

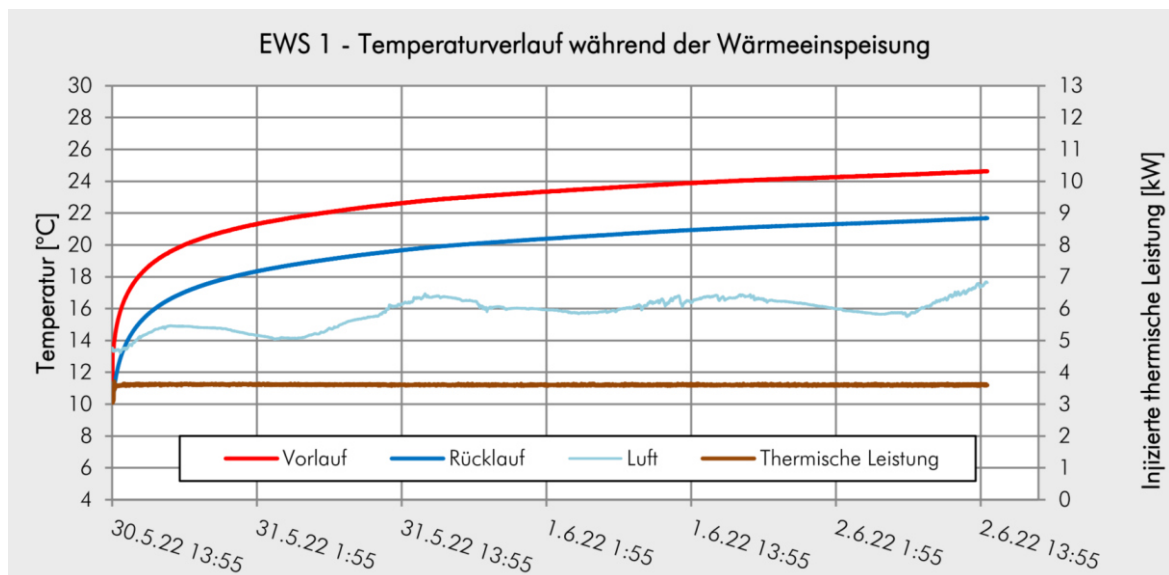
Bericht

220617

Geothermal Response Test

BV Damloup-Kaserne:

Umsetzung eines ca. 10 ha großen Baugebietes



Auftraggeber

MB Brunnenbau GmbH
Lager Wall 7
D-48477 Hörstel-Riesenbeck

Auftragnehmerin

M&P ENERGY GmbH
Neulandstraße 2-4
D-49084 Osnabrück

Osnabrück, 27.06.2022

Rev01

M&P ENERGY GmbH
Neulandstraße 2-4
49084 Osnabrück
Telefon: +49 541 / 915 327- 0
Telefax: +49 541 / 915 327 - 19
energy@mup-group.com
www.mup-group.com

Geschäftsführer:
Dipl.-Geophys. Frank Biegansky
Dipl.-Geol. Thomas Hartmann
Dipl.-Ing. Karsten Helms
Dipl.-Ing. Matthias Wieschemeyer
Prokurist:
Dipl.-Ing. Marius Raabe

Registergericht:
Amtsgericht Hannover
HRB 102442
USt-IdNr DE 115 678838

Kontoverbindung:
Volksbank Hannover
IBAN: DE 69 2519 0001 0693 7020 00
BIC: VOHADE2H

Berichtsdaten

Berichtstitel	Geothermal Response Test BV Damloup-Kaserne: Umsetzung eines ca. 10 ha großen Baugebietes
Auftraggeber (AG)	MB Brunnenbau GmbH Lager Wall 7 D-48477 Hörstel-Riesenbeck
Auftragnehmerin (AN)	M&P ENERGY GmbH Neulandstraße 2-4 D-49084 Osnabrück Telefon: +49-541-915327-10 Telefax: +49-541-915327-19 E-Mail: osnabrueck@mup-group.com
Bauvorhaben	BV Damloup-Kaserne
Projektnummer AN	220617
Datum der Beauftragung	27.04.2022
Datum des Berichts	27.06.2022
Revisionsnummer	Rev01
Projektleitung / Projektbearbeitung	Dipl.-Ing. Marius Raabe / M. Sc. Jan Lademann

Der Bericht (inkl. Anlagen/Anhänge, Pläne usw.) ist urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung (insbesondere Bearbeitung, Ausführung, Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Vorführung, Zurverfügungstellung) der Unterlagen oder Teilen davon ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Ingenieurgesellschaft zulässig. Sämtliche Unterlagen dürfen daher nur für die bei Auftragserteilung oder durch eine nachfolgende Vereinbarung ausdrücklich festgelegten Zwecke verwendet werden.

Osnabrück, 27.06.2022

Dipl.-Ing. M. Wieschemeyer,
Geschäftsführer

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Anlagenverzeichnis	IV
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2 Erdwärmesondensystem	1
3 Geothermal Response Test	2
3.1 Versuchsdurchführung	2
3.2 Versuchsauswertung	3
4 Messergebnisse	5
5 Temperaturtiefenprofil	8
6 Auswertung der Ergebnisse	11
7 Bewertung Untergrundparameter	14
8 Schlusswort	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messzeiträume und angelegte Lasten	5
Tabelle 2: Ergebnistabelle	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Erkundungsbohrungen auf dem Grundstück	2
Abbildung 2: Gemessene Parameter – Anfangsphase	6
Abbildung 3: Gemessene Parameter – Messzeitraum nach Zuschalten der Heizlast.....	7
Abbildung 4: Darstellung der tiefenbezogenen ungestörten Untergrundtemperatur (vor GRT)	8
Abbildung 5: Darstellung der tiefenbezogenen Untergrundtemperatur (vor & nach GRT) sowie Bohrprofil EWS 3.....	10
Abbildung 6: Zeit-Temperatur Diagramm zur Ermittlung der Geradensteigung k	12
Abbildung 7: Schrittweise Auswertung (Linienquellen-Verfahren)	14

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Topographische Übersichtskarte M 1:5.000
Anlage 2:	Bohrprofile der Firma MB Brunnenbau GmbH



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die M&P Energy GmbH wurde durch die MB Brunnenbau GmbH im Rahmen der geplanten Bau-
maßnahme BV Damloup-Kaserne an der Catenhorner-Straße 60, in 48431 Rheine (Nordrhein-West-
falen) mit der Durchführung von insgesamt drei Geothermal Response Tests (GRT) und anschlie-
ßender Bewertung der Messergebnisse beauftragt.

Mithilfe eines GRTs werden die lokalen geophysikalischen Gesteinseigenschaften im Bereich der
geplanten Bohrungen bestimmt, die zusammen mit den Gebäudebedarfsdaten anschließend in
eine Sondenfeldsimulation zur erdseitigen Auslegung der Anlage einfließen können.

2 Erdwärmesondensystem

Zur Durchführung der GRT Messungen sind am 03.05. - 05.05.2022 im Bereich der potenziell für die
Geothermie zur Verfügung stehenden Fläche insgesamt drei Erkundungsbohrungen niedergebracht
und zu Piloterdwärmesonden ausgebaut worden (siehe Abbildung 1).

Die im Spülbohrverfahren hergestellten Bohrungen wurden gemäß der Dokumentation des Bohr-
unternehmens auf 60 m, 60 m und 70 m Tiefe abgesetzt. Der Bohrdurchmesser betrug jeweils 152
mm. Bis zu einer Tiefe von 2 m wurde jeweils eine Hilfsverrohrung mit einem Durchmesser von 178
mm verwendet. Der Ausbau der Bohrungen erfolgte mit werksgefertigten PE 100-RC Doppel-U-Erd-
wärmesonden bei einem Einzelrohrdurchmesser von 32 x 3,0 mm (Außendurchmesser x Wand-
stärke). Zur Verfüllung des Bohrlochringraumes wurde das thermisch verbesserte Produkt „Stüwa
Therm 2000 Z“ des Herstellers STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH verwendet.



Abbildung 1: Lage der Erkundungsbohrungen auf dem Grundstück

3 Geothermal Response Test

3.1 Versuchsdurchführung

Für die Planung und Leistungsberechnung, insbesondere von mittleren bis großen Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie, sind möglichst exakte Kenntnisse über die thermophysikalischen Eigenschaften des Untergrundes erforderlich. Im Allgemeinen kann nach Durchführung eines GRT auf Sicherheitszuschläge der konventionellen Bemessung nach Literaturwerten verzichtet werden. Zudem ermöglicht der Geothermal Response Test eine Absicherung der in der Vorplanung angesetzten Rechenwerte. Ein GRT dient der Ermittlung der effektiven Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes, des thermischen Bohrlochwiderstand und der mittleren Untergrundtemperatur. Die ermittelten Kenngrößen dienen im weiteren Verlauf als Eingangsparameter für die Dimensionierung eines Erdwärmesondenfeldes mittels Berechnungsprogrammen, wie Earth Energy Designer.

Die Versuchsdurchführung eines GRT kann wie folgt beschrieben werden. An eine im Vorfeld erstellte Piloterdwärme-sonde wird eine definierte Wärmelast (Heizen oder Kühlen) angelegt. Die Temperaturentwicklung des in der Erdwärmesonde zirkulierenden Wärmeträgermediums (Wasser)

wird bei Sondenein- und Sondenaustritt über die Zeit aufgezeichnet. Aus der Temperatur- / Zeitkurve lässt sich die Wärmeleitfähigkeit bestimmen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass in die Berechnung Anteile eines evtl. vorhandenen konvektiven Wärmetransports sowie andere Störsignale einfließen können, sodass es sich hierbei um eine scheinbare Wärmeleitfähigkeit handelt.

Ausschlaggebend für die Genauigkeit der Messergebnisse ist u.A. die Dauer der Versuchsdurchführung. Die Messkurve sollte sich hierbei asymptotisch bei einem gleichbleibenden Endwert einschwingen. Der zu messende Temperaturverlauf wird in den ersten Stunden des Versuchs noch wesentlich durch die Bohrlochverfüllung bestimmt. Eine Reduzierung von Störungen kann durch längere Messzeiten und eine ausreichende Wartezeit nach Erstellung der Pilotsonde erreicht werden. Hierbei sollten die entsprechenden Richtlinien (VDI4640) sowie die Herstellerangaben des Verfüllmaterials zum Abklingverhalten der Hydratationswärme berücksichtigt werden.

Bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit ist unabhängig von der Durchführung des Aufheizens oder Abkühlens theoretisch mit den gleichen Werten zu rechnen. Die Wärmeleitfähigkeit von Gesteinen nimmt zwar mit steigender Temperatur ab, der Betrag liegt hier allerdings im Bereich von etwa 0,05 W/mK pro 10 K Temperaturänderung und ist daher als wenig ausschlaggebend zu bewerten. Die Fluidmitteltemperaturen in den Erdwärmesonden liegen im Betrieb bei ungefähr 0°C. Mit steigender Entfernung zur Sonde steigt die Temperatur auf die umliegende Untergrundtemperatur an. Eine Temperaturerhöhung auf z.B. 25°C hätte entsprechend einen Messfehler von ungefähr 0,1 W/mK zufolge, bezogen auf eine Messung mit Temperaturerniedrigung.

Folgende Rahmenbedingungen sollten bei der Versuchsdurchführung eines GRTs beachtet werden. Wie bereits erwähnt, ist eine ausreichend lange Versuchsdauer bis zum asymptotischen Einschwingen der Temperaturkurve gegen einen Endwert anzustreben. Die Maximaldauer kann mit 72 Stunden angenommen werden. Darüber hinaus sollte die Temperaturänderung gegenüber der Anfangstemperatur mindestens 10 K betragen. Weiterhin ist eine turbulente Strömung innerhalb der Erdwärmesonden anzustreben.

3.2 Versuchsauswertung

Für die Auswertung eines Geothermal Response Tests kommt in der Regel die Kelvin'sche Linienquellentheorie zur Anwendung. Die Temperatur T im Abstand r um eine Linienquelle konstanter Heizleistung P in einem unendlichen, homogenen und isotropen Medium mit der effektiven Wärmeleitfähigkeit λ_{eff} und der Temperaturleitfähigkeit a ergibt sich zu:

$$T(r,t) = T_0 + \frac{P}{4\pi\lambda} \int_{\frac{r^2}{4\alpha t}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \cong T_0 + \frac{P}{4\pi\lambda} \left[\ln\left(\frac{4\alpha t}{r^2}\right) - \gamma \right] \quad \text{für } t \geq \frac{5r^2}{\alpha} \quad (\text{Gl. 1})$$

T_0 = Temperatur des ungestörten Untergrundes [°C]

P = zugeführte Wärmeleistung pro Meter Sondenlänge [W/m]

λ = Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes [W/(m*K)]

t = Zeit [s]

α = Temperaturleitfähigkeit des Untergrundes ($\alpha = \lambda / \rho c_p$) [m²/s]

r = Abstand von der Sonde [m]

γ = Euler'sche Zahl

Die zeitliche Entwicklung der mittleren Fluid-Temperatur ist demnach linear zu $\ln(t)$, mit einer Steigung k . Daraus folgt folgender Zusammenhang, der eine Bestimmung der effektiven Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes λ_{eff} ermöglicht:

$$\lambda_{eff} = \frac{P}{4\pi * H * k} \quad (\text{Gl. 2})$$

Die Berechnung des thermischen Bohrlochwiderstandes erfolgt entsprechend der oben gezeigten Gleichung. Der allgemeine Abstand r wird durch den Bohrlochradius r_0 ersetzt:

$$R_b = \frac{H}{P} (T_f(t) - T_f(t=0)) - \frac{1}{4\pi\lambda} \left[\ln\left(\frac{4\alpha t}{r_0^2}\right) - \gamma \right] \quad (\text{Gl. 3})$$

T_f = Mittlere Fluid-Temperatur [°C]

R_b = thermischer Bohrlochwiderstand [(m K) / W]

r_0 = Bohrlochradius [m]

H = Länge Erdwärmesonde [m]

4 Messergebnisse

Die Durchführung der Geothermal Response Tests erfolgte an den drei Piloterdwärmesonden nacheinander im Zeitraum vom 23.05. bis zum 01.06.2022. Hierbei wurden die Herstellerangaben des Verfüllmaterials hinsichtlich des Abklingverhaltens der Hydratationswärme berücksichtigt und eingehalten. In Tabelle 1 ist der Beginn und die Dauer der GRT-Messungen sowie die Heizlast und der Sondendurchfluss in den jeweiligen Erdwärmesonden dargestellt.

Tabelle 1: Messzeiträume und angelegte Lasten

EWS	Erstellt am	Messintervalle		Heizlast [kW]	Sonden- durchfluss [m³/h]
		Beginn	Dauer [h]		
1	03.05.2022	30.05.2022 / 14:00	72,5	Ø 3,6	Ø 1,0
2	04.05.2022	23.05.2022 / 13:00	92,0	Ø 3,4	Ø 1,2
3	05.05.2022	27.05.2022 / 11:30	72,5	Ø 3,4	Ø 1,0

Vor Beginn der Versuchsdurchführung wurde für etwa 10 bis 20 Minuten ein Sondendurchfluss ohne angelegte Heizlast gefahren, um die ungestörte Untergrundtemperatur ermitteln zu können (siehe Abbildung 2). Die Abbildung zeigt den Verlauf der Vorlauf- (rot) und Rücklauf- (blau) Temperatur in der genannten Vorlaufphase ohne Heizen. Für diese Umwälzphase wurde eine durchschnittliche Fluid-Temperatur von 11,0 °C für EWS-1, 10,6 °C für EWS-2 und 10,4 °C für die EWS-3 ermittelt.

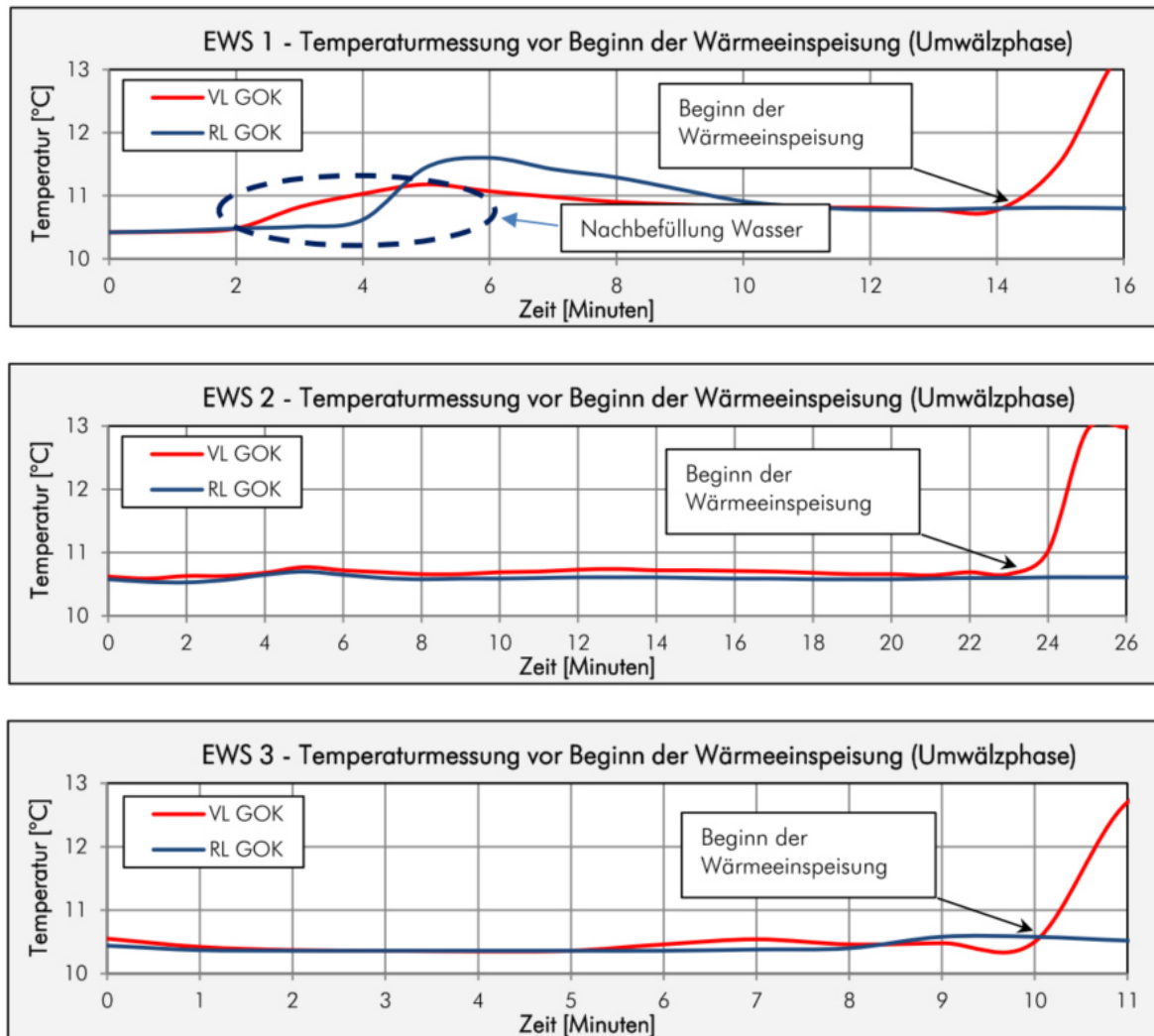


Abbildung 2: Gemessene Parameter – Anfangsphase

Im weiteren Verlauf wurden die Außen-, Vorlauf- (T_{out}) und Rücklauf- (T_{in}) sowie die Heizleistung und der Durchfluss gemessen (siehe Abbildung 3).

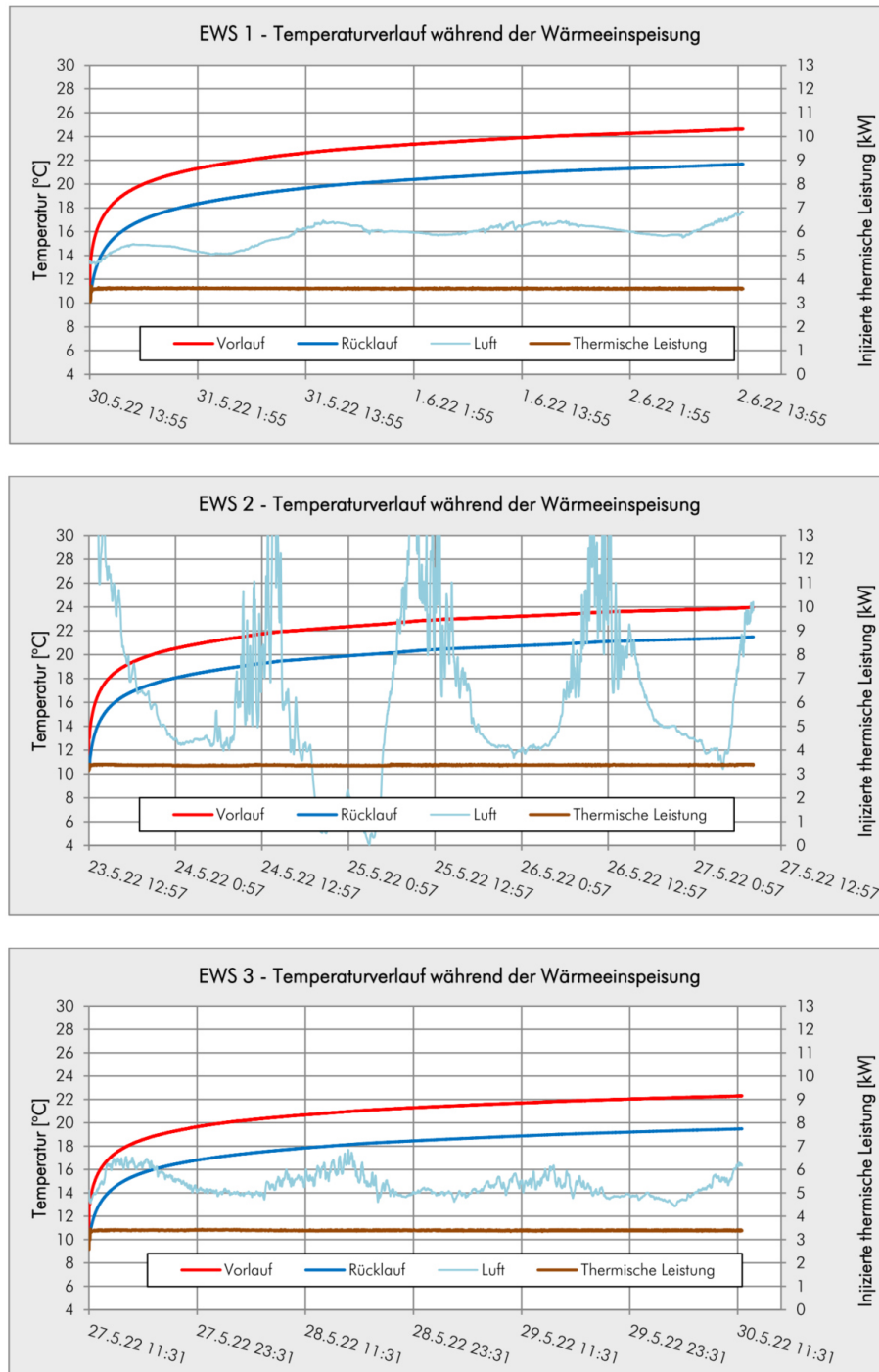


Abbildung 3: Gemessene Parameter – Messzeitraum nach Zuschalten der Heizlast

5 Temperaturtiefenprofil

Allen drei GRTs vorgeschaltet wurde die Messung eines Temperaturprofils in der Piloterdwärme-sonde. Die Messung erfolgte hierbei in 1-2 m Schritten mithilfe eines Datenloggers, der die Tempe-ratur innerhalb der Erdwärmesonde bestimmen kann. Die Bestimmung der mittleren ungestörten Gebirgstemperatur wurde mit einem (kabelgebundenen) Temperaturlichtlot der Firma Hydrotech-nik GmbH, Typ 110 durchgeführt. Das Ergebnis des Temperatur-Logs ist in Abbildung 4 dargestellt.

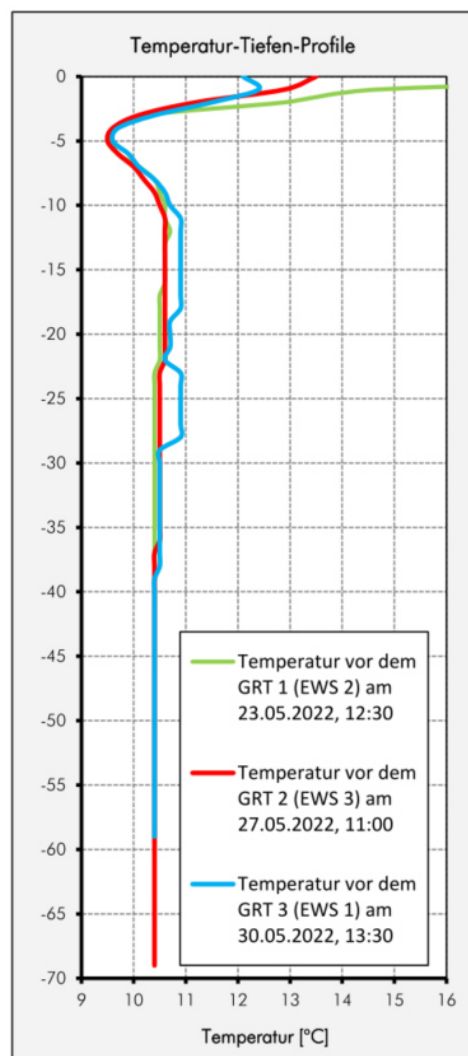


Abbildung 4: Darstellung der tiefenbezogenen ungestörten Untergrundtemperatur (vor GRT)

Die Einführung des Lichtlotes in die drei Sonden war bis zu einer Tiefe von 58,5 m (EWS-1), 60,1 (ESW-2) und 68,5 m (EWS-3) möglich. Aus dem in Abbildung 4 gezeigten Tiefenprofil ist zu entnehmen, dass grundsätzlich alle drei Messungen einen ähnlichen Verlauf aufweisen. In dem Temperatur-Tiefen-Profil ist auf den ersten 11 Metern u. GOK der Temperatureinfluss durch Umwelteinflüsse deutlich zu erkennen. Bis zu einer Messtiefe von 29 m ist bei der EWS 1+2 ausgehend von einer Temperatur von 10,6 °C eine geringe Temperaturabnahme von 0,1 und 0,2 K zu erkennen. Das Profil der EWS-3 zeigt in dieser Tiefenlage höhere Temperaturen von etwa 0,3 bis 0,4 K bezogen auf die gemittelte Temperatur von 10,6 °C. Ab einer Tiefe von 23 m für EWS 1+2 und einer Tiefe von 29 m für EWS-3 ist ein konstanter Wärmeverlauf erkennbar, der als geosolarer Tiefenbereich bekannt ist. Hier stellt sich eine Temperatur von 10,4 bis 10,5 °C ein. Ein geothermischer Gradient, der einen erwartungsgemäßen Temperaturanstieg von i.d.R. 3°C/100 m aufweist, konnte nicht nachgewiesen werden.

Die mittlere Gebirgstemperatur der jeweiligen Sonden liegt damit bei 10,4 °C (EWS 1), 10,6 °C (EWS 2) und 10,5 °C (EWS 3) und deckt sich mit den ermittelten Werten aus der Anfangsphase zu Beginn der GRT-Messungen.

Zusätzlich wurden an jeweiligen Erdwärmesonden Temperatur-Profilmessungen etwa 1-2 Stunden nach dem GRT durchgeführt, um ggf. vorhandene schichtspezifische Unterschiede in der Temperaturwiederangleichung ableiten zu können.

In Abbildung 5 sind die Temperatur-Profilmessungen vor und nach dem GRT gegenübergestellt. Inhomogene Temperaturangleichungen sind aus den durchgeführten und dargestellten Messungen nicht ersichtlich.

Anhand des Vergleiches der Temperaturmessungen lassen sich keine grundwasserdynamischen Effekte ableiten. Im Bereich des jeweiligen Sondenfußes ist eine schnellere Temperaturangleichung ersichtlich, die auf einen zusätzlichen Wärmeaustausch nach unten zurückgeführt werden kann.

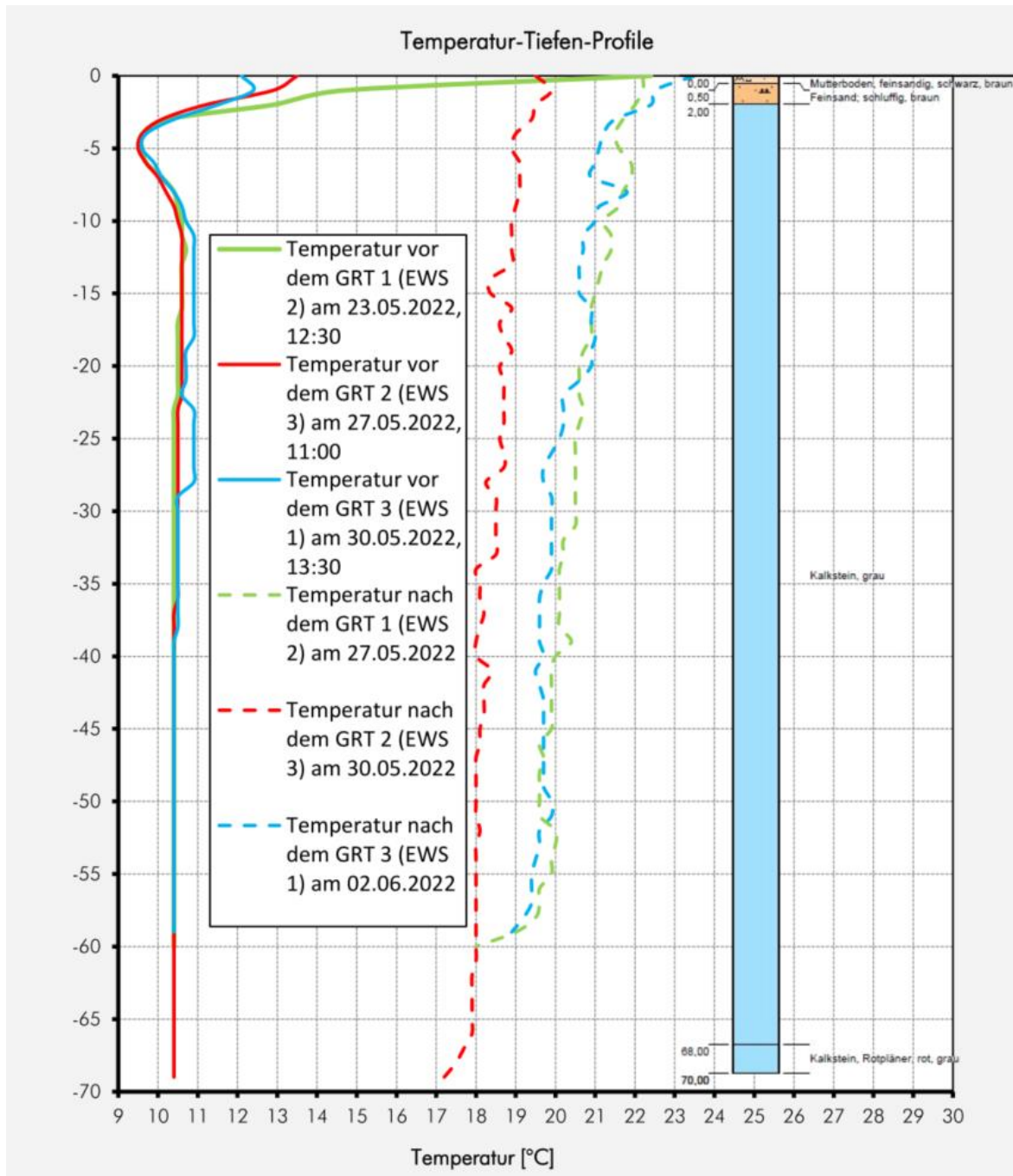
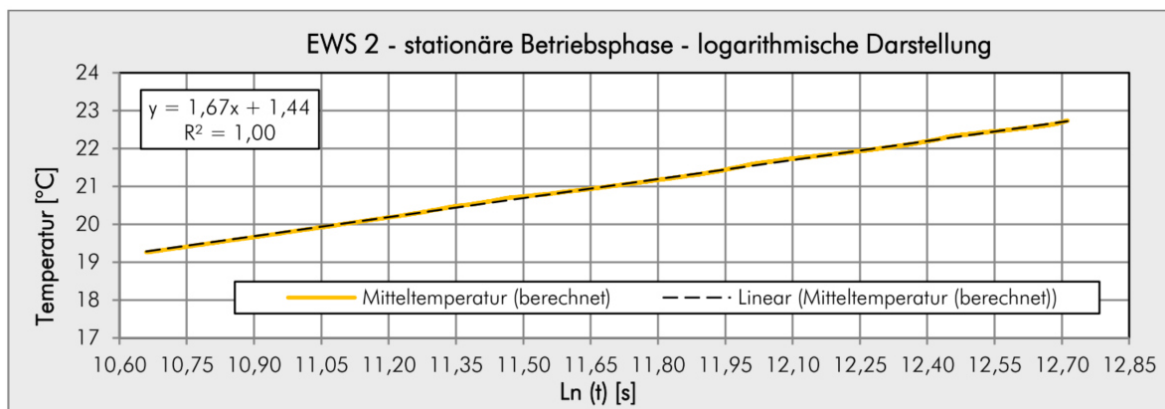
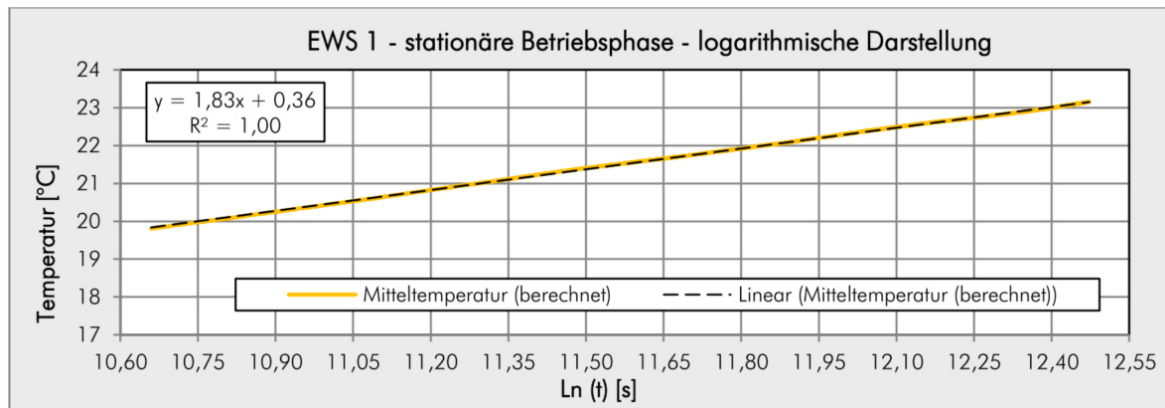


Abbildung 5: Darstellung der tiefenbezogenen Untergrundtemperatur (vor & nach GRT) sowie Bohrprofil EWS 3

6 Auswertung der Ergebnisse

Zur Berechnung der effektiven Wärmeleitfähigkeit ist die Ermittlung der Geradensteigung k notwendig. Hierfür ist die mittlere Fluidtemperatur T_f gegen den Logarithmus der Zeit aufzutragen. Die ermittelte Geradensteigung beträgt $k = 1,83 [-]$ (EWS-1), $k = 1,67 [-]$ (EWS-2) und $k = 1,48 [-]$ (EWS-3). Das jeweils ermittelte Bestimmtheitsmaß R^2 gibt den linearen Zusammenhang zwischen der Messreihe und der Regressionsgeraden an. Demzufolge können bei allen drei Messungen nahezu 100 % der Streuung der Ordinatenwerte (Y) durch lineare Abhängigkeit der Abszissenwerte (X) beschrieben werden. Die entsprechenden Diagramme sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die berechnete effektive Wärmeleitfähigkeit beträgt $\lambda_{eff} = 2,68 [W/mK]$ (EWS-1), $\lambda_{eff} = 2,67 [W/mK]$ (EWS-2), $\lambda_{eff} = 2,67 [W/mK]$ (EWS-3).



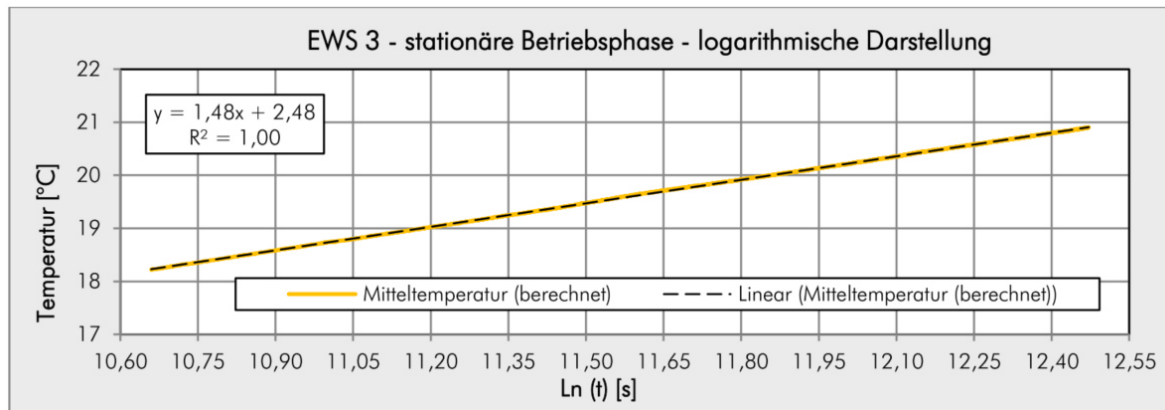


Abbildung 6: Zeit-Temperatur Diagramm zur Ermittlung der Geradensteigung k

Die ermittelten effektiven Wärmeleitfähigkeiten kann mithilfe von Literaturwerten der VDI-Richtlinie 4640 Blatt einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden. Die ermittelte effektive Wärmeleitfähigkeit liegt mit **2,67 W/(m·K) - 2,68 W/(m·K)** im mittleren bis oberen Erwartungsbereich der hier aufgenommenen Kalkstein-Schichten.

Für die Bestimmung des thermischen Bohrlochwiderstandes wurde die in Kapitel 3.2 gezeigte Gleichung 3 herangezogen und mit den nachfolgenden Werten berechnet. Bei dem ermittelten Wert handelt es sich um einen Mittelwert, der während der stationären Betriebsphase erhoben wurde.

Bohrlochdurchmesser (gemittelt inkl. Schutzrohr)	154,0 mm
Einbautiefe der EWS	58,5 - 68,5 m
Mittlere Erdreichtemperatur vor Messbeginn	10,4 – 10,6 °C
Durchschnittliche injizierte thermische Leistung	3,4 – 3,6 kW
Gemittelte spez. Wärmekapazität des Erdreichs (gemäß VDI 4640)	2,3 MJ/(m³·K)

Der mittlere Bohrlochwiderstand beträgt $R_{b(mittel)} = 0,066 \text{ [K/(W/m)]}$ (EWS-1), $R_{b(mittel)} = 0,067 \text{ [K/(W/m)]}$ (EWS-2), $R_{b(mittel)} = 0,069 \text{ [K/(W/m)]}$ (EWS-3). Aus den Messergebnissen des thermischen Bohrlochwiderstandes ist ersichtlich, dass eine einheitlich sehr gute Qualität der Bohrlochinstallation gegeben ist. Der mittlere Bohrlochwiderstand beträgt **$R_{b(mittel)} = 0,066 \text{ [K/(W/m)]} - 0,069 \text{ [K/(W/m)]}$** .

Die Ergebnisse der Felduntersuchungen sind in der nachstehenden dargestellt.

Tabelle 2: Ergebnistabelle

Piloterdwärme- sonden	Effektive Wärmeleitfähigkeit λ_{eff} [W/(m·K)]	Thermischer Bohrlochwiderstand R_b [K/(W/m)]	Mittlere Gebirgstemperatur T [°C]
EWS-1	2,68	0,066	10,4
EWS-2	2,67	0,067	10,6
EWS-3	2,67	0,069	10,5

Zur Abschätzung des Einflusses von fließendem Grundwasser ist eine schrittweise konventionelle Auswertung des jeweiligen GRTs erfolgt. Es zeigt sich wie in Abbildung 7 dargestellt, dass ab einer Messdauer von etwa 30-35 Stunden die ermittelte effektive Wärmeleitfähigkeit konstant bleibt bzw. die Abweichungen gering ausfallen.





Abbildung 7: Schrittweise Auswertung (Linienquellen-Verfahren)

Ein zunehmender stetiger Anstieg des Messergebnisses mit fortschreitendem Messzeitraum weist prinzipiell auf den Einfluss von fließendem Grundwasser hin, was in den Messreihen nicht ersichtlich ist. Auf Grundlage der beschriebenen konstant bleibenden Messergebnisse können äußere Störeinflüsse bzw. grundwasserdynamische Einflüsse als gering bis nicht vorhanden eingestuft werden.

7 Bewertung Untergrundparameter

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die thermischen Untergrundparameter, v.A. die Wärmeleitfähigkeit am Standort sehr gute Bedingungen für die Umsetzung einer Erdwärmesondenanlage bieten.

Die in Kapitel 6 genannten Ergebnisse der ermittelten effektiven Wärmeleitfähigkeit von 2,67 W/(m·K) bis 2,68 W/(m·K) erachten wir aufgrund der hier erbohrten Lithologie (Kalkstein) und unserer Plausibilitätsprüfung nach VDI Richtlinie 4640 Blatt 1 prinzipiell für realistisch. Zur weiteren Planung empfehlen wir bei der Auslegung des Erdwärmesondenfeldes einen Wert von **2,6 W/mK** zu verwenden. Zudem sollte eine Sensitivitätsanalyse mit einem bis zu 0,3 W/mK abgeminderten Wert erfolgen. Diese Sicherheit bei der Auslegung kommt zudem besseren Vorlauftemperaturen zur Wärmepumpe zugute, welche damit weiter an Effizienz gewinnt.

Der thermische Bohrlochwiderstand R_b mit **0,066 bis 0,069 K/(W/m)** wurde unter Berücksichtigung des Sonden-Aufbaus, des Volumenstroms und des verwendeten Wärmeträgerfluids (hier: Wasser)

berechnet. Der gemessene thermische Bohrlochwiderstand ist repräsentativ für den Bohrlochausbau und eine sehr gute Qualität der Ringraumverfüllung/Sondeninstallation.

Die ungestörte momentane gemittelte Untergrundtemperatur liegt mit 10,5 °C in einem für einen Sondenanlagenbetrieb guten Bereich und kann bei den weiteren Planungsphasen zur Einschätzung der Betriebscharakteristik herangezogen werden.

Die mithilfe des GRTs ermittelten lokalen geophysikalischen Gesteinseigenschaften können in der nächsten Planungsphase zusammen mit Gebäudebedarfsdaten sowie dem Anlagenkonzept in eine Erdwärmesondenfeldsimulation einfließen und sind damit ausschlaggebend für die spätere Auslegung der geothermischen Anlage.

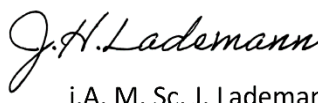
8 Schlusswort

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht oder nur abweichend erörtert wurden ist der Fachplaner zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Osnabrück, 27.06.2022



i.V. Dipl.- Ing. M. Raabe,
Prokurist



i.A. M. Sc. J. Lademann
Projektbearbeiter

220617 / Geothermal Response Test

27.06.2022 / Rev01



Anlagen

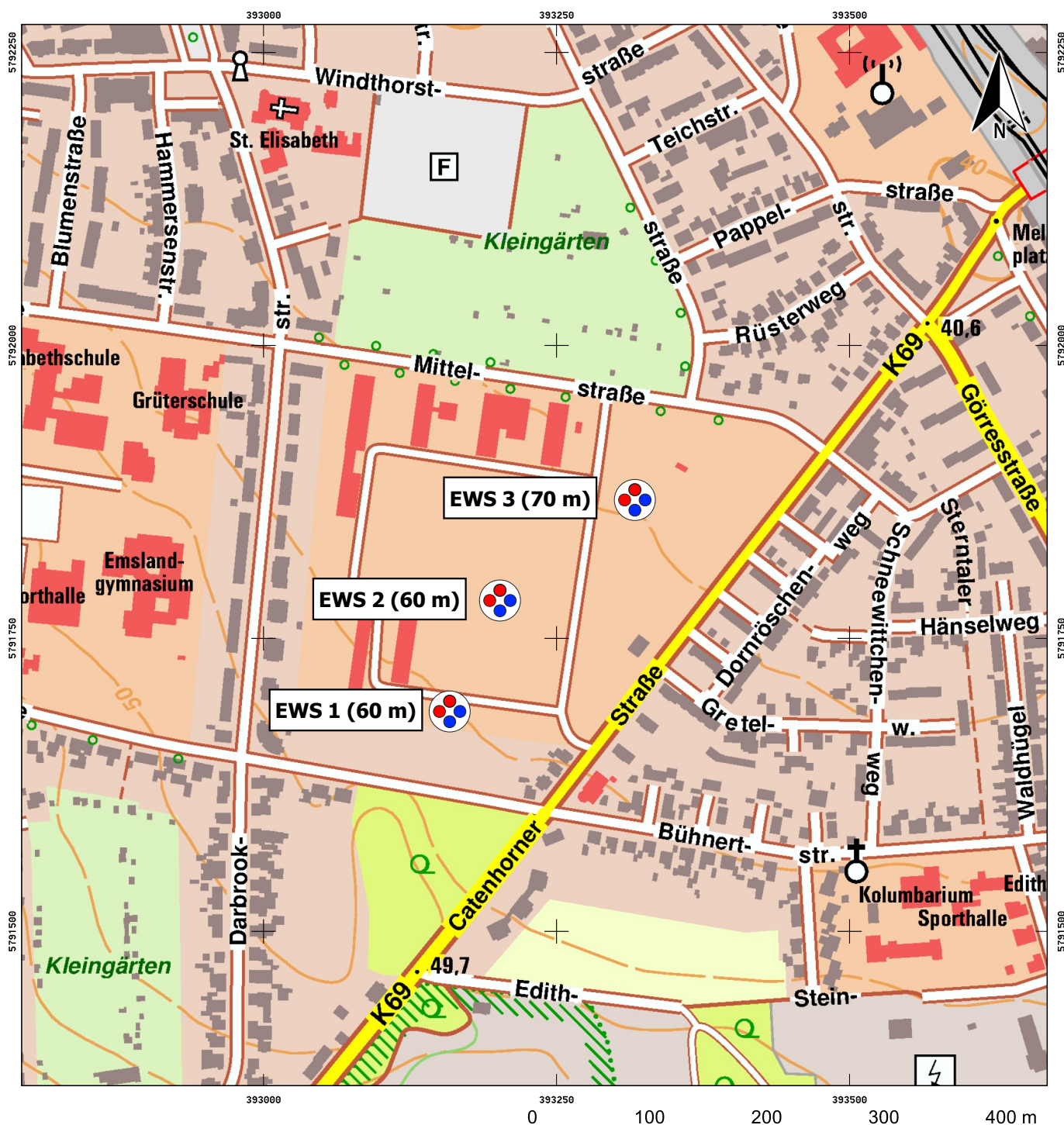
220617 / Geothermal Response Test

27.06.2022 / Rev01



Anlage 1

Topographische Übersichtskarte M 1:5.000



Legende



Erdwärmesonde

Auftraggeber MB Brunnenbau GmbH Lager Wall 7 48477 Hörstel-Riesenbeck	Anlage	1
	Blatt	1 von 1
	Maßstab	1:5000
	Datum	27.06.2022
Projekt BV Damloup-Kaserne	M&P ENERGY GmbH Hans-Böckler-Allee 9 30173 Hannover Tel: 0511 123 559 – 0 Fax: 0511 123 559 – 55 E-mail: energy@mup-group.com Internet: www.mup-group.com	
Benennung Topographische Übersichtskarte	 ENGINEERING FOR A BETTER TOMORROW	

Bearbeiter: J. Lademann

220617 / Geothermal Response Test

27.06.2022 / Rev01

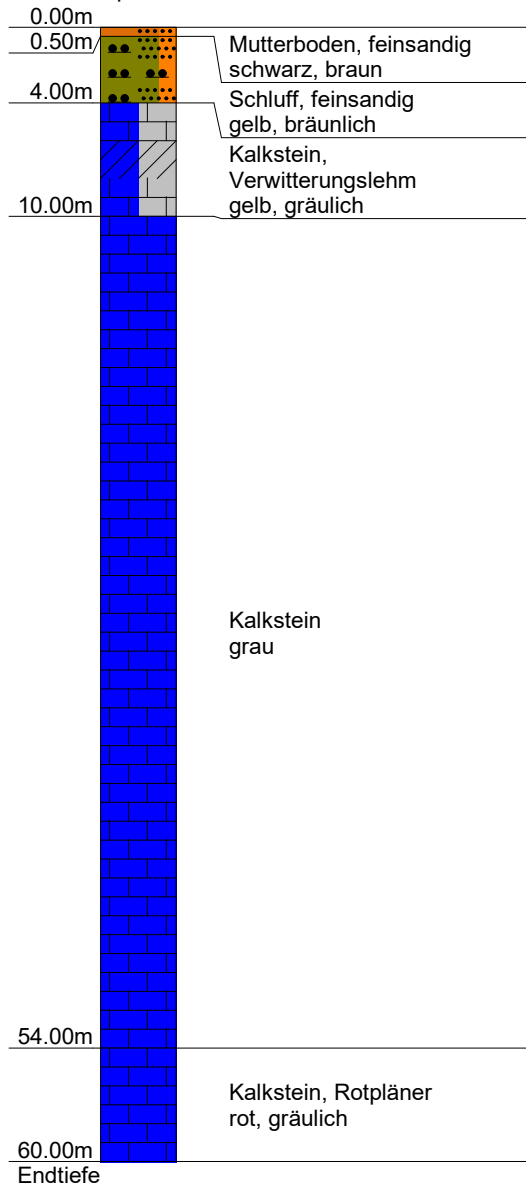


Anlage 2

Bohrprofile der Firma MB Brunnenbau GmbH

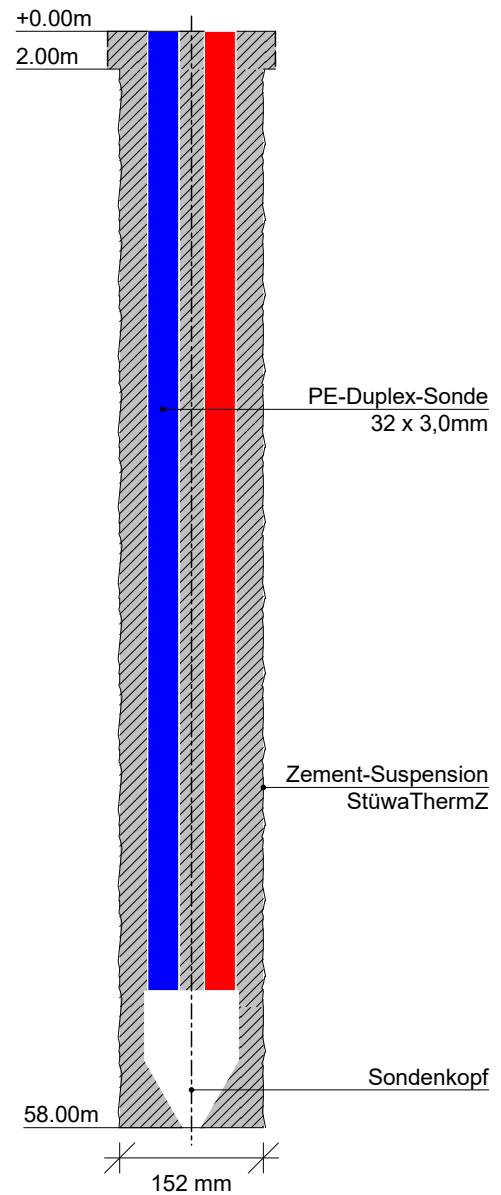
Bohrung 1

Ansatzpunkt: GOK



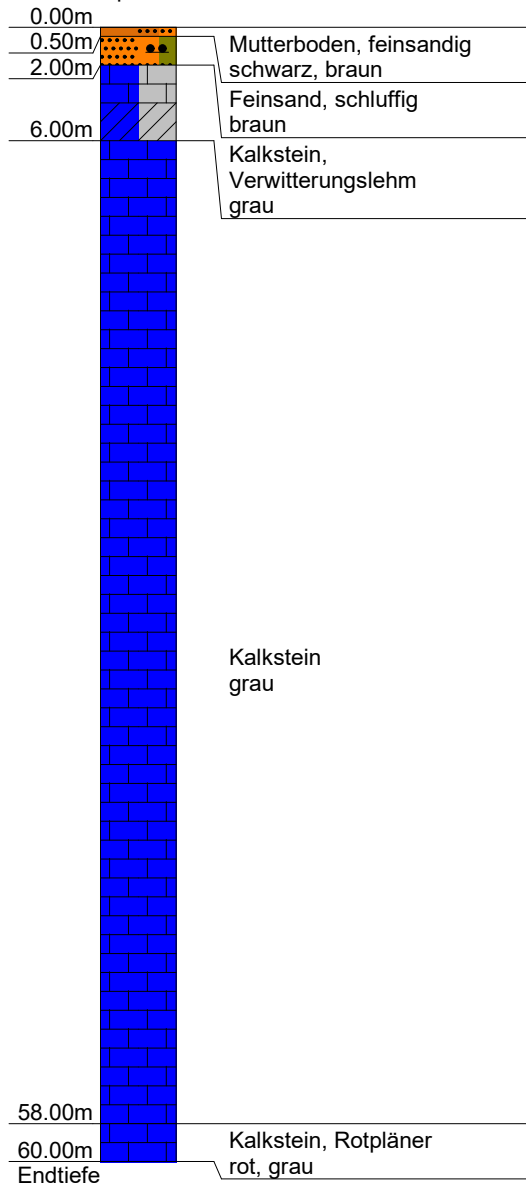
Erdwärmebohrung BV Damloup-Kaserne
03.05.2022

Erdwärmesonde



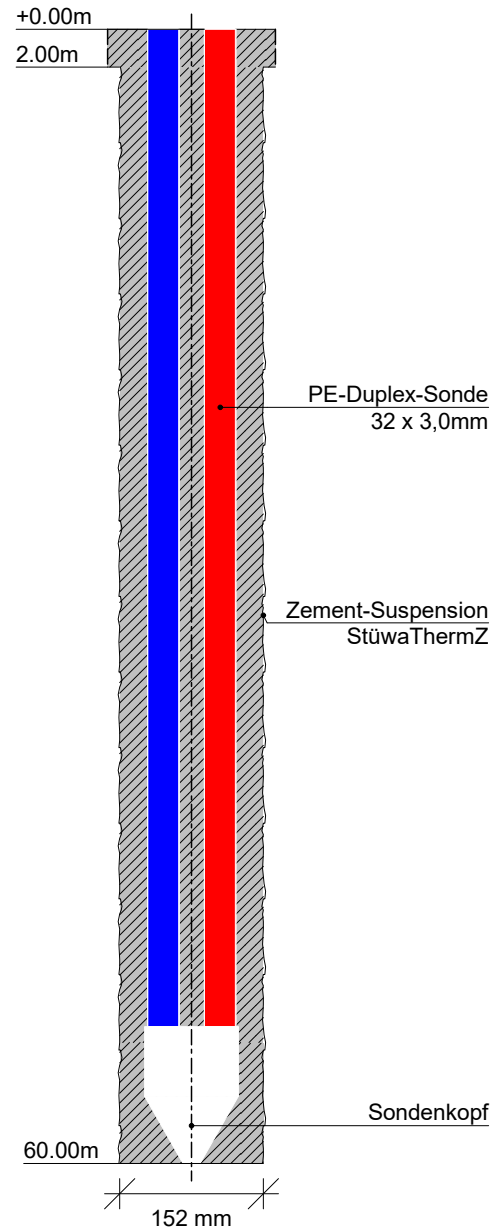
Bohrung 2

Ansatzpunkt: GOK



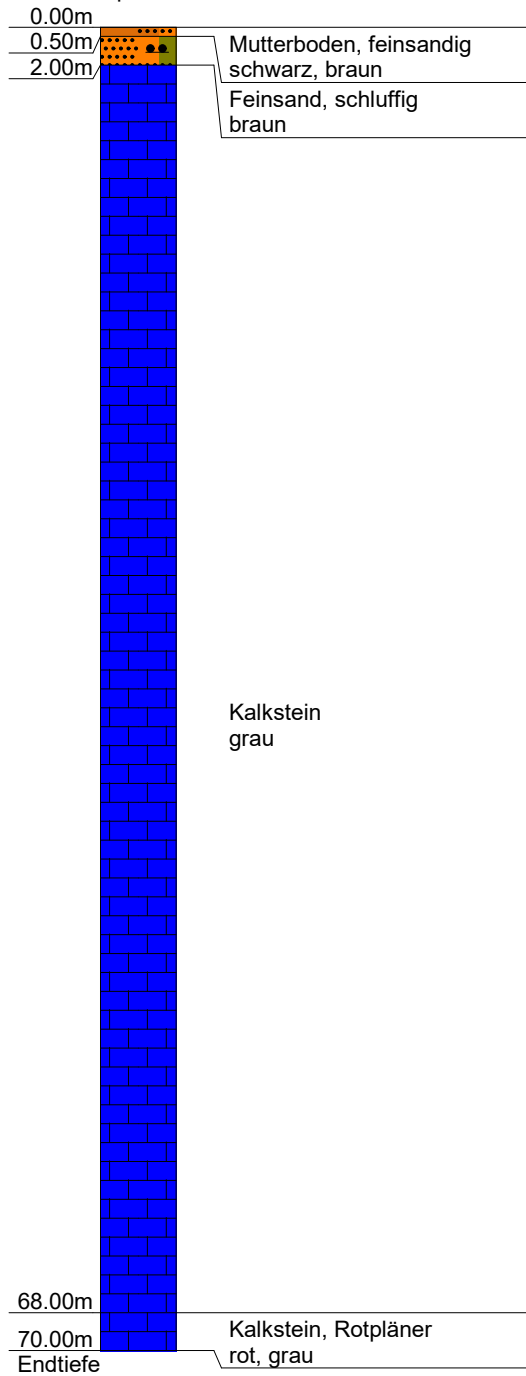
Erdwärmebohrung BV Damloup-Kaserne
04.05.2022

Erdwärmesonde



Bohrung 3

Ansatzpunkt: GOK



Erdwärmebohrung BV Damloup-Kaserne
05.05.2022

Erdwärmesonde

