

Geothermie Gräfelting

Projektbeschreibung

Projekt-Nr.

A301179

Version	Datum der Veröffentlichung	Beschreibung	Erstellt	Geprüft	Genehmigt
R3.0	19.03.2026	Porjektbeschreibung	VIVBH	MANWA	PAWAG

Inhaltsverzeichnis

1	Projektvorstellung und Zielstellung.....	5
1.1	Standort und legitime Nutzung	5
1.2	Reservoirbeschreibung und Erschließungskonzept	6
1.3	Dauer des beabsichtigten Vorhabens	7
1.4	Bohrplatzflächen	10
1.5	Testwasserbecken	10
1.6	Lärmschutz	10
1.7	Versorgung	10
1.8	Entsorgung	11
1.9	Temperatur- und geothermischer Gradient	12
1.10	Wasserchemismus – Malm.....	12
1.11	Zusammenfassung	13
1.12	Geologisches Vorprofil.....	14
1.13	Geologisches Arbeitsprogramm	14
2	Bohrtechnische Aufgabenstellung	16
2.1	Bohrplatz.....	16
2.2	Bohrungen	17
2.3	Verrohrung.....	20
2.4	Zementationsprogramm.....	21
2.5	Geophysikalische Bohrlochmessungen.....	21
2.6	Testarbeiten	23
2.7	Bohrlochkopf.....	25
2.8	Technologischer Ablauf der Bohrung	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Angaben zu den zwei Bohrungsdubletten Gräfelting (Koordinaten in ETRS89/UTM Zone 32N)	6
Tabelle 1-2: Zeitplan der Arbeiten zur ersten Bohrungsdublette in Gräfelting	7
Tabelle 1-3: Zielkoordinaten der Bohrungen Gt Gräfelting 1 – 4 (Koordinaten in ETRS89/UTM Zone 32N)	9
Tabelle 1-4: Bohrgutauflommen Gt Gräfelting 1, 2, 3 & 4	11
Tabelle 1-5: Bohrspülaufkommen Gt Gräfelting 1, 2, 3 & 4	11
Tabelle 1-6: Testwasseraufkommen Gt Gräfelting 1, 2, 3 & 4	11
Tabelle 1-7: Temperatur- und Teufenabschätzung für die Hauptzutrittsbereiche im mittleren bis tieferen Malm	12
Tabelle 1-8: Prognose der geochemischen Zusammensetzung der Tiefenwässer am Standort Gräfelting	12
Tabelle 1-9: Mittelwerte der Aquiferparameter am Standort Gräfelting	13
Tabelle 1-10: Vorprofil für den Standort Bohrplatz, möglicher Teufenfehler ± 50 m	14
Tabelle 2-1: Bohrspfaddaten der Bohrung Gt Gräfelting 1	18
Tabelle 2-2: Bohrspfaddaten der Bohrung Gt Gräfelting 2	18
Tabelle 2-3: Bohrspfaddaten der Bohrung Gt Gräfelting 3	18
Tabelle 2-4: Bohrspfaddaten der Bohrung Gt Gräfelting 4	18
Tabelle 2-5: Auflistung der Bohrsektionen und den verwendeten Richtbohrverfahren	19
Tabelle 2-6: Spülaufkommen eingeteilt in die 4 Sektionen der Bohrungen Gt Gräfelting 1,2,3 und 4	19
Tabelle 2-7: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 1	20
Tabelle 2-8: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 2	20
Tabelle 2-9: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 3	21
Tabelle 2-10: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 4	21
Tabelle 2-11: Zementationsprogramm nach Verrohrung der Bohrungen Gt Gräfelting 1,2,3 und 4 ..	21
Tabelle 2-12: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 1	22
Tabelle 2-13: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 2	22
Tabelle 2-14: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 3	22
Tabelle 2-15: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 4	22
Tabelle 2-16: Detaillierte Beschreibung der Säurestimulation in der Bohrung Gt Gräfelting 1	24
Tabelle 2-17: Detaillierte Beschreibung der Säurestimulation in der Bohrung Gt Gräfelting 2	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Satellitenbild von München und Umgebung mit der Gemeinde Gräfelfing hervorgehoben (M 1:150.000).....	7
Abbildung 1-2: Übersichtskarte des Bohrplatzes mit den geplanten Bohrungsverläufen sowie der Teufenlage des Top Purbeck und der Basis der Massenfazies	9
Abbildung 2-1: Bohrplatzkonzept für zwei Dubletten, Testwasserbecken, Umsturzradien und Technikzentrale	16

1 Projektvorstellung und Zielstellung

Gräfelfing ist eine Gemeinde im oberbayerischen Landkreis München mit ca. 14.000 Einwohnern, welche sich am westlichen Stadtrand von München befindet. Die Geothermie Gräfelfing GmbH & Co. KG (GGK) plant die Errichtung einer Tiefengeothermianlage zur kommunalen Wärmeversorgung. Es soll das Malm-Reservoir zur Wärmeversorgung erschlossen werden.

Als Teil dieses Planes soll eine Tiefengeothermianlage sowie ein dazugehöriges Fernwärmenetz mit Redundanz- und Spitzenheizwerk geplant, errichtet und betrieben werden. Dazu wurde im Februar 2022 eine Gesellschaft mit dem Namen „Geothermie Gräfelfing GmbH & Co. KG“ (im Folgenden: GGK) bestehend aus der Fernwärmenetz Gräfelfing GmbH (im Folgenden: FWNG), eine 100 %ige Tochtergesellschaft der Gemeinde Gräfelfing.

Vor diesem Hintergrund ist die Niederbringung von vier geothermischen Tiefbohrungen (zwei Dubletten) von einem Sammelbohrplatz und die anschließende Errichtung eines Tiefengeothermie-Heizwerks geplant. Das vorgesehene Grundstück liegt am „Neurieder Weg 1“, Gemarkung: 8673 Gräfelfing, Flurstück: 180/0. Ziel ist die Erschließung des Malm-Tiefengrundwasserleiters mittels zwei hydrothermalen Dubletten zur Fernwärmeversorgung der Gemeinde Gräfelfing. Aufgrund der hohen Dichte bestehender Bohrungen und der guten Datengrundlage konnten die geologischen Bedingungen und Reservoirparameter für zwei Dubletten zur hydrothermalen Nutzung zuverlässig bestimmt werden.

1.1 Standort und legitime Nutzung

- | | |
|-------------------|-----------------|
| • Bundesland: | Bayern |
| • Landkreis: | München |
| • Gemeinde/Stadt: | Gräfelfing |
| • Gemarkung: | 8673 Gräfelfing |
| • Flurstück Nr.: | 180/0 |
| • Adresse: | Neurieder Weg 1 |

Das beanspruchte Grundstück liegt auf den Flurstück 180/0 am Standort „Neuroeder Weg 1“ in der Gemeinde Gräfelfing. Die nachfolgende zeigt die grundlegenden Ausführungsdaten der vier Bohrungen der geplanten Tiefgeothermianlage am Standort Gräfelfing, bestehend aus zwei Dubletten mit zwei Produktionsbohrungen und zwei Injektionsbohrungen. Abbildung 1-1 zeigt die Lage der Gemeinde Gräfelfing im Raum München. Die Benennung der Bohrungen lautet:

- Gt Gräfelfing 1 (1. Bohrungsdublette)
- Gt Gräfelfing 2 (1. Bohrungsdublette)
- Gt Gräfelfing 3 (2. Bohrungsdublette)
- Gt Gräfelfing 4 (2. Bohrungsdublette)

Tabelle 1-1: Angaben zu den zwei Bohrungsdubletten Gräfelting (Koordinaten in ETRS89/UTM Zone 32N)

	Gt Gräfelting 1	Gt Gräfelting 2	Gt Gräfelting 3	Gt Gräfelting 4
Ansatzpunkte				
Ostwert	682386,4 m	682378,9 m	682371,4 m	682363,9 m
Nordwert	5332090,3 m	5332090,3 m	5332090,3 m	5332090,3 m
Höhe (NHN)	543 m	543 m	543 m	543 m
Landepunkte				
Ostwert	682667,0 m	684038,0 m	680998,0 m	682481,0 m
Nordwert	5329805,0 m	5333611,0 m	5329934,5 m	5333377,0 m
Höhe (NHN)	-2486 m	-2164 m	-2389 m	-2207 m
Funktion	Förderbohrung	Injektionsbohrung	Förderbohrung	Injektionsbohrung
Eruptionsschutz	BOP 345 bar	BOP 345 bar	BOP 345 bar	BOP 345 bar
Bohrlochverlauf	J-Shape mit 2 KOPs	J-Shape mit 2 KOPs	J-Shape mit 2 KOPs	J-Shape
Test	Casing Test	Casing Test	Casing Test	Casing Test

Die Koordinaten sind vorläufig. Die finalen Koordinaten der Ansatzpunkte liegen nach dem markscheiderischen Einmessen der Standrohre vor.

1.2 Reservoirbeschreibung und Erschließungskonzept

Das zu erschließendes Reservoir umfasst die Karbonatgesteine des Malms im Molassebecken. Die Karbonate des Malms bilden einen großräumig verbreiteten Karst-Kluft-Grundwasserleiter. Im Großraum München lagern diese, überdeckt von Ablagerungen der Molasse, in etwa 2.000 bis 3.500 m Tiefe, wobei der Malm dabei in südliche Richtung abtaucht. Der Standort wird durch das Störungssystem des Münchener Versatzes in zwei Bereiche unterteilt, eine Hochscholle sowie eine Tiefscholle.

Basierend auf den geplanten Bohrfaden und seismischer Interpretationen lassen sich folgende Teufen der Hauptzutrittsbereiche im mittleren und unteren Malm sowie Reservoirtemperaturen ableiten:

Tiefscholle:

- Förderbohrung Gt Gräfelting 1 mit Hauptzutrittsbereichen in einer Teufe von 2.572-3.029 m u. GOK und Temperaturen von 92-106 °C
- Förderbohrung Gt Gräfelting 3 mit Hauptzutrittsbereichen in einer Teufe von 2.475-2.932 m u. GOK und Temperaturen von 90-103 °C

Hochscholle:

- Injektionsbohrung Gt Gräfelting 2 in einer Teufe von 2.381-2.707 m. u. GOK mit Temperaturen zwischen 89-97 °C
- Injektionsbohrung Gt Gräfelting 4 in einer Teufe zwischen 2.356-2.750 m u. GOK, Temperaturen von ebenfalls 89-97 °C.

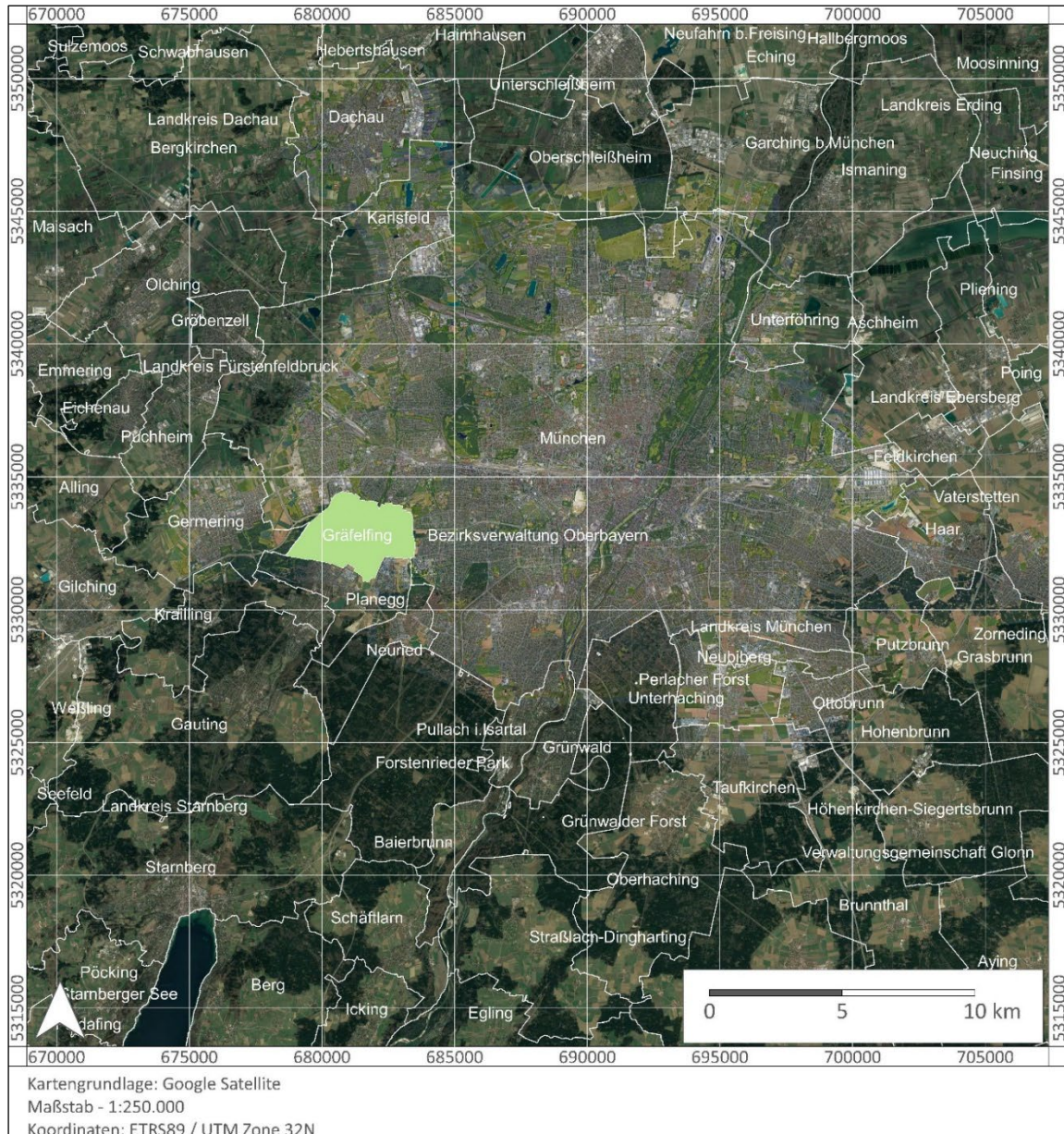


Abbildung 1-1: Satellitenbild von München und Umgebung mit der Gemeinde Gräfelfing hervorgehoben (M 1:150.000)

1.3 Dauer des beabsichtigten Vorhabens

Der Realisierungsplan der beiden Doubletten ist in Tabelle 1-2 dargestellt.

Tabelle 1-2: Zeitplan der Arbeiten zur ersten Bohrungsdublette in Gräfelfing

Gewerk	Zeitraum
Einbau der Standrohre	01/2026
Fertigstellung Bohrplatzbau	04/2026
Abteufen der Bohrung Gt Gräfelfing 1 inkl. Test	09/2026
Abteufen der Bohrung Gt Gräfelfing 2 inkl. Test	12/2026
Abteufen der Bohrung Gt Gräfelfing 3 inkl. Test	03/2027
Abteufen der Bohrung Gt Gräfelfing 4 inkl. Test	06/2027

Für den Bau der Tiefengeothermieranlage werden von einem Sammelbohrplatz vier Bohrungen bzw. zwei Dubletten (zwei Förder- und zwei Injektionsbohrungen) abgeteuft und unterirdisch abgelenkt.

Die 1. Dublette besteht aus den Bohrungen Gt Gräfelting 1 und Gt Gräfelting 2. Die Bohrung Gt Gräfelting 1 wird voraussichtlich bis zu einer Teufe von 3.029 mTVD (4.157,1 mMD) und die Bohrung Gt Gräfelting 2 bis 2.707 mTVD (3.349,7 mMD) abgeteuft. Am Top Purbeck beträgt der unterirdische Abstand der Bohrung ca. 2.709 m und an der Basis der Massenfazies des Malms beträgt der Abstand ca. 4.045 m.

Die 2. Dublette besteht aus den Bohrungen Gt Gräfelting 3 und Gt Gräfelting 4. Die Bohrung Gt Gräfelting 3 wird bis zu einer Teufe von 2.923 mTVD (4.290 mMD) und die Bohrung Gt Gräfelting 4 bis 2.750 mTVD (3.510,4 mMD) abgeteuft. Am Top Purbeck beträgt der unterirdische Abstand der Bohrungen ca. 1.509 m und an der Basis der Massenfazies des Malms beträgt der Abstand ca. 3.748 m.

Auf Abbildung 1-2 ist eine Übersichtskarte mit den Bohransatz- und Bohrlandepunkten dargestellt. Die Tabelle 1-3 enthält die Zielkoordinaten (Top Purbeck und Basis Massenfazies) der Bohrungsdubletten in Gräfelting.

Im Umkreis von 10 km um den Standort sind mehrere Tiefbohrungen bekannt. Auf Grundlage von Offset-Bohrungsdaten sowie umliegenden 2D-Seismikdaten wurde ein geologisches Vorprofil erstellt.

Die endgültige Ausprägung und Effektivität des Reservoirs am Standort Neurieder Weg 1 ergeben sich aus den Ergebnissen der Gt Gräfelting 1. Sollte die erste Bohrung fündig sein, wird sie als Förderbohrung verwendet. In einem zweiten Schritt wird eine weitere Bohrung, die als Injektionsbohrung ausgebaut wird, abgeteuft. Im weiteren Verlauf soll anschließend eine zweite Dublette errichtet werden.

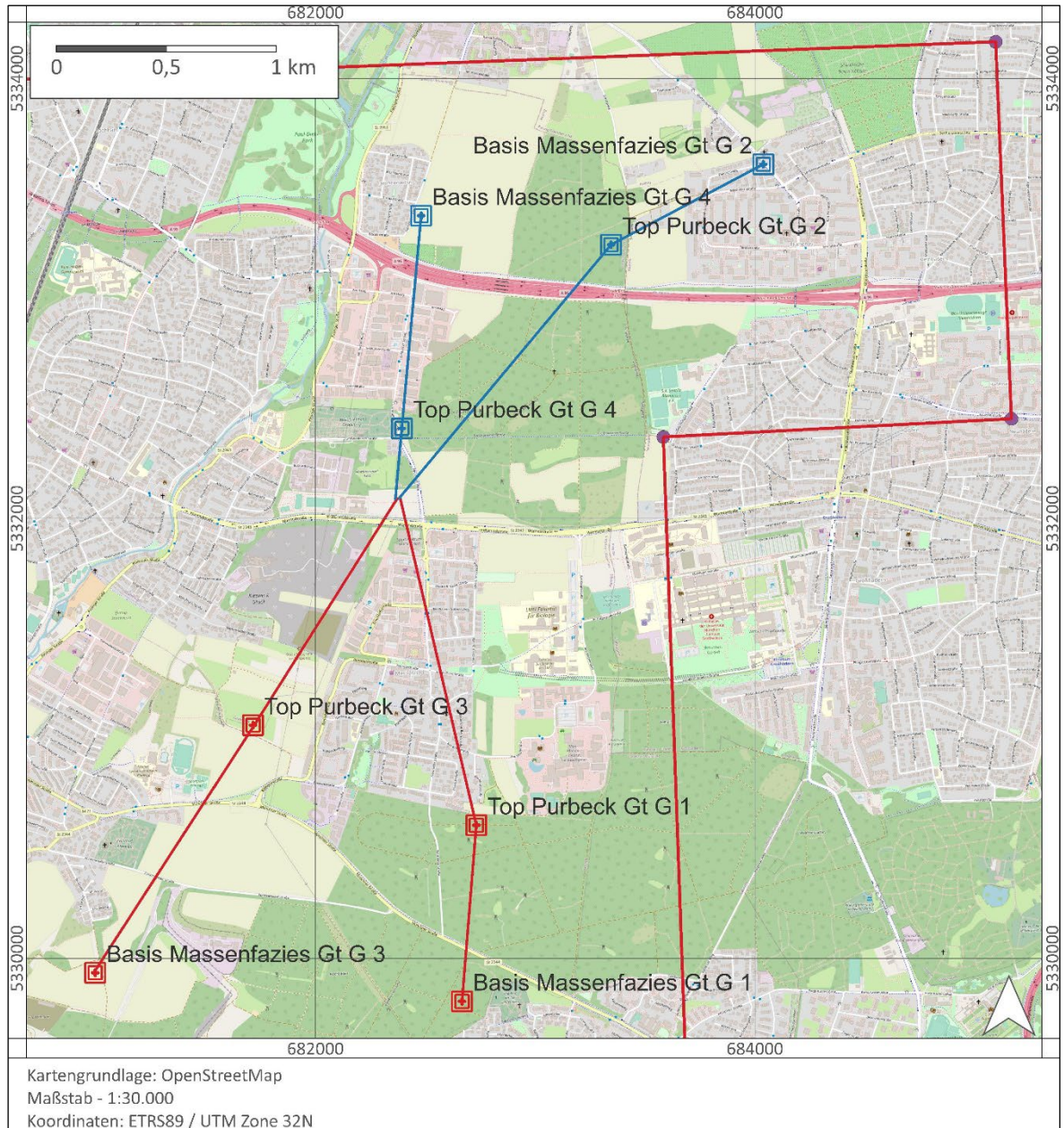


Abbildung 1-2: Übersichtskarte des Bohrplatzes mit den geplanten Bohrungsverläufen sowie der Teufenlage des Top Purbeck und der Basis der Massenfazies

Tabelle 1-3: Zielkoordinaten der Bohrungen Gt Gräfelfing 1 – 4 (Koordinaten in ETRS89/UTM Zone 32N)

Bohrung		Rechtswert	Hochwert	m u. NHN	m u. GOK
Gt G 1	Top Purbeck	682732	5330606	-1967	-2510
	Basis Massenfazies	682667	5329805	-2486	-3029
Gt G 2	Top Purbeck	683345	5333245	-1778	-2321
	Basis Massenfazies	684038	5333611	-2164	-2707
Gt G 3	Top Purbeck	681716	5331061	-1902	-2445
	Basis Massenfazies	680998	5329935	-2389	-2923
Gt G 4	Top Purbeck	682393	5332410	-1801	-2344
	Basis Massenfazies	682481	5333377	-2207	-2750

1.4 Bohrplatzflächen

Der Bohrplatz besteht aus einer versiegelten inneren Bohrplatzfläche, bestehend aus der Maschinenstellfläche und dem Turmfundament, einer versiegelten Umfahrung und Zufahrt, geschotterten Stellflächen, Mutterbodenmieten und dem Testbecken mit Erdwall. Diese Flächen sind in Abbildung 2-1 ersichtlich und umfassen folgende Größen:

- Turmfundament (60 cm Stahlbeton): ca. 550 m²
- Maschinenstellfläche (Gussasphalt): ca. 3.325 m²
- Umfahrung (Walzasphalt): ca. 1.625 m²
- Zufahrt (Walzasphalt): ca. 245 m²
- Stellfläche (geschottert): 2.585 m²
- Mutterbodenmieten: 2.165 m²
- Testbecken (inkl. Erdwall): 3.625 m²

Daraus ergeben sich folgende Gesamtflächen:

- Gesamtes Grundstück: ca. 26.000 m²
- Innerer Bereich: ca. 3.875 m²
- Äußerer Bereich: ca. 4.455 m²

1.5 Testwasserbecken

Für die hydraulischen Tests der beiden Doubletten werden entsprechende Lagermöglichkeiten vorgesehen. Hierfür wird ein Erdbecken gebaut. Die ausgewiesene Fläche ist für die Testbecken geblockt. Während der hydraulischen Tests wird das Wasser zur Abkühlung in dieses Becken geleitet und anschließend in das örtliche Kanalsystem des Würmtaler Zweckverbandes eingeleitet. Hierfür wird eine Genehmigung von der örtlichen Wasserbehörde eingeholt.

1.6 Lärmschutz

Der Bohrplatz befindet sich auf einer Fläche ohne Bebauungsplan und ist als „Grünfläche“ bzw. „Fläche für die Landwirtschaft“ kategorisiert. Am Westrand des Bohrplatzes befindet sich ein Reitverein mit Mitarbeiterwohnung im östlichen Gebäudeteil des südlichen Hauptgebäudes. Nördlich des Bohrplatzes bestehen Unterkünfte für Geflüchtete.

Um die Anforderungen an den Lärmschutz präziser zu definieren, ist ein standortbezogenes Schallgutachten durchzuführen. Derzeit wird erwartet, dass die Nord-, Süd- und Westseite des Bohrplatzes mit einer 10 bzw. 11 m hohen Lärmschutzwand eingerahmt werden müssen.

1.7 Versorgung

1.7.1 Wasser und Abwasser

Die Wasserversorgung am Standort wird über bereitgestellte Anschlüsse des Würmtaler Zweckverbandes erfolgen.

Am Standort befinden sich Einleitstellen für Schmutzwasser. Die Anbindung an die Kanalisation wird über temporäre Leitungen hergestellt. Regenwasser wird versickert.

1.7.2 Energieversorgung

Es ist geplant, die Energieversorgung der Bohranlage über das örtliche Stromnetz zu realisieren. Sollte eine elektrische Versorgung aus dem Stromnetz nicht möglich sein, wird auf eine Versorgung mit Dieselgeneratoren zurückgegriffen. Die notwendige Leistung zur Versorgung der Bohranlage wird auf ca. 5 MW geschätzt. Eine erste Absprache mit dem örtlichen Versorger Bayernwerk ergab die Verfügbarkeit einer ungesicherten Versorgung mit 4 MW. Im Zuge des Bohrplatzbaus wurde ein Mittelspannungskabel auf den Bohrplatz für die Versorgung der Bohranlage gezogen.

Dem Angebot ist der detaillierte Leistungsbedarf der Bohranlage sowie die Anfahrtskurven beizulegen.

1.8 Entsorgung

Nachfolgende Entsorgungsmengen ergeben sich aus der geplanten Bohrlochgeometrie.

1.8.1 Bohrgut und Bohrspülung

Das Bohrgut und die Bohrspülung werden in einem geeigneten Behältersystem aufgefangen und zwischengelagert. Der Abtransport erfolgt in geeigneten Saugwagen bzw. Mulden (je nach Zustand) durch ein zertifiziertes Entsorgungsunternehmen auf eine geordnete Deponie. Der Nachweis einer ordnungsgemäßen Entsorgung wird durch Anlieferungsbescheinigungen der jeweiligen Deponien und der Abfuhrbescheinigung des Transportunternehmens belegt (Begleitscheinverfahren).

In den Tabelle 1-4 und Tabelle 1-5 sind die Entsorgungsvolumina von Bohrgut und Bohrspülung dargestellt.

Tabelle 1-4: Bohrgutaufkommen Gt Gräufelfing 1, 2, 3 & 4

Bohrintervall	Entsorgungsgut	Gt Gräufelfing 1	Gt Gräufelfing 2	Gt Gräufelfing 3	Gt Gräufelfing 4
26“	Chlorid haltiges Bohrgut	950 m ³	950 m ³	950 m ³	950 m ³
17 1/2“	Chlorid haltiges Bohrgut	543 m ³	560 m ³	511 m ³	380 m ³
12 1/4“	Chlorid haltiges Bohrgut	114 m ³	133 m ³	113 m ³	103 m ³
8 1/2“	Chlorid haltiges Bohrgut	94 m ³	95 m ³	131 m ³	83 m ³

Tabelle 1-5: Bohrspülungsaufkommen Gt Gräufelfing 1, 2, 3 & 4

Bohrintervall	Entsorgungsgut	Gt Gräufelfing 1	Gt Gräufelfing 2	Gt Gräufelfing 3	Gt Gräufelfing 4
26“	Polymerspülung	852 m ³	534 m ³	535 m ³	536 m ³
17 1/2“	Polymerspülung	875 m ³	598 m ³	580 m ³	505 m ³
12 1/4“	Polymerspülung	586 m ³	351 m ³	339 m ³	312 m ³
8 1/2“	Wasser mit Polymeren	547 m ³	361 m ³	448 m ³	248 m ³

1.8.2 Testwasser

Die Entsorgung von anfallendem Thermalwasser wird nach § 55 Abs. 1 Nr. 6 BBergG ordnungsgemäß erfolgen. Während des Tests kann ein Thermalwasservolumen von max. 5.000 m³ produziert werden. Diese Menge ergibt sich aus dem max. Fassungsvermögen des Erdbeckens. Die derzeitige Planung sieht vor, das produzierte Thermalwasser abgekühlt und gedrosselt in das örtliche Abwassernetz des Würmtaler Zweckverbandes einzuleiten. Die Einletrate ist hierbei auf 10 l/s beschränkt. Nachfolgende theoretische Entsorgungsmengen (Tabelle 1-6):

Tabelle 1-6: Testwasseraufkommen Gt Gräufelfing 1, 2, 3 & 4

Bohrung	Entsorgungsgut	Menge [m ³]
Gt G 1	Testwasser	ca. 5000 m ³
Gt G 2	Testwasser	ca. 5000 m ³
Gt G 3	Testwasser	ca. 5000 m ³
Gt G 4	Testwasser	ca. 5000 m ³

1.9 Temperatur- und geothermischer Gradient

Anhand des für den Großraum München bestätigten geothermischen Gradienten von 3,2 °C/100 m kann im nördlichen Teil des Gebietes an der Oberkante Malm in etwa 2.400 m u. GOK mit einer Temperatur von 86 °C gerechnet werden. Im südlichen Teil des Störungssystems, im Bereich der Tiefscholle, kann an der Oberkante Malm in etwa 2.700 m. u. GOK eine Temperatur von 95 °C angetroffen werden. Je nach Teufenlage der Hauptzutrittsbereiche und möglichen Zuflüssen aus Störungszonen können die angetroffenen Temperaturen leicht abweichen. Tabelle 1-7 zeigt die möglichen Reservoir-Temperaturen in den Teufenlagen der möglichen Hauptzutrittsbereiche.

Tabelle 1-7: Temperatur- und Teufenabschätzung für die Hauptzutrittsbereiche im mittleren bis tieferen Malm

Lokation		Teufe (m u. GOK)	Temperatur (°C)
Tiefscholle	Förderbohrung Südost	2605	92
	Gt G 1	3035	106
	Förderbohrung Südwest	2589	92
	Gt G 3	2930	103
Hochscholle	Injektionsbohrung Nordost	2501	89
	Gt G 2	2714	96
	Injektionsbohrung Nordwest	2477	88
	Gt G 4	2756	97

1.10 Wasserchemismus – Malm

Die Prognose der geochemischen Zusammensetzung am Standort Gräfelting basiert auf im Archiv vorliegenden Thermalwasseranalysen verschiedener Geothermiebohrungen im Münchener Süden.

Tabelle 1-8: Prognose der geochemischen Zusammensetzung der Tiefenwässer am Standort Gräfelting

Parameter	Massekonzentration [mg/l]
Kationen	
Natrium (Na ⁺)	1400
Kalium (K ⁺)	65
Calcium (Ca ²⁺)	100
Magnesium (Mg ²⁺)	25
Eisen _{gesamt}	0,1
Mangan _{gesamt}	0,02
Ammonium (NH ₄ ⁺)	10
Anionen	
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	650
Chlorid (Cl ⁻)	1900
Bromid (Br ⁻)	7,5
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	250
Sulfid _{gesamt}	3
Nitrat (NO ₃ ⁻)	< 0,02
Nitrit (NO ₂ ⁻)	< 0,02

Parameter	Massekonzentration [mg/l]
Fluorid (F ⁻)	3,5
Summen- und Einzelparameter	
Anionen gesamt	ca. 1600
Kationen gesamt	ca. 2810
Kieselsäure (SiO ₂)	65
Bor (B)	25
Gesamtmineralisation (TDS)	ca. 4500
pH-Wert	ca. 6,3 – 6,7

1.11 Zusammenfassung

Die Karbonate des Malms sind im Großraum München in ihrer ursprünglichen Mächtigkeit erhalten und lagern in einer Tiefe von etwa 2.000-3.500 m. Sie bilden einen großräumig verbreiteten Karst-Kluft-Grundwasserleiter, charakterisiert durch durchgehend karbonatisch geprägte Tiefenwässer. Tabelle 1-9 zeigt die zusammengefassten Parameter des potenziellen Aquifers für den Standort Gräfelfing.

Tabelle 1-9: Mittelwerte der Aquiferparameter am Standort Gräfelfing

Malm	
Teufe Basis [m u. GOK]	2707 - 3029
Lithologie	Karbonat
Produktivitätsindex [l/(s·bar)]	5 - 12
Ruhewasserspiegel [m u. GOK]	185
Schichtdruck [bar]	308
Mineralisierung [mg/l]	4500
Dichte [kg/m³]	974,14
Viskosität [Pa·s]	2,94·10 ⁻⁴
Spez. Wärmekapazität. [J/(kg·K)]	4,16
Temperatur Basis (°C)	98

1.12 Geologisches Vorprofil

Auf Grundlage von Offset-Bohrungsdaten sowie umliegenden 2D-Seismikdaten wurde ein geologisches Vorprofil erstellt.

Tabelle 1-10: Vorprofil für den Standort Bohrplatz, möglicher Teufenfehler ± 50 m

Stratigraphie				Teufe (m u. GOK)	Mächtigkeit (m)	Lithologie
	Abteilung	Formation				
Quartär/Pleistozän				19	19	Kies, Sand
Tertiär	Miozän	Baden	Südliche Vollschotter- Abfolge	107	88	Kies, Sand
		Kapart	Süßwasserschichten	543	436	Sand, Mergel
		Ottwang	Kirchberger Schichten	596	53	Schluff, kalkig
			Glaukonitsande	665	69	Sand
			Blättermergel	707	42	Mergel
			Neuhofner Schichten	910	203	Mergel, Tonmergel
		Eger/ Aquitän	Nantesbuchsandstein	1420	510	Tonmergel
	Oligozän	U. Eger/ Chatt	Hangen. Tonmergel	1910	490	Tonmergel
			Bausteinschichten	2128	218	Sandstein
			Liegende Tonmergel	2167	39	Tonmergel
		Kiscell/ Rupel		2215	48	Tonmergel
			Bändermergel	2235	20	Kalkmergel
			Heller Mergelkalk	2245	10	Kalkmergel
		Rupel	Fischschiefer	2260	15	Tonstein
	Eozän	Priabon	Lithothamnienkalk	2292	32	Kalkstein
				2310	18	Kalkmergel
			Basissandstein	2330	20	Sandstein
Kreide	Unterkreide	Valangis- Hauterive		2347	17	Feinsandstein
				2350	3	Kalkmergel
		Berrias - Purbeck		2376	26	Sandstein, Brekzie; Kalkstein
				2410	34	Teildolom. Kalkstein, Dolom. Kalkstein
Jura	Malm			2900	490	Dolomit, Kalkstein

1.13 Geologisches Arbeitsprogramm

Neben den geologischen Arbeiten zur Führung der Bohrungen (objektgeologische Betreuung) werden geowissenschaftliche Untersuchungen zum Nachweis der Eignung durchgeführt, die die

Auswertung von geophysikalischen Bohrlochmessungen sowie von Testarbeiten im potenziellen Nutzhorizont umfassen.

Mit den Bohrungen sind folgende Aufgabenstellungen zu realisieren:

1. und 3. Bohrung

- Untersuchung der stratigraphischen und lithologischen Profilentwicklung am Standort
- Nachweis eines Nutzhorizontes und Untersuchung seiner speichergeologischen Eigenschaften
- Ermittlung zuverlässiger Bohrungs- und Schichtparameter
- Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Schichtwassers
- Installation als Förderbohrung
- Nachweis der Förderbarkeit von min. 80 l/s Thermalwasser

2. und 4. Bohrung

- Ermittlung zuverlässiger Bohrungs- und Schichtparameter
- Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Schichtwassers
- Installation als Injektionsbohrung
- Nachweis der Förderbarkeit von min. 80 l/s Thermalwasser

Außerdem sind folgende Laboruntersuchungen vorgesehen:

- Korngrößenuntersuchungen
- Kopfproben Schichtwasser für Vollanalyse (Wasser, Gas)
- Tiefenproben Schichtwasser für Vollanalyse (Wasser, Gas)

2 Bohrtechnische Aufgabenstellung

2.1 Bohrplatz

Auf dem vorgesehenen Grundstück am Neurieder Weg 1 (Flurstück 180/0) mit einer Größe von ca. 26.000 m² ist die Errichtung eines Sammelbohrplatzes geplant, von dem aus vier Tiefbohrungen (zwei Dubletten) niedergebracht werden sollen. Es liegt eine Detailplanung des Bohrplatzes vor. Abbildung 2-1 zeigt den Bohrplatz mit Testwasserbecken im Kontext des gesamten Grundstücks.

Der zulässige Umsturzradius der Bohranlage beträgt entsprechend der Bayerischen Bergverordnung (BayBergV) das 1,1-fache der Bohrgerüsthöhe.

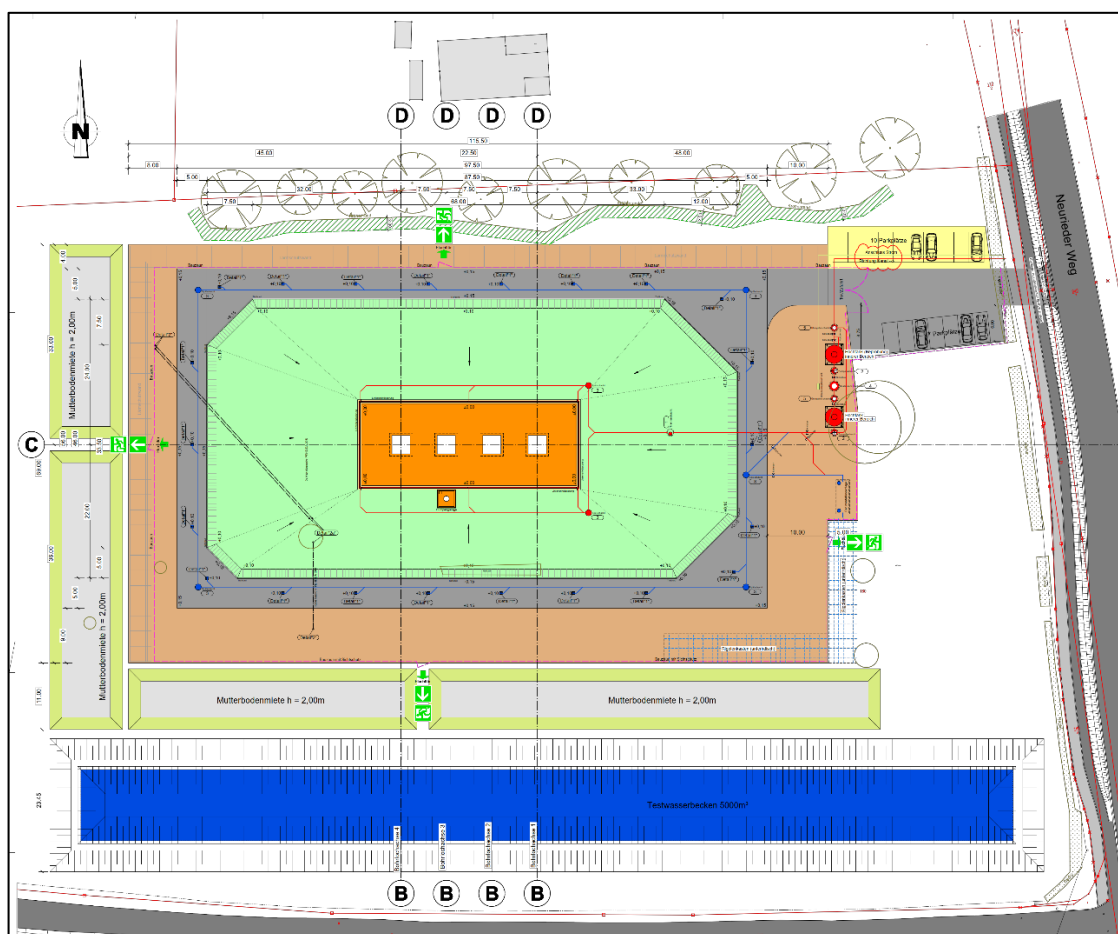


Abbildung 2-1: Bohrplatzkonzept für zwei Dubletten, Testwasserbecken, Umsturzradien und Technikzentrale

Der Bohrplatz wird so hergerichtet, dass die sichere Aufnahme der Lasten des Bohrgerätes (Standicherheit) und der übrigen Gerätschaften gewährleistet wird und die Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes erfüllt werden. Vor dem Bohrplatzbau wurde ein Gutachten eines Statikers zur Auslegung der Fundamente bei Verwendung von verschiedenen Bohranlagen erstellt. Der Prüfbericht liegt vor. Zum Bohrplatz gehören vier Bohrkeller. Die Statik dieser Bohrkeller wird ebenfalls in dieser Statik behandelt.

Der Bohrplatz ist in zwei Bereiche unterteilt, die Nebenflächen und den inneren Bohrplatzbereich, der als AwSV-Fläche ausgeführt wird. Der innere Bereich (Wassergefährdungsklassenbereich) beinhaltet die folgenden Flächen:

- Maschinenbereich Bohranlage

- Lagerfläche Spülungsmaterial
- Verladefläche von Bohrklein zum Abtransport

Die Oberfläche des inneren Bereichs wird in wasserdichtem Asphalt, der gegenüber dem Grundwasser abdichtet, ausgeführt. Dieser Bereich wird mit Gussasphalt versiegelt und mit einem Gefälle zum Anlagenfundament ausgeführt. Eine Umrandung an der Außenseite mit einem Tiefbord verhindert ein Austreten von Flüssigkeiten. Um die innere Fläche wird eine asphaltierte Umfahrung geführt.

Die Nebenfläche wird geschottert und verdichtet. Diese Fläche kann für folgenden Zwecke verwendet werden:

- Lagerfläche für Rohrmaterial (Gestänge und Casings)
- Stellfläche für Büro-, Sanitär- und Werkstattcontainer
- Kernlager
- Parkplätze (außerhalb des Bohrplatzes)

Auf diesen Nebenflächen wird jeglicher Einsatz von wassergefährdenden Stoffen untersagt.

2.1.1 Gefahrstoffe

Betriebsstoffe (Diesel) bzw. Spülungszusätze werden ausschließlich im inneren Anlagenbereich gelagert. Die Betankung von Gabelstaplern und Stromaggregat erfolgt ausschließlich im inneren Anlagenbereich. Eine Gefahrenstoffliste ist nach Beauftragung zu übergeben

2.1.2 Räumung des Bohrplatzes

Der Bohrplatz ist nach dem Abschluss der Arbeiten vollständig zu räumen und von Verunreinigungen zu säubern. Zur Sicherung sind alle Bohrkeller abschließend abzudecken.

Die Wiedernutzbarmachung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Oberfläche unter Beachtung des öffentlichen Interesses wird ordnungsgemäß erfolgen. Die erforderliche Vorsorge zur Wiedernutzbarmachung der Oberfläche wird nach den Umständen gebotenem Ausmaß getroffen.

Sollte die erste Tiefbohrung nicht erfolgreich hergestellt werden können oder das Projekt in der Erkundungsphase abgebrochen werden, wird der Bohrplatz rückgebaut. Weiterhin wird die Bohrung verfüllt, der Keller zugeschüttet und die Fläche wieder zurückgestaltet.

Bei positiver Fündigkeit wird in der weiteren Projektplanung die Errichtung einer Obertageanlage geplant. Nach jetzigem Planungsstand bleiben außerhalb der Bohrarbeiten nur der asphaltierte innere Bereich und die Umfahrung bestehen.

2.1.3 Standrohre

Die Herstellung der Standrohre erfolgt nach dem Bohrplatzbau. Die Rohre werden gebohrt. Es werden Standrohre der S355J2H mit einer Wandstärke von 12,5 mm eingesetzt. Während des Bohrkellerbaus werden diese Standrohre in die Kellerbodenplatte eingebunden und mit der Kellerbodenplatte abgedichtet. Nachdem die Standrohre einzementiert wurden, werden die Rohrachsen eingemessen.

2.2 Bohrungen

2.2.1 Aufschlussintervalle

Der bohrtechnische Aufschluss erfolgt im Rotary-Spülbohrverfahren. Ab 1.000 mMD bzw. 1.743 mMD werden die Bohrungen als Richtbohrung ausgeführt. In der ersten Projektphase werden die Bohrungen Gt Gräfelting 1 und Gt Gräfelting 2 realisiert. Zudem erfolgt eine Erweiterung des geologischen 3D-Modells durch Einbindung von 3D-Seismikdaten. Nach Fertigstellung dieses Modells werden die Bohrpfade mit den neugewonnenen Daten verifiziert. In den nachfolgenden Tabellen sind die Bohrfaddaten der Bohrungen Gt Gräfelting 1, 2, 3 und 4 dargestellt.

Tabelle 2-1: Bohrfaddaten der Bohrung Gt Gräufeling 1

	MD [m]	TVD [m]	Neigung [°]	Azimuth [°]	Kommentar
Ansatzpunkt	0,0	0,0	0,0	0,0	-
KOP 1¹	1.000,0	1.000,0	0,0	0,0	Build-Up mit 3°/30 m
EOB 1²	1.523,7	1.455,9	51,6	166,1	-
KOP 2	3.029,3	2.392,1	51,6	166,1	Build-Up mit 0,85°/30 m Turn mit 3,58°/30 m DLS ³ 3°/30 m
EOB 2	3.187,2	2.486,0	56,0	184,6	-
Endteufe	4.157,1	3.029,0	56,0	184,6	Basis Massenfazies

1 – Kick-off Punkt – Start des Neigungsaufbaus

2 – End-Of-Build – Ende des Neigungsaufbaus

3 – Dogleg Severity – Kumulativer Neigungsaufbau aus Build and Turn

Tabelle 2-2: Bohrfaddaten der Bohrung Gt Gräufeling 2

	MD [m]	TVD [m]	Neigung [°]	Azimuth [°]	Kommentar
Ansatzpunkt	0,0	0,0	0,0	0,0	-
KOP 1	1.000,0	1.000,0	0,0	0,0	Build-Up mit 3°/30 m
EOB 1	1.572,2	1.484,4	56,3	38,4	-
KOP 2	2.851,2	2.193,6	56,3	38,4	Build-Up mit 0,91°/30 m Turn mit 3,32°/30 m DLS ³ 3°/30 m
EOB 2	3.068,9	2.305,0	62,8	62,2	-
Endteufe	3.949,7	2.707,0	62,8	62,2	Basis Massenfazies

Tabelle 2-3: Bohrfaddaten der Bohrung Gt Gräufeling 3

	MD [m]	TVD [m]	Neigung [°]	Azimuth [°]	Kommentar
Ansatzpunkt	0,0	0,0	0,0	0,0	-
KOP 1	1.000,0	1.000,0	0,0	0,0	Build-Up mit 3°/30 m
EOB 1	1.434,2	1.395,0	42,7	212,5	-
KOP 2	2.665,2	2.299,1	42,7	212,5	Build-Up mit 3°/30 m
EOB 2	2.944,6	2.451,9	70,2	212,5	-
Endteufe	4.363,5	2.932,0	70,2	212,5	Basis Massenfazies

Tabelle 2-4: Bohrfaddaten der Bohrung Gt Gräufeling 4

	MD [m]	TVD [m]	Neigung [°]	Azimuth [°]	Kommentar
Ansatzpunkt	0,0	0,0	0,0	0,0	-
KOP	1.743,0	1.743,0	0,0	0,0	Build-Up mit 3°/30 m
EOB	2.386,9	2.263,4	63,4	5,2	-
Endteufe	3.472,8	2.750,0	63,4	5,2	Basis Massenfazies

Aus den Standrohren werden die Bohrungen beider Doubletten in jeweils vier Sektionen abgeteuft. Aufgrund des geringen Abstands der Ansatzpunkte an der Oberfläche von 7,5 m ist zur Minimierung des Antikollisionsrisikos in jeder Sektion der Einsatz einer Richtbohrgarnitur erforderlich. Die in den vier Bohrungen eingesetzten Richtbohrverfahren sind identisch und in der nachfolgenden Tabelle 2-5 dargestellt.

Tabelle 2-5: Auflistung der Bohrsektionen und den verwendeten Richtbohrverfahren

Sektions-Nr.	Bohrdurchmesser	Bohrgarnitur
1	26"	Richtbohrgarnitur mit Downhole-Motor und Bent-Sub
2	17 1/2"	Richtbohrgarnitur mit Rotary-Steerable-System
3	12 1/4"	Richtbohrgarnitur mit Rotary-Steerable-System
4	8 1/2"	Richtbohrgarnitur mit Downhole-Motor und Bent-Sub

2.2.2 Bohrlochkontrollenrichtungen

Für die Bohrungen Gt Gräfelting 1, 2, 3 und 4 werden die typischen Regeln zur Bohrlochkontrolle (IWCF, BVEG) angewandt. Für die 1. Sektion aller Bohrungen wird ein Diverter-System auf dem 30"-Standrohr aufgebaut, welches es ermöglicht, einen Shallow-Gas-Zufluss kontrolliert abzuleiten. In den Sektionen 2 bis 4 wird ein Blow-Out-Preventerstack (BOP) mit einer Druckstufe von min. 5.000 psi (344,7 bar) auf die 20" Ankerrohrtour aufgebracht. Es ist geplant, für die Sektion 2 einen 20 3/4"-BOP (Annular, Pipe-Rams und Blind-Rams) sowie für die Sektionen 3 und 4 einen 13 5/8"-BOP (Annular, Pipe-Rams, Blind-Rams und Shear-Rams) zu verwenden. Die genaue Zusammensetzung dieses BOP-Stacks wird im Bohrprogramm erläutert.

2.2.3 Spülungsprogramm

Entsprechend dem geologischen Vorprofil wurde für die Bohrungen ein Spülungsprogramm erstellt, welches den bohrtechnischen Anforderungen gerecht wird, an die aktuellen geologischen Verhältnisse angepasst wird und die Zielstellung der Bohrungen sichert. Es soll eine Polymerbasierte Spülung für die Bohrarbeiten zum Einsatz kommen. Die Beschwerung der Spülung erfolgt mittels Baryts.

Die nachfolgende Tabelle 2-6 enthält das vorläufige Spülungsprogramm, welche für alle vier Bohrungen anwendbar ist. Da im Purbeck bzw. im Malm mit Spülungsverlusten zu rechnen ist, wird eine Frischwasserversorgung zur Bekämpfung der Verluste sichergestellt. Die Spülung der Sektionen 1 bis 3 der Bohrung Gt Gräfelting 1 ist geplant einzulagern und für die Sektionen 1 bis 3 in weiteren Bohrungen wiederzuverwenden. Die genauen Spülungsprogramme werden in den Bohrprogrammen beschrieben. Es dürfen ausschließlich geprüfte und unbedenkliche Stoffe eingesetzt werden.

Tabelle 2-6: Spülungsprogramm eingeteilt in die 4 Sektionen der Bohrungen Gt Gräfelting 1,2,3 und 4

Sektion	Größe [in]	Typ	Dichte [s.g.]	PV [cP]	YP [lb/100ft ²]	Fluid Loss [ml/30min]	pH [-]
1	26	Polymerspülung mit Baryt und Toninhibitor	1,05 – 1,15	ALAP ¹	18 – 40	< 8	>10
2	17 1/2	Polymerspülung mit Baryt und Toninhibitor	1,15 – 1,20	ALAP	18 – 30	< 5	>10
3	12 1/4	Polymerspülung mit Baryt und Toninhibitor	1,20 – 1,25	ALAP	18 – 25	< 5	>10
4	8 1/2	Wasser mit Polymeren	1,00 – 1,05	ALAP	18 – 25	< 5	8 – 10

1 – As Low as Possible – so niedrig wie möglich

Die Spülung wird regelmäßig bemessen und die Daten protokolliert. Die aufgelisteten Messungen werden in einem maximalen Intervall von 6 Stunden vorgenommen.

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| • Dichte | SG |
| • Trichterauslaufzeit/Restauslaufzeit | s |
| • plastische Viskosität | cP |
| • Fließgrenze | lb/100ft ² |
| • 10-Sekunden-Gelstärke | lb/100ft ² |
| • 10-Minuten-Gelstärke | lb/100ft ² |
| • Wasserabgabe | ml/30min |
| • Filterkrustenstärke | mm |
| • pH-Wert | - |
| • Sandgehalt | vol. % |
| • Feststoff | vol. % |
| • Wasseranteil | vol. % |

2.3 Verrohrung

Die genauen Absetzteufen werden den tatsächlich angetroffenen geologischen Verhältnissen angepasst. In allen Bohrungen soll die 20" Ankerrohtour vor der Basis der Neuhofner Schichten abgesetzt werden. Aus dieser Ankerrohtour wird im Profil 17 1/2" bis zur Basis des Hangenden Tonmergels des Oligozäns weitergebohrt, wo die 13 3/8" Rohrtour abgesetzt wird. Der 9 5/8" Produktionsliner soll im Hauterive abgesetzt werden, von wo aus im Profil 8 1/2" der Malm bis zur Basis der Massenfazies erschlossen wird.

Tabelle 2-7: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 1

Intervall [mMD]	Meißel [in]	Größe [in]	Verbinder	Güte	Gewicht [lb/ft]
0-60	39,4	30	verschweißt	S355J2H	155
0-1.100	26	20	Semi Premium	T-95	169,0
1.000-2.543	17 1/2	13 3/8	Premium	L-80	72,0
2.443-3.159	12 1/4	9 5/8	Premium	L-80	47,0
3.100-4.157	8 1/2	7	Premium	L-80	26,0

Tabelle 2-8: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 2

Intervall [mMD]	Meißel [in]	Größe [in]	Verbinder	Güte	Gewicht [lb/ft]
0-60	39,4	30	verschweißt	S355J2H	155
0-1.100	26	20	Semi Premium	T-95	169,0
1.000-2.487	17 1/2	13 3/8	Premium	L-80	72,0
2.387-3.043	12 1/4	9 5/8	Premium	L-80	47,0
2.980-3.950	8 1/2	7	Premium	L-80	26,0

Tabelle 2-9: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräufeling 3

Intervall [mMD]	Meißel [in]	Größe [in]	Verbinder	Güte	Gewicht [lb/ft]
0-60	39,4	30	verschweißt	S355J2H	155
0-1.100	26	20	Semi Premium	T-95	169,0
1.000-2356	17 1/2	13 3/8	Premium	L-80	72,0
2.256-2.871	12 1/4	9 5/8	Premium	L-80	47,0
2.820-4.290	8 1/2	7	Premium	L-80	29,0

Tabelle 2-10: Verrohrungsprogramm der Bohrung Gt Gräufeling 4

Intervall [mMD]	Meißel [in]	Größe [in]	Verbinder	Güte	Gewicht [lb/ft]
0-60	39,4	30	verschweißt	S355J2H	155
0-1.100	26	20	Semi Premium	T-95	169,0
1.000-2.009	17 1/2	13 3/8	Premium	L-80	72,0
1.909-2.522	12 1/4	9 5/8	Premium	L-80	47,0
2.450-3.473	8 1/2	7	Premium	L-80	29,0

2.4 Zementationsprogramm

In der nachfolgenden Tabelle 2-11 ist ein vorläufiges Zementationsprogramm dargestellt, welches für alle Bohrungen anwendbar ist. In der weiteren Planung wird zusammen mit dem ausführenden Unternehmen ein detailliertes Zementationsprogramm erstellt. Der 7" Lochliner, welcher durch den Malm geführt wird, wird nicht zementiert.

Tabelle 2-11: Zementationsprogramm nach Verrohrung der Bohrungen Gt Gräufeling 1,2,3 und 4

Bit [in]	Größe [in]	Typ	Lead [s.g.]	Tail [cP]	Vol. Gt 1 [m³]	Vol. Gt 2 [m³]	Vol. Gt 3 [m³]	Vol. Gt 4 [m³]
36	30	CEM III B (HOZ)	1,50	-	12	12	12	12
26	20	API Class G CEM III B (HOZ)	1,60	1,70	235	235	235	235
17 1/2	13 3/8	API Class A/E	1,80	1,90	125	121	111	83
12 1/4	9 5/8	API Class A/E	1,90	-	26	24	23	22

2.5 Geophysikalische Bohrlochmessungen

Das Profil der Bohrungen wird mit folgenden Bohrlochmessungen dokumentiert. Aufgrund der starken Neigung der Bohrlochverläufe (>50°) werden dafür geeignete Messgarnituren verwendet.

Tabelle 2-12: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 1

Sektion	Durchmesser	Messverfahren	Teufenbereich
1	26" Open-Hole	CAL-6, GR, BA, DIL, Sonic	60-1.100 mMD
2	20" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	0-1.100 mMD
	17 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA, DIL, Sonic	1.100-2543 mMD
3	13 3/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	1.000-2.543 mMD
	12 1/4" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA, DIL, Sonic	2.543-3.159 mMD
4	9 5/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	2.443-3.159 mMD
	8 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-8, GR, BA, DIL, MR, T, NNL, Sonic, FMI	3.159-4.157 mMD
	7" Cased Hole	Cased Hole: FM, T	3.159-4.157 mMD

Tabelle 2-13: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 2

Sektion	Durchmesser	Messverfahren	Teufenbereich
1	26" Open-Hole	CAL-6, GR, BA	60-1.100 mMD
2	20" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	0-1.100 mMD
	17 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA	1.100-2.487 mMD
3	13 3/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	1.000-2.487 mMD
	12 1/4" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA	2.487-3.043 mMD
4	9 5/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	2.387-3.043 mMD
	8 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-8, GR, BA, DIL, MR, T, NNL, Sonic, FMI	3.043-3.950 mMD
	7" Cased Hole	Cased Hole: FM, T	3.043-3.950 mMD

Tabelle 2-14: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 3

Sektion	Durchmesser	Messverfahren	Teufenbereich
1	26" Open-Hole	CAL-6, GR, BA	60-1.100 mMD
2	20" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	0-1.100 mMD
	17 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA	1.100-2.356 mMD
3	13 3/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	1.000-2.356 mMD
	12 1/4" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA	2.356-2.817 mMD
4	9 5/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	2.256-2.817 mMD
	8 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-8, GR, BA, DIL, MR, T, NNL, Sonic, FMI	2.817-4.364 mMD
	7" Cased Hole	Cased Hole: FM, T	2.817-4.364 mMD

Tabelle 2-15: Geophysik. Messprogramm der Bohrung Gt Gräfelting 4

Sektion	Durchmesser	Messverfahren	Teufenbereich
1	26" Open-Hole	CAL-6, GR, BA	60-1.100 mMD
2	20" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	0-1.100 mMD
	17 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA	1.100-2.009 mMD

Sektion	Durchmesser	Messverfahren	Teufenbereich
3	13 3/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	1.000-2.009 mMD
	12 1/4" Open Hole	Open Hole: CAL-6, GR, BA	2.009-2.522 mMD
4	9 5/8" Cased Hole	Cased Hole: CDL, VDL, CCL	1.909-2.522 mMD
	8 1/2" Open Hole	Open Hole: CAL-8, GR, BA, DIL, MR, T, NNL, Sonic, FMI	2.522-3.473 mMD
	7" Cased Hole	Cased Hole: FM, T	2.522-3.473 mMD

Erläuterung:

- GR Gamma Ray
- CAL Kalibermessung (Nummer bezieht sich auf Anzahl der Arme)
- BA Bohrlochabweichung
- DLL Dual Laterolog
- NNL Neutron Neutron Log
- Sonic Sonic Log
- FMI Formation Imager
- MR Magnet Resonanz
- CCL Casing Collar Locator
- CBL Cement Bond Log
- VDL Variable Density Log
- T Temperatur Log
- FM Flowmeter Log

Die Messintervalle können operativ vom betreuenden Geologen geändert werden.

2.6 Testarbeiten

Es werden Testarbeiten in den Bohrungen durchgeführt. Mit den Testarbeiten soll die Leistungsfähigkeit der Bohrungen bestimmt werden, insbesondere:

- Nachweis eines für die Projektrealisierung geeigneten Nutzhorizontes mit Förderraten min. 80 l/s
- Reinigung der bohrlochnahen Zone
- Nachweis der Mineralkonstanz des Schichtwassers
- Probennahme zur Bestimmung des Gasgehaltes und der hydrochemischen Zusammensetzung des Schichtwassers
- Einschätzung des Absandverhaltens des Reservoirs
- Ermittlung des Produktivitätsindex
- Bestimmung der initialen Druck- und Temperaturverhältnisse
- Ermittlung des Abgabeprofiles
- Berechnung der Schichtparameter

Die Testarbeiten werden mit der Einmessung der sog. Künstlichen Endteufe (KET), der Wasserspiegel-Einmessung und der Entnahme von Tiefenproben beendet.

2.6.1 Testprogramm

In diesem Abschnitt wird das Testprogramm erläutert. Der Einsatz eines Luftkompressors für Lifttests ist geplant.

Die Lifttests sehen den Einbau eines 5" Liftstrangs bis ca. 600 mTVD vor. Durch diesen Liftstrang wird mittels eines Kompressors und Booster-Kombination Luft in die Thermalwassersäule injiziert. Während des Lifttests sollten min. 60 l/s erreicht werden, optimal 80 l/s, so dass eine ausreichende Reinigung der bohrlochnahen Zone erfolgt und der Produktivitätsindex der Bohrungen genauer evaluiert werden kann. Sämtliche Testarbeiten erfolgen über eine Thermalwasserkühlung vor Ort,

so dass direkt mit 50 l/s in das Abwasser eingeleitet werden kann. Die Thermalwasserkühlung soll über spezielle Kühlaggregate erreicht werden. Die genauen Arbeiten werden in einem separaten Testprogrammdokument detailliert beschrieben. Folgende Lift-Arbeiten sind derzeit geplant:

1. Reinigungslift vor Einbau 7" Lochliner – 80 l/s über 10 Stunden – 2.880 m³ (Einleitung mit 50 l/s – 1.800 m³)
2. 12 Stunden Wiederaufspiegelung, währenddessen Ableitung der restlichen 1.080 m³
3. 1. Säurestimulation – ca. 40 Stunden Säureeinwirkzeit
4. 1. Leistungstest und Rückförderung von abreagierter Säure – ca. 24 Stunden bei 80 l/s – 6.912 m³ (Einleitung mit 50 l/s – 4.320 m³)
5. 12 Stunden Wiederaufspiegelung, währenddessen Ableitung der restlichen 2.592 m³
6. 1. Flowmeterfahrt – Förderung mit ca. 15 l/s – parallele Einleitung des produzierten Wassers
7. Einbau 7" Lochliner
8. 2. Säurestimulation durch 7" Lochliner – ca. 20 Stunden Säureeinwirkzeit
9. 2. Leistungstest und Rückförderung von abreagierter Säure – ca. 44 Stunden bei 80 l/s – 12.672 m³ (Einleitung mit 50 l/s – 7.920 m³)
10. 24 Stunden Wiederaufspiegelung, währenddessen Ableitung der restlichen 4.752 m³
11. 2. Flowmeterfahrt – Förderung mit ca. 15 l/s – parallele Einleitung des produzierten Wassers

Es ist darauf zu achten, dass die Ableitung kontinuierlich stattfindet. Sollte sich das Becken zu schnell füllen, muss der jeweilige Test abgebrochen oder die Förderrate verringert werden.

2.6.2 Säuerung

Es werden Säuerungen in allen vier Bohrungen durchgeführt. Dabei soll die erste Säuerung nach dem Reinigungslift und die zweite nach Einbau des 7" Lochliners erfolgen.

Alle Säuerungen werden in vier Schritten zu je 25 m³ durchgeführt. Bei der ersten Säuerung wird der Bohrstrang dabei hochgezogen, um das Reservoir gezielter zu stimulieren. Dieses Hochziehen entfällt bei der zweiten Stimulation, da dieser über den 7" Lochliner verpumpt wird. Die nachfolgenden Tabelle 2-16 und Tabelle 2-17 zeigen die einzelnen Schritte der Säurestimulationen für die Bohrungen Gt Gräufelfing 1 und Gt Gräufelfing 2. Das genaue Programm für die Bohrungen Gt Gräufelfing 3 und 4 wird nach Abschluss der Säurestimulation der Bohrung Gt Gräufelfing 2 aktualisiert. In Absprache mit dem ausführenden Service-Unternehmen sollte nach jedem Schritt ein geringes Volumen (ca. 10 m³) Clean-Out erfolgen.

Tabelle 2-16: Detaillierte Beschreibung der Säurestimulation in der Bohrung Gt Gräufelfing 1

Säurestimulation	Teufe [mMD]	Anmerkung	Säurevolumen u. Pumprate	Nachpumpvorgang
1	4.100,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.900,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.700,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.500,0	ca.40 h Einwirkzeit	25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
2	3.368,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.368,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.368,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.368,0	ca.20 h Einwirkzeit	25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s

Tabelle 2-17: Detaillierte Beschreibung der Säurestimulation in der Bohrung Gt Gräufeling 2

Säurestimulation	Teufe [mMD]	Anmerkung	Säurevolumen u. Pumprate	Nachpumpvorgang
1	3.950,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.750,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.550,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.350,0	ca.40 h Einwirkzeit	25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
2	3.216,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.216,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.216,0		25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s
	3.216,0	ca.20 h Einwirkzeit	25 m ³ 1.300 l/min	100 m ³ Wasser 3.500 l/s

2.7 Bohrlochkopf

Nach Abschluss der Testarbeiten werden die Bohrungen mit API-konformen Bohrlochköpfen verflanscht. Die Druckstufe der einzelnen Elemente wird 5.000 psi (344,7 bar) betragen.

2.8 Technologischer Ablauf der Bohrung

2.8.1 Förderbohrung Gt Gräfelting 1

1. Errichtung Bohrplatz mit Bohrkellern einschließlich Setzen der Standrohre 30“ bei ca. 60 m
2. Antransport und Aufbau der Tiefbohranlage mit Bohr- und Testausrüstung
3. Aufbau des Diverters und der Ablassleitung
4. Rotary-Bohren und Richtbohren im Profil 26“ bis ca. 1100 mMD
5. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 20“
6. Einbau und Zementation der 20“ Ankerrohrtour bis ca. 1100 mMD
7. Aufbau und Test 20 3/4“ BOP-Stack
8. Richtbohren im Profil 17 1/2“ bis ca. 2543 mMD
9. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 13 3/8“
10. Einbau und Zementation der 13 3/8“ Technischen Rohrtour bis ca. 2.543 mMD
11. Aufbau und Test 13 5/8“ BOP-Stack
12. Richtbohren im Profil 12 1/4“ bis ca. 3.159 mMD
13. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Linereinbau 9 5/8“
14. Einbau, Setzen und Zementation des 9 5/8“ Produktionsliners von 2.443 bis 3.159 mMD
15. Richtbohren im Profil 8 1/2“ bis ca. 4.157 mMD
16. Einbau und Setzen des 7“ Lochliners von 3100 bis 4.157 mMD
17. Fördertest nach Filtereinbau (Casinglift- oder Pumptest – 50 - 360 m³/h) inkl. Säurestimulation
18. Umbau der Bohranlage auf die 2. Bohrung

2.8.2 Injektionsbohrung Gt Gräfelting 2

1. Aufbau des Diverters und der Ablassleitung
2. Rotary-Bohren und Richtbohren im Profil 26“ bis ca. 1100 mMD
3. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 20“
4. Einbau und Zementation der 20“ Ankerrohrtour bis ca. 1100 mMD
5. Aufbau und Test 20 3/4“ BOP-Stack
6. Richtbohren im Profil 17 1/2“ bis ca. 2487 mMD
7. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 13 3/8“
8. Einbau und Zementation der 13 3/8“ Technischen Rohrtour bis ca. 2487 mMD
9. Aufbau und Test 13 5/8“ BOP-Stack
10. Richtbohren im Profil 12 1/4“ bis ca. 3043 mMD
11. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Linereinbau 9 5/8“
12. Einbau, Setzen und Zementation des 9 5/8“ Produktionsliners von 2387 bis 3043 mMD
13. Richtbohren im Profil 8 1/2“ bis ca. 3950 mMD
14. Einbau und Setzen des 7“ Lochliners von 2980 bis 3950 mMD (noch nicht final entschieden, die Notwendigkeit des Lochliners in der Injektionsbohrung wird noch geprüft)
15. Fördertest nach Filtereinbau (Casinglift- oder Pumptest – 50 - 360 m³/h) inkl. Säurestimulation
16. Umbau der Bohranlage auf die 3. Bohrung

2.8.3 Förderbohrung Gt Gräfelting 3

1. Aufbau des Diverters und der Ablassleitung
2. Rotary-Bohren und Richtbohren im Profil 26“ bis ca. 1100 mMD
3. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 20“
4. Einbau und Zementation der 20“ Ankerrohrtour bis ca. 1100 mMD
5. Aufbau und Test 20 3/4“ BOP-Stack
6. Richtbohren im Profil 17 1/2“ bis ca. 2356 mMD

7. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 13 3/8"
8. Einbau und Zementation der 13 3/8" Technischen Rohrtour bis ca. 2356 mMD
9. Aufbau und Test 13 5/8" BOP-Stack
10. Richtbohren im Profil 12 1/4" bis ca. 2871 mMD
11. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Linereinbau 9 5/8"
12. Einbau, Setzen und Zementation des 9 5/8" Produktionsliners von 2256 bis 2871 mMD
13. Richtbohren im Profil 8 1/2" bis ca. 4290 mMD
14. Einbau und Setzen des 7" Lochliners von 2820 bis 4290 mMD
15. Fördertest nach Filtereinbau (Casinglift- oder Pumptest – 50 - 360 m³/h) inkl. Säurestimulation
16. Umbau der Bohranlage auf die 4. Bohrung

2.8.4 Injektionsbohrung Gt Gräufelfing 4

1. Aufbau des Diverters und der Ablassleitung
2. Rotary-Bohren und Richtbohren im Profil 26" bis ca. 1100 mMD
3. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 20"
4. Einbau und Zementation der 20" Ankerrohrtour bis ca. 1100 mMD
5. Aufbau und Test 20 3/4" BOP-Stack
6. Richtbohren im Profil 17 1/2" bis ca. 2009 mMD
7. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Rohreinbau 13 3/8"
8. Einbau und Zementation der 13 3/8" Technischen Rohrtour bis ca. 2009 mMD
9. Aufbau und Test 13 5/8" BOP-Stack
10. Richtbohren im Profil 12 1/4" bis ca. 2522 mMD
11. Geophysikalische Bohrlochmessung vor Linereinbau 9 5/8"
12. Einbau, Setzen und Zementation des 9 5/8" Produktionsliners von 1909 bis 2522 mMD
13. Richtbohren im Profil 8 1/2" bis ca. 3473 mMD
14. Einbau und Setzen des 7" Lochliners von 2450 bis 3473 mMD (noch nicht final entschieden, die Notwendigkeit des Lochliners in der Injektionsbohrung wird noch geprüft)
15. Fördertest nach Filtereinbau (Casinglift- oder Pumptest – 50 - 360 m³/h) inkl. Säurestimulation
16. Abbau und Abtransport der Bohranlage