



# Vortrag: Multifaktorielle Standortanalyse für Elektrolyseure in urbanen Räumen am Beispiel der Stadt Krefeld

**Graz/Austria**

**18. Symposium Energieinnovation, 14.-16.02.2024**

**SWK E<sup>2</sup> - Institut für Energietechnik und Energiemanagement**

Prof. Dr.-Ing. Jörg Meyer, Marius Madsen (M.Eng.), Lukas Saars (M.Eng.)



# Agenda

1

**Einführung**

2

**Erneuerbare Energien und Wasserstoff**

3

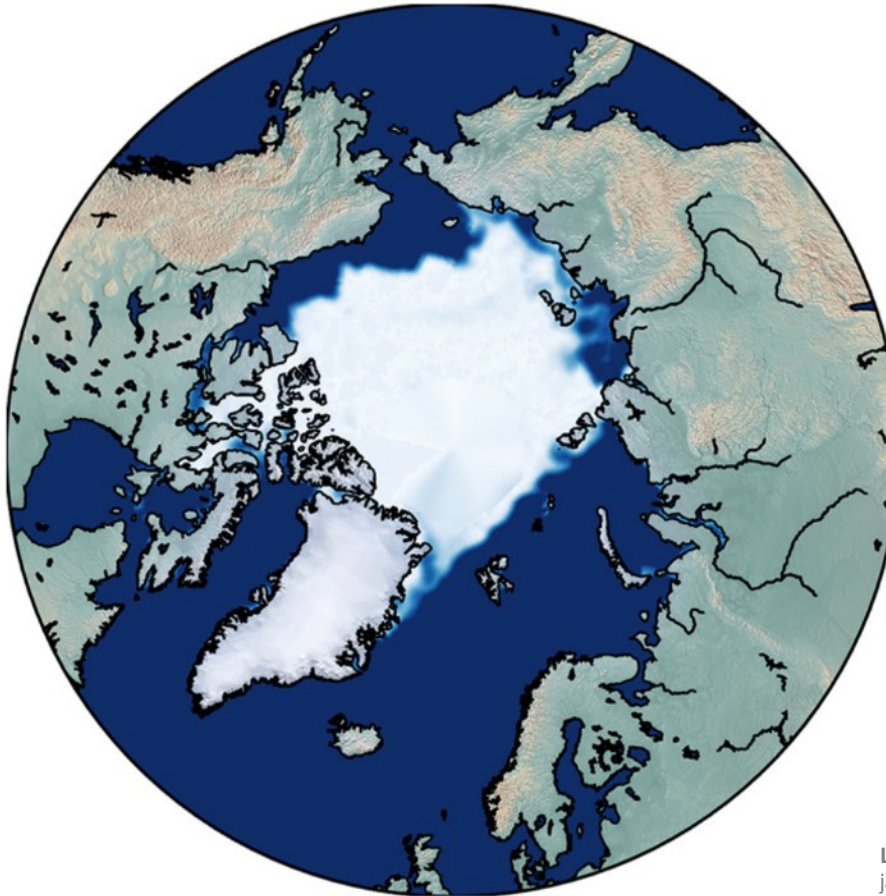
**Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien**

4

**Ergebnis & Fazit**

# Einführung

## Der Klimawandel ist real und sichtbar!



**1979**

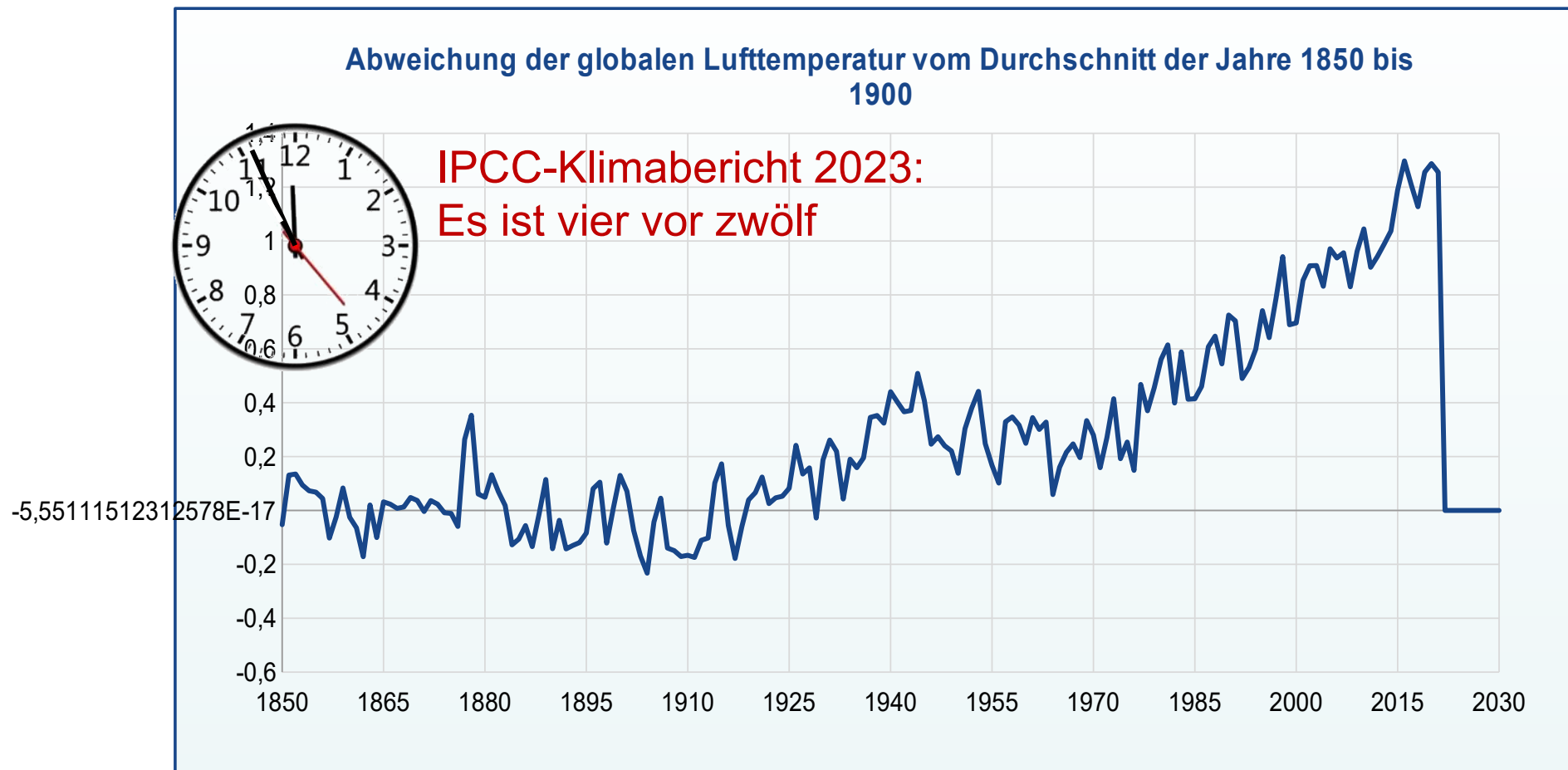
### Arktische Eisbedeckung – Satellitenaufnahmen 1979 und 2019

Literatur: [www.resetter.org/klimakrise/studie-schon-in-weniger-als-30-jahren-wird-arktis-im-sommer-eisfrei-sein/04/24/2020/2121/](http://www.resetter.org/klimakrise/studie-schon-in-weniger-als-30-jahren-wird-arktis-im-sommer-eisfrei-sein/04/24/2020/2121/)

# Einführung

## Der Klimawandel ist real und sichtbar!

Literatur: Umweltbundesamt (2022) – Indikator: Globale Lufttemperatur | IPCC 6. Sachstandsbericht 20.03.2023



2022 war weltweit das sechswärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen 1850

Die letzten acht Jahre waren die weltweit wärmsten Jahre seit 1850

Es gab in Europa intensive Hitze- wellen, bei den vielfach neue nationale Temperaturrekorde registriert wurden

# Agenda

1

**Einführung**

2

**Erneuerbare Energien und Wasserstoff**

3

**Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien**

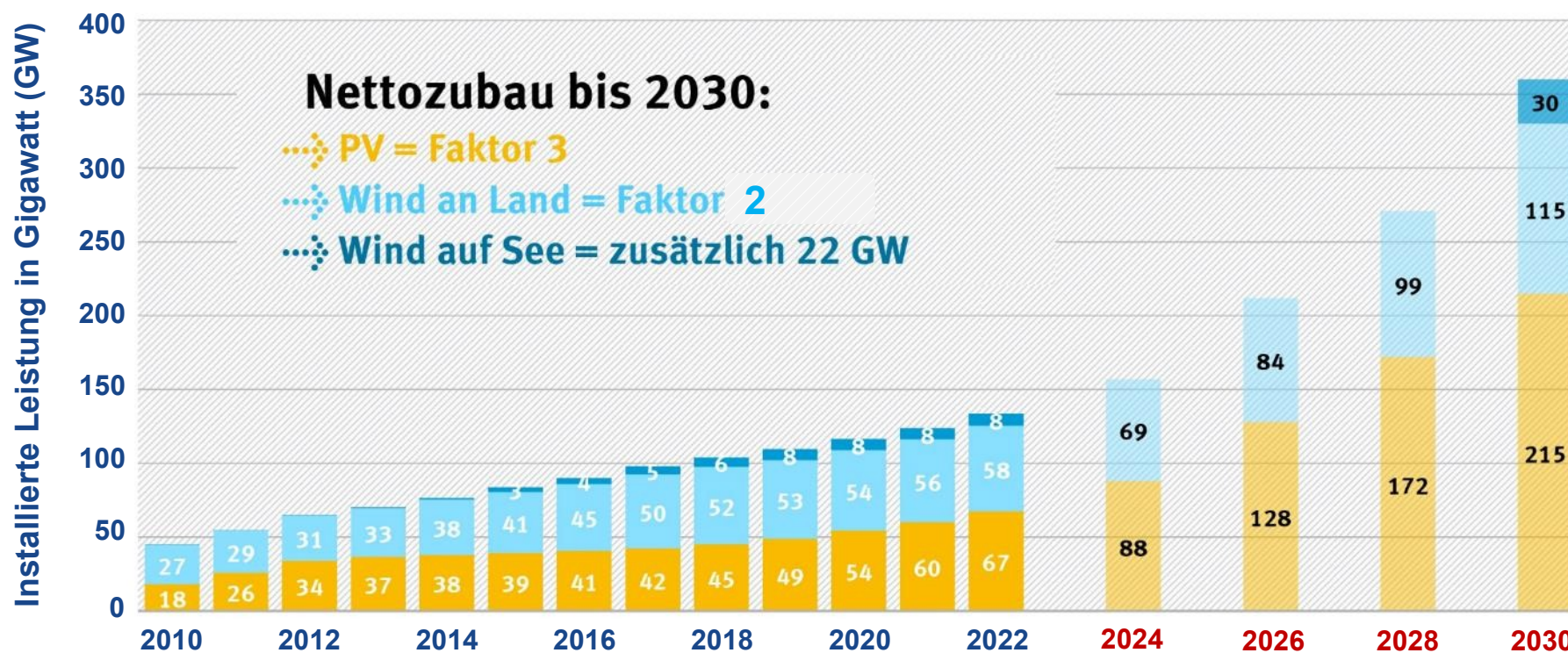
4

**Ergebnis & Fazit**

# Erneuerbare Energien und Wasserstoff

## Erneuerbare Energien sind auf dem Vormarsch!

Installierte Leistung von Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Deutschland sowie Ziele der Bundesregierung bis 2030

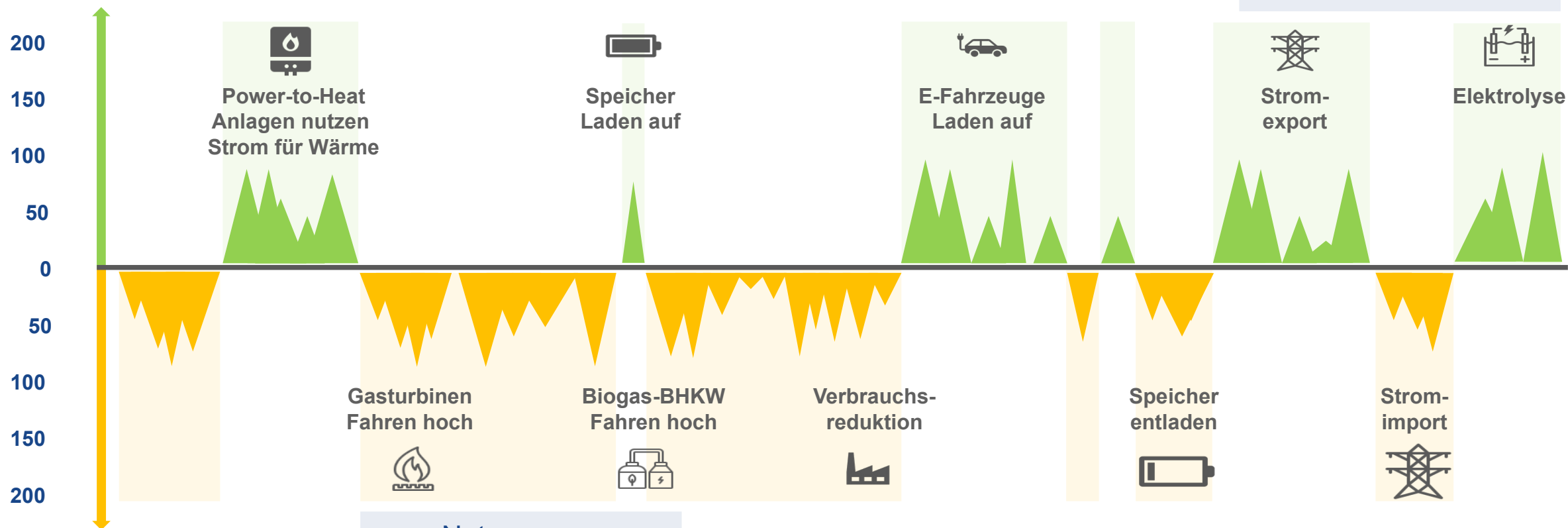


Literatur: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (2023)

# Erneuerbare Energien und Wasserstoff

## Die Volatilität im Stromnetz nimmt zu!

Überangebot von Strom  
(in Gigawatt)



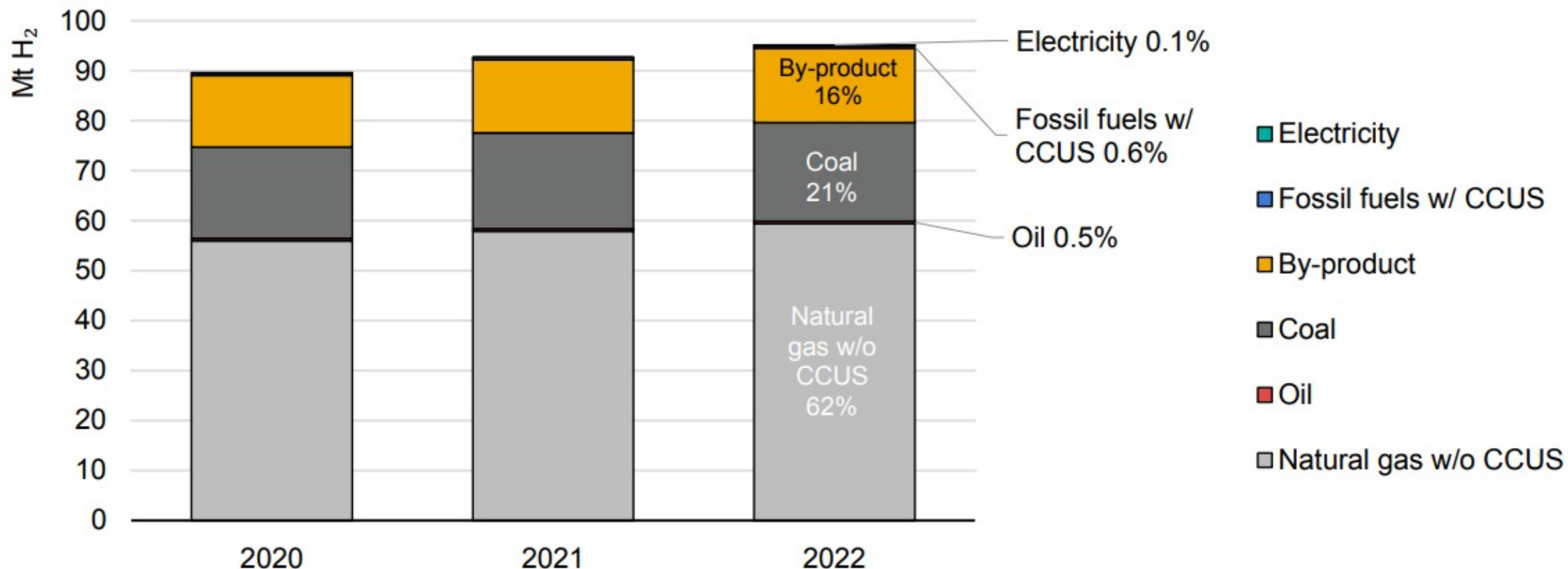
Verbleibender Strom-  
bedarf (in Gigawatt)

Nutzung von  
Wasserstoff

Literatur: in Anlehnung an Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (2018)

# Erneuerbare Energien und Wasserstoff

## Erzeugung von Wasserstoff in der Welt



Note: CCUS= carbon capture, utilisation and storage.

Literatur: IEA: Global Hydrogen Review (2023)



# Erneuerbare Energien und Wasserstoff

## Pipelinekapazität bei der Umstellung auf Wasserstoff



Der **obere Heizwert** von Erdgas ist mit rund **10 kWh/Nm<sup>3</sup>** etwa **dreimal so hoch** wie der von Wasserstoff mit **3 kWh/Nm<sup>3</sup>**.



Bei **gleichem Druck** wird etwa das **dreifache Volumen** an Wasserstoff benötigt, um den **Energieinhalt konstant** zu halten.

➤ Dennoch liegt die **transportierbare Energiemenge** von Wasserstoff **nur geringfügig** unter der von Erdgas.



Wasserstoff weist eine **neunmal geringere Dichte** und die **dreifache Strömungsgeschwindigkeit** von Erdgas auf

➤ Somit kann in der Pipeline bei **gleichem Druck** und in der **gleichen Zeit** fast **dreimal so viel Wasserstoff** wie Erdgas transportiert werden.



Die **Energiedichte** beim Transport **verringert sich damit nur geringfügig!**



**Problematik: Die Anforderungen an den Endverbraucher ändern sich!**

# Agenda

1

**Einführung**

2

**Erneuerbare Energien und Wasserstoff**

3

**Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien**

4

**Ergebnis & Fazit**

# Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien

## Wieso stellt die Standortauswahl eine Herausforderung dar?



Erneuerbare  
Energien



Flächenangebot



Schutzobjekte



Gashochdruck-  
netze



Hochspannung

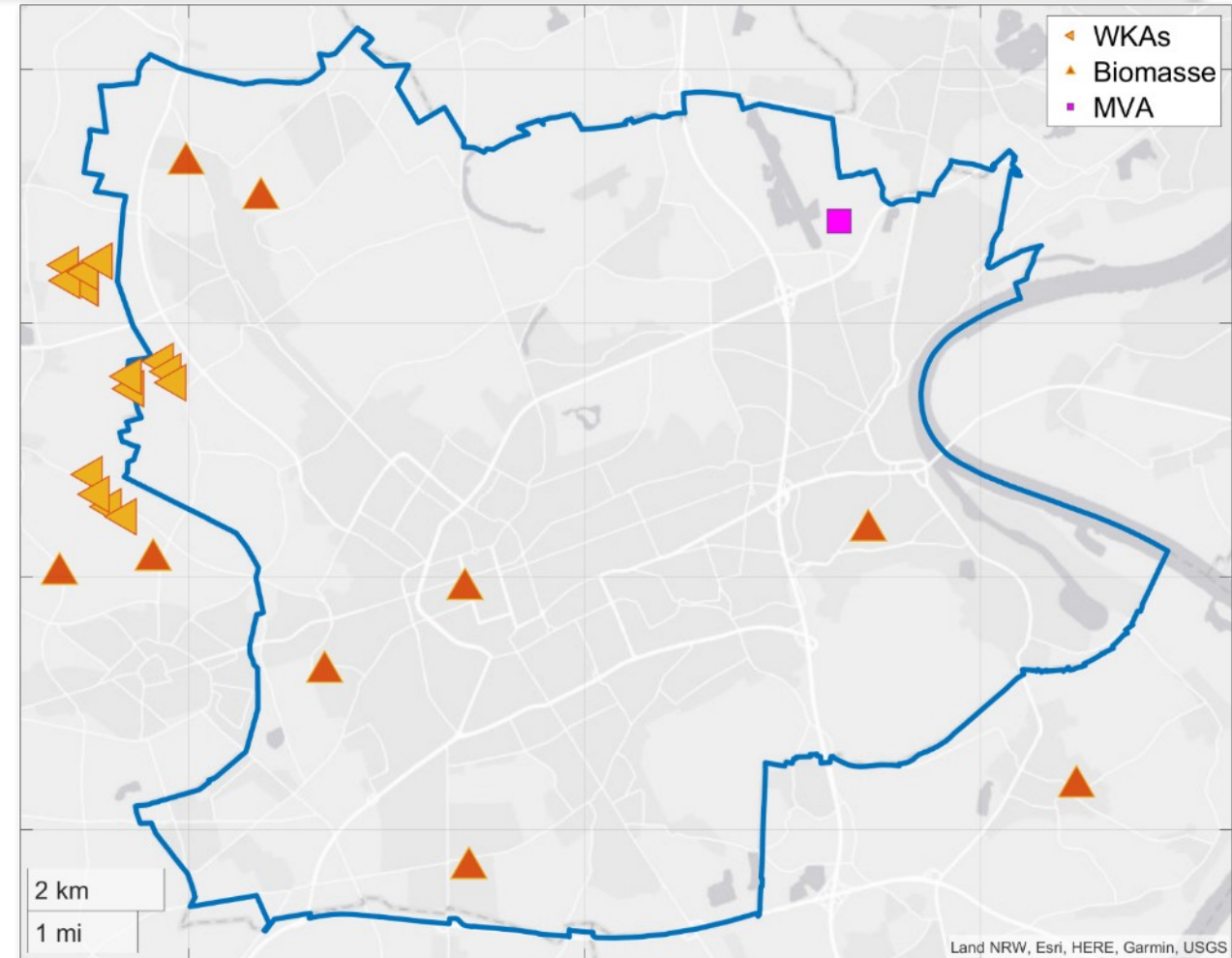


**Dieses Spannungsfeld aus wichtigen Kriterien zur Standortauswahl erfordert eine multifaktorielle Analyse für den Einsatz von Elektrolyseure in urbanen Räumen.**

# Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien

## Bewertungskriterium – Erneuerbare Energien in Krefeld!

- **Wasserstoffpotentialatlanten** basieren fast immer auf dem Potential für Erneuerbare Energien in einer Region!
- **Datenquelle:** LANUV-Potenzialstudien 2023
- Es gibt einige **Biomasseanlagen** in Krefeld und eine **Handvoll Windenergieanlagen** im Westen von Krefeld
- **Ergebnis:** Entwicklung eines **Wasserstoffpotentialatlas** auf Basis der **Erneuerbaren Energien** ist in Krefeld **nicht sinnvoll!**
  - **EE-Anlagen** werden **qualitativ** weiterhin berücksichtigt!



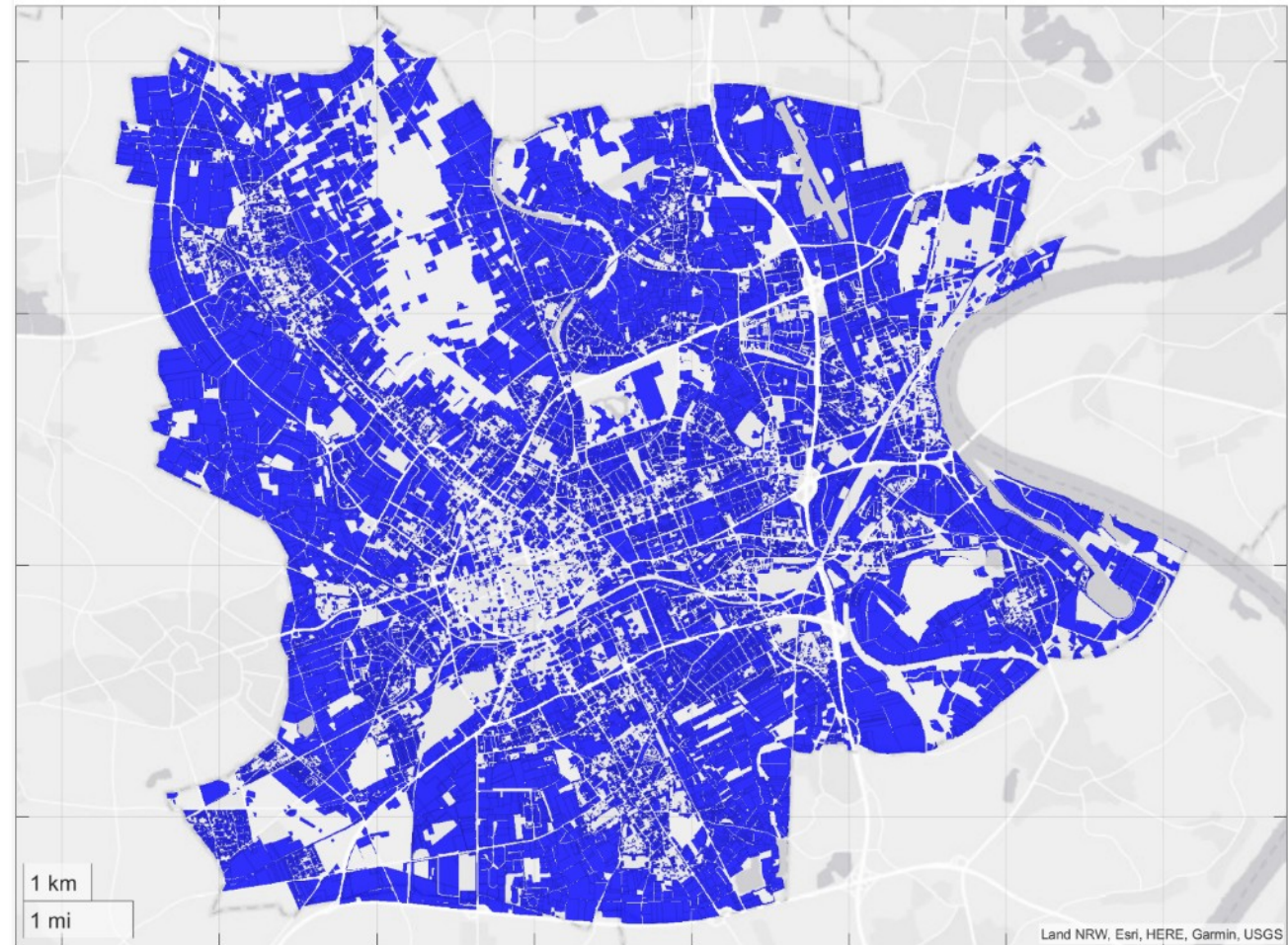
# Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien

## Bewertungskriterium – Flächenangebot!

- **Elektrolyseure** und **Wasserstoffspeicher** weisen einen **hohen Flächenbedarf** auf!
  - Kriterium: **mindestens 300 m<sup>2</sup>\*** freie Fläche auf Flurstück
- **Datenquelle:** Katasteramt Krefeld 2023
- **Ergebnis:** Die in blau eingefärbten Flächen verdeutlichen, dass es in Krefeld durchaus ein relevantes Flächenangebot gibt!

\*voreingestellte Annahme aus Flächenberechnungstool für einen 5 MW Elektrolyseur (inkl. Speicher)

Bedingung 1: Mindestens 300 m<sup>2</sup> freier Platz auf Flurstück vorhanden

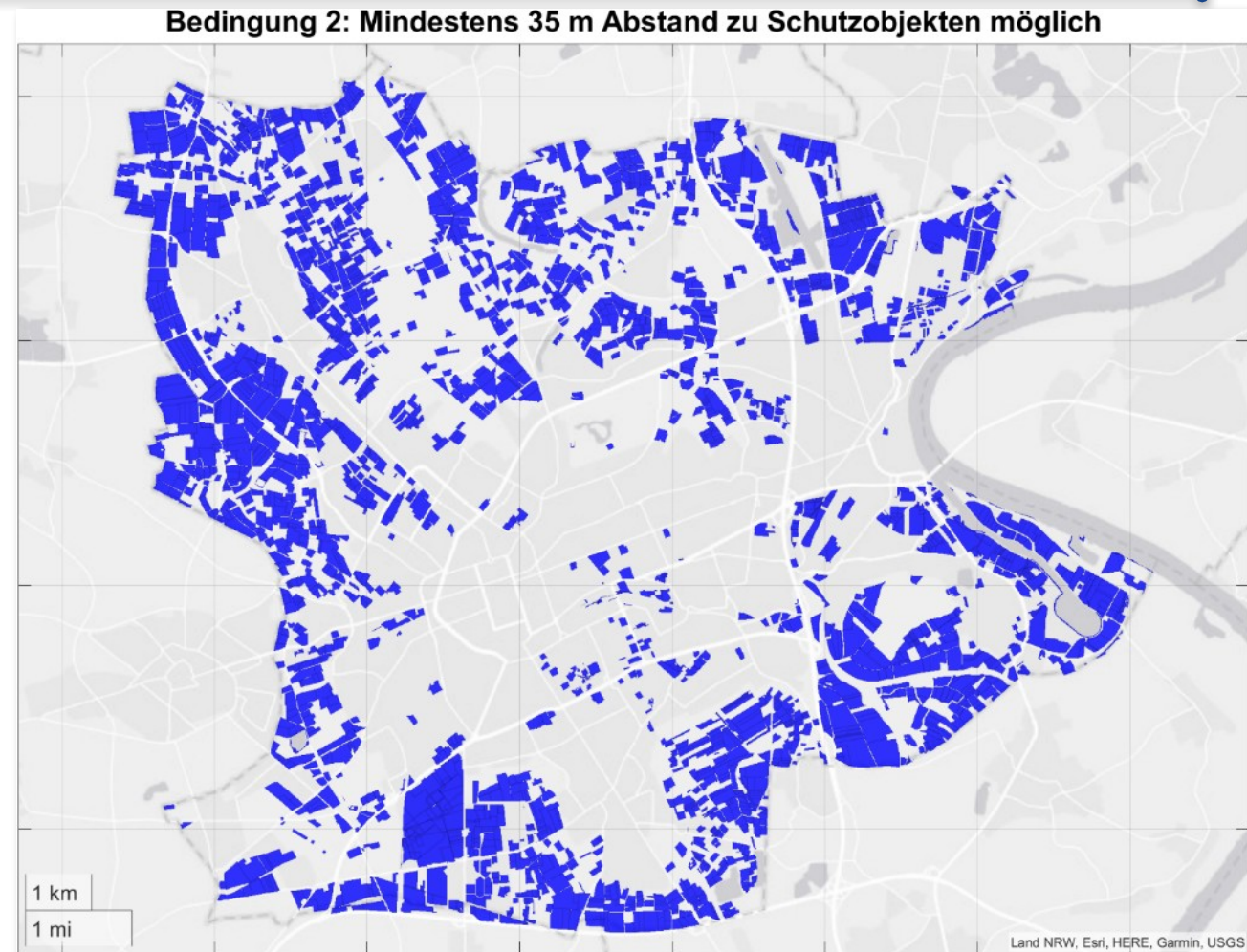


# Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien

## Bewertungskriterium – Abstand zu Schutzobjekten!

- **Genehmigungsverfahren** von **Elektrolyseuren** und **Wasserstoffspeicher** sind **komplex!**
- **Abstände zu Schutzobjekten** sind **Voraussetzung!**
  - Kriterium: **mindestens 35 m\*** Abstand zu **Schutzobjekten** möglich!
- **Datenquelle:** Katasteramt Krefeld 2023 (eigene Kategorisierung vorgenommen)
- **Ergebnis:** Die in blau eingefärbten Flächen verdeutlichen, dass es in Krefeld viele Standorte gibt, an denen die angenommenen Abstände umsetzbar sind.

\*voreingestellte Annahme aus Praxisbeispielen ermittelt.



# Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien

## Bewertungskriterium – Gashochdrucknetze!

- Aufgrund der **geringen volumenbezogenen Dichte** von Wasserstoff ist die **Nähe** zu einem **Gashochdrucknetz** sehr relevant!
  - Kriterium: **maximale Entfernung** von **500 m** zu **Gashochdrucknetz**!
- **Datenquelle:** NGN Netzgesellschaft Niederrhein mbH (lokaler Netzbetreiber) 2023
- **Ergebnis:** Das **Gashochdrucknetz** in Krefeld ist **flächendeckend** ausgebaut → die meisten geeigneten Standorte erfüllen die definierte Nebenbedingung.

# Datenschutz!!

# Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien

## Bewertungskriterium – Hochspannungsnetz!

- Die **Nähe** zu einem **Hochspannungsnetz** ist ebenfalls sehr relevant (aus Sicht der SWK)!
  - Kriterium: **maximale Entfernung** von **500 m** zu **Hochspannungsnetz!**
- **Datenquelle:** NGN Netzgesellschaft Niederrhein mbH (lokaler Netzbetreiber) 2023
- **Ergebnis:** Das **Hochspannungsnetz** in Krefeld ist vor allem im **Westen und Osten** ausgebaut → Durch die getroffenen Annahmen ergeben sich Einschränkungen auf die geeigneten Standorte.

# Datenschutz!!



# Agenda

1

**Einführung**

2

**Erneuerbare Energien und Wasserstoff**

3

**Standortwahl für Grünstrom-Elektrolyseure und Bewertungskriterien**

4

**Ergebnis & Fazit**

# Ergebnis & Fazit

## Schnittflächen unter Berücksichtigung aller Kriterien

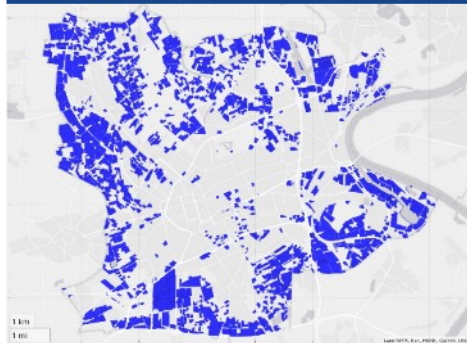
### Flächenangebot



### Gashochdrucknetz

Datenschutz!!

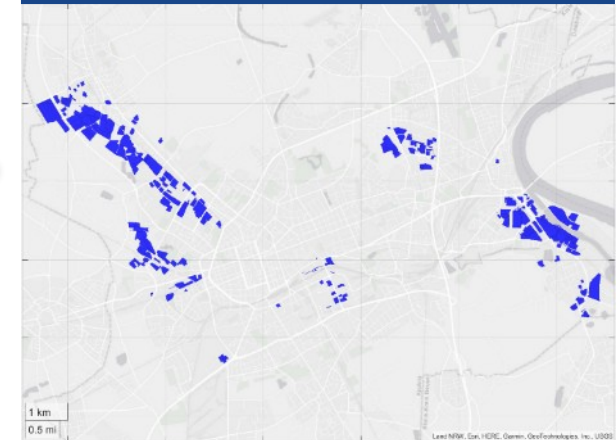
### Schutzobjekte



### Hochspannungsnetz

Datenschutz!!

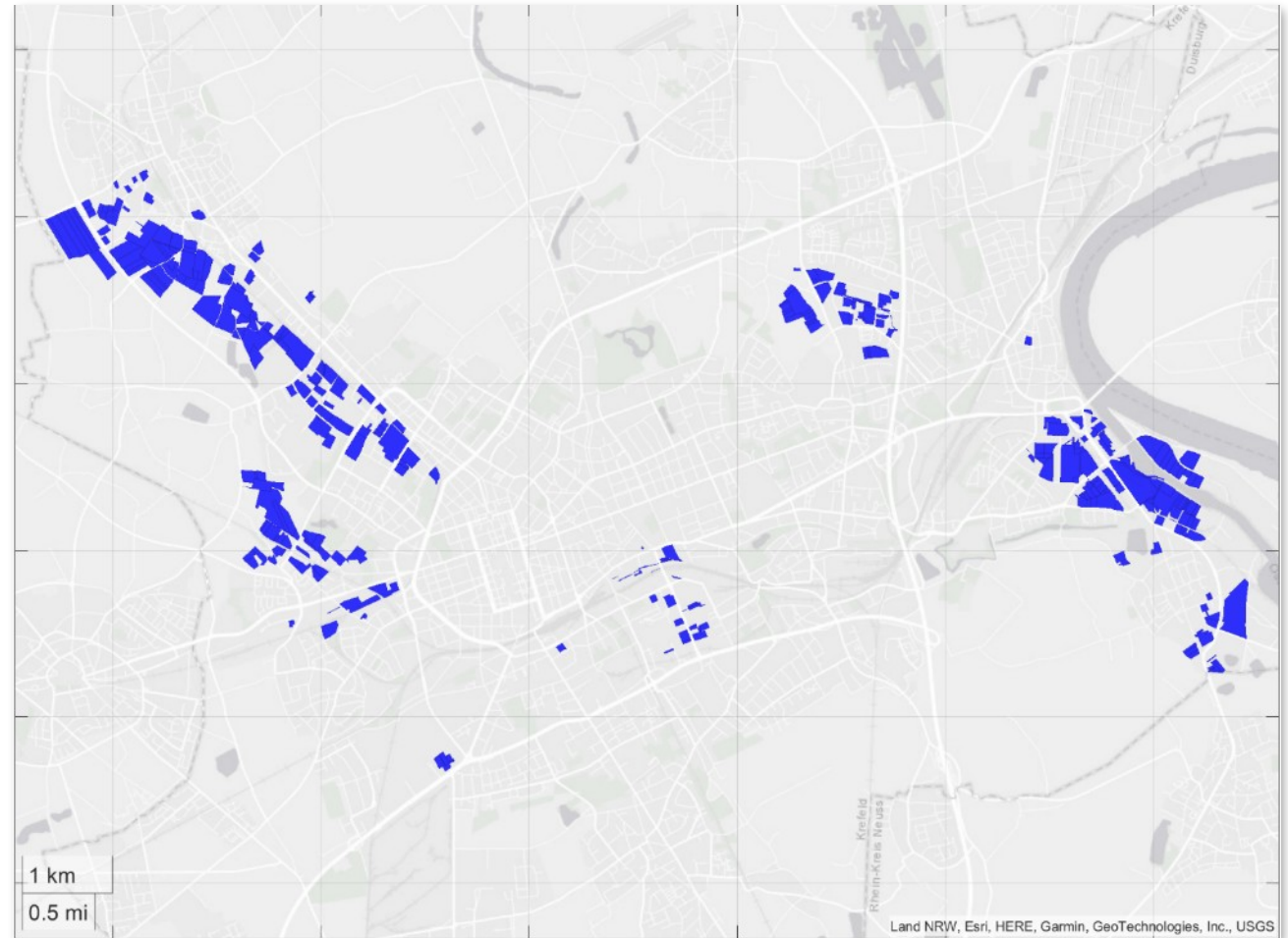
### Schnittflächen aus allen Kriterien



# Ergebnis & Fazit

## Ergebnisse – Elektrolyseleistung in Krefeld

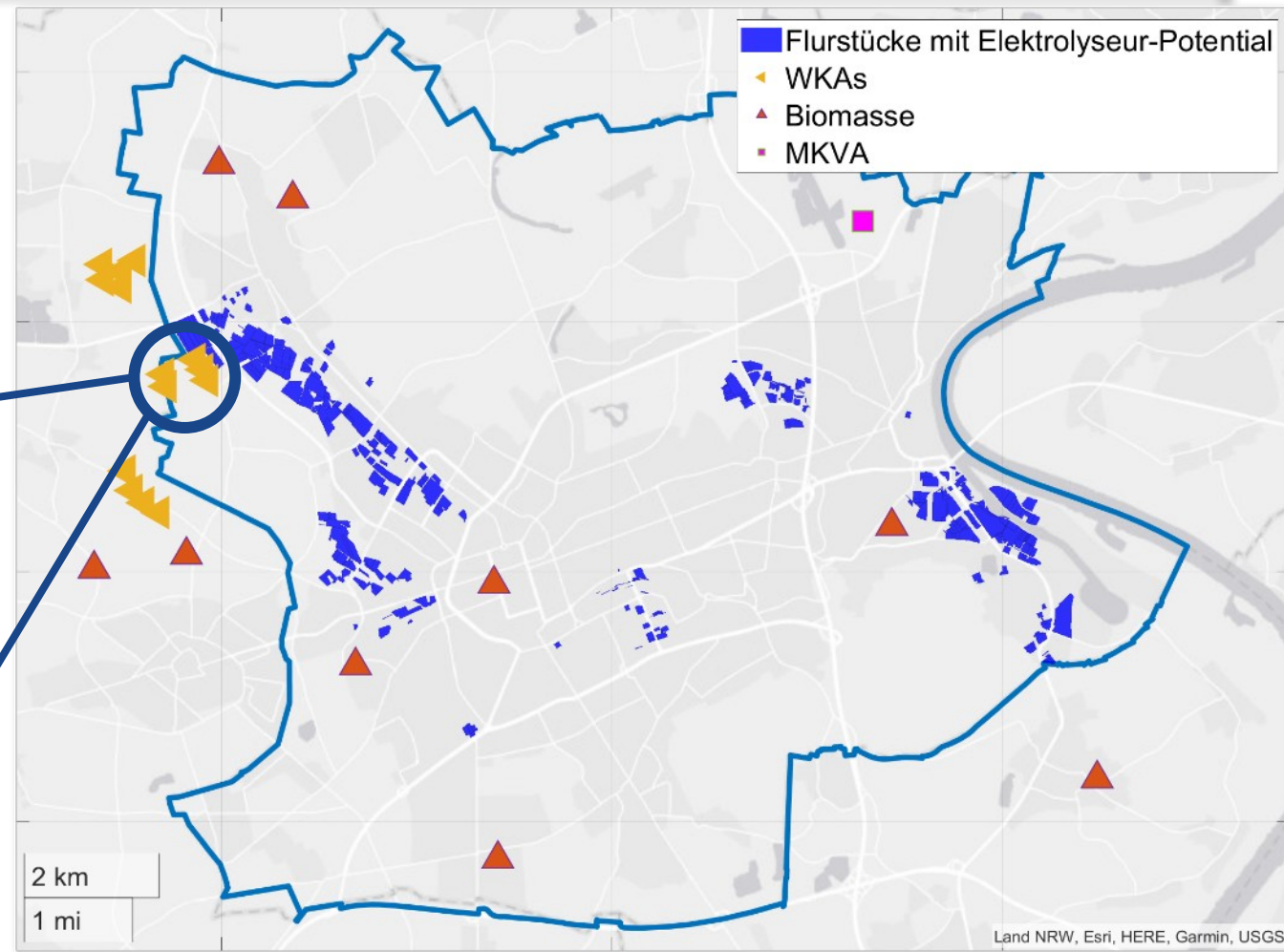
- Sofern die **erzeugten Karten** übereinander gelegt werden, ergeben sich die rechts dargestellten **Schnittflächen!**
- **Annahme:** Die installierten Elektrolyseure können nicht größer als **10 MW** werden.
- **Ergebnis:** Wenn auf allen Flächen in Krefeld, welche die in dem Projekt **festgelegten Voraussetzungen** erfüllen, Elektrolyseure installiert werden, können somit **ca. 374 Elektrolyseure** und **ca. 3,72 GW** Elektrolyseleistung installiert werden!
  - Bei angenommenen **4.000 Volllaststunden** können so **ca. 9 TWh** Wasserstoff konvertiert werden.



# Ergebnis & Fazit

## Ergebnisse – Elektrolyseleistung in Krefeld

- Sofern die **EE-Anlagen** in die Karte gelegt werden, ergeben sich unter den **getroffenen Annahmen** im Westen von Krefeld interessante Standorte für Elektrolyseure!



# Fazit & Ausblick

## Die Kernaussagen!

- Im Westen von Krefeld sollten priorisiert Elektrolyseure installiert werden.
- Die räumliche Nähe zu EE-Anlagen, zu potentiellen Wasserstoffabnehmern, zu Gashochdrucknetze und zu Hochspannungsnetzen ist dort gegeben.
- Das Flächenangebot ist im Westen von Krefeld ebenfalls ausreichend und Abstände zu schutzbedürftigen Dritten können eingehalten werden.
- Annahme: Die zu installierenden Elektrolyseure werden nicht größer als 10 MW und erreichen im Durchschnitt 4.000 Volllaststunden und auf allen Flächen in Krefeld, welche die festgelegten Voraussetzungen/Kriterien erfüllen, werden Elektrolyseure installiert.
  - ca. 374 Elektrolyseure mit einer installierten Leistung von 3,72 GW
  - ca. 9 TWh Wasserstoff

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Hochschule Niederrhein  
SWK E<sup>2</sup>

Gibt es Fragen? Oder  
Anmerkungen?



**Prof. Dr.-Ing. Jörg Meyer**  
joerg.meyer@hs-niederrhein.de  
Tel: +49 (0)2151 822-6674

**Lukas Saars, M.Eng.**  
lukas.saars@hs-niederrhein.de  
Tel: +49 (0)2151 822-6676