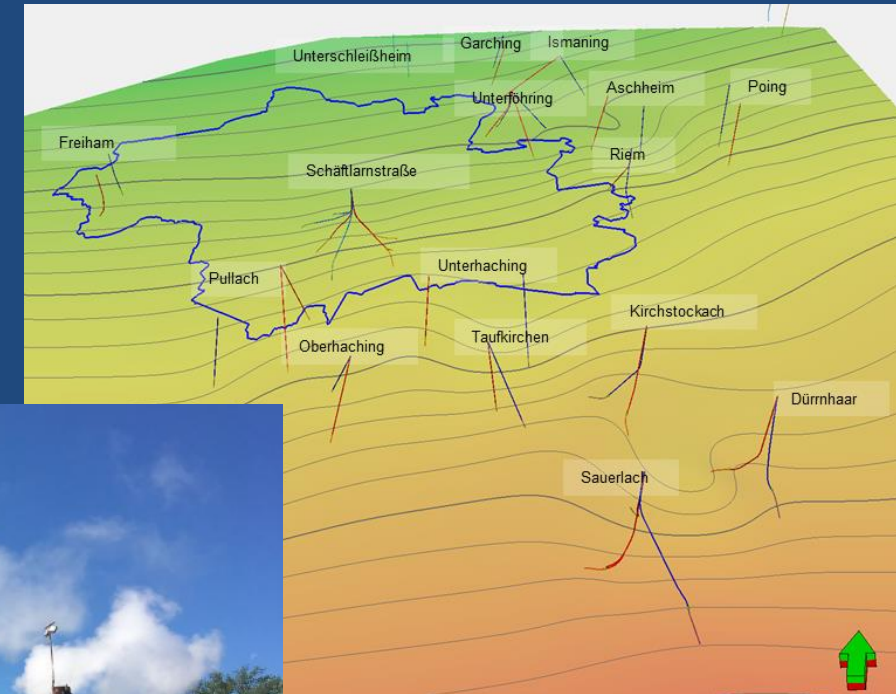


„Fernwärmeversorgung Münchens – bis 2035 klimaneutral? Rolle der Geothermie

„Klima – neue Heizung? Was geht mich das an?“
18. April 2024

Dr. Kai Zosseder

AG Geothermie
LS Hydrogeologie der TUM





Herausforderung

Klimaziel der Stadt: Klimaneutralität bis 2035!

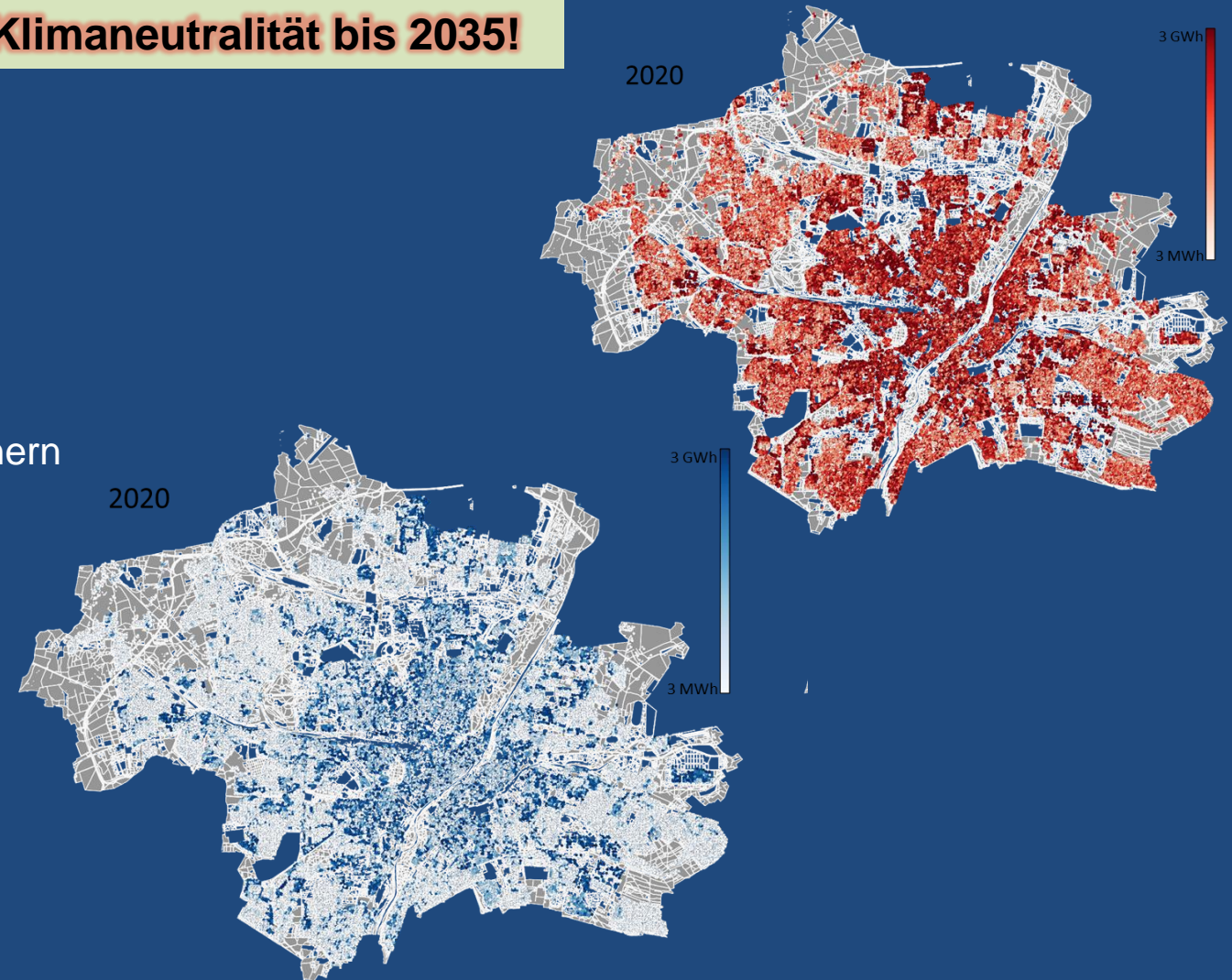
München:

- Ca. 1.5 Millionen Einwohner
- Fläche: 370 km²
- Stadt mit der höchsten Bevölkerungsdichte in Deutschland: 4790 per km²
- Zentrum der Metropolregion mit 6 Millionen Einwohnern

• **Endenergieverbrauch Wärme:** 21.2 TWh/a

• **Versorgung bislang:**

- 57% Fossiles Gas
- 34% Fernwärme
- 9% Öl



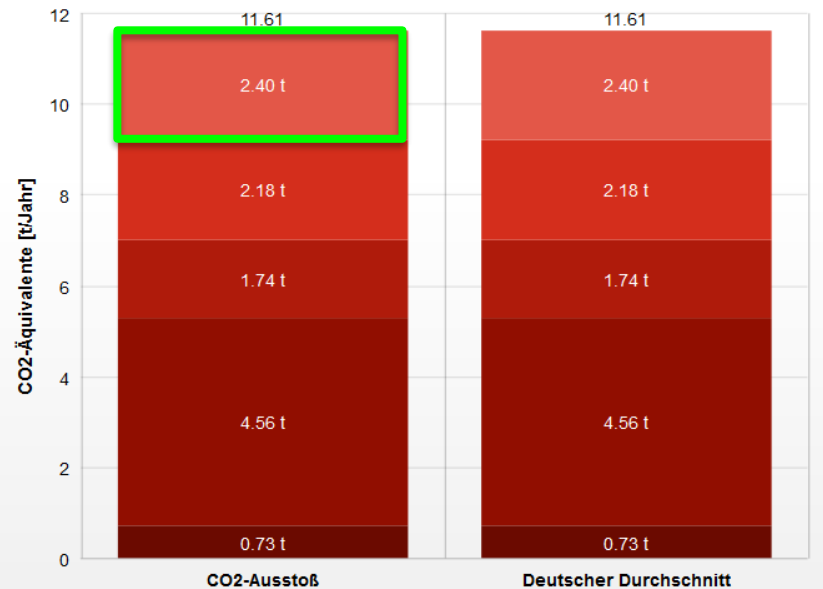
Meine CO₂-Bilanz

Start Heizung Strom Mobilität Ernährung Sonstiger Konsum Mein Ergebnis

Meine CO₂-Bilanz

In der CO₂-Bilanz werden verschiedene Bereiche Ihres Lebens von der *Heizung* bis hin zum *sonstigen Konsum* betrachtet. Berechnet wird nicht nur Ihr CO₂-Ausstoß, sondern auch das, was Sie bei sich selbst oder bei anderen vermeiden.

CO₂-Ausstoß im Vergleich



CO₂-Ausstoß

Der *persönliche CO₂-Ausstoß* zeigt Ihnen wie viel Tonnen CO₂-Äquivalente bei Ihrem heutigen Lebensstil ausgestoßen werden.

Neben CO₂ werden die Treibhausgase Methan und Lachgas berücksichtigt, die mit der entsprechenden Klimawirkung in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden. Außerdem wird die zusätzliche Klimawirksamkeit des Fliegens berücksichtigt.

Um diesen einordnen zu können, wird Ihnen zum Vergleich auch immer der *deutsche Durchschnitt* angezeigt.

- Heizung & Strom
- Mobilität
- Ernährung
- sonstiger Konsum
- Öffentliche Emissionen

$\frac{3}{4}$ der Energie im Haushalt wird für Heizen und Warmwasser verwendet

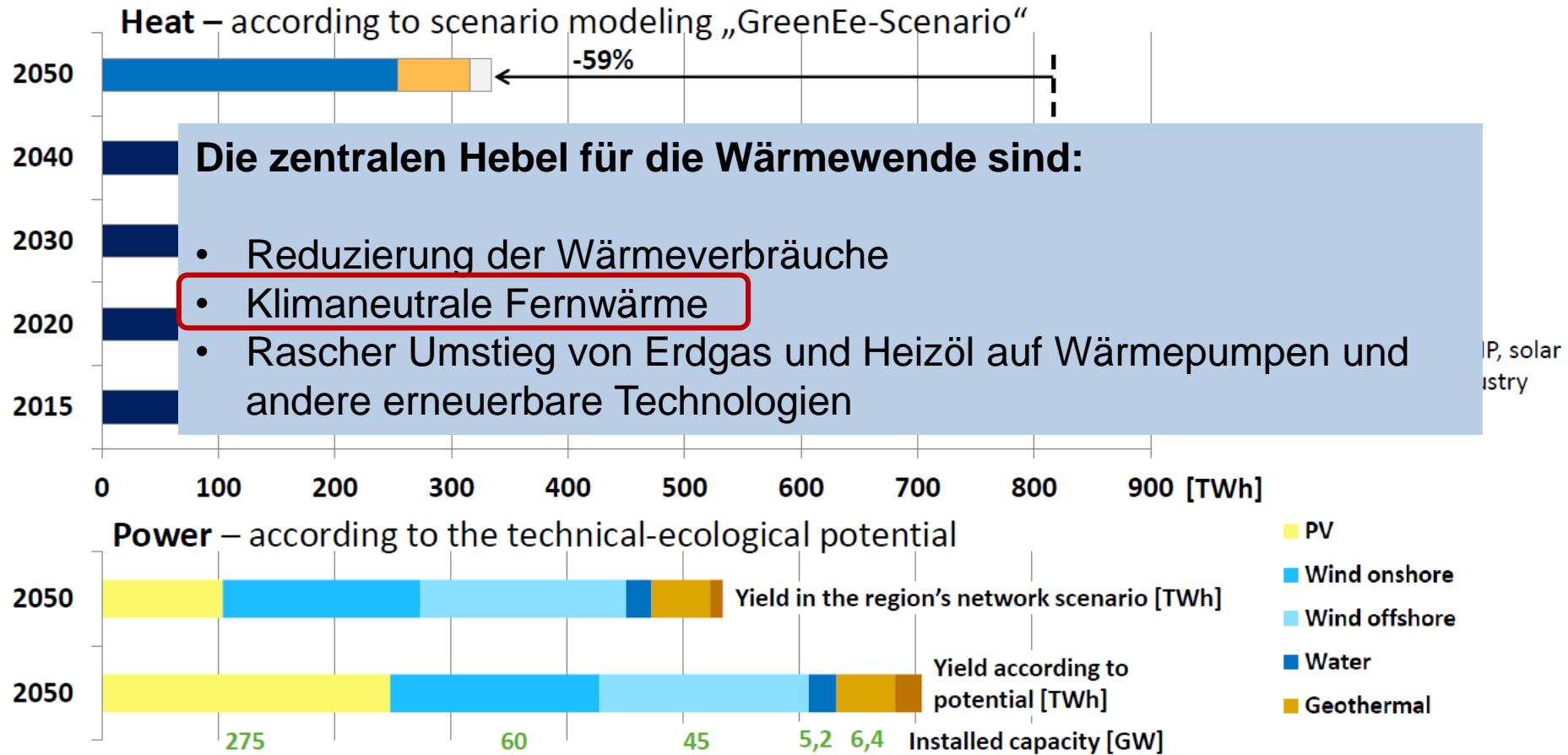
Ca. 30% der CO₂-Emission in Deutschland entfallen auf den Gebäudesektor

Energieverbrauch Heizen:
Alleine für das Heizen kommen **pro Jahr für jeden Deutschen 1,89 Tonnen Kohlendioxid** zusammen

→ [Meine CO₂-Bilanz starten](#)

3 HEAT SUPPLY BECOMES RENEWABLE — UBA MODEL CALCULATIONS AND SCENARIOS

Heat Supply and Power Supply with Low-carbon Technologies



Data source: GÜNTER, J. et al.: Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten, Umweltbundesamt, (2017)
KLAUS, T. et al.: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, Umweltbundesamt (2010)

Wärmewende in der Stadt

Damit Klimaneutralität bis 2050 Realität wird, muss die Wärmeversorgung in der Stadt nachhaltig gestaltet werden. Die Wärmewende kann gelingen, wenn lokale Wärmequellen genutzt, Sanierungsrate und -tiefe erhöht und die Fernwärme transformiert werden.



Urbane Wärmewende

Sanierungsrate und -tiefe steigern und Sanierung sozialverträglich gestalten

Höhere Sanierungsraten und -tiefen in Städten sind notwendig, um die Klimaziele zu erreichen. Für Mieter/Innen zahlen sich energetische Sanierungen bei der gesetzlich möglichen Modernisierungsumlage kurzfristig nicht immer aus. Für eine sozialverträgliche Wärmewende in urbanen Räumen müssen politische Instrumente eine gerechte Verteilung der Kosten gewährleisten und dafür sorgen, dass energetische Sanierungen trotz Hemmnissen erfolgen.



Erdgas durch synthetisches Gas ersetzen, aber die Menge begrenzen

Erneuerbarer Strom leistet einen Beitrag zur klimaschonenden Wärmeversorgung, über den Einsatz von Wärmepumpen, Power-to-Heat und zukünftig auch als synthetisches Gas. Es ist dabei wichtig, die Strommengen zu begrenzen, denn es besteht das Risiko, dass der Ausbau an räumliche Grenzen stößt. Dafür ist ein hoher Anteil an energetisch sanierten Gebäuden wichtig sowie die Nutzung von lokalen Wärmequellen bei der Wärmeversorgung.

Fernwärmewende fordern und gestalten

In der Fernwärme können durch den Kohleausstieg recht schnell CO₂-Emissionen vermieden werden. Eine klimaneutrale Fernwärmeversorgung braucht aber mehr: Eine auch langfristig nachhaltige Fernwärmeversorgung weist ein niedrigeres Temperaturniveau auf und integriert lokale, erneuerbare Wärme und Abwärme. Dafür müssen schon heute Maßnahmen mit langfristiger Wirkung auf den Weg gebracht werden.



Kommunale Wärmeplanung entwickeln

Eine Wärmewende in der Stadt braucht eine strategische Wärmeplanung. Die Möglichkeiten im Rahmen der kommunalen Steuerungsinstrumente wie Bauleitplanung, städtebauliche Verträge und Klimaschutzvereinbarungen müssen genutzt werden. Über ein Landeswärmegesetz etwa lassen sich Anforderungen an Heizungen und den Wärmeverbrauch stellen.



„Keimzellen“ finden und erschließen

Eine gebäudeübergreifende Wärmeversorgung im Quartier ermöglicht es, erneuerbare Energien und Abwärme effizienter und in größerem Umfang zu nutzen als bei der Versorgung eines Einzelgebäudes. Öffentliche Gebäude, Neubaurhaben, gewerbliche Gebäude oder die Wohngebäude der Wohnungsgesellschaften können als „Keimzellen“ die Umsetzung von Quartierskonzepten erleichtern. Ein Wärmeatlas unterstützt bei der Frage, wo hierfür geeignete Quartiere mit entsprechenden Potenzialen an erneuerbarer Wärme und Abwärme zu finden sind.



Die Vielzahl an lokalen Wärmequellen umfassend nutzen

Abwasserwärme, Flusswasserwärme, gewerbliche Abwärme und Geothermie lassen sich in der Wärmeversorgung dann effizient einsetzen, wenn Gebäude als Folge der energetischen Sanierung weniger und mit geringeren Temperaturen beheizt werden müssen. Um die lokalen Wärmequellen erschließen zu können, sind öffentlich verfügbare Daten zu den Potenzialen notwendig und unterstützende Instrumente wie etwa Förderungen und Risikoabsicherungen.

Biomasseresourcen schonen

Biomasse aus dem Stadtgebiet kann für die Energieversorgung genutzt, der Einsatz externer Biomasse muss aber minimiert werden. Denn die Biomasspotenziale sind begrenzt und eine stoffliche Nutzung hat Vorrang vor der energetischen Nutzung. Der Einsatz von Biomasse lässt sich reduzieren, indem die lokalen Wärmequellen umfassend genutzt werden und der Wärmeverbrauch durch energetische Sanierung sinkt.



IMPRESSUM
Dieses Poster wurde im Projekt „Urbane Wärmewende“ erarbeitet.
1. Auflage, November 2019
Herausgeber: Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
AutorInnen: Dr. Ulia Dunkelberg, Nina Prehm
Gestaltung: Volker Häse
Druck: Druckhaus Berlin Mitte
Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBWF) im Förderschwerpunkt Sozial-Ökologische Forschung (SÖF)
www.urbane-waermewende.de

Herausforderung kommunale Wärmewende

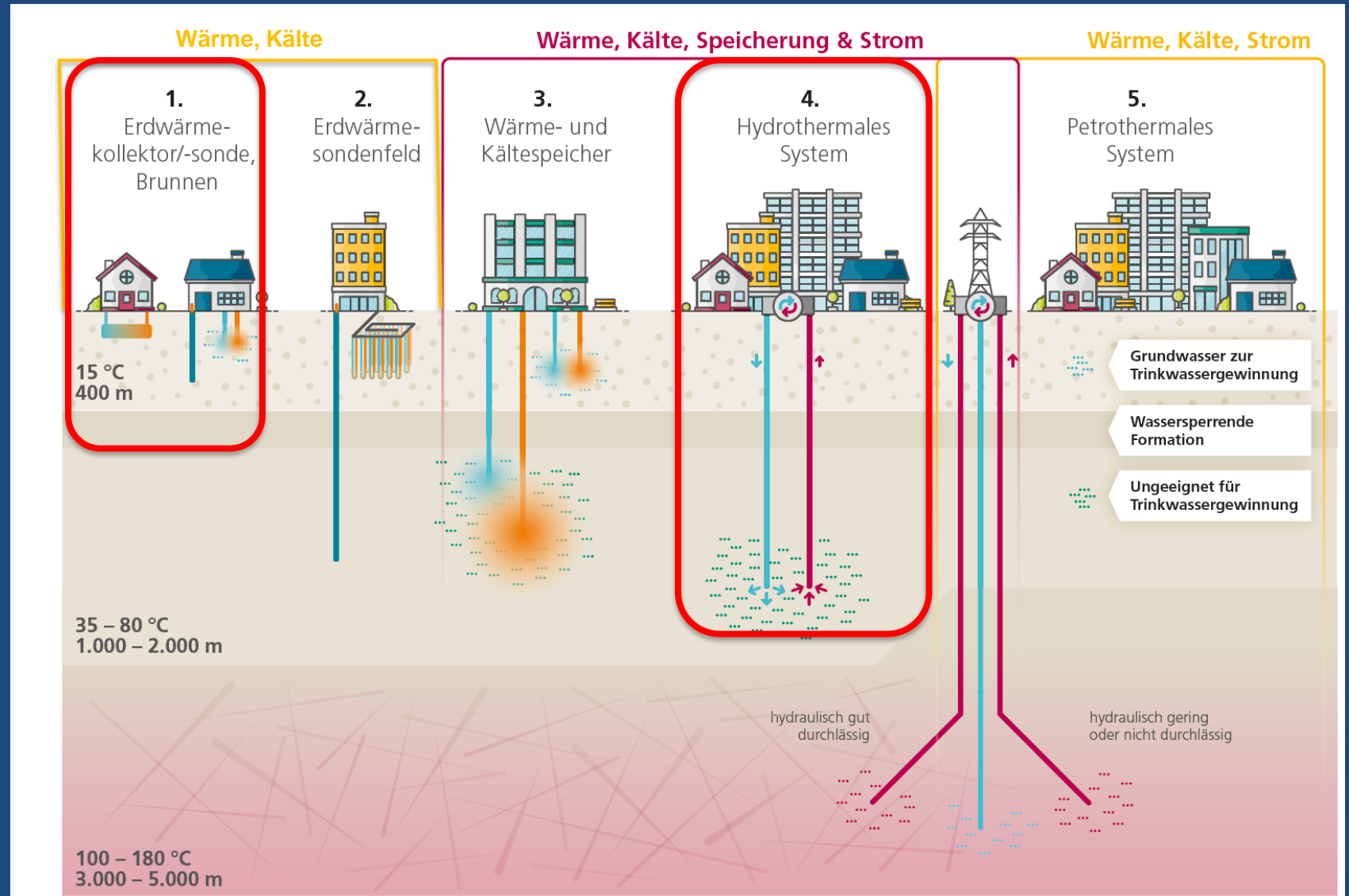
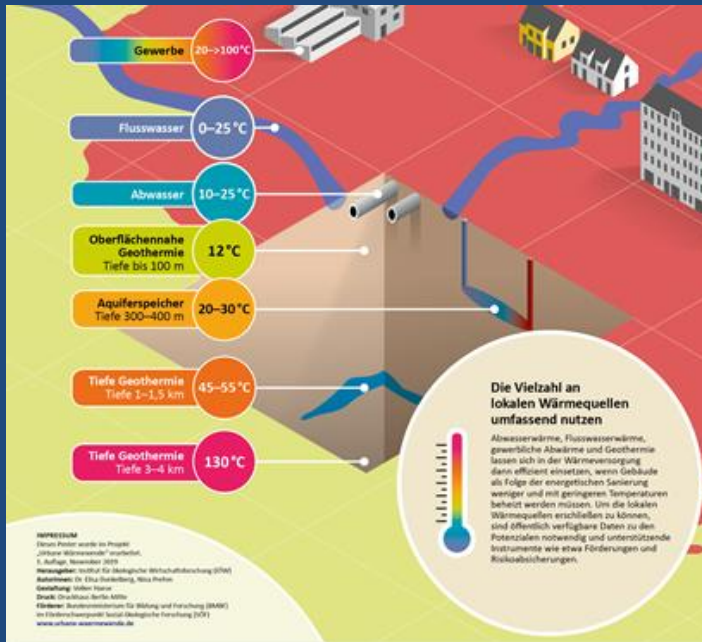
*Wärmewende zur Erreichung der Klimaziele braucht eine ganzheitliche Wärme-Strategie
→ Kommunale Wärmeplanung (inkl. Transformationsplan Fernwärme)*



In München bisher:

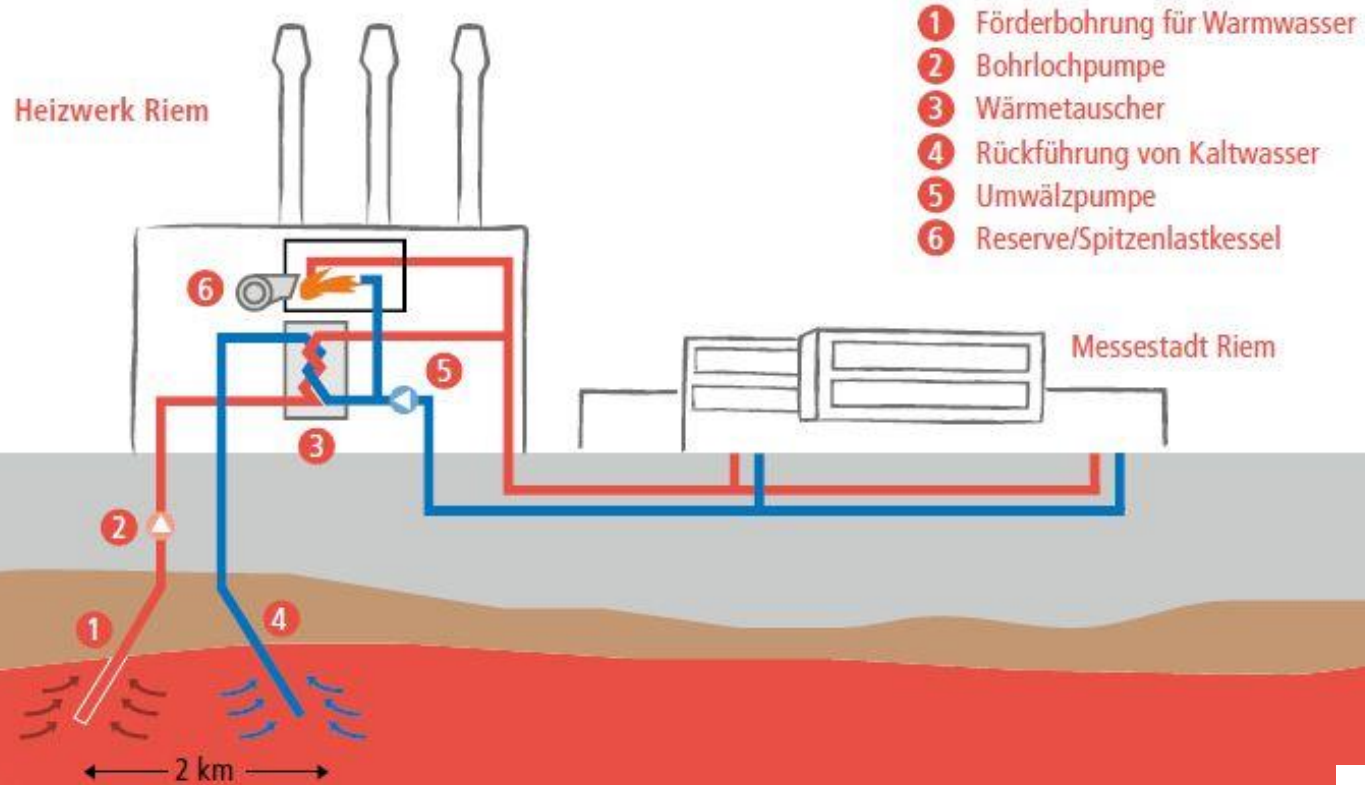
SWM – **Jetzt: Kommunale Wärmeplanung + Trafoplan**

- Kommunale Wärmeplanung mit Maßnahmen und deren Kontrolle ist notwendiger Schritt zur erfolgreichen Energie/Wärmewende (rollierende Planung)
- Ausbau von dekarbonisierter Fernwärme ist wesentlich.
- Außerhalb des Fernwärmegebietes: ganzheitliche Strategie fahren und Maßnahmen mit bester Emissionsvermeidung umsetzen (Bauleitplanung, Anreize, Quartierslösung).



Geothermie-Anlage München-Riem

<u>Standort:</u> München-Riem	<u>Eigentümer:</u> SWM	<u>Leistung:</u> 14 MW _{th}
<u>Anlagenbeschreibung:</u> Die Geothermie wird für die Fernwärme in der Messestadt Riem inkl. Messe Riem genutzt. Die Anlage ist seit 2004 in Betrieb.		

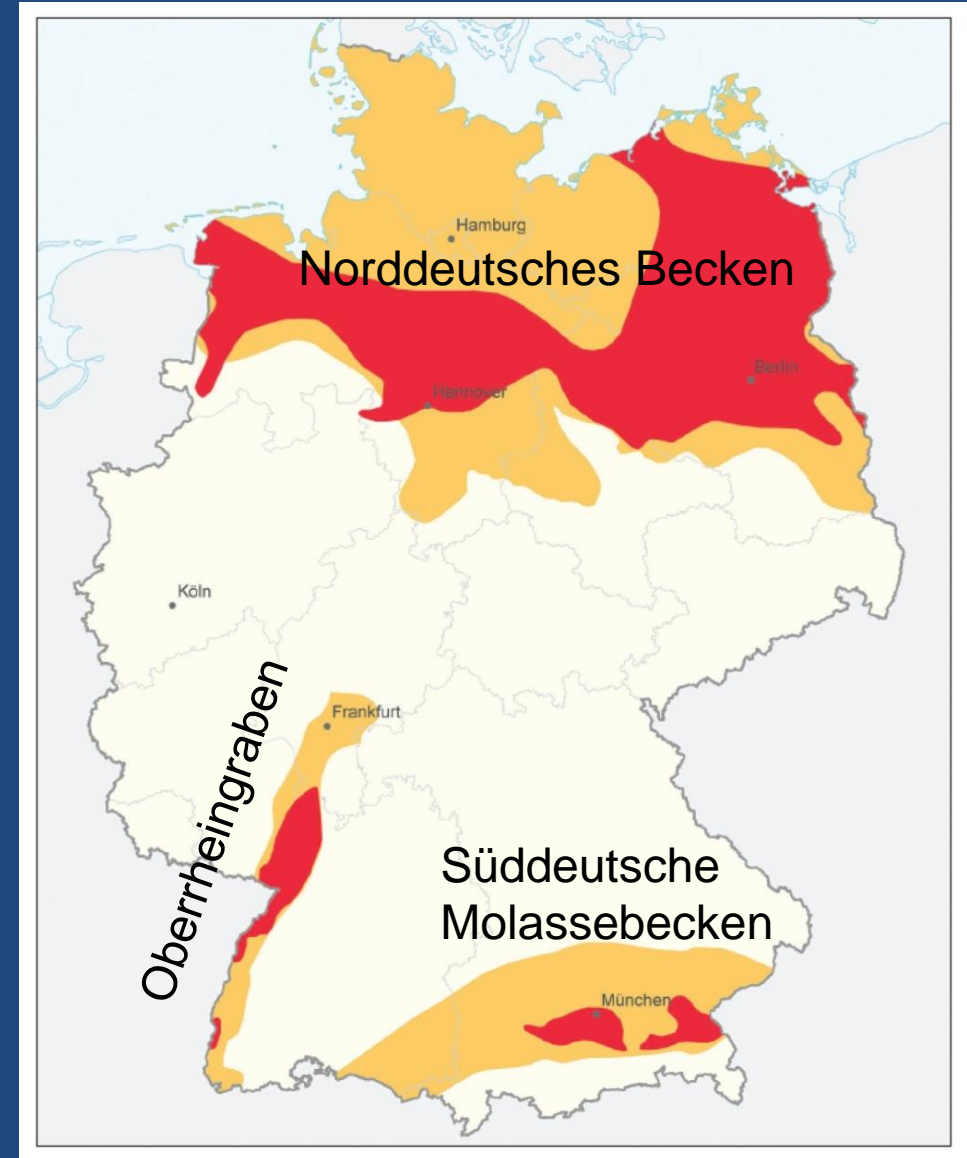
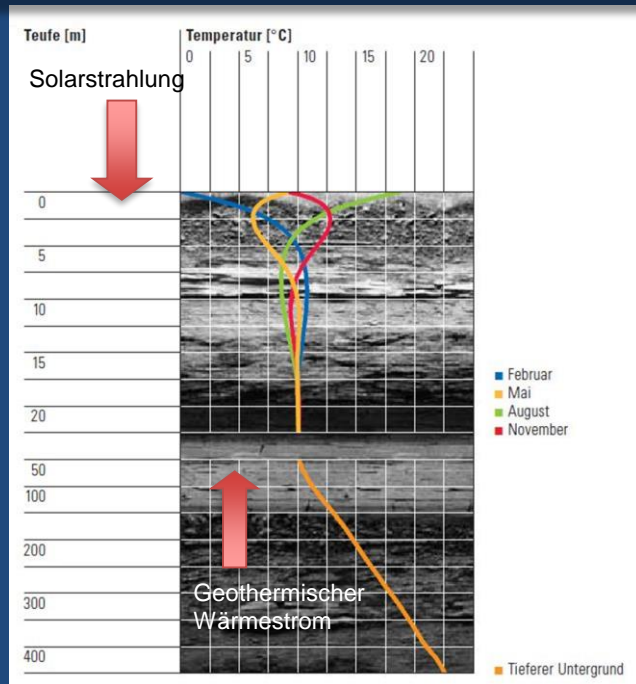
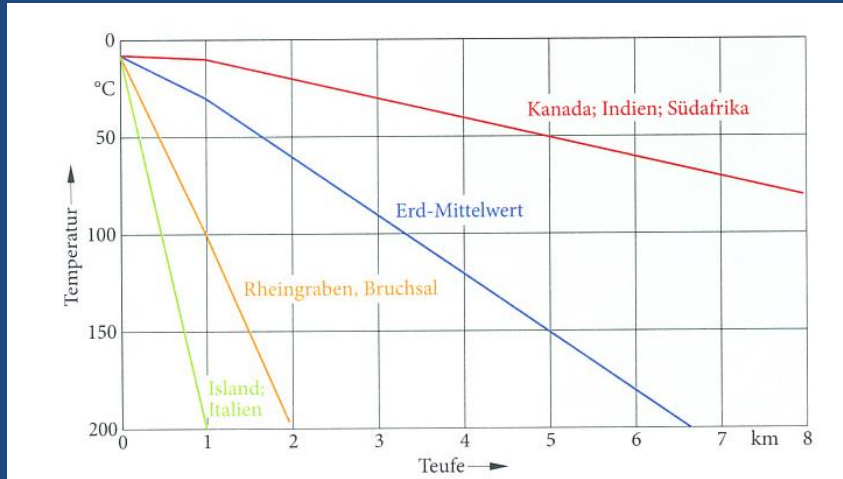


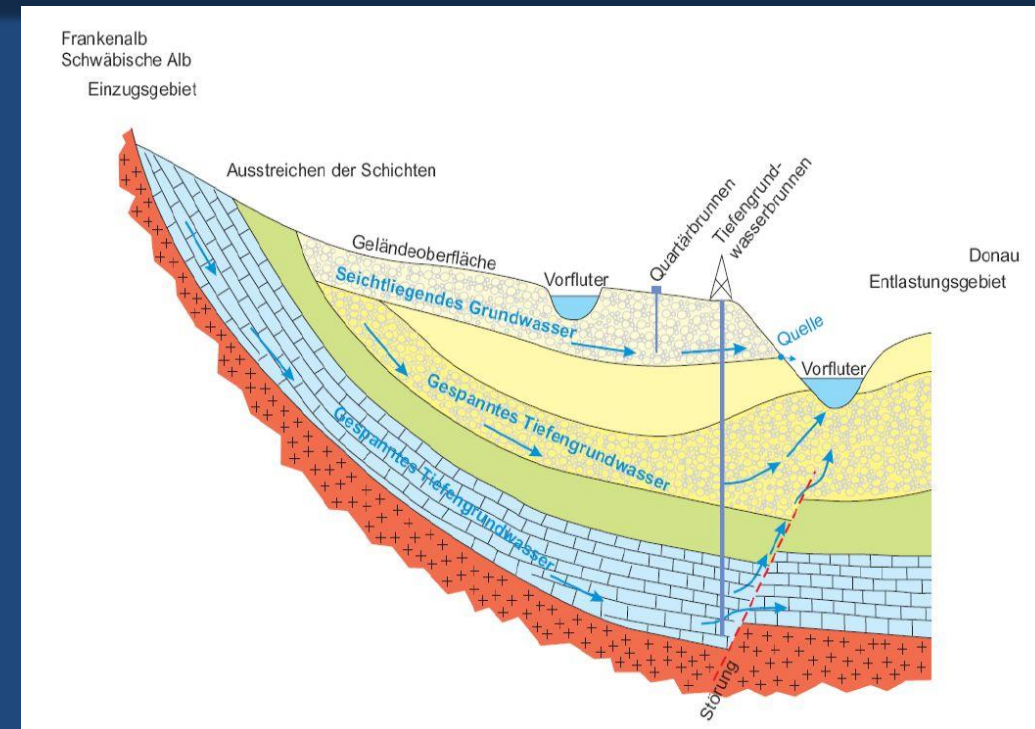
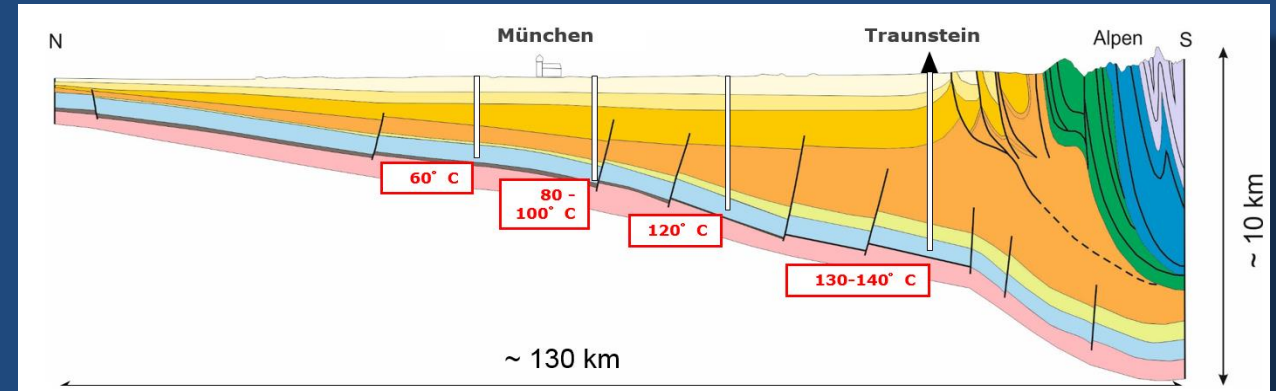
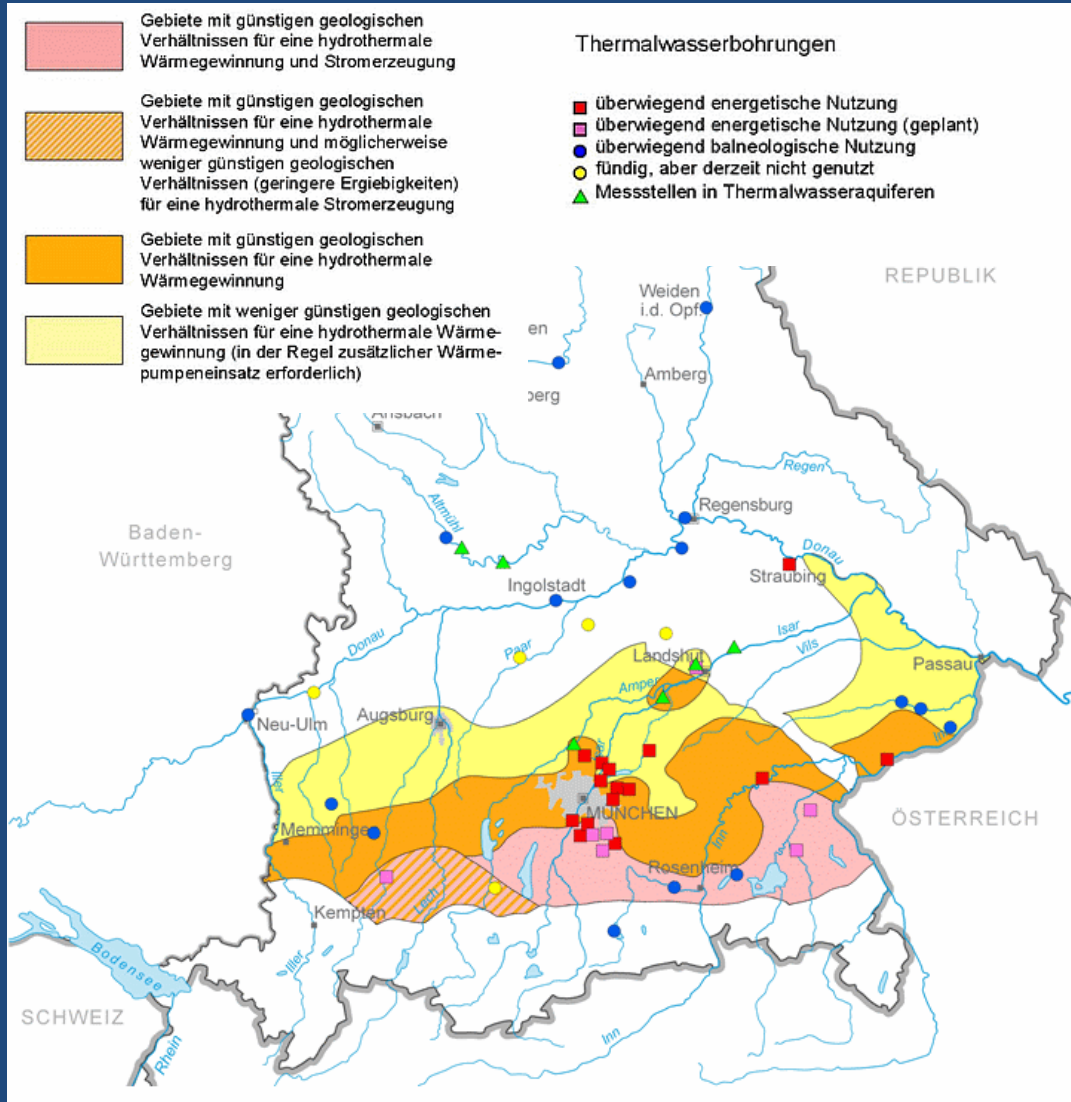
Die geothermische Fündigkeit einer Bohrung ist definiert über die extrahierbare thermische Leistung:

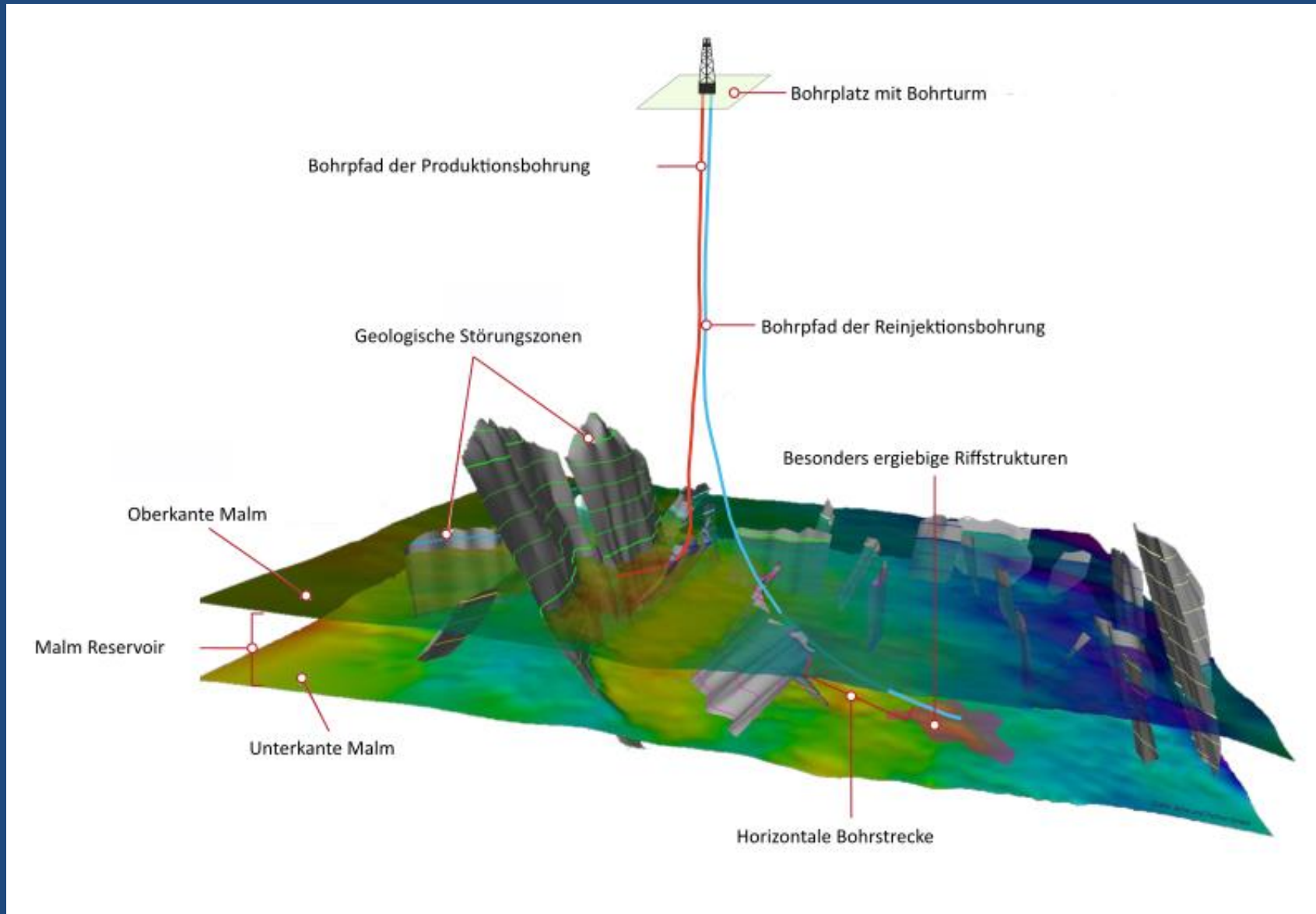
$$P = (c_F \cdot \rho_f) \cdot Q \cdot (T_i - T_o) \left[\frac{J}{kg \cdot K} \cdot \frac{kg}{m^3} \cdot m^3 \cdot K \right]$$

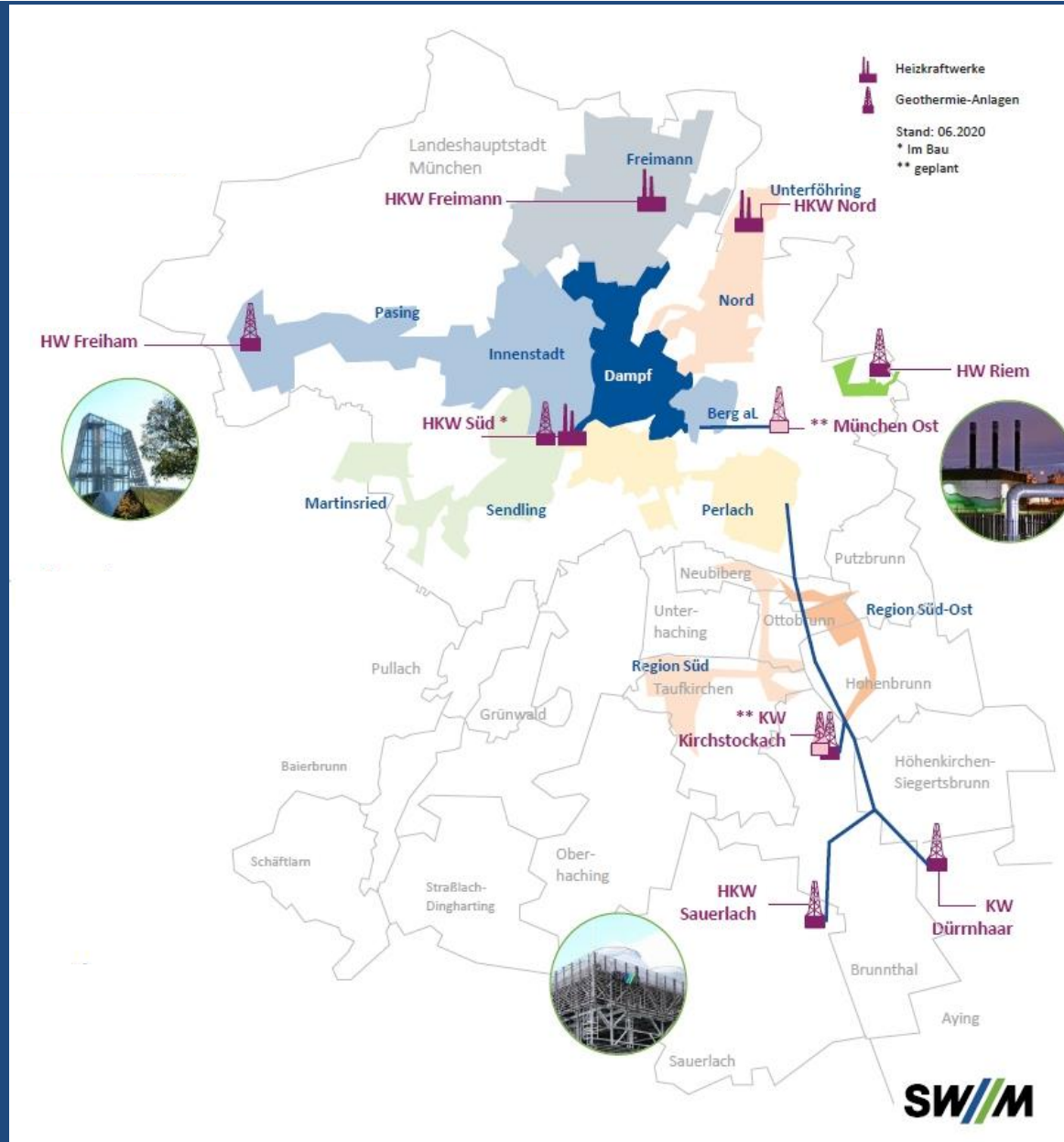
Damit sind die Zielparameter für die Bestimmung des Fündigkeitsrisikos zum einen das **Fördervolumen Q**, das entscheidend durch die Permeabilität des Gebirges definiert wird

und die **Fördertemperatur (T_i)**, die direkt von der Gebirgstemperatur in der Tiefe des Zielhorizonts abhängt.





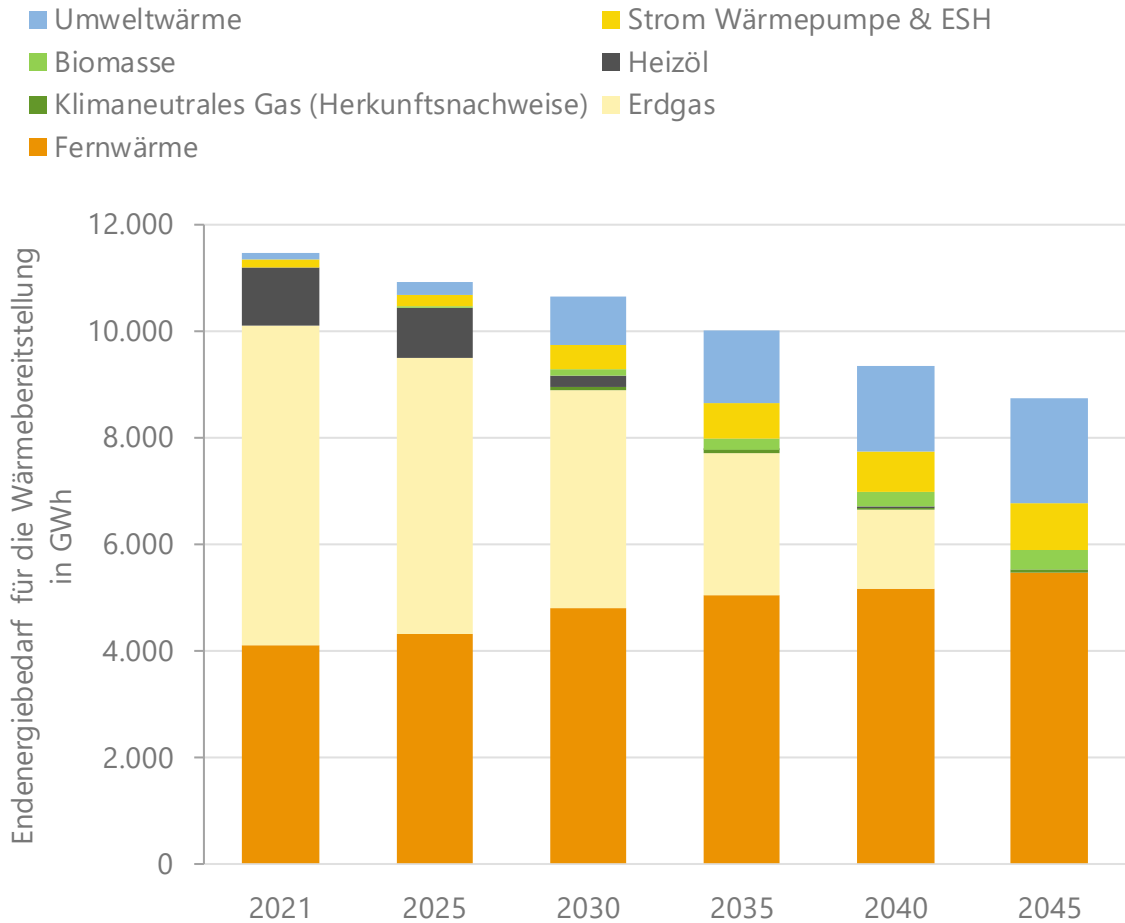




Potenzial Tiefengeothermie

Herausforderung Tiefengeothermie

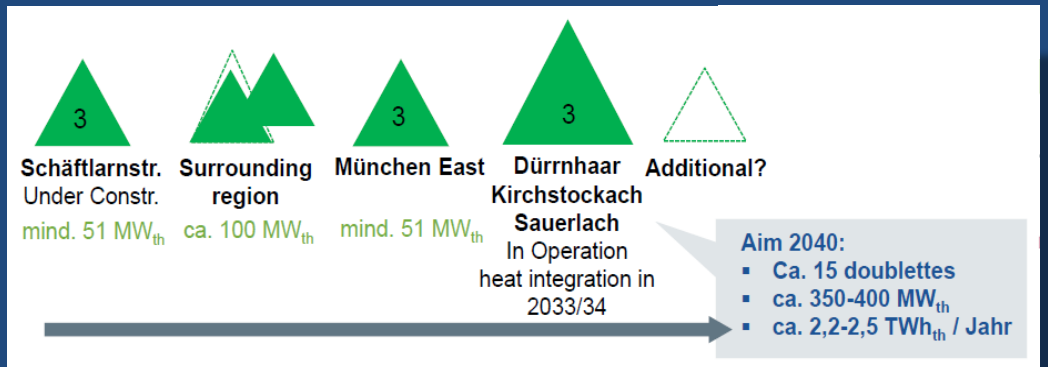
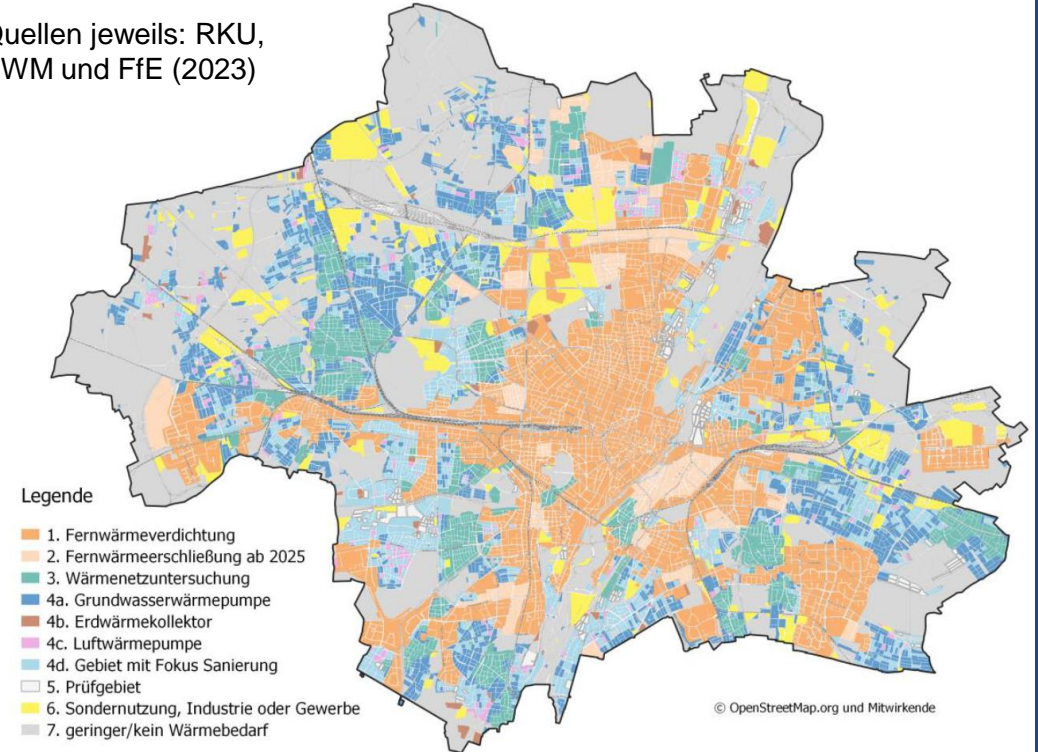
Zielszenario

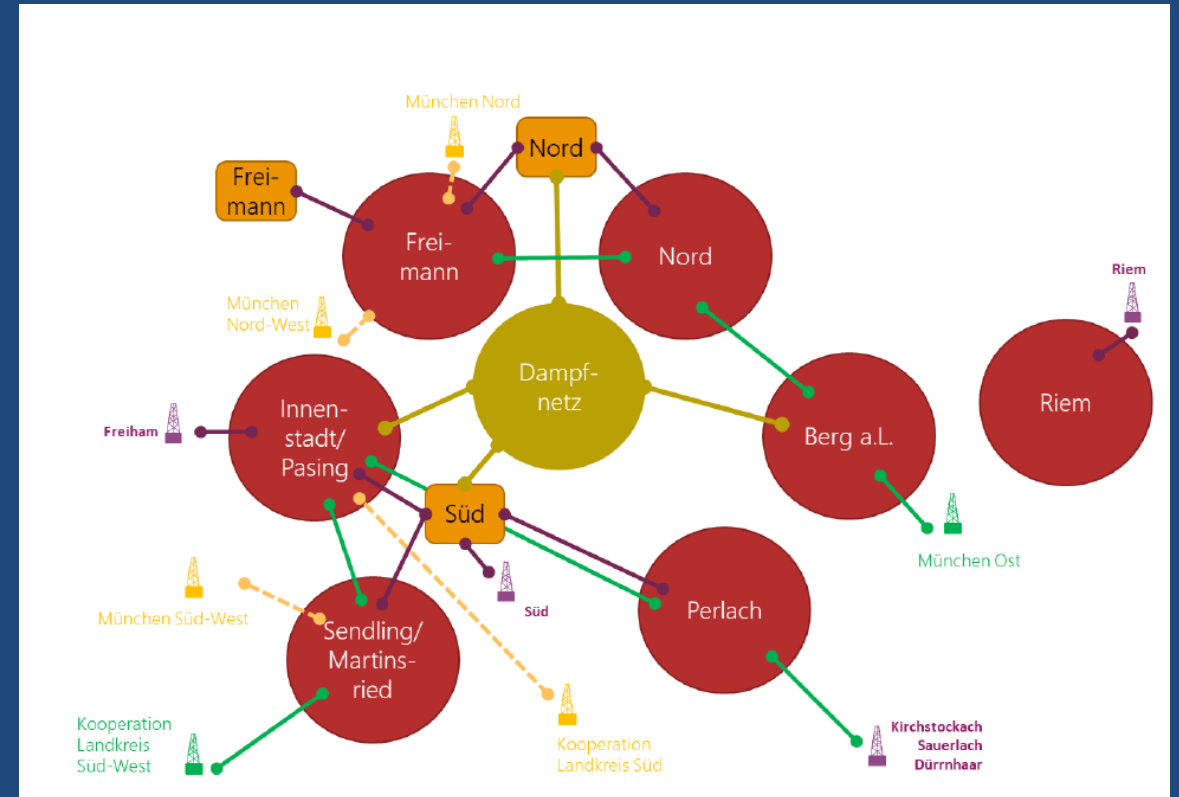
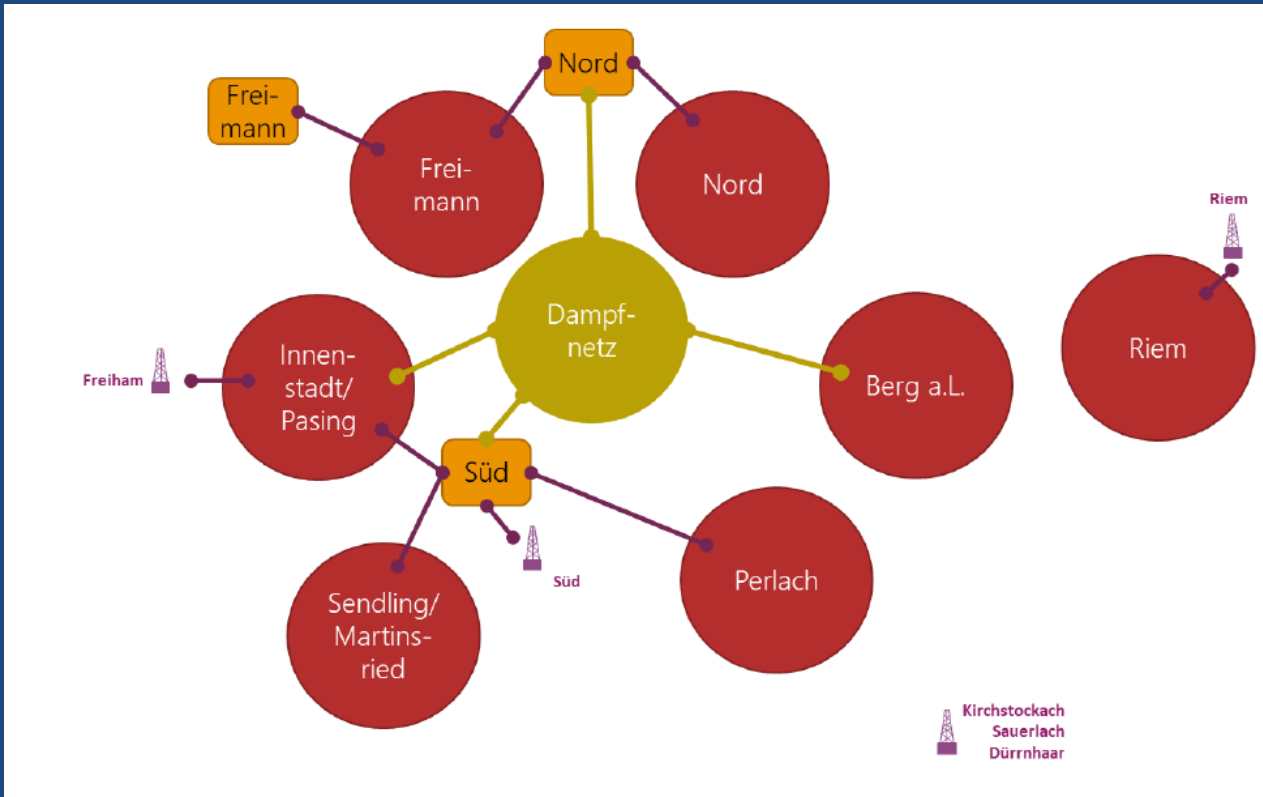


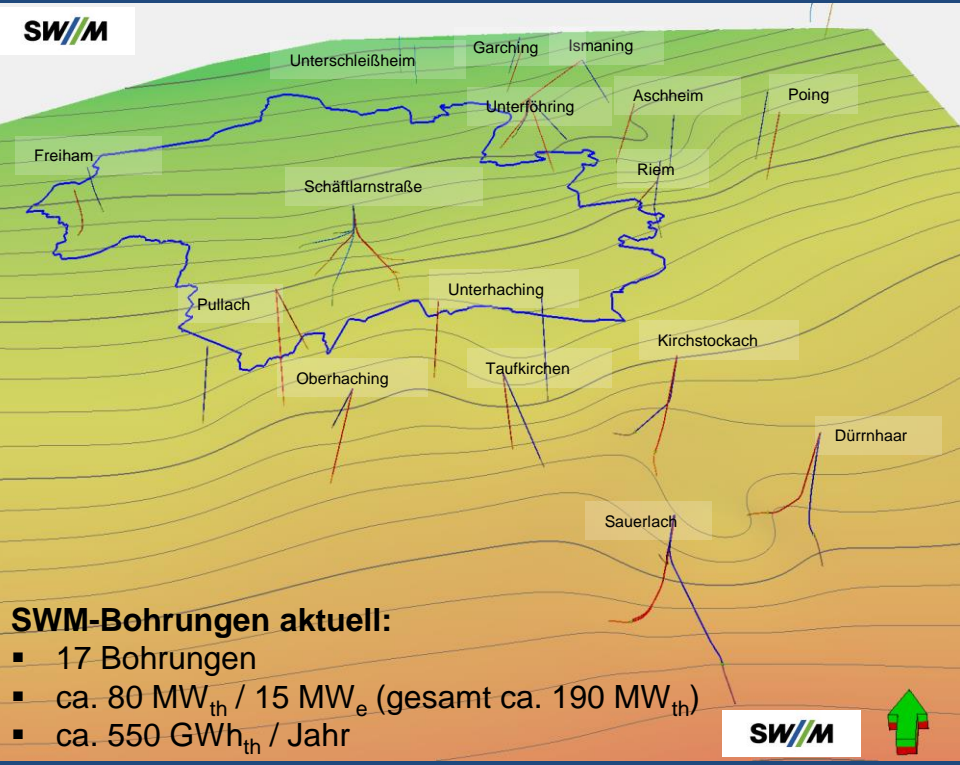
Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft
Klimaneutrale Wärme München 2035 und FfE 2023

Abbildung 1: Visualisierung der Eignungsgebiete inkl. Gebiete mit Wärmenetz

Quellen jeweils: RKU,
SWM und FfE (2023)



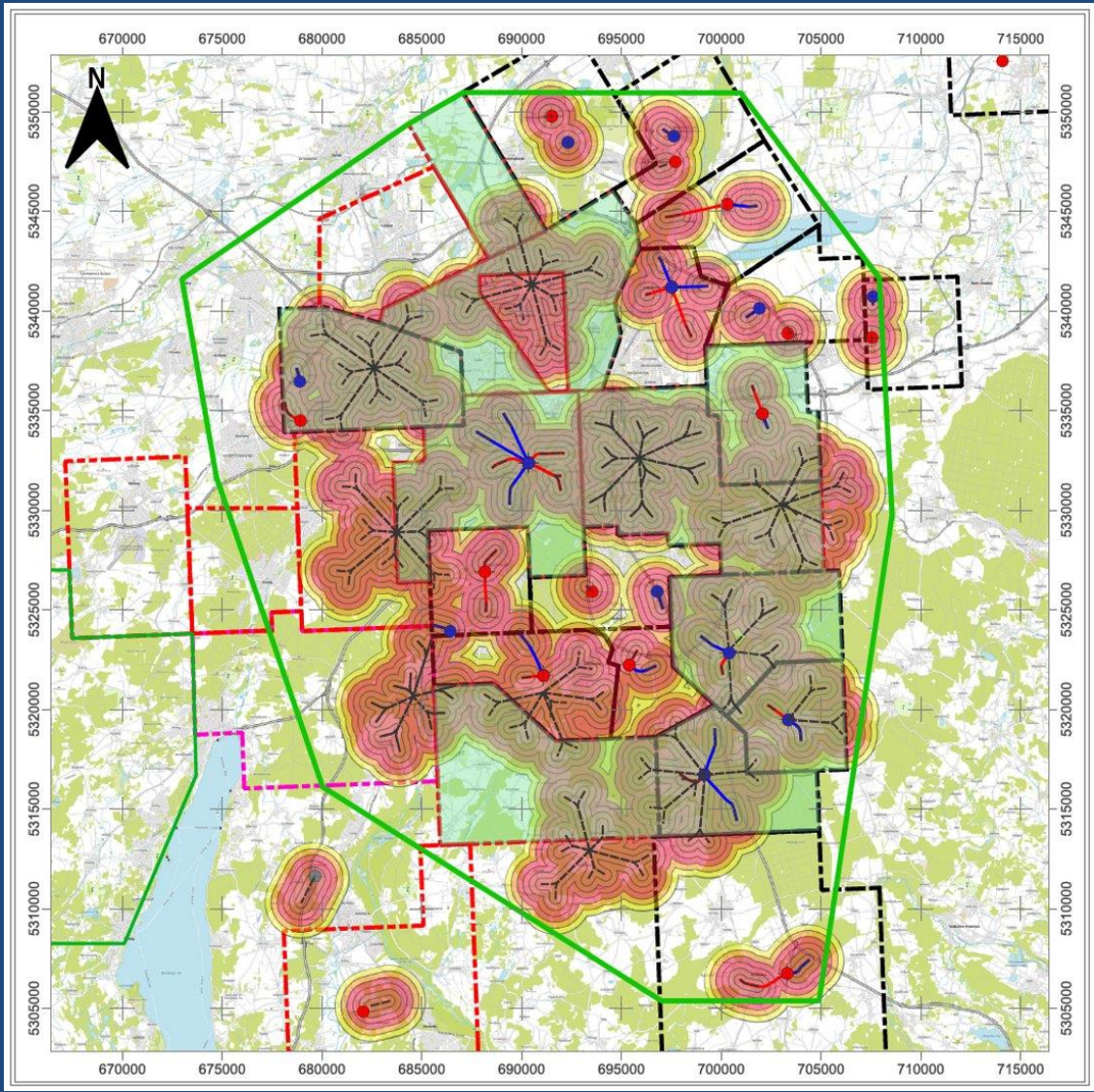




- SWM-Bohrungen aktuell:**
- 17 Bohrungen
 - ca. 80 MW_{th} / 15 MW_e (gesamt ca. 190 MW_{th})
 - ca. 550 GWh_{th} / Jahr

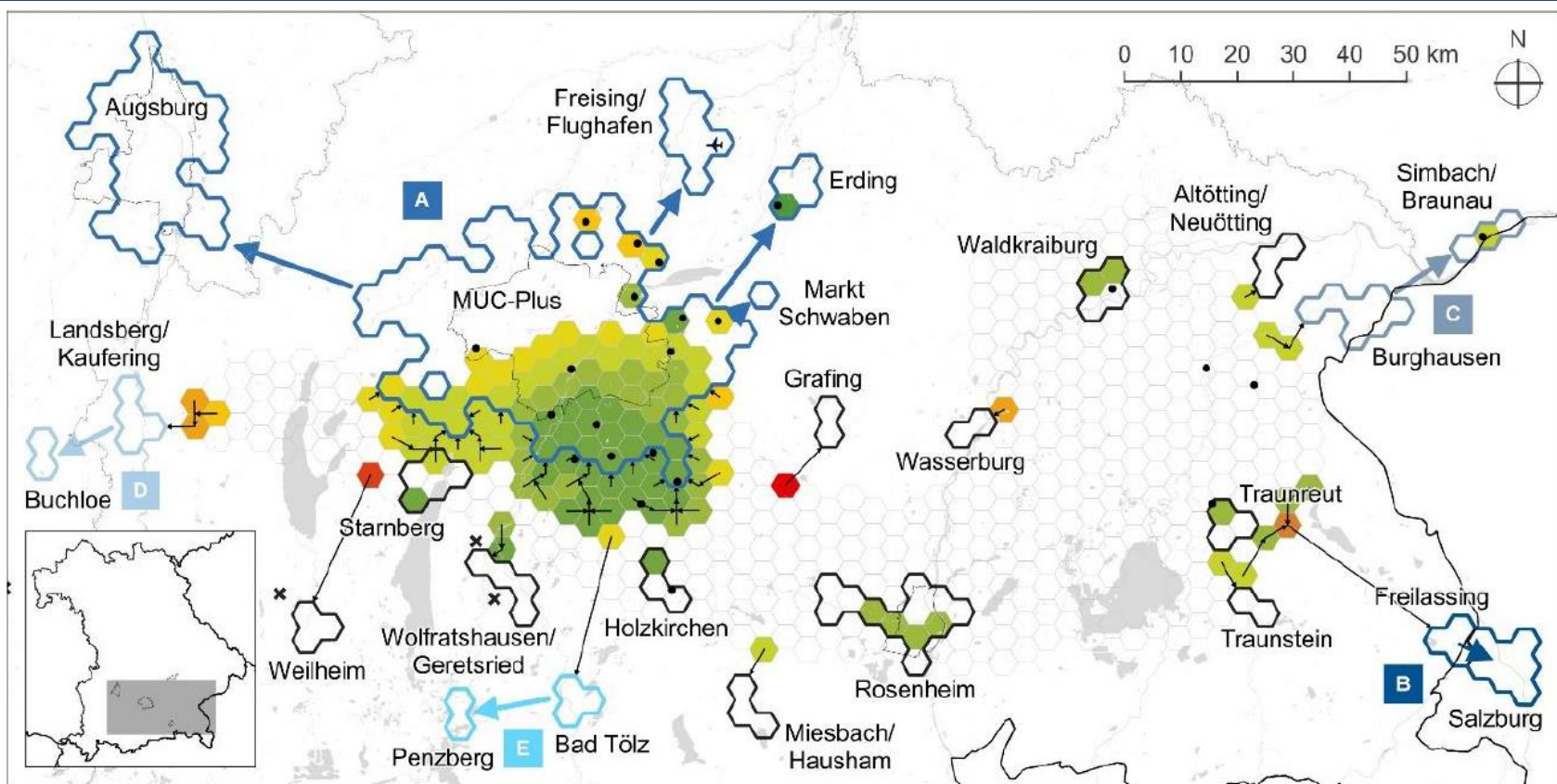
Hochskalieren

→ Möglichst viel Geothermie von der Grundlast in die Mittellast (bis Spitzenlast?) **am besten im Verbund**

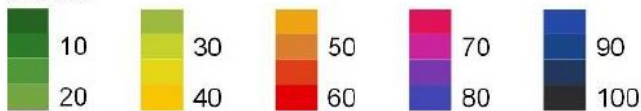


Konzessionen SWM

voirstrecke (in m)



Wärmegestehungskosten
€/MWh



→ Verbundleitung

□ Einzelner Cluster

□ in Mega-Cluster

Geo-Projekte

• fündig

x nicht fündig

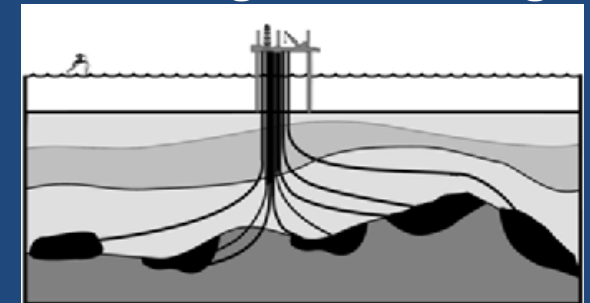


□ Gewässer

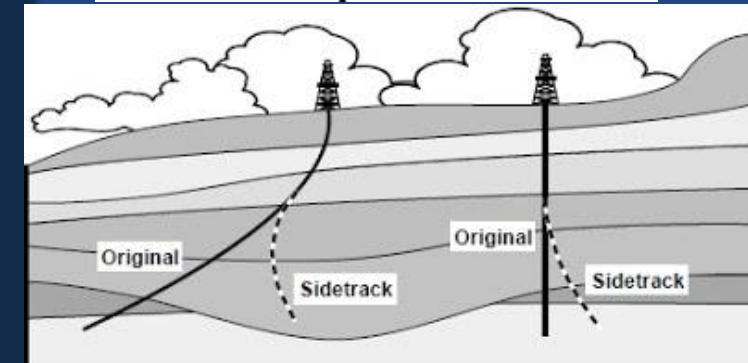
Abbildung 30: Wärmegestehungskosten pro Dublette für die 50%-ige Deckung der Wärmenachfrage von 25 Wärme-Cluster inkl. Verbundleitungen TUM -Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme

Vorteile im Verbund

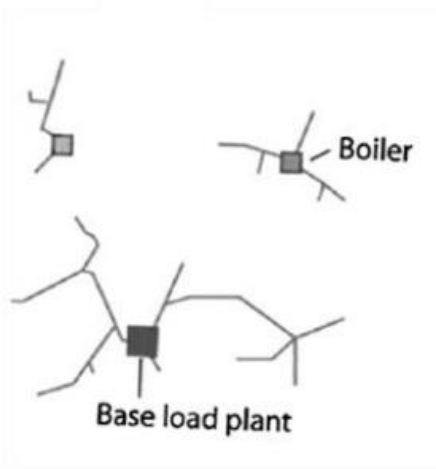
- Redundanzausgleich
- Steigerung Vollaststunden
- Synergien nutzen
- Platz sparen
- Umsetzung beschleunigen



Multiple wells

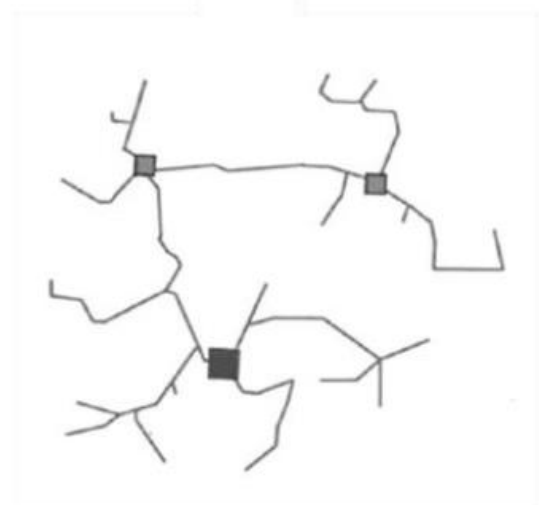


Insel



Stufe 0

Baum



Stufe 1

Zyklisch



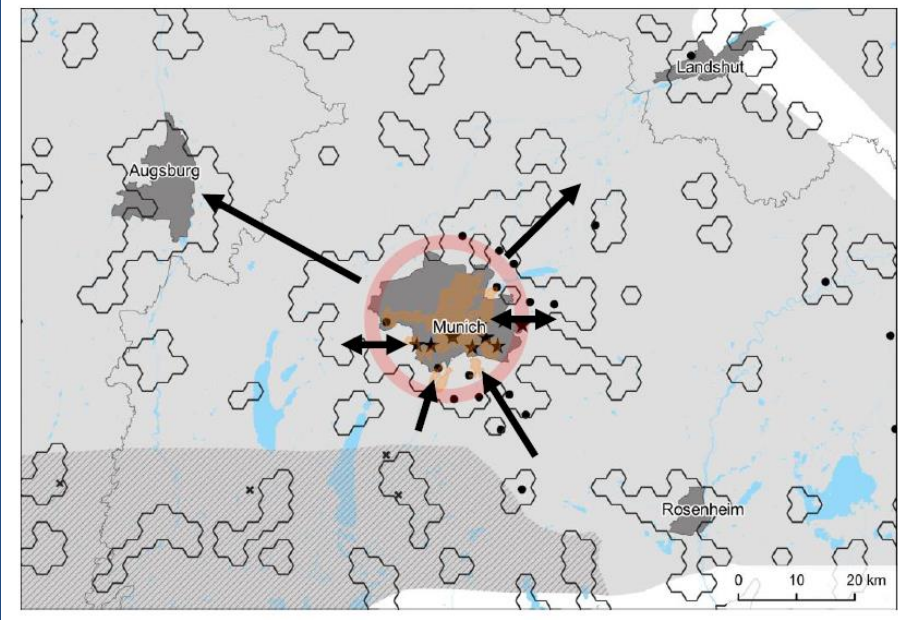
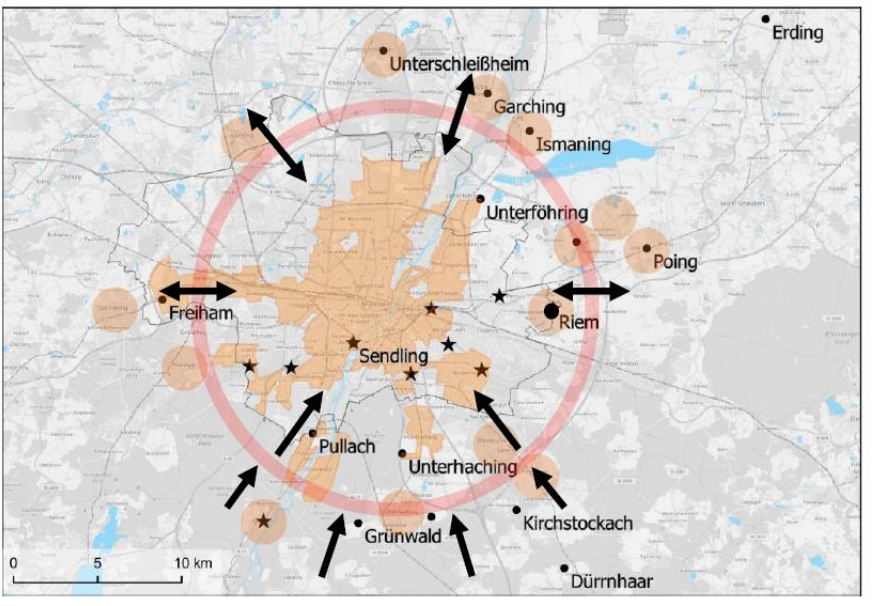
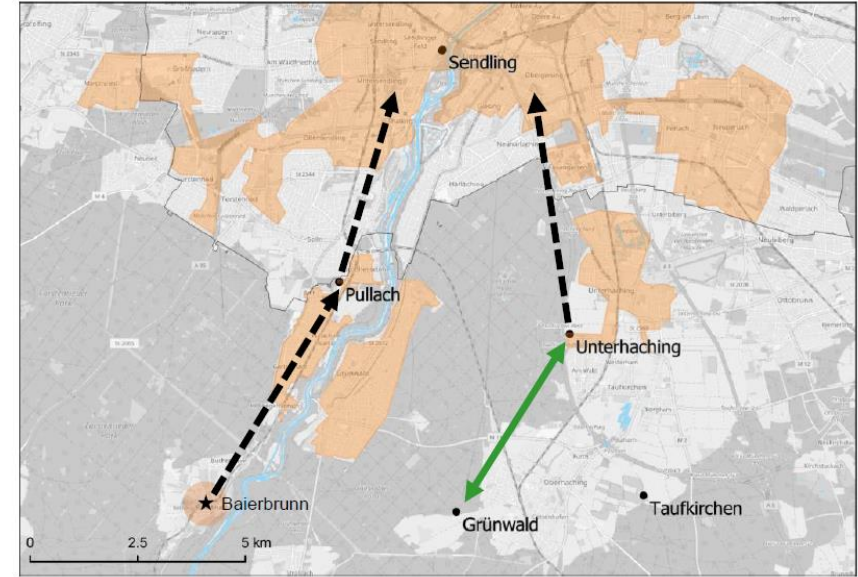
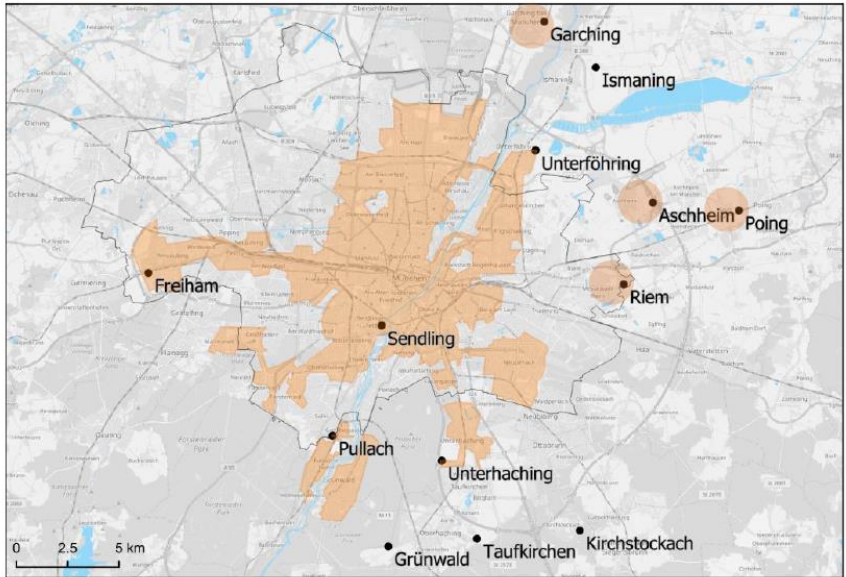
Stufe 2

Vernetzung



Stufe 3

Topologien ...





— Bestehende FW Trasse Laufzorn - Grünwald
 — Streckenführung Laufzorn - Unterhaching

Wärmeverbundleitung → Grünwald - Unterhaching



Zeitliche und räumliche Ausbauszenarien

- Diskrepanz Fernwärmevision 2040– Klimaneutralität der Stadt 2035
- Parallelplanung
- Vermehrte Kooperation mit dem Umland
- Rechtliche Fragen...(Vorranggebiete, etc...)
- Genehmigungspraxis
(Bewertungsmodell, Interaktionsbeurteilung, Monitoring,
nachhaltige Nutzung)
- Fündigkeitsrisiko (Umland - Grundlagendaten)

→ Für den Abbau von Barrieren Lösungen suchen
und Ausbauprozesse beschleunigen



→ Projekt GIGA-M

Ausbau-Barrieren:

- Platzbedarf für Erzeugungsanlagen und Leitungsbau

Beschleunigung:

- Genehmigungspraxis/Auflagen
- Fachkräfte (Erzeugung/Netzausbau)
- Planungsprozesse (intern! / extern)
- Grundlagendaten/Fündigkeitsrisiko (Umland - Grundlagendaten)
- (Akzeptanz)



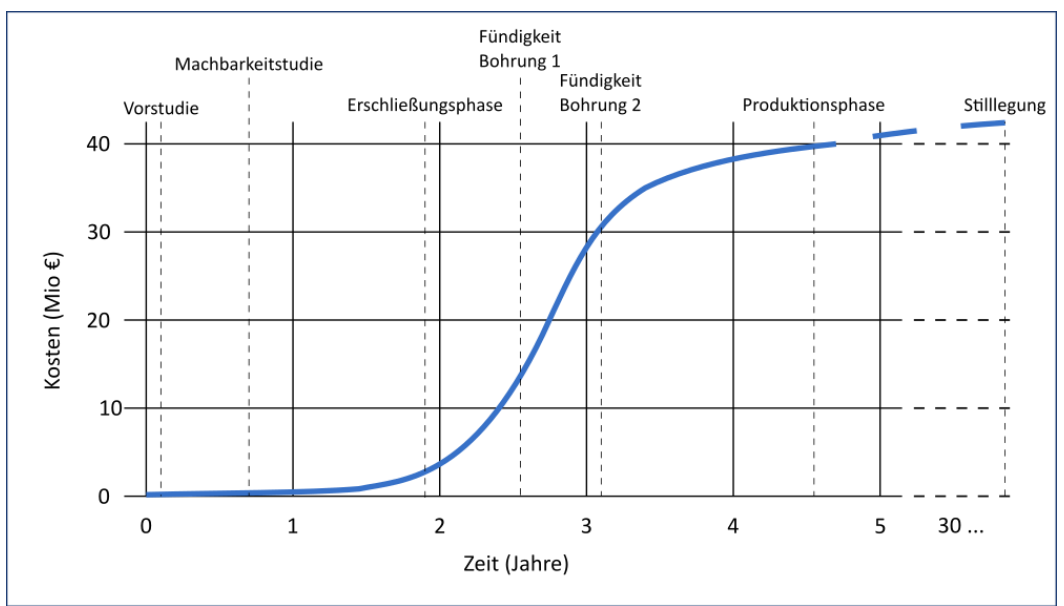
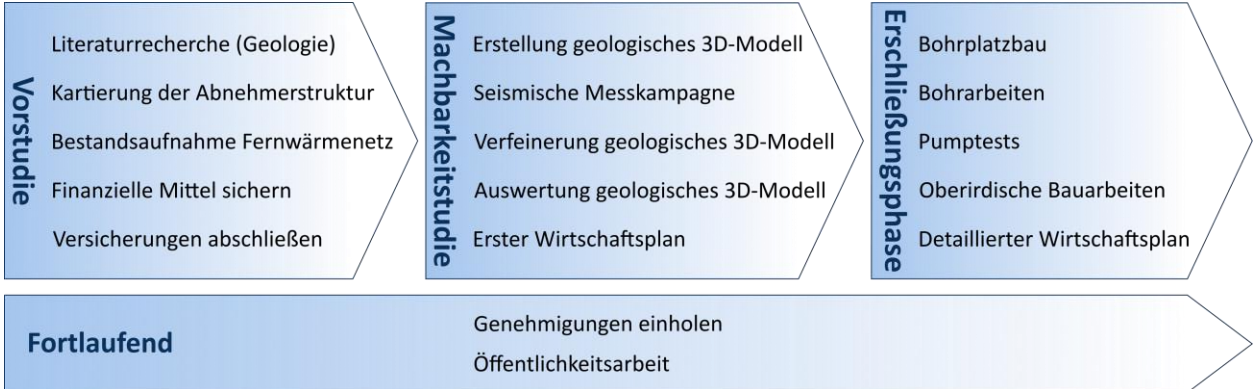
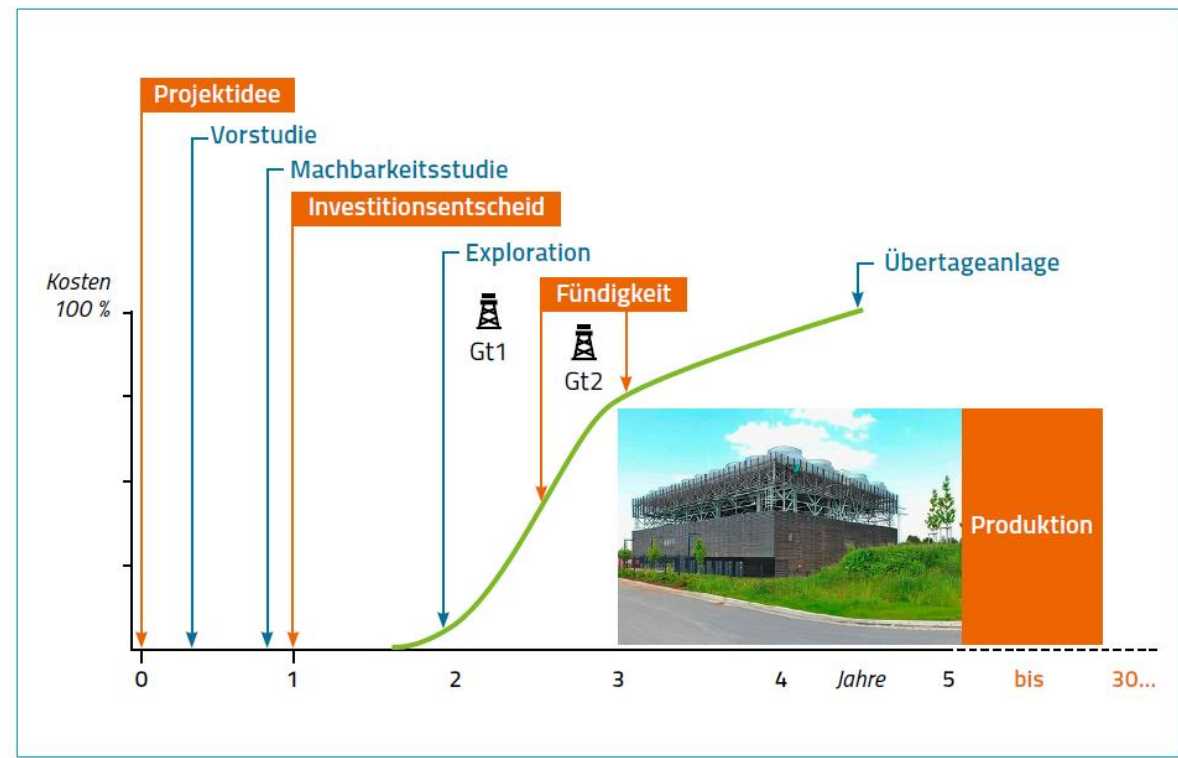


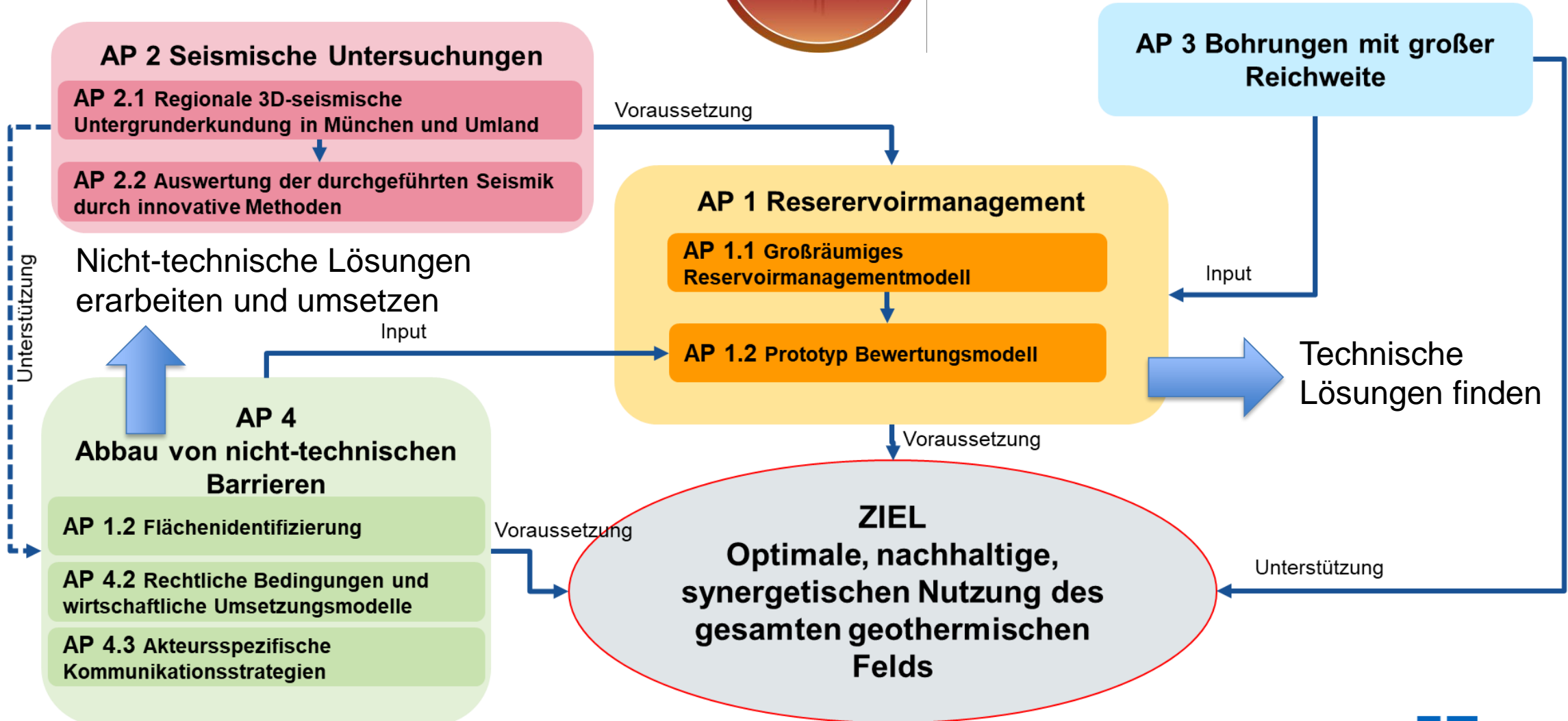
Abb. 2: Ablaufschema für die Errichtung einer geothermischen Heizzentrale²



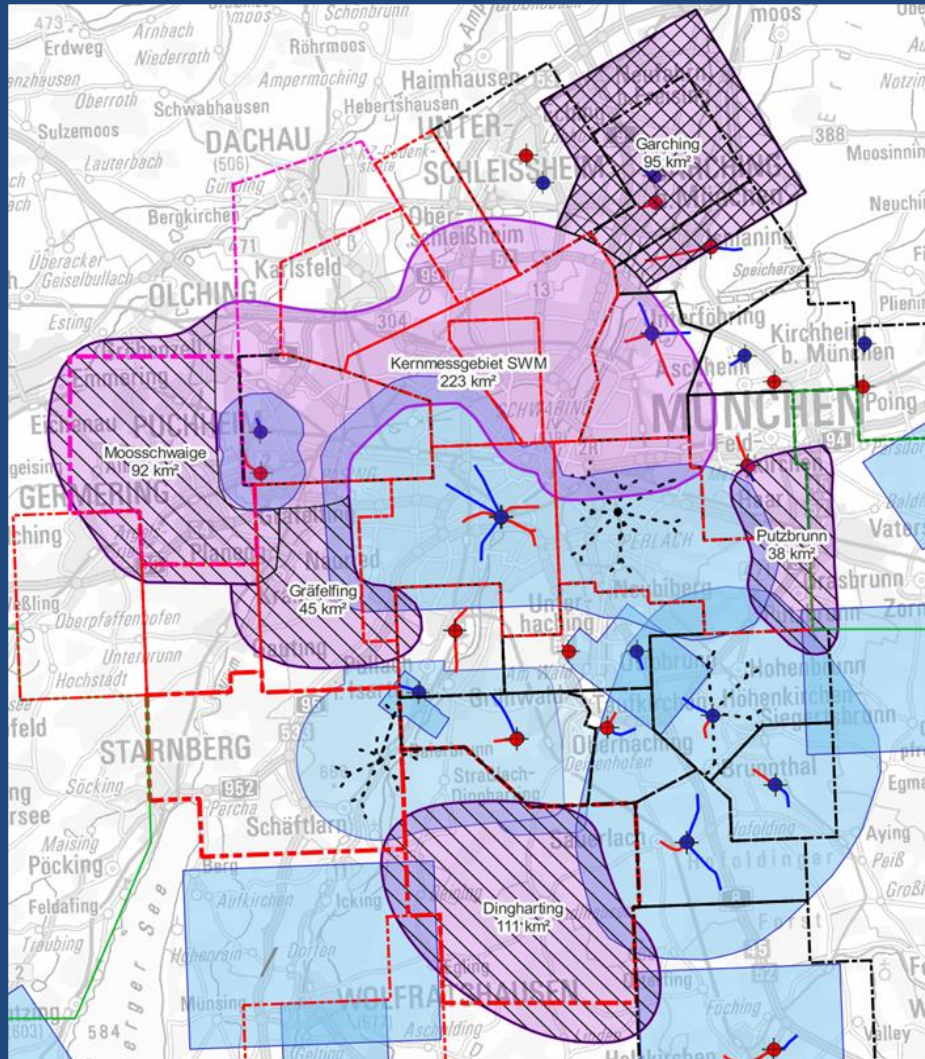
² STÖBER, I., FRITZER, T., OBST, K. & SCHULZ, R. (2016): Tiefe Geothermie - Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland. - 4. akt. Auflage, 87 Seiten; Hannover (LIAG).



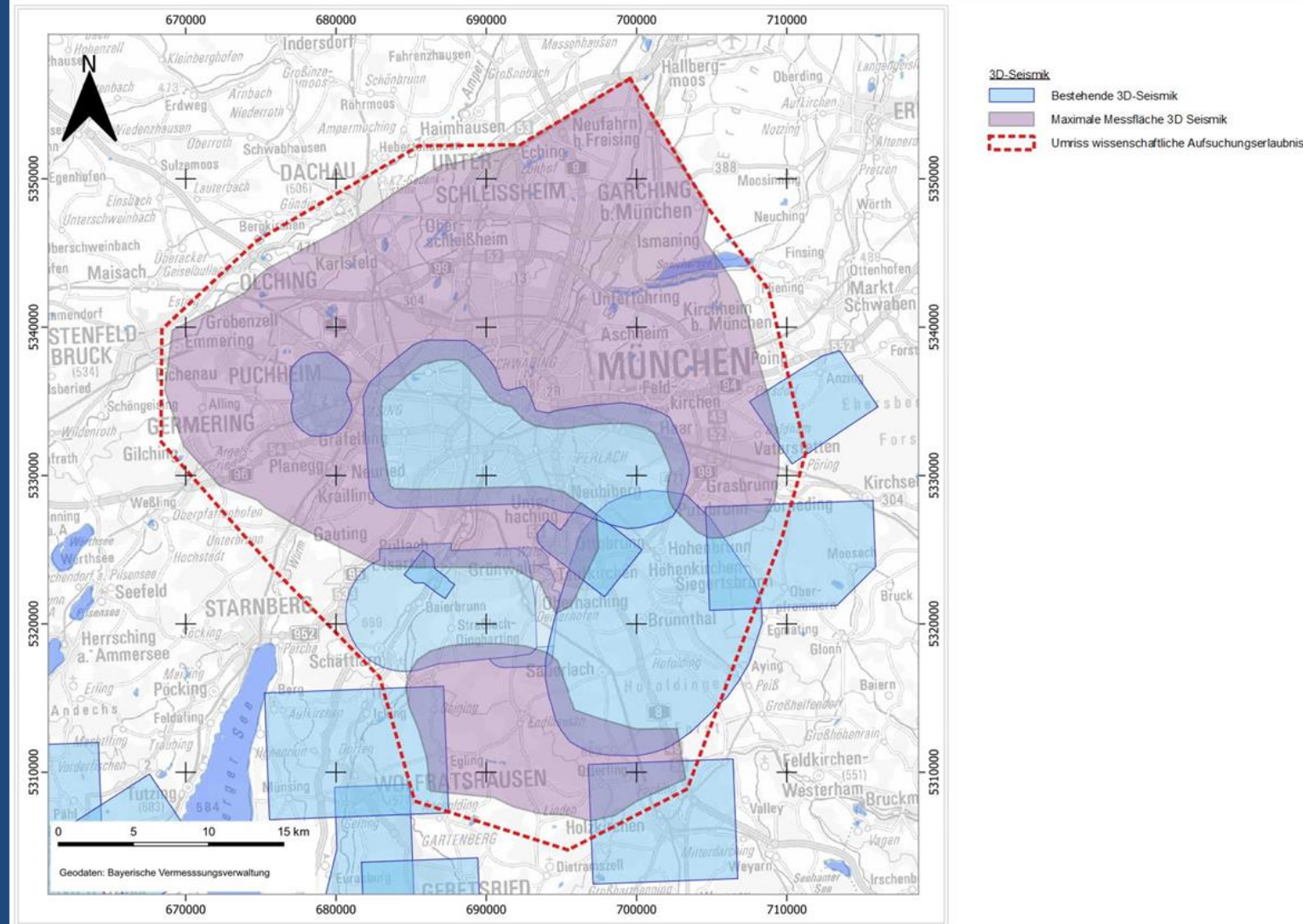
Projektstruktur

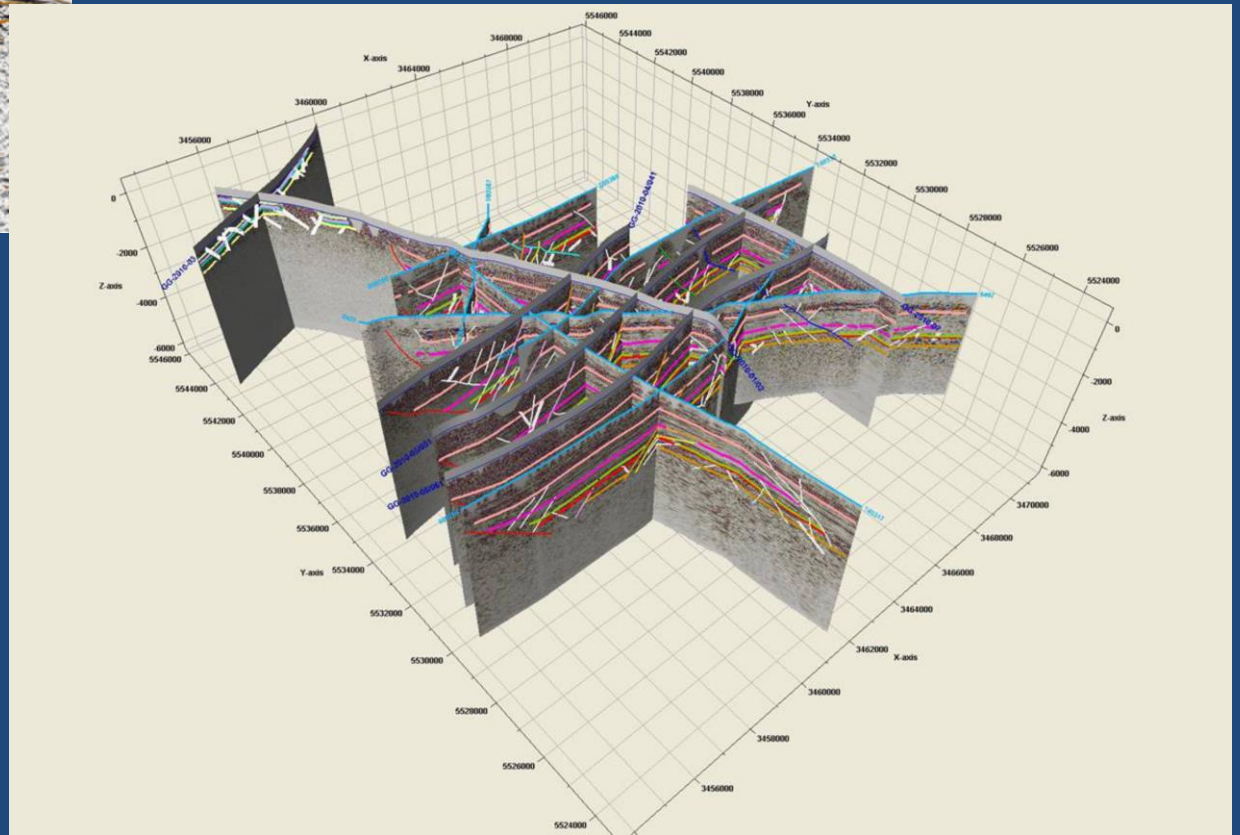
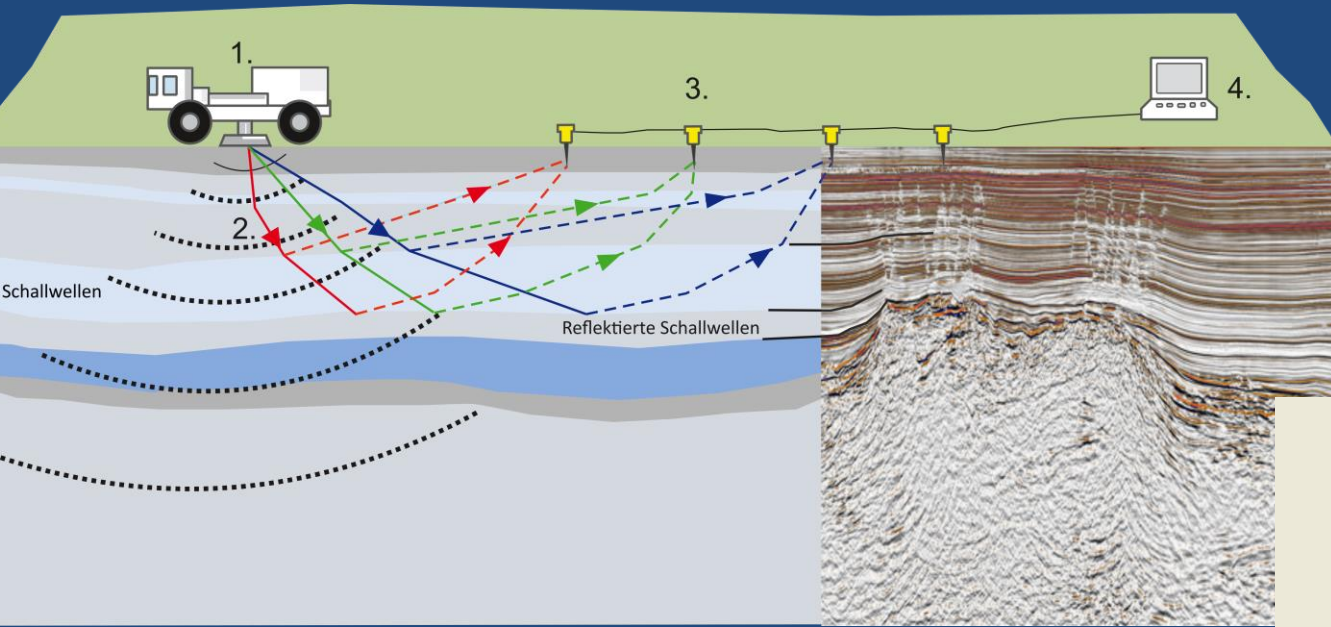


Darstellung aus der eingereichten Skizze GIGA M (ca. 604 km²)



Potentielle max. Messfläche GIGA M (ca. 926 km²)



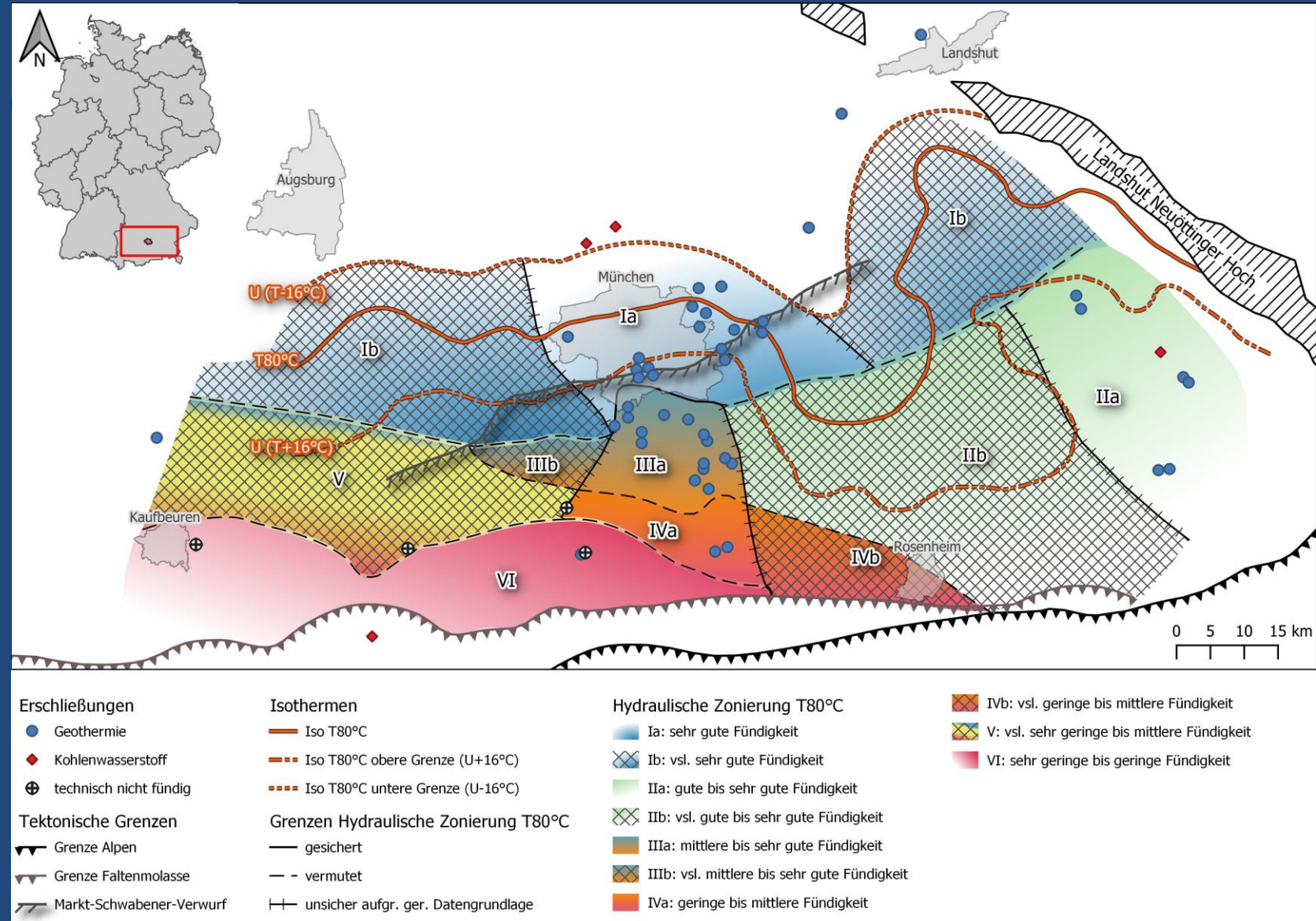


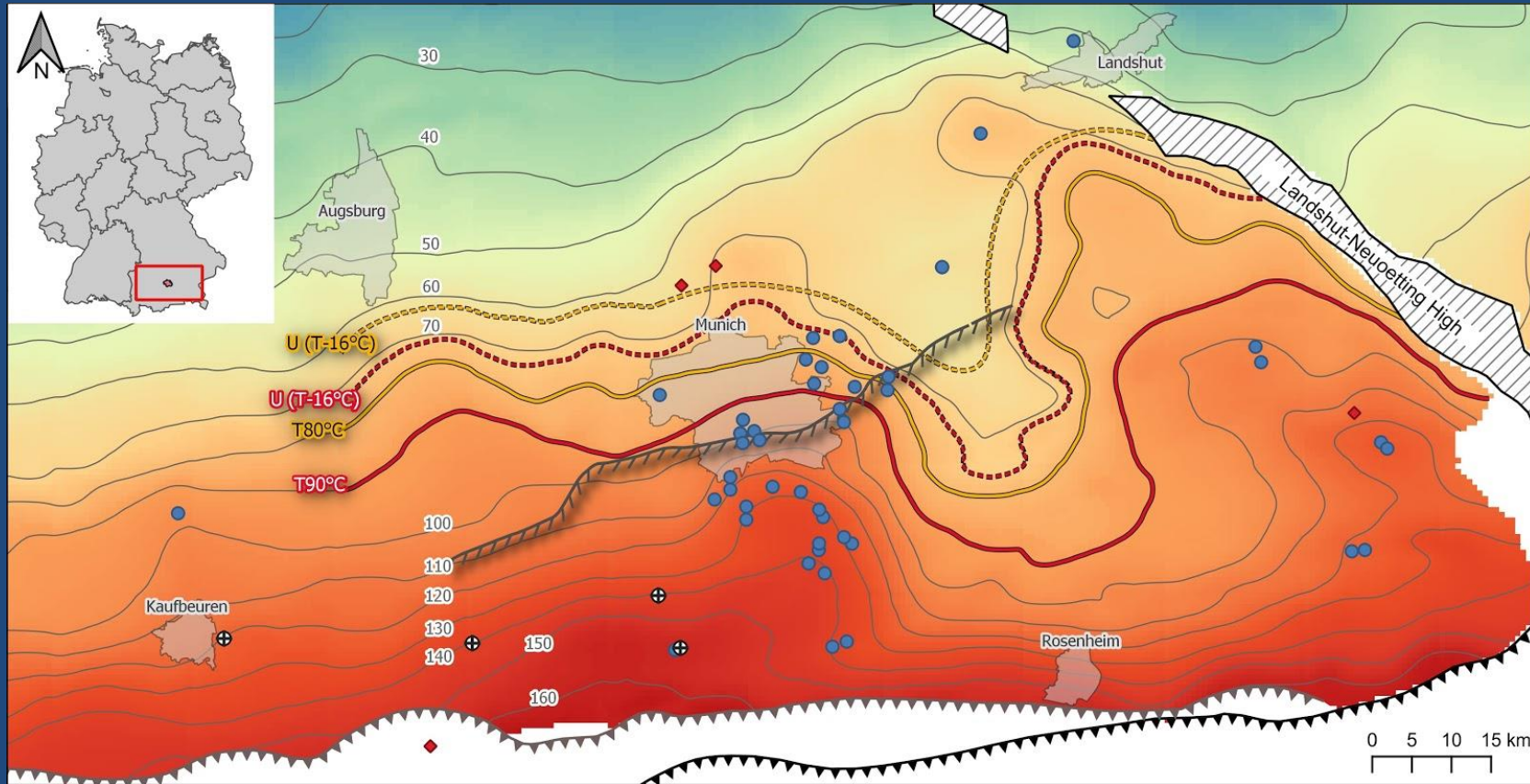
Ausbauszenarien

Weiteres Umland

- Daten notwendig
- Bewertungsmodell

Zonen	Schüttungen [l/s] Spannweiten	angenommener Mittelwert [l/s]
I a,b	75-180	90
II a	65-180	90
II b	65-180	70
III a, b	40 -150	80
IV a, b	40-60	50
V	5-50	15
VI	0-10	5





Drill Sites

- geothermal well
- ◆ oil & gas exploitation
- ⊕ technical unproductive well

Structural Boundaries

- ▲ Alpine Nappes
- ▼ Subalpine Molasse
- ▬ Markt-Schwaben-Fault

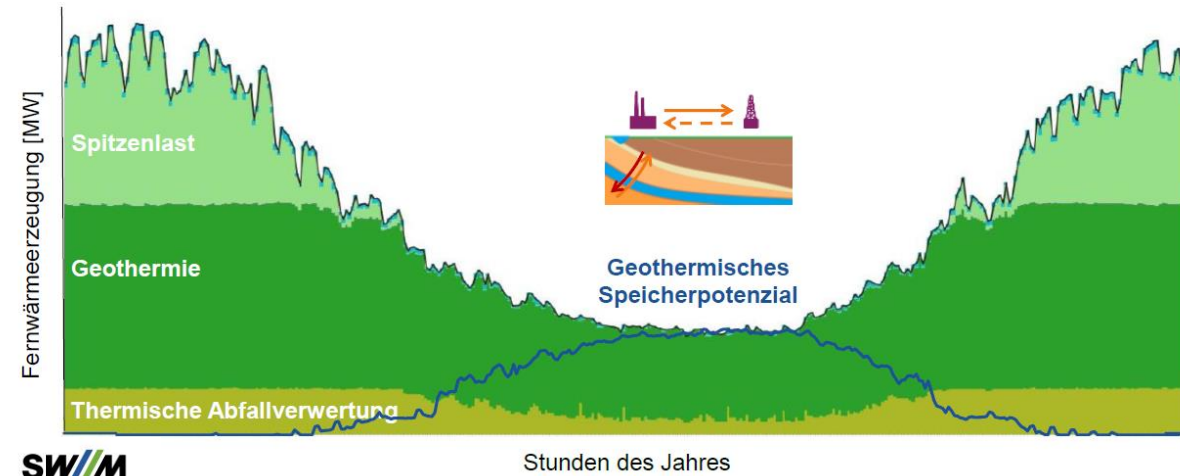
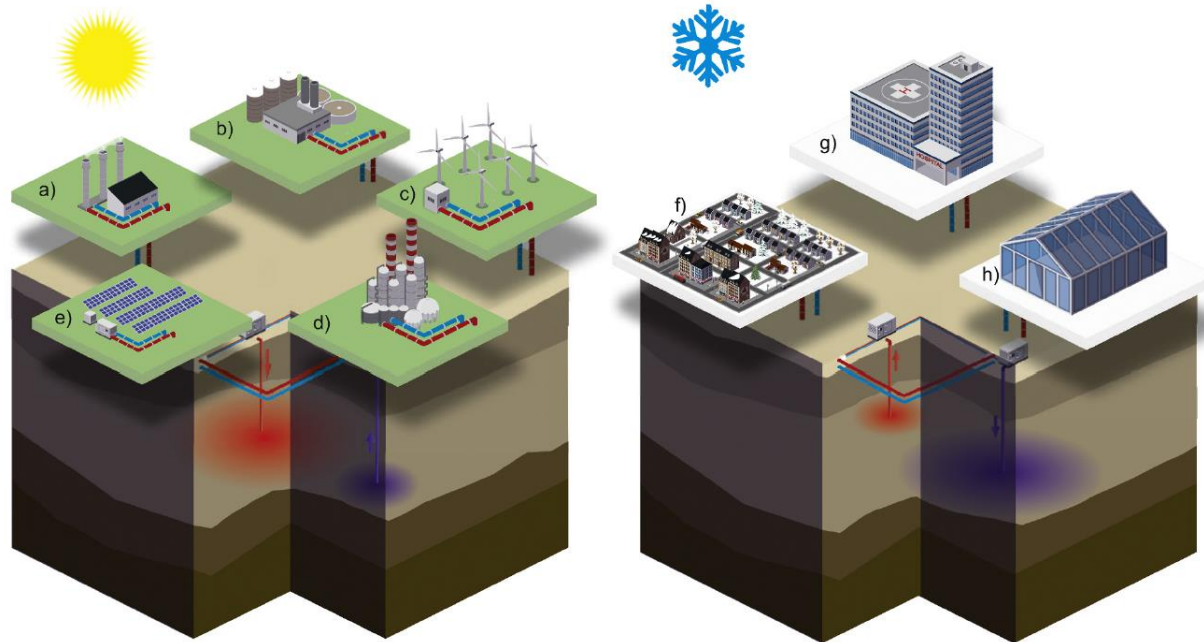
Isotherms

- 120- Temperature of extracted water (°C)
- Iso T80°C
- - - Iso T80°C lower limit (U-16°C)
- Iso T90°C
- - - Iso T90°C lower limit (U-16°C)

Temperature of extracted water (°C)

- | | | | |
|--|-------|--|---------|
| | 10-30 | | 90-110 |
| | 30-50 | | 110-130 |
| | 50-70 | | 130-150 |
| | 70-90 | | > 150 |

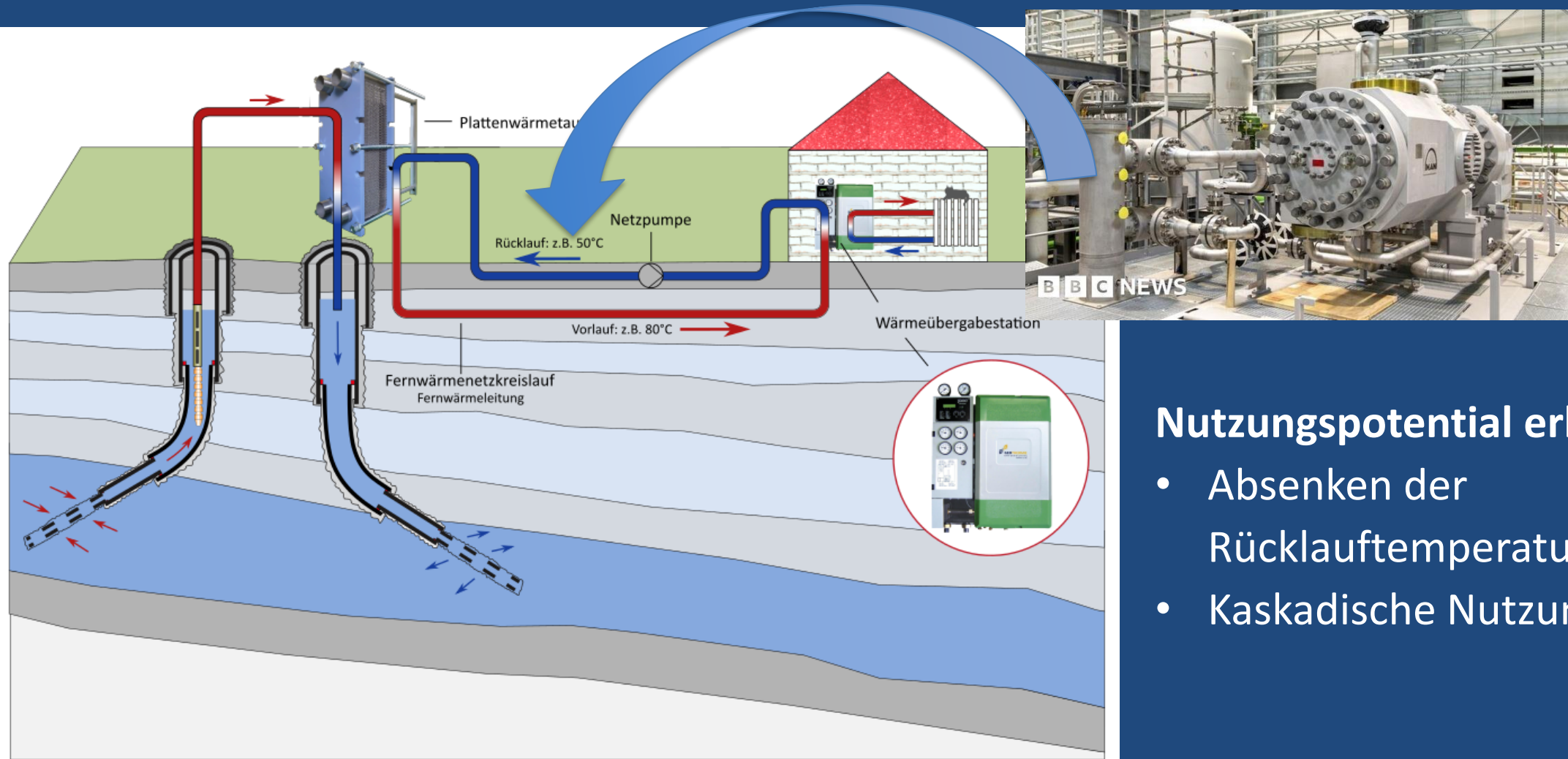
Spitzenlast Dekarbonisieren ? Geothermie Flexibilisieren! → HT Untergrundwärmespeicher



SW/M

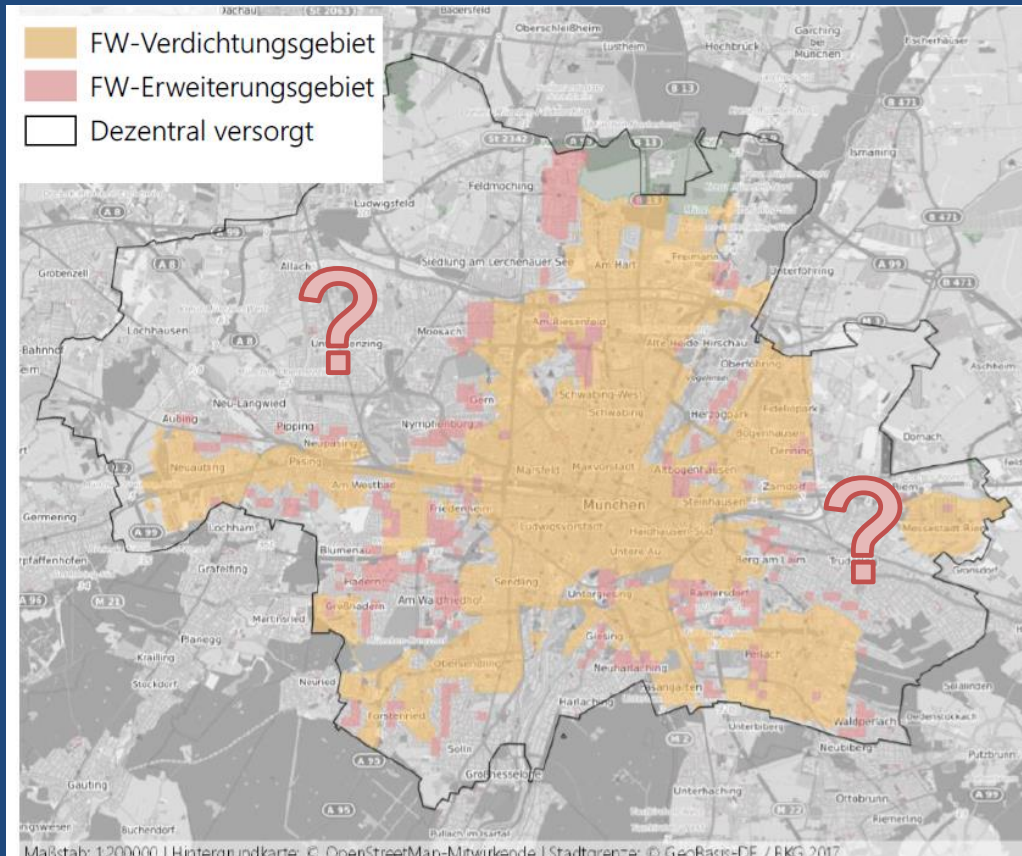
Standort ?!
Machbarkeit – Demonstrator ?!

Fig. 1. Basic principle of HT-ATES. In summer, the aquifer is charged with surplus heat from (non-)renewable energy sources such as geothermal (a), biomass (b), power-to-heat (c), industrial heat waste (d) or solar (e). The stored heat is recovered in winter to supply district heating (DH) systems (f), large building complexes (g) or industrial applications such as greenhouses (h).



Nutzungspotential erhöhen:

- Absenken der Rücklauftemperaturen
- Kaskadische Nutzung



Außerhalb des Fernwärmegebietes:

Kommunale Wärmeplanung

→ ganzheitliche Strategie fahren und Maßnahmen mit **besten Emissionsvermeidung** umsetzen (Bauleitplanung, Anreize, **Quartierslösung**).

Ein- und Mehr-
familienhäuser



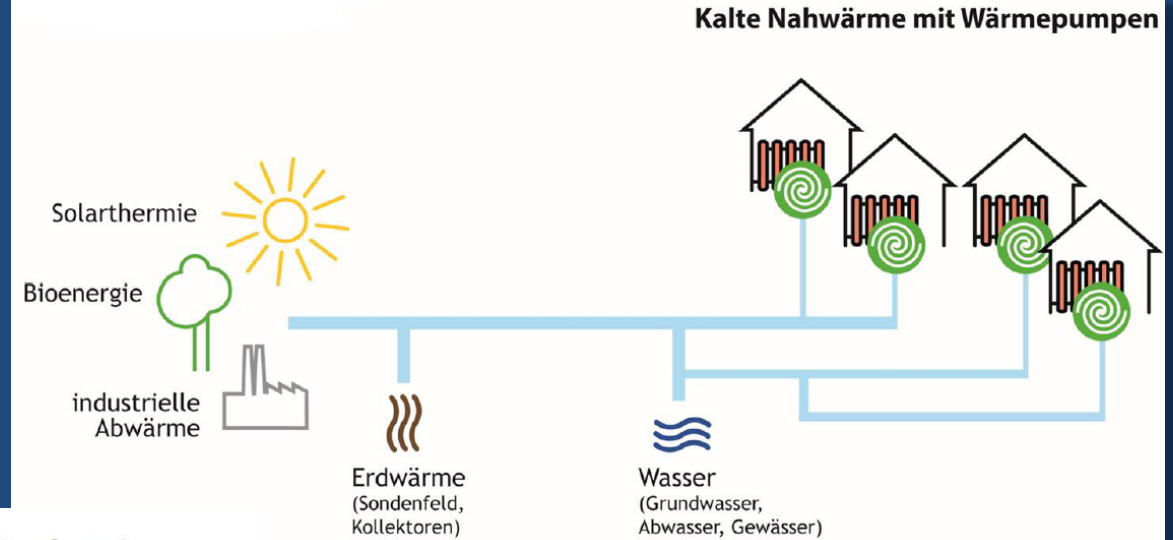
Große
Solitäre



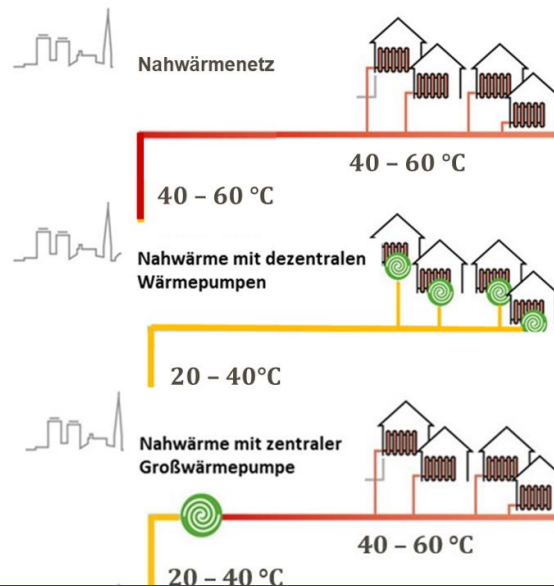
Stadtquartiere



Skalierbare Leistung –
praktisch flächendeckend umsetzbar



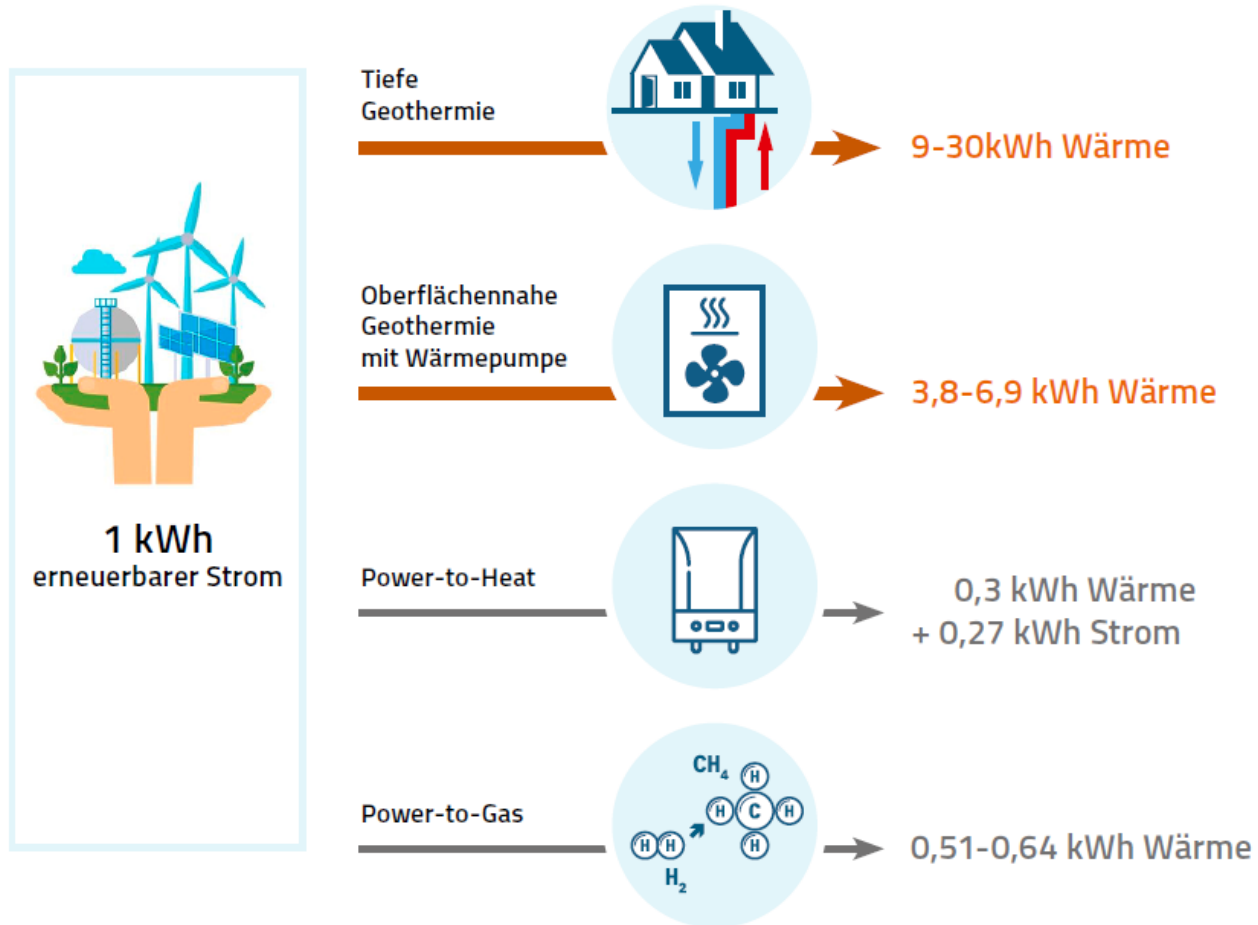
Nahwärme aus mitteltiefer Geothermie



Quelle: BWP Bundesverband Wärmepumpe

Quelle: Fraunhofer IEG - Roadmap oberflächennahe Geothermie

Effiziente Sektorkopplung mit Geothermie



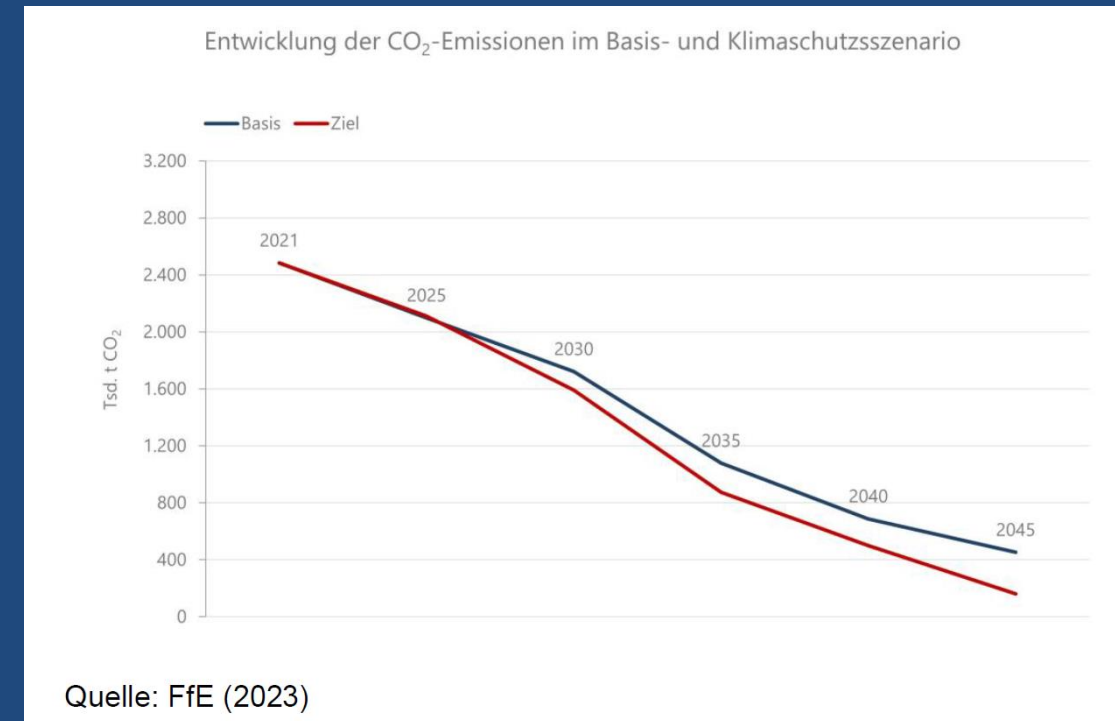
Datenquellen: Forschungsstelle für Energienetze und Energiespeicher (FENES) (2020), Agora Energiewende (2020), Fraunhofer (ISE 2020), eigene Erhebung

Fazit

- München hat optimale geothermische Voraussetzungen
- Kommune hat Handlungsspielraum

Zur Erreichung der Ziele:

- **Barrieren schnellstmöglich abbauen:**
 - Fernwärme vorrangig und grün ausbauen
 - möglichst viel Geothermie einbinden (Kooperationen mit dem Umland konsequent schaffen), das Potenzial ist da
 - Wärmespeicherlösungen angehen/umsetzen
 - Prozessbeschleunigung



Dr. Kai Zosseder

Technische Universität
Lehrstuhl für Hydrogeologie
Leiter AG Geothermie

kai.zosseder@tum.de

