HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Produktionspotenziale für grünen Wasserstoff an geplanten H_2-Pipelines

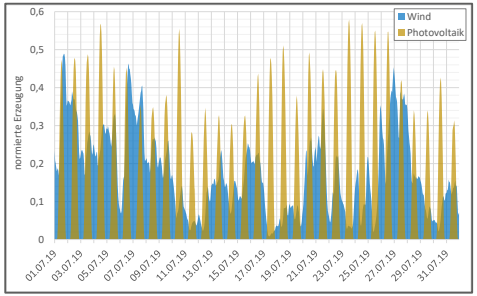
MATHIAS HEIKER, M.SC.

ANDREAS STROINK, M.SC.
ANICA MERTINS, M.SC.
PROF. DR. TIM WAWER
PROF. DR.-ING. SANDRA ROSENBERGER

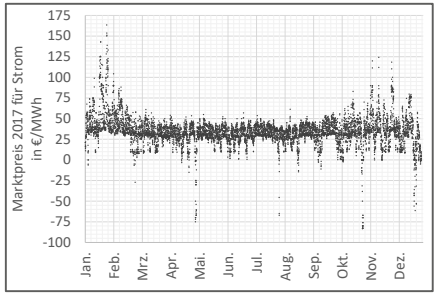
Regionalperspektive BIOGAS

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

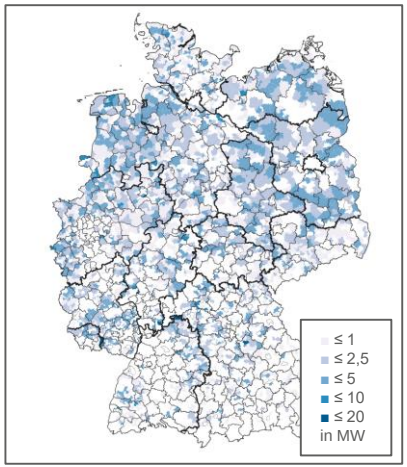
ZIEL



volatile Erzeugungsprofile für Wind und PV



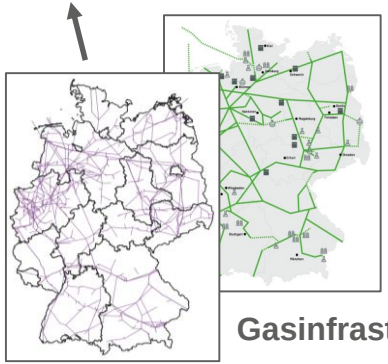
Strommarktpreise



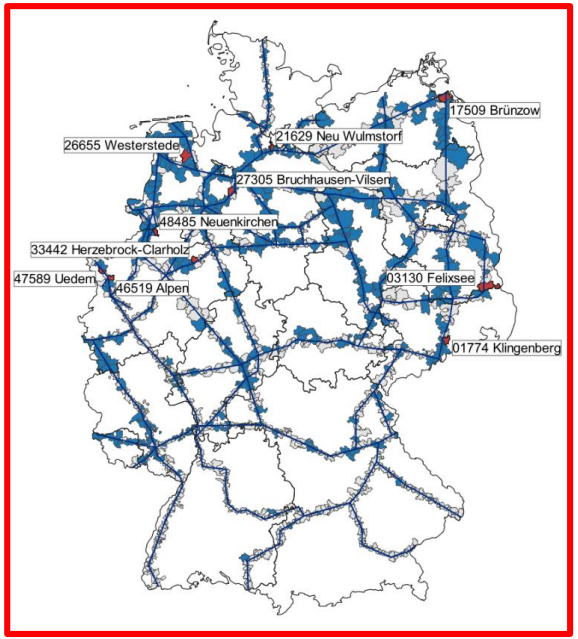
regionale EE-Energieerzeuger

$$C_{elec}^{Inv} + \sum_{t=1}^{T=8760} \left(C_{elec}^{Var}(t) - R_{el}^{Feed}(t) - R_{hy}^{Green}(t) \right)$$

regionale Elektrolyseur-Auslegung



Gasinfrastruktur



H2-Potential an geplanten H2-Pipelines

METHODIK UND MATERIALIEN

REGIONALE ERZEUGUNG AUS WIND UND PHOTOVOLTAIK

Übertragungsnetzbetreiber

- operativer Betrieb überregionaler Stromnetze
- zuständig für Auszahlung von Mindestvergütungen und Prämien nach dem Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG)
- Datensatz beinhaltet ortsgenaue (Straße und Ort) Anlagendaten, u.a. installierte elektrische Leistung

→öffentlich abrufbar: www.netztranzparenz.de

Bildquellen:
Übertragungsnetzbetreiber

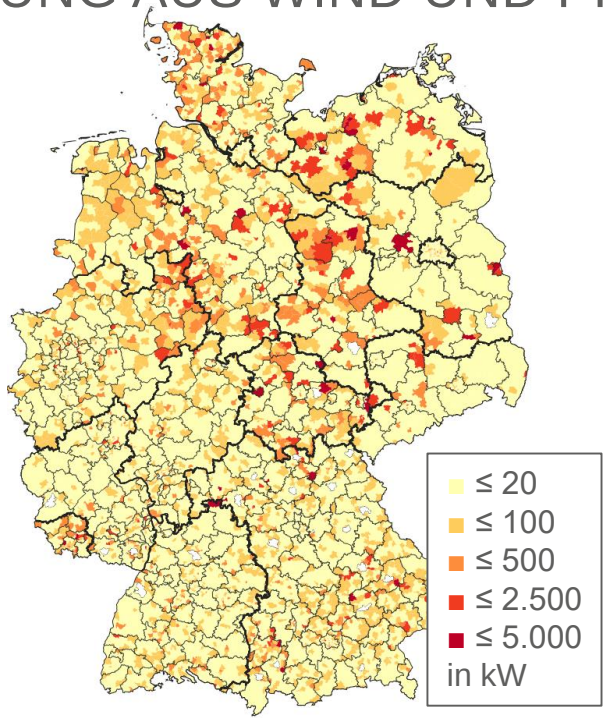
REGIONALE ERZEUGUNG AUS WIND UND PHOTOVOLTAIK

- Auswertung der Datensätze

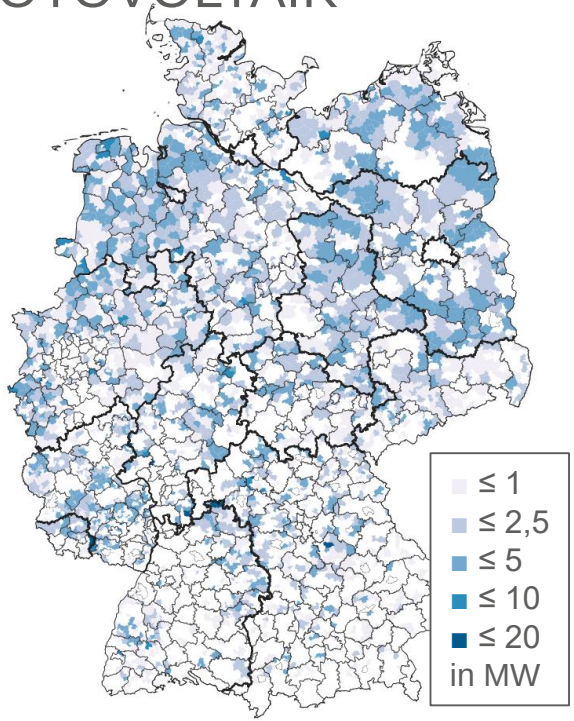
  → ortsgenaue Informationen zu elektrisch installierten Wind- und PV- Leistungen

- installierte Leistungen werden auf Postleitzahl-Ebene für weitere Modellierung kumuliert

  → **regionale Modellebene: Postleitzahl (PLZ)-Gebiete**



installierte Leistung Photovoltaik

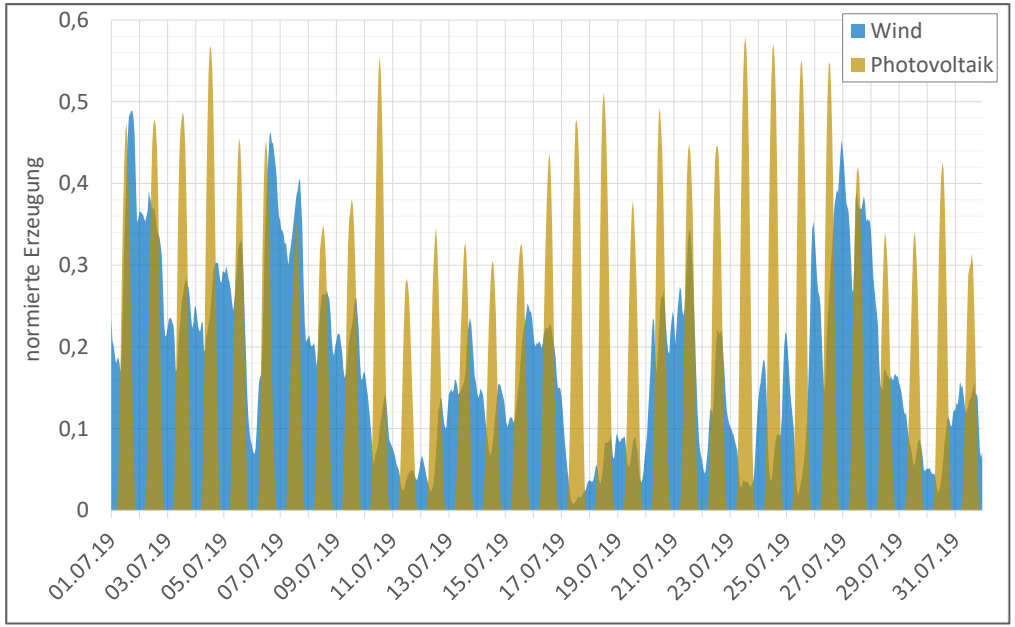


installierte Leistung Wind

ERZEUGUNGSPROFILE FÜR WIND UND PHOTOVOLTAIK

- Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik → volatile Energieträger
- normierte Jahresdaten der Erzeugung: 1h-Werten für DE
- Kombination mit regionalen Anlagendaten über installierte Leistung für Wind und PV

  → **Energieträger-spezifische stündlich erzeugte Strommengen**

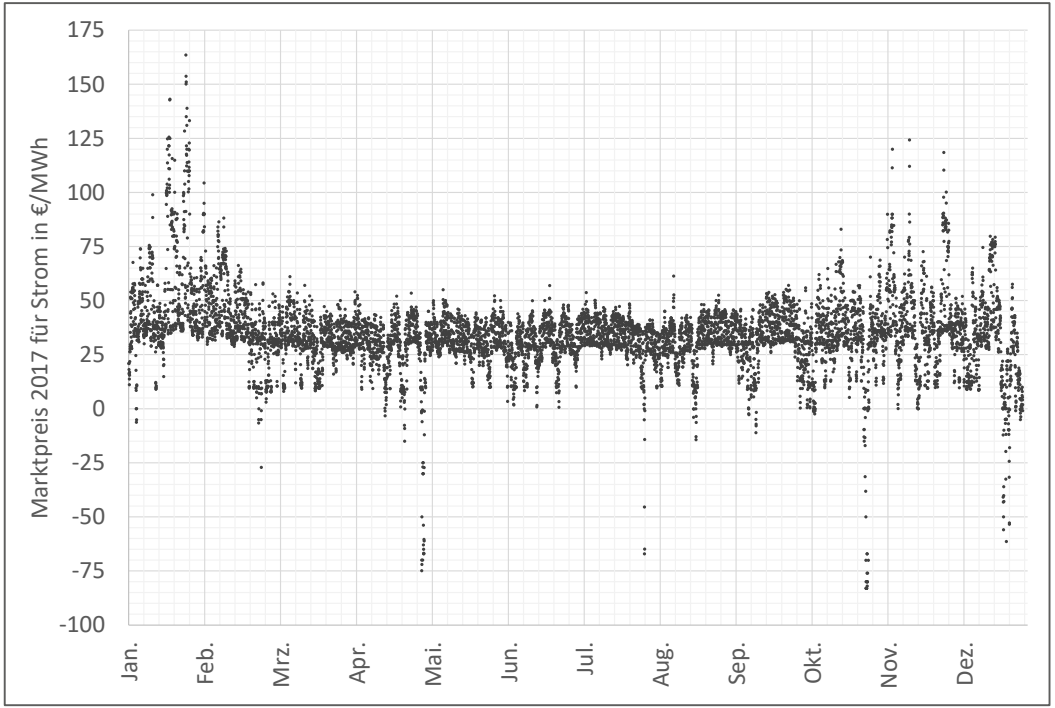


Erzeugungsprofile für Wind und PV, beispielhaft für Juli 2019
Quelle: https://open-power-system-data.org/

STROMMARKT

- z.T. hohe Marktpreis-Schwankungen
  → konstanter Strompreis unplausibel
- Annahme: Strom aus Wind- und PV-Anlagen wird am Spotmarkt gehandelt (keine Förderung)

→ **Preisbewertung:**
1h-Spotmarktpreise 2017



Spotmarkpreise für Strom in 2017
Quelle: SMARD Strommarktdaten, www.smard.de

GEO-DATEN ZUKÜNFTIGER H_2-PIPELINES

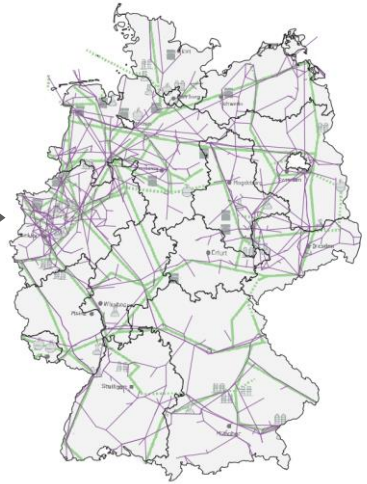
Geo-Datensatz:
aktuelle überregionale
Gasinfrastruktur

Quelle: IGGIELGN-Geodatensatz, SciGrid.de

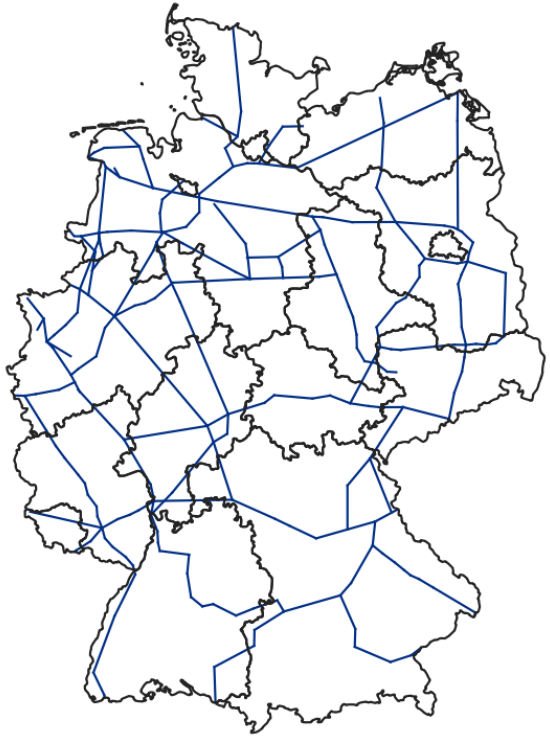
Skizze:
geplante H_2-
Infrastruktur

Quelle: jpg-Datei, fnb-gas.de

Projektion Geo-Datensatz
auf Skizze und Zuordnung
von H_2-Pipelines



Geo-Datensatz:
zukünftige H_2-Pipelines



ELEKTROLYSEUR-AUSLEGUNG: OPTIMIERUNGSMODELL

Auslegung auf maximale Erzeugungsleistung aufgrund hoher Volatilität in Erzeugung nicht zielführend

→ Auslegung der installierten Elektrolyseure auf Basis einer Kostenoptimierung

Annahme: Optimierung je PLZ-Gebiet

→ Ankauf des gesamten Stroms im PLZ-Gebiet für Elektrolyse oder Wiederverkauf

ELEKTROLYSEUR-AUSLEGUNG: OPTIMIERUNGSMODELL

→ Optimierung: minimale Kosten z:

- Annuität der Investition C_{elec}^{Inv}
- variable Kosten durch Betrieb $C_{elec}^{Var}(t)$
+ Erlös durch Stromverkauf $R_{el}^{Feed}(t)$
+ Erlös aus H_2-Verkauf $R_{hy}^{Green}(t)$

$$z = C_{elec}^{Inv} + \sum_{t=1}^{T=8760} \left(C_{elec}^{Var}(t) - R_{el}^{Feed}(t) - R_{hy}^{Green}(t) \right)$$

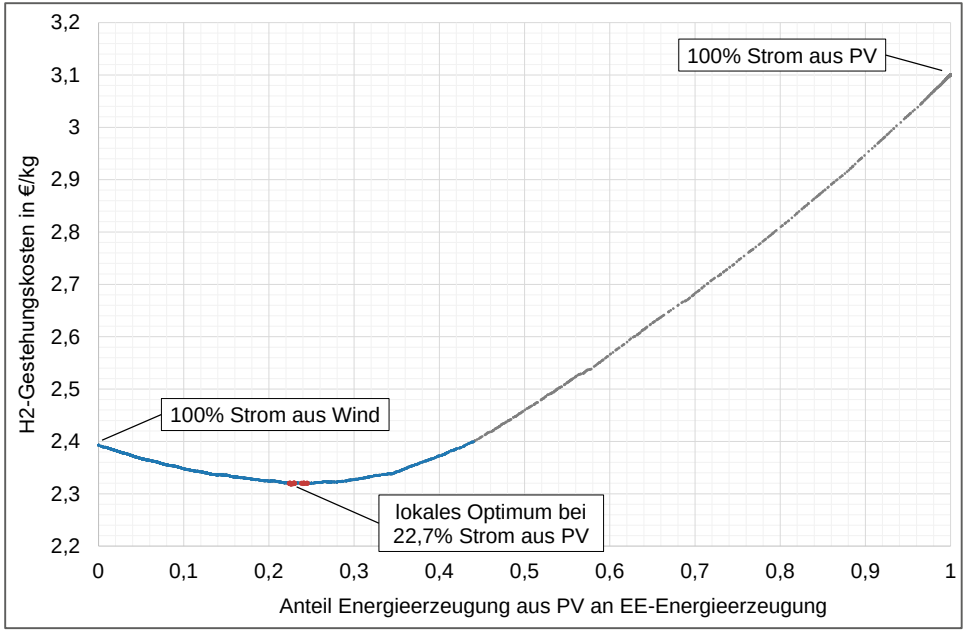
weitere konstante Parameter:

- 650 €/kW_{el} spezifische Investition Elektrolyseur
- 6 % kalkulatorischer Zinssatz
- 20 a Nutzungsdauer
- 6 €/kg H_2-Wert

ERGEBNISSE

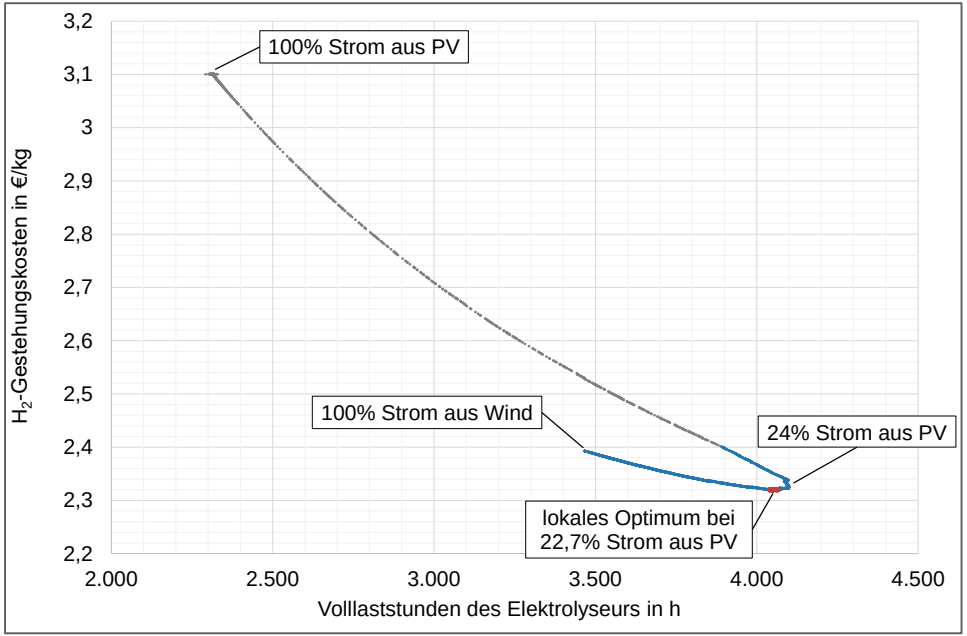
H_2 GESTEHUNGSKOSTEN UND STROMMIX

- H_2 Gestehungskosten zeigen eine deutliche Abhängigkeit von Strommix aus Wind und PV
- 100 % Stromerzeugung aus PV erzeugt höchste spezifische Kosten: 3,10 €/kg H_2
- 100 % Stromerzeugung aus Wind liegt mit 2,39 €/kg H_2 signifikant unter 100 % PV
- Synergie aus Wind und PV zeigt mit 2,31 €/kg H_2 ein lokales Optimum bei 22,7 % PV und 77,3 % Wind



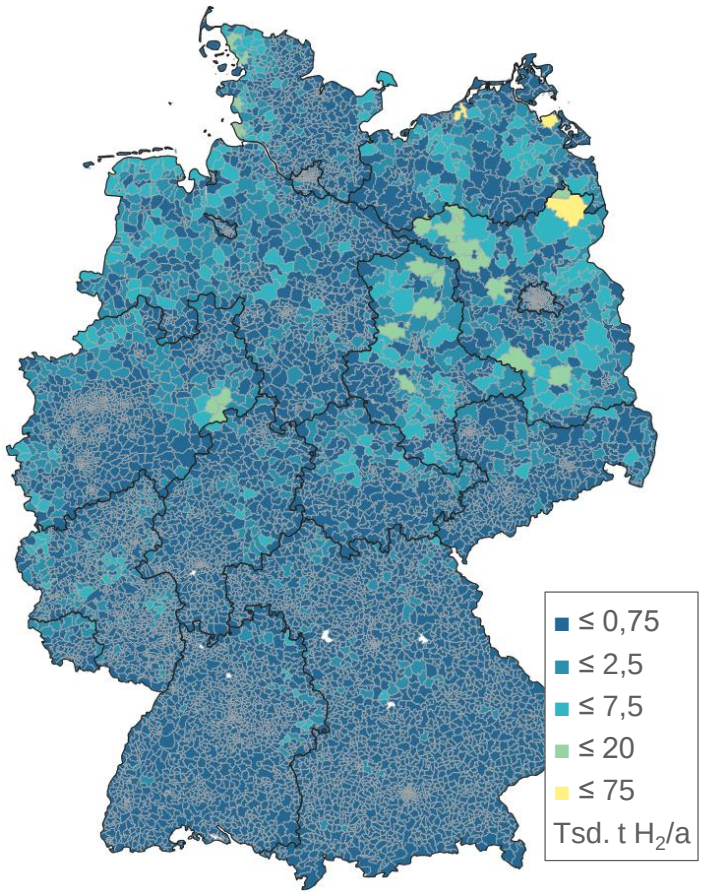
H_2 GESTEHUNGSKOSTEN UND STROMMIX

- Elektrolyseur arbeitet kostengünstig (2,31 €/kg H_2) bei etwa 4.050 Volllaststunden im lokalen Optimum
- höchste Volllaststundenzahl mit 4.100 h wird bei 24 % Stromnutzung aus PV erreicht, erzeugt jedoch mit 2,33 €/kg H_2 minimal höhere Kosten
- 100 % Wind erzeugt gegenüber 100 % PV immer höhere Auslastung des Elektrolyseurs



H_2 PRODUKTIONSPOTENZIAL

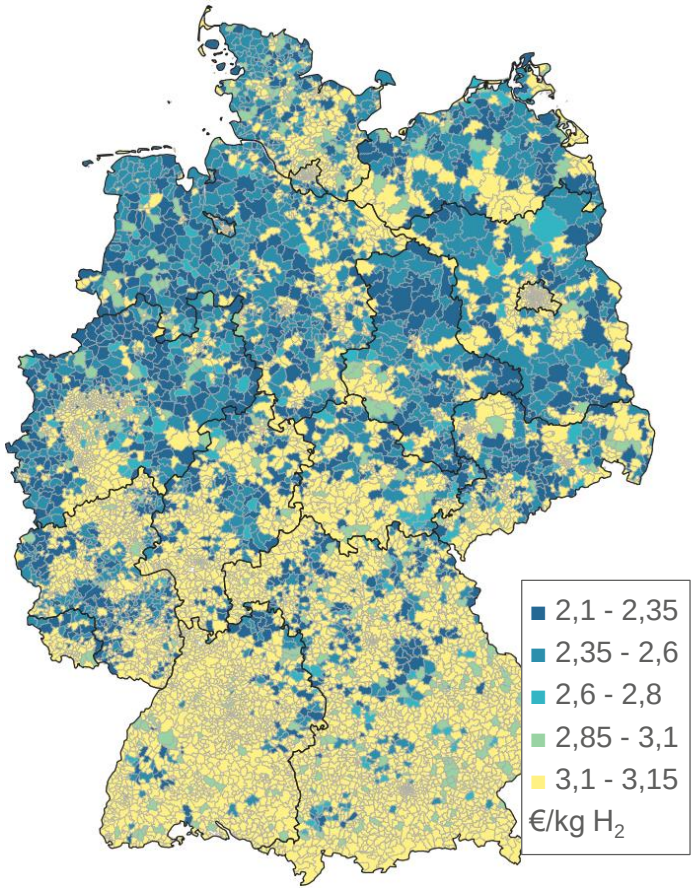
- 9.545 untersuchte PLZ-Gebiete
- Mittel- und Süddeutschland: geringe bis moderate Erzeugungspotenziale
- Nord- und Ost-Deutschland: mittlere bis hohe Potenziale
- vereinzelt sehr hohe Erzeugungspotenziale, z.T. begründet durch hohe Stromerzeugung aus Wind Offshore
- deutschlandweites H_2-Potenzial beläuft sich auf 3.037 Tsd. t H_2/a bei 168,7 TWh Wind- und PV-Stromnutzung



H_2 GESTEHUNGSKOSTEN

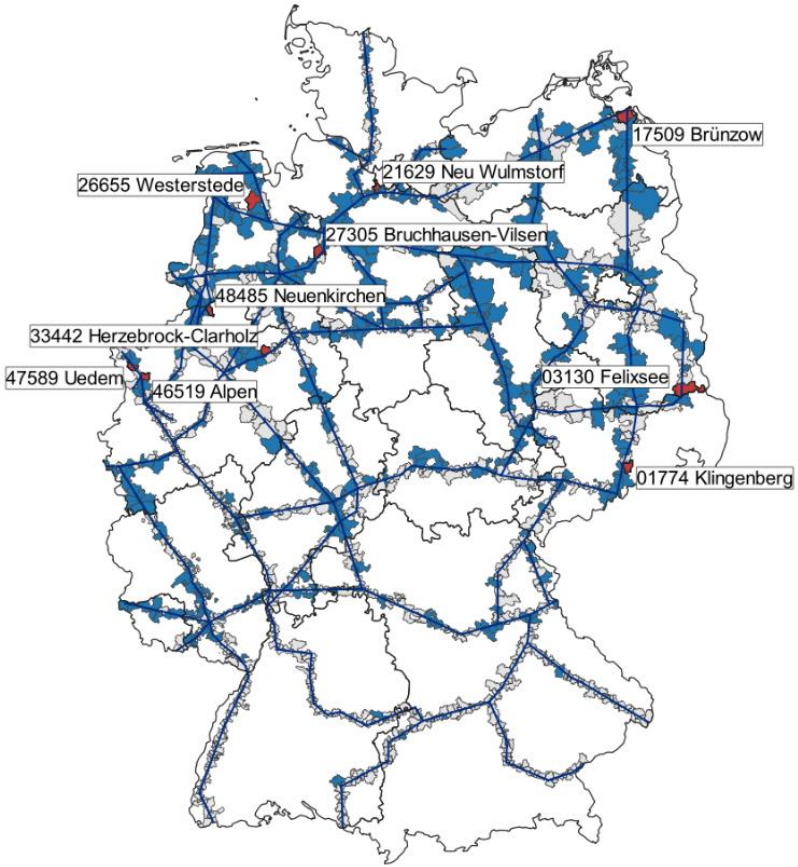
- hohe H_2 Gestehungskosten in Süddeutschland und fragmentierten Regionen Deutschlands
- geringe Gestehungskosten in Nord-/Westdeutschland und Mittel-/Ostdeutschland
- mittlere spezifische Kosten (ΣKosten/ΣErzeugung): 2,45 €/kg H_2

Wie ist die Situation entlang geplanter H_2-Pipelines?



H_2-POTENZIAL ENTLANG PIPELINES

- von 9.545 untersuchten Gebieten liegen 1.769 entlang der geplanten H_2-Infrastruktur
- 657 Gebiete mit <2,40 €/kg H_2 (blau dargestellt)
  → 1.166 Tsd. t H_2/a
  → 37,8 % Nutzung aus jährlicher Wind- und PV-Stromerzeugung
- 10 Gebiete mit <2,32 €/kg H_2 (rot dargestellt)
  → 80 Tsd. t H_2/a
  → 2,8 % Nutzung aus jährlicher Wind- und PV-Stromerzeugung



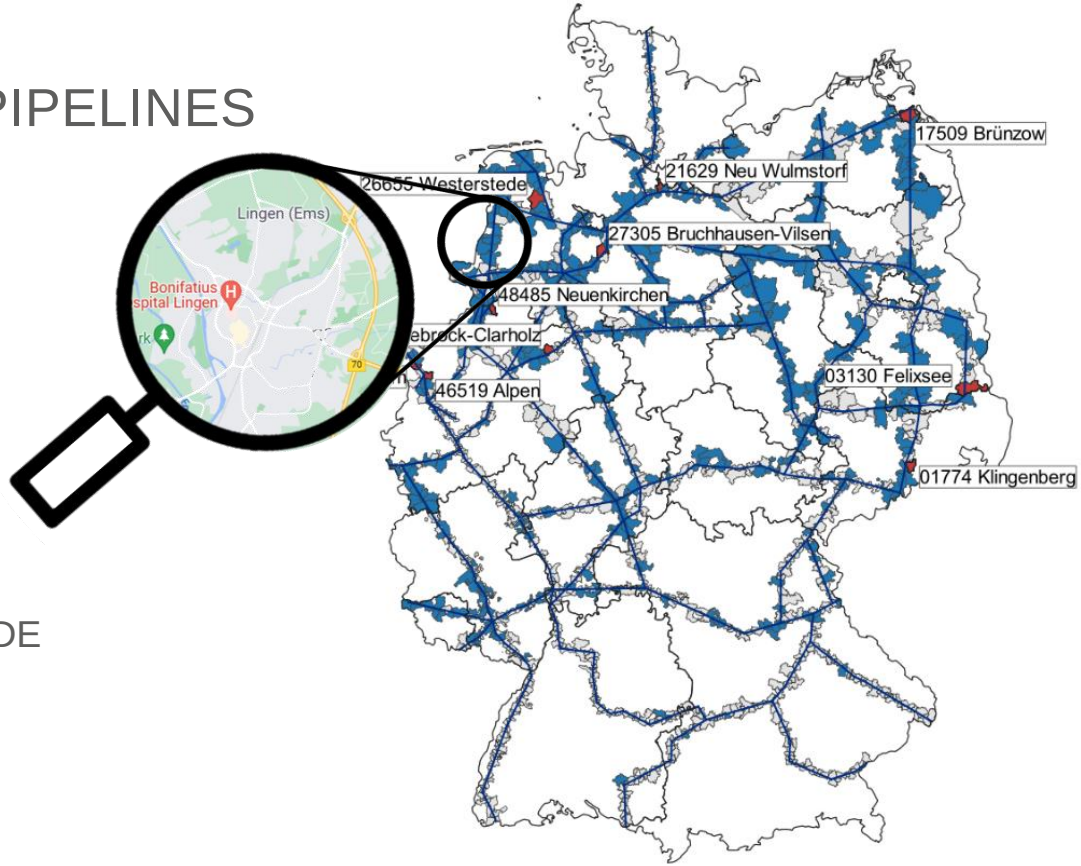
H_2-POTENZIAL ENTLANG PIPELINES

Initiative „GET H_2“

- Planung und Bau einer PtG-Anlage (Elektrolyse)
- geplant: 100 MW_{el}

Modell-Ergebnisse für Standort:

- mit 2,40 €/kg H_2 günstiger Standort in DE
- 34 MW_{el} unter projektierter Leistung



FAZIT

- Methode ermöglicht Potenzialanalyse auf Basis öffentlich verfügbarer Daten
- stark regional abhängiges H_2-Erzeugungspotenzial
  → bei Umsetzung auf regionale Infrastrukturen und installierten Wind- und PV-Anlagen
- H_2-Gestehungskosten zeigen deutlich die Synergie von Wind und PV auf
  → lokales Optimum bei Stromerzeugung aus ca. 23 % PV
- günstige Standorte entlang der geplanten H_2-Infrastruktur in Norddeutschland

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

FÜR FRAGEN UND FEEDBACK STEHE ICH GERNE ZUR VERFÜGUNG

Mathias Heiker, M.Sc.
Hochschule Osnabrück
mathias.heiker@hs-osnabrueck.de
+49 (0) 541 / 969 2333