

TRANSFORMATION ZUM CO₂ NEUTRALEN BETRIEB MIT GEOTHERMIE AM BEISPIEL DER EINBECKER BRAUHAUS AG

Robert Hix¹

Inga Moeck², Frederik Simon²

¹Einbecker Brauhaus

²Georg-August Universität Göttingen

CO₂-Neutralität 2045

Status quo im Einbecker Brauhaus





- Mittelständige Brauerei mit Brautradition seit 1378
- Erfinder und Namensgeber des Bockbieres
- Ca. 500.000 hl Ausstoß an Bieren, Biermischgetränken und alkoholfreien Getränken
- weitere Tochterfirmen an insgesamt drei Standorten in Einbeck
- knapp 190 Mitarbeiter
- über 40 Mio. € Jahresumsatz (2024)

ENERGIEBEDARF DES EINBECKER BRAUHAUSES



Gas- und Heizölbedarf	> 12 Mio. kWh	Hauptsächlich zur Dampferzeugung / Prozesswärme
Strombedarf (davon Kälte)	Ca. 5 Mio. kWh (1,5 Mio. kWh)	Lastgang relativ gleichmäßig übers Jahr
CO2-Emission	5.477 t (2021)	Scope 1 und 2



Erstellung eines Transformationskonzept in 2023 durch ein zugelassenes Ingenieurbüro mit Unterstützung einer bei uns im Betrieb durchgeführten Master Thesis!
(gefördert im Rahmen des BAFA-Moduls 5)

MAßNAHMENPLAN AUS DEM TRANSFORMATIONSKONZEPT



		Emissionen 2021 (inkl. Kraftstoffe und Kältemittel)	Optimierung durch Konzept	Einsparung		
		5.477 t(CO ₂)	-2.253 t(CO ₂)	-41,1%		
Nr.	Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme / Verbesserung	Effekt	effektive CO ₂ -Einsparung	Reduktion in % des Ausstoßes 2021	Kosten schätzung
1	Biogasanlage	Errichtung einer Biogasanlage im Abwasserstrom und Verwertung des Gases mittels BHKW und AKM	Reduktion der Netzstrombedarfe allgemein und für Kälteerzeugung	-622,0 t(CO ₂)	-11,4%	bereits realisiert
2	PV	Errichtung von Photovoltaik auf diversen Dachflächen. Hier: 720 kWp	Reduktion der Netzstrombedarfe	-261,0 t(CO ₂)	-4,8%	576.000,00 €
3	Kalt anschwänzen	Ersatz von 1/4 des Nachgusses durch Kaltwasser	Verringerung Verbrauch Warmwasser; Kühlung Treber vor Versand	-112,3 t(CO ₂)	-2,1%	15.000,00 €
4	Effizienzsteigerung Druckluft	Wochenendabsenkung, Reduktion Druckluftleckagen	Verringerung Druckluftbedarf	-60,9 t(CO ₂)	-1,1%	25.000,00 €
5	Neugestaltung Sudhaus CIP	Rückstapelung von CIP-Medium und Spülwasser; zzgl. Isolierung	Einsparung Wärme und Wasser	-70,0 t(CO ₂)	-1,3%	500.000,00 €
6	Umstellung Dampfversorgung KEG	Umstellung von (fossilem) Dampfbetrieb auf elektrische Schnelldampferzeugung	Vermeidung von Standby- und Wegeverlusten, Vermeidung von fossil erzeugtem Dampf	-18,4 t(CO ₂)	-0,3%	50.000,00 €
7	Wärmeconcept	siehe Übersicht Wärmeconcept	Einsparung von fossiler Wärme, Ersatz durch Strom (Wärmepumpe)	-1.108,0 t(CO ₂)	-20,2%	2.000.000,00 €

Ca. 5 Mio € für ca. 40 % CO₂-Einsparung



Maßnahme	Status	Mögliche Ersparnis
Biogaserzeugung aus Abwasser	Inbetriebnahme 2023	bis zu 1.000.000 kWh ca. 622 t CO2/a (11,4 %)
PV-Anlage (1 MWp)	Montage fertiggestellt, warten auf Zertifizierung und Freigabe des Netzbetreibers	bis zu 1.000.000 kWh ca. 622 t CO2/a (11,4 %)



Maßnahme	Status	Mögliche Ersparnis
Wärmekonzept	Technisch umsetzungsfähiges Konzept erstellt, Umsetzung in 2026 ff	Ca. 1.100 t CO ₂ /a (20 %)
Elektrifizierung der Dampferzeugung	Bachelorarbeit	Ca. 18 t CO ₂ /a (0,3 %)
Optimierung CIP Sudhaus	Sanierung der Räumlichkeiten	Ca. 70 t CO ₂ /a (1,3 %)
Batteriespeicher	Auslegung	noch nicht bekannt



Maßnahme	Status	Mögliche Ersparnis
Effizienzsteigerung Druckluft	KI-basierte Leckage-Erkennung in Planung	Ca. 60 t CO ₂ /a
Fern- / Nahwärme	Im Austausch mit Projektentwickler, der Stadt Einbeck und potenziellen weiteren Abnehmern	Ggf. kompletter Austausch von fossilen Energieträgern
Geothermie	Konzeptstudie erstellt	siehe folgende Folien

Oberflächennahe Geothermie

Erdwärmepumpen

2 - 400 m

für Privathaushalte + Quartiere



2 Kollektorsystem
System: geschlossen,
- Wärmepumpe
Tiefe: < 5 m
Temperatur: 8-15° C
Leistung: Ø 5 kW
Gebäudetyp: Eigenheim
Anwendung: Heizen / Kühlen

3 Brunnenystem
System: offen, + Wärmepumpe,
+ Brunnenpumpe
Tiefe: Ø 15 m
Temperatur: 8-15° C
Leistung: Ø 14 kW
Gebäudetyp: Eigenheim
Anwendung: Heizen / Kühlen

4 Flache Erdwärmesonde
System: geschlossen,
Wärmepumpe
Tiefe: Ø 100 m, sehr variabel
Temperatur: 10 - 15° C
Leistung: Ø 8 kW
Gebäudetyp: Eigenheim
Anwendung: Heizen / Kühlen

1 Horizontalfilterbrunnen
System: offen, + Wärmepumpe,
+ Brunnenpumpe
Tiefe: 15-20 m
Temperatur: 8-15° C
Leistung: 2 - 20 MW
Gebäudetyp: Quartiere, Gewerbegebiete,
Industrie / Agrarbetriebe,
Gemeinden, Städte
Anwendung: Heizen / Kühlen;
Kaltelwärme

5 Sondenfeld, Energiepfähle
System: geschlossen, + Wärmepumpe
Tiefe: Ø 100 m
Temperatur: 10 - 15° C
Leistung: 100 kW bis > 1 MW
Gebäudetyp: Quartiere; Büroblock,
Gewerbegebiete, Freizeitanlagen,
Wohngebiet
Anwendung: Heizen + Kühlen

Mitteltiefe Geothermie

eventuell mit Großwärmepumpen

400 - etwa 2.500 m

für Großkunden + Kommunen

6 Tiefe Erdwärmesonde
System: geschlossen,
+ Wärmepumpe
Tiefe: 400 - 3000 m
Temperatur: 20 - 100° C
Leistung: 100 - 350 kW
Gebäudetyp: Gewerbe, Büroblock
Anwendung: Heizen + Kühlen

7 Thermalwasserbrunnen
System: offen, Tauchpumpe
Tiefe: 100 - 3000 m
Temperatur: 20 - 100° C
Leistung: 200 kW - 4 MW
Gebäudetyp: Therapie, Klinik, Bad
Anwendung: Heizen

**8 Thermische Speicher (ATES),
Hydrothermale
Bohrungsdublette Typ Mini**
System: offen, + Wärmepumpe,
+ Brunnenpumpe
+ Tauchpumpe
Tiefe: ca. 100 - 1000 m
Temperatur: 15 - 40° C
Leistung: 200 kW - 5 MW
Gebäudetyp: Gewerbe, Quartiere
Anwendung: Heizen + Kühlen
+ Speichern

**9 Hydrothermale
Bohrungsdublette Typ Midi**
System: offen, + Wärmepumpe,
+ Tauchpumpe
Tiefe: 1000 - 2000 m
Temperatur: 40 - 70° C
Leistung: 5 - 15 MW
Gebäudetyp: Städte, Gemeinden
Anwendung: Fernwärme

Tiefe Geothermie

ohne Wärmepumpen

ab etwa 2.500 m

für Großkunden + Kommunen

**10 Hydrothermale
Bohrungsdublette Typ Maxi**
System: offen, + Tauchpumpe
Tiefe: 2000 - 4500 m
Temperatur: 60 - 150° C
Leistung: Ø 20 MW Wärme (= 2 MW elektrisch)
Gebäudetyp: Städte, Gemeinden
Anwendung: Fernwärme, Strom

**11 Petrothermale
Bohrungsdublette (Forschung)**
System: offen, + Tauchpumpe
Tiefe: 4000 - 6000 m
Temperatur: > 150° C
Leistung: Ø 25 MW Wärme (= 2,5 MW Strom)
Gebäudetyp: Städte, Gemeinden
Anwendung: Fernwärme, Strom

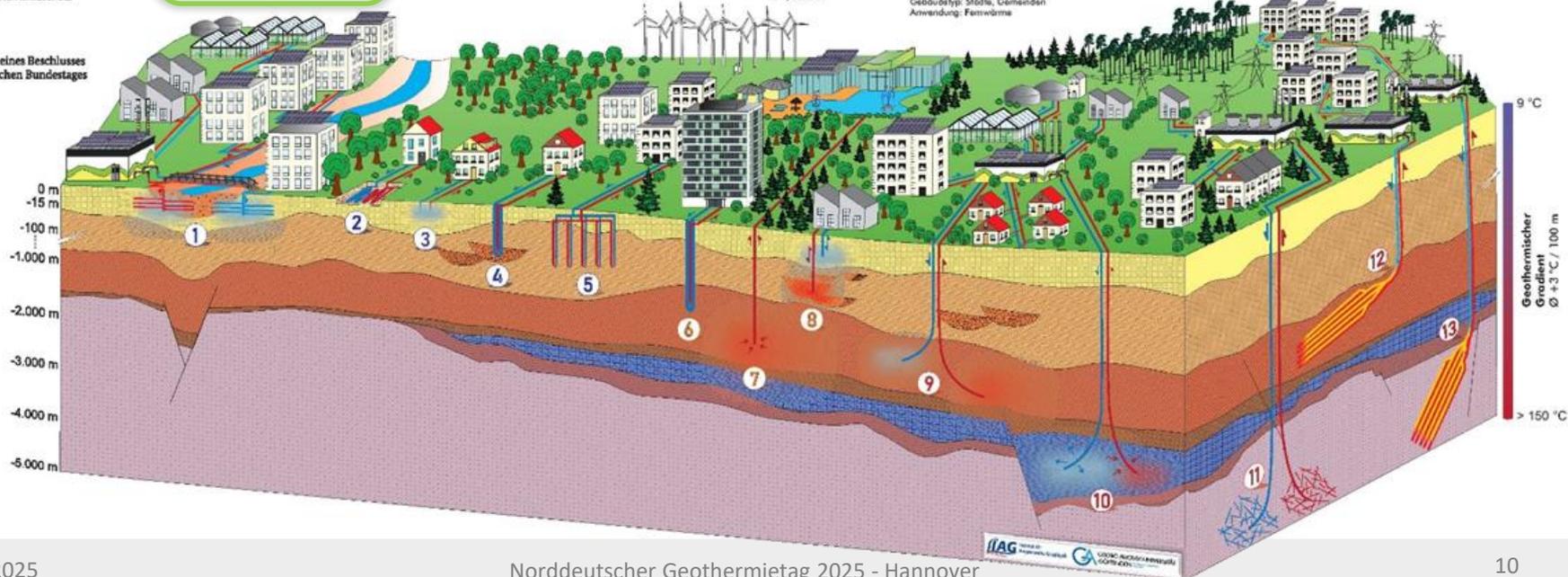
**12 Closed Loop Technologie Midi
(Pilotprojekt)**
System: geschlossen, ohne Pumpenbetrieb
Tiefe: 3000 - 5000 m
Temperatur: 100 - 130° C
Leistung: 15-20 MW Wärme (= 2-2,5 MW Strom)
Gebäudetyp: Städte, Gemeinden
Anwendung: Fernwärme, Strom

**13 Closed Loop Technologie Maxi
(Pilotprojekt)**
System: geschlossen, ohne Pumpenbetrieb
Tiefe: 3000 - 6000 m
Temperatur: > 150° C
Leistung: 25-40 MW Wärme (= 3-5 MW Strom)
Gebäudetyp: Städte, Gemeinden
Anwendung: Strom, Fernwärme

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



VORGEHEN DER ANALYSE IN DEM STUDIERENDEN-PROJEKT

- 1) Ermittlung des Wärme- und Kältebedarfs der Brauerei
- 2) Welche geothermische Technologie ist sinnvoll zur Abdeckung des ermittelten Energiebedarfs der Brauerei?
- 3) Geht Geothermie am Standort?
– Rechtliche Fragen, Genehmigungsfähigkeit
- 4) Verfügbarer Platz, Infrastruktur, Bestandsbauten
- 5) Wie sieht der geologische Untergrund aus?
– Aufbau, thermische Parameter
- 6) Verifizierung der Parameter
- 7) Berechnung des möglichen Energieertrags aus Geothermie

Geoportal GeotIS: Überblick

→ Nutzung Erdwärmesonden möglich,
flächenhafte Einschränkung bekannt

Niedersachsen (RW=3.559.698, HW=5.742.236) x

Situation am gewählten Ort:

Flächenhafte Einschränkungen bekannt

Gelb im GeotIS steht für "flächenhafte Einschränkungen bekannt". Für Erdwärmesonden kann die **Einzelfallprüfung** durch die **zuständigen Genehmigungsbehörden** ergeben, dass die Installation **mit zusätzlichen Auflagen genehmigt oder nicht genehmigt** wird.

Gründe für die Einstufung:

- Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung

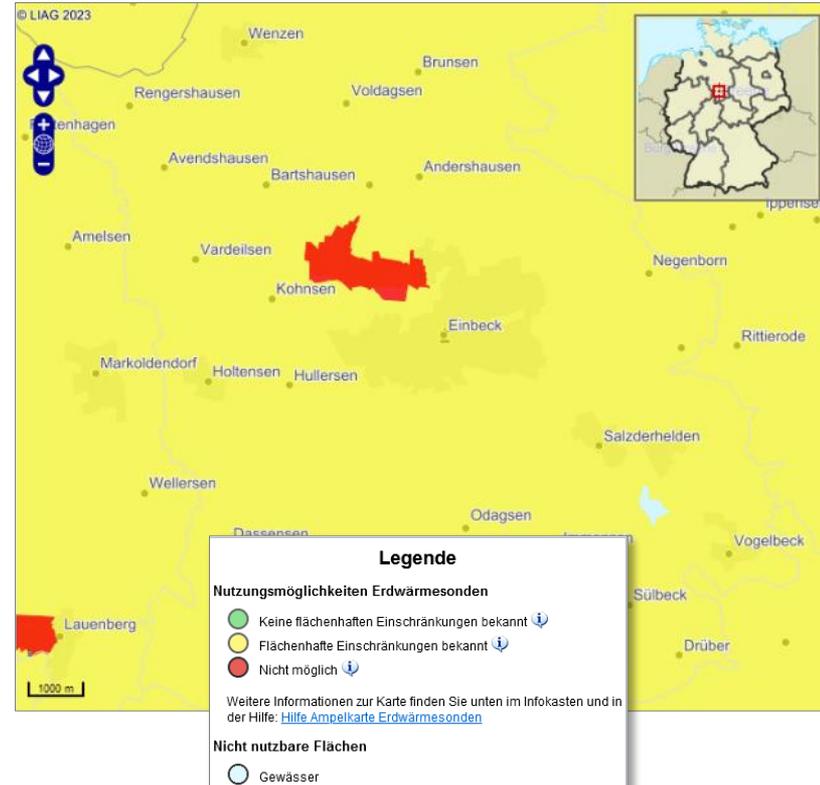
Ggf. liegen weitere Einschränkungsründe vor, weitere Informationen sind auf dem NIBIS Kartenserver zu finden.

Die **dargestellten Informationen für Niedersachsen** beziehen sich nur auf die oberen 200 Meter. Ist eine tiefere Erdwärmesonde geplant, steht die **zuständige Fachbehörde** (s.u.) für weitere Informationen zur Verfügung.

Weiterführende Informationen

Fachbehörde: [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie](#)

- Weitere Informationen: [NIBIS Kartenserver](#)
- Leitfaden: [GeoBerichte 24 - Leitfaden Erdwärmennutzung in Niedersachsen](#)
- Bohrungsanzeige: [AGU \(Anzeige Geologischer Untersuchung\) LBEG](#)



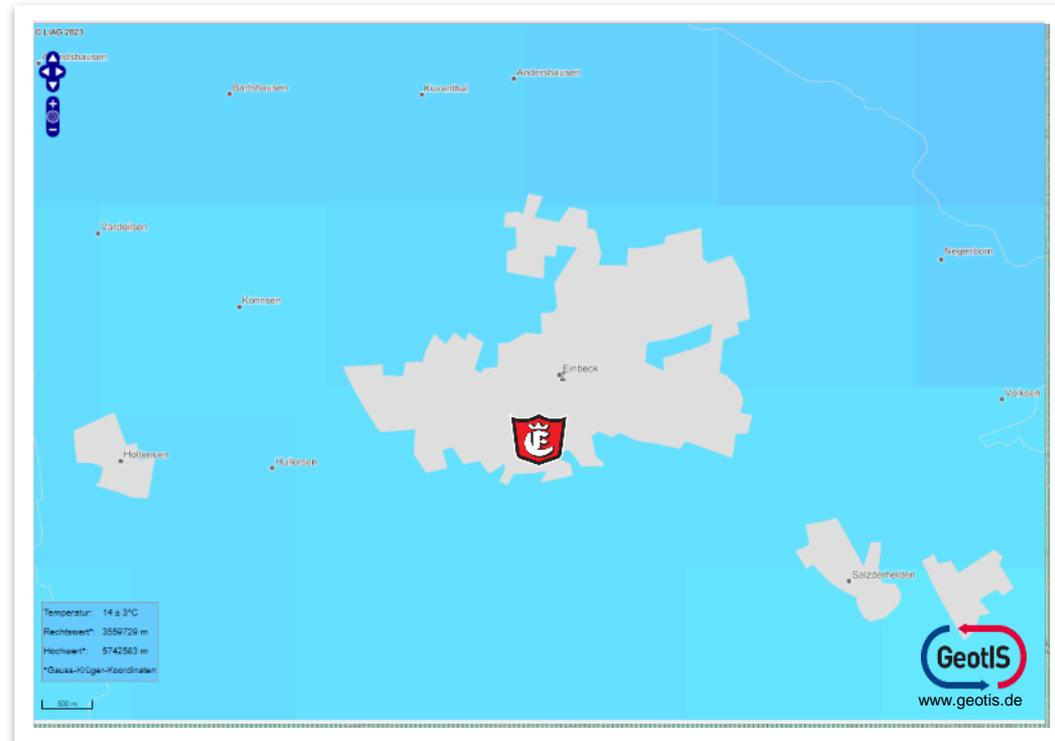
Geoportale des LBEG und GeotIS:
Mögliche Einschränkung: Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung

- Genehmigungsfähig für EWS
- Temperatur in 200 m Tiefe $14^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$

Legende:

GTNB500 - Nutzungsbedingungen für Sonden

-  Unzulässig, Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiet (Schutzzone 1, 2 oder A)
-  Einschränkunggrund: Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiet (Schutzzone 3, 4, 5, 6, B, D oder keine Angabe)
-  Einschränkunggrund: Vorranggebiet Trinkwassergewinnung gemäß LROP, Trinkwassergewinnungsgebiete
-  Einschränkunggrund: Gefährdungsbereich durch artesische Grundwasserhältnisse
-  Einschränkunggrund: Gefährdungsbereich durch Erdfälle
-  Einschränkunggrund: Gefährdungsbereich durch Bergbau und Kohlenwasserstoff-Lagerstätten/-Speicher
-  Einschränkunggrund: Salzstockhochlage
-  Einschränkunggrund: Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung



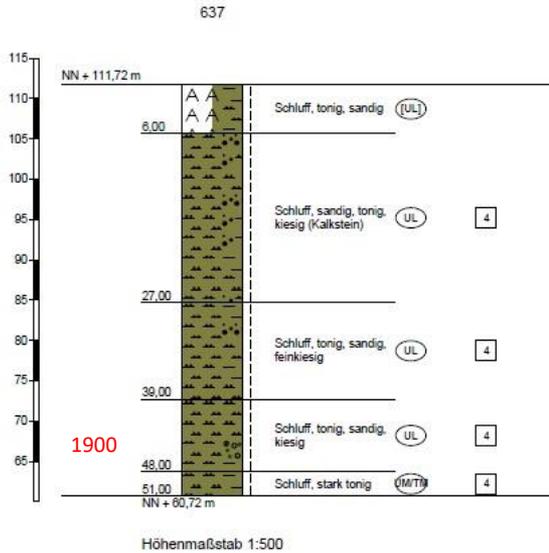
Realisierung – Nutzbare Flächen: Möglicher Platz für Erdwärmesonden





SW

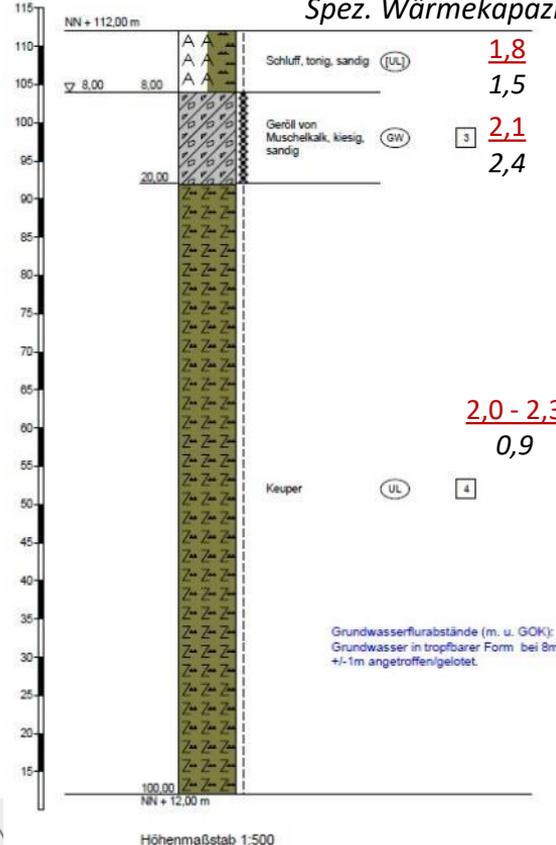
NE



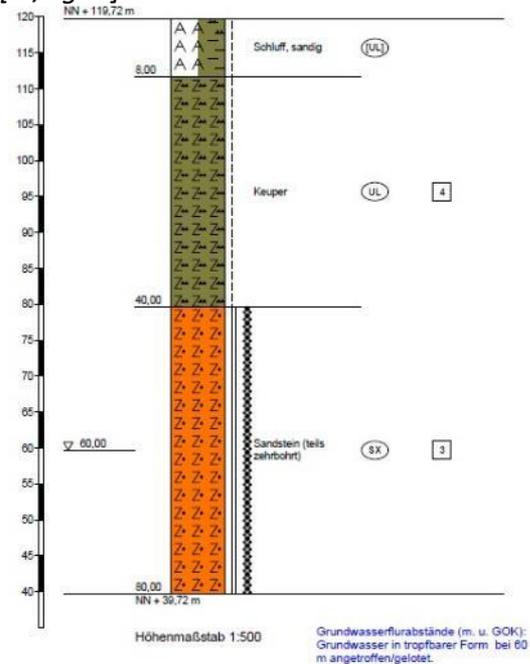
Prognose Profil

Wärmeleitfähigkeit [W/m*K]

Spez. Wärmekapazität [kJ/kg*K]



Einbeck 14



Boden- und Felsarten

- Auffüllung, A
- Hangschutt, Lx
- Sand, S, sandig, s
- Ton, T, tonig, t

- Schluffstein, Ust
- Kies, G, kiesig, g
- Schluff, U, schluffig, u
- Sandstein, Sst

Profilschnitte

Auf Grundlage von GeotIS und dem NIBIS-Kartenserver und Vorlesungsunterlagen



Jährlicher warmwasserbedarf
 Jahresheizarbeit
 Jahreskühlarbeit

0 Mwh
 2800 Mwh
 1500 Mwh

Jahresarbeitszahl (ww) 3
 Jahresarbeitszahl Heizen 4,5
 Jahresarbeitszahl kühlen 5

SIMULATIONS DATEN (EED)

DATEN KURZFASSUNG

Kosten -
 Anzahl Bohrungen 36
 Tiefe der Erdwärmesonde 200 m
 Erdwärmesondenlänge gesamt 7200 m

E I N G A B E D A T E N (P L A N U N G)

UNTERGRUND

wärmeleitfähigkeit des Erdreichs 2,1 W/(m·K)
 Spez. Wärmekapazität des Erdreichs 2,05 MJ/(m³·K)
 Mittl. Temperatur d. Erdoberfläche 10 °C
 Geothermischer wärmefluss 0,06 W/m²

BOHRUNG UND ERDWÄRMESONDE

Sondenanordnung 423 ("36 : 6 x 6 rectangle)
 Tiefe der Erdwärmesonde 200 m
 Abstand der Erdwärmesonden 9 m
 Sondentyp Doppel-U
 Bohrlochdurchmesser 168 mm
 U-Rohr, Außendurchmesser 40 mm
 U-Rohr, wandstärke 3,7 mm
 U-Rohr, wärmeleitfähigkeit 0,42 W/(m·K)
 U-Rohr, Mittenabstand d. U-schenkel 68 mm
 wärmeleitfähigkeit der verfüllung 2 W/(m·K)
 Übergangswiderst. Rohr/Verfüllung 0 (m·K)/W

Monatliches Bedarfsprofil [Mwh]

Monat	wärmebedarf	kühlbedarf	Erdseite	
1	0,084	235	0,084	126
2	0,084	235	0,084	126
3	0,083	232	0,083	124
4	0,083	232	0,083	124
5	0,083	232	0,083	124
6	0,083	232	0,083	124
7	0,083	232	0,083	124
8	0,083	232	0,083	124
9	0,083	232	0,083	124
10	0,083	232	0,083	124
11	0,084	235	0,084	126
12	0,084	235	0,084	126
Gesamt	1	2800	1	1500
				378

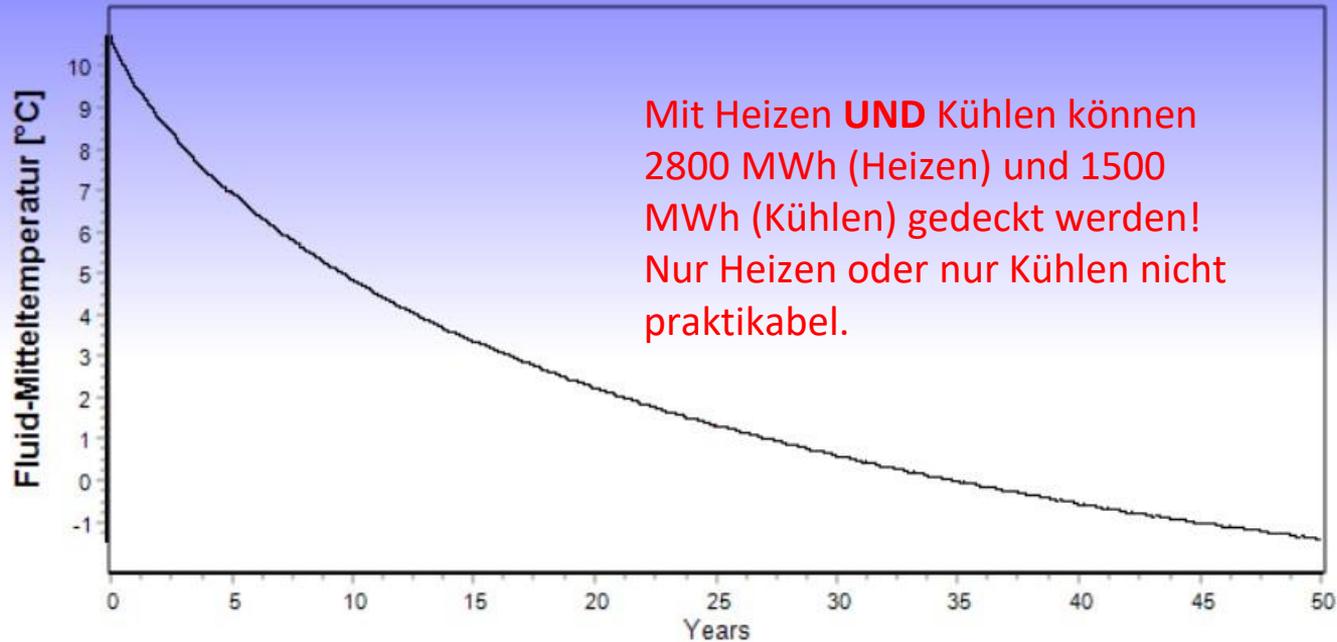
SPITZENLAST

Monatliche Spitzenlast [kw]

Monat	Spitzen-Heizlast	Dauer	spitzen-kühllast	Dauer [h]
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

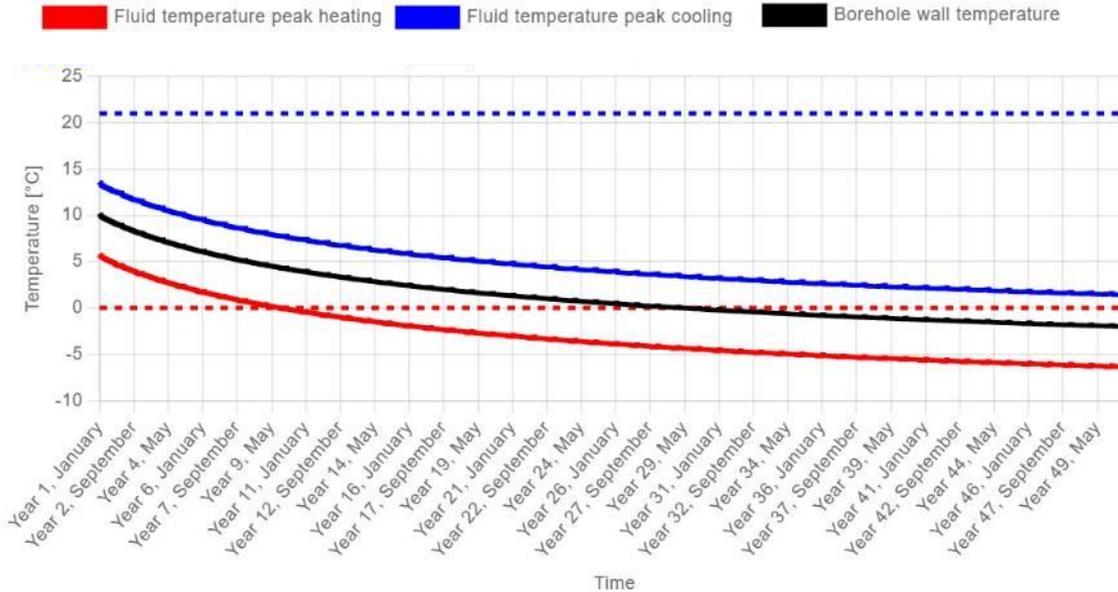


Mit Regenerierung des Untergrundes

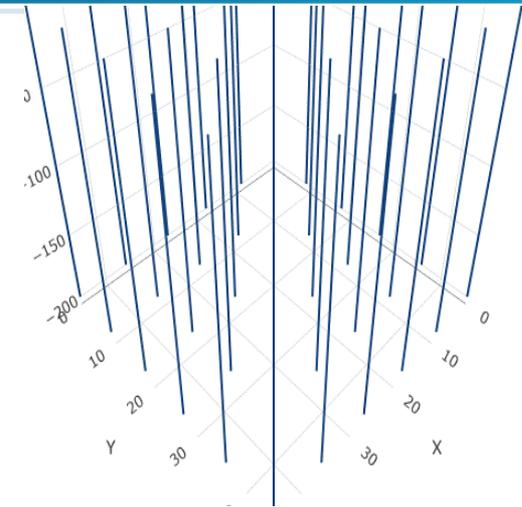


Mit Heizen **UND** Kühlen können
2800 MWh (Heizen) und 1500
MWh (Kühlen) gedeckt werden!
Nur Heizen oder nur Kühlen nicht
praktikabel.

Monthly simulation: EINBECK_BRAUEREI_EED.DAT
Sondenanordnung 423 (*36 : 6 x 6 rectangle*), B: 9 m, D: 200 m
Fluid temperatures for last year: min: -1,46°C max: -1,37°C



Mit Regenerierung des Untergrundes durch 1500 MWh Kühlen und 2800 MWh Heizen. Zwei Linien, da kein gleichzeitiger Betrieb fürs Heizen UND Kühlen möglich ist → stündliches Lastprofil benötigt!



Yearly geothermal imbalance: **-424200 kWh** (extraction dominated)

Minimum average fluid temperature: **-6.42 °C**

Maximum average fluid temperature: **13.58 °C**

Number of boreholes: **36**

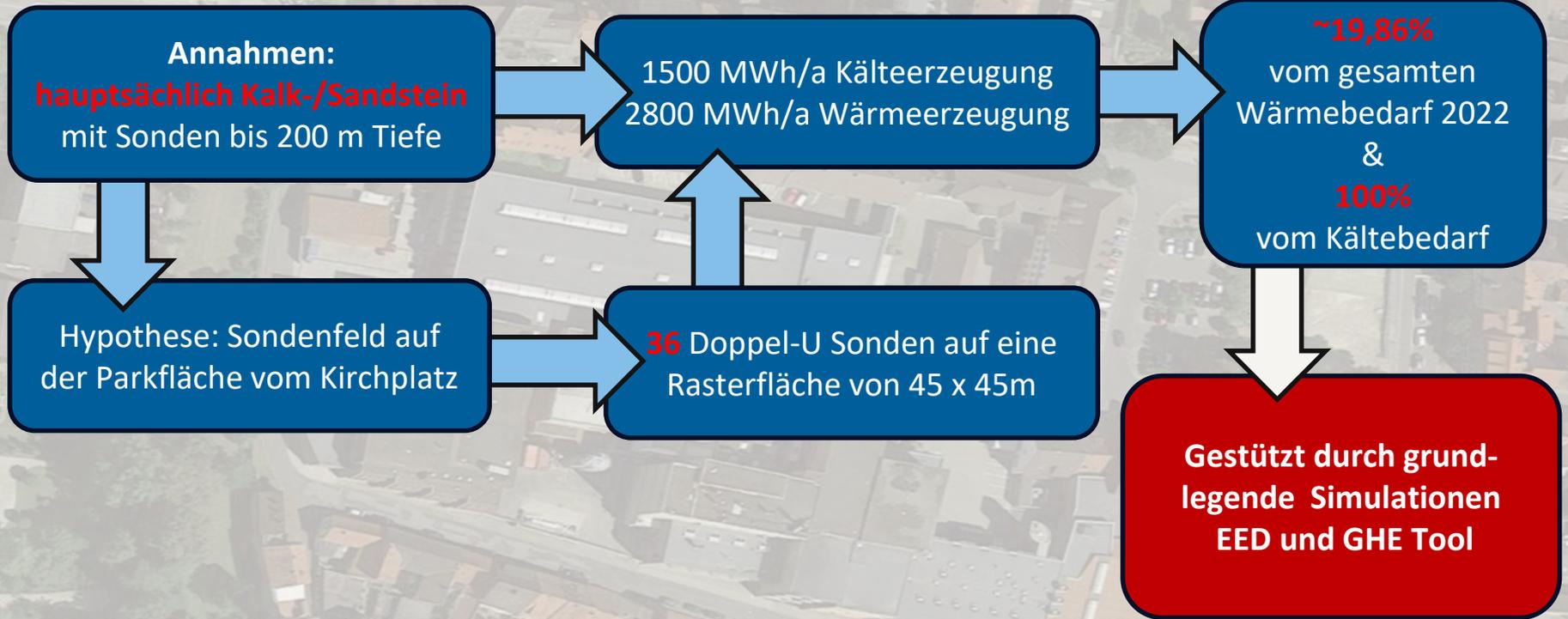
Total borehole length: **7164 m**

Average undisturbed ground temperature: **11.85 °C**

Effective borehole thermal resistance: **0.1368 m·K/W**

Pressure drop across one borehole: **13.41 kPa**

Reynolds number: **1418** (laminar)





Geothermie mittels EWS ist für die Einbecker Brauerei **möglich**.

Nachhaltigkeit für den Brauhausbetrieb nur, wenn Geothermie zum Kühlen **UND** Heizen eingesetzt wird.

Weitere Studien sollten dieses Ergebnis verifizieren, Nutzung durch **Horizontalfilterbrunnen** prüfen und Strombedarf für Wärmepumpen berücksichtigen.

Zur Umsetzung effizienter geothermischer Lösungen ist eine **Zusammenarbeit** mit der Stadt Einbeck notwendig.

Für eine kommunale Wärmeplanung bis hin zur Klimaneutralität sind **Stadt und Gewerbe** aufeinander angewiesen.



GA GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN
Abteilung Strukturgeologie und Geothermik



SEIT  1378

Einbecker

