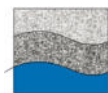




**Gutachten zur**  
**Grundwasser-Wärmepumpenanlage**

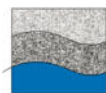
**Projekt:**  
**BV Musial**  
**Marie-Curie-Straße 7**  
**79211 Denzlingen**  
**Flurstück Nr.: 9546**

**Proj. Nr.: P-211310**



## Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Angaben.....	4
1.1 Ortsangaben.....	4
1.2 Antragsteller .....	4
1.3 Betriebszweck .....	4
2 Beteiligte Firmen.....	5
2.1 Brunnenbau .....	5
2.2 Installation.....	5
2.3 Gutachten .....	5
3 Geo- und hydrogeologische Verhältnisse, Grundwasserfließrichtung.....	5
4 Umliegende Wasserrechte.....	6
5 Brunnenanlage.....	6
5.1 Entnahmebrunnen.....	6
5.2 Rückgabebrunnen.....	6
6 Anlagentechnik.....	7
6.1 Grundwasserwärmepumpe .....	7
6.2 Grundwasserförderpumpe .....	7
7 Hydrogeologische Berechnungen .....	7
7.1 Grundwasserentnahmemengen.....	7
7.2 Bestimmung der Brunnenkennwerte .....	7
7.2.1 Durchlässigkeitsbeiwert .....	8
7.2.2 Hydrogeologische Berechnungen .....	9
7.2.3 Absenkung- / Aufstau.....	9
7.2.4 Rückstromrate .....	10
7.2.5 Temperaturfelder .....	10
8 Chemismus des Grundwassers .....	11
9 Beurteilung .....	12
Berechnungsgrundlagen .....	13
Verwendete Abkürzungen.....	14



## **Verzeichnis der Tabellen**

Tabelle 1: Brunnenkennwerte	S. 7
Tabelle 2: Ergebnisse Pump- und Auffüllversuch	S. 8
Tabelle 3: Ergebnisse der weiteren Berechnungen	S. 9
Tabelle 4: Ergebnisse der Wasseranalyse	S. 11

## **Verzeichnis der Abbildungen**

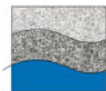
Abbildung 1: Diagramm der Rückströmrat	S. 10
--	-------

## **Anlagen**

Anlage 1: Übersichtslageplan	M 1:25.000
Anlage 2: Grundwasserfließrichtung u. -gefälle	M 1:50.000
Anlage 3: Lage der Brunnen u. hydrogeologische Angaben	M 1:500
Anlage 4: Brunnenkennwerte	M 1:2.000
Anlage 5.1: Temperaturfelder Lastfall Jahresmittel	M 1:500
Anlage 5.2: Temperaturfelder Lastfall Winter	M 1:500
Anlage 5.3: Temperaturfelder Lastfall Kühlung	M 1:500
Anlage 6: Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse mit Schachtausbau	

## **Anhang**

Anhang 1: Analyse der Grundwasserprobe	
Anhang 2: Kennlinien der Grundwasserentnahmepumpe	
Anhang 3: Technische Daten der Grundwasser-Wärmepumpe	
Anhang 4: Sicherheitsdatenblatt des Kältemittels	
Anhang 5: Zertifikat des Bohrunternehmens	
Anhang 6: Protokolle der Pumpversuche	
Anhang 7: Modellierung	



## **1 Allgemeine Angaben**

### **1.1 Ortsangaben**

Landkreis: Emmendingen

Gemeinde: 79211 Denzlingen

Gemarkung: Denzlingen

Adresse: Marie-Curie-Straße 7

Flurstücksnummer: 9546

### **1.2 Antragsteller**

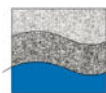
Marion Musial, Hauptstraße 85/1, 79211 Denzlingen

### **1.3 Betriebszweck**

Die Grundwasser-Wärmepumpenanlage dient zur Beheizung sowie zur Kühlung des Gebäudes.

Zu diesem Zweck wurde im südöstlichen Grundstücksbereich ein Entnahmebrunnen (EB) mit einem Ausbaudurchmesser von 300 mm und einer Teufe von 15,00 m u. GOK erstellt. Die Rückgabe des thermisch veränderten Grundwassers erfolgt über einen 15,00 m tiefen Rückgabeburrunnen (RB), Ausbaudurchmesser 300 mm, im nördlichen Grundstücksbereich. Damit wird gewährleistet, dass das entnommene Grundwasser dem Grundwasserkörper wieder zugeführt wird (Anlage 3). Die Brunnen sind mit tag- und sickerwasserdichten Schächten und Zuleitungen sowie tagwasserdichten, abschließbaren Deckeln ausgebaut.

Der Heizbedarf beträgt rund 45 kW.



## 2 Beteiligte Firmen

### 2.1 Brunnenbau

Drillexpert GmbH  
Siemensstraße 9, 79331 Teningen-Nimburg  
Tel.: 07663/603880; Fax: 076636038822  
www.drillexpert.de; info@drillexpert.de

### 2.2 TGA-Planer

Gampp Haustechnik GmbH  
Gewerbestraße 2, 79285 Ebringen  
Tel.: 07664/9799-0; Fax: 07664/9799-97  
info@haustechnik-gampp.de, www.haustechnik-gampp.de

### 2.3 Gutachten

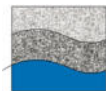
FREY-BGW  
Büro für Geowissenschaften  
August-Jeanmaire-Straße 27a, 79183 Waldkirch  
Tel.: 07681/4748288, Fax: 07681/4979709  
www.frey-bgw.de, info@frey-bgw.de

## 3 Geo- und hydrogeologische Verhältnisse, Grundwasserfließrichtung

Das Bauvorhaben befindet sich an der nordwestlichen Bebauungsgrenze von Denzlingen, rd. 200 m westlich der Hauptstraße. Unter einer 5-12 m mächtigen, bindigen Deckschicht stehen die quartären Kiese des Rheins an (Anlage 6).

Das Grundwasser fließt hier mit einem Gefälle von rd. 6 ‰ in nordwestliche Richtung ( $\sim 292^\circ$ ) (Karte der Grundwasserhöhengleichen für mittlere Grundwasserverhältnisse, Oktober 1986, Raum Colmar-Freiburg, Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1999).

An den Brunnen wurde ein kombinierter Pump- und Auffüllversuch durchgeführt. Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert (Pumpversuch, Kap. 7.2.1) in der Dimension  $10^{-4}$  m/s -  $10^{-5}$  m/s ist nach DIN 18130, TI 1 als *stark durchlässig* zu bezeichnen.



## 4 Umliegende Wasserrechte

Nach unserem Kenntnisstand bestehen keine umliegenden Wasserrechte, die durch die geplante Anlage beeinflusst würden, oder die den geplanten Betrieb einschränken würden.

## 5 Brunnenanlage

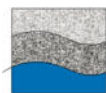
Die Höhen der Schachtdeckeloberkanten der Brunnen entsprechen den Geländeoberkanten.

### 5.1 Entnahmebrunnen

UTM-Koordinaten:	RW 416.195, HW 5.324.987,
Verfahren:	Greiferbohrung, Bohrdurchmesser 700 mm
Ausbaudurchmesser:	300 mm
Teufe:	15,00 m ab GOK
Filterstrecke:	12,00 m – 15,00 m u. DOK
Höhe DOK:	227,62 m ü. NN
Flurabstand am 04.10.2021:	8,85 m u. DOK
Höhe Grundwasser:	218,77 m ü. NN
Schachtausbau:	Betonringfertigteile Ø 1,00 m mit Konus auf Ø 0,60 m
Schachttiefe:	1,40 m u. GOK
Schachtabdeckung (Deckel):	tagwasserdicht, abschließbar
Leitung zur WP:	PE-Rohr AD 63 mm

### 5.2 Rückgabebrunnen

UTM-Koordinaten:	RW 416.198, HW 5.325.062,
Verfahren/Ausbaudurchmesser:	wie EB
Teufe:	15,00 m ab GOK
Filterstrecke:	11,00 m – 15,00 m u. DOK
Höhe DOK:	227,41 m ü. NN
Flurabstand am 04.10.2021:	9,17 m u. DOK
Höhe Grundwasser:	218,24 m ü. NN
Schachtausbau:	wie EB



## 6 Anlagentechnik

### 6.1 Grundwasserwärmepumpe

Es wird eine Wärmepumpe, Fabrikat Waterkotte, Modell EcoTouch DS 5045.5 T installiert. Dies ist eine Solemaschine, die über einen Wärmetauscher von der Grundwasserseite getrennt ist. Die Heizleistung beträgt bei einem Grundwasservolumenstrom von 2,50 l/s (9 m<sup>3</sup>/h), einer Spreizung von 5 K und einer heizungsseitigen Vorlauftemperatur von 35° C laut Hersteller 45,2 kW (Anhang 3). Als Kältemittel werden 5,0 kg R410A verwendet (Anhang 4). Die Wärmepumpe schaltet über serienmäßig eingebaute Druckwächter bei Leckage automatisch ab.

### 6.2 Grundwasserförderpumpe

Das Grundwasser wird mit einer Tauchpumpe Grundfos, SP 17-3 entnommen (Anhang 2).

## 7 Hydrogeologische Berechnungen

### 7.1 Grundwasserentnahmemengen

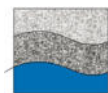
Die Wärmepumpe benötigt einen Grundwasserdurchsatz von 2,5 l/s (~ 9 m<sup>3</sup>/h). Die Wärmepumpenanlage wird nach Angaben der Bauherrschaft für die Heizung rd. 1.550 h/a und für die Kühlung rd. 1.000 h/a betrieben werden. Das ergibt eine jährliche Gesamtmenge von 22.950 m<sup>3</sup>/a.

### 7.2 Bestimmung der Brunnenkennwerte

Den hydrogeologischen Berechnungen liegen folgende Brunnenkennwerte zugrunde:

**Tab. 1: Brunnenkennwerte**

Brunnenkennwerte	Zeichen	Messwert
Flurabstand EB/RB	A [m]	8,28/9,73
Brunnentiefe EB/RB	T [m]	15,00/15,00
Brunnenradius EB/RB	r [m]	0,15/0,15
Wassersäule EB/RB	h <sub>EB</sub> [m]	6,72/5,27
Filterlänge EB/RB	l [m]	3,00/4,00
Grundwassergefälle	I [m/km]	6,0
Brunnenabstand	a [m]	77,50
Anströmwinkel	α [°]	80



### 7.2.1 Durchlässigkeitsbeiwert

Am 20.01.2022 wurde durch die Fa. Drillexpert GmbH ein kombinierter Pump- und Auffüllversuch (PV/AV) am EB und am RB bis zum quasistationären Zustand zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes durchgeführt. Die Entnahme- bzw. Auffüllmenge betrug 2,50 l/s. Dabei ergaben sich eine Absenkung im EB von 2,79 m und ein Aufstau im RB von 5,86 m.

Für die Berechnung des  $k_f$ -Wertes nach Dupuit-Thiem genügt die Absenkung bzw. der Aufstau mit der zugehörigen Entnahme-/Auffüllmenge im Beharrungszustand. Der Durchlässigkeitsbeiwert wird nach der Formel für quasistationäre Verhältnisse im freien Grundwasser, ohne Beobachtungspegel nach Dupuit-Thiem berechnet. Hierbei wird von dem geringen Schwankungsbereich des Logarithmus von  $R/r$  ausgegangen und mit  $\ln 3,3$  eine erste Annäherung erzielt (nach Logan, 1964). Anschließend kann der Absenktrichter nach Kusakin berechnet und damit der  $k_f$ -Wert präzisiert werden.

Der Durchlässigkeitsbeiwert aus dem PV beträgt in erster Annäherung  $k_f = 7,36 \cdot 10^{-5}$  m/s, der präzisierte  $k_f$ -Wert  $k_f = 3,37 \cdot 10^{-4}$  m/s. Der Durchlässigkeitsbeiwert aus dem AV beträgt in erster Annäherung  $k_f = 7,98 \cdot 10^{-5}$  m/s, der präzisierte  $k_f$ -Wert  $k_f = 4,10 \cdot 10^{-4}$  m/s.

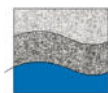
Die Grundwasserstandsänderungen im Betrieb entsprechen aufgrund des gleichen Volumenstroms denen aus dem kombinierten Pump-/Auffüllversuch mit 2,79 m Absenkung im EB und 5,86 m Aufstau im RB.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgelistet.

**Tab. 2: Ergebnisse Pump- und Auffüllversuch**

Entnahme-/ Auffüllmenge aus EB/RB	$Q_{PV}$ [m <sup>3</sup> /s]	$2,50 \cdot 10^{-3}$
Absenkung im EB	$s_{PV}$ [m]	2,79
Abgesenkte Wassersäule im EB	$h_w$ [m]	3,93
Aufstau im RB	$s_{AV}$ [m]	5,86
Durchlässigkeitsbeiwert aus PV	$k_{f_{PV}}$ [m/s]	$3,37 \cdot 10^{-4}$
Durchlässigkeitsbeiwert aus AV	$k_{f_{AV}}$ [m/s]	$4,10 \cdot 10^{-4}$
Entnahmemenge Wärmepumpe	$Q_{WP}$ [m <sup>3</sup> /s]	$2,50 \cdot 10^{-3}$
Absenkung im Betriebszustand im EB	$s_{EB}$ [m]	2,79
Aufstau im Betriebszustand im RB	$s_{RB}$ [m]	5,86





## 7.2.2 Hydrogeologische Berechnungen

Mit den Brunnenkennwerten aus Tabelle 1 und der Pump- und Auffüllversuchsauswertung aus Tabelle 2 können die hydrogeologischen Berechnungen zur Beschreibung der Anlage durchgeführt werden, wobei der errechnete kf-Wert aus dem PV für die weiteren Berechnungen herangezogen wird. Der kf-Wert aus dem AV wird für die Temperaturfeldberechnung herangezogen (Kap. 7.2.5). Die Ergebnisse sind in Tab. 3 aufgelistet (Rechengrundlagen im Anhang):

**Tab. 3: Ergebnisse der weiteren Berechnungen**

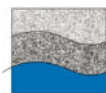
Parameter	Einheit	Dimension
Einzugsbreite	B [m]	183,74
Zuströmbreite	b [m]	91,87
Unterer Kulminationspunkt	$x_0$ [m]	29,26
Reichweite des Absenktrichters	$R_{AT}$ [m]	76,40
Reichweite des Aufstaukegels	$R_{AK}$ [m]	156,58
Filtereintrittsgeschwindigkeit EB	$v_F$ [m/s]	$1,22 \cdot 10^{-3}$
Fassungsvermögen EB	F [m <sup>3</sup> /s]	$3,46 \cdot 10^{-3}$
Brunnenabstand Mehlhorn (Mittel aus EB/RB)	$a^*$ [-]	2,59

## 7.2.3 Absenkung- / Aufstau

Die Absenkung im EB während des Betriebes der Wärmepumpe beträgt 2,79 m, die Reichweite des Absenktrichters 76,40 m. Der Aufstau im Rückgabebrunnen während des Betriebes der Wärmepumpe beträgt 5,86 m, die Reichweite des Aufstaukegels 156,58 m.

Innerhalb des Absenktrichters befinden sich keine, innerhalb des Aufstaukegels folgende Gebäude:

Marie-Curie-Straße 2, Flurstück Nr. 8419, Abstand 109,3 m, Restaufstau 0,4 m  
 Marie-Curie-Straße 4, Flurstück Nr. 8418, Abstand 48,64 m, Restaufstau 1,35 m  
 Marie-Curie-Straße 6, Flurstück Nr. 8417, Abstand 24,00 m, Restaufstau 2,15 m  
 Marie-Curie-Straße 8, Flurstück Nr. 8416, Abstand 45,16 m, Restaufstau 1,45 m  
 Marie-Curie-Straße 10, Flurstück Nr. 8415, Abstand 100,12 m, Restaufstau 0,55 m  
 Marie-Curie-Straße 21, Flurstück Nr. 8538, Abstand 91,42 m, Restaufstau 0,65 m  
 Vörstetter Straße 15, Flurstück Nr. 8407, Abstand 96,80 m, Restaufstau 0,55 m  
 Vörstetter Straße 17, Flurstück Nr. 8409/1, Abstand 93,36 m, Restaufstau 0,60 m  
 Vörstetter Straße 19, Flurstück Nr. 8409, Abstand 104,44 m, Restaufstau 0,50 m  
 Vörstetter Straße 19/1, Flurstück Nr. 8409, Abstand 134,40 m, Restaufstau 0,20 m



Diese Berechnungen stellen die Situation im quasistationären Zustand dar, das bedeutet, bei einer unendlichen Laufzeit. Aufgrund der täglichen Laufzeiten von voraussichtlich 10 Stunden wird sich die Absenkung im Bereich von 10 -20 m bewegen.

Aufgrund des großen Flurabstandes sind keine nachteiligen Auswirkungen auf die betroffenen Gebäude zu erwarten.

### 7.2.4 Rückstromrate

Aus dem Diagramm nach Mehlhorn (Abb. 1) ergibt sich bei einem Brunnenabstand  $a^*$  von 2,59 m und einem Anströmwinkel von  $80^\circ$  eine Rückstromrate von rd. 10 %. Ein hydrothermaler Kurzschluss zwischen den Entnahme- und dem Rückgabebrunnen ist somit nicht zu erwarten.

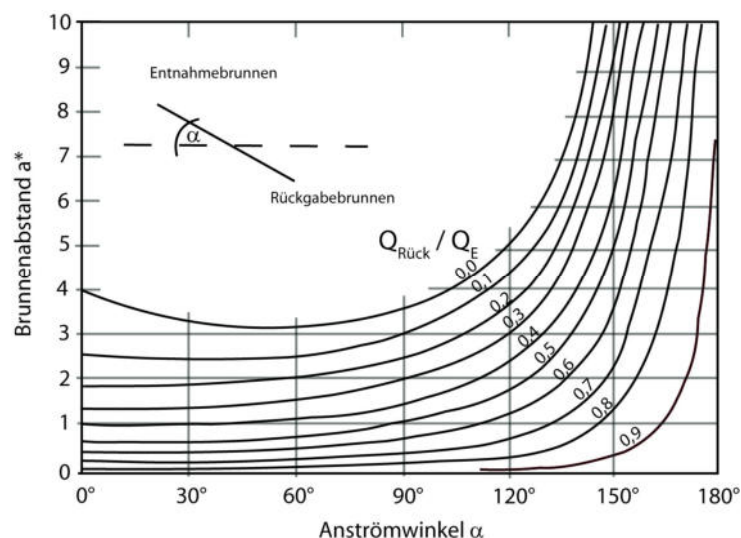
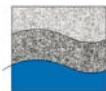


Abb. 1: Diagramm der Rückströmraten (aus Mehlhorn et al., 1981)

### 7.2.5 Temperaturfelder

Bei Anlagengrößen  $> 45.000 \text{ kW/a}$  wird eine numerische Berechnung (Modellierung) zur Berechnung der Temperaturfeldausbreitung verlangt. Die Modellierung wurde durch das Büro HydrosConsult GmbH durchgeführt. Es wurden folgende Längen und Breiten, ausgehend von einer Simulationsdauer von 20 Jahren, berechnet (Anhang 8):

<u>Lastfall Jahresmittel:</u>	1° K-Isotherme: Länge 27 m, Breite 8 m
	2° K-Isotherme: Länge 9 m, Breite 4 m
	3° K-Isotherme: Länge 4 m, Breite 2 m
	4° K-Isotherme: Länge 2 m, Breite 1 m



Lastfall Winterbetrieb:

- 1° K-Isotherme: Länge 65 m, Breite 14 m
- 2° K-Isotherme: Länge 26 m, Breite 9 m
- 3° K-Isotherme: Länge 11 m, Breite 5 m
- 4° K-Isotherme: Länge 4 m, Breite 2 m

Lastfall Kühlbetrieb:

- 1° K-Isotherme: Länge 43 m, Breite 12 m
- 2° K-Isotherme: Länge 12 m, Breite 5 m
- 3° K-Isotherme: Länge 5 m, Breite 2 m
- 4° K-Isotherme: Länge 1 m, Breite 1 m

## 8 Chemismus des Grundwassers

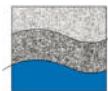
Am 09.08.2021 wurde eine Wasserprobe zur Analyse der brunnenrelevanten Parameter Eisen und Mangan entnommen und im Labor analysiert (siehe Anhang 1). Ferner wurden die allgemeinen Kenngrößen zur Beschreibung von Grundwässern direkt vor Ort gemessen. Hierbei ergab sich brunnenseitig keine Einschränkung für den geplanten Betriebszweck. Für die Wärmepumpe sind die Herstellerangaben zu beachten.

Wir weisen im Allgemeinen darauf hin, dass für einen störungsfreien, nachhaltigen Betrieb von Grundwasser-Wärmepumpen, die Anlagen und das Leitungssystem absolut luftdicht ausgebaut werden müssen. Bei Überflur-Anordnung bedeutet das, im Rückgabebrunnen muss in der Rückgabeleitung eine Absperrvorrichtung vorgesehen werden, die ein Leerlaufen der Rückgabeleitung und der Anlage verhindert.

Bei der Inbetriebnahme muss zwingend darauf geachtet werden, dass die Leitungen vollständig entlüftet werden und die Leitungen vollständig wassergefüllt sind.

**Tab. 4: Ergebnisse der Wasseranalyse**

Parameter	Dimension	Messwert
Temperatur	[° C]	14,2
pH-Wert	-	6,5
El. Leitfähigkeit	[µS/cm]	571
Sauerstoffsättigung	[%] - [mg/l]	n. g.
Eisen, gesamt	[mg/l]	0,085
Eisen, gelöst	[mg/l]	0,020
Mangan, gesamt	[mg/l]	0,051
Mangan, gelöst	[mg/l]	0,049



## 9 Beurteilung

Die Grundwasser-Wärmepumpenanlage "Musial, Denzlingen " wurde auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen sowie den im Gelände erhobenen Daten beurteilt und weiterführende Berechnungen durchgeführt. Die Situation stellt sich wie folgt dar:

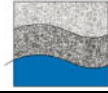
Das Grundwasser fließt in nordwestliche Richtung (280°) mit einem durchschnittlichen Gefälle von rd. 6 ‰. Das Temperaturfeld der 1° Isotherme folgt im Lastfall Jahresmittel der Fließrichtung auf einer Länge von 27 m, im Lastfall Winterbetrieb 65 m und im Lastfall Kühlung 43 m.

- **Infolge der Berechnungen und auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen bestehen aus gutachterlicher Sicht keine Einwände gegen den Betrieb der beantragten Grundwasser-Wärmepumpenanlage, vorbehaltlich der Ausführungen aus Kapitel 8.**

Waldkirch, den 22.06.2022

Christian Frey  
(Projektleiter)

Lutz Gehring  
(Projektbearbeiter)



## Berechnungsgrundlagen

Durchlässigkeitsbeiwert nach DUPUIT–THIEM

$$k_F = 0,733 \cdot Q_{PV} \cdot \frac{\ln \frac{R}{r}}{h_{EB}^2 - h_w^2} [m/s]$$

Einzugsbreite (aus Hölting, 1992)

$$B = \frac{Q_{WP}}{k_f \cdot I \cdot h_{EB}}$$

Zuströmbreite (aus Hölting, 1992)

$$b = \frac{B}{2}$$

Unterer Kulminationspunkt (aus Hölting, 1992)

$$x_0 = \frac{B}{2\pi}$$

Reichweite des Absenktrichters (Kusakin)

$$R = 575 \cdot S_{PV} \cdot \sqrt{k_f \cdot h_{EB}}$$

Filtereintrittsgeschwindigkeit (Sichard)

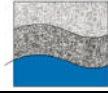
$$v_F = \frac{\sqrt{k_f}}{15}$$

Fassungsvermögen (Sichard)

$$F_f = 2\pi \cdot r \cdot l \cdot v_F$$

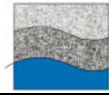
Brunnenabstand  $a^*$  (Mehlhorn)

$$a^* = a \frac{2\pi \cdot h_{EB} \cdot k_f \cdot I}{Q_{WP}}$$



## Verwendete Abkürzungen

A [m]:	Flurabstand
a [m]:	Brunnenabstand
a* [-]:	Brunnenabstand Mehlhorn
$\alpha$ [°]:	Anströmwinkel
B [m]:	Einzugsbreite
b [m]:	Zuströmbreite
$h_{EB}$ [m]:	Wassersäule im EB
$h_{RB}$ [m]:	Wassersäule im EB
$h_w$ [m]:	abgesenkte Wassersäule im EB
I [m/km]:	Grundwassergefälle
$k_F$ -Wert [m/s]:	Durchlässigkeitsbeiwert
l [m]:	Filterlänge
F [m <sup>3</sup> /s]:	Fassungsvermögen
$Q_{PV}$ [m <sup>3</sup> /s]:	Entnahmemenge Pumpversuch
$Q_{WP}$ [m <sup>3</sup> /s]:	Entnahmemenge der Wärmepumpe
$R_{AT}$ [m]:	Reichweite des Absenktrichters
$R_{AK}$ [m]:	Reichweite des Aufstaukegels
r [m]:	Brunnenradius
$s_{PV}$ [m]:	Absenkung während des Pumpversuchs
$s_{AV}$ [m]:	Aufstau während des Auffüllversuchs
$s_{EB}$ [m]:	Absenkung im Betriebszustand im EB
$s_{RB}$ [m]:	Aufstau im Betriebszustand im RB
T [m]:	Brunnentiefe
$v_F$ [m]:	Filtereintrittsgeschwindigkeit
$x_o$ [m]:	Unterer Kulminationspunkt



# Anlagen



 Frey-BGW Büro für Geowissenschaften	<b>Anlage 1</b>
	<b>M 1:25.000</b>
<b>Übersichtslageplan</b>	
<b>BV Musial, Denzlingen</b>	





**Interaktive Kreiskarte**

Ersellt für Maßstab 1:1 000



Ersstellungsdatum 23.06.2022



Landratsamt Emmendingen

Zentrale Anlaufstelle Geoinformatik



Anlage 2

M 1:1.000

**Grundwasserfließrichtung  
 und -gefälle**

**BV Musial, Denzlingen**



8417

Marie-Curie-Straße

Rückgabebrunnen

9543

Einleitpunkt  
Schacht 1253R020

Brunnenabstand 77,5 m

9547

9548

Entnahmebrunnen

Anströmwinkel: 80°

Grundwasserfließrichtung

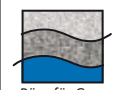
9551

2385

2386

2388

2391



Frey-BGW  
Büro für Geowissenschaften

Anlage 3

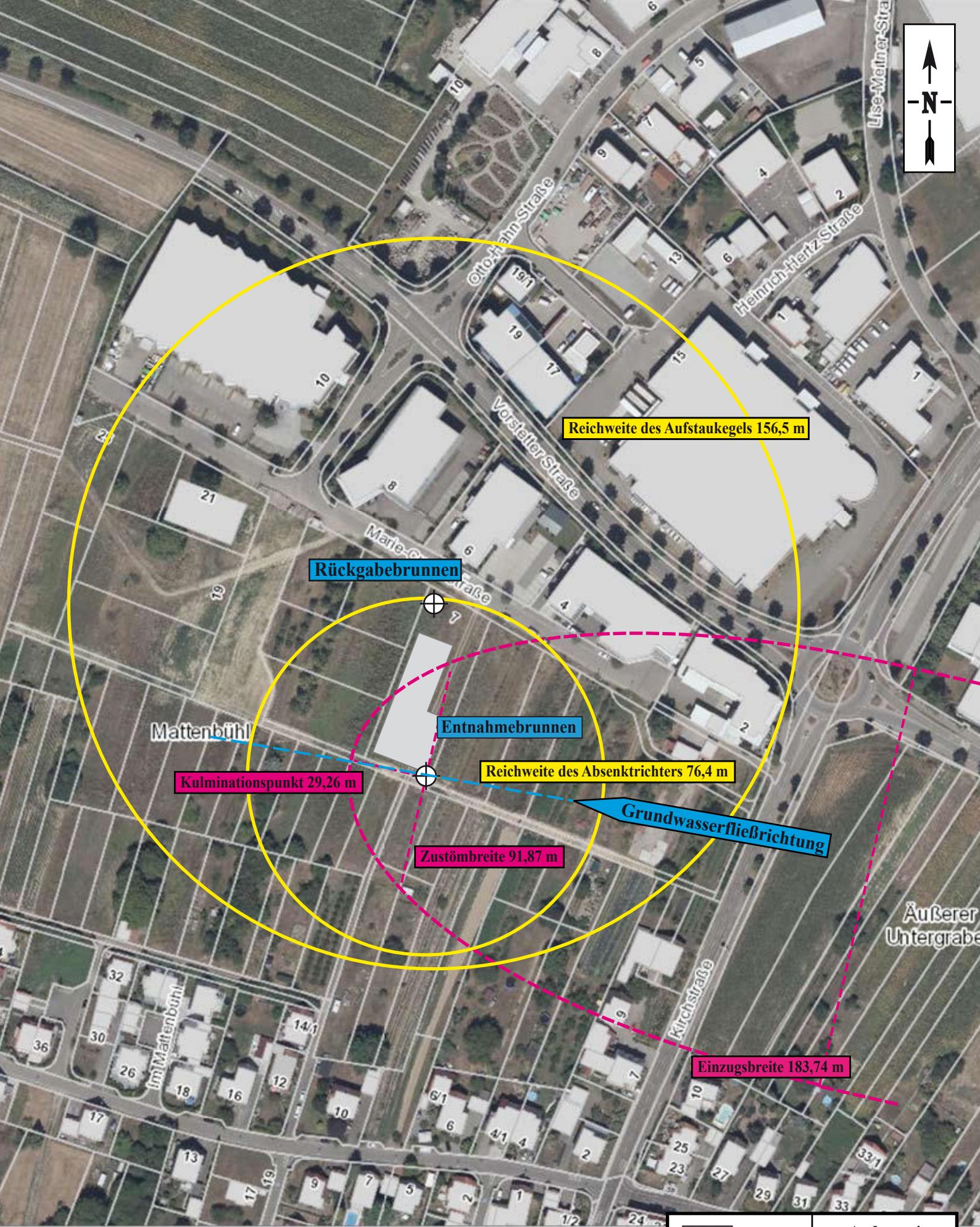
M 1:500

Lage der Brunnen

BV Musial, Denzlingen

Grundlage:  
- Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
- Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

2396



Reichweite des Aufstaukegels 156,5 m

Rückgabebrunnen

Entnahmebrunnen

Reichweite des Absenktrichters 76,4 m

Kulminationspunkt 29,26 m

Zustömbreite 91,87 m

Grundwasserfließrichtung

Einzugsbreite 183,74 m



Anlage 4  
M 1:2.000

Brunnenkennwerte  
BV Musial, Denzlingen

Grundlage:  
- Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
- Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19



8414

9535

9542

Marie-Curie-Strasse

6

**2K-Isotherme**

Länge 9 m, Breite 4 m

**4K-Isotherme**

Länge 2 m, Breite 1 m

**1K-Isotherme**

Länge 27 m, Breite 8 m

**Rückgabebrunnen**

**3K-Isotherme**

Länge 4 m, Breite 2 m

Grundwasserfließrichtung

9544

9545

9547

**Entnahmebrunnen**



2382

2383

2384

2385

2386

2388



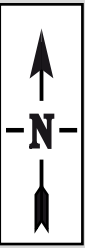
Frey-BGW  
Büro für Geowissenschaften

Anlage 5.1

M 1:500

Temperaturfelder  
Lastfall Jahresmittel

BV Musial, Denzligen



8414

9535

Marie-Curie-Strasse

6

**2K-Isotherme**  
Länge 26 m, Breite 9 m

**4K-Isotherme**  
Länge 4 m, Breite 2 m

**1K-Isotherme**  
Länge 65 m, Breite 14 m

9543

**Rückgabebrunnen**

Grundwasserfließrichtung

**3K-Isotherme**  
Länge 11 m, Breite 5 m

9544

9547

9545

**Entnahmebrunnen**

2382

2383

2384

2385

2386

2388



Anlage 5.2

M 1:500

Temperaturfelder  
Lastfall Winter

BV Musial, Denzlingen



8414

9535

Marie-Curie-Strasse

6

**2K-Isotherme**

Länge 12 m, Breite 5 m

**4K-Isotherme**

Länge 1 m, Breite 1 m

**Rückgabebrunnen**

Grundwasserfließrichtung

**1K-Isotherme**

Länge 43 m, Breite 12 m

9543

**3K-Isotherme**

Länge 5 m, Breite 2 m

9544

9547

9545

**Entnahmebrunnen**



2382

2383

2384

2385

2386

2388



Frey-BGW  
Büro für Geowissenschaften

Anlage 5.3

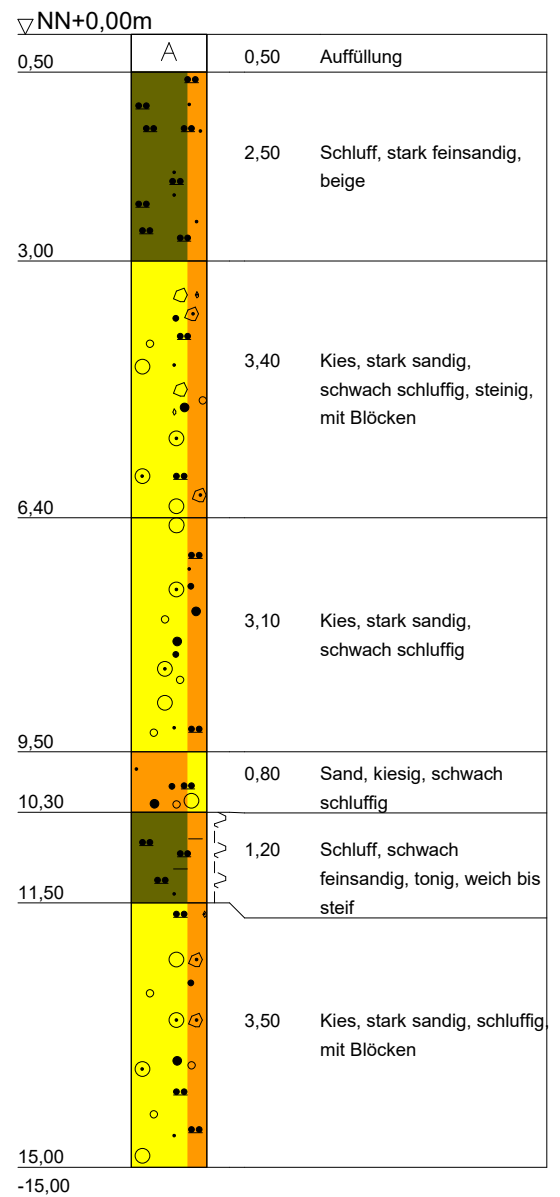
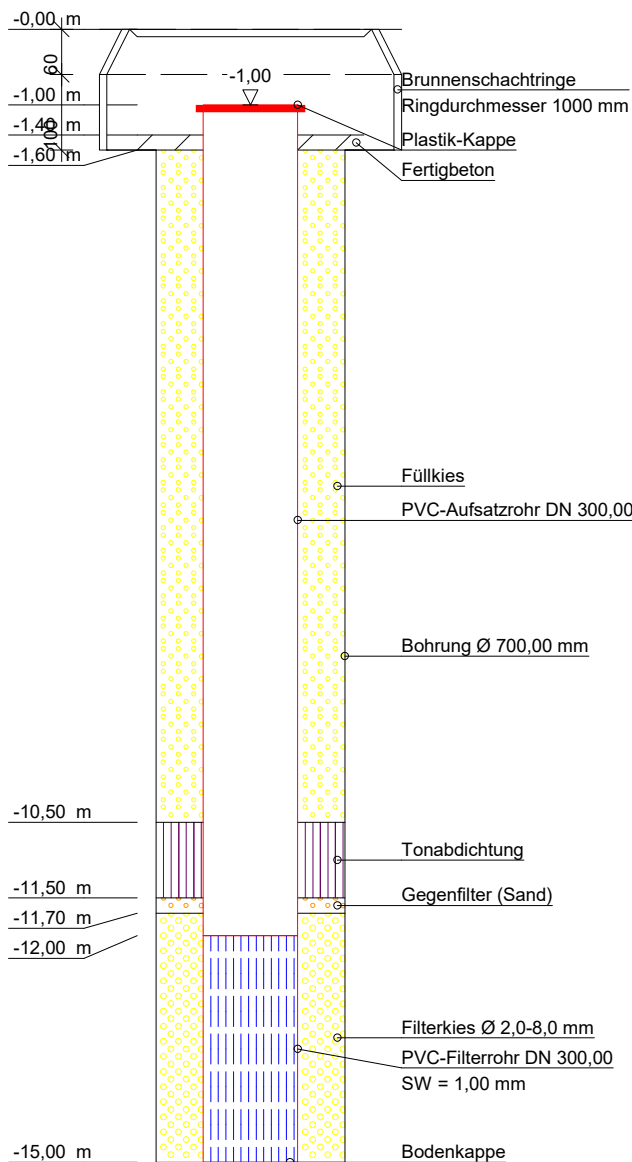
M 1:500

Temperaturfelder  
Lastfall Kühlung

BV Musial, Denzligen

**EB**  
12"-Brunnenausbau

**EB**  
Bodenprofil



8,00 GW  
im Brunnen

ET 15,00 m

Anlage :  
Projekt-Nr.: **2021-0107**

SCHICHTENVERZEICHNIS

Kopfblatt zum Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bohrung: **EB / Blatt 0**

Karte i.M. 1: Nr:

Name des Kartenblattes:

Gitterwerte des Bohrpunktes: Rechts:

Hoch:

Ort, in oder bei dem die Bohrung liegt: **Denzlingen**

Kreis: **Emmendingen**

Zweck der Bohrung: **Errichtung eines Brunnens**

Baugrund:

Höhe des Ansatzpunktes in m über NN: **0,00**

(Ansatzpunkt **0,00** m über Gelände)

Auftraggeber: **Gampp Haustechnik GmbH, Ebringen**

Objekt: **WW Denzlingen**

Bohrunternehmer: **drillexpert GmbH**

Geräteleiter: **Herr J. Buderer**

Geböhrt vom **29.07.2021** bis **04.08.2021**

Endteufe: **15,00** m unter Ansatzpunkt <sup>1)</sup>

Bohrlochdurchmesser: bis **15,00** m **700,00** mm

Bohrverfahren bis **15,00** m **Greiferbohrung**

---

Zusätzliche Angaben bei Wasserbohrungen:

Filter: von **15,00** m bis **12,00** m unter Ansatzpunkt Ø **300,00** mm Art: **PVC-Filterrohr, SW 1,0 mm**

von **12,00** m bis **1,00** m unter Ansatzpunkt Ø **300,00** mm Art: **PVC-Aufsatzrohr**

Kiesschüttung: von **15,00** m bis **11,70** m unter Ansatzpunkt, Körnung: **2 - 8 mm / von 10,50 - 1,60 m Füllkies**

von **11,70** m bis **11,50** m unter Ansatzpunkt, Körnung: **Gegenfilter (Sand)**

Abdichtung (Wassersperre): von **11,50** m bis **10,50** m unter Ansatzpunkt

Grundwasser gemessen - 8,00 m Tiefe - IM BRUNNEN

Brunnenabschluss: Schachtbauwerk, Seba-Kappe, Bodenkappe

Proben: 15 m EP (10 l)

---

Unterschrift des Geräteführers

**gez. J. Buderer**

---

Fachtechnisch bearbeitet von **Herrn Ch. Fleissner**

am **04.08.2021**

Proben nach Bearbeitung aufbewahrt bei

Anzahl: **0**


unter Nr.:

---


<sup>1)</sup> bei Schrägbohrungen = Bohrlänge

<sup>2)</sup> Verrohrte Strecken sind unterstrichen

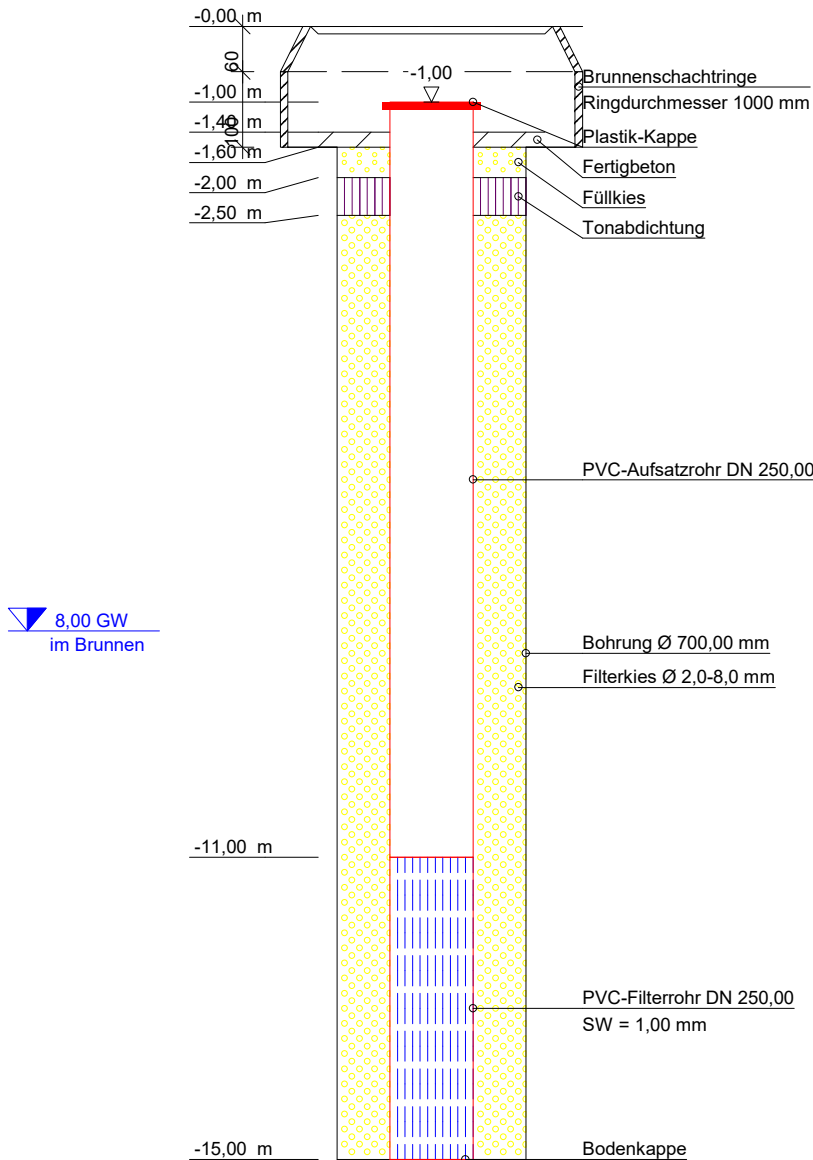


		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage: Bericht: AZ: <b>2021-0107</b>			
		Bauvorhaben: <b>WW Denzlingen</b>							
Bohrung Nr.: <b>EB / Blatt 1</b>					Datum: <b>04.08.2021</b>				
1	2			3		4	5	6	
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>					Art	Nr.	Tiefe in m Unter-kante	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe			i) Kalkgehalt			
<b>0,50</b>	a) <b>Auffüllung</b>			<b>Greifer Ø 700 von 0,00 - 15,00 m</b>					
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)
<b>3,00</b>	a) <b>Schluff, stark feinsandig</b>								
	b)								
	c)	d)	e) <b>beige</b>						
	f)	g)	h)						i)
<b>6,40</b>	a) <b>Kies, stark sandig, schwach schluffig, steinig, mit Blöcken</b>								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)
<b>9,50</b>	a) <b>Kies, stark sandig, schwach schluffig</b>								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)
<b>10,30</b>	a) <b>Sand, kiesig, schwach schluffig</b>								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)
<b>11,50</b>	a) <b>Schluff, schwach feinsandig, tonig</b>								
	b)								
	c) <b>weich bis steif</b>	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

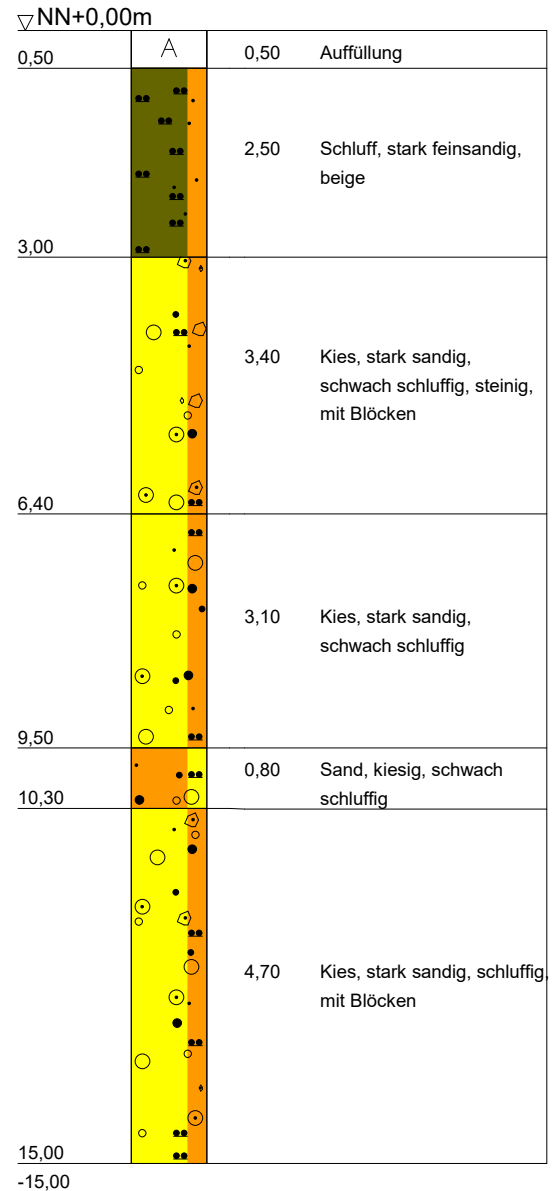
		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben			Anlage: Bericht: AZ: <b>2021-0107</b>			
		Bauvorhaben: <b>WW Denzlingen</b>						
<b>Bohrung</b> Nr.: <b>EB / Blatt 2</b>				Datum: <b>04.08.2021</b>				
1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>					Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe			i) Kalk-gehalt		
<b>15,00</b>	a) <b>Kies, stark sandig, schluffig, mit Blöcken</b>							
	b)							
	c)	d)		e)				
	f)	g)	h)	i)				
<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor								

## RB 10"-Brunnenausbau



ET 15,00 m

## RB Bodenprofil



**drillexpert**

drillexpert GmbH  
Siemensstraße 9  
79331 Teningen-Nimburg  
Tel.: +49(0)7663-60388 - 0  
Fax: +49(0)7663-60388 - 22

Bauvorhaben:

WW Denzlingen

Planbezeichnung:

Brunnenausbau-skizze und  
Bodenprofil

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 2021-0107

Datum: 19.08.2021

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Ch. Fleissner

Anlage :  
Projekt-Nr.: **2021-0107**

SCHICHTENVERZEICHNIS

Kopfblatt zum Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bohrung: **RB / Blatt 0**

Karte i.M. 1: Nr:

Name des Kartenblattes:

Gitterwerte des Bohrpunktes: Rechts:

Hoch:

Ort, in oder bei dem die Bohrung liegt: **Denzlingen**

Kreis: **Emmendingen**

Zweck der Bohrung: **Errichtung eines Brunnens**

Baugrund:

Höhe des Ansatzpunktes in m über NN: **0,00**

(Ansatzpunkt **0,00** m über Gelände)

Auftraggeber: **Gampp Haustechnik GmbH, Ebringen**

Objekt: **WW Denzlingen**

Bohrunternehmer: **drillexpert GmbH**

Geräteführer: **Herr J. Buderer**

Gebohrt vom **11.08.2021** bis **19.08.2021**

Endteufe: **15,00** m unter Ansatzpunkt <sup>1)</sup>

Bohrlochdurchmesser: bis **15,00** m **700,00** mm

Bohrverfahren bis **15,00** m **Greiferbohrung**

---

Zusätzliche Angaben bei Wasserbohrungen:

Filter: von **15,00** m bis **11,00** m unter Ansatzpunkt Ø **250,00** mm Art: **PVC-Filterrohr, SW 1,0 mm**

von **11,00** m bis **1,00** m unter Ansatzpunkt Ø **250,00** mm Art: **PVC-Aufsatzrohr**

Kiesschüttung: von **15,00** m bis **2,50** m unter Ansatzpunkt, Körnung: **2 - 8 mm**

von **2,00** m bis **1,60** m unter Ansatzpunkt, Körnung: **Füllkies**

Abdichtung (Wassersperre): von **2,50** m bis **2,00** m unter Ansatzpunkt

Grundwasser gemessen - 8,00 m Tiefe - IM BRUNNEN

Brunnenabschluss: Schachtbauwerk, Seba-Kappe, Bodenkappe

Proben: 15 m EP (10 l)

---

Unterschrift des Geräteführers

**gez. J. Buderer**

---

Fachtechnisch bearbeitet von **Herrn Ch. Fleissner**

am **19.08.2021**

Proben nach Bearbeitung aufbewahrt bei


Anzahl: **0**

unter Nr.:

---

<sup>1)</sup> bei Schrägbohrungen = Bohrlänge

<sup>2)</sup> Verrohrte Strecken sind unterstrichen

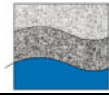
	<b>Schichtenverzeichnis</b> für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Anlage: Bericht: AZ: <b>2021-0107</b>
--	---	---

Bauvorhaben: **WW Denzlingen**

<b>Bohrung</b> Nr.: <b>RB / Blatt 1</b>	Datum: <b>19.08.2021</b>
--	--------------------------

1	2	3	4	5	6				
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben						
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>								
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Art	Nr.	Tiefe in m Unter-kante		
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>						h) <sup>1)</sup> Gruppe	i) Kalk-gehalt
<b>0,50</b>	a) <b>Auffüllung</b>		<b>Greifer Ø 700 von 0,00 - 15,00 m</b>						
	b)								
	c)	d)				e)			
	f)	g)				h)	i)		
<b>3,00</b>	a) <b>Schluff, stark feinsandig</b>								
	b)								
	c)	d)				e) <b>beige</b>			
	f)	g)				h)	i)		
<b>6,40</b>	a) <b>Kies, stark sandig, schwach schluffig, steinig, mit Blöcken</b>								
	b)								
	c)	d)				e)			
	f)	g)				h)	i)		
<b>9,50</b>	a) <b>Kies, stark sandig, schwach schluffig</b>								
	b)								
	c)	d)				e)			
	f)	g)				h)	i)		
<b>10,30</b>	a) <b>Sand, kiesig, schwach schluffig</b>								
	b)								
	c)	d)				e)			
	f)	g)				h)	i)		
<b>15,00</b>	a) <b>Kies, stark sandig, schluffig, mit Blöcken</b>								
	b)								
	c)	d)				e)			
	f)	g)				h)	i)		

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



# Anhänge



Zulassungen nach: Trinkwasserverordnung  
 Abwasserverordnung  
 § 29b BImSchG

Erlaubnis zum Umgang und  
 Verkehr mit Krankheitsregenern  
 nach Infektionsschutzgesetz

IFU GmbH - Grifflheimer Weg 7a - 79423 Heitersheim

Ingenieurbüro Frey-BGW  
 Büro für Geowissenschaften  
 z. H. Christian Frey  
 August-Jeanmaire-Straße 27a  
 79183 Waldkirch



Deutsche  
 Akkreditierungsstelle  
 D-PL-14203-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025  
 akkreditiertes Prüflaboratorium.  
 Die Akkreditierung gilt für die im Antrag zur  
 Akkreditierung angegebene Leistung für Prüflabors.

Ansprechpartner / Telefon-Nr.: 07634-  
 Jörg Petz / 5103-10

Datum  
 11.08.2021

## Prüfbericht

Prüfberichts-Nr.	K 21 08 048	Kunden-Nr.:	30 218
------------------	-------------	-------------	--------

Auftraggeber: Ingenieurbüro Frey-BGW, Büro für Geowissenschaften, Waldkirch

Auftrag vom: 10.08.2021  
 Projekt: Musial Denzlingen  
 Vorab per E-Mail: info@frey-bgw.de  
 Prüfziel: Eisen, Mangan, pH-Wert

Probenahme durch: Auftraggeber\* am 09.08.2021  
 Probeneingang: 10.08.2021  
 Prüfbeginn: 10.08.2021 Prüffende: 11.08.2021

Probenanzahl / Prüfgegenstand: 1 Grundwasserprobe

Anlagen: -  
 Bemerkungen: -

Eine Vervielfältigung dieses Prüfberichtes, auch auszugsweise, bedarf einer Genehmigung des Prüflabors.  
 \* Nicht akkreditierter Bereich.

Grifflheimer Weg 7 a  
 79423 Heitersheim  
 Tel. 0 76 34 / 51 03-10  
 Fax 0 76 34 / 51 03-18

Geschäftsführer:  
 Claudia Imbery, Dr. Jörg Petz



Prüfberichts-Nr.: K 21 08 048

Seite: 2 von 2

## Prüfergebnisse

Grundwasserprobe			
Parameter	Einheit	Messwert	Methode
pH-Wert		6,5	DIN EN ISO 10523 (G5): 2012-04
Eisen gesamt	mg/l	0,085	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
Eisen gelöst	mg/l	0,020	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
Mangan gesamt	mg/l	0,051	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
Mangan gelöst	mg/l	0,049	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09

Wir hoffen, Ihnen mit unseren Ausführungen weitergeholfen zu haben und stehen Ihnen für weitere Fragen und Problematiken jederzeit gerne zur Verfügung.

Vielen Dank für Ihren Auftrag!

Ansprechpartner: Jörg Petz, Laborleiter  
 Tel.: 07634/5103-10

IFU GmbH Gewerbliches Institut für Fragen des Umweltschutzes

Dr. Alexander Scholz  
 Technischer Leiter  
 Digital unterschrieben von Jörg Petz  
 Datum: 2021.08.11 12:45:12 +02'00'

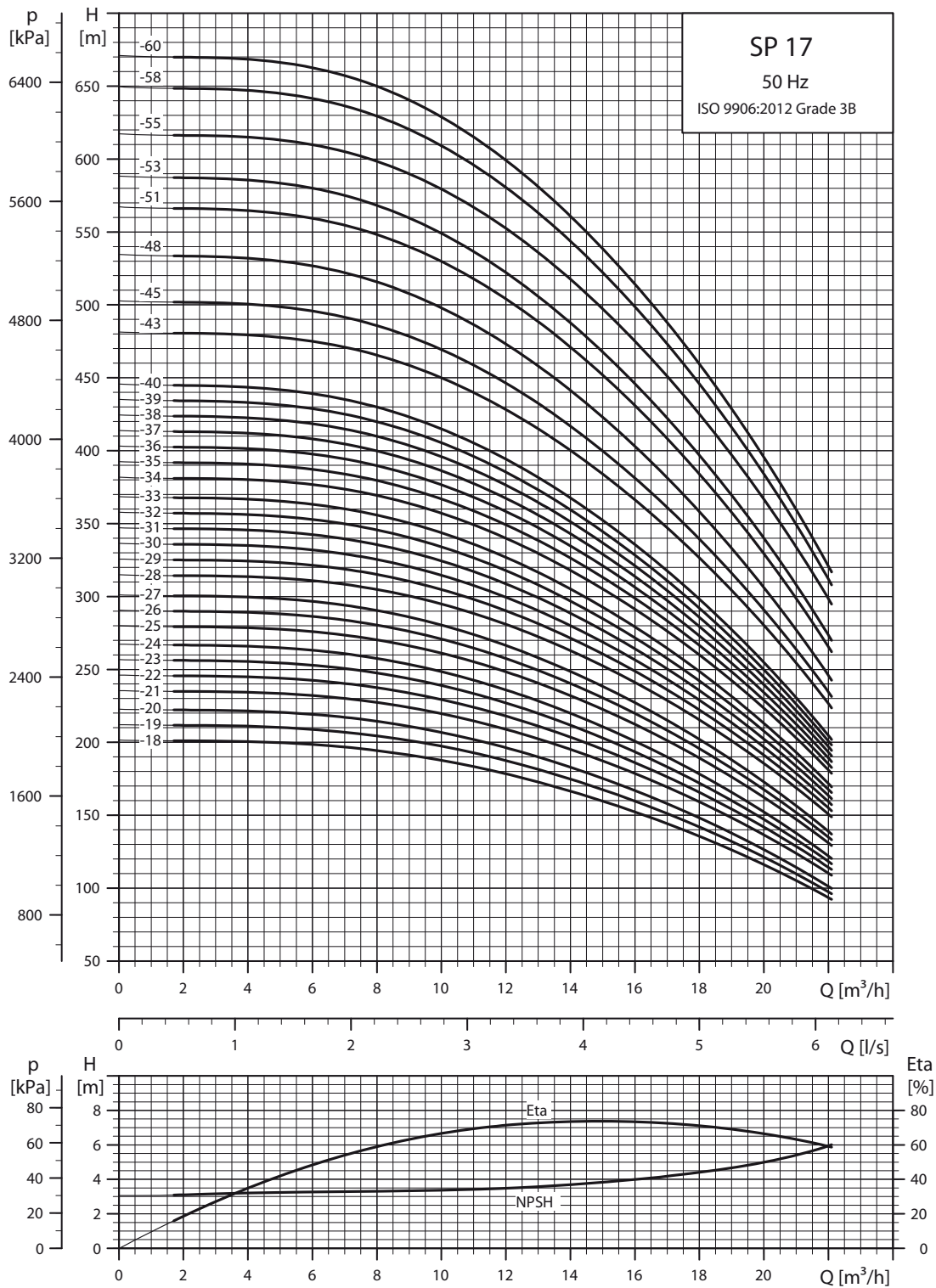


Frey-BGW  
 Büro für Geowissenschaften

## Anhang 1

## Analyse der Grundwasserprobe

## BV Musial, Denzlingen



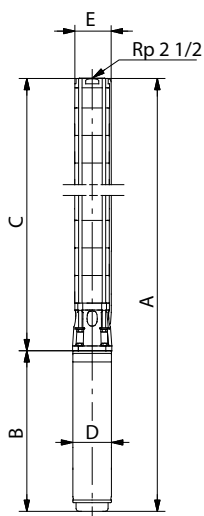
TM01 87/58 4702

Siehe auch Abschnitt *Lesen der Kennlinien* auf Seite 24.

 <p>Frey-BGW Büro für Geowissenschaften</p>	<p><b>Anhang 2</b></p>
<p><b>Kennlinien und technische Daten der Grundwasserentnahmepumpe</b></p>	
<p><b>BV Musial, Denzlingen</b></p>	



Maße und Gewichte



TM01 2435 1798

Die Pumpen SP 17-43 bis SP 17-60 sind in einem Mantelrohr mit Anschlussgewinde R 3 montiert.

Die in der Tabelle aufgeführten Pumpentypen sind auch in der Werkstoffausführung N und R lieferbar. Siehe Seite 7.

Die in einem Mantelrohr montierten Pumpen sind nur in der standardmäßigen Werkstoffausführung und in der Werkstoffausführung N lieferbar.

Andere Anschlussarten sind mithilfe von Übergangsstücken möglich. Siehe Seite 111.

\* Maximaler Durchmesser der Pumpe mit einem Motorkabel.

\*\* Maximaler Durchmesser der Pumpe mit zwei Motorkabeln.

Pumpentyp	Motor		Abmessungen [mm]					Nettogewicht [kg]	
	Typ	Leistung [kW]	C	B	A	D	E*		E**
Einphasige Ausführung, 1 x 230 V									
SP 17-1	MS 402	0,55	324	317	641	95	134	12	
SP 17-1	MS 4000	2,2	324	577	901	95	134	26	
SP 17-2	MS 402	1,1	384	387	771	95	134	17	
SP 17-2	MS 4000	2,2	384	577	961	95	134	27	
SP 17-3	MS 4000	2,2	444	577	1021	95	134	28	
SP 17-4	MS 4000	2,2	504	577	1081	95	134	30	
Dreiphasige Ausführung, 3 x 230 V / 3 x 400 V									
SP 17-1	MS 402	0,55	324	282	606	95	134	11	
SP 17-1	MS 4000	0,75	324	402	726	95	134	18	
SP 17-2	MS 402	1,1	384	347	731	95	134	15	
SP 17-2	MS 4000	1,1	384	417	801	95	134	20	
SP 17-3	MS 402	2,2	444	387	831	95	134	19	
SP 17-3	MS 4000	2,2	444	457	901	95	134	23	
SP 17-4	MS 402	2,2	504	387	891	95	134	21	
SP 17-4	MS 4000	2,2	504	457	961	95	134	25	
SP 17-5	MS 4000	3,0	564	497	1061	95	134	27	
SP 17-6	MS 4000	4,0	624	577	1201	95	134	32	
SP 17-7	MS 4000	4,0	684	577	1261	95	134	34	
SP 17-8	MS 4000	5,5	744	677	1421	95	134	40	
SP 17-9	MS 4000	5,5	804	677	1481	95	134	42	
SP 17-10	MS 4000	5,5	864	677	1541	95	134	43	
SP 17-11	MS 4000	7,5	924	777	1701	95	134	50	
SP 17-12	MS 4000	7,5	984	777	1761	95	134	51	
SP 17-13	MS 4000	7,5	1044	777	1821	95	134	53	
SP 17-8	MS 6000	5,5	763	544	1307	139,5	142	144	49
SP 17-9	MS 6000	5,5	823	544	1367	139,5	142	144	50
SP 17-10	MS 6000	5,5	883	544	1427	139,5	142	144	52
SP 17-11	MS 6000	7,5	943	574	1517	139,5	142	144	56
SP 17-12	MS 6000	7,5	1003	574	1577	139,5	142	144	58
SP 17-13	MS 6000	7,5	1063	574	1637	139,5	142	144	59
SP 17-14	MS 6000	9,2	1123	604	1727	139,5	142	144	66
SP 17-15	MS 6000	9,2	1183	604	1787	139,5	142	144	67
SP 17-16	MS 6000	9,2	1243	604	1847	139,5	142	144	69
SP 17-17	MS 6000	9,2	1303	604	1907	139,5	142	144	70
SP 17-18	MS 6000	11	1363	634	1997	139,5	142	144	75
SP 17-19	MS 6000	11	1423	634	2057	139,5	142	144	76
SP 17-20	MS 6000	11	1483	634	2117	139,5	142	144	77
SP 17-21	MS 6000	13	1543	664	2207	139,5	142	144	82
SP 17-22	MS 6000	13	1603	664	2267	139,5	142	144	83
SP 17-23	MS 6000	13	1663	664	2327	139,5	142	144	84
SP 17-24	MS 6000	13	1723	664	2387	139,5	142	144	86
SP 17-25	MS 6000	15	1783	699	2482	139,5	142	144	91
SP 17-26	MS 6000	15	1843	699	2542	139,5	142	144	92
SP 17-27	MS 6000	15	1903	699	2602	139,5	142	144	94
SP 17-28	MS 6000	18,5	1963	754	2717	139,5	142	144	101
SP 17-29	MS 6000	18,5	2023	754	2777	139,5	142	144	102
SP 17-30	MS 6000	18,5	2083	754	2837	139,5	142	144	103
SP 17-31	MS 6000	18,5	2143	754	2897	139,5	142	144	105
SP 17-32	MS 6000	18,5	2203	754	2957	139,5	142	144	106
SP 17-33	MS 6000	18,5	2263	754	3017	139,5	142	144	108
SP 17-34	MS 6000	22	2323	814	3137	139,5	142	144	115
SP 17-35	MS 6000	22	2383	814	3197	139,5	142	144	116
SP 17-36	MS 6000	22	2443	814	3257	139,5	142	144	118
SP 17-37	MS 6000	22	2503	814	3317	139,5	142	144	119
SP 17-38	MS 6000	22	2563	814	3377	139,5	142	144	120
SP 17-39	MS 6000	22	2623	814	3437	139,5	142	144	122
SP 17-40	MS 6000	22	2683	814	3497	139,5	142	144	123
SP 17-43	MS 6000	26	3215	874	4089	139,5	175	181	164
SP 17-45	MS 6000	26	3335	874	4209	139,5	175	181	167
SP 17-48	MS 6000	26	3515	874	4389	139,5	175	181	173
SP 17-51	MS 6000	30	3695	944	4639	139,5	175	181	186
SP 17-53	MS 6000	30	3815	944	4759	139,5	175	181	189
SP 17-55	MMS 6	37	3935	1312	5247	144	175	181	234
SP 17-58	MMS 6	37	4115	1312	5427	144	175	181	240
SP 17-60	MMS 6	37	4235	1312	5547	144	175	181	243

## 15 Technische Daten

EcoTouch 5050T mit R410A	5028.5T	5034.5T	5045.5T	5056.5T
<b>Wärmequelle Grundwasser <sup>1,3)</sup></b>				
Leistung Aufn./ Abg. W10/W35 <sup>3)</sup> , kW	4,4/26,8	5,6/34,1	7,7/45,2	9,6/56,4
Leistungszahl nach EN 14511	6,0	5,8	5,6	5,6
Raumheizungs-Energieeffizienz <sup>6)</sup>	A+++	A+++	A+++	A+++
Energieeffizienzklasse der Verbundanlage <sup>5)</sup>	A+++	A+++	A+++	A+++
Grundwasserdurchfluss, m <sup>3</sup> /h (W10/W35), ΔT=3K	6,5	8,2	10,8	13,5
Druckverlust im Verdampfer, mWS	1,9	2,2	2,4	2,6
Grundwasserdurchfluss, Minimum m <sup>3</sup> /h <sup>2)</sup> , ΔT=6K	3,3	4,1	5,4	6,7
Hzg.-Wasserdurchfluss, m <sup>3</sup> /h (W10/W35); ΔT=5K	4,6	5,9	7,8	9,7
Druckverlust im Verflüssiger, mWS	1,2	1,2	1,3	1,4
Einsatzgrenze	W10/W65			
<b>Wärmequelle Erdreich</b>				
Leistung Aufn. / Abg. B0/W35 <sup>3)</sup> , kW	4,4/20,2	5,6/25,6	7,5/34,1	9,2/42,4
Leistungszahl nach EN 14511	4,5	4,5	4,4	4,5
Raumheizungs-Energieeffizienz	A+++	A+++	A+++	A+++
Energieeffizienzklasse der Verbundanlage <sup>5)</sup> Raumheizung	A+++	A+++	A+++	A+++
Wärmequelle-Durchfluss <sup>4)</sup> , m <sup>3</sup> /h (B0/W35), ΔT=3K	5,2	6,6	8,7	10,8
Druckverlust im Verdampfer, mWS (30 % Ethylenglykol)	1,7	1,8	2,0	2,1
Hzg.-Wasserdurchfluss, m <sup>3</sup> /h (B0/W35), ΔT=5K	3,5	4,4	5,9	7,3
Druckverlust im Verflüssiger, mWS	0,6	0,7	0,8	0,8
Einsatzgrenze	B-5/W60 , B0/W65			
Verdichter	Tandem-Scroll			
1. Kompressor: Schalleistung n. EN12102 bei B0/W55 dB(A)	53,0	55,0	57,0	54,0
2. Kompressor: Schalleistung n. EN 12102 bei B0/W55 dB(A)	58,0	60,0	62,0	59,0
<b>Elektrische Daten</b>				
Spannung Kompressor	400 V, 3~, 50 Hz			
Anzugsstrom, A	51,5	62,0	75,0	102,0
Anzugsstrom mit Sanftanlauf, A (serienmäßig)	26,0	31,0	38,0	51,0
Max. Betriebsstrom, A	2x 7,4	2x 9,7	2x 13,0	2x 15,3
Bauseitige Hauptsicherung , A	C 20 A	C 25 A	C 32 A	C32 A
Bauseitige Steuersicherung, A	B 10 A	B 10 A	B 10 A	B 10 A
<b>Abmessungen, Gewichte, Anschlüsse</b>				
Anzahl Scroll-Kompressor	2	2	2	2
Volumen Kompr. Öfüllung (l)	2x1,24	2x 1,24	2x 1,89	2x 1,77
Füllmasse Kältemittel R410A (kg)	3,65	4,0	5,0	5,6
Mindestraumvolumen in m <sup>3</sup> nach EN 378-1	8,3	9,1	10,2	11,4
Gerätgewicht (kg)	221	232	265	286
Anschlüsse: Wärmequelle / Nutzung	R2"a			
Maße B x H x T, mm	750x1470x611			

<sup>1)</sup> Die Wärmequelle Grundwasser ist mit Zwischenkreislauf zu nutzen, Lösungen finden sie in unserem Lieferprogramm. Auf dieser Systemkonfiguration beruhen unsere Leistungsangaben. <sup>2)</sup> Bei W10/W35 und Δt=6K. <sup>3)</sup> Für die oben genannten Leistungsangaben gelten die Toleranzen nach EN 12900 und EN 14511. <sup>4)</sup> Wärmequelle (70 % Wasser + 30 % Ethylen-Glykol) <sup>5)</sup> Beim Verbundlabel wurde der Waterkotte WWPR Regler Klasse III berücksichtigt (ohne Raumtemperaturfühler). <sup>6)</sup> Jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienzklasse bei durchschnittlichen Klimaverhältnissen - Mitteltemperaturanwendung (55 °C).

Dieses SDB entspricht den Richtlinien und gesetzlichen Anforderungen Deutschlands und entspricht nicht unbedingt den Anforderungen anderer Länder.

**1. BEZEICHNUNG DES STOFFES/DER ZUBEREITUNG UND DES UNTERNEHMENS**

**Produktinformation**

Produktname : DuPont™ SUVA® 410A Refrigerant  
 Typen : ASHRAE Refrigerant number designation: R-410A  
 Verwendung des Stoffes/der Zubereitung : Kältemittel  
 Firma : Du Pont de Nemours (Niederland) B.V.  
 Baanhoekweg 22  
 NL-3313 LA Dordrecht  
 Die Niederlande  
 Telefon : +31-78-630.1011  
 Notrufnummer : +49-(0)202-629.6655  
 E-mail-Adresse : sds-support@che.dupont.com

**2. MÖGLICHE GEFAHREN**

Schnelles Verdampfen der Flüssigkeit kann Erfrierungen bewirken.  
 Dämpfe sind schwerer als Luft und können durch Verdünnung des Luftsauerstoffs zu Ersticken führen.

**3. ZUSAMMENSETZUNG/ANGABEN ZU BESTANDTEILEN**

Chemische Bezeichnung	CAS-Nr.	EG-Nr.	Einstufung	Konzentration (%)
Pentafluorethan (R125)	354-33-6	206-557-6		50
Difluormethan (R32)	75-10-5	200-839-4	F+, R12	50

Den vollen Wortlaut der hier genannten R-Sätze finden Sie in Abschnitt 16.

**4. ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN**

Allgemeine Hinweise : Bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage anwenden und ärztlichen Rat einholen. Nie einer ohnmächtigen Person etwas durch den Mund einflößen. Bei unregelmäßiger Atmung oder Atemstillstand Künstliche Beatmung einleiten. Bei anhaltenden Beschwerden einen Arzt aufsuchen.  
 Einatmen : An die frische Luft bringen. Betroffenen warm und ruhig lagern. Künstliche Beatmung und/oder Sauerstoff kann notwendig sein.  
 Hautkontakt : Mit warmem Wasser abwaschen. Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.  
 Augenkontakt : Sorgfältig mit viel Wasser ausspülen, auch unter den Augenlidern. Arzt

Dieses SDB entspricht den Richtlinien und gesetzlichen Anforderungen Deutschlands und entspricht nicht unbedingt den Anforderungen anderer Länder.

**Hinweise für den Arzt**

Behandlung : Kein Adrenalin oder -derivate verabreichen.  
 konsultieren.

**5. MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG**

Besondere Gefahren bei der Brandbekämpfung : Entstehen eines Überdrucks  
 Besondere Schutz-ausrüstung für die Brandbekämpfung : Im Brandfall umgebungs-luftunabhängiges Atemschutzgerät tragen.  
 Weitere Information : Löschmaßnahmen auf die Umgebung abstimmen. Container/Tanks mit Wasserstrahlstrahl kühlen.

**6. MASSNAHMEN BEI UNBEABSICHTIGTER FREISETZUNG**

Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen : Personen in Sicherheit bringen. Den Bereich belüften. Siehe Schutzmaßnahmen unter Punkt 7 und 8.  
 Umweltschutzmaßnahmen : Nicht in die Umwelt gelangen lassen.  
 Reinigungsverfahren : Verdampft.

**7. HANDHABUNG UND LAGERUNG**

**Handhabung**

Hinweise zum sicheren Umgang : Für ausreichenden Luftaustausch und/oder Absaugung in den Arbeitsräumen sorgen. Persönliche Schutzausrüstung siehe unter Abschnitt 8.  
 Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz : Keine besonderen Brandschutzmaßnahmen erforderlich.

**Lagerung**

Anforderungen an Lagerräume und Behälter : Behälter dicht verschlossen an einem trockenen, gut belüfteten Ort aufbewahren. Im Originalbehälter lagern.  
 Zusammenlagerungshinweise : Keine besonders zu erwähnenden Stoffe.  
 Lagerklasse (LGH) : 2A : Verdichtete, verflüssigte oder unter Druck gelobte Gase

**8. BEGRENZUNG UND ÜBERWACHUNG DER EXPOSITION/PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG**

Technische Schutzmaßnahmen



**DuPont™ SUVA® 410A Refrigerant**

Version 2.3  
Überarbeitet am 17.07.2007 Ref. 130000000570

Für ausreichende Belüftung sorgen, besonders in geschlossenen Räumen.

**Persönliche Schutzausrüstung**

**Atemschutz** : Bei Rettungs- und Instandhaltungsarbeiten in Lagerbehältern umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät verwenden. Dämpfe sind schwerer als Luft und können durch Verdrängung des Luftsauerstoffs zu Ersticken führen.

**Handschutz** : Wärmeisolierende Handschuhe

**Augenschutz** : Schutzbrille

**Hygienemaßnahmen** : Die beim Umgang mit Chemikalien üblichen Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten.

**9. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN**

**Form** : Verflüssigtes Gas,  
**Farbe** : farblos,  
**Geruch** : nach Ether,  
**pH-Wert** : neutral  
**Siedepunkt/Siedebereich** : -51,6 °C bei 1 013 hPa  
**Flammpunkt** : nicht entflammbar  
**Untere Explosionsgrenze** : , nicht anwendbar  
**Dampfdruck** : 16 530 hPa bei 25 °C  
**Dampfdruck** : 30 520 hPa bei 50 °C  
**Dichte** : 1,062 g/cm<sup>3</sup> bei 25 °C, (als Flüssigkeit)  
**Dichte** : 0,0066 g/cm<sup>3</sup> bei ca. 26 °C (1 013 hPa)

**10. STABILITÄT UND REAKTIVITÄT**

**Zu vermeidende Stoffe** : Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, pulverförmige Metalle, pulverförmige Metallsalze  
**Gefährliche Zersetzungsprodukte** : Halogenwasserstoff, Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid, Fluorkohlenwasserstoffe, Carbonylhalogenide

**11. TOXIKOLOGISCHE ANGABEN**

Akute Toxizität bei Inhalation  
• Pentafluorethan (R125) : ALCI/4 h/ Ratte : > 3 480 mg/l



**DuPont™ SUVA® 410A Refrigerant**

Version 2.3  
Überarbeitet am 17.07.2007 Ref. 130000000570

• Difluormethan (R32) : LC50/4 h/ Ratte : 2 158 mg/l

**Karzinogenitätsbewertung** : Zeigte keine krebserzeugende Wirkung im Tierversuch.

**Bewertung der Reproduktionstoxizität** : Tierversuche zeigten keine erbgutverändernden oder fruchttschädigenden Effekte.

**Erfahrung am Menschen** : Übermäßige Einwirkung kann beim Menschen folgende Gesundheitsschäden bewirken:

Einatmen  
Starke Kurzatmigkeit, Narkose, Herzrhythmusstörungen

**Weitere Information** : Schnelles Verdampfen der Flüssigkeit kann Erfrierungen bewirken.

**12. UMWELTSPEZIFISCHE ANGABEN**

**Erwärmungspotential (GWP)** : 1 975

**13. HINWEISE ZUR ENTSORGUNG**


**Produkt** : Wiederverwendung nach Aufarbeitung.  
**Verunreinigte Verpackungen** : Leere Druckgefäße an den Lieferanten zurückgeben.

**14. ANGABEN ZUM TRANSPORT**

**ADR**  
**Klasse:** 2  
**Klassifizierungscode:** 2A  
**NI Nr.:** 20  
**UN-Nummer:** 1078  
**Kennzeichnungs-Nr.:** 2.2  
**Ordnungsmäße:** Gas als Kältemittel, n.a.g. (Pentafluoroethane, Difluoromethane)  
**Versandbezeichnung:**

**IATA\_C**  
**Klasse:** 2.2  
**UN-Nummer:** 1078  
**Kennzeichnungs-Nr.:** 2.2  
**Ordnungsmäße:** Refrigerant gas, n.o.s. (Pentafluoroethane, Difluoromethane)  
**Versandbezeichnung:**

**IMDG**  
**Klasse:** 2.2  
**UN-Nummer:** 1078  
**Kennzeichnungs-Nr.:** 2.2  
**Ordnungsmäße:** Refrigerant gas, n.o.s. (Pentafluoroethane, Difluoromethane)  
**Versandbezeichnung:**

<p>SICHERHEITSDATENBLATT gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006</p>	
<p><b>DuPont™ SUVA® 410A Refrigerant</b></p> <p>Version 2.3 Überarbeitet am 17.07.2007</p> <p style="text-align: right;">Ref. 130000000570</p>	
<p><b>15. ANGABEN ZU RECHTSVORSCHRIFTEN</b></p> <p><b>Kennzeichnung gemäß EG-Richtlinien</b> Das Produkt ist nach EG-Richtlinien oder den jeweiligen nationalen Gesetzen nicht kennzeichnungspflichtig.</p> <p><b>Nationale Vorschriften</b> Wassergefährdungsklasse : WGK 1 schwach wassergefährdend</p>	
<p><b>16. SONSTIGE ANGABEN</b></p> <p><b>Wortlaut der R-Sätze unter Abschnitt 3</b> R12 Hochentzündlich.</p> <p><b>Weitere Information</b> Vor Gebrauch DuPonts Sicherheitsinformationen beachten. Für weitere Angaben richten Sie sich bitte an die lokale DuPont Geschäftsstelle oder an einen DuPont Vertreter. <sup>e</sup> Eingetragenes Warenzeichen von DuPont</p>	
<p>Die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt entsprechen nach bestem Wissen unseren Erkenntnissen zum Zeitpunkt der Überarbeitung. Die Informationen sollen Ihnen Anhaltspunkte für den sicheren Umgang mit dem in diesem Sicherheitsdatenblatt genannten Produkt bei Lagerung, Verarbeitung, Transport und Entsorgung geben. Die Angaben sind nicht übertragbar auf andere Produkte. Die obgenannten Angaben beziehen sich nur auf das bestimmte genannte Produkt (die bestimmten genannten Produkte) und ist nicht übertragbar auf dieses (diese) Produkt(e), wenn dieses(diese) mit anderen Materialien vermischt oder verarbeitet wird (werden), oder wenn das Material verändert oder einer Bearbeitung unterzogen wird, ausser dies sei ausdrücklich im Text vermerkt.</p>	
<p>5/5</p>	

# ZERTIFIKAT

Zertifizierung Bau GmbH bescheinigt, dass das Unternehmen

**drillexpert GmbH**

Siemensstraße 9 • 79331 Teningen-Nimburg

die Anforderungen  
 nach dem Arbeitsblatt

**DVGW W 120-1**

Qualifikationsanforderungen für die Bereiche Bohrtechnik,  
 Brunnenbau, -regenerierung, -sanierung und -rückbau / Ausgabe August 2012

erfüllt.

Geltungsbereich:

**W 120-1: A 2, B 1, B 4,  
 R 1 (R 1.1, R 1.2), R 2,  
 S (S 1, S 2, S 3, S 4, S 5)**

Das Zertifikat besteht aus 2 Seiten und  
 gilt vom 29.07.2016 bis 28.07.2023 nur in Verbindung  
 mit dem Eintrag unter [www.zert-bau.de/unternehmenssuche](http://www.zert-bau.de/unternehmenssuche).

Registrier-Nr.:  
 Revisionsdatum:  
 Datum der Erstverifizierung:  
 Seite 1 von 2



Gerhard Weikler  
 Geschäftsführung

Verantwortliche Fachaufsicht:

Dipl.-Geol. Wolfgang Fechner

Bauleitende Fachkraft:

Dipl.- Geol. Christian Fleissner  
 Felix Fechner  
 Ferdinand Strodel



Gerhard Weikler  
 Geschäftsführung

Registrier-Nr.:  
 Revisionsdatum:  
 Datum der Erstverifizierung:

Legende zum Zertifikatumfang Arbeitsblatt DVGW W 120-1 / August 2012:

A	Ausbaudurchmesser - Ausbau von Messstellen und Brunnen	B	Trockenbohrverfahren Verfahren
A 1	größer DN 400	B 1	über 70 m Tiefe
A 2	bis DN 400	B 2	50 bis 70 m Tiefe
A 3	bis DN 300	B 3	über 300 m Tiefe
A 4	bis DN 150	B 4	bis 300 m Tiefe
		B 5	bis 100 m Tiefe
R	Regenerierungsverfahren Verfahren	R 2	chemische Regenerierung mit Mehrkammergeräten
R 1	mechanische Regenerierung (einschließlich Bürsten/Reinigen)		
R 1.1	Kleinstreinstärke	S	Sanierung und Rückbau Sanierung und Rückbau von
R 1.2	CO <sub>2</sub> -Injektion	S 1	Prozessabstrich Messstellen und Brunnen
R 1.3	Nachdruck-Impermeation	S 2	Erstbohrbohrung
R 1.4	Nachdruck-Impermeation	S 3	Überbohrbohrung
R 1.5	Nachdruck-Impermeation	S 4	Verfüllung/Leihverfüllung
R 1.6	Nachdruck-Impermeation	S 5	Rückbau
R 1.7	Wasserhochdruck		
R 1.8	Druckwellen-Regulierungsverfahren - Erzeugung durch Knallgas		
R 1.9	Wasser-, Luft- oder Gaskompression		
R 1.10	Druckwellen-Regulierungsverfahren - Erzeugung durch Sprengladungen		
R 1.11	Druckwellen-Regulierungsverfahren - Erzeugung durch Ultraschall		

# Pump- und Auffüllversuch



Aufschlussbohrungen | Brunnenbau | Erdwärme

BV Musial

Denzligen

Blatt: EB - RB

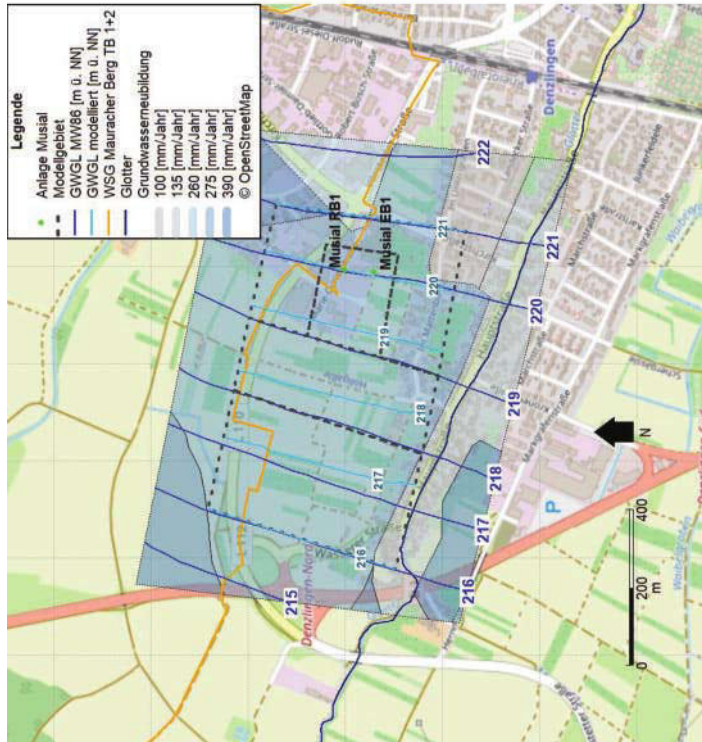
Auftr.Nr.: 2021-0107

Datum: 20.01.2022

Ausgeführt von: Jonas Buderer

Messstelle	EB	RB				
RWS [m u. GOK]	8,28	9,73				
Dauer	Abstichmaße ab GOK					Bemerkungen
0:01:00	9,58	8,79				2,50 l/s
0:02:00	10,10	8,10				
0:03:00	10,32	7,60				
0:04:00	10,47	7,00				
0:05:00	10,59	6,50				
0:10:00	10,79	5,52				
0:20:00	10,91	5,16				
0:30:00	10,94	5,06				
0:40:00	10,98	4,70				
0:50:00	11,00	4,05				
1:00:00	11,01	3,90				
2:00:00	11,07	3,87				

## Modelltechnische Untersuchung zu den Auswirkungen der Grundwasserwärmennutzung Denzlingen \ Musial



Bearbeiter: M.Sc. Hydrologie Joscha Schelhorn  
 Auftraggeber: Frey-BGW, Büro für Geowissenschaften

**Mai 2022**

**GIT HydroS Consult GmbH**

Bertoldstr. 61  
 79098 Freiburg  
 Tel.: +49 761 211138-10  
 Fax.: +49 761 211138-29

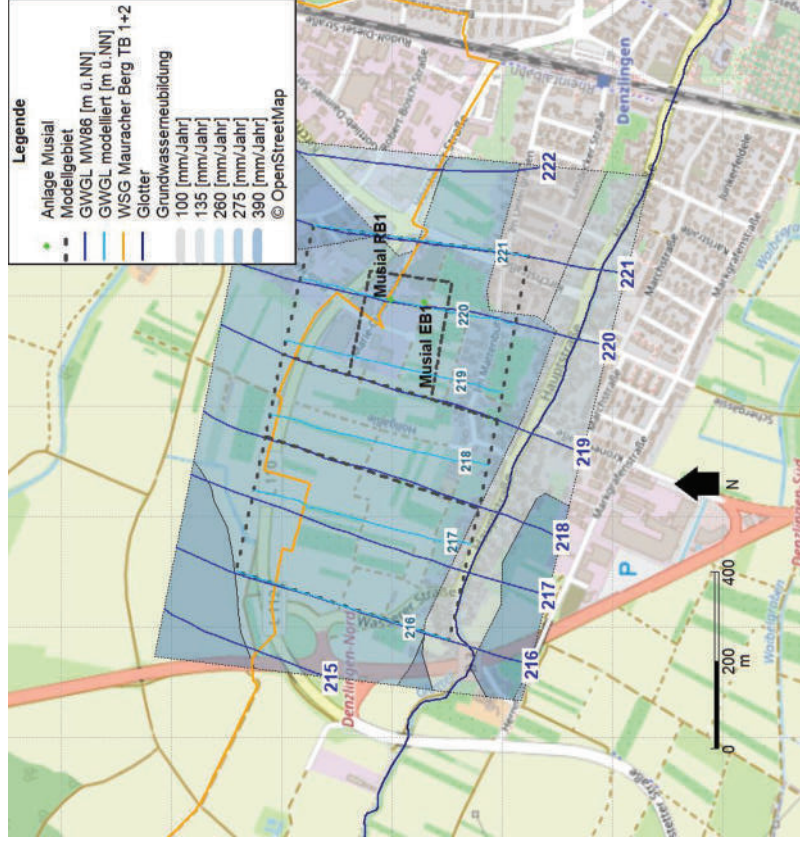
### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Modellgebiet	4
1.2	Hydrogeologische Situation	4
1.3	Brunnen der Grundwasserwärmennutzung	5
1.4	Grundwasserennutzung zu Heiz- und Kühlzwecken	6
<b>2</b>	<b>Grundwasserströmungsmodell</b>	<b>8</b>
2.1	Modellaufbau	8
<b>3</b>	<b>Wärmetransportmodellierung</b>	<b>10</b>
3.1	Nutzungsszenarien	10
3.2	Modellierungsergebnisse	11
3.3	Abgleich gegen den "Lastfall Jahresmittel"	13
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Anhang: Temperaturfelder zum Ende der Kalendermonate</b>	<b>18</b>
6.1	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Januar	18
6.2	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Februar	19
6.3	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende März	20
6.4	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende April	21
6.5	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Mai	22
6.6	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Juni	23
6.7	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Juli	24
6.8	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende August	25
6.9	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende September	26
6.10	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Oktober	27
6.11	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende November	28
6.12	Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Dezember	29



## 1 Einleitung

Auf dem Grundstück (Flurstück Nr. 9546) von Musial (Bauvorhabens Musial), Marie-Curie-Straße 7, 79211 Denzlingen, soll Grundwasser über eine Grundwasserwärmepumpe bzw. Wärmetauscher für Heiz- und Kühlzwecke genutzt werden. Für die modelltechnische Untersuchung der Grundwasserwärmenutzung des BV Musial in Denzlingen werden in diesem Modellbericht die Auswirkungen auf die Grundwassertemperatur aufgezeigt und untersucht, ob von Beeinträchtigungen oder Betroffenheiten im Grundwasser auszugehen ist.



**Abbildung 1:** Modellgebiet mit Brunnen, Grundwassergleichen (MW86 und modelliert) und flächenhafte Grundwasserneubildung (GWN) nach Mornard [2013].

### 1.1 Modellgebiet

Das definierte Modellgebiet liegt im Eiz-Glötter-Schwemmfächer, im Industriegebiet von Denzlingen. Der Aufbau des Modellgebiets orientiert sich an der Grundwasserströmungsrichtung von Ost nach West. Um störende Randeinflüsse zu minimieren, wurde das Modellgebiet ausreichend weit über die zu untersuchenden Brunnen von Musial ausgedehnt. Das Modellgebiet, die Grundwassersituation und die Lage der Brunnen sind in **Abbildung 1** dargestellt. Die O-W Ausdehnung des Modellgebiets beträgt etwa 0,85 km in der Länge und etwa 0,56 km (S-N) in der Breite. Die Modellgrenze ist im Zustrom etwa 0,15 km und im Abstrom etwa 0,7 km von den Brunnen Musial entfernt. Das Modellgebiet befindet sich südlich des Wasserschutzgebiets „WVV Mauracher Berg Denzlingen TB 1+2“ auf Höhe der Zone IIIB, wobei teilweise das Modellgebiet im Wasserschutzgebiet liegt. Es sind keine weiteren Grundwasserwärmeanlagen oder Grundwasserentnahmen im Modellgebiet bekannt.

### 1.2 Hydrogeologische Situation

Die Hydrogeologie bildet in diesen Bereich die Neuenburg Formation als oberste Schicht ab. Die jungquartäre, durchlässigere Neuenburg Formation, die den oberen Grundwasserleiter bildet, überlagert ohne Trennschicht die Breisgau Formation, welche den unteren Grundwasserleiter darstellt. Die Geometrie und Eigenschaften der Formationen sind in RP-LGRB [2007] detailliert beschrieben und stehen in Form von Geodatenätzen für eine direkte Nutzung im GIS zur Verfügung.

Der hochdurchlässige obere Grundwasserleiter (Neuenburg Formation) weist im Bereich der Brunnen eine Mächtigkeit von rund 13 m auf. Die Mächtigkeiten der Neuenburg Formation im Modellgebiet variieren zwischen 10 m und 13 m. Hingegen weist die Breisgau Formation als unterer Grundwasserleiter im Modellgebiet eine maximale Mächtigkeit von 61 m und eine minimale Mächtigkeit von 25 m. Die Geländeoberkante variiert zwischen 218 und 228 m ü. NN im Modellgebiet.

Für die Grundwassersituation wurde der Grundwassergleichenplan Mittelwasser 1986 (MW86) vom LFU [2001] herangezogen. Der Grundwasserspiegel hat im W eine Höhe von 216 m ü. n. NN (Abstrom) und 221 m ü. n. NN im O (Zustrom) des Modellgebiets. Die Grundwasserströmung verläuft in etwa von O nach W mit einem Gefälle von ca. 5,9 Promille.

Aus den Datensätzen vom RP-LGRB [2007] ist die Durchlässigkeit des oberen Abschnittes des oberen Grundwasserleiters definiert und variiert zwischen  $0,96 \cdot 10^{-3}$  m/s und  $1,34 \cdot 10^{-3}$  m/s im gesamten Modellgebiet. Bei einem mittleren kf-Wert von  $1,1 \cdot 10^{-3}$  m/s für die Neuenburg Formation errechnet sich nach Marotz [1968] eine effektive Porosität von 0,16. Daraus lässt sich eine Abstandsgeschwindigkeit im homogenen isotropen Grundwasserleiter zu 3,5 m/Tag oder 1278 m/Jahr für den oberen Abschnitt des oberen Grundwasserleiters abschätzen [Marotz, 1968].

Für die Durchlässigkeit des unteren Abschnittes des oberen Grundwasserleiters liegen keine Werte im Datensatz des RP-LGRB [2007] vor, deswegen wurden die kf-Werte des oberen Abschnittes des oberen Grundwasserleiters verwendet. Der untere Grundwasserleiter, Breisgau Formation, weist einen konstanten kf-Wert von  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s [RP-LGRB, 2007] auf.

Die flächenhafte Grundwasserneubildung wurde aus den Berechnungsergebnissen der im Auftrag der Landesbehörden von Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz durchgeführten KLIWA Langzeitsimulation 1951-2010 [Morhard, 2013] übernommen, bei der es sich um die derzeit aktuelle Fortschreibung des für den Wasser- und Bodenatlas [WaBoA, 2007] entwickelten Landesmodells der LUBW handelt. Verwendet wurde der Mittelwert für die Jahre 1991-2010, d.h. für den Zeitraum nach dem Ende der 80er-Jahre beobachteten, markanten Temperaturanstieg („klimatischer Ist-Zustand“). Bei einer nach Landnutzung, Bodeneigenschaften und Versiegelungsgrad differenzierten Grundwasserneubildung ergibt sich für das Modellgebiet eine Grundwasserneubildung zwischen 100 und 389 mm/Jahr (**Abbildung 1**).

### 1.3 Brunnen der Grundwasserwärmenutzung

Auf dem Grundstück von Musial (Flurstück Nr. 9546) wurde ein Entnahmebrunnen (EB1) und ein Rückgabebrunnen (RB1) abgeteuft. **Tabelle 1** gibt eine Übersicht über die Koordinaten und den Ausbau der Brunnen sowie die kf-Werte aus den kombinierten Pump- und Auffüllversuchen. Der Entnahmebrunnen und der Rückgabebrunnen haben eine Endteufe von 15 m u. GOK. Die Filterstrecken liegen zwischen 12 und 15 m u. GOK (EB) bzw. zwischen 11 und 15 m u. GOK (RB). Der Ausbauradius der Brunnen beträgt jeweils 300 mm. Die Entfernung zwischen dem Entnahmebrunnen und dem Rückgabebrunnen von Musial beträgt etwa 75 m, wobei der Rückgabebrunnen in etwa strömungsparallel, jedoch leicht im Abstrom, zum Entnahmebrunnen liegt (**Abbildung 1**).

**Tabelle 1:** Koordinaten, Ausbau und kf-Werte (Kurzpumpversuche) der Brunnen von Musial nach Angaben von Frey [2022].

	Ost-UTM32 [m]	Nord-UTM32 [m]	Durchmesser [mm]	Filter [m u. GOK]	kf [m/s]	Teufe [m u. GOK]
EB1 Musial	416.195	5.324.987	300	12-15	3.37e-04	15
RB1 Musial	416.199	5.325.062	300	11-15	4.10e-04	15

Die Ergebnisse der durchgeführten Kurzpump- und Auffüllversuche ergaben kf-Werte von  $3,37 \cdot 10^{-4}$  m/s am Entnahmebrunnen sowie  $4,10 \cdot 10^{-4}$  m/s am Rückgabebrunnen. Im Vergleich dazu liegen die Werte vom RP-LGRB [2007] im Bereich der Brunnen bei etwa  $1,0 \cdot 10^{-3}$  m/s (**Abbildung 3**). Die unterschiedlichen kf-Werte der Pumpversuche können auf lokale Gegebenheiten des räumlich

heterogenen Schotterkörpers oder auf die begrenzte Belastbarkeit der Kurzpumpversuche zurückzuführen sein.

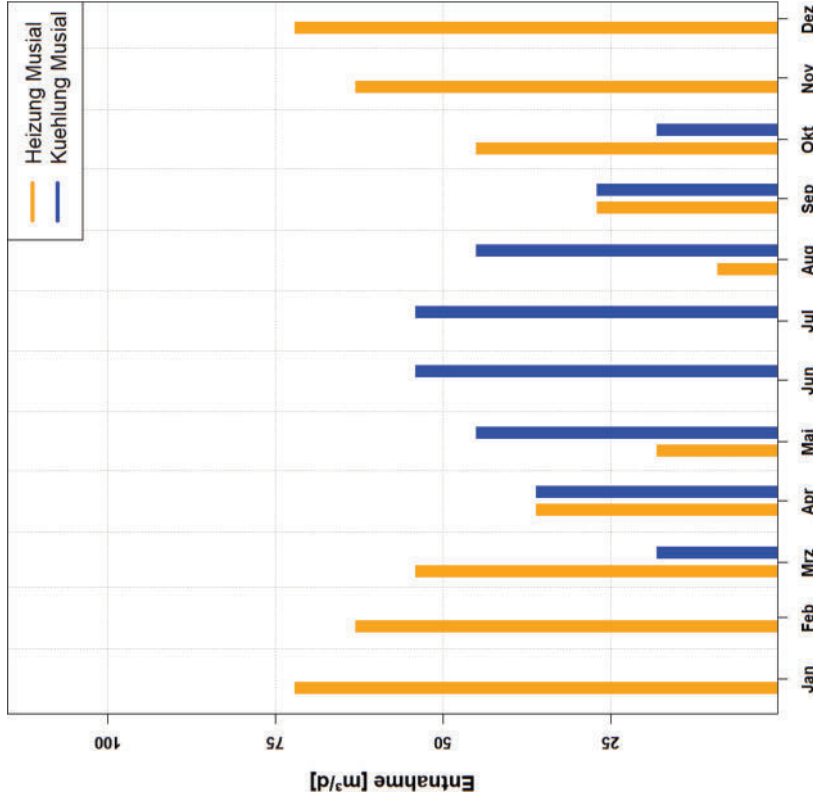
### 1.4 Grundwasserneubildung zu Heiz- und Kühlzwecken

Die Kennwerte der Grundwasserwärmanlage von der Anlage Musial sind in **Tabelle 2** zusammengefasst. Die Entnahme und Rückgabe des Grundwassers von der Anlage Musial erfolgt für den Heiz- und Kühlbetrieb mit einem Volumenstrom von 2,5 l/s. Die insgesamt geförderte Menge beträgt pro Jahr 23.000 m<sup>3</sup>, davon entfallen pro Jahr 13.910 m<sup>3</sup> aufs Heizen und 9.090 m<sup>3</sup> aufs Kühlen.

**Tabelle 2:** Kennwerte der maximalen/durchschnittlichen Entnahmedauer, Volumenstrom und Gesamtentnahmemengen vom Entnahmebrunnen Musial nach Angaben von Frey [2022].

	Volumenstrom [l/s]	Gesamtentnahme [m <sup>3</sup> /Jahr]	Max. Entnahme [m <sup>3</sup> /Tag]	Max. Betriebsdauer [h/Tag]	Ø-Entnahme pro Jahr [m <sup>3</sup> /Tag]	Ø-Entnahme pro Jahr pro 24h [l/s]	Temperatur Delta [K]	Jahresmittel-Gesamt [m <sup>3</sup> /Tag]
Heizung Musial	2,5	13.910	72	8	38,2	0,44	5	13,5
Kuehlung Musial	2,5	9.090	54	6	24,8	0,29	5	13,5

Die maximale tägliche Entnahmemenge der Anlage Musial zum Heizen beträgt 72 m<sup>3</sup>/Tag (8 h mit 2,5 l/s) und beim Kühlen 54 m<sup>3</sup>/Tag (6 h mit 2,5 l/s). Die rechnerisch mittlere Entnahme pro Jahr beträgt für die Grundwasserwärmanlage beim Heizen 38,2 m<sup>3</sup>/Tag (24 Stunden mit 0,44 l/s) und beim Kühlen 24,8 m<sup>3</sup>/Tag (24 Stunden mit 0,29 l/s). In **Abbildung 2** ist das jährliche Entnahmeregime von der Anlage Musial dargestellt.



**Abbildung 2:** Entnahmeregime von Musial für die Grundwasserwärmanlage nach Angaben von Frey [2022].

Dem Grundwasser wird in einem Primärkreislauf über einen Wärmetauscher ein Temperaturdelta entzogen und danach direkt wieder ins Grundwasser zurückgeleitet. Der Sekundärkreislauf wird beim Heizen und Kühlen der Gebäude verwendet und tritt nicht in direkten Kontakt mit dem Grundwasser. Die Temperaturerzeugung zwischen entnommem und wiedereingespeistem Grundwasser beträgt bei der Anlage Musial beim Heizen und beim Kühlen 5 K.

## 2 Grundwasserströmungsmodell

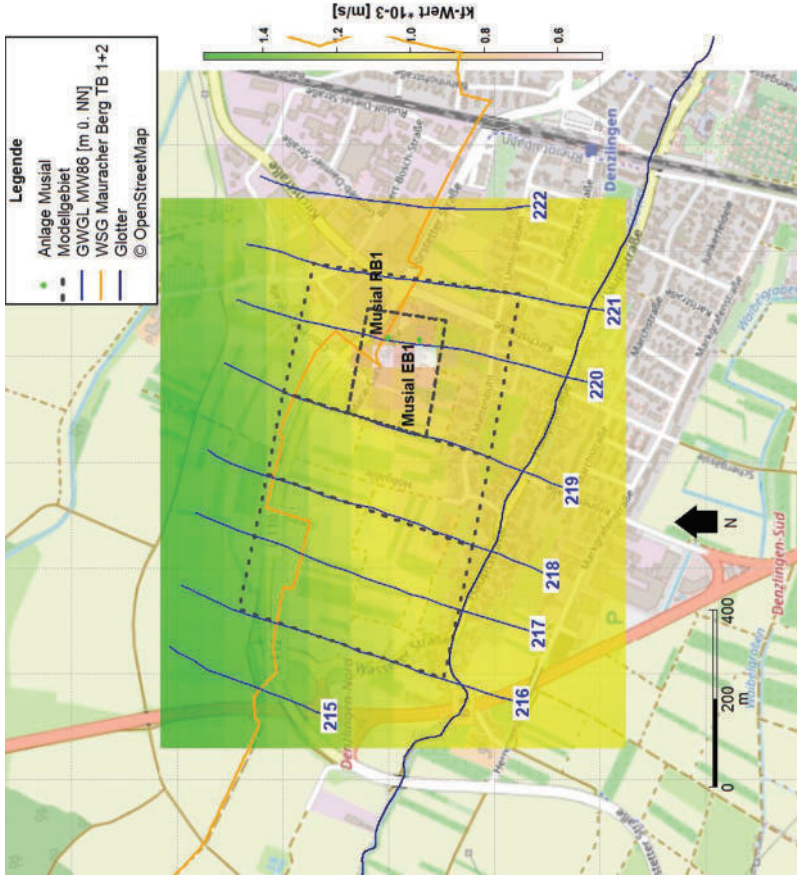
Die Berechnungen wurden unter Verwendung der 3D Finite Elemente Grundwassermodellierungsplattform FEFLOW in der Version 7.5 [DHI WASY, 2022] durchgeführt. Die hydraulischen Randbedingungen wurden in Form ihrer langjährigen Mittelwerte zusammengefasst und ergeben ein quasistationäres Grundwasserströmungsmodell, auf das ein instationäres Wärmetransportmodell aufgesetzt wurde.

### 2.1 Modelllaufbau

Das Modell wurde als 3D-Grundwasserströmungsmodell mit den Rasterdatensätzen der Neuenburg Formation und der Breisgau Formation vom LGRB [RP-LGRB, 2007] in 13 Modellschichten gegliedert. Der obere Abschnitt des oberen Grundwasserleiters wurde in 7 Modellschichten mit etwa 2 m Schichten unterteilt. Da die Mächtigkeit der Neuenburg Formation im Bereich der Brunnen in den Datensätzen LGRB [RP-LGRB, 2007] nur maximal 13 m beträgt, jedoch die Brunnen bis auf eine Tiefe von 15 m ausgebaut und verfiltert wurden, wurde die Neuenburg Formation im Modell um 2 m erweitert. Dies entspricht einer Abbildung der dort vorgefunden geologischen Verhältnisse und auch der Strömungsverhältnisse. Durch die Schichtaufteilung ist es möglich, die Filterstrecken der Brunnen quasi exakt abzubilden und bei der anschließenden Modellierung des Wärmetransports auch in der Vertikalen eine angemessene Auflösung zu gewährleisten. Der untere Teil des oberen Grundwasserleiters wurde in eine weitere Schicht und die Breisgau Formation gleichmäßig in 5 Schichten untergliedert. Das Finite Elemente Netz wurde speziell im Bereich der Brunnen und im Abstrom der Rückgabebrunnen räumlich feiner diskretisiert, um numerische Instabilitäten zu vermeiden.

Für die Durchlässigkeitswerte wurden die räumlich interpolierten Datensätze [RP LGRB, 2007] für das Modellgebiet übernommen. In der Neuenburg Formation, oberer Abschnitt des oberen Grundwasserleiters, wurden am Entnahme- und Rückgabebrunnen aufgrund der genaueren Erkenntnisse durch die durchgeführten Kurzpumpversuche die ermittelten Kf-Werte [Frey, 2022] verwendet. Das Ergebnis der neuen räumlich interpolierten Kf-Werte ist in **Abbildung 3** in einem Raster mit 50 m Auflösung dargestellt. Die Porosität wurde in Abhängigkeit vom Kf-Wert nach Marotz [1968] berechnet und genauso wie die Kf-Werte schichtbezogen im Modell zugewiesen.

An den Zu- und Abstromrändern wurden Festpotentiale der Grundwassergleichen als Randbedingungen erster Art angesetzt. Der Grundwassergleichenplan MW86 [LFU [2001] bildet die Grundwassersituation in der Modellierung angemessen ab. Die mittlere Grundwasserneubildung [Morhard, 2013] wurde als Randbedingung in der obersten Modellschicht angesetzt.



**Abbildung 3:** Modellgebiet mit Brunnen, Grundwassergleichen (MW86 und modelliert) und die verwendete Kf-Wert Verteilung für die Neuenburg Formation, oberer Abschnitt des oberen Grundwasserleiters [RP-LGRB, 2007].

Auf Basis der verfügbaren hydrogeologischen Datengrundlage konnte ein quasistationäres Grundwassermodell erstellt werden, welches die Grundwasserströmungsverhältnisse plausibel abbildet.

### 3 Wärmestransportmodellierung

Nach Erweiterung zum instationären Wärmestransportmodell bildet das Modell eine geeignete Grundlage zur Ausweisung der zu erwartenden Auswirkungen der geplanten Grundwasserwärmenutzung. Das erstellte quasistationäre Grundwasserströmungsmodell wurde im nächsten Schritt zu einem instationären Wärmestransportmodell erweitert. Aus dem Modellgebiet ausströmendes Grundwasser tritt jeweils mit seiner aktuell modellierten Temperatur aus dem Grundwasserkörper aus. An der Oberfläche des Grundwasserkörpers und an den Zustromrändern wird die mittlere Jahrestemperatur des Grundwassers mit 12 °C entsprechend der Transportrandbedingungen erster Art gesetzt.

Die aus der thermischen Nutzung resultierende Abkühlung/Erwärmung wird in den Auswertungen relativ gegenüber der angesetzten Jahresmitteltemperatur von 12 °C ausgewiesen, welche zugleich den ungestörten Ausgangszustand für die Transportmodellierung definiert. Die Parametrisierung der Dispersivität (longitudinal 5 m, transversal 0,5 m) wird auf den FEFLOW Standardeinstellungen belassen, ebenso die Wärmekapazität (fluid 4,2 MJ/m<sup>3</sup>/K, solid 2,52 MJ/m<sup>3</sup>/K) und die Wärmeleitfähigkeit der beiden Medien (fluid 0,65 J m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, 3,0 für die Festphase). Aufgrund der geringen Tiefe der Anlagen kann der Wärmestrom aus dem Untergrund vernachlässigt werden.

#### 3.1 Nutzungsszenarien

Die Grundwasserentnahme von der Anlage Musial erfolgt aus dem Entnahmebrunnen in Abhängigkeit vom jahreszeitlichen Bedarf nach dem in **Abbildung 2** dargestellten Entnahmeregime und wird über den Rückgabebrunnen wieder dem Grundwasser zurückgeführt. Die Nutzung wird monatsweise in Form der täglichen Entnahme- und Rückgabemengen an den Filterstrecken der Brunnen parametrisiert, wobei die Verteilung auf die einzelnen Schichten im umgekehrten Verhältnis zu deren hydraulischer Leitfähigkeit erfolgt (multilayer well).

Am Rückgabebrunnen werden Wärmestransportbedingungen erster Art mit der vorgegebenen Temperaturspreizung von 5 K beim Heizen und Kühlen gesetzt, d.h. ausgehend von einer mittleren Grundwassertemperatur von 12°C wird das zum Heizen abgekühlte Grundwasser mit 7 °C und das zum Kühlen erwärmte Grundwasser mit 17 °C wieder in den Grundwasserleiter eingeleitet.

Mehrjährige und saisonale Abweichungen der Grundwassertemperatur um 1 K bis 3 K gegenüber der angesetzten mittleren Grundwassertemperatur von 12°C bleiben ohne Bedeutung, solange als Ergebnis die relative Temperaturspreizung und räumliche Ausbreitung des gegenüber der Entnahmetemperatur erwärmten/abgekühlten Grundwassers betrachtet wird.

### 3.2 Modellierungsergebnisse

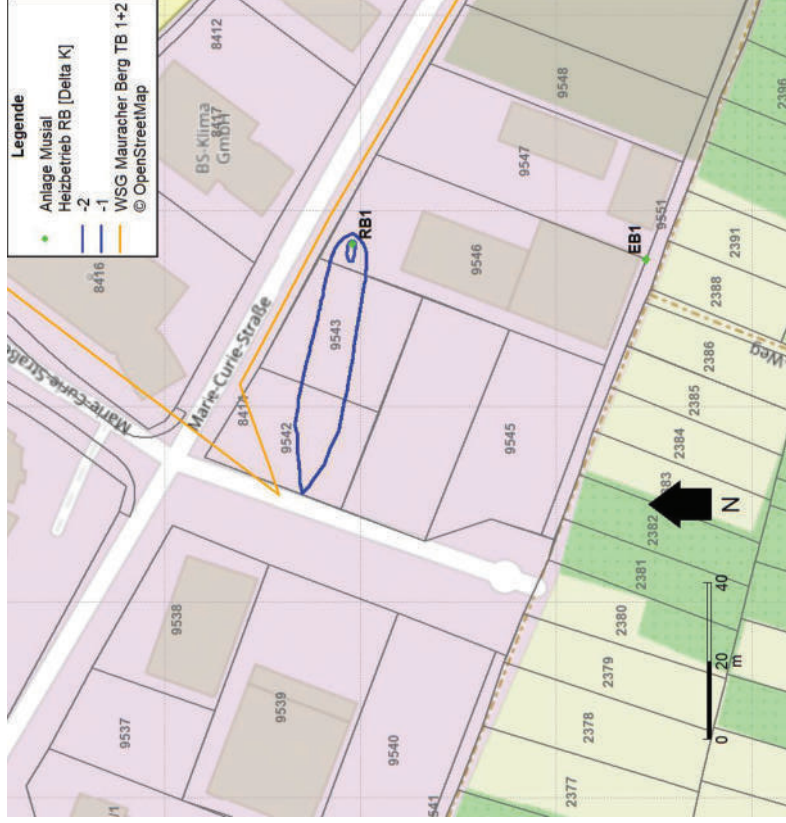
Die Modellierungsergebnisse beziehen sich auf alle zwölf Monatsenden im letzten Jahr des 20-jährigen Modellzeitraums. Da sich das durch das Heizen abgekühlte Grundwasser und das durch das Kühlen erwärmte Grundwasser entlang seiner Fließstrecke allmählich wieder auf die ungestörte Umgebungstemperatur einstellt, hängt der Zeitpunkt, zu dem die maximale Ausdehnung des Temperaturfelds erreicht wird, neben den hydraulischen Randbedingungen und dem Entnahmeregime der Anlage, auch von der betrachteten Isotherme ab.

Die maximale Temperaturausbreitung ist bei der Anlage Musial bereits nach dem zweiten Jahr gleich wie am Ende des zwanzigsten Jahres. Die Temperaturausbreitung wird entsprechend der Schicht mit der höchsten Ausdehnung, d.h. im unteren Bereich der Filterstrecke bei 12 m u. GOK des Rückgabebrunnens, abgegriffen. Aufgrund des geringen Volumenstroms der Grundwasserwärmeanlage treten keine kumulativen Effekte über mehrere Jahre hinweg auf. In **Tabelle 3** werden die maximalen Längs- und Querausdehnungen der Temperaturfahnen aufgelistet. Die Ausdehnung der Temperaturfelder wird beginnend vom Rückgabebrunnen gemessen.

**Tabelle 3:** Maximale Längs- und Querausdehnung der Isothermen von der Grundwasserwärmeanlage Musial nach 20 Jahren.

Anlage	Temperatur-differenz [K]	max. Längs-ausdehnung (Länge/Breite) [m]	Monat (Länge)	max. Quer-ausdehnung (Länge/Breite) [m]	Monat (quer)	Tiefe [m u. GOK]
Musial	-4	4/2	Januar	4/2	Januar	12
Musial	-3	11/5	Januar	11/5	Januar	12
Musial	-2	26/9	Januar	26/9	Januar	12
Musial	-1	65/11	Maerz	60/14	Februar	12
Musial	1	38/12	August	38/12	Juli	12
Musial	2	18/8	Juli	18/8	Juli	12
Musial	3	8/4	Juli	8/4	Juli	12
Musial	4	3/1	Juli	3/1	Juli	12

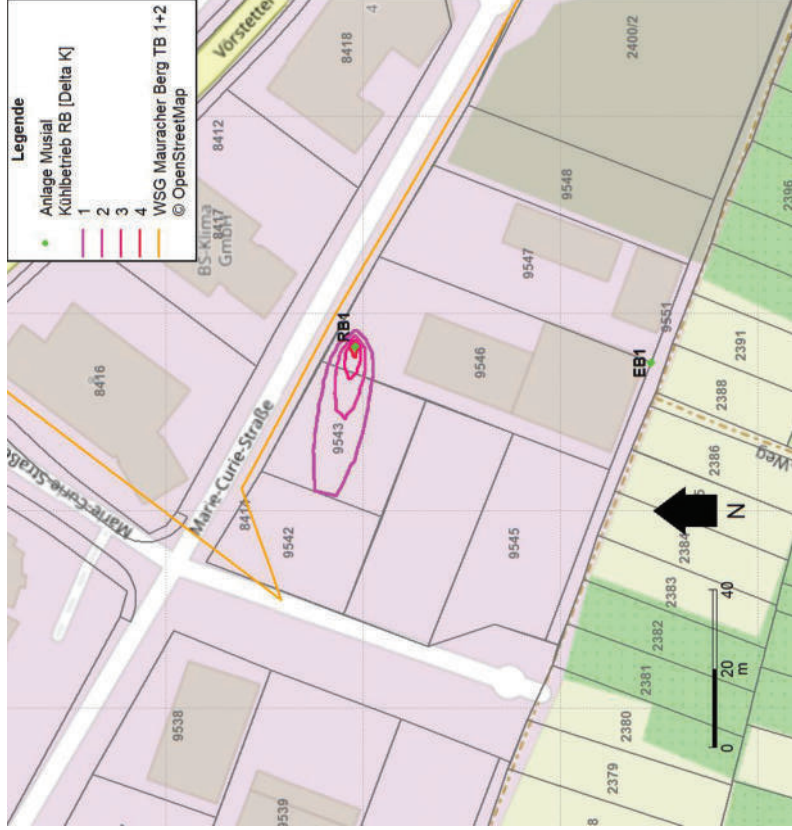
Nach Analyse der Modellierungsergebnisse der instationären Modellierung ist die maximale Ausbreitung für die -1,0 K Isotherme im März mit etwa 65 m. **Abbildung 4** zeigt die Ausdehnung des Temperaturfeldes des Rückgabebrunnens. Diese breitet sich in der Modellierung etwa 59 m über das Flurstück 9546 aus und beeinflusst im Jahresverlauf die Flurstücke 9543 und 9542. Die Ausbreitung der Temperaturwolke überschneidet sich nicht mit dem Wasserschutzgebiet Mauracher Berg.



**Abbildung 4:** Temperaturfeld des Rückgabebrunnens Musial nach 20-jähriger Modellierungsdauer zum Zeitpunkt mit maximaler Ausdehnung (März) der -1,0 K Isotherme in einer Tiefe von 12 m.

Die maximale Ausbreitung für die 1,0 K Isotherme beträgt etwa 38 m im August. **Abbildung 5** zeigt die Ausdehnung des Temperaturfeldes. Dieses breitet sich in der Modellierung etwa 32 m über das Flurstück 9546 aus und beeinflusst das Flurstücke 9543 im Jahresverlauf. Die Ausbreitung der Temperaturwolke überschneidet sich nicht mit dem Wasserschutzgebiet.

Anhand dieser Datengrundlage ist ein Kurzschluss zwischen Entnahme- und Rückgabebrunnen nach dem Verlauf der Isothermen zu keinem Zeitpunkt des Jahres zu befürchten, d.h. erwärmtes/abgekühltes Grundwasser des Rückgabebrunnens gelangt nicht an den Entnahmebrunnen.



**Abbildung 5:** Temperaturfeld des Rückgabebrunnens Musial nach 20-jähriger Modellierungsdauer zum Zeitpunkt mit maximaler Ausdehnung (August) der 1,0 K Isotherme in einer Tiefe von 12 m.

Im **Anhang** sind die Ausdehnungen der modellierten Temperaturfelder entlang eines Querprofils durch den Rückgabebrunnen und einer Ansicht von oben für alle zwölf Kalendermonate dargestellt.

### 3.3 Abgleich gegen den "Lastfall Jahresmittel"

Maßgeblich für das vorliegende Gutachten ist der instationäre Lastfall gemäß dem vorgesehenen, saisonal variablen Entnahmeregime der Grundwasserwärmeanlage Musial (**Abbildung 2, Kapitel 3.2**). Als ergänzende Information wird zusätzlich der in der Arbeitshilfe zum Leitfaden zur Nutzung der Erdwärme mit Grundwasserwärmeanlagen [2009] beschriebene "Lastfall Jahresmittelwert" betrachtet.

Da in der Praxis nicht das ganze Jahr über gleichmäßig geheizt und gekühlt werden wird, handelt es sich dabei allerdings um ein weniger realistisches/theoretisches Szenario. Bei gleichmäßiger Aufteilung der vorgesehenen Entnahme beim Heizen von 13.910 m<sup>3</sup> pro Jahr und beim Kühlen von 9.090 m<sup>3</sup> pro Jahr ergibt sich auf die 365 Tage des Jahres für die stationäre Modellierung eine konstante Entnahme im Heizbetrieb von 13,5 m<sup>3</sup>/Tag mit 5 K Temperaturerzeugung für die Grundwärmeanlage Musial. Die Ausdehnung der Temperaturfelder wird beginnend vom Rückgabebrunnen gemessen.

**Tabelle 4:** Maximale Längs- und Querausdehnung der Isothermen der Abkühlung beim "Lastfall Jahresmittel" nach 20 Jahren Modellierungsdauer.

Anlage	Temperatur-differenz [K]	mittlere Längs-ausdehnung [m]	mittlere Quer-ausdehnung [m]	Tiefe [m u. GOK]
Musial	-4	2	1	12
Musial	-3	4	2	12
Musial	-2	9	4	12
Musial	-1	27	8	12

Die in **Tabelle 4** zusammengestellten Ergebnisse der Temperaturausbreitungen basieren auf der Modellvariante "Lastfall Jahresmittel". Die Ausdehnung des Temperaturfeldes der -1,0 K Isotherme des Rückgabebrunnens beträgt in dieser Modellvariante 27 m für die Anlage von Musial. Da bei der stationären Modellierung für den "Lastfall Jahresmittel" die Entnahmen gleichmäßig über das Jahr verteilt sind, ist die berechnete Reichweite des Temperaturfeldes kleiner als bei jener weitaus realistischeren, instationären Modellierung (**Kapitel 3.2**).

#### 4 Zusammenfassung

Bei der Modellerstellung für die Grundwasserwärmeanlage Musial in Denzlingen wurden, soweit möglich, öffentlich zugängliche und gut belegte, bevorzugt von den zuständigen Fachbehörden erarbeitete Datengrundlagen zu Geometrie und Eigenschaften des Grundwasserleiters sowie den maßgeblichen hydraulischen Randbedingungen verwendet [RP-LGRB, 2007]. Die Durchlässigkeitswerte wurden aus den Datensätzen [RP LGRB, 2007] entnommen und an den Brunnen mit den kf-Werten aus den durchgeführten Kurzpumpversuchen angepasst [Frey, 2022]. Bei guter Übereinstimmung zwischen modellierten und beobachteten Grundwassergleichen kann die Grundwasserströmungssituation MW86 [LFU, 2001] unter Berücksichtigung der für die hydraulische Durchlässigkeit verbleibenden Unsicherheit nach aktuellem Kenntnisstand als bestmöglich erfasst betrachtet werden.

Darauf aufbauend ist davon auszugehen, dass das Modell die Dimension des durch die thermische Grundwasserernutzung induzierten Temperaturfeldes mit hoher Genauigkeit wiedergibt. Gleichwohl sollte aufgrund stets verbleibender Modellsicherheiten sowie der Heterogenität des Grundwasserleiters bei der Interpretation der Ergebnisse eine gewisse Unschärfe einkalkuliert werden.

Die Modellrechnungen wurden für das vom Auftraggeber spezifizierte Entnahmeregime (**Abbildung 2**) durchgeführt. Die Ausdehnung der berechneten Temperaturfelder hängt dabei im Wesentlichen von der entnommenen Grundwassermenge, der Temperaturerzeugung zwischen Entnahme und Wiedereinspeisung (5 K beim Heizen und Kühlen), von den Wasserumsätzen und der Fließgeschwindigkeit im Grundwasserkörper ab.

Die durch das Heizen induzierte -1,0 K Isotherme vom Rückgabebrunnen der Anlage Musial, bezogen auf eine Grundwassertemperatur von 12 °C, breitet sich rund 65 m (**Tabelle 3**) aus. Die modellierten Grundwassertemperaturveränderungen von - 1,0 K gehen etwa 59 m über das Flurstück 9546 aus. Zusätzlich betroffen von den Temperaturveränderungen im Grundwasser sind im jährlichen Verlauf die Flurstücke 9543 und 9542.

Die durch das Kühlen induzierte 1,0 K Isotherme vom Rückgabebrunnen Musial, bezogen auf eine Grundwassertemperatur von 12 °C, breitet sich rund 38 m (**Tabelle 3**) aus. Die modellierten Grundwassertemperaturveränderungen von 1,0 K gehen etwa 32 m über das Flurstück 9546 aus. Betroffen von den Temperaturveränderungen im Grundwasser ist im jährlichen Verlauf das Flurstücke 9543.

Die Reichweite der messbaren Temperaturbeeinflussung von maximal 65 m beim Heizen liegt im vorliegenden Fall weit unter der abgeschätzten jährlichen Fließstrecke des Grundwassers von etwa 1278 m/Jahr. Dies ist auf den vergleichsweise geringen Betriebsvolumenstrom und die vergleichsweise hohen kf-Werte im Modellgebiet zurückzuführen.

Mit den verwendeten kf-Werten kommt es in den 20-jährigen Modellzeitraum zu keinem Kurzschluss. Die Grundwasserwärmeanlage beeinflusst nicht das Wasserschutzgebiet „WV Mauracher Berg Denzlingen TB 1+2“. Eine weitere Beeinträchtigung zusätzlicher benachbarter Anlagen kann aufgrund dieser Datengrundlage ausgeschlossen werden.

## 5 Literatur

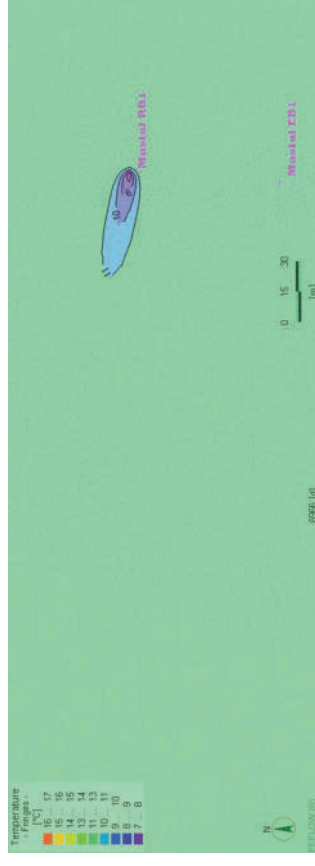
- DHI WASY [2022]: FEFLOW DHI-WASY GmbH, Berlin, FEFLOW Version 7.4, FEPEST Version 7.4. <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/feflow>
- Frey [2022]: Unterlagen zur Grundwasserwärmennutzung Denzlingen/Musial
- Marotz G. [1968]: Technische Grundlagen einer Wasserspeicherung im natürlichen Untergrund. Schriftenreihe KWK, 18, Hamburg. [zitiert in Frieg B. [1987]: Hydrogeologie und Grundwasserhydraulik des Einzugsgebietes des Wasserwerkes Denzlingen. Dissertation, Universität Denzlingen]
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft [2009]: Leitfaden zur Nutzung der Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen. <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/leitfaden-zur-nutzung-der-erdwaerme-mit-grundwasserwaerme-pumpen/>
- Morhard [2013]: Langzeitsimulation von Bodenwasserhaushalt und flächenhafter Grundwasserneubildung 1951-2010 für die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. GIT HydroS Consult GmbH, Freiburg.
- LfU [2001]: Grundwasserüberwachungsprogramm. Grundwasseroberfläche im Oktober 1986, April 1988 und September 1991 im Oberheingraben zwischen Karlsruhe und Basel. Erläuterungen und Karten, Grundwasserschutz 18. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- LGRB [2022a]: Kartenviewer online, <https://maps.lgrb-bw.de/>
- LUBW [2019]: Stehendes Gewässer (1:10.000) - AWGN, Stehendes Gewässer (1:200.000) - WaBoA, Überarbeitung 31.05.2019.
- RP LGRB [2007]: Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberheingraben. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg.
- WaBoA [2007]: Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg. Herausgegeben vom Umweltministerium Baden-Württemberg und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.

## 6 Anhang: Temperaturfelder zum Ende der Kalendermonate

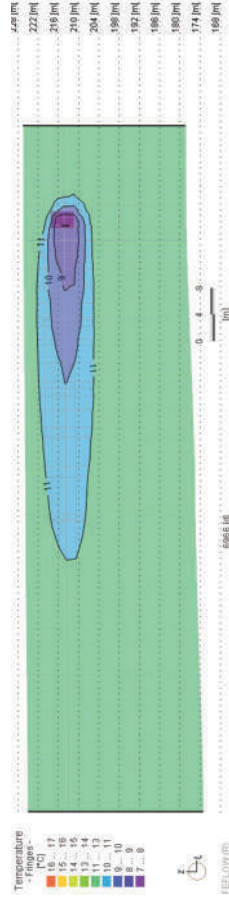
### 6.1 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Januar

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)





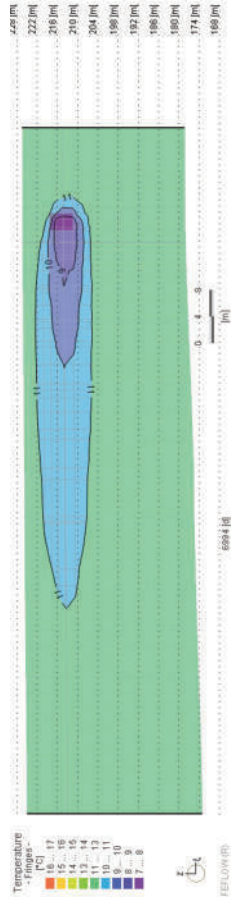
### 6.2 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Februar

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)



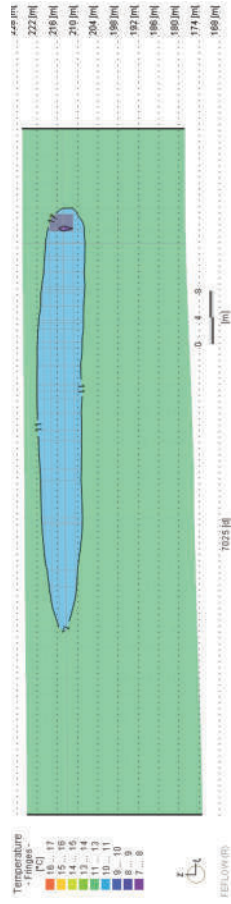
### 6.3 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende März

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)



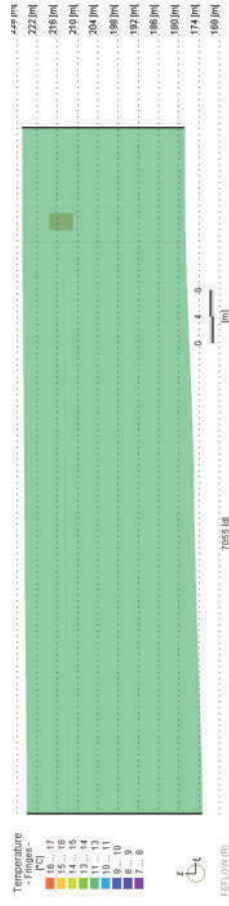
### 6.4 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende April

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



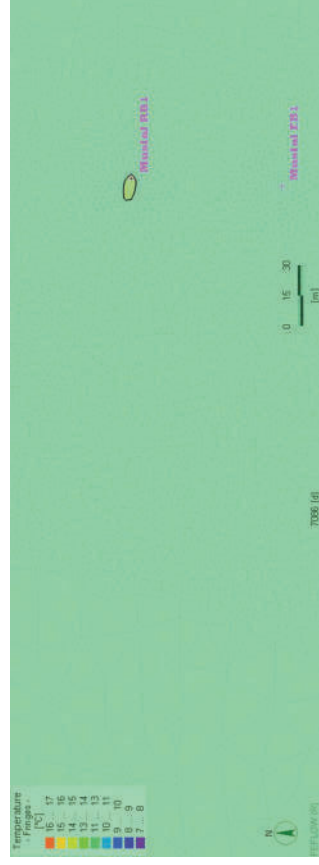
b)



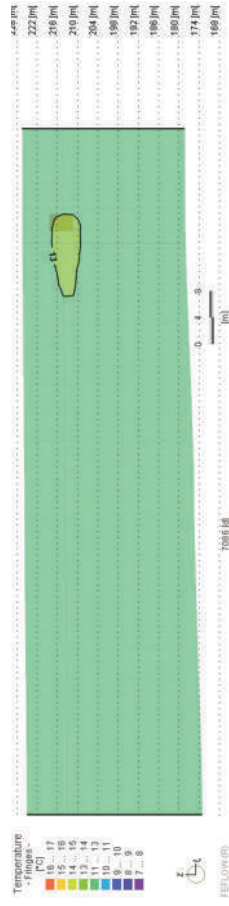
### 6.5 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Mai

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)

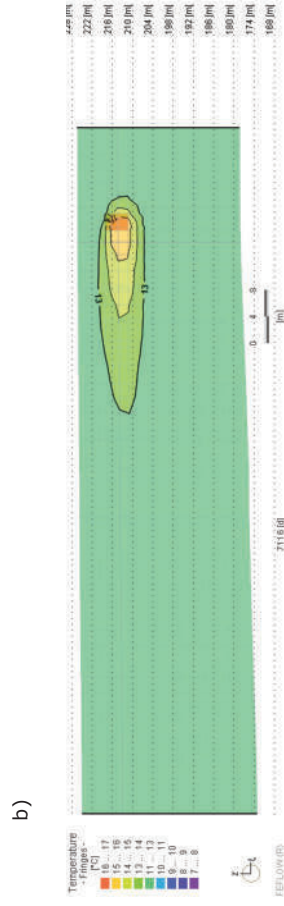


b)



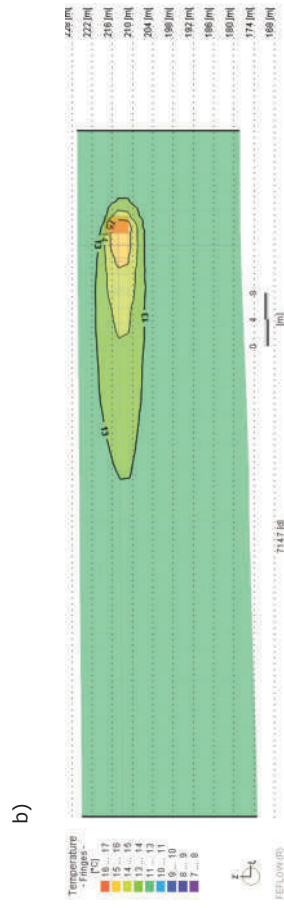
### 6.6 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Juni

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)



### 6.7 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Juli

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)



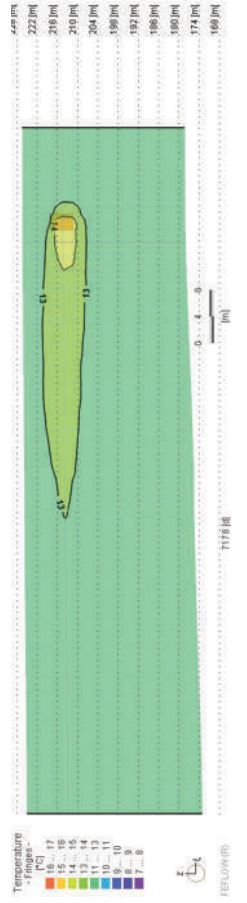
### 6.8 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende August

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



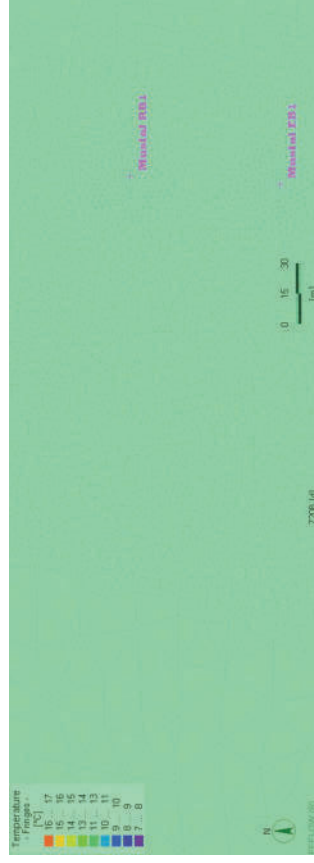
b)



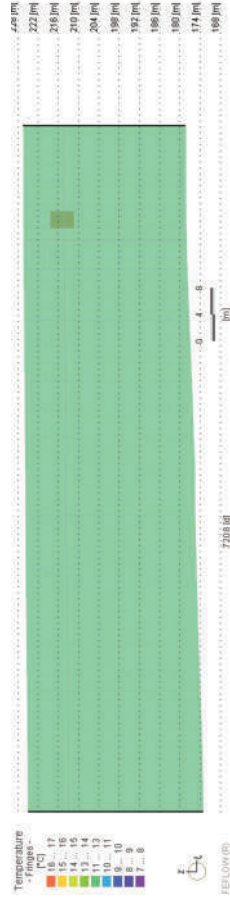
### 6.9 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende September

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)



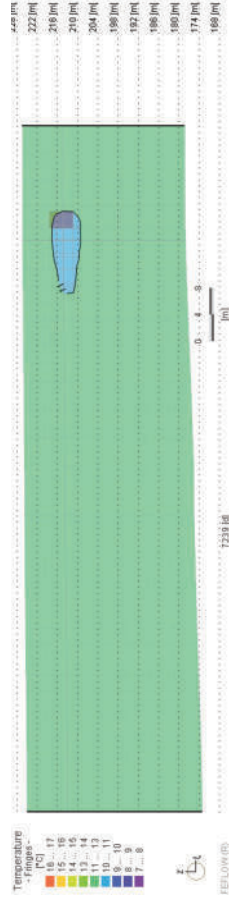
### 6.10 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Oktober

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)



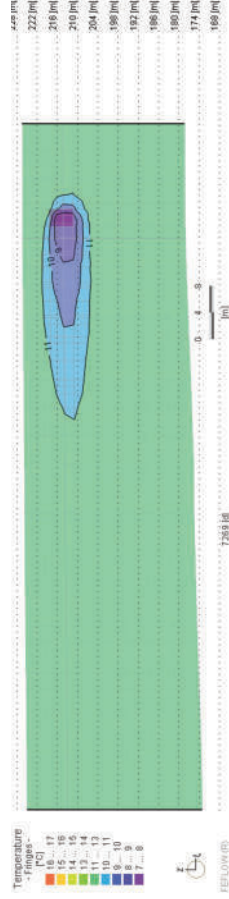
### 6.11 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende November

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)



### 6.12 Temperaturfeld im Abstrom des Rückgabebrunnens Ende Dezember

Ansicht von oben (Tiefe 12 m), b. Querprofil durch RB1 Musial (Filterstrecke in rot)

a)



b)

