



Bild: Erdwerk



Bild: [GGSC]



Bild: [GGSC]

Wärmewende in der Region – Geothermie endlich nutzen!

RC Augsburg-Renaissancestadt
Augsburg, den 29. Juni 2023

Die Themen:

- I. Stand der Wärmewende in Deutschland
- II. Stand der Wärmewende in der Region
- III. Wärmewende durch Geothermie im Lechfeld
- IV. Konzeptbeispiel Graben / Schwabmünchen

BACKUP

- V. Erdwärme nutzen – warum?
- VI. Erdwärme - Erschließung und Nutzung
- VII. Projektbeispiele Bayern und Deutschland

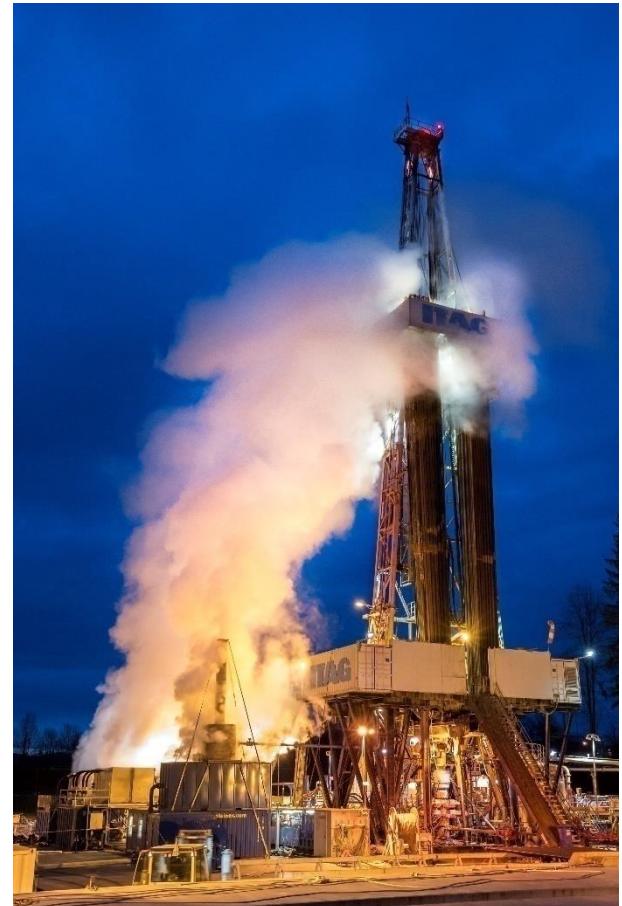


Bild: Bastian Bremerich

I. Stand der Wärmewende in Deutschland

Auf die Wärmeversorgung entfallen

- ca. 40 % des Energieverbrauchs
- ca. 30 % der CO₂-Emissionen
- und wie wird die Wärme erzeugt?

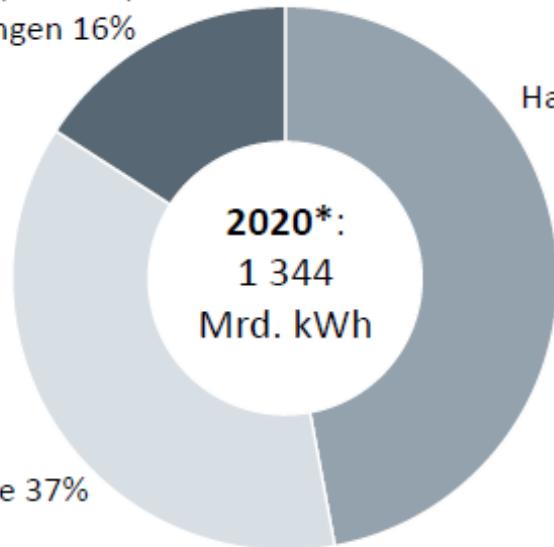


Bild: Pavel Horazy – Adobe Stock

Wieviel „verheizt“ wer wofür in Deutschland?

Verbrauchssektoren

Gewerbe, Handel,
Dienstleistungen 16%



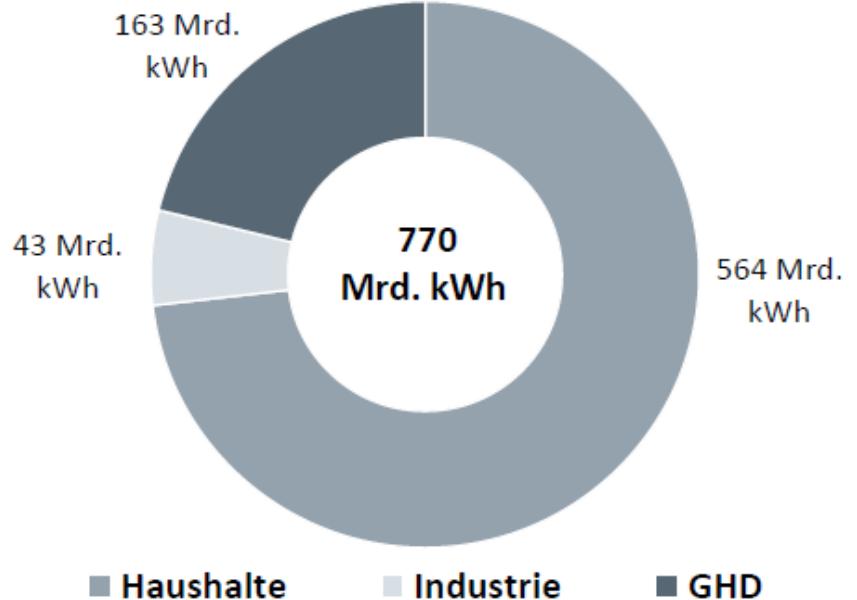
2020*:
1 344
Mrd. kWh

Haushalte 47%

Industrie 37%

Davon ca. 60% für Raumwärme und
Warmwasser

Insgesamt



■ Haushalte

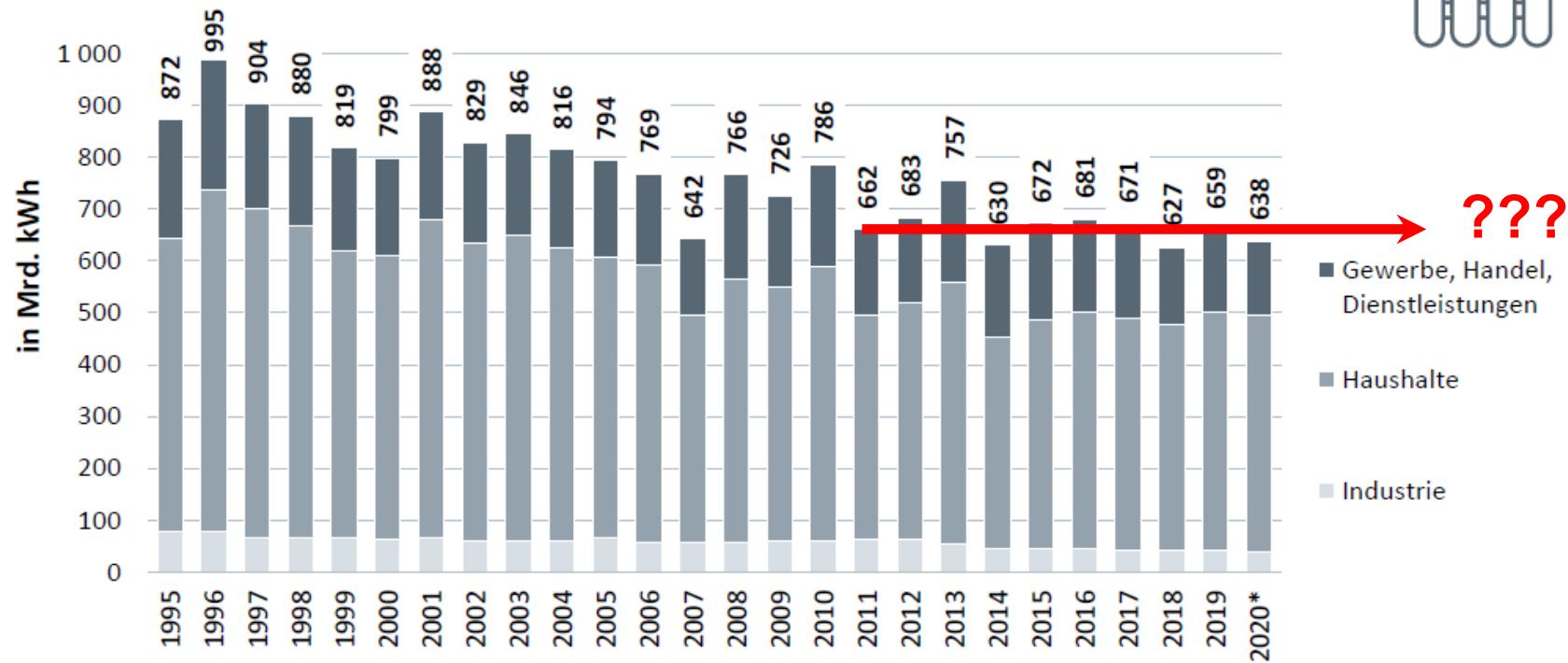
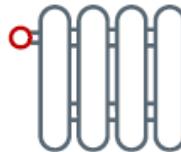
■ Industrie

■ GHD

Quelle: BDEW Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland (2022)

Und war / wie ist die Entwicklung?

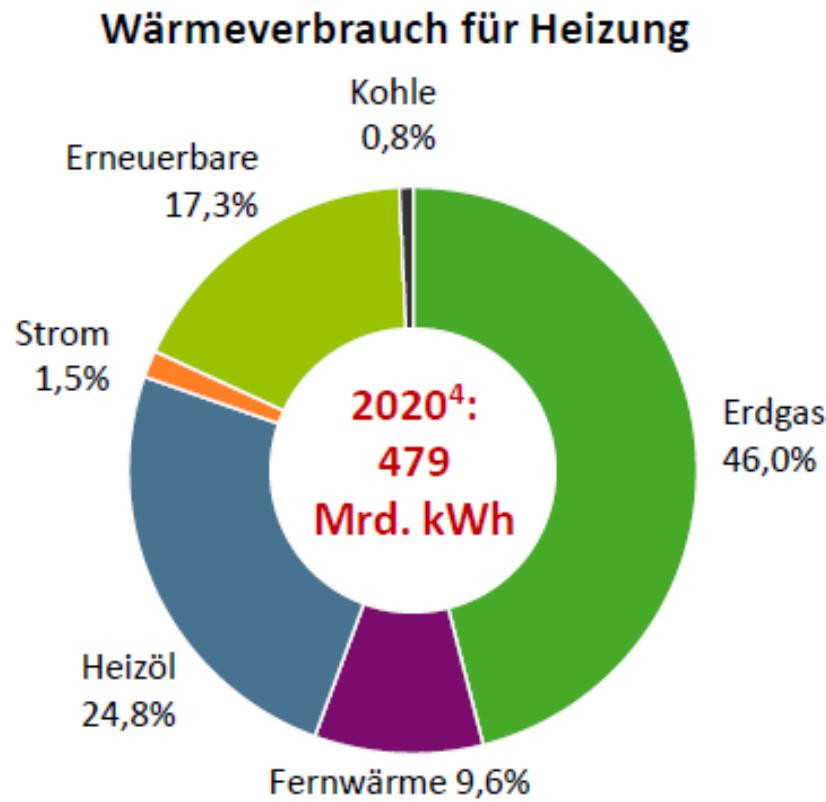
Bedarfsentwicklung Raumwärme



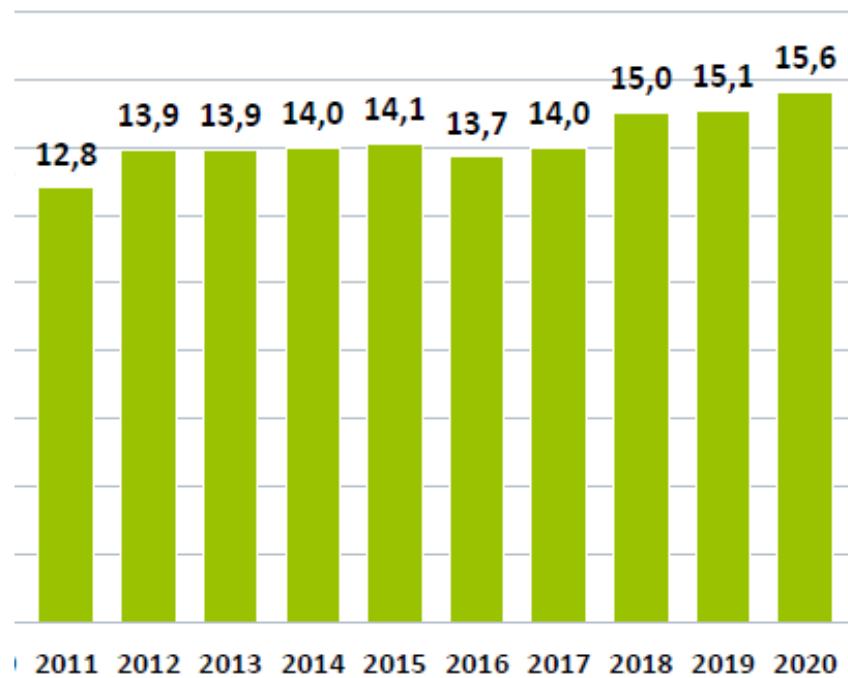
Quelle: BDEW Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland (2022)

So wie es nach der Statistik aussieht, wohl vergleichsweise konstant, durchschnittlich 668 Mrd. kwh in den letzten 10 Jahren

Und womit wird geheizt?



Anteil des durch Erneuerbarer Energien gedeckten Wärmeverbrauchs inkl. Fernwärme



Quelle: BDEW Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland (2022)

II. Stand der Wärmewende in der Region

Wirtschaftsraum Augsburg:

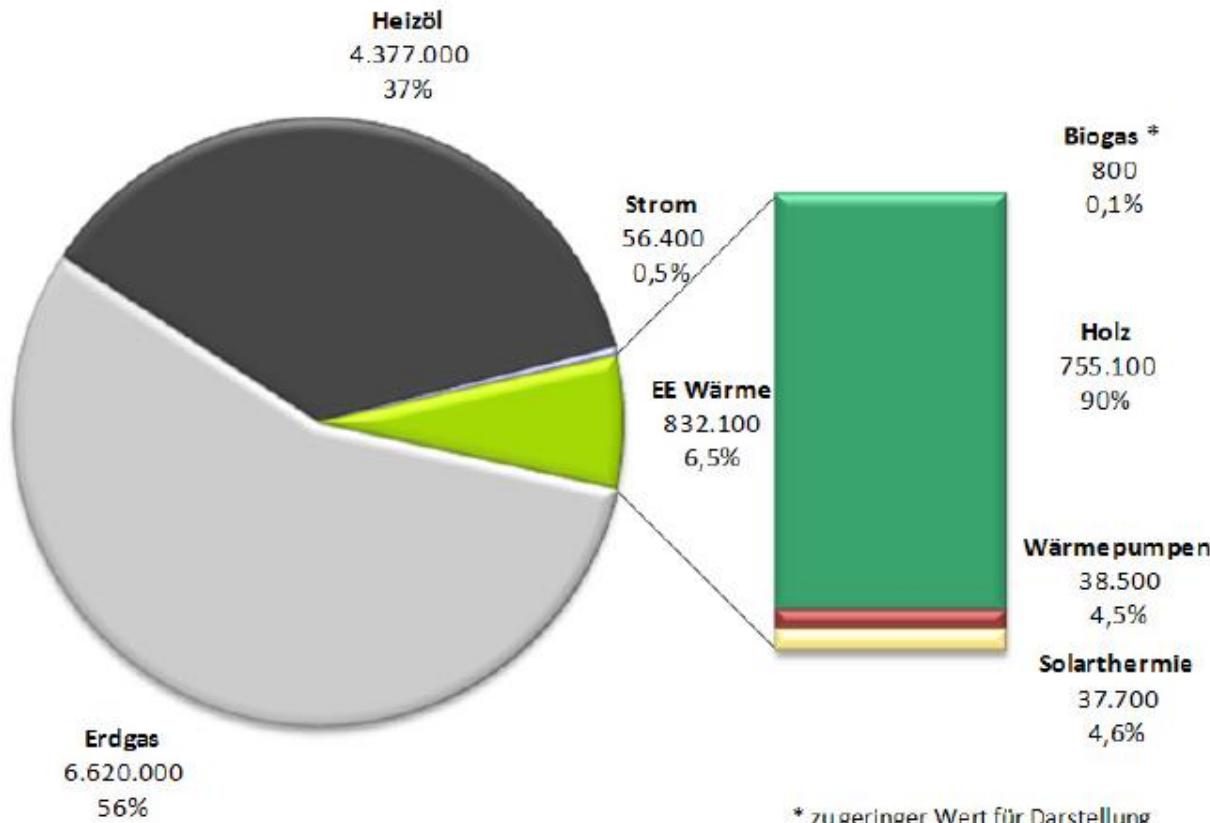
- Stadt Augsburg ca. 300.000 Einwohner
 - Landkreis Augsburg ca. 260.000 Einwohner
 - Landkreis Aichach Friedberg ca. 140.000 Einwohner

Energieform	Private Haushalte	Industrie und Gewerbe	Öffentlicher Sektor
Strom	1.137.900 MWh (25 %)	3.351.200 MWh (74 %)	31.200 MWh (1 %)
Wärme	5.470.400 MWh (46 %)	6.201.500 MWh (52 %)	213.600 MWh (2 %)

Quelle:
Regionales Klimaschutzkonzept
Wirtschaftsraum Augsburg (2011)

Die **Datenbasis** ist zwar schon aus **2009**, die Verteilung ist aber genau wie sonst in Deutschland → danach hat sich in Deutschland wenig geändert

Womit heizt(e) die Region? (Datenstand 2009)



Quelle:
Regionales Klimaschutzkonzept Wirtschaftsraum Augsburg (2011)

- Der Wirtschaftsraum Augsburg heizt im Jahr 2009 nur **zu 6,5% mit Erneuerbaren**, davon stammen 90% aus der Nutzung von Holz.
- Deutschland heizt im Jahr 2009 zu 11,4% mit Erneuerbaren.

Fazit (bei aller Unschärfe):
Unsere Region war (ist?) jedenfalls kein Vorreiter der Wärmewende!

Hat die Wärmewende bei uns seit 2009 Fahrt aufgenommen?

- Wärmeplanung Stadt / Stadtwerke Augsburg 2022/2023:
 - Die aktuelle Erzeugungsplanung zeigt die schon lange bestehenden KWK (69 MW) und Biomasse KWK (5 MW) Anlagen
→ wohl keine substantielle Änderung in Augsburg in den letzten 10 Jahren
- Digitaler Energienutzungsplan Landkreis Aichach-Friedberg 2021:
 - Wärme bereits zu 37% aus Erneuerbaren, aber die Anlagen waren bereits in der Wirtschaftsraum Untersuchung aus 2011 vorhanden, weil nur das Holz, das in AIC genutzt wird, die 7% Erneuerbaren in 2009 ermöglichte
→ wohl keine substantiell Änderung in AIC in den letzten 10 Jahren
- Klimaschutz Teilkonzepte Stadt Schwabmünchen 2014
 - Wärme kommt zu 9% aus Erneuerbaren

Fazit: auch bei (nur stichprobenhafter) aktualisierter Betrachtung hinkt unsere Region bei der Wärmewende wohl eher nach wie vor hinterher!

Und die Konzepte in den Studien seit 2009?

Beispiel (zusammengestellt aus mehreren Konzepten):

- Zentral: Einsparung von 30 - 50% beim Wärmeverbrauch (!!!)
 - Ausbau der Solarthermie auf 30 - 40% (am reduzierten Verbrauch)
 - Kein Potential mehr bei Holz, ggf. Biomasse aus Landwirtschaft 5 - 6%
 - Ein klein wenig oberflächennahe Geothermie 3 - 5%
 - So gut wie keine Tiefengeothermie, 0% bei einigen wenigen MWh
- so soll in einem zwanzigjährigen Zeitraum ein Anteil der Erneuerbaren an der Wärmeversorgung von 40 - 60 % erreicht werden
- Das ist kein überzeugendes Konzept

Die Konzepte speziell zur Tiefengeothermie

Für den Wirtschaftsraum Augsburg wurde ein Potential von 5 MW Geothermieleistung berechnet, was rund 15.000 MWh_{th} Wärmeenergie entspricht.

Eine Dublette in drei (!) Landkreisen?

Quelle: Regionales Klimaschutzkonzept Wirtschaftsraum Augsburg (2011)

Für Schwabmünchen wurde ein Wärmepotenzial von 3,5 MW Geothermieleistung veranschlagt, was rund 10.500 MWh_{th} Wärmeenergie entspricht. Der Betrieb einer Geothermie-Anlage macht nur Sinn, wenn sich ausreichend Wärmeabnehmer in der Nähe befinden oder wenn die Abnahme der Wärme langfristig über Abnehmer gesichert ist, die auch in den warmen Monaten ausreichend Bedarf haben.

Der Wert ist für eine (!) Dublette nicht abwegig, die weiteren Ausführungen ergeben so aber keinen Sinn

Quelle: Klimaschutz Teilkonzepte Schwabmünchen 2014

Die Tiefengeothermie nutzt Erdwärme auf hohem Temperaturniveau in Tiefen ab 400m. Aufgrund der Komplexität der Thematik wurden nähere Betrachtungen sowie eine Quantifizierung des Potenzials im Rahmen des Energienutzungsplans nicht vorgenommen.

Quelle: Digitaler Energienutzungsplan Landkreis Aichach-Friedberg 2021

Fazit: Die Erneuerbaren für die Wärme in der Region sind zu knapp für die Wärmewende und die Geothermie wird vernachlässigt. Da fehlen einem ob der Inkompetenz (oder Arbeitsverweigerung?) die Worte.

III. Wärmewende durch Geothermie im Lechfeld - es geht doch!

Lechfeld (i.w.S.) als Konzeptbeispiel im Kern unserer Region:

- Großer Wärmebedarf im hier betrachteten Lechfeld ca. 120.000 Einwohner, also knapp 20% des Wirtschaftsraums Augsburg, Tendenz steigend durch Siedlungs- / Bevölkerungswachstum südlich der Augsburger Kernstadt
- Siedlungs- und Bedarfsschwerpunkte mit Wärmedichten, die Fernwärmesysteme und Transport möglich erscheinen lassen
- Gewerblicher / industrielle Bedarf zusätzlich vorhanden (Mälzereien, Bundeswehr, Gemüse- und Gartenbau etc.
- Gute geologische Datenlage
- Temperaturniveaus im Untergrund, die eine direkte Wärmenutzung oder in Verbindung mit industriellen Großwärmepumpen ermöglichen

Der Bedarf im (erweiterten) Lechfeld

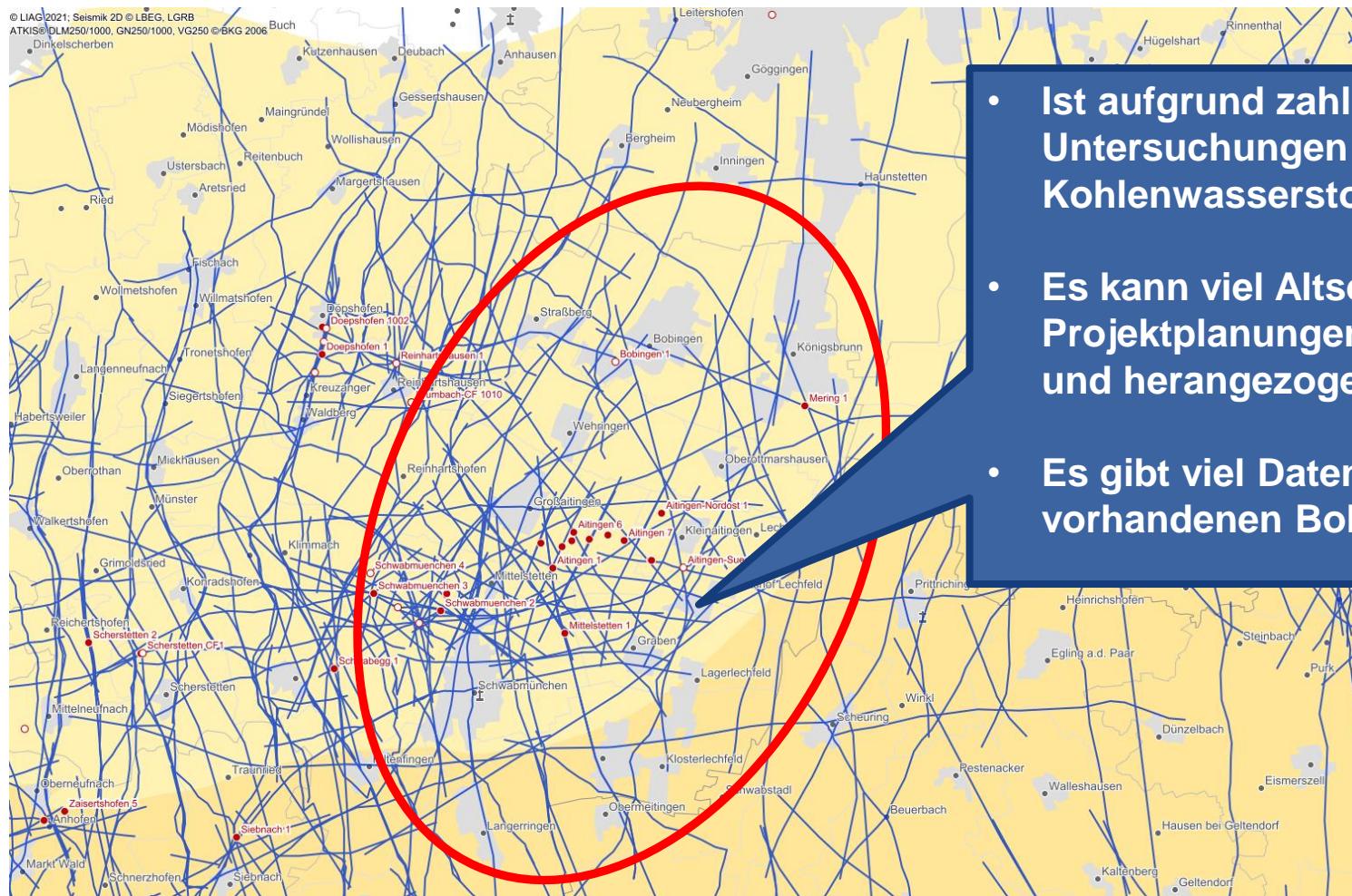
Gemeinden mit über 5.000 Einwohnern	Einwohner
Haunstetten	28.000
Inningen	5.000
Bobingen	17.000
Königsbrunn	28.000
Großaitingen	5.000
Untermeitingen	7.000
Schwabmünchen	15.000
Sonstige Gemeinden (Graben, Klosterlechfeld...)	15.000
Einwohner gesamt ca.	120.000

→ **Großer mit Fernwärme erschließbarer Wärmebedarf von Haushalten und Gewerbe**

Wo befinden sich diese Gemeinden / Wärmesenken?



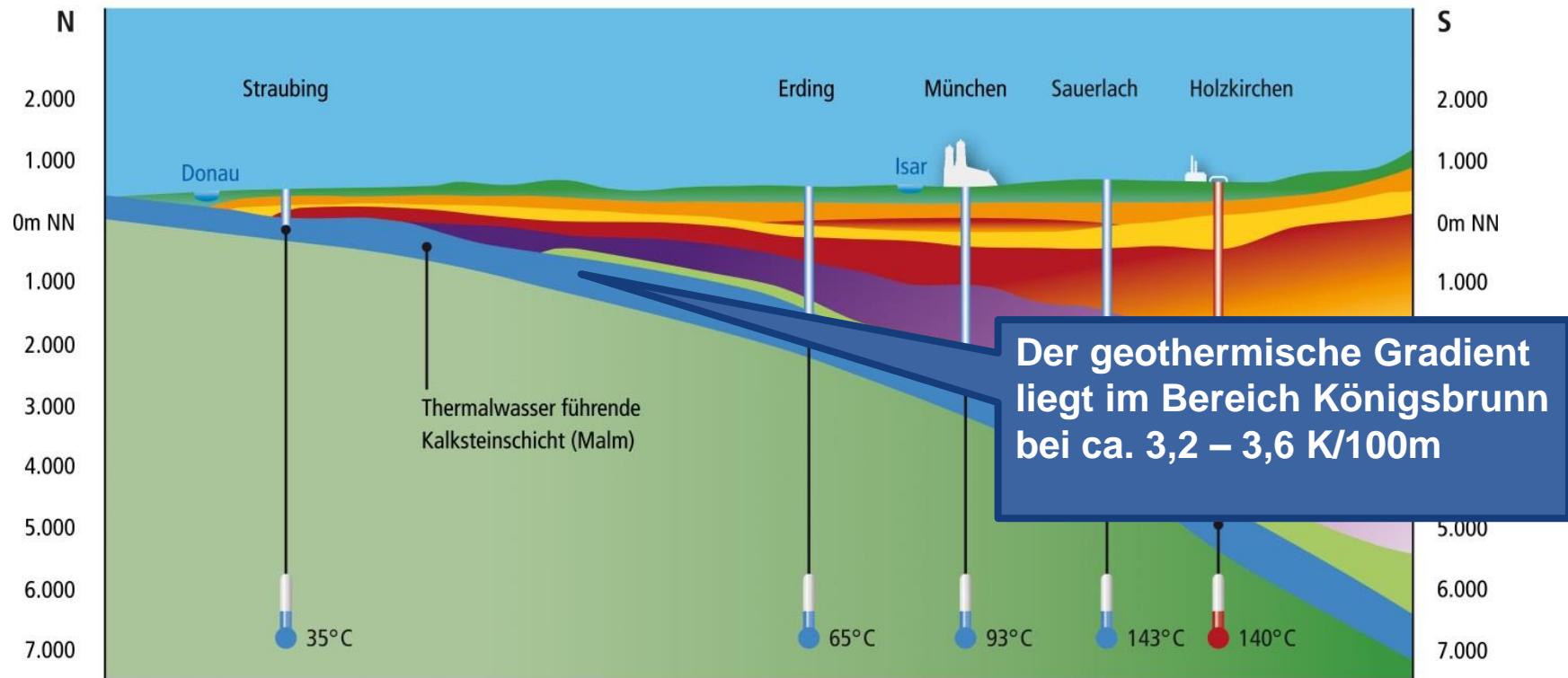
Geologische Datenlage im Lechfeld (Seismik und Bohrungen)



- Ist aufgrund zahlreicher Untersuchungen der Kohlenwasserstoffindustrie gut
- Es kann viel Altseismik für Projektplanungen ausgewertet und herangezogen werden
- Es gibt viel Daten aus vorhandenen Bohrungen

Quelle: GeotIS

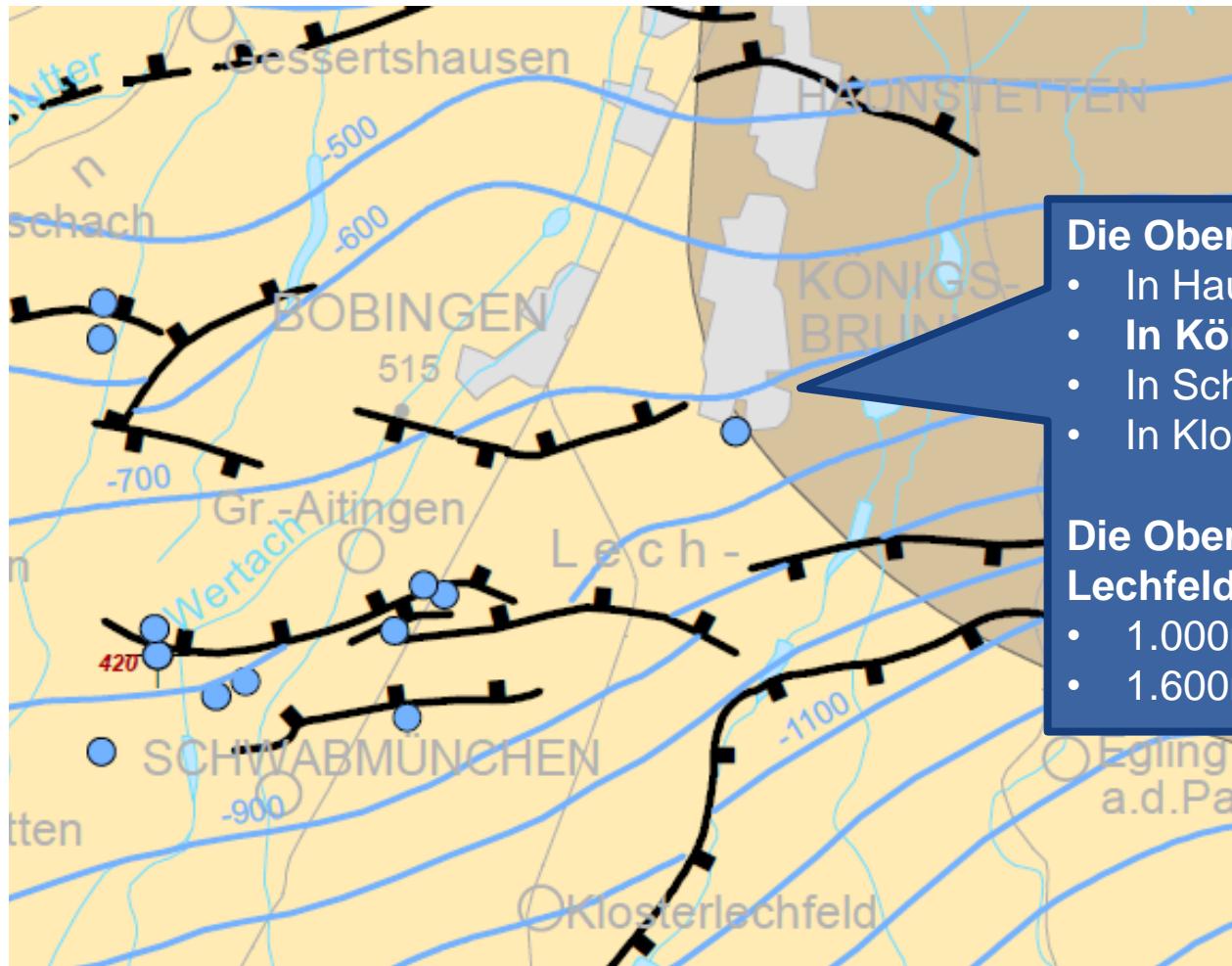
Der Malm-Aquifer – Ziel der hydrothermalen Energiegewinnung



Quelle: Hoch 3 GmbH, München

Der Malm-Aquifer fällt von Norden Richtung Süden ab, seine Oberkante liegt bei Augsburg etwa 400 m unter NN, südlich von Schwabmünchen etwa 1.000m unter NN

Lage der Oberkante des Malms im Lechfeld (in m NN)



Die Oberkante des Malm liegt:

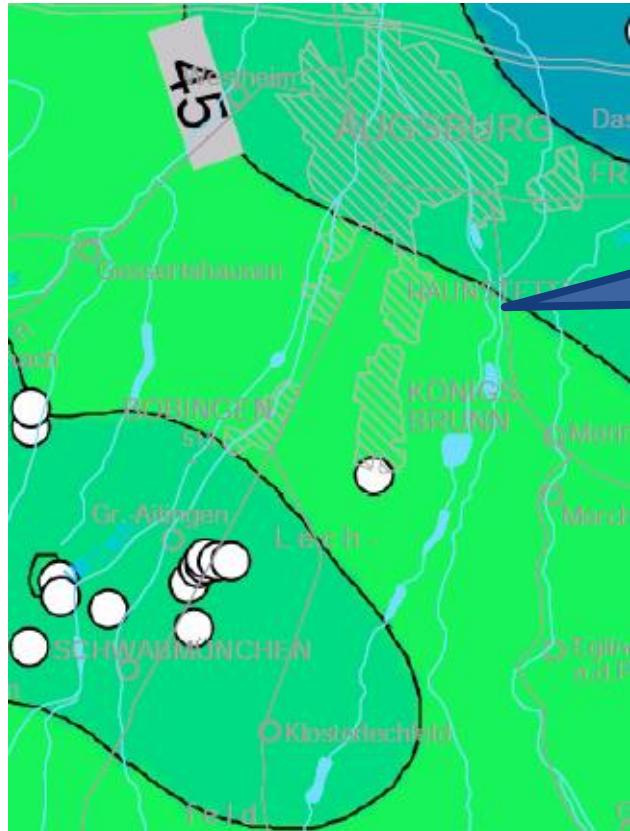
- In Haunstetten 500m unter NN
- In Königsbrunn **700m unter NN**
- In Schwabmünchen 900m unter NN
- In Klosterlechfeld 1.000m unter NN

Die Oberkante des Malms im Lechfeld liegt also zwischen

- 1.000m unter GoK
- 1.600m unter GoK

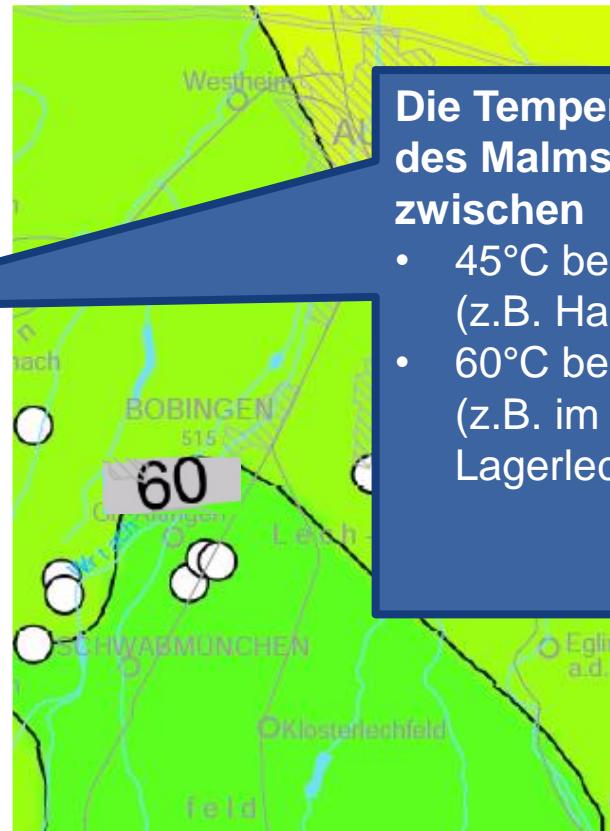
Karte: Bayerischer Geothermie-Atlas

Temperatur an der Oberkante des Malms beträgt etwa



Karte: Bayerischer Geothermie-Atlas

Temperatur -1.000m (GoK)



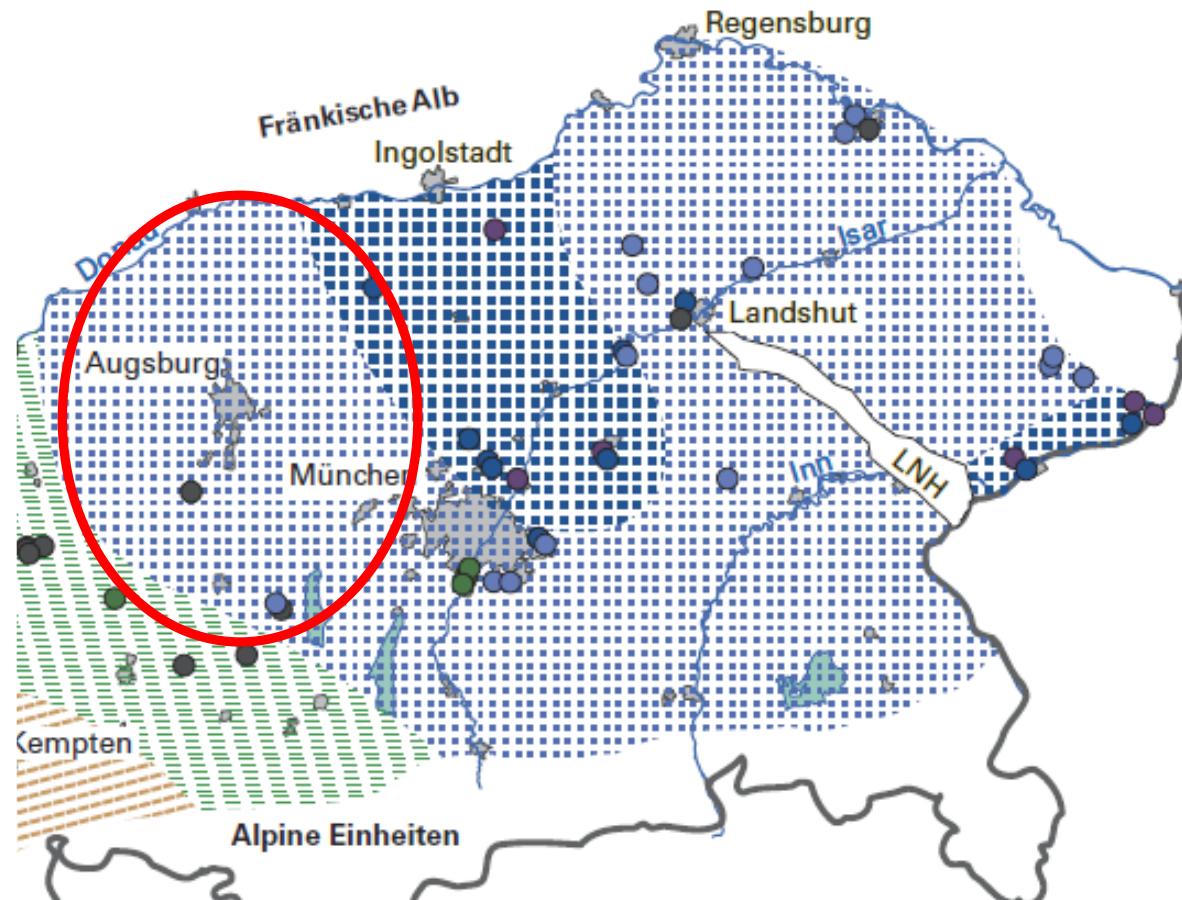
Karte: Bayerischer Geothermie-Atlas

Temperatur -1.500m (GoK)

Die Temperaturen an der Oberkante des Malms im Lechfeld liegen etwa zwischen

- 45°C bei 1.000m unter GoK (z.B. Haunstetten)
- 60°C bei 1.500m GoK unter GoK (z.B. im Dreieck Schwabmünchen-Lagerlechfeld-Klosterlechfeld)

Gebirgsdurchlässigkeit des Malm-Aquifers im Molassebecken



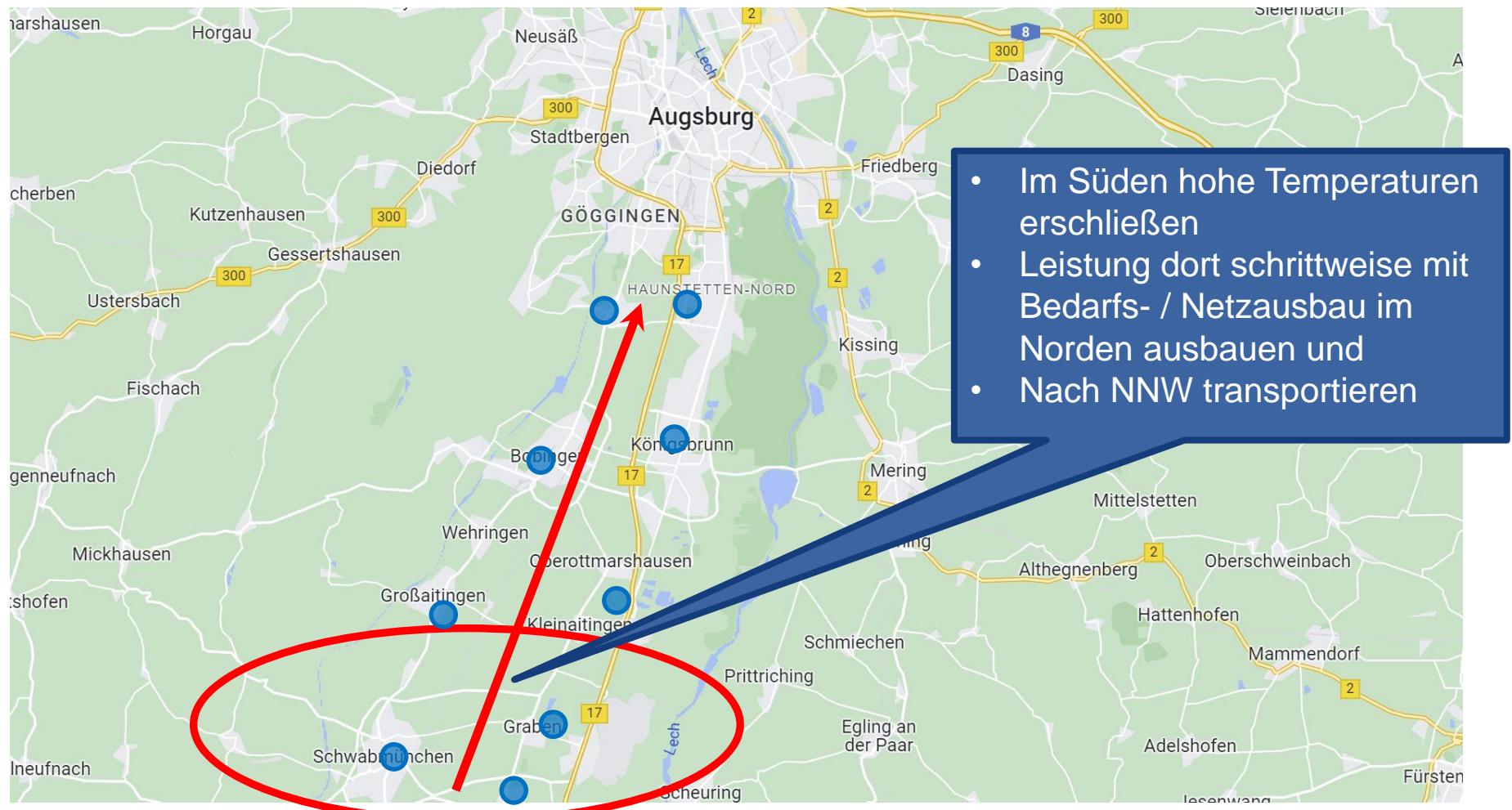
Karte: Bayerischer Geothermie-Atlas

Im Raum Augsburg ist der Malm grundsätzlich durchlässig, so wie auch im Raum München, das spricht für eine hydrothermale Nutzbarkeit

Fazit: Ungenutztes Potential im Lechfeld nutzen!

- Der Malm im Lechfeld scheint nach Datenlage ausreichend durchlässig und wasserführend für eine Nutzung zur Wärmeversorgung zu sein
- Geothermie im Süden des Lechfelds ist mit ca. 65°C bereits gut nutzbar, hier muss nicht oder nur wenig aufgeheizt werden
- eine Dublette hier kann eine thermische Leistung von 4 - 6 MW erzielen und einen großen Beitrag zur Grund- und Mittellast ein einem Versorgungssystem beisteuern
- Mehrere Bohrungen können kombiniert werden !
- Geothermie im Norden des Lechfelds mit ca. 45°C benötigt zur Umsetzung besonders durchdachte technischer Konzepte
- Die direkte Nutzung für Gewerbebetriebe ist ebenfalls möglich, ebenso in Verbindung mit Großwärmepumpen

Übertragen auf das Lechfeld: Wärmepipeline von SSW nach NNO!

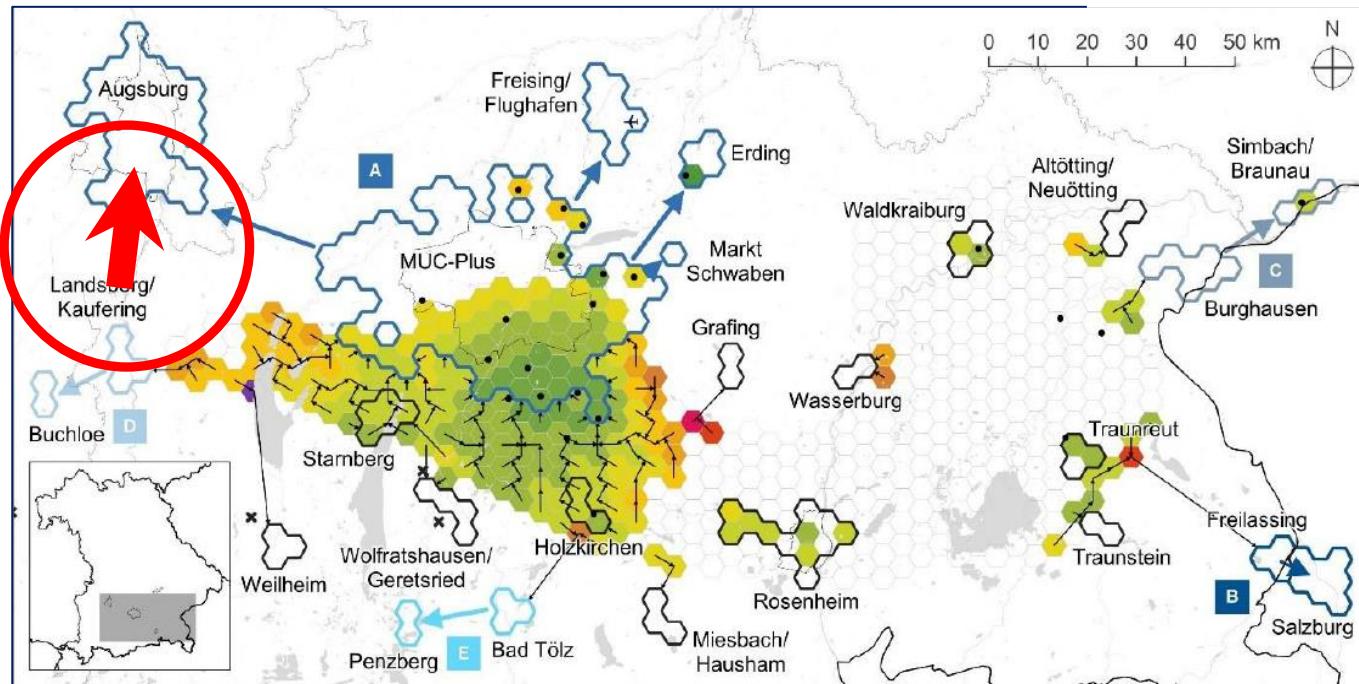


Wärmewende durch Geothermie und Wärmeverbundleitungen

Forschungsprogramm



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Quelle: Geothermische Energie,
Heft 97, 2020

- Die Idee: Lieferung von wärmeren Vorkommen zu Bedarfsschwerpunkten
- Wärmetransportleitungen werden seit 09/2022 vom BEW gefördert, in der Praxis haben sie sich bewährt
- Der Energieverlust liegt bei 10 – 20 km nur bei 1 – 3% der MWh

Niedrige(re) Temperatur der Geothermie im Lechfeld → Mögliche Energiequellen intelligent kombinieren!

- Geothermie (Dublette)
 - Für Grund- und Mittellast, ggf. mit Wärmepumpe
- Soweit verfügbar: Hackschnitzel / Biogas
 - Für Grund- und Mittellast, ggf. in Verbindung KWK / KWKK
- Erdgas, Biogas und Heizöl
 - Für Spitzenlast- und Backup-System
- Industrieabwärme, ggf. in Verbindung mit Speicher

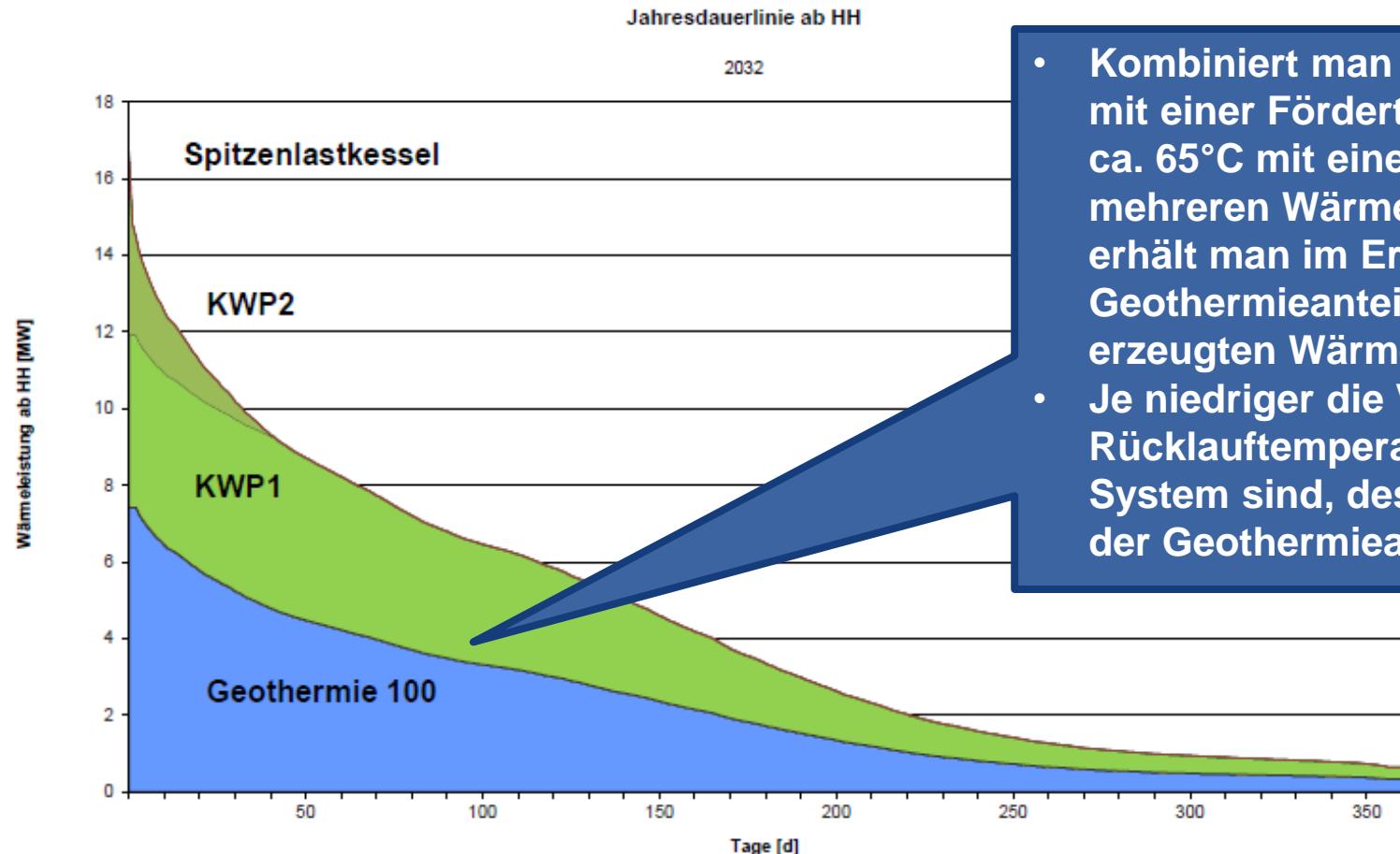


→ Wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten 40Euro/MWh bis zu 80 Euro/MWh, je nach Temperaturniveau und Besicherung

IV. Konzeptbeispiel Graben / Schwabmünchen

- Temperaturerwartung ca. 65°C
 - Bei Rücklauf vom Kunden / im Fernwärmennetz von 45°C und Nutzung von 18K nach WT ergeben sich Geothermieleistungen von 3,8 – 8,0 MW bei 50 – 80 l/s Schüttung.
 - Das sind bei 8.300h Vollauslastung ca. 32.000 – 50.000 MWh Wärme
 - Vollauslastung wird nicht erreicht, solange Geothermie nicht allein die Grundlast abföhrt und dafür vollständig benötigt wird
- Graben z.B. benötigt ca. 60 GWh Wärme, Energie- und Klimaschutz - Leitfaden für die Gemeinde Graben bis 2045 (2022)
 - Davon sind ca. 50% + X für eine FernwärmeverSORGUNG erreichbar
 - Einschließlich Netzverluste beträgt der Erzeugungsbedarf also ca. 35 GWh
- Vergleichbar ist die Situation an einem Standort in Niederbayern...

Beispiel Versorgungskonzept 38 GWh – Geothermie bei 65°C



- Kombiniert man die Geothermie mit einer Fördertemperatur von ca. 65°C mit einer oder mehreren Wärmepumpen, so erhält man im Ergebnis einen Geothermieanteil an der erzeugten Wärme von > 85%
- Je niedriger die Vor- und Rücklauftemperaturen im System sind, desto höher liegt der Geothermieanteil



ZAE BAYERN

Macht das Sinn? Ja!

- Das Projekt ist wirtschaftlich machbar und in Niederbayern gerade in der vertieften Prüfung
- Die Wärmegestehungskosten liegen zwischen 50 – 80 Euro/MWh, je nach Annahmen zu Stromkosten und zur Auslastung der Geothermie
- Die Wärmepreise für die Endkunden hängen stark vom Netzausbau und dessen Struktur ab. Auch sie müssen / werden wettbewerbsfähig sein. Die Netz- und Vertriebskosten kommen zu den Erzeugungskosten hinzu.
- Derart „grüne“ Fernwärme wird nicht für 100 Euro/MWh erhältlich sein, aber wohl ab 150 Euro/MWh.
- Die Zeiten billiger fossiler Wärme < 100 Euro/MWh sind unwiederbringlich vorbei, dafür sorgen bereits die CO2-Kosten

BACKUP

IV. Erdwärme nutzen - warum?

Klimaschutz

Versorgungs-
sicherheit

Preisstabilität

Regionale
Wertschöpfung

Vorteile der Erdwärme

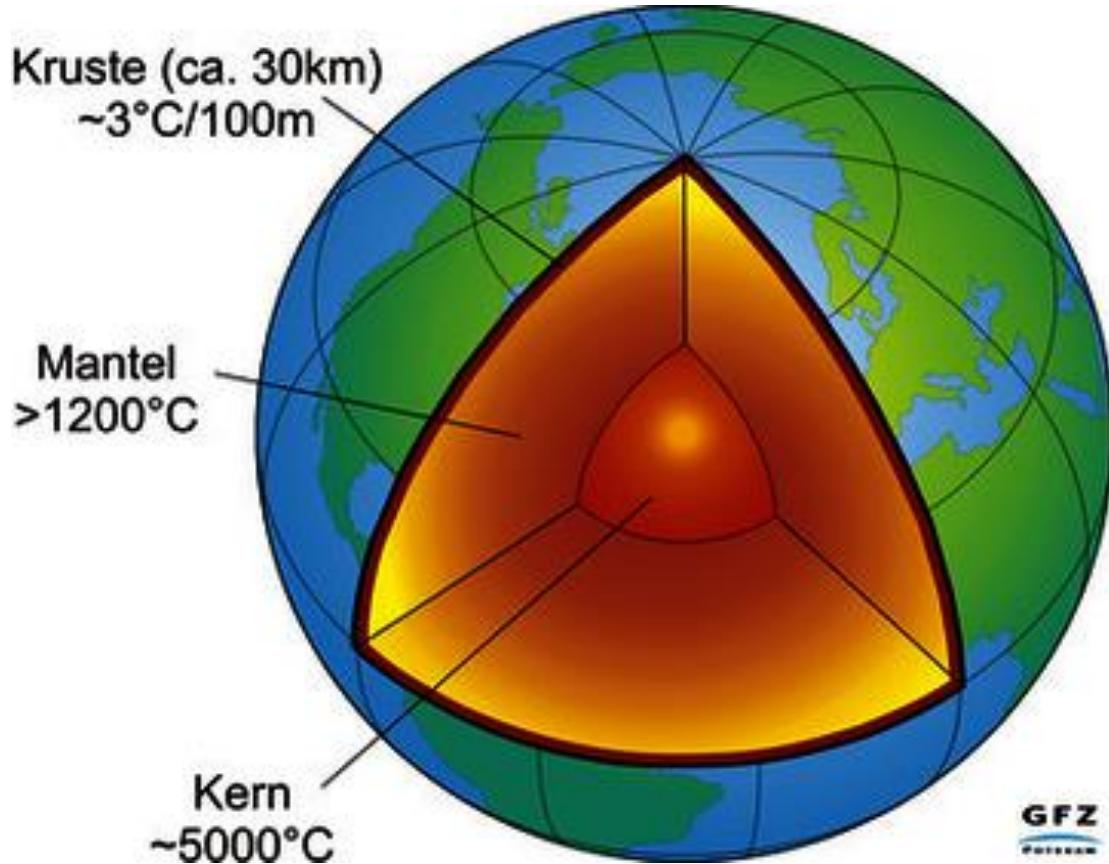
- **für die globale Energiebilanz:** CO₂-Reduzierung, Klimaschutz durch Reduzierung des Verbrauchs von Öl und Gas (einschließlich Transport)
- **für Verbraucher:** Unabhängigkeit von Energiemarkten, Entkoppelung von Preisschwankungen fossiler Energien, komfortable und saubere Energieversorgung, Kosteneinsparung, verbesserter Primärenergiefaktor
- **für die Bürger vor Ort:** gesündere Luft, Versorgungssicherheit, regionale Wertschöpfung, Standortoptimierung, geringer Eingriff in die Landschaft und geringer Flächenbedarf, Grundlastfähigkeit
- Erdwärme steht unabhängig von Tages- und Jahreszeit und von den meteorologischen Gegebenheiten immer zur Verfügung. **Erdwärme ist eine ständig verfügbare, heimische, krisensichere und umweltfreundliche Energiequelle**, deren wirtschaftliche Nutzbarkeit jedoch von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten abhängt.

Alt und Neu - Heizkraftwerk Süd neben Geothermiebohrung in München



Bild: Stadtwerke München

V. Erdwärme - Erschließung und Nutzung



Erdwärme:

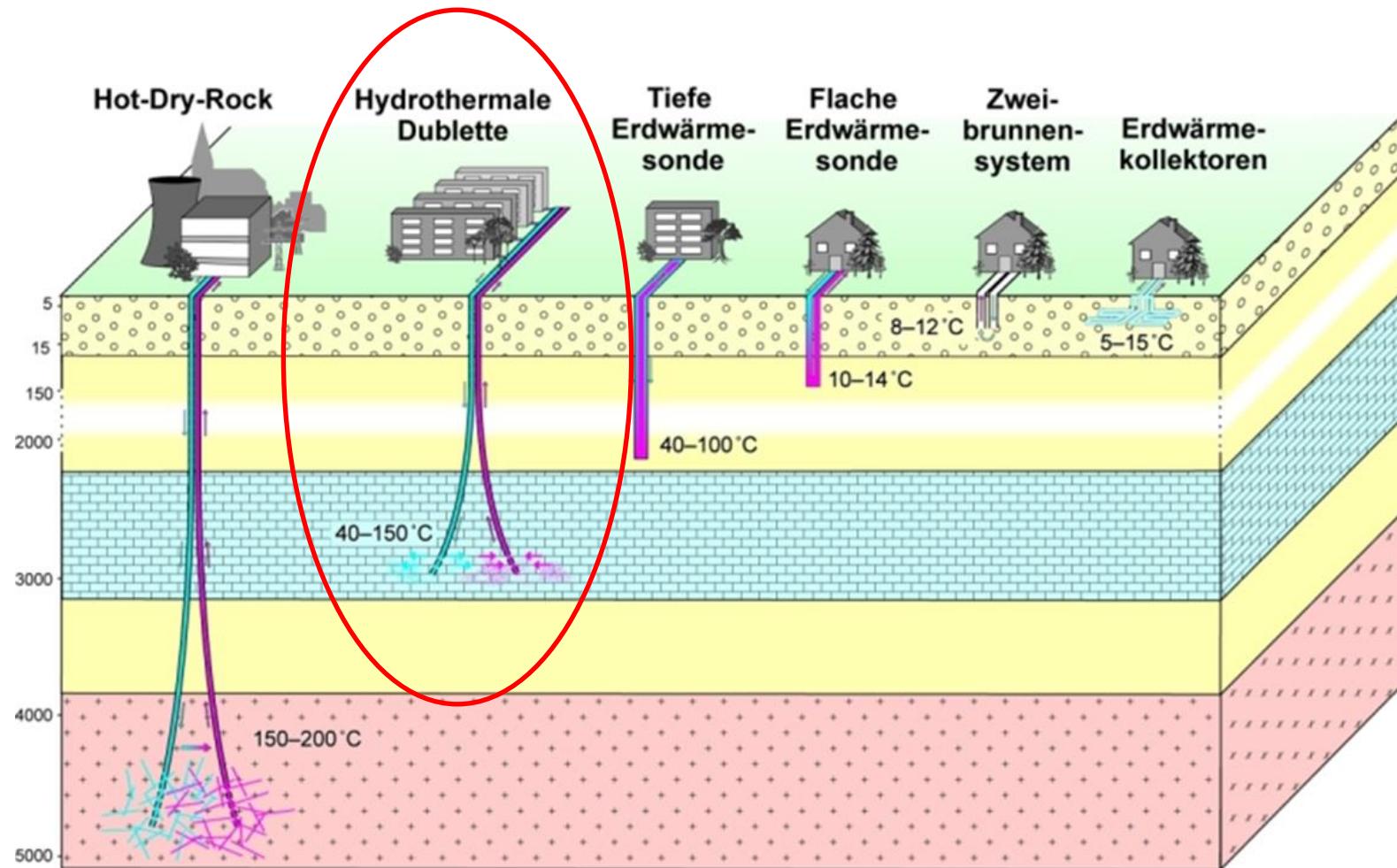
Der Hauptanteil der an der Erdoberfläche bereitgestellten Wärme wird in der Erdkruste beim Zerfall radioaktiver Elemente gebildet.

Ein kleinerer Anteil resultiert aus Restwärme aus der Entstehungszeit der Erde.

Im oberflächennahen Bereich (bis ca. 20 m Tiefe) wird der Wärmehaushalt auch durch die Sonneneinstrahlung sowie durch Sicker- und Grundwasser beeinflusst.

Quelle: GFZ

Verfahren zur Gewinnung der Erdwärme

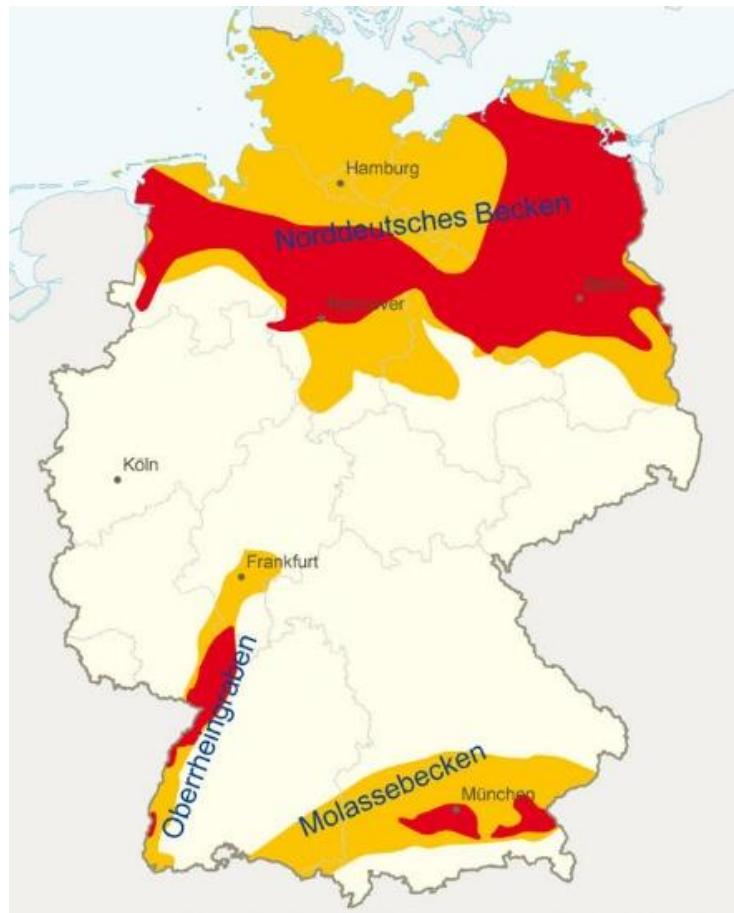


Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

Hydrothermale Energiegewinnung

- Nutzung von Heißwasser-Aquiferen bzw. Heißwasser-Vorkommen im tieferen Untergrund mit Temperaturen von ca. 40 bis über 150°C. Diese werden mit **zwei Bohrungen ("Doublette")** erschlossen, über die das heiße Wasser gefördert und wieder in den **Aquifer** reinjiziert wird.
- Die Wärmeenergie wird in einer **Heizzentrale** direkt über **Wärmetauscher** an den **Heiznetzkreislauf** übertragen; falls Temperatur nicht ausreichend hoch ist, müssen Wärmepumpen zwischengeschaltet werden. Bei Temperaturen über 80°C und hohen Fördermengen ist auch eine geothermische Stromerzeugung technisch möglich, wirtschaftlich derzeit ab ca. 115°C sinnvoll.

Tiefe Erdwärme (hydrothermal) in Deutschland und Bayern

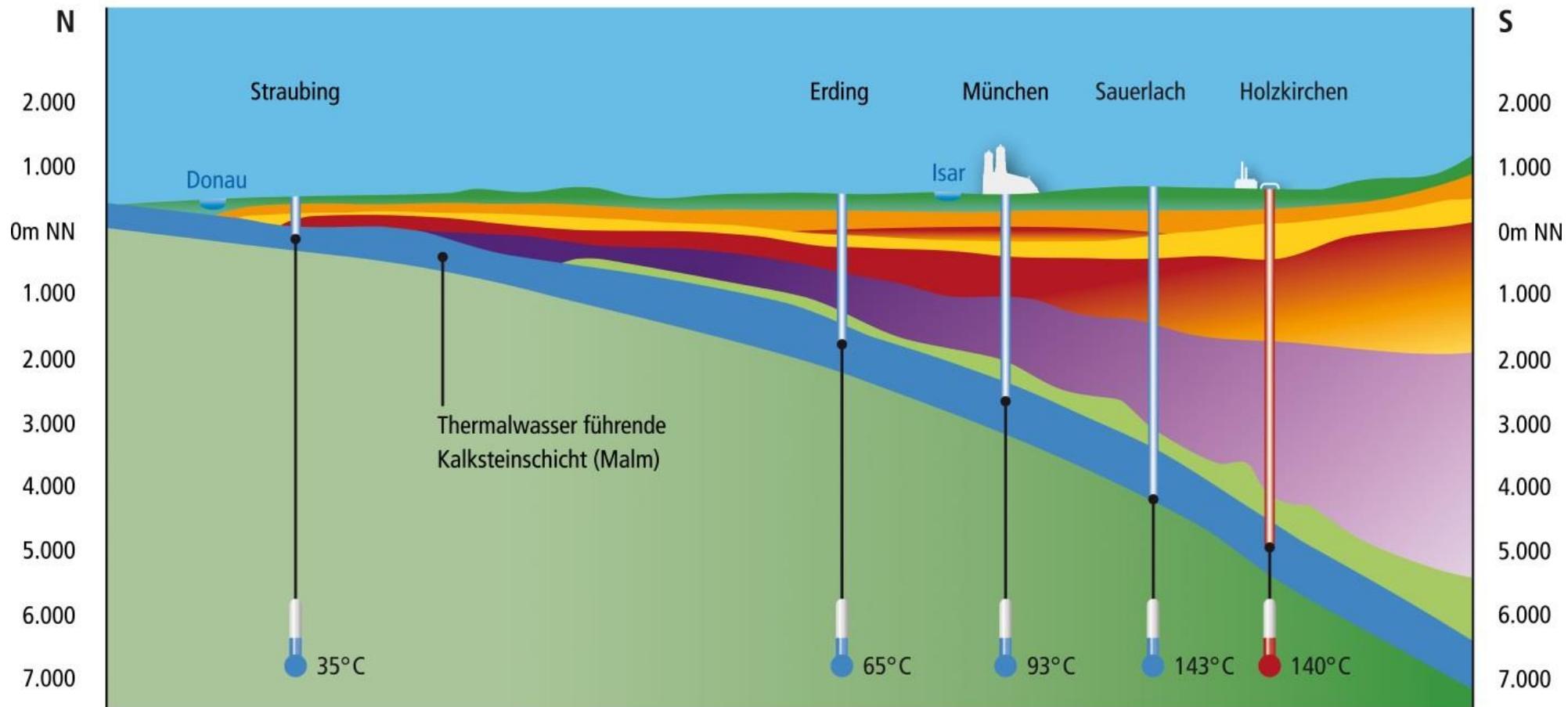


Hohes Nutzungspotential:

- **Norddeutsches Becken**
- **Oberrheingraben**
- **Molassebecken**
- **Weitere Gebiete in der Erkundung, z.B. nordwestlich von Köln**

Karte: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Verlauf Molassebecken / Malmkarst in Bayern Nord-Süd

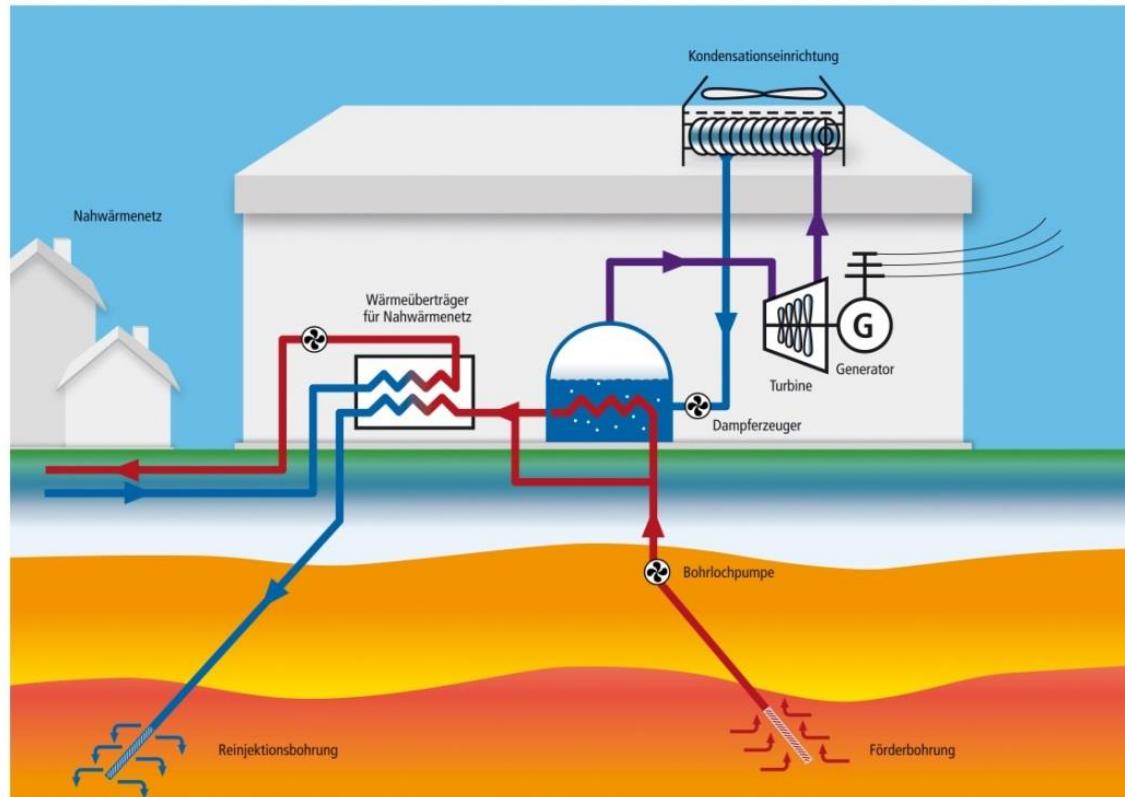


Quelle: Hoch 3 GmbH, München

Wärmeversorgung und Stromerzeugung in Bayern

- erschließbarer Temperaturbereich von 40 - 160°C bei Bohrteufen von 1.000 - 5.500 m über ausreichende Ergiebigkeiten von 30 - 100 l/s
- Der geothermische Gradient liegt im Durchschnitt bei ca. 3°C/100 m, im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken verbreitet deutlich darüber (geothermische Anomalien).
- Im Bereich der geothermischen Nutzungen wurden in Bayern in den letzten 15 Jahren sogenannte hydrogeothermale Mehrfachbohrungen bzw. Doubletten und Tripletten gebaut.
- In Bayern sind derzeit 24 Anlagen zur Wärmeversorgung und/oder Stromerzeugung in Betrieb bzw. im Probetrieb.

Nutzung schematisch – Wärme und Strom



Quelle: Hoch 3 GmbH, München

Gekoppelte Wärme- u.
Stromversorgung aus
Tiefengeothermie ist
möglich

Das geförderte
Thermalwasser gibt die
Energie im
Wärmetauscher ab und
wird zurück gepumpt

Mit der Wärme wird ein
(Fern-) Wärmesystem
beheizt und/oder ein ORC-
Kraftwerk betrieben

Wärmeversorgung – Beispiel AFK Geothermie GmbH

Projektziel

- Erneuerbare Wärme für Aschheim, Feldkirchen und Kirchheim
- Wärmeversorgung für 29.000 Bürger
- Interkommunale Projektgesellschaft AFK – Geothermie GmbH
- Projektstart 2005

Investitionen 80 Mio. € (2008 – 2016)

Finanzierung 80 Mio. € (2008 – 2016)

- Eigenkapital 52 Mio. €
- KfW-Darlehen 10 Mio. €, incl. 6 Mio. € Tilgungszuschuss
- Fremdkapital 18 Mio. €
- Kommunalbürgschaften als Sicherheit

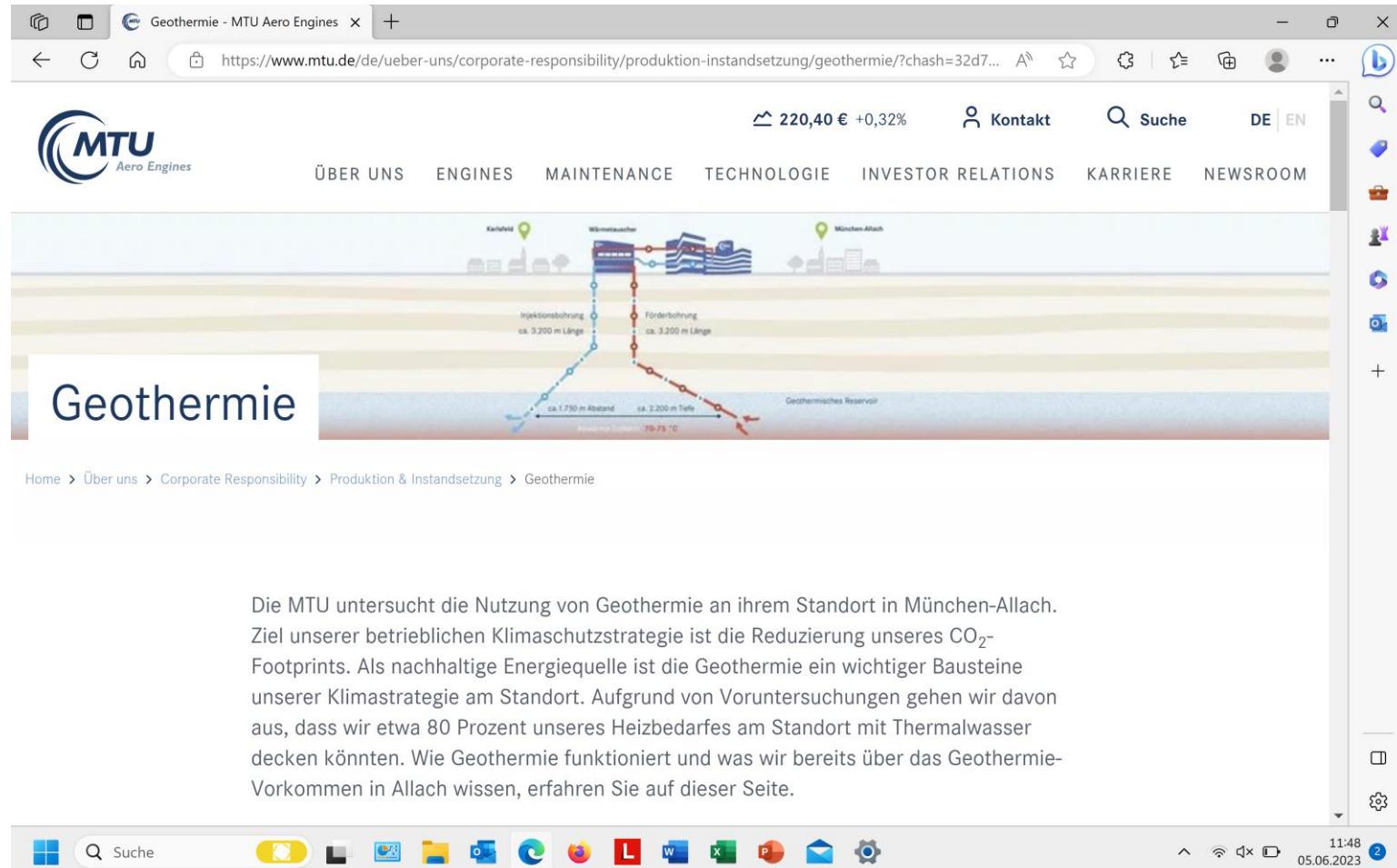
Projektstatus 2018 – umgesetzt!

- Inbetriebnahme / erste Wärmelieferung 2009
- Fernwärmestrasse 79,3 km (Ausbaustand 2017)
- Anschlussleistung 59,4 MW (Ausbaustand 2017)
- Wärmebereitstellung 89 GWh (Ausbaustand 2017)
- CO2-Einsparung 5.200 Tonnen p.a.
- Der Wirtschaftsplan wurde eingehalten
- Das Projekt erwirtschaftet positive Cashflows



www.afk-geothermie.de

Industrielle Wärme für MTU Aero Engienes AG, München



The screenshot shows the MTU Aero Engines website with a focus on geothermal energy. The top navigation bar includes links for Über uns, ENGINES, MAINTENANCE, TECHNOLOGIE, INVESTOR RELATIONS, KARRIERE, and NEWSROOM. A stock market tickers shows 220,40 € +0,32%. The main content area features a diagram of a geothermal system with an injection well (ca. 3,200 m length) and a production well (ca. 3,200 m length) both originating from a geothermal reservoir at approximately 70-75 °C. The wells intersect at a distance of ca. 1,750 m. The diagram also shows a heat exchanger and a connection to Karlsfeld and München-Allach. Below the diagram, a large blue header reads "Geothermie". The page navigation path is Home > Über uns > Corporate Responsibility > Produktion & Instandsetzung > Geothermie.

Die MTU untersucht die Nutzung von Geothermie an ihrem Standort in München-Allach. Ziel unserer betrieblichen Klimaschutzstrategie ist die Reduzierung unseres CO₂-Footprints. Als nachhaltige Energiequelle ist die Geothermie ein wichtiger Baustein unserer Klimastrategie am Standort. Aufgrund von Voruntersuchungen gehen wir davon aus, dass wir etwa 80 Prozent unseres Heizbedarfes am Standort mit Thermalwasser decken könnten. Wie Geothermie funktioniert und was wir bereits über das Geothermie-Vorkommen in Allach wissen, erfahren Sie auf dieser Seite.

Quelle: MTU Aero Engines AG

<https://www.mtu.de/de/ueber-uns/corporate-responsibility/produktion-instandsetzung/geothermie/?chash=32d704bf428373a2eedd98f5a81eda9c&mdrv=www.mtu.de&cHash=70560bd799b9a8a389df882f67d57fcc>

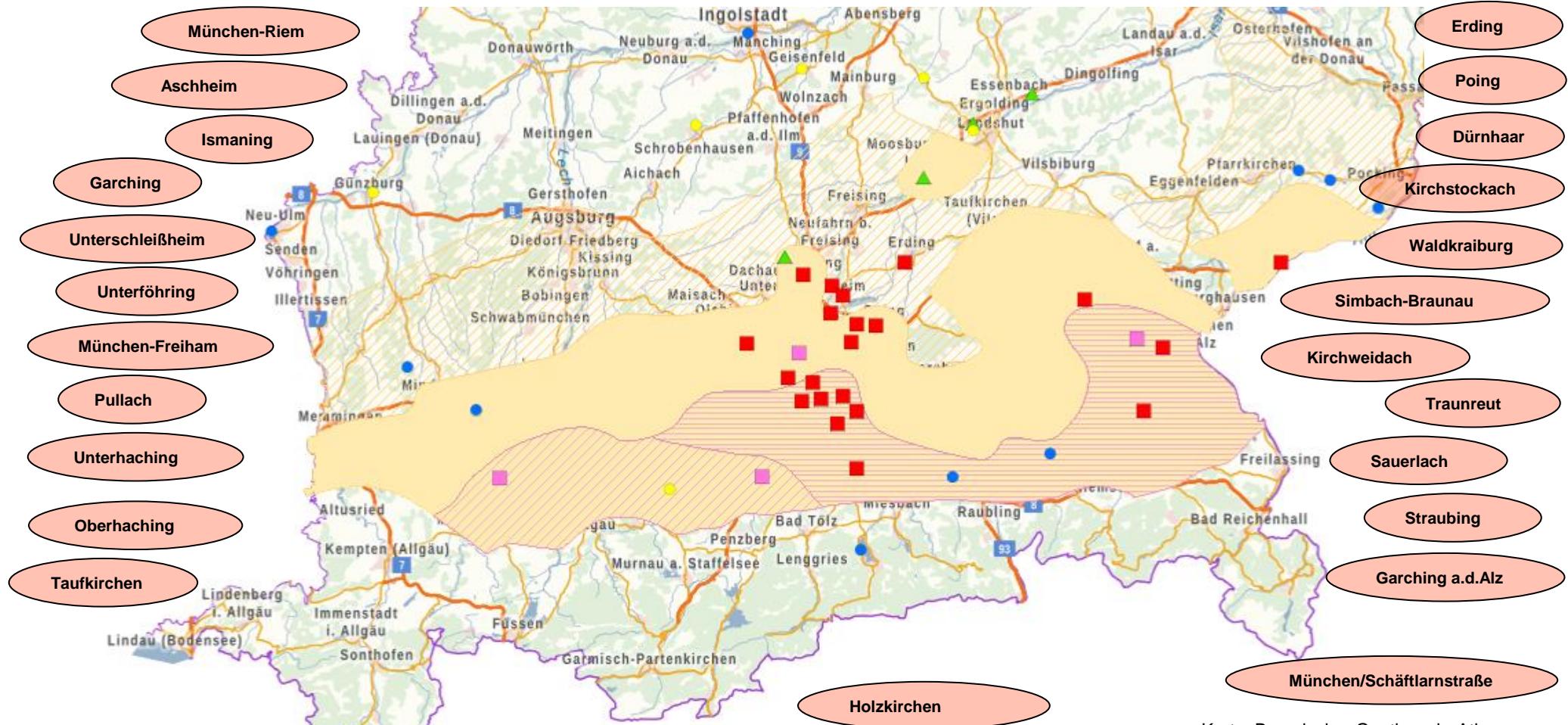
Gewerbliche Wärme für Gemüsebau Steiner, Kirchweidach



Quelle: Bundesverband Geothermie

<https://www.geothermie.de/aktuelles/nachrichten/news-anzeigen/news/geothermisch-beheizte-gewaechshaeuser-eine-vielversprechende-perspektive-fuer-die-landwirtschaft.html#:~:text=Wie%20werden%20Gew%C3%A4chsh%C3%A4user%20geothermisch%20beheizt,eine%20Beheizung%20von%20Gew%C3%A4chsh%C3%A4usern%20m%C3%B6glich.>

25 Jahre erfolgreiche Nutzung tiefer Geothermie in Bayern



Karte: Bayerischer Geothermie-Atlas



Bundesverband
Geothermie
www.geothermie.de

Tiefe Geothermie in Deutschland 2023/24





Deutsche
ERDWÄRME



FAU Friedrich-Alexander-Universität
Naturwissenschaftliche Fakultät



GEOTEC CONSULT



GFZ
Helmholtz-Zentrum
POTS DAM

