

Tiefe Geothermie für die Wärmewende Handlungsempfehlungen

Energiekonferenz der Stadtwerke Strausberg

10.05.2023



Prof. Dr. Ingo Sass

Beratender Ingenieur IngKH, IngKBW
Helmholtz-Zentrum Potsdam

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Technische Universität Darmstadt

ÖbuvSV Geothermie, Brunnenbau und Tiefbohrtechnik

DVGW-Experte für das HDD-Verfahren

www.fotocommunity.de

„Eine Zukunftstechnik für Deutschland“ – Scholz besucht Geothermie-Baustelle in Potsdam, Deutschlandfunk 08.05.2023





ROADMAP TIEFE GEOTHERMIE FÜR DEUTSCHLAND

Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und
Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende

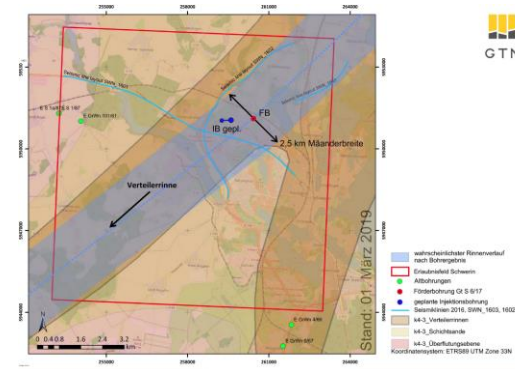
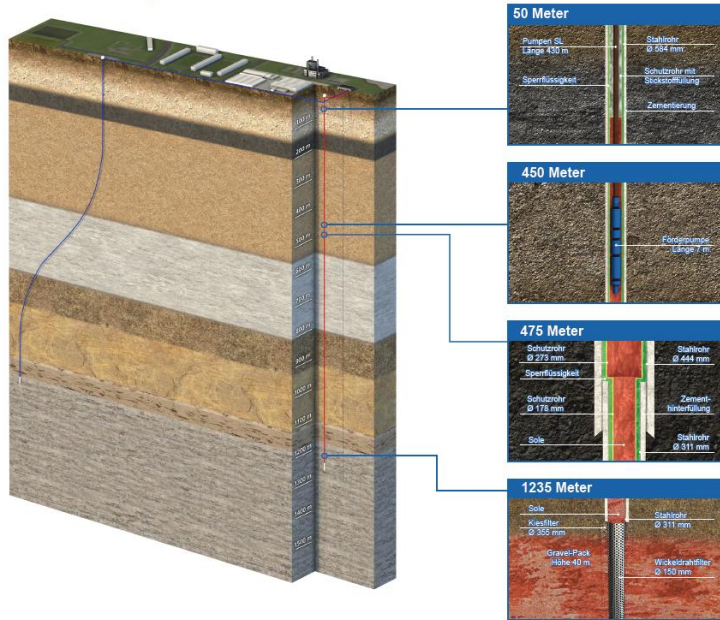
Tiefste Bohrungen in der Stadt

Bohrung 4
Schäftlarnstrasse
München - Sendlingsysteme

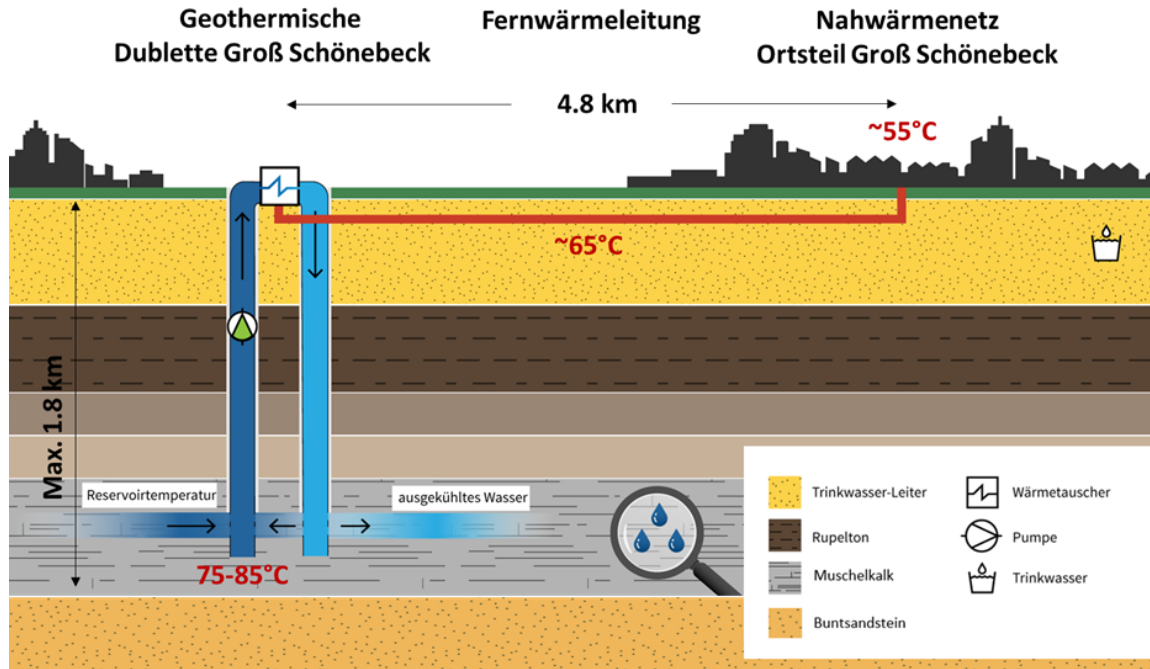
Bild: ERDWERK, 2019, www.erdwerk.com

Erfolgreiches kommerzielles Vorhaben in Schwerin

Förderbohrung Kraftwerk Lankow



Konzept Schorfheide – Neue Quellen und Systemintegration für das Land



Schematische Darstellung der mitteltiefen geothermischen Dublette am Forschungsstandort Groß Schönebeck (links), der Fernwärmeleitung zum Ortsteil Groß Schönebeck (Mitte) und des Nahwärmenetzes im Ortsteil Groß Schönebeck.

REGENERATIVER NETZAUSBAU WÄRME CAMPUS BERLIN-BUCH



Machbarkeitsstudie mittels Co-Simulationsmethodik als Planungswerkzeug zur Tiefen Geothermie:

54 Gebäude, 5 Eigentümer: Heizwärmebedarf Campus: ca. 21 GWh/a aus 20 MW Anschlussleistung, bisher gedeckt aus konventioneller Fernwärme

Wie lassen sich 100% Wärme aus nicht fossilen Rohstoffen erreichen?



Campus
Berlin-Buch GmbH

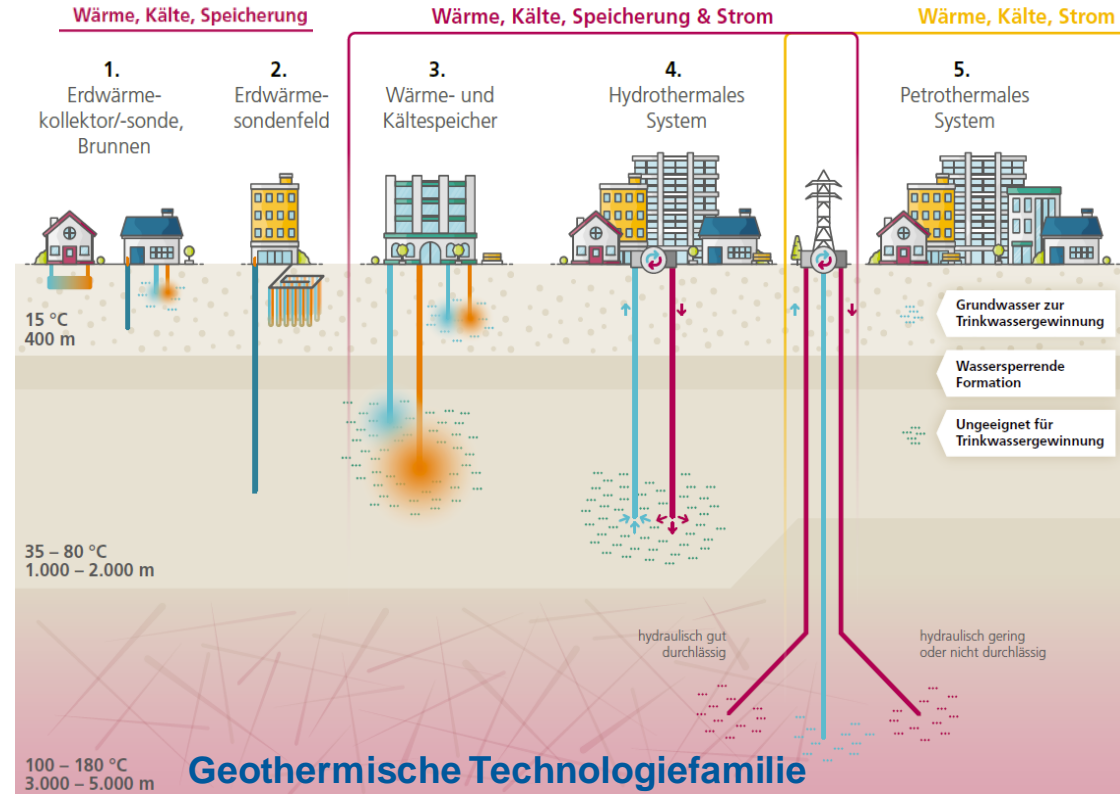


Unabhängigkeit stärken

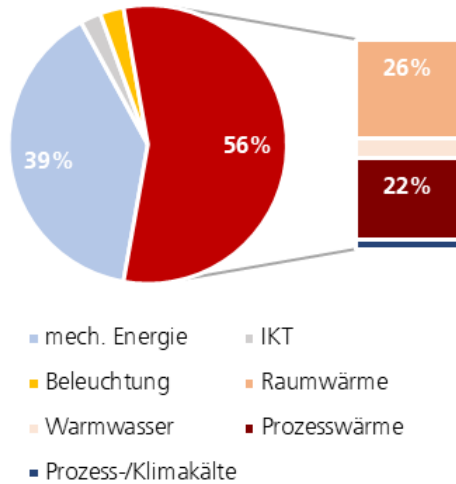
Dezentralisierung fördert erneuerbare Energiesysteme
Mit Geothermie die Zukunft selbst sichern
Vulnerabilität der Energieversorgung reduzieren
Partizipation der BürgerInnen steigern
Gesellschaftliches Selbstbewusstsein stärken

Kernaussage zum Ausbauziel 300 TWh_{th}/a: möglich und notwendig

- Investitionen in Schlüsseltechnologien der **geothermischen Technologiefamilie**
- Unabhängigkeit von Erdgas und Vermeidung von CO₂ als Leitgedanken
- Beschleunigte Genehmigungsverfahren
- Ausweisung von Vorzugsflächen
- Instrumente zur Fündigkeitsrisikoreduzierung
- Aktivierung des Wertschöpfungs- und Arbeitsmarktpotenzials
- 300 TWh_{th}/a ≈ 70 GW_{th} Leistung



Energiewirtschaftliche Einordnung



Status Quo (2019)

Gesamt	1.400 TWh/a
Raumwärme	658 TWh/a
Prozesswärme	541 TWh/a
Warmwasser	130 TWh/a
Kälte	63 TWh/a

Kommunale Wärmewende

- Raumwärme 658 TWh/a (> 2.100 h/a)
- Warmwasser 130 TWh/a (8.600 h/a)

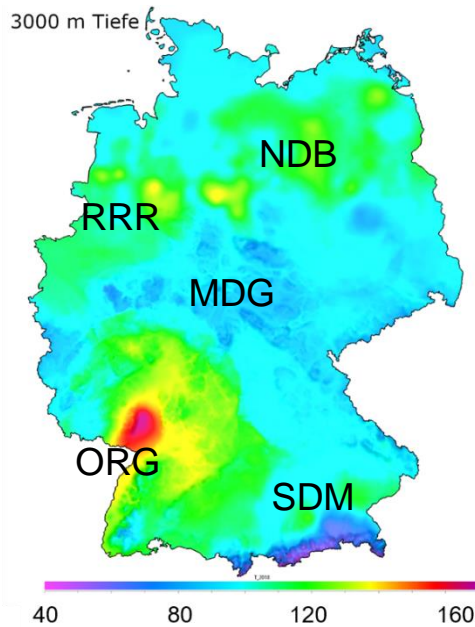
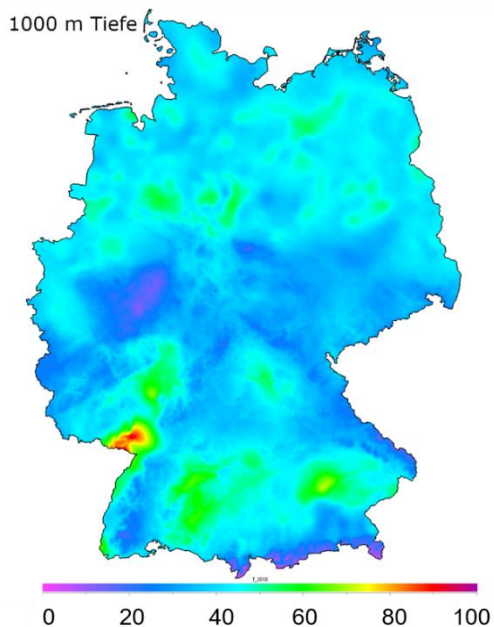
Kommunaler Bedarf: **788 TWh/a**

Industrielle Wärmewende

- Prozesswärme 541 TWh/a (8.600 h/a)
- Kälte 63 TWh/a (8.600 h/a)

Industrieller Bedarf: **604 TWh/a**

Regionale Potenziale und Wärmebedarfe



Hydrothermales Potenzial:

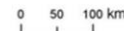
220-430 TWh/a:

300 TWh/a

25 % Wärmebedarf

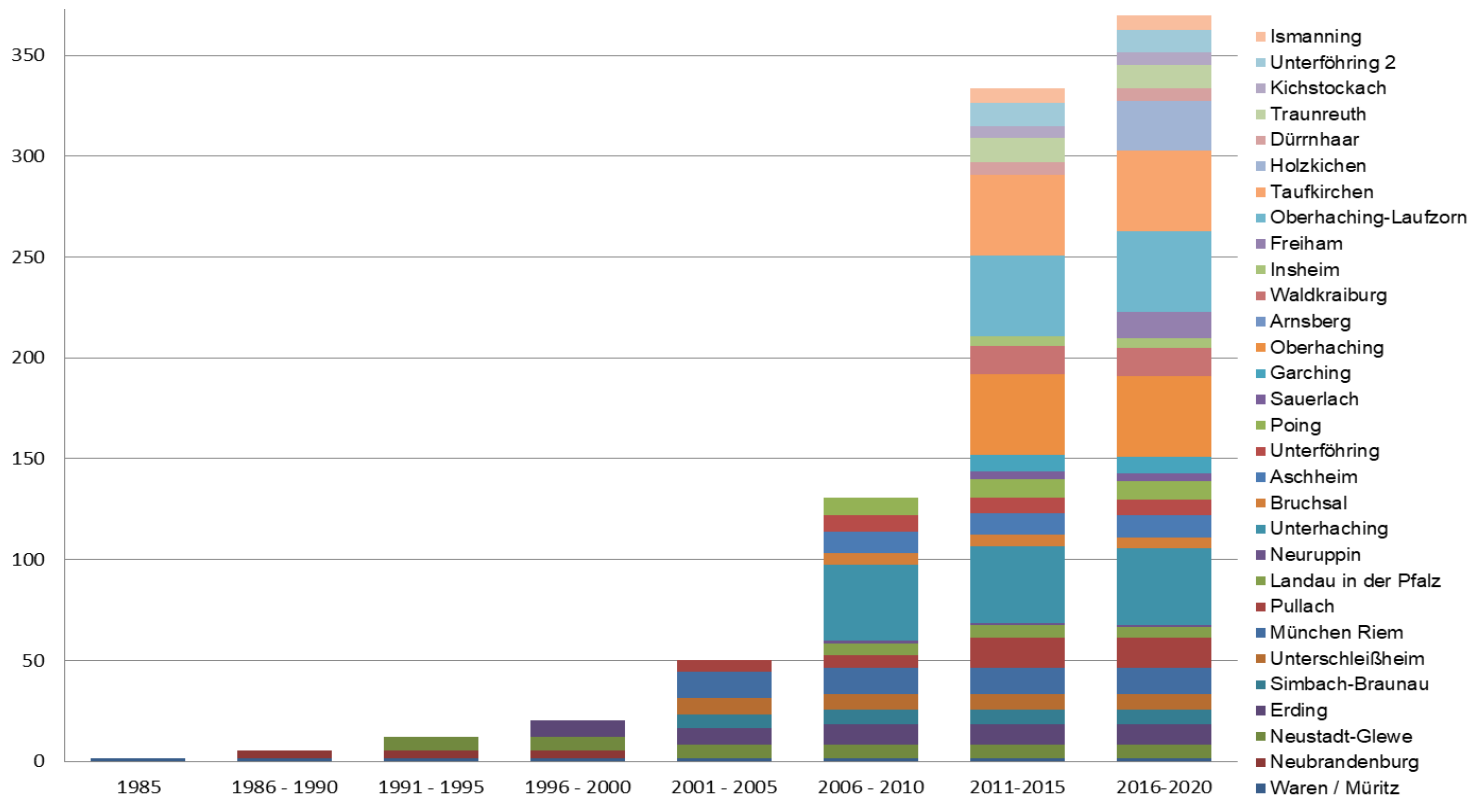
- + Unterspeicher
- + Grubenwasser
- + Oberflächengeothermie
- + Petrothermale Systeme

Nutzwärmebedarf der Sektoren PHH und GHD (TWh/a)



Temperatur in Deutschland in 1 und 3 km Tiefe auf Basis von Bohrdaten (© Agemar, LIAG).

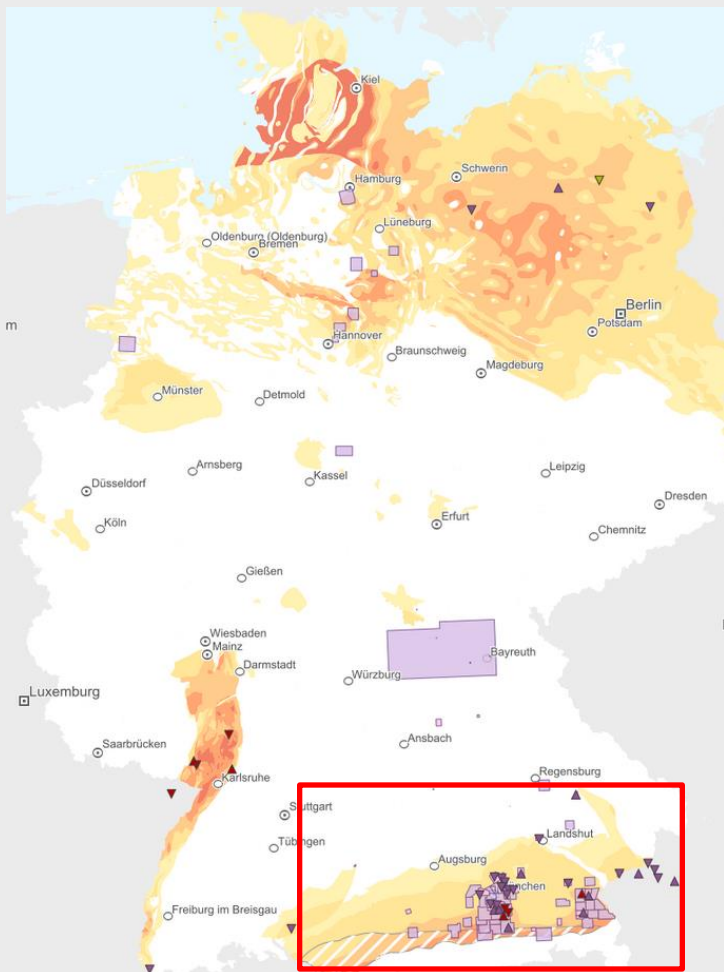
Kapazität geothermischer Heizwerke in Deutschland in MW_{th}



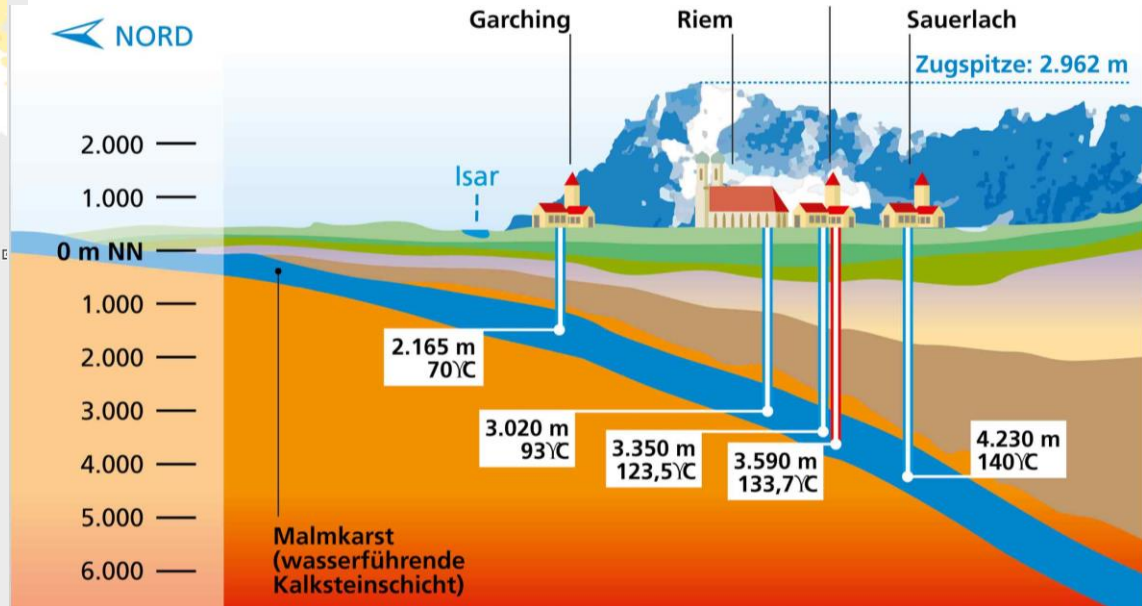
Huenges
mit Daten des
Bundesverbandes
Geothermie e.V.,
2021

Pilotfall: Bayrisches Alpenvorland

- Karstgestein
- Keine Salzstrukturen



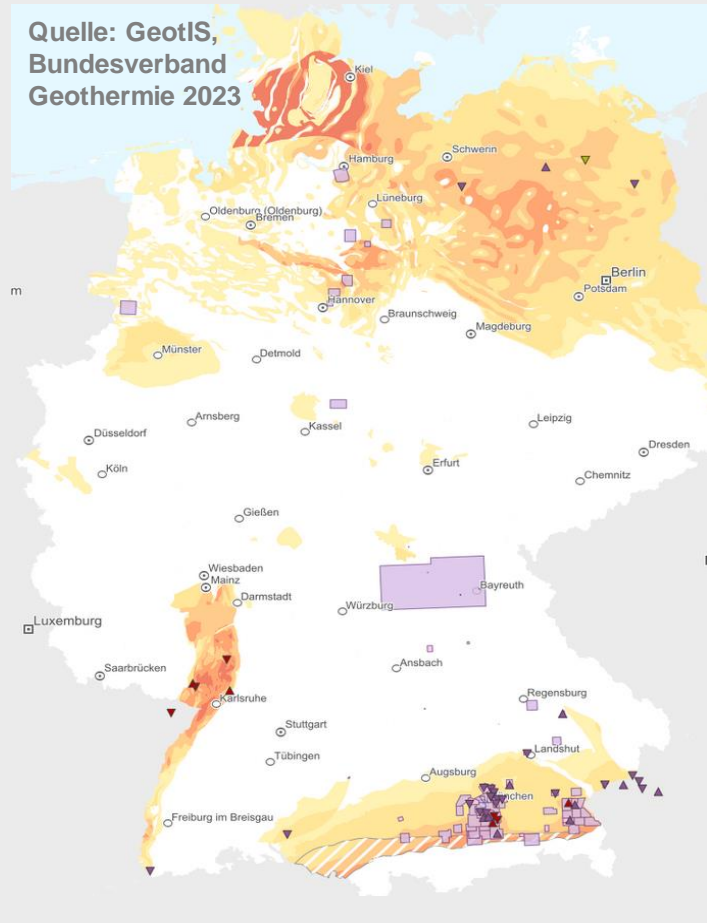
Quelle: GeotIS



Quelle: Geothermie Unterhaching

HELMHOLTZ

Quelle: GeotIS,
Bundesverband
Geothermie 2023

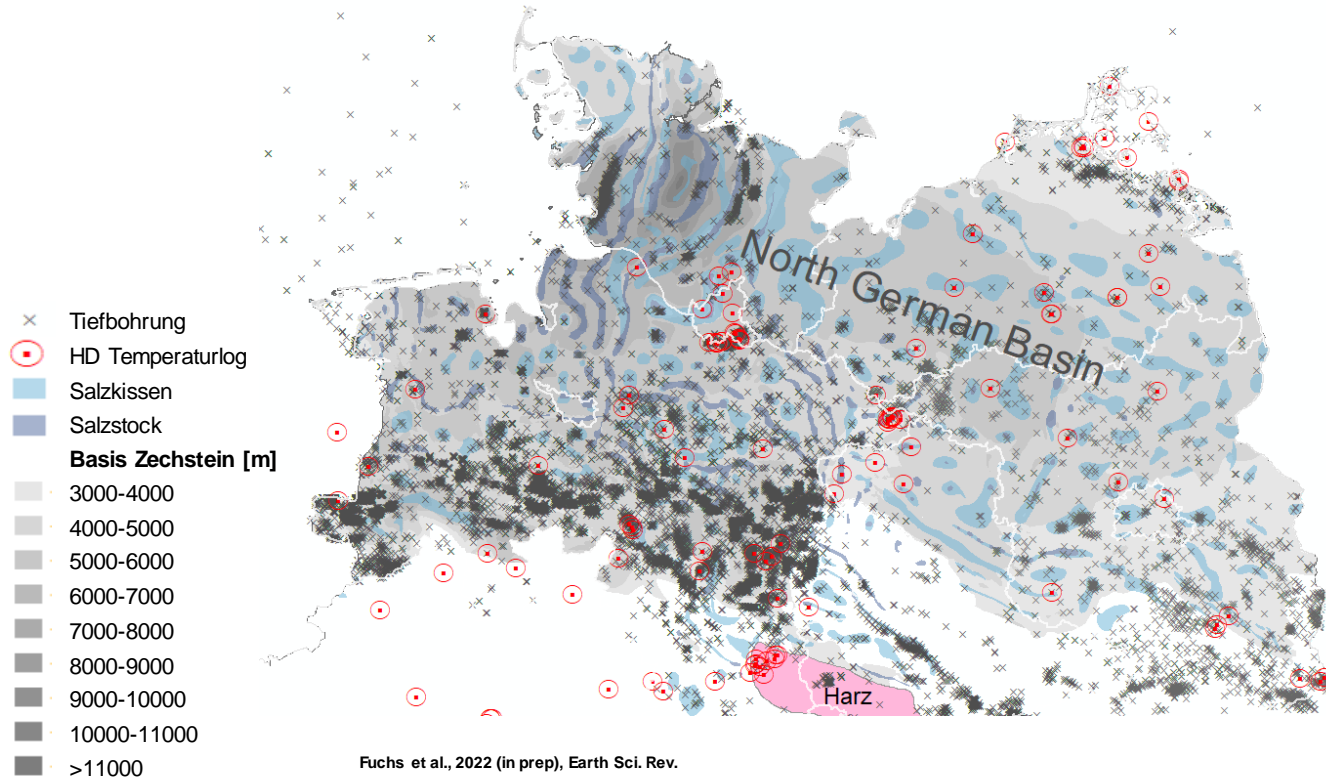


Anlagen im kommerziellen Betrieb:	5 – 24
Im Bau:	1 – 3
Nicht realisiert:	2 – 4
In Planung:	6 – 6
Zielhorizonte:	7 – 1

Geothermische Erschließung Norddeutsches Becken vs. Alpenvorlandsmolasse

- **Relativ homogener Malmkarst (Karbonat) mit wenig Faziesvariabilität**
- **Komplex: Lithostratigraphie, Halokinetik, Hydrochemie, Petrophysik, Temperatur**

Norddeutsches Becken: ein geothermischer Gunstraum



Technische Potenziale einsetzen

Vorhandene Schlüsseltechnologien optimieren

Anwendung deutlich verstärken

Maßstäbe verschieben

Demonstrationsvorhaben reduzieren die Distanz und erhöhen die Akzeptanz

Forschung setzt Beispiele und Impulse für lokale Wirtschaftsentwicklung

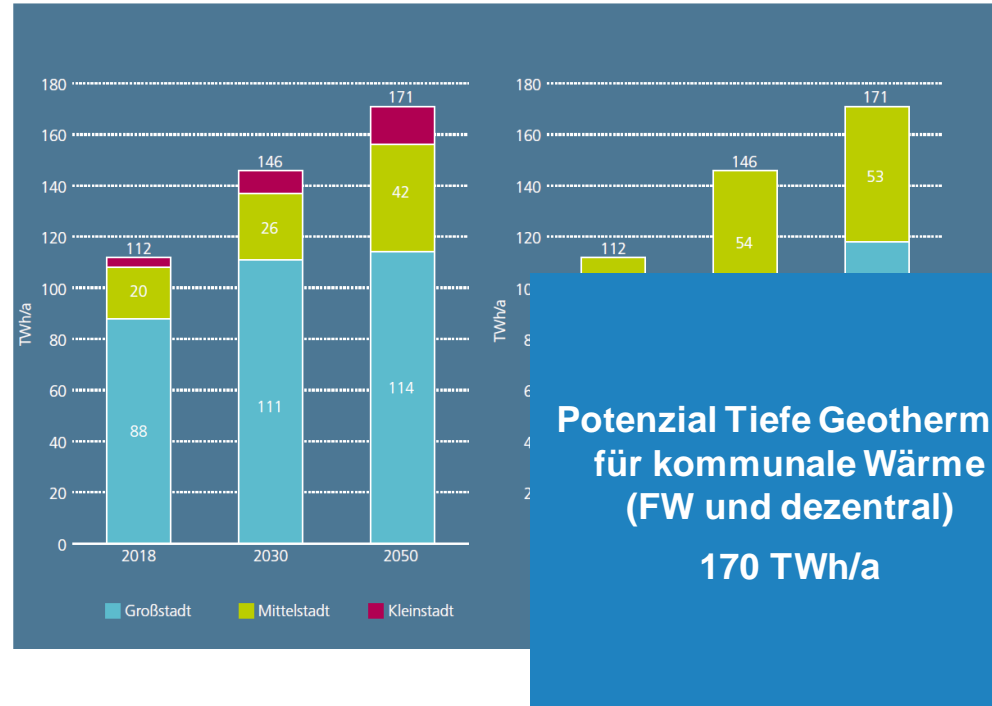
Fernwärme in Industrie und Kommunen

Kommunale Strukturen in Deutschland

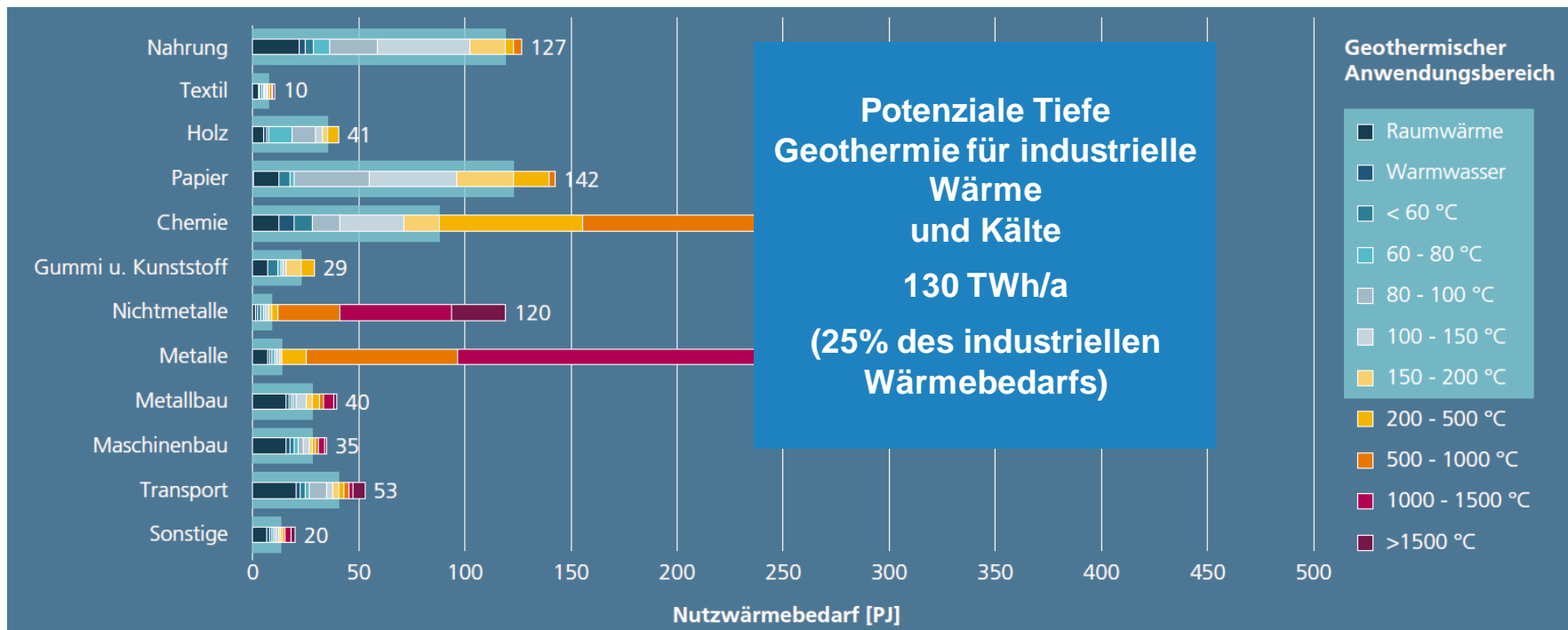
60 Mio EW in urbanen Strukturen

- 80 Großstädte > 100.000 EW
- 641 Mittelstädte 20.000-100.000 EW
- 1391 Kleinstädte < 20.000 EW

20 Mio EW im ländlichen Raum



Industrielle Prozesswärme: Großer Anteil Geothermie erwartbar



Quelle: Wolf, S. (2016)

Startpunkt der Tiefen Geothermie

Marktreife Technologie

42 Anlagen werden mit 359 MW installierter Wärmeleistung und

45 MW elektrischer Leistung (2020) sicher betrieben.

Wärme- und Strom-Co-Generation ist oft eine Option.

Wettbewerbsfähige Erzeugung (Projektion Winter 2022/2023)

Herstellungskosten:

Abhängig von der Bohrungstiefe und -länge

2,5 – 2,8 Mio. EUR / MW installierter thermischer Leistung

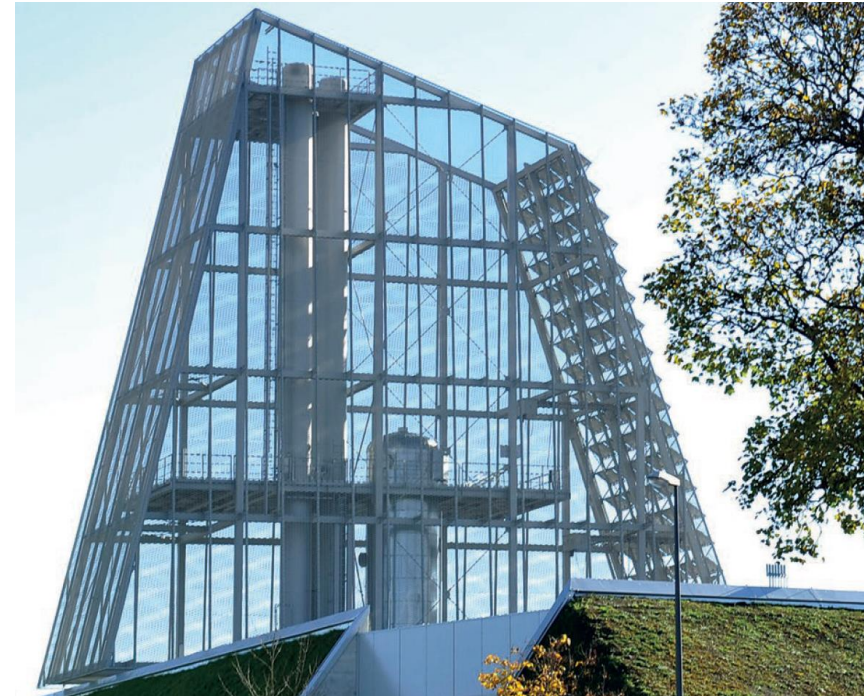
Kostenverteilung:

60 % kapitalgebundenen

10 % bedarfsgebunden

30 % betriebsgebunden

Erzeugungskosten: 30 - 40 EUR / MWh





Nutzen des gesellschaftlichen Reichtums

Bild: Berlin Marathon

Paradigmenwechsel antizipieren
Kosten der Anpassung frühzeitig kommunizieren
Wachstumsmotor Klimaschutz anwerfen
Anreizsysteme erfinden und umsetzen
Das Geld in der Stadt lassen

Skalierung auf Industriemaßstab

Schaffung von Rahmenbedingungen

Der Ausbau der installierten Kapazitäten von 400 MW auf 70 GW erfordert industrielle Planungs- und Fertigungsprozesse:

100-fache Vergrößerung der Kapazität von heute!

Die Schaffung geeigneter gesellschaftlicher, rechtlicher und politischer Rahmenbedingungen durch vernetzte Aktivitäten aller Akteure für sichere Investitionsentscheidungen ist notwendig:

2,0 - 2,5 Mrd EUR / GW





Anpassen von Strukturen

Politik
Gesetzgebung
Verwaltung
Organisationsformen
Berufe
Bildung und Ausbildung

Kapazität und Wertschöpfung



Strukturwandel

Arbeitsplätze Branche: ca. 20.000 (2016)

Investitionen: ca. 1,3 Mrd EUR (2017)

Zum Kapazitätenaufbau wird Industriekompetenz aus dem Strukturwandel der Energie-, Bergbau-, Kohlenwasserstoff-Branchen benötigt

Wertschöpfung/Exportfähigkeit der Technologie

5 – 10 Vollzeitäquivalent-Stellen je MW installierte Leistung (FuE, Planung, Produktion, Anlagenbau, Betrieb)

Unabhängigkeit von Energieimporten

71 % heutiges Energieaufkommen durch Importe

2018: 63 Mrd. Euro bzw. 1,9 % des BIP

Forschung fördert positives Denken

Apathie bestehender Strukturen überwinden
Gegenläufige Einflüsse beherrschen lernen
Green Washing entlarven
Meinungsführer mobilisieren
Impulsgebende Initiativen einleiten
Glaubwürdigkeit einfordern
Visionäre integrieren

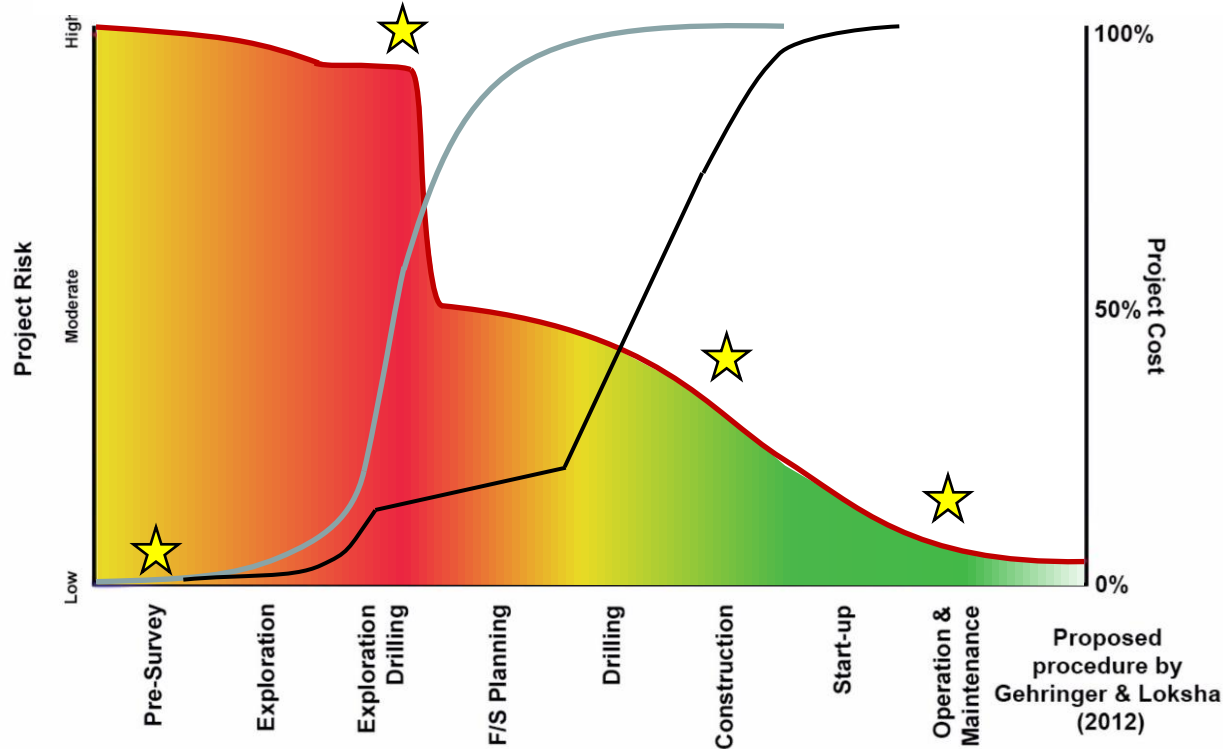
Kommunikation des Transformationsprozesses

Vermittlung leisten
Sichtbarkeit herstellen
Studien publizieren

Beispiele kommunizieren und freier Zugang zu Information
Qualität auf allen Ebenen beachten



Wie liegt das Risiko in der Projektentwicklung?



Vergleich Kostenentwicklung während des Verlaufs geothermischer Projekte (Gehringer & Loksha, 2012; in schwarz) im Vergleich zu aktuellen Erfahrung in Deutschland (lila Kurve) im Vergleich zur Entwicklung der Projektrisiken (rote Kurve).

Sass et al. (2017)

Mit Geothermie die Stadt klimagerecht gestalten

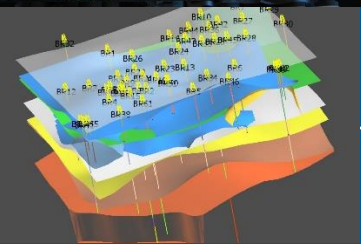
Unterirdische Raumplanung einführen
Wegfall von lokalen Emissionen
Vermeidung von Überhitzung
Aktive Kühlung

Empfehlung der Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft

Marktpotenzial hydrothermalen Ressourcen für Fernwärme, Industrie, kommunale Wärme, Wohnungswirtschaft beträgt **300 TWh/a** bzw. **70 GW** (> 25 % Gesamtwärmebedarf)

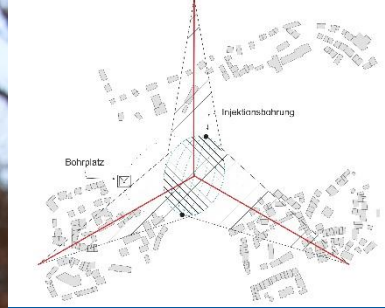
+ Oberflächengeothermie + Unterspeicher / Grubenwasser + Petrothermale Systeme

1. Politik sollte klare Ausbauziele formulieren und diese regulatorisch umsetzen.
2. Kurzfristig benötigt werden Instrumente zur Risikominderung; insbesondere finanztechnische Werkzeuge, geophysikalische Untersuchungen in Ballungsräumen und ein Explorationsbohrprogramm.
3. Förderung von 10 - Jahres-Schlüsseltechnologien; z.B. Bohr- / Reservoirverfahren (Multilaterale / EGS), Bohrlochpumpen, Hochtemperatur-Wärmepumpen, Entwicklung von Großwärmespeichern und die sektorübergreifende Systemintegration.
4. Aktivierung des hohen Wertschöpfungs- und Arbeitsmarktpotenzials von 5-10 Personen je MW installierter Leistung durch bildungspolitische und wirtschaftsfördernde Maßnahmen.
5. Breite Öffentlichkeitsarbeit mit proaktiver politischer Begleitung; Kommunen in den Mittelpunkt der Kommunikation mit partizipativen Möglichkeiten.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Haben Sie Fragen?



Sektor	für ...	Aktivität / Indikator	2025	2030	2040+
Markt	Energie- wirtschaft	Transformation Fernwärmenetze	Geschäftsmodelle entwickelt; Transformationsstudien berücksichtigen TGT , Ausbau Niedertemperaturnetze	TGT speist in 20 % der Fernwärmenetze ein	Temperaturabsenkung auf 60 bis 80 °C von 30 % in den Bestandsnetzen
		Kommunale Wärme	Hybride Systeme (Quellen komplementärer Temperaturen, Nutzung netzbezogener Quellen (Gas))	Geothermie (TGT + ONG) deckt 20 bis 30 % des kommunalen Wärmebedarfs	30–40 % Geothermie; Kopplung mit Stromsektor
	Industrie und Nahrungsmittelproduktion	Industrieprozesse < 200°C/ Agrarindustrie < 50°C	Modellhafte Einkopplung von TGT in Industrieprozesse	0,5 bis 2 GW installierte Leistung (z.B. jeweils in Papier, Nahrungsmittel, Chemie etc.)	10 bis 14 GW Erzeugungskapazität für Prozesswärme und ca. 1 GW für Kälte aus TGT installiert
	Bau- und Wohnungswirtschaft	Wärmebereitstellung für Quartiere, Neubau und Gebäudesanierung / Bau und Transformation NT-Wärmenetze auf TGT	10 % Bestand auf TGT umgestellt; 30% im Neubau	20 % THG-Reduktion durch TGT	30 bis 40 % des Gebäudebestandes geothermisch klimatisiert
	Finanzwirtschaft	Finanzierung TGT über mehrere Investitionsphasen	RMF		

Sektor	Roadmap für ...	Aktivität / Indikator	2025	2030	2040+
Politik	Ausbauziele (TWh / GW)	Jahresarbeit / installierte Leistung für tiefe geothermische Wärmeerzeugung (TGT)		100 TWh / 24 GW	300 TWh / 72 GW
	Verwaltung	Genehmigungspraxis verschlanken, Aufbau Fachpersonal der Behörden	Digitalisierter Zugang zu Geodaten; Ausweisung von Vorzugsflächen Genehmigungspraxis mit Konzentrationswirkung	Vereinfachte Genehmigung, transkommunale Wärmenetze	
	Marktanreize	Einführung eines Instruments zur Minimierung von Fündigkeitsrisiken (RMF)	RMF in Operation Fonds / Versicherung Bohrprogramm Erhöhung des jährlichen BEW-Fördervolumens	Kohleausstieg, Bevorzugung erneuerbare Wärmequellen (50% Kommunale Wärme)	
	Regulierung	Reform der berg- und wasserrechtlichen Genehmigung / Einspeisetarife / WärmelieferVO / Netzdienlichkeit	CO₂-Vermeidungskosten als Leitwerkzeug der Regulation, Rechtsrahmen zum Aufbau und der dauerhaften Nutzung von Untergrundspeichern	Förderprogramm Bürgerenergiemodelle	Transporttrassen für Wärme von den Peripherien in die Innenstädte

Sektor	für ...	Aktivität / Indikator	2025	2030	2040+
Kapazität & Akzeptanz	Technologie	Untertage / Übertage	Aufbau von Bohr- und Netzkapazität	> 2.000 Dubletten à 10 MWth)	7.200 bis 10.000 Dubletten
	Personal	Bereitstellung von Personal für FuE / Technologie / Produktion / Bau / Betrieb	ca. 50.000 Personen werden technisch & akademisch ausgebildet	Bildungsprogramme für mehr als 10.000 Personen pro Jahr etabliert	mehrere 100.000 Arbeitsplätze
	Bildungsprogramme	Curricula für Handwerks-, Technik- und akademische Berufe	Anpassung Aus- und Weiterbildungsprogramme		
	Akzeptanz	Management standortspezifischer Faktoren (Kommunikation, Akzeptanz, Finanzen, Betriebssicherheit, Infrastrukturen)	Kommunale Programme zur Förderung gesellschaftlicher Partizipation und positives Marketing	Bürgerenergiemodelle für geothermische Wärme auf kommunaler Ebene etabliert	

Sektor	Roadmap für ...	Aktivität / Indikator	2025	2030	2040+
Innovation & Technologie	Erkundung	Explorationstechnik / Geophysik / Datenmanagement	Integrierte modellbasierte Planungsinstrumente, Erkundungsprogramm Reservoire in Ballungsräumen	TGT hydrothermal flächendeckend erkundet	Erkundung petrothermaler Systeme
		Erschließung	Innovative Bohr- und Reservoirtechnologien	»Stadt-Bohrsysteme (100 bis 150 t)«, Bohrprogramm, Monitorsysteme, 3D-Abbildung des nutzbaren Untergrundes	Kostenreduktion durch Innovationen in Bohrungstechnologien (standardisierte multilaterale Bohrungen), Reservoir-engineering (multi-stage Stimulation)
	Monitoring, Betrieb Untertage / Übertage		Automatisierung und Digitalisierung	Wettbewerbermarkt für Bohrlochpumpen etabliert	
	Erzeugung & Speicherung		Systemlösungen durch Sektorenkopplung und Untergrundspeicher	integrierte, digitalisierte Betreiberlösungen für urbane Räume	20 Reallabore in Regionen mit hohem Wärmebedarf in Betrieb
		Großwärmepumpen für kommunale und industrielle Bedarfe	Protoypenentwicklung 180 bis 200 °C Wärmepumpen	Industrielle Fertigung von hT-Wärmepumpen 10 bis 50 MW	