Integrierte, sektorgekoppelte Energieversorgung von Unternehmen: Die Rolle von grünem Strom, Wasserstoff und Wärme

Dr. Christoph Kost

Ludwigsburg, 14.November 2024
www.ise.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Forschen für die Energiewende seit 1981

Das Institut in Zahlen

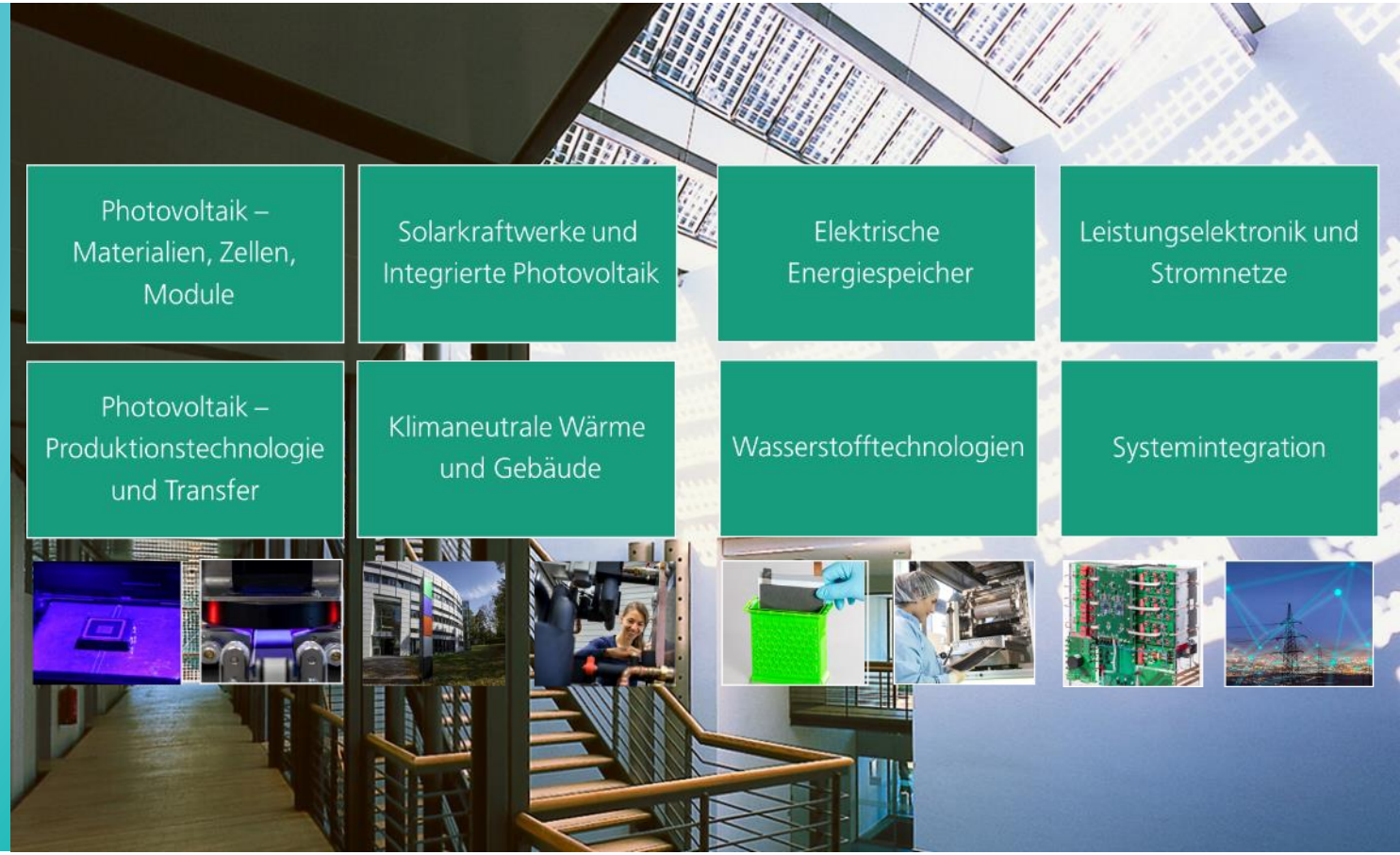
Institutsleiter

Prof. Dr. Hans-Martin Henning
Prof. Dr. Andreas Bett

Mitarbeitende rund 1500

Budget 2022

Betrieb	111,5 Mio. EUR
Invest	9,1 Mio. EUR
Gesamt	120,6 Mio. EUR



©Fraunhofer ISE
public

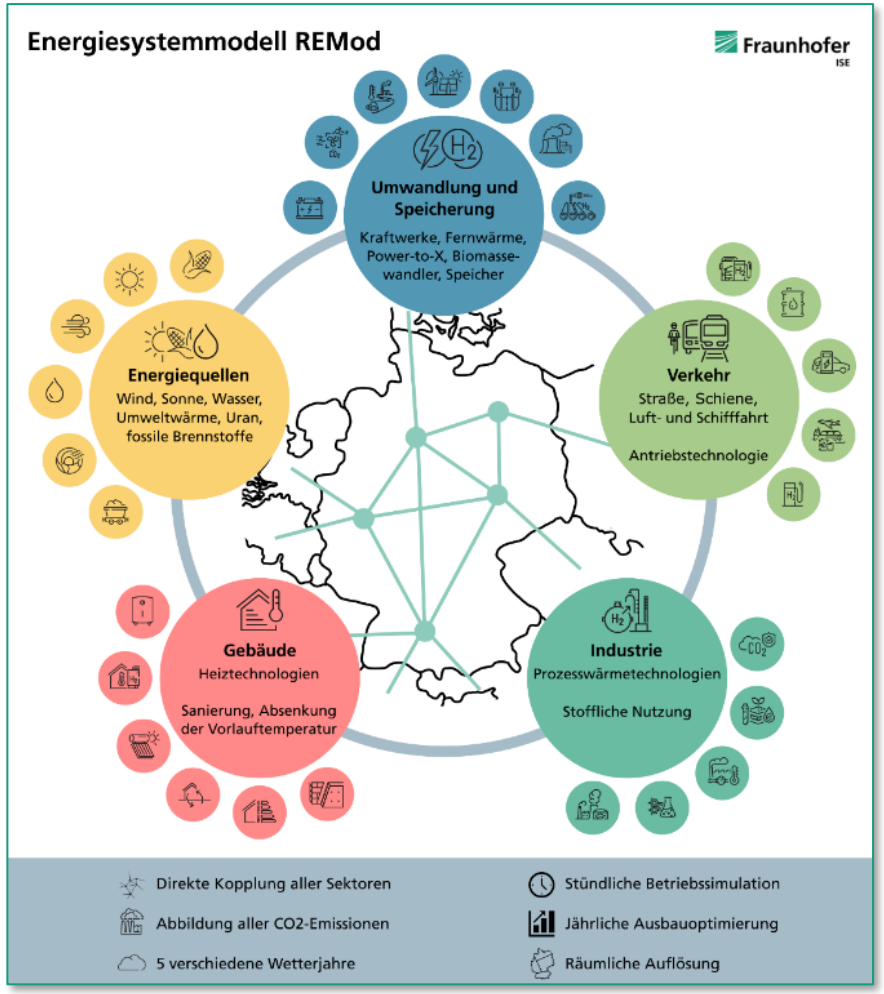
Fraunhofer ISE

Agenda

1. Industriesektor in Richtung Klimaneutralität
2. Planung und Transformation der Energieversorgung von Unternehmen
3. Energiemarktentwicklungen

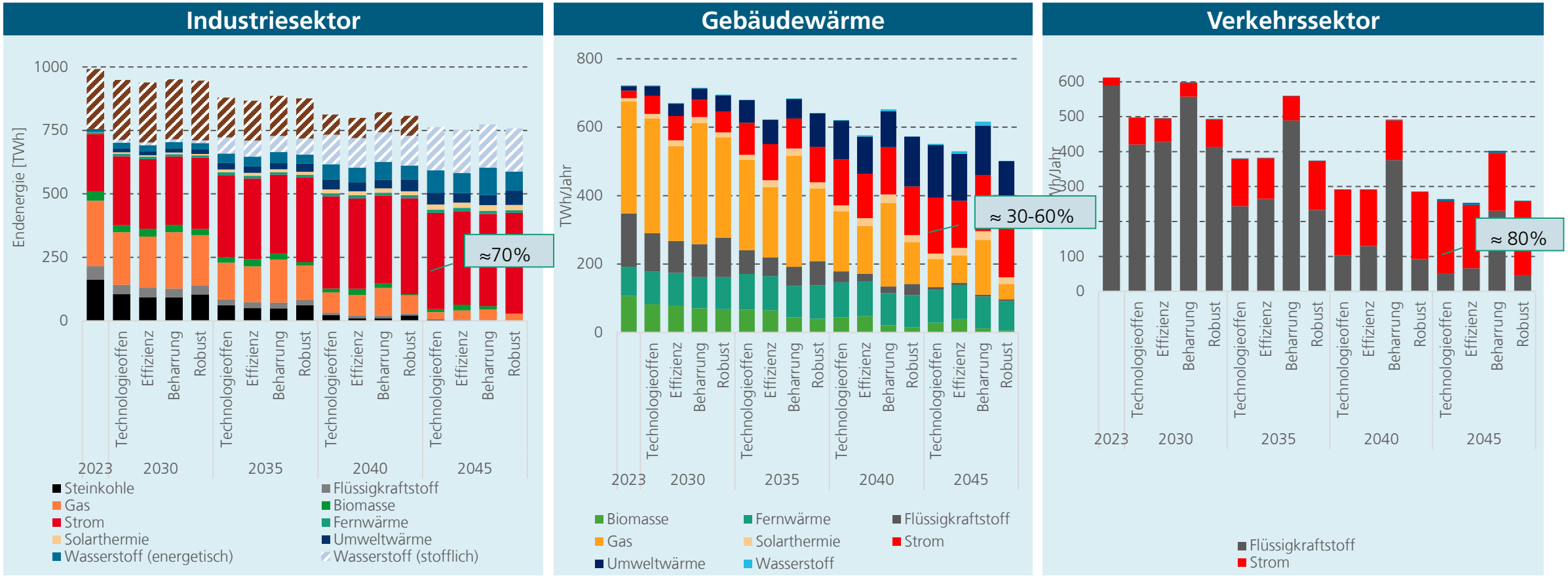
©Fraunhofer ISE
public

Das Fraunhofer ISE analysiert die Transformation von Energiesystemen auf Unternehmensebene und auf gesamtdeutscher Ebene.



©Fraunhofer ISE
public

Dekarbonisierung beinhaltet einen Schwerpunkt auf direkter Elektrifizierung in den Verbrauchssektoren.

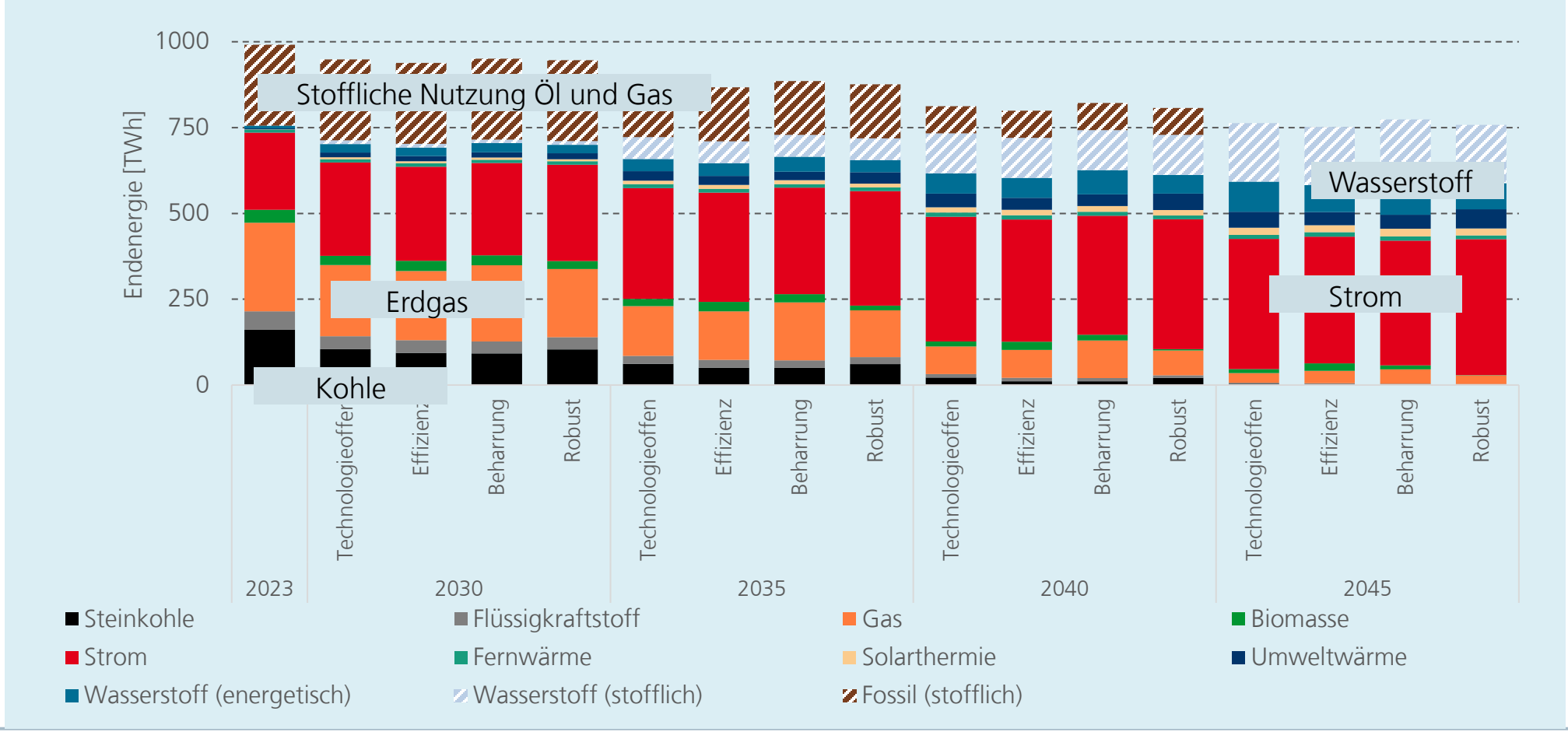


©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

Von Erdgas, Kohle und Öl zu Strom und Wasserstoff

Industriesektor

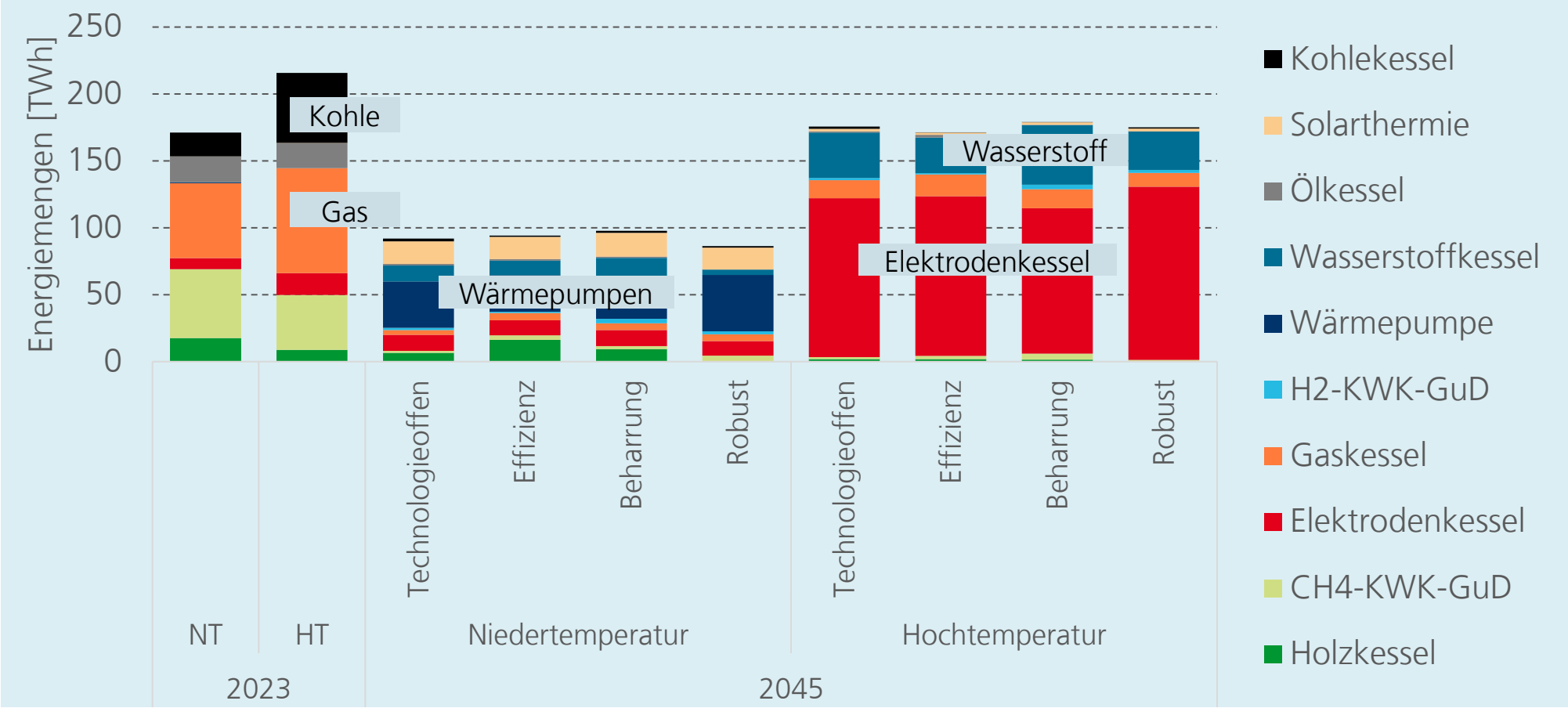


©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

Prozesswärme: Unterschiedliche Energiebereitstellung je nach Temperaturbedarf

Prozesswärme: Energiebereitstellung nach Temperaturnivaus



©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

Der Strombedarf steigt.
Entwicklungen nach Industriesektoren und Landkreisen

Strombedarf nach Industriesektoren in BaWü

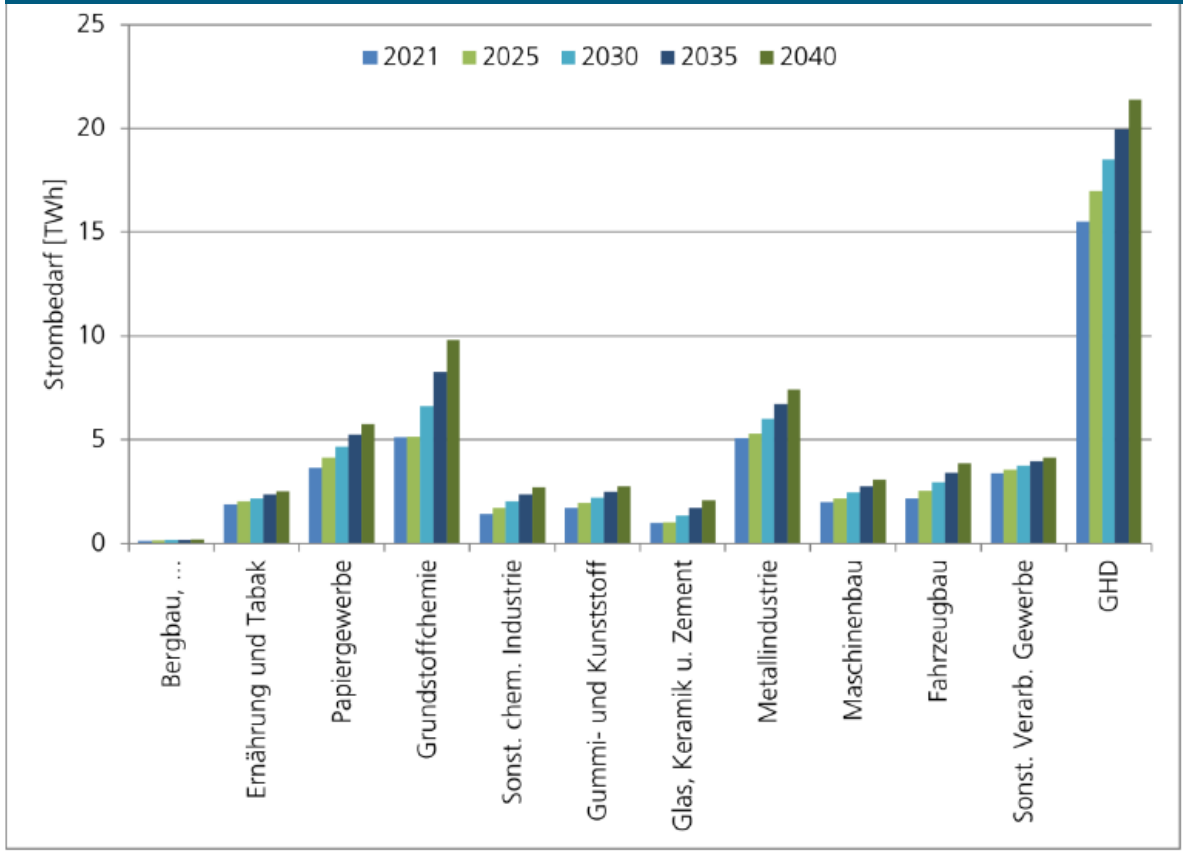


Abbildung 7: Strombedarfsentwicklung nach Branchen für die Sektoren Industrie und GHD im Basisszenario für das Land Baden-Württemberg

Strombedarf nach Landkreisen in BaWü in 2040

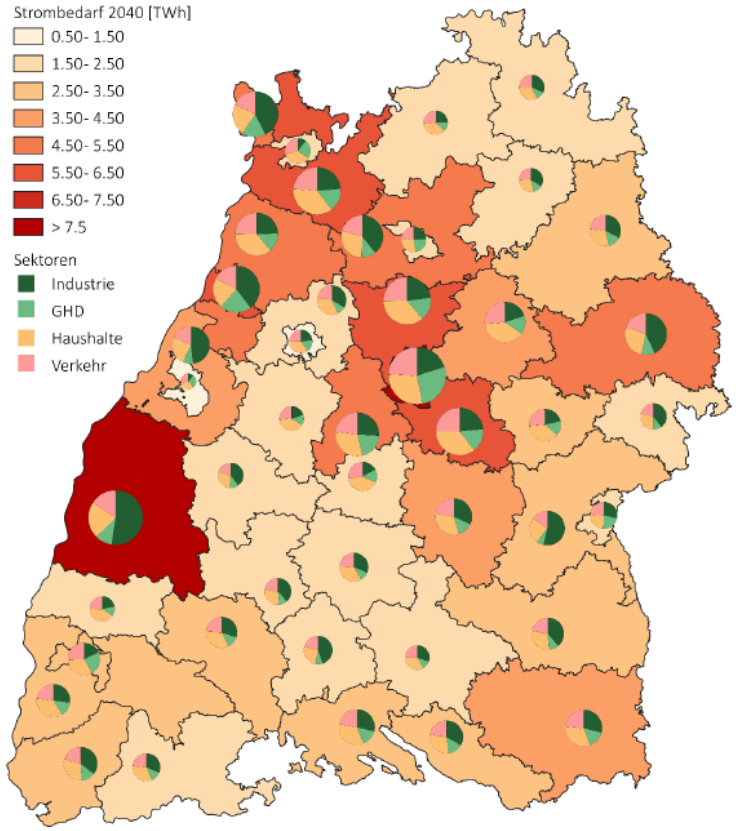


Abbildung 5: Strombedarf im Jahr 2040 nach Sektoren im Bundesland Baden-Württemberg für das Basisszenario ohne den Sektor PtX

©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

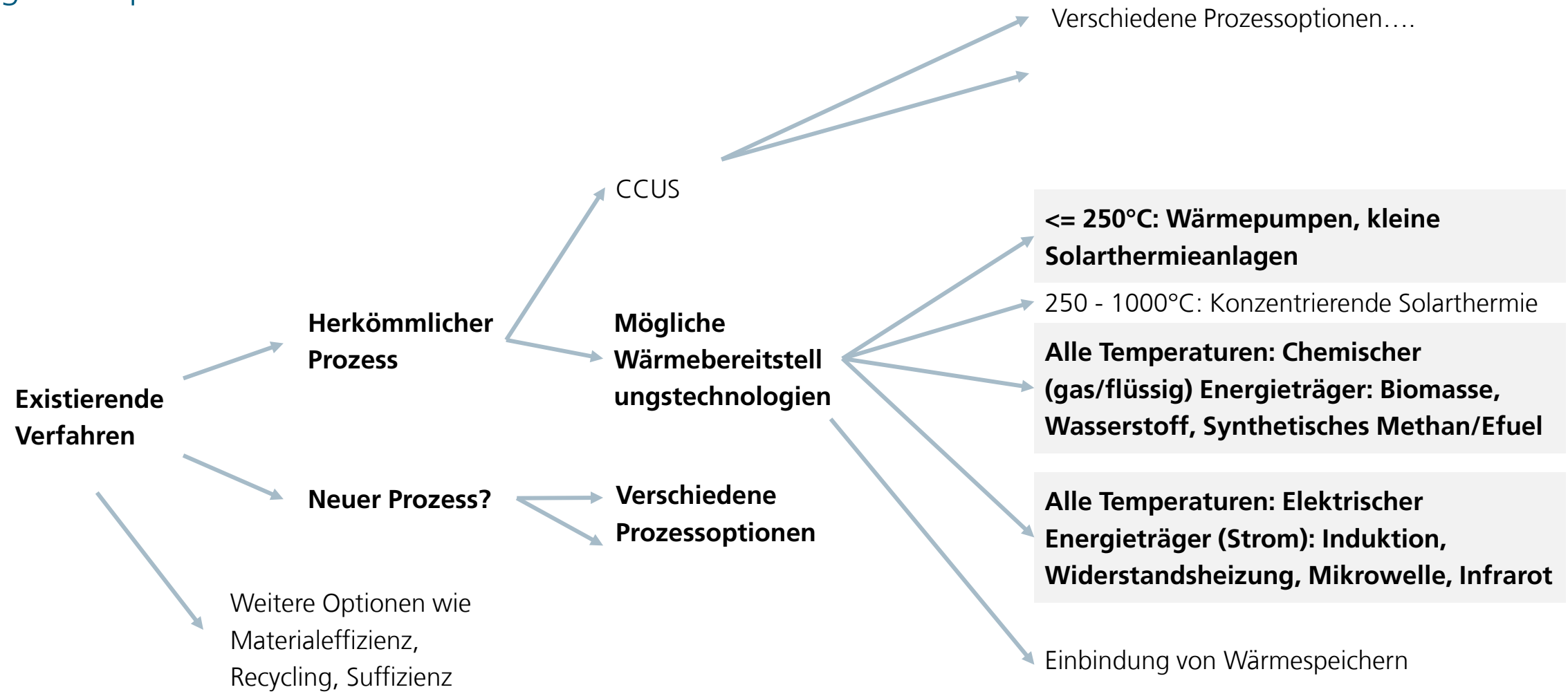
Agenda

1. Industriesektor in Richtung Klimaneutralität
2. Planung und Transformation der Energieversorgung von Unternehmen
3. Energiemarktentwicklungen

©Fraunhofer ISE
public

Optionen der CO2-neutralen Wärmebereitstellung und Dekarbonisierung

Mögliche Optionen



Quelle: Bataille et al. 2018:A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris Agreement, in: *Journal of Cleaner Production* 187 (2018), 960-973.

©Fraunhofer ISE
public

Planung und Entwicklung optimaler Transformationsstrategien für die Energieversorgung

DISTRICT

DISTRICT ist ein am Fraunhofer ISE entwickeltes Energiesystemmodell

Industrieprozess — *klein* → *groß* — **Stadtgebiete**

Mikroebene

Hoher Detailgrad bei der Darstellung der zeitlichen und technologischen Dimension

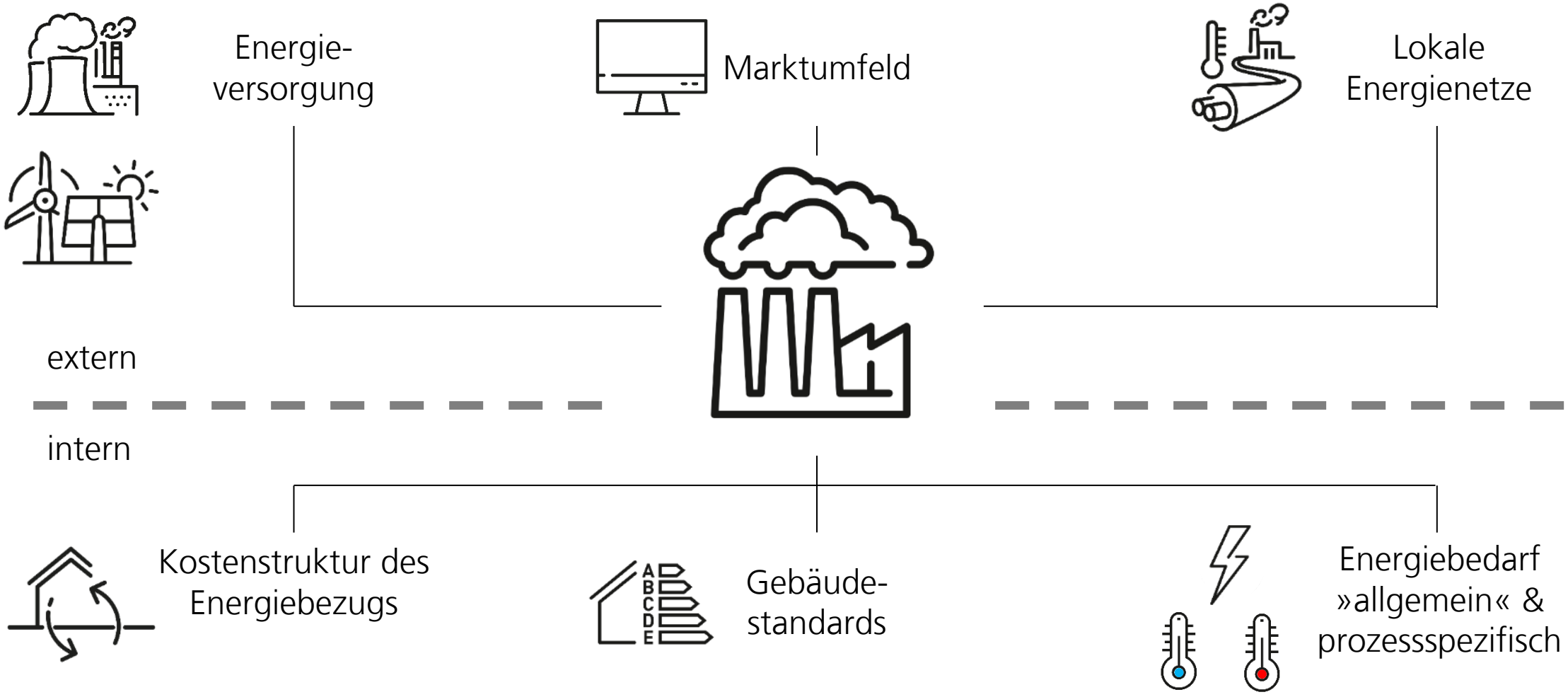
Abbildung aller gebräuchlichen Technologien & Zeitschritte

Berücksichtigung von Gebäuden entsprechend ihres Energiestandards

©Fraunhofer ISE
public

Systemanalyse an einem oder mehreren Standorten

Erlaubt die Analyse von Unternehmen in deren komplexen Energieumwelt



©Fraunhofer ISE
public

Systemanalyse an einem oder mehreren Standorten

Unsicherheiten durch Szenarien abbilden und so robuste Strategien entwickeln

DISTRICT

Energie-
versorgung

Marktumfeld

Lokale
Energienetze

Unsicherheiten bei den Einflussfaktoren mit Szenarien abbilden, analysieren & entsprechende Strategien entwickeln.

Unsicherheiten zur Entwicklung → *Konsistente Szenarien definieren* → *Ableitung von robusten Strategien*

extern

intern

Kostenstruktur des
Energiebezugs

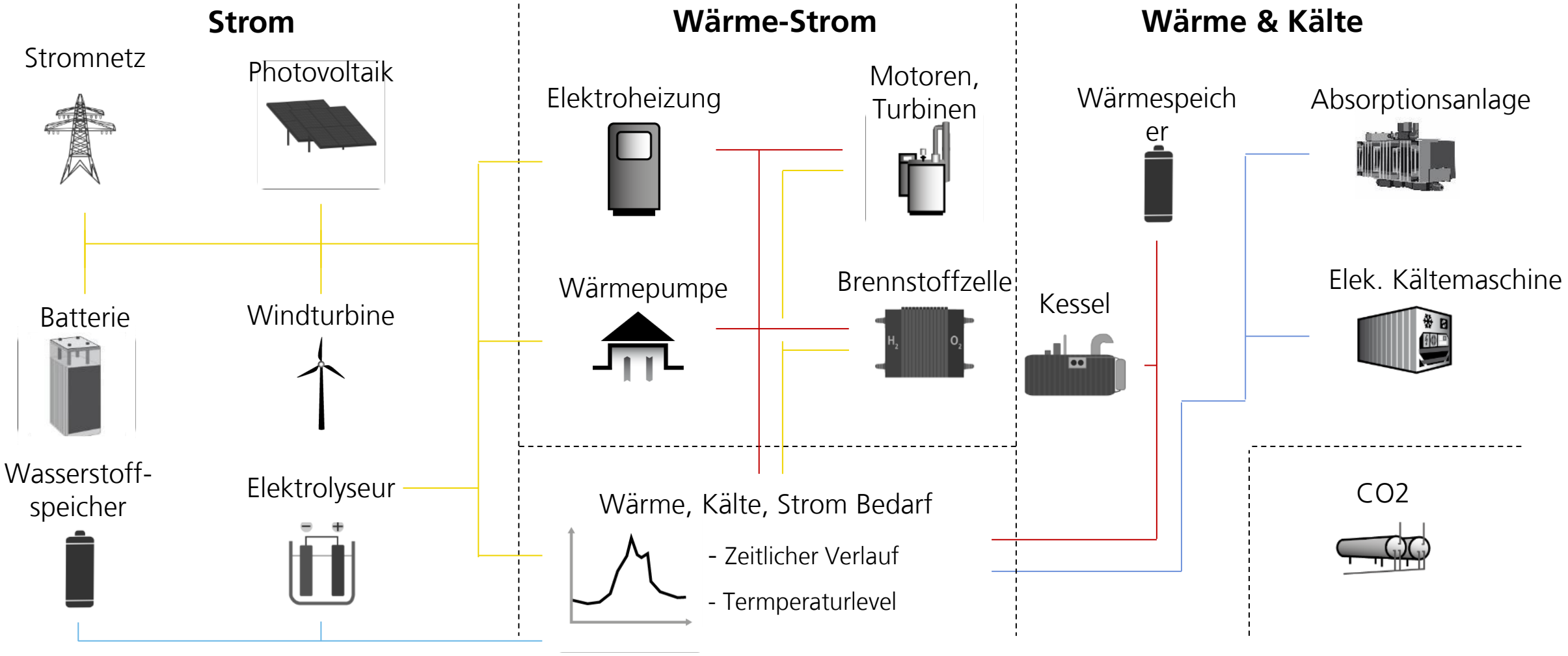
Gebäude-
standards

Energiebedarf
»allgemein« &
prozessspezifisch

©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

Mögliche Technologien und Nachfragen



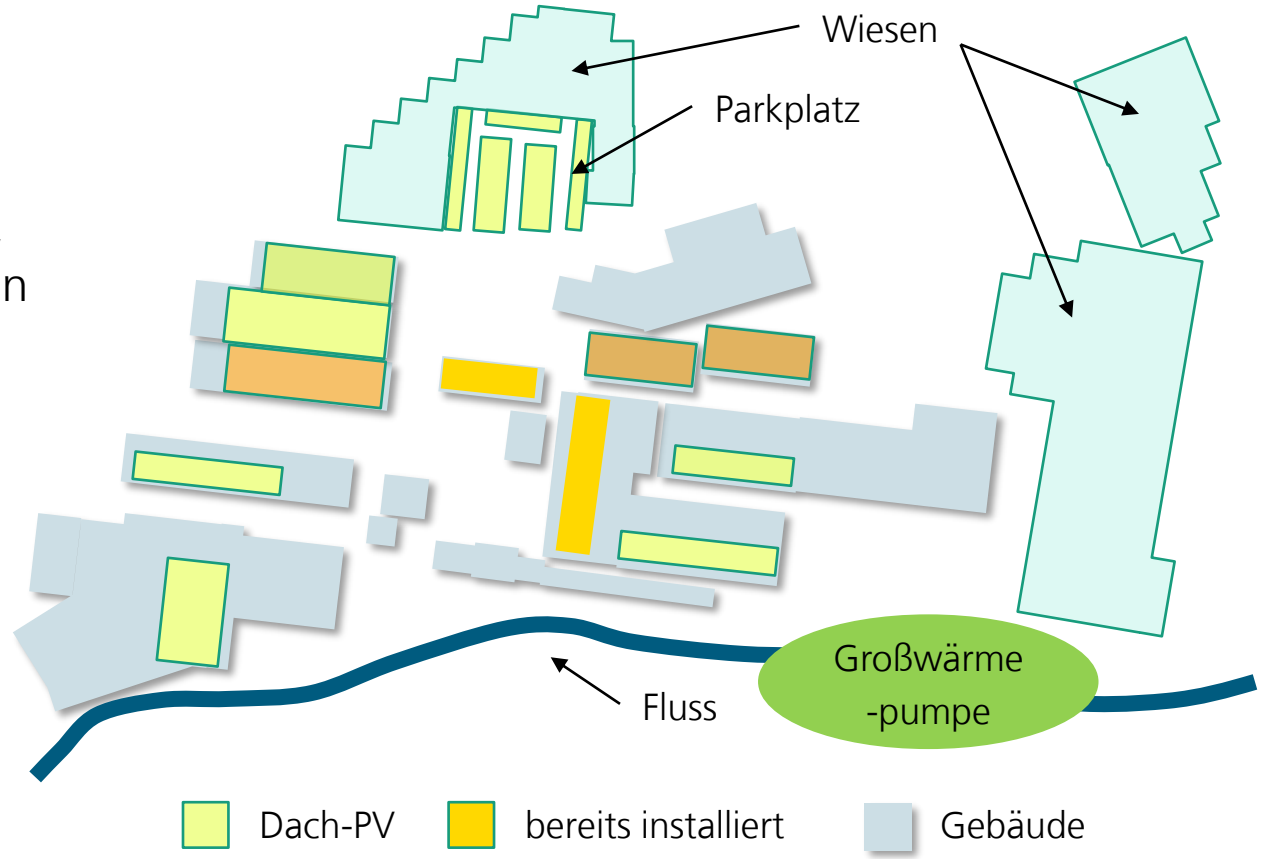
©Fraunhofer ISE
public

Vorteile einer genaue Potenzialanalyse

IST-Zustand anhand von Messdaten, Potenzialerhebung & Abbildung

- Erhebung der aktuellen Verbrauchsdaten und gebäude-/prozessscharfe Darstellung
- Prüfung von Abwärmepotenzialen
- Analyse der Erneuerbaren Potenziale sollte zukünftig nicht nur PV, Wind und Solarthermie, sondern auch mögliche Wärmequellen umfassen

Skizze einer Liegenschaft

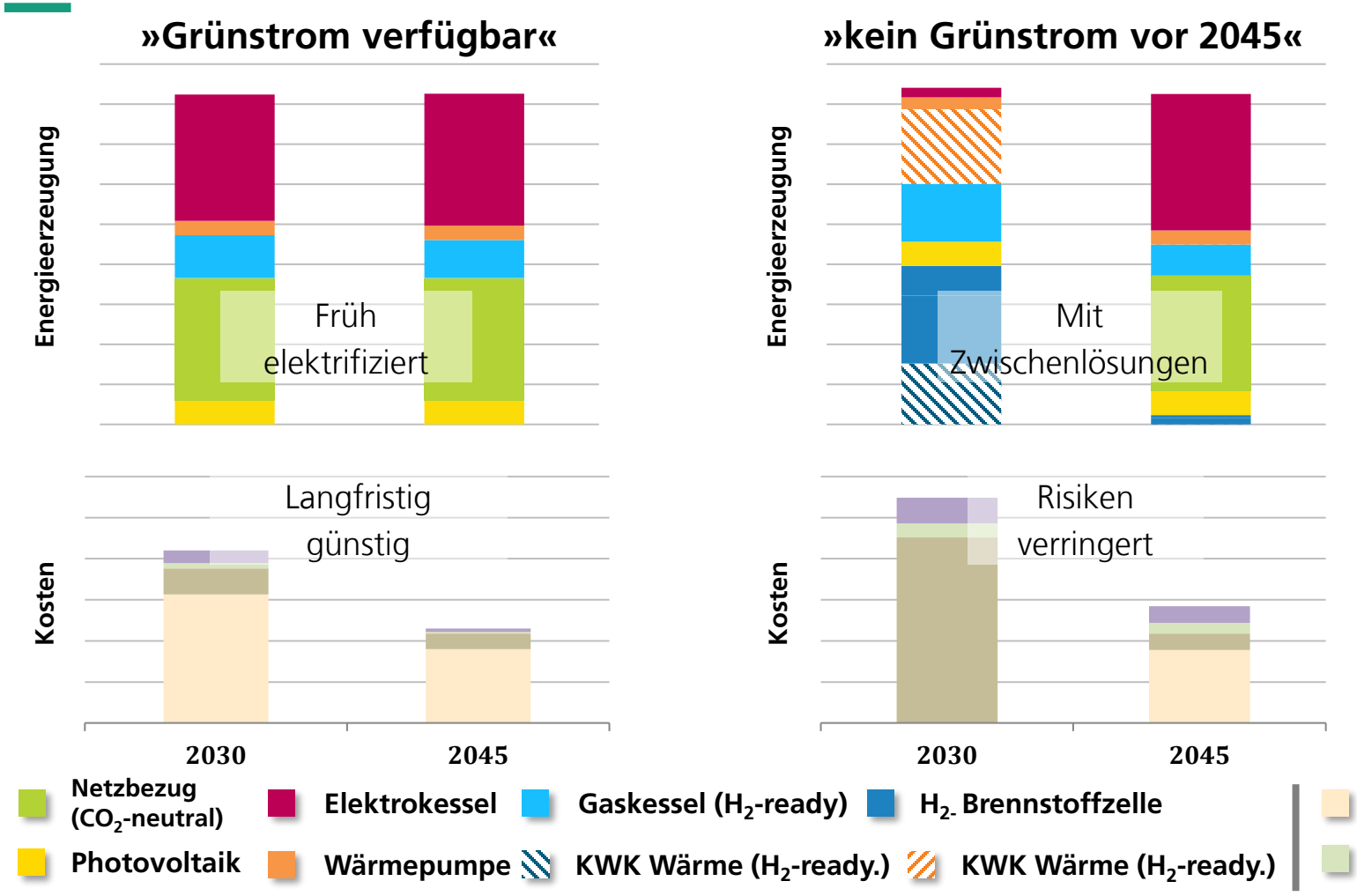


©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

Einflussfaktoren sichtbar machen – Szenarioanalyse als Werkzeug

Günstigsten Versorgungsmix bestimmen



DISTRICT

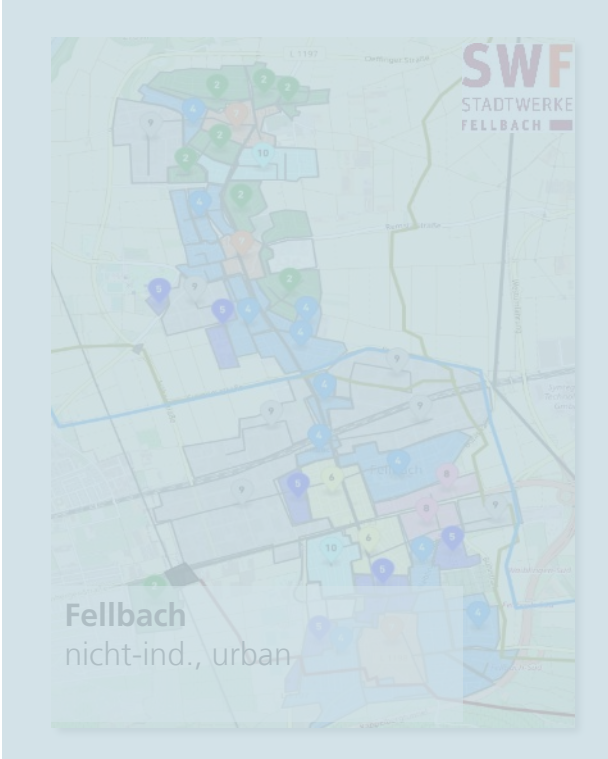
- PV-Anlage No-Regret Maßnahme
- Temperaturniveaus der Prozesse 100 – 450°C, Zuordnung zu passenden Versorgungstechnologien

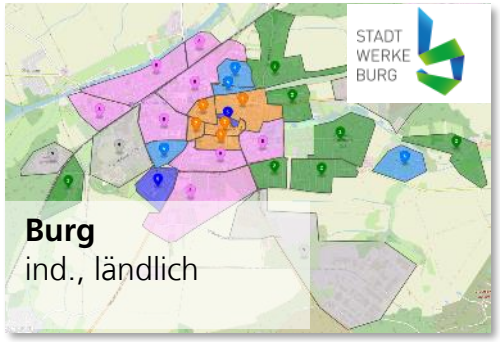
©Fraunhofer ISE
public

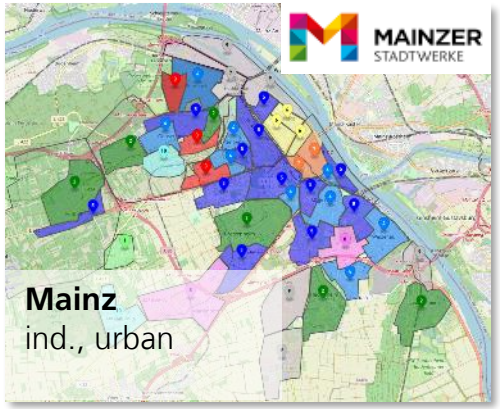
Fraunhofer ISE

Kommunale Energieleitplanung – vier Beispiele

Diverse Siedlungsstrukturen mit unterschiedlichen Anteilen Industrieller Energienachfrage





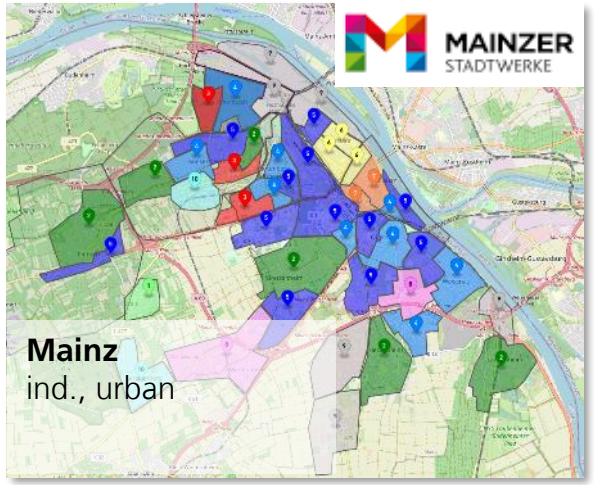


- Entwicklung sektorgekoppelter Transformationspfade des lokalen Energiesystems für vier Versorgungsgebiete
- Vorhandene Infrastrukturen, Erneuerbare-Energien-Potentiale, und der Gebäudebestände müssen berücksichtigt werden

©Fraunhofer ISE
public

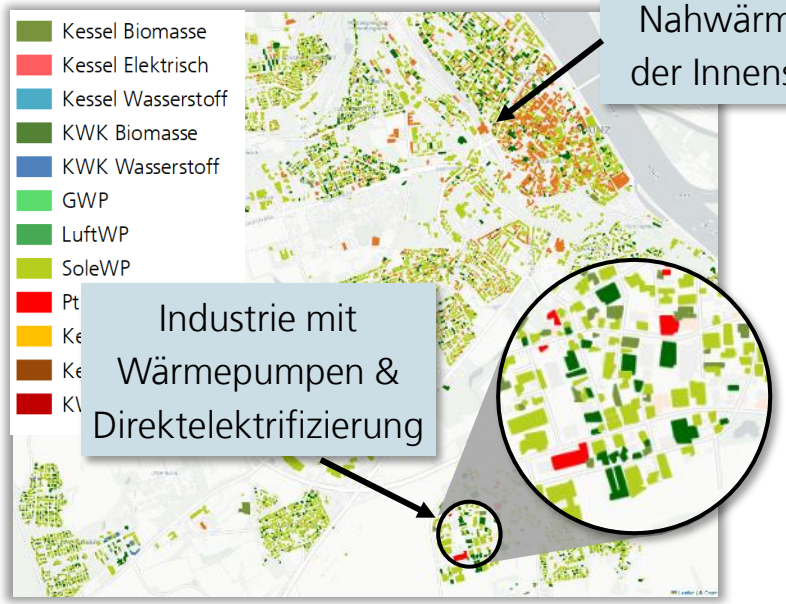
Interaktion kommunaler Planung - Unternehmensdekarbonisierung

Industrielösungen beeinflussen Infrastrukturplanung

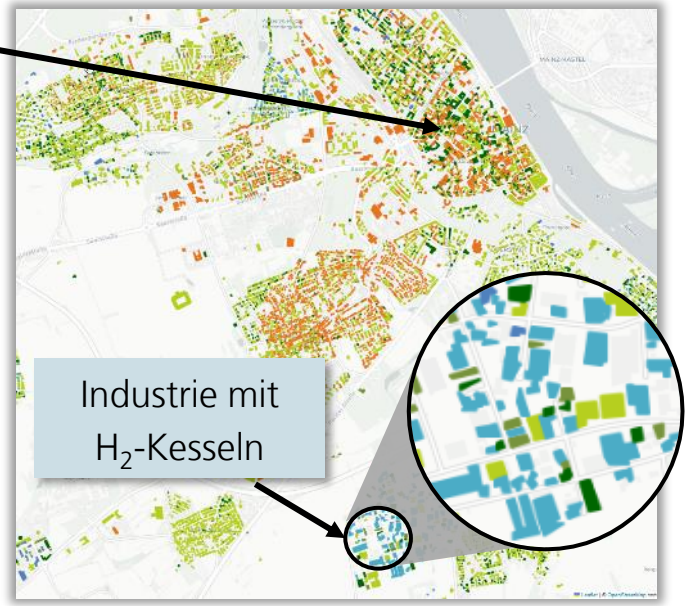


Mögliche Verteilung der Versorgungsanlagen auf Gebäude in Mainz in 2045*

Szenario Elektrifizierung



Szenario günstiger H2



- Wasserstoff in der Prozesswärme
- Hochtemperaturwärmepumpen für Prozesswärme bis 200°C
- Netzinfrastruktur beeinflusst Verfügbarkeit und Nachfrage beeinflusst Netzinvestitionen
- Dialog und Interaktion notwendig!

* Je nur eine Technologie je Gebäude mit statistischer Verteilung der Erzeuger nach Bestand sowie Gebäudetyp

©Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

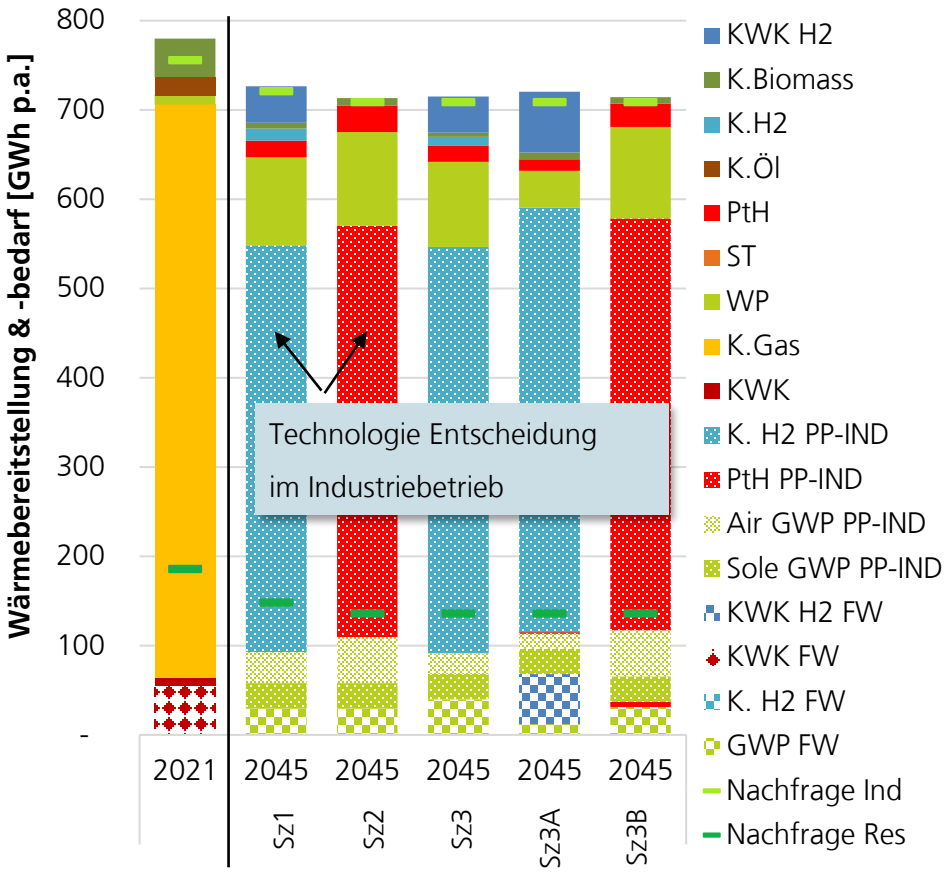
Bei hohem Anteil der Prozesswärme am Wärmebedarf ist die Versorgungslösung der Industrie entscheidend für die Dekarbonisierungsstrategie

Detailanalyse Burg b. M.

Wenn der Prozesswärmebedarf in der Industrie den Raumwärmebedarf deutlich übersteigt, ist die Dekarbonisierungsstrategie der energiebeziehenden Unternehmen entscheidend für den Transformationspfad des Versorgungsgebietes.

- Beispiel Burg: Industrie 80 % der Nachfrage ► dominiert die Gesamtlösung

Wärmebereitstellung und Bedarf in Burg 2045



©Fraunhofer ISE
public

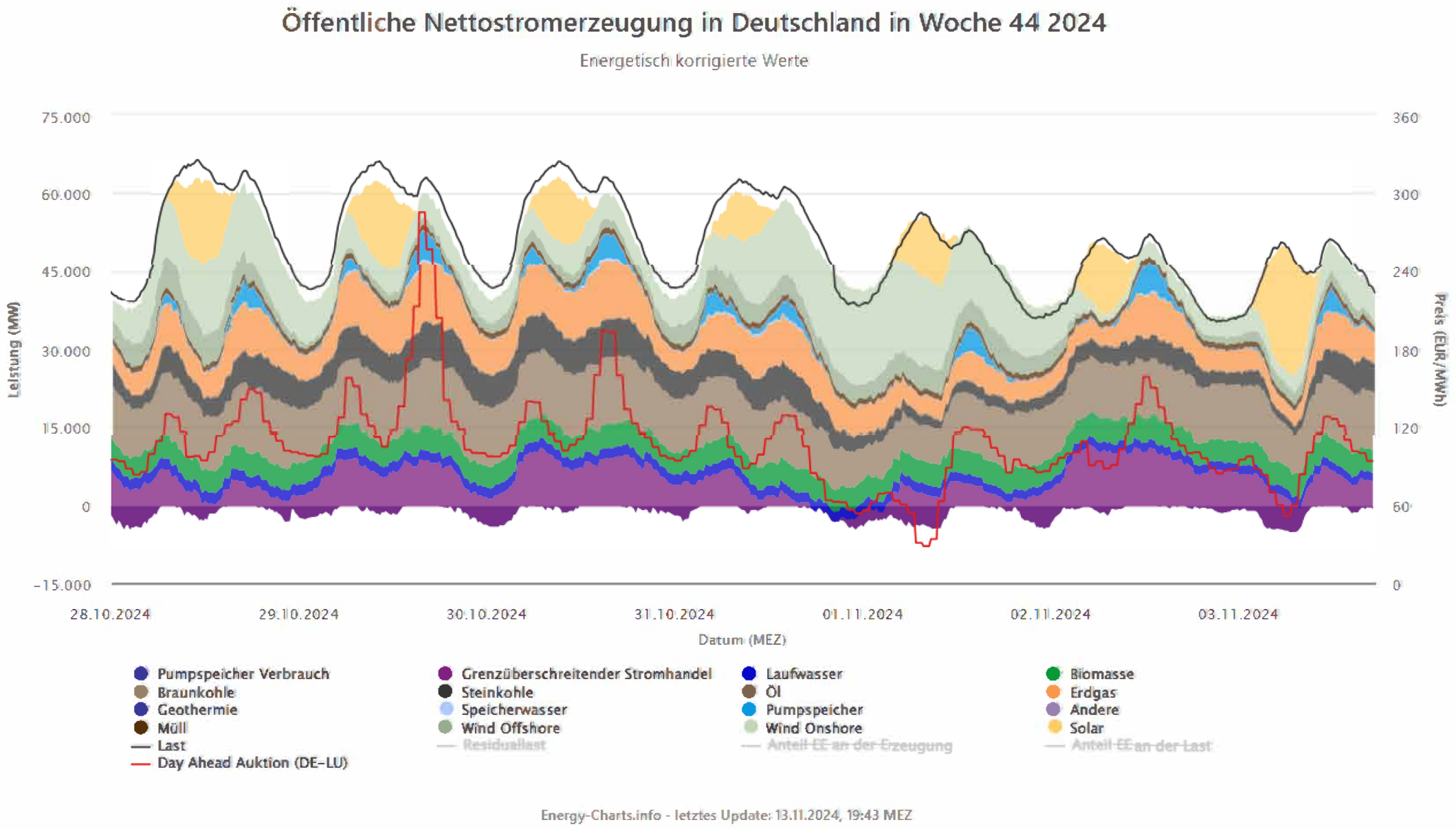
Fraunhofer ISE

Agenda

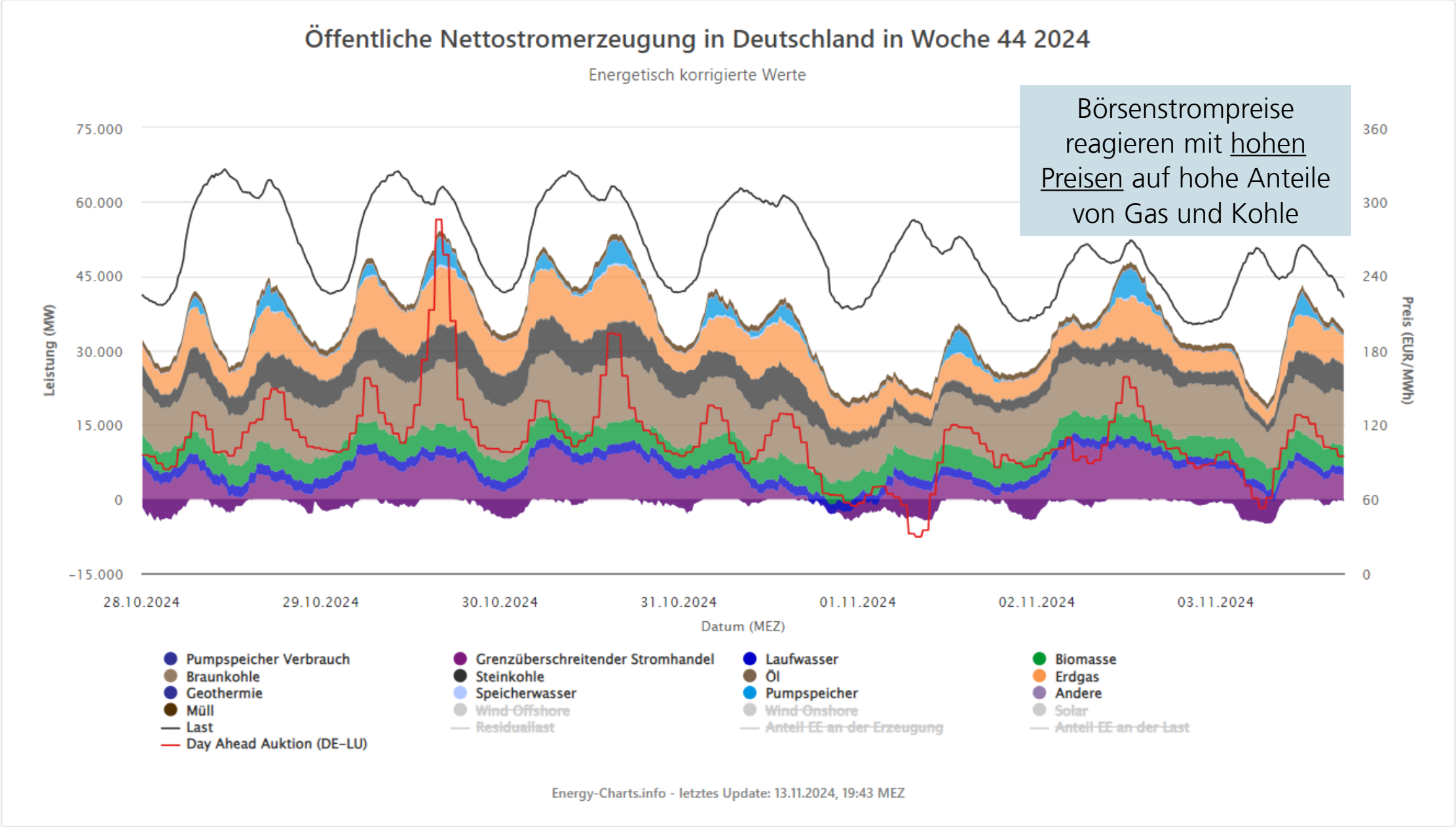
1. Industriesektor in Richtung Klimaneutralität
2. Planung und Transformation der Energieversorgung von Unternehmen
3. Energiemarktentwicklungen

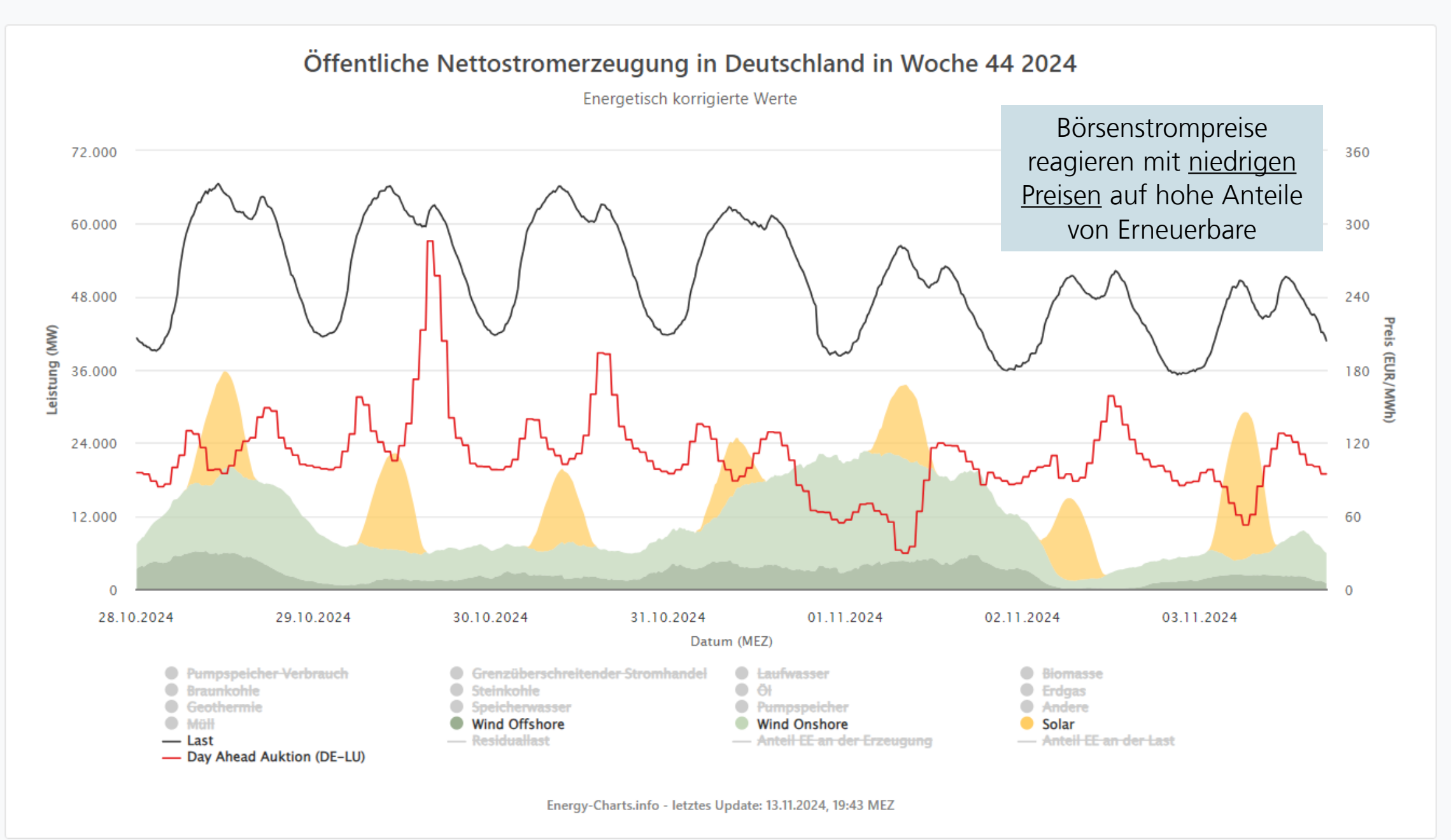
©Fraunhofer ISE
public

Energy-Charts Leistung Energie Preise Umwelt Szenarien Karten Infos

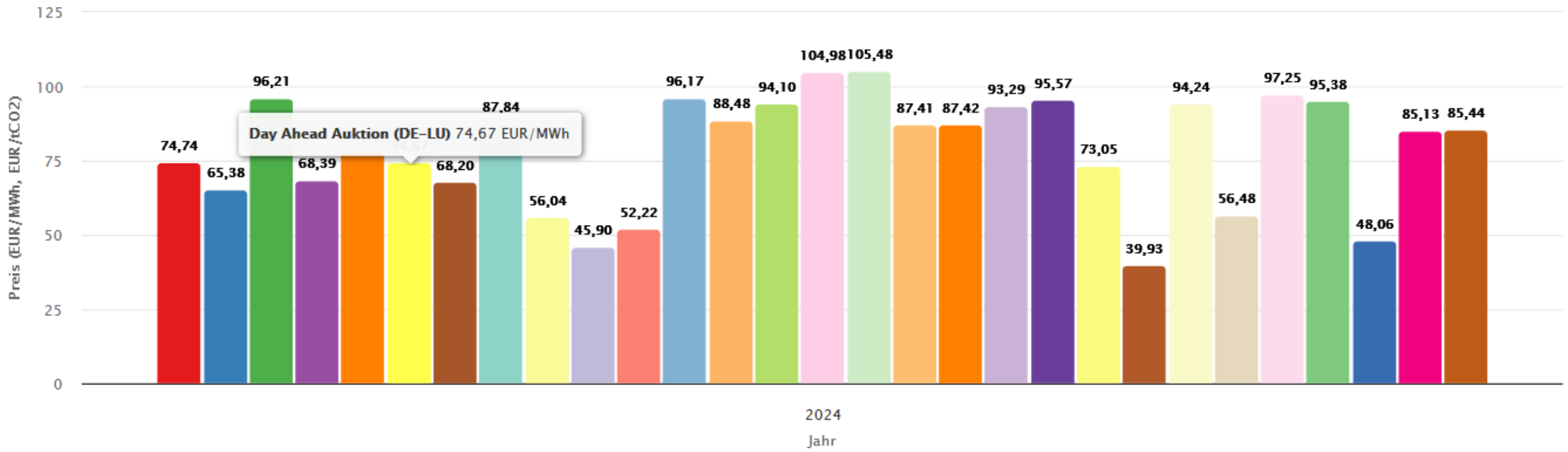


Energy-Charts Leistung Energie Preise Umwelt Szenarien Karten Infos




Energy-Charts
Leistung
Energie
Preise
Umwelt
Szenarien
Karten
Infos
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland in Woche 44 2024
Energetisch korrigierte Werte
Börsenstrompreise reagieren mit niedrigen Preisen auf hohe Anteile von Erneuerbare
Leistung (MW)
72.000
60.000
48.000
36.000
24.000
12.000
0
Preis (EUR/MWh)
360
300
240
180
120
60
0
28.10.2024
29.10.2024
30.10.2024
31.10.2024
01.11.2024
02.11.2024
03.11.2024
Datum (MEZ)
Pumpspeicher-Verbrauch
Braunkohle
Geothermie
Müll
Last
Day Ahead Auktion (DE-LU)
Grenzüberschreitender Stromhandel
Steinkohle
Speicherwasser
Wind Offshore
Residuallast
Laufwasser
Öl
Pumpspeicher
Wind Onshore
Anteil EE an der Erzeugung
Biomasse
Erdgas
Andere
Solar
Anteil EE an der Last
Energy-Charts.info - letztes Update: 13.11.2024, 19:43 MEZ

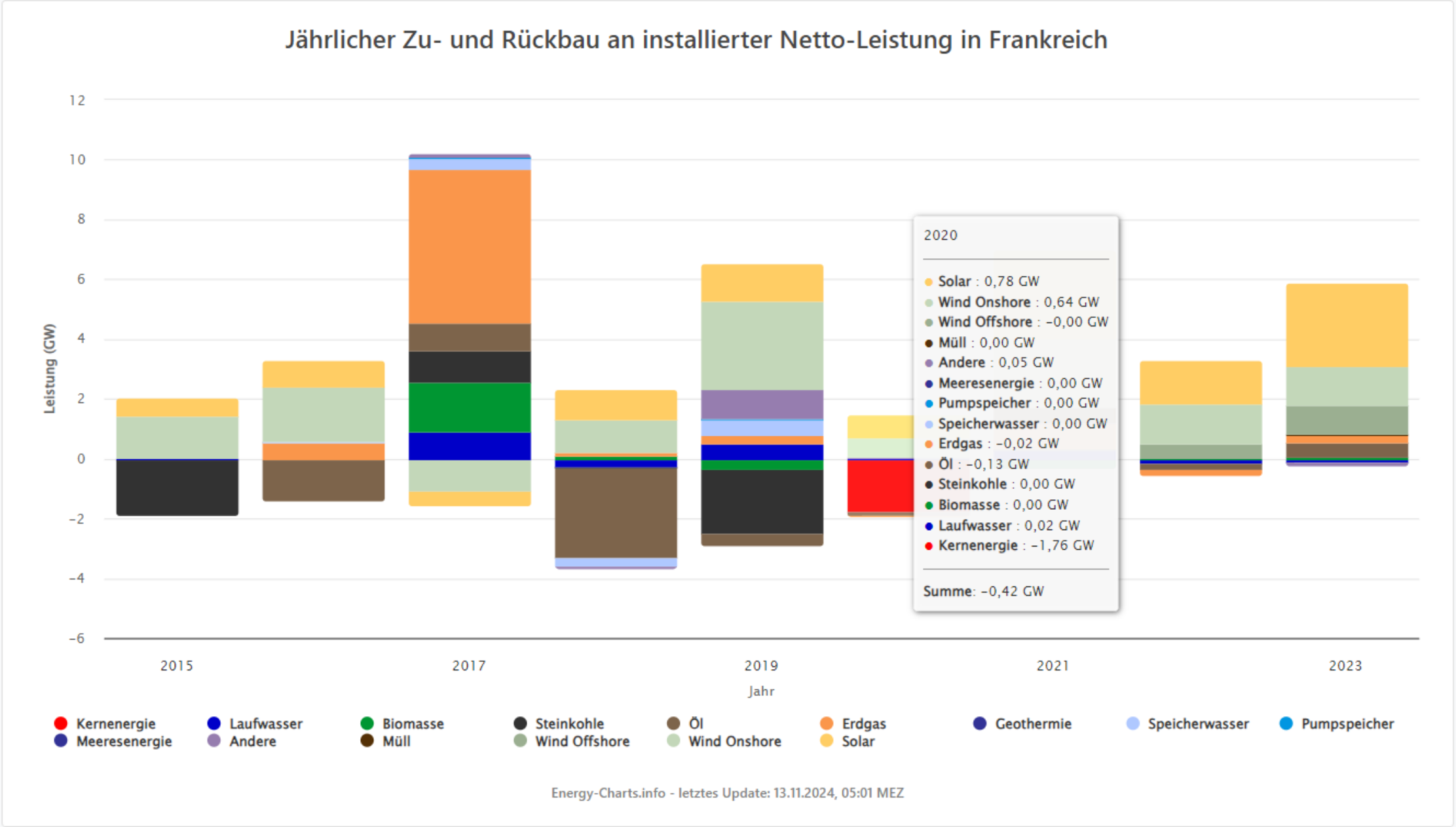
Jährliche Börsenstrompreise in allen verfügbaren Ländern



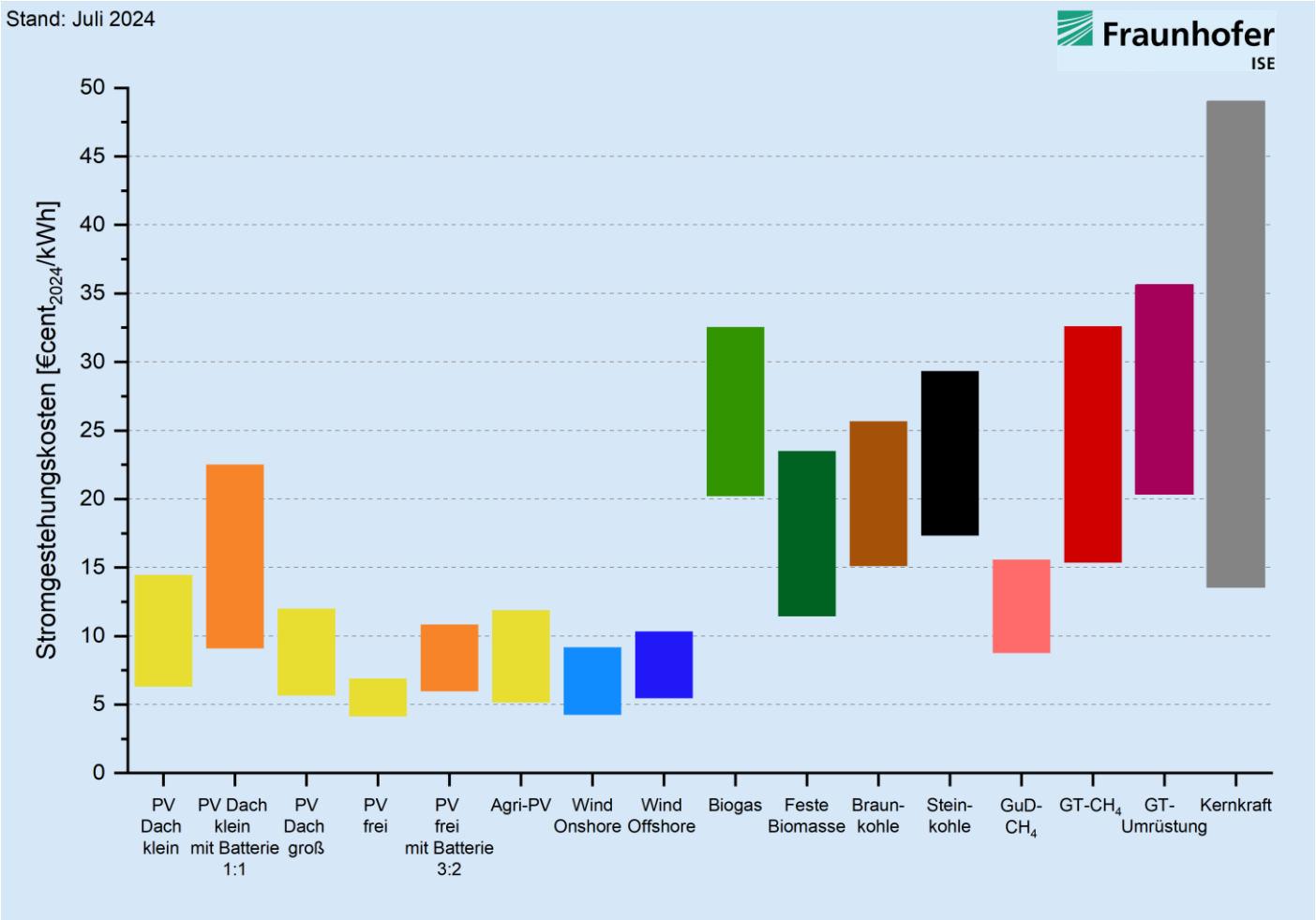
- Day Ahead Auktion (AT)
- Day Ahead Auktion (BE)
- Day Ahead Auktion (BG)
- Day Ahead Auktion (CH)
- Day Ahead Auktion (CZ)
- Day Ahead Auktion (DE-LU)
- Day Ahead Auktion (DK1)
- ~~Day Ahead Auktion (DK2)~~
- Day Ahead Auktion (EE)
- Day Ahead Auktion (ES)
- Day Ahead Auktion (FI)
- Day Ahead Auktion (FR)
- Day Ahead Auktion (GR)
- Day Ahead Auktion (HR)
- Day Ahead Auktion (HU)
- Day Ahead Auktion (IE(SEM))
- ~~Day Ahead Auktion (IT-Calabria)~~
- Day Ahead Auktion (IT-Centre-North)
- ~~Day Ahead Auktion (IT-Centre-South)~~
- ~~Day Ahead Auktion (IT-North)~~
- ~~Day Ahead Auktion (IT-SACOAC)~~
- ~~Day Ahead Auktion (IT-SACODC)~~
- ~~Day Ahead Auktion (IT-Sardinia)~~
- ~~Day Ahead Auktion (IT-Sicily)~~
- ~~Day Ahead Auktion (IT-South)~~
- Day Ahead Auktion (LT)
- Day Ahead Auktion (LV)
- Day Ahead Auktion (ME)
- Day Ahead Auktion (MK)
- Day Ahead Auktion (NL)
- Day Ahead Auktion (NO1)
- ~~Day Ahead Auktion (NO2)~~
- ~~Day Ahead Auktion (NO2NSL)~~
- ~~Day Ahead Auktion (NO3)~~
- ~~Day Ahead Auktion (NO4)~~
- ~~Day Ahead Auktion (NO5)~~
- Day Ahead Auktion (PL)
- Day Ahead Auktion (PT)
- Day Ahead Auktion (RO)
- Day Ahead Auktion (RS)
- ~~Day Ahead Auktion (SE1)~~
- ~~Day Ahead Auktion (SE2)~~
- ~~Day Ahead Auktion (SE3)~~
- Day Ahead Auktion (SE4)
- Day Ahead Auktion (SI)
- Day Ahead Auktion (SK)
- ~~Day Ahead Auktion (UA-IPS) - UAH~~
- ~~Day Ahead Auktion EXAA (AT)~~
- ~~Day Ahead Auktion EXAA (DE-LU)~~
- ~~CO2 Emissionszertifikate, Auktion DE~~
- ~~CO2 Emissionszertifikate, Auktion PL~~
- ~~CO2 Emissionszertifikate, Auktion EU~~
- ~~Gas (ETF)~~

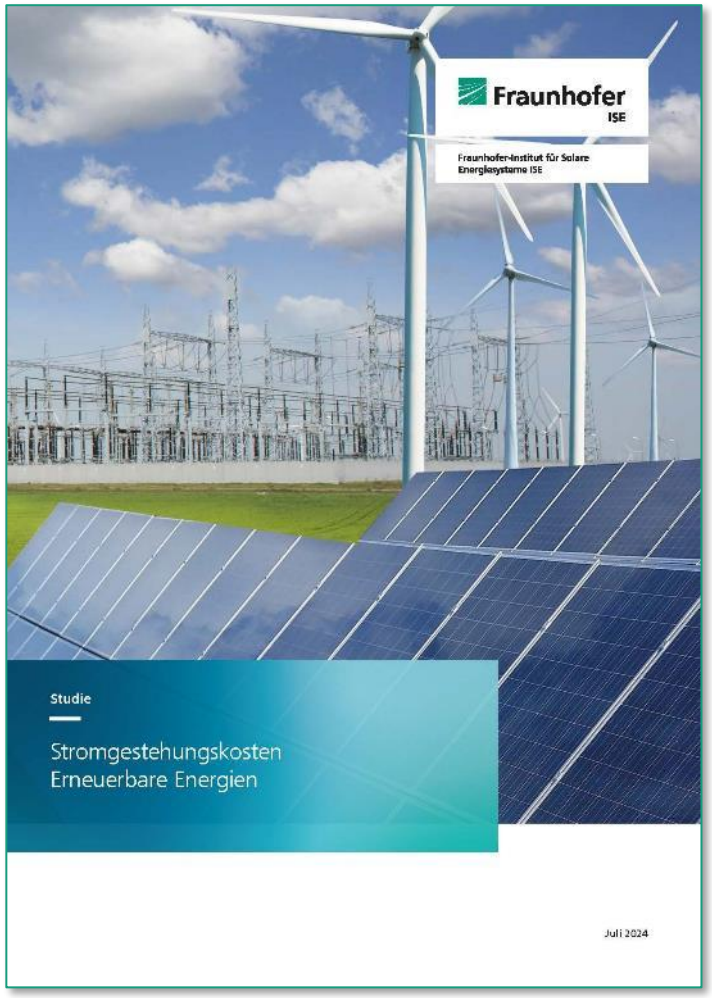
Energy-Charts.info - letztes Update: 14.11.2024, 08:44 MEZ

Energy-Charts Leistung Energie Preise Umwelt Karten Infos



Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland





© Fraunhofer ISE
public

Fraunhofer ISE

Was ist für die Industrie in Bezug auf Energieentscheidungen wichtig:

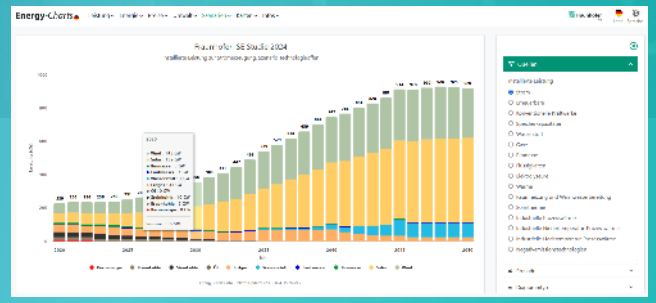
- Strom wird der zentrale Energieträger in einem dekarbonisierten Energiesystem und Strom wird günstig sein, wenn viele Erneuerbare Energien vorhanden sind
- Verfügbarkeit und Preise von (grünem) Wasserstoff unsicher
- Vorausschauende Planung mit einer Analyse der Energieträgerpreise und CO2-Entwicklungen ist wichtig

- Das Fraunhofer ISE unterstützt mit quantitativen (technischen und ökonomischen) Analysen eine Unternehmens- und Fabriktransformation

©Fraunhofer ISE
public

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Daten finden sich unter
www.energy-charts.info



Dr. Christoph Kost
Energiesystemanalyse
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
christoph.kost@ise.fraunhofer.de

Besuchen Sie uns im Internet auf:

ISE Klimaneutrale Industrie : www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/systemintegration/klimaneutrale-industrie.html
ISE Energiesystemanalyse: www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/systemintegration/energiesystemanalyse.html