

Großwärmepumpen als No-regret-Maßnahmen für grüne Wärmenetze

*Potenziale und Handlungsfelder
für Versorger, Hersteller,
Politik & Verwaltung*

Fabian Ahrendts, Björn Drechsler
BERLIN, 23. MAI 2023



Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland: Worauf es jetzt ankommt

Roll-out von
Großwärmepumpen
in Deutschland

Strategien für den Markthochlauf in
Wärmenetzen und Industrie

STUDIE

Agora
Energiewende



Fraunhofer
IEG

- Aktuelle Rolle der Großwärmepumpen in Deutschland und Blick nach Europa
- Entwicklungsszenarien für Wärmenetze und Großwärmepumpen zur Erreichung der Klimaziele bis 2045
- Potenziale und Voraussetzungen der wichtigsten Wärmequellen
- Stand der Technik, Kernkomponenten, Kennzahlen und Ausblick
- Produkte und Hersteller am Großwärmepumpenmarkt
- Regulatorischer und wirtschaftlicher Rahmen, Anreize, Förderung
- Planung und Entwicklung von Großwärmepumpenprojekten aus Sicht der Fernwärmeversorger
- Handlungsfelder für den Roll-out von Großwärmepumpen in der Fernwärme

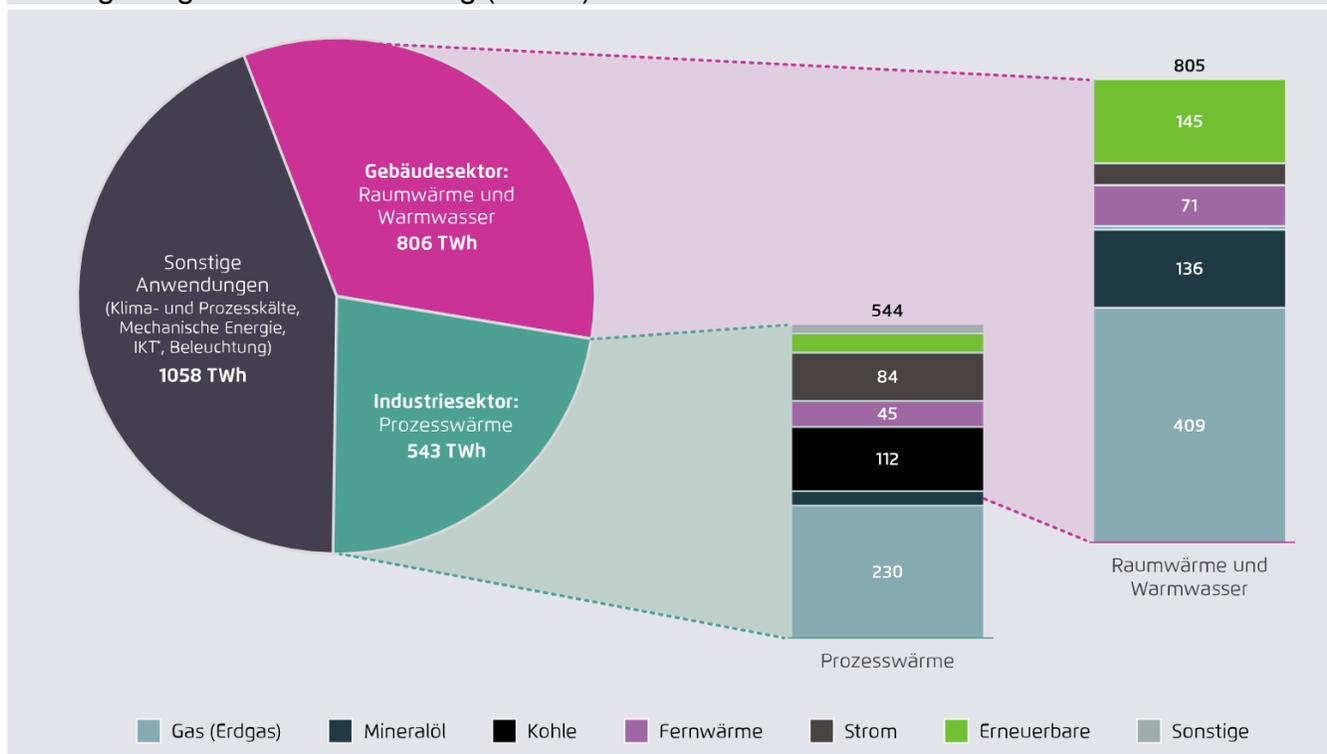


Hintergrund



Eine klimaneutrale Wärmeversorgung ist entscheidend, damit Deutschland seine Klimaziele erreichen kann

Endenergieverbrauch nach Anwendungszwecken in Deutschland 2021 (links) und Energieträger zur Bereitstellung (rechts)

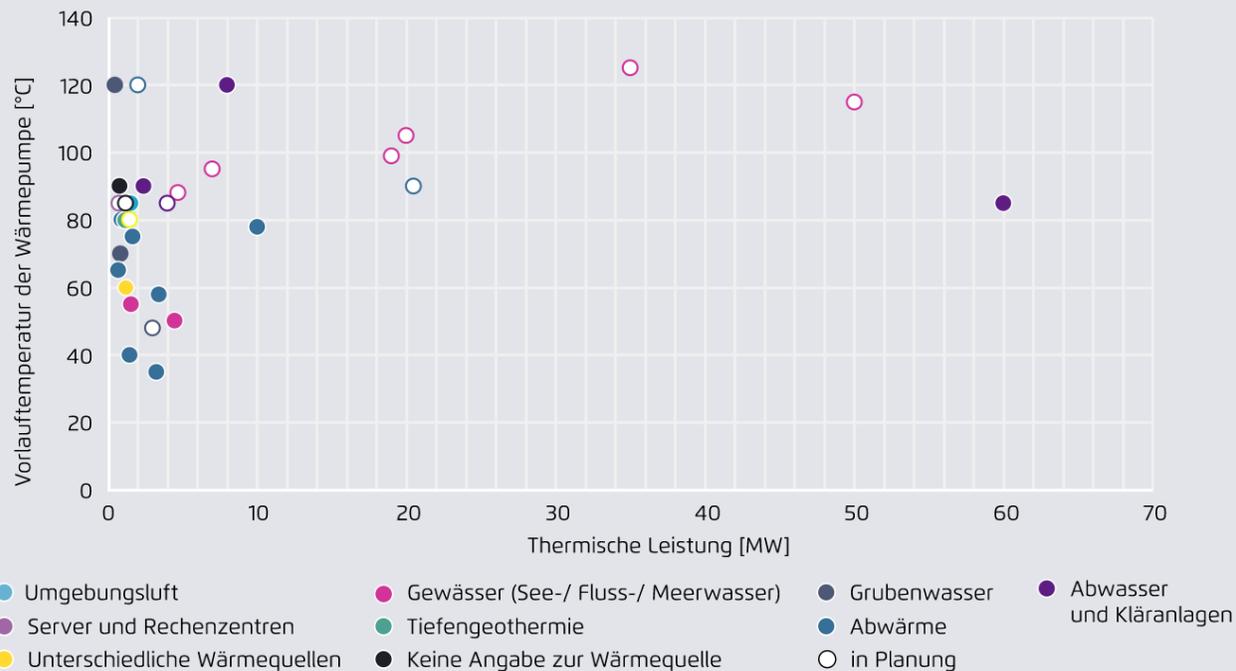


Agora Energiewende basierend auf AGEBA (2022b). *Informations- und Kommunikationstechnik

- Wärme wird in Deutschland noch größtenteils fossil erzeugt
- Wärmebedarfe bis 200 °C (ca. 80% des gesamten Wärmebedarfs) sind verantwortlich für 3/4 des deutschen Gasverbrauchs und über 1/4 der deutschen Emissionen (2021)
- Erreichung der Klimaziele im Gebäudesektor erfordert neben beschleunigter Gebäudesanierung auch starken Ausbau von (Fern-)Wärmenetzen und Wärmepumpen
- Hochtemperatur-Wärmepumpen als wichtiger Baustein zur Dekarbonisierung im Industriesektor

Der Markt für Großwärmepumpen in Deutschland steht noch ganz am Anfang – und benötigt bessere Rahmenbedingungen für den Roll-Out.

Wärmequellen, Leistung und Vorlauftemperatur bestehender und geplanter Großwärmepumpen in Deutschland



- Derzeit sind in Deutschland mind. 30 Großwärmepumpen mit insgesamt ca. 60 MW Heizleistung in Betrieb.
- Über 30 weitere Projekte für Wärmenetze und Industrie mit mind. 600 MW derzeit in Bau oder in Planung
- Fördermittelbedarf wegen hoher Strom- und niedriger Gas- und CO₂-Preise
- Fehlende kommunale Wärmeplanung, fehlende Wärmekataster
- Hochindividuelle Einzelprojekte mit aufwendigen Planungs- und Genehmigungsverfahren

Fraunhofer IEG (2023), Quellen: Stadtwerke, Hersteller, BWP-Datenbank, IEA Annex 48 + 58

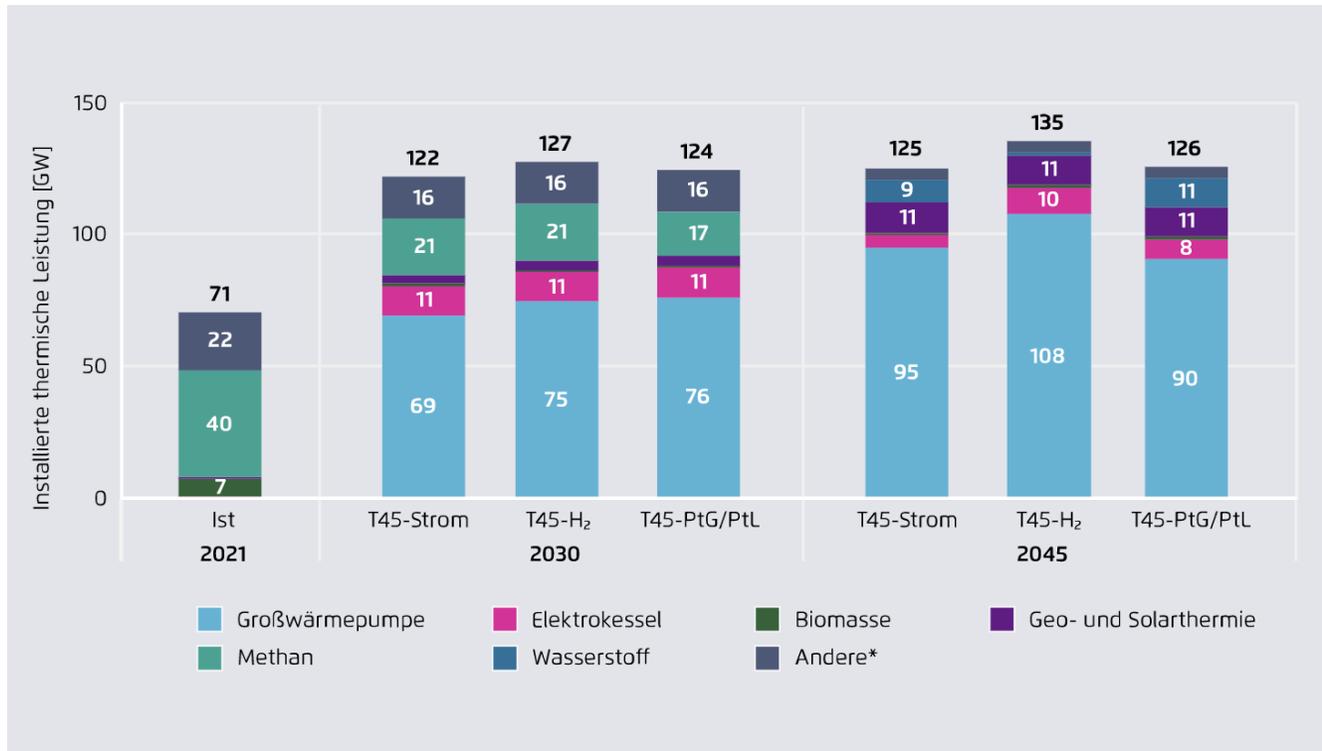


Transformation der Fernwärmenetze



Massiver Zubau von Großwärmepumpen in Höhe von mindestens 4 GW thermisch pro Jahr erforderlich

Entwicklung der installierten Wärmeleistung im Fernwärmesektor

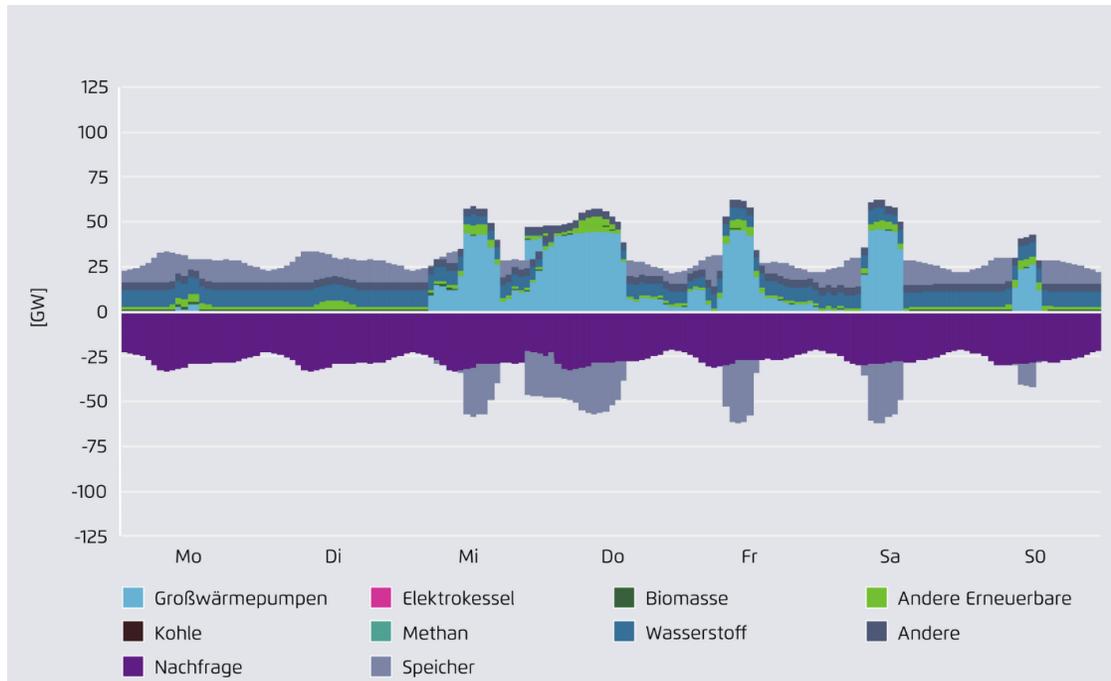


Fraunhofer IEG (2023) basierend auf AGFW (2022), Fraunhofer ISI et al. (2022).
* Geo- u. Solarthermie. ** Braun-/Steinkohle, Abfall u. sonstige fossile Energien

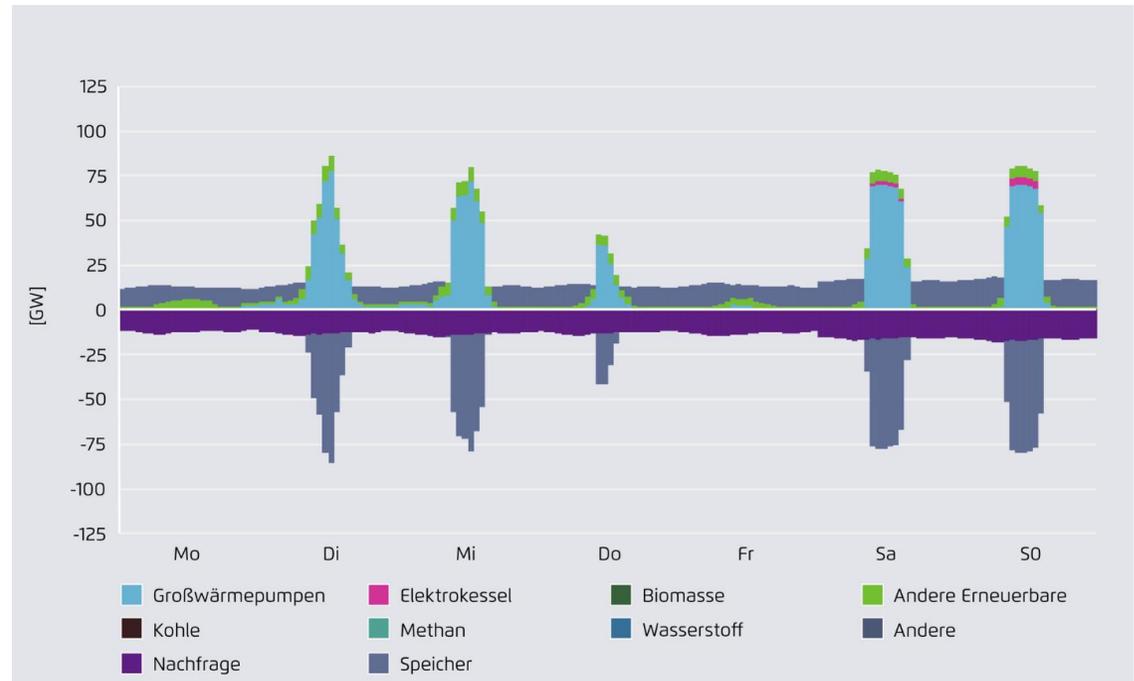
- In den BMWK-Langfristszenarien dominieren Großwärmepumpen die künftigen Wärmenetze: >90 GW Heizleistung und >70 Prozent der Fernwärmeversorgung in 2045
- Mittlerer Zubaubedarf pro Jahr: rund 340 – 410 neue Großwärmepumpenprojekte mit 4,0 – 4,9 GW Heizleistung sowie 800 km neue Wärmeleitungen
- Damit verbundenes Investitionsvolumen beträgt mind. 3,1 – 4,4 Mrd. €/Jahr.
- Zukünftige Rolle der KWK: hocheffiziente Verbrennung von Biomasse, Abfall und Wasserstoff für Spitzenlasten/Backup (fossile KWK nur noch bis ca. 2035)

Flexibilität, Sektorkopplung und Speicherung im Energiesystem der Zukunft: Systemdienlicher Großwärmepumpenbetrieb ist zentral

Angebot und Nachfrage im Fernwärmesektor im **Winter 2045***



Angebot und Nachfrage im Fernwärmesektor im **Sommer 2045****

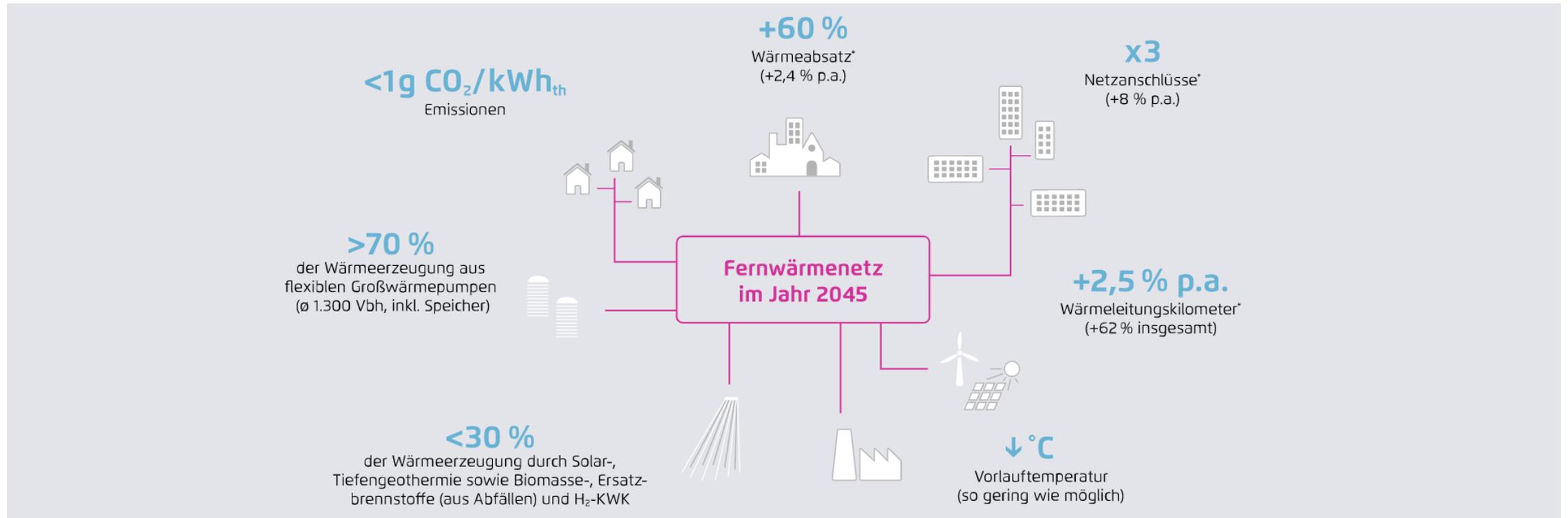


Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Fraunhofer ISI et al. (2022b);
* Anfang Februar 2045 im T45-Stromszenario

Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Fraunhofer ISI et al. (2022b);
** Ende August 2045 im T45-Stromszenario

Die Fernwärmeversorgung wird sich bis zum Jahr 2045 grundlegend verändern

Das durchschnittliche Fernwärmenetz einer deutschen Stadt im Jahr 2045 im Vergleich zum Jahr 2020



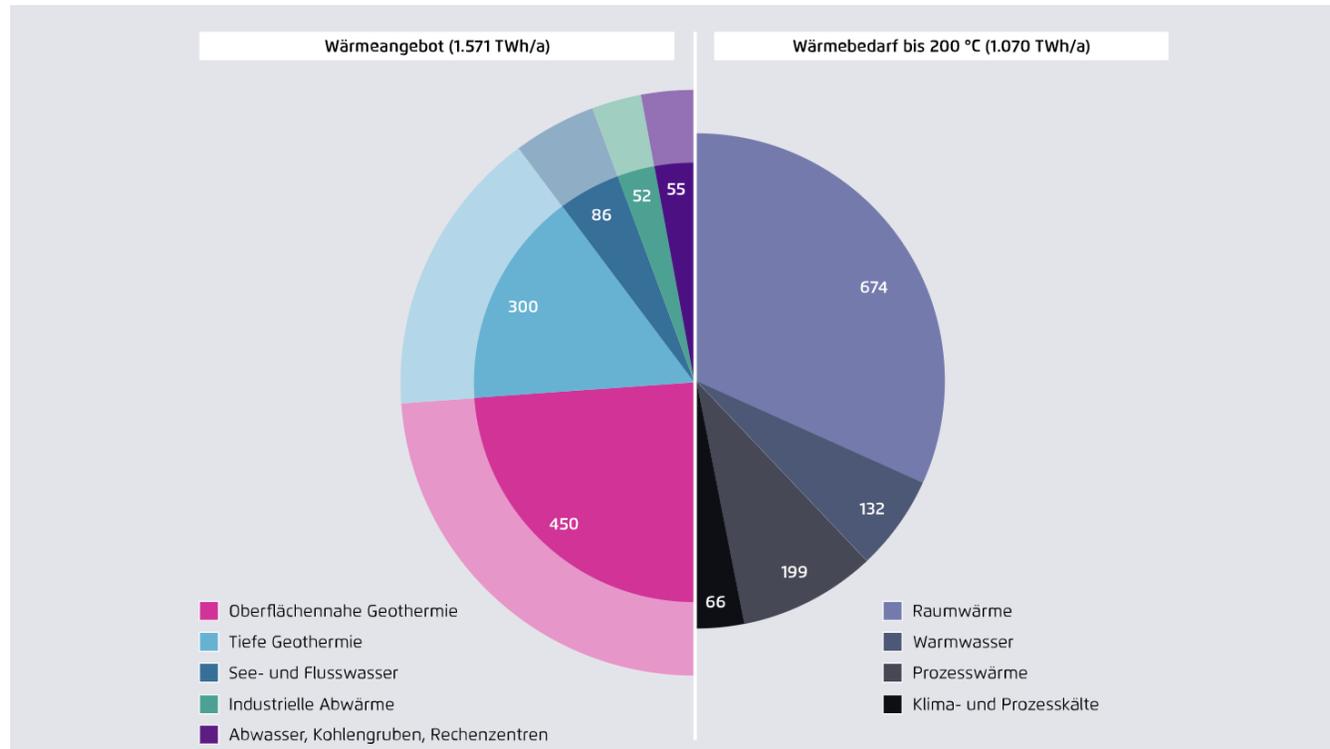
Fraunhofer IEG (2023) basierend auf T45-Szenarien von Fraunhofer ISI et al. (2022b)



Wärmequellen und Stand der Technik

Langfristig lässt sich der gesamte Wärmebedarf bis 200 °C in Deutschland durch Wärmepumpen decken

Gegenüberstellung des möglichen Wärmeangebots durch Wärmepumpen und der Wärmebedarfe bis 200 °C in Deutschland (exklusive Umgebungsluft)

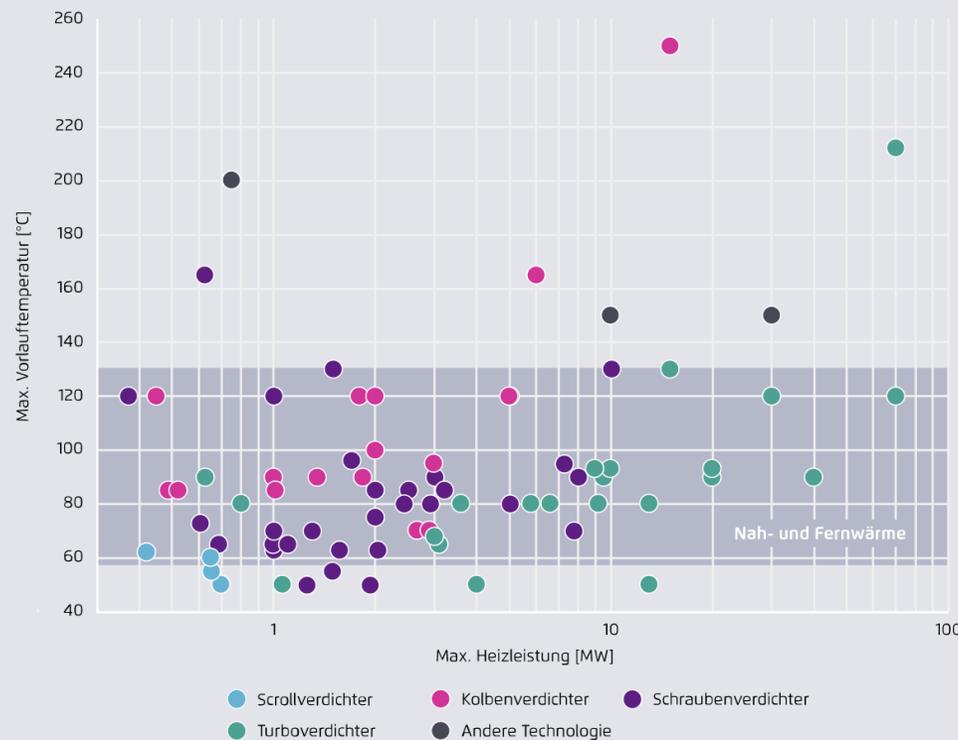


Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Born et al. (2022), Bracke et al. (2022), Kammer (2018), Gerhardt et al. (2019), Fritz und Pehnt (2018), Wolf (2017), Stobbe et al. (2015), AGEB (2022b)

- Wärmebedarfe bis 200 °C sind verantwortlich für 3/4 des deutschen Gasverbrauchs und über 1/4 der deutschen Emissionen (2021)
- Knapp 2/3 des Wärmebedarfs entfallen auf Raumwärme
- Diese Bedarfe können vollständig durch Wärmepumpen gedeckt werden
- Ohne Berücksichtigung der Wärmequelle Luft bieten die oberflächennahe und tiefe Geothermie das mit Abstand größte Potenzial

Die Hersteller von Großwärmepumpen haben bereits viele marktreife Produkte für den Einsatz in Wärmenetzen im Angebot

Maximale Vorlauftemperatur und Heizleistung verfügbarer Großwärmepumpen*



Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Herstellerangaben * abhängig von Temperaturhub und max. Vorlauftemperatur

- Großwärmepumpen für Wärmenetze sind bereits heute im Temperaturbereich der Fernwärme (größtenteils < 110 °C) am Markt verfügbar
- Viele dieser Produkte erzielen bereits heute COPs von über 2,5
- Bei höheren Temperaturen fällt die Bandbreite an Großwärmepumpen weitaus geringer aus: >140 °C ist der Markt noch nicht vollständig bedienbar
- Schlüsselkomponente Verdichter: gibt den Temperatur- und Leistungsbereich sowie die Effizienz maßgeblich vor

Die Effizienz einer Wärmepumpe steigt mit höheren Quellen- und niedrigeren Netztemperaturen

Theoretisch mögliche COPs von Wärmepumpen bei Nutzung verschiedener Wärmequellen*



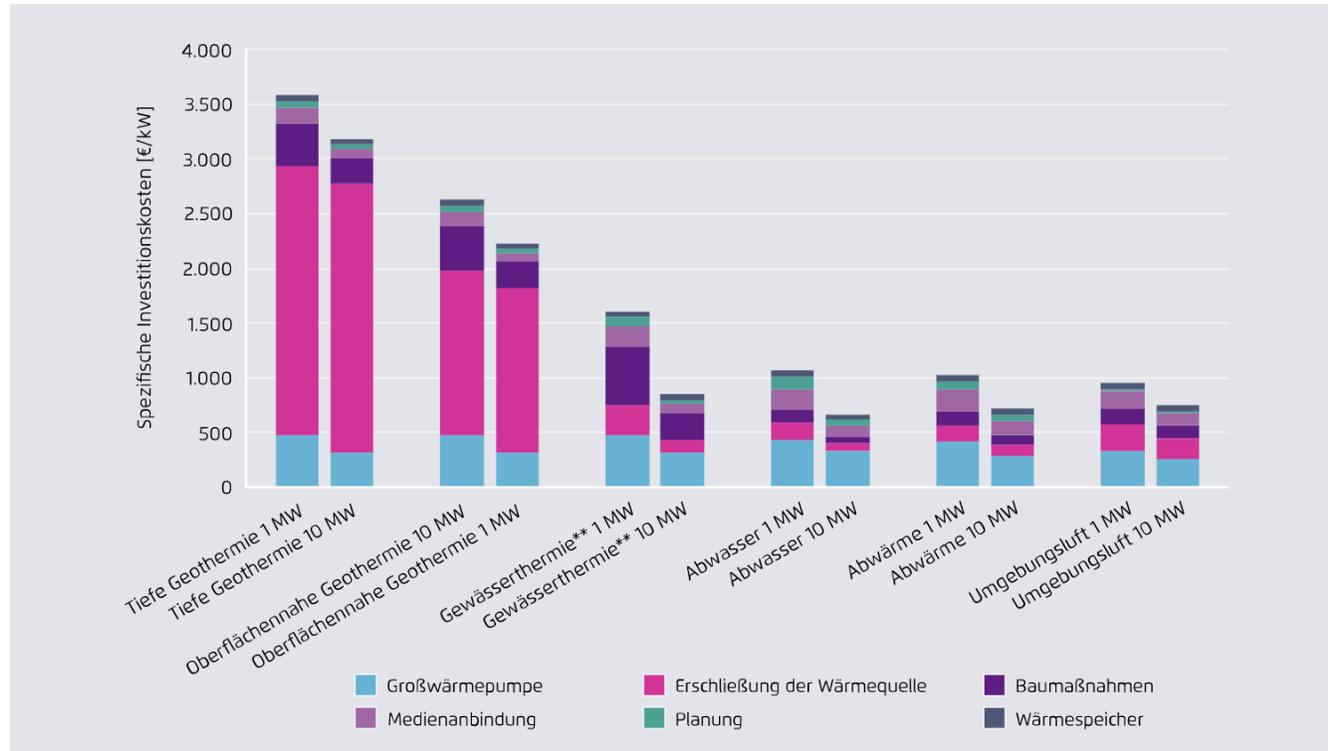
- Die individuellen Standortbedingungen in Bezug auf die Temperatur der Wärmequelle und des Fernwärmenetzes bestimmen die erwartbare Anlageneffizienz
- Höchste Quellentemperaturen bei Geothermie, niedrigste Quellentemperaturen bei Luft
- Temperaturabsenkung in Wärmenetzen erhöht den Einsatzbereich und steigert die Wirtschaftlichkeit von Großwärmepumpen

Fraunhofer IEG (2023) * Bei einem Wärmepumpen-Gütegrad von 50 % und unterschiedlicher Wärmenetztemperaturen. Der Carnot-Prozess bestimmt den höchsten theoretisch erreichbaren COP einer Wärmepumpe. Gütegrad = Verhältnis aus realem COP und Carnot-COP



Investitionskosten hängen maßgeblich von der Wärmequelle, den individuellen Standortvoraussetzungen und der Dimensionierung der Großwärmepumpe ab

Einfluss der Wärmequelle und der übrigen Anlagenkomponenten auf die Investitionskosten von Großwärmepumpenprojekten



- Der Aufwand und die Kosten für die Erschließung und Anbindung von Wärmequellen gehen weit auseinander
- Die Wärmequelle und vorhandene Infrastruktur haben den größten Einfluss: Die hohe Standortabhängigkeit wird deutlich an den großen Kostenunterschieden zur Erschließung der Wärmequelle
- Investitionskosten sinken mit der Anlagengröße
- Wärmegestehungskosten sind zusätzlich abhängig von Betriebsstunden und COPs
- Für eine geringe Auslastung (siehe T45-Szenarien) werden niedrige Investitionskosten wichtiger

Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Pieper et al. (2018), Grosse et al. (2017) und eigener Datenerhebung zu aktuellen GWP-Projekten.



Handlungs- empfehlungen

Für den schnellen Hochlauf von Großwärmepumpen sind drei Handlungsfelder entscheidend



Gesamtrahmen: Klare Ziele und Leitplanken, effiziente Energiepreise und reformierte Netzentgelte	Stakeholder-Prozess für Zielklarheit: Fernwärme-/Großwärmepumpengipfel
	Wirtschaftlichkeit von Strom gegenüber Gas, CO ₂ -Bepreisung
	Energiesystemdienliche Netzentgelte und schnellere Stromnetzanschlüsse
Großwärmepumpen: Kostensenkung, Ausbau der Fertigungskapazitäten und weitere Performancesteigerung	Standardisierung, Modularisierung und Skalierung der Produkte und Prozesse
	Umgehender Aufbau größerer Fertigungskapazitäten
	Innovationsschwerpunkte: Verdichter, Temperaturhübe, Effizienzsteigerungen und flexibler Betrieb, breiterer Einsatz natürlicher Kältemittel
Wärmenetze: bereinigte Förderlandschaft, verbindliche Wärmeplanung und vereinfachte Umsetzung	Aufstockung BEW-Fördertopf und Beseitigung von Fehlanreizen
	Verbindliche kommunale Wärmeplanung u. Netztemperaturabsenkung. Weiterentwicklung zur integrierten Energiesystemplanung bzw. kommunalen Energie-Verteil-Strategie
	Vereinfachte und beschleunigte Planung, Genehmigung und Umsetzung von Großwärmepumpenprojekten

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Str.2
10178 Berlin

T +49 (0)30 700 1435 - 000
F +49 (0)30 700 1435 - 129
www.agora-energiewende.de

 Abonnieren sie unseren Newsletter unter
www.agora-energiewende.de
 www.twitter.com/AgoraEW



Ansprechpartner

Fabian Ahrendts

Leitung Competence Centre Hochtemperatur-Wärmepumpen
T: +49 176 61527521 | M: fabian.ahrendts@ieg.fraunhofer.de

Björn Drechsler

Leitung Competence Centre Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer
T: +49 355 355 40 154 | M: bjoern.drechsler@ieg.fraunhofer.de

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG
Gulbener Str. 23 | 03046 Cottbus
www.ieg.fraunhofer.de



Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Kurzvorstellung und Kennzahlen

ca. **230** Mitarbeitende
2 Institutsleiter



gegründet am
01.12.2019



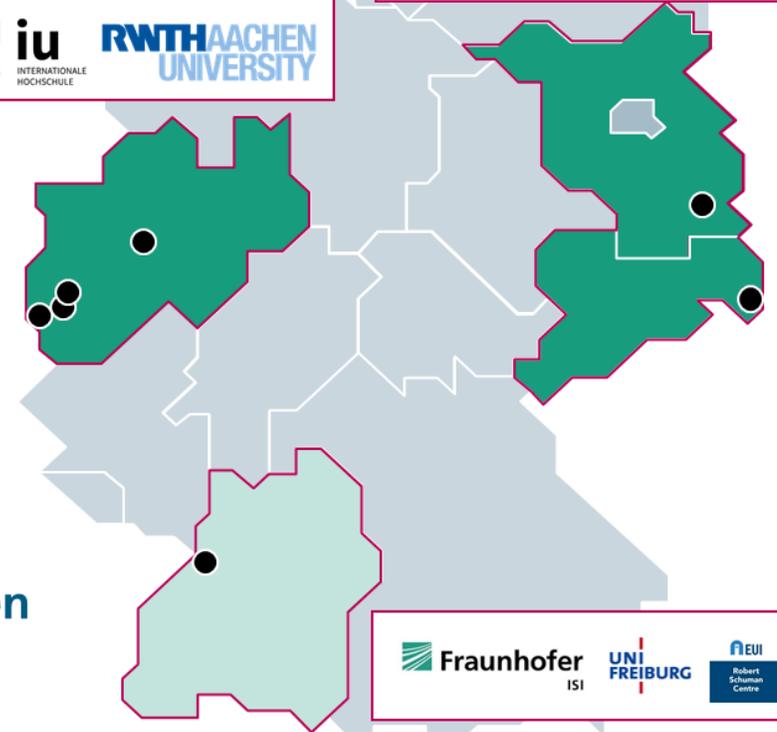
21 wissenschaftliche
Competence Center

8 Geschäfts- &
Servicebereiche

8 Standorte



15 Hochschulkooperationen
37 Lehrende



Forschungsfelder des Fraunhofer IEG im Überblick

10 Forschungsfelder für die Gestaltung der klimaneutralen Energiesysteme der Zukunft

1. Entwicklung Methoden u. Tools zur **sektorenübergreifenden Analyse und Planung integrierter Infrastrukturen**
2. Entwicklung von Geotechnologien für neue Erschließungs- und Nutzungsmethoden des **Untergrundes als zentralem Infrastrukturelement** für defossilisierte Energiesysteme
3. Neue Verfahren der Exploration u. Charakterisierung von Georessourcen zur **Energiegewinnung und -speicherung**
4. Weiterentwicklung **thermodynamischer Wandler** und **Hochtemperaturwärmepumpen** der MW-Klasse
5. Entwicklung von Technologien und Konzepten für **Wärme- und Kältenetze der nächsten Generation**
6. Systematische Analyse und Modellierung künftiger **Wasserstoffinfrastrukturen** (Netze und Speicher) für die Planung der deutschen und europäischen Transport- und Verteilnetze
7. Entwicklung Verfahren zur **CO₂-Abscheidung und Nutzung (CCU)** und die dazugehörige Infrastruktur
8. Technologien und Verfahren für **Monitoring, Steuerung, Regelung und Automatisierung** von Energiesystemen
9. Betreibung marktkonformer **Entwicklungs- und Testumgebungen** und digitale Vernetzung der Laborumgebung
10. Innovative **Reallabore** als Schlüsselement zur Entwicklung und Implementierung marktgängiger Anwendungen

