

# RESILIENT – Resilient Energy System Infrastructure Layouts for Industry, E-Fuels and Network Transitions

<https://resilient-project.github.io/>

Prof Dr. Tom Brown, [t.brown@tu-berlin.de](mailto:t.brown@tu-berlin.de)  
Department of Digital Transformation in Energy Systems  
Technical University of Berlin, Germany

## RESILIENT NRW Workshop

October 7, 2024



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

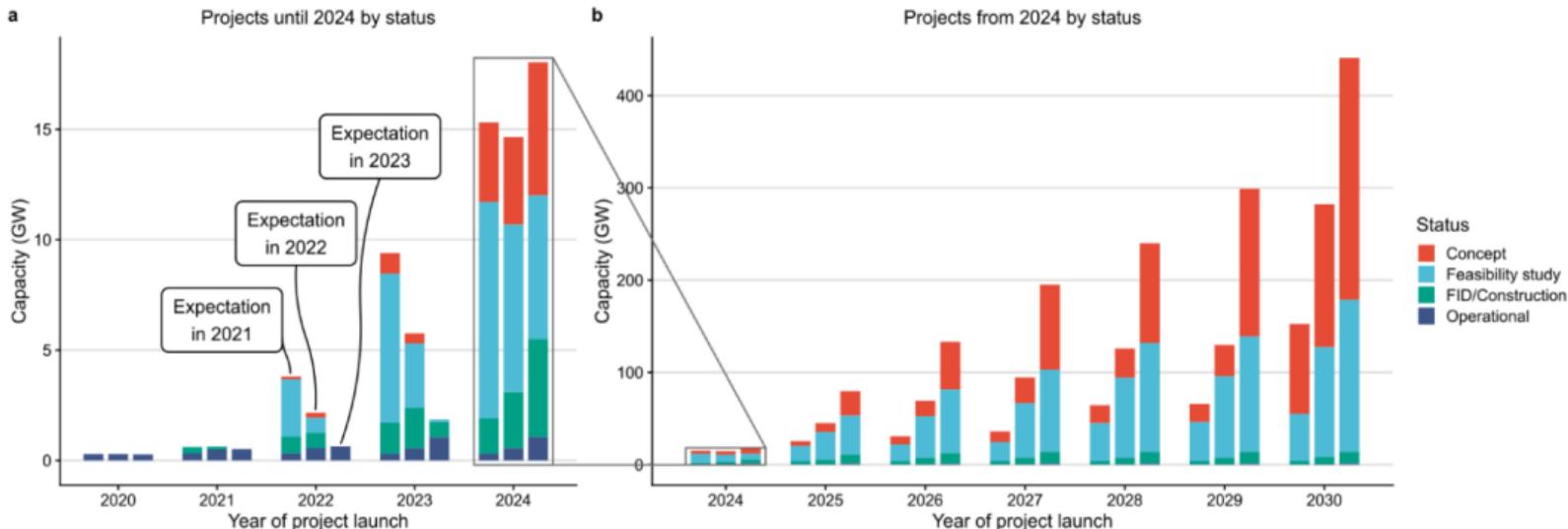
# RESILIENT-Projektübersicht

- **Problemdiagnose:** Welt befindet sich in einer Phase der **Unsicherheit** und des **Wandels** (Geopolitik, Energiewende, Klimawandel); Szenarien mit einzelnen deterministischen Lösungen nicht mehr bedarfsgerecht
- **Projektziel:** Entwicklung und Demonstration von Werkzeugen für eine resiliente Planung der Energiewende für Industrie, E-fuels und Netze
- Baut auf dem schon etablierten, quelloffenen und weltweit genutzten Multi-Vektor-Energiesystemmodell **Python for Power System Analysis (PyPSA)**
- **Methodischer Schwerpunkt:** Optimierung unter Unsicherheit (stochastisch und robust), Dekompositionsmethoden und Heuristiken für Resilienz
- **Fallstudien:** **Industriewende in NRW**, Netzplanung in BW, E-Fuels in Skandinavien, Klimaextremereignisse in Frankreich
- Gefördert durch Clean Energy Transition (CET) Partnerschaft (EU-Kofinanzierung)

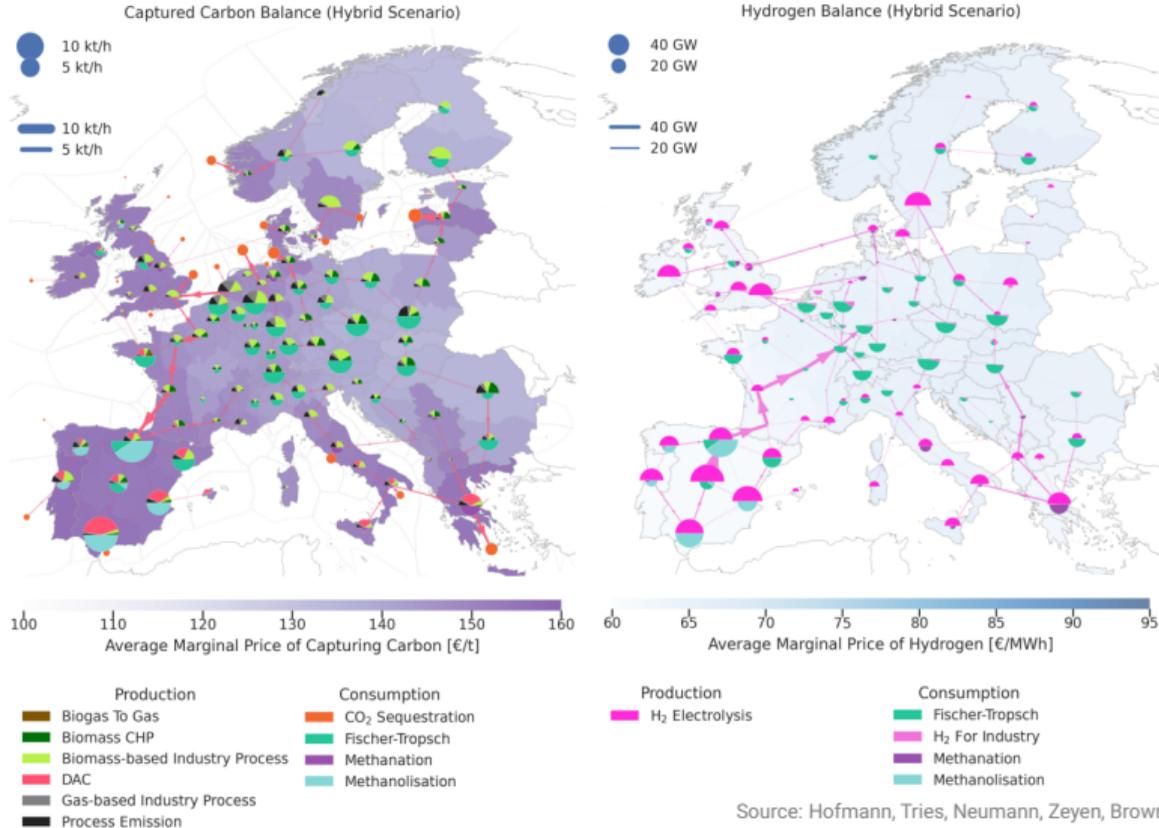


# Beispiel von Unsicherheit: Verfügbarkeit von Wasserstoff

Elektrolyseure teurer als erwartet, Produktionskosten eskalieren, Projekte und Transportinfrastrukturen (z.B. Pipeline nach Norwegen) werden verschoben



# PyPSA-Eur: CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> networks for self-sufficient net-zero Europe

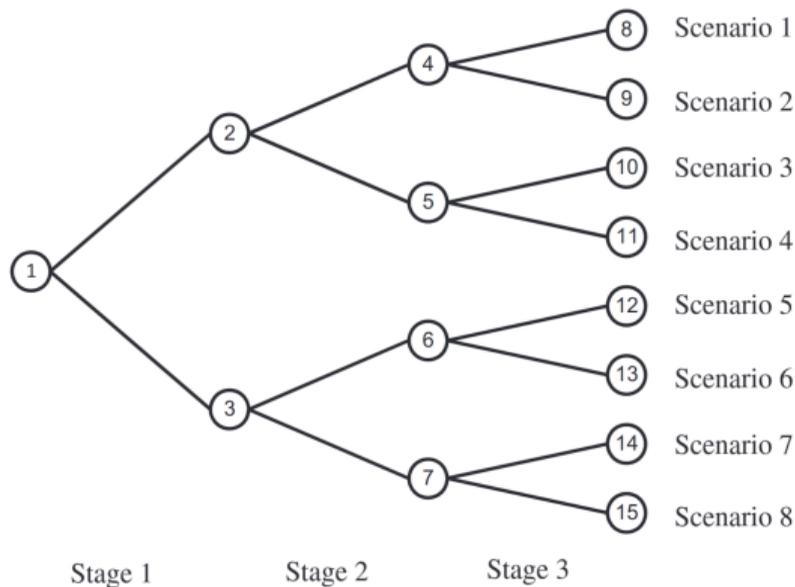


Source: Hofmann, Tries, Neumann, Zeyen, Brown, 2024;  
<https://arxiv.org/abs/2402.19042>

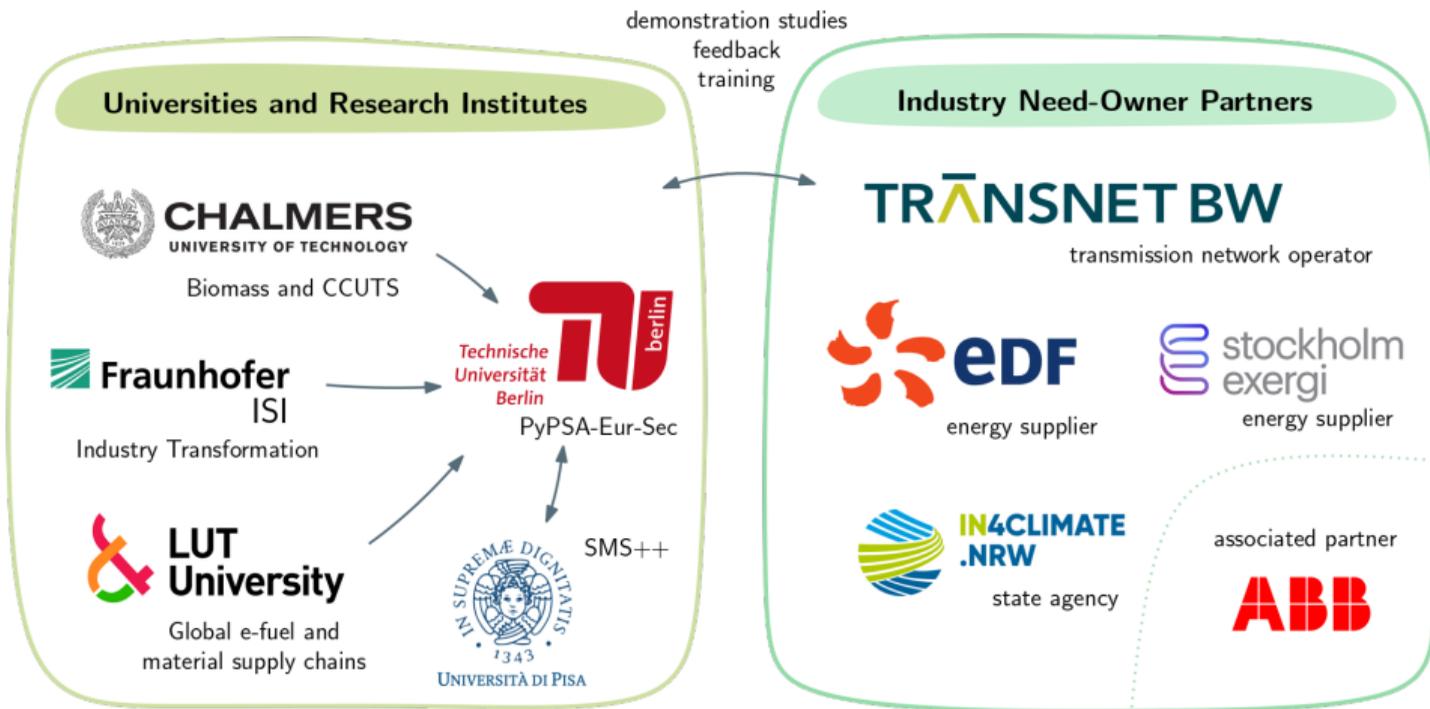


# Optimierung unter Unsicherheiten

- Unsicherheiten im Energiesystem erfordern Strategien, die in **vielen Szenarien robust** sind
- Welche Investitionen in 2025-2030 erlauben die Erreichung von Klimazielen in allen Szenarien?
- Z.B. unter Verzögerungen beim Netzausbau, Knappheit von Wasserstoff, geopolitische Disruptionen
- Welche Maßnahmen **schaffen Optionen** für künftiges Reagieren?



# Partners



# Work Plan

WP1 – TUB

## Project Leadership

WP2

### Methods for Resilient Planning under Strategic Uncertainties

- Development of stochastic optimisation framework SMS++
- Development of multi-vector energy system model PyPSA-Eur-Sec

WP3

### Datasets and Model Improvements on Industry, Biomass and E-Fuels

- Industry Transition Paths: Fuel and Process Switching
- Carbon Management and the Role of Biomass
- Global Green Fuel and Material Markets

WP4

### Case Studies and Model Demonstrations for Need-Owners

- France's future energy system in the European network
- Grid planning and industry transition in Western Germany
- Carbon and e-fuel strategies for Sweden and Finland

WP5

### Outreach, Communication and Dissemination

- engagement with more need-owners
- training events and documentation

WP6

### Reporting & Knowledge Community Standard WP



# Selection of Planned Model Developments

## Computational Methods for Uncertainties

- decomposition techniques
- large-scale stochastic optimisation
- test robustness of system
- using SMS++ framework

## Carbon Management and Biomass Usage

- CO<sub>2</sub> network
- CO<sub>2</sub> sequestration potentials
- circular carbon economy and recycling
- biomass usage options

## Industry Transformation (FORECAST)

- fuel and process switching
- industry relocation
- carbon sources and feedstocks
- data on stock & investment cycles
- new technologies (oxyfuel cement, etc.)

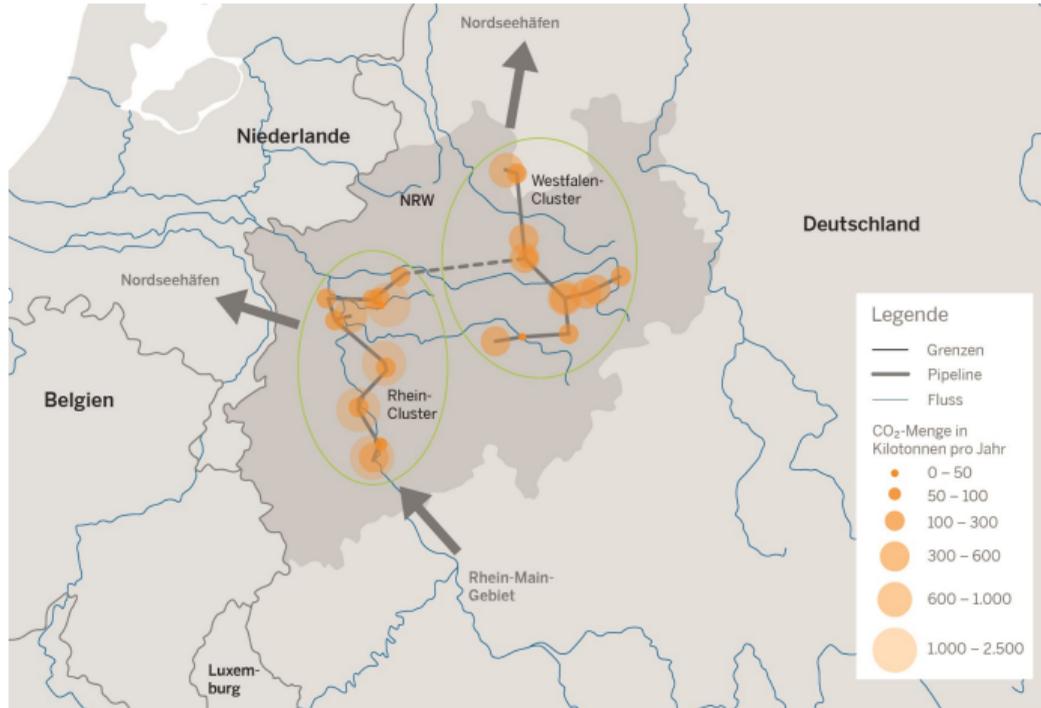
## Global Green Fuel and Material Markets

- imports of green energy and materials
- effects on European infrastructure
- restructuring of value chains
- risks (geopolitical, technological, etc.)



# Fallstudie Industrietransformation in Nordrhein-Westfalen

Warum NRW? Viel Industrie, Einbettung Europa, Strategien für CO<sub>2</sub> & H<sub>2</sub>-Importe vorhanden



# Fallstudie Industrietransformation in Nordrhein-Westfalen

- **Problemdiagnose:** Transformation der energieintensiven Industrien erfordert Umstellung von sowohl Brennstoffen als auch Prozessen, Investitionszyklen sind lang, abhängig von verfügbaren Infrastrukturen, viele Unsicherheiten
- **RESILIENT-Ansatz:** Herausarbeitung und Konkretisierung der Probleme mit Partnern aus der Industrie ⇒ **heutiger Workshop**; Entwicklung von Strategien, die über mehrere Szenarien robust sind
- Beispiele für **Unsicherheiten:** Preise und Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff; Verfügbarkeit CO<sub>2</sub>-Pipelines und Biomasse; politische Unterstützung und Marktdynamiken (KSV, grüne Leitmärkte); Akzeptanz für Infrastruktur, CCS, usw.
- Beispiele für **Strategien:** Hybridansätze, z.B. bivalente Kessel, Nutzung von (Bio-)Methan für DRI bis H<sub>2</sub> da ist; Elektrolyseure vor Ort, CO<sub>2</sub>-Transport per Schiff/Zug/Lkw, Speicherung von Strom/H<sub>2</sub>/Derivaten, Flexibilisierung, blauer H<sub>2</sub>, Import von Zwischenprodukten (HBI, Ammoniak, Methanol)



# Ziel des Workshops heute

- Verständnis für die Unsicherheiten und Hedging-Strategien schaffen
- Wo sind die **entscheidenden Herausforderungen**?
- Welche Technologien können Robustheit gewährleisten?
- Wie entwickeln wir unsere Fallstudie, sodass sie für die Praxis relevant bleibt?

