



**P I E W A K &
PARTNER GmbH**
INGENIEURBÜRO FÜR
HYDROGEOLOGIE
UND UMWELTSCHUTZ

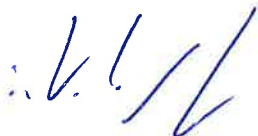


Piewak & Partner GmbH • Jean-Paul-Straße 30 • 95444 Bayreuth

Jean - Paul - Straße 30
95444 Bayreuth
Telefon (0921) 50 70 36 - 0
Telefax (0921) 50 70 36 - 10
E-Mail: info@piewak.de
http://www.piewak.de

Geschäftsführer
Dipl.-Geologe Manfred Piewak
Dipl.-Geologe Ralf Wiegand
HRB Bayreuth 1792

Sachverständige und
Untersuchungsstelle
gem. § 18 BBodSchG

Antrag auf eine Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Friedrichs- und Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth

Antragsteller: Stadtwerke Bayreuth Energie und Wasser GmbH Birkenstraße 2 95447 Bayreuth Bayreuth, 23.10.2023 	Entwurfsverfasser: Piewak & Partner GmbH, Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Str. 30 95444 Bayreuth Bayreuth, 23.10.2023  
--	--

Erkundung • Beratung • Planung • Gutachten

Grundwassererschließung • Trinkwassersanierung • Bohrungen • Tiefbrunnen • Grundwassermessstellen • Grundwassermodellierung
Wasserschutzgebiete • Altlasten • Deponiestandorte • Schadenanalysen • Schadensfallmanagement • Baugrund- und Bodenuntersuchung
Bodenmechanik • Gründungsberatung • Lagerstättenschließung • Rohstoffsicherung • Geothermie • Strahlenschutz



Die Stadtwerke Bayreuth Energie und Wasser GmbH beantragt hiermit die Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Friedrichs- und Wilhelminetherme, entsprechend dem als Anlage 11 beigefügten Lageplan mit Schutzgebietsgrenzen.

Die Dimensionierung des Schutzgebietes basiert auf dem nachfolgend beigefügten **Erläuterungsbericht**.



Verzeichnis der Unterlagen

Erläuterungsbericht mit Anlagen

Anlage 1 Lagepläne und Rechtsverhältnisse

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
- Anlage 1.2 Lageplan, Maßstab 1 : 5.000
- Anlage 1.3 Luftbild, Maßstab 1 : 5.000
- Anlage 1.4 Rechtsverhältnisse

Anlage 2 Geologische Profile der Wilhelminen- und Friedrichstherme

Anlage 3 Grundwasser-Einzugsgebiet

- Anlage 3.1 Plan Einzugsgebiet
- Anlage 3.2 Tektonische Kontrolle des Einzugsgebietes der Bayreuther Thermalbohrungen (sowie der Brunnenfelder Lehen und Osterbrunnen), HELMKAMPF 2009
- Anlage 3.3 Hydrogeologische Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth, PIEWAK & PARTNER GMBH, 2004
- Anlage 3.4 Nachtrag zu: Hydrogeologische Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth (12.07.2004), PIEWAK & PARTNER GMBH, 2006
- Anlage 3.5 Nachtrag II zu: Hydrogeologische Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth (12.07.2004), PIEWAK & PARTNER GMBH, 2021

Anlage 4 Brunnenausbaupläne und Pumpversuche

- Anlage 4.1 Ausbaupläne
- Anlage 4.2 Langzeit-Pumpversuch

Anlage 5 Ableitung

- Anlage 5.1 Anschluss-Schema Brunnenvorschacht
- Anlage 5.2 Thermalwasser-Leitung

Anlage 6 Zustandsuntersuchung der Friedrichstherme bzw. der Wilhelminetherme: Technische Kontrolle der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme Dokumentation der durchgeführten Arbeiten, – ARGE BayreuthWasser – 28.08.2013



Anlage 7 Hydrochemie

- Anlage 7.1 Übersicht EÜV-Untersuchungen 2013 – 2022
- Anlage 7.2 Berichte Laufende Betriebsüberwachung 2022
- Anlage 7.3 Prüfberichte Mikrobiologische Untersuchungen 2022
- Anlage 7.4 Heilwasserkontrollanalysen 2022, Heilwasser-Analysen 2021 und Heilquellenanalyse 2017 der Wilhelminetherme
- Anlage 7.5 Ergebnisse von Isotopen- und Gasgehaltsbestimmungen an Grundwasserproben der Geothermiebohrung Bayreuth (Therme II), HYDROISOTOP GMBH, 1993
- Anlage 7.6 Ergebnisse der hydrochemischen, isopenhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme I (Friedrichstherme), HYDROISOTOP GMBH, 1997
- Anlage 7.7 Ergebnisse von hydrochemischen, isopenhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme II (Wilhelminetherme) und Vergleich der Ergebnisse mit den Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme I (Friedrichstherme), HYDROISOTOP GMBH, 1997
- Anlage 7.8 Isotopenhydrologische Untersuchungsergebnisse, HYDROISOTOP GMBH, 2016 – 2022

Anlage 8 Wasserrechtliche Bescheide

Anlage 9 Jahresberichte der Friedrichs- und Wilhelminetherme (CD)

- Anlage 9.1 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – 5-Jahresbericht 2011 – 2015, Piewak & Partner GmbH, 20.12.2017 bzw. 16.12.2017
- Anlage 9.2 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – 5-Jahresbericht 2016 – 2020, Piewak & Partner GmbH, 28.01.2022
- Anlage 9.3 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – Betriebsjahr 2020, Piewak & Partner GmbH, 29.06.2020
- Anlage 9.4 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – Betriebsjahr 2021, Piewak & Partner GmbH, 17.12.2021
- Anlage 9.5 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – Betriebsjahr 2022, Piewak & Partner GmbH

Anlage 10 Hydraulische Berechnungen

Anlage 11 Lageplan des vorgeschlagenen Heilquellenschutzgebietes



**P I E W A K &
PARTNER GmbH**
INGENIEURBÜRO FÜR
HYDROGEOLOGIE
UND UMWELTSCHUTZ

Piewak & Partner GmbH • Jean-Paul-Straße 30 • 95444 Bayreuth

Jean - Paul - Straße 30
95444 Bayreuth
Telefon (0921) 50 70 36 - 0
Telefax (0921) 50 70 36 - 10
E-Mail: info@piewak.de
<http://www.piewak.de>

Geschäftsführer
Dipl.-Geologe Manfred Piewak
Dipl.-Geologe Ralf Wiegand
HRB Bayreuth 1792

Sachverständige und
Untersuchungsstelle
gem. § 18 BBodSchG

Erläuterungsbericht zum Antrag auf eine Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Friedrichs- und Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth

Auftraggeber:
Stadtwerke Bayreuth Energie und Wasser GmbH,
Bayreuth

Erkundung • Beratung • Planung • Gutachten

Grundwassererschließung • Trinkwassersanierung • Bohrungen • Tiefbrunnen • Grundwassermessstellen • Grundwassermodellierung
Wasserschutzgebiete • Altlasten • Deponiestandorte • Schadenanalysen • Schadensfallmanagement • Baugrund- und Bodenuntersuchung
Bodenmechanik • Gründungsberatung • Lagerstättenerschließung • Rohstoffsicherung • Geothermie • Strahlenschutz



Projekt: Antrag auf eine Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Friedrichs- und Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth

Landkreis: Bayreuth

Auftraggeber: Stadtwerke Bayreuth Energie und Wasser GmbH
Bayreuth

Projektnummer: 17063

Bearbeiter: Anja Mallanik, M.Sc. Geoökologie
Dr. Sebastian Schmidt, Diplom-Geoökologe
Isabell Seuß, M. Sc. Geoökologie

Ort/Datum: Bayreuth, 23.10.2023



Inhaltsverzeichnis

1	Vorhabensträger	1
2	Zweck des Vorhabens.....	1
3	Lage des Vorhabens und Eigentumsverhältnisse	1
4	Geologische Verhältnisse.....	2
4.1	Geologischer Rahmen.....	2
4.2	Geologisches Profil.....	2
5	Hydrogeologie und Hydrologie.....	3
5.1	Hydrogeologische Übersicht	3
5.2	Zuflüsse.....	4
5.3	Fließrichtung und Einzugsgebiet	6
6	Technische Brunnen.....	7
6.1	Überblick über die Brunnen.....	7
6.2	Bohrdurchmesser	8
6.3	Ausbauplan	9
6.4	Abdichtung	10
6.5	Technischer Zustand	11
6.6	Brunnenkopf, Förderpumpe, Steigleitung	11
6.7	Brunnenvorschacht	12
7	Entnahme.....	12
7.1	Pumpversuche und Ermittlung von Aquiferparametern	12
7.2	Entnahmemenge	14
8	Hydrochemische, mikrobiologische und isotopenhydrologische Daten	14
8.1	Thermalwasseranalytik	14
8.2	Mikrobiologische Untersuchungen.....	16
8.3	Isotopenhydrologische Untersuchungen, Verweilzeitentracer und Gasbeprobung	17
9	Heilquellenschutzgebiet.....	22
9.1	Heilquellenschutzgebiets-Richtlinien (LAWA, 1998)	22
9.2	Bestimmung des Bildungstyps der Friedrichs- und Wilhelminetherme und notwendige Schutzzonen nach LAWA (1998)	25
9.3	Aquiferparameter, hydraulische Charakterisierung des Fließsystem und Berechnung der Ausdehnung der quantitativen Schutzzonen.....	26
9.4	Schutzgebietsvorschlag für die Friedrichs- und Wilhelminetherme	28
9.5	Vorschlag für Auflagen bzw. Verbote in den Schutzzonen	30
10	Gefährdungspotentiale	31
10.1	Benachbarte Wasserfassungen.....	31
10.2	Nahegelegene Straßen	32
10.3	Hochwassergefährdung.....	32
11	Zusammenfassung und Bewertung	33
	Verwendete Unterlagen	36



Anlagen

Anlage 1 **Lagepläne und Rechtsverhältnisse**

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
- Anlage 1.2 Lageplan, Maßstab 1 : 5.000
- Anlage 1.3 Luftbild, Maßstab 1 : 5.000
- Anlage 1.4 Rechtsverhältnisse

Anlage 2 **Geologische Profile der Wilhelminen- und Friedrichstherme**

Anlage 3 **Grundwasser-Einzugsgebiet**

- Anlage 3.1 Plan Einzugsgebiet
- Anlage 3.2 Tektonische Kontrolle des Einzugsgebietes der Bayreuther Thermalbohrungen (sowie der Brunnenfelder Lehen und Osterbrunnen), HELMKAMPF 2009
- Anlage 3.3 Hydrogeologische Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth, PIEWAK & PARTNER GMBH, 2004
- Anlage 3.4 Nachtrag zu: Hydrogeologische Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth (12.07.2004), PIEWAK & PARTNER GMBH, 2006
- Anlage 3.5 Nachtrag II zu: Hydrogeologische Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth (12.07.2004), PIEWAK & PARTNER GMBH, 2021

Anlage 4 **Brunnenausbaupläne und Pumpversuche**

- Anlage 4.1 Ausbaupläne
- Anlage 4.2 Langzeit-Pumpversuch

Anlage 5 **Ableitung**

- Anlage 5.1 Anschluss-Schema Brunnenvorschacht
- Anlage 5.2 Thermalwasser-Leitung

Anlage 6 **Zustandsuntersuchung der Friedrichstherme bzw. der Wilhelminentherme: Technische Kontrolle der Friedrichstherme bzw. Wilhelminentherme Dokumentation der durchgeführten Arbeiten, – ARGE Bayreuth-Wasser – 28.08.2013**

Anlage 7 **Hydrochemie**

- Anlage 7.1 Übersicht EÜV-Untersuchungen 2013 – 2022
- Anlage 7.2 Berichte Laufende Betriebsüberwachung 2022
- Anlage 7.3 Prüfberichte Mikrobiologische Untersuchungen 2022
- Anlage 7.4 Heilwasserkontrollanalysen 2022, Heilwasser-Analysen 2021 und Heilquellenanalyse 2017 der Wilhelminentherme
- Anlage 7.5 Ergebnisse von Isotopen- und Gasgehaltsbestimmungen an Grundwasserproben der Geothermiebohrung Bayreuth (Therme II), HYDROISOTOP GMBH, 1993
- Anlage 7.6 Ergebnisse der hydrochemischen, isopenhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme I (Friedrichstherme), HYDROISOTOP GMBH, 1997



Anlage 7.7 Ergebnisse von hydrochemischen, isopenhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme II (Wilhelminetherme) und Vergleich der Ergebnisse mit den Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme I (Friedrichstherme), HYDROISOTOP GMBH, 1997

Anlage 7.8 Isopenhydrologische Untersuchungsergebnisse, HYDROISOTOP GMBH, 2016 – 2022

Anlage 8 Wasserrechtliche Bescheide

Anlage 9 Jahresberichte der Friedrichs- und Wilhelminetherme (CD)

Anlage 9.1 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – 5-Jahresbericht 2011 – 2015, Piewak & Partner GmbH, 20.12.2017 bzw. 16.12.2017

Anlage 9.2 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – 5-Jahresbericht 2016 – 2020, Piewak & Partner GmbH, 28.01.2022

Anlage 9.3 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – Betriebsjahr 2020, Piewak & Partner GmbH, 29.06.2020

Anlage 9.4 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – Betriebsjahr 2021, Piewak & Partner GmbH, 17.12.2021

Anlage 9.5 Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme bzw. Wilhelminetherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH – Betriebsjahr 2022, Piewak & Partner GmbH

Anlage 10 Hydraulische Berechnungen

Anlage 11 Lageplan des vorgeschlagenen Heilquellenschutzgebietes

1 Vorhabensträger

Träger der Maßnahme und Antragsteller sind die Stadtwerke Bayreuth, Birkenstraße 2, 95447 Bayreuth.

2 Zweck des Vorhabens

Die im Bayreuther Stadtteil Laineck gelegene Friedrichstherme wurde 1990 abgeteuft. Etwa 18 m von der Friedrichstherme entfernt befindet sich die Wilhelminetherme, die in den Jahren 1992/1993 als Tiefbohrung niedergebracht und ausgebaut wurde. Das Wasser der Friedrichstherme ist bereits staatlich anerkanntes Heilwasser [U35] und wird über ein Leitungssystem der „Lohengrintherme“ im Stadtteil Seulbitz zugeleitet und dort zu balneologischen Zwecken verwendet.

Das Vorhaben – die Ausweisung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Friedrichs- und Wilhelminetherme sowie die Anerkennung des Wassers der Wilhelminetherme als staatlich anerkanntes Heilwasser (paralleler Antrag, eingereicht am 20.09.2023) – dient der balneologischen Nutzung des Wassers aus der Friedrichs- und Wilhelminetherme in der „Lohengrintherme“.

3 Lage des Vorhabens und Eigentumsverhältnisse

Die Thermalbrunnen Friedrichs- und Wilhelminetherme befinden sich auf der Flurnummer 95 der Gemarkung Laineck in der kreisfreien Stadt Bayreuth. Eigentümer des Grundstückes ist die Stadt Bayreuth (Anlage 1.4).

Die Lage der Brunnen ist in Anlage 1.1 und 1.2 ersichtlich.

Die Ortskenndaten der Thermalbrunnen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Parameter	Friedrichstherme	Wilhelminetherme
Rechtswert	44 73 120	44 73 114
Hochwert	55 35 883	55 35 892
Geländehöhe (GOK)	350,50 m ü. NN	350,52 m ü. NN
Flur-Nr.	95	
Gemarkung	Laineck	
Grundeigentümer	Stadt Bayreuth	

Tabelle 1: Lagedaten der Friedrichs- und Wilhelminetherme.

4 Geologische Verhältnisse

4.1 Geologischer Rahmen

Die Thermalbohrungen Friedrichs- und Wilhelminetherme liegen im Bereich einer schmalen, NW streichenden, keilförmigen Tiefscholle („Creußener Grabenscholle“, [U4]) des Obermainischen Bruchschollenlandes, die im NO und SW von markanten Störungen begrenzt wird. Die Thermalbohrungen setzen tief im Oberen Burgsandstein des Mittleren Keupers (Sandsteinkeuper) auf ca. 351 m ü. NN an. Die Bohrung der Friedrichstherme erreicht eine Teufe von 1122 m. Ab 583 m wurde der Buntsandstein erbohrt, ab 968 m Teufe die Schichten des Zechsteins sowie ab 1077 m Teufe die Schichten des Ober-Rotliegenden. Die Bohrung der Wilhelminetherme ist insgesamt 661 m tief und erreicht in ebenfalls 583 m Teufe die Schichten des Oberen Buntsandsteins. Auf der stark herausgehobenen Nachbarscholle im Nordosten (Bindlacher Scholle) stehen an der Oberfläche Buntsandstein und Muschelkalk an, auf der weniger stark herausgehobenen Scholle im Südwesten (Bayreuther Scholle) Gips- und Sandsteinkeuper.

4.2 Geologisches Profil

Die Profile mit Gliederung sind in Anlage 2 als Säulenprofil dargestellt. Die stratigraphischen Grenzen zeigen auch die folgenden Tabellen:

Stratigraphische Einheit	Schichtmächtigkeit (m)	Friedrichstherme (Teufe Basis, m unter GOK)
Burgsandstein	91+	91
Blasensandstein	84	175
Lehrbergschichten	61	236
Schilfsandstein	5	241
Estherienschichten	48	289
Benker Sandstein	85	374
Unterer Keuper	32	406
Oberer Muschelkalk	69	475
Mittlerer Muschelkalk	53	528
Unterer Muschelkalk	55	583
Oberer Buntsandstein	101	684
Mittlerer Buntsandstein	189	873
Unterer Buntsandstein	95	968
Zechstein	109	1077
Ober-Rotliegendes	45+	(1122 ET)

Tabelle 2: Stratigraphische Einheiten der **Friedrichstherme**.

Stratigraphische Einheit	Schichtmächtigkeit (m)	Wilhelminetherme (Teufe Basis, m unter GOK)
Burgsandstein	89+	89
Blasensandstein	86	175
Lehrbergschichten	59	234
Schilfsandstein	7	241
Estheriensschichten	48	289
Benker Sandstein	85	374
Unterer Keuper	32	406
Oberer Muschelkalk	69	475
Mittlerer Muschelkalk	52	527
Unterer Muschelkalk	56	583
Oberer Buntsandstein	78+	(661 ET)

Tabelle 3: Stratigraphische Einheiten der **Wilhelminetherme**.

5 Hydrogeologie und Hydrologie

5.1 Hydrogeologische Übersicht

In der Friedrichstherme wurde der Hauptgrundwasserleiter zwischen 764 m und 888 m, in der Wilhelminetherme zwischen 584 m und 644 m erschlossen. Diese Produktionshorizonte, die jeweils etwa 90 % der Gesamtleistung erbringen, entsprechen dem Mittleren Buntsandstein bei der Friedrichstherme bzw. dem Oberen Buntsandstein bei der Wilhelminetherme. Bei der Friedrichstherme entstammt eine geringe Menge laut Flowmeter-Messung einem tieferen Produktionshorizont im Bereich Unterer Buntsandstein und Zechstein; bei der Wilhelminetherme aus einem höheren Produktionshorizont im Bereich Unterer Muschelkalk.

Die wesentlichen undurchlässigen Deckschichten der Thermalwasserleiter sind die mächtigen tonig-schluffigen Einheiten des Unteren- und Gips-Keupers (Unterer Keuper, Estheriensschichten, Lehrbergschichten), welche zusammengenommen eine Mächtigkeit von ca. 140 m aufweisen. Diese werden überwiegend aus (tw. mergeligen) schluffigen Tonsedimenten aufgebaut. Zwischen und über diesen Grundwasserstauern befinden sich separate Grundwasser-Stockwerke, insbesondere im Benker Sandstein (Mächtigkeit ca. 85 m, Brunnenfelder Lehen und Osterbrunnen), im Schilfsandstein (Mächtigkeit ca. 5–7 m) sowie im Burgsandstein (an der Oberfläche ausstreichend, verbleibende Mächtigkeit ca. 175 m, Tiefbrunnen im Stadtgebiet Bayreuth). Eine detaillierte hydrogeologische Betrachtung des Untersuchungsgebietes ist neben der zitierten Publikation [U4] im hydrogeologischen Konzept zur Friedrichs- und Wilhelminetherme [U2] sowie dem dazugehörigen Nachtrag [U3] sowie dem Nachtrag II [U29] in den Anlagen 3.3 – 3.5 zu finden.

5.2 Zuflüsse

Für den freien artesischen Überlauf in der Friedrichs- und Wilhelminetherme lassen sich aufgrund von Flowmeter-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen (2013) [U5 und U6] die definierten Zuflüsse wie in Tabelle 4 und 5 dargestellt zusammenfassen:

Teufe [m]	Relativer Zuflussanteil [%]	Bemerkungen		
764,0 – 766,5	7	Hauptzuflusszonen		
769,5 – 773,0	23			
777,5 – 780,5	14			
795,0 – 799,0 800,0 – 802,0	10	mittlere Zuflüsse, einzeln nicht bestimmbar	Zuflüsse innerhalb der Perforationsintervalle der 219 mm-Rohre	mittlere bis starke Zuflüsse im Bereich des <i>Mittleren Buntsandsteins (sm)</i>
809,0 – 810,5 812,5 – 813,5	8			
827,0 – 828,5 833,0 – 834,0 835,0 – 838,0 842,0 – 844,0	12			
886,0 – 887,5	14	stärkerer Zufluss an der Filteroberkante	Wasserzutritt hinter den unterhalb von 881 m nicht zementierten und z.T. geschlitzten 219 mm-Rohren	
893,0 – 894,0 895,5 – 896,5 901,5 – 902,5 909,5 – 910,5 913,0 – 914,0 927,0 – 927,5 931,0 – 932,0 946,0 – 947,5 961,0 – 962,0	≥ 3	sehr geringe Einzelzuflüsse	Zuflüsse über die Filterintervalle	Zuflüsse im Bereich des <i>Unteren Buntsandsteins (su)</i>
964,5 – 966,0 969,5 – 971,0 986,0 – 987,5 1001,0 – 1002,0 1006,5 – 1008,5 1013,0 – 1014,0 1016,0 – 1018,0	≤ 5	jeweils sehr geringe Einzelzuflüsse mit starkem Einfluss auf Leitfähigkeit bzw. Mineralisation	Zuflüsse über die Filterintervalle	Zuflüsse im Bereich des <i>Unteren Buntsandsteins (su)</i>
1035,5 – 1036,5 1038,0 – 1039,0 1041,5 – 1043,0 1049,5 – 1051,0 1055,0 – 1056,5 1073,5 – 1075,0 1083,0 – 1084,5 1097,0 – 1098,5	4			Zuflüsse im Bereich des <i>Unteren Buntsandsteins (su) und Zechsteins (z)</i>

Tabelle 4: Zuflussprofil der **Friedrichstherme** bei artesischem Überlauf.

Die Hauptzuflüsse (88 % des Gesamtzuflusses) der **Friedrichstherme** erfolgen im Bereich des mittleren Buntsandsteins. Nach den geophysikalischen Untersuchungen 2013 (Tabelle 4) weist der zuflusswirksame Bereich eine Mächtigkeit von 123,5 m auf. Die Zuflüsse im Bereich des unteren Buntsandsteins und Zechsteins zusammengenommen machen lediglich 12 % des Gesamtzuflusses auf. Nach Tabelle 4 beträgt die Mächtigkeit in diesem Bereich 205,5 m.

Teufe [m]	Relativer Zuflussanteil [%]	Bemerkungen	
505,5	2	undichte Rohrverbindung	geringe bis sehr geringe Zuflüsse innerhalb der Aufsatzrohre im Bereich des <i>Mittleren Muschelkalks (mm)</i>
515,5		ggf. undichte Schweißnaht o.a. Rohrdefekt	
541,5		undichte Rohrverbindung	
553,5 – 554,5	5	Zufluss an der Filteroberkante	Zuflüsse im Bereich des <i>Unteren Muschelkalks (mu)</i>
561,5 – 562,5	2	geringe bis sehr geringe, einzeln nicht ermittelbare Zuflüsse	
565,5 – 566,5			
569,5 – 571,0			
577,0 – 578,5	2		
581,5 – 582,5			
584,0 – 589,5	44	Hauptzuflusszone	Zuflüsse im Bereich des <i>Oberen Buntsandsteins (so)</i>
601,0 – 601,5	5	geringe bis mittlere Zuflüsse	
607,0 – 608,5			
610,5 – 611,0	3		
614,0 – 615,0			
618,0 – 620,5	10	jeweils stärkere Einzelzuflüsse	
625,5 – 627,5	4		
631,0 – 632,0	8		
633,0 – 635,5			
637,5 – 640,5	9		
643,0 – 644,0	4		
653,0 – 654,0	2	geringer Zufluss an der Filterunterkante	

Tabelle 5: Zuflussprofil der **Wilhelminetherme** bei artesischem Überlauf.

Die Hauptzuflüsse (98 % des Gesamtzuflusses) der **Wilhelminetherme** erfolgen im Bereich des oberen Buntsandsteins und unteren Muschelkalkes. Nach den geophysikalischen Untersuchungen 2013 (Tabelle 4) weist der zuflusswirksame Bereich eine Mächtigkeit von 100,5 m auf. Hierbei entfallen auf den Bereich des oberen Buntsandsteins jeweils 89 % und auf den Bereich des unteren Muschelkalkes 9 % des Gesamtzuflusses. Die Zuflüsse im Bereich des mittleren Muschelkalkes zusammengenommen machen lediglich 2 % des Gesamtzuflusses auf.

5.3 Fließrichtung und Einzugsgebiet

DISCHNER (1998 [U32]) und GEOTEAM (2001 [U33]) kommen auf Basis umfangreicher hydraulischer Daten für die drei Grundwasserstockwerke Burgsandstein, Benker Sandstein und Buntsandstein zum Schluss, dass eine generelle Fließrichtung des Grundwassers besteht, die dem Schichteinfallen von Südost nach Nordwest folgt [U4].

Nach HELMKAMPF 2009 [U4] erfüllt ausschließlich und vollständig nur der frei ausstreichende Buntsandstein im Bereich Eschenbach/Grafenwöhr/Kaltenbrunn die geologischen, hydraulischen, alters- und fließrichtungsmäßigen Bedingungen für das Einzugsgebiet der Friedrichs- und Wilhelminetherme, wie in Anlage 3 dargestellt. Zusammen mit dem hier rein sandig ausgebildeten und daher hydraulisch wohl nicht getrennten Muschelkalk der Beckenrandfazies, bildet der Buntsandstein dort ein Areal von ca. 110 km². Die Geländehöhen liegen meist zwischen 420 m ü. NN und 500 m ü. NN, im Schnitt um 450 m ü. NN. Die Grundwasserhöhen liegen, nach SE ansteigend, zwischen 415 m ü. NN und 435 m ü. NN.

Ein Zustromanteil aus benachbarten Ausstrichgebieten des Bundsandsteins (Bereich Weidenberg–Kirchenpingarten–Immenreuth) ist aufgrund der

- (1) begrenzenden Verwerfungen, teils mit > 500 m Versatzhöhe,
- (2) eine in diesen Ausstrichbereichen ebenfalls Südost-Nordwest parallel zum Heilquellenfließsystem gerichteten Grundwasserströmung, sowie
- (3) dem hohen Grundwasseralter der beiden Thermen (> 20.000 Jahre, ¹⁴C-pmc Konzentrationen von ca. 2 % (Wilhelminetherme) bzw. 3,5–4% (Friedrichstherme), welches keine Beimischung junger Wässer erkennen lässt, nicht plausibel.

Ein Zustromanteil aus dem Bereich des nördlich der Thermen gelegenen Ausstrichgebiet des Buntsandsteins ist ebenfalls ausgeschlossen. Weitere geologische/hydrogeologische Überlegungen sowie ein weiteres Querprofil nördlich der beiden Thermen hierzu finden sich im Nachtrag II (Anlage 3.5). Weiterhin sind die hydraulischen Potentiale im Buntsandstein im Bereich nordöstlich der Seulbitzer Störung bzw. im Ausstrichgebiet bei Ramsenthal bezüglich der Fließrichtung strikt SE–NW gerichtet. Die im Umweltatlas Bayern [U37] verzeichneten tiefen Aufschlusspunkte im Buntsandstein und hydraulischen Potentiale in diesem Bereich liegen entlang eines SE–NW-Pfades (Wasserspiegel – keine Stichtagmessung:

- Bohrung bei Döhlau (Tiefe 320 m): 375,3 m NN
- Brunnen Bindlach (Tiefe 182,2 m): 355,5 m NN
- Brunnen I Benker Gruppe (Tiefe 190,6 m): 353,2 m NN

- Brunnen II Benker Gruppe (Tiefe 192,25 m): 347,4 m NN
- Brunnen Harsdorf (Tiefe 110 m): 344,7 m NN

Die Fließrichtung ist also parallel zum Fließsystem der Thermen ausgerichtet und auch im nördlichen Ausstrichbereich bei Ramsenthal von den Thermen wegwärts gerichtet. Zusätzlich liegen die Potentiale im Buntsandstein im Bereich der Thermen mit ca. 399 m (Friedrichstherme) sowie 394 m (Wilhelminetherme) weit darüber (Berechnungen in Anlage 10).

6 Technische Brunnendaten

6.1 Überblick über die Brunnendaten

Die folgenden Tabellen zeigen im Überblick die wesentlichen Basisdaten der Friedrichs- und Wilhelminetherme:

Baujahr		April – August 1990
Kennzahl der Fassung		4110 6035 00027
Art		Vertikalfilterbrunnen
Leistungs- und Dauerpumpversuche		September 1990 – Juli 1991
Langzeitpumpversuch mit den Pumpstufen 7 l/s*; 10 l/s** und 3 l/s		März 1995 – Juli 1997
Beginn des Heilquellenkurbetriebs in der Lohengrintherme		22.11.1999
Lage	Rechtswert	44 73 120
	Hochwert	55 35 883
	Höhenlage im Gelände [m ü. NN]	350,50
	Flurstück / Gemarkung / Gemeinde	95 / Laineck / Bayreuth
Bohrtiefe [m u. GOK]		1.122
Ausbautiefe [m u. GOK]		1.122
Endlichtweite der Bohrung in mm		187
Ruhewasserspiegel		artesisch, 4,8 bar (6 l/s) (23.10.1990)
Durch Verrohrung und z. T. auch durch Zementation abgesperrte Bohrlochstrecken ***	508 mm	0 – 19,5 m u. BK
	323,9 mm	0 – 408,0 m u. BK
	219,1 mm	311,0 – 765,0 m u. BK 844,0 – 881,0 m u. BK 887,0 – 893,0 m u. BK
Filterausbau (unterbrochen durch 7 Vollrohrstrecken)	125 mm	881,0 – 1.119,0 m u. BK

Tabelle 6: Brunnendaten der **Friedrichstherme** im Überblick.

* keine Beharrung

** Beharrung

*** Ergebnisse der geophysikalischen Messungen 2013



Baujahr	November 1992 – März 1993	
Kennzahl der Fassung	4110 6035 00079	
Art	Vertikalfilterbrunnen	
Beginn der kontinuierlichen Entnahme	18.04.2005	
Lage	Rechtswert	44 73 114
	Hochwert	55 35 892
	Höhenlage im Gelände [m ü. NN]	350,52
	Flurstück / Gemarkung / Gemeinde	95 / Laineck / Bayreuth
Bohrtiefe [m u. GOK]	663,0	
Ausbautiefe [m u. GOK]	660,5	
Endlichtweite der Bohrung in mm	244,5	
Ruhewasserspiegel	artesisch, 3,81 bar (30.10.2000)	
Durch Verrohrung und z. T. auch durch Zementation abgesperrte Bohrlochstrecken	406 mm	0 – 21,0 m u. BK
	381 mm	0 – 411,0 m u. BK
Filterausbau	6 5/8 Zoll	553,50 – 652,50 m u. BK

Tabelle 7: Brunnendaten der **Wilhelminetherme** im Überblick.

6.2 Bohrdurchmesser

Die Thermalbrunnen besitzen laut Ausbauplan folgende Bohrdurchmesser:

bis m u. GOK	Bohrdurchmesser [mm]
7,20 m	800 mm
20,14 m	700 mm
413,67 m	445 mm
901,20 m	305 mm
1120,00 m	187 mm

Tabelle 8: Bohrdurchmesser der **Friedrichstherme**.

bis m u. GOK	Bohrdurchmesser [mm]
2,00 m	Vorschacht
8,50 m	521 mm
20,00 m	445 mm
411,00 m	381 mm
661,00 m	244,50 mm

Tabelle 9: Bohrdurchmesser der **Wilhelminetherme**.

6.3 Ausbauplan

Die Bohrung der Friedrichstherme wurde von April bis August 1990, die der Wilhelminetherme von November 1992 bis März 1993 niedergebracht. Der Ausbau der Bohrungen ist in Anlage 4.1 dargestellt.

Die wichtigsten Abschnitte (laut Ausbauplan von 1991 für die Friedrichstherme bzw. von 1994 für die Wilhelminetherme und geophysikalischer Untersuchungen jeweils von 2013) sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Teufe in [m] u. OK BK 1991		Teufe in [m] u. OK BK 2013		Ausbauabschnitt
von	bis	von	bis	
0,00	20,14	0,00	19,50	Sperrrohr Ø 508 mm x 8,0 mm
0,00	408,00	0,00	408,00	Sperrrohr Ø 323,9 mm x 9,0 mm
310,91	880,96	311,00	881,00	API-Sperrrohr Ø 219,1 mm x 7,1 mm
765,00	844,00	765,00	844,00	API-Sperrrohr Ø 219,1 mm x 7,1 mm, perforiert
880,96	887,00	881,00	887,00	API-Sperrrohr Ø 219,1 mm x 7,1 mm, geschlitzt
887,00	893,25	887,00	893,00	API-Sperrrohr Ø 219,1 mm x 7,1 mm
870,00	880,00	870,50	881,00	Hagulit-Vollrohr DN 125 mit Bajonett
880,00	915,00	881,00	914,50	Hagulit-Filterrohr DN 125
915,00	925,00	914,50	920,50	Hagulit-Vollrohr DN 125
925,00	955,00	920,50	956,00	Hagulit-Filterrohr DN 125
955,00	960,00	956,00	961,00	Hagulit-Vollrohr DN 125
960,00	970,00	961,00	971,00	Hagulit-Filterrohr DN 125
970,00	985,00	971,00	986,00	Hagulit-Vollrohr DN 125
985,00	990,00	986,00	991,00	Hagulit-Filterrohr DN 125
990,00	1000,00	991,00	1001,00	Hagulit-Vollrohr DN 125
1000,00	1017,00	1001,00	1018,00	Hagulit-Filterrohr DN 125
1017,00	1035,00	1018,00	1036,00	Hagulit-Vollrohr DN 125
1035,00	1055,00	1036,00	1056,00	Hagulit-Filterrohr DN 125
1055,00	1072,00	1056,00	1073,00	Hagulit-Vollrohr DN 125
1072,00	1104,00	1073,00	1105,50	Hagulit-Filterrohr DN 125
1104,00	1109,00	1105,50	1109,00	Hagulit-Vollrohr DN 125
1109,00	1119,00	1109,00	1119,00	Hagulit-Filterrohr DN 125
1119,00	1122,00	1119,00	1122,00	Hagulit-Vollrohr DN 125

Tabelle 10: Ausbauabschnitte der **Friedrichstherme**.

Teufe in [m] u. OK BK 1994		Teufe in [m] u. OK BK 2013		Ausbauabschnitt
von	bis	von	bis	
0,00	18,00	0,00	21,00	Sperrrohr Ø 406 mm x 6,3 mm
0,00	408,25	0,00	411,00	Ankerrohr Ø 273 mm x 6,3 mm
388,91	550,50	391,00	553,50	API-Stahl-Aufsatzrohr Ø 6 5/8“
550,50	652,50	553,50	654,50	API-Stahl-Filterrohr Ø 6 5/8“
652,50	658,50	654,50	660,50	API-Stahl-Sumpfrohr Ø 6 5/8“

Tabelle 11: Ausbauabschnitte der **Wilhelminetherme**.

6.4 Abdichtung

Laut Ausbauplan von 1991 (Friedrichstherme) bzw. 1994 (Wilhelminetherme) und laut geophysikalischer Untersuchungen jeweils von 2013 ergeben sich für die Thermalbohrungen folgende Brunnenabdichtungen:

Teufe in [m] u. OK BK 1991		Teufe in [m] u. OK BK 2013		Abdichtung
von	bis	von	bis	
0,00	20,14	0,00	19,50	Zementation zwischen Sperrrohr 508 mm und Bohrlochwand
0,00	20,14	1,00	19,50	Zementation zwischen Sperrrohr 323,9 mm und Sperrrohr 508 mm
20,14	413,67	19,50	413,50	Zementation zwischen Sperrrohr 323,9 mm und Bohrlochwand
335,26	571,00	339,50	571,50	Zementation zwischen API Sperrrohr 219,1 mm und Sperrrohr 323,9 mm bzw. Bohrlochwand
702,56	759,96	703,50	759,00	Zementation zwischen API Sperrrohr 219,1 mm und Bohrlochwand
838,56	880,96	838,00	881,00	Zementation zwischen API Sperrrohr 219,1 mm und Bohrlochwand

Tabelle 12: Abdichtungsabschnitte der **Friedrichstherme**.

Teufe in [m] u. OK BK 1994		Teufe in [m] u. OK BK 2013		Abdichtung
von	bis	von	bis	
0,00	19,00	0,00	21,00	Zementation
0,00	39,25	0,00	43,50	Kopfzementation
39,25	50,40	43,50	50,40	Compactonit-Kies-Zement
175,50	318,50	177,00	323,00	Zwischenzementation
384,25	409,00	374,50	411,00	Fußzementation

Tabelle 13: Abdichtungsabschnitte **Wilhelminetherme**.

6.5 Technischer Zustand

Im Juni 2013 wurden technische Überprüfungen der Ausbauzustände der Friedrichs- und Wilhelminetherme durchgeführt (Bohrlochgeophysik, Kamerabefahrung) [U5 und U6] (Anlage 6).

Die geophysikalischen Untersuchungen der Bohrung der **Friedrichstherme** können einen noch guten bis befriedigenden technischen Zustand der Bohrung und ihrer Installationen bestätigen, zeigen jedoch oberhalb von 295 m eine deutliche, sukzessive Abnahme der Wanddicke der Ankerrohrtour von 2,5–3,0 mm mit geringer werdender Teufe. Innerhalb eines nicht zementierten Abschnitts der 219 mm-Rohre ergeben sich noch Wanddicken von 7–8 mm. Die Stabilität der Bohrung ist bei bleibenden Wandstärken der Ankerrohre von 6–6,5 mm noch nicht gefährdet, wird aber weiterhin beobachtet. Zwischen 310–870 m liegen teils dickere Wandstärken durch die eingebauten, deutlich dickeren Rohre vor. Die Rohre mit Durchmessern von 323 mm und 219 mm besitzen einen hohen Korrosionsgrad, der für die z.T. starken Beläge und ausgetragenen Partikel mit teils erheblicher Größe verantwortlich sein dürfte. Die Abdichtung der Bohrung ist nach wie vor gegeben [U5].

Die geophysikalischen Untersuchungen der Bohrung der **Wilhelminetherme** können einen weitgehend guten technischen Zustand der Bohrung und ihrer Installationen bestätigen, zeigen jedoch eine sukzessive Abnahme der Wanddicke der Ankerrohrtour mit geringer werdender Teufe, sodass im oberen Teil der Ankerrohre sich die Wandstärke teils um ca. 0,8–1,0 mm verringert hat, d.h. noch Wandstärken um 5,5 mm gemessen werden. Dieser Prozess wird weiter beobachtet. Die Abdichtung der Bohrung ist nach wie vor gegeben [U6].

6.6 Brunnenkopf, Förderpumpe, Steigleitung

Die Kenndaten für Brunnenkopf, installierte Förderpumpe und Steigleitung der Friedrichs- und Wilhelminetherme sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Brunnenkopf:	DN 600
Unterwasserpumpe Typ:	EMW TWI04.05 NU434-2/22
Einhängtiefe Pumpe:	13,32 m u. BK (Pumpeneinlass)
Steigleitung:	1 ZSM-Steigleitung á 1,62 m, Edelstahl 1 ZSM-Steigleitung á 6 m, Edelstahl 1 ZSM/FL-Steigleitung á 5,00 m, Edelstahl 1 ZSM-Steigleitung á 0,40 m, Edelstahl (am Brunnenkopf montiert)
Peilrohr:	13,02 m

Tabelle 14: Brunnenkopf, Förderpumpe und Steigleitung der **Friedrichstherme**.

Brunnenkopf:	DN 600
Unterwasserpumpe Typ:	EMU K 81-12 KU 60
Einhängetiefe Pumpe:	55 m u. BK (Pumpeneinlass)
Steigleitung:	9 ZSM-Steigleitung á 6,0 m, Edelstahl
Peilrohr:	54 m

Tabelle 15: Brunnenkopf, Förderpumpe und Steigleitung der **Wilhelminetherme**.

6.7 Brunnenvorschacht

Die Brunnenvorschächte der Thermalbrunnen wurden als Fertigschacht erstellt und mit Erdreich so angebösch, dass eine gemeinsame Plattform von Friedrichs- und Wilhelminetherme entsteht. Das Installationsschema der Brunnenvorschächte ist in Anlage 5.1 dargestellt.

7 Entnahme

7.1 Pumpversuche und Ermittlung von Aquiferparametern

Friedrichstherme

Während und nach der Erstellung der Friedrichstherme wurden im Zeitraum 09/1990–07/1991 diverse umfangreiche Pumpversuche in verschiedenen Ausbaustufen durchgeführt. Hierbei erfolgten Versuche sowohl vor (Leistungstest 1) als auch nach (Leistungstest 2) der nachträglichen Perforation des Bereiches zwischen 765–842 m u. GOK sowie ein Langzeitpumpversuch mit einer außerordentlich langen Versuchsdauer von März 1995 bis November 1997 (Anlage 4.2). Die relevanten Pumpversuchskenndaten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Pumpversuch	Verfilterter Bereich (m. u. GOK)	Dauer	Leistungsstufen/Entnahme (l/s)	Max. Absenkung (m u. GOK)
Leistungstest 1	870 – 1119	102 h	1,5 / 2,5 / 2,7	263
Leistungstest 2	765 – 842 / 870 – 1119	120 h	8 / 14 / 17	89,2
Dauerpumpversuch	765 – 842 / 870 – 1119	59 d	17,0 – 15,7	135,1
Langzeitpumpversuch	765 – 842 / 870 – 1119	33 m	7 / 10 / 3	148

Tabelle 16: Pumpversuchsdaten der **Friedrichstherme**.

Die maximale Absenkung bezieht sich auf den tiefsten während des Versuchs beobachteten Wasserstand, welcher jedoch keine Beharrung aufweisen muss. h = Stunden, d = Tage, m = Monate.

Das Ergebnis des Pumpversuchs ist in Anlage 4.2 dargestellt. Die Auswertung der Pumpversuche im Zustand der zusätzlichen Erschließung des mittleren Buntsandsteins (Leistungstest 2 und Dauerpumpversuch) mit transienten Verfahren erfolgte durch WATEC (1992, [U31]) und sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Pumpversuch	Ermittlung der Transmissivität (transiente Verfahren)	
	Absenkungsverlauf	Wiederanstieg
Leistungstest 2	Nicht auswertbar	$5,6 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Dauerpumpversuch	$4,4 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	$5,2 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Tabelle 17: Ergebnisse der Pumpversuche der **Friedrichstherme**.

Die aus den verschiedenen Versuchen und Absenkungsdaten ermittelten Transmissivitätswerte weisen nur sehr geringe Unterschiede auf. Der Mittelwert der drei ermittelten Werte beträgt $5,07 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Zur Berechnung des mittleren Durchlässigkeitsbeiwertes des Aquifersystems wurde als Aquifermächtigkeit der aus den geophysikalischen Untersuchungen zuflusswirksame Bereich des mittleren Buntsandsteins (123,5 m) angesetzt. Der hieraus errechnete kf-Wert beträgt $4,11 * 10^{-7} \text{ m/s}$, welcher für den mittleren Buntsandstein in dieser Tiefenlage einen plausiblen Wert darstellt.

Während des Langzeitpumpversuchs mit einer Zeitdauer von 33 Monaten wurde die Wilhelminetherme sowie die damals noch nicht plombierten und bis in den Benker Sandstein verfilterten, vormaligen Lainecker Brunnen als Beobachtungsmessstellen genutzt. Auf den Pumpversuch war lediglich eine Reaktion der Wilhelminetherme zu beobachten, jedoch keine der Lainecker Brunnen, was eine vollständige Abkopplung des Grundwasserleiters im Benker Sandstein beweist.

Wilhelminetherme

Im Zeitraum 10/2000–02/2001 wurde an der Wilhelminetherme ein Langzeitpumpversuch durchgeführt. Ablauf und relevante Daten zeigt die folgende Tabelle:

Stufe	Förderleistung (l/s)	Zeitdauer (Wochen)	Max. Absenkung unter Messpunkt
0	0		artesischer Überlauf
1	1,4	5	11,8 m
2	1,7	1	25,3 m
3	1,5	1	18,2 m
0	0	8	Wiederanstieg

Tabelle 18: Pumpversuchsdaten der **Wilhelminetherme**.

Das Ergebnis des Pumpversuchs ist in Anlage 4.2 dargestellt. Aus dem Wiederanstiegsverlauf des Pumpversuches wurde eine Transmissivität von $2,19 \cdot 10^{-5}$ m²/s errechnet. Als effektive Aquifermächtigkeit des Abschnittes Oberer Buntsandstein–Unterer Muschelkalk wurden 100,5 m angesetzt. Mit diesem Wert ergibt sich ein Durchlässigkeitsbeiwert von $2,18 \cdot 10^{-7}$ m/s, welcher für diese geologische Einheiten und die Tiefenlage ebenfalls einen plausiblen Wert darstellt.

7.2 Entnahmemenge

Für den Bedarf in der Lohengrin-Therme wird kontinuierlich Grundwasser aus den Tiefbohrungen Friedrichs- und Wilhelminetherme entnommen. Die momentane Entnahme (Durchfluss) liegt im Mittel bei ca. 0,9 l/s für die **Friedrichstherme** und bei ca. 0,35 l/s für die **Wilhelminetherme**. Dabei wird eine kontinuierliche Entnahme gefahren, welche die Grundlast trägt und bei Bedarf erhöht wird, um den tatsächlich anfallenden Bedarf zu decken.

Die bewilligte maximale Momentanentnahme (wasserrechtliche Bewilligung vom 06.06.1994; befristet bis 01.07.2024; Az 710/3-B-1519) von Thermalwasser für die **Friedrichstherme** liegt bei 6,0 l/s (Anlage 8).

Die bewilligte maximale Momentanentnahme (wasserrechtliche Bewilligung vom 14.12.2010, befristet bis 31.12.2040; AZ 26-3909.125.02-II/4-4396/2010) von Thermalwasser für die **Wilhelminetherme** liegt bei 1,5 l/s (Anlage 8).

8 Hydrochemische, mikrobiologische und isotopenhydrologische Daten

8.1 Thermalwasseranalytik

Das Thermalwasser der Friedrichs- und Wilhelminetherme wird in regelmäßigen Abständen hinsichtlich hydrochemischer und physikochemischer Parameter analysiert. Es erfolgt mindestens eine jährliche Vollanalyse sowie eine monatliche Analyse ausgewählter Parameter (Ammonium, Nitrit) im Rahmen der laufenden Betriebsüberwachung.

Die hauptsächlichen Kationen sind Calcium, Magnesium und Kalium, die hauptsächlichen Anionen Hydrogencarbonat und Sulfat.

Bei dem Thermalwasser aus der **Friedrichstherme** handelt es sich um ein sauerstoffhaltiges Wasser mit einem pH-Wert von etwa 7,5. In dem oxidierenden Milieu des Aquifers ist Nitrat gelegentlich im Bereich der Nachweisgrenze bestimmbar und somit nur in geringen, anthropogen nicht beeinflussten Konzentrationen vorhanden. Nitrit und Ammonium sind nicht nachweisbar. Arsen, Bor und Uran sind Spurenelemente geogener Herkunft. Im Rahmen der Rohwasseruntersuchungen konnten weder Rückstände von Pflanzenschutzmitteln

(PSM), noch von Kohlenwasserstoffverbindungen (PAKs oder Trihalogenmethane) festgestellt werden. Die einzelnen Messwerte können den Tabellen in Anlage 7.1 entnommen werden.

		Aktuelle Einzeluntersuchungen Friedrichstherme 2020–2022								
Probenahmedatum		21.04.20	20.08.20 ¹⁾	05.10.20	14.04.21	17.06.21 ¹⁾	27.10.21	04.04.22	28.07.22 ¹⁾	10.10.22
Leitfähigkeit	µS/cm	229	281	234	254	245	252	242	289	272
pH-Wert	–	7,64	7,4	7,66	7,53	7,3	7,66	7,42	7,40	7,56
Sauerstoff, gelöst	mg/l	5,8	4,0	6,4	4,9	4,8	5,4	6,1	3,9	5,3
Calcium	mg/l	10,0	12,4	10,2	11,1	11,6	11,2	11,9	12,6	11,9
Magnesium	mg/l	5,5	5,9	5,2	5,4	5,7	5,4	5,3	5,9	5,7
Natrium	mg/l	19,4	26,0	20,3	22,0	21,3	22,6	20,8	26,7	25,1
Kalium	mg/l	12,6	12,6	12,6	12,3	12,4	12,7	12,9	12,7	12,5
Nitrat	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,7
Nitrit	mg/l	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	0,01	<0,01	<0,005	<0,01
Ammonium	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chlorid	mg/l	16,5	23,9	17,5	19,5	18,6	19,4	18,3	24,1	21,8
Sulfat	mg/l	13,6	19,4	15,1	16,7	16,5	16,3	16,4	22,2	19,0
Säurekapazität bei pH 4,3	mg/l	1,48	1,53	1,49	1,53	1,43	1,58	1,56	1,53	1,58
TOC	mg/l	0,20	–	<0,20	<0,2	0,13	0,24	0,21	–	0,28
Fluorid	mg/l	0,10	<0,2	0,10	0,10	<0,2	0,08	0,09	<0,2	0,11
SAK 436nm	m ⁻¹	0,09	–	<0,05	0,05	<0,1	<0,05	<0,05	–	<0,05
Eisen, ges.	mg/l	0,026	0,022	0,014	0,022	0,028	0,014	0,018	0,016	0,012
Mangan	mg/l	<0,002	<0,01	<0,002	<0,002	<0,01	<0,002	<0,002	<0,01	<0,002
Aluminium	mg/l	0,007	–	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	–	<0,005
Arsen	mg/l	0,018	–	0,016	0,014	0,012	0,013	0,014	–	0,013
Bor	mg/l	0,03	–	0,03	0,04	–	0,03	0,04	–	0,05
Uran	mg/l	0,0033	–	0,0032	0,0038	0,00354	0,0033	0,0033	–	0,0030

Tabelle 19: Thermalwasseruntersuchungen 2020 – 2022 der **Friedrichstherme**.

¹⁾ Heilwasserkontrollanalysen bzw. 2021 im Rahmen einer Heilquellen-Analyse

Bei dem Thermalwasser aus der **Wilhelminetherme** handelt es sich um ein sauerstoffarmes Wasser mit einem pH-Wert von etwa 8,1. In dem reduzierenden Milieu des Aquifers gehen Eisen, Mangan und Arsen in Lösung. Dabei führt das gelöste und durch Oxidation zu Eisen(III)oxidhydrat umgewandelte Eisen zu einer messbaren Trübung. Folglich liegen der Eisengehalt und die Trübung über den Grenzwerten der TrinkwV. Nitrat und Nitrit sind nicht nachweisbar. Ammonium ist sporadisch im Bereich der Nachweisgrenze feststellbar. Im Rahmen der Rohwasseruntersuchungen konnten weder Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (PSM), noch von Kohlenwasserstoffverbindungen (PAKs oder Halogenmethane) festgestellt werden. Die einzelnen Messwerte können den Tabellen in Anlage 7.1 entnommen werden.

		Aktuelle Einzeluntersuchungen Wilhelminentherme 2020–2022					
<i>Probenahmedatum</i>		21.04.20	20.08.20 ¹⁾	14.04.21	17.06.21 ¹⁾	04.04.22	28.07.22 ¹⁾
Leitfähigkeit	µS/cm	337	331	342	344	340	344
pH-Wert	–	8,08	8,0	8,11	8,0	8,10	7,9
Sauerstoff, gelöst	mg/l	1,4	< 0,05	0,7	< 0,05	0,9	< 0,05
Calcium	mg/l	37,2	35,1	37,2	38,6	37,6	37,8
Magnesium	mg/l	16,0	15,8	15,9	16,8	16,0	16,1
Natrium	mg/l	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6
Kalium	mg/l	8,7	8,5	8,5	8,5	8,9	8,7
Nitrat	mg/l	<0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrit	mg/l	<0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Ammonium	mg/l	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
Chlorid	mg/l	1,3	1,3	1,2	1,5	1,3	1,4
Sulfat	mg/l	46,0	38,3	45,0	43,9	45,5	43,8
Säurekapazität bei pH 4,3	mg/l	2,64	2,65	2,65	2,65	2,73	2,64
TOC	mg/l	<0,2	–	< 0,2	0,2	0,25	–
Fluorid	mg/l	0,10	< 0,2	0,09	< 0,2	0,09	< 0,2
SAK 436nm	m ⁻¹	<0,05	–	< 0,05	< 0,1	< 0,05	–
Eisen, ges.	mg/l	0,39	0,542	0,59	0,615	0,48	0,613
Mangan	mg/l	0,026	0,029	0,040	0,030	0,031	0,030
Aluminium	mg/l	<0,005	–	< 0,005	0,05	< 0,005	–
Arsen	mg/l	0,0016	–	0,0025	0,0022	0,0020	–
Bor	mg/l	0,02	–	0,02	–	0,03	–
Uran	mg/l	0,0005	–	–	0,0005	< 0,0005	–

Tabelle 20: Thermalwasseruntersuchungen 2020 – 2022 der **Wilhelminentherme**.

¹⁾ Heilwasserkontrollanalysen bzw. 2021 im Rahmen einer Heilquellen-Analyse

8.2 Mikrobiologische Untersuchungen

Das Thermalwasser aus der Friedrichs- und Wilhelminentherme wird vierteljährlich umfassend mikrobiologisch untersucht (Koloniezahl bei 22 °C, Koloniezahl bei 36 °C, *E.coli*, Coliforme Bakterien, Enterokokken, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*). Während der laufenden Betriebsüberwachung wurden zudem monatlich *E.coli* und Coliforme Bakterien analysiert. Die Beprobung sowie die Auswertung erfolgte durch das akkreditierte Prüflabor UTC, Bayreuth bzw. der Eurofins Institut Jäger GmbH, Tübingen. Die Ergebnisse von 2022 sind in den Prüfberichten der Anlage 7.2 und 7.3 zu finden. Die Ergebnisse der Vorjahre können den Jahresberichten in der Anlage 9 entnommen werden.

8.3 Isotopenhydrologische Untersuchungen, Verweilzeitentracer und Gasbeprobung

Das Thermalwasser der Friedrichstherme wird seit 2001, das der Wilhelminetherme seit 2005 einmal im Jahr isotopenhydrologisch auf die Parameter Tritium sowie fallweise Sauerstoff-18 und Deuterium untersucht. Es liegen weiterhin diesbezügliche Untersuchungen aus den Jahren 1990, 1991 und 1996 für die Friedrichstherme und aus den Jahren 1993 und 1996 für die Wilhelminetherme vor.

Seit Abteufung der Thermalbohrungen wurde auch eine große Anzahl an spezielleren isotopenhydrologischen Parametern sowie Verweilzeitentracern und Gasanalysen entnommen und analysiert. Die wichtigsten Parameter für die Friedrichstherme [F] und für die Wilhelminetherme [W] sind mit dem jeweiligen Probenahmedatum nachfolgend aufgelistet (Anlagen 7.5–7.8):

- **Kohlenstoff-14 (^{14}C -DIC) inkl. Kohlenstoff-13** (23.11.1990 [F]; 11.06.1991 [F]; 30.03.1993 [W]; 16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W]; 04.05.2017 [W])
- **Radiometrische Parameter (Fallweise u.a. Radon-222, Radium-226 und Radium-228)** (19./20./23./24.11.1990 [F]; 11.06.1991 [F]; 30.03.1993 [W]; 16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W]; 04.05.2017 [W])
- **Gasgehalts-Analyse** (23.11.1990 [F]; 11.06.1991 [F]; 30.03.1993 [W]; 16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W]; 04.05.2017 [W]; 17.06.2021 [F&W])
- **Edelgasbestimmung** (23.11.1990 [F]; 11.06.1991 [F]; 16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W]; 17.06.2021 [F&W])
- **Helium-3 und Helium-4-Bestimmung** (16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W])
- **FCKWs (F-11, F-12, F-113)** (16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W])
- **34-Schwefel (am Sulfat-Molekül)** (16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W])
- **15-Stickstoff (am Nitrat-Molekül)** (16.07.1996 [F])
- **85-Krypton** (04.08.2016 [F] bzw. 05.08.2016 [W])
- **DOC-Spektrum** (16.07.1996 [F] bzw. 30.10.1996 [W])

In den folgenden Tabellen sind die bisher erhobenen Daten an stabilen Wasserisotopen und Tritium aufgeführt. Die Werte der stabilen Wasserisotopen der **Friedrichstherme** liegen bei einem Mittelwert von $-10,6\text{ ‰}$ (Sauerstoff-18) sowie -74 ‰ (Deuterium). Bei der **Wilhelminetherme** liegen die Mittelwerte der stabilen Wasserisotopen bei $-10,5\text{ ‰}$ (Sauerstoff-18) sowie -74 ‰ (Deuterium). Der Schwankungsbereich liegt erfahrungsgemäß im Bereich der Messgenauigkeit. Nach [U20 und U21] ist, aufgrund der vergleichsweise isotopisch leichten Werte, eine kaltzeitliche Neubildungskomponente gegeben.

Probennahme	Sauerstoff-18 in [‰]	Deuterium in [‰]	Tritium in [TU]
23.11.1990	-10,44		< 1,0
11.06.1991			< 1,5
16.07.1996	-10,55	-77,8	< 0,7
07.03.2001	-10,56	-75,2	< 0,6
18.03.2002	-10,65	-74,4	< 0,6
09.04.2003	-10,59	-75,9	< 0,6
11.04.2005	-10,57	-73,7	< 0,6
04.04.2006	-10,44	-72,5	< 0,6
18.04.2007	-10,66	-73,3	< 0,6
14.04.2008	-10,73	-74,1	< 0,6
23.04.2009	-10,74	-76,0	< 0,6
19.04.2010	-10,63	-73,2	< 0,6
12.04.2011	-10,48	-72,7	< 0,6
16.04.2012	-10,58	-73,3	< 0,6
24.04.2013	-10,68	-74,3	< 0,6
09.04.2014	-10,49	-72,0	< 0,6
13.04.2015	-10,77	-75,3	< 0,6
19.04.2016	-10,50	-72,1	< 0,6
19.04.2017	-10,76	-73,0	< 0,6
17.04.2018	-10,62	-72,6	< 0,6
28.05.2019			< 0,6
21.04.2020	-10,64	-73,7	< 0,6
14.04.2021	-10,46	-72,5	< 0,6
04.04.2022	-10,68	-73,6	< 0,6

Tabelle 21: Zusammenstellung der Ergebnisse der isotopehydrologischen Untersuchung des Thermalwassers der **Friedrichstherme**.

Die isotopehydrologischen Untersuchungen des Heilwassers der **Friedrichstherme** bestätigen die Tritiumfreiheit im Rahmen der Nachweisgrenze, wodurch von der Abwesenheit von Neubildungskomponenten nach dem Jahr 1953 ausgegangen werden kann. Die Messwerte der Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium zeigen im gesamten

Untersuchungszeitraum (1990 bis 2022) leichte Variationen, insgesamt liegen jedoch stabile Verhältnisse vor. Ebenso belegt die in den Jahren 1990, 1996 und 2017 stattgefundenen Altersdatierungen mittels Kohlenstoffisotopen eine sehr hohe Verweilzeit des Wassers der Friedrichstherme mit einem Grundwasseralter von > 20.000 Jahren für den Großteil des geförderten Grundwassers. Durch diese Ergebnisse ist nachgewiesen, dass der Brunnen vor negativen Beeinflussungen durch Oberflächenwässer oder junge oberflächennahe Grundwässer geschützt ist.

Probennahme	Sauerstoff-18 in [‰]	Deuterium in [‰]	Tritium in [TU]
30.03.1993	-10,35	-74,5	< 0,6
30.10.1996	-10,42	-74,4	< 0,6
10.08.2005	-10,40	-72,4	< 0,6
04.04.2006	-10,40	-72,4	< 0,6
18.04.2007	-10,58	-74,4	< 0,6
14.07.2008	-10,62	-73,5	< 0,6
23.04.2009	-10,65	-73,3	< 0,6
19.04.2010	-10,44	-73,8	< 0,6
12.04.2011	-	-	< 0,6
16.04.2012	-	-	< 0,6
24.04.2013	-	-	< 0,6
09.04.2014	-	-	< 0,6
13.04.2015	-10,79	-75,9	2,3 ± 0,54
07.07.2015 ¹⁾	-10,53	-73,3	< 0,6
13.07.2015 ²⁾	-	-	< 1,0
19.04.2016	-	-	0,7 ± 0,5
05.08.2016	-	-	< 0,6
10.05.2017	-10,70	-73,1	< 0,6
17.04.2018	-	-	< 0,6
12.04.2019	-	-	< 0,6
21.04.2020	-10,61	-73,3	1,0 ± 0,7
03.08.2020 ³⁾	-10,62	-73,0	< 0,6
14.04.2021	-10,53	-73,1	< 0,6
04.04.2022	-10,87	-74,0	0,3 ± 0,4

Tabelle 22: Zusammenstellung der Ergebnisse der isopenhydrologischen Untersuchung des Thermalwassers der **Wilhelminetherme**.

¹⁾: Nachuntersuchung 2015: Untersuchung durch Labor Hydroisotop GmbH

²⁾: Nachuntersuchung 2015: Untersuchung durch Labor IAF – Radioökologie GmbH

³⁾: Nachuntersuchung 2020: Untersuchung durch Labor Hydroisotop GmbH

Das Wasser der **Wilhelminetherme** ist prinzipiell tritiumfrei. Im Jahr 2015 wurde bei der Beprobung ein positiver Tritiumnachweis erbracht, der jedoch mit zwei nachfolgenden Beprobungen durch zwei unterschiedliche Labore im selben Jahr nicht bestätigt werden konnte. Tritium war in der Nachbeprobung 2015 nicht nachweisbar, die Werte für Sauerstoff-18 und Deuterium entsprachen dem Wertebereich der vorhergehenden Jahre von 2005–2010. Die Beprobung am 19.04.2016 hat erneut einen positiven Tritiumnachweis erbracht, wobei dieser nur knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze lag. Auf Empfehlung des Landesamtes für Umwelt (LfU) wurde eine Krypton-Analyse durchgeführt, bei der auch Tritium analysiert wurde. Ausführendes Labor war hier wiederum das Labor HYDROISOTOP GMBH, Schweitenkirchen. In der nachfolgenden Probe, die am 05.08.2016 entnommen wurde, konnte erneut kein Tritium nachgewiesen werden. Auch in den Jahren 2017–2019 wird Tritium mit „nicht nachweisbar“ ($< 0,6$ TU) festgestellt (Anlage 7.7). Auch in den Jahren 2017–2019 wird Tritium mit „nicht nachweisbar“ ($< 0,6$ TU) festgestellt (Anlage 7.7). Im Jahr 2020 wurde zunächst wieder ein positiver Tritiumnachweis erbracht, der im Rahmen einer Nachbeprobung nicht bestätigt werden konnte. Im Jahr 2021 wurde erneut kein Tritium nachgewiesen. Die Krypton-85 Gehalte lagen mit $0,8$ dpm/ml bei < 1 % des aktuellen Wertes. Im dargestellten „Harfendiagramm“ des Berichts, ebenfalls in Anlage 7.7, liegt der aus Tritium- und Krypton-Werten konstruierte Jungwasseranteil am Nullpunkt. Im Berichtstext wird ein die Messgenauigkeit berücksichtigender potenzieller Jungwasseranteil von < 8 % angegeben. Der im Bericht genannte Wert von < 8 % Jungwasseranteil ist ein theoretischer Wert, der die Grenze der Messgenauigkeit widerspiegelt. Er besagt letztlich nur, dass unterhalb 8 % keine Aussage möglich ist.

Im aktuellen Untersuchungsjahr (2022) ist das Ergebnis mit $0,3 \pm 0,4$ TU angegeben. Dies entspricht einer rechnerisch möglichen Tritium-Konzentration von $0,0 - 0,7$ TU. Nach Aussage des Labors Hydroisotop werden vermehrt Untersuchungsergebnisse in der Form „Tatsächlicher Messwert + Fehlerbereich“ angegeben, was dem Auftraggeber ggf. eine Erkennung möglicher Trends auch unterhalb der angegebenen Nachweisgrenze ermöglichen soll, welches ansonsten durch die hohen Fehlerbereiche maskiert wird. Es ist für die vorliegende Wasserprobe jedenfalls keine Aussage zu treffen, ob das Wasser komplett Tritiumfrei ist oder eine geringe Konzentration feststellbar ist. Dies würde jedoch prinzipiell auch für die herkömmliche Angabe der Tritiumfreiheit ($< 0,6$ TU) zutreffen.

FCKWs stellen einen sensitiven Parameter für einen rezenten atmosphärischen Eintrag und eine anthropogene Beeinflussung dar; diese waren jedoch weder für die Friedrichstherme noch für die Wilhelminetherme nachweisbar.

Kohlenstoff-14 ist ein bewährter Tracer für Wässer mit langen Verweilzeiten. Die Messwerte für Kohlenstoff-14 bewegen sich an der Nachweisgrenze und befinden sich unter Berücksichtigung des Analysenfehlers in einem ähnlich niedrigen Konzentrationsniveau verglichen mit der Friedrichstherme (s. folgende Tabelle). Das Konzentrationsniveau für die Friedrichstherme ist hierbei jedoch im Vergleich etwas höher, das Wasser damit im Vergleich zur Wilhelminetherme trotz der größeren Tiefenlage etwas jünger. Diese Beobachtung ist konsistent mit den hydraulischen Berechnungen für die Fließsysteme (s. Kapitel 9.3).

Probe	¹⁴ C-Konzentration (pmc – percent modern carbon = Prozent moderner Kohlenstoff, inkl. Messgenauigkeit)	
	Friedrichstherme	Wilhelminetherme
23.11.1990	4,0 ± 2,0	–
30.03.1993	–	<2
16.07.1996 bzw. 30.10.1996	4,0 ± 1,0	2,0 ± 1,0
06.09.2017	3,5 ± 1,3	2,8 ± 1,3

Tabelle 23: Konzentration an Kohlenstoff-14 bezogen auf „modernen Kohlenstoff“ (entspricht ca. der typischen atmosphärischen Konzentration im Jahr 1950).

Aus den Ergebnissen und Altersmodellierungen der umfangreichen Beprobungen (Anlage 7.5–7.8) ist zu folgern, dass es sich bei dem geförderten Wasser der Friedrichs- und Wilhelminetherme um „altes“ Wasser (> 20.000 Jahre) handelt. Bei der wiederholten Untersuchung in den Jahren 1996 (Anlage 7.6 bzw. 7.7) und 2017 (Anlagen 7.8) konnte festgestellt werden, dass sich die Altersstruktur des erschlossenen Grundwassers nicht geändert hat und sich auch aufgrund der neuesten Parameterbestimmungen ein Grundwasser-Modellalter im Bereich von > 20.000 Jahren berechnen lässt. Zeitliche Veränderungen der Zuflussbedingungen sind daher nicht zu verzeichnen.

Die Gasführung der beiden Thermen ist gering. Das Gas besteht weitgehend aus Stickstoff (Anlagen 7). Laut den letzten durchgeführten vollständigen Heilquellenanalyse aus dem Jahr 2021 (Anlage 7.4) ist der Gasgehalt beider Wässer vergleichbar (Stickstoffgehalt Friedrichstherme: 30,4 Nml/l; Wilhelminetherme: 34,7 Nml/l). Daher ist die Gasführung beider Thermen – im Gegensatz z.B. zu den CO₂-führenden Heilquellen der Region – von stark untergeordneter Bedeutung und für die Heilquelleneigenschaften nicht relevant. Die Gasparameter belegen ebenfalls eine Stabilität der Aquifersituationen (Anlagen 7).

Die Analysenergebnisse für die Schwefelisotopie aus dem Sulfat-Molekül zeigt eine Herkunft des Sulfats aus Evaporitmineralien des Aquifers der Friedrichs- und Wilhelminetherme an. Das in der Friedrichstherme gelegentlich im Bereich der Nachweisgrenze

beobachtete Nitrat stammt den Analysenergebnissen für die Stickstoffisotopie (am Nitrat-Molekül) nach wahrscheinlich aus der Nitrifikation von organischen oder anorganischen Stickstoffkomponenten des Aquifers der Friedrichstherme und ist somit geogenen Ursprungs.

Prinzipiell lassen alle der oben genannten Verweilzeitenparameter eine lange Aufenthaltszeit im Grundwasserleiter bzw. keine Beimischung einer Komponente mit geringer Verweilzeit erkennen. Es ist nicht auszuschließen, dass es sich bei den deutlich über der Nachweisgrenze (2015) sowie an der Nachweisgrenze (2016) bzw. etwas über der Nachweisgrenze (2020) liegenden Tritiumwerten der Wilhelminetherme um Analysenfehler bzw. eine Kontamination während der Probenahme handelt.

Zusammenfassend ist sowohl für die Friedrichs- als auch für die Wilhelminetherme von einem Wasser mit einer dominierenden sehr langen Verweilzeit (> 20.000 Jahre) auszugehen.

9 Heilquellenschutzgebiet

9.1 Heilquellenschutzgebiets-Richtlinien (LAWA, 1998)

Durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wurden durch den Arbeitskreis „Heilquellenschutzgebiete“ 1998 die „Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete“ herausgegeben [U30]. Heilquellen werden gemäß dieser Richtlinien, entsprechend ihrer Entstehung bestimmten **Bildungstypen** zugeordnet, die jeweils unterschiedliche Schutzmaßnahmen erfordern.

Das Bildungsgebiet einer Heilquelle ist der Bereich, in dem

- Sich das Grundwasser des Fließsystems der Heilquelle neu bildet,
- Sich das Grundwasser und/oder Gas zur Fassungsanlage bewegt,
- Die Mineralisation stattfindet und Gas (Kohlenstoffdioxid, Schwefelwasserstoff, Radon u.a.m.) zugeführt wird.

Es wird grundsätzlich zwischen drei Bildungstypen von Heilquellen unterschieden, zwischen denen es jedoch auch Übergänge geben kann, sodass sich Heilquellen nicht eindeutig einem Bildungstyp zuordnen lassen müssen. Hier sind besondere Aussagen zur Abgrenzung der Schutzzonen und zu den Schutzmaßnahmen zu treffen.

Der jeweilige Grund-Bildungstyp kann nach den folgenden Kriterien bestimmt werden:

Merkmal	Bildungstyp		
	1	2	3
Bildungsgebiet	sehr groß	groß	mittelgroß bis klein
Fließsystem	sehr tiefliegend (über 500 m)	tiefliegend (bis 500 m)	in geringer Tiefe (bis 100 m)
Überdeckung des Fließsystems: - Schutzfunktion - Verbreitung	sehr gut lückenlos	gut örtlich gemindert	gering lückenhaft
Tritium (> 1 TU)	nicht vorhanden	meistens nicht vorhanden	vorhanden
mittlere Verweilzeit	sehr lange	lang	kurz
Temperatur im Vergleich zu üblichen Grundwassertemperatur	deutlich erhöht bis hoch	schwach erhöht	nicht erhöht

Tabelle 24: Übersicht über die Merkmale der Bildungstypen für Heilquellen (nach LAWA).

Je nach Bildungstyp der Heilquelle sind gemäß LAWA (1998, [U30]) unterschiedliche **Schutzzonen** nötig, welche in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt sind:

Schutzzonen	Bildungstyp		
	1	2	3
Quantitativer Schutz			
<i>Zone A</i>	+	+	+
<i>Zone B</i>	+	+	+
Qualitativer Schutz			
<i>Zone I</i>	+	+	+
<i>Zone II</i>	–	(+)	+
<i>Zone III</i>	–	(+)	+

Tabelle 25: Übersicht über die Merkmale des Erfordernisses von Schutzzonen für die Bildungstypen einer Heilquelle [U30].

- + Schutzzone ist erforderlich
- (+) Schutzzonenerfordernis ist im Einzelfall zu prüfen
- Schutzzone ist nicht erforderlich

Für eine Heilquelle sind somit – auch unter sehr vorteilhaften Bedingungen der natürlichen Geschüttheit – mindestens die quantitativen Schutzzonen A und B sowie eine qualitative Schutzzone I vorzusehen. Für die unterschiedlichen Schutzzonen werden in der LAWA (1998) verschiedene Auflagen vorgeschlagen:



Quantitative Schutzzonen

Die **Z o n e A (Innere Zone)** soll so bemessen und ausgestattet sein, dass der individuelle Charakter der Heilquelle oder ihre Schüttung oder Ergiebigkeit nicht beeinträchtigt werden durch:

- Eingriffe in den Untergrund von mehr als **5 m** Tiefe
- Anthropogen verursachte Veränderungen der Oberfläche oder Druckfläche von mehr als **1 m** Tiefe
- Veränderungen der Fließrichtung des sonstigen Grundwassers
- Grundwasser- oder Gasförderung

Die **Z o n e B (Äußere Zone)** soll so bemessen und ausgestattet sein, dass der individuelle Charakter der Heilquelle oder ihre Schüttung oder Ergiebigkeit nicht beeinträchtigt werden durch:

- Eingriffe in den Untergrund von mehr als **20 m** Tiefe
- Anthropogen verursachte Veränderungen der Oberfläche oder Druckfläche von mehr als **3 m** Tiefe

Qualitative Schutzzonen

Die **S c h u t z z o n e I (Fassungsbereich)** soll so bemessen und ausgestattet sein, dass der Schutz der Fassungsanlage und ihrer unmittelbaren Umgebung vor jeglicher Verunreinigung und Beeinträchtigung gewährleistet ist. Ihre Ausdehnung soll im Allgemeinen allseitig von einer Fassungsanlage mindestens 20 m betragen.

Die Abmessung der **S c h u t z z o n e II (Engere Schutzzone)** richtet sich nach der 50-Tage-Linie, innerhalb derer das Grundwasser aufgrund seiner Fließgeschwindigkeit bis zum Eintreffen in der Fassung etwa 50 Tage benötigt. Diese Mindestverweildauer gewährleistet in der Regel, dass pathogene Keime und Mikroorganismen zurückgehalten werden.

Die **S c h u t z z o n e III (Weitere Schutzzone)** soll die Bereiche des Bildungsgebietes umfassen, von denen eine qualitative Gefährdung der Heilquelle ausgehen kann. Dies kann der Fall sein, wenn versickerndes Niederschlagswasser der Fassungsanlage unter Zugrundelegung der Entnahme oder Schüttung aufgrund der geminderten oder lückenhaften Schutzwirkung der Überdeckung des Fließsystems und der Nähe zur Fassungsanlage direkt zuströmen kann.

9.2 Bestimmung des Bildungstyps der Friedrichs- und Wilhelminetherme und notwendige Schutzzonen nach LAWA (1998)

Entsprechend der Tabelle 24 mit den Merkmalen der Bildungstypen für Heilquellen nach LAWA handelt es sich bei der Friedrichs- und Wilhelminetherme um den **Bildungstyp 1**, wie weiterhin nachfolgend aufgezeigt:

Die Bildungsgebiete sind sehr groß (siehe Kapitel 5.3 und Anlagen 3). Die Fließsysteme, in dem Fall der Mittlerer Buntsandstein/Unterer Buntsandstein/Zechstein bei der Friedrichstherme bzw. der Oberer Buntsandstein/Unterer Muschelkalk bei der Wilhelminetherme, liegen mit 764 m bis 1099 m, bzw. 554 m bis 654 m *sehr tief* (über 500 m) und sind im Allgemeinen großflächig ausgedehnt.

Das überwiegende Ton-/Schluffsteinpaket des Unteren Keupers mit einer Mächtigkeit von ca. 32 m stellt die unmittelbare Deckschicht der Thermalwasserstockwerke dar und würde für sich bereits einen ausreichenden und lückenlosen Schutz gewährleisten. Die beiden mächtigen Ton-/Schluffsteinpakete des Gips-Keupers, bestehend aus den Estherienschichten (ca. 48 m) sowie den Lehrbergschichten (ca. 60 m) stellen weitere kompetente Deckschichten dar. Diese Deckschichten sind so beschaffen, dass die Fließsysteme der Heilquellen (und ihr Gashaushalt) durch andere Fließsysteme nicht beeinträchtigt werden und besitzen deshalb eine *sehr gute Schutzfunktion*. Sie erfüllen damit die Voraussetzungen für den Bildungstyp 1.

Weiteres Merkmal des Bildungstyps 1 ist eine Abwesenheit von Tritium (Konzentrationen > 1 TU [U30]). Gemäß den Isotopenhydrologischen Untersuchungen der Thermalwässer der Friedrichs- und Wilhelminetherme (siehe Kapitel 8.4) handelt es sich beim Wasser der Friedrichs- und Wilhelminetherme um *sehr altes* Wasser (> 20.000 Jahre). Die Verweilzeit der Thermalwässer ist damit als *sehr lang* einzustufen. Einzelne, bisher aufgetretenen Tritium-Befunde des Wassers der Wilhelminetherme bewegen sich i.d.R. im Bereich der Nachweisgrenze (diese liegt i.d.R. bei 0,6 TU) und waren jeweils durch Nachbeprobungen nicht zu bestätigen (Kapitel 8.4).

Die Temperaturmittelwerte der Friedrichs- und Wilhelminetherme liegen im Betriebsjahr 2022 konstant zwischen 25,4 und 26,2 °C (Friedrichstherme) bzw. 20,7 und 21,1 °C (Wilhelminetherme). Damit liegt sowohl für die Friedrichs- als auch für die Wilhelminetherme eine deutlich *erhöhte bis hohe* Temperatur im Vergleich zu üblichen Grundwassertemperaturen vor.

Insgesamt weisen die Friedrichs- und Wilhelminetherme eindeutig die Merkmale des **Bildungstyps 1** auf. Somit werden gemäß LAWA (1998, [U30]) jeweils eine gemeinsame quantitative Schutzzone AB sowie eine kombinierte qualitative Schutzzone I für die Friedrichs- und Wilhelminetherme in den beiden nachfolgenden Kapiteln vorgeschlagen und anhand quantitativer Berechnung abgeleitet.

9.3 **Aquiferparameter, hydraulische Charakterisierung des Fließsystem und Berechnung der Ausdehnung der quantitativen Schutzzonen**

Die Berechnung der hydraulischen Parameter sowie der Parameter des Fließsystems für die beiden Thermalbrunnen sind in Anlage 10 aufgeführt. Der hydraulische Gradient des Fließsystems ist für beide Thermen sehr gering und beträgt ca. 0,05 % bei der Friedrichstherme sowie 0,07 % bei der Wilhelminetherme. Als effektive (Kluft-)porosität des Grundwasserleiters werden generell 0,5 % veranschlagt (aus [U31]), was für den Buntsandstein und auch den unteren Muschelkalk in dieser Tiefenlage einen plausiblen Wert darstellt. Aus diesen Randbedingungen errechnet sich eine mittlere Abstandsgeschwindigkeit im Bereich von 1,35 m/Jahr bei der Friedrichstherme sowie 0,97 m/Jahr bei der Wilhelminetherme. Für ein Fließsystem mit einer Länge von ca. 30.000 Metern ergeben sich mit diesen Abstandsgeschwindigkeiten Verweilzeiten von ca. 22.000 Jahre für die Friedrichstherme sowie ca. 31.000 Jahre für die Wilhelminetherme (Anlage 10). Höhere effektive Porositäten würden zu proportional niedrigeren Abstandsgeschwindigkeiten sowie proportional höheren Verweilzeiten führen. So würden sich z.B. die Verweilzeiten bei einem angenommenen Porositätswert von 1 % jeweils verdoppeln. Die aus den hydraulischen Berechnungen (Anlage 10) abgeschätzten Verweilzeiten stimmen sehr gut mit den Ergebnissen des für diese Verweilzeiten bestgeeigneten Umwelttracers ^{14}C überein. Die Berechnungen erklären auch plausibel die beobachteten, etwas höheren ^{14}C -Gehalte der Friedrichstherme (ca. 3,5–4 % pmc (percent modern carbon), s. Tabelle 23) gegenüber der Wilhelminetherme (die Werte schwanken hier um die Nachweisgrenze im Bereich von ca. 2 % pmc). Das tiefere Fließsystem weist daher aufgrund der höheren hydraulischen Durchlässigkeiten (s. weiterhin unten) eine etwas geringere mittlere Verweilzeit auf.

Das quantitative Schutzgebiet für die jeweiligen Thermen wird über die Reichweite des Absenktrichters berechnet. Die Reichweite der Absenktrichter wurden über die klassische Berechnungsformel nach Sichardt (1928) berechnet. Für die Berechnung sind Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte) erforderlich. Für die Berechnung der kf-Werte aus den Transmissivitäten wurden als Aquifermächtigkeiten jeweils nur die zuflussaktiven Aquiferbereiche herangezogen. Für die **Friedrichstherme** ist dies der Abschnitt 764 – 887,5 m des mittleren Buntsandsteins, welcher für 88 % des Gesamtzuflusses verantwortlich ist [U5]. Die

resultierende Mächtigkeit beträgt 123,5 m. Die stratigraphischen Stockwerke mittlerer Buntsandstein, unterer Buntsandstein und Zechstein weisen demgegenüber zusammengenommen 393 m Mächtigkeit auf (Tabelle 2). Für die **Wilhelminetherme** wurde der Abschnitt 553,5 – 654 m angesetzt (oberer Buntsandstein und unterer Muschelkalk), welcher für 98 % des Zuflusses verantwortlich ist und eine Mächtigkeit von 100,5 m aufweist. Die stratigraphischen Stockwerke mittlerer Muschelkalk, unterer Muschelkalk und oberer Buntsandstein, weisen demgegenüber zusammengenommen 208 m Mächtigkeit auf (Tabellen 2 und 3). In [U33] wurde für die Wilhelminetherme sogar eine Aquifermächtigkeit von 250 m veranschlagt.

Eine Berechnung der kf-Werten aus den gesamten stratigraphischen Mächtigkeiten würde zu kleinen kf-Werten führen, was wiederum in relativ kleinen Absenktrichtern resultieren würde. Die im nachfolgenden (Anlage 10) angegebenen Absenktrichter stellen also bereits eine Berechnung des maximal möglichen Umgriffs dar. Der aktive Aquiferbereich der Friedrichstherme weist ca. die doppelte hydraulische Durchlässigkeit (kf-Wert) gegenüber dem der Wilhelminetherme auf (Anlage 10, vgl. auch Kapitel 7.1). Aufgrund der niedrigeren Durchlässigkeiten des Thermalwasserleiters der Wilhelminetherme ergeben sich bei Wasserentnahme proportional stärkere Absenkungen des Druckpotentials gegenüber der Friedrichstherme (Anlage 10).

Laut Bewilligungsbescheid ([U34]) darf die maximal mögliche Entnahme der **Friedrichstherme** 6 l/s betragen. Diese kann jedoch nur kurzzeitig realisiert werden, da im Tagesdurchschnitt lediglich 2,5 l/s (216 m³/Tag) entnommen werden dürfen. Im Jahresdurchschnitt dürfen 1,33 l/s (42.000 m³/Jahr) nicht überschritten werden. Als Berechnungsgrundlage für den Absenktrichter wurde die maximale Tagesentnahme von 2,5 l/s angesetzt, welche theoretisch auch über einen längeren Zeitraum realisiert werden könnte. Der resultierende Absenktrichter hat einen Radius von 92,2 m (Anlage 10).

Laut Bewilligungsbescheid [U9] darf die maximal mögliche Entnahme der **Wilhelminetherme** 1,5 l/s betragen. Diese ist jedoch nur bei einem Ausfall bzw. einer Überprüfung/Sanierung der Friedrichstherme abrufbar. Im Jahresdurchschnitt dürfen 1 l/s nicht überschritten werden. Die Berechnung erfolgte jedoch auf Basis der maximal möglichen Entnahme von 1,5 l/s, da dies bei einer Untersuchung bzw. Sanierung der Friedrichstherme zum Tragen kommen könnte. Der resultierende Absenktrichter hat einen Radius von 99,9 m (Anlage 10).

Für beide Thermen wurden also entsprechend hohe Förderszenarien für die Berechnung der Absenktrichter angesetzt. Aufgrund der räumlichen Nähe der beiden Thermen überlappen sich die Absenktrichter weitestgehend (Anlage 11).

9.4 Schutzgebietsvorschlag für die Friedrichs- und Wilhelminetherme

Aufgrund der räumlichen Nähe der Thermen und der Nutzung benachbarter Aquiferstockwerke werden jeweils kombinierte Schutzgebiete (qualitativ sowie quantitativ) für die beiden Thermen vorgesehen (Anlage 11).

Qualitatives Schutzgebiet (Schutzzone I)

Es besteht bereits ein Qualitatives Schutzgebiet für die Friedrichstherme mit einer Abmessung von 20 x 20 m [U36]. Dies beinhaltet (nach Bescheid [U26]) eine kombinierte Schutzzone I–III. Für den Bildungstyp 1, zu dem die Friedrichs- und Wilhelminetherme gehören, ist eine Zone II sowie eine Zone III nicht erforderlich. Nach LAWA (1998) ist demgegenüber allseitig ein Abstand von der Fassungsanlage von mindestens 20 m vorzusehen.

Es wird eine qualitative Schutzzone I mit einer in etwa ovalen Ausformung und einem Mindestradius von 20 m vorgeschlagen. Das geplante Schutzgebiet ist in der Anlage 11 dargestellt. Das qualitative Schutzgebiet befindet sich auf dem Flurstück des Fassungsbereiches und wird nur durch die Mitarbeiter der Stadtwerke Bayreuth bzw. beauftragter Unternehmen betreten. Das qualitative Schutzgebiet soll im Detail wie folgt abgegrenzt und markiert werden:

- Im Torbereich folgt die Grenze dem Zaun bzw. Tor bzw. der Ostseite der Brücke über die Warme Steinach. Am Tor wird ein Hinweisschild „Wasserschutzgebiet“ angebracht.
- Im Bereich Südwest und Südost wird vorgeschlagen, den Flurgrenzen zur Warmen Steinach zu folgen. Aufgrund der natürlichen Abgrenzung durch den Fluss erübrigt sich eine Beschilderung.
- Im Nordosten wird vorgeschlagen, eine Abgrenzung mittels Rundpfosten (Höhe ca. 1,5 m, blau gestrichen) durchzuführen. Ein Pfosten soll an der einspringenden Flurgrenze an der Warmen Steinach platziert werden. Von hier folgt die gerade Schutzgebietsgrenze der Tangente an den 20m-Radius der Friedrichstherme. Die Grenze sollte sich somit am Fuße des angeschütteten Hügels der Vorschächte bewegen.
- Die Lage der Nordecke wird ebenfalls über einen Rundpfosten markiert. Die in der Karte dargestellte Position wurde aus logistischen Gründen gewählt, da an dieser Stelle eine flache Grabenstruktur das Wiesengelände durchzieht. Die randliche Lage an der Grabenstruktur soll die Pflege (Mäharbeiten) des Wiesengeländes vereinfachen.
- Von der Nordecke folgt die Schutzgebietsgrenze dann einer geraden Linie zum Torpfosten (linker Torpfosten von außen gesehen).

Quantitatives Schutzgebiet (Schutzzonen A und B)

Das quantitative Schutzgebiet basiert auf der Erstreckung der berechneten Absenktrichter (s. vorheriges Kapitel). Aufgrund der weitgehenden Überlappung der beiden Absenktrichter wird als Außengrenze des quantitativen Schutzgebietes die äußere Umfassung der beiden Trichter-Außengrenzen vorgeschlagen (Anlage 11). Die beiden Thermen befinden sich relativ nahe an der nordöstlichen Randstörung der Creußener Grabenscholle (Seulbitzer Störung), der minimale Abstand der Störung zur Friedrichstherme (aus [U37]) beträgt ca. 80 m, zur Wilhelminetherme ca. 94 m. Aus hydrogeologischer Sicht wäre es vertretbar, aufgrund der Undurchlässigkeit der Störung, das Schutzgebiet auf die Grabenscholle (nicht über die Störung ausgreifend) zu beschränken. Die maximale Erstreckung der berechneten Absenktrichter über die Störung hinaus beträgt jedoch nur ca. 10 m und ist auf einen relativ kleinräumigen Bereich beschränkt. Aufgrund der Überdeckung durch quartäre Talsedimente ist der exakte Störungsverlauf erfahrungsgemäß nicht sicher zu bestimmen. Unter Zugrundelegung eines Unsicherheitsbereiches der Lage der Störung von 10 m kann dieser Bereich dem Einzugsbereich zugerechnet werden und es wird vorgeschlagen, den Radius der Absenktrichter für die Außengrenze der quantitativen Schutzzone(n) zu verwenden.

Das qualitative Schutzgebiet soll im Detail wie folgt abgegrenzt werden:

Generell sollten nach Möglichkeit Flurstücke, auf welche sich die fachliche Ermittlung eines Schutzgebietes erstreckt, im Sinne einer eindeutigen und rechtssicheren Zuordnung in Gänze mit in das Schutzgebiet integriert werden. Im Südwesten (Sportplatzgelände) sowie im Osten (Wiesenflächen im Auebereich) würden die Flurstücksgrenzen hinsichtlich einiger großer angeschnittener Flurstücke jedoch unverhältnismäßig über die fachlich bemessenen Grenzen ausgreifen. Demzufolge werden diese Flurstücke nur zum Teil in das Schutzgebiet einbezogen. Die entsprechenden Stellen werden nachfolgend noch detailliert beschrieben, der resultierende Schutzgebietsumfang ist in **Anlage 11** dargestellt.

Bereich Südwest „Sportplatz“ (Flurstück Nr. 150):

- Von der Grenze Flurstück 34 zu Flurstück 84 an der Warmen Steinach Querung Fußballplatz zur östlichen Ecke des nördlichen, direkt an der Warmen Steinach gelegenen Gebäudes auf dem Flurstück Nr. 150.
- Von dort weiter zur nordöstlichen Ecke des Sportheimes (Hausnr. 2) auf dem Flurstück Nr. 150.
- Von der nordöstlichen Ecke Sportheim zur südwestlichen Ecke kleine Scheune auf Grundstück Rodersberg 4 (ca. 11 m parallel südwestlich der nordöstlichen Torauslinie Fußballplatz).

Im Osten (Flurstücke Nr. 98, Nr. 106 und Nr. 101):

- Von Kreuzung Fluchtpunkt nördliche Ecke Wohngebäude Rodersberg 15 mit der Südgrenze von Flurstück Nr. 101 über westlicher Mäander Mühlbach zu Grenze Flurstück „Warme Steinach“ bei der östlichen Ausbuchtung des Flusses.
- Weiterer Verlauf (wie im Plan angegeben) auf der Ostseite der warmen Steinach bis zur gedachten Verlängerung der Flurstücksgrenze Flurstücke 95 und 95/7 (nördlich der Warmen Steinach).
- Kenntlichmachung im Gelände über zwei Pfosten mit Hinweisschild „Wasserschutzgebiet“ sowie dazwischenliegend mittels dreier Rundpfosten (Höhe ca. 1,5 m, blau gestrichen) (Anlage 11).

Eine Untergliederung des Schutzgebietes in die nach LAWA vorgeschlagenen Schutzzonen A und B hinsichtlich unterschiedlicher Auflagen wird als nicht sinnvoll erachtet (siehe auch nachfolgendes Kapitel), so dass wir vorschlagen, die quantitativen Schutzzonen A und B im Rahmen des geplanten Schutzgebietes zusammenzulegen.

9.5 Vorschlag für Auflagen bzw. Verbote in den Schutzzonen

Qualitative Schutzzone I

Hinsichtlich der Qualitativen Schutzzone I wird vorgeschlagen, die folgenden Nutzungseinschränkungen vorzunehmen. Folgende Verbote werden in Anlehnung an [U36] vorgeschlagen:

1. Landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung.
2. Sonstige Bodennutzung und -benutzung (soweit nicht unter Nr. 3 bis 6 geregelt).
3. Lagerung und Umgang mit wassergefährdeten Stoffen.
4. Abwasserbeseitigung sowie Errichtung oder Erweiterung von Anlagen zur Abwasserbehandlung oder -beseitigung.
5. Verkehrswege oder -plätze mit besonderer Zweckbestimmung zu errichten oder zu erweitern.
6. Bauliche Anlagen zu errichten oder zu erweitern, sofern diese nicht mit den Wasserfassungen (z.B. Brunnenvorschächte) in Zusammenhang stehen.
7. Betreten oder Befahren (außer zum Brunnenbetrieb, zur baulichen Instandhaltung und zur Pflege des Fassungsgebietes erforderliche Maßnahmen).

Quantitative Schutzzonen A und B

In den quantitativen Schutzzonen sollten die stauenden Deckschichten der Thermalwasserleiter und den überlagernden Grundwasserstockwerken nicht durch Bohrungen (z.B. für Erdwärmesonden) durchörtert werden. Das Top der Lehrbergsschichten befindet sich in beiden Thermen bei 175 m unter Gelände. Jedoch sind auch die basalen 25 m des Blasensandsteins in beiden Bohrungen überwiegend bindig ausgebildet (Anlagen 2). Diese bindigen Abfolgen des Blasensandsteins erhöhen das Schutzniveau der Lehrbergsschichten zusätzlich und sollten daher ebenfalls nicht durchörtert werden. Es wird vorgeschlagen, Bohrungen auf eine **maximale Tiefe** von **150 m** zu begrenzen. Dies betrifft den Gesamtbereich des vorgeschlagenen Schutzgebietes, so dass eine Untergliederung desselben in die Zonen A und B mit einer abgestuften Bohrtiefenbegrenzung als nicht zielführend erachtet wird. Dementsprechend schlagen wir vor, die quantitativen Schutzzonen A und B im Rahmen des geplanten Schutzgebietes zusammenzulegen.

10 Gefährdungspotentiale

Aufgrund der Tiefenlage und Druckverhältnisse der genutzten Grundwasserstockwerke und der Deckschichtensituation sind keine möglichen Beeinflussungen bzw. Verunreinigungen (z.B. durch Straßen, Landwirtschaft, Wohnbebauung, Hochwasserereignisse etc.) ersichtlich. Diese Punkte werden nachfolgend jedoch noch eingehender betrachtet.

10.1 Benachbarte Wasserfassungen

Im weiteren Umfeld der beiden Thermalbohrungen befand sich das Brunnenfeld Laineck der Stadtwerke Bayreuth. Hierbei befanden sich die Brunnen Laineck I, III und IV südwestlich der beiden Thermalbohrungen und wiesen Ausbautiefen von 343 m, 348 m sowie 254 m auf. Hierbei war meist ein stockwerksübergreifender Ausbau vom Benker Sandstein bis zum Sandsteinkeuper gegeben, Der Brunnen Laineck V (Tiefe 355 m) war nordöstlich der begrenzenden Störung gelegen und im Buntsandstein verfiltert. Das Brunnenfeld Laineck wurde inzwischen zurückgebaut. Der Brunnen V wurde 2006 und die Brunnen I, III und IV im Jahr 2014 zurückgebaut und zementiert. Die Rückbau- und Zementationsarbeiten waren an allen vier Brunnen erfolgreich. Die durch die Brunnen geschaffene hydraulische Verbindung mehrerer Grundwasserstockwerke wurde dauerhaft beseitigt. Die ehemaligen Lainecker Brunnen stellen damit kein Gefährdungspotential für die Friedrichs- oder Wilhelminetherme dar.

10.2 Nahegelegene Straßen

Die nahegelegene Straße (Hirtenbühl bzw. Rodersberg) befindet sich in einem Abstand von ca. 45 m zu der Thermalbohrung der Friedrichstherme und ca. 30 m zu der Thermalbohrung der Wilhelminetherme. Ein Zufahrtsweg zu einem Anwesen, der sich südlich der beiden Thermalbohrungen und südlich der Warmen Steinach befindet, hat einen Abstand von etwa 30–33 m. Weitere Straßen sind im direkten Umfeld der Friedrichs- und Wilhelminetherme nicht vorhanden. Eine etwaige Gefährdung z.B. durch auslaufende Betriebsstoffe im Rahmen von Verkehrsunfällen würde durch bindige Auesedimente (Auelehm) abgehalten werden bzw. maximal das oberflächennahe Grundwasser betreffen. Die beiden Bohrungen sind durch tiefreichende Rohrtouren zementiert (Friedrichstherme 0–19,5 m und 0–413,5 m bzw. bis 765 m (Oberkante Perforationsstrecke); Wilhelminetherme 0–21m und 0–411 m. Demzufolge ist durch vom Straßenverkehr ausgehende potentielle Gefährdungsszenarien keine Gefährdung der Brunnen ersichtlich.

10.3 Hochwassergefährdung

Die Thermalbohrungen Friedrichs- und Wilhelminetherme liegen zwar im Auebereich der Warmen Steinach, jedoch auf einer Anhöhe (gemeinsamer angeschütteter Hügel der Schachtbauwerke) mit einer Oberkante erheblichen über dem umgebenden Gelände.

Hinsichtlich der im UmweltAtlas Bayern [U37] hinterlegten Karten zur Überflutungsgefährdung ist vermutlich ein Fehler in dem für die Erstellung verwendeten digitalen Geländemodell vorhanden. Die beiden Schachtbauwerke weisen prinzipiell dieselbe Geländehöhe auf und besitzen eine gemeinsame Erdanschüttung. Bei allen im Umweltatlas hinterlegten Hochwasserszenarien (HQ_{häufig}, HQ₁₀₀, HQ_{extrem}) ragt das Schachtbauwerk der Friedrichstherme als Insel aus dem Überflutungsbereich der Warmen Steinach heraus. Demgegenüber wird die Wilhelminetherme im Rahmen der Kartendarstellung selbst bei einem häufigen (HQ₁₀) Hochwasser „überflutet“. Vermutlich ist im Bereich der Wilhelminetherme die Anschüttung nicht im digitalen Geländemodell erfasst. Aufgrund der Höhe (Die Geländeoberkante der Auffüllung befindet sich auf ca. 353,60 m NN) des gemeinsamen Schachthügels ist eine Überflutung selbst bei einem extremen Hochwasser (mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von ca. 1.000 Jahren) mit großer Sicherheit nicht zu befürchten. Die Schachtbauwerke sind in einer Betonstärke von 30 cm (Wände, Böden, Decken) ausgeführt und weisen eine dementsprechende Wasserdichtigkeit auf.

Den Auebereich überflutende Hochwässer können sich naturgemäß auf die Grundwasserhältnisse in den quartären Sedimenten auswirken (z.B. Potentialumkehr im quartären Grundwasserleiter). Da die Thermalbohrungen sehr tiefliegende Grundwasserleiter

erschließen und über mehrere technische Rohrtouren (siehe vorhergehender Punkt) gegen die überlagernden Grundwasserstockwerke abgesperrt sind, stellen Hochwässer keine Gefährdung der Friedrichs- oder Wilhelminetherme dar.

11 Zusammenfassung und Bewertung

Die beiden Thermalbohrungen Friedrichstherme (Tiefe 1122 m) und Wilhelminetherme (Tiefe 661 m) im Stadtteil Laineck von Bayreuth erschließen Thermalwasser prinzipiell aus den Bereichen Mittlerer Buntsandstein (Hauptzuflusszone Friedrichstherme) sowie Oberer Buntsandstein (Hauptzuflusszone Wilhelminetherme). Die beiden Thermalbohrungen weisen einen Abstand von lediglich 18 m zueinander auf. Die Friedrichstherme ist bereits eine staatlich anerkannte Heilquelle, der Antrag zur Zulassung der Wilhelminetherme als staatliche anerkannte Heilquelle wurde am 20.09.2023 bei der Stadt Bayreuth eingereicht. Es besteht bereits ein ausgewiesenes qualitatives Schutzgebiet für die Friedrichstherme mit einer Abmessung von 20 x 20 m aus dem Jahr 2022 [U36], welches eine kombinierte Schutzzone I–III beinhaltet. Für beide Thermalbohrungen soll als Ersatz für das bestehende Schutzgebiet sowie als Ergänzung konsequenterweise ein gemeinsames Heilquellenschutzgebiet ausgewiesen werden.

Das Neubildungsgebiet der Thermalwasserleiter befindet sich ca. 30 km südöstlich im Bereich des frei austreichenden Buntsandsteins im Bereich Eschenbach/Grafenwöhr/Kaltenbrunn. Der Buntsandstein-Wasserspiegel im Neubildungsgebiet befindet sich auf einer Höhe von ca. 415 – 435 m NN, welche das hohe, artesisch gespannte, Druckniveau der Friedrichs- und Wilhelminetherme plausibel erklärt. Die hydraulische Situation ist stabil und die Grundwasserleiter werden nicht übernutzt (Anlage 9). Auch hydrogeochemisch und isotopenhydrologisch ist eine stabile Situation gegeben. Die stabilen Wasserisotope deuten auf kaltzeitliche Neubildungsbedingungen hin. Wiederholte Kohlenstoff-14-Analysen zeigen eine Konzentration im Bereich von ca. 3,5–4 % modernen Kohlenstoff bei der Friedrichstherme, und ca. 2 % modernen Kohlenstoff bei der Wilhelminetherme, welches sich im Bereich der Nachweisgrenze bewegt. Die resultierenden ¹⁴C-Modellalter betragen bei beiden Thermalwässern > 20.000 Jahre (Anlage 7.8). Hydraulische Berechnungen für die Fließsysteme (Anlage 10) ergeben mit diesen Ergebnissen sehr gut übereinstimmende mittlere Verweilzeiten im Bereich von ca. 22.000 Jahren (Friedrichstherme) bzw. ca. 31.000 Jahren (Wilhelminetherme).

Bei der Friedrichs- und Wilhelminetherme handelt es sich nach den Kriterien der Heilquellenschutzgebiets-Richtlinie (LAWA, [U30]) um den **Bildungstyp 1**. Beim Bildungstyp 1 genügt prinzipiell ein quantitativer Schutz (Schutzzonen A und B), damit das Fließsystem und ggf. der Gashaushalt nicht beeinträchtigt werden. Es ist ebenfalls ein begrenztes qualitatives Schutzgebiet im unmittelbaren Umfeld der Fassungen auszuweisen (Schutzzone I), welches sich auf einen Mindestradius von 20 m um die Fassungen herum erstrecken soll.

Das vorgeschlagene **qualitative Schutzgebiet** (Anlage 11) befindet sich auf dem Flurstück des Fassungsgebietes. Es weist einen Mindestradius von 20 m um die Brunnen auf. Als natürliche Begrenzung im Südwesten und Südosten ist die Flurstücksgrenze zur Warmen Steinach vorgesehen. Die Begrenzung im Westen, Nordwesten bzw. Nordosten wird über den Torbereich bzw. Rundpfosten (blau gestrichen) definiert.

Das vorgeschlagene **qualitative Schutzgebiet** (Anlage 11) basiert auf den hydraulischen Berechnungen der Absenktrichter für die beiden Thermalbrunnen. Diese weisen Radien von 92,2 m (Friedrichstherme) und 99,9 m (Wilhelminetherme) für die maximal über einen längeren Zeitraum zu realisierenden Entnahmemengen auf. Diese hydraulisch berechneten und damit fachlich bemessenen Schutzgebietsgrenzen werden rechtlich nachvollziehbar nach Möglichkeit Flurstücksgenau umhüllt (Maßgabe nach LAWA, [U30]). Im Südwesten (Sportplatzgelände) sowie im Osten (Wiesenflächen im Auebereich) würden die Flurstücksgrenzen hinsichtlich einiger großer angeschnittener Flurstücke jedoch unverhältnismäßig über die fachlich bemessenen Grenzen ausgreifen. Demzufolge werden diese Flurstücke nur zum Teil in das Schutzgebiet einbezogen. Wo zweckdienlich, werden die Grenzen im Gelände mittels einer entsprechenden Schutzgebiets-Beschilderung sowie Rundpfosten (blau gestrichen) kenntlich gemacht (Anlage 11).

Die maßgebliche schützende Überdeckung der Thermalwasserleiter stellen prinzipiell die bindigen Sedimente des Unteren Keupers sowie der Estherien- und Lehrbergschichten dar, welche zusammengenommen eine Mächtigkeit von ca. 140 m aufweisen und sich in einer Tiefenlage von 175 – 406 m unter Gelände befinden. Eingeschaltet zwischen diese stauenden Einheiten befinden sich die Grundwasserstockwerke des Schilfsandsteines sowie insbesondere das des Benker Sandsteins, welche jedoch mit den Thermalwasserhorizonten in keinerlei hydraulischem Zusammenhang stehen. Durch die mächtige bindige Überdeckung inklusive zwischenlagernder Aquifere spricht aus Sicht des Heilquellenschutzes nichts gegen eine Nutzung des an der Oberfläche austreichenden Sandsteinkeupers für eine Nutzung für z.B. hinsichtlich Zwecken der flachen Geothermie (z.B. geschlossenen Erdwärmesonden). Es wird vorgeschlagen die Bohrtiefe hierfür auf 150 m zu begrenzen, da die



basalen Einheiten des Sandsteinkeupers ebenfalls überwiegend bindig ausgebildet sind und als zusätzlicher Schutz nicht durchörtert werden sollten.

In Bezug auf diese Gegebenheiten wird eine Untergliederung der Schutzzonen in die nach LAWA vorgeschlagenen Zonen A und B mit unterschiedlichen Auflagen als nicht sinnvoll erachtet, so dass wir vorschlagen, die quantitativen Schutzzonen A und B im Rahmen des geplanten Schutzgebietes zusammenzulegen.

Piewak & Partner GmbH
Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz
Bayreuth, 23.10.2023

Bearbeiterin

Anja Mallanik
M. Sc. Geoökologie

Bearbeiter

Dr. Sebastian Schmidt
Diplom-Geoökologe

Geschäftsführer

Manfred Piewak
Diplom-Geologe
Sachverständiger nach § 18
BBodSchG

Verwendete Unterlagen

Im Rahmen der Berichtserstellung wurden folgende Unterlagen verwendet:

- [U1] LANDESAMT FÜR DIGITALISIERUNG, BREITBAND UND VERMESSUNG (2022): BayernAtlas. <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/>, Augsburg.
- [U2] PIEWAK & PARTNER GMBH (2004): Hydrogeologisches Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth. Bayreuth.
- [U3] PIEWAK & PARTNER GMBH (2006): Nachtrag zu: Hydrogeologisches Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth (12.07.2004). Bayreuth.
- [U4] HELMKAMPF, K. E. (2009): Tektonische Kontrolle des Einzugsgebietes der Bayreuther Thermalbohrungen (sowie der Brunnenfelder Lehen und Osterbrunnen). Geol. Bl. NO-Bayern 59, 197–214.
- [U5] ARGE BAYREUTHWASSER (2013): Zustandsuntersuchung der Friedrichstherme: Technische Kontrolle der Wilhelminentherme Dokumentation der durchgeführten Arbeiten. Bayreuth.
- [U6] ARGE BAYREUTHWASSER (2013): Zustandsuntersuchung der Wilhelminentherme: Technische Kontrolle der Wilhelminentherme Dokumentation der durchgeführten Arbeiten. Bayreuth.
- [U7] REGIERUNG V. OFR. – BERGAMT NORDBAYERN (2003): Bewilligungsbescheid, Hauptbetriebsplan, Aktenzeichen 340-3909.125.02-II/4-767/2003. Bayreuth.
- [U8] REGIERUNG V. OFR. – BERGAMT NORDBAYERN (2008): Änderungsbescheid, Hauptbetriebsplan Aktenzeichen 26-3909.125.02-II/4-3396/2008. Bayreuth.
- [U9] REGIERUNG V. OFR. – BERGAMT NORDBAYERN (2010): Bewilligungsbescheid, Wasserrecht, Aktenzeichen 26-3909.125.02-II/4-4396/2010. Bayreuth.
- [U10] PIEWAK & PARTNER (2015): Hauptbetriebspläne Friedrichstherme und Wilhelminentherme. Bayreuth.
- [U11] PIEWAK & PARTNER GMBH (2017, 2022): Bericht zum Betrieb der Friedrichstherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH - 5-Jahresbericht 2011 – 2015 sowie 5-Jahresbericht 2016 – 2020. Bayreuth.
- [U12] PIEWAK & PARTNER GMBH (2017, 2022): Bericht zum Betrieb der Wilhelminentherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH - 5-Jahresbericht 2011 – 2015 sowie 5-Jahresbericht 2016 – 2020. Bayreuth.
- [U13] PIEWAK & PARTNER GMBH (2017, 2018, 2019, 2020, 2022): Jahresberichte zum Betrieb der Friedrichstherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH - Betriebsjahre 2016, 2017, 2018, 2019, 2020. Bayreuth.
- [U14] PIEWAK & PARTNER GMBH (2017, 2018, 2019, 2020, 2022): Jahresberichte zum Betrieb der Wilhelminentherme der Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH - Betriebsjahre 2016, 2017, 2018, 2019, 2020. Bayreuth.
- [U15] UTC BAYREUTH / EUROFINS INSTITUT JÄGER GMBH (2021): Prüfberichte Laufende Betriebsüberwachung und Mikrobiologische Untersuchung. Bayreuth.
- [U16] INSTITUT FÜR WASSERCHEMIE UND CHEMISCHE BALNEOLOGIE DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN, HERR DR. BAUMANN (2017): Bayreuth, Wilhelminentherme, Heilquellenanalyse vom 07.09.2017. München.
- [U17] LABORUNION PROF. HÖLL & CO. GMBH (2021): Bayreuth Friedrichstherme Prüfprotokoll, Heilwasserkontrollanalyse und Heilwasser-Analyse. Bad Elster.
- [U18] LABORUNION PROF. HÖLL & CO. GMBH (2021): Bayreuth Wilhelminentherme Prüfprotokoll, Heilwasserkontrollanalyse und Heilwasser-Analyse. Bad Elster.
- [U19] HYDROISOTOP GMBH (1993): Ergebnisse von Isotopen- und Gasgehaltsbestimmungen an Grundwasserproben der Geothermiebohrung Bayreuth (Therme II). Schweitenkirchen.

- [U20] HYDROISOTOP GMBH (1997): Ergebnisse der hydrochemischen, isotonhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme I (Friedrichstherme). Schweitenkirchen.
- [U21] HYDROISOTOP GMBH (1997): Ergebnisse von hydrochemischen, isotonhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme II (Wilhelminetherme) und Vergleich der Ergebnisse mit den Untersuchungen an der Geothermiebohrung Bayreuth Therme I (Friedrichstherme). Schweitenkirchen.
- [U22] HYDROISOTOP GMBH (2019): Prüfbericht Nr. 325635 Friedrichstherme – Tritiumbestimmung. Schweitenkirchen.
- [U23] HYDROISOTOP GMBH (2016, 2018 und 2019): Prüfberichte Wilhelminetherme – Tritiumbestimmung. Schweitenkirchen.
- [U24] HYDROISOTOP GMBH (2017, 2018, 2020 und 2021): Prüfberichte Friedrichstherme – Tritium-, Sauerstoff-, Deuteriumbestimmung. Schweitenkirchen.
- [U25] HYDROISOTOP GMBH (2017, 2020 und 2021): Prüfberichte Wilhelminetherme – Tritium-, Sauerstoff-, Deuteriumbestimmung. Schweitenkirchen.
- [U26] HYDROISOTOP GMBH (2017): Isotonhydrologische Untersuchungen am Thermalwasser der Friedrichstherme, Prüfbericht Nr. 303509. Schweitenkirchen.
- [U27] HYDROISOTOP GMBH (2017): Isotonhydrologische Untersuchungen am Grundwasser der Wilhelminetherme, Prüfbericht Nr. 303510. Schweitenkirchen.
- [U28] HYDROISOTOP GMBH (2016): Isotonhydrologische Untersuchungen am Thermalwasser der Friedrichs- und Wilhelminetherme in Bayreuth. Schweitenkirchen.
- [U29] PIEWAK & PARTNER GMBH (2021): Nachtrag II zu: Hydrogeologisches Konzept Wilhelminen- und Friedrichstherme Bayreuth (12.07.2004), Bayreuth.
- [U30] LÄNDERGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1998): Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete, 3. Auflage. Berlin.
- [U31] WATEC (1992). Hydrogeologische Begutachtung zur „Friedrichstherme“ in Bayreuth mit Auswertung der Pumpversuche. Unveröffentlichter Bericht für die Stadtwerke Bayreuth, Markt Schwaben.
- [U32] DISCHNER, G. (1998). Grundwasserbilanzierung zur Neufestsetzung der Entnahmemengen und Schutzgebiete für die Brunnenfelder Lehen und Osterbrunnen. ARGE Osterbrunnen, unveröffentlichter Bericht für die Bayreuther Energie- und Wasserversorgungs-GmbH.
- [U33] GEOTEAM GMBH (2001): Durchführung eines Pumpversuches an der Wilhelminetherme, Ersatzbrunnen Laineck II. Unveröffentlichter Bericht für die Bayreuther Energie- und Wasserversorgungs-GmbH.
- [U34] BERGAMT BAYREUTH (1994): Bewilligungsbescheid (Friedrichstherme), Aktenzeichen 710/3-B-1519. Bayreuth.
- [U35] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1995): Heilquellenanerkennung Friedrichstherme. Aktenzeichen 11/42A-4533.3-001/95. München.
- [U36] STADT BAYREUTH (2002): Verordnung über das Quellenschutzgebiet für die staatlich anerkannte Heilquelle „Friedrichstherme“ der Stadt Bayreuth. Bayreuther Stadtrecht, 27. Ergänzung, August 2022, Bayreuth.
- [U37] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2022): UmweltAtlas Bayern. <https://www.umweltatlas.bayern.de/>, Augsburg.



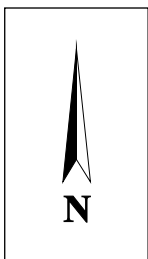
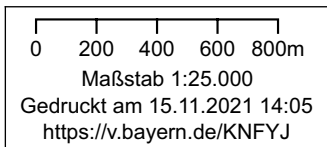
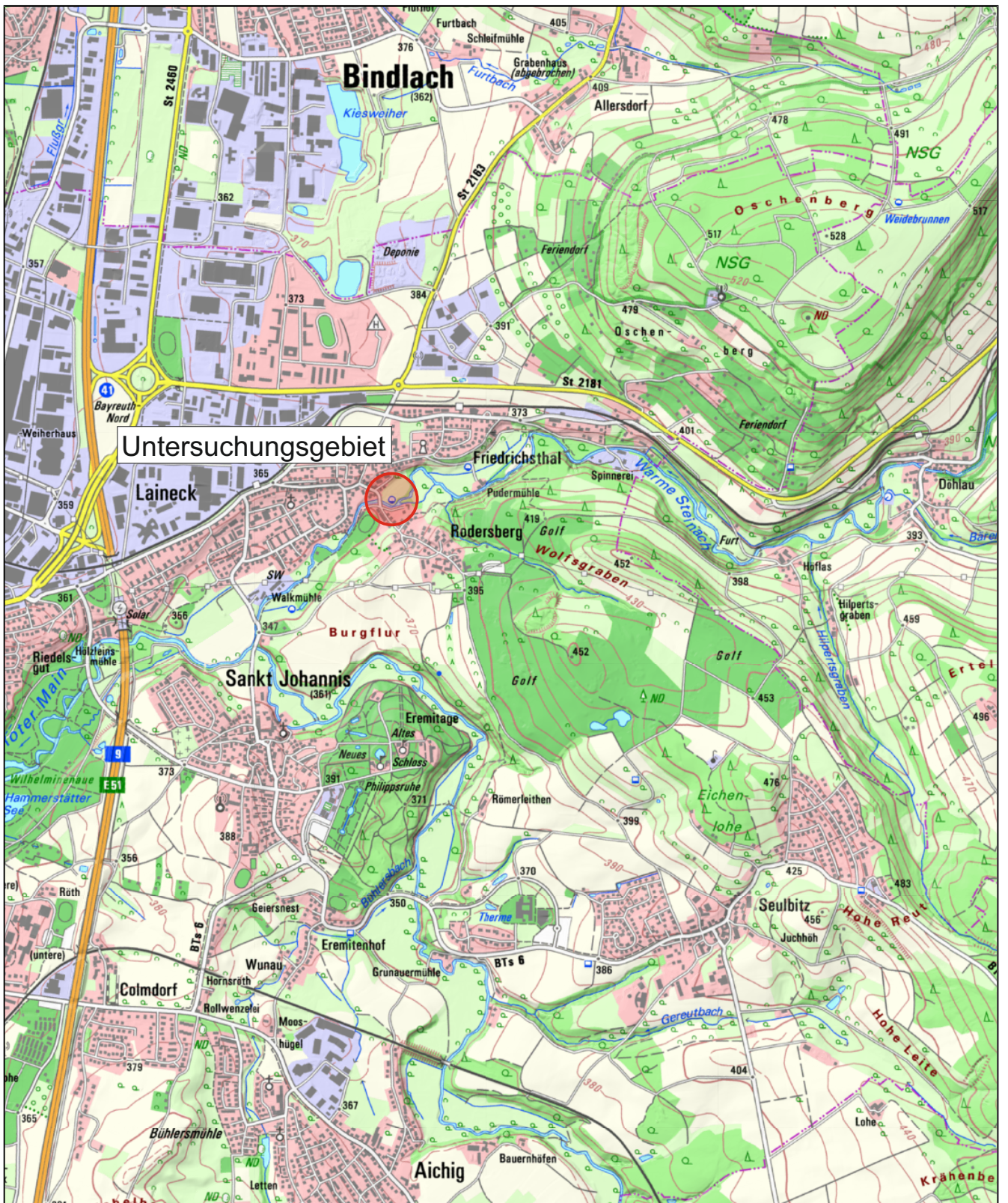
Anlage 1

Lagepläne und Rechtsverhältnisse



Anlage 1.1

Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000

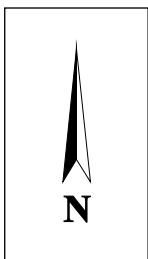
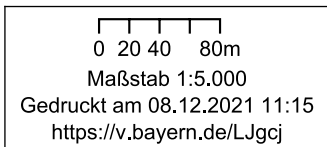
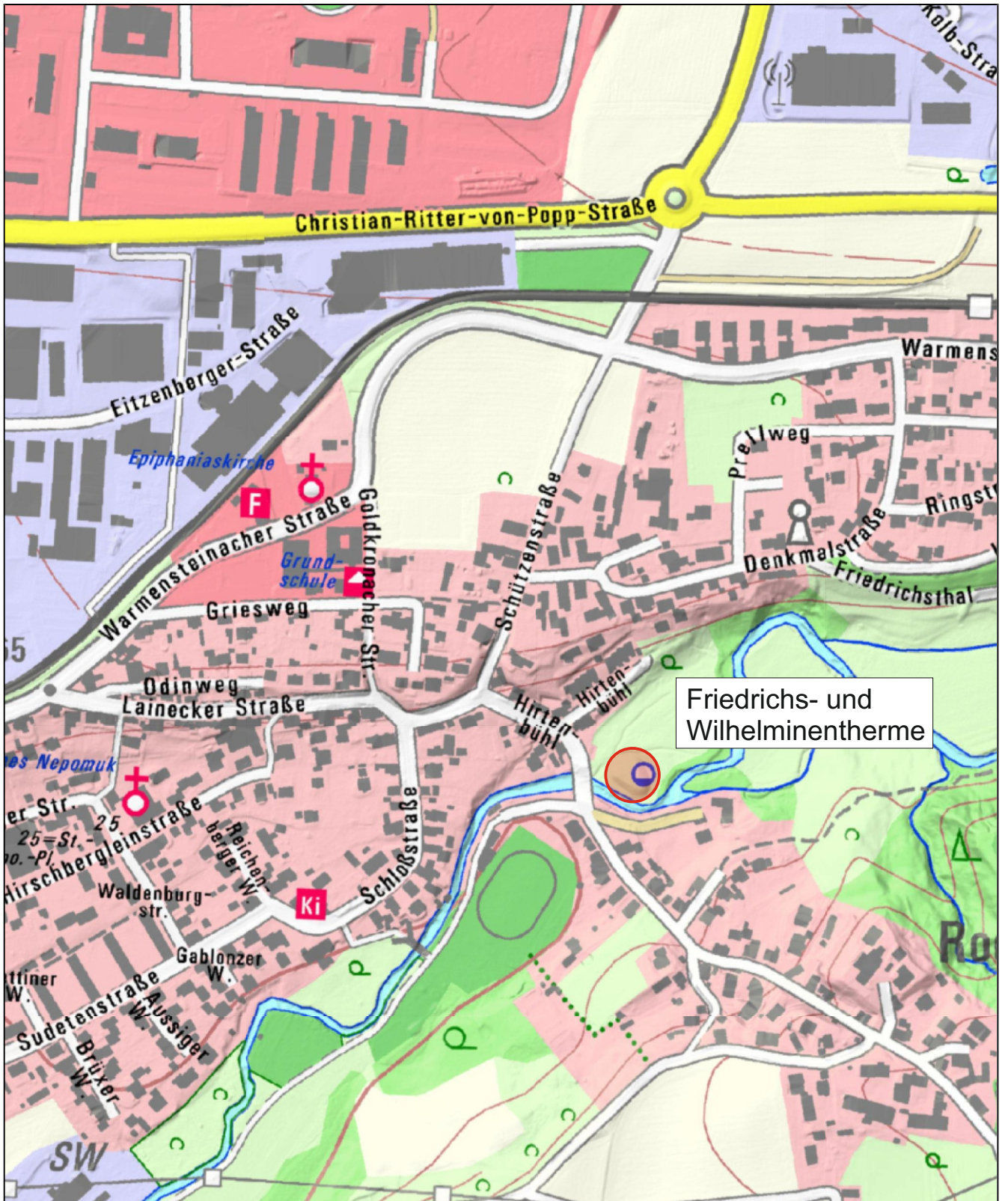


<p align="center">Stadtwerke Bayreuth, Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Wilhelminen- und Friedrichstherme</p>		Anlage: 1.1	
		Projekt-Nr.: 17063	
<p>Maßstab 1 : 25.000</p>	<p>Übersichtslageplan</p> <p>(Kartengrundlage: Bayernatlas Onlinedienst, Topographische Karte)</p>	<p>Tag</p> <p>15.11.2021</p>	<p>Name</p> <p>am</p>
		<p>gez. gepr. geänd.</p>	<p>Bayreuth, den 15.11.2021</p> <p align="right"><i>A. Mallanik</i></p> <p align="right">..... (Unterschrift)</p>
<p align="center">PIEWAH & PARTNER GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 - info@piewak.de</p>			



Anlage 1.2

Lageplan, Maßstab 1 : 5.000



<p align="center">Stadwerke Bayreuth, Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Wilhelminen- und Friedrichstherme</p>		Anlage: 1.2	
		Projekt-Nr.: 17063	
<p>Maßstab 1 : 5.000</p>	<p>Detaillageplan</p> <p><small>(Kartengrundlage: Bayernatlas Onlinedienst, Topographische Karte)</small></p>	<p>Tag gez. 08.12.2021</p>	<p>Name am</p>
		<p>geänd.</p>	
<p align="center">PIEWAK & PARTNER GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 - info@piewak.de</p>		<p align="right">Bayreuth, den 08.12.2021</p> <p align="right"><i>A. Mallatnik</i> (Unterschrift)</p>	

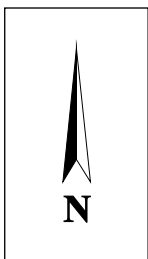


Anlage 1.3

Luftbild, Maßstab 1 : 5.000



0 20 40 80m
 Maßstab 1:5.000
 Gedruckt am 08.12.2021 12:46
<https://v.bayern.de/fg2j7>



<p align="center">Stadtwerke Bayreuth, Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Wilhelminen- und Friedrichstherme</p>		Anlage: 1.3	
		Projekt-Nr.: 17063	
Maßstab 1 : 5.000	<p>Luftbild</p> <p><small>(Kartengrundlage: Bayernatlas Onlinedienst, Luftbild)</small></p>	Tag 08.12.2021	Name am
<p>PIEWAK & PARTNER GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 - info@piewak.de</p>		Bayreuth, den 08.12.2021  (Unterschrift)	



Anlage 1.4

Rechtsverhältnisse



Anlage	1.4
Projekt	Stadtwerke Bayreuth, Festsetzung eines gemeinsamen Heilquellenschutzgebietes für die Wilhelminen- und Friedrichstherme
Projekt-Nr.	17063

Rechtsverhältnisse

Eigentümer, Betreiber und Unterhaltspflichtiger der baulichen Anlagen sind die Stadtwerke Bayreuth, Energie und Wasser GmbH, Bayreuth.

Die Eigentumsverhältnisse der Grundstücke auf dem sich die Friedrichs- und Wilhelminen-therme befinden, sind im Folgenden dargestellt:

Fassungsbereich	Eigentümer	Gemarkung
Flurnummer 95	Stadt Bayreuth	Laineck



Anlage 2

Geologische Profile der Wilhelminen- und Friedrichstherme



Anlage 3

Grundwasser-Einzugsgebiet



Anlage 4

Brunnenausbaupläne und Pumpversuche



Anlage 5

Ableitung



Anlage 6

Zustandsuntersuchung der Wilhelminetherme: Technische Kontrolle der Wilhelminetherme Dokumenta- tion der durchgeführten Arbeiten, – ARGE BAYREUTHWASSER –, 28.08.2013



Anlage 7

Hydrochemie



Anlage 8

Wasserrechtliche Bescheide



Anlage 9

Jahresberichte der Wilhelminetherme (CD)



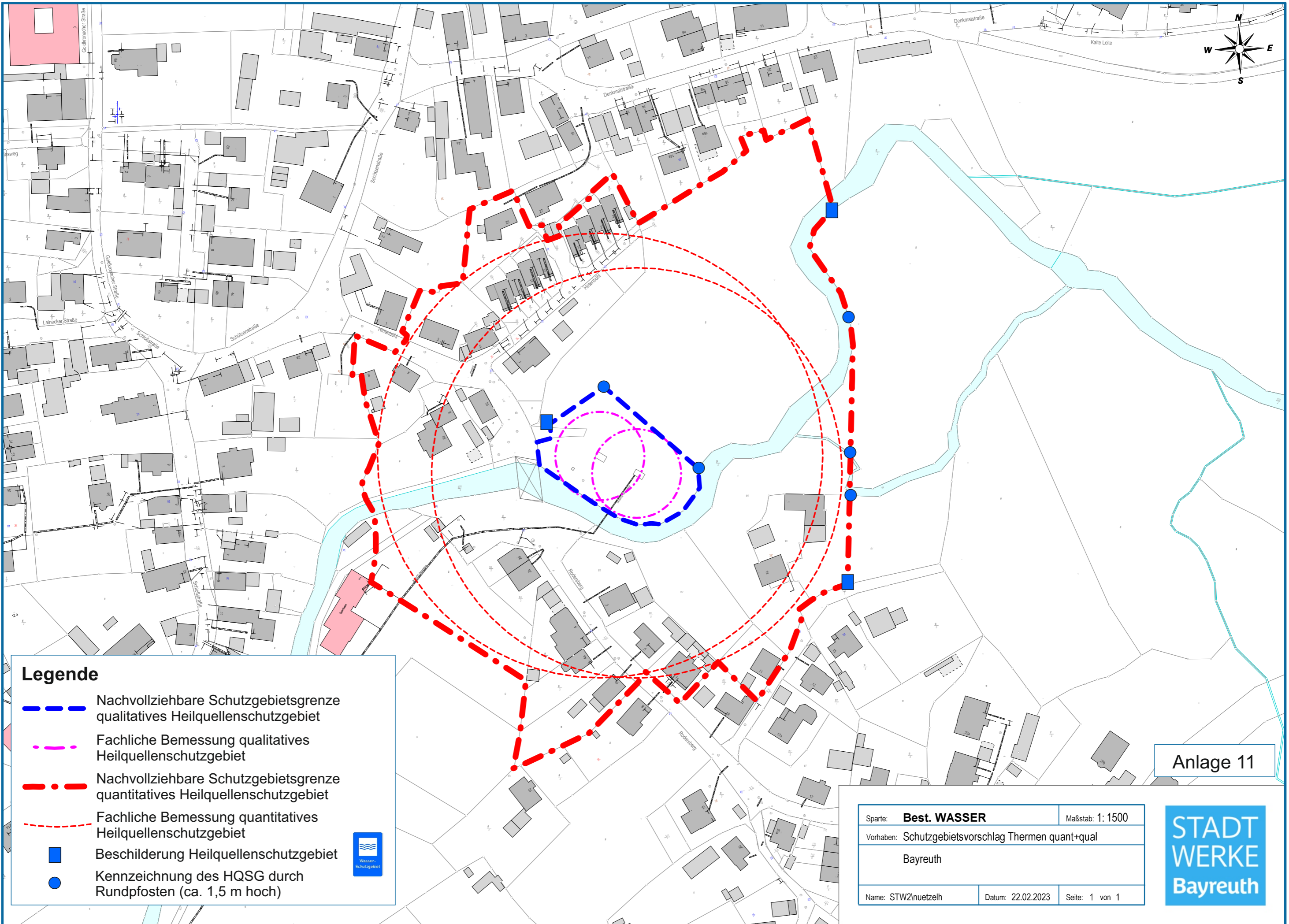
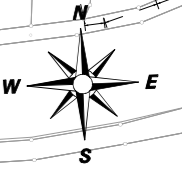
Anlage 10

Hydraulische Berechnungen









Anlage 11

Lageplan des vorgeschlagenen Heilquellenschutzgebietes



Legende

-  Nachvollziehbare Schutzgebietsgrenze qualitatives Heilquellenschutzgebiet
-  Fachliche Bemessung qualitatives Heilquellenschutzgebiet
-  Nachvollziehbare Schutzgebietsgrenze quantitatives Heilquellenschutzgebiet
-  Fachliche Bemessung quantitatives Heilquellenschutzgebiet
-  Beschilderung Heilquellenschutzgebiet
-  Kennzeichnung des HQSG durch Rundpfosten (ca. 1,5 m hoch)



Anlage 11

Sparte: Best. WASSER	Maßstab: 1: 1500
Vorhaben: Schutzgebietvorschlag Thermen quant+qual	
Bayreuth	
Name: STW2\netz\elz	Datum: 22.02.2023
Seite: 1 von 1	

