

EED-Berechnungen -Temperaturen und Wärmestrom-

Claudia Thomsen

Geologischer Dienst Schleswig-Holstein

2/2021

In EED-Berechnungen werden zur Berechnung der spez. Wärmeentzugsleistungen u.a. die wichtigen drei Parameter

- Wärmeleitfähigkeit
- mittlere Temperatur an der Erdoberfläche und
- Geothermischer Wärmefluss

benötigt

Aus diesen Werten berechnet das Programm mittlere Untergrundtemperaturen über die geplante Sondentiefe. Bei höheren Temperaturen wird der Spielraum zur Bemessung der Erdwärmesonde vergrößert, die Einhaltung der Vorgabe $>-1,5\text{ °C}$ bei Spitzenlast kann leichter eingehalten werden.

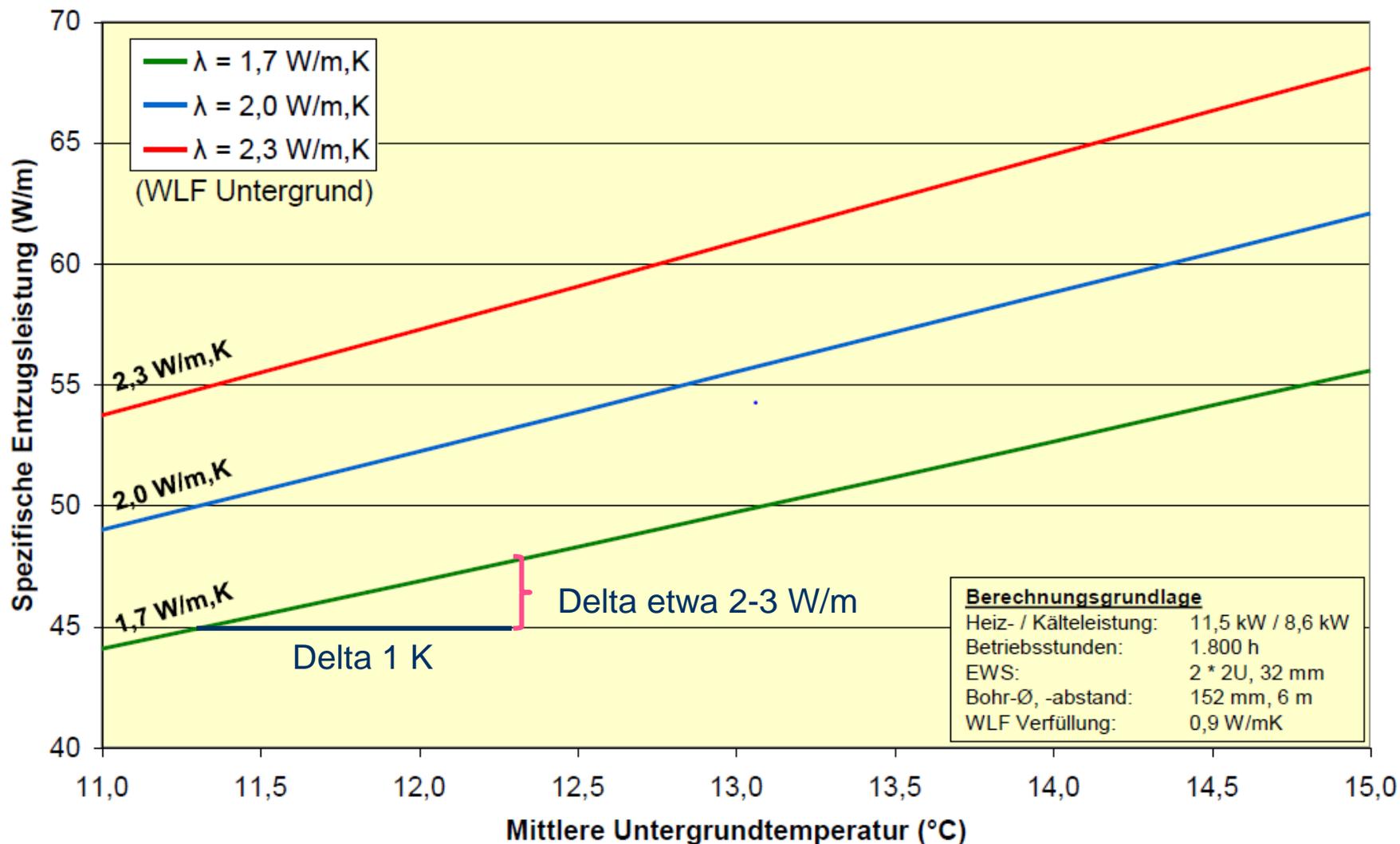
Aus Anlass einer Nachfrage von Kollegen der unteren Wasserbehörde wurde der Zusammenhang zwischen den oben aufgelisteten Parametern und deren Einfluss auf die Temperaturberechnungen für die jeweiligen Parameter dargestellt.

Gliederung

- Einfluss der Untergrundtemperaturen auf die spezifischen Entzugsleistungen
- Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm
 - Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur vom Wärmefluss
 - Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur von der Temperatur an der Erdoberfläche
 - Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur von der Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs
- Vergleich der EED-Berechnung mit Temperaturdaten aus Geothermal Response Tests (GRT)
- Zusammenfassung und Empfehlungen

Einfluss der Untergrundtemperaturen auf die spezifischen Entzugsleistungen

1K Temperaturunterschied der Untergrundtemperatur bewirkt eine Entzugsleistungsänderung von 2-3 W/m (etwa 5%)



Beispielrechnung nach EED aus einem Vortrag Rumohr und Kaiser 2011

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Im EED-Programm sind zur Berechnung der mittleren Untergrundtemperaturen folgende Formeln hinterlegt

Untergrundeigenschaften ✕

Wärmeleitfähigkeit λ	<input style="width: 80px;" type="text" value="2,000"/>	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	<input style="width: 80px;" type="text" value="2,300"/>	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	<input style="width: 80px;" type="text" value="10,000"/>	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	<input style="width: 80px;" type="text" value="0,08000"/>	?	W/m ²

Übernehmen

Das Programm berücksichtigt das Zusammenspiel von

1. geothermischen Wärmefluss GW
2. Oberflächentemperatur T_s
3. Wärmeleitfähigkeit (WLF) λ
4. Tiefe

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

λ	Wärmeleitfähigkeit
GW	Geotherm. Wärmefluss
D	Tiefe
T_s	Temperatur a. d. Erdoberfläche
T_D	Temperatur in Tiefe D
T_m	mittlere Temperatur bis Tiefe D
GW	[W/m]
D	[m]
WLF	[W / (m·°C)]
T_s, T_D, T_m	[°C]

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Voreinstellungen im EED zur mittleren Oberflächentemperatur können genutzt werden. Sie sind für SH konservativ angesetzt

Untergrundeigenschaften

Wärmeleitfähigkeit λ	2,000	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	2,300	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	10,000	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	0,08000	?	W/m ²

Übernehmen

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche

Werte umwandeln
 Nein SI => ENG ENG => SI

GERMANY	
Aachen	9.7
Ansbach	8.3
Augsburg	8.3
Bamberg	8.5
Berlin	9.0
Bochum	10.0
Braunlage (Harz)	5.9
Bremen	8.8
Chemnitz	7.9
Cottbus	8.9
Darmstadt	10.0
Donaueschingen	7.0
Dortmund	9.6
Dresden	8.9
Duesseldorf	10.3
Emden	9.0
Erfurt	7.9
Essen	9.6
Feldberg (Schw.)	3.3
Feldberg (Ts.)	5.6
Fichtelb. (Erz.)	2.9
Flensburg	8.2
Frankfurt/Main	9.7
Frankfurt/Oder	8.7
Freiberg	7.7
Freiburg Brsg.	10.4
Fulda	8.0
Garmisch-P.	6.5
Giessen	9.0
Goerlitz	8.2
Guetersloh	9.2
Halle/Saale	9.7
Hamburg	8.9
Hannover	8.9
Heide/Holst.	8.3
Hof	6.9
Jena	9.3
Kaiserslautern	9.4
Karlsruhe	10.3
Kassel	8.5
Kiel	8.4
Koeln	10.4
Konstanz	9.0

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Voreinstellungen im EED zum geothermischen Wärmefluss können genutzt werden. Sie sind für SH lokal konservativ angesetzt

Untergrundeigenschaften

Wärmeleitfähigkeit λ	2,000	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	2,300	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	10,000	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	0,08000	?	W/m ²

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

Geothermischer Wärmefluss

Werte umwandeln
 Nein SI => ENG ENG => SI

GERMANY	
Aachen	0.070
Ansbach	0.090
Augsburg	0.080
Bamberg	0.080
Berlin	0.070
Bochum	0.080
Braunlage (Harz)	0.070
Bremen	0.060
Chemnitz	0.050
Cottbus	0.060
Darmstadt	0.080
Donaueschingen	0.090
Dortmund	0.080
Dresden	0.060
Duesseldorf	0.080
Emden	0.060
Erfurt	0.060
Essen	0.070
Feldberg (Schw.)	0.070
Feldberg (Ts.)	0.070
Fichtelb. (Erz.)	0.070
Flensburg	0.070
Frankfurt/Main	0.070
Frankfurt/Oder	0.070
Freiberg	0.060
Freiburg Brsg.	0.090
Fulda	0.070
Garmisch-P.	0.080
Giessen	0.070
Goerlitz	0.060
Guetersloh	0.070
Halle/Saale	0.070
Hamburg	0.060
Hannover	0.060
Heide/Holst.	0.050
Hof	0.060
Jena	0.060
Kaiserslautern	0.080
Karlsruhe	0.120
Kassel	0.070
Kiel	0.060
Koeln	0.080
Konstanz	0.090

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Die mittlere Oberflächentemperatur und der geothermische Wärmefluss können manuell eingegeben werden.

Untergrundeigenschaften ✕

Wärmeleitfähigkeit λ	<input type="text" value="2,1"/>	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	<input type="text" value="2,0"/>	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	<input type="text" value="9,3"/>	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	<input type="text" value="0,06"/>	?	W/m ²

Die nach der untenstehenden Formel berechneten mittleren Untergrundtemperaturen erscheinen dann im EED-Bericht unter: **GRUNDLAST: FLUIDTEMPERATUREN**
(Vor Beginn der Untergrundnutzung ist Fluidtemperatur = mittlere Untergrundtemperatur)

Hier: Beispiel für eine EED-Berechnung, siehe folgende Folie

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

λ	Wärmeleitfähigkeit
GW	Geotherm. Wärmefluss
D	Tiefe
T_s	Temperatur a. d. Erdoberfläche
T_D	Temperatur in Tiefe D
T_m	mittlere Temperatur bis Tiefe D
GW	[W/m]
D	[m]
WLF	[W / (m*°C)]
T_s, T_D, T_m	[°C]

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Auslegung in der Praxis

Anzahl Bohrungen	1	
Tiefe der Erdwärmesonde	104.78 m	Hanerau-Hademarschen
Erdwärmesondenlänge gesamt	104.78 m	
EINGABEDATEN (PLANUNG)		
=====		
UNTERGRUND		
Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs	2.100 W/(m·K)	
Spez. Wärmekapazität des Erdreichs	2.400 MJ/(m ³ ·K)	
Mittl. Temperatur d. Erdoberfläche	9.30 °C	
Geothermischer Wärmefluss	0.0600 W/m ²	

Werte
realistisch?

GRUNDLAST: FLUID-MITTELTEMPERATUREN (zum Monatsende) [°C]					
Jahr	1	2	5	10	25
JAN	10.80	5.15	4.62	4.40	4.19
FEB	10.80	5.22	4.72	4.51	4.29
MÄR	10.80	5.79	5.32	5.11	4.90
APR	10.80	6.51	6.07	5.86	5.65
MAI	10.80	7.53	7.12	6.91	6.70
JUN	10.80	9.44	9.04	8.84	8.63
JUL	10.80	9.60	9.22	9.02	8.82
AUG	10.80	9.69	9.33	9.13	8.93
SEP	8.50	7.99	7.65	7.45	7.25
OKT	7.58	7.16	6.83	6.64	6.44
NOV	6.57	6.20	5.88	5.70	5.50
DEZ	5.63	5.30	5.00	4.81	4.62

Oberflächentemperatur
gemäß Vorschlag EED wäre:
8,8°C
Mittlere Untergrundtemperatur
wäre dann: 10,3°C

Es stellt sich die Frage, ob die in den EED-Berechnungen eingesetzten Werte plausibel sind und wie hoch deren Einflüsse auf die berechneten Untergrundtemperaturen sind

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Hier: Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur vom Wärmefluss

Wärmefluss (dichte) = Wärmestrom (dichte)
(W/m²)

In Deutschland liegt laut Literaturangaben die Wärmestromdichte im Mittel bei 60 mW/m² - 70m W/m²

Im Internet findet sich eine kartenbasierte Darstellung der gemessenen Einzelwerte zur Wärmestromdichte. Demnach liegen aus Norddeutschland nur sehr wenige Messungen hierzu vor. Die Wärmestromdichte schwankt zwischen 50 mW/m² und 80 mW/m².

[IHFC Viewer Global Heat Flow Database \(ihfc-iugg.org\)](http://ihfc-iugg.org)

Voreinstellungen im EED zum geothermischen Wärmefluss können genutzt werden. Sie sind für SH insgesamt plausibel, lokal zu gering (Wärmefluss durch die Salzstrukturen)

Geothermischer Wärmefluss

Werte umwandeln
 Nein SI => ENG ENG => SI

GERMANY	
Aachen	0.070
Ansbach	0.090
Augsburg	0.080
Bamberg	0.080
Berlin	0.070
Bochum	0.080
Braunlage (Harz)	0.070
Bremen	0.060
Chemnitz	0.050
Cottbus	0.060
Darmstadt	0.080
Donaueschingen	0.090
Dortmund	0.080
Dresden	0.060
Duesseldorf	0.080
Emden	0.060
Erfurt	0.060
Essen	0.070
Feldberg (Schw.)	0.070
Feldberg (Ts.)	0.070
Fichtelb. (Erz.)	0.070
Flensburg	0.070
Frankfurt/Main	0.070
Frankfurt/Oder	0.070
Freiberg	0.060
Freiburg Brsg.	0.090
Fulda	0.070
Garmisch-P.	0.080
Giessen	0.070
Goerlitz	0.060
Guetersloh	0.070
Halle/Saale	0.070
Hamburg	0.060
Hannover	0.060
Heide/Holst.	0.050
Hof	0.060
Jena	0.060
Kaiserslautern	0.080
Karlsruhe	0.120
Kassel	0.070
Kiel	0.060
Koeln	0.080
Krefeld	0.090

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Hier: Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur vom Wärmefluss

Untergrundeigenschaften

Wärmeleitfähigkeit λ	2,1	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	2,0	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	9,3	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	0,06	?	W/m ²

Übernehmen

1. Beispielrechnung: Teufe 104 m

Mittlere Oberflächentemperatur konstant

$T_s = 9,3^\circ\text{C}$

Wärmeleitfähigkeit konstant = 2,1 W/mk

Geothermischer Wärmefluss variiert: 0,06- 0,08 W/m²

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

Mittlere Oberflächentemperatur T_s (°C)	Geothermischer Wärmefluss GW (W/m ²)	Mittlere Untergrundtemperatur (°C) bis 104m
9,3	0,06	10,75
9,3	0,07	11,0
9,3	0,08	11,28

} Delta 0,5K

Der Einfluss des gewählten Wärmeflusses auf die zu berechnende Untergrundtemperatur ist bei Teufen von bis zu 100m gering

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Hier: Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur vom Wärmefluss + Tiefe

Untergrundeigenschaften

Wärmeleitfähigkeit λ	<input type="text" value="2,1"/>	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	<input type="text" value="2,0"/>	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	<input type="text" value="9,3"/>	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	<input type="text" value="0,06"/>	?	W/m ²

2. Beispielrechnung: Teufe 150m
 Mittlere Oberflächentemperatur
 konstant
 $T_s = 9,3^\circ\text{C}$
 Wärmeleitfähigkeit konstant = 2,1
 W/mk
 Geothermischer Wärmefluss variiert:
 0,06- 0,08 W/m²

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

Mittlere Oberflächen- temperatur T_s (°C)	Geothermisc her Wärmefluss GW (W/m ²)	Mittlere Untergrund- temperatur (°C) bis 150m	
9,3	0,06	11,44	}
9,3	0,07	11,8	
9,3	0,08	12,15	

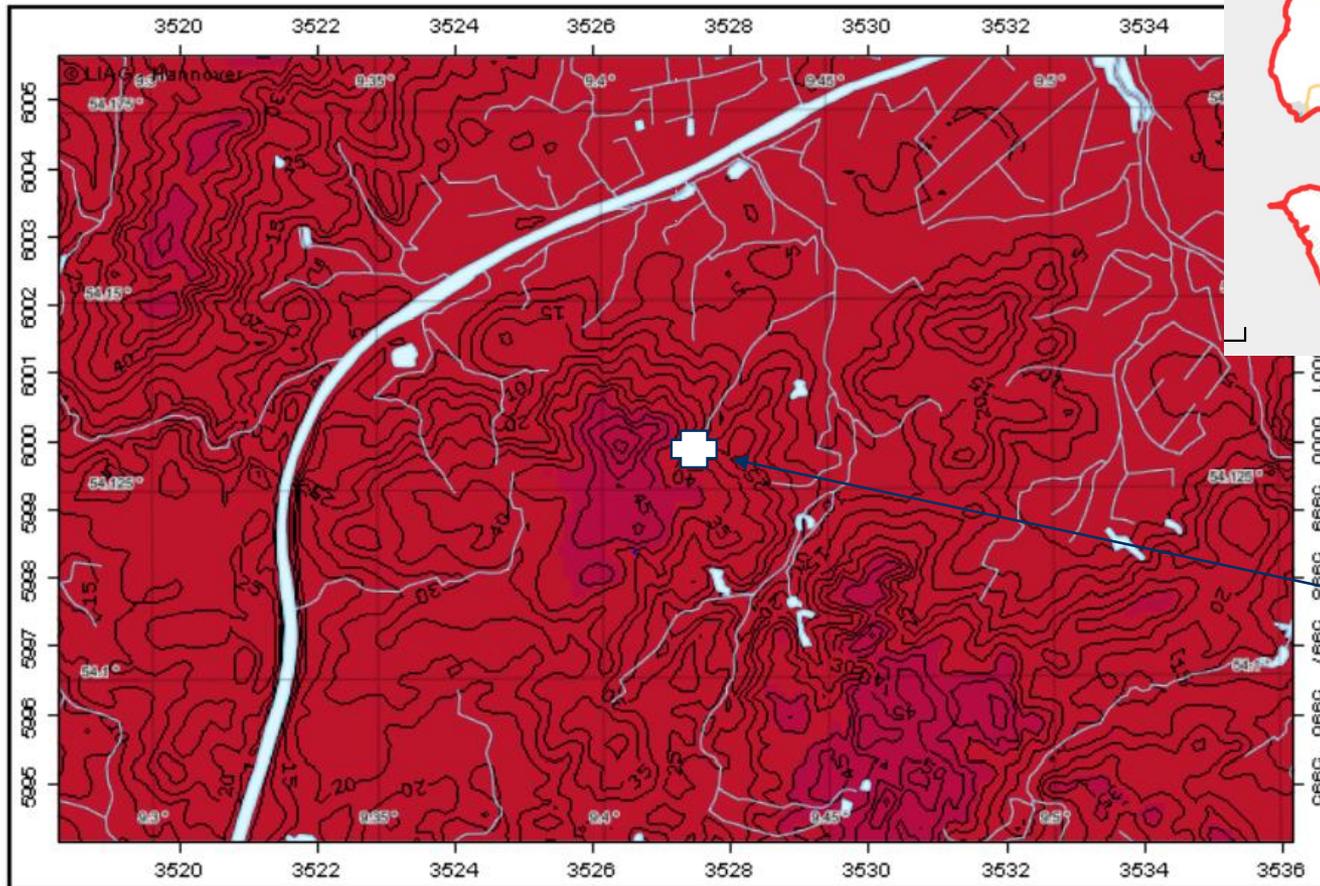
Delta 0,711

Der Einfluss des gewählten Wärmeflusses auf die zu berechnende Untergrundtemperatur ist bei Teufen von bis zu 150m ebenfalls noch gering

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

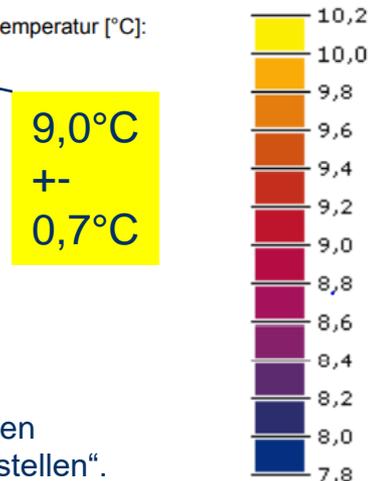
Hier: Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur von der mittleren Oberflächentemperatur

Abweichend von den voreingestellten Werten im EED- Programm können die mittleren Oberflächentemperaturen = Bodentemperaturen in 13m Tiefe (unabhängig saisonaler Schwankungen) z.B. aus Geotis gewonnen werden



Geothermisches Informationssystem für Deutschland (geotis.de)

Temperatur [°C]:



9,0°C
 +-
 0,7°C

„Für die Bestimmung der Bodentemperaturen wurden Daten über die Lufttemperatur vom Deutschen Wetterdienst (DWD 2006) verwendet. Aus den Temperaturreihen des DWD wurden Mittelwerte über den Zeitraum 1961 – 1990 gebildet, die eine gute Näherung der Temperaturen in einer Tiefe von 13 m darstellen“.

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Hier: Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur von der mittleren Oberflächentemperatur

Untergrundeigenschaften

Wärmeleitfähigkeit λ	2,1	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	2,0	?	MJ/(m³·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	9,3	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	0,06	?	W/m²

Übernehmen

Beispielrechnung: Tiefe 104m
 Mittlere Oberflächentemperatur
 T_s variiert: 8,8-9,4 °C
 Wärmeleitfähigkeit: 2,1 (W/mk)
 Geothermischer Wärmefluss
 konstant 0,07 W/m²
 :

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, max}}{2}$$

Mittlere Oberflächentemperatur (°C)	Geothermischer Wärmefluss GW (W/m²)	Mittlere Untergrundtemperatur (°C) bis 104m
8,8	0,07	10,5
9,0	0,07	10,7
9,2	0,07	10,9
9,4	0,07	11,1

} Delta 0,6K

Der Einfluss der gewählten Oberflächentemperatur auf die zu berechnende Untergrundtemperatur ist bei Teufen von bis zu 100m gering

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Hier: Abhängigkeit der mittleren Untergrundtemperatur von der Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes

Untergrundeigenschaften

Wärmeleitfähigkeit λ	2,1	?	W/(m·K)
Spez. Wärmekapazität (vol.)	2,0	?	MJ/(m ³ ·K)
Mittl. Temperatur a.d. Erdoberfläche T_s	9,3	?	°C
Geothermischer Wärmefluss GW	0,06	?	W/m ²

Übernehmen

Beispielrechnung:

Mittlere Oberflächentemperatur

$T_s = 9,3^\circ\text{C}$

Wärmeleitfähigkeit variiert: 1,8-
2,4 (W/mk)

Geothermischer Wärmefluss
konstant 0,07 W/m²

$$T_D = T_s + \frac{(GW * D)}{\lambda}$$

$$T_m = \frac{T_s + T_{D, \max}}{2}$$

Wärmeleitfähi- gkeit (W/mk)	Geothermisc her Wärmefluss GW (W/m ²)	Mittlere Untergrunde mperatur (°C) bis 104m
1,8	0,07	11,32
2,0	0,07	11,12
2,2	0,07	10,95
2,4	0,07	10,81

Delta 0,5K

Der Einfluss der gewählten Wärmeleitfähigkeit auf die zu berechnende Untergrundtemperatur ist bei Teufen von bis zu 100m gering

Berechnung der Untergrundtemperaturen mit dem EED-Programm

Eingesetzte Werte für Oberflächentemperaturen und Wärmefluss in SH:

Angaben aus vorliegenden EED-
Berechnungen

Oberflächentemperaturen min-max
 $8,4^{\circ}\text{C} - 9,6 (10,2) ^{\circ}\text{C}$, d.h. $9^{\circ}\text{C} \pm 0,6$

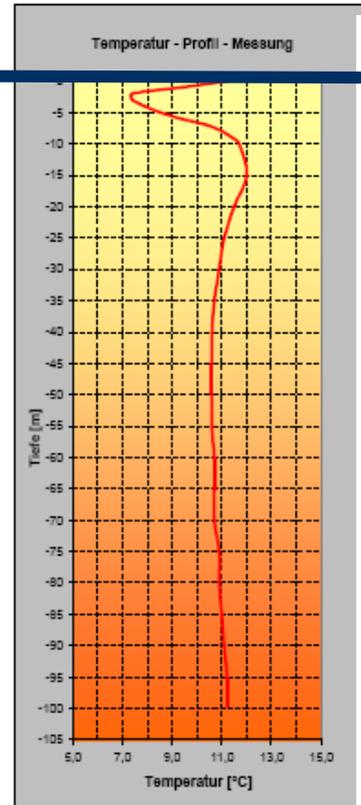
Wärmefluss
 $0,05 \text{ W/m}^2 - 0,08 \text{ W/m}^2$

Die genutzten Werte liegen insgesamt im
plausiblen Wertebereich

Die Wärmeleitfähigkeiten (WLF) aus dem Umweltatlas sind - im Vergleich zu den WLF aus GRT-Messungen – aufgrund der nicht kalkulierbaren Einflüsse aus dem Wärmetransport der Grundwasserbewegungen etwas niedriger. Dies hat auch einen Einfluss auf die in EED berechneten Untergrundtemperaturen, die folglich entsprechend leicht höher ausfallen.

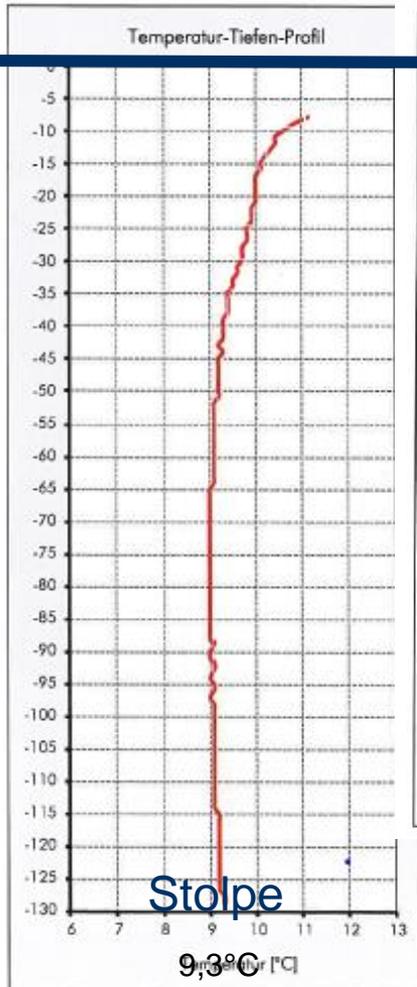
Ermittlung der Untergrundtemperaturen im Rahmen von GRT-Messungen

Mittlere Untergrundtemperaturen aus Temperaturlogs



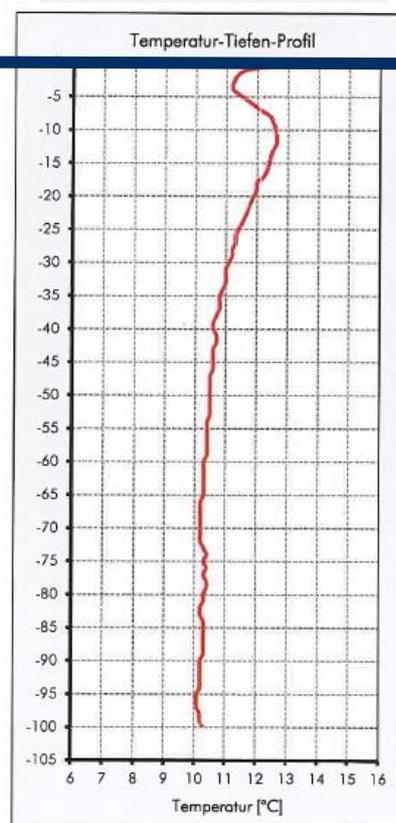
Geesthacht

10,8 °C



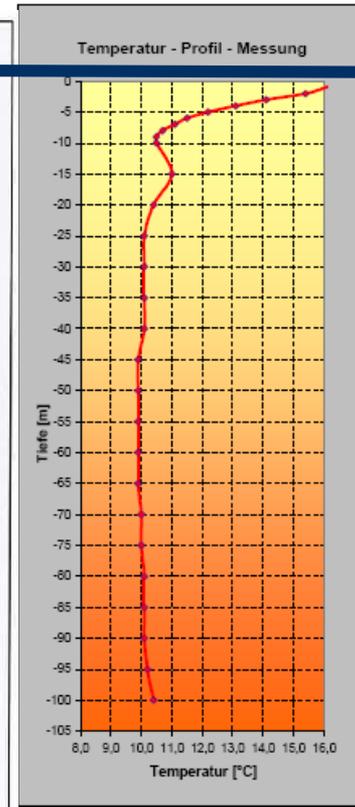
Stolpe

9,3 °C



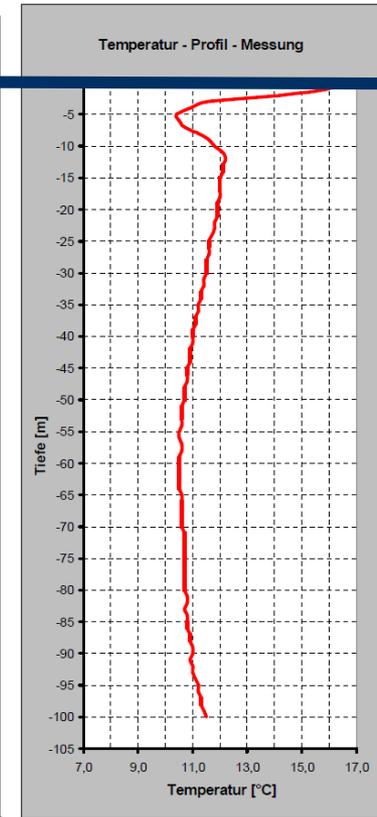
Sylt

10,8 °C



Norderstedt

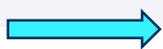
10,44 °C



Felde

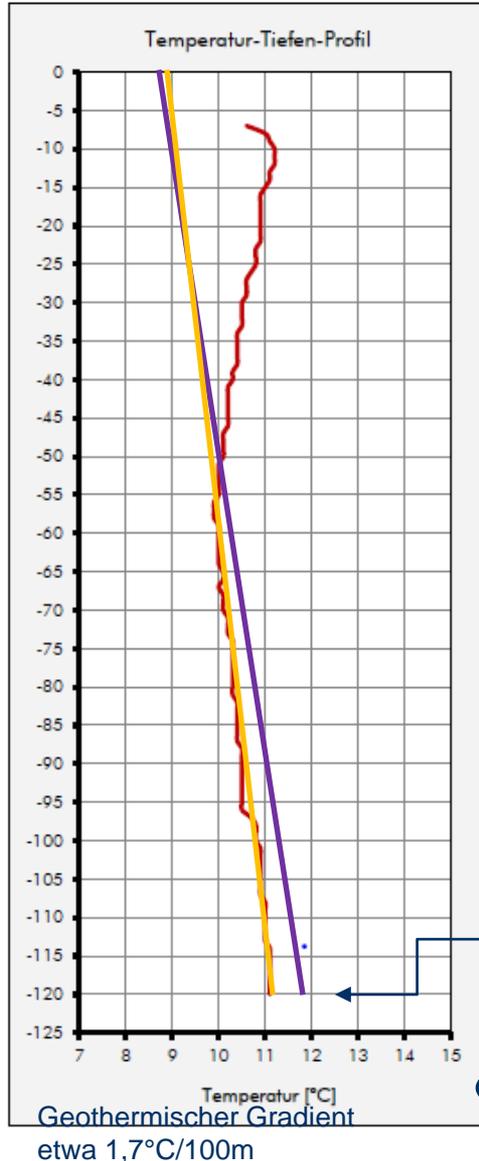
11,1 °C

Die Messergebnisse sind abhängig vom Zeitpunkt der Messung nach der Verfüllung, von klimatischen und anthropogenen Einflüssen (bes. im urbanen Bereich), von geologischen Verhältnissen (z.B. WLF der Schichten, Salzstrukturen, Wärmefluss) und Endteufe. Mittelwertbildung tw. unterschiedlich



Ermittlung der Untergrundtemperaturen im Rahmen von GRT-Messungen

Temperaturlog versus EED-Berechnung am Beispiel Reinbek 2020



Temperaturlog 10 Tage nach Beendigung der Bohrung (Hydratationsphase des Verfüllbaustoffes abgeklungen)

Mittlere gemessene Untergrundtemperatur über gesamte Teufe $T_m = 10,5^\circ\text{C}$

⇒ oberflächennahe Einflüsse bis etwa 55 m werden deutlich (unabhängig vom geothermischen Wärmestrom und der Wärmeleitfähigkeit)

Ableitung EED-Parameter passend zum Log

$$T_s = 9^\circ\text{C}$$

$$T_{120} = 11,1^\circ\text{C}$$

$$T_m = 10,1^\circ\text{C}$$

Temperaturverlauf gemäß Vorgabe EED:

$$T_s = 8,7^\circ\text{C}$$

$$GW = 0,06\text{ W/m}^2$$

$$T_{120} = 11,7^\circ\text{C}$$

$$T_m = 10,2^\circ\text{C}$$

Die EED-Berechnungen spiegeln nicht in jedem Fall die Temperaturverhältnisse im Untergrund wider

Ermittlung der Untergrundtemperaturen im Rahmen von GRT-Messungen

Temperaturlog versus EED-Berechnung am Beispiel Sylt 2020

Temperaturlog 6 Tage nach Beendigung der Bohrung (Hydratationsphase des Verfüllbaustoffes weitgehend abgeklungen)
Mittlere gemessene Untergrundtemperatur über gesamte Teufe $T_m = 10,8^\circ\text{C}$

⇒ oberflächennahe Einflüsse bis etwa 95 m werden deutlich (unabhängig vom geothermischen Wärmestrom und der Wärmeleitfähigkeit)

Ableitung EED-Parameter passend zum Log

$T_s = 10^\circ\text{C}$

$GW = ?$

$T_{100} = 10,2^\circ\text{C}$

$T_m = 10,1^\circ\text{C}$

Temperaturverlauf gemäß Vorgabe EED:

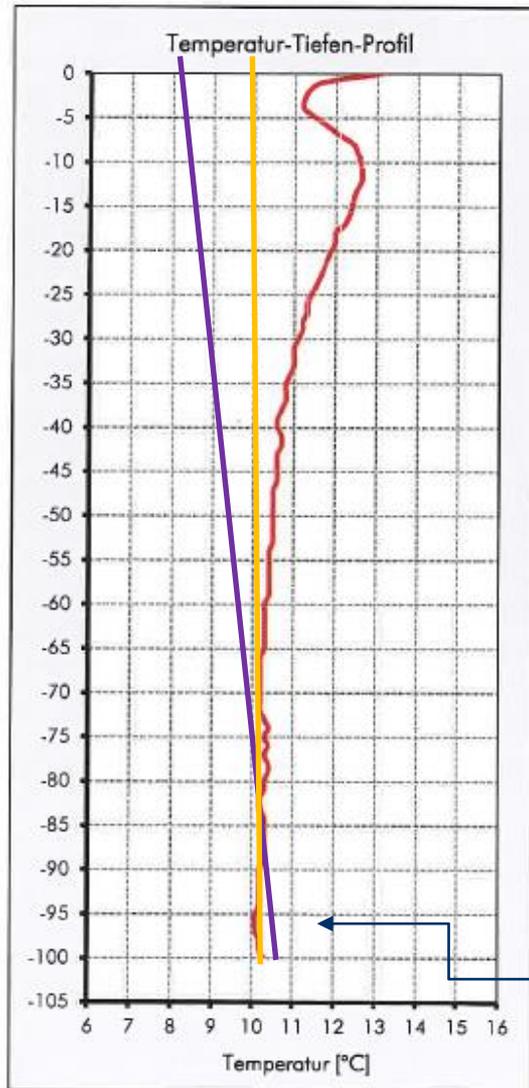
$T_s = 8,2^\circ\text{C}$

$GW = 0,07\text{ W/m}^2$

WLF nach GRT: $2,9\text{ W/mk}$

$T_{100} = 10,6^\circ\text{C}$

$T_m = 9,4^\circ\text{C}$

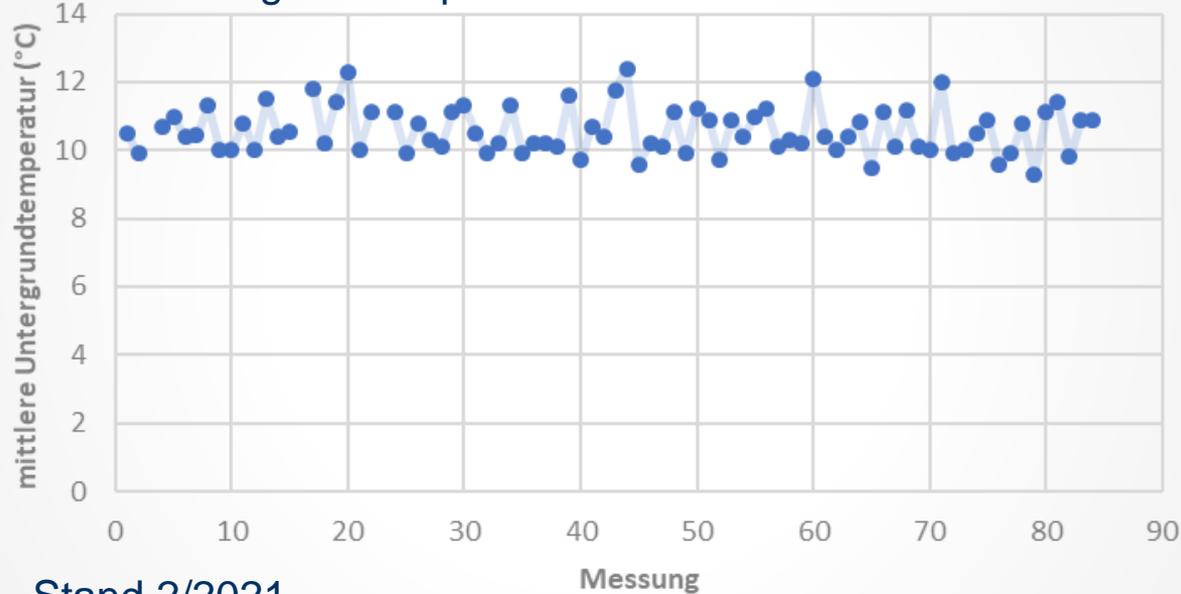


Geothermischer Gradient
Erst in größeren Tiefen ableitbar

Die EED-Berechnungen spiegeln nicht in jedem Fall die Temperaturverhältnisse im Untergrund wider

Ermittlung der Untergrundtemperaturen im Rahmen von GRT-Messungen

Mittlere Untergrundtemperaturen aus den GRT-Berichten

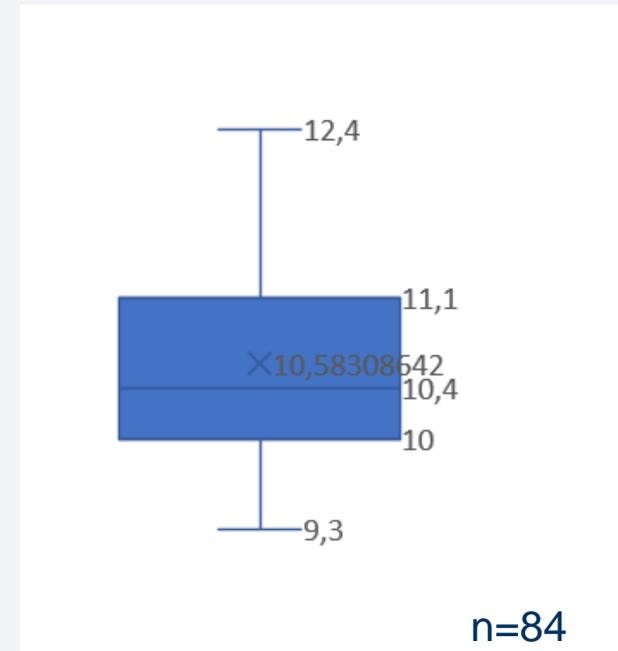


Stand 2/2021

Die ermittelten Untergrundtemperaturen liegen zwischen 9,3°C und 12,4 °C.

Die 50% der Daten liegen in einem recht engen Spektrum von 10,0°C bis 11,1 °C

Hohe Temperaturen wegen Messung nach zu kurzer Abbindezeit nach der Verfüllung und bei großen Sondenteufen



Zusammenfassung

- Die Berechnung der mittleren Untergrundtemperaturen erfolgt z.B. im Programm EED anhand der drei wichtigen Parameter: Geothermischer Wärmestrom, Temperatur an der Erdoberfläche, Wärmeleitfähigkeit der angetroffenen Schichten und beeinflusst die spezifischen Entzugsleisten einer Erdwärmesonde
- Der Einfluss der drei Parameter auf die Untergrundtemperatur ist jeweils relativ gering; die Einflüsse können sich aber aufsummieren.
- Die in den vorliegenden EED-Berichten (ohne GRT-Messungen) eingesetzten Werte für die Parameter Oberflächentemperatur und Wärmestrom liegen gemäß Literaturdaten grundsätzlich im plausiblen Bereich
- Die im EED-Programm errechneten mittleren Untergrundtemperaturen sind im Berechnungsprotokoll unter „GRUNDLAST: FLUIDTEMPERATUREN“ identifizierbar
- Temperaturlogs im Rahmen der GRT-Messungen umfassen auch technische, klimatische, urbane und geologische Einflüsse. Verläufe der Temperaturkurven sind daher unterschiedlich.
- Ein geothermischer Gradient (Temperaturzunahme mit zunehmender Tiefe) von etwa $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ist bei den üblichen Teufen von rund 100m nur sehr selten erkennbar; lokal, z.B. oberhalb von Salzstrukturen sind hohe geothermische Gradienten plausibel
- Die ermittelten mittleren Temperaturwerte aus Temperaturlogs liegen in einem engen Spektrum zwischen $10,0^{\circ}\text{C}$ und $11,0^{\circ}\text{C}$.
- EED-Berechnungen spiegeln nicht in jedem Fall die Untergrundverhältnisse wider.

Empfehlungen

- Da die EED-Berechnungen zur Untergrundtemperatur mittels vorgegebener Parametern nicht immer die tatsächlichen Untergrundverhältnisse widerspiegeln bzw. nicht alle Einflüsse berücksichtigen können, können auch die Eingabeparameter lokal unzutreffend sein.
- Bei EED- Berechnungen mit voreingestellten Parametern bzw. eigenhändig eingestellten Parametern zur Temperatur an der Erdoberfläche und/oder zum Wärmefluss sollte eine Plausibilitätsprüfung hinsichtlich der errechneten Untergrundtemperaturen anhand des EED-Protokolls stattfinden
- Bei errechneten Untergrundtemperaturen, die außerhalb der über Temperaturlogs im Rahmen von GRT-Messungen ermittelten liegen, sollte der Wert kritisch hinterfragt und vom Planer plausibel begründet werden.
- Mittlere Untergrundtemperaturen aus Temp-Logs können in EED-Berechnungen anstelle der Oberflächentemperaturen eingesetzt werden; der Wärmefluss ist dann = $0,0 \text{ W/m}^2$
- Höhere gemessene Untergrundtemperaturen sind nicht immer „falsch“, sondern können z.B. mit hohen Bohrteufen (z.B. 150m) oder mit höheren Geothermischen Gradienten z.B. oberhalb von Salzstrukturen begründet sein.
- Temperaturmessungen im Rahmen von GRT-Messungen sollten zur Vermeidung von Temperatureinflüssen, die beim Abbindeprozess von Verfüllbaustoffen stattfinden, in möglichst großem zeitlichen Abstand zum Verfüllvorgang stattfinden. Derzeit finden hierzu länderübergreifend Abstimmungen statt. Nach aktueller Kenntnislage wird eine Abbindedauer von > 7 Tagen empfohlen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit