Klimaneutrale Wärmeversorgung – Bedeutung für die Energiewende und Herausforderungen bei Technik, Wirtschaftlichkeit und Regulierungen

- **Dr. Peter Schossig ● Fraunhofer ISE**
- Dr. Jann Binder ● ZSW
- Dr. Nora Szarka ● DBFZ
- Dr. Thomas Pregger ● DLR
- Dr. Christoph Kost ● Fraunhofer ISE
- Dr. Raphael Niepelt ● ISFH
- Prof. Dr. Veit Hagenmeyer ● KIT
- Christine Krüger ● Wuppertal Institut

Bildquelle: https://energiewende-oberland.de/hp15499/Waermewende.htm

Status und Trends

Zielverfehlung Gebäudesektor

***Neue Situation seit Beginn des Ukraine-Kriegs**:*

- *Versorgungssicherheit ist nun Top1*
- *Gas als Brücke wird teurer*
- *macht Energieträgerwechsel auch kurzfristig wirtschaftlich*
- *beschleunigt den Wechsel*

Übergelagerter Trend Elektrifizierung

- *Wärmepumpen als zentrales Element in Gebäuden → aber wie sind 6 Mio. Stück in 2030 erreichbar?*
- *auch schnelle Dekarbonisierung Fernwärme und Industrie notwendig (direkte und indirekte Elektrifizierung)*
- *aber im Zusammenspiel mit Solarthermie und Biomasse*

Beispiele zeigen:

- *es Bedarf erheblicher Investitionen und technischer Änderungen:*
- *Lösungen auf Quartiersebene denken, Abwärmenutzung, Nah-/Fernwärmeanschluss, zentrale Solarthermie oder Biomasse, Einsatz von Wasserstoff/SynGas?*

Agenda

- **THG Emissionen in den Sektoren – Zielwerte lt. Bundesklimaschutzgesetz**

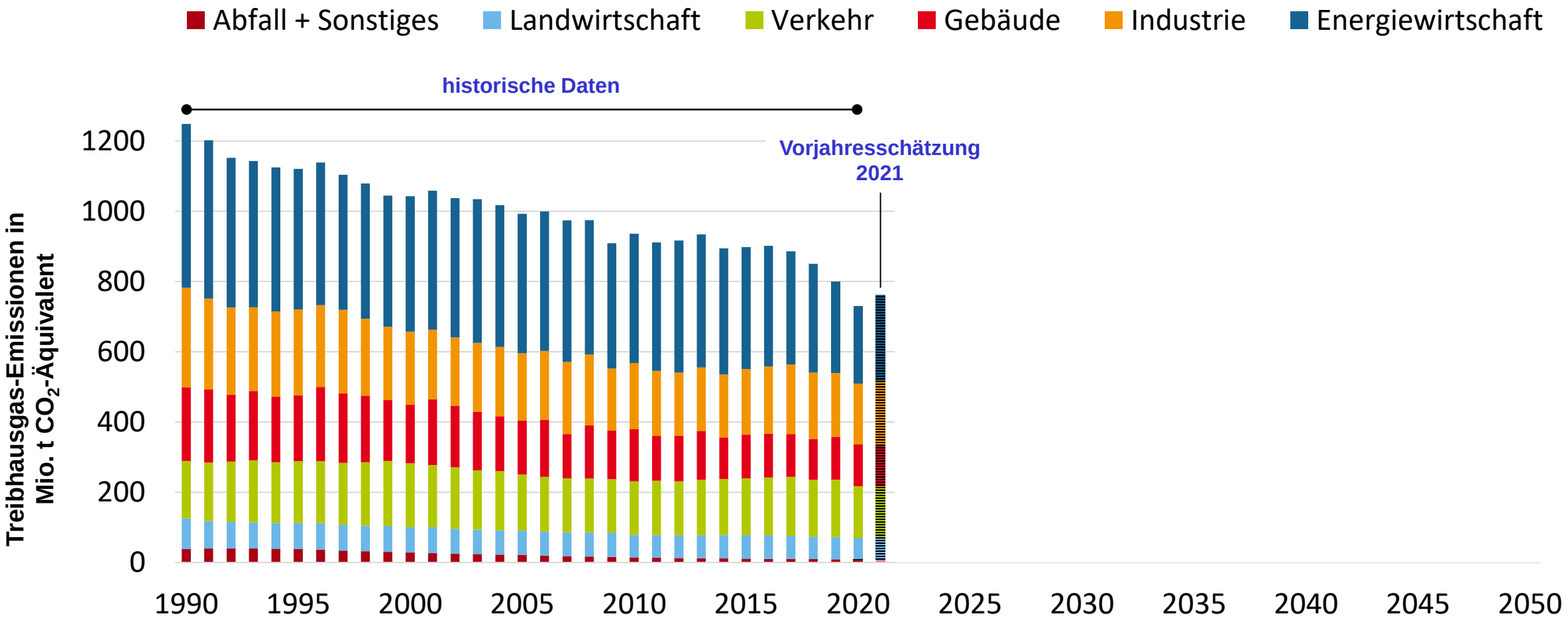
- **Simulationsergebnisse - Beitrag des Wärmesektors**
  - Notwendige Änderungen (Elektrifizierung, Biomasse im Übergang, H_2-Einsatz, Geothermie)
  - Anzahl der Wärmepumpen
  - Einfluss auf Wärmenetze

- **Hemmnisse zur Zielerreichung im Gebäudesektor**

- **Konkrete Beispiele zeigen den Aufwand!**

Einführung

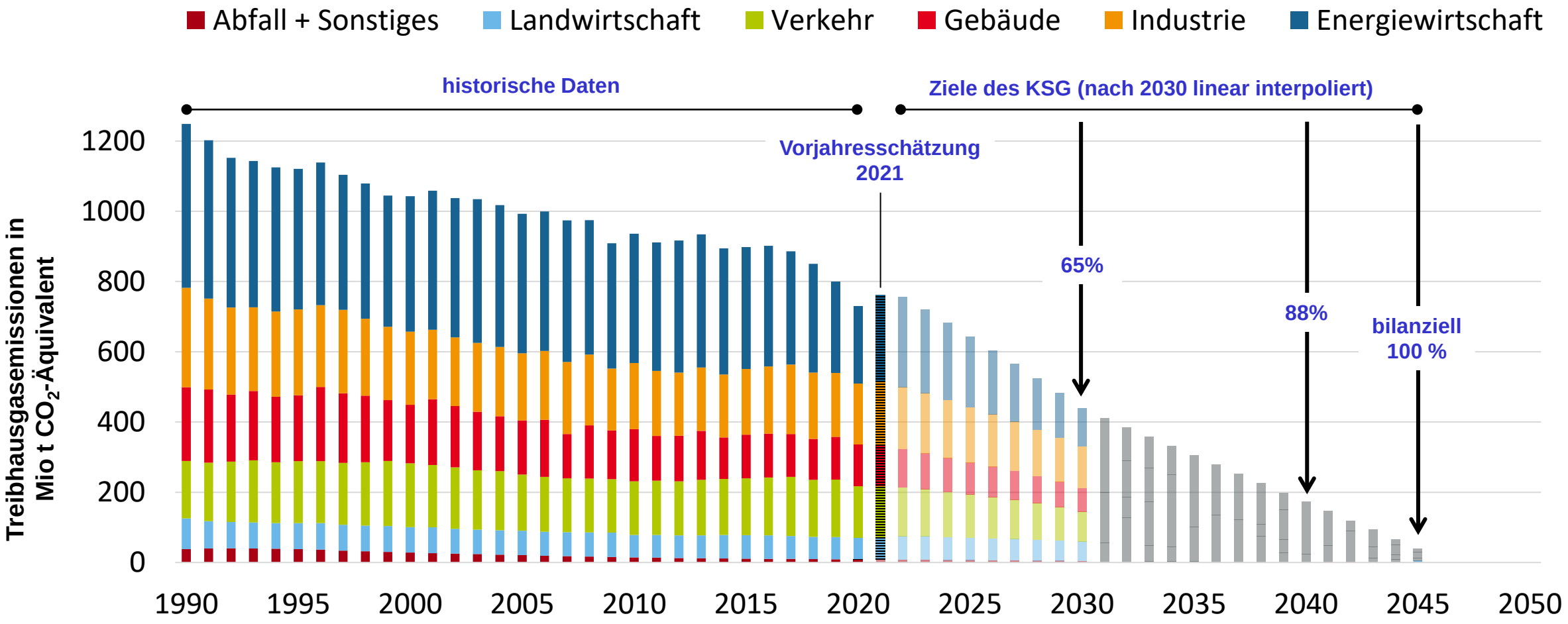
THG-Emissionen Deutschlands – Historie und Zielwerte Bundes-Klimaschutzgesetz



Historische Daten und VJS: Vorjahreschätzung (VJS) der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2021. Umweltbundesamt, 15.03.2022

Einführung

THG-Emissionen Deutschlands – Historie und Zielwerte Bundes-Klimaschutzgesetz



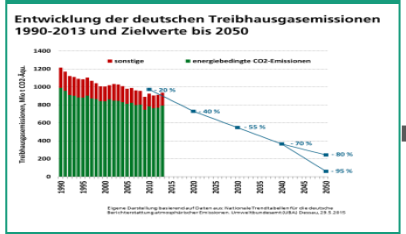
Historische Daten und VJS: Vorjahreschätzung (VJS) der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2021. Umweltbundesamt, 15.3.2022

Agenda

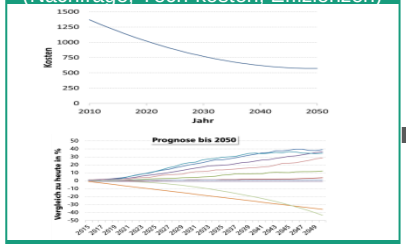
- THG Emissionen in den Sektoren – Zielwerte lt. Bundesklimaschutzgesetz
- **Simulationsergebnisse - Beitrag des Wärmesektors**
  - Notwendige Änderungen (Elektrifizierung, Biomasse im Übergang, H_2-Anteil, Geothermie)
  - Anzahl der Wärmepumpen
  - Einfluss auf Wärmenetze
- Hemmnisse zur Zielerreichung im Gebäudesektor
- Konkrete Beispiele zeigen den Aufwand!

REMod – Sektorenübergreifendes Energiesystemmodell

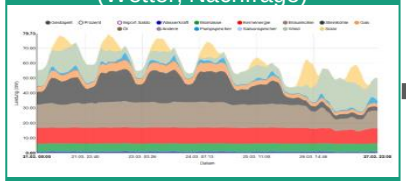
CO_2-Ziele (-80 -95%)



Prognosen
(Nachfrage, Tech-kosten, Effizienzen)



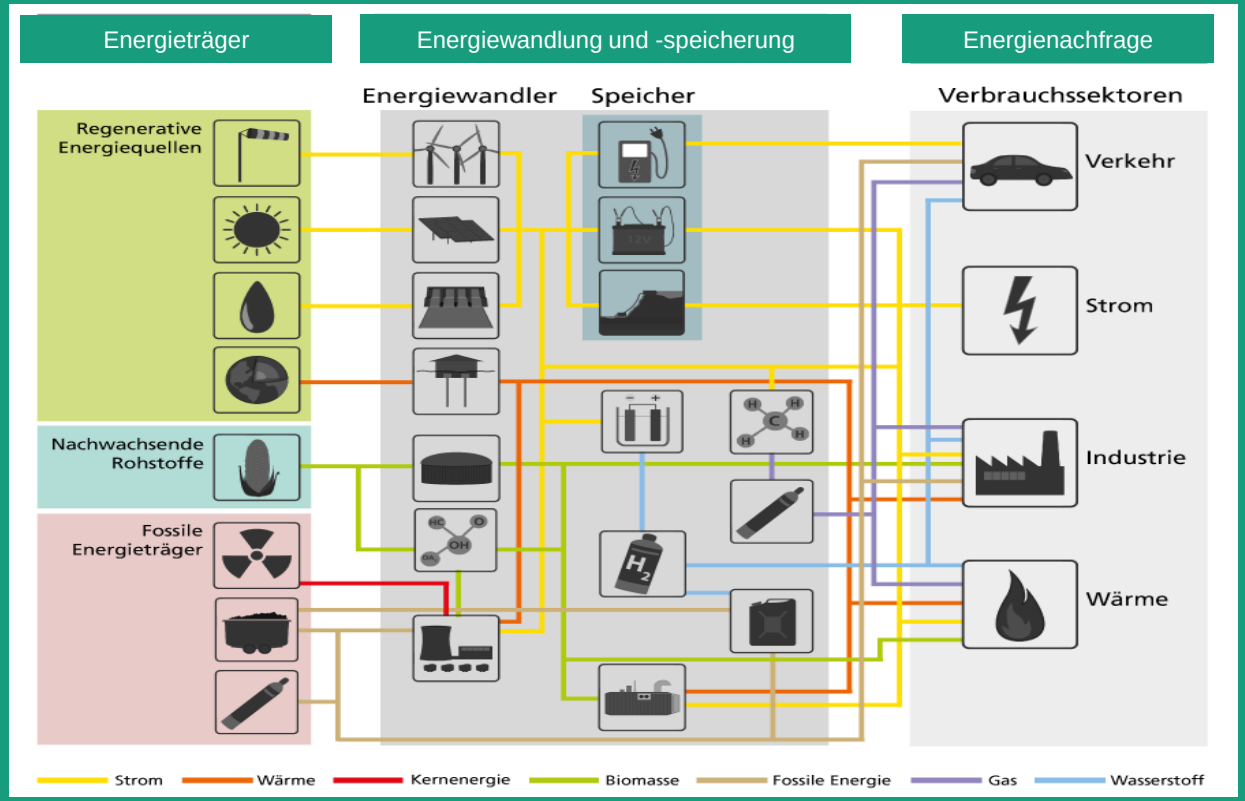
Stündliche Profile
(Wetter, Nachfrage)



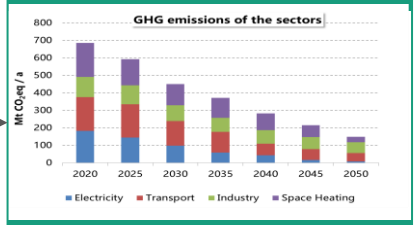
Anlagenpark heute
(alle Sektoren)

Modellkern

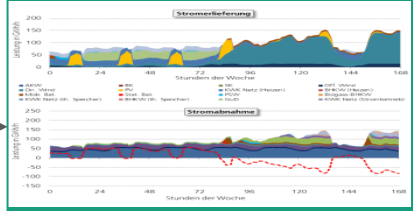
Stündliche Optimierung. Nicht-linear.
Alle Energieträger, -Wandler,-Speicher und –Verbrauchssektoren.
Zielfunktion: Minimierung der Gesamtsystemkosten
Randbedingungen: Versorgungssicherheit und CO_2-Emissionen



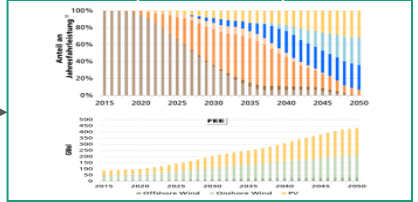
Dekarbonisierung pro Sektor



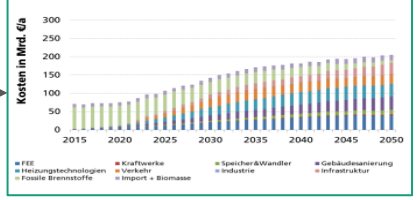
Sektor gekoppelte Betriebsergebnisse



Anlagenpark bis 2050
(alle Sektoren)



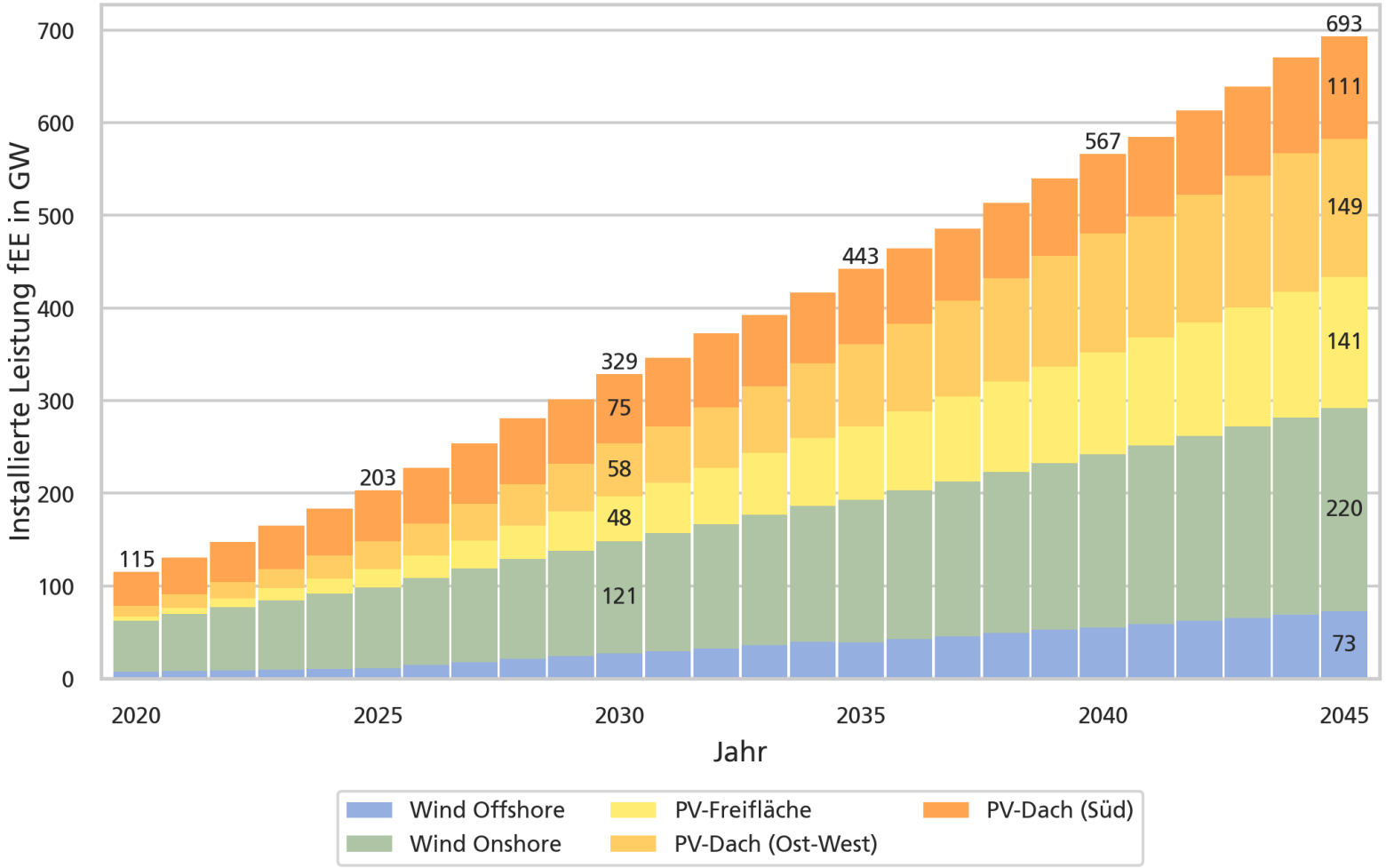
Systemkosten der Transformation



Schneller Ausbau von Erneuerbaren

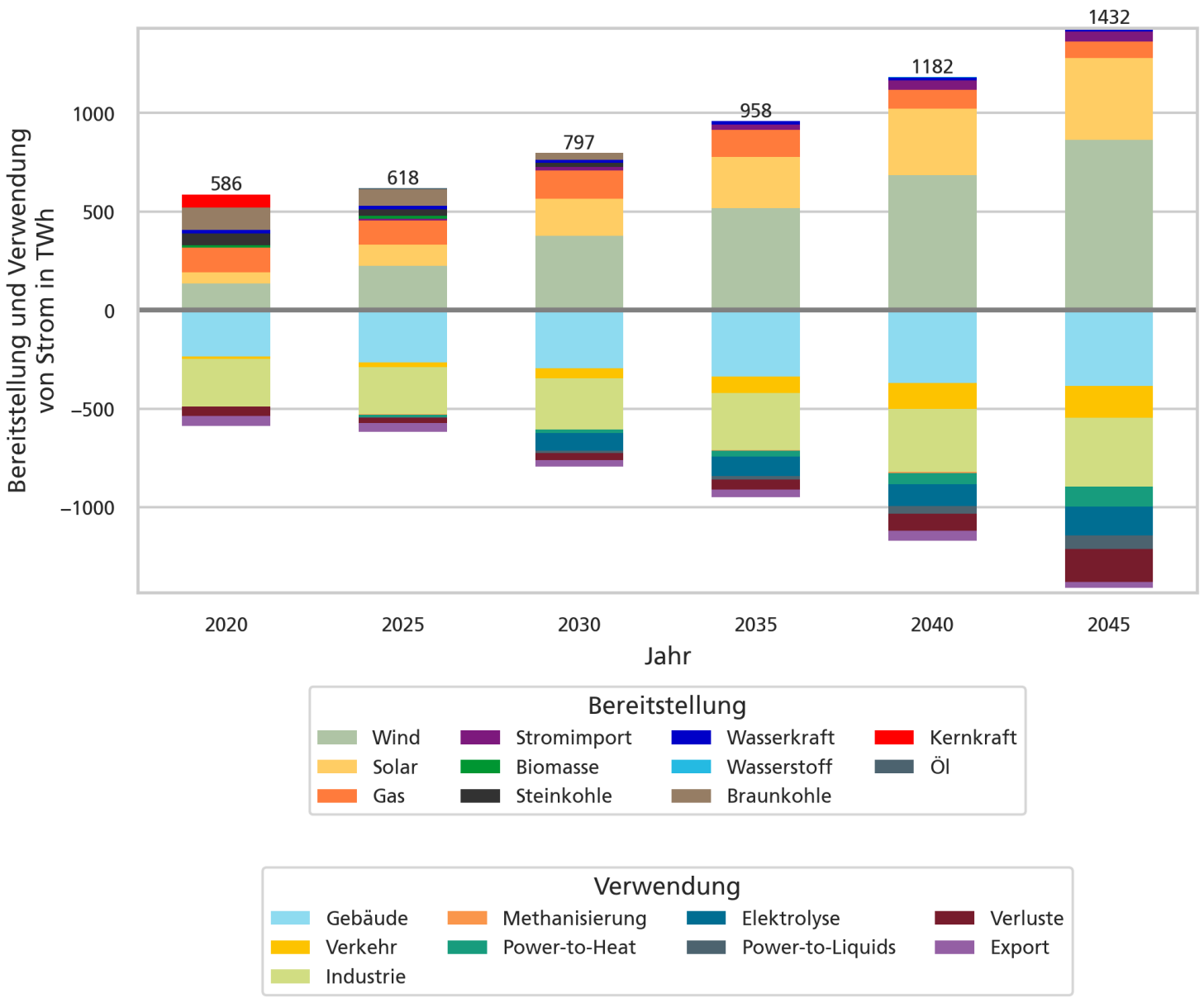
Leistung von Wind und PV bis 2045

- Starker Ausbau von Erneuerbaren notwendig, um steigenden Strombedarf zu decken und Verbrauch fossiler Energieträger zu senken
- Installierte Leistung 2030:
  181 GW PV,
  121 GW Wind Onshore,
  27 GW Wind Offshore



Verwendung und Erzeugung von Strom

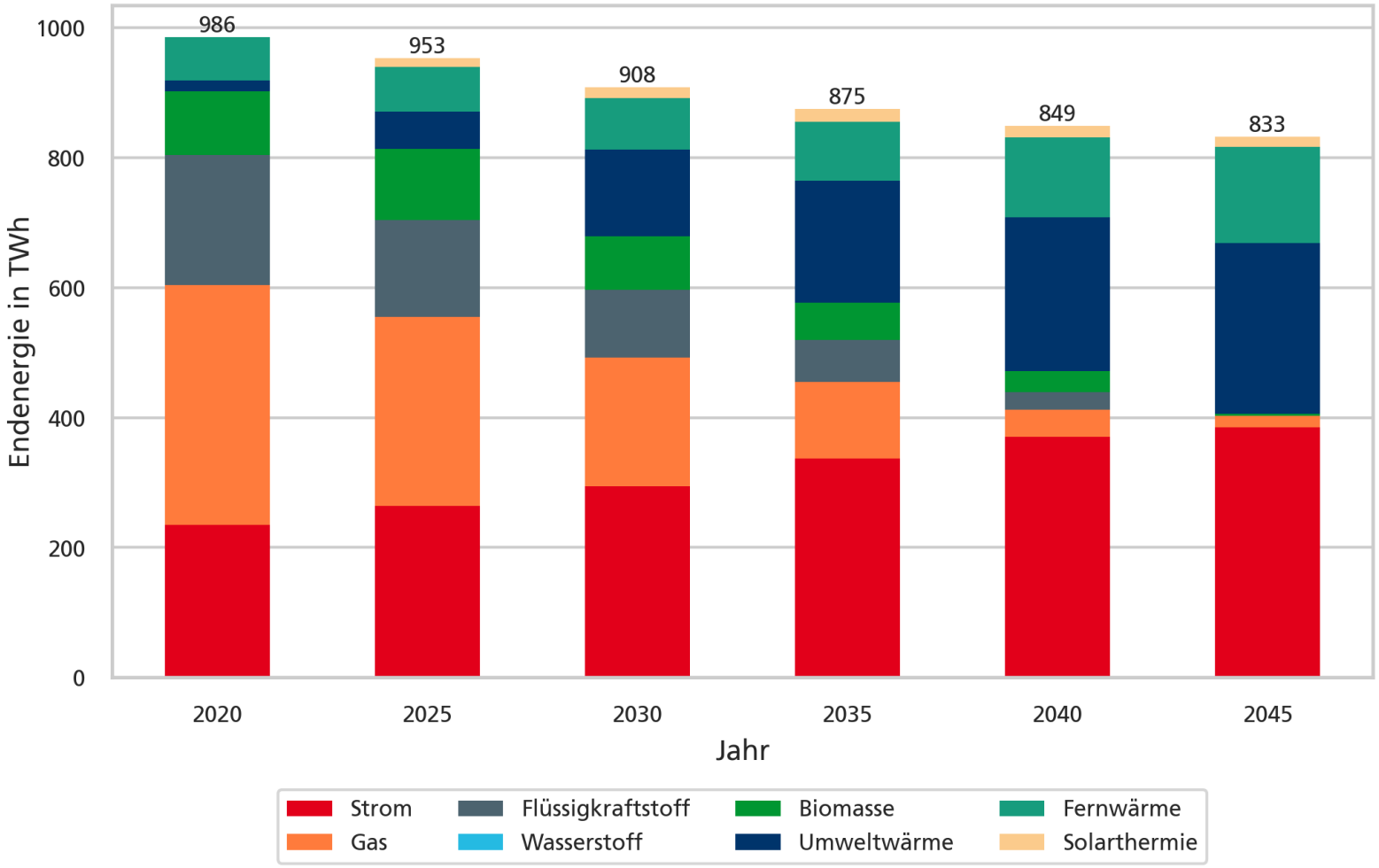
- Starker Anstieg des Strombedarfs bis 2045 in allen Sektoren
- Wind und PV übernehmen den Großteil der Strombereitstellung



Reduktion in Gebäuden mit mehr Wärmepumpen und Biomasse

Gebäudesektor bis 2045

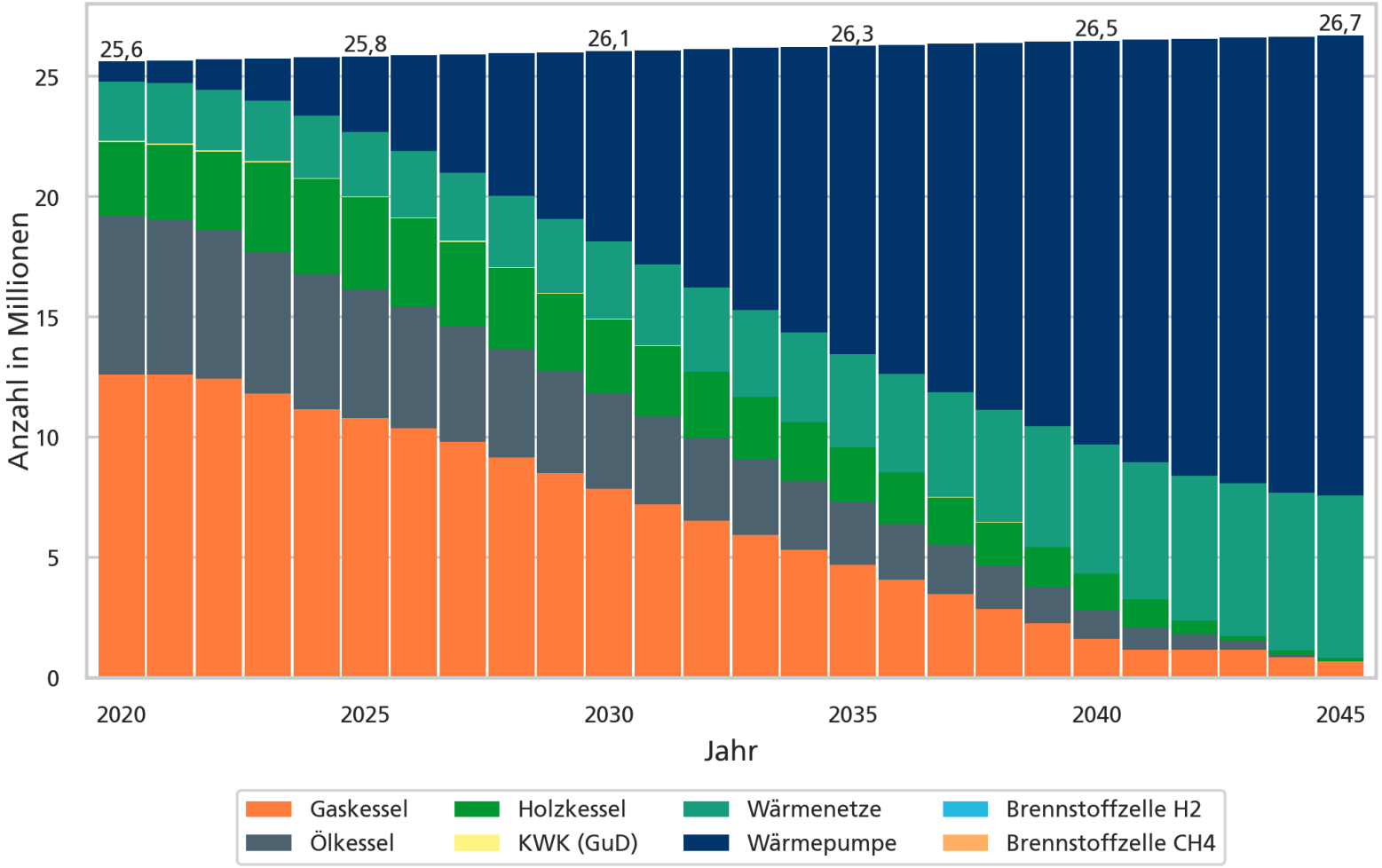
- Rückgang des Energiebedarfs durch Sanierung (2030: 2%/Jahr)
- Schneller Rückgang von Erdgas durch Einsatz von Wärmepumpen und Biomasse



Langfristiger Umstieg von Gas und Öl auf Wärmepumpen und Fernwärme

Gebäudesektor bis 2045

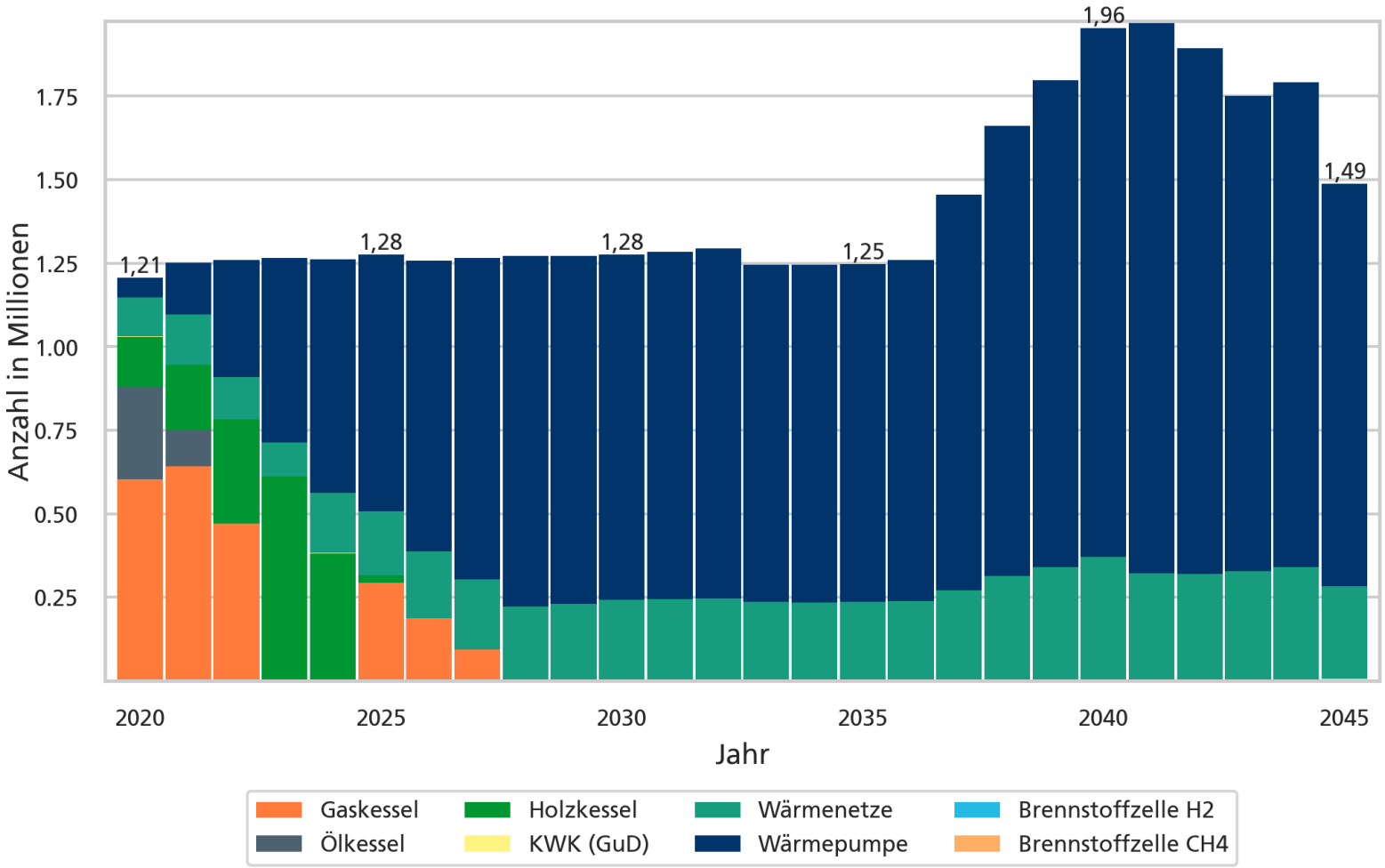
- Biomasse (Holzkessel) spielt im Übergang eine wichtige Rolle – insbesondere auch in der Fernwärme
- Biomasse kann auch bei der Flexibilisierung helfen



Starker Wechsel von Heizungstechnologien

Gebäudesektor bis 2045

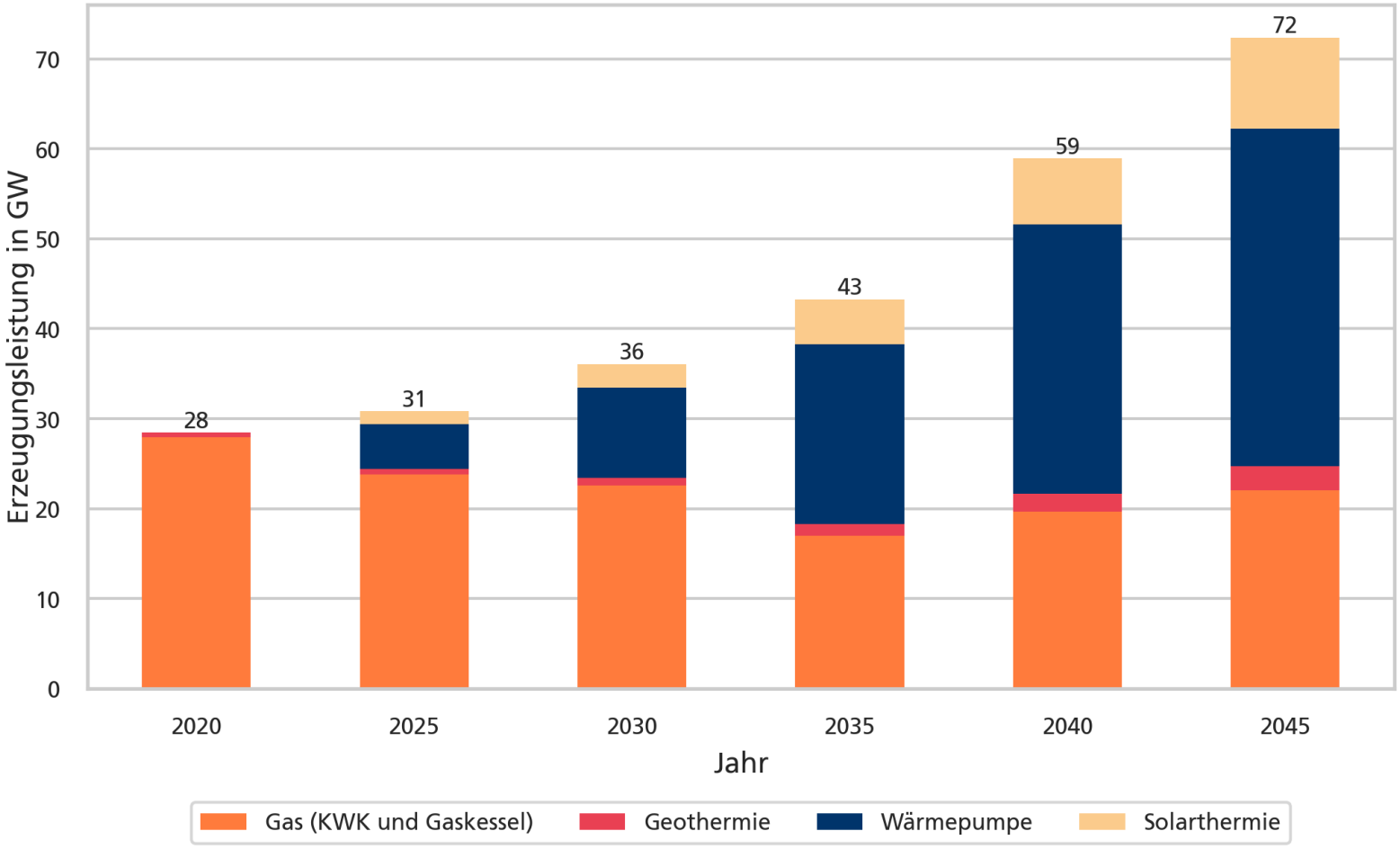
- Starker Rückgang neuer Gaskessel
- Kurzfristiger Einsatz von Biomasse, um Gasverbrauch zu minimieren
- Starker Markt für Wärmepumpen:
  1 Mio. neue Wärmepumpen pro Jahr ab 2028



Starker Zubau von Großwärmepumpen in der Fernwärme

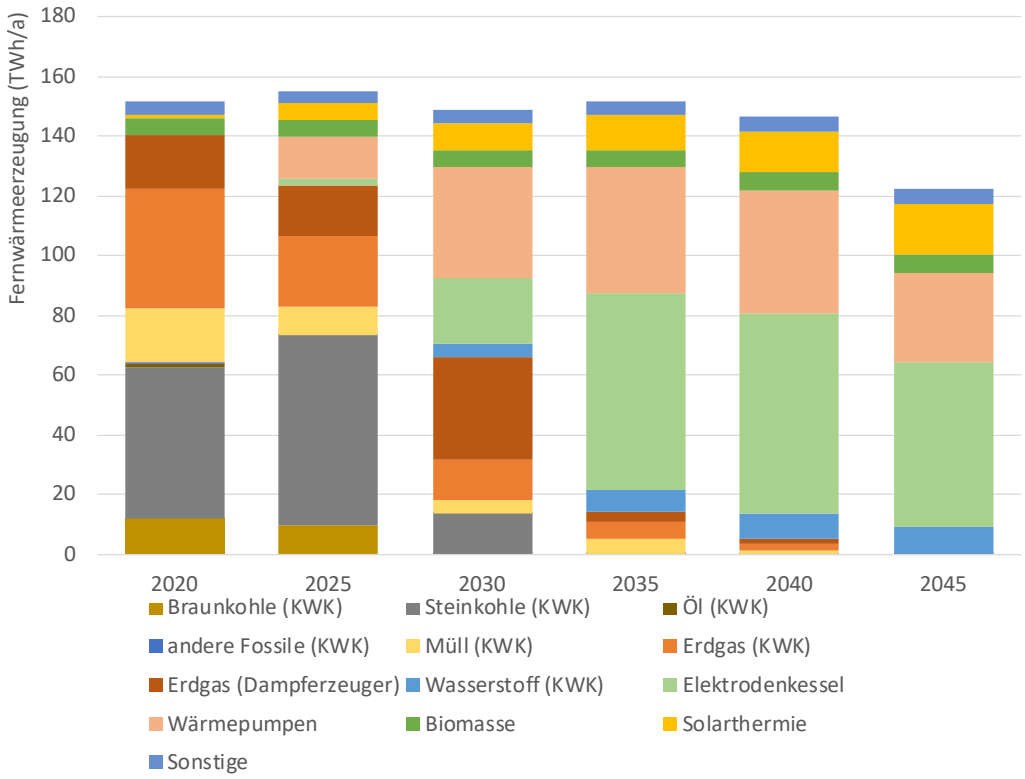
Fernwärme bis 2045

- Starker Zubau von Fernwärmekapazitäten, insbesondere Großwärmepumpen
- Gas-Technologien sind H2-ready und werden zunehmend mit CO2-neutralen Energieträgern betrieben



Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung der Wärmeversorgung und dem Stromsystem

Fernwärmeerzeugung für die allgemeine Versorgung im Szenario S4C-KN *



* SCI4climate.NRW 2022 (Veröffentlichung vsl. Nov. 2022)

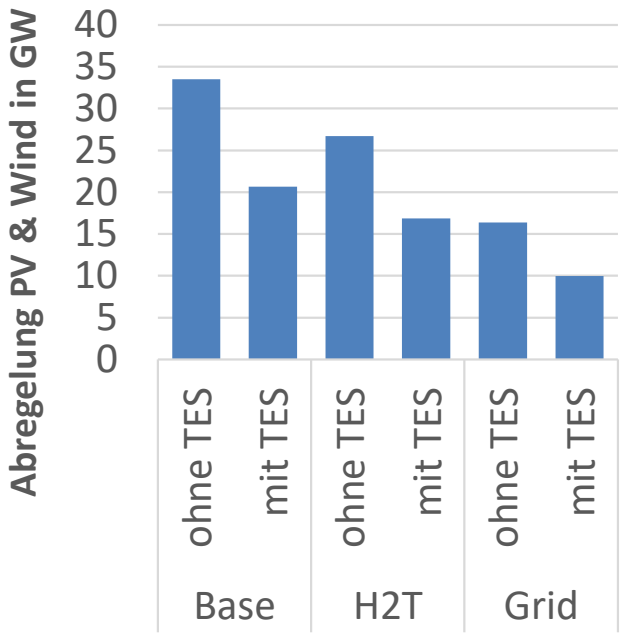
Theoretisch kann ein großer Anteil der Wärme aus Strom erzeugt werden (im Szenario S4C-KN: Hoher EE-Ausbau entspr. Zielen der BuRe bei niedriger klassischer Stromnachfrage, führt zu starkem Einsatz von PtH für Fern- und Industriewärme)

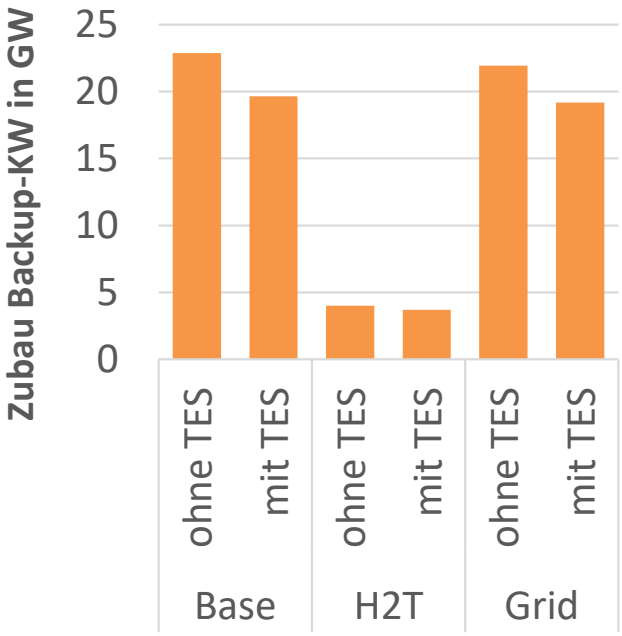
- ➔ Bietet Flexibilität für die Stromseite
- ➔ Wärmesektor kann damit zu einer wichtigen Stütze werden (weniger Stromspeicher benötigt)
- ➔ Verstärkte Abhängigkeit der Wärmeversorgung vom Strommarkt
- ➔ Starke Wechselwirkung zwischen den Sektoren, Entwicklung von Strom und Wärmesektor sollte immer integriert betrachtet werden

Wuppertal Institut

Effekte flexibilisierter Wärmepumpen und KWK auf zukünftige Stromsysteme

Exemplarischer Vergleich von Szenarien für das deutsche Stromsystem mit/ohne Wärmespeicher (TES)





Dargestellte Szenarien:

Base: (Referenz-)Szenario mit > 60% fluktuierendem PV- & Windstrom in Europa, eingeschränkte Flexibilität (ohne Ausbau Netze, Speicher, Importe) und nur direkter Elektrifizierung im Verkehr

H2T: wie Base, aber mit flexibilisierter Wasserstofferzeugung für den Verkehr und zusätzlicher Stromerzeugung

Grid: wie Base, aber mit Option Netzausbau

DLR

Quelle: DLR, Dissertation H.C. Gils: Balancing of Intermittent Renewable Power Generation by Demand Response and Thermal Energy Storage

- Modellierung zukünftiger Stromsysteme (DE im europ. Verbund) zeigt Effekte der flexibilisierten Wärmeversorgung
- Minderung der Abregelung von PV und Wind um ca. 35% bis 40% durch Wärmespeicherzubau in den 3 Szenarien
- Minderung der benötigten Backup-Kraftwerksleistung um ca. 10% bis 15%
- Höhere Werte erwartbar bei mehr PV und Wind onshore; absolute Beiträge abhängig von anderen Flex-Optionen

Agenda

- THG Emissionen in den Sektoren – Zielwerte lt. Bundesklimaschutzgesetz
- Simulationsergebnisse - Beitrag des Wärmesektors
  - Notwendige Änderungen (Elektrifizierung, Biomasse im Übergang, H_2-Anteil, Geothermie)
  - Anzahl der Wärmepumpen
  - Einfluss auf Wärmenetze
- **Hemmnisse zur Zielerreichung im Gebäudesektor**
- Konkrete Beispiele zeigen den Aufwand!

Hemmnisse zur Zielerreichung im Gebäudesektor

Energieträgerwechsel und Sanierung

Mehrfamilienhäuser / Wohnungswirtschaft

- Ökonomische Faktoren
  - ➔ lange Amortisationszeiten
  - ➔ Mieter / Vermieter Dilemma
- Wenig Erfahrung / Vorbehalte gegenüber Wärmepumpen

Wohnungseigentümergemeinschaften und private Eigentümer

- Hohe Kosten
- Wenig finanzielle Mittel
- Kommunikationsanforderungen/ Entscheidungsprozesse

Allgemein: Fachkräftemangel und Lieferketten

Mögliche regulatorische Unterstützung:

in Schweden – nur 2 Hebel:

(1) Hoher CO2-Preis

(2) Konzept der Warmmiete

➔ Vermieter hat Anreiz zur Investition

➔ Amortisationszeit sinkt

➔ Wärmepumpe wird zur Standardtechnologie

➔ Ergebnis: CO2 Emission im Gebäudesektor in 20 Jahren um 95% gesenkt

https://www.agora-energiewende.de/presse/pressemitteilungen/warmmiete-macht-co2-preis-auf-oel-und-gas-mieterfreundlich-
https://www.dbfz.de/projektseiten/waermemonitoring

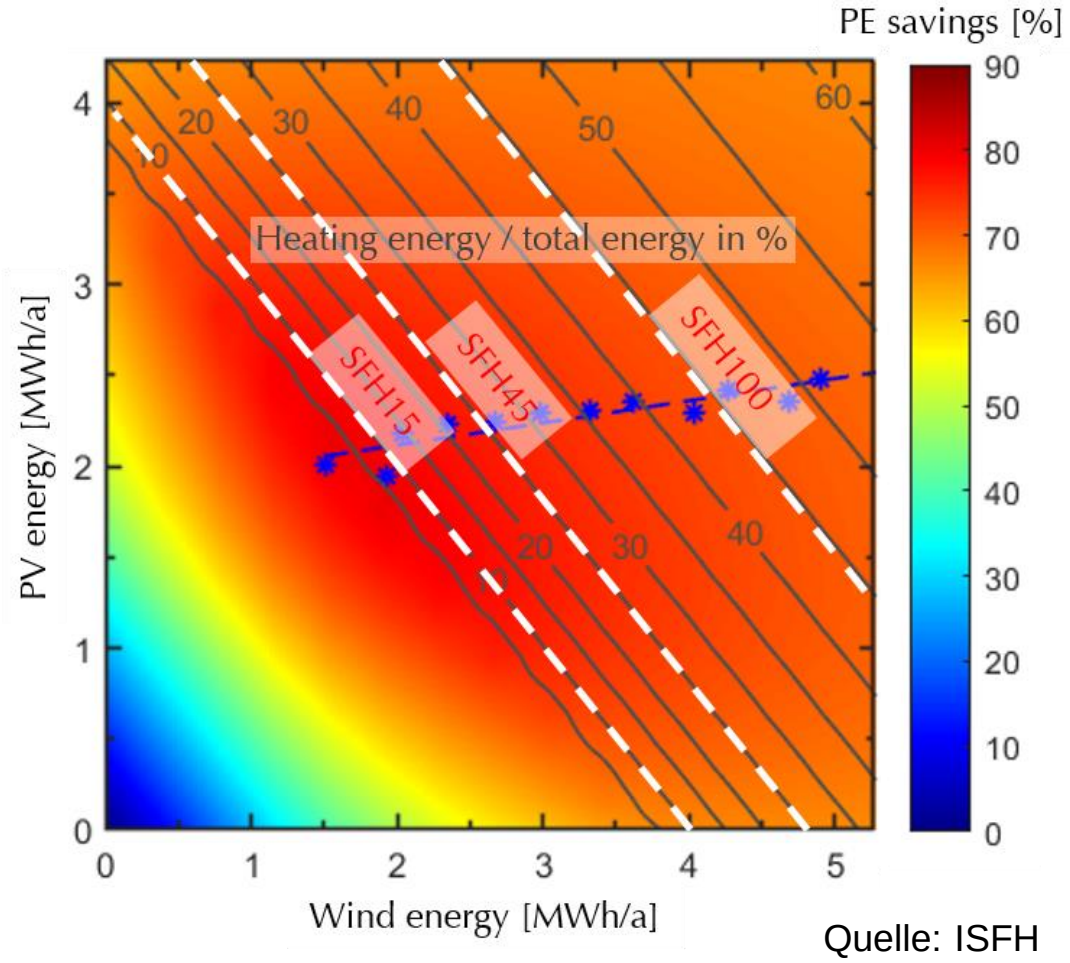
Agenda

- **THG Emissionen in den Sektoren – Zielwerte lt. Bundesklimaschutzgesetz**
- **Simulationsergebnisse - Beitrag des Wärmesektors**
  - Notwendige Änderungen (Elektrifizierung, Biomasse im Übergang, H_2-Anteil, Geothermie)
  - Anzahl der Wärmepumpen
  - Einfluss auf Wärmenetze
- **Hemmnisse zur Zielerreichung im Gebäudesektor**
- **Konkrete Beispiele zeigen den Aufwand!**

Klimaneutrale Wärme aus regionalen Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen im Wärmepumpenquartier

- Primärenergieeinsparung durch Nutzbarmachung regional erzeugter Erneuerbarer Energie
- Hoher regionaler Versorgungsgrad (>70%) für große Bandbreite an Dämmstandards (15...100 kWh/(m²·a)) möglich
- Wind-Sonne-Optimum abhängig von regionalen Gegebenheiten und Dämmstandard

Leitfaden & Planungshilfe:



Quelle: ISFH

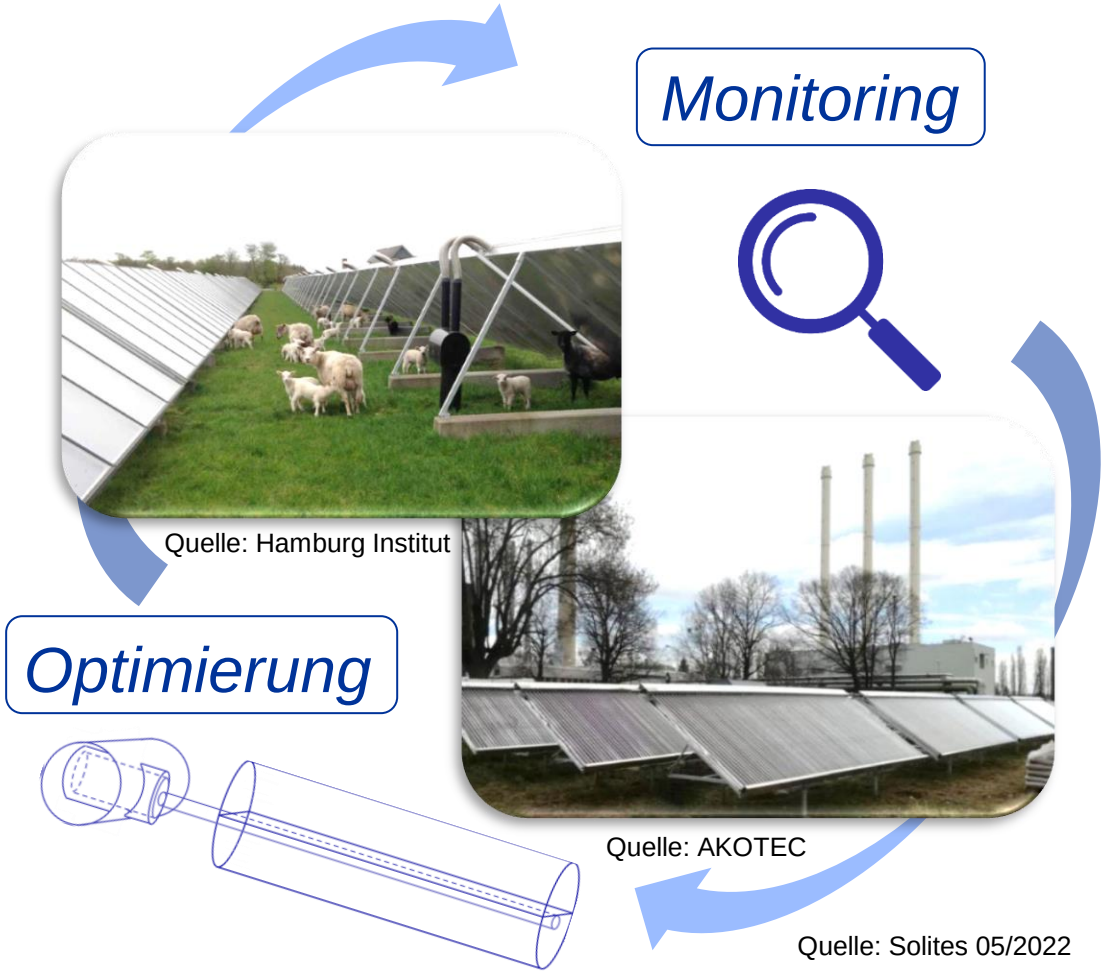
Solarthermie zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen

„Bereits heute sind 45 Großanlagen mit einer Leistung von 79 MW und einer Kollektorfläche von 112.000 m² installiert“

- Bis 2026 wird eine Vervierfachung der städtischen Fernwärme erwartet
- Kompatibilität mit allen verfügbaren Wärmeerzeugern gegeben und (fossile) Brennstoffe können eingespart werden

F&E-Aufgaben:

- ➢ Synergien bei Nutzung von Freiflächen stärken
- ➢ Innovative Systemkonzepte entwickeln
- ➢ Strategien für hohe EE-Anteile identifizieren & umsetzen
- ➢ <u>Ziel:</u> Senkung des solaren Wärmepreises um 15-30%



Quelle: Hamburg Institut

Quelle: AKOTEC

Quelle: Solites 05/2022

Abwärmenutzung in Rechenzentren (Projekt Eco-RZ)

SWOT

Stärken

Verbesserte Energie-verwertung

Energieeffizienz steigt

Schwächen

Niedrige Abwärme Qualität

Höheres Investment

Saisonale Abweichungen beim Wärmebedarf der Nutzer

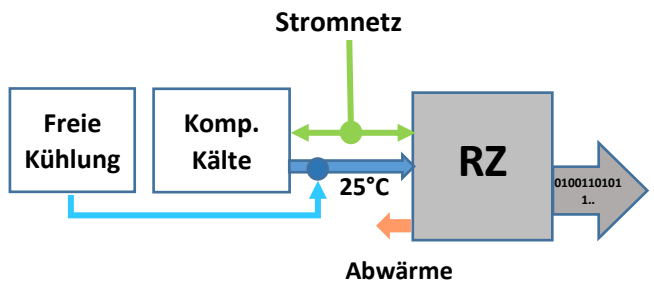
Chancen

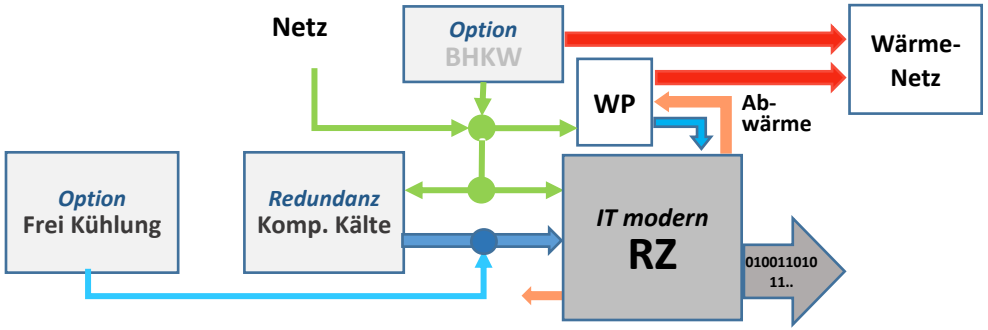
Einkommen für RZ statt Wärmeentsorgungskosten

Gefahren

Keine Garantie für Anschluss an Wärmenetz oder Wärmeabnahme im Sommer

Vertragliche Risiken als Wärmelieferant





Bei Versorgung des Rechenzentrums aus BHKW oder Netz alternativ:

- kann das Rechenzentrum Flexibilität am Strommarkt anbieten
- je nach aktuellem CO_2-Anteil des Netzstroms Netzstrom oder BHKW Strom mit Abwärmenutzung verwenden
- nur mit Nutzung einer Wärmepumpe im Kältekreis wird das Temperaturniveau der Abwärme interessant für ein Wärmenetz (Skandinavisches Modell); die Wärmepumpe ersetzt die Kompressionskühlung.
- Je geringer der CO_2 –Anteil im Strommix wird, desto weniger lohnt sich der Einsatz eines BHKW

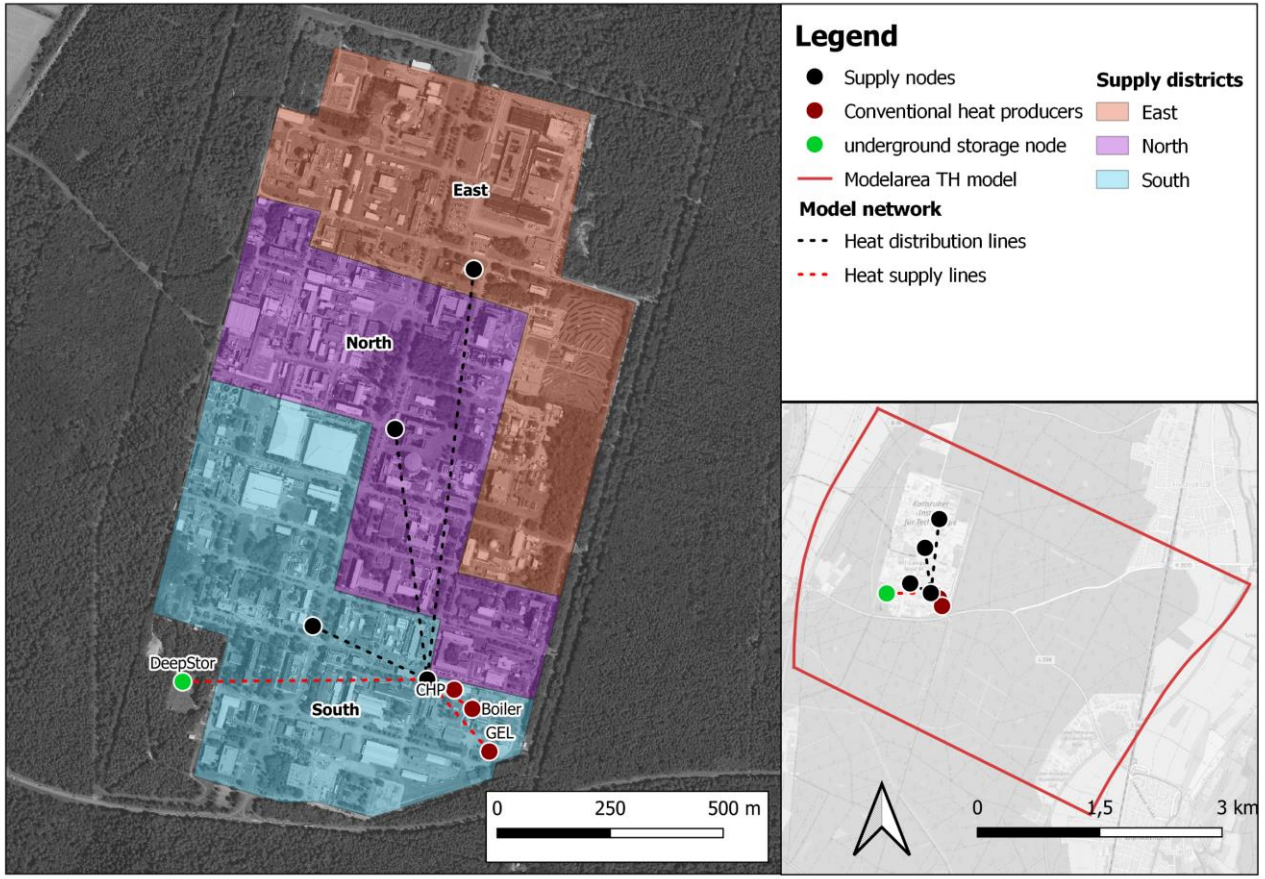
Quelle: ZSW/Binder

Integriertes Konzept für die lokale Wärmewende mit geothermischer Wärmeerzeugung und Aquiferspeicherung

- Forschungscampus mit Wärmeversorgung im autarken Inselbetrieb
  - ➔ ca. 40 GWh jährlicher Wärmebedarf
- Wärmeerzeugung aus 100% fossilen Brennstoffen (Erdgas)
- Ziele:
  - CO2-neutraler Campus bis 2030
  - Geringere Abhängigkeit von Erdgas

Simulation:

- 81% CO2 Ersparnis im Vergleich zum Jahr 2019
- Saisonale Wärmespeicherung kann bis zu 7% Emissionen zusätzlich sparen



P. Zwickel, F. Bauer, K. Schätzler, U. Steiner, S. Waczowicz, V. Hagenmeyer, E. Schill, Integrated Concept of local heat transition using geothermal heat production, aquifer storage and optimal scheduling of distribution network, European, Geothermal Congress (EGC) 2022, Berlin, 2022

Masterarbeit, J. Herrmann, CO2-Neutralität am KIT Campus Nord: Potenziale erneuerbarer Energien und ihr Einfluss auf die Eigenversorgung und die Wirtschaftlichkeit, 2022 KIT

Zusammenfassung

Die Herausforderungen und Anregungen

- wesentlicher Trend: Elektrifizierung der Wärmeversorgung – Schwerpunkt Wärmepumpen
- auch Fernwärme muss zunehmen, auch hier immer mehr Wärmepumpen im Netz
- langfristig Hochtemperaturwärmepumpen in der Industrie
- als Zwischentrend – etwas mehr Biomassenutzung – wird am Ende wieder zurückgehen
- Wärme liefert Flexibilitätspotential um fluktuierenden Solar- und Windstrom effizienter zu nutzen
  - verringert Bedarf für elektrische Zwischenspeicher
  - langfristige Rolle KWK und synthetische Gase noch offen
- Hindernisse:
  - hoher technischer Aufwand für Umrüstung der Wärmeversorgung
  - hoher Invest mit langen Amortisationszeiten
  - Mieter / Vermieter Dilemma
- Abhilfe:
  - Markt erzeugen → CO_2 Preis; Warmmieten
  - Informieren, Regulieren und Standards vorschreiben
- F&E wird einen Beitrag Leisten leiten um die Kosten zu senken und den Umstieg zu beschleunigen

Vielen dank für Ihre Aufmerksamkeit!