

# REGIONALE STRATEGISCHE ENERGIEPLANUNG

**Entscheidungsunterstützung mittels Geodatenanalyse und Energiesystemmodellierung**

Dr.-Ing. Karl-Kiên Cao, Jan Buschmann

Kolloquium Geoinformation, 13.11.25



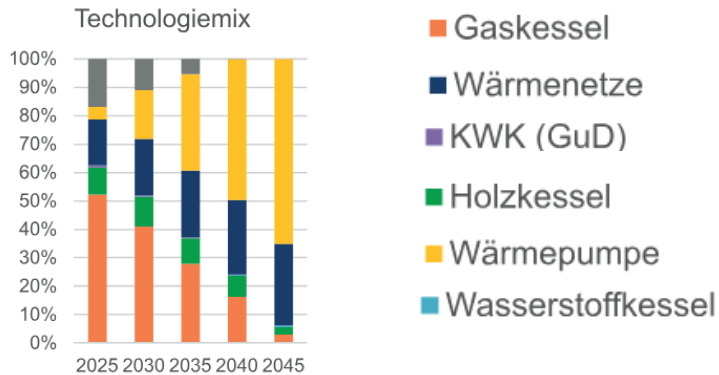
# REGIONALE STRATEGISCHE ENERGIEPLANUNG (RESTEP)

# High-Level Energieszenarien: Beispiel ARIADNE<sup>1</sup>

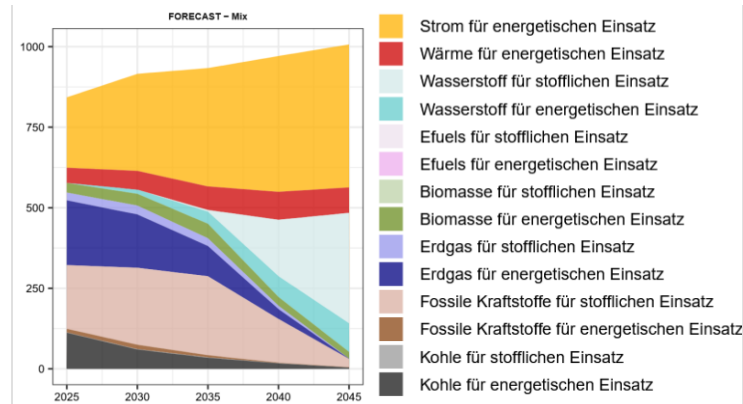


## Wie wird die Energieversorgung Deutschlands klimaneutral?

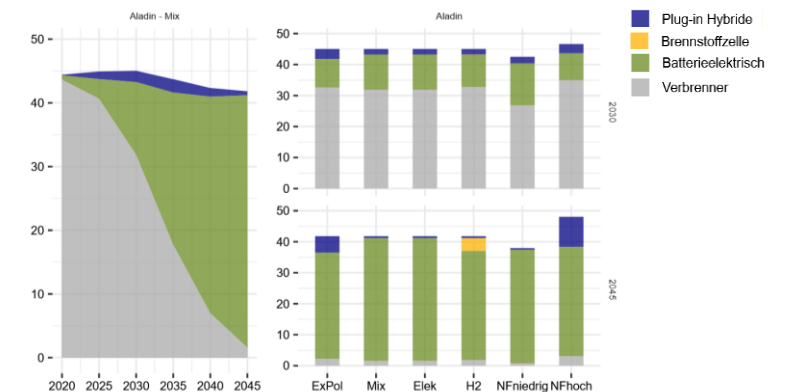
### Heiztechnologien im Gebäudesektor



### Energienachfrage des Industriesektors



### Pkw-Bestand nach Antriebsart

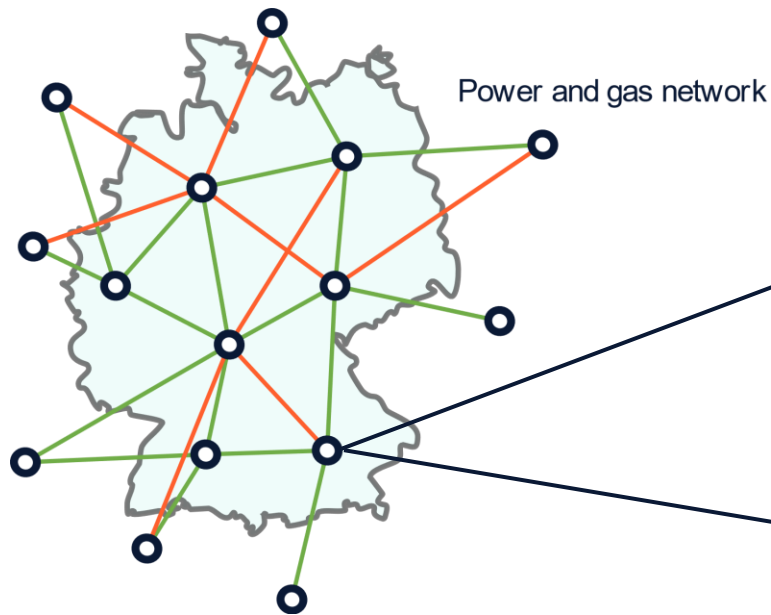


- Orientierung für die Zukunft
- Viele Sektoren
- Viel Aufwand

A composite image showing a view of Earth from space, focusing on the European continent. The landmasses are dark, and the oceans are a deep blue. A dense network of bright yellow lines, representing energy transmission or data flow, is overlaid on the map, connecting various points across Europe and extending into the surrounding oceans. The lines are most concentrated in Western and Central Europe. The Earth's horizon is visible at the top, with a thin layer of white clouds. The background is the blackness of space with some distant stars.

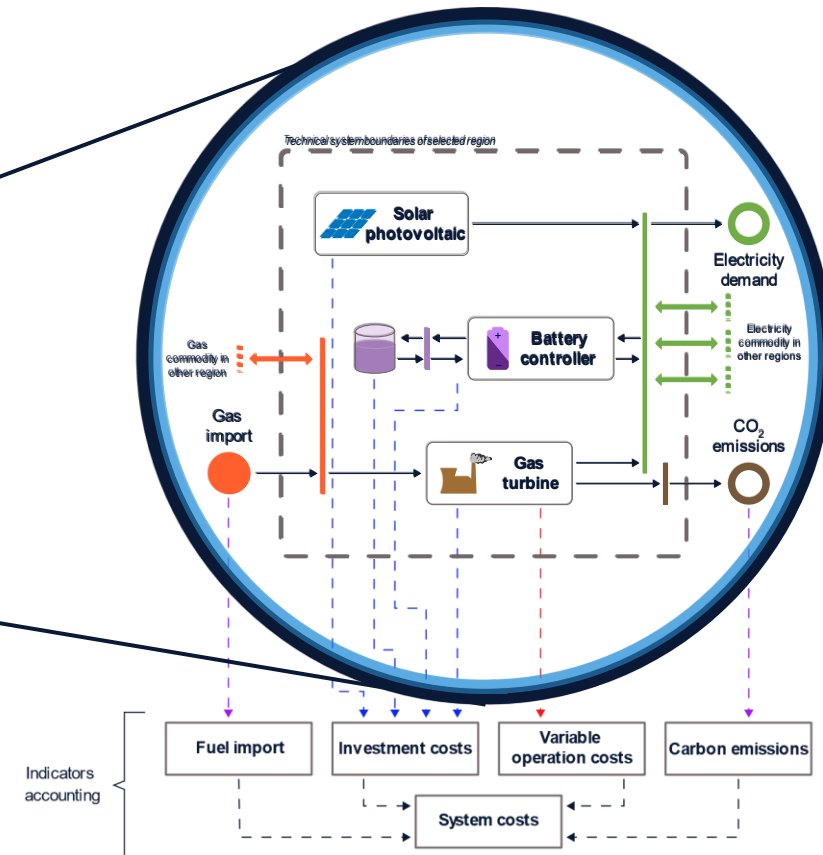
# ENERGIESYSTEMANALYSE AM DLR

# Energiesystemmodellierung (Optimierung)

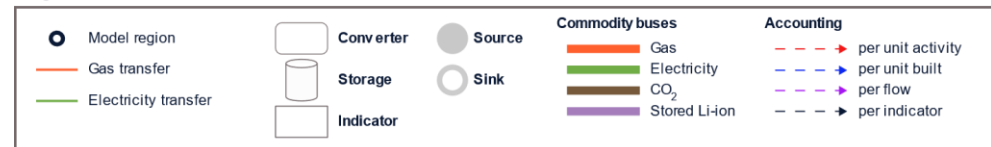


Wo soll wieviel Windenergie-  
Erzeugungsleistung installiert werden, um die  
deutschen Klimaziele (kostenminimal) zu  
erreichen?

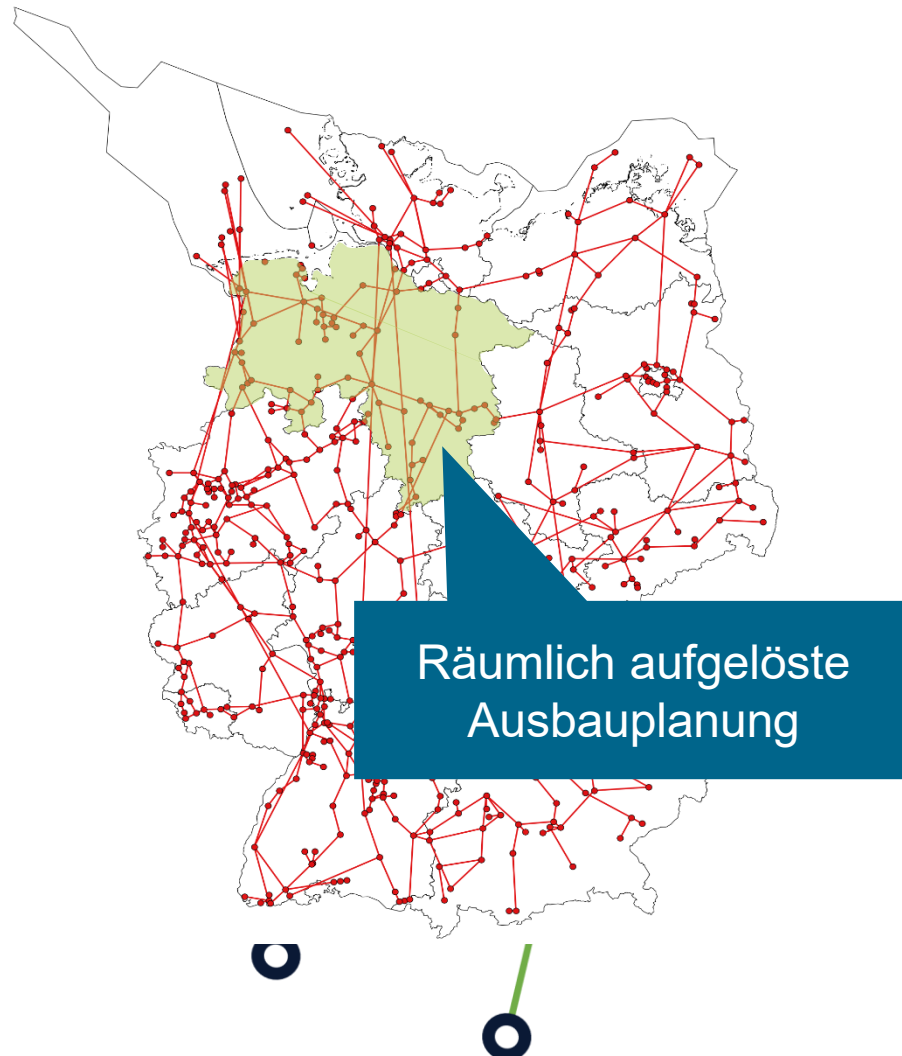
Modell



## Legend



# Ein typisches Modell: „PowGer“



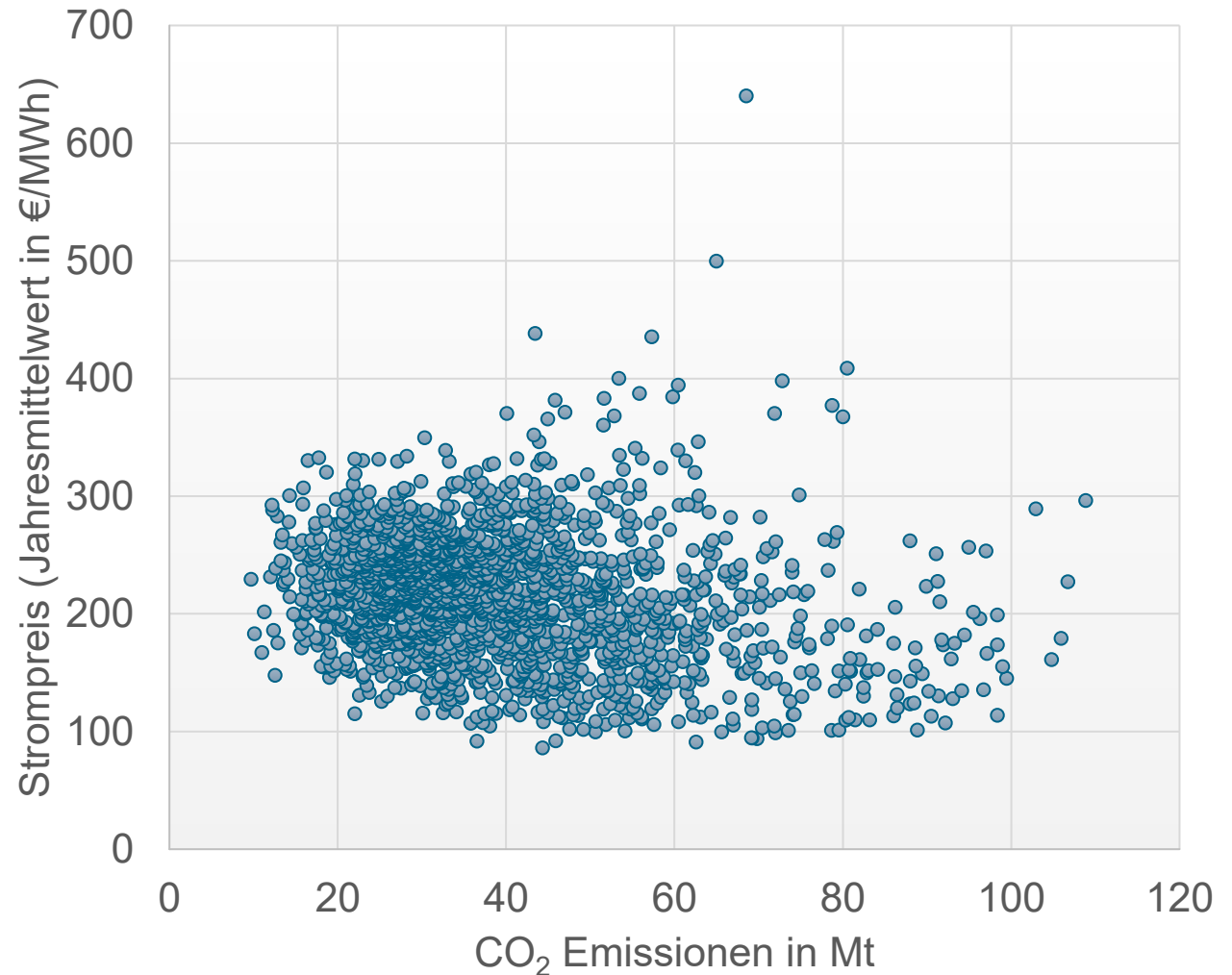
| Name                              | PowGER                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Räumliche Abdeckung / Auflösung   | Deutschland und direkte Nachbarn / Maximale Auflösung: 1 Modellknoten pro Umspannwerksstandort in Deutschland bzw. 1 Modellknoten pro Nachbarland                               |
| Szenarien Zeithorizont            | TYNDP 2020                                                                                                                                                                      |
| Sektorale Abdeckung               | Strom                                                                                                                                                                           |
| Genutztes Modellierungs-Framework |  REMix  |

# Beispiel: Deutsches Stromversorgungssystem 2030

- Systemoptimierung + Marktsimulation
- Beispiel: 2000 Szenarien
- Sampling (80 Parameter)



- Technologiekosten
- CO<sub>2</sub>- und Brennstoffkosten
- Wirkungsgrade
- 25 Wetterjahre für EE-Einspeisung



A photograph of construction workers at night. In the foreground, several workers wearing hard hats and high-visibility vests are seen from behind, looking towards a large construction site. A blue crane arm is visible on the left, and a large white truck is on the right. A bright, glowing plume of sparks or light emanates from the center of the site. The scene is illuminated by artificial lights, creating a high-contrast, industrial atmosphere.

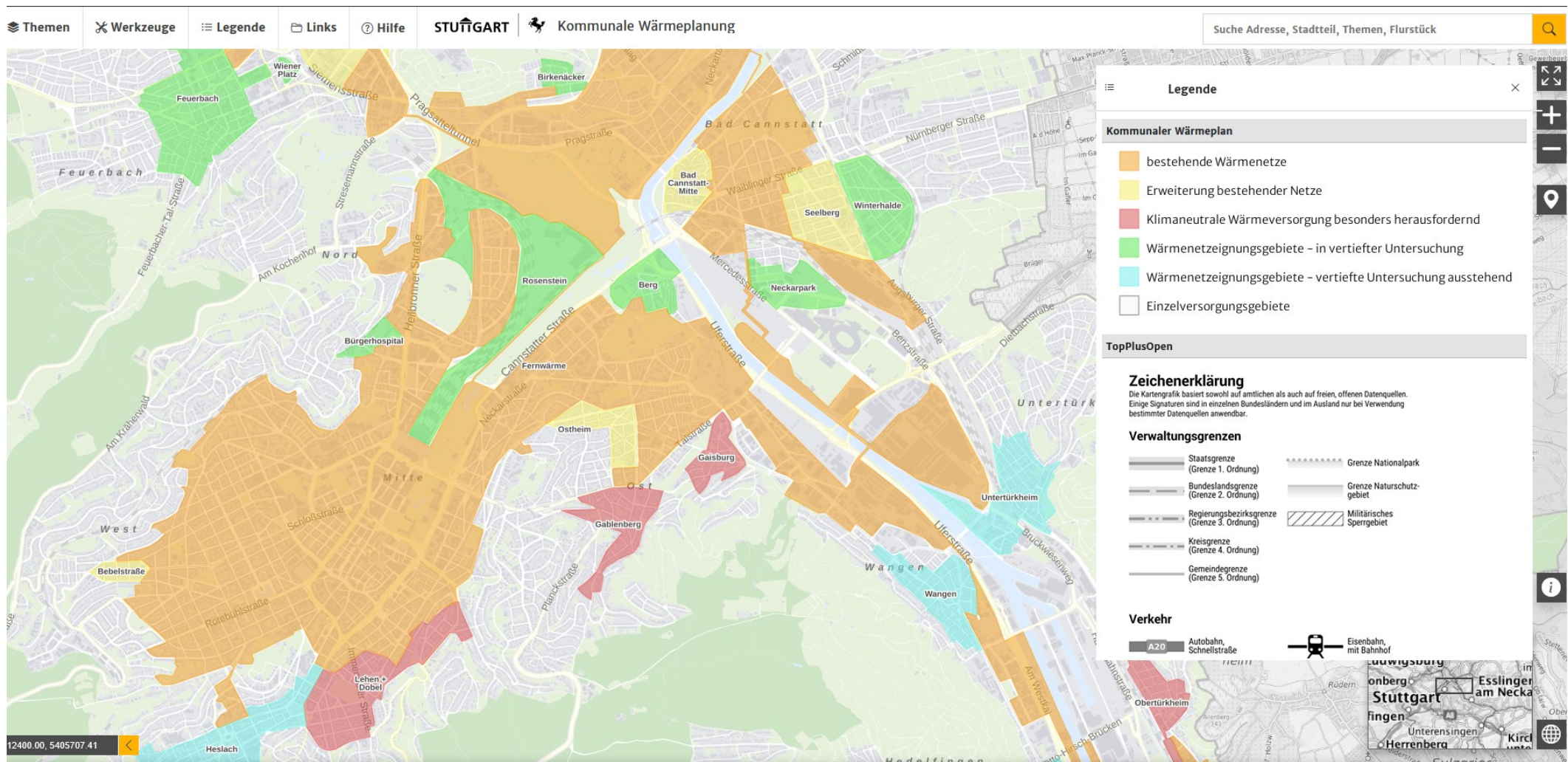
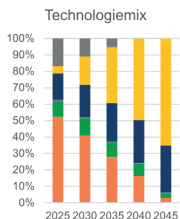
# REGIONALE STRATEGISCHE ENERGIEPLANUNG (RESTEP)

## Wie aus Szenarien Handlungsoptionen für energiepolitische Entscheidungsprozesse werden



Was bedeuten 70 GW Offshore-Windkraftanlagen, die laut des Windenergie-auf-See-Gesetzes bis 2045 gebaut werden sollen für **Niedersachsen**?

# Kommunale Ebene: Beispiel Wärmeplan Stuttgart



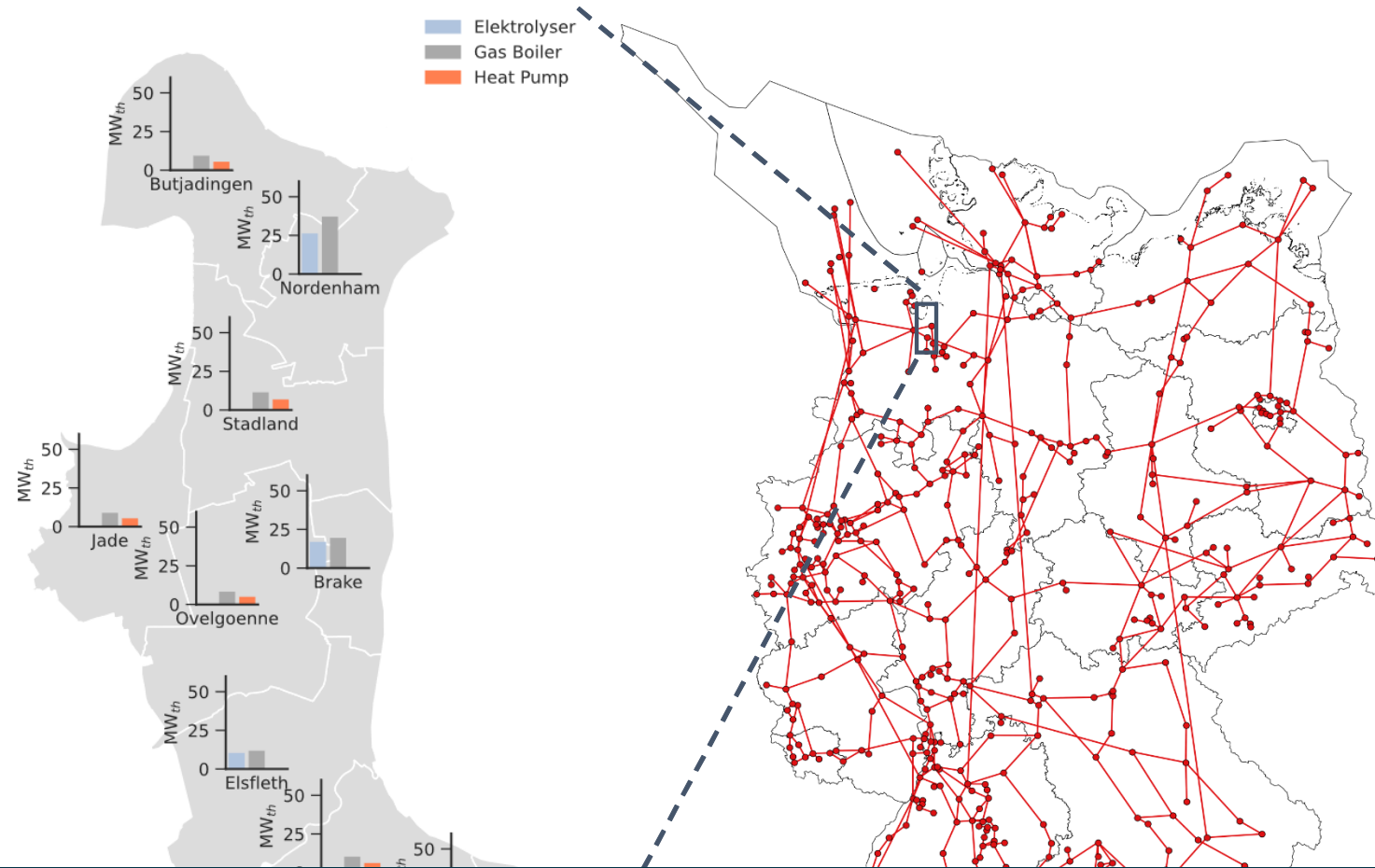
## Prozess der Kommunalen Wärmeplanung



- **Wo soll wieviel** Erzeugungsleistung installiert werden, um die Klimaziele (kostenminimal) zu erreichen?
- Wie Szenarien entwickeln, die ins Gesamtbild passen?

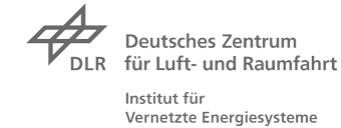
# REGIONALE STRATEGISCHE ENERGIEPLANUNG (RESTEP)

# Modellperspektive in ReStEP

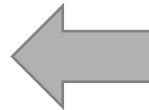


- **Wo** soll **wieviel** Erzeugungsleistung installiert werden, um die Klimaziele (kostenminimal) zu erreichen?
- Wie Szenarien entwickeln, die ins Gesamtbild passen?

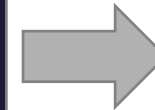
# Projektzusammenarbeit



**Geodatenbasierte  
Energieleitplanung**  
Bedarfsanalyse,  
Potentialanalyse

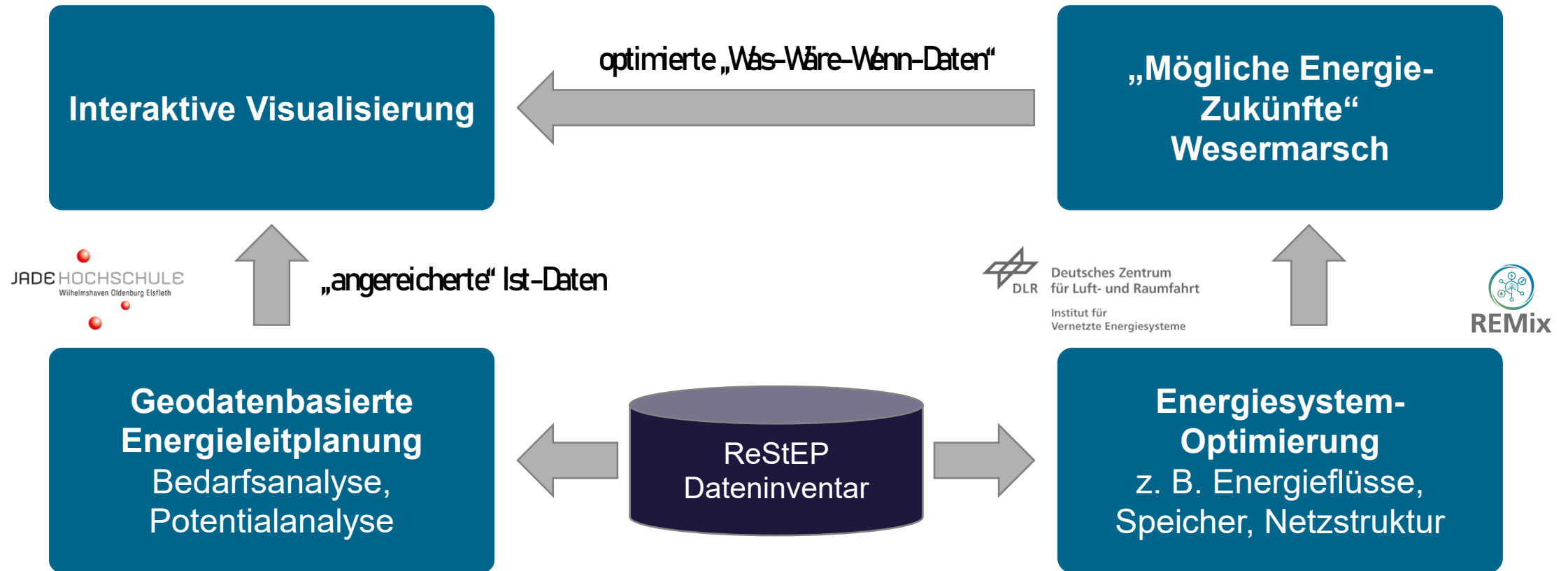


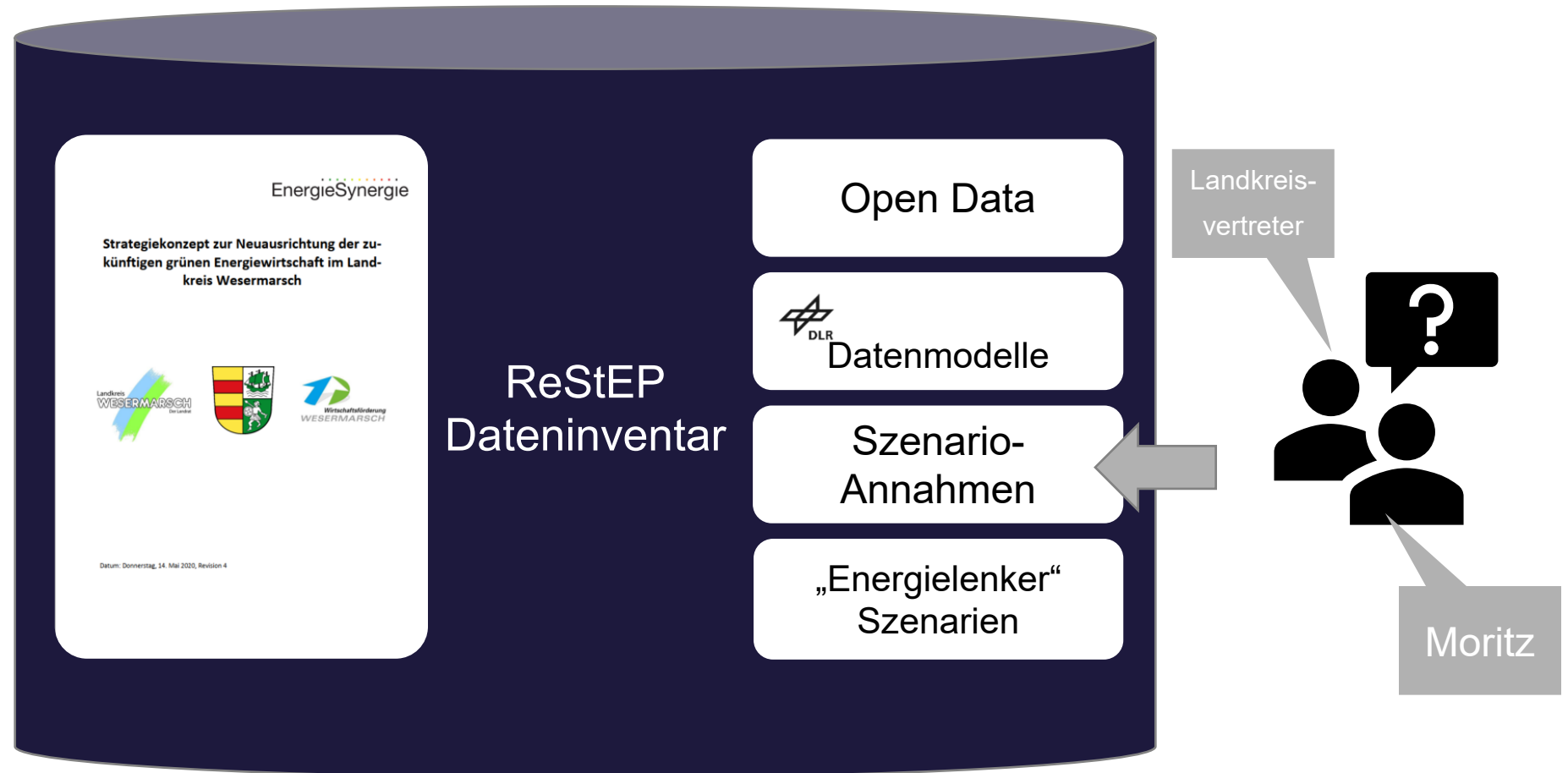
ReStEP  
Dateninventar



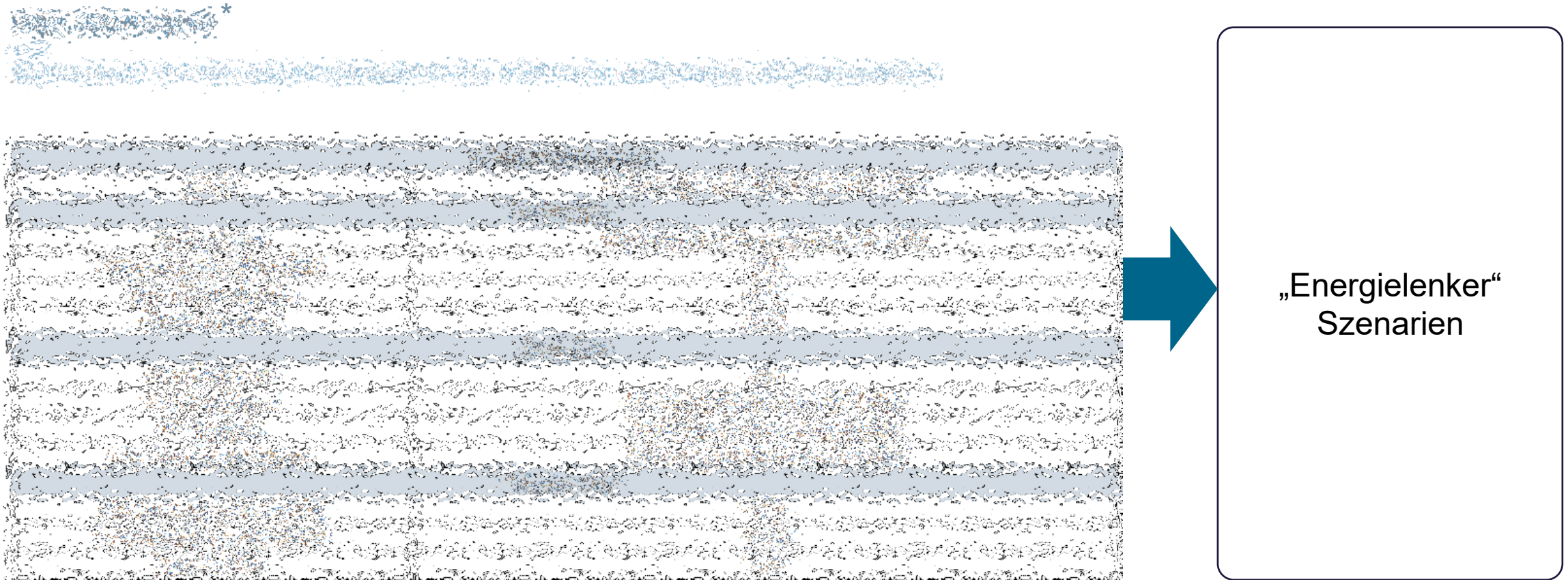
**Energiesystem-  
Optimierung**  
z. B. Energieflüsse,  
Speicher, Netzstruktur

# Projektzusammenarbeit

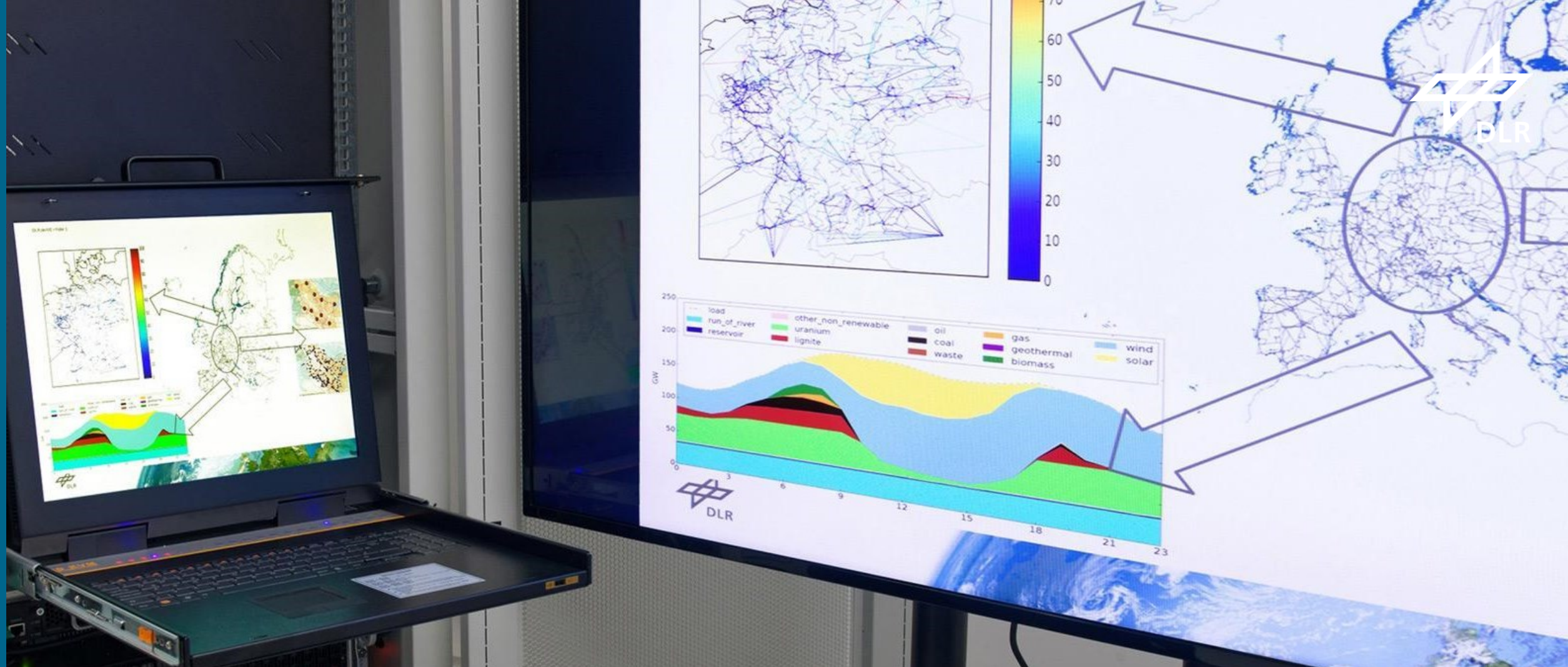




# „Energienlenker“-Szenarien als Teil des Dateninventars



\*Zwischenstand Frühjahr 2025 Klimaschutzkonzept v. energielenker projects GmbH

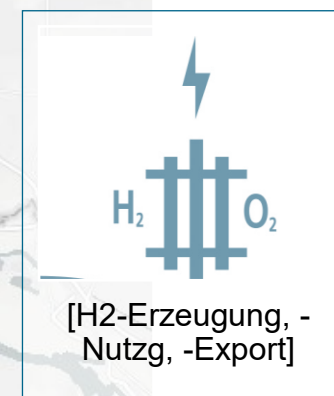
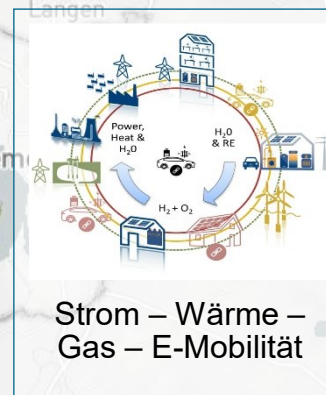
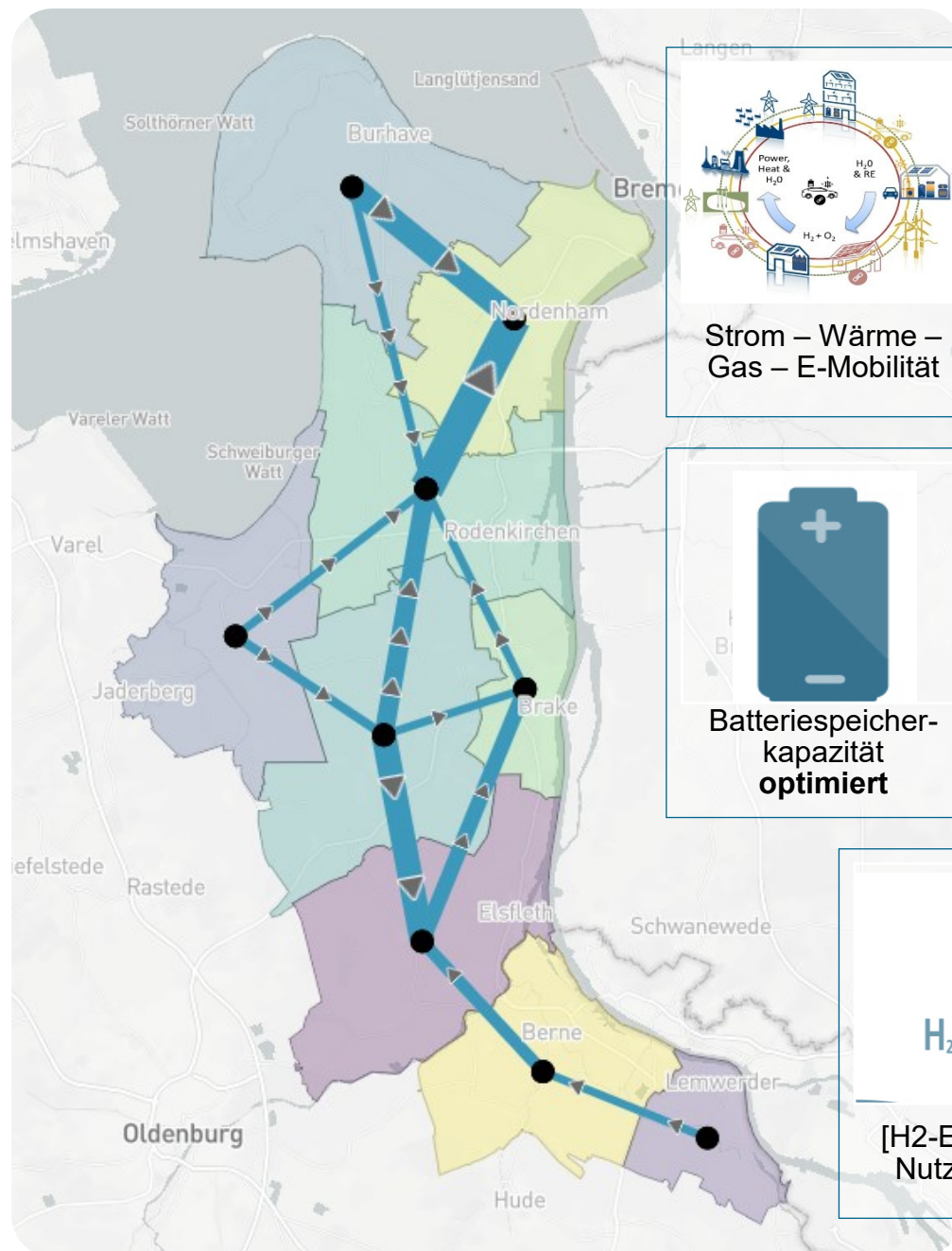


# WAS-WÄRE-WENN?



# REMIX

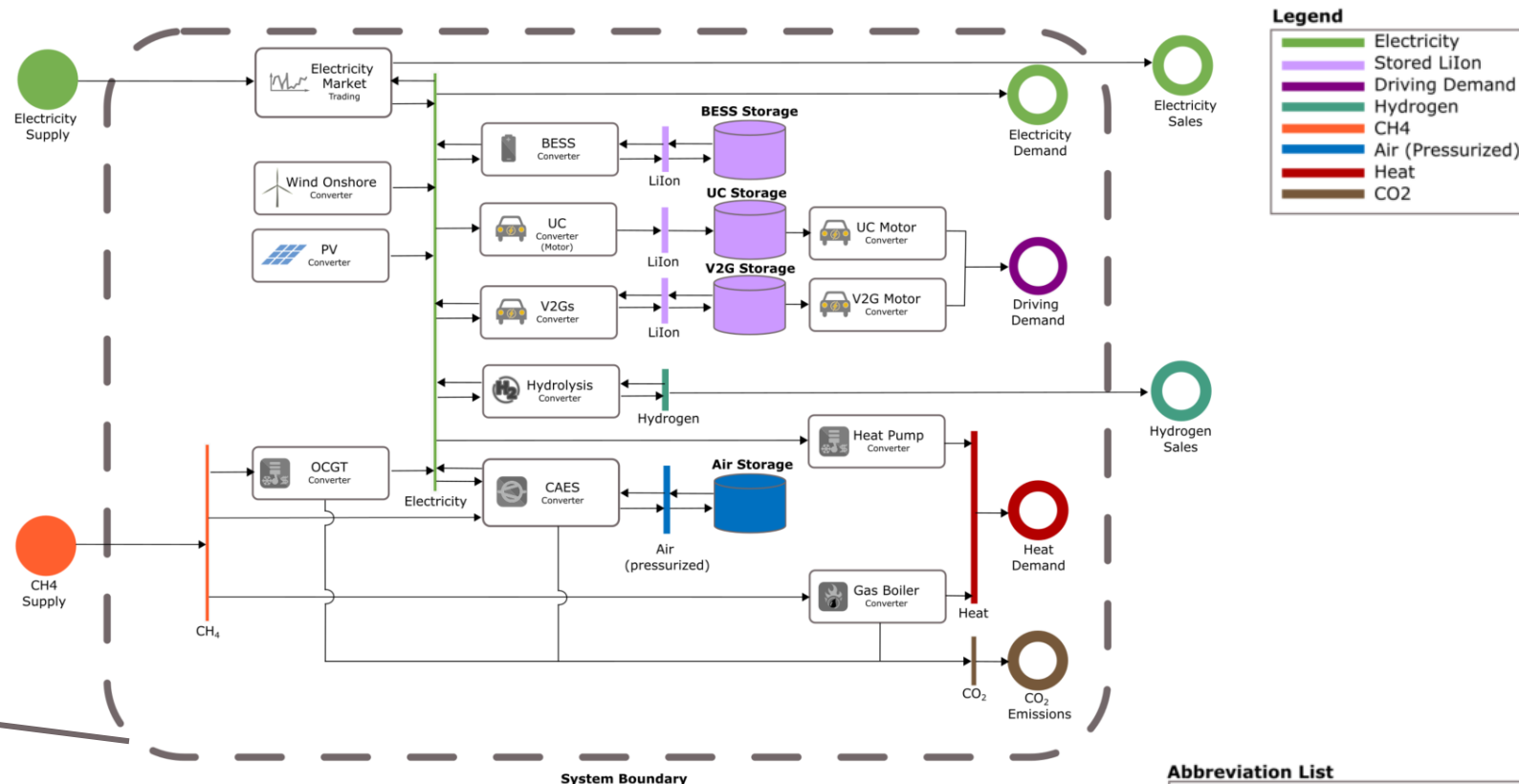
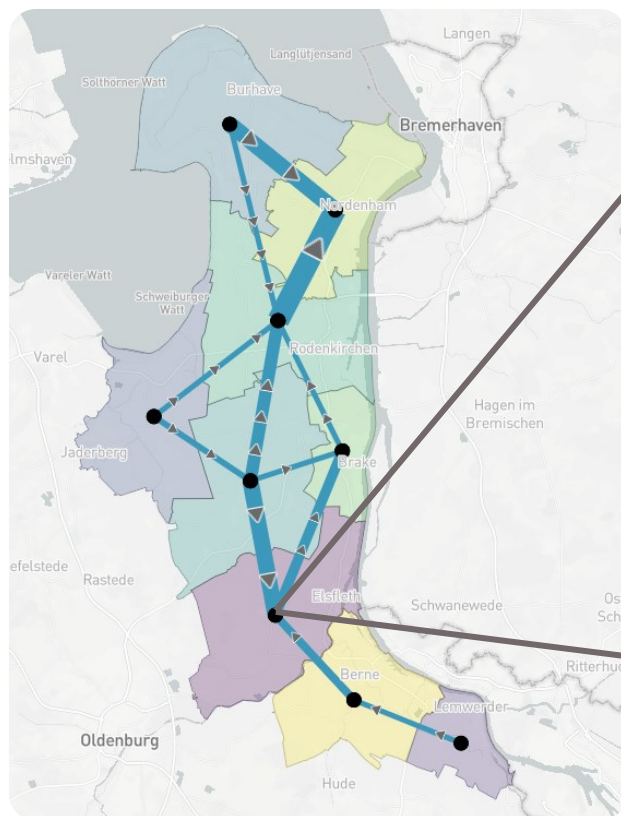
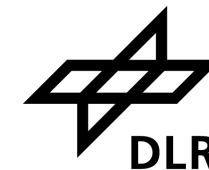
Wesermarsch





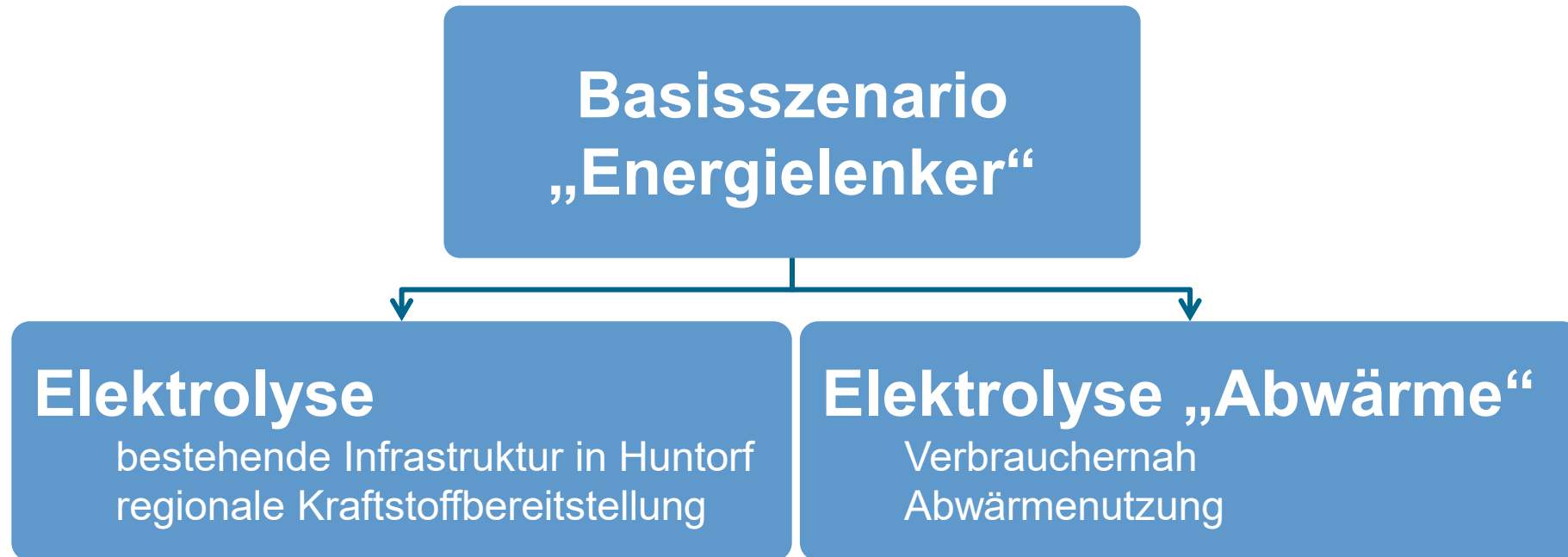
# REMIX

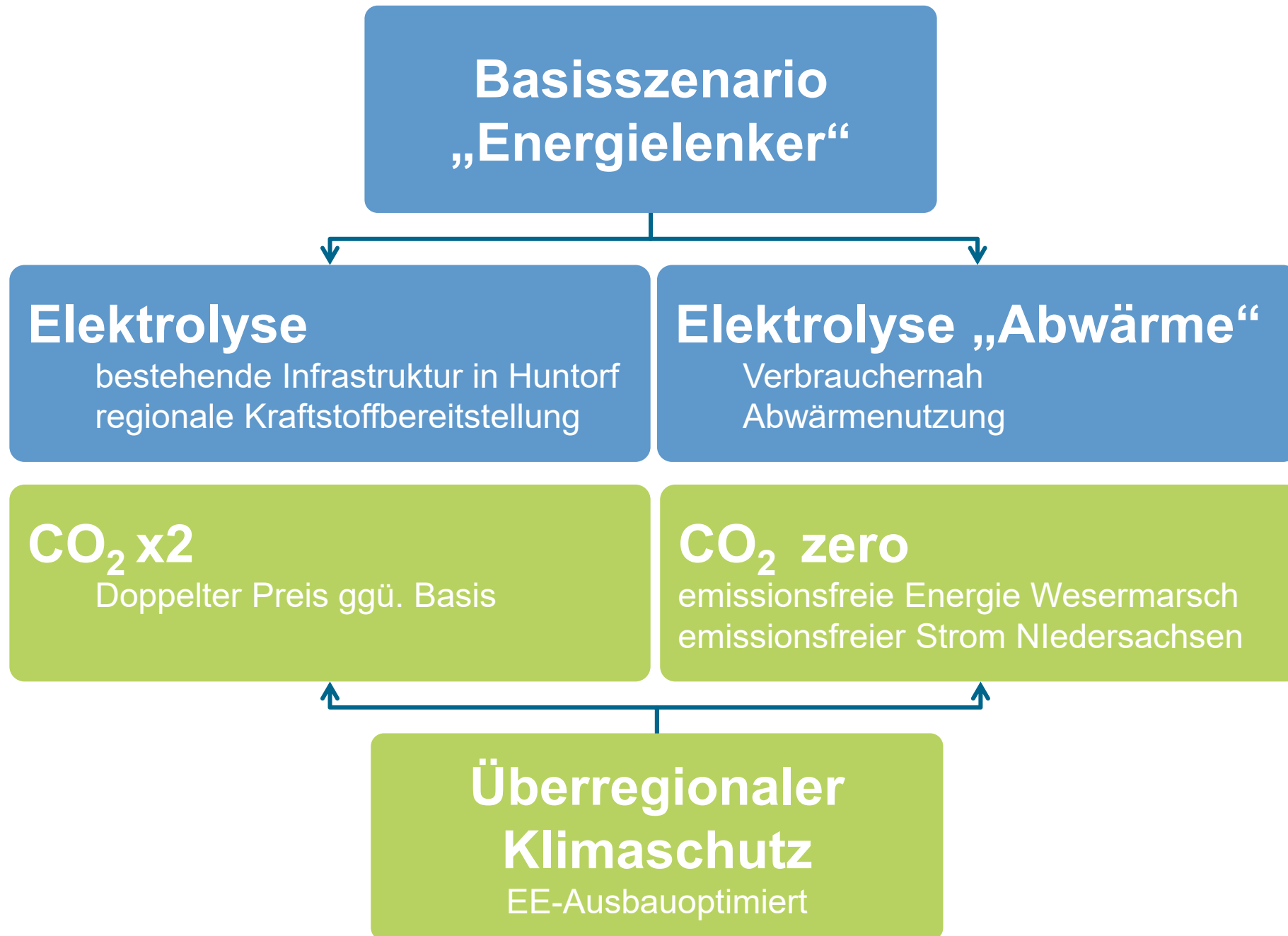
## Wesermarsch



**Abbreviation List**

- BEES: Battery Energy Storage
- CAES: Compressed air energy storage
- LiIon: Lithium Ion
- OCGT: open-cycle gas turbine
- PV: Photovoltaic (solar) cells
- UC: Uncontrolled charging (vehicles)
- V2G: Vehicle-to-grid (capable vehicles)





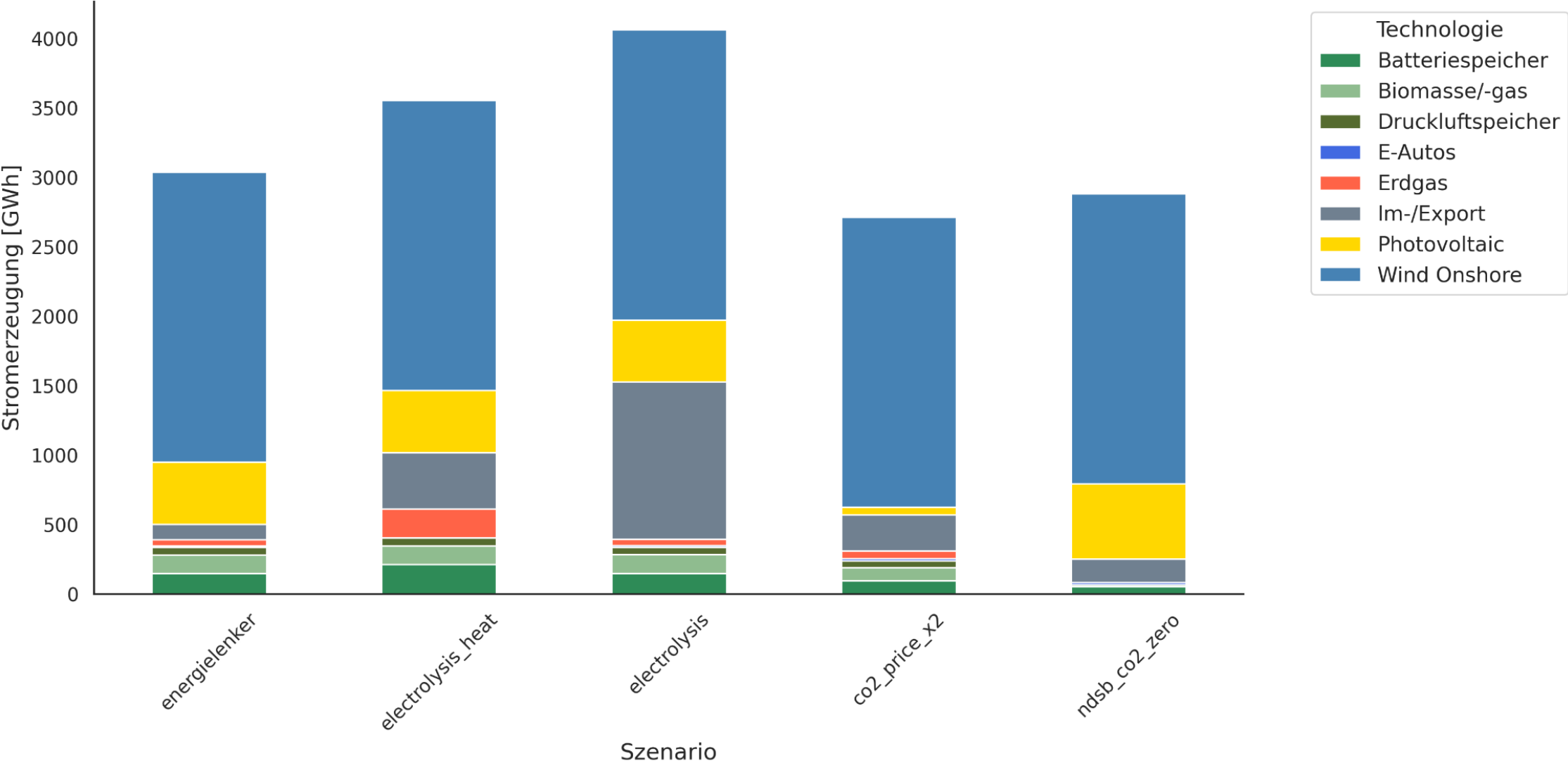
|                       | EE-<br>Ausbau | Elek-<br>trolyse | Weserm.+<br>Umgeb. | CO <sub>2</sub> -<br>Preis |
|-----------------------|---------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| „Energienker“         | fix           | ⊘                | ✓                  | 130€/t                     |
| Elektrolyse           | fix           | optimiert        | ✓                  | 130€/t                     |
| Elektrolyse „Abwärme“ | fix           | optimiert        | ✓                  | 130€/t                     |
| CO <sub>2</sub> x2    | optimiert     | ⊘                | ✓                  | 260€/t                     |
| CO <sub>2</sub> zero  | optimiert     | ⊘                | ✓                  | Modell-<br>Ergebnis        |



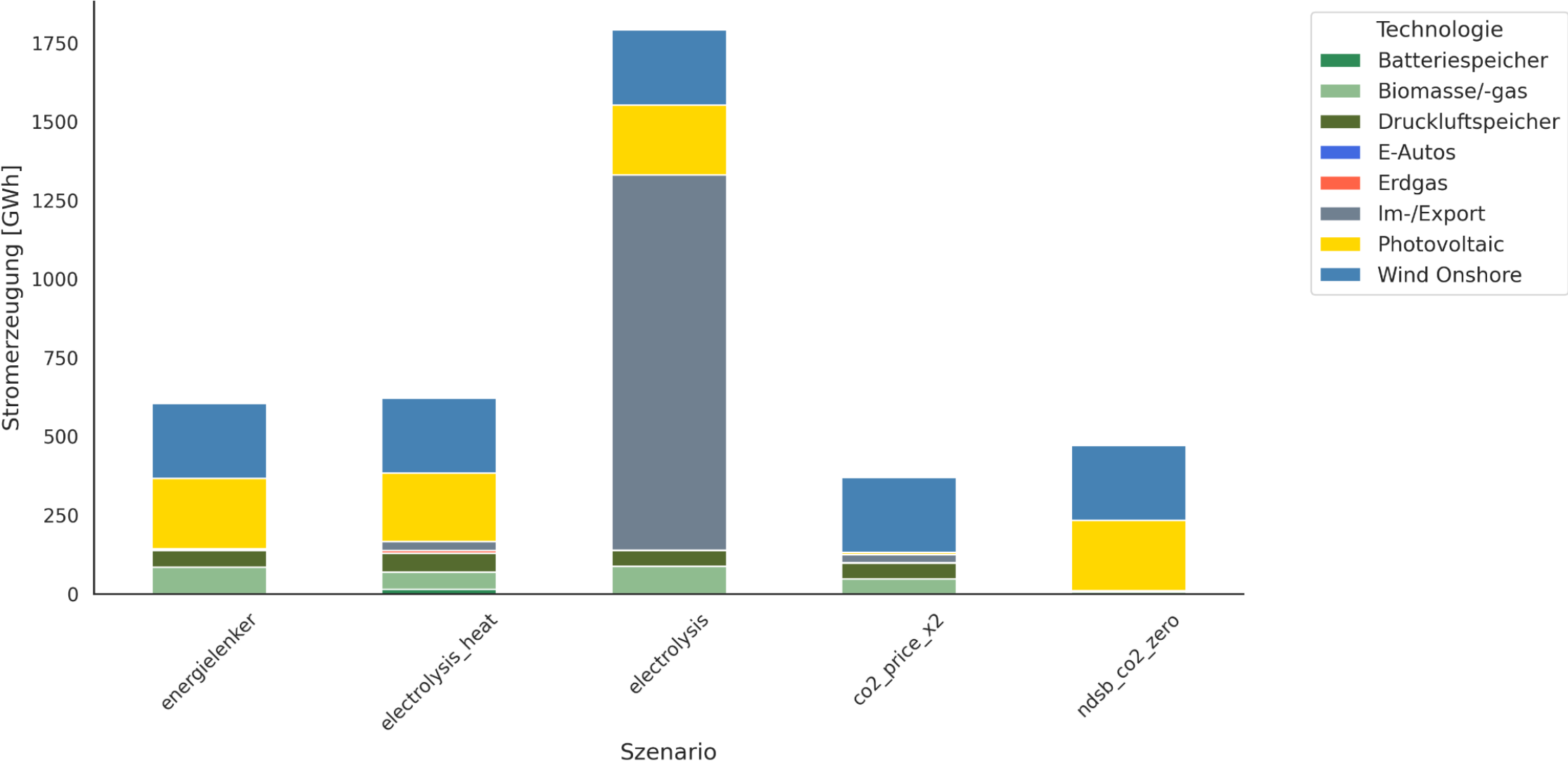
A satellite image of Europe and the surrounding regions, showing a dense network of yellow lines representing satellite connections or data links. The lines are concentrated over landmasses and radiate outwards, illustrating a complex network structure. The background shows the Earth's curvature and the dark space of the atmosphere.

# BEISPIELHAFTE ERGEBNISSE

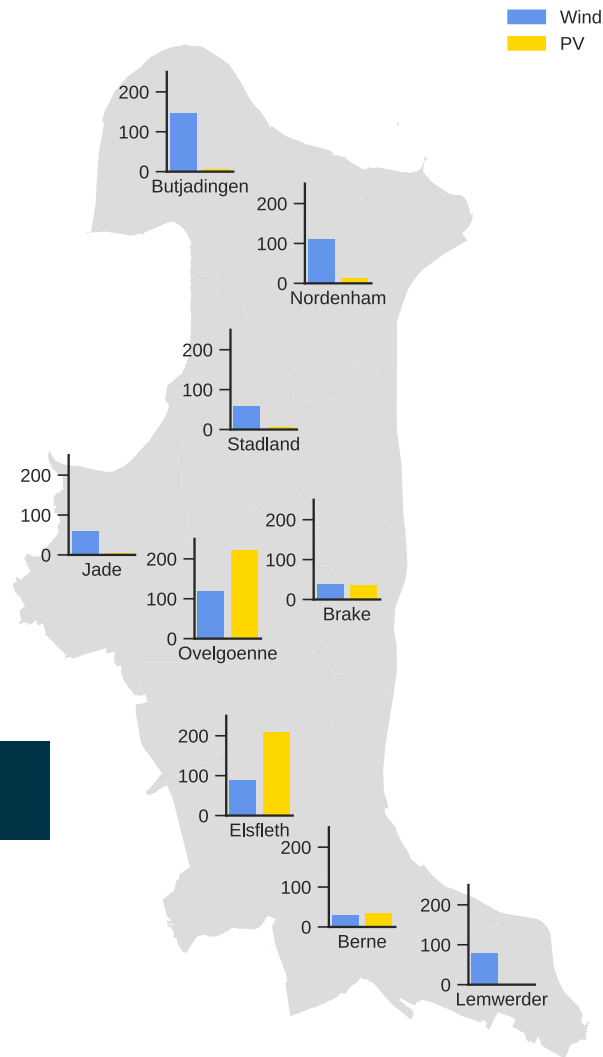
# Stromerzeugung Wesermarsch



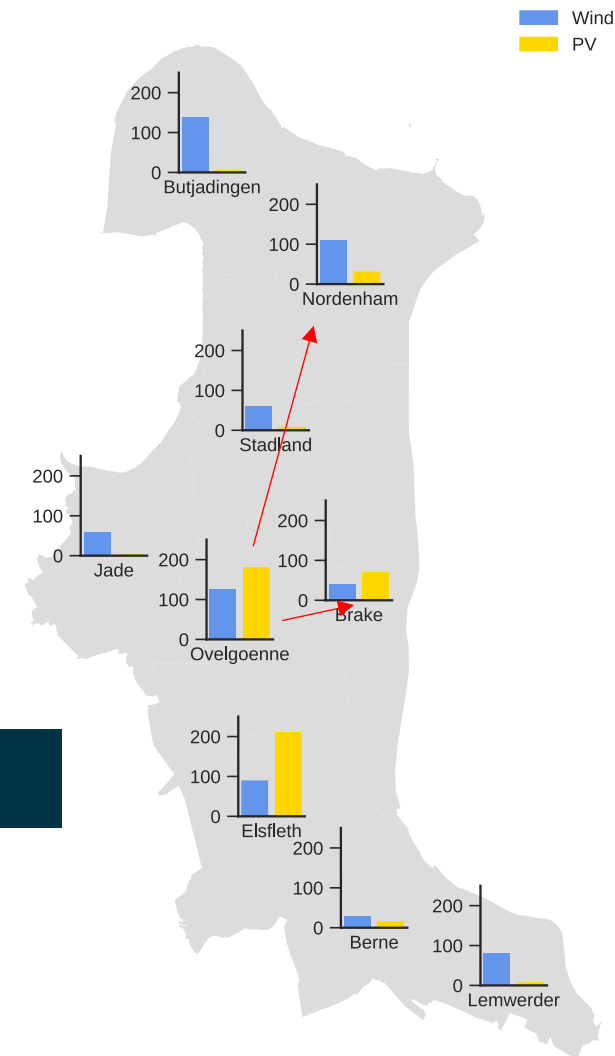
# Stromerzeugung Elsfleth



# Ausbau von Wind und PV

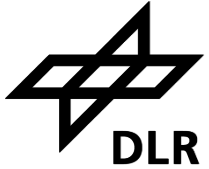


„Elektrolyse“



Elektrolyse „Abwärme“

# Impressum



Thema: **REGIONALE STRATEGISCHE ENERGIEPLANUNG**  
Entscheidungsunterstützung mittels Geodatenanalyse  
und Energiesystemmodellierung

Datum: 2025-11-13

Autor: Karl-Kiên Cao

Institut: Institut für Vernetzte Energiesysteme

Bildquellen: Alle Bilder „DLR (CC BY-NC-ND 3.0)“, sofern nicht  
anders angegeben