STADTWERKE JENA **NETZE**

STADTWERKE JENA GRUPPE

# Auf dem Weg zu einer $CO_2$ - neutralen Wärmeversorgung

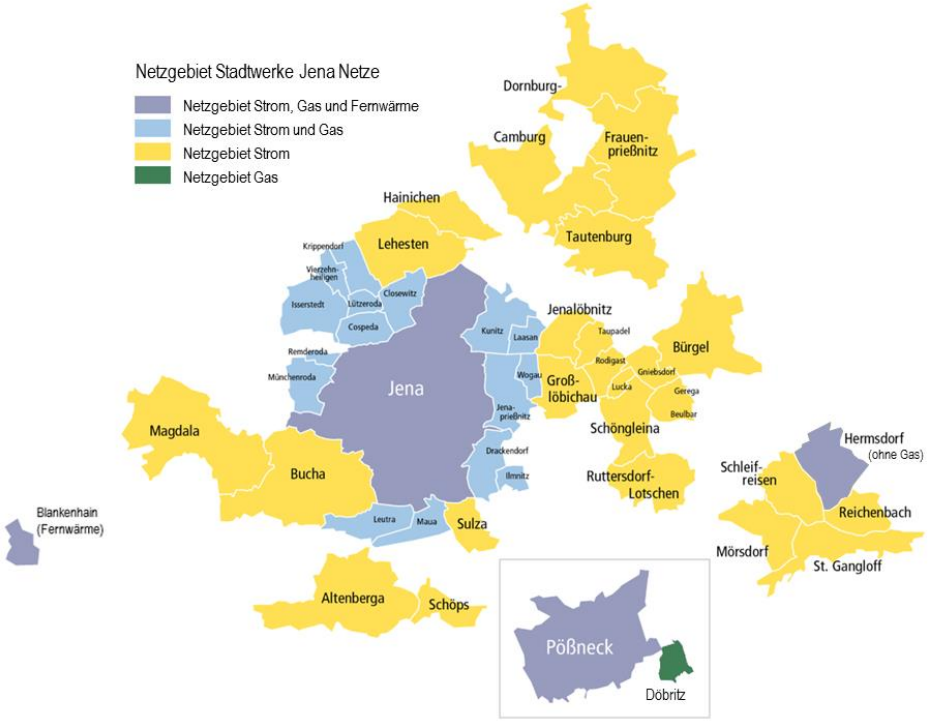
Strategie / mögliche Lösungsansätze der Stadtwerke Jena Gruppe

# Agenda

- Stadtwerke Jena – technische Versorgungsgebiete
- energiepolitische Einordnung Bund / Land / Jena
- Fernwärmeversorgung der Stadt Jena
- Potenzialuntersuchung für das HKW Jena
- dezentrale Lösungsansätze – BGA Zwätzen
- Zukunft der Erdgasverteilnetze für die Wärme
- Fazit & Ausblick

# Stadtwerke Jena – technische Versorgungsgebiete

## SW Jena Netze – Infrastruktur aus einer Hand für die Region



- gegründet am 01. Januar 2017, bis zu 250 Mitarbeiter*innen
- Strom-, Wärme- und Erdgasnetze in 22 Städten und Gemeinden in der Region
- technische Anlagen zur Wasserver- und Abwasserentsorgung* in Jena in über 20 Städten und Gemeinden des Umlandes

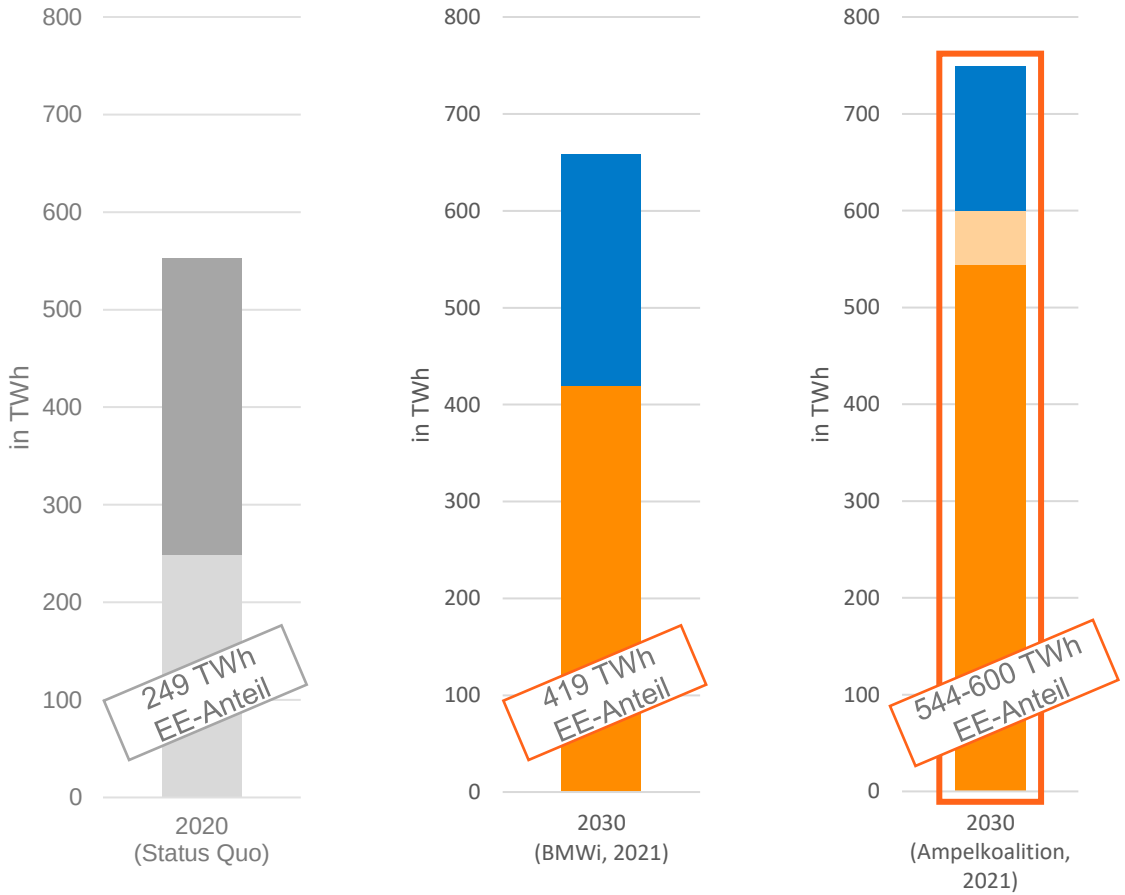
*Leittechnik und IT-Netz

# Klimawandel als Treiber der notwendigen Veränderungen

## Energiepolitik setzt den Rahmen

**15% (2020)** **50% (2030)**

Status Quo erneuerbarer Wärme und Ziel des Anteils klimaneutraler Wärme 2030




Quellen: BMWi (2021). Entwicklung des Bruttostromverbrauchs bis 2030. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/prognos-bruttostromverbrauch-2018-2030.html; EE-Anteil gemäß EEG 2021; SPD, Bündnis 90/Die Grünen, FDP (2021). Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP.

# Thüringer Klimagesetz

## u.a. das Ziel: Klimaneutralität in der Fernwärme

- Senkung des Ausstoßes von Treibhausgasen bis 2050 schrittweise um bis zu 95 Prozent
- bilanzielle Deckung des Energiebedarfes des Freistaates Thüringen bis zum Jahr durch einen Mix aus Erneuerbaren Energien
- Verpflichtung für Fernwärmeversorger, ein Konzept für ihr Wärmenetz zu entwickeln, das an dem Ziel der nahezu klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 ausgerichtet ist.

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2045 | 2050 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Europäische Union[1]** | -20% | -55% | | | **klimaneutral** | Nach 2050: negative Emissionen |
| **Deutschland[1]** | **-40%** | **-65%** | **-88%** | **klimaneutral** | | Nach 2050: negative Emissionen |
| **Thüringen** | | -60 bis -70% | -70 bis -80% (Fernwärme **klimaneutral**[2]) | | klimaneutral | |

Ziele zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Niveau von 1990 (Stand: 06/2021)
Quellen: Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG), Bundes-Klimaschutzgesetz (2021), Green Deal & Provisional agreement on the European Climate Law; [1]auf EU- und Bundesebene sind die Angaben explizit als mind. zu verstehen; [2]gemäß ThürKlimaG „nahezu“ klimaneutral bis 2040.

# Jena – Klimaneutralität bis zum Jahr 2035

## Konzeptentwicklung der Stadt Jena

- **Aufgabe & Ziel:**

  Entwicklung eines Klima-Aktionsplans mit allen kommunalen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität

  **Vorgehensweise:**

  1. Bestandsanalyse
     quantitative Bewertung der energiebedingten THG-Emissionen
     nicht-energiebedingte Emissionen aus Landwirtschaft, Alltagskonsum etc. werden qualitativ berücksichtigt
  2. Maßnahmenkonzept zur Erreichung der Klimaneutralität
  3. Szenario-Betrachtung
  4. Beteiligungsprozess

Klimaentscheid Jena

Unser Weg zur Klimaneutralität

Etappen zur Klimaneutralität

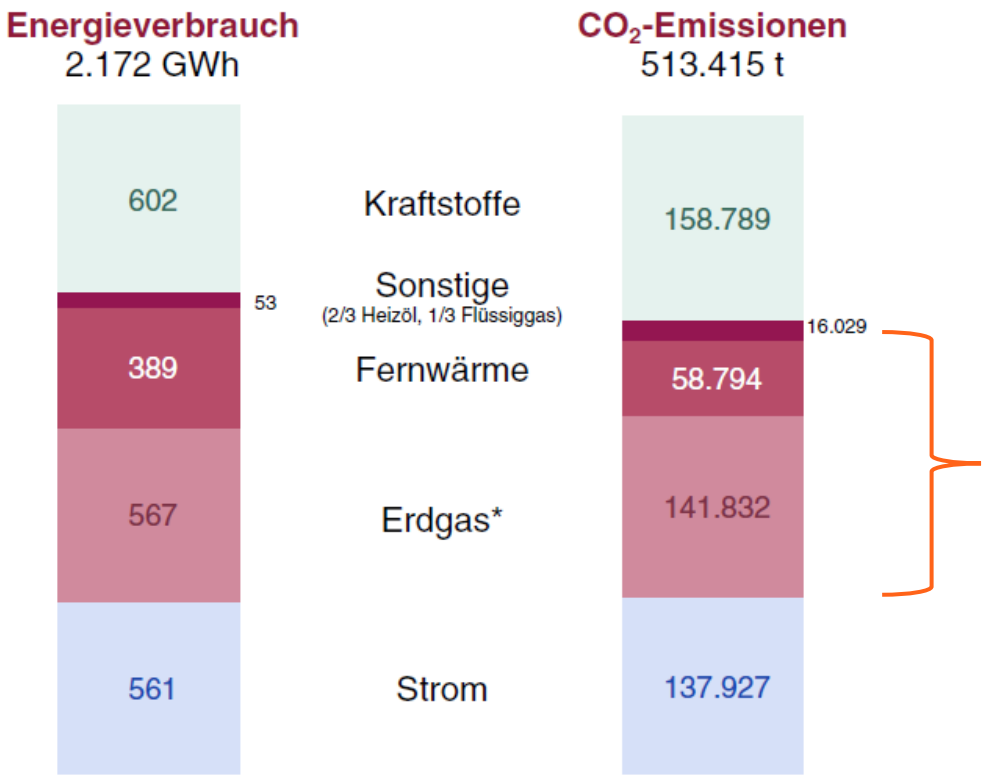
Schritt 1: **Bürgerbegehren** *[fertig ✔]*

Schritt 2: **Klima-Aktionsplan erstellen** *[in Arbeit]*

Schritt 3: **Klima-Aktionsplan umsetzen**

# Energiebedarf in Jena

## Auswertung der Emissionen je Sektor – Wärme mit großem Potenzial




* Gasabsatz Erdgasnetz SW Jena Netze: 1.943 GWh; Quelle: Monitoringbericht 2020 Jena, ThINK

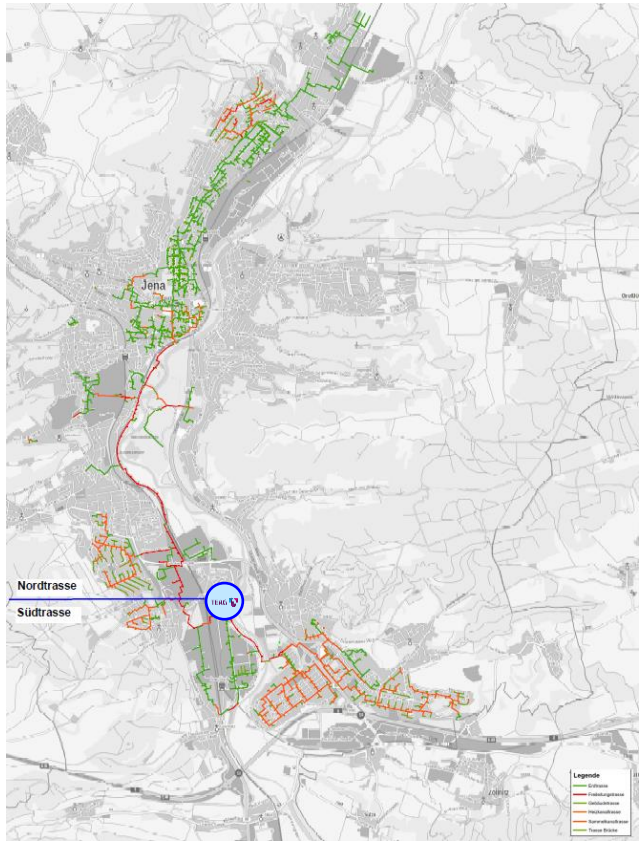
- Erdgas ist in der Wärme- und Prozessanwendung der entscheidende Energieträger in Jena
- Stromlieferung im Versorgungsgebiet nur anteilig über die Stadtwerke Energie Jena Pößneck sichergestellt – dieser Strom ist zu 100 Prozent $CO_2$ – neutral

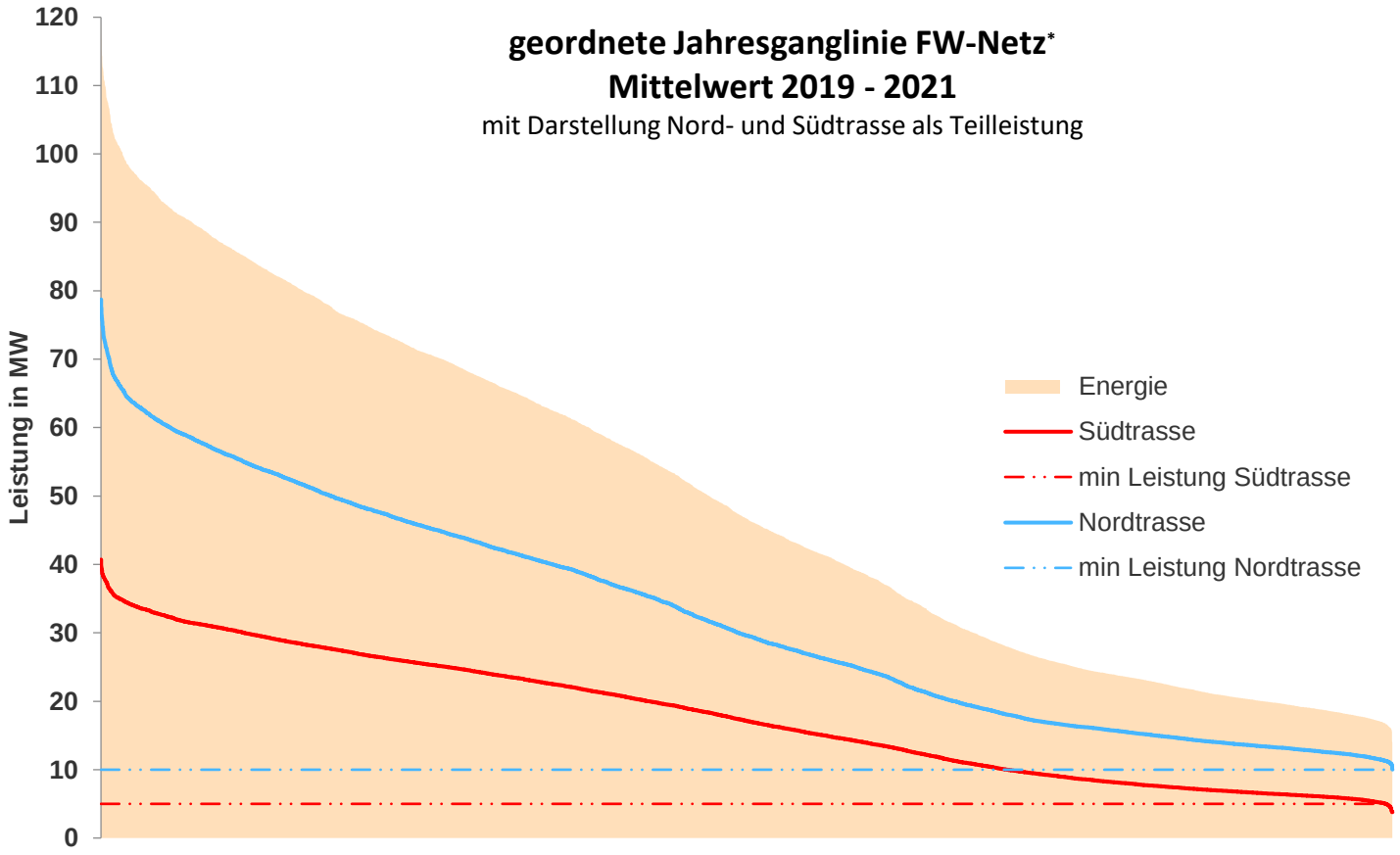
Fokus der heutigen Betrachtung

- Verkehrssektor wird durch Hochlauf Elektromobilität und verfügbare Ladeinfrastruktur einem Wandel unterzogen

# Fernwärmeversorgung der Stadt Jena

## zentraler Standort der Wärmeerzeugung für Jena – das HKW der TEAG



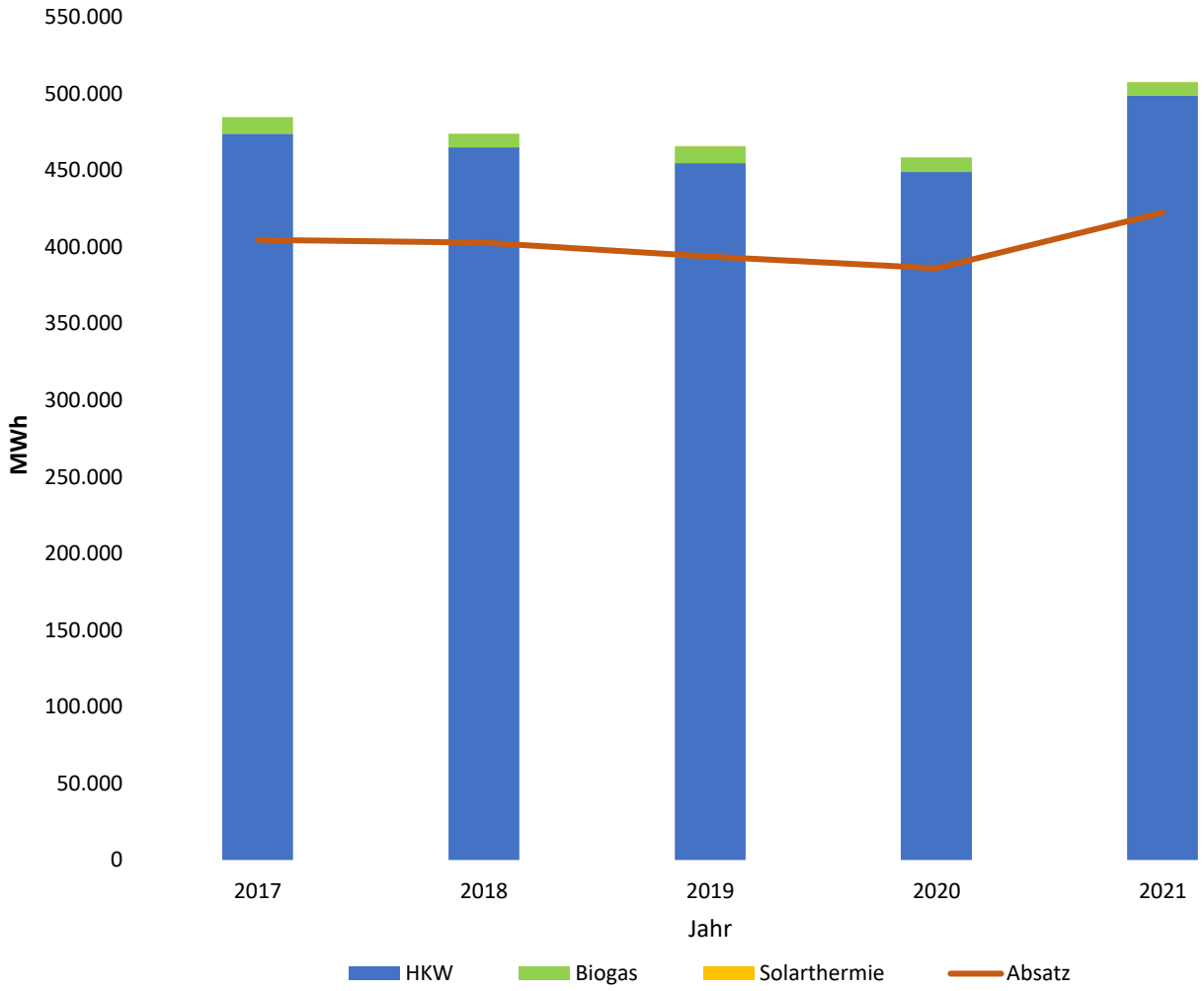

*kurzfristige Leistungsspitzen von bis zu 163 MW nicht dargestellt

- rd. 120 km Trassenlänge
- rd. 1.500 Wärmemengenzähler

# Fernwärmeversorgung der Stadt Jena

## langfristig konstanter Bedarf im urbanen Raum

- Fernwärme zu rd. 95% auf Erdgas basierend
- Solarthermie und Biogas mit geringen Anteilen in der Wärmebereitstellung
- durchschnittlich > 70.000 MWh/a Netzverluste (wesentlich im bis 2025 abgelösten Dampfnetz)



# Lösungsansatz: Wärmestrategie 2040

## Thüringer Energieversorger arbeiten gemeinsam am Ziel

- Bildung einer gemeinsamen Arbeitsgruppe aller 30 Fernwärmeversorger
- Bereitstellung des technischen und wirtschaftlichen Knowhow für die gemeinsame Entwicklung
- Erstellung eines identischen Konzeptpapieres mit lokalen Lösungsansätzen im Baukastenprinzip
- Nutzung eines gemeinsamen Berechnungstools zur Sicherstellung vergleichbarer Prämissen und Parameter
- Identifikation notwendiger energiepolitischer Handlungsanforderungen und Förderoptionen

**Technische Übersicht: Tiefengeothermie**

**Zusammenfassung**

Für die Nutzung geothermischer Energie stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Diese können je nach geologischen Voraussetzungen und Projekterfordernissen eingesetzt werden und sind entspre-chend der erschlossenen Tiefe unterschiedlich definiert. Tiefengeothermische Nutzungskonzepte umfassen sowohl offene Systeme (hydrothermale und petrothermale Systeme) als auch geschlossene Systeme (tiefe Erdwärmesonden). Der entscheidende Vorteil offener gegenüber geschlossenen Syste-men liegt in der deutlich höheren Wärmeausbeute.

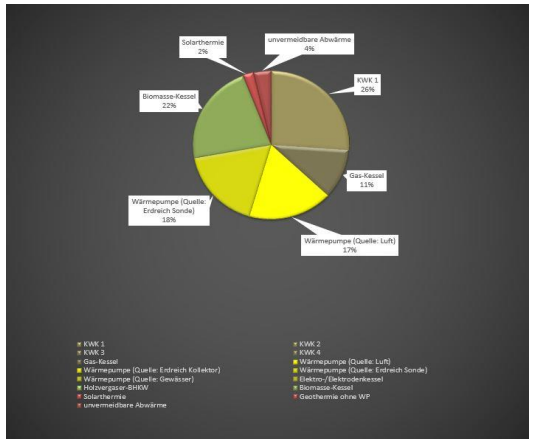
Thüringen bietet keine Heißwasser-Aquifere mit den erforderlichen hohen Temperaturen und Mengen zur geothermischen Stromerzeugung, kann aber mit den entsprechenden geothermischen Technolo-gien die Erdwärme aus heißen tiefen Gesteinen mittels petrothermaler Verfahren gewinnen. Diese Technologie beinhaltet die Injektion von Wässern über Bohrungen in Tiefen mit ausreichender Gestein-stemperatur (ca. 150 °C) und Förderung der erhitzten Wässer über eine zweite Bohrung in geeignetem Abstand von ca. 500 bis 1.000 m.

Speziell unter Thüringer Bedingungen wird die Erhitzung der Wässer weniger über bestehende Störungssysteme („Spalten"), als über zu erzeugende Multiriss-Systeme in kompetenten Gesteinen als Erfolg versprechend betrachtet. Je undurchlässiger das Gestein ist, desto besser lassen sich mit Frac-Arbeiten solche Riss-Systeme ingenieurmäßig schaffen. Diese Riss-Systeme werden dann gezielt mit der zweiten Bohrung erbohrt, so dass die untertägige Verbindung des Zirkulationssystems geschaffen wird.

| Kapitel | Inhalt |
|---|---|
| Kurzüberblick | technologische Grundlagen |
| Potenzial | Einschätzung der Anwendung |
| Anlagentechnik | detaillierte Beschreibung |
| Referenzen / Forschungsstand | Auflistung von Anwendungsfällen |
| Situation in Thüringen | Beschreibung von Potenzialen in Thüringen |
| Leitfaden | Beschreibung, falls von Relevanz |

# Lösungsansatz: Wärmestrategie 2040

## Thüringer Energieversorger arbeiten gemeinsam am Ziel




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Kostenermittlung CAPEX** | | | | |
| Betrachtungszeitraum | 15 | Jahre | | |
| Verzinsung | 7 | %/a | | |
| **Investition gesamt** | | | **22.947.397** | **€** |
| gemittelte Abschreibung Gesamtsystem | **14,79** | Jahre | | |
| davon Abschreibung Bestand | 8,5 | Jahre | 3.500.000 | € |
| davon Abschreibung | 10,0 | Jahre | 2.066.025 | € |
| davon Abschreibung | 15,0 | Jahre | 10.330.124 | € |
| davon Abschreibung | 20,0 | Jahre | 5.599.037 | € |
| davon Reserve | 15,5 | Jahre | 908.757 | € |
| davon ohne Abschreibung | 0,0 | Jahre | 543.455 | € |
| **Verzinsungsergebnis** | | | **13.029.931** | **€** |
| **CAPEX Gesamtsystem** | | | **2.398.489** | **€/a** |
| davon Bestand | | | 317.442 | €/a |
| davon Neubau | | | 2.202.385 | €/a |

| **Kostenermittlung OPEX** | Wärme | Strom | | |
|---|---|---|---|---|
| Brennstoffkosten | 3.965.189 €/a | 1.779.454 €/a | 5.744.643 | €/a |
| Wartungs-/ Instandhaltungs- & Allgemeinkosten | 419.380 €/a | 72.713 €/a | 492.093 | €/a |
| W/I- Kosten Bestandsanlagen | 60.000 €/a | 0 €/a | 60.000 | €/a |
| **OPEX** | 4.444.569 €/a | 1.852.167 €/a | **6.296.736** | **€/a** |

| **Ermittlung Wärmegestehungskosten** | Wärme | | Wärme | |
|---|---|---|---|---|
| Gestehungskosten gesamt: | **6.783.058** | **€/a** | **109,40** | **€/MWh(th)** |
| davon CAPEX: | 2.398.489 | €/a | 38,69 | €/MWh |
| davon OPEX: | 4.384.569 | €/a | 70,72 | €/MWh |

| **Ermittlung Mindestförderbedarf** | | | **Mindestförderbedarf** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Verkaufspreis Wärme max.: | 89 | €/MWh | 20 | €/MWh | | |
| davon CAPEX: | 3 | €/MWh | 36 | €/MWh | 33.187.328 € | 145% von Investitionskosten |
| davon OPEX: | 86 | €/MWh | -15 | €/MWh | -14.211.461 € | -22% der Wärmegestehungskosten |

Quelle: Foliensatz TWS Thüringer Wärmeservice

**Funktionen des Berechnungstools:**

Darstellung Energie-/ CO2-Bilanz:

- Einteilung der Wärmeerzeugung durch verschiedene Erzeugertypen/ -technologien
- Ausführungen für verschiedene Jahre (2025 – 2050) durchführbar

Darstellung der Investitions- und Betriebskosten:

- Eingabe der Investitionskosten mittels konkreter Kostenaufstellung oder über flexibles Benchmarking

Darstellung der Ergebnisse:

- Auswertung nach CAPEX und OPEX
- Ausgabe eines Mindestförderbedarfs zum Erreichen eines marktverträglichen Wärmepreises

# Klimaneutralität des HKW Jena

## Kooperation zwischen TEAG / Jena Geos, Beteiligung SW Jena - Pößneck

- **Ziel:**

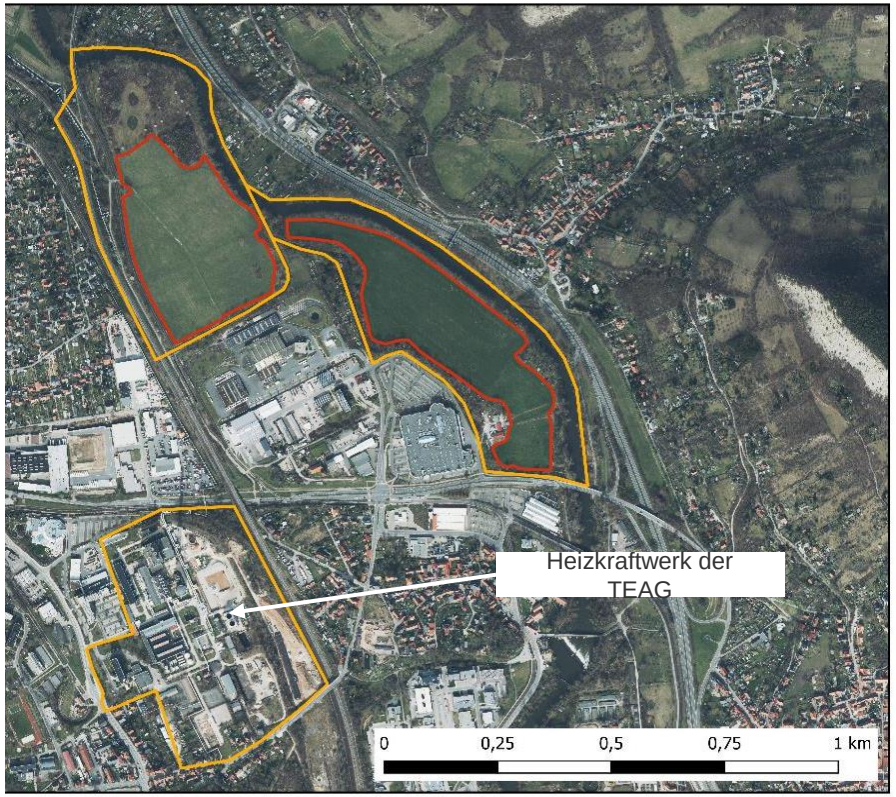
  Umstellung des HKW der TEAG alleinig auf erneuerbare Energien bis 2040

  **Vorgehensweise:**

  1. Grundlagenermittlung Geoinformatik
  2. Grundlagenermittlung Hydrologie
  3. Erstellung Geologisch-hydrologisches Grundmodell
  4. Ermittlung und Bewertung der Potenziale

# Klimaneutralität des HKW Jena

## Kooperation der TEAG / Jena Geos / SW Energie Jena - Pößneck




Quelle: Jena Geos, Flächenidentifikation Wärmegewinnung Saaleaue

**Potenzialbetrachtung:**

- Saalewasser
- oberflächennahe Geothermie
  - Erdwärmesonden
  - Brunnen im Grundwasserleiter

    Quartär

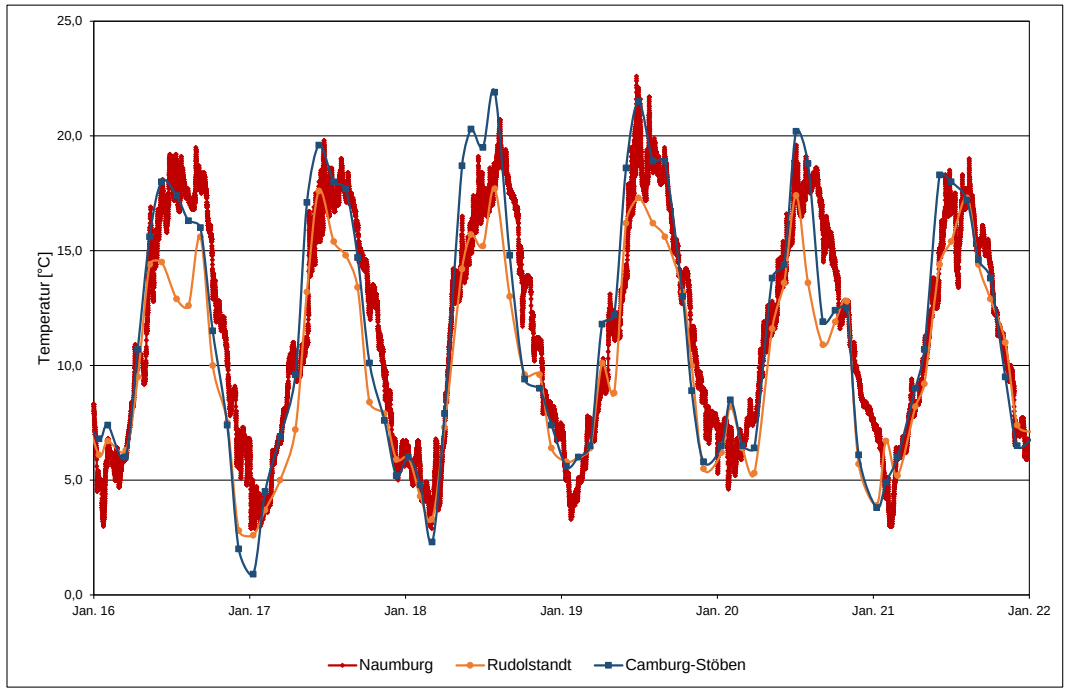
    Buntsandstein

    Zechstein (Plattendolomit)
- mitteltiefe Geothermie
- tiefe Geothermie

# Thermische Nutzung der Saale

## technisch / wirtschaftliche und umweltschonende Herausforderung

- 4 $kW_{th}$ je 1 $m^3/h$ bei 3-4 K Spreizung durch Wärmepumpe könnten entzogen werden
- theoretisch nutzbares Potenzial von ca. 144 $MW_{th}$
- **Naturschutz, Umweltschutz und Gewässerschutz bilden elementare Leitplanken der tatsächlichen Nutzung und bedürfen grundhafter Untersuchungen und Genehmigungen**




Temperaturen 4°C bis 22°C, Temperaturspreizung im Winter begrenzt

Quelle: Jena Geos, Potenzialermittlung

**Die Saale hat das theoretische Potenzial, den heutigen Fernwärmebedarf zu 100 % zu decken!**

# Brunnen im Quartär & Buntsandstein

## partielle Grundlastfähigkeit in der Saaleaue durch Brunnenbohrungen

- Quartär pro Brunnen
  - Förderstrom: 10 - 40 m³/h
  - Leistung: 40 – 160 kW
  - Absenkung: 2 - 4 m
- Buntsandstein pro Brunnen
  - Förderstrom: 30 - 60 m³/h
  - Leistung: 120 – 240 kW
  - Absenkung: 6 – 50 m
  - Grundwasserspiegel: artesisch

Quelle: Jena Geos, Potenzialermittlung

**Potenzial für 15 Brunnen -> insgesamt 2 $MW_{th}$ als Grundlast möglich**

# Brunnen im Quartär & Buntsandstein

## Errichtung eines Sondenfeldes

A: Abstand 50 m; 81 Sonden

B: Abstand 50 m; 68 Sonden

C: Abstand 100 m; 23 Sonden

Quelle: Jena Geos, Potenzialermittlung

- monovalenter Wärmeentzug erfordert große Sondenabstände
- bei 200 m tiefen Sonden 1.000 MWh/a ohne Regenerierung des Sondenfeldes (ca. 400 $kW_{th}$)

**nicht zielführend zur Bereitstellung mehrerer $MW_{th}$ Energie**

# Oberflächennahe Erdwärmesonden

## Errichtung eines Sondenspeichers

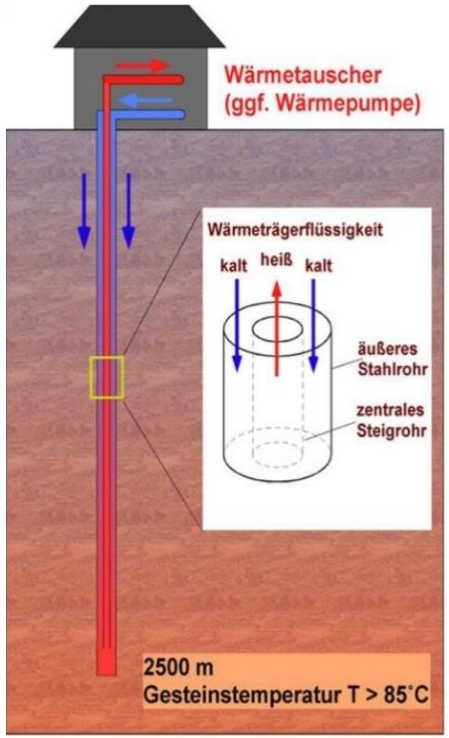
Quelle: Jena Geos, Potenzialermittlung

Abstand 12 m; ca. 1.200 Sonden

- bis zu 200 m tief
- 50 GWh/a Heizen (ca. 20 MW)
  30 GWh/a Kühlen (12,5 MW)

**großer technischer Eingriff in die Umwelt (Sonden & Anschlüsse)**

# Mitteltiefe Erdwärmesonden



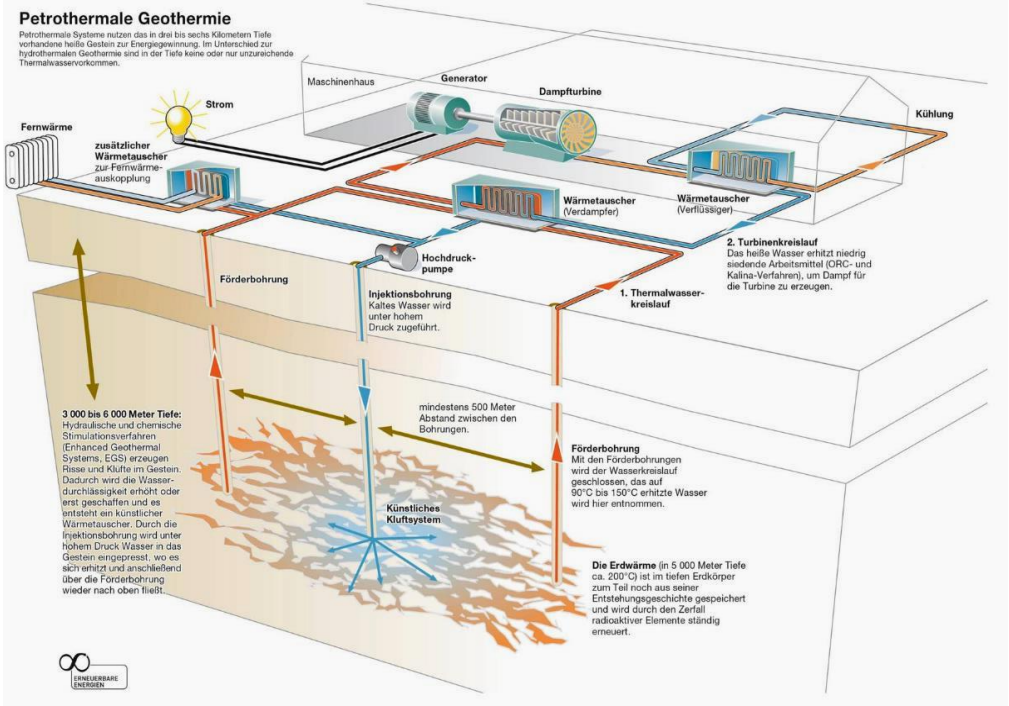

Quelle: Jena Geos, Potenzialermittlung

- Bei einer angenommenen Sondenlänge bis ca. 1.000 m (39°C) können unter günstigen Voraussetzungen Leistungen von 75 kW bis 100 kW nach Wärmepumpe pro Sonde realisierbar sein
- Sondenabstände 250 – 300 m, auf der vorhandenen Fläche max. 10
- Chance, durch die Bohrung möglicherweise vorhandene Thermalwasserhorizonte zu erkunden und im Idealfall eine Dublette installieren zu können

**sehr gering Energieertrag bei vergleichsweise hohen Kosten**

# Petrothermale Geothermie (EGS-Dublette)

## Potenzial für Jena mit Risiken vorhanden




Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Erschließung des Grundgebirges

- 152°C in 4.500 m u. NN
- Hydraulische Risserzeugung (Fracking)
- 11,5 – 19,5 $MW_{th}$ Leistung

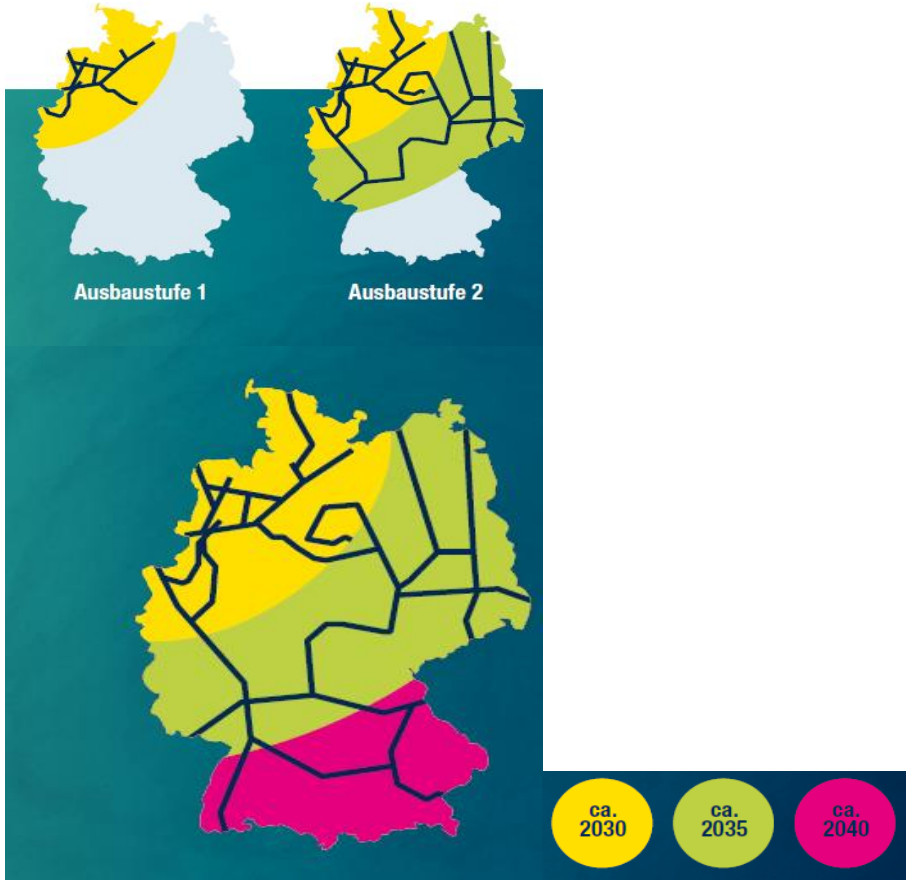
**bisher nicht kommerziell realisiert, hohes Risiko**

# Umbau des HKW auf grünen Wasserstoff

## Markthochlauf und Preisdegression als Voraussetzung

- **Sofern zur Fernwärmeerzeugung zum Einsatz kommend, wann könnte Wasserstoff zur Verfügung stehen?**
- Prognosen hierzu derzeit noch mit erheblichen Unsicherheiten
- Geopolitische Entwicklungen als Beschleuniger des Systemumbau
- Bereitstellung eines deutschlandweiten „$H_2$ – Backbone“ für die Flächenversorgung mit Wasserstoff im Gasverteilnetz – Thüringen steht mit im Fokus
- Preisentwicklungen fossiler Energieträger könnten zur Preisparität mit grünem Wasserstoff führen
- technischer Umbau am Standort des HKW erforderlich

**Wasserstoff als Energieträger der Zukunft kann vorhandene Infrastruktur optimal ergänzen**




**Ausbaustufen einer flächendeckenden H2-Versorgung gemäß H2 vor Ort**
Quelle: DVGW (2020).

# Zusammenfassung der Option am HKW Jena

## $CO_2$ - Neutralität in der Saaleaue und mit Wasserstoff zu erreichen

| Erschließungstechnik | max. thermische Leistung [$MW_{th}$] | Fazit |
|---|---|---|
| Nutzung der Saale | 144 | Potenzial theoretisch vorhanden, intensive Untersuchungen und Kompromisslösungen notwendig |
| Brunnen (15) im Quartär und Buntsandstein | 2 | Grundlastbeitrag |
| Oberflächennahe Erdwärmesonden (1200) | 20 | starker Eingriff in die Natur |
| Mitteltiefe Erdwärmesonden (10) | 1 | zu geringe Energiebereitstellung |
| Tiefengeothermie (EGS- Dublette) | 19,5 | Fracking nötig |
| Wasserstoff | nach Bedarf & Verfügbarkeit | In Abhängigkeit der Verfügbarkeit wird grüner Wasserstoff ein elementarer Baustein zur Zielerreichung sein |

# Fernwärmeversorgung – dezentrale Optionen

## Konzeptidee Umbau zu einem „Energie-Hub“ am Standort BGA Zwätzen

- Inbetriebnahme: 2007

  Stromerzeugung: 10 GWh, Einspeisung in das elektr. Verteilnetz
  Wärmeerzeugung: 10 GWh, Einspeisung in das Fernwärmenetz

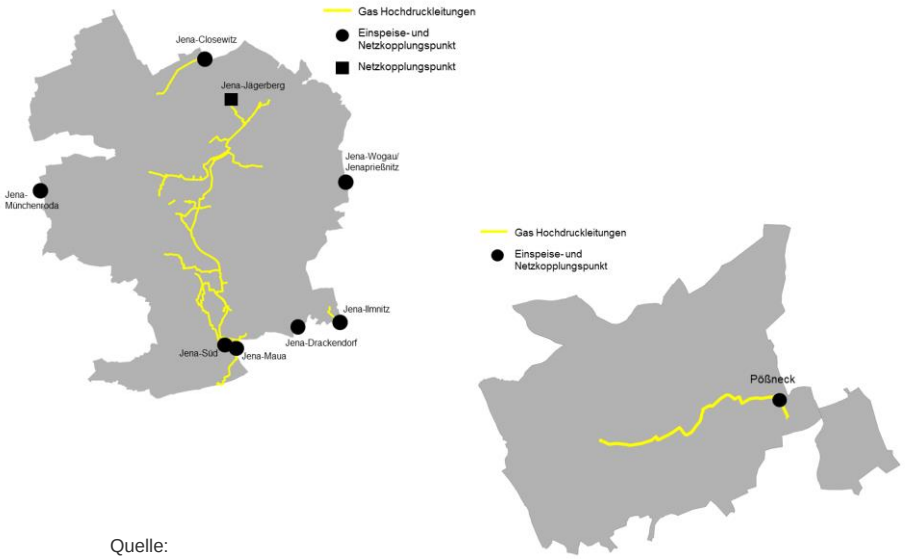
- Konzeptansatz:
  Umbau der Anlage zu einem Energie-Hub durch Ergänzung um eine Power-to-Gas Anlage zur Erzeugung **grünen Wasserstoffes**

BGA Jena-Zwätzen

- Ziel:
  a) Zwischenspeicherung des Wasserstoffes zur Netzoptimierung der Stromversorgung (Last und Einspeisung)
  b) biologische Methanisierung und vollständige Umwandlung des $CO_2$ im Rohbiogas in (Bio-)Methan und signifikante Erhöhung der Wärmeauskopplung in das Fernwärmenetz zur Erschließung neuer Fernwärmegebiete
  c) Kombination der beiden Ansätze

# Zukunft der Erdgasverteilnetze für die Wärme

## Heute: fossiles Erdgas ist der essentielle Energieträger in Thüringen



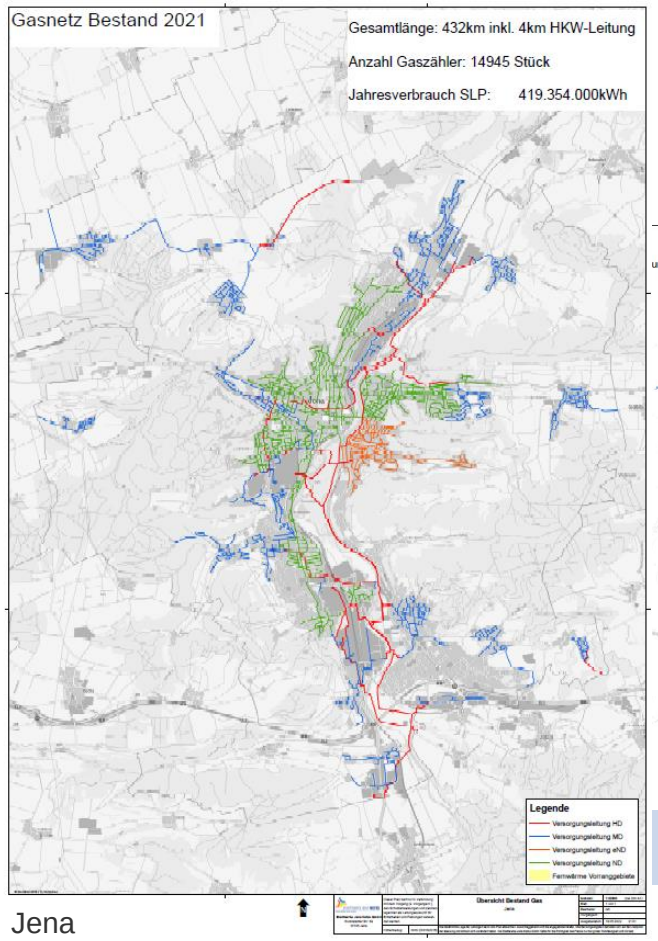

Quelle:
https://www.stadtwerke-jena-netze.de

rd. 15.000 Kunden: Industrie, Gewerbe, Haushalte
> 500 km Leitung
bis zu 800 $MW_{th}$ Leistungsbedarf (inkl. HKW Jena der TEAG zur gesicherten Stromerzeugung)

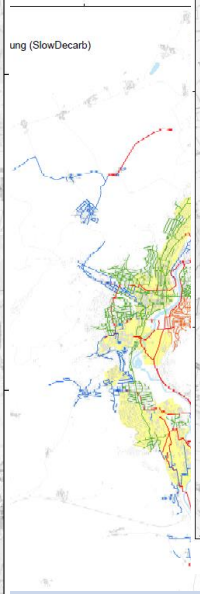
- Grundsatz:
  Leistungsbereitstellung in der Wärmeversorgung um ein vielfaches höher als die heutige Spitzenlast in der Stromversorgung (z.B. Spitzenlast in Jena bis zu 80 $MW_{el}$)
- Klimaschutzziele erfordern zwingend die Transformation der Erdgasinfrastruktur hin zur Klimaneutralität
- Umstellung der heute auf fluiden fossilen Energieträgern basierenden Heizungen und der Warmwasserbereitstellung hin zur „almost-all-electric-society“ bedingt massive Investitionen in den Netzausbau, die Bereitstellung gesicherter Stromerzeugung und die Gebäudeinfrastruktur
- **naheliegender Lösungsansatz:**
  Umstellung der Gasinfrastruktur alleinig auf grüne Gase

# Zukunft der Erdgasverteilnetze in der Wärme

## Langfristszenarien - potenzielle Entwicklung der Infrastruktur

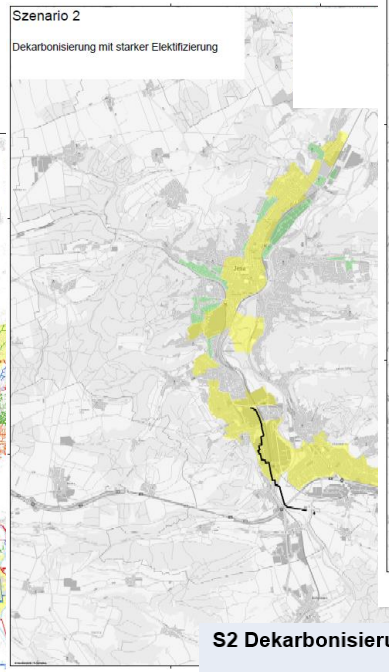



Jena



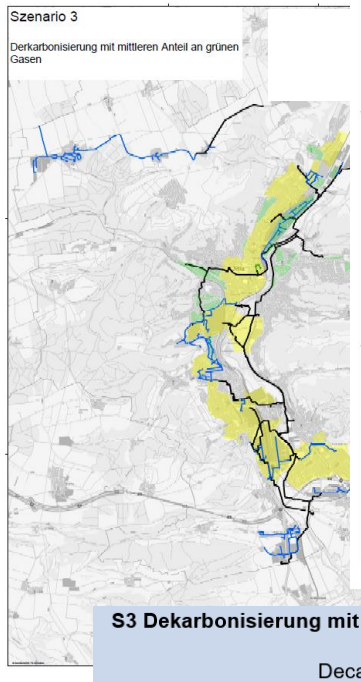

**S1 keine Zielerreichung**

SlowDecarb



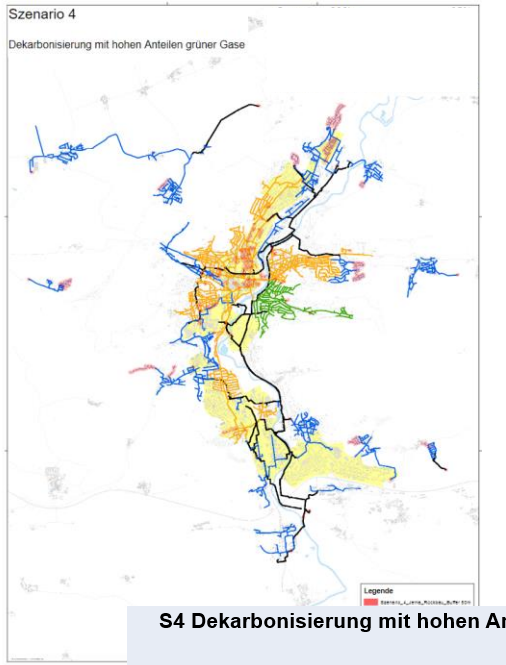

**S2 Dekarbonisierung mit starker Elektrifizierung**

DecarbEl




**S3 Dekarbonisierung mit mittleren Anteilen grüner Gase**

DecarbMedGas




**S4 Dekarbonisierung mit hohen Anteilen grüner Gase**

DecarbGas

**Basis:**

Langfristszenarien im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Fraunhofer ISI, consentec, ifeu & TU Berlin)

# Fazit und Ausblick

## Optionen zur Ablösung fossiler Energieträger sind identifiziert

- Klimawandel und energiepolitische Rahmensetzung setzen Leitplanken für den Umbau
- Anspruch der SW Jena - gemeinsam mit seinen Partnern – der Rolle als Treiber des Umbau der Wärmeversorgung gerecht zu werden
- Thüringer Fernwärmeversorger erarbeiten einheitliche Lösungsansätze entsprechend des ThürKlimaG
- HKW der TEAG zentraler Standort der Wärmeversorgung für Jena
- Optionen für die Ablösung von Erdgas am HKW sind identifiziert – iterativer Austausch zur Umsetzung gestartet
- Erweiterung der dezentralen Wärmebereitstellung am Standort der BGA Zwätzen in Konzeption
- Erdgasinfrastruktur zur Umstellung auf grüne Gase in der Vorbereitung

# Ansprechpartner

**Christian Dornack**
Bereichsleiter Strategie
Telefon 03641 688-528
christian.dornack@stadtwerke-jena.de
www.stadtwerke-jena-netze.de