

Identifikation von Power-to-Gas-Standorten

**GIS - Potentialanalyse auf Makroebene und ökologische
Geschäftsmodellentwicklung von PtG Projekten auf Mikroebene**

Digitale Analyse von Power-to-Gas-Potenzialen an dezentralen Energiestandorten

Branchentag Wasserstoff

WIEN, 24./25.04.2024

Prof. Dr. – Ing. Carsten Fichter



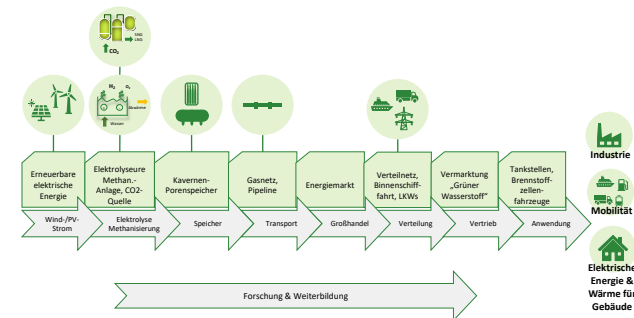
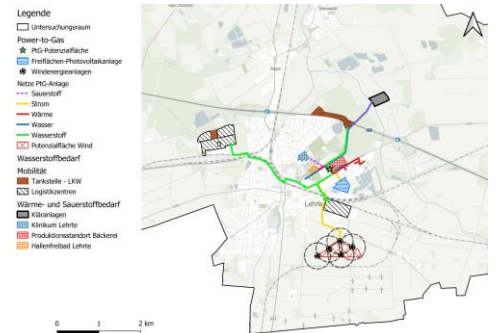
Nefino

GIS - Potentialanalyse auf Makroebene und ökologische und ökonomische Geschäftsmodellentwicklung von PtG Projekten auf Mikroebene

Mit den Werkzeugen und Dienstleistung der Nefino GmbH (Nefino.LI Geo) können PtG Potentiale in Kombination mit erneuerbaren Energien (Wind und PV) ermittelt und als GIS-Kartenapplikation (Makroebene) für einen definierten Suchraum dargestellt werden. Für die Untersuchung liegt ein umfassender z.B. Verfügbarkeit und Potential von erneuerbaren Energien, Wasserstoffbedarf, Wasserverfügbarkeit, Anschluss ans Strom- und Gasnetz, etc. zugrunde.

Darauf aufbauend werden potentielle Standorte detailliert bewertet (Mikroebene) und beispielsweise ein Elektrolyseur ökonomisch, ökologisch und technisch bewertet. Hierzu wird im Rahmen der firmeneigenen Power-to-Gas Simulation die gesamte Wertschöpfungskette von der Erzeugung über die Elektrolyse, die Methanisierung (SNG), hin zur Verflüssigung (LNG) für einen beliebigen, projektspezifischen Anwendungsfall simuliert.

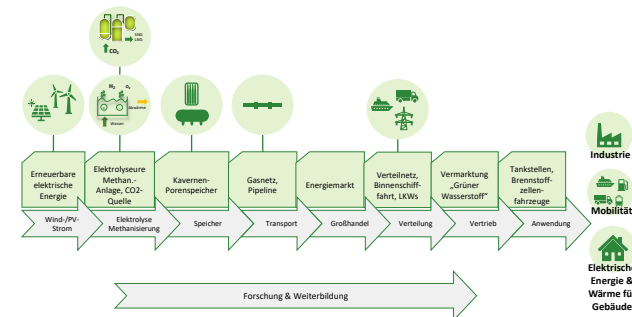
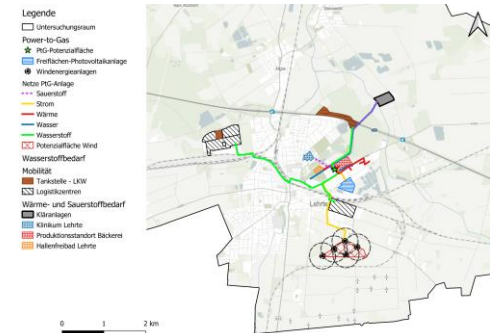
Schwerpunkte der Simulation liegen u.a. auf der Berechnung der Wasserstoff – SNG – LNG Mengen sowie Gestehungskosten, der Analyse der Wirtschaftlichkeit und der CO₂-Reduktionspotentiale. Ein weiterer Schwerpunkt sind Sensitivitätsanalysen wie beispielsweise: Wie ändern sich die Gestehungskosten/Mengen bei unterschiedlichen Elektrolyseurgrößen?



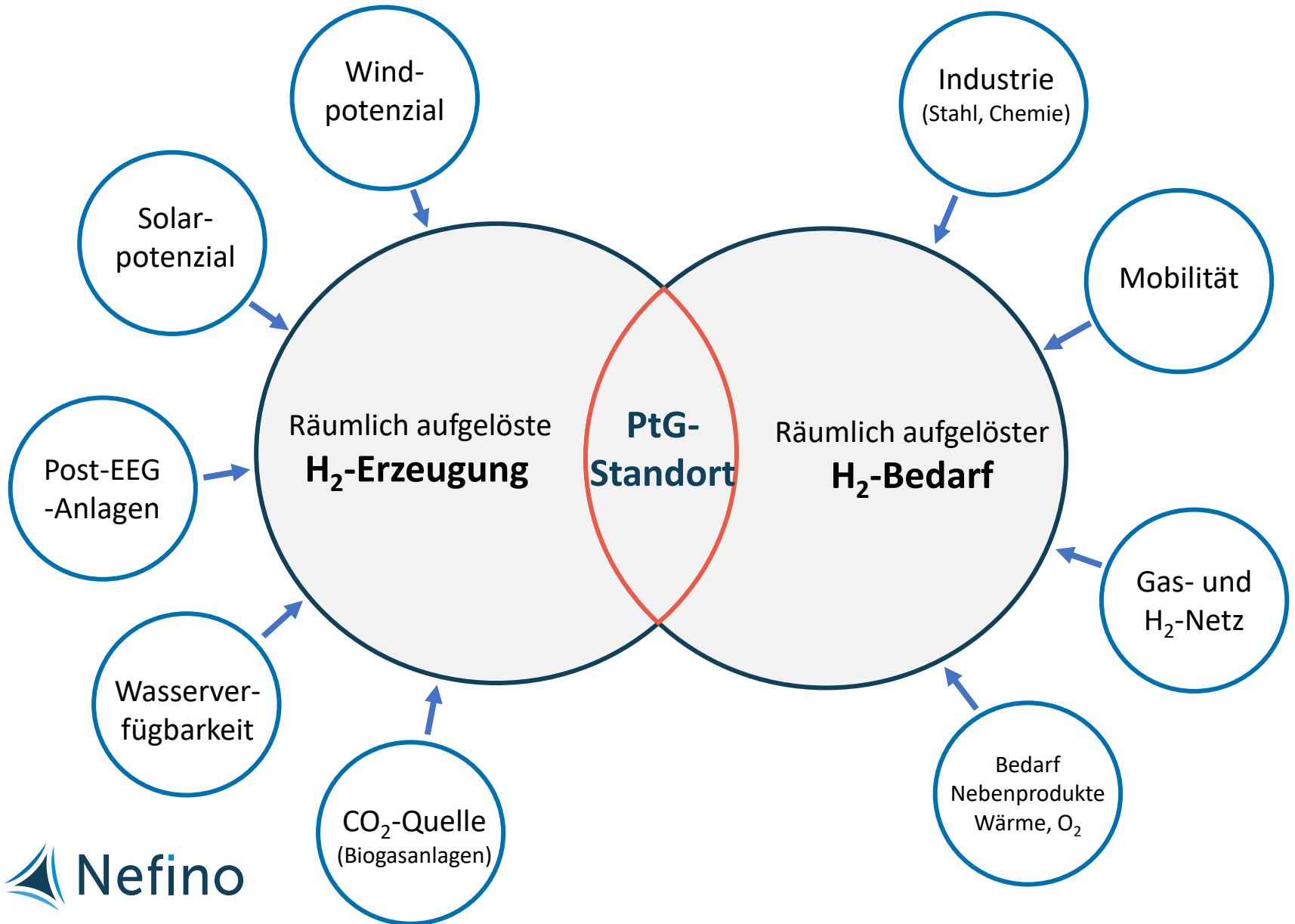
GIS - Potentialanalyse auf Makroebene und ökologische und ökonomische Geschäftsmodellentwicklung von PtG Projekten auf Mikroebene

Dienstleistungen der Nefino GmbH

1. Räumliche Analyse – GIS-Potentialanalyse auf Makroebene: Wasserstoffherzeugung und -bedarf, weiterer Speicherbedarf wie Batterie sowie Wind und PV-Analyse, inkl. Wasserstoffbedarfsermittlung anhand von Industrieumfragen.
2. Ökologische, wirtschaftliche und energetische Analyse von Power to Gas Projekten.
3. Entwicklung von Wasserstoff und Power to Gas Geschäftsmodellen z.B. für Energieversorger, Windparks, Tankstellen, etc.
4. Entwicklung von Dekarbonisierungsstrategien für Landkreise und Kommunen.



Standortidentifikation Power-to-Gas (PtG)



1. Räumliche Analyse – GIS

Potentialanalyse auf Makroebene - Fallbeispiel Stadt Lehrte

H₂-Bedarf – Netze

Fallbeispiel Lehrte

Legende

□ Untersuchungsraum

Netze

— Wasserstoff-Kernnetz (Stand 11/2023)

— Gasnetz



Der H₂-Bedarf ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung entsprechender Projekte.

Bei optimalen Standorten stehen die H₂-Erzeugung und der H₂-Bedarf in einem räumlichen Zusammenhang.

Ist dies nicht der Fall, können bestehende oder zukünftige **Gas- und H₂-Netze** genutzt werden.

H₂-Bedarf – Industrie und Mobilität

Fallbeispiel Lehrte

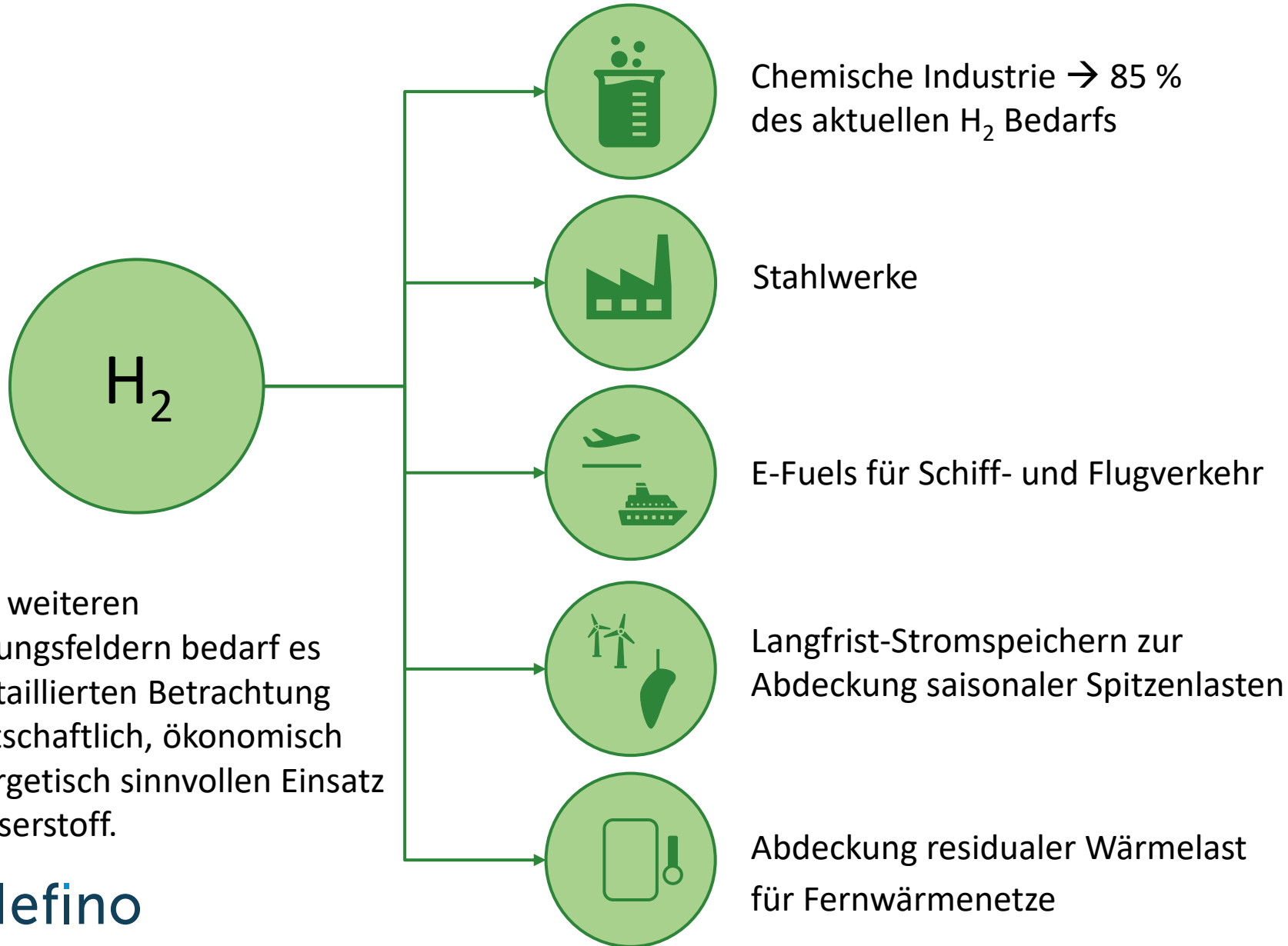
Legende

- Untersuchungsraum
- Industrie
 - Chemische Fabrik Lehrte
 - Stadtwerke Lehrte
 - Sonstige Industrie
- Mobilität
 - Tankstelle - LKW
 - Logistikzentren



Der H₂-Bedarf der wichtigsten Branchen (sog. No-regret-Anwendungen) wird ermittelt und räumlich aufgelöst dargestellt.

In welchen Bereichen ist es sinnvoll Wasserstoff einzusetzen?



Bei allen weiteren Anwendungsfeldern bedarf es einer detaillierten Betrachtung zum wirtschaftlich, ökonomisch und energetisch sinnvollen Einsatz von Wasserstoff.

H₂-Bedarf – Nebenprodukte

Fallbeispiel Lehrte

Legende

- Untersuchungsraum
- Wärmebedarf
 - Nahwärmenetze
 - Produktionsstandort Bäckerei
 - Hallen- & Freibad Lehrte
- Sauerstoffbedarf
 - Kläranlagen
 - Klinikum Lehrte



0 1 2 km

Auch die Bedarfe der **Nebenprodukte Sauerstoff und Wärme** werden räumlich aufgelöst dargestellt.

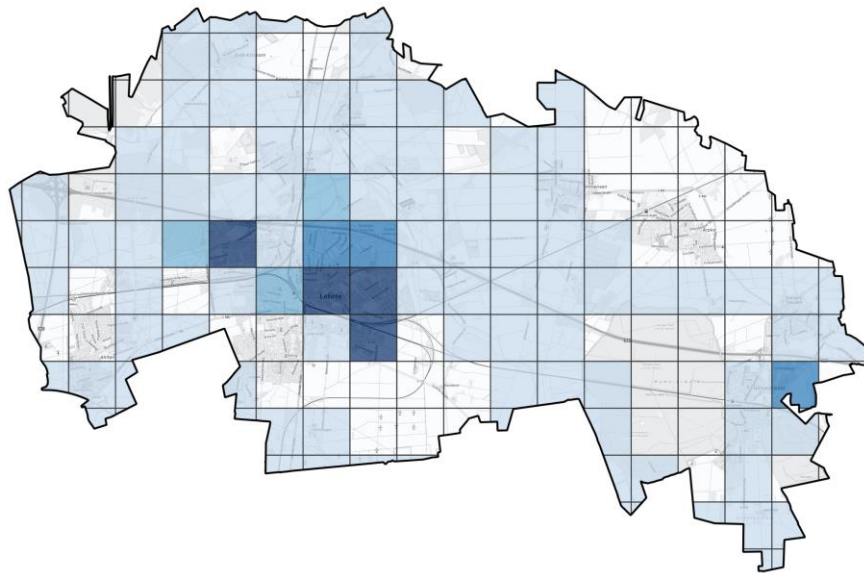
Auf diese Weise können die Wärme aus Elektrolyseuren u. a. in die kommunale Wärmeplanung integriert werden oder Sauerstoff kann für Gashersteller, Aquakulturen, Müllverbrennungsanlagen, etc. bereitgestellt werden.

H₂-Bedarf – Schwerpunktbereiche

Fallbeispiel Lehrte

Legende

- Untersuchungsraum
- Wasserstoffbedarf - Schwerpunktbereiche
 - Kein Bedarf
 - Nur Gasnetz
 - Geringer Bedarf
 - Mittlerer Bedarf
 - Hoher Bedarf



Durch die Zusammenfassung der **H₂-Bedarfe** lassen sich **Schwerpunktbereiche** identifizieren.

0 1 2 km

H₂-Erzeugung – Netze

Fallbeispiel Lehrte

Legende

□ Untersuchungsraum

▲ Umspannwerke

Freileitungen

■ 110 kV

■ 220 kV



Die **Deckung des Strombedarfs** für die Elektrolyse ist sowohl durch einen **Netzbezug** als auch durch **erneuerbare Energien** vor Ort möglich.

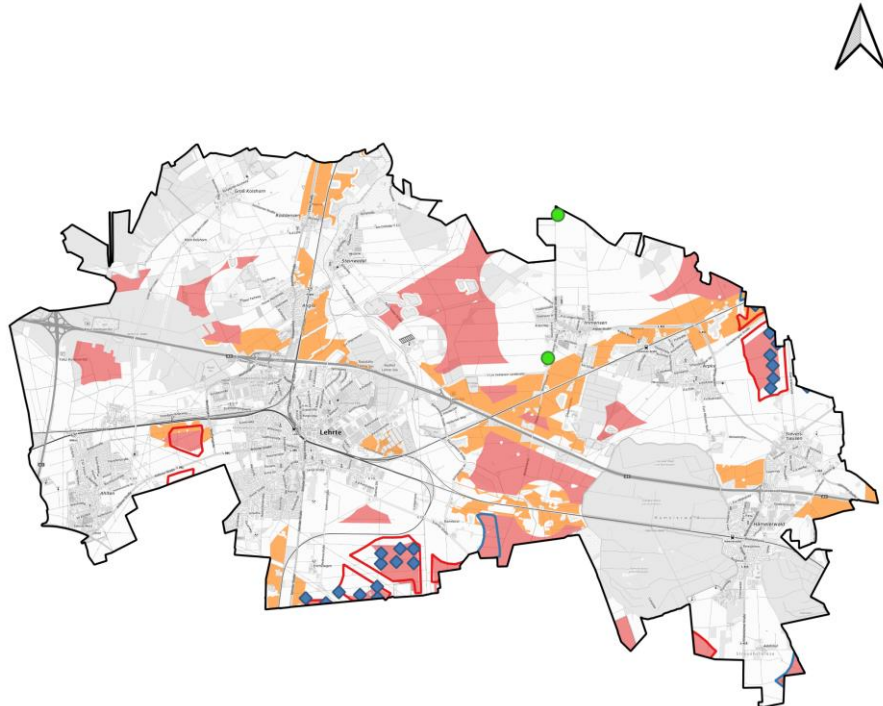
0 1 2 km

H₂-Erzeugung – Bestandsanlagen und Potenzialflächen

Fallbeispiel Lehrte

Legende

- Untersuchungsraum
- Bestandsanlagen
 - Biogasanlagen (CO₂)
 - Windenergieanlagen
- Ausgewiesene Gebiete
 - VRG Windenergie - RROP 2023
 - VBG Windenergie - RROP 2023
- Potenzielle Flächen
 - Potenzialfläche Wind
 - Potenzialfläche Solar



Zur Identifizierung von Standorten für erneuerbare Energien werden für die **Wind- und Freiflächen-Photovoltaik Potenzialanalysen** durchgeführt.

Neben der Erschließung neuer Potenziale werden auch Biogasanlagen (biogene CO₂-Quelle) und bestehende Windenergieanlagen (Möglichkeit der Post-EEG-Nutzung) in die Analyse einbezogen.

H₂-Erzeugung – Wasserverfügbarkeit Grundwasser

Fallbeispiel Lehrte

Legende

□ Untersuchungsraum

Trinkwasserschutzgebiet (Zone)

■ 2

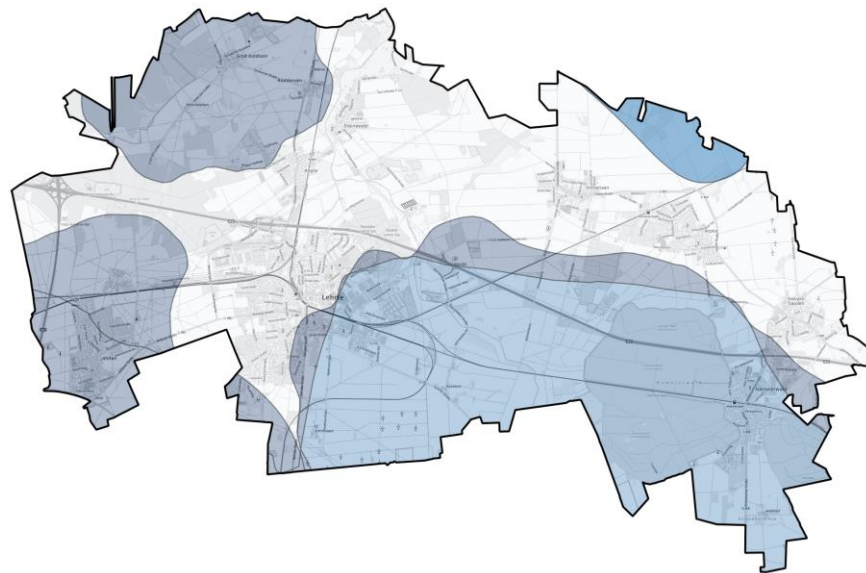
■ 3

Grundwasserkörper - Mögliche Entnahme

□ keine Entnahme möglich

■ sehr gering

■ gering



Die **Wasserverfügbarkeit** ist ein möglicher **limitierender Faktor** für die Wasserstofferzeugung.

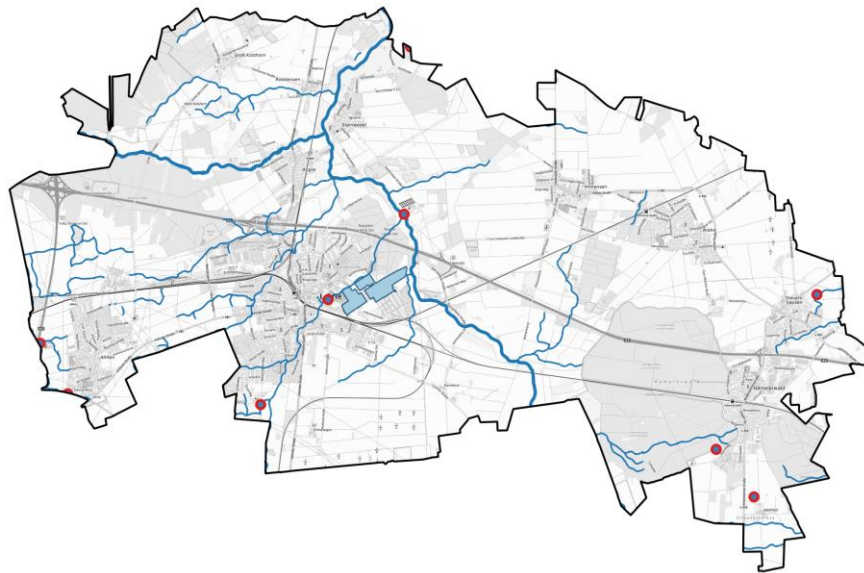
Als **Wasserquellen** kommen grundsätzlich **Grundwasser, Oberflächenwasser, Meer- und Brauchwasser** sowie **Abwasser aus Kläranlagen, Brauchwasser aus der Industrie und Kraftwerken** in Frage.

H₂-Erzeugung – Wasserverfügbarkeit Oberflächengewässer

Fallbeispiel Lehrte

Legende

- Untersuchungsraum
- Oberflächengewässer
 - Einleitungsstellen
 - Gewässernetz
 - Sonstige Fließgewässer
- Sonstige Wasserquellen
 - Gewerbegebiet Lehrte Ost - Niederschlagswasser



Brauchwasser aus Kläranlagen oder Kraftwerken oder weiterer Industriebetrieben kann nach einer Aufbereitung für die Wasserelektrolyse genutzt werden.

0 1 2 km

Power-to-Gas-Anlage – Standortoptimierung nach Wärmebedarf

Fallbeispiel Lehrte

Legende

- Untersuchungsraum
- Power-to-Gas
 - PtG-Anlage
 - Freiflächen-Photovoltaikanlage
 - Windenergieanlagen
- Transport(-netze) PtG-Anlage
 - Sauerstoff
 - Strom
 - Wärme
 - Wasser
 - Wasserstoff
 - Potenzialfläche Wind
- Wasserstoffbedarf
 - Logistikzentren
 - Tankstelle - LKW
- Industrie
 - Chemische Fabrik Lehrte
 - Stadtwerke Lehrte
 - Sonstige Industrie
- Wärmebedarf
 - Nahwärmenetze
 - Produktionsstandort Bäckerei
 - Hallen- & Freibad Lehrte
- Sauerstoffbedarf
 - Kläranlagen
 - Klinikum Lehrte

0 1 2 km



Für die Identifikation eines PtG-Standortes muss eine **Optimierung hinsichtlich der Transportwege für H₂, Wärme, Sauerstoff, Strom und Wasser** vorgenommen werden.

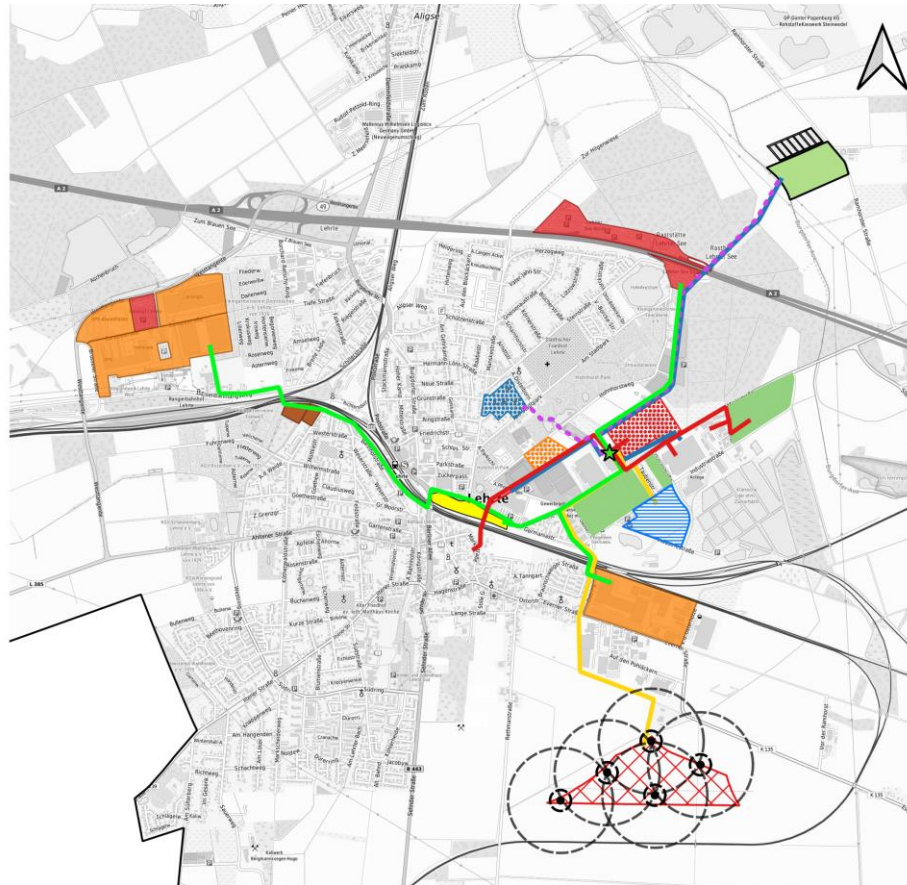
Aufgrund der hohen Verluste beim Wärmetransport, wurde die Standortoptimierung in diesem Beispiel anhand des Wärmebedarfs getroffen.

Power-to-Gas-Anlage – Standortoptimierung nach Wärmebedarf

Fallbeispiel Lehrte

Legende

- Untersuchungsraum
- Power-to-Gas
 - ★ PtG-Anlage
- ▒ Freiflächen-Photovoltaikanlage
- ⊙ Windenergieanlagen
- Transport(-netze) PtG-Anlage
 - ⋯ Sauerstoff
 - Strom
 - Wärme
 - Wasser
 - Wasserstoff
- Potenzialfläche Wind
 - ⊠
- Wasserstoffbedarf
 - Logistikzentren
 - Tankstelle - LKW
- Industrie
 - Chemische Fabrik Lehrte
 - Stadtwerke Lehrte
 - Sonstige Industrie
- Wärmebedarf
 - Nahwärmenetze
 - Produktionsstandort Bäckerei
 - Hallen- & Freibad Lehrte
- Sauerstoffbedarf
 - Kläranlagen
 - Klinikum Lehrte



Auf Grundlage der GIS-basierten Analyse ist in einem nächsten Schritt eine detaillierte **ökologische, wirtschaftliche und energetische Analyse** möglich.

2. Ökologische, wirtschaftliche und energetische Analyse von Power to Gas Projekten

PtG-Simulationstool

Anwender/in:

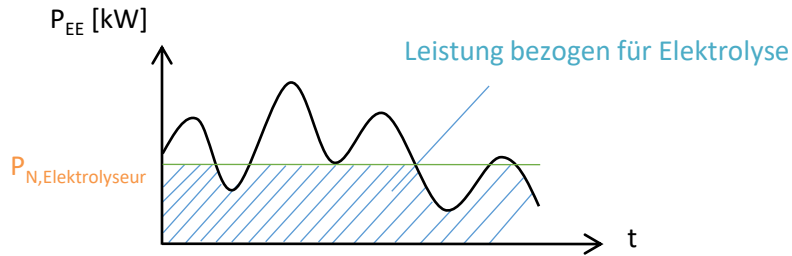
Kommunen, Unternehmen, welche ein Projekt im Bereich Wasserstoffherstellung oder -nutzung planen

Benefit:

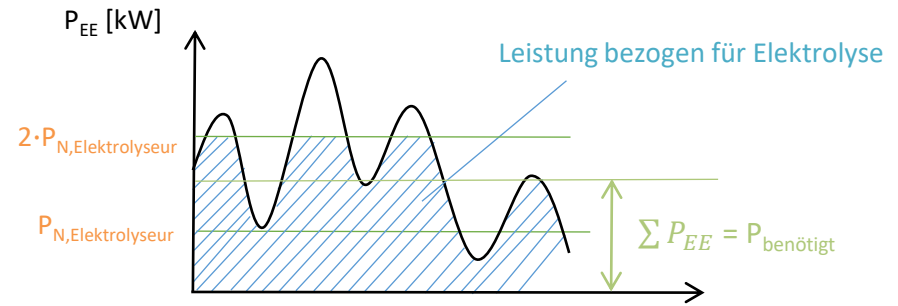
- **ökologische, wirtschaftliche und energetische Analyse zur Erzeugung von Wasserstoff / SNG und LNG** in Kombination mit **erneuerbaren Energieanlagen**
- Betrachtung der gesamten PtG-Wertschöpfungskette
- Nutzung von realen Leistungsprofilen oder simulierte Leistungsprofile von EE-Anlagen (über Daten des DWD) in 10-Min Daten (52.560 Datensätze pro Jahr)
- Betrachtung verschiedener Betriebskonzepte wie bspw. Peakshaving, Baseload, und Mittelbandbezug
- Nutzung von Daten von auf dem Markt verfügbaren Elektrolyseuren
- Berechnung von Nebenprodukten wie Sauerstoff, Abwärme sowie Entwicklung von Konzepten zum Einsatz oder Verkauf

PtG-Simulationstool - Berechnungen von unterschiedlichen Elektrolyseurkonzepten Baseload, Peakshaving, Mittelbandbezug

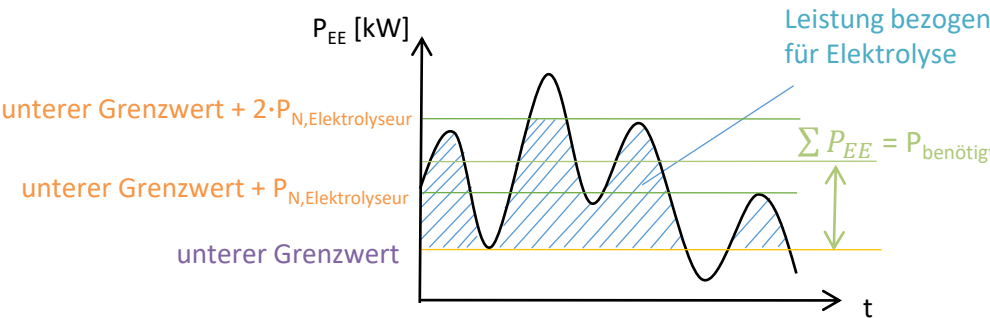
Baseload: Ziel suche nach passendem Elektrolyseur



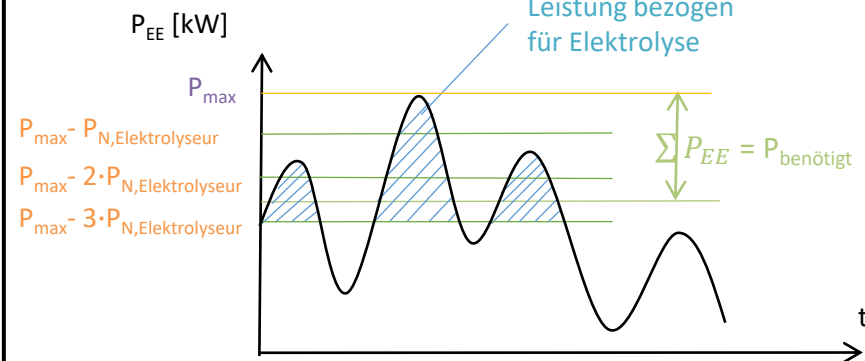
Baseload: Ziel suche nach passender Elektrolyseurkombinationen



Mittelbandbezug: Ziel suche nach passendem Elektrolyseur



Peakshaving: Ziel suche nach passender Elektrolyseurkombinationen



PtG-Simulationstool



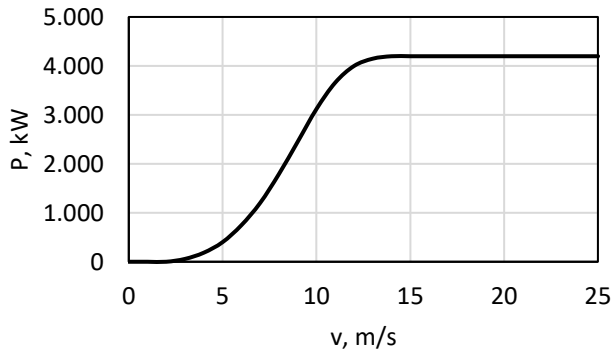
Eingangsdaten



- 10-/15 Min Einspeisedaten*
- 10-/15 Min Verbrauchsdaten*
- Einspeise-Management-Daten
- Strompreis
- Wasserbezugspreis

*Falls keine SCADA Daten vorhanden sind, werden Daten vom Deutschen Wetterdienst und bspw. Leistungskennlinien von verfügbaren Windenergieanlagen als Grundlage für die Simulation genutzt.

*Falls keine Verbrauchsdaten verfügbar sind, wird der Verbrauch über Standardlastprofile für ein Jahr simuliert.



**PtG-Simulation
(Wasserstoff / SNG /
LNG) entlang der
Wertschöpfungskette**



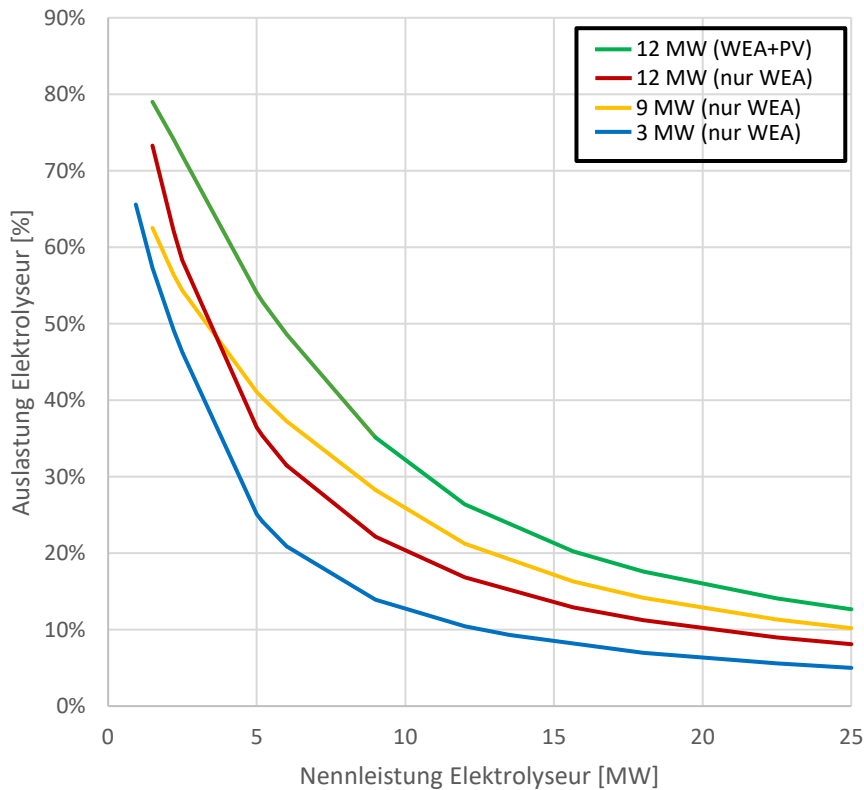
Ergebnisse



- Wasserstoffgestehungskosten
- Produzierte Wasserstoff- / SNG- und LNG-Mengen
- Auslastung Elektrolyseur
- Auswahl der Nennleistung des Elektrolyseurs
- Berechnung der Nebenprodukte: Abwärme und Sauerstoff
- Benötigte Wassermenge
- Auslegung der Größe einer Batterie/ eines Speichertanks
- Batterie Ladeprofil
- Autarkiegrad durch Nutzung von Batteriespeicher/Wasserstoff
- Einsparung CO₂-Emissionen im Mobilitätssektor
- Sensitivitätsanalysen
- Entscheidungsgrundlage für den Einsatz von Wasserstoff

Beispiel Wasserstoffherzeugung Wasserstoffsimulation einer PtG-Simulation auf Basis von 10-Min Daten

Auslastung eines Elektrolyseurs bei unterschiedlichen Nennleistungen und Leistungsprofilen von Erneuerbaren Energien Anlagen



Die rote Linie in der Grafik zeigt die Auslastungskurve der Elektrolyseure mit der Kopplung eines Windparks (12 MW Gesamtleistung) an der Küste.

Die grüne Linie in der Grafik zeigt die Auslastungskurve der Elektrolyseure mit der Kopplung eines Wind- und PV-Parks (12 MW Gesamtleistung) im Binnenland.

Bei derselben Gesamtleistung der Erzeuger von 12 MW ergeben sich unterschiedliche Auslastungskurven bei der PtG Simulation mit 10-Min Daten. Grund dafür sind die unterschiedlichen und fluktuierenden Leistungsprofile sowie die verschiedenen Standorte der EE-Anlagen.

Es ist somit für jedes Projekt notwendig die variierende Auslastung und in Folge die variierenden Wasserstoffgestehungskosten zu berechnen.

Beispiel Kopplung 12 MW Einspeiseprofil mit 12 MW Elektrolyseur

Ziel der Optimierung:

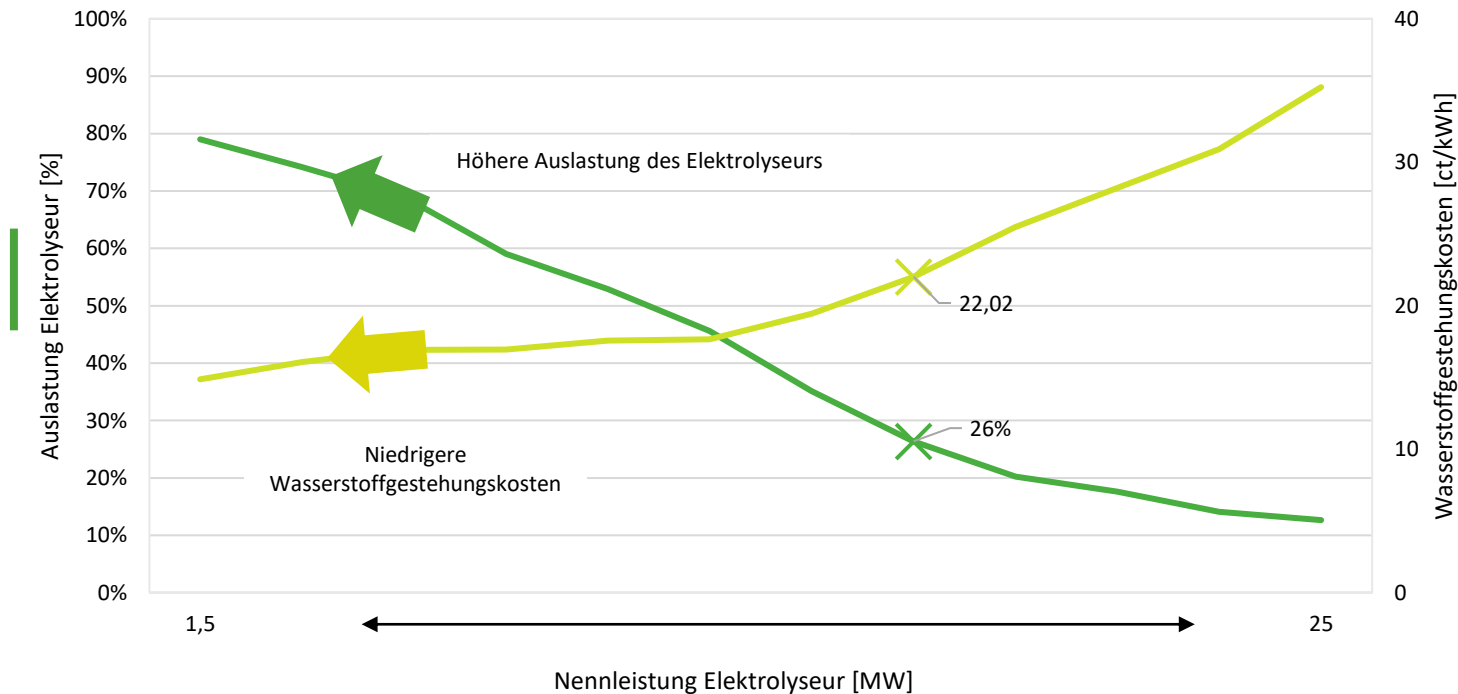
- Auslastung des Elektrolyseurs erhöhen
- Wasserstoffgestehungskosten senken

Tabelle 3: LCOH aus den Jahren 2015 und 2050 aus verschiedenen Studien, durch die AutorInnen |simulierte LCOH für das Jahr 2022 sowie LCOH berechnet durch das EWI

2015	2022	2050
5,25-5,30 €/kg (PEM)	4,22 €/kg und 9,38 €/kg PtG Simulation (PEM) Durchschnittswert: 6,16 €/kg (EWI)	2,87 – 4,84 €/kg (PEM)

Bei der Analyse von Studien zu LCOH wurde festgestellt, dass es eine Vielzahl von Faktoren gibt, welche die LCOH beeinflussen. Wichtige Faktoren, die die LCOH beeinflussen sind:

- Elektrolyseurprinzip und Wirkungsgrad (bzw. Systemverbrauch)
- Stromgestehungskosten
- Auslastung des Elektrolyseurs
- Investitionskosten Elektrolyseur
- Herstellungsland erneuerbarer Energien
- Berücksichtigung von Transportkosten





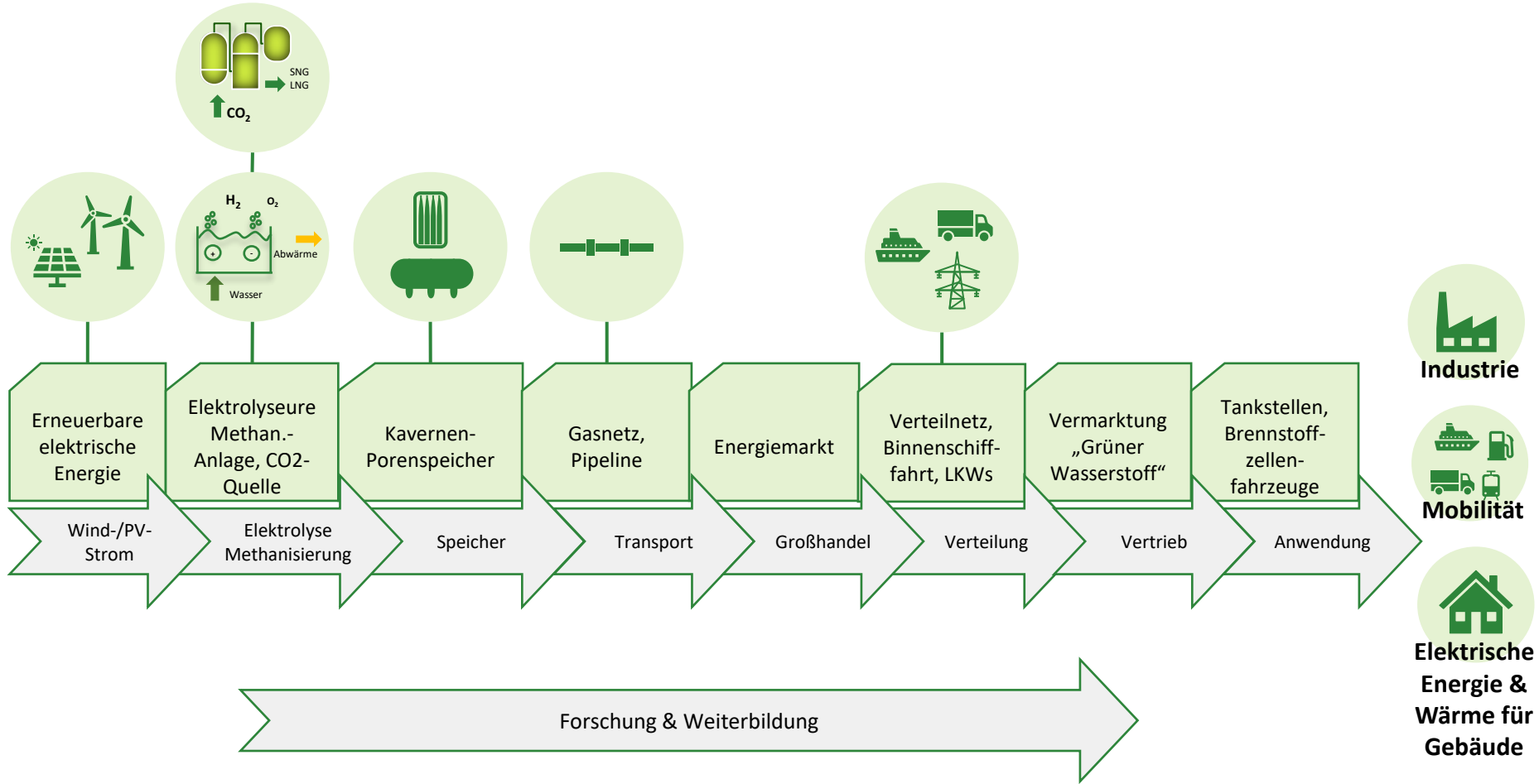
Wasserstoff-Rechner

Planen Sie ein Projekt zur Herstellung von Wasserstoff? Besitzen Sie einen Wind- oder PV-Park und möchten wissen, wie viel Wasserstoff Sie mit der Ihnen zur Verfügung stehenden elektrischen Energie herstellen können? Oder interessieren Sie sich aus anderen Gründen für dieses Thema?

<https://www.lee-nds-hb.de/wasserstoff-rechner-2/>

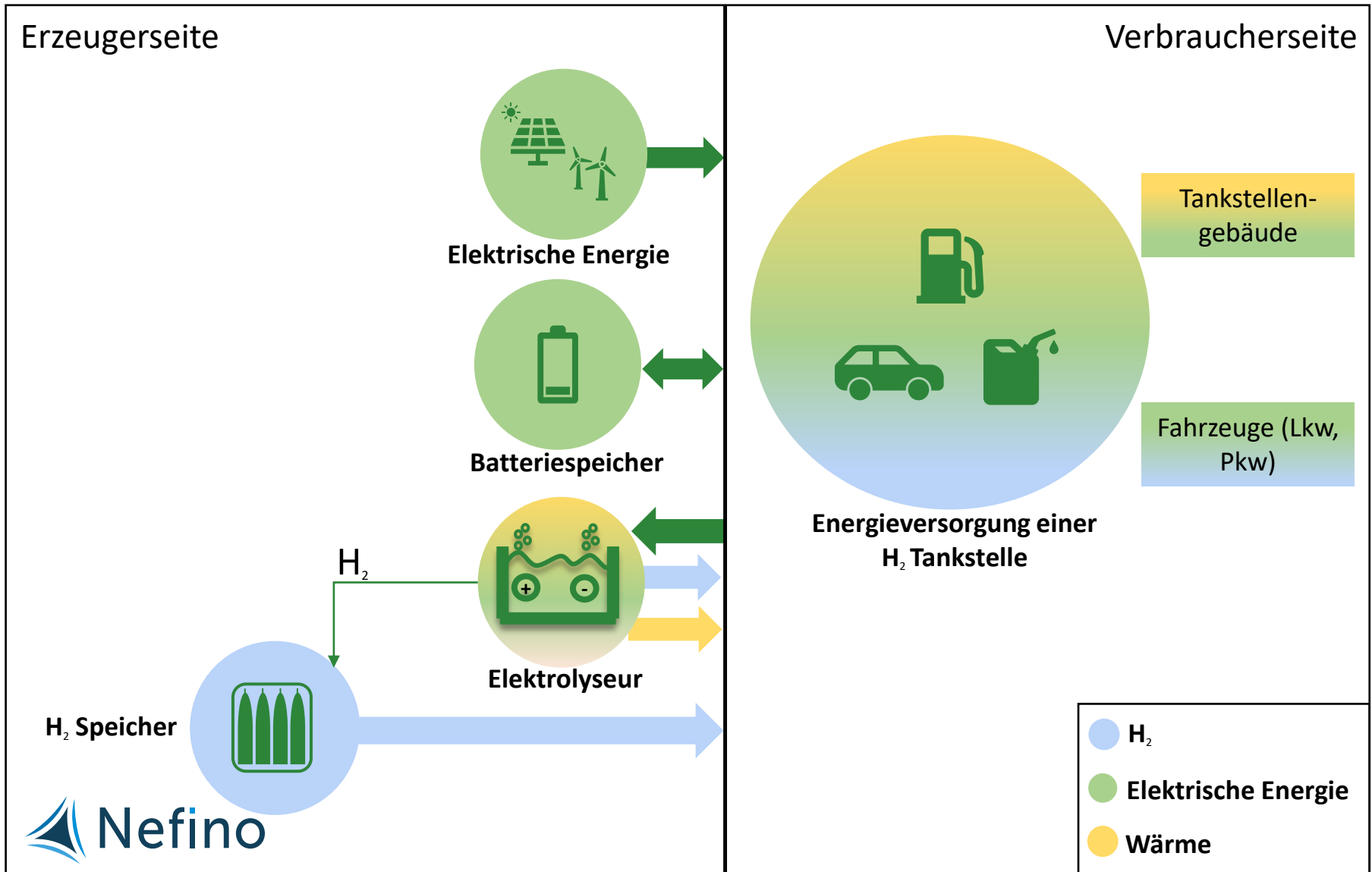
3. Entwicklung von Wasserstoff und Power to Gas Geschäftsmodellen z.B. für Energieversorger, Windparks, Tankstellen, etc.
4. Entwicklung von Dekarbonisierungsstrategien für Landkreise und Kommunen.

H₂ Werkschöpfungskette

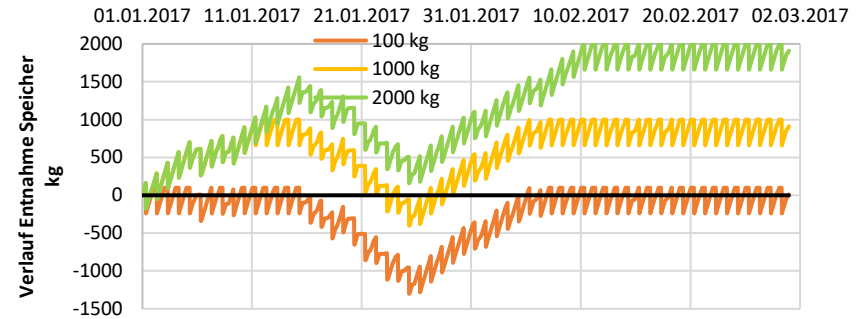


**Eine Elektrifizierung von Prozessen ist häufig Vorteilhafter im Vergleich zum Einsatz von Wasserstoff!
Der Wasserstoffbedarf der Anwender gibt das Ziel vor!**

Anwendungsfeld – H₂ Tankstelle



Anwendungsfeld – H₂ Tankstelle



Wie viel Wasserstoff wird benötigt, um den Bedarf der H₂ Tankstelle zu decken?

- Analyse des H₂ Bedarfs möglicher Tankkunden sowie verschiedenen Szenarien für den prozentualen Anteil der Tankkunden.
- Bestimmung einer passenden Tankstellengröße, sowie der benötigten Technologieoptionen.

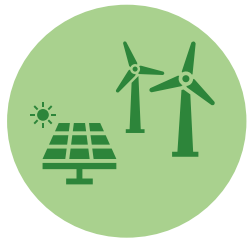
Anteil LKW-Tankkunden [%]	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
0,10	0,9	33,4	90,4	147,3	209,6	272,2	281,9
0,20	1,8	35,7	98,3	160,3	233,6	307,3	325,3
0,30	2,8	38,1	106,1	173,4	257,6	342,4	368,7

Gesamtbedarf an Wasserstoff in Tonnen pro Jahr (inkl. H₂ Bedarf für ÖPNV, kommunale Sonderfahrzeuge sowie LKWs)

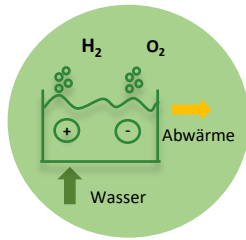
Entwicklung von Dekarbonisierungsstrategien

Das PtG Tool bildet die gesamte Wertschöpfungskette Wasserstoff ab:

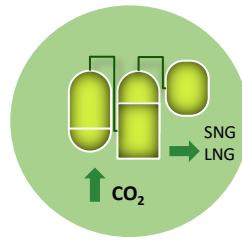
Elektrische Energie > Wasserstoff > synthetisches Erdgas > LNG > Speicherung > Endverbraucher
z.B. Landwirtschaft



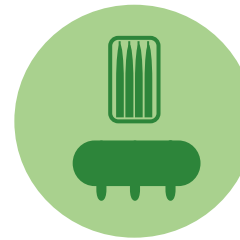
Elektrische Energie



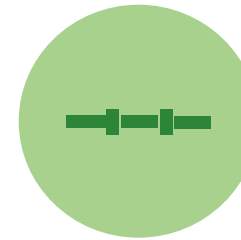
Elektrolyse



Methanisierung



Speicherung



Transport



Endverbraucher

Ziele:

- Entwicklung von Dekarbonisierungsstrategien für Kommunen und Unternehmen auf Basis von Wasserstoff.
- Entwicklung von ökologisch und ökonomisch sinnvollem Wasserstoffeinsatz für Kommunen und Unternehmen in Zusammenhang mit EE.
- Proaktive Entwicklung neuer Power to Gas - Anwendungsfällen für Betreiber von Wind- und Freiflächen-PV-Anlagen sowie für KMU und Industrie - Grundlage für Beratungsdienstleistungen im Bereich der Kommunen und KMU (Wind / PV / Industrie / Gewerbe) für Wasserstoffapplikationen, insb. im ländlichen Raum.

Dekarbonisierungsstrategien - Beispiel Energiewendedrehkreuz Wesermarsch Mitte – Standort KKU



Weitere Projekte auf Mikro Ebene

**Grünes Interkommunales
Gewerbegebiet:**

Unternehmen ansiedeln die Wasserstoff nutzen, H₂ Fuhrpark integrieren

H2 Tankstelle: Dient der Versorgung der zukünftigen A20

Offshore Netzanschluss mit 1.700 MW und 2.000 MW

Übertragungsleistung bis 2030 (NOR-9-1 und 10-1): z.B. Kappung der Leistungsspitzen (Peakshaving z.B. 100 MW) zur Umwandlung von elektrischer Energie in H₂.

KKW Unterweser mit 380/400 kV, 220 kV und 20 kV Netzanschluss:

Standort für die Umwandlung von H₂/SNG/LNG und Abtransport via Pipeline, Herstellung weiterer Derivate wie bspw. Methanol, Ammoniak für den maritimen Sektor

Weitere Projekte auf Mikro Ebene

Durch die Anbindung der Wesermarsch an die **Bundeswasserstraßen Weser und Hunte** sowie die **direkte Lage an die Nordsee** kann der **Im- und Export von Wasserstoff und grünen Gasen mit See- und Binnenschiffen** voraussichtlich problemlos bewerkstelligt werden.

Bildquelle: <https://www.openstreetmap.de/karte.html>



Nefino

A spin-off from Leibniz Universität Hannover

Nefino GmbH
Andreaestraße 2A
30159 Hannover
+49 (0)511 54688500
info@nefino.de

carsten.fichter@nefino.de
andre.koukal@nefino.de
chris.stetter@nefino.de
jan-hendrik.piel@nefino.de
henrik.wielert@nefino.de

T +49 511 87458047
M +49 176 45618442

Gefördert durch:



anlässlich des Reichstages
des Deutschen Bundestages

Zusammen.
Zukunft.
Gestalten.



eXIST
Existenzgründungen
aus der Wissenschaft

Gefördert durch die
Region Hannover

