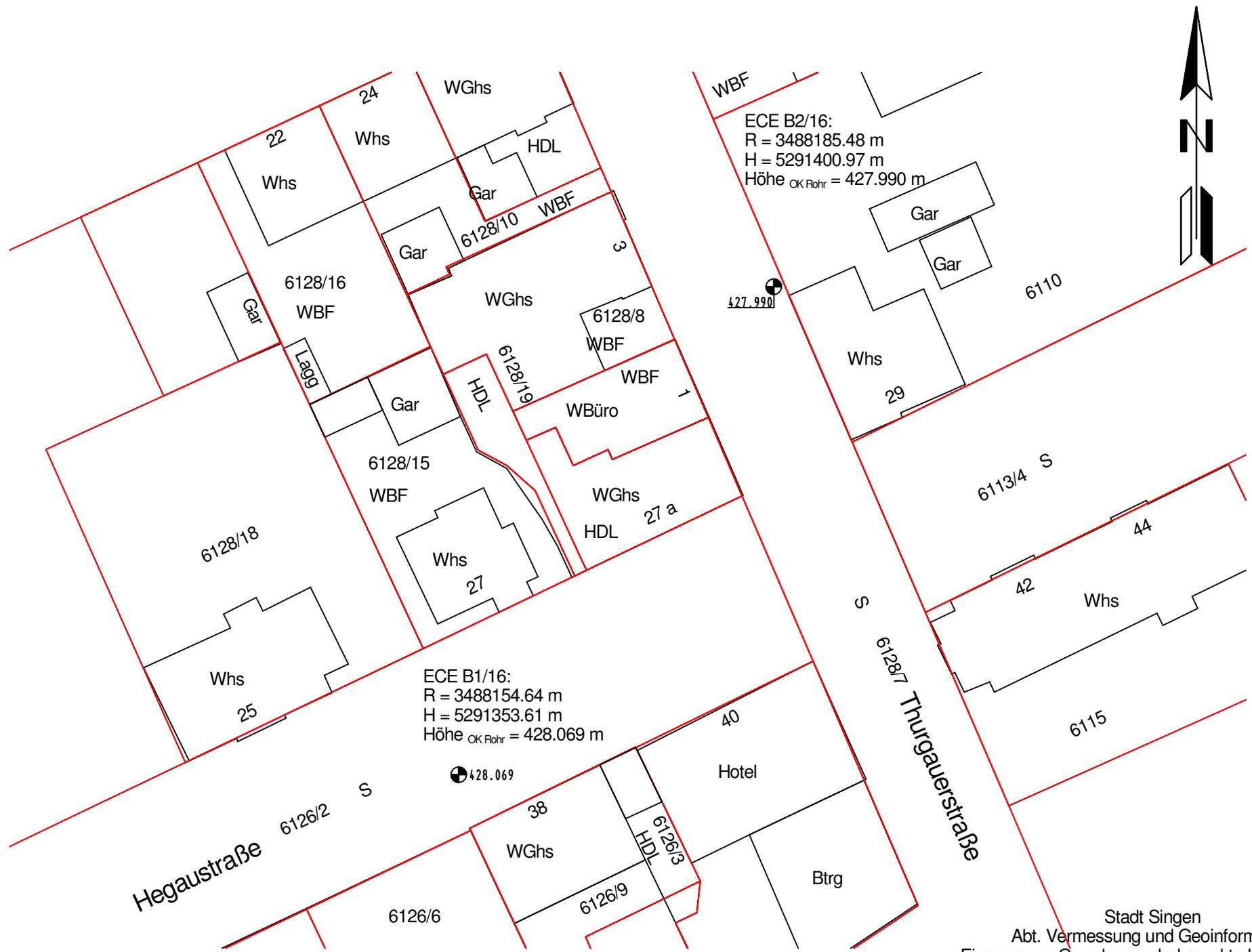
1) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



Anlage 2

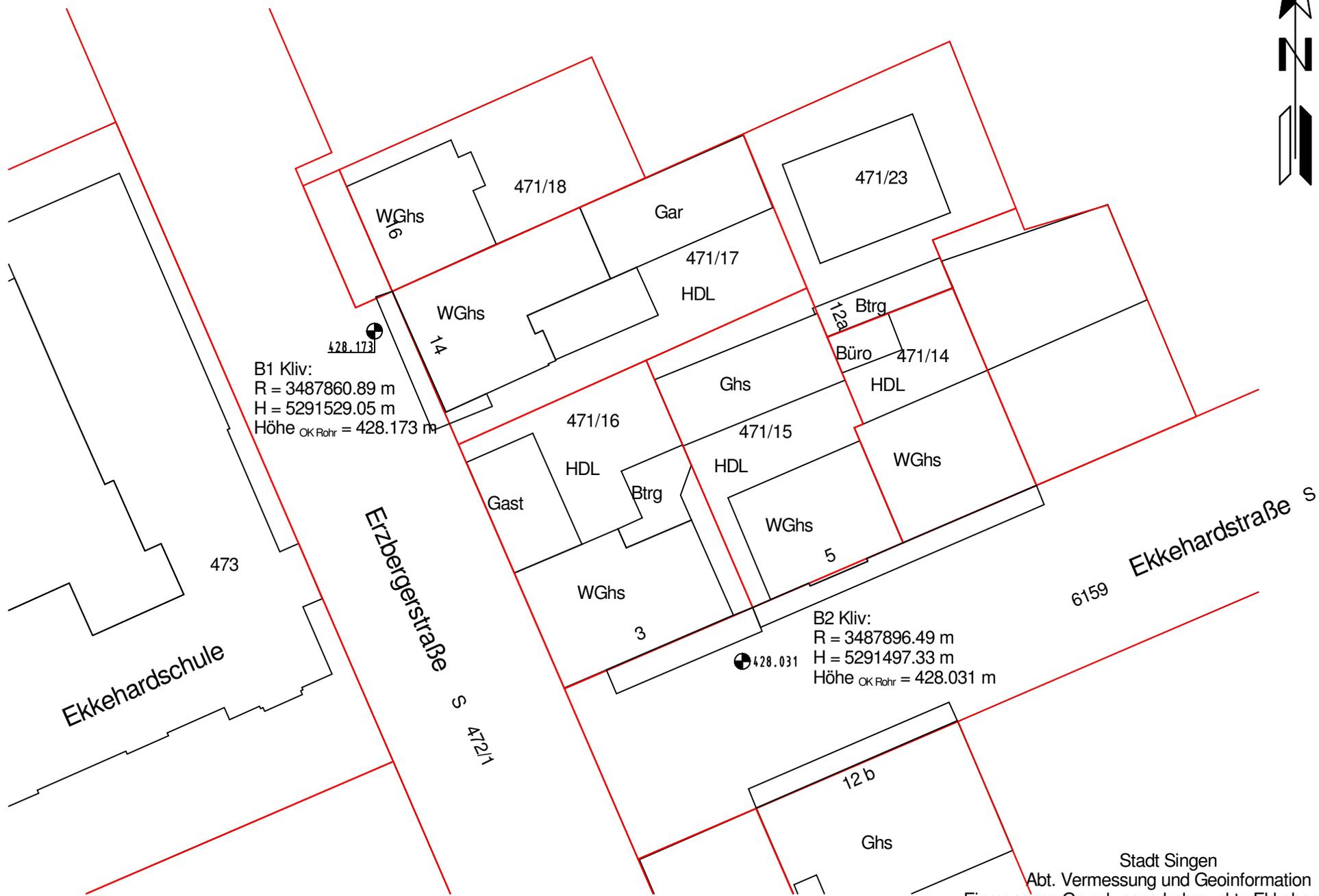
Ergebnismitteilung Einmessarbeiten

ECEB1/16	3488154,64	5291353,61	428.069
ECEB2/16	3488185,48	5291400,97	427.990
B1 Kliv	3487860,89	5291529,05	428.173
B2 Kliv	3487896,49	5291497,33	428.031
B1 Herz Jesu	3488312,9	5291605,01	427.966
B2 Herz Jesu	3488284,03	5291506,43	428.277

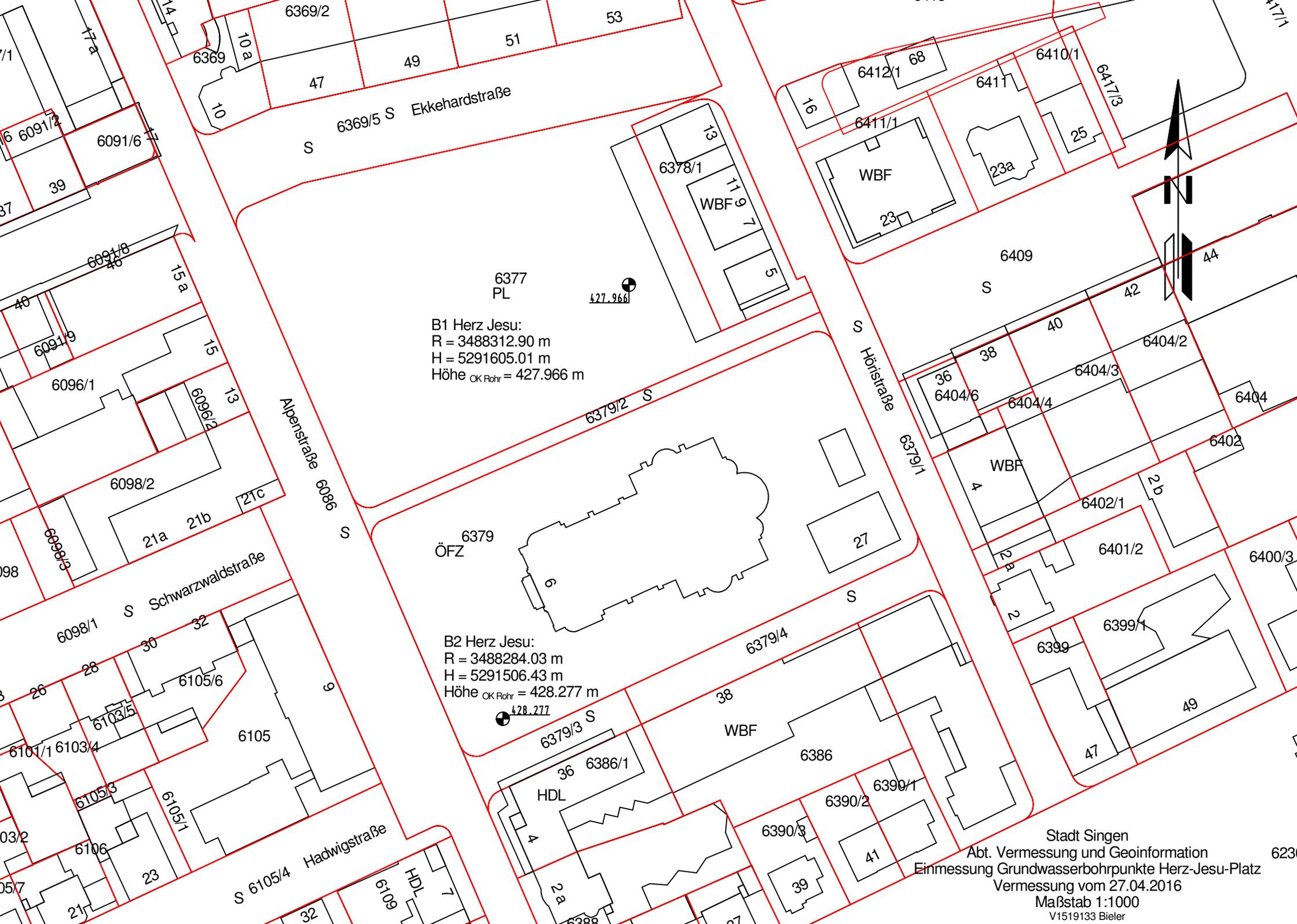


ECE B2/16:
 R = 3488185.48 m
 H = 5291400.97 m
 Höhe OK Rohr = 427.990 m

ECE B1/16:
 R = 3488154.64 m
 H = 5291353.61 m
 Höhe OK Rohr = 428.069 m



Stadt Singen
Abt. Vermessung und Geoinformation
Einmessung Grundwasserbohrpunkte Ekkehardstraße
Vermessung vom 28.04.2016
Maßstab 1:500
V1519134 Bieler



B1 Herz Jesu:
 $R = 3488312.90 \text{ m}$
 $H = 5291605.01 \text{ m}$
 $\text{Höhe}_{\text{OK Rohr}} = 427.966 \text{ m}$

B2 Herz Jesu:
 $R = 3488284.03 \text{ m}$
 $H = 5291506.43 \text{ m}$
 $\text{Höhe}_{\text{OK Rohr}} = 428.277 \text{ m}$



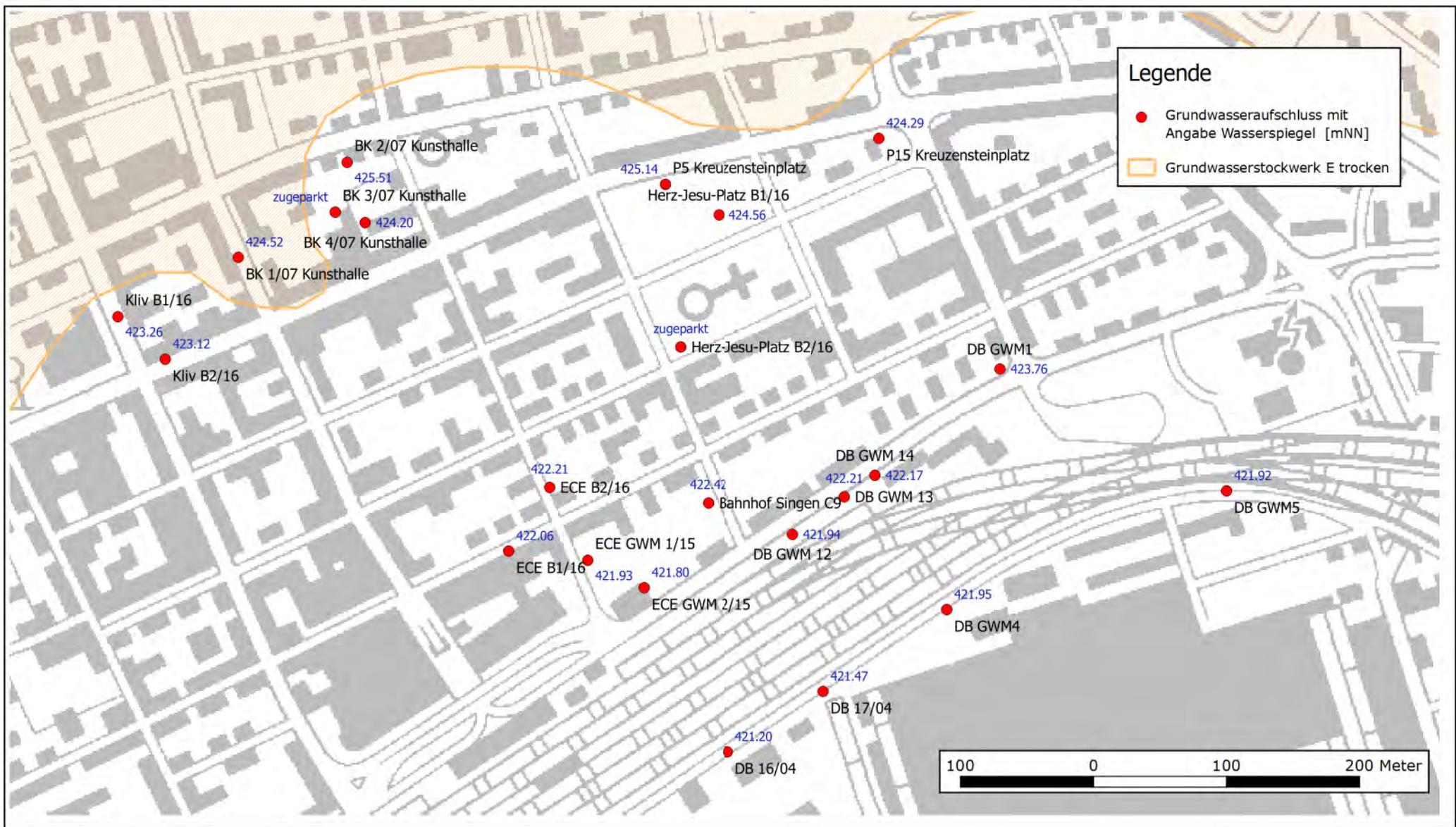
Anlage 3

Wasserspiegel-Stichtagsmessungen am
27.04. und am 29.04.2016

Anlage 3 Wasserspiegel-Stichtagsmessungen am 27.04. und am 29.04.2016

EDV	LUBW-Nr.	Bezeichnung	GOK	POK	Rechtswert	Hochwert	Abstich 27.04.17 [m u BZP]	Abstich 29.04.19 [m u BZP]	Wsp 27.04.16 [mNN]	Wsp 29.04.16 [mNN]
5033	-	Kliv B1/16	428,17	428,04	3487860,89	5291529,05	4,90	4,91	423,27	423,26
5034	-	Kliv B2/16	428,03	427,95	3487896,49	5291497,33	4,91	4,91	423,12	423,12
5031	-	Herz-Jesu-Platz B1/16	427,97	427,81	3488312,9	5291605,01	3,41	3,41	424,56	424,56
5032	-	Herz-Jesu-Platz B2/16	428,28	428,16	3488284,03	5291506,43	4,91	zugeparkt	423,37	zugeparkt
5029	-	ECE B1/16	428,07	427,89	3488154,64	5291353,61	5,98	6,01	422,09	422,06
5030	-	ECE B2/16	427,99	427,87	3488185,48	5291400,97	5,77	5,78	422,22	422,21
9	0009/422-0	P5 Kreuzensteinplatz	428,37	428,11	3488272,50	5291627,80	3,23	3,23	425,14	425,14
11	0011/422-3	P15 Kreuzensteinplatz	428,30	428,11	3488433,96	5291662,12	3,82	3,82	424,29	424,29
266	0318/422-3	DB GWM 12	428,14	427,95	3488369,00	5291366,00	6,02	6,01	421,93	421,94
267	0319/422-9	DB GWM 13	428,26	428,04	3488408,00	5291394,00	5,83	5,83	422,21	422,21
268	0320/422-6	DB GWM 14	428,39	428,11	3488431,00	5291410,00	5,95	5,94	422,16	422,17
177	0171/422-2	Bahnhof Singen C9	427,73	428,73	3488320,00	5291380,00	6,31	6,31	422,42	422,42
3151	-	BK 1/07 Kunsthalle	428,92	428,75	3487951,43	5291573,33	4,23	4,23	424,52	424,52
3152	-	BK 2/07 Kunsthalle	428,83	428,71	3488033,23	5291644,25	3,20	3,20	425,51	425,51
3153	-	BK 3/07 Kunsthalle	428,16	428,10	3488024,30	5291607,09	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt	zugeparkt
3154	-	BK 4/07 Kunsthalle	428,50	428,20	3488046,76	5291599,24	4,00	4,00	424,20	424,20
4982	-	ECE GWM 1/15	428,08	428,80	3488214,05	5291346,70	6,89	6,87	421,91	421,93
4983	-	ECE GWM 2/15	428,06	427,98	3488256,55	5291326,32	6,19	6,18	421,79	421,80
259	0311/422-5	DB GWM1	428,66	428,97	3488525,00	5291490,00	5,21	5,21	423,76	423,76
262	0314/422-1	DB GWM4	427,97	427,80	3488485,00	5291310,00	5,85	5,85	421,95	421,95
263	0315/422-7	DB GWM5	429,18	429,08	3488695,34	5291398,45	7,18	7,16	421,90	421,92
2929	-	DB 16/04 GWM Betriebswerk Singen	428,02	427,89	3488320,00	5291204,00	6,69	6,69	421,20	421,20
2930	-	DB 17/04 GWM Betriebswerk Singen	428,16	428,04	3488392,00	5291249,00	6,56	6,57	421,48	421,47

BZP Bezugspunkt
 POK Pegeloberkante
 GOK Geländeoberkante
 Wsp Wasserspiegel
 DS Datensammler installiert



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15

eMail:
mail@hydro-data.de

Wasserspiegel-Stichtag am 29.04.2016

Auftraggeber: ECE Projektmanagement GmbH & Co.KG
22366 Hamburg

Projekt-Nr.:70-437/2016-010-01/849

Datei: Anl_3_Stichtag

Bearbeiter: M. Reinold

Datum: Mai 2016

Hydrogeologische
Erkundung
ECE Singen
- Bohrdokumentation -

zu Anl. 3



Anlage 4

LHKW – Analyseergebnisse
SGS Institut Fresenius

ECE Singen

Prüfbericht Nr. 2925172

Seite 2 von 3

Auftrag Nr. 3740746

04.05.2016

Proben von Ihnen gebracht

Matrix: Grundwasser

Probennummer	160437426	160437427	160437428
Bezeichnung	ECE B1/16 26.04.16, vor PV	ECE B1/16 26.04.16, Ende	ECE B1/15 27.04.16, 08:40 Uhr
Eingangsdatum:	29.04.2016	29.04.2016	29.04.2016

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
LHKW Headspace :						
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
trans-1,2-Dichlorethen	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
Dichlormethan	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
Tetrachlormethan	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 10301 HE
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 10301 HE
Trichlorethen	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 10301 HE
Tetrachlorethen	µg/l	1,5	2,5	1,3	0,1	DIN EN ISO 10301 HE
Trichlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN EN ISO 10301 HE
Chlorethen	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	1,5	2,5	1,3		HE

ECE Singen
 -

Prüfbericht Nr. 2925172

Seite 3 von 3

Auftrag Nr. 3740746

04.05.2016

Proben von Ihnen gebracht

Matrix: Grundwasser

Probennummer	160437429	160437430	160437431
Bezeichnung	ECE B1/15 27.04.16, 14:30 Uhr	ECE B2/15 28.04.16, 07:35 Uhr	ECE B2/15 28.04.16, 13:25 Uhr
Eingangsdatum:	29.04.2016	29.04.2016	29.04.2016

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
LHKW Headspace :						
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
trans-1,2-Dichlorethen	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
Dichlormethan	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
Tetrachlormethan	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 10301 HE
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 10301 HE
Trichlorethen	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 10301 HE
Tetrachlorethen	µg/l	1,7	1,9	1,4	0,1	DIN EN ISO 10301 HE
Trichlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN EN ISO 10301 HE
Chlorethen	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN ISO 10301 HE
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	1,7	1,9	1,4		HE

Die Laborstandorte der SGS Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.