

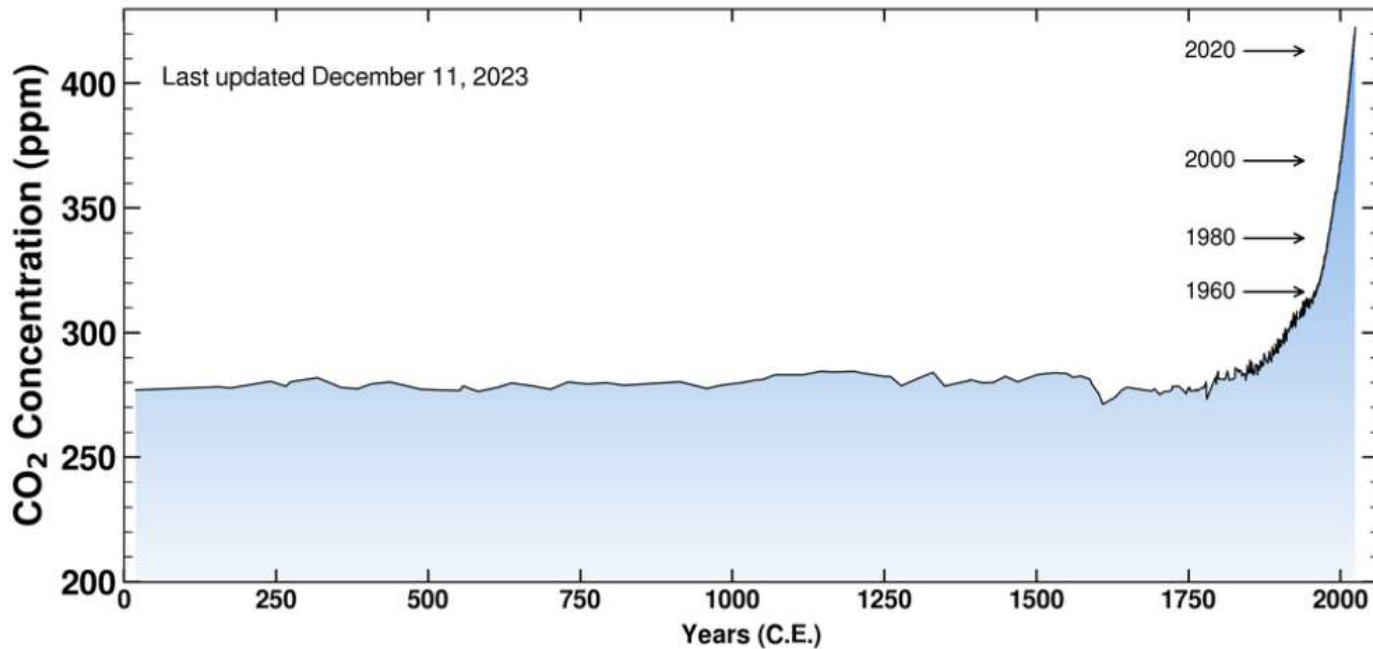
Sascha Pogacar

Herzlich willkommen!

Sascha Pogacar

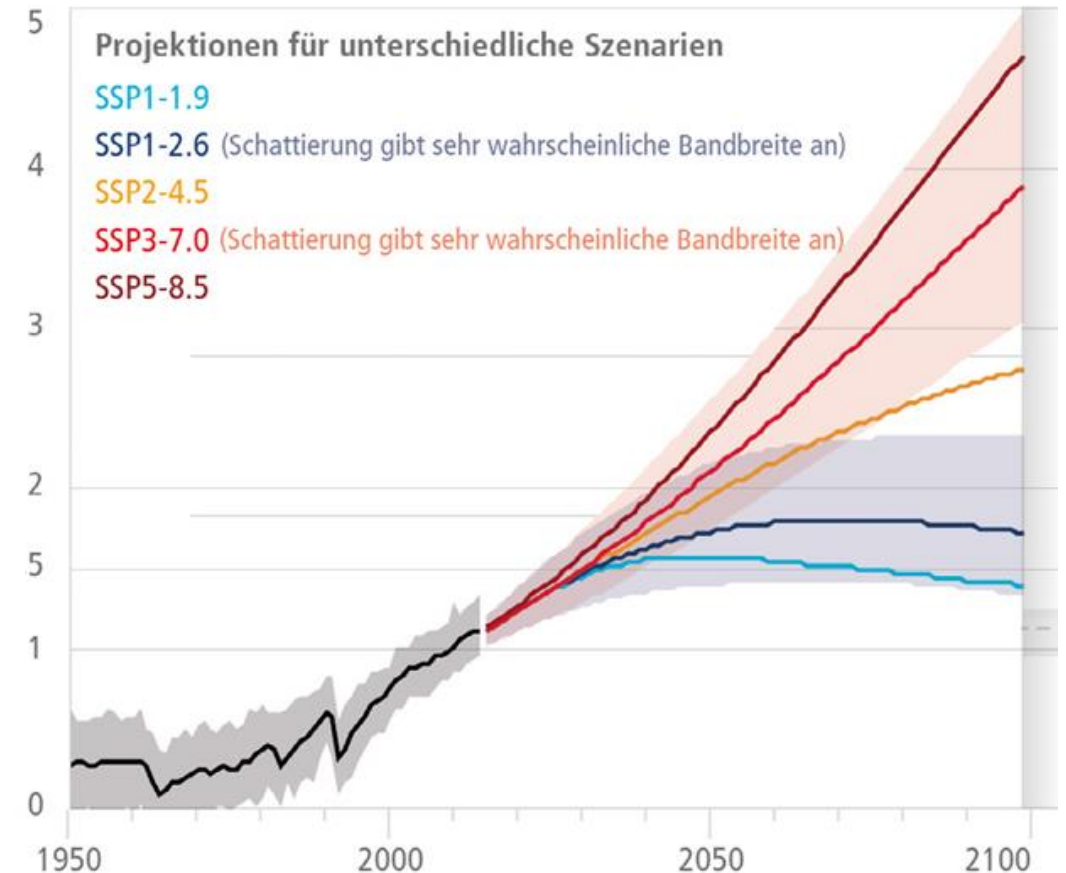
Energiewende – Ziele, Herausforderungen und Pfade

Änderung der CO₂-Konzentration und der globalen Oberflächen-Temperatur



Quelle: <https://keelingcurve.ucsd.edu/>

c Zunahme gegenüber dem Zeitraum 1850-1900

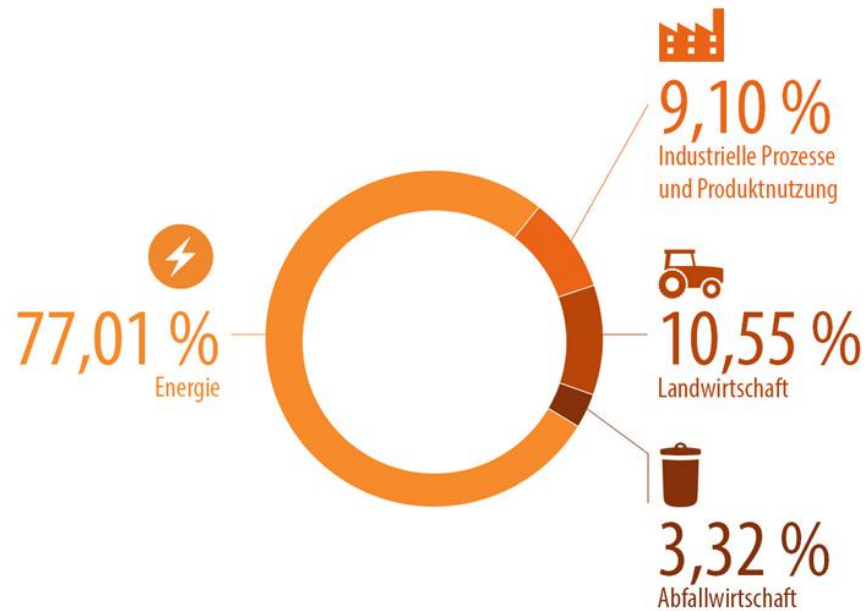


Quelle: https://www.de-ipcc.de/media/content/AR6-WGII-SPM_deutsch_barrierefrei.pdf S.14

Treibhausgas-Emissionen

In der EU (2019)

Treibhausgasemissionen in der EU nach Sektoren* (2019)



* Alle Sektoren exkl. Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)
Die Summe der Prozentzahlen ergibt keine 100 Prozent, da gerundete Zahlen verwendet werden.

Quelle: Europäische Umweltagentur (EEA)



Gesamte Treibhausgasemissionen* pro Mitgliedstaat im Jahr 2019

[Kilotonnen CO₂-Äquivalent**]



* Alle Sektoren exkl. Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

** CO₂, N₂O in CO₂-Äquivalenten, CH₄ in CO₂-Äquivalenten, HFC in CO₂-Äquivalenten, PFC in CO₂-Äquivalenten, SF₆ in CO₂-Äquivalenten, NF₃ in CO₂-Äquivalenten

***2019 war das Vereinigte Königreich noch Teil der EU.

Quelle: Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC)



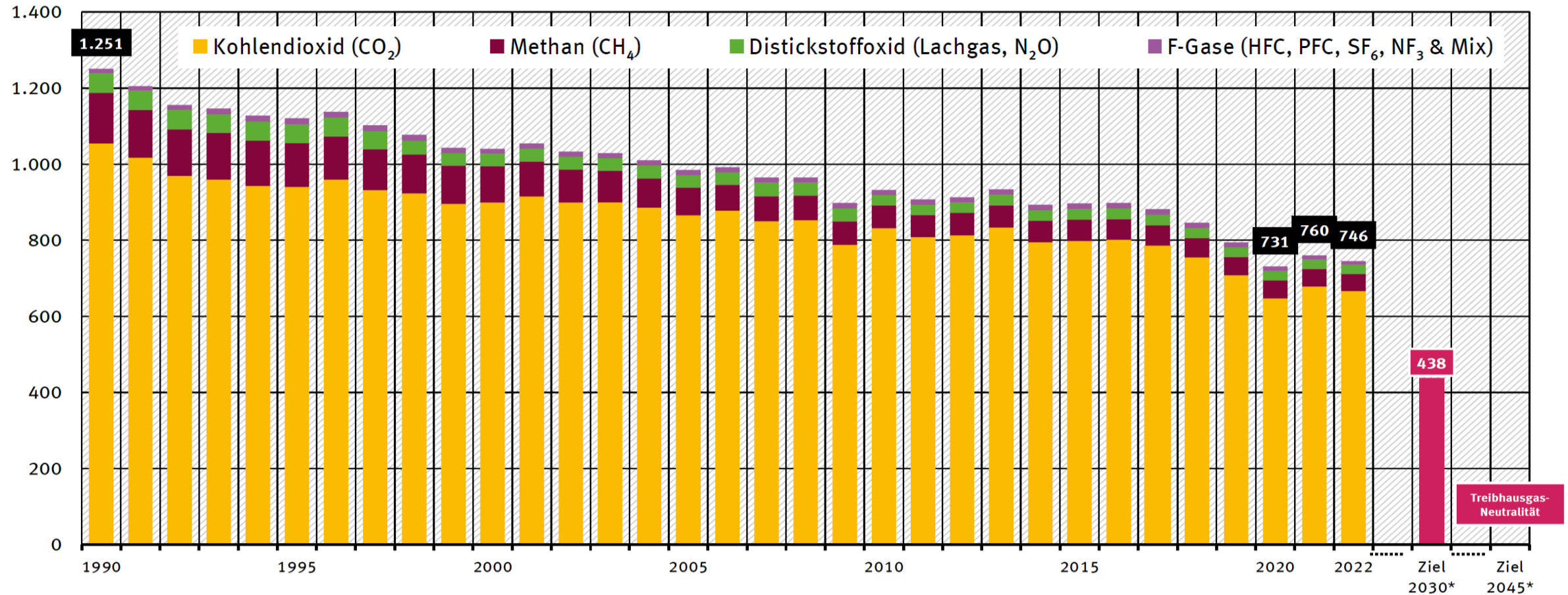
Treibhausgas-Emissionen in Deutschland

seit 1990 nach Gasen

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente

Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

* angepasste Ziele 2030 und 2045: entsprechend der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12.05.2021



An aerial view of a lush green landscape. In the foreground, a long, narrow strip of blue solar panels runs diagonally across the frame. In the middle ground, a small white house is visible. In the background, several white wind turbines are scattered across the horizon under a blue sky with white clouds.

Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie die Energiewende gelingt

<https://www.youtube.com/watch?v=UixHyJO7zmg>

<https://www.erneuerbare.tv>

Sascha Pogacar

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Zahlen



76

Institute und
Forschungseinrichtungen



3 Mrd. €

Finanzvolumen



30 000

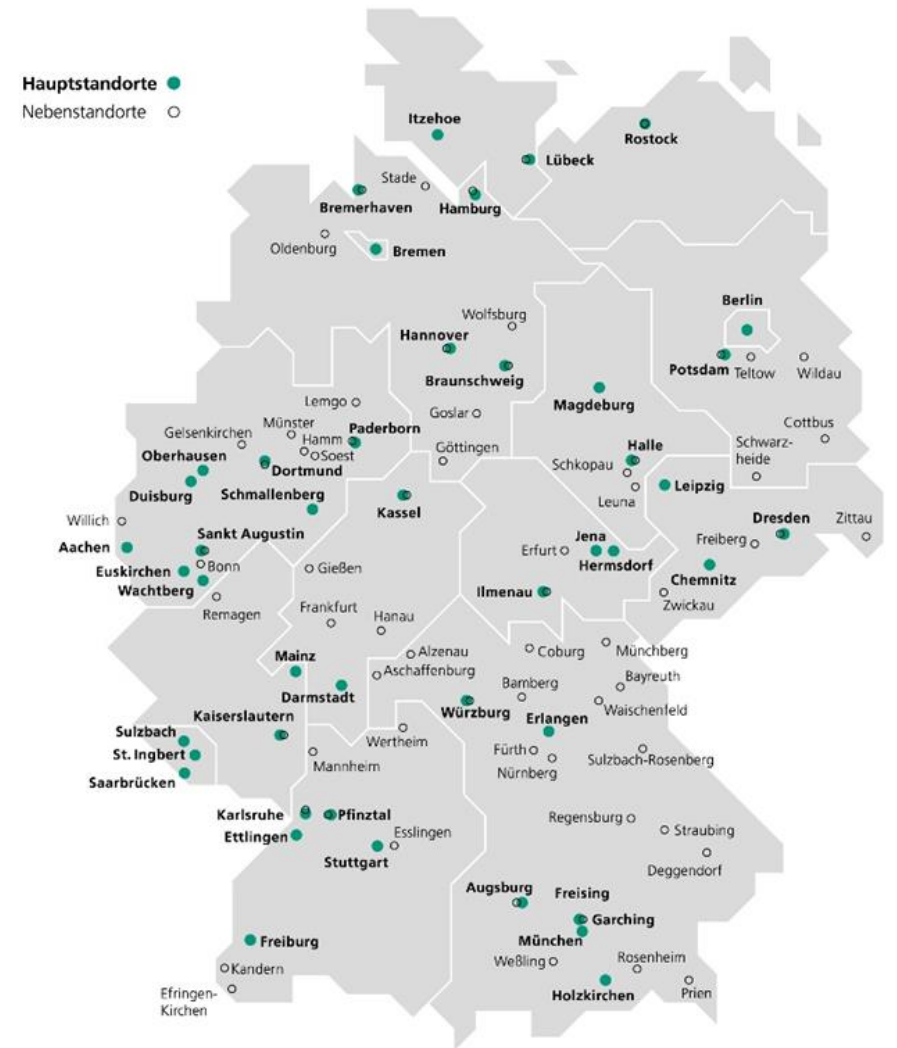
Mitarbeiterinnen
und Mitarbeiter



70% 30%

Industrieraufträge und
öffentliche Projekte

Grundfinanzierung
Bund und Länder



Fraunhofer IEE – Energiewende gestalten

Leitung: Dr. Reinhard Mackensen



Leitthemen

Resilienz – Stabilität und Flexibilität des Energiesystems

Sektorenkopplung – Wasserstoff, Wärmenetze, E-Mobilität

Digitalisierung – Smarte Prozesse für die Energiewirtschaft

Mitarbeitende: rund 450

Jahresbudget: etwa 38 Mio. Euro

Neuer Campus in Kassel

7.600 qm Nutzfläche

320 Büroarbeitsplätze

Seminar-, Workshop-, Projekträume

Technikum und Fachlabore

Forschungsschwerpunkte

Übersicht

Netzplanung und Netzbetrieb

Netzstabilität und
Stromrichtertechnik

Energieverfahrenstechnik
und -speicher

Thermische
Energietechnik



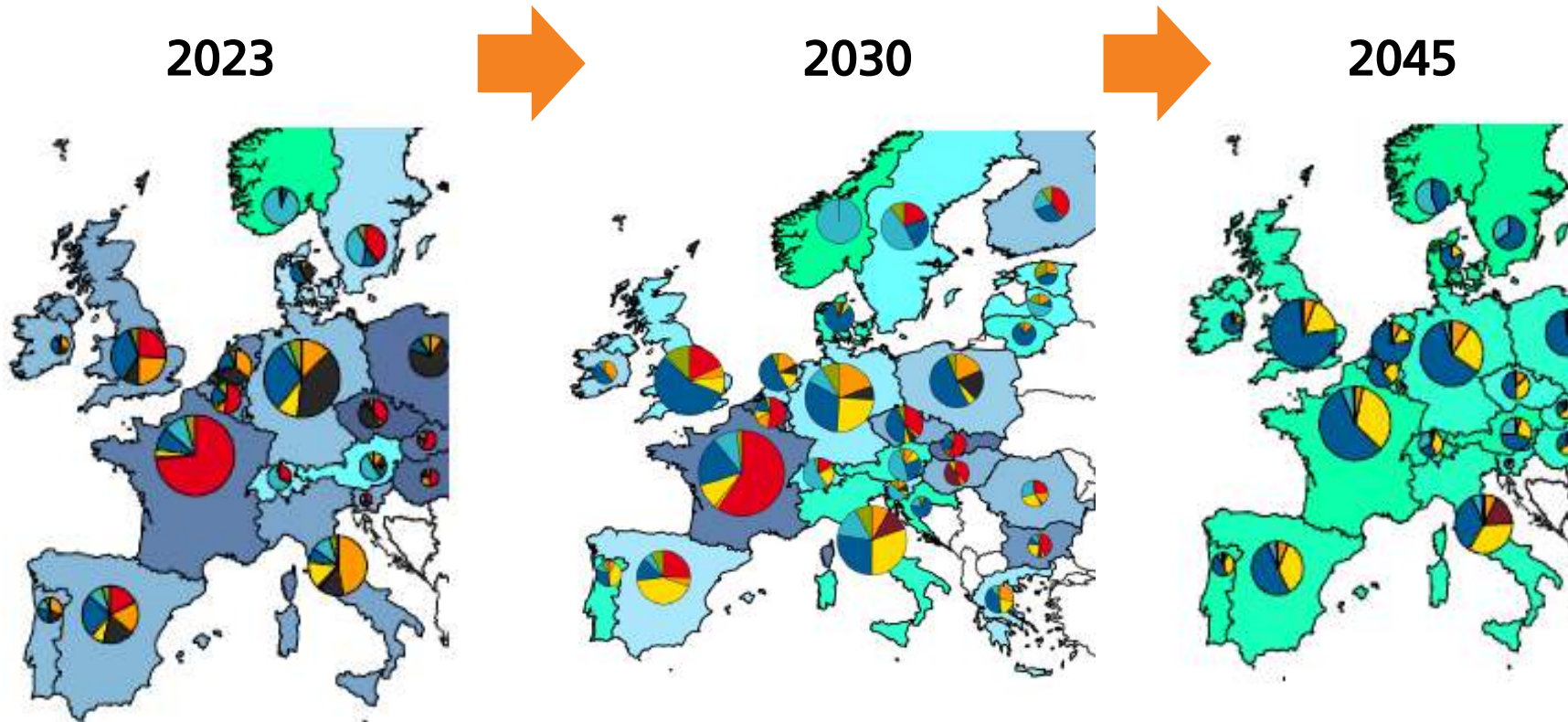
Energieinformatik

Energiewirtschaft
und Systemanalyse

Energiemeteorologie und
Geoinformationssysteme

Transformationspfad zum Zielsystem in Europa und Deutschland 2045

Hauptaussagen



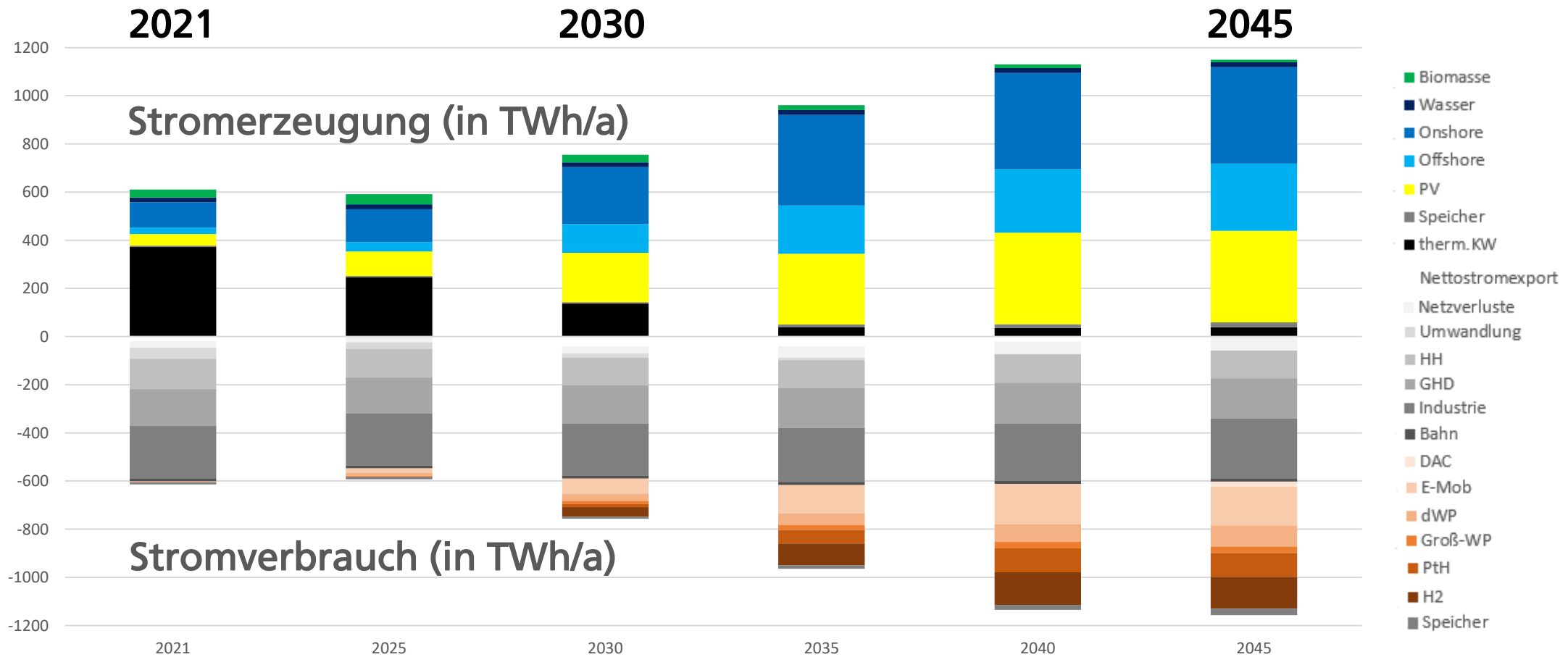
Europa:

- weitgehend CO₂ neutral
- Wind und Solar dominieren
- wenige Kernkraftwerke
- Wasserkraft ist wichtiger
- Saisonalspeicher
- langfristig großer PtX-Bedarf mit hohem Importanteil

Deutschland:

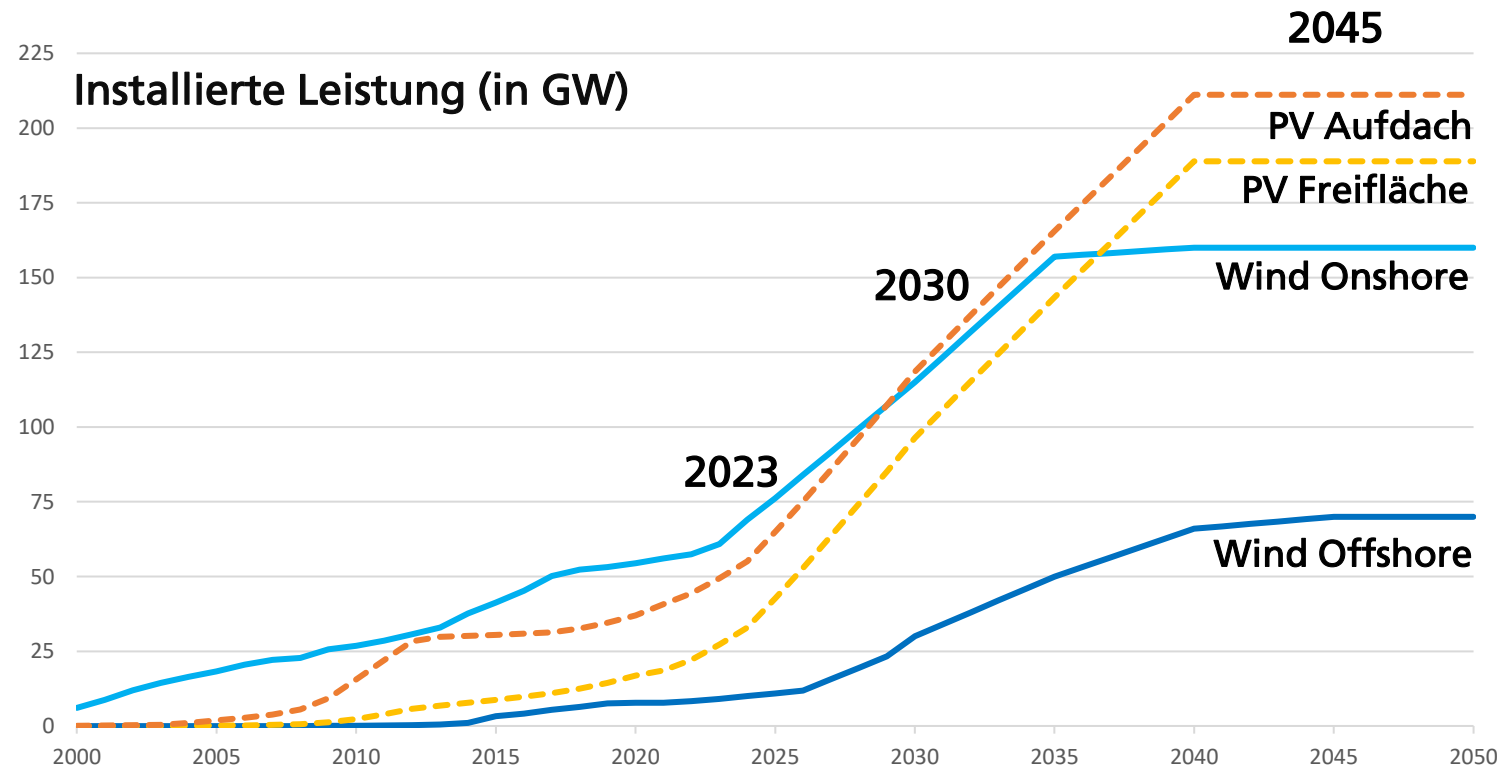
- ausgeglichene Stromhandelsbilanz
- bei Verdoppelung der Kuppelkapazitäten

Transformationspfad zum Zielsystem 2045 in Deutschland



Markthochlauf Stromerzeugung

Windenergie und Photovoltaik



Hauptaussagen

- Klimaneutrales Stromsystem 2045 erfordert massive Steigerung des Ausbaus von Wind und Photovoltaik
- Zunehmende Elektrifizierung aller Sektoren
- Dezentrales Flexibilitätspotential durch Sektorenkopplung

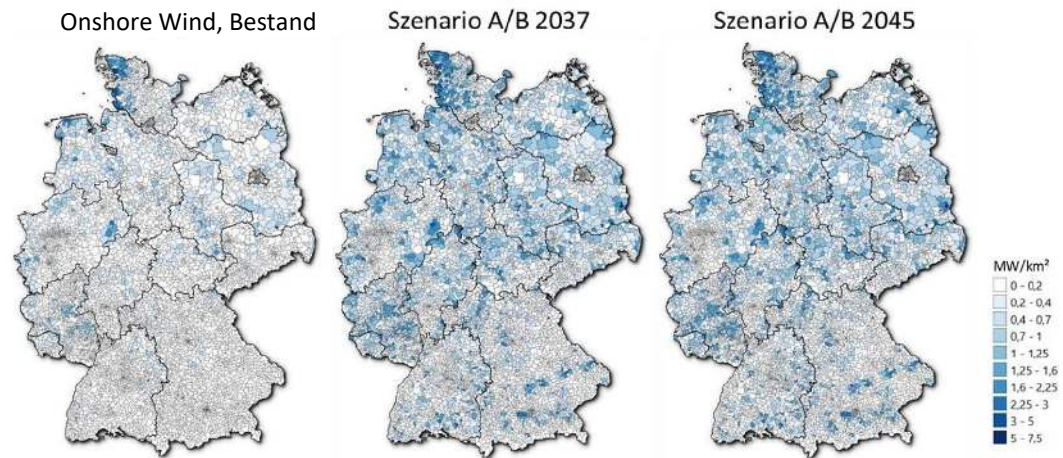
Herausforderungen

- bis 2030 Digitalisierung zur Aktivierung von Flexibilitäten
- Integration EE und Netzstabilität durch Stromrichter
- Komponenten der Sektorenkopplung
- Zuverlässige Prognosesysteme für wettergetriebenes Energiesystem
- Netzausbau und -verstärkung
- Akzeptanz

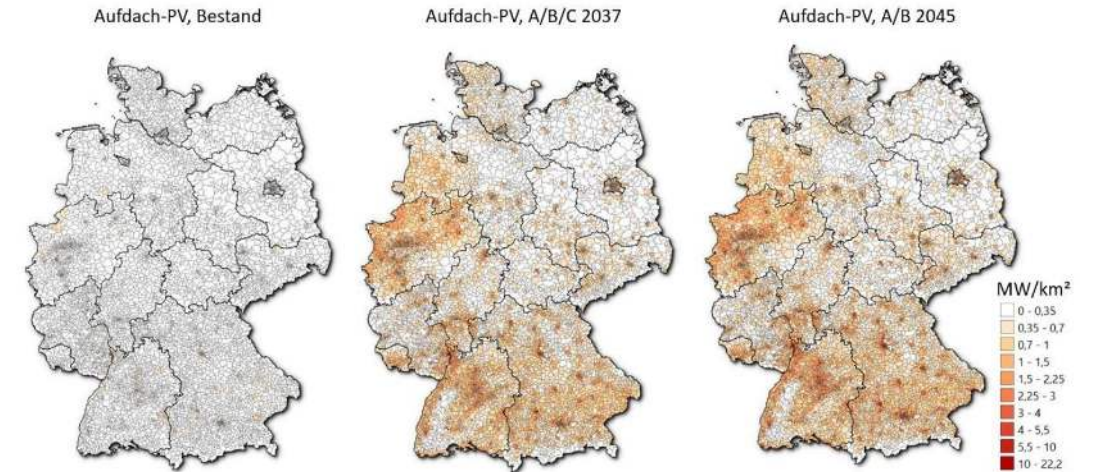
Markthochlauf Stromerzeugung

Windenergie und Photovoltaik

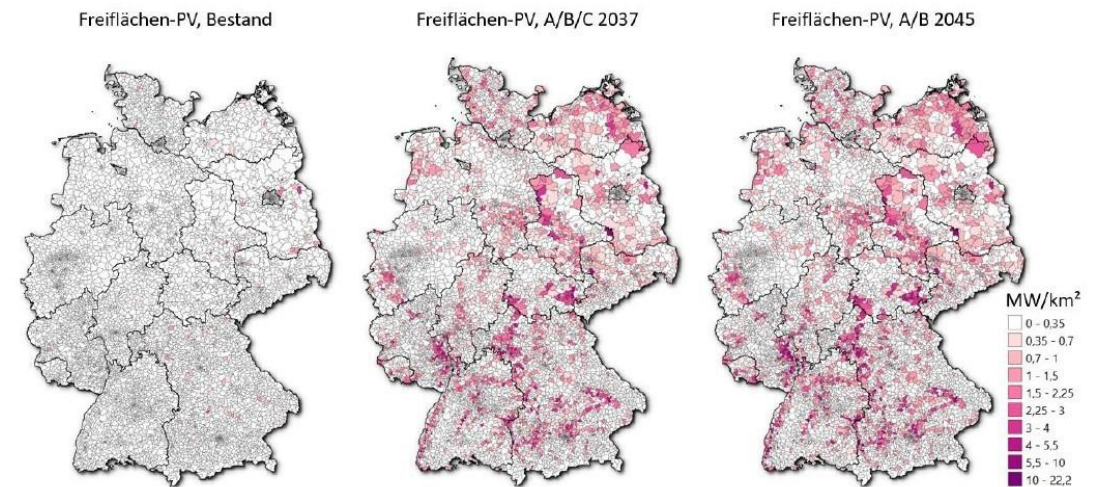
Wind Onshore



Photovoltaik Aufdach



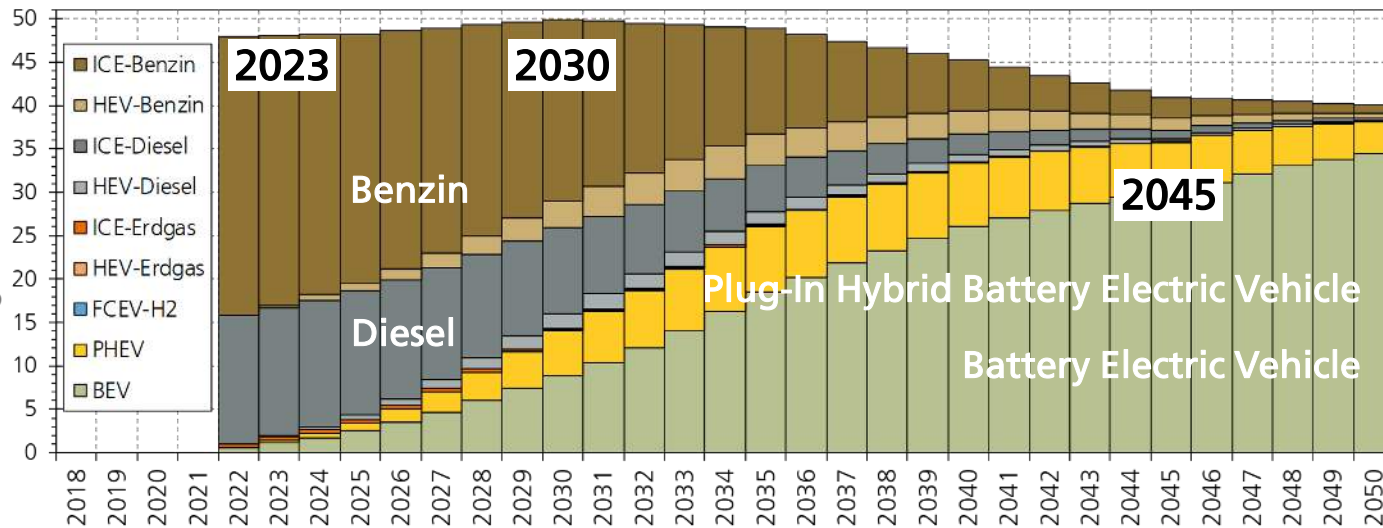
Photovoltaik Freifläche



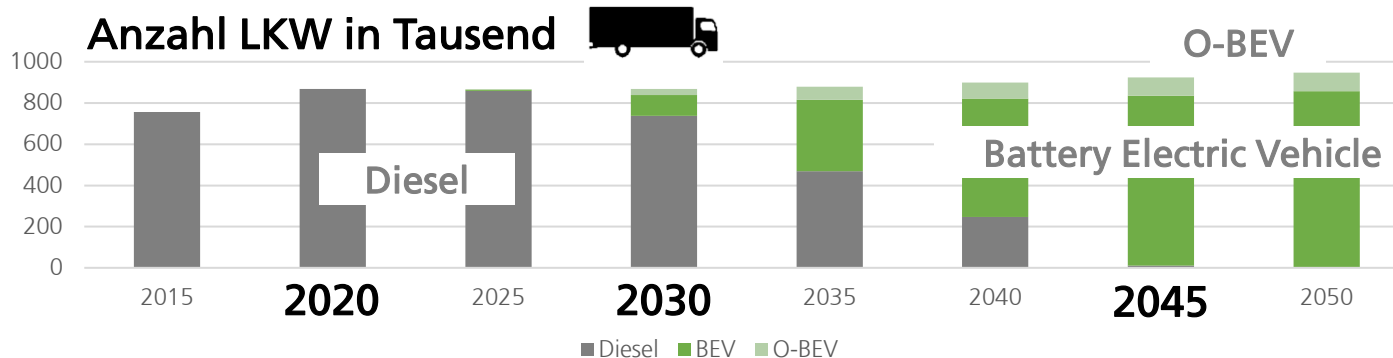
Markthochlauf Mobilität

Straßenverkehrsmittel

Anzahl PKW in Mio



Anzahl LKW in Tausend



Hauptaussagen

- Vollelektrische Fahrzeuge als Treiber in allen Anwendungen
- Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur und Mega-Watt-Laden an Autobahnen
- Treiber für den Ausbau der elektrischen Verteilnetze

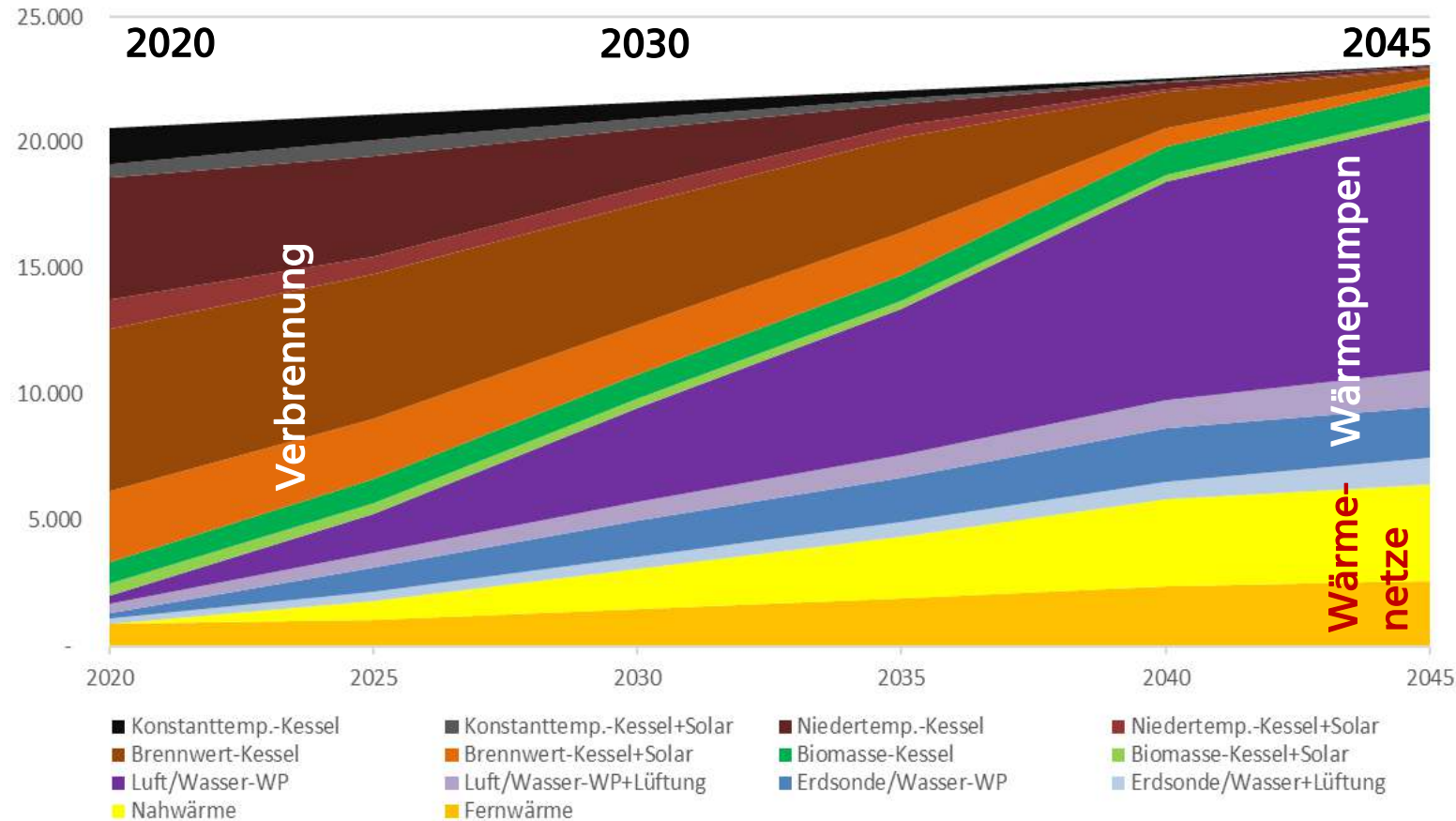
Herausforderungen

- Ausbaupfad Verteilnetze und Erschließung von Flexibilitäten
- Planung Standorte für Ladestellen
- Technik für bidirektionales Laden und Netzdienstleistungen
- Umgang mit Unsicherheiten Verkehrswende, Autonomes Fahren
- Netzausbau und -verstärkung

Markthochlauf Gebäudewärme

Dezentrale Wärmepumpen und Wärmenetze

Anzahl in Tausend



Hauptaussagen

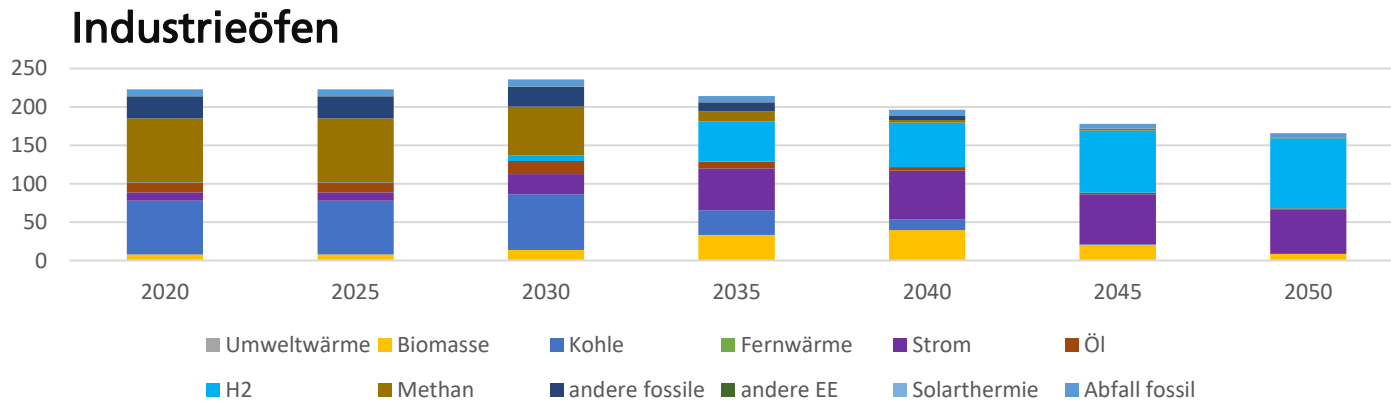
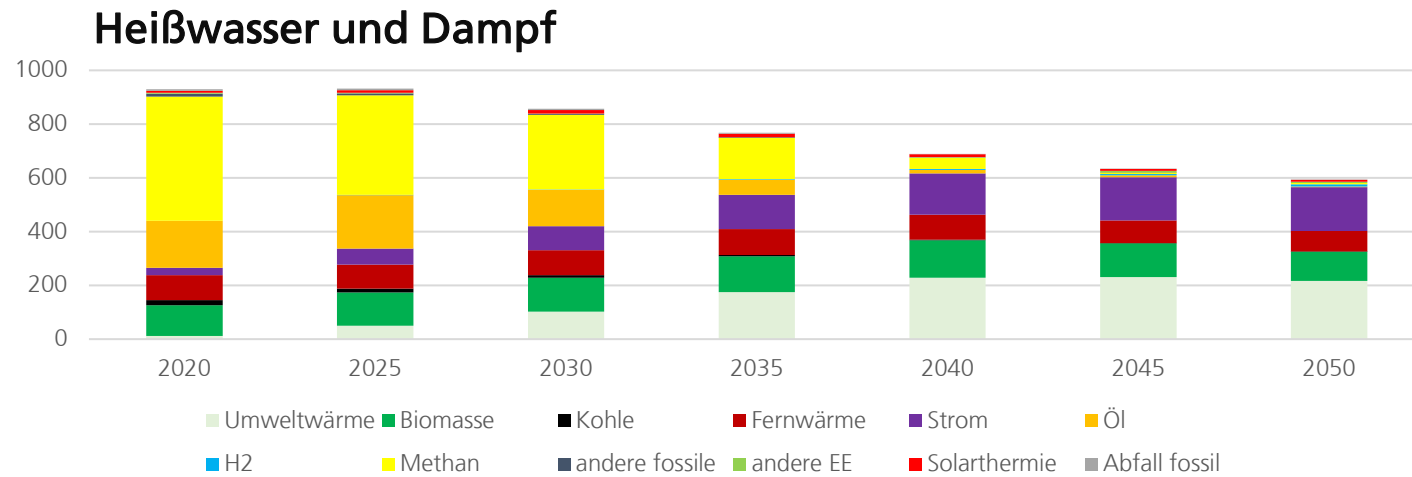
- Massenmarkt dezentrale Luftwärmepumpen in Bestandsgebäuden
- Hoher Ausbaubedarf in zentrale Fernwärmenetze und deren Versorgung
- Hoher Ausbaubedarf in geothermisch versorgte Nahwärmenetze

Herausforderungen

- sehr heterogene Investitionsbereitschaft je Eigentübertyp und Gebäudetyp
- soziale Aspekte
- Kommunale Wärmeplanung
- Dekarbonisierung der bestehenden Hochtemperatur-Netze
- Integration von Luftwärmepumpen in elektrische Verteilnetze

Markthochlauf Prozesswärme

Industrie



Hauptaussagen

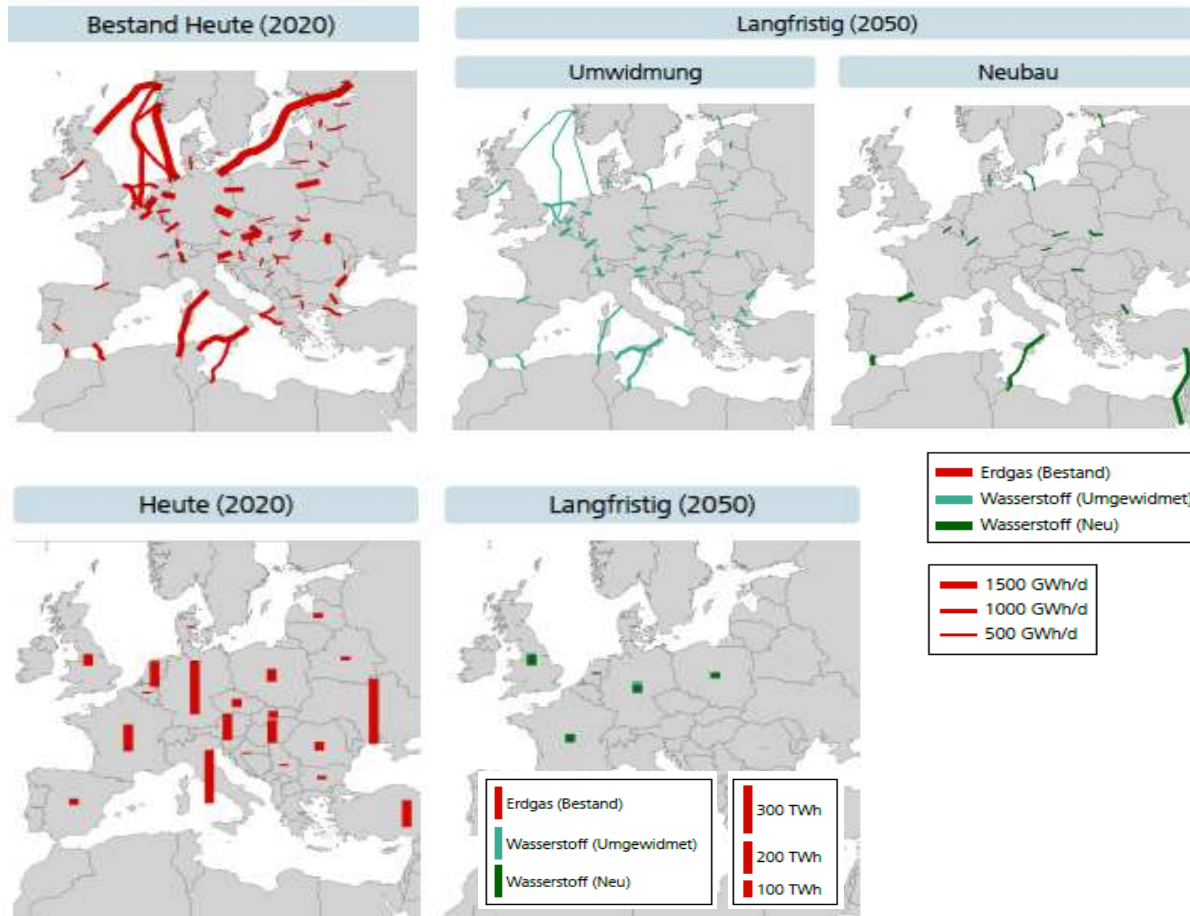
- Industrieöfen
 - Elektrifizierung + H₂ für Stahl und Chemie
- Heißwasser und Dampf
 - PtH zur Wärmebereitstellung (Großwärmepumpen und Elektrodenkessel)
 - KWK mit H₂

Herausforderungen

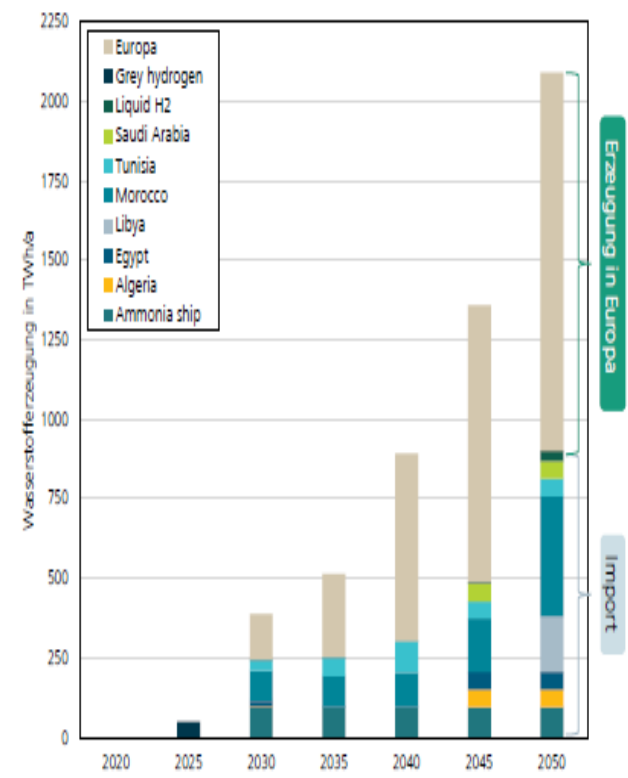
- Ausgestaltung Rahmenbedingungen für schnelle Dekarbonisierung (Netzentgeltreform und Ausbau EE im Strommarkt)
- Startnetz H₂ (*siehe Hochlauf H₂*)

Markthochlauf Wasserstoff

Elektrolyse | Transport | Speicher



Wasserstoffherzeugung / Import Europa 2020 - 2050



Hauptaussagen H₂ Deutschland

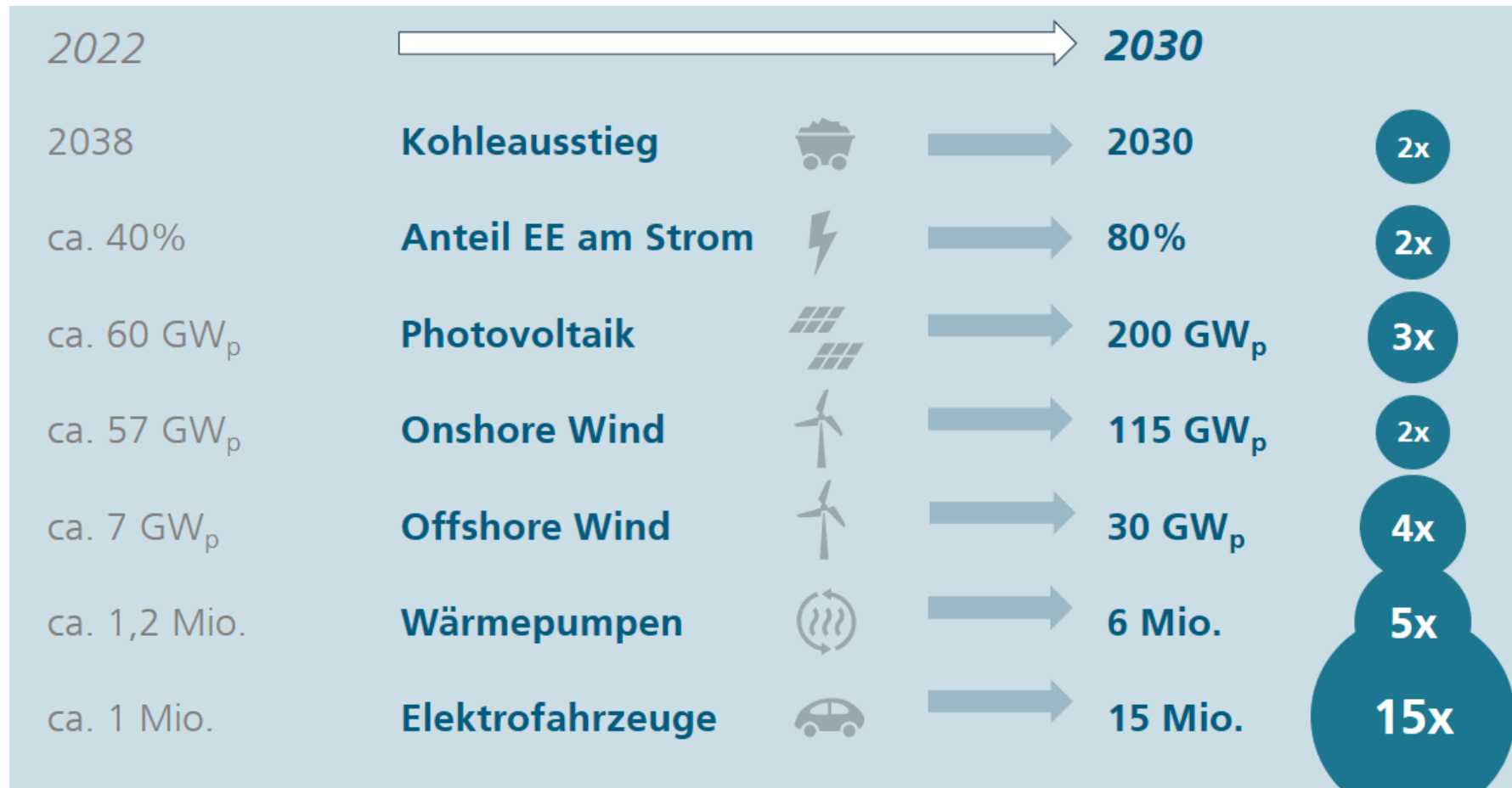
- H₂-Erzeugung in Europa (>50%); MENA-Importe per Pipeline; Import Ammoniak plus Power-to-Liquid per Schiff
- Hohe Freiheitsgrade in der Umwidmung von CH₄-Pipelines auf H₂, aber bei H₂-Speichern Neubau erforderlich

Herausforderung

- Nordsee-Offshore Netz Ausgestaltung und Einbindung
- Hochlauf Backbone-Netz
- Aufbau internationaler Wertschöpfungskette und Infrastruktur

Fazit: Enorme Beschleunigung der Energiewende

Neue Ziele für das Energiesystem 2030



Deutlicher Anstieg in allen Bereichen

Herausforderungen einer beschleunigten Energiewende

- **Verständnis für eine vielschichtige dezentrale Energieversorgung**
- **Verständnis für eine stabile Versorgung trotz fluktuierender erneuerbarer Energien**
- **Akzeptanz in der Bevölkerung für viele weitere Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen**
- **Akzeptanz für einen Ausbau der Stromnetze**
- **Akzeptanz für die Veränderungen in der Gebäude-Wärmeversorgung**
- **Soziale Ausbalancierung in der Umsetzung**

Transformationsatlas der Energiewende

<https://maps.iee.fraunhofer.de/trafo-atlas/>

Transformations ATLAS

Start

Strommarkt

- Installierte Leistung
- Energiebilanzen
- Zeitreihen

Stromnetz

- Leistung
- Überlaststunden
- Netzausbau
- Redispatch
- Redispatch Vergleich

Transformationsatlas der Energiewende


Mit dem Transformationsatlas können Sie Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen Energieerzeugung, Strommarkt und dem Übertragungsnetz für zukünftige Energieszenarien kennenlernen. Im Zuge der Energiewende werden Stromverbrauch und Stromerzeugung deutlich ansteigen und sich bei vermehrter Produktion aus erneuerbaren Energien sowohl räumlich als auch zeitlich völlig anders verteilen. Das hat Einfluss auf das Stromnetz.


Mit dem Transformationsatlas können Sie erkunden, was im Stromnetz und im Markt passiert, wenn neue Erzeuger und Verbraucher integriert werden müssen. Wie wirkt es sich zum Beispiel auf das Stromnetz aus, wenn im Norden Offshore-Windenergie hinzukommt und im Süden hohe Einspeisungen durch Solarenergie? Welchen Effekt haben leistungsstarke Elektrolyseure, Großspeicher oder Elektromobilität auf die Verteilung und die Ausbalancierung der Lasten? Welche Rolle spielt der europäische Strommarkt und was bedeutet dies für die Belastung und den Ausbau der Netze? Mithilfe von interaktiven Karten und auf der Grundlage von verschiedenen Energieszenarien bietet Ihnen der Transformationsatlas die Möglichkeit, das Zusammenspiel von Erzeugung, Verbrauch, Strommarkt und Netzkapazitäten nachzuvollziehen und eigene Auswertungen vorzunehmen.

Informationen zum Projekt

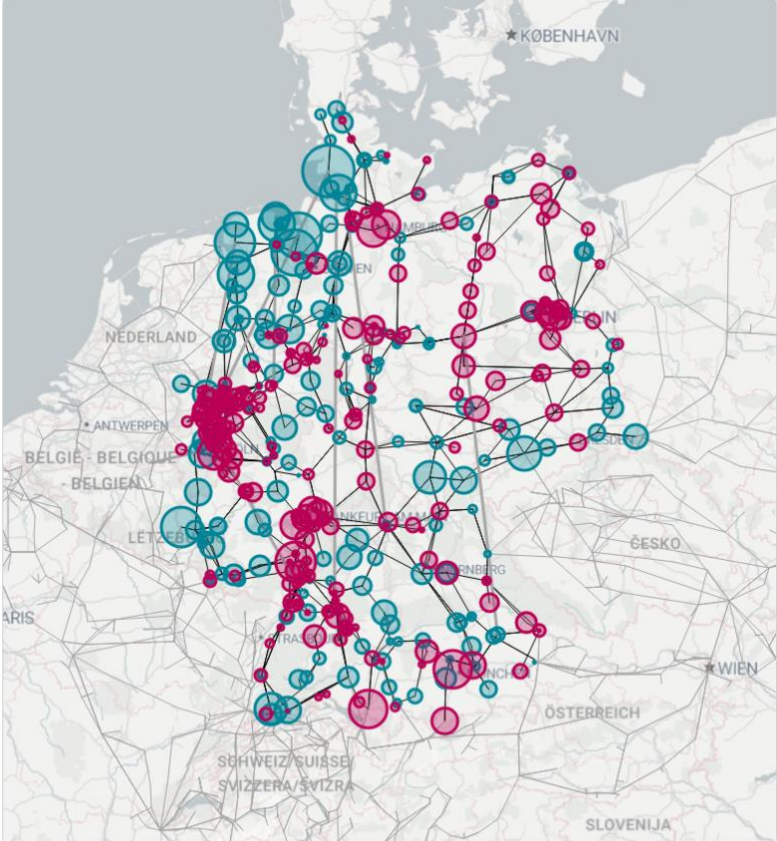
Der Transformationsatlas ist Teil des Projektes [DeV-KopSys-2](#) - gefördert im Rahmen des Förderprogramms »Erneuerbar Mobil« des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.

Gefördert durch:

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

 Erneuerbar mobil

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Kontakt

Sascha Pogacar
Marketing & Kommunikation
Tel. +49 561 7294-395
sascha.pogacar@iee.fraunhofer.de



Fraunhofer IEE
Joseph-Beuys-Straße 8
34117 Kassel
www.iee.fraunhofer.de

