Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Bahlinger Weg 27
79346 Endingen
☎ 07642-9229-70
07642-9229-89
klc@klc-endingen.de
www.klc-endingen.de

Gemeinde Rheinhausen
Hauptstraße 95
79365 Rheinhausen

Wasserrechtsverfahren
Grundwasserwärmepumpenanlage
Neubau Grundschule
Flst.-Nr.620 in 79365 Rheinhausen
Erläuterungsbericht

Projekt 17/034-1

Endingen, den 17. Februar 2020

17/034-1 Gemeinde Rheinhausen
Neubau Grundschule
Flst.-Nr. 620
Wasserrechtsverfahren Grundwasserwärmepumpe
Erläuterungsbericht

INHALT

Seite

1.0 Vorbemerkungen und Veranlassung 4

2.0 Verwendete Unterlagen 4

3.0 Allgemeine Angaben 5

3.1 Antragsteller und Bauherr 5

3.2 Ortsangaben 5

3.3 Fachplaner des Bauvorhabens 5

3.4 Brunnenbaufirma 6

3.5 Fachplaner der Wärmepumpenanlage 6

3.6 Vorhandene Wärmepumpenanlagen 6

3.7 Geologisch/hydrogeologische Situation 6

4.0 Angaben zur Anlage 7

4.1 Randbedingungen Anlagenbetrieb 7

4.2 Daten der Brunnen 7

4.3 Maßnahmen der Eigenkontrolle 8

4.4 Leistungspumpversuch Entnahmebrunnen 8

4.5 Auffüllversuch Schluckbrunnen 9

4.6 Eingesetzte Wärme- und Unterwasserpumpe 9

5.0 Geohydraulische Auswirkungen im Entnahme- und Einleitbereich 9

6.0 Mathematisch-numerische Modellrechnung 10

ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtslageplan

Anlage 2: Detailplan der Brunnenstandorte

Anlage 3: Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne der Brunnen

Anlage 4: Protokoll Leistungspumpversuch Entnahmebrunnen

Anlage 5: Protokoll Auffüllversuch Schluckbrunnen

Anlage 6: Datenblatt der Wärmepumpe

Anlage 7: Datenblatt der Unterwasserpumpe

Unterlagen Büro Funk

Anlage 8: Übersichtskarte Modellgebiet

Anlage 9: Lageplan Modellgebiet

Anlage 10: Temperaturanomalien/Strömungsbahnen Stationärer Zustand Heizung
Oberer Grundwasserleiter bis 11 m Tiefe

Anlage 11: Temperaturanomalien/Strömungsbahnen Stationärer Zustand Heizung
Oberer Grundwasserleiter 12-16 m Tiefe

Anlage 12: Temperaturanomalien/Strömungsbahnen Lastfall Heizung
Oberer Grundwasserleiter bis 11 m Tiefe

Anlage 13: Temperaturanomalien/Strömungsbahnen Lastfall Heizung
Oberer Grundwasserleiter 12-16 m Tiefe

Anlage 14: Bericht zu den mathematisch-numerischen Modellrechnungen

1.0 Vorbemerkungen und Veranlassung

Beim Neubau der Grundschule in Rheinhausen sollen die Kühlung und die Heizung der Schulräume über eine Grundwasserwärmepumpenanlage betrieben werden. Die Grundwasserförderung erfolgt über einen Entnahmebrunnen, zur Wiedereinspeisung in den Grundwasserleiter dient ein Schluckbrunnen.

Die Bohrarbeiten wurden am 19.06.2018 mit Ergänzungen vom 22.10.2018 beim Landratsamt Emmendingen angezeigt. Die Erlaubnis der Fachbehörde zur Errichtung der Brunnen und Durchführung von Leistungspumpversuchen datiert vom 28.11.2018.

Die Ausführung der Bohrarbeiten wurde im März 2019 im Rahmen einer beschränkten Preisanfrage an nach DVGW W120 zertifizierte Bohrfirmen durch die Architekten Hess+Volk aus 79336 Herbolzheim ausgeschrieben. Den Zuschlag erhielt die Krämer Brunnenbau GmbH aus 76706 Dettenheim.

Die Bohrarbeiten zur Errichtung des Entnahme- und des Schluckbrunnens fanden im Zeitraum 01.-12.04.2019 statt. Die entsprechenden Bohr- und Ausbauprofile der Brunnen wurden am 26.09.2019 übermittelt.

Im Herbst 2019 wurden von der Krämer Brunnenbau GmbH die U-Pumpe im Entnahmebrunnen eingebaut und die Leitungszutritte in die Brunnenstuben mittels Doyma-Dichtungen verschlossen. Abschließende Nacharbeiten an den Dichtungen führte die Krämer Brunnenbau GmbH am 16.01.2020 durch.

Das Gutachten zu den mathematisch-numerischen Modellrechnungen durch das Büro Funk ging am 12.02.2020 beim Unterzeichner ein.

Der vorliegende Erläuterungsbericht stellt die Daten der Bohrarbeiten, der Pumpversuche sowie die Randbedingungen der Anlage dar. Es werden Aussagen zu den geohydraulischen Auswirkungen im Entnahme- und Einleitbereich der Brunnen getroffen. Weiterhin sind die Daten der vom Büro für Hydrogeologie E. Funk erstellten Grundwassermodellierung beigelegt.

2.0 Verwendete Unterlagen

[1] Topographische Karte Baden-Württemberg, Blatt 7711/7712 Ettenheim, 1:25 000

[2] Geologische Karte Baden-Württemberg, Blatt 7711/7712 Ettenheim, 1:25 000

[3] Hydrogeologische Karte „Raum Lahr“, 1:50 000

[4] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Arbeitsanleitung „Temperaturfelder im Grundwasser“; 1980

[5] Umweltministerium Baden-Württemberg, Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen, 2009

[6] Tholen & Walker-Hertkorn, Arbeitshilfen Geothermie, 2008

[7] KLC GmbH, Endingen, Neubau der Grundschule in 79365 Rheinhausen, Geotechnischer Bericht vom 09.06.2017

[8] Hess-Volk Partnerschaft Freie Architekten, Herbolzheim, Werksplanung im Maßstab 1:500 Stand 07.11.2017, Ausführungsplanung im Maßstab 1:100 Stand 09.03.2018

[9] Büro für Hydrogeologie E. Funk, Staufen, Grundwasserwärmepumpenanlage Grundschule Rheinhausen, Flst.-Nr. 620, Mathematisch-numerische Modellrechnungen zur Prognose der geohydraulischen und geothermischen Auswirkungen der geplanten Grundwasserentnahmen, Modellierung vom 30.01.2020

3.0 Allgemeine Angaben

3.1 Antragsteller und Bauherr

Gemeinde Rheinhausen
Bürgermeisteramt
Hauptstraße 95
79365 Rheinhausen
Telefon +49(0)7643-9107-0
Telefax +49(0)7643-9107-99
gemeinde@rheinhausen.de

3.2 Ortsangaben

Landkreis:	Emmendingen
Gemeinde:	Rheinhausen
Straße:	Im Bürgerzentrum
Flurstück:	Nr. 620
Grundstückseigentümer:	Gemeinde Rheinhausen

3.3 Fachplaner des Bauvorhabens

Hess-Volk Architekten PartGmbB
Niederwaldstraße 15
79336 Herbolzheim
Telefon +49(0)7643-9300-65
Telefax +49(0)7643-9300-66
architekten@hess-volk.de

3.4 Brunnenbaufirma

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim
Telefon +49(0)7255-7193-10
Telefax +49(0)7255-7193-11
p.kraemer@kraemer-brunnenbau.de

3.5 Fachplaner der Wärmepumpenanlage

Minarik-Ingenieure
Kirchgasse 6b
79379 Müllheim
Telefon +49(0)7631-9724-0
Telefax +49(0)7631-9724-24
info@minarik-ingenieure.de

3.6 Vorhandene Wärmepumpenanlagen

Im Umfeld des Standorts „Grundschule Rheinhausen“ befinden sich bereits bestehende Wärmepumpenanlagen. Die Lage dieser Anlagen ist in der Anlage 8 (Übersichtslageplan Modellgebiet) und der Anlage 9 (Lageplan Modellgebiet) dargestellt.

3.7 Geologische/hydrogeologische Situation

Der Standort des geplanten Bauvorhabens befindet sich im Bereich der rechtsrheinischen Niederterrasse. Im Untergrund stehen die quartären Lockergesteinssedimente der Rheingrabenverfüllung an. Die Kiese und Sande sind von Auelehm überdeckt.

Nach der Hydrogeologischen Karte „Raum Lahr“ [3] lassen sich die quartären Sedimente in diesem Raum generell in das obere, mittlere und untere Kieslager unterteilen. Meist werden die einzelnen Kieslager durch schluffige-sandige Zwischenhorizonte voneinander getrennt.

Das obere, mittlere und untere Kieslager stellen einen bedeutenden Grundwasserleiter dar. Die HGK „Raum Lahr“ [3] gibt als Ergebnis einer geoelektrischen Kartierung für den geplanten Standort eine Grundwassermächtigkeit von 110 m an. Die Durchlässigkeit der Lockergesteine wird von ihrer Materialzusammensetzung sowie der Lagerungsdichte bestimmt. Für das obere Kieslager können nach [3] durchschnittliche Durchlässigkeitsbeiwerte von k_f = 1,5 x 10^{-2} m/s angenommen werden. Detaillierte Untersuchungen zu den Durchlässigkeiten des mittleren und unteren Kieslagers liegen nicht vor.

Für das Bauvorhaben wurden in der geotechnischen Untersuchung [7] folgende hydrologische Kenndaten abgeleitet:

MW:	164,60 m über NN	ca. 3,90 m u. GOK
MHW:	165,50 m über NN	ca. 3,00 m u. GOK
HHW:	166,10 m über NN	ca. 2,40 m u. GOK

Gemäß [7] sind die Untergrundverhältnisse am Standort wie folgt:

- bis max. 0,7 m: Oberboden/Auffüllung
- bis ca. 2,0 m: Sandlöss, sandige bis stark sandige Schluffe
- ab ca. 2,0 m: Niedertassenschotter, Rheinkiese

4.0 Angaben zur Anlage

4.1 Randbedingungen Anlagenbetrieb

Die Daten zum Betrieb der Grundwasserwärmepumpenanlage stellt die folgende Tabelle dar (nach Angaben Ingenieurbüro Minarik und Büro Funk):

Tabelle 1: WP-Anlage Grundschule Rheinhausen - Angaben zum Anlagenbetrieb

	Einheit	Heizen	Kühlen
Delta T	K	3,5	3,5
Heizlast/Kühllast	kW	104	104
Jahreswassermenge	m^3/Jahr	44.000	51.000
Spitzenmenge	m^3/Std	30	30
Spitzenmenge	l/s	8,35	8,35
Betriebszeiten	Std/Jahr	1.700	1.700
Jahresmittel	l/s	1,39	1,62
Lastfall 120 Tage doppeltes Jahresmittel	l/s	2,78	3,24

4.2 Daten der Brunnen

Das für den Betrieb der WP-Anlage benötigte Grundwasser wird über einen Entnahmebrunnen gefördert. Die Rückgabe des Pumpwassers nach Durchlaufen der Anlage erfolgt über einen Schluckbrunnen im Grundwasserabstrom (siehe Lageplan in Anlage 2). Die Tabelle auf der nachfolgenden Seite stellt die Daten der im April 2019 errichteten Brunnen dar (siehe auch Bohr-/Ausbauprofile in Anlage 3):

Tabelle 2: WP-Anlage Grundschule Rheinhausen – Angaben zu den Brunnen

	Entnahmebrunnen	Schluckbrunnen
Rechtswert	3404 575	3404 534
Hochwert	5344 818	5344 840
Oberkante Brunnenschacht [m NN]	168,75	169,00
Endteufe Bohrung [m u. GOK]	11,50	16,00
Bohrdurchmesser [mm]	880	880
Ausbaudurchmesser [mm]	300	300
Filterstrecke [m u. GOK]	3,50-9,50 und 10,50-11,50	12,00-16,00
Einbau U-Pumpe	9,50-10,50 m (Vollrohrstrecke)	--
Ruhewasserspiegel [m u. GOK] am 02.04.2019 (SBr) am 11.04.2019 (EBr)	5,00	5,00

4.3 Maßnahmen der Eigenkontrolle

Im Rahmen der Eigenkontrolle werden Menge sowie Temperatur des Pumpwassers im Zu- und im Ablauf der Wärmepumpenanlage digital erfasst. Die erhobenen Daten werden in einem Betriebstagebuch fortlaufend dokumentiert und am Jahresende der Fachbehörde übermittelt.

4.4 Leistungspumpversuch Entnahmebrunnen

Im Zuge des Wärmepumpenbetriebs der Grundschule Rheinhausen muss der Entnahmebrunnen eine Spitzenmenge von 30 m^3/h (=8,35 l/s) bereitstellen können. Zur Überprüfung der Brunnenergiebigkeit führte die Krämer Brunnenbau GmbH am 30.08.2019 einen 6-stündigen Leistungspumpversuch durch. Es wurden jeweils über 2,0 Stunden drei Pumpstufen von 10 m^3/h (2,77 l/s), 20 m^3/h (5,55 l/s) und 44 m^3/h (12,2 l/s) gefahren.

- Das Diagramm und die Aufzeichnungen des Datenloggers in Anlage 4 belegen, dass der Brunnen auch die maximal angelegte Pumprate von 44 m^3/h und somit auch die erforderliche Spitzenlast von 30 m^3/h liefern kann.
- Bezogen auf den Ausgangswasserspiegel von 4,20 m u. GOK wurden bei den drei Pumpstufen folgende Absenkbeträge gemessen:

  -0,11 m Pumprate 10 m^3/h

  -0,16 m Pumprate 20 m^3/h

  -0,40 m Pumprate 44 m^3/h.

4.5 Auffüllversuch Schluckbrunnen

Zur Überprüfung der Aufnahmefähigkeit des Schluckbrunnens wurde das am 30.08.2019 im Entnahmebrunnen geförderte Wasser verwendet. Analog dem Leistungspumpversuch lagen die Einleitmengen bei 10 m^3/h (2,77 l/s), 20 m^3/h (5,55 l/s) und 44 m^3/h (12,2 l/s).

- Das in Anlage 5 beigelegte Protokoll des Auffüllversuchs belegt, dass der Schluckbrunnen auch die maximale Einleitmenge von 44 m^3/h und somit auch die vorgegebene Spitzenlast von 30 m^3/h aufnehmen kann.
- Bezogen auf den Ausgangswasserspiegel von 4,46 m u. GOK wurden bei den drei Pumpstufen folgende Aufhöhungen des Grundwasserspiegels gemessen:

  +0,08 m Pumprate 10 m^3/h

  +0,16 m Pumprate 20 m^3/h

  +0,51 m Pumprate 44 m^3/h.

4.6 Eingesetzte Wärme- und Unterwasserpumpe

Vom Ingenieurbüro Minarik ist zur Heizung und Klimatisierung des Gebäudes der neuen Grundschule in Rheinhausen eine Grundwasserwärmepumpe vorgesehen, die als Kältemittel das HFCKW- und FKW-freie R410A verwendet. Bei dem Edelstahl-Wärmetauscher handelt es sich um das Modell Dimplex WTE 130 (siehe Anlage 6).

Als Unterwasserpumpe im Entnahmebrunnen wird eine Grundfos SP 46-2 eingesetzt. Die technischen Daten der Edelstahlpumpe sind in der Anlage 7 enthalten.

5.0 Geohydraulische Auswirkungen im Entnahme- und Einleitbereich

Durch die Entnahme und die Wiedereinleitung von Grundwasser beim Betrieb der Wärmepumpenanlage sind gegenseitige Beeinflussungen der Brunnen, Auswirkungen auf das Bestandsgebäude wie auch auf Entnahmebrunnen bereits existierender Anlagen grundsätzlich möglich.

- Im Hinblick auf die Brunnen stellt das in Anlage 15 beigelegte Gutachten des Büros für Hydrogeologie E. Funk in Kap. 3.2.3 dar:

  „*die Strömungsbahnen zeigen, dass beim Betrieb der Brunnen keine gegenseitige hydraulische Beeinflussung entsteht*“.

- Bezüglich des errichteten, nicht unterkellerten Schulgebäudes ist eine mögliche Beeinflussung durch den Betrieb der Anlage bzw. der Brunnen nicht abzuleiten. Die im Bereich weniger Dezimeter stattfindende Absenkung (Entnahmebrunnen) bzw. Erhöhung (Schluckbrunnen) der Grundwasseroberfläche liegt innerhalb der natürlichen

Schwankungsbreite im Untersuchungsgebiet (siehe Kap. 3.7). Nachteilige Auswirkungen (Vernässungen, Setzungen) auf das Gebäude sind daher nicht zu erwarten.

- Im Einflussbereich des Entnahmebrunnens im Zustrom wie auch des Schluckbrunnens im Abstrom sind auf anderen Grundstücken keine weiteren Bestandsgebäude vorhanden. Somit leiten sich auch keine nachteiligen geohydraulischen Auswirkungen auf andere Gebäude ab.

Bezüglich der möglichen Beeinflussung von Entnahmebrunnen anderer Grundwasser-Wärmepumpenanlagen weist das Gutachten des Büros für Hydrogeologie E. Funk in Kap. 3.2.4 und Kap. 4. auf Folgendes hin.

- *Im Abstrombereich des Rückgabebrunnens Grundschule liegen mehrere weitere Rückgabe- und Entnahmebrunnen. Zur Prüfung der geothermischen Auswirkungen der geplanten Brunnenanlage ist wichtig festzuhalten, dass der Rückgabebrunnen Grundschule das Grundwasser in einer Tiefe von 12-16 m u. GOK wieder einleitet. Der nahegelegene Entnahmebrunnen Landschütz bezieht das gepumpte Grundwasser aufgrund seines Ausbaus aus einer Tiefe jedoch von nur 10 m u. GOK.*
- *Für den Abstrom ist davon auszugehen, dass die Ausbreitung der 1 Grad-Temperaturanomalie im oberen Bereich den Bereich der Entnahmebrunnen Landschütz und Stefan erreicht.*
- *Im Zustrom des Bauvorhabens sind im Grundwasser keine Temperaturanomalien vorhanden, die sich beschränkend auf die geplante Anlage der Grundschule auswirken.*

6.0 Mathematisch-numerische Modellrechnung

Die Berechnungen durch das Büro Funk erfolgen auf Grundlage von numerischen Modellen für die Temperaturfelder (Wärmetransportsimulation) am Eingabebrunnen. Die entsprechenden Temperaturanomalien und Strömungsbahnen für Heizung werden jeweils im stationären Zustand (Laufzeit 20 Jahre) und im Lastfall (Laufzeit 120 Tage) ermittelt und graphisch dargestellt (siehe Lagepläne in den Anlagen 11-14).

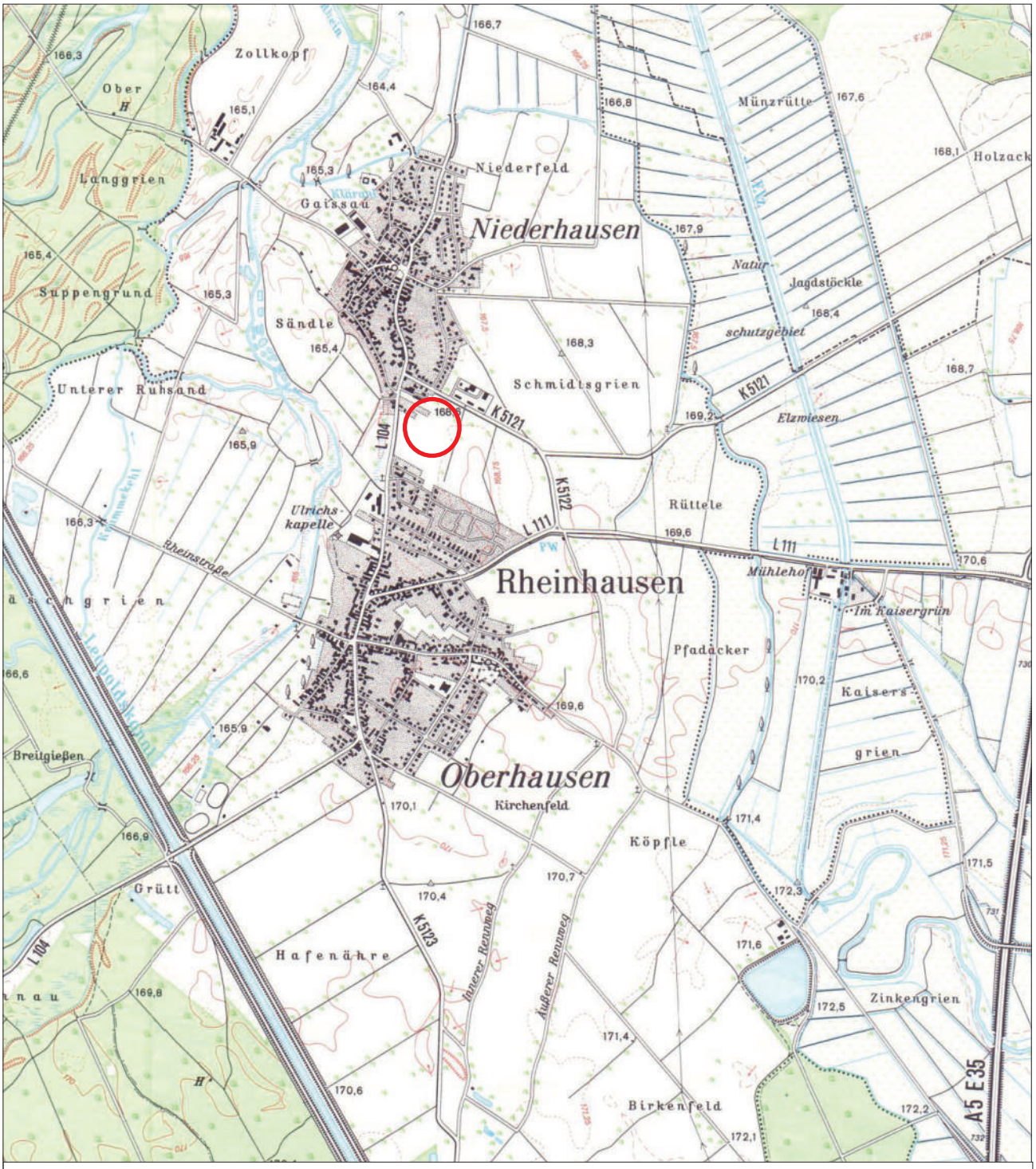
Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

J. Lenhardt

Endingen, den 17. Februar 2020 Dipl.-Geol. Jürgen Lenhardt

Anlage 1

Übersichtslageplan



Untersuchungsgebiet

N

Klipfel & Lenhardt Consult GmbH
Bahlinger Weg 27 ¤ 79346 Endingen
Tel: 07642/9229-70 ▫ Fax: 07642/9229-89

Projekt 17/034-2
BV Grundschule Rheinhausen
Grundwasserwärmepumpe
Erläuterungsbericht

Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Bürgermeisteramt, Hauptstraße 95
79365 Rheinhausen

Titel:
Übersichtslageplan

Bearbeiter:
AW

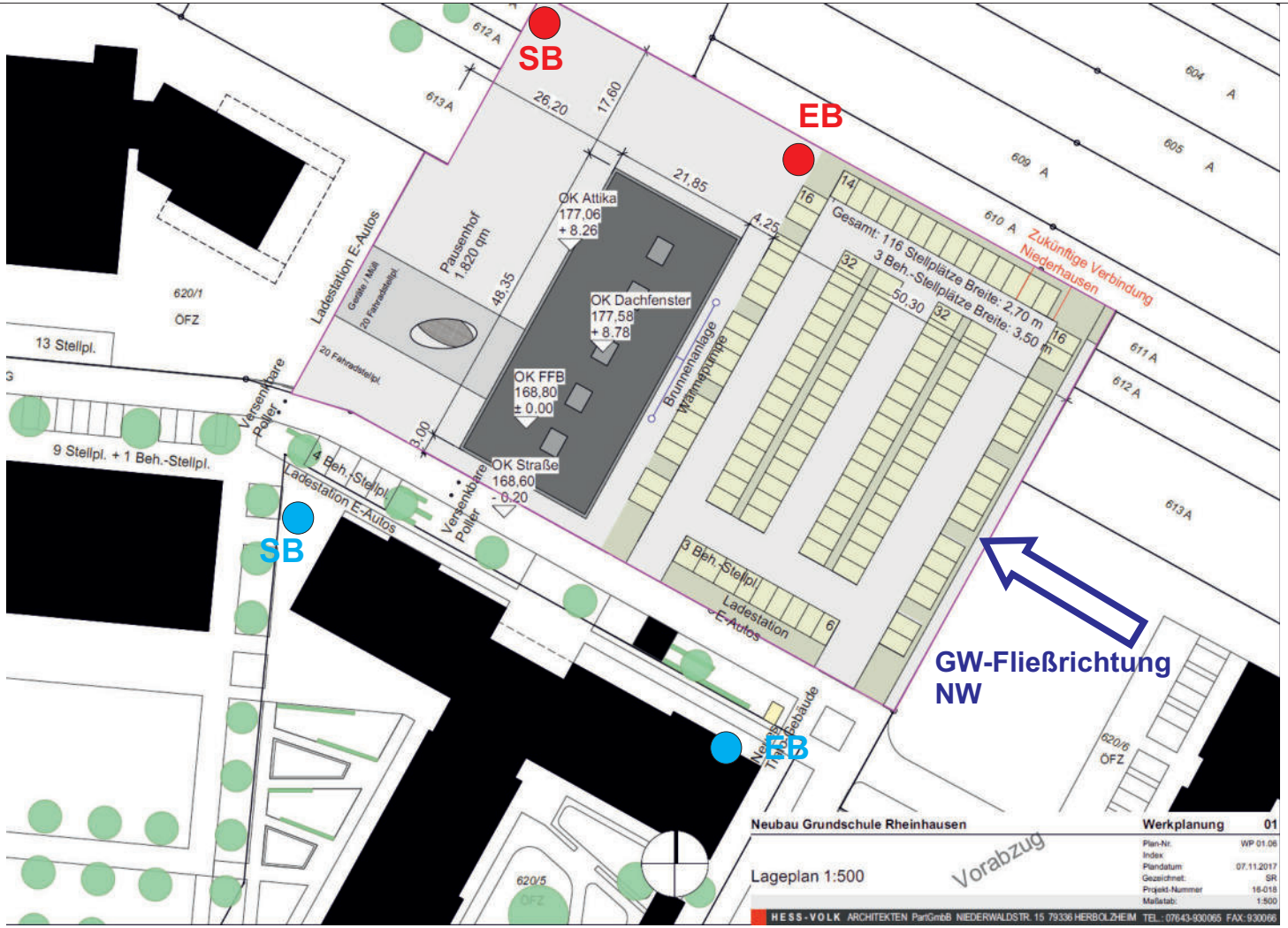
Datum:
14. Februar 2020

Maßstab:
1 : 25 000

Anlage: 1

Anlage 2

Detailplan der Brunnenstandorte



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH
Bahlinger Weg 27 ¤ 79346 Endingen
Tel: 07642/9229-70 ¤ Fax: 07642/9229-89

Projekt 17/034-2
BV Grundschule Rheinhausen
Grundwasserwärmepumpe
Bohranzeige

Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Bürgermeisteramt, Hauptstraße 95
79365 Rheinhausen

Titel:
Detailplan der Brunnenstandorte

- **Bestandsbrunnen WP ARGE BHG + Gemeinde Rheinhausen**
  EB Entnahmebrunnen
  SB Schluckbrunnen
- **Brunnen Grundschule Rheinhausen**

Bearbeiter:
AW

Datum:
14. Februar 2020

Maßstab : 1:1.000

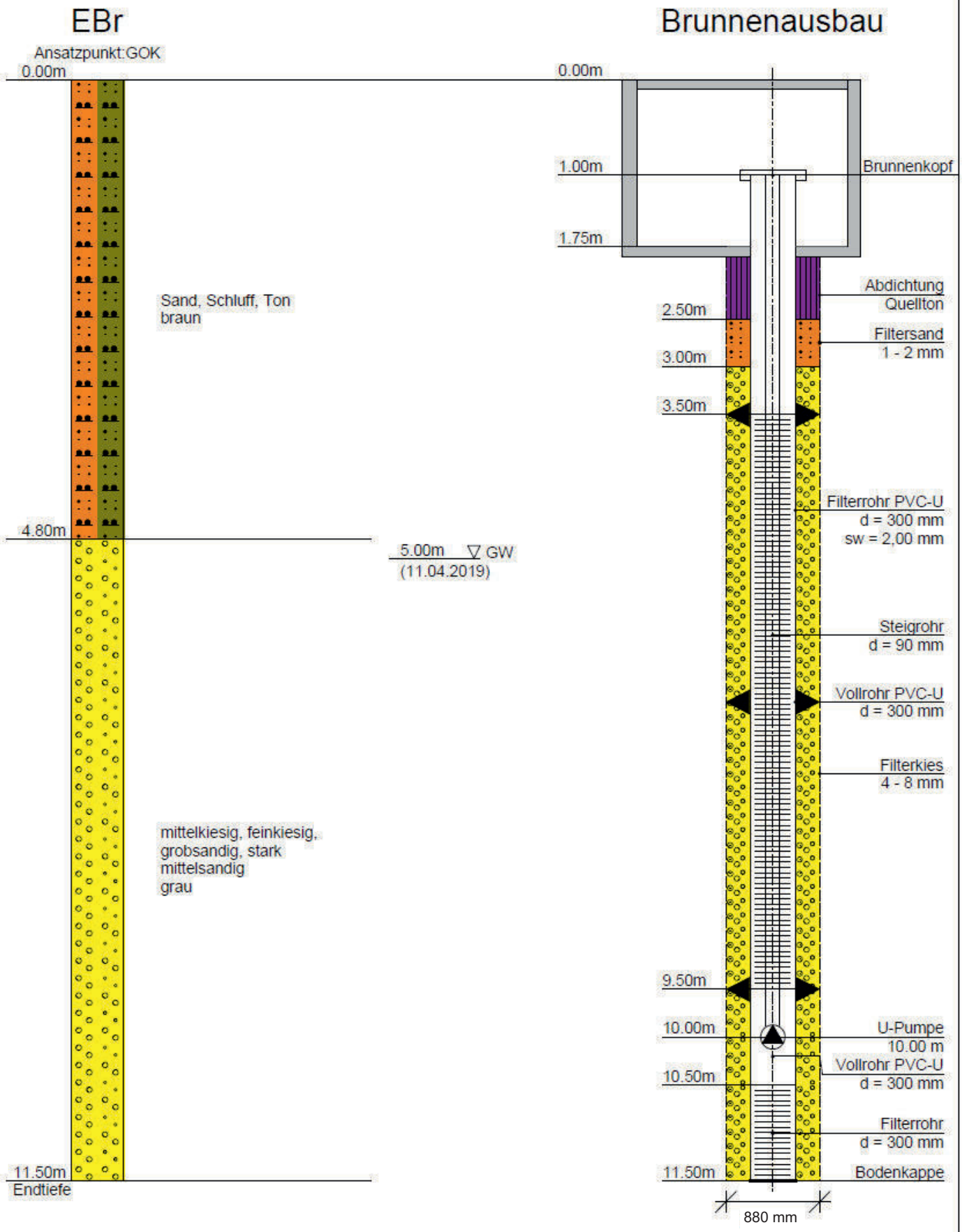
Anlage: 2

Anlage 3

Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne der Brunnen

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

KRÄMER Erdwärme Brunnenbau GMBH



Bauvorhaben: Thermische Brunnenanlage, Neubau Grundschule Rheinhausen
Auftraggeber: Gemeinde Rheinhausen, Hauptstraße 95, 79365 Rheinhausen
Durchführung: 01.04.-12.04.2019

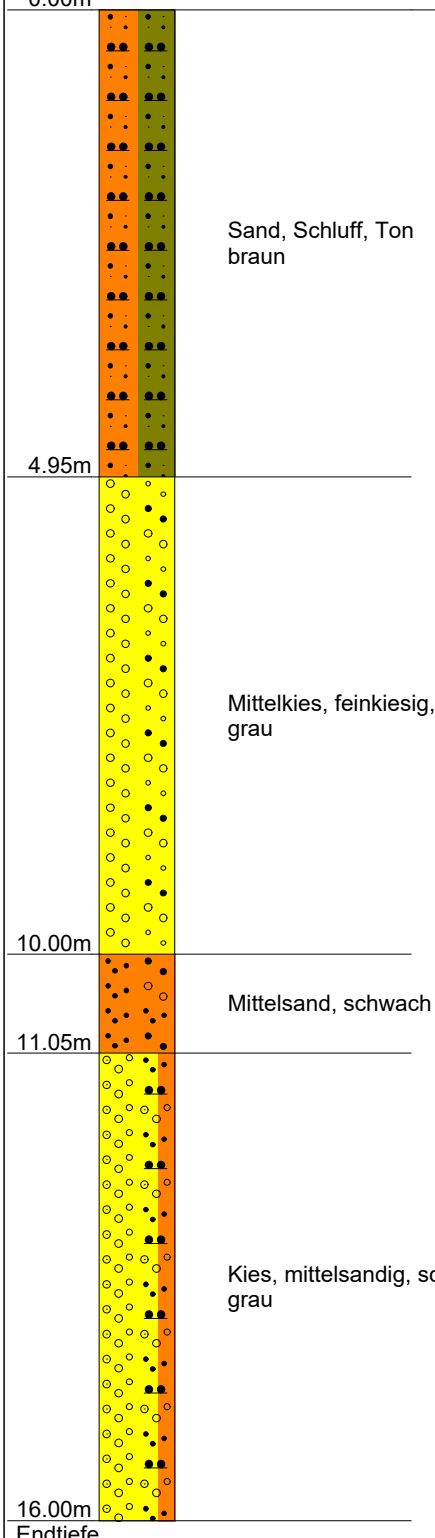
DC

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

KRÄMER Erdwärme Brunnenbau GMBH

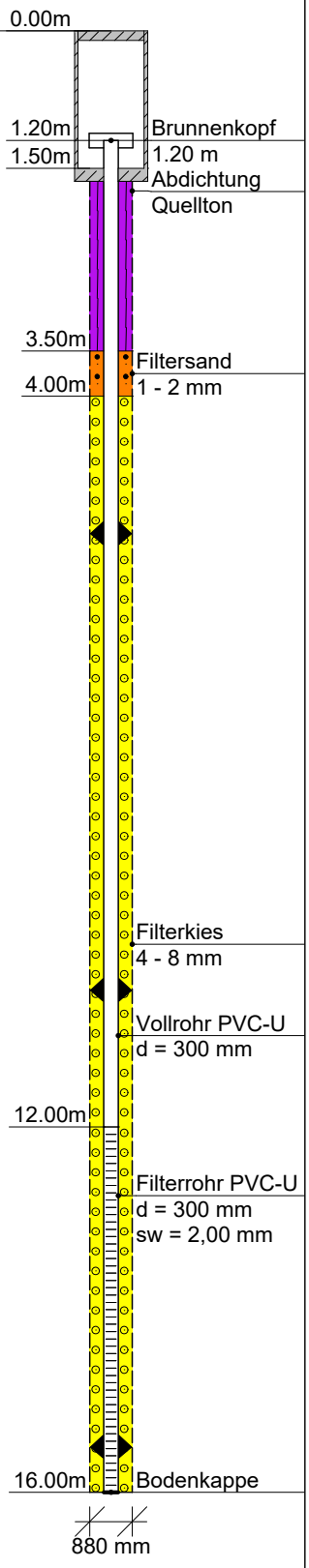
SBr

Ansatzpunkt:GOK



5.00m ▽ GW
(02.04.2019)

Brunnenausbau



Bauvorhaben: Thermische Brunnenanlage, Neubau Grundschule Rheinhausen
Auftraggeber: Gemeinde Rheinhausen, Hauptstraße 95, 79365 Rheinhausen
Durchführung: 01.04.-12.04.2019

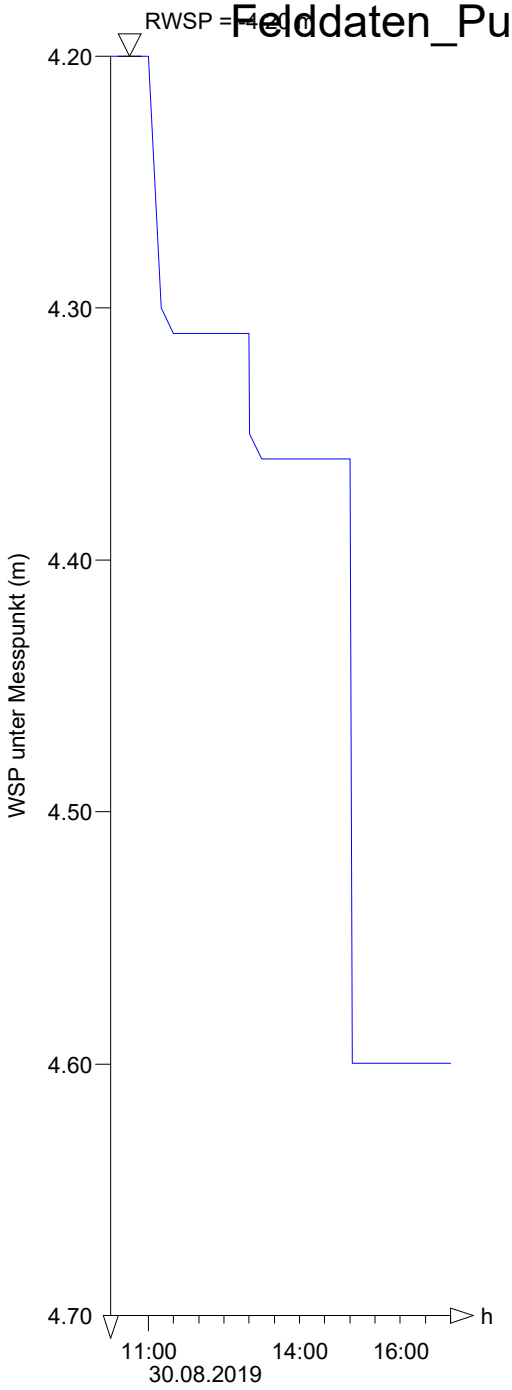
DC

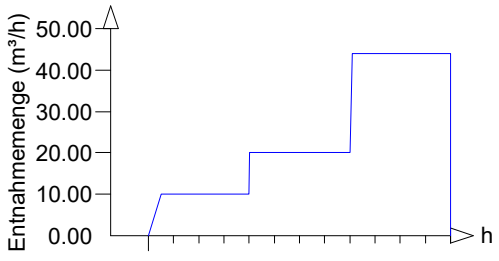
Anlage 4

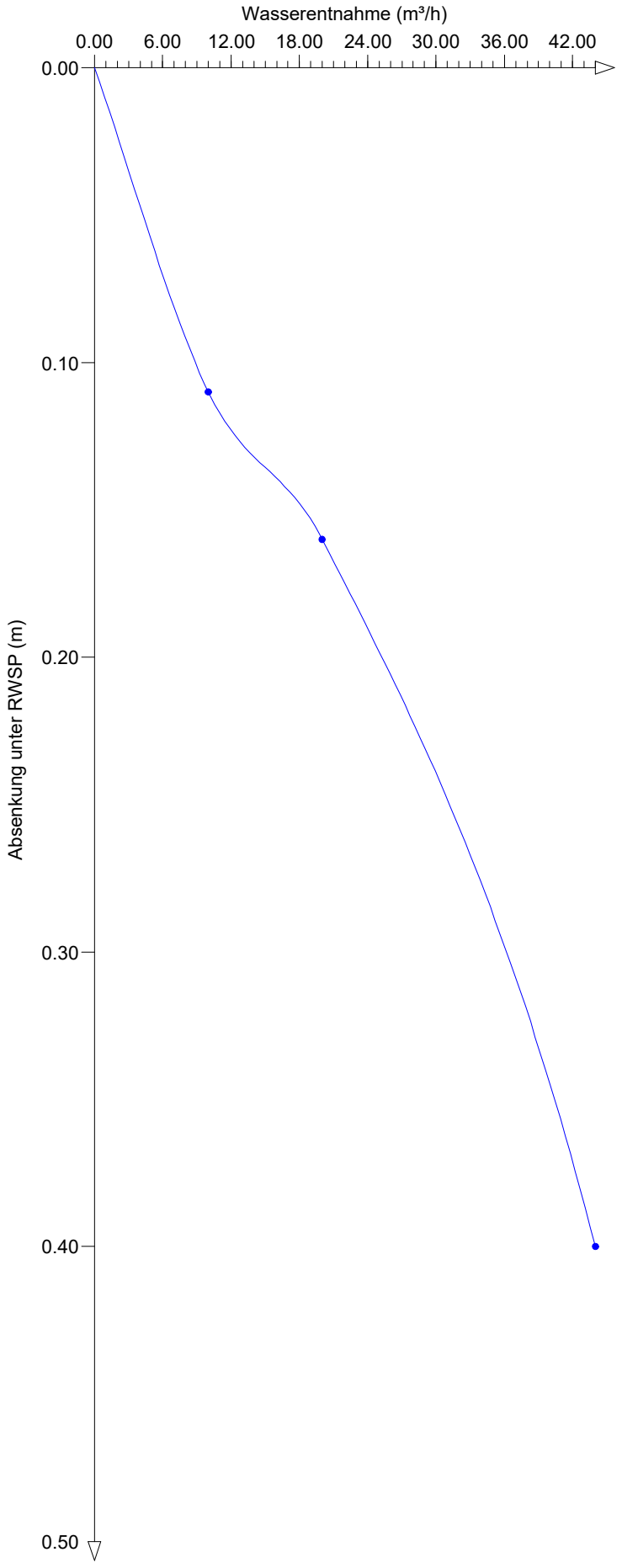
Protokoll Leistungspumpversuch Entnahmebrunnen

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

Felddaten_Pumpversuch (Entnahmebrunnen)





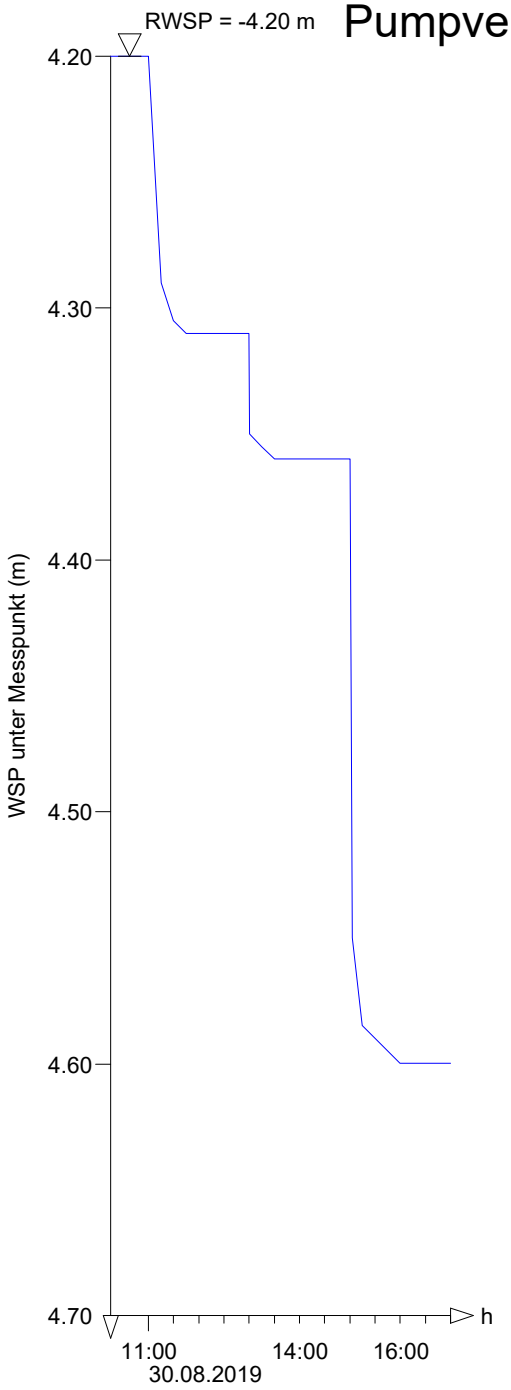


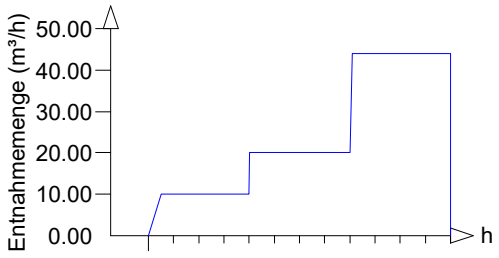
Bauvorhaben: Thermische Brunnenanlage, Neubau Grundschule Rheinhausen
Auftraggeber: Gemeinde Rheinhausen, Hauptstraße 95, 79365 Rheinhausen
Durchführung: 30.08.2019, ON

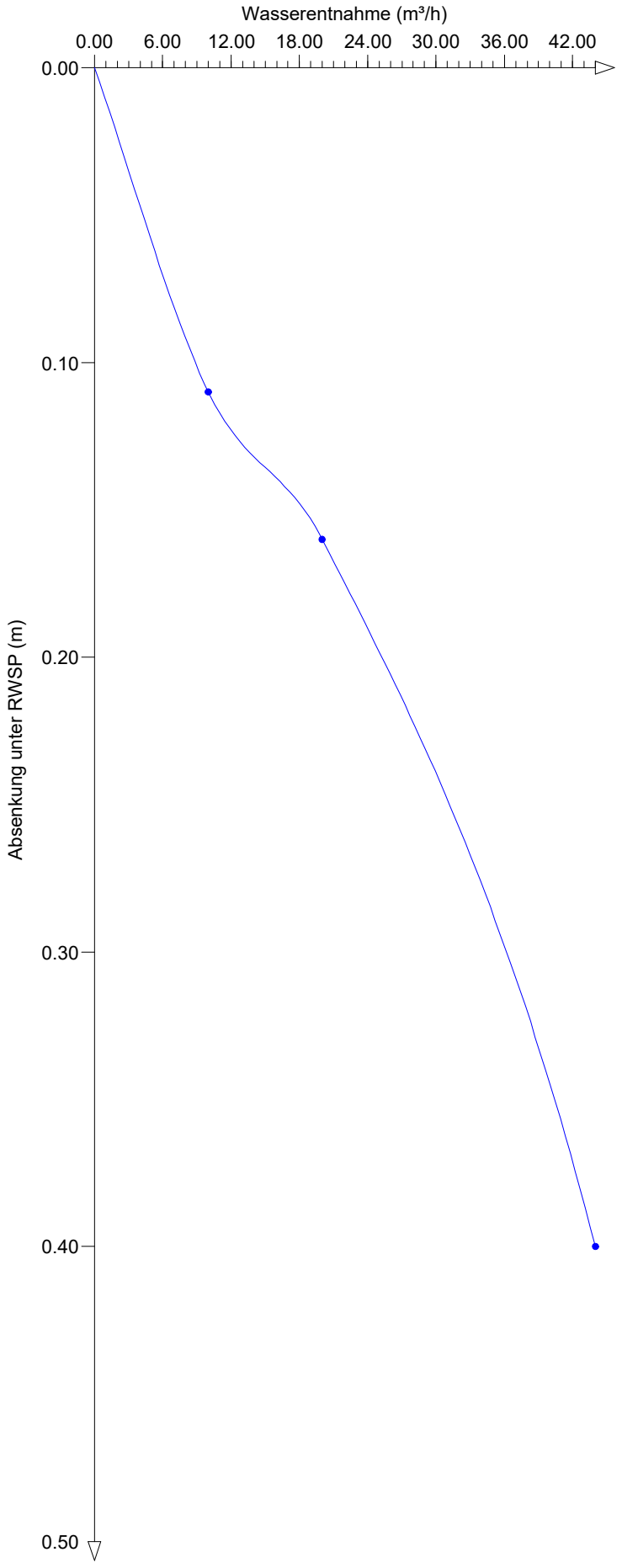
DC

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

Pumpversuch (Entnahmebrunnen)







Bauvorhaben: Thermische Brunnenanlage, Neubau Grundschule Rheinhausen
Auftraggeber: Gemeinde Rheinhausen, Hauptstraße 95, 79365 Rheinhausen
Durchführung: 30.08.2019, ON

DC

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

P U M P V E R S U C H

Pumpversuch (Entnahmebrunnen)

Brunnen

Datum	Uhrzeit	Stunden	Tiefe ab Messpkt	Tiefe ab RuheWSP	Pump-menge
30.08.2019	11:00	0h00m00s	4.200	0.000	0.000
30.08.2019	11:15	0h15m00s	4.290	0.090	10.000
30.08.2019	11:30	0h30m00s	4.305	0.105	10.000
30.08.2019	11:45	0h45m00s	4.310	0.110	10.000
30.08.2019	12:00	1h00m00s	4.310	0.110	10.000
30.08.2019	12:15	1h15m00s	4.310	0.110	10.000
30.08.2019	12:30	1h30m00s	4.310	0.110	10.000
30.08.2019	12:45	1h45m00s	4.310	0.110	10.000
30.08.2019	13:00	2h00m00s	4.310	0.110	10.000
30.08.2019	13:01	2h01m00s	4.350	0.150	20.000
30.08.2019	13:15	2h15m00s	4.355	0.155	20.000
30.08.2019	13:30	2h30m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	13:45	2h45m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	14:00	3h00m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	14:15	3h15m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	14:30	3h30m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	14:45	3h45m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	15:00	4h00m00s	4.360	0.160	20.000
30.08.2019	15:03	4h03m00s	4.550	0.350	44.000
30.08.2019	15:15	4h15m00s	4.585	0.385	44.000
30.08.2019	15:30	4h30m00s	4.590	0.390	44.000
30.08.2019	15:45	4h45m00s	4.595	0.395	44.000
30.08.2019	16:00	5h00m00s	4.600	0.400	44.000
30.08.2019	16:15	5h15m00s	4.600	0.400	44.000
30.08.2019	16:30	5h30m00s	4.600	0.400	44.000
30.08.2019	16:45	5h45m00s	4.600	0.400	44.000
30.08.2019	17:00	6h00m00s	4.600	0.400	44.000

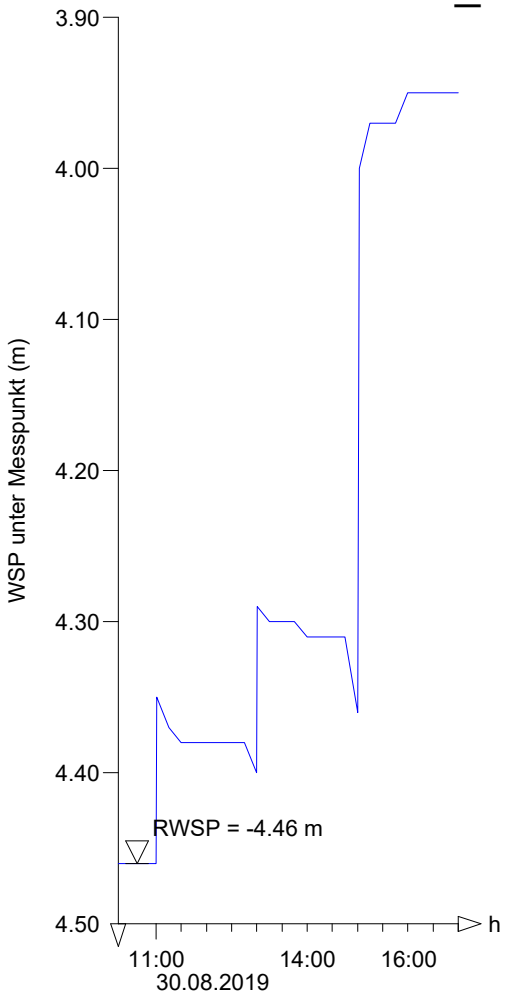
Ende des Versuches
Versuchsdauer 6h00m00s

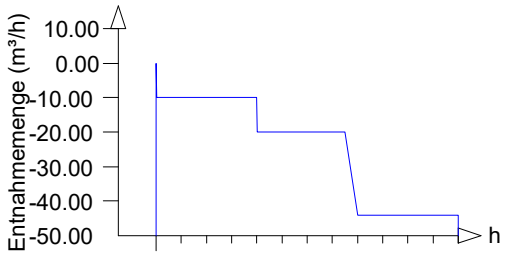
Anlage 5

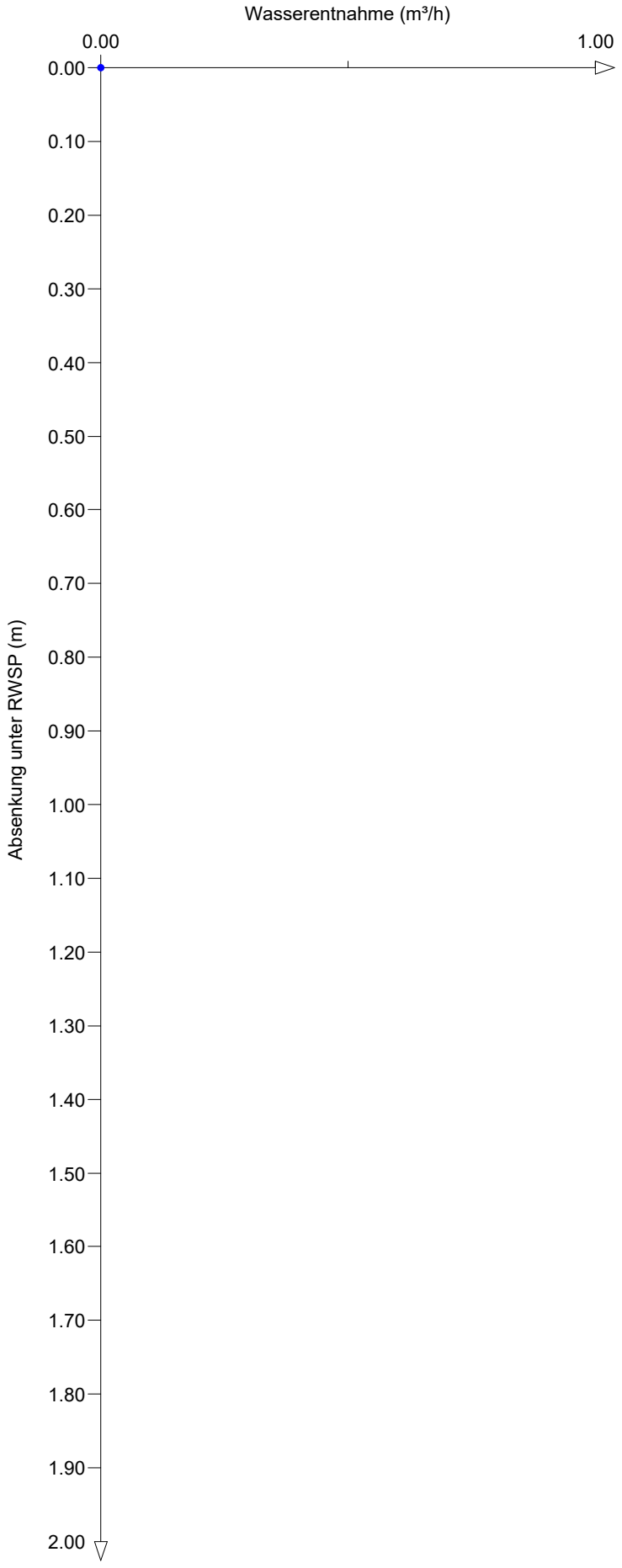
Protokoll Auffüllversuch Schluckbrunnen

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

Felddaten_Pumpversuch (Schluckbrunnen)





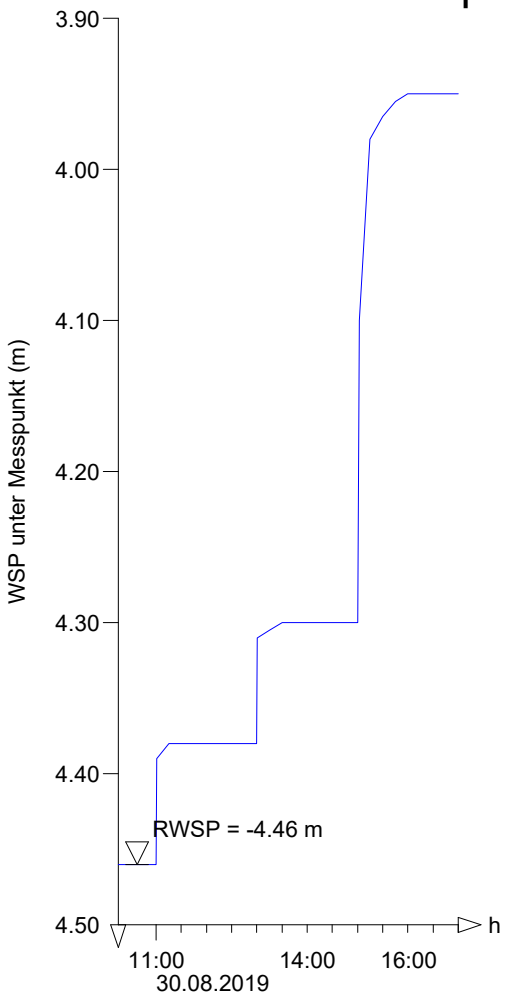


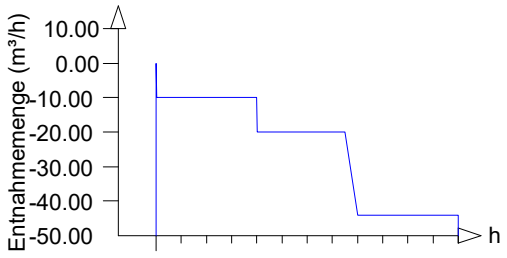
Bauvorhaben: Thermische Brunnenanlage, Neubau Grundschule Rheinhausen
Auftraggeber: Gemeinde Rheinhausen, Hauptstraße 95, 79365 Rheinhausen
Durchführung: 30.08.2019, ON

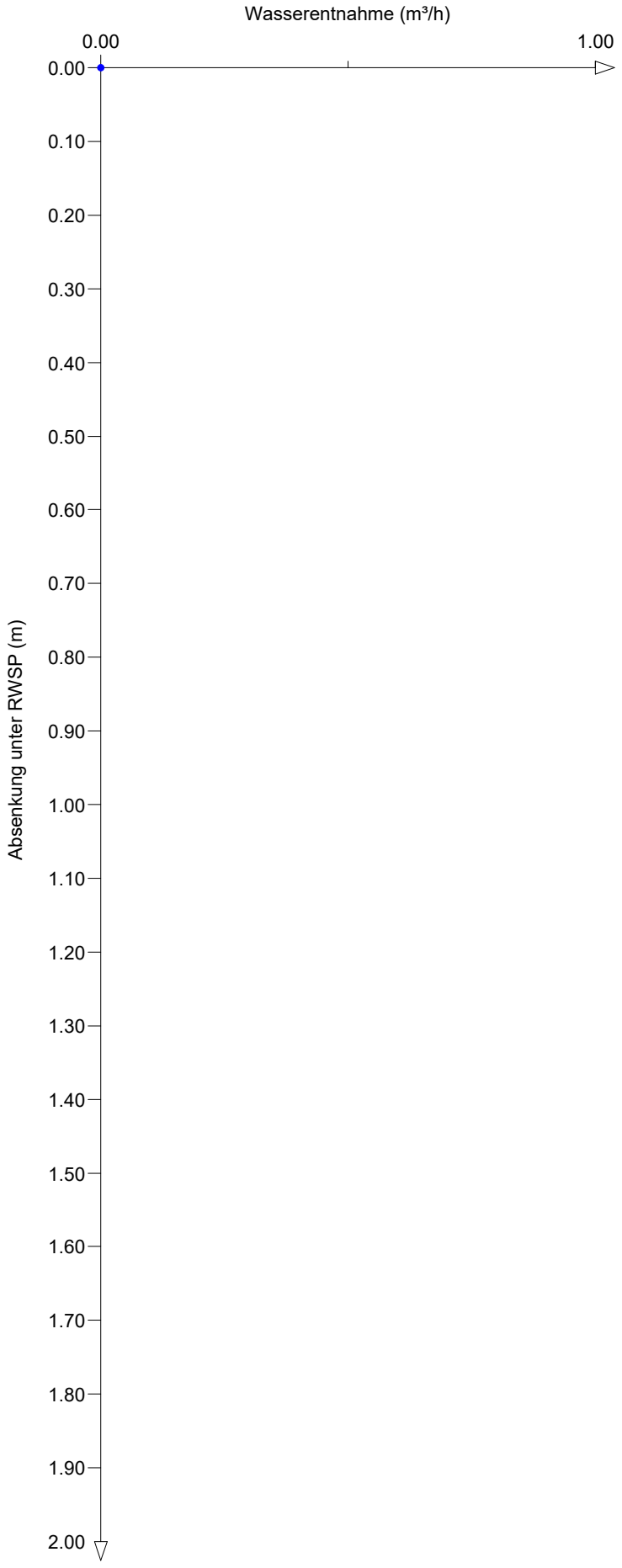
DC

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

Pumpversuch (Schluckbrunnen)







Bauvorhaben: Thermische Brunnenanlage, Neubau Grundschule Rheinhausen
Auftraggeber: Gemeinde Rheinhausen, Hauptstraße 95, 79365 Rheinhausen
Durchführung: 30.08.2019, ON

DC

Krämer Brunnenbau GmbH
Gewerbering 6
76706 Dettenheim

P U M P V E R S U C H

Pumpversuch (Schluckbrunnen)

Brunnen

Datum	Uhrzeit	Stunden	Tiefe ab Messpkt	Tiefe ab RuheWSP	Pump-menge
30.08.2019	11:00	0h00m00s	4.460	0.000	0.000
30.08.2019	11:01	0h01m00s	4.390	-0.070	-10.000
30.08.2019	11:15	0h15m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	11:30	0h30m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	11:45	0h45m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	12:00	1h00m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	12:15	1h15m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	12:30	1h30m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	12:45	1h45m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	13:00	2h00m00s	4.380	-0.080	-10.000
30.08.2019	13:01	2h01m00s	4.310	-0.150	-20.000
30.08.2019	13:15	2h15m00s	4.305	-0.155	-20.000
30.08.2019	13:30	2h30m00s	4.300	-0.160	-20.000
30.08.2019	13:45	2h45m00s	4.300	-0.160	-20.000
30.08.2019	14:00	3h00m00s	4.300	-0.160	-20.000
30.08.2019	14:15	3h15m00s	4.300	-0.160	-20.000
30.08.2019	14:30	3h30m00s	4.300	-0.160	-20.000
30.08.2019	14:45	3h45m00s	4.300	-0.160	-20.000
30.08.2019	15:00	4h00m00s	4.300	-0.160	-44.000
30.08.2019	15:02	4h02m00s	4.100	-0.360	-44.000
30.08.2019	15:15	4h15m00s	3.980	-0.480	-44.000
30.08.2019	15:30	4h30m00s	3.965	-0.495	-44.000
30.08.2019	15:45	4h45m00s	3.955	-0.505	-44.000
30.08.2019	16:00	5h00m00s	3.950	-0.510	-44.000
30.08.2019	16:15	5h15m00s	3.950	-0.510	-44.000
30.08.2019	16:30	5h30m00s	3.950	-0.510	-44.000
30.08.2019	16:45	5h45m00s	3.950	-0.510	-44.000
30.08.2019	17:00	6h00m00s	3.950	-0.510	-44.000

Ende des Versuches
Versuchsdauer 6h00m00s

DC

Anlage 6

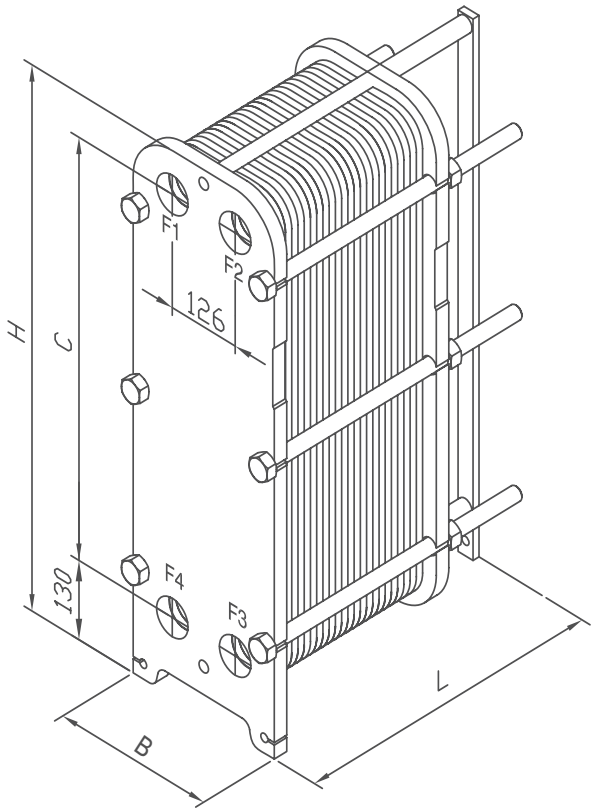
Datenblatt der Wärmepumpe

Geräteinformation Edelstahl-Plattenwärmetauscher

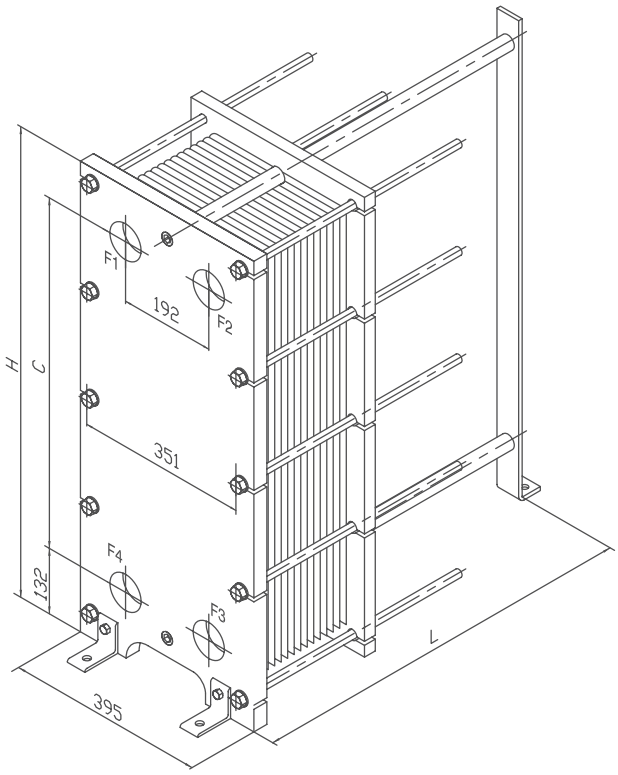
Technische Daten

Maße und Gewichte	Einheit	WTE 50		WTE 75		WTE 100		WTE 130	
Plattenzahl		33		51		62		52	
Effektive Fläche	m²	4,65		7,35		9,00		11,14	
Volumen	dm³	11		17		21		31	
Höhe [H]	mm	896		896		896		946	
Breite [B]	mm	283		283		283		395	
Tiefe [L]	mm	437		537		537		443	
Netto Gewicht	kg	136		150		160		253	
Brutto Gewicht	kg	147		167		171		284	
Zubehör		SZB 500		SZB 750		SZB 100		SZB 1300	
		Sekundär	**Primär**	**Sekundär**	**Primär**	**Sekundär**	**Primär**	**Sekundär**	**Primär**
Menge	m³/h	12,8	12,8	20,4	20,4	24,0	24,8	33,8	33,8
Einlasstemperatur	°C	5,00	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00
Auslasstemperatur	°C	7,67	7,00	7,64	7,00	7,75	7,00	7,65	7,00
Druckverlust	Pa	38910	36400	38830	35380	39770	38960	40190	36720
Übertragene Leistung	kW	40		63		77		105	
Einlassstutzen		F1	F3	F1	F3	F1	F3	F1	F3
Auslassstutzen		F4	F2	F4	F2	F4	F2	F4	F2
Anschlüsse Sekundär		DN 50 (2“ AG)						DN 65 (Flansch)	
Anschlüsse Primär		DN 50 (2“ AG)						DN 65 (Flansch)	
Plattenmaterial		0.4 mm AISI 316							
Dichtungsmaterial		NITRIL HT HANG ON (H) / 140							

Massbild WTE 50-100



Massbild WTE 130



Anlage 7

Datenblatt der Unterwasserpumpe

GRUNDFOS

Name des Unternehmens:
Angelegt von:
Telefon:

Datum: 12.02.2020

Anz.	Beschreibung
1	SP 46-2

Hinweis! Abbildung kann vom Produkt abweichen.

Produktnr.: 15A21902

Unterwasserpumpe zur FØrderung von sauberem Wasser. Fær den vertikalen oder horizontalen Einbau, z. B.in Brunnen. Alle Stahlteile aus korrosionsbest±ndigem Edelstahl 1.4301 (AISI 304). Mit Trinkwasserzulassung.

Die Pumpe ist mit einem 3 kW MS4000-Motor mit Sandabweiser, Gleitringdichtung, wassergeschmierten Lagerzapfen und volumenausgleichender Membran ausgeræstet. Robuster, wirkungsgradoptimierter Unterwassermotor mit Spaltrohrtopf. Geeignet fær Medientemperaturen bis 40 éC.

Motor ohne Temperaturfæhler. Zur Temperaturæberwachung kann ein Pt1000-Fæhler installiert werden.
Einschaltart des Moters: Direkt (DOL).

FØrdermedium:

FØrdermedium:	Wasser
Maximale Medientemperatur:	40 éC
Max. Medientemp. bei 0,15 m/s:	40 éC
Medientemperatur w±hrend des Betriebs:	20 éC
Dichte:	998.2 kg/mE

Technische Daten:

Pumpendrehzahl, auf der die Pumpendaten beruhen:	2900 1/min
Nennvolumenstrom:	46 mE/h
NennfØrderhØhe:	17 m
Wellenabdichtung des Motors:	HM/CER
Præfkennzeichen auf dem Typenschild:	CE,EAC
Kennlinientoleranz:	ISO9906:2012 3B
Motorausfæhrung:	T40

Werkstoffe:

Pumpe:	Nichtrostender Stahl EN 1.4301
Material fær Pumpe:	AISI 304
Laufrad:	Edelstahl EN 1.4301 AISI 304
Motor:	Edelstahl DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304

Installation:

Anschluss Druckstutzen:	RP3
Motordurchmesser:	4 inch

Elektrische Daten:

Bauart des Motors:	MS4000

GRUNDFOS

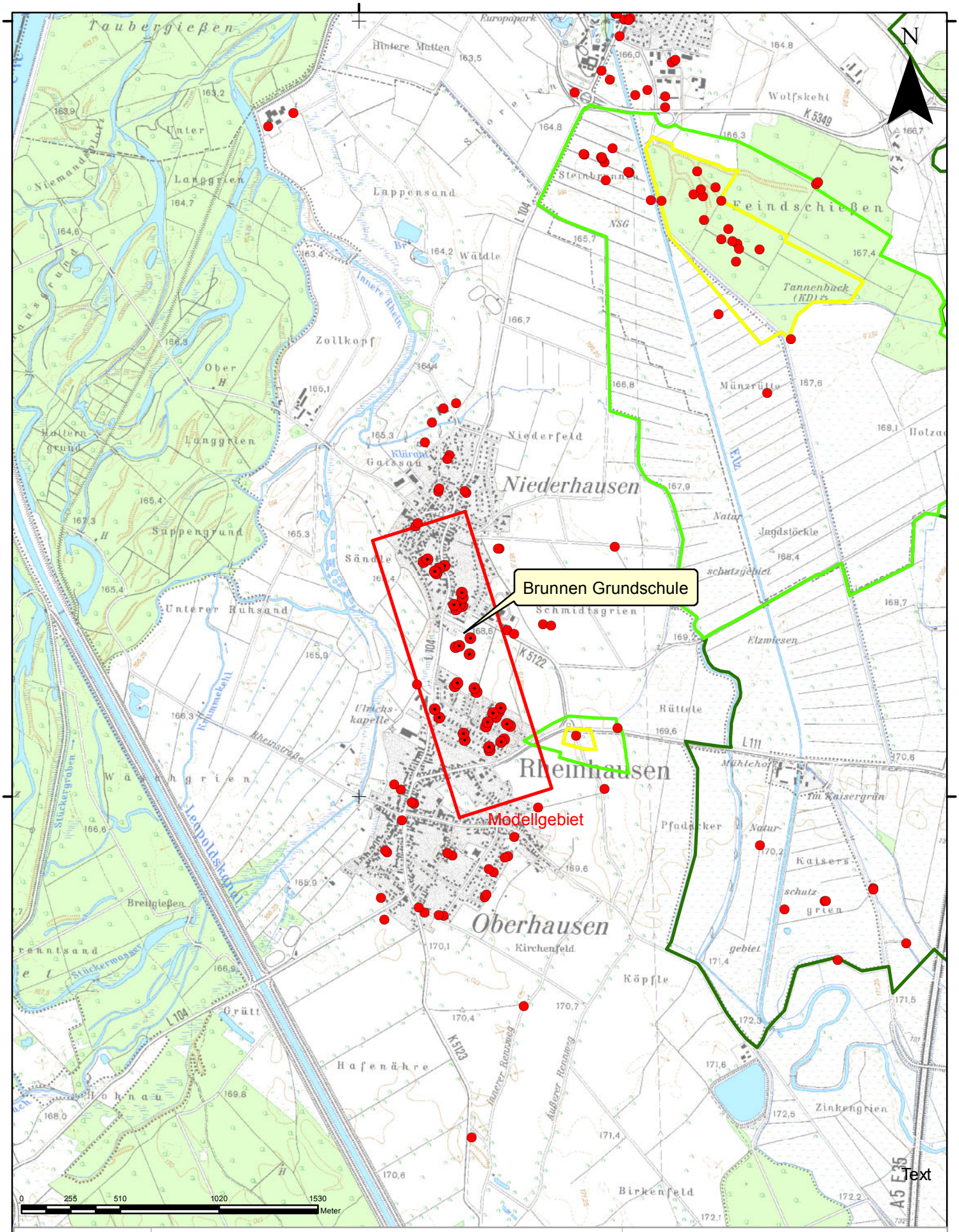
Name des Unternehmens:
Angelegt von:
Telefon:

Datum: 12.02.2020

Anz.	Beschreibung	
	Motorbemessungsleistung P2:	3 kW
	Leistungsbedarf (P2) der Pumpe:	3 kW
	Netzfrequenz:	50 Hz
	Bemessungsspannung:	3 x 380-400-415 V
	Bemessungsstrom:	7.70-7.85-8.10 A
	Anlaufstrom:	460-490-500 %
	Leistungsfaktor Cos phi:	0.82-0.77-0.73
	Nenn-Drehzahl:	2850-2865-2875 1/min
	Einschaltart:	Direkt
	Schutzart (gem±ó IEC 34-5):	IP68
	W±rmeklasse (IEC 85):	F
	Eingebauter Temperaturgeber:	Nein
	Motor - Produktnummer:	79194508
	Sonstiges:	
	Mindesteffizienzindex, MEI ħ:	0.40
	ErP-Status:	EuP extern/integriert
	Nettogewicht:	27.5 kg
	Bruttogewicht:	30.1 kg
	Versandvolumen:	0.032 mE
	D±nische VVS Nr.:	388462002

Anlage 8

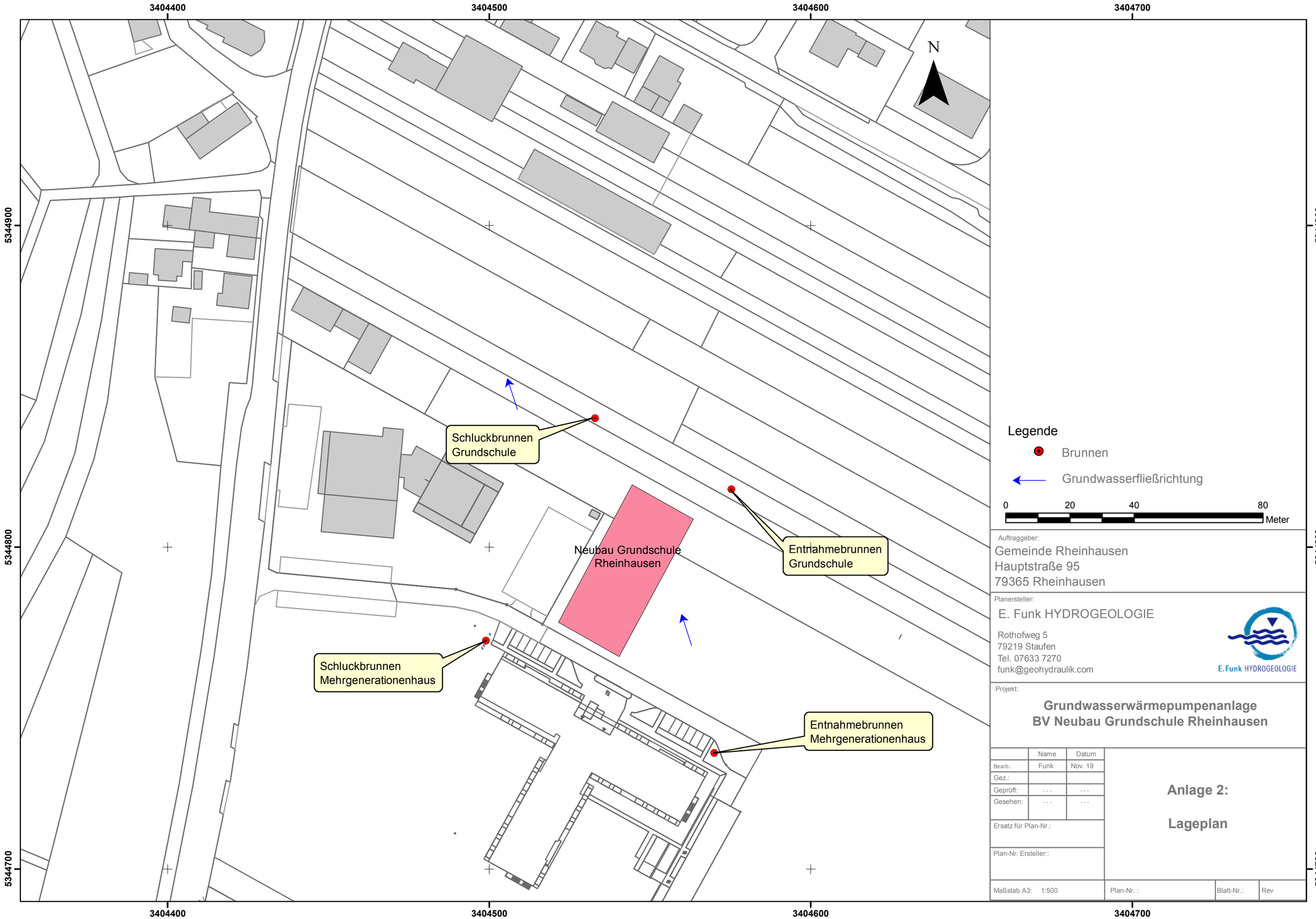
Übersichtskarte Modellgebiet



Anlage: 1	**Grundwasserwärmepumpenanlage** **BV Neubau Grundschule Rheinhausen** **Flst.-Nr. 620 Rheinhausen**	**E. Funk HYDROGEOLOGIE** Rothofweg 5 79219 Staufen Tel. 07633 7270 Fax 07633 7270 funk@geohydraulik.com
Maßstab: 1: 25.000	**Übersichtskarte mit Modellgebiet, Brunnen, Grundwassermessstellen und Wasserschutzgebieten**	E. Funk HYDROGEOLOGIE

Anlage 9

Lageplan der Brunnen



Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Hauptstraße 95
79365 Rheinhausen

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com

Projekt:
Grundwasserwärmepumpenanlage
BV Neubau Grundschule Rheinhausen

	Name	Datum
Bearb.:	Funk	Nov. 19
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller::

Anlage 2:

Lageplan

Maßstab A3: 1:500 | Plan-Nr. : | Blatt-Nr.: | Rev

Anlage 10

Lageplan Modellgebiet

3404000 3406000

N

Sbr_Metzger 2
Ebr_Metzger 2
Sbr_Witt
Ebr_Witt
Sbr_Schumann
Ebr_Schumann
Sbr_Metzger 1
Ebr_Metzger 1
Sbr_Landschütz
Ebr_Landschütz
Sbr_Stefan
Ebr_Stefan
Schluckbrunnen Grundschule
Entnahmebrunnen Grundschule
Schluckbrunnen MGH
Entnahmebrunnen MGH
Sbr_Kunzweiler
Ebr_Kunzweiler
Sbr_Niermann
Ebr_Niermann
Ebr_Ankermann
Sbr_Ankermann
Sbr_Sarosta
Ebr_Sarosta
Sbr_Hoelle
Ebr_Hoelle
Sbr_Burger
Ebr_Burger
Sbr_Schwörer
Ebr_Schwörer
Sbr_Bub
Ebr_Bub
Sbr_Lauble
Ebr_Lauble
Schluckbrunnen Moser
Entnahmebrunnen Moser
Modellgebiet

Legende

- Brunnen/Grundwassermessstellen
- Isolinien des Grundwasserspiegels (m+NN) MW 1986
- Basis Neuenburg-Formation
- Basis Breisgau-Formation
- Grundwasserfließrichtung

0 250 500 1000 Meter

5344000

Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Haupstraße 95
79365 Rheinhausen

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com

E.Funk HYDROGEOLOGIE

Grundwasserwärmepumpenanlage
BV Neubau Grundschule Rheinhausen

	Name	Datum
Bearb.:	Funk	Nov. 19
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller::

Anlage 3:

Modellgebiet
Grundwasserhöhenlinien
Aquiferbasislinien

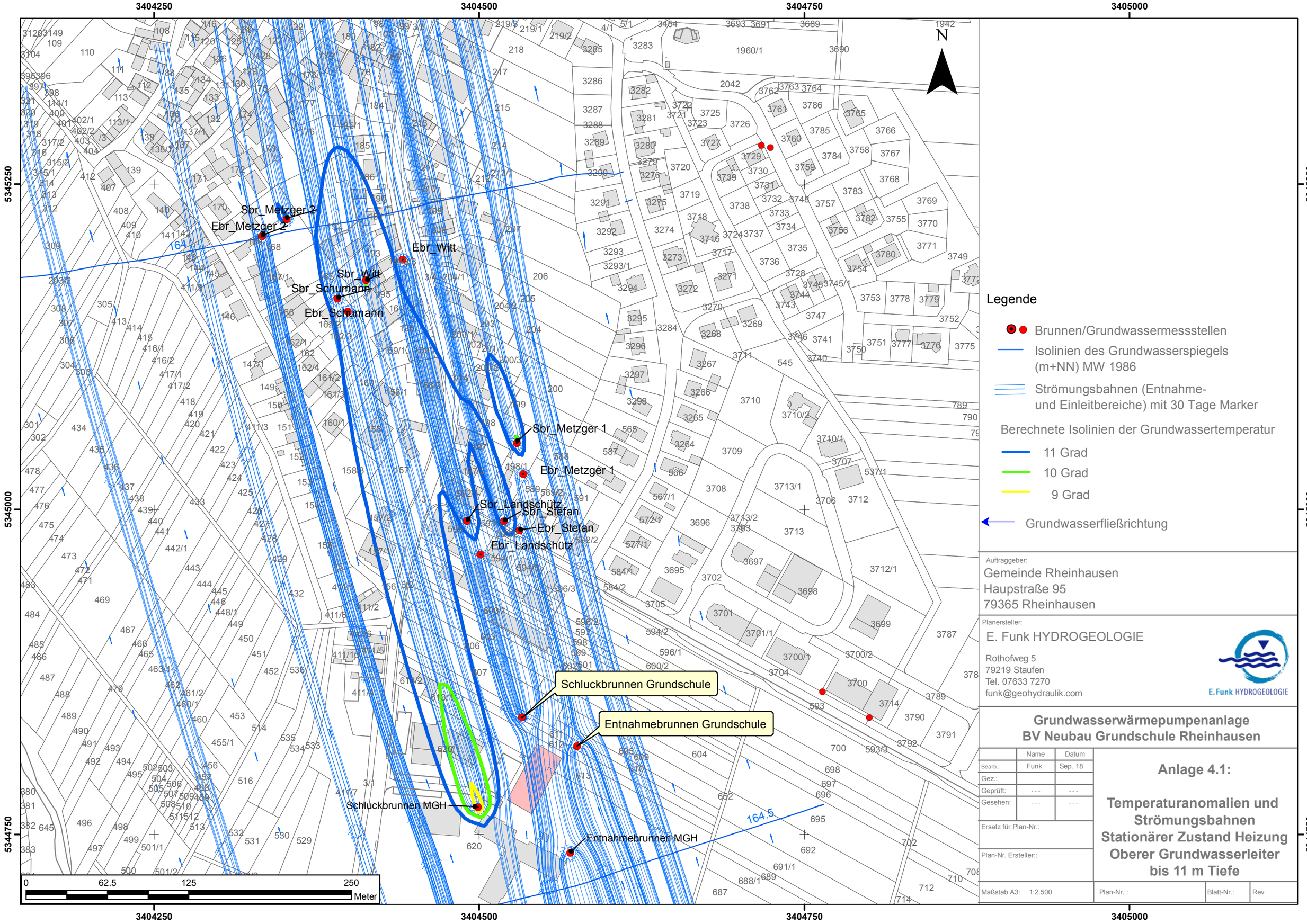
Maßstab A3: 1:10.000 | Plan-Nr. : | Blatt-Nr.: | Rev

Anlage 11

Lageplan Temperaturanomalien und Strömungsbahnen

stationärer Zustand Heizung

Oberer Grundwasserleiter bis 11 m Tiefe


3404250
3404500
3404750
3405000
5345250
5345000
5344750
N
Sbr_Metzger 2
Ebr_Metzger 2
Ebr_Witt
Sbr_Witt
Sbr_Schumann
Ebr_Schumann
Sbr_Metzger 1
Ebr_Metzger 1
Sbr_Landschütz
Sbr_Stefan
Ebr_Stefan
Ebr_Landschütz
Schluckbrunnen Grundschule
Entnahmebrunnen Grundschule
Schluckbrunnen MGH
Entnahmebrunnen MGH
164
164,5
0
62,5
125
250
Meter
Legende
Brunnen/Grundwassermessstellen
Isolinien des Grundwasserspiegels (m+NN) MW 1986
Strömungsbahnen (Entnahme- und Einleitbereiche) mit 30 Tage Marker
Berechnete Isolinien der Grundwassertemperatur
11 Grad
10 Grad
9 Grad
Grundwasserfließrichtung
Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Haupstraße 95
79365 Rheinhausen
Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com
E.Funk HYDROGEOLOGIE
Grundwasserwärmepumpenanlage
BV Neubau Grundschule Rheinhausen
Name
Datum
Bearb.:
Funk
Sep. 18
Gez.:
Geprüft:
Gesehen:
Ersatz für Plan-Nr.:
Plan-Nr. Ersteller::
Anlage 4.1:
Temperaturanomalien und Strömungsbahnen
Stationärer Zustand Heizung
Oberer Grundwasserleiter
bis 11 m Tiefe
Maßstab A3: 1:2.500
Plan-Nr. :
Blatt-Nr.:
Rev

Anlage 12

Lageplan Temperaturanomalien und Strömungsbahnen

stationärer Zustand Heizung

Oberer Grundwasserleiter 12-16 m Tiefe

3404250 3404500 3404750 3405000

5345250 5345000 5344750

Sbr_Metzger 2
Ebr_Metzger 2
Ebr_Witt
Sbr_Witt
Sbr_Schumann
Ebr_Schumann
Sbr_Metzger 1
Ebr_Metzger 1
Sbr_Landschütz
Sbr_Stefan
Ebr_Stefan
Ebr_Landschütz
Schluckbrunnen Grundschule
Entnahmebrunnen Grundschule
Schluckbrunnen MGH
Entnahmebrunnen MGH
164
164,5

N

0 62.5 125 250 Meter

Legende

- Brunnen/Grundwassermessstellen
- Isolinien des Grundwasserspiegels (m+NN) MW 1986
- Strömungsbahnen (Entnahme- und Einleitbereiche) mit 30 Tage Marker

Berechnete Isolinien der Grundwassertemperatur

- 11 Grad
- 10 Grad
- 9 Grad

Grundwasserfließrichtung

Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Haupstraße 95
79365 Rheinhausen

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com

E.Funk HYDROGEOLOGIE

Grundwasserwärmepumpenanlage
BV Neubau Grundschule Rheinhausen

	Name	Datum
Bearb.:	Funk	Sep. 18
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller::

Anlage 4.2:

Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Stationärer Zustand Heizung Oberer Grundwasserleiter 12 - 16 m Tiefe

Maßstab A3: 1:2.500 | Plan-Nr. : | Blatt-Nr.: | Rev

Anlage 13

Lageplan Temperaturanomalien und Strömungsbahnen

Lastfall Heizung

Oberer Grundwasserleiter bis 11 m Tiefe

3404250 3404500 3404750 3405000

5345250 5345000 5344750

Sbr_Metzger 2
Ebr_Metzger 2
Ebr_Witt
Sbr_Witt
Sbr_Schumann
Ebr_Schumann
Sbr_Metzger 1
Ebr_Metzger 1
Sbr_Langschütz
Sbr_Stefan
Ebr_Stefan
Ebr_Landschütz
Schluckbrunnen Grundschule
Entnahmebrunnen Grundschule
Schluckbrunnen MGH
Entnahmebrunnen MGH

N

0 62.5 125 250 Meter

Legende

- Brunnen/Grundwassermessstellen
- Isolinien des Grundwasserspiegels (m+NN) MW 1986
- Strömungsbahnen (Entnahme- und Einleitbereiche) mit 30 Tage Marker

Berechnete Isolinien der Grundwassertemperatur (Ausggangstemperatur: 12 °C)

- 11 Grad
- 10 Grad
- 9 Grad
- Grundwasserfließrichtung

Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Haupstraße 95
79365 Rheinhausen

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com

E.Funk HYDROGEOLOGIE

Grundwasserwärmepumpenanlage
BV Neubau Grundschule Rheinhausen

	Name	Datum
Bearb.:	Funk	Sep. 18
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller::

Anlage 5.1:

Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Lastfall Heizung Oberer Grundwasserleiter bis 11 m Tiefe

Maßstab A3: 1:2.500 | Plan-Nr. : | Blatt-Nr.: | Rev

Anlage 14

Lageplan Temperaturanomalien und Strömungsbahnen

Lastfall Heizung

Oberer Grundwasserleiter 12-16 m Tiefe

3404250 3404500 3404750 3405000

5345250 5345000 5344750

N

Sbr_Metzger 2
Ebr_Metzger 2
Ebr_Witt
Sbr_Witt
Sbr_Schumann
Ebr_Schumann
Sbr_Metzger 1
Ebr_Metzger 1
Sbr_Landschütz
Sbr_Stefan
Ebr_Stefan
Ebr_Landschütz
Schluckbrunnen Grundschule
Entnahmebrunnen Grundschule
Schluckbrunnen MGH
Entnahmebrunnen MGH

0 62.5 125 250 Meter

Legende

- Brunnen/Grundwassermessstellen
- Isolinien des Grundwasserspiegels (m+NN) MW 1986
- Strömungsbahnen (Entnahme- und Einleitbereiche) mit 30 Tage Marker

Berechnete Isolinien der Grundwassertemperatur (Ausggangstemperatur: 12 °C)

- 11 Grad
- 10 Grad
- 9 Grad
- Grundwasserfließrichtung

Auftraggeber:
Gemeinde Rheinhausen
Haupstraße 95
79365 Rheinhausen

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com
E. Funk HYDROGEOLOGIE

Grundwasserwärmepumpenanlage
BV Neubau Grundschule Rheinhausen

	Name	Datum
Bearb.:	Funk	Sep. 18
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller::

Anlage 5.2:

Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Lastfall Heizung Oberer Grundwasserleiter 12 - 16 m Tiefe

Maßstab A3: 1:2.500 | Plan-Nr. : | Blatt-Nr.: | Rev

Anlage 15

Bericht zu den mathematisch-numerischen Modellrechnungen

E. Funk HYDROGEOLOGIE

E. Funk
Büro für Hydrogeologie

Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633/7270
Fax 07633/5797

funk@geohydraulik.com
www.geohydraulik.com

Grundwasserwärmepumpenanlage Grundschule Rheinhausen Flurstück-Nr.: 620

Mathematisch-numerische Modellrechnungen zur Prognose der geohydraulischen und geothermischen Auswirkungen der geplanten Grundwasserentnahmen

Bericht erstellt: Staufen, 30.01.2020

E. Funk (Dipl. Geologe)
Büro für Hydrogeologie
Rothofweg 5
79219 Staufen

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Vorbemerkungen 3
2. Datenerhebung – Grundlagen 3
2.1 Verwendete Grundlagen 3
2.2 Vorhandene Brunnenanlagen - Wasserrechte 4
3. Numerisches Grundwassermodell mit Wärmetransportberechnung 6
3.1 Modellerstellung - Eingangsdaten 8
3.1.1 Lage des Modells - Zellenraster 8
3.1.2 Aquifergeometrie 8
3.1.3 Grundwasseroberfläche, -fließverhältnisse 10
3.1.4 Hydraulische Parameter 10
3.1.5 Randbedingungen - Grundwasserneubildung 10
3.2 Ergebnisse der Modellierung 11
3.2.1 Kalibrierung des Modells für Mittelwasserverhältnisse 11
3.2.2 Berechnete Szenarien 11
3.2.3 Geohydraulische Auswirkungen – Absenk- und Einleitbereiche 12
3.2.4 Geothermische Auswirkungen – Temperaturanomalien 12
4. Zusammenfassung 13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stammdaten der vorhandenen Brunnen 5
Tabelle 2: Daten der geplanten Grundwassernutzung Grundschule 6
Tabelle 3: Verwendete Brunnenleistungen im Modell 14

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellgebiet mit Zellenraster 7
Abbildung 2: Hydrogeologischer Schnitt 9

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersichtskarte
Anlage 2: Lageplan
Anlage 3: Modellgebiet mit Grundwasserhöhenlinien und Aquiferbasislinien
Anlage 4.1: Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Stationärer Zustand Heizung 11 m
Anlage 4.2: Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Stationärer Zustand Heizung 16 m
Anlage 5.1: Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Lastfall Heizung 11 m
Anlage 5.2: Temperaturanomalien und Strömungsbahnen Lastfall Heizung 16 m

1. Vorbemerkungen

Im Bereich des Grundstücks Flurstück-Nr. 620 in Rheinhausen ist eine Grundwasserwärmepumpenanlage mit einem Entnahme- und einem Schluckbrunnen vorgesehen. Die Anlage soll zur Heizung des geplanten Neubaus der Grundschule im Winter sowie zur Klimatisierung im Sommer eingesetzt werden. Die Förderung des Grundwassers erfolgt über einen 11,5 m tiefen Entnahmebrunnen DN 300, die Wiedereinspeisung erfolgt über einen 16,0 m tiefen Schluckbrunnen DN 300. Die geplante maximale Pumpleistung soll ca. 8,35 l/s betragen. Die Daten wurden der Bohranzeige vom 19.06.2018 sowie zusätzlichen Angaben des Büros Klipfel & Lenhardt Consult GmbH entnommen.

Da im Umfeld des Vorhabens bereits Nutzungen des oberflächennahen quartären Grundwasserleiters stattfinden, sollten im Rahmen des wasserrechtlichen Verfahrens mögliche Interaktionen der geplanten Grundwassernutzung mit bereits bestehenden Anlagen untersucht werden. Vom Landratsamt Emmendingen wurden hierfür Berechnungen der Temperaturfelder (Wärmetransportsimulation) auf der Basis von numerischen Modellrechnungen empfohlen.

Da die betroffenen Anlagen im Abstrom nur zur Heizung verwendet werden, wurde nur der Heizfall im stationären Zustand und im Lastfall berechnet. Um die im Abstrom überwiegend flachen Brunnen bis in 10,0 m Tiefe nicht zu beeinflussen, wurde die Filterstrecke des Schluckbrunnens von 12,0 - 16,0 m Tiefe ausgebaut. Die Ergebnisse der numerischen Berechnungen werden im vorliegenden Bericht erläutert.

2. Datenerhebung – Grundlagen

Zur Bearbeitung der Fragestellung wurden hauptsächlich die unten aufgeführten Unterlagen verwendet. Vom Landratsamt Emmendingen und der LUBW wurden Unterlagen über das Grundwasserstandsmessnetz und digitale Grundwassergleichenpläne sowie Daten der genehmigten Grundwasserentnahmen zur Verfügung gestellt. Außerdem wurden Angaben zu bereits bestehenden Grundwasserwärmepumpanlagen vom Büro Klipfel & Lenhardt Consult GmbH zur Verfügung gestellt.

2.1 Verwendete Grundlagen

- Auszug aus der TK 25 Blatt 7712

- Lagepläne (Auszug aus dem ALK)

- Schichtenverzeichnis und Ausbauplan der relevanten Brunnenbohrungen, Fa. Krämer Brunnenbau GmbH

- Chunmiao Zeng, (2010): MT3DMS Version 5.3, Supplemental Users Guide, Departement of Geological Sciences, University of Alabama, Tuscaloosa

- Europäisches Programm INTERREG, Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene (1995): Grundwassergleichenpläne

- Hecht-Mendez J. (2008): Implementation and verification of the USGS solute transport code MT3DMS for groundwater heat transport modelling, Tübingen

- Hecht-Mendez J., Molina-Giraldo, N.; Bayer P. (2010): Evaluating MT3DMS for Heat Transport Simulation of Closed Geothermal Systems; Groundwater, Vol.45, No. 5, S. 741- 756

- Molina-Giraldo N.; (2011): Verification of MT3DMS as heat transport code using analytical solutions, Master Thesis, Center for Applied Geoscience (ZAG), Tübingen

- Umweltministerium Baden-Württemberg (2009): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen, Stuttgart

2.2 Vorhandene Brunnenanlagen - Wasserrechte

Die Lage der im vorliegenden Bericht betrachteten Brunnenanlagen ist aus den Anlagen ersichtlich. Bei den betrachteten und bereits installierten oder geplanten Anlagen handelt es sich jeweils um Grundwasserwärmepumpenanlagen die zur Heizung verwendet werden. Die Stammdaten der vorhandenen Brunnenanlagen werden nachfolgend in Tabelle 1 aufgelistet. Gemäß den Angaben des Büros Klipfel & Lenhardt Consult GmbH sind die für die Grundwasserwärmepumpenanlage der Grundschule erforderlichen Leistungen in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 1: Stammdaten der vorhandenen Brunnen

Name	Rechtswert	Hochwert	Prozesstyp	Tiefe (m u. GOK)	max. Förder-menge (l/s)	Jahres-förder-menge (m^3)	deltaT (°C)
Ebr_Moser	3404734	5344283	Heizung	11,5		4.500	3,5
Sbr_Moser	3404747	5344295	"	11,2			
Ebr_BZ	3404570	5344736	"	12,0	7,5	64.000	4
Sbr_BZ	3404499	5344771	"	12,0			
Ebr_Stefan	3404531	5344984	"	11,0	1,7	12.000	4
Sbr_Stefan	3404519	5344991	"	7,0			
Ebr_Metzger1	3404534	5345027	"	10,0	1,2	10.080	5
Sbr_Metzger1	3404529	5345051	"	10,0			
Ebr_Metzger2	3404333	5345210	"	10,0	0,9	7.500	4
Sbr_Metzger2	3404352	5345223	"	10,0			
Ebr_Witt	3404441	5345192	"	9,6	1,4	11.000	4
Sbr_Witt	3404413	5345176	"	9,0			
Ebr_Schumann	3404399	5345152	"	8,0	1,0	5.000	4
Sbr_Schumann	3404391	5345162	"	10,0			
Ebr_Niermann	3404607	5344540	"	12,5	0,7	6.000	4
Sbr_Niermann	3404596	5344561	"	12,5			
Ebr_Kunzweiler	3404494	5344569	"	9,4	0,9	7.500	4
Sbr_Kunzweiler	3404507	5344586	"	9,0			
Ebr_Sarosta	3404721	5344437	"	8,0	1,0	6.700	5
Sbr_Sarosta	3404732	5344458	"	8,0			
Ebr_Ankermann	3404706	5344410	"	12,0	0,4	2.970	4
Sbr_Ankermann	3404690	5344430	"	12,0			
Ebr_Burger	3404654	5344362	"	12,0	0,9	7.500	4
Sbr_Burger	3404664	5344383	"	12,0			
Ebr_Bub	3404545	5344291	"	14,0			4
Sbr_Bub	3404538	5344326	"	16,0			
Ebr_Schwörer	3404780	5344366	"	10,0		5.700	4
Sbr_Schwörer	3404763	5344374	"	12,0			
Ebr_Hoelle	3404413	5344409	"	10,0		4.680	4
Sbr_Hoelle	3404391	5344451	"	6,0			
Ebr_Lauble	3404673	5344239	"	14,0		8.400	4
Sbr_Lauble	3404669	5344255	"	14,0			
Ebr_Landschütz	3404501	5344964	"	11,0	0,25	7.850	3
Sbr_Landschütz	3404491	5344990	"	11,0			
Ebr_Grundschule	3404575	5344818	Hei-zung/Kühlung	11,5	8,35	95.000	3,5
Sbr_Grundschule	3404534	5344840		16,0			

Tabelle 2: Daten der geplanten Grundwassernutzung Grundschule

	Dim.	Heizen	Klimatisie-rung
Heiz- bzw. Kühllast	kW	104	104
Verwendetes Delta T	Kelvin	3,5	3,5
Jahreswassermenge	m³/a	44.000	51.000
Spitzenmenge	m³/h	30	30
Spitzenmenge	l/s	8,35	8,35
Betriebszeiten	h/Jahr	1.700	1.700
Jahresmittel	l/s	1,39	1,62
Lastfall 120 Tage Doppeltes Jahresmittel	l/s	2,78	3,24

3. Numerisches Grundwassermodell mit Wärmetransportberechnung

Zur Berechnung und Darstellung der geohydraulischen Auswirkungen der Entnahmen und Einleitungen von Grundwasser, sowie zur Berechnung der Temperaturanomalien im Abstrom der Brunnenanlagen wurde ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt (Finite-Differenzen Modell VISUAL-MODFLOW SEAWAT). In der Dateneingabe werden die Aquifergeometrie, die Durchlässigkeit und die Randbedingungen (unterirdische Zu- und Abflüsse, Infiltration aus Niederschlägen oder Gewässern, bzw. Abflüsse, Randzuflüsse) berücksichtigt. Zudem können in beliebiger Zahl Grundwasserentnahmen oder -anreicherungen eingerichtet werden, und (Wärme-)Transportprozesse simuliert werden.

Die Berechnung der Ausdehnung der Temperaturfelder durch den Schluckbrunnen erfolgte ebenfalls mit der o. g. Software VISUAL-MODFLOW-SEAWAT und dem Stofftransport Modul MT3DMs. Mit dieser Software kann der Wärmetransport in Analogie zum Stofftransport im Grundwasser gelöst werden. So entspricht die Massenkonzentration im Grundwasser der Grundwassertemperatur, die Diffusion entspricht der Wärmeleitfähigkeit und die Sorption entspricht der Wärmespeicherung des Grundwasserleiters. Sowohl die Grundwasserströmung (Konvektion) als auch die Dispersion werden bei der Simulation entsprechend berücksichtigt.

Das Modul MT3DMS ist ein 3D-Transportmodell zur Modellierung der Advektion, Dispersion, Diffusion und chemischen Reaktionen von Verunreinigungen im porösen Medium. Da die mathematischen Gleichungen für den Stofftransport und Wärmetransport identisch sind, kann dieses Programm auch für den Wärmetransport im gesättigten Aquifer verwendet werden.

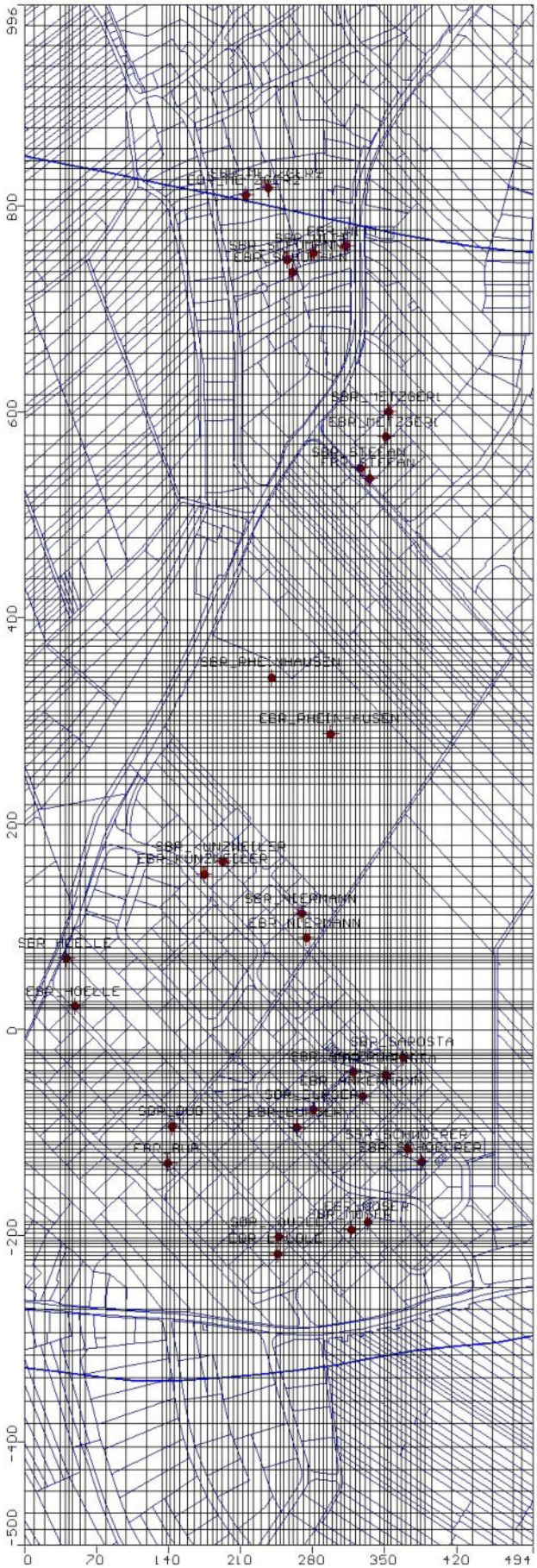


Abbildung 1: Modellgebiet mit Zellenraster

3.1 Modellerstellung - Eingangsdaten
3.1.1 Lage des Modells - Zellenraster

Das Gebiet in dem die Grundwassermodellierung durchgeführt wurde, wurde auf einen ausreichend großen Bereich um die relevanten Brunnen ausgedehnt. Die Länge des Modellgebietes beträgt ca. 1,5 km und die Breite 0,5 km. Das Gebiet wurde zunächst in ein regelmäßiges Raster mit einheitlichen Zellen von 20 m Seitenlänge diskretisiert. Im Laufe der Generierung des Modells wurden vor allem im Bereich der Brunnen weitere Verkleinerungen der Zellen vorgenommen, um die Ergebnisse präziser darstellen zu können. Anlage 1 und 3 zeigt das Modellgebiet, in Abbildung 1 ist das verwendete Zellenraster zu sehen.

3.1.2 Aquifergeometrie

Die Ablagerungen des Oberrheingrabens reichen vom Holozän bis ins älteste Quartär (Altquartär) (siehe dazu Abbildung 2). Gemäß der aktuellen Gliederung des LGRB werden folgende Einheiten unterteilt:

- Oberer Grundwasserleiter (Neuenburg-Formation)
- Unterer Grundwasserleiter (Breisgau-Formation)
- Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär
- Oligozän oder älter und Kristallines Grundgebirge

Die jüngeren Ablagerungen sind in der Regel vorwiegend stärker kiesig ausgebildet, die tieferen stärker sandig. Unter den quartären Sedimenten folgen die Schichten des Oligozäns, die aus grauen, sandigen Tonen mit gelegentlichen Sandeinschaltungen bestehen. Die Schichten des quartären Untergrundes können im Bereich der Brunnenanlage aufgrund der Bohrungen und der vorhandenen Unterlagen vom Hangenden zum Liegenden in folgende Haupteinheiten untergliedert werden:

<u>Boden-/Deckschicht (0 –4,95 m)</u>
Schluff, stark sandig und sandig, und Sand schwach kiesig, braun-graubraun

<u>- ca. 52,00 m: Oberer Grundwasserleiter – Neuenburg-Formation</u>
In den Brunnenbohrungen wurden bis in 16,0 m sandige, teils schluffige und schwach steinige Kiese angetroffen. Stratigraphisch werden die Sedimente ins Würm-Glazial gestellt.

<u>- ca. 115,00 m: Unterer Grundwasserleiter – Breisgau-Formation</u>
Sandige, schluffige und steinige Kiese.

Die Basis des Oberen Grundwasserleiters liegt im Bereich der Brunnen bei ca. 52 m unter Geländeoberkante. Die Mächtigkeit des OGWL beträgt im Projektgebiet damit ca. ca. 48 m

Der obere Grundwasserleiter stellt den regional bedeutsamsten Grundwasserleiter dar. Der untere Grundwasserleiter hat in der Regel etwas geringere Durchlässigkeiten. Die Aquifer-

basis wird gemäß der Veröffentlichung des LGRB (Informationen Nr. 19) bei ca. 50 m +NN angegeben. Demnach ergibt sich eine Gesamtaquifermächtigkeit von ca. 110 m (bezogen auf GOK im Bereich der Brunnen abzüglich ca. 5,0 m Deckschicht). Im vorliegenden Modell werden die Neuenburg- und Breisgau-Formation berücksichtigt und abgebildet. Zur zusätzlichen Abbildung der vom Brunnen erschlossen Aquiferbereiche werden jeweils auf Höhe der Sohle der Brunnen weitere Layer eingefügt, die den oberen Grundwasserleiter bei 11,5 m und bei 16,0 m weiter unterteilen. Es handelt sich also um ein Vierschichtmodell.

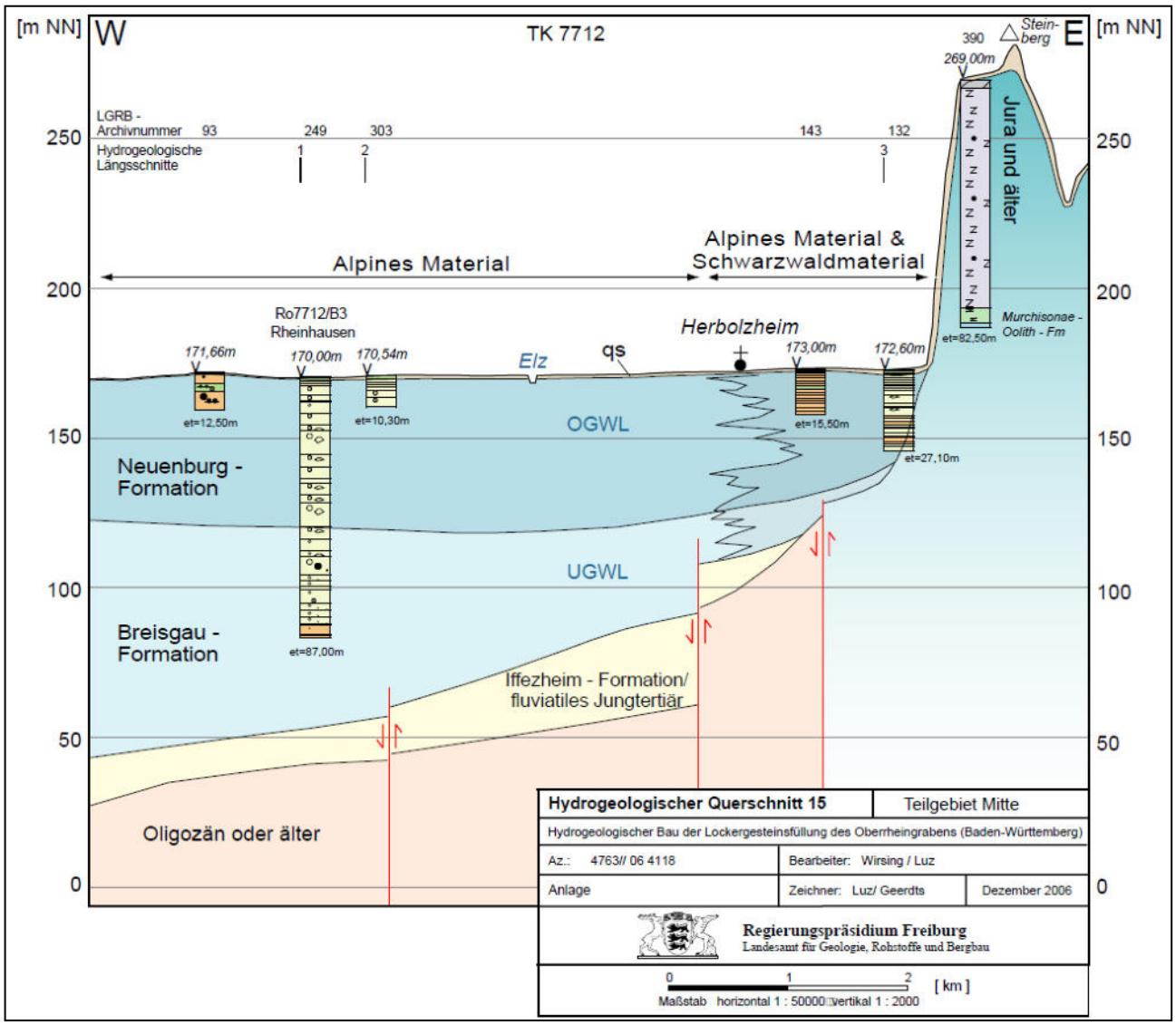


Abbildung 2: Hydrogeologischer Schnitt (Quelle: Ausschnitt aus dem Hydrogeologischen Schnitt „Q15“ – Teilgebiet Mitte des LGRB). Abkürzungen: OGWL = Oberer Grundwasserleiter; UGWL = Unterer Grundwasserleiter

3.1.3 Grundwasseroberfläche, -fließverhältnisse

Die jüngeren Schotter (OGWL) stellen im Modellgebiet den bedeutsamsten Grundwasserleiter dar. Die Grundwasseroberfläche liegt bei Mittelwasserverhältnissen im Bereich der Brunnenanlage Grundschule bei ca. 164,4 m+NN bzw. ca. 4,0 m unter Gelände. Die zu erwartende Mächtigkeit der wassergesättigten Zone in den oberen Schottern beträgt also bei Mittelwasserständen bei den Brunnen ca. 48,0 m. Bezogen auf den vom Schluckbrunnen erschlossenen Bereich beträgt die Mächtigkeit ca. 12 m.

Anlage 3 zeigt einen relativen Mittelwasserstand des Jahres 1986 der LUBW, der für die stationäre Kalibrierung des Modells verwendet wurde. Demnach fließt das Grundwasser einem Gradienten von i= 0,0009 in nordnordwestliche Richtung ab. Die Grundwasseroberfläche steigt bei Mittelwasserverhältnissen im Modellbereich von ca. 163,8 – 165,4 m+NN von Nordnordwesten nach Südsüdosten an. Die Basis der oberen Schotter in dem die Brunnen verfiltert sind steigt ebenfalls leicht von Westen nach Osten von ca. 114 auf ca. 117 m+NN an.

3.1.4 Hydraulische Parameter

Die verwendeten Durchlässigkeiten entstammen den Ergebnissen aus der Arbeit des LGRB (2007). Die für den Bereich des Grundwassermodells verwendeten Durchlässigkeiten für die oberen Schotter im Bereich der Brunnen liegen bei ca. $1*10^{-2}$ m/s. Für den unteren Grundwasserleiter wurde gemäß LGRB (2007) ein kf-Wert von $6*10^{-3}$ m/s verwendet.

3.1.5 Randbedingungen - Grundwasserneubildung

Der ober- und unterstromige Zu- und Abfluss von Grundwasser am östlichen und westlichen Modellrand wurde analog zum verwendeten Grundwassergleichenplan über Festpotentiale definiert (Randbedingung der ersten Art oder definierte Grundwasserhöhe = Constant Head). Damit wird die Menge an Grundwasser, die dem Modell zu- oder abfließt berechnet (siehe Anlage 3). Der Nachteil von Festpotentialen liegt in der Unveränderbarkeit des Grundwasserpotentials entlang dieser Bedingung. Eine Simulation von Grundwasserentnahmen, deren Einflussbereich bis an einen solchen Rand reicht, führt zu einem scheinbar höheren Zufluss. Auch sind die Zu- und Abflüsse und die Grundwasserhöhe durch diese Festpotentiale und die verwendete kf-Wert-Verteilung vorgegeben. Die seitlichen Ränder des Modellgebietes wurden als so genannte flow-noflow Randbedingung definiert. Damit rechnet das Modell hier mit strömungs- bzw. randparallelem Fließgeschehen ohne Zu- oder Abfluss

Dem relativ gut durchlässigen oberen Schotterkörper wurde ein einheitlicher mittlerer Speicherkoeffizient von 0,15 zugrunde gelegt. Die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Modellgebiet ist nach dem Wasser- und Bodenatlas (WaBoA) mit etwa 150 mm/a anzusetzen. Die durchschnittliche, natürliche (unbeeinflusste) Grundwassertemperatur im

Modellgebietsbereich wurde auf 12 °C festgelegt. Das Vorhaben befindet sich in keinem rechtskräftig ausgewiesenen Wasserschutzgebiet, jedoch befindet sich ca. 600 m südöstlich der geplanten Brunnenanlage der Grundschule die Schutzzone III des WSG der Wasserversorgung Rheinhausen.

3.2 Ergebnisse der Modellierung

3.2.1 Kalibrierung des Modells für Mittelwasserverhältnisse

Um das Model für den stationären Zustand zu kalibrieren, wurde der o.g. Grundwassergleichenplan für Mittelwasser zugrunde gelegt. Nach Eingabe der oben erläuterten Daten wurden erste Rechenläufe durchgeführt. Als Güte für die Modellanpassung müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- die programminterne Bilanzrechnung und deren Fehlergröße,
- die Übereinstimmung der berechneten mit der gemessenen Grundwasserpotentialverteilung

Nach weiteren Rechenläufen, in denen die Parameter leicht modifiziert wurden, ergab der Vergleich der berechneten und der gemessenen Potentiale des Grundwasserspiegels eine relativ gute Übereinstimmung.

3.2.2 Berechnete Szenarien

Das Grundwasserströmungsmodell dient zunächst dazu, die angenommenen hydraulischen Verhältnisse auf die Fläche zu extrapolieren und zu bestätigen. Nachdem dies erfolgreich durchgeführt werden konnte, können weitere Szenarien berechnet werden. Im vorliegenden Fall sollten Prognoserechnungen für den Fall der Entnahme und Wiedereinleitung von Grundwasser zu Heizzwecken gemacht werden. Bei vorgegebenen, definierten Grundwasserentnahmen und Brunnenstandorten berechnet das Modell die Veränderungen der Strömungsverhältnisse, die Absenkung bzw. die Erhöhung des Wasserspiegels und die Ausbreitung des Temperaturfeldes. Die jeweils verwendeten Brunnenleistungen und Temperaturspreizungen der einzelnen Anlagen sind in Tabelle 3 aufgelistet. Folgende Szenarien wurden berechnet:

Stationärer Wärmetransport Heizung
Für diese Berechnung wurde das Mittel der gesamten Jahresfördermenge der einzelnen Brunnen bei Heizung mit der mittleren Temperaturspreizung zugrunde gelegt. Die Berechnung wurde für 20 Jahre durchgeführt.

Lastfall Heizung

Zu Darstellung der Temperaturausbreitung für einen anzunehmenden möglichen Lastfall am Ende der Heizperiode wird die doppelte mittlere Fördermenge für die Heizung bei einer Laufzeit von 120 Tagen zugrunde gelegt.

3.2.3 Geohydraulische Auswirkungen – Absenk- und Einleitbereiche

Die Anlagen 4 und 5 zeigen die berechneten Grundwasserhöhen sowie die Bahnlinien der Entnahme- und Einleitbereiche beim Betrieb der Brunnen. Die relevanten Betriebsdaten bzw. die verwendeten Leistungen der Brunnen sind in Tabelle 3 aufgelistet. Die Strömungsbahnen der gerechneten Szenarien zeigen, dass beim Betrieb der Brunnen keine gegenseitige hydraulische Beeinflussung der Brunnenanlagen entsteht.

3.2.4 Geothermische Auswirkungen – Temperaturanomalien

Da im Abstrombereich des Rückgabebrunnens Grundschule mehrere weitere Rückgabe- und Entnahmebrunnen liegen, wurde bei der Berechnung der Ausbreitung der Temperaturfelder bezüglich der Tiefenlage der Brunnen unterschieden. Zur Prüfung der geothermischen Auswirkungen der geplanten Brunnenanlage ist wichtig festzuhalten, dass der Rückgabebrunnen Grundschule das Grundwasser in einer Tiefe von 11 bis 16 m u. GOK wieder einleiten wird. Der nahegelegene Entnahmebrunnen Landschütz bezieht das gepumpte Grundwasser aufgrund seines Aufbaus aus einer Tiefe jedoch von nur 10 m u. GOK. Die Ausbreitung der Temperaturanomalie für den relevanten Fall der Heizung wurde daher jeweils bis 11,0 m und bis 16,0 m Tiefe berechnet und dargestellt

Stationärer Zustand Heizung

In Anlage 4.1 und 4.2 sind die berechneten Temperaturanomalien des Rückgabebrunnens bei einer Laufzeit von 20 Jahren mit den entsprechenden angegebenen Mengen für den stationären Fall der Heizung für den oberen und unteren Bereich abgebildet. Anlage 4.1 zeigt, dass am Entnahmebrunnen Landschütz wo das Grundwasser nur aus dem oberen Bereich entnommen wird, keine Temperaturanomalie auftritt und somit nicht mit einer Beeinträchtigung zu rechnen ist. Anlage 4.2 zeigt, dass die 1 Grad-Temperaturanomalie (entspricht der Grundwassertemperatur-Isolinie von 11 °C) des Rückgabebrunnens Grundschule in Strömungsrichtung im unteren Filterbereich von 11,5 -16,0 m eine Ausdehnung von etwa 235 Metern erreicht. Sie liegt somit theoretisch im Bereich des Entnahmebrunnens Landschütz, aber unterhalb dessen Filterbereich. Die 2 Grad-Temperaturanomalie erreicht eine Ausdehnung von etwa 35 Metern und weißt keine Beeinträchtigung von vorhandenen Anlagen vor.

Lastfall Heizung

In Anlage 5.1 und 5.2 sind die berechneten Temperaturanomalien des Rückgabebrunnens für den sogenannten Lastfall bei einer Laufzeit von 120 Tagen mit den entsprechenden Mengen für die Heizung abgebildet. Anlage 5.1 zeigt, dass es aufgrund der Nähe des Schluckbrunnens zum Schluckbrunnen des Mehrgenerationenhauses im oberen Bereich zu einer Überlagerung der Temperaturfelder kommt. Die gemeinsame 1 Grad-Temperaturanomalie (entspricht der Grundwassertemperatur-Isolinie von 11 °C) erreicht in Strömungsrichtung eine Ausdehnung von etwa 480 Metern. Damit sind die unterstromig liegenden Förderbrunnen von der 1 Grad-Anomalie im oberen Bereich betroffen. Anlage 5.2 zeigt, dass es im unteren Bereich bei der 2 Grad-Temperaturanomalie wie auch bei der 3 Grad-Temperaturanomalie nicht zu Überschneidungen kommt. Für den Rückgabebrunnen Grundschule wird dabei eine Ausdehnung in Fließrichtung von etwa 180 m (2 Grad) und etwa 20 m (3 Grad) erreicht

Wie bereits oben erwähnt ist auch hier bei einer Prüfung einer Beeinträchtigung des Entnahmebrunnen Landschütz die Temperaturfeldentwicklung für den oberen Grundwasserbereich zu betrachten. Hierbei lässt sich festhalten, dass gemäß den Modellberechnungen lediglich die gemeinsame 1 Grad-Temperaturanomalie im Bereich des Entnahmebrunnens Landschütz liegt.

4. Zusammenfassung

Für die geplante Grundwasserwärmepumpenanlage der Grundschule in Rheinhausen ist die geothermische Nutzung des Grundwassers vorgesehen. Im Rahmen des wasserrechtlichen Verfahrens sollen weitere Unterlagen zur Beurteilung der Machbarkeit des Vorhabens erarbeitet und dem Landratsamt Emmendingen zur Verfügung gestellt werden. Um die gegenseitige Beeinflussung bereits vorhandener (konkurrierende Mitnutzer) und der geplanten Anlage zu untersuchen, wurden Wärmetransportberechnungen auf der Basis eines numerischen Grundwassermodells durchgeführt. Dabei wurden die möglichen gegenseitigen geothermischen Beeinflussungen der bereits vorhandenen und der geplanten Anlage geprüft. Es konnte festgestellt werden, dass im Zustrom des Bauvorhabens keine Temperaturanomalien im Grundwasser vorhanden sind, die sich beschränkend auf die geplante Anlage auswirken. Für den Abstrombereich ist davon auszugehen, dass die Ausbreitung der 1 Grad-Temperaturanomalie im oberen Bereich den Bereich der Entnahmebrunnen Landschütz und Stefan erreicht.

Tabelle 3: Verwendete Brunnenleistungen im Modell

Brunnen	Stationär Heizung			Lastfall Heizung		
	Q	Delta T	Laufzeit	Q	Delta T	Laufzeit
	(l/s)	(°K)	(Jahre)	(l/s)	(°K)	(Tage)
Ebr_Moser	-0,14		20	-0,28		120
Sbr_Moser	0,14	3,5	20	0,28	3,5	120
Ebr_BZ	-2,03		20	-4,06		120
Sbr_BZ	2,03	4	20	4,06	4	120
Ebr_Stefan	-0,38		20	-0,76		120
Sbr_Stefan	0,38	4	20	0,76	4	120
Ebr_Metzger1	-0,32		20	-0,64		120
Sbr_Metzger1	0,32	5	20	0,64	5	120
Ebr_Metzger2	-0,24		20	-0,48		120
Sbr_Metzger2	0,24	4	20	0,48	4	120
Ebr_Witt	-0,35		20	-0,70		120
Sbr_Witt	0,35	4	20	0,70	4	120
Ebr_Schumann	-0,16		20	-0,32		120
Sbr_Schumann	0,16	4	20	0,32	4	120
Ebr_Niermann	-0,19		20	-0,38		120
Sbr_Niermann	0,19	4	20	0,38	4	120
Ebr_Kunzweiler	-0,24		20	-0,48		120
Sbr_Kunzweiler	0,24	4	20	0,48	4	120
Ebr_Sarosta	-0,21		20	-0,42		120
Sbr_Sarosta	0,21	5	20	0,42	5	120
Ebr_Ankermann	-0,09		20	-0,19		120
Sbr_Ankermann	0,09	4	20	0,19	4	120
Ebr_Burger	-0,24		20	-0,48		120
Sbr_Burger	0,24	4	20	0,48	4	120
Ebr_Bub	0,00		20	0,00		120
Sbr_Bub	0,00	4	20	0,00	4	120
Ebr_Schwörer	-0,72		20	-1,44		120
Sbr_Schwörer	0,72	4	20	1,44	4	120
Ebr_Hoelle	-1,00		20	-2,00		120
Sbr_Hoelle	1,00	4	20	2,00	4	120
Ebr_Lauble	-0,97		20	-1,94		120
Sbr_Lauble	0,97	4	20	1,94	4	120
Ebr_Landschütz	-0,50		20	-1.00		120
Sbr_Landschütz	0,50	3	20	1,00	3	120
Ebr_Grundschule	-1,39		20	-2,78		120
Sbr_Grundschule	1,39	3,5	20	2,78	3,5	120