

Baugrundinstitut

Franke-Meißner und Partner GmbH

Max-Planck-Ring 47
65205 Wiesbaden-Delkenheim
Telefon 06122 95 62-0
Telefax 06122 95 62-34
info@bfm-wi.de
www.bfm-wi.de

Baugrundinstitut
Franke-Meißner und Partner GmbH | Max-Planck-Ring 47 | 65205 Wiesbaden

Stadtverwaltung Ingelheim am Rhein
Amt 67 - Umwelt- und Grünflächenamt
Abteilung 67/0 - Umwelt- und Klimaschutz, Grünordnung und Landwirtschaft
KlimaWerkstatt
Fridtjof-Nansen-Platz 1
55218 Ingelheim am Rhein

per E-Mail: georg.leufen-verkoyen@ingelheim.de
cc: oliver.klein@ingelheim.de

2. Dezember 2025 / DSch - se

Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd Dimensionierung geothermisches Erdwärmesondenfeld

BFM-Projektnummer : **18314 (bei Schriftwechsel bitte angeben)**
Seiten : 13
Anlagen : 4 (s. Anlagenverzeichnis)

1 Vorgang

Die Stadt Ingelheim am Rhein plant die Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd. Im Zusammenhang mit den geplanten Bau-maßnahmen ist es vorgesehen, die Heizungsanlage durch eine erdgekoppelte Wärmepumpe zu ersetzen.

In diesem Zusammenhang wurde die Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, Wiesbaden Delkenheim, (BFM) von der Stadtverwaltung Ingelheim am Rhein, Amt 67, Abteilung 67/0 zunächst beauftragt, die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit und Machbarkeit einer geothermischen Anlage am geplanten Projektstandort zu überprüfen. Die hieraus resultierenden Ergebnisse liegen mit dem Kurzbericht vom 02.06.2022 [17] vor.

Im Zuge der weiteren Projektplanung wurde im Baufeld eine Testbohrung ausgeführt und anschließend zu einer Erdwärmesonde ausgebaut.

Erd- und Grundbau
Spezialtiefbau
Fels- und Tunnelbau
Deponie- und Dammbau
Straßenbau
Geothermie
Umwelttechnik
Altlastensanierung
Gebäuderückbau

Bodenmechanisches Labor
Baugrunduntersuchungen
Grundwasseruntersuchungen
Geotechnische Messungen
Altlastenerkundung
Geotechnische Beratung
Statische Berechnungen
Objektplanung
Bauüberwachung
Bauschadensanalysen

Geschäftsführende Gesellschafter

Dipl.-Ing. Jürgen Dinkheller
Sachverständiger* für Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau

Dipl.-Ing. Erhan Gürlüyen

Dipl.-Ing. Dieter Ringleb
Sachverständiger* für Altlasten und
Gebäuderückbau

Gesellschafter

Dipl.-Ing. Ulrich Adamietz
Sachverständiger** für Erd- und
Grundbau

Dr.-Ing. Antonios Anthogalidis
Prüfsachverständiger für Erd- und
Grundbau nach HPPVO

Dipl.-Ing. Ottmar Eisenbach
Sachverständiger* für Baugrund und
Grundbau
Prüfsachverständiger für Erd- und
Grundbau nach HPPVO

Dipl.-Ing. Kai Glaser

Dipl.-Ing. Hayo Krechberger

Dipl.-Ing. Andreas Rheinlaender

Dipl.-Geol. Volker Sachtleben

Dipl.-Ing. Dipl.-Geol. Jürgen Scherschel

Dr.-Ing. Thomas Waberseck

* Von der IHK Wiesbaden
öffentlich bestellt und vereidigt

** Von der Ingenieurkammer Hessen
öffentlich bestellt und vereidigt

Sitz der Gesellschaft
Wiesbaden

Registergericht
Amtsgericht Wiesbaden: HR B 6697

Finanzamt Wiesbaden
USt-IdNr.: DE 11 38 29 523

Bankverbindungen: Taunus-Sparkasse IBAN: DE85 5125 0000 0036 0006 43
Nassauische Sparkasse IBAN: DE26 5105 0015 0107 0937 18
Frankfurter Volksbank eG IBAN: DE69 5019 0000 0015 1205 09

BIC: HELADEF1TSK
BIC: NASSDE55
BIC: FFVBDEFF

An der hergestellten Erdwärmesonde wurde ein Enhanced Geothermal Response Test (EGRT) zur Bestimmung maßgeblicher Bemessungsparameter durchgeführt. Die Ergebnisse der niedergebrachten Testbohrung sowie des ausgeführten EGRT sind in unserem Bericht vom 13.07.2023 [17] beschrieben und bewertet.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Voruntersuchungen und prognostizierten thermischen Gebäudelasten sollte im Rahmen einer Vordimensionierung, die zur Deckung der thermischen Lasten erforderliche Größe eines Sondenfeldes abgeschätzt werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen zur Vordimensionierung der Erdwärmesondenanlage liegen mit unserem Bericht vom 14.11.2023 [20] vor.

Im folgenden Planungsverlauf wurde unter den Fachplaner in Abstimmung mit dem Bauherrn festgelegt, einen Großteil der benötigten Erdwärmesonden – zur effektiven Nutzung der zur Verfügung stehenden Flächen im Baufeld – unterhalb der Bodenplatte der projektierten Tiefgarage anzuordnen. Zudem wurde unserem Institut eine aktualisierte Heizlastabschätzung des Ingenieurbüros Helmut Kläs GmbH Co. KG für die Temperierung der Turnhalle, des Neusowie des Altbaus übermittelt.

Unter Berücksichtigung der neuen Eingangsparameter wurde die von BFM durchgeführten Vordimensionierung des geplanten Erdwärmesondenfeldes fortgeschrieben und eine Grobkostenschätzung vorgenommen. Die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen zur Vordimensionierung der Erdwärmesondenanlage (1. Fortschreibung) sind Gegenstand unseres Berichtes vom 28.02.2024 [21].

Im weiteren Verlauf wurden unserem Institut aktualisierte Daten zum Nutz- und Endenergiebedarf der Präsident-Mohr-Schule durch die GREBNER Bauphysik GmbH übermittelt. Zudem wurde BFM seitens der Bauherrschaft zusätzlich aufgefordert zu überprüfen, ob das angrenzende Kindergemeinschaftshaus Süd (KGH Süd) ebenfalls über die projektierte geothermische Erdwärmesondenanlage mit Heizwärme versorgt werden könnte. Hierzu wurden unserem Institut entsprechende Heizwärmedaten des KGH Süd zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse zur Vordimensionierung der Erdwärmesondenanlage zur Deckung des Heizwärmebedarfs der Präsident-Mohr-Schule sowie des angrenzenden Kindergemeinschaftshauses Süd wurden mit unserem Bericht vom 16.08.2024 [22] beschrieben, bewertet und dokumentiert.

Weiter wurde im Bau- und Planungsausschuss der Stadt Ingelheim Ende Juni 2025 beschlossen, die Grundrissfläche der projektierten Tiefgarage auf den Grundrissbereich des vorgesehenen Neubaus des Schulgebäudes zu begrenzen und lediglich den Neubau der Turnhalle und des Schulgebäudes sowie des Altbaus mittels einer erdgekoppelten Wärmepumpe zu versorgen. Das Kindergemeinschaftshaus Süd (KGH Süd) soll nicht an das Erdwärmesondenfeld angeschlossen werden. Infolge der Anpassungen war es erforderlich das Sondenfeld neu zu konfigurieren. Dabei wurde die Lage und die Anzahl von Erdwärmesonden überarbeitet.

Die Ergebnisse aus den entsprechend aktualisierten Simulationen zum Betrieb des vorgesehenen Erdwärmesondenfeldes sind Gegenstand des hier vorliegenden Berichtes.

2 Unterlagen

2.1 Projektunterlagen

- [1] Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz, Auszug aus der Liegenschaftskarte, Stadt Ingelheim am Rhein, 26.04.2022.
- [2] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Entwurf Architektur, per E-Mail übergeben am 04.05.2022.
- [3] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Lageplan, per E-Mail übergeben am 04.05.2022.
- [4] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Heizlastabschätzung des Ingenieurbüro Helmut Kläs GmbH Co. KG, Klein Winternheim, per E-Mail übergeben am 02.10.2023.
- [5] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Heizlastabschätzung des Ingenieurbüro Helmut Kläs GmbH Co. KG, Klein Winternheim, per E-Mail übergeben am 12.01.2024.
- [6] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Abschätzung Kühlung Schule des Ingenieurbüro Helmut Kläs GmbH Co. KG, Klein Winternheim, per E-Mail übergeben am 25.01.2024.
- [7] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Nutz- und Endenergiebedarf, GREBNER Bauphysik GmbH, per E-Mail übergeben am 26.02.2024.
- [8] Präsident-Mohr-Schule, Ingelheim am Rhein, Monatsbericht (Verbrauch) für KGH Süd), Stand: 02.11.2022, Stadtverwaltung Ingelheim.

2.2 Geologie und Hydrogeologie

- [9] Geologische Karte von Hessen, Blatt 6014 Ober-Ingelheim, sowie die zugehörigen Erläuterungen.
- [10] Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Geologische Übersichtskarte, Online-Kartenviewer.
- [11] Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Berechtsamskarte, Online-Kartenviewer.
- [12] Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Standortbewertung zur wasserrechtlichen Genehmigungsfähigkeit von Erdwärmesonden, Online-Kartenviewer.
- [13] Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Oberflächennahe Geothermie, Wärmeleitfähigkeit, Online-Kartenviewer.

2.3 Eigene Gutachten

- [14] Neubau von sechs Reihenhäusern, Neuweg 19, Ingelheim, Baugrunderkundung, Gründungsberatung und umwelttechnische Untersuchungen, Gutachten vom 12.10.2004.
- [15] Neubau einer Doppelhaushälfte, Im Mühlengarten, Ingelheim, Baugrund und Gründung, Gutachten vom 15.09.2008.
- [16] Rathausenerweiterung, Wilhelm-Leuschner-Straße, Ingelheim, Baugrunderkundung, Gründungsberatung und umwelttechnische Untersuchungen, Gutachten vom 10.08.2020.
- [17] Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd, Machbarkeitsuntersuchung zur Nutzung oberflächennaher Geothermie, Bericht vom 02.06.2022.
- [18] Neubau Präsident-Mohr-Schule, Ober-Ingelheim; Baugrundvorerkundung und geotechnische Standorteinschätzung, Gutachten vom 02.11.2022.
- [19] Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd, Abschlussbericht Testbohrung und Enhanced Geothermal Response Test, Bericht vom 13.07.2023.
- [20] Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd, Vordimensionierung geothermisches Sondenfeld, Bericht vom 14.11.2023.
- [21] Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd, Vordimensionierung geothermisches Sondenfeld, 1. Fortschreibung, Bericht vom 28.02.2024.
- [22] Sanierung und Erweiterung der Präsident-Mohr-Schule in Ingelheim-Süd, Vordimensionierung geothermisches Sondenfeld, 2. Fortschreibung, Bericht vom 16.08.2024.

2.4 Gesetzliche Regelwerke, Verwaltungsvorschriften, Literatur etc.

- [23] Bundesberggesetz (BBergG) vom 13.08.1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1760).
- [24] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18.08.2021 (BGBl. I S. 3901).
- [25] Landesamt für Umwelt und Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LfU), Wasserwirtschaftliche Mindestanforderungen zum Bau und Betrieb von Erdwärmesonden, 23.04.2021.
- [26] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, Geoexplorer, Online-Kartenviewer.
- [27] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz und Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Leitfaden zur Geothermie in Rheinland-Pfalz, Nutzung von oberflächennächster und oberflächennaher Erdwärme, 9. Fortschreibung, Stand 2025.
- [28] VDI-Richtlinie VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

3 Projektgelände

Das Projektgrundstück liegt in Ingelheim-Süd, in der Gemarkung Ober-Ingelheim, Flur 1, Flurstück 434/21.

Das Grundstück der Präsident-Mohr-Schule wird im Norden vom schulischen Parkplatz und der daran anschließenden Hammergasse und im Nordwesten und Westen von der Schulstraße begrenzt. Richtung Südwesten sowie Süden grenzen Mehrfamilienhäuser mit gepflasterten Hofflächen und Gärten und im Osten das Kindergemeinschaftshaus Süd (KGH Süd) ans Projektgrundstück an.



4 Baugrundverhältnisse

4.1 Baugrundsichtung

Die lokal vorherrschenden geologischen und hydrogeologischen Baugrundverhältnisse sind in [17], [18] und [19] ausführlich beschrieben und werden nachfolgend zusammengefasst:

Nach der geologischen Karte, Blatt 6014 Ober-Ingelheim, und vorliegenden Erkundungsergebnissen aus BFM-Projekten im Umfeld, ist unter lokalen Auffüllungen mit Löss bzw. Lösslehm oder quartären Sanden zu rechnen. Darunter folgen meist nur wenige Meter unter der Geländeoberfläche die sogenannten "Corbículaschichten" und "Cerithienkalke"; Schichten des Untermiozäns. Hierbei handelt es sich um eine Wechselfolge aus bindig geprägten Kalken und Mergelschichten, die lokal sandige Zwischenlagen aufweisen können.

Im Liegenden folgen die als "Süßwasserschichten" und als "Brackiger Cyrenenmergel" benannten Schichten des Oberoligozäns. Diese Schichten werden als tonige Mergel und Kalke mit einzelnen sandigen Lagen im Bereich der "Süßwasserschichten" beschrieben.

In größeren Tiefen folgt "Rupelton".

Die mit der Testbohrung aufgeschlossene Schichtenfolgen stellt sich wie folgt dar:

- bis rd. 0,2 m: Oberboden
- bis rd. 4,0 m: Felsersatz (Kalksandstein, entfestigt)
- bis rd. 20,0 m: Kalkstein, sandig
- bis rd. 130,0 m: Ton, einzelne dünnplattige Kalksteinlagen

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die ingenieurgeologische Ansprache des zutage gefördertten Bohrguts aufgrund des verwendeten Bohrverfahrens nur anhand des Rückflusses im Spülstrom möglich war. Aus diesem Grund handelt es sich bei der beschriebenen Schichtung nur um eine grobe Bewertung der anstehenden Böden. Auch die jeweils angegebene Tiefenlage der Schichtgrenzen ist lediglich als grobe Orientierung zu verstehen.

4.2 Bestimmung der thermischen Baugrundeigenschaften

Zur Ermittlung der für die Bemessung eines geothermischen Sondenfeldes maßgeblichen Parameter wurde vom 30.06. bis 03.07.2023 vom Büro Lehr an der eingebrachten Testsonde ein sogenannter Enhanced Geothermal Response Test (EGRT) durchgeführt [19]. Bei dieser verbesserten Version des GRT wird beim Ausbau der Bohrung mit den Sondenrohren ein faseroptisches Kabel schleifenförmig eingebaut. Mit Hilfe des Kabels und der daran angeschlossenen Lasertechnik ist eine tiefen aufgelöste Auswertung der Temperaturentwicklung und Bewertung der effektiven Wärmeleitfähigkeit über die Sondenlänge möglich.

Die vor der Testausführung über die Tiefe integrierte mittlere **ungestörte Baugrundtemperatur** liegt bei **14,3°C**.

Die Auswertung des Enhanced Geothermal Response Tests [19] zeigt, abgesehen von geringfügigen Schwankungen infolge engräumig wechselnder Schichtleitfähigkeiten über die Tiefe, ein vergleichsweise homogenes Bild. Ausgeprägte grundwasserströmungsinduzierte Ausschläge sind weder beim Temperatur-Log nach der Testdurchführung noch bei der Auswertung der effektiven Wärmeleitfähigkeit zu erkennen.

Die effektive Wärmeleitfähigkeit schwankt über die Tiefe überwiegend zwischen rd. 1,40 W/(m·K) und 1,65 W/(m·K) wobei die durchschnittliche effektive Wärmeleitfähigkeit mit der Tiefe nur marginal zunimmt. Im Einzelnen ergeben sich aus der Testauswertung folgende Kennwerte:

- durchschnitl. effektive Wärmeleitfähigkeit: $\lambda_{\text{eff}} = 1,52 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- integrierte durchschnitl. effektive Wärmeleitfähigkeit
(entspricht Auswertung Standard GRT): $\lambda_{\text{eff}} = 1,60 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- effektive volumetrische Wärmekapazität: $c_v = 6,4 \text{ MJ/(m}^3\cdot\text{K)}$
- statische volumetrische Wärmekapazität (nach VDI 4640): $c_v = \text{ca. } 2,4 \text{ MJ/(m}^3\cdot\text{K)}$
- effektiver Wärmeübergangswiderstand inkl. interner Verluste: $R_b = 0,22 \text{ m}\cdot\text{K/W}$

Als Eingangsparameter für die Sondenbemessung wird von folgenden mittleren Parametern des thermisch beanspruchten Bodenvolumens ausgegangen:

Mittlere effektive Wärmeleitfähigkeit: $\lambda_{\text{eff}} = 1,6 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Mittlere volumetrische Wärmekapazität: $c_v = 2,4 \text{ MJ/(m}^3\cdot\text{K)}$

5 Thermische Gebäudelasten

Nach den vorliegenden Informationen der Haustechnikplaner ist eine Nutzung der geothermischen Sondenanlage überwiegend zu Heizzwecken vorgesehen. Hierzu wird die gewonnene geothermische Energie mittels Wärmepumpe auf ein höheres Energie- bzw. Temperaturniveau gehoben. Ein Kühlbetrieb des Schulgebäudes soll in den Sommermonaten über eine passive Kühlung (direct cooling) erfolgen. Die Nutzung der geothermischen Energie zur Warmwasserbereitung ist den vorliegenden Unterlagen aktuell nicht vorgesehen.

Bzgl. der gebäudeseitigen Heiz- und Kühllasten wurden unserem Institut zur Dimensionierung des Erdwärmesondenfeldes Heizlasten mit entsprechenden monatlichen Heizlastprofilen der Präsident-Mohr-Schule (PMS) sowie eine Abschätzung der Kühlleistung für die Präsident-Mohr-Schule zur Verfügung gestellt.

Folgende thermische Gebäudelasten sind gemäß den vorliegenden Berechnungen der GREBNER Bauphysik GmbH und des Ingenieurbüros Helmut Kläs GmbH Co. KG für die Temperierung der Turnhalle, des Neu- sowie des Altbaus anzusetzen [7]:

Gesamtheizlast: **ca. 306.632 kWh**
Gesamtkühllast: **ca. 15.200 kWh**

Die über das Jahr anzusetzende Verteilung des gebäudeseitigen Heiz- und Kühlbedarfs wurde aus den o.g. Unterlagen übernommen. In Anlage 1.1 ist die zur Vordimensionierung der Erdwärmesondenanlage angesetzte Heiz- und Kühlleistung für die Gebäude der Präsident-Mohr-Schule tabellarisch und grafisch dargestellt. Zur Berechnung des geothermisch zu deckenden Energiebedarfs wurde ein saisonaler Leistungsfaktor (SCOP bzw. SPF) von rd. 4,5 angesetzt.



Zur im Spitzenlastbetrieb bereitzustellenden Heizleistung liegen aktuell keine konkreten Angaben vor. In den übermittelten Unterlagen zur Heizlastabschätzung [5] wurde eine gebäudeseitige Gesamtleistung von rd. 217 kW aufgeführt. Unter der Berücksichtigung eines COP-Wertes von 4,5 liegt die in der Simulation erdseitig anzusetzende Spitzenlast im Heizbetrieb bei rd. 169 kW.

Auch zur im Spitzenlastbetrieb bereitzustellenden Kühlleistung für die Präsident-Mohr-Schule liegen unserem Institut bislang keine konkreten Angaben vor. Den Angaben in [6] zufolge, beträgt die für die Schule abgeschätzte Kältemenge pro Jahr ca. 15.200 kWh ($400 \text{ Std/Jahr} \times 20 \text{ W/m}^2 \times 1.900 \text{ m}^2$). Unter Berücksichtigung des vorgenannten Ansatzes liegt die im Spitzenlastbetrieb bereitzustellende Kühlleistung bei etwa 38 kW ($20 \text{ W/m}^2 \times 1.900 \text{ m}^2$).

6 Sonstige Eingangsparameter

6.1 Erdwärmesonden

Im Zuge der Fortschreibung der Vordimensionierung wird davon ausgegangen, dass die projektierten Erdwärmesonden im geplanten Sondenfeld wie folgt ausgebaut bzw. hergestellt werden:

Sondentyp:	Doppel-U-Sonde
Sondenmaterial:	PE-RC
Sondenlänge:	möglichst 100 m
Sondenaußendurchmesser:	32 mm
Sondenwandstärke:	3 mm
Wärmeleitfähigkeit der Verfüllung:	$\geq 2,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Im Hinblick auf die vorhandenen Flächen auf dem Projektareal bietet sich eine Anordnung der Erdwärmesonden im Bereich unterhalb der vorgesehenen Tiefgarage, unterhalb des Schulhofs sowie unterhalb des geplanten Sportplatzes an. Bei dieser Anordnung wird eine Herstellung der Sondenköpfe mit den erforderlichen Anbindeleitungen unterhalb der Bodenplatte der

Tiefgarage erforderlich. Ein Lageplan mit der Darstellung der geplanten Erdwärmesondenstandorte liegt diesem Bericht als Anlage 2 bei.

Um eine gegenseitige Beeinflussung der Sonden zu minimieren, sollte gemäß [27] ein Mindestabstand zwischen den Erdwärmesonden von 6 m eingehalten werden.

Gemäß der Empfehlung der unteren Wasserbehörde (UWB) soll bei Sondenlängen über 100 m der Abstand der Erdwärmesonden zu Nachbargrundstücken 4 m nicht unterschreiten.

Nach [27] soll der durch den Wärmeentzug im Boden bedingte, relevante Abkühlungsbereich nicht über das eigene Grundstück hinausreichen. Daher sind ggf. ergänzende Berechnungen des Wärmetransports im Untergrund über ein Wärmetransportmodell nach Abstimmung mit der UWB durchzuführen.

6.2 Temperaturgrenzen

Zur Bemessung von Erdwärmesondenanlagen empfiehlt die VDI-Richtlinie 4640, Teil 2 [28] in ihrer aktuellen Fassung von 2019, dass die Fluidtemperatur im Heizbetrieb bei Sondereintritt im Monatsmittel 0°C nicht unterschreitet. Im Spitzenlastbetrieb soll diese Temperatur -5°C nicht unterschreiten. Im Kühlbetrieb soll während des Betriebs der Erdwärmesonden die Eintrittstemperatur des Wärmeträgermediums in die Erdwärmesonden im Monatsmittel die über die Sondentiefe gemittelte ungestörte Untergrundtemperatur um maximal 15 K nicht überschreiten. Im Spitzenlastbetrieb soll diese Differenz 20 K nicht überschreiten.

Zur Vermeidung von möglichen – durch Vereisungen im Untergrund hervorgerufenen – Frost-Tauwechsel induzierten Schäden an der Bohrlochverfüllung, empfiehlt der Arbeitskreis Geothermie der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik die Eintrittstemperatur des Wärmeträgermediums in die Sonde auf minimal -3°C zu beschränken.

Unter der Annahme einer maximalen Temperaturspreizung zwischen Sondenvor- und Sondenrücklauf von 3 K wird für die Bemessung von der nachfolgend angegebenen Begrenzung der mittleren Fluidtemperatur in den Erdwärmesonden ausgegangen:

Niedrigste Fluid-Mitteltemperatur (Grundlast): 1,5 °C

Niedrigste Fluid-Mitteltemperatur (Spitzenlast): -1,5 °C

Höchste Fluid-Mitteltemperatur (Grundlast): 30,8 °C

Höchste Fluid-Mitteltemperatur (Spitzenlast): 35,8 °C

7 Simulation des Sondenfeldes

Unter Ansatz der voran beschriebenen Eingangsparameter erfolgte eine Ermittlung der zur Einhaltung der in Kapitel 6.2 genannten Temperaturgrenzen erforderlichen Sondenanzahl und Sondenlängen.

Zur Bemessung bzw. zur Vordimensionierung des Sondenfeldes wurde auf das Programmsystem EED 4 zurückgegriffen.

Zur Simulation eines Betriebes des voran beschriebenen Erdwärmesondenfeldes, wurde eine vereinfachte Anordnung der Erdwärmesonden mit entsprechenden Abständen der Erdwärmesonden zueinander berechnet und die Simulation anschließend für einen Betriebszeitraum von 50 Jahren durchgeführt.

Im Ergebnis der durchgeführten Berechnungen können die vorgenannten Temperaturgrenzen für die gebäudeseitigen Heizlasten mit der nachfolgend angegebenen Sondenkonfiguration eingehalten werden (vgl. Anlage 3):

Tabelle 1 Sondenkonfiguration zur Deckung der angegebenen Heiz- und Kühllasten.

Anzahl EWS	Sonden-anordnung	Vereinfachte Anordnung der Erdwärmesonden zur Simulation	Vereinfachter Abstand EWS zur Simulation [m]	Länge je EWS [m]	erforderliche Gesamtlänge EWS [m]
62	gemäß Anlage 2	rechteckig, 2 × 31 EWS	5,35	100	6.200



In Anlage 4 ist die berechnete Entwicklung der mittleren Fluidtemperaturen im Grund- und Spitzenlastbetrieb sowie die jeweilige spezifische Wärmeentzugsrate in W/m der in Tabelle 1 aufgeführten Sondenkonfiguration mit 62 Erdwärmesonden à 100 m Länge über eine Simulationsdauer von insgesamt 50 Jahren zusammenfassend dargestellt.

8 Grobkostenschätzung

Die zur Herstellung der in Kapitel 7 beschriebenen Erdwärmesonden zu erwartenden Kosten werden nachfolgend, ohne Berücksichtigung der benötigten Anbindeleitungen, Verteilerschächten etc. sowie der erforderlichen Wärmepumpen und der anfallenden Kosten für die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb des Erdwärmesondenfeldes abgeschätzt. Bei den nachfolgenden Grobkosten wurden aktuelle mittlere marktübliche Preise aus laufenden Ausschreibungen als Nettobeträge in Ansatz gebracht. Schwankungen in den Preisen sind je nach Marktlage entsprechend möglich und zu berücksichtigen.

Die Grobkosten für die Herstellung des Erdwärmesondenfeldes mit insgesamt 62 Erdwärmesonden à 100 m Länge ergeben sich demnach zu:

Erforderliche Genehmigungen:	~ 1 Stck	à	2.000,00 €	=	2.000,00 €
Baustelleneinrichtung:	~ 1 Stck	à	3.500,00 €	=	3.500,00 €
Baustellenräumung:	~ 1 Stck	à	2.100,00 €	=	2.100,00 €
Einmessen der Bohransatzpunkte:	~ 62 Stck	à	40,00 €	=	2.400,00 €
Herstellung EWS - Bohrung, Sondeneinbau, Bohrlochverpressung:	~ 6.200 m	à	80,00 €	=	496.000,00 €
Entsorgung Bohrgut:	~ 115 m ³	à	45,00 €	=	5.175,00 €
					rd. 515.000,00 €

9 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der durchgeführten Simulation zeigen, dass der für die Temperierung des projektierten Neubaus des Schulgebäudes, der Turnhalle sowie des Altbaus angesetzte Wärmebedarf unter den genannten Randbedingungen mit der Herstellung von 62 Erdwärmesonden à 100 m abgedeckt werden kann.

Sollte es im weiteren Verlauf der Planung zu Abweichungen der in diesem Bericht beschriebenen Eingangsdaten kommen, sind die hier dargestellten Simulationsergebnisse zu überprüfen.

ppa.


Dennis Scholtyssek
(M.Sc.)

ppa.


Ulrich Schäfer
(Dipl.-Ing.)

ppa.


Thomas Waberseck
(Dr.-Ing.)



Anlagenverzeichnis

- | | |
|-----------------|--|
| Anlage 1 | Heiz- und Kühllastprofil |
| Anlage 2 | Lageplane mit Darstellung der Anordnung der Erdwärmesonden auf dem Projektgelände |
| Anlage 3 | Simulationsergebnisse, Earth Energy Designer (EED) – Ein- und AusgabeploTT der Simulation mit einer Sondenkonfiguration von 62 Sonden à 100 m Sondenlänge. |
| Anlage 4 | Grafische Darstellung der errechneten mittleren Fluidtemperaturen und spezifischen Wärmeentzugsraten über einen Simulationszeitraum von 50 Jahren |

Grundlast Heizen

Monat	Heat Load [kWh]	Heat Load [MWh]	Prozentualer Anteil der Gesamtmenge	Ground Load [MWh]
Januar	64.079,27	64,079	20,90 %	49,839
Februar	50.617,46	50,617	16,51 %	39,369
März	31.228,56	31,229	10,18 %	24,289
April	19.644,08	19,644	6,41 %	15,279
Mai	3.374,20	3,374	1,10 %	2,624
Juni	708,15	0,708	0,23 %	0,551
Juli	150,90	0,151	0,05 %	0,117
August	139,63	0,140	0,05 %	0,109
September	4.866,95	4,867	1,59 %	3,785
Oktober	20.295,90	20,296	6,62 %	15,786
November	48.711,28	48,711	15,89 %	37,887
Dezember	62.815,32	62,815	20,49 %	48,856
Summe	306.631,70	306,632	100,00 %	238,491

Grundlast Kühlen

Monat	Cool Load [kWh]	Cool Load [MWh]	Prozentualer Anteil der Gesamtmenge
Januar	0,00	0,000	0,00 %
Februar	0,00	0,000	0,00 %
März	0,00	0,000	0,00 %
April	0,00	0,000	0,00 %
Mai	1.520,00	1,520	10,00 %
Juni	3.040,00	3,040	20,00 %
Juli	6.080,00	6,080	40,00 %
August	3.040,00	3,040	20,00 %
September	1.520,00	1,520	10,00 %
Oktober	0,00	0,000	0,00 %
November	0,00	0,000	0,00 %
Dezember	0,00	0,000	0,00 %
Summe	15.200,00	15,200	100,00 %

Angesetzter COP: 4,5

Spitzenlast Heizen

Monat	Peak Load [kW]	Duration [h]
Januar	169	14
Februar	169	14
März	0	0
April	0	0
Mai	0	0
Juni	0	0
Juli	0	0
August	0	0
September	0	0
Oktober	0	0
November	0	0
Dezember	169	14

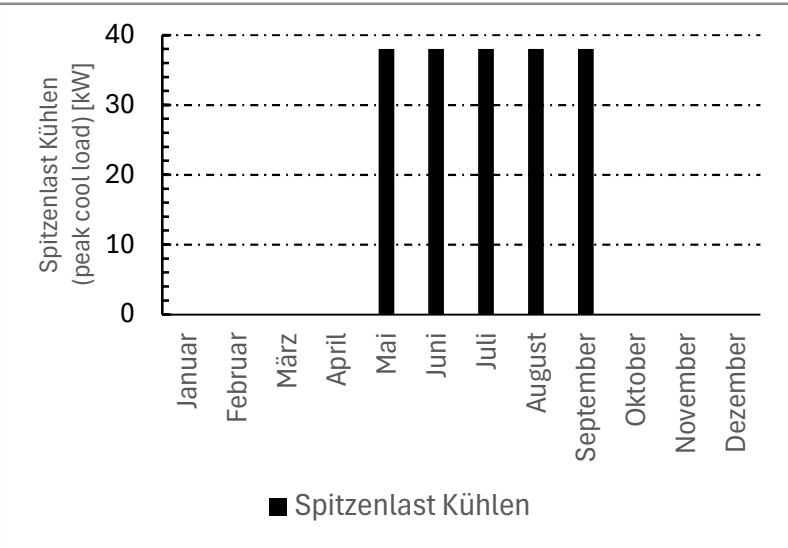
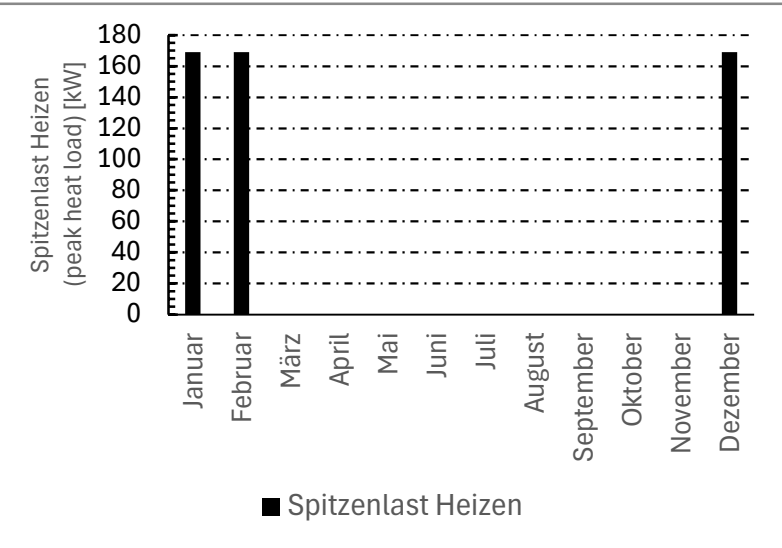
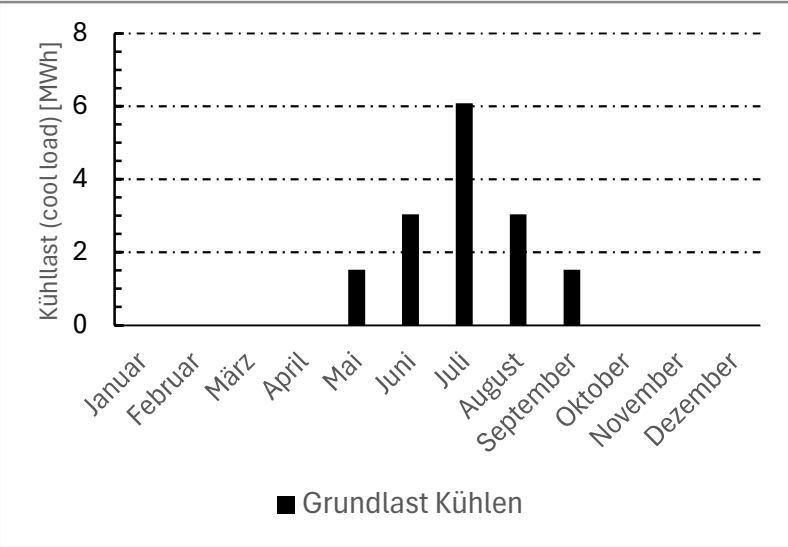
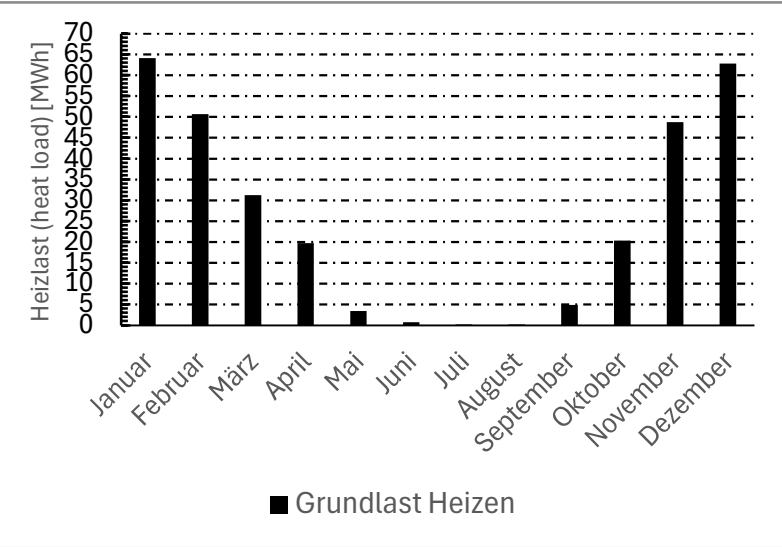
Spitzenlast Kühlen

Monat	Peak Load [kW]	Duration [h]
Januar	0	0
Februar	0	0
März	0	0
April	0	0
Mai	38	4
Juni	38	8
Juli	38	10
August	38	8
September	38	4
Oktober	0	0
November	0	0
Dezember	0	0

Kälteleistung = Heizleistung - Antriebsleistung = 168,78 kW = 217,00 kW - 48,22 kW

COP = $\frac{\text{Heizleistung}}{\text{Antriebsleistung}}$ = 4,50 = $\frac{217,00 \text{ kW}}{48,22 \text{ kW}}$

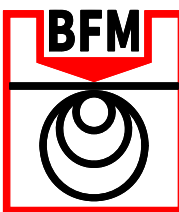
Antriebsleistung = $\frac{\text{Heizleistung}}{\text{COP}}$ = 48,22 kW = $\frac{217,00 \text{ kW}}{4,50}$





LEGENDE:

 EWS... Erdwärmesonden

Datum	bearb.			geprüft	
AUFTRAGGEBER		BAUVORHABEN			
Stadtverwaltung Ingelheim am Rhein		Sanierung und Erweiterung der			
Amt 67 - Umwelt- und Grünflächenamt		Präsident-Mohr-Schule			
Abteilung 67/0 - Umwelt- und Klimaschutz, Grünordnung und Landwirtschaft		Schulstraße 12			
KlimaWerkstatt		55218 Ingelheim am Rhein			
Fridtjof-Nansen-Platz 1					
55218 Ingelheim am Rhein					
Lageplan mit Ansatzpunkten der Erdwärmesonden					
Auftrag-Nr.:		6014-325/369-18314		Maßstab	
Bericht vom:		02.12.2025			
		Baugrundinstitut		1:250	
					Franke-Meißner und Partner GmbH
			Datum		
		bearbeitet	02.12.25		DSch
		geprüft	02.12.25	DSch	
		Anlage		2	
Dieser Plan ist für Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH urheberrechtlich geschützt					

EED 4.20 - www.buildingphysics.com - license for Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH

Input file: X:\183xx\18314-Schulstraße 12, Ingelheim,
Präsident-Mohr-Schule\Berechnungen\20251107 Simulation EWS kleine TG\EED\251107
Eingangsdaten PMS.dat

This output file: 251107 EINGANGSDATEN PMS.OUT Date: 07.11.2025 Time:
13:23:18

MEMORY NOTES FOR PROJECT
[]

QUICK FACTS

Cost	-
Number of boreholes	62
Borehole depth	100 m
Total borehole length	6200 m

DESIGN DATA =====

GROUND

Ground thermal conductivity	1,6 W/(m·K)
Ground heat capacity	2,4 MJ/(m³·K)
Ground surface temperature	14,3 °C
Geothermal heat flux	0,07 W/m²

BOREHOLE

Configuration:	262 ("62 : 2 x 31 rectangle")
Borehole depth	100 m
Borehole spacing	5,35 m
Borehole installation	Double-U
Borehole diameter	152 mm
U-pipe diameter	32 mm
U-pipe thickness	3 mm
U-pipe thermal conductivity	0,42 W/(m·K)
U-pipe shank spacing	80 mm
Filling thermal conductivity	2 W/(m·K)
Contact resistance pipe/filling	0 (m·K)/W

THERMAL RESISTANCES

Borehole thermal resistances are calculated.
Number of multipoles 10
Internal heat transfer between upward and downward channel(s) is considered.

HEAT CARRIER FLUID

Thermal conductivity	0,48 W/(m·K)
Specific heat capacity	3795 J/(Kg·K)
Density	1052 Kg/m³
Viscosity	0,0052 Kg/(m·s)

Freezing point -14 °C
Flow rate per borehole 0,5 l/s

BASE LOAD

Seasonal performance factor (DHW) 3
Seasonal performance factor (heating) 4,5
Seasonal performance factor (cooling) 1E5

Monthly energy values [MWh]

Month	Heat load	Cool load	Ground load
JAN	64,1	0	49,8
FEB	50,6	0	39,4
MAR	31,2	0	24,3
APR	19,6	0	15,3
MAY	3,37	1,52	1,1
JUN	0,71	3,04	-2,49
JUL	0,15	6,08	-5,96
AUG	0,14	3,04	-2,93
SEP	4,87	1,52	2,27
OCT	20,3	0	15,8
NOV	48,7	0	37,9
DEC	62,8	0	48,9

Total	307	15,2	223

PEAK LOAD

Monthly peak powers [kW]

Month	Peak heat	Duration	Peak cool	Duration [h]
JAN	169	14	0	0
FEB	169	14	0	0
MAR	0	0	0	0
APR	0	0	0	0
MAY	0	0	38	4
JUN	0	0	38	8
JUL	0	0	38	10
AUG	0	0	38	8
SEP	0	0	38	4
OCT	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0
DEC	169	14	0	0

Number of simulation years 50
First month of operation SEP

C A L C U L A T E D V A L U E S

=====

* Monthly calculation *

Total borehole length 6200 m

THERMAL RESISTANCES

Borehole therm. res. internal	0,23 (m·K)/W
Reynolds number	2477
Thermal resistance fluid/pipe	0,0161 (m·K)/W
Thermal resistance pipe material	0,07868 (m·K)/W
Contact resistance pipe/filling	0 (m·K)/W
Borehole therm. res. fluid/ground	0,06608 (m·K)/W
Effective borehole thermal res.	0,06972 (m·K)/W

SPECIFIC HEAT EXTRACTION RATE [W/m]

Month	Base load	Peak heat	Peak cool
JAN	11	21,2	0
FEB	8,7	21,2	0
MAR	5,37	0	0
APR	3,38	0	0
MAY	0,24	0	-6,13
JUN	-0,55	0	-6,13
JUL	-1,32	0	-6,13
AUG	-0,65	0	-6,13
SEP	0,5	0	-6,13
OCT	3,49	0	0
NOV	8,37	0	0
DEC	10,8	21,2	0

BASE LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	50
JAN	16,5	11,2	8,96	7,11	2,58
FEB	16,5	11,8	9,52	7,68	3,16
MAR	16,5	12,8	10,7	8,82	4,32
APR	16,5	13,6	11,4	9,62	5,15
MAY	16,5	14,8	12,8	11	6,53
JUN	16,5	15,3	13,3	11,6	7,12
JUL	16,5	15,7	13,8	12,1	7,69
AUG	16,5	15,6	13,8	12,1	7,68
SEP	16,3	15,2	13,5	11,8	7,43
OCT	15,1	14,1	12,4	10,7	6,35
NOV	13	12	10,3	8,65	4,31
DEC	11,7	10,7	8,99	7,34	3,01

BASE LOAD: YEAR 50

Minimum mean fluid temperature 2,58 °C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature 7,69 °C at end of JUL

PEAK HEAT LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	50
JAN	16,5	9,19	6,95	5,1	0,56

FEB	16,5	9,28	7,05	5,21	0,69
MAR	16,5	12,8	10,7	8,82	4,32
APR	16,5	13,6	11,4	9,62	5,15
MAY	16,5	14,8	12,8	11	6,53
JUN	16,5	15,3	13,3	11,6	7,12
JUL	16,5	15,7	13,8	12,1	7,69
AUG	16,5	15,6	13,8	12,1	7,68
SEP	16,3	15,2	13,5	11,8	7,43
OCT	15,1	14,1	12,4	10,7	6,35
NOV	13	12	10,3	8,65	4,31
DEC	9,63	8,64	6,94	5,28	0,95

PEAK HEAT LOAD: YEAR 50

Minimum mean fluid temperature 0,56 °C at end of JAN

Maximum mean fluid temperature 7,69 °C at end of JUL

PEAK COOL LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	50
JAN	16,5	11,2	8,96	7,11	2,58
FEB	16,5	11,8	9,52	7,68	3,16
MAR	16,5	12,8	10,7	8,82	4,32
APR	16,5	13,6	11,4	9,62	5,15
MAY	16,5	15,7	13,7	11,9	7,4
JUN	16,5	16,2	14,3	12,5	8,06
JUL	16,5	16,6	14,7	13	8,56
AUG	16,5	16,5	14,7	13	8,61
SEP	17,2	16,1	14,4	12,7	8,33
OCT	15,1	14,1	12,4	10,7	6,35
NOV	13	12	10,3	8,65	4,31
DEC	11,7	10,7	8,99	7,34	3,01

PEAK COOL LOAD: YEAR 50

Minimum mean fluid temperature 2,58 °C at end of JAN

Maximum mean fluid temperature 8,61 °C at end of AUG

