

# „Grüne Flüssiggasversorgung: Aktueller Stand und Entwicklungsmöglichkeiten“

**Ronny Erler, Marcus Friedel & Florian Lehnert**

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg

Abschlusspräsentation, August 2021

Freiberg



- Vorteile von **Flüssiggas**
  - netzunabhängiger Energieträger
  - dezentrale Lösungen möglich
  - hohe Kompatibilität mit anderen Heizungstechnologien (hybride Wärmepumpe, BHKW-Betrieb, ...)
- Umstieg von Heizöl auf Flüssiggas in nicht-erdgasversorgten Gebieten → CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial von 4 Mio. Tonnen p.a.\*
- Einsatz von **Grünem Flüssiggas** senkt CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter
  - Grünes Flüssiggas ist **zentraler Baustein der Energiewende im Wohnungsbestand** in nicht-erdgasversorgten Gebieten
  - **Wie und in welchem Umfang** kann Grünes Flüssiggas in Deutschland erzeugt werden?  
→ **DBI-Studie „Grüne Flüssiggasversorgung: Aktueller Stand und Entwicklungsmöglichkeiten“** analysiert verfahrenstechnische Optionen und die Potenziale für die Erzeugung von Grünem Flüssiggas

\* DBI-Studie: „Flüssiggas statt Heizöl - CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale in Wohngebäuden jenseits erdgasversorgter Gebiete“, DBI 01/2020

- 1 AP 1: Technologien zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas
- 2 AP 2: Potentiale einer nachhaltigen Flüssiggaserzeugung
- 3 AP 3: Flüssiggasabsatz in Deutschland, Bestandsaufnahme und Perspektive
- 4 AP 4: Politische Schlussfolgerungen

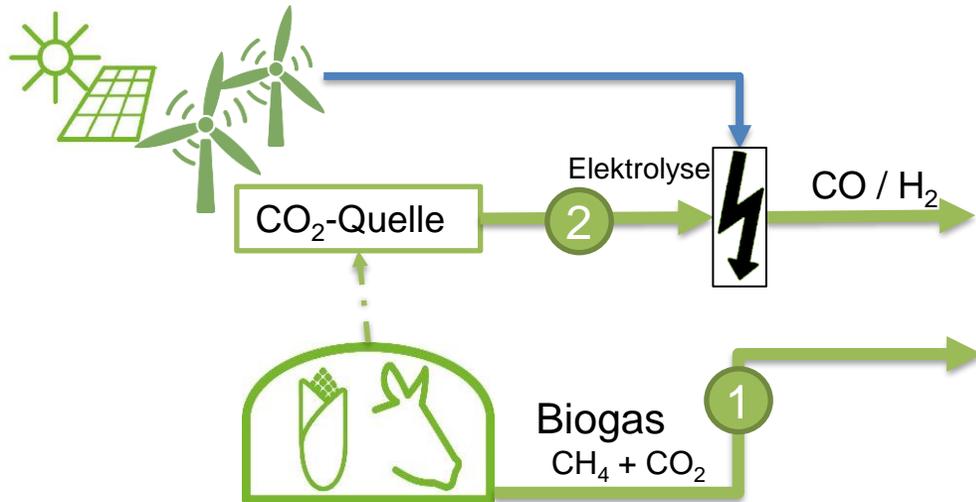
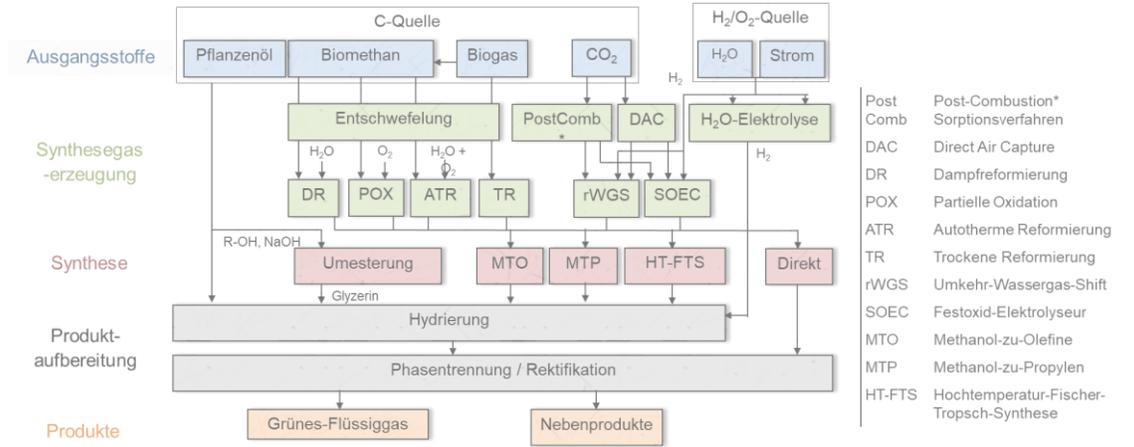
# 1.1: Technologien zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas

- Analyse von **57 versch. Prozessrouten**

(Dampfreformierung, trockene Reformierung, reversWassergas-Shift, Fischer-Tropsch-Synthese Dimethylether- und Propylensynthese, ...)

- Technologienbewertung unter Berücksichtigung der Rohstoffquelle:

- stoffliche Nutzung von Biogas 1
- CO<sub>2</sub>-Quelle + EEG-Strom 2



## Synthese und Aufbereitung



# 1.1: Technologien zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas

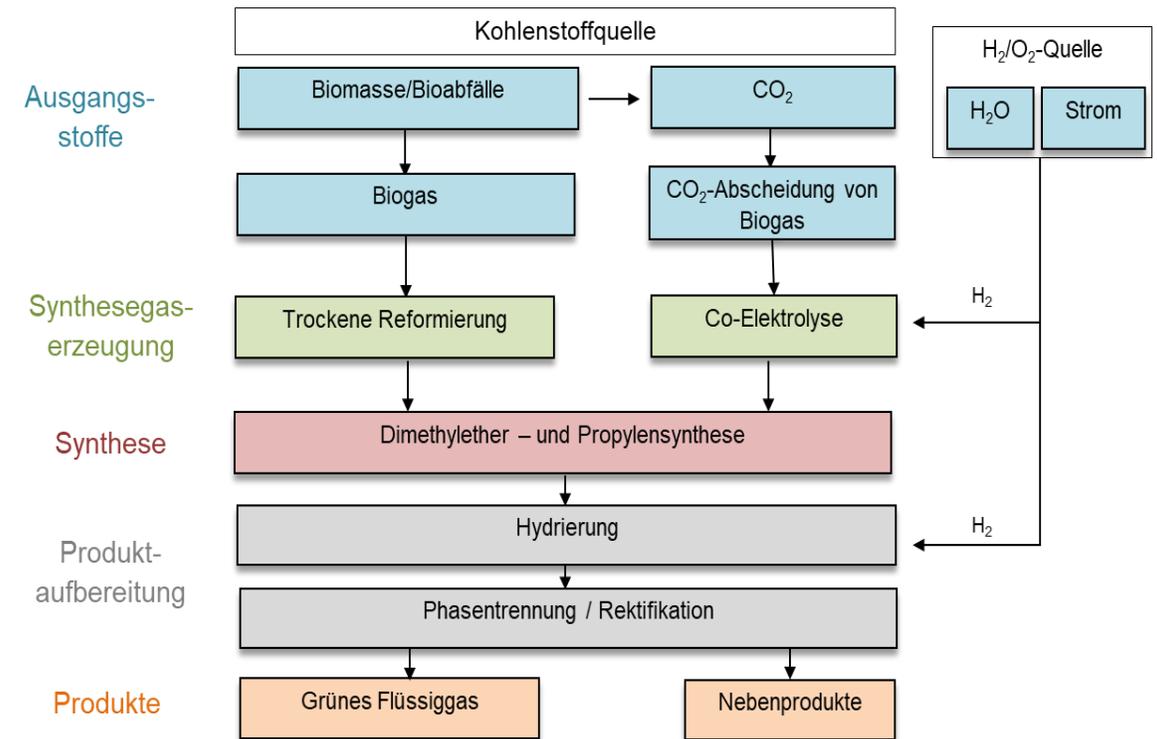
- Bewertung der 57 Prozessvarianten anhand von:
  - Kohlenstoffnutzungsgrad / Ausbeute
  - Energieeffizienz
  - Technologieverfügbarkeit
  - Nutzung Nebenprodukte

- Vorzugsvarianten für die Erzeugung von Grünen Flüssiggasen

- Umwandlung Biogas mittels Trockener Reformierung 1
- Nutzung grünes CO<sub>2</sub> und Co-Elektrolyse 2

- Vorgehen bei der Flüssiggasherstellung

1. Dimethylether- und Propylensynthese
2. Hydrierung
3. Produktaufbereitung

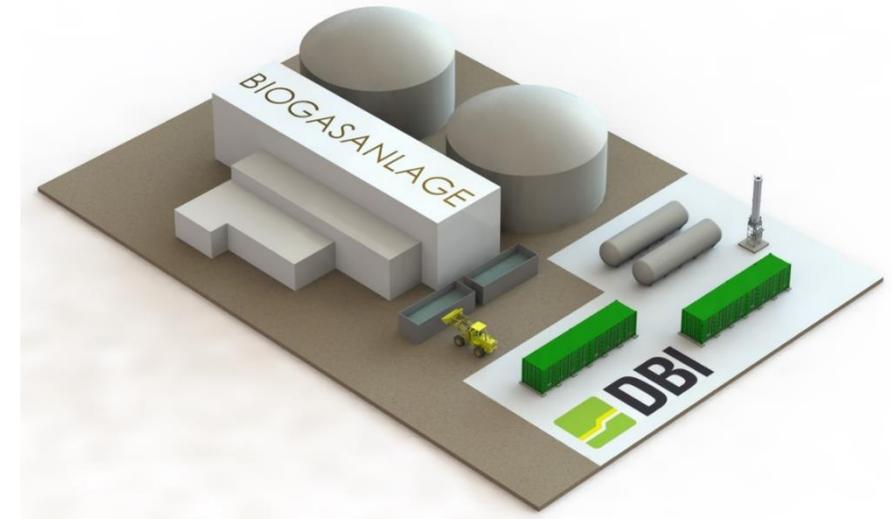


Ausgewählte Prozessrouten für die Herstellung von Grünem Flüssiggas

Kohlenstoffquelle	Prozessvariante	Gestehungskosten (€/kg Flüssiggas)	Kostentreiber / Größter Einfluss
1 Biogas	Trockene Reformierung + Dimethylether- und Propylensynthese	3,50 – 4,20 €/kg	Biogaspreis Kapitalkosten Erlöse für Fernwärme
2 CO <sub>2</sub>	Co-Elektrolyse + Dimethylether- und Propylensynthese	3,80 – 6,10 €/kg	Strompreis Kapitalkosten

- wirtschaftlichste Möglichkeit: Trockene Reformierung von Biogas + Dimethylether- und Propylensynthese
- Aufgrund der hohen Rohstoffkosten ist Grünes Flüssiggas teurer als konventionelles Flüssiggas (aktueller Preis für LPG , ab dt. Raffinerie = 0,65 – 0,70 €/kg zzgl. CO<sub>2</sub>-Preiszuschlag)

- Erzeugung von Grünem Flüssiggas ist aus technischer Sicht möglich: Anpassung vorhandener Technologien
- hohe Flexibilität durch Nutzung verschiedener Kohlenstoffquellen
- weitere Alternativen:
  - Erzeugung von Dimethylether (DME)
    - ähnliche Eigenschaften wie Flüssiggas
    - reduzierte Anzahl an Prozessschritten / geringere Umwandlungsverluste
    - H<sub>2</sub>-Transportmedium / Erschließung zusätzlicher Absatzmärkte für die H<sub>2</sub>-Anwendung
  - Hydrierung von Pflanzenöl (Nebenprodukt Biodieselherstellung)
- Rohstoffkosten (Biogas- bzw. Stromkosten) dominieren



*Konventionelle Biogasanlage mit Erzeugung von Grünem Flüssiggas (Illustration)*

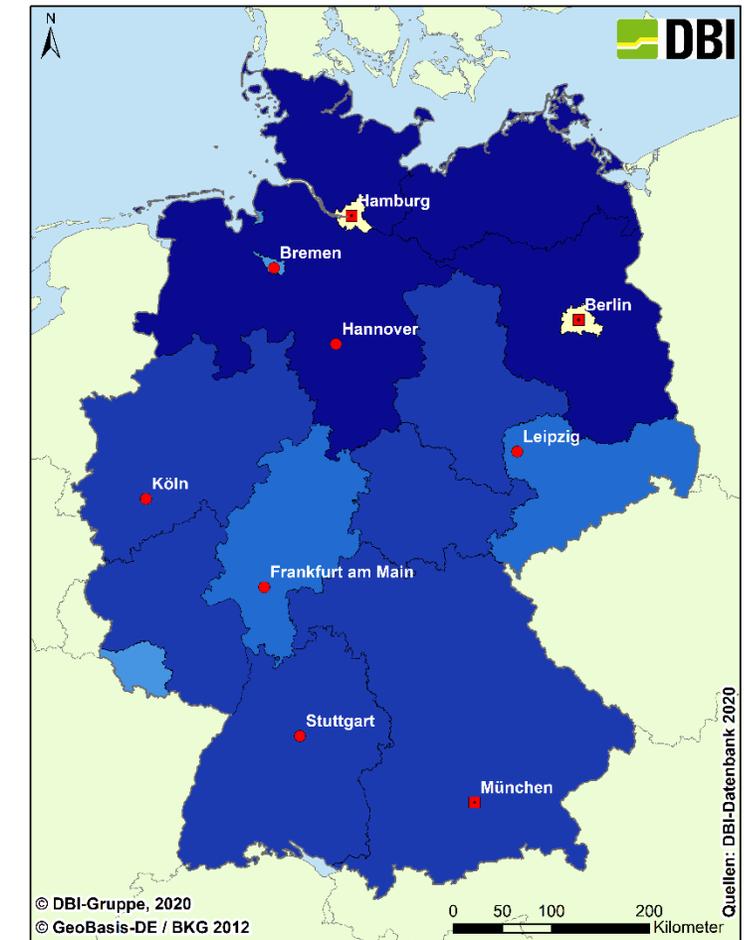
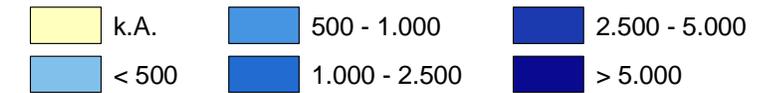
- 1 AP 1: Technologien zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas
- 2 AP 2: Potentiale einer nachhaltigen Flüssiggaserzeugung
- 3 AP 3: Flüssiggasabsatz in Deutschland, Bestandsaufnahme und Perspektive
- 4 AP 4: Politische Schlussfolgerungen

### Potenzialberechnung zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas:

- Ausgangssubstrate aus verfahrenstechnischer Sicht:
  - **Biogas**
  - **grünes Kohlenstoffdioxid aus der Biogas-Aufbereitung**
  - **grüner Wasserstoff** für die Hydrierung
- Potenzialermittlung erfolgt für die Jahre 2030 & 2050
- bestehender Anlagenstand **Biogas** und **grünes Kohlenstoffdioxid aus der Biogas-Aufbereitung**) bildet die Basis für die Prognose
- **grüner Wasserstoff** soll aus den steigenden EE-Überschussstrommengen mittels Elektrolyse (Power-to-Gas) erzeugt werden

- detaillierte Potenzialermittlung mittels Geoinformationssystemen (GIS) für die Erzeugung von **Wasserstoff mittels Elektrolyse (Power-to-Gas)**
  - H<sub>2</sub>-Erzeugungsmengen sind stark vom (weiteren) Ausbau der EE-Anlagen abhängig
  - Berücksichtigung der regenerativen Stromerzeugung und der konventionellen Stromerzeugung (Ausstieg aus der Kernkraft bis 2022 und der Kohle bis 2038)
  - Berechnung der jährlichen Überschussstrommengen und Ermittlung des H<sub>2</sub>-Potenzials in DE je Bundesland
- Ergebnis ist ein **Wasserstoffpotenzial** für DE
  - 2030: ≈ 10,0 Mrd. m<sup>3</sup> i.N. regenerativer Wasserstoff
  - 2050: ≈ 46,6 Mrd. m<sup>3</sup> i.N. regenerativer Wasserstoff

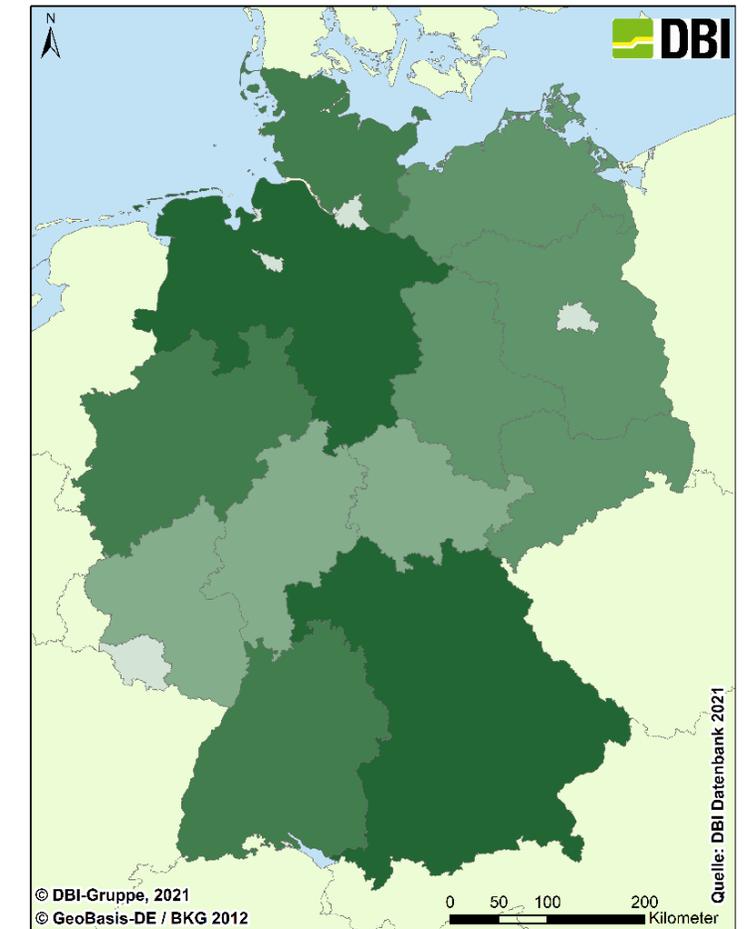
### Wasserstoffpotenzial 2050 in Mio. m<sup>3</sup>/a



- GIS-gestützte Potenzialermittlung für die Erzeugung von **Biogas** in Deutschland
- Ausgangspunkt für die Route ①
  - aktuell ca. 9.400 Biogasanlagen vorhanden, welche vorrangig „nur“ Strom erzeugen → geringe Gesamtnutzungsgrade
  - immer mehr Biogasanlagen scheiden in den nächsten Jahren aus der EEG-Vergütung aus → Suche nach neuen Vertriebsmöglichkeiten
- Ergebnis **Biogaspotenzial** für DE:
  - aktuell: 13.500 Mio. m<sup>3</sup> **Biogas** / Jahr \*
  - 2030: 17.800 Mio. m<sup>3</sup> **Biogas** / Jahr
  - 2050: 18.200 Mio. m<sup>3</sup> **Biogas** / Jahr

\*Stand **FNR 2018**: mit  $\eta_{el} = 35\%$  und Energiegehalt Biogas von 6,25 kWh/m<sup>3</sup>

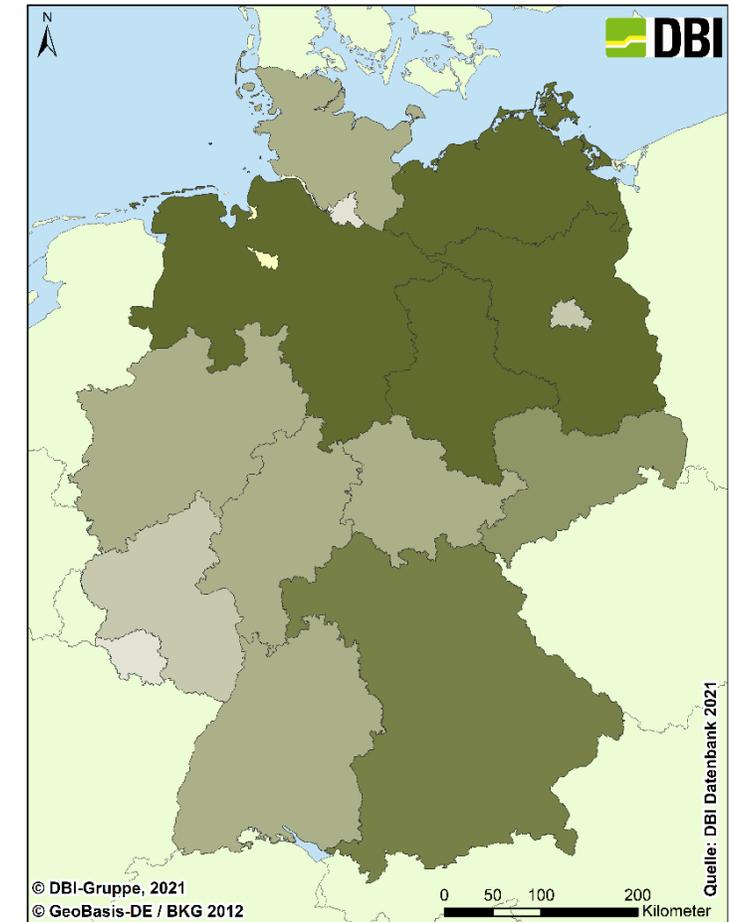
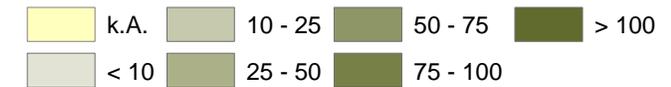
### Biogaspotenzial 2050 in Mio. m<sup>3</sup>/a



- GIS-gestützte Potenzialermittlung für **Bereitstellung von grünem CO<sub>2</sub>** in Deutschland
- Ausgangspunkt für die Route ②
  - Basis bilden die abtrennbaren, grünen CO<sub>2</sub>-Mengen bei der Biogasaufbereitung zu Biomethan
  - zusätzlich wird (grüner) Wasserstoff benötigt
  - Ergebnis **grünes Kohlenstoffdioxid** in DE:
    - 2030: 810 Mio. m<sup>3</sup> **grünes Kohlenstoffdioxid** / Jahr
    - 2050: 830 Mio. m<sup>3</sup> **grünes Kohlenstoffdioxid** / Jahr

➔ **nur marginale Steigerungen der CO<sub>2</sub>-Mengen in Deutschland bis 2050**

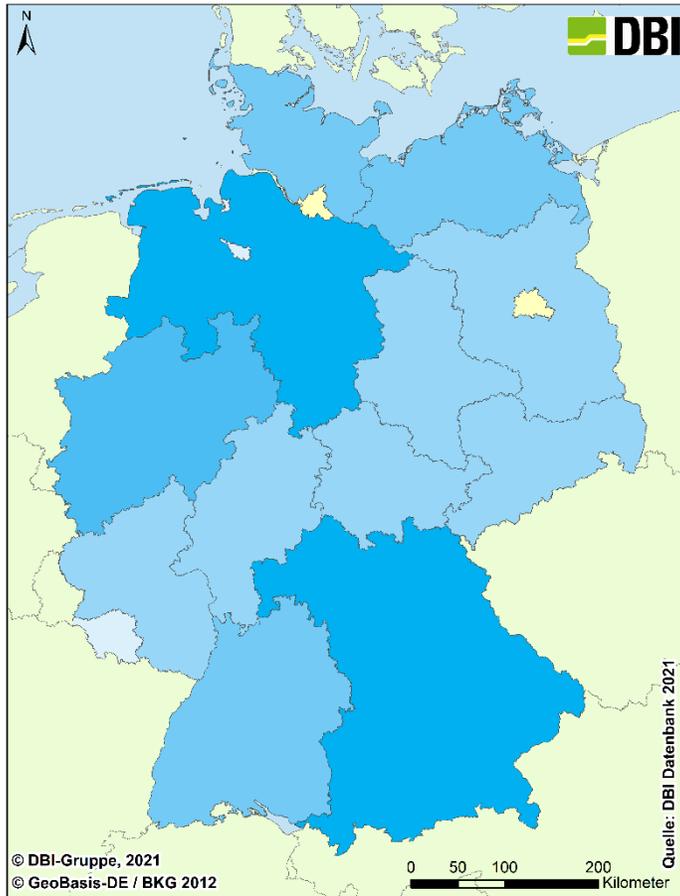
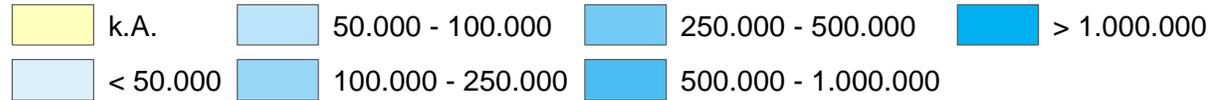
CO<sub>2</sub>-Potenzial 2050 in Mio. m<sup>3</sup>/a



## 2.4: Zusammenfassung Grünes Flüssiggas in DE für das Jahr 2050

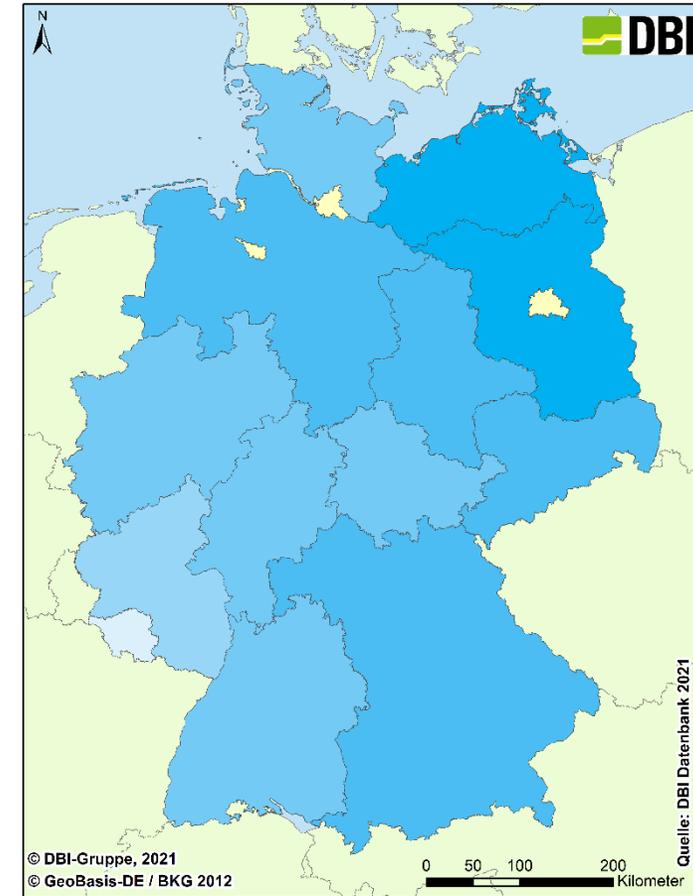
### Flüssiggas aus Biogas in t/a für 2050

1



2

### Flüssiggas aus Biogas-Aufbereitung in t/a für 2050



#### Zusammenfassung:

- Erzeugung von **grünem Flüssiggas** in großem Maße in DE möglich
- **Grünes Flüssiggas auf Basis von Biogas** (links):  $\Sigma \approx 5,0$  Mio. t/a
- **Grünes Flüssiggas CO<sub>2</sub>-Nutzung aus der Biogas-Aufbereitung** (rechts):  $\Sigma \approx 0,4$  Mio. t/a
- **Bedarf an grünem Wasserstoff** :  $\Sigma \approx 3,3$  Mrd. m<sup>3</sup>/a ( $\approx 10$  TWh Wasserstoff)

1

2

### Europäische Potentialermittlung

- Überschussstrommengen der EU-27 (außer Deutschland) werden aus dem EE-Zubau bis 2050 berechnet
  - Datenquelle: EU-Reference Scenario 2016
  - Prognose der Strommengen für PtH<sub>2</sub> anhand des länderspezifischen EE-Zubaus (bezogen auf 2015)

• Ergebnis:

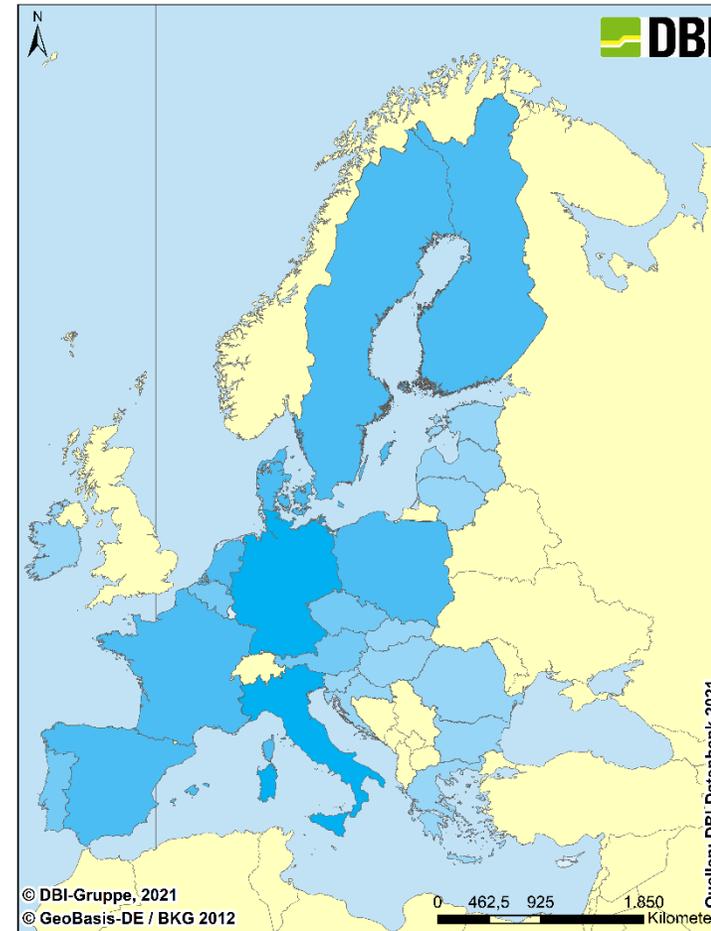
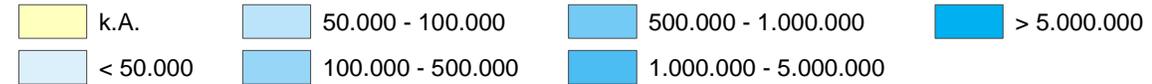
	2020	2030	2040	2050
Strommengen der EU-27 in TWh für PtG	0,0	429,3	689,6	1.154,9
Potenzial H <sub>2</sub> in Mrd. m <sup>3</sup> /a i.N. Wasserstoff*	0,0	107,5	172,7	289,2

\*Wirkungsgrad Elektrolyse 75 %, heizwertbezogen

## 2.6: Importpotenzial Grünes Flüssiggas aus Biogas (TR + DMEtP)

- GIS-gestützte Potenzialermittlung für die Erzeugung von **Grünem Flüssiggas** in der EU-27
- Ausgangspunkt sind die Prozessketten: **1**
  - Importpotenziale werden für die Erzeugung von Flüssiggas auf Basis von Biogas modelliert
  - jahresspezifisch für 2030 und 2050 wird das Biogas-Potenzial bestimmt & mit dem länderspezifischen H<sub>2</sub>-Potenzial verschnitten
  - Ergebnis:
    - 2030: 25,5 Mio. Tonnen **Grünes Flüssiggas** / Jahr
    - 2050: 38,2 Mio. Tonnen **Grünes Flüssiggas** / Jahr
  - Vorzugsregionen für einen Import:
    - Italien sowie südeuropäische Staaten

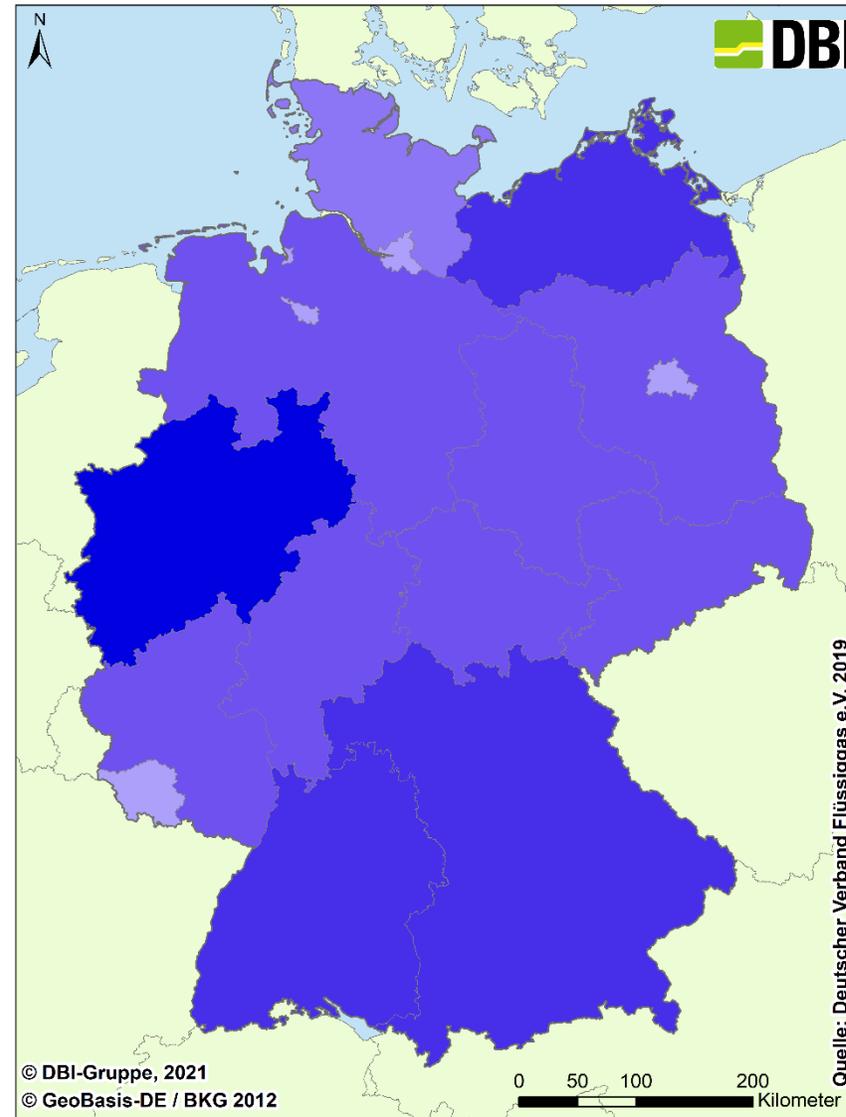
### Flüssiggas aus Biogas in t/a für 2050



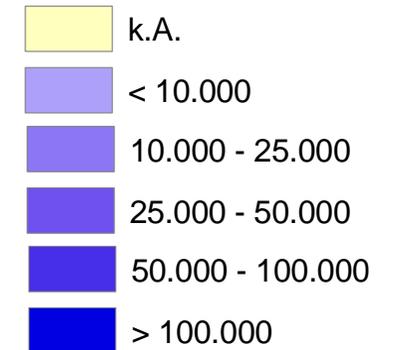
- 1 AP 1: Technologien zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas
- 2 AP 2: Potentiale einer nachhaltigen Flüssiggaserzeugung
- 3 AP 3: Flüssiggasabsatz in Deutschland, Bestandsaufnahme und Perspektive
- 4 AP 4: Politische Schlussfolgerungen

## 3.1: Absatz Brenngas im Tank bis 3 t – Haushalt

- Absatz Brenngas im Tank bis 3 t – Haushalt (Stand: 2019)
  - mit Abstand größte Absatzmengen in Nordrhein-Westfalen sowie im Süden DE
  - Absatz im Sektor des Haushaltes flächendeckend in Deutschland
  - **in Summe ca. 614.400 Tonnen / Jahr**

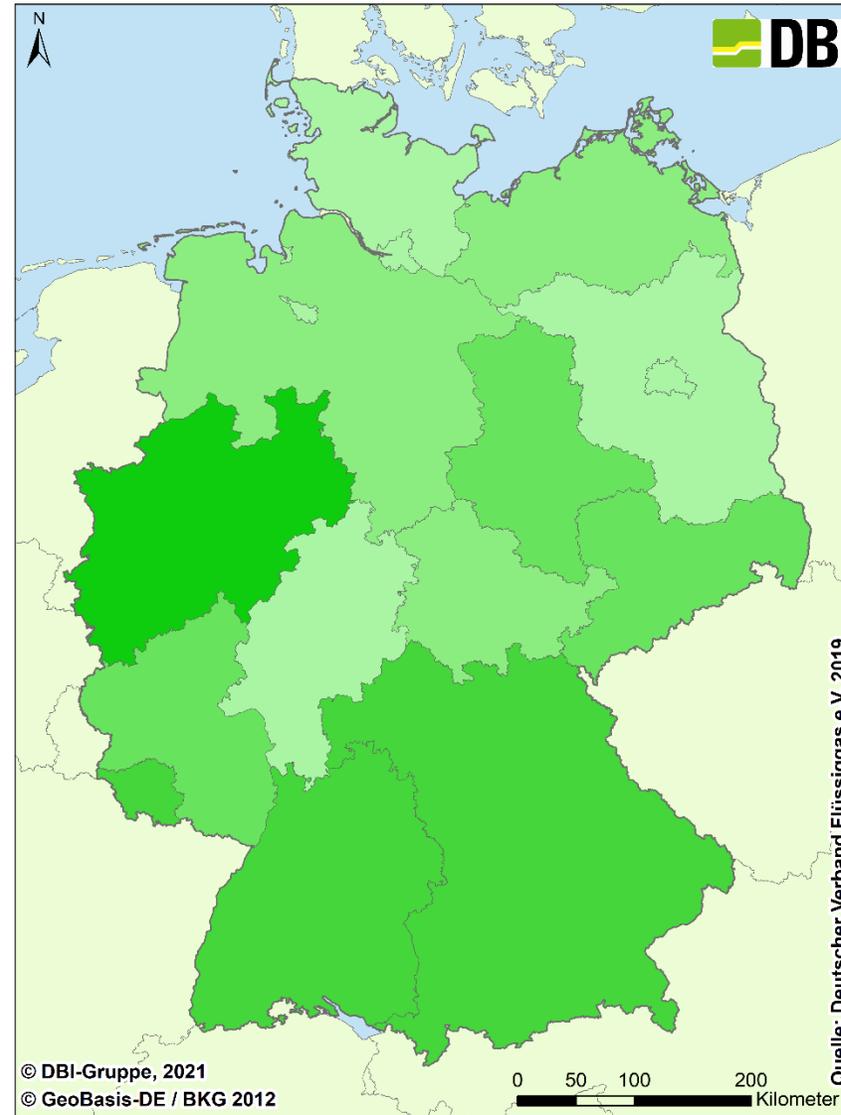


### Absatz Brenngas in Tonnen / Jahr

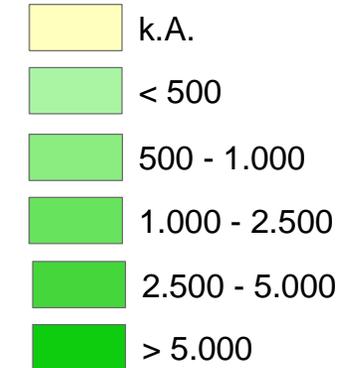


## 3.2: Absatz Brenngas im Tank Haushalt mit Zentralversorgung

- Absatz Brenngas im Tank Haushalt mit Zentralversorgung (Stand: 2019)
  - mit Abstand größte Absatzmengen in Nordrhein-Westfalen sowie im Süden DE
  - **in Summe ca. 21.700 Tonnen / Jahr**

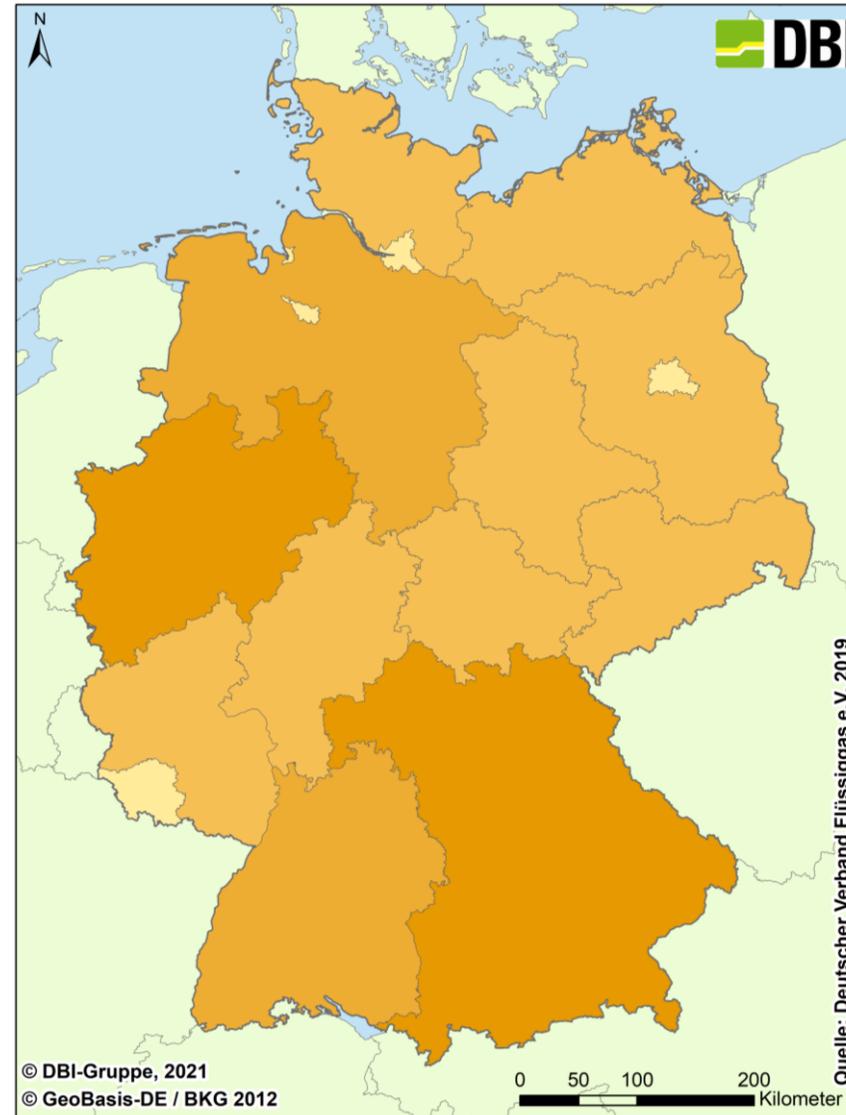


Absatz Brenngas in  
Tonnen / Jahr

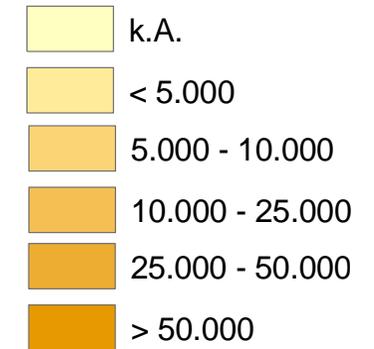


### 3.3: Absatz Brenngas im Tank für die Industrie

- Absatz Brenngas im Tank für die Industrie (Stand: 2019)
  - mit Abstand größte Absatzmengen in Nordrhein-Westfalen sowie im Süden DE
  - **in Summe ca. 311.300 Tonnen / Jahr**



#### Absatz Brenngas in Tonnen / Jahr



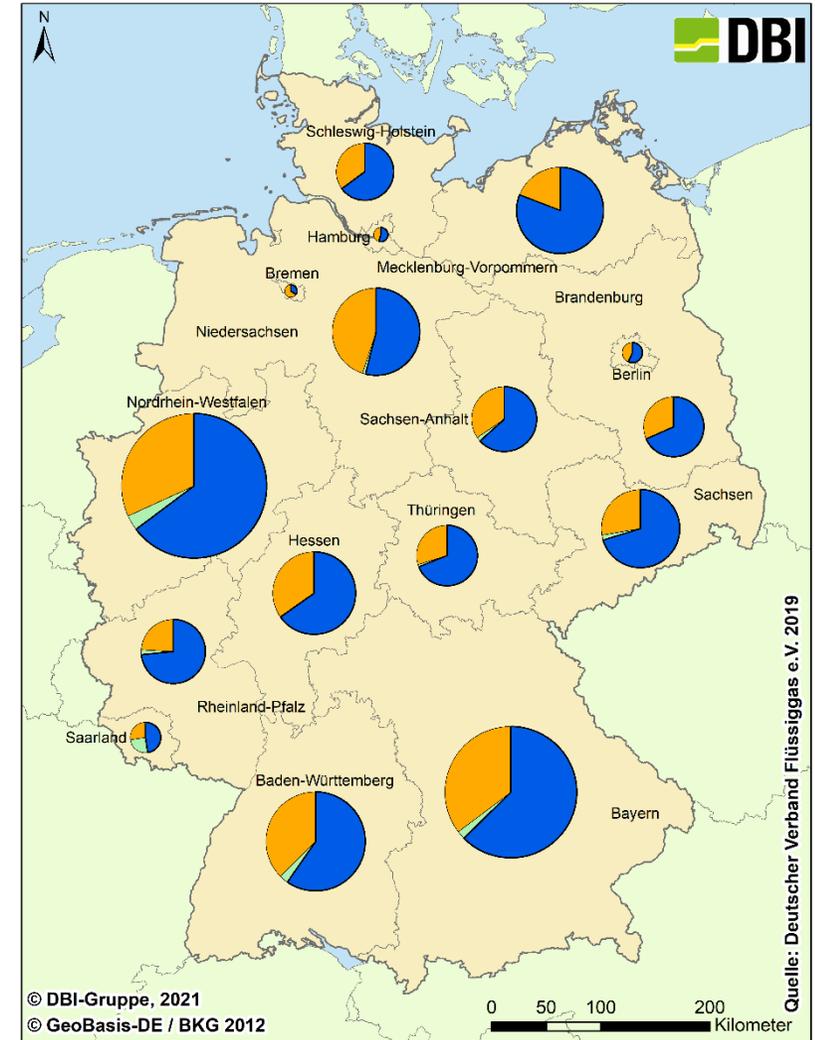
### Zusammenfassung Brenngas im Tank

- in Deutschland werden in Summe ca. 1 Mio. Tonnen Flüssiggas /Jahr zur Wärmeerzeugung abgesetzt (2019)
- Flüssiggas als Alternative zu leitungsgebundener Versorgung
- bestehendes Vertriebsnetz in ganz Deutschland

#### Legende in Tonnen/Jahr



-  Brenngas im Tank Haushalt
-  Brenngas im Tank Haushalt mit Zentralversorgung
-  Brenngas im Tank Industrie



#### **Absatzpotenziale von Flüssiggas bis 2050:**

- aktueller Absatz in Deutschland: ~ 1,0 Mio. t/a Flüssiggas im Wärmemarkt

- Potenziale aus DBI Studie „Flüssiggas statt Heizöl“:

- Anzahl Ölheizungen in Deutschland 2019: 5,87 Mio.
- davon in räumlicher Nähe zum Erdgasnetz: - 2,79 Mio.
- Anzahl Ölheizungen, prädestiniert für Flüssiggas: **3,08 Mio.**

→ **52 %** aller Ölheizungen sind prädestiniert für eine Umstellung auf Flüssiggas

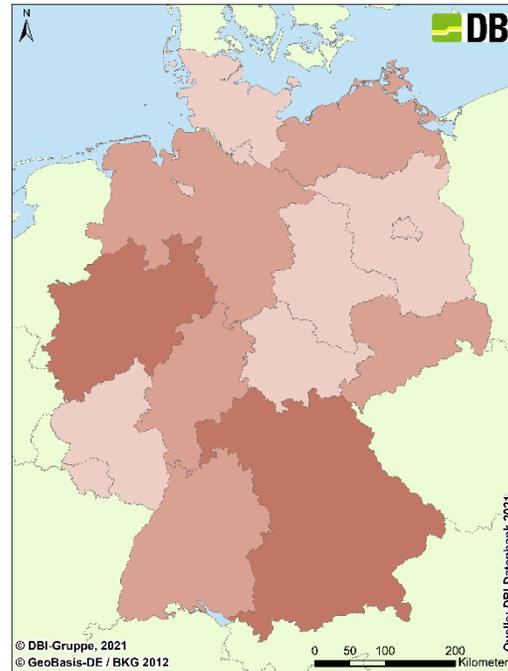
→ potenzieller **zusätzlicher Absatz: ~ 2,7 Mio. t/a Flüssiggas**

→ wichtiges Umstellungsargument: **CO<sub>2</sub>-neutrales Flüssiggas**

## 3.6: Absatzpotenzial für Grünes Flüssiggas bis 2050

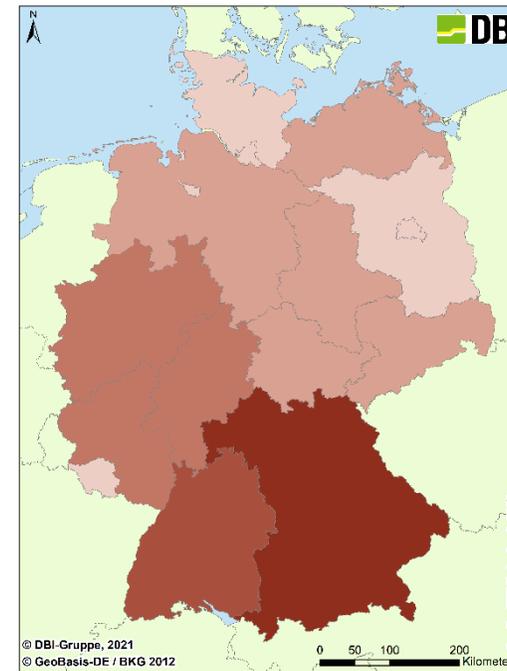
- Potenzial der **Absatzentwicklung** auf Basis der Ergebnisse (Umstellung der Ölheizungen) aus der DBI Studie „Flüssiggas statt Heizöl“
- **Absatz von Flüssiggas** könnte bei vollständigem Ersatz aller identifizierten Ölheizungen um **Faktor 4** gesteigert werden
- **Absatzpotenzial:**  
**2050: ≈ 3,7 Mio. t/Jahr**

### Absatz Flüssiggas in t/a für 2050



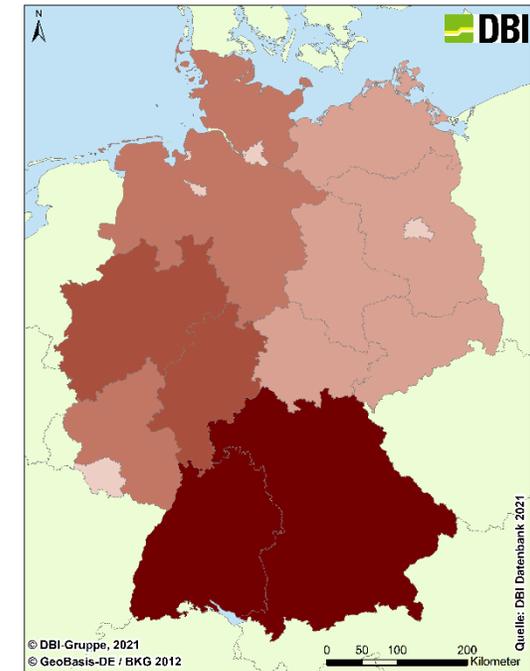
2020

1,0 Mio. t/a



2030

2,1 Mio. t/a



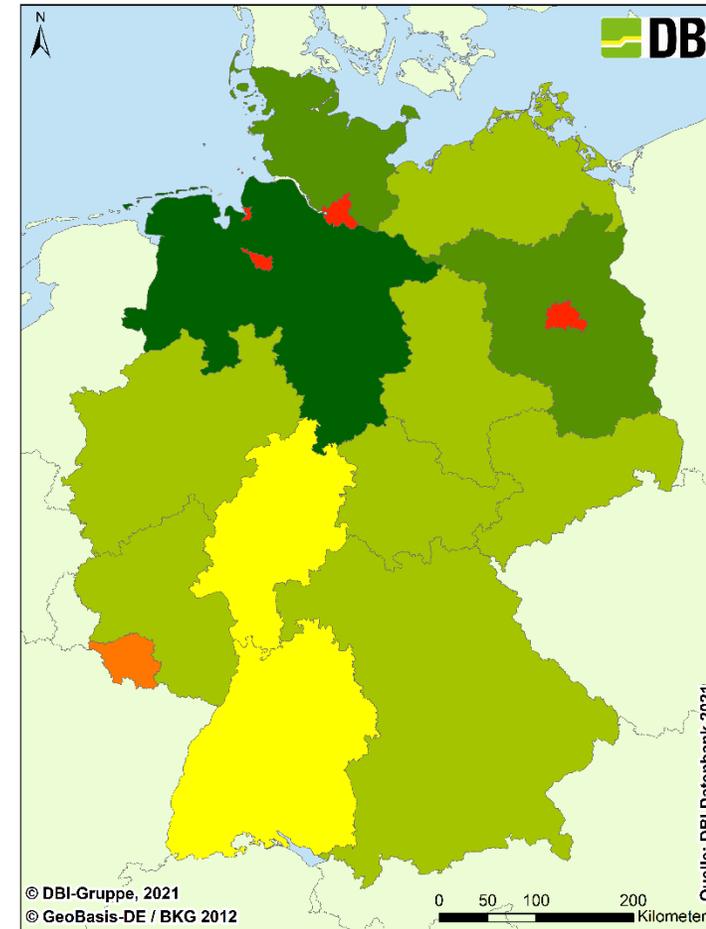
2050

3,7 Mio. t/a

### 3.7: Berechnung Autarkiegrad Grüner Flüssiggaserzeugung in DE

- Abgleich (Autarkie) **Grünes Flüssiggas** und **Flüssiggas-Absatzpotenzial** in 2030:
  - größte Autarkie weist Niedersachsen auf (15-fach)
  - mehr als die Hälfte aller Bundesländer können mehr **Grünes Flüssiggas** erzeugen als diese verbrauchen
- Fazit:
  - zur vollständigen Deckung des Absatzpotenzials mit **Grünem Flüssiggas** in DE sind:  
rund **43 % der Biogasmengen** sowie  
rund **21 % der PtG-Wasserstoffmengen** notwendig

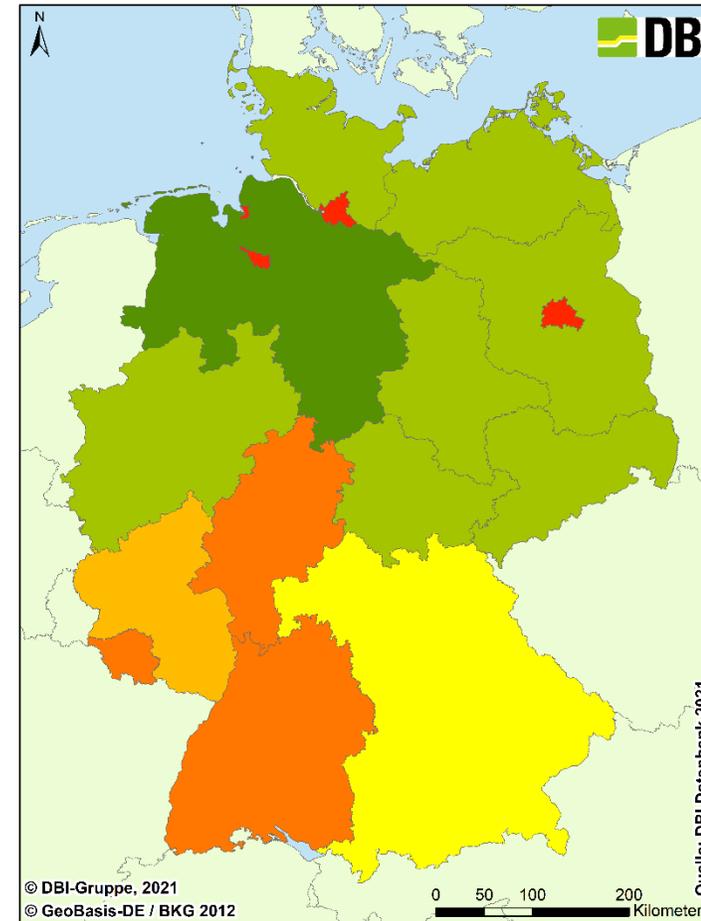
#### Autarkie in %



### 3.7: Berechnung Autarkiegrad Grüner Flüssiggaserzeugung in DE

- Abgleich für das Jahr 2050 zeigt:
  - alle weiteren Öl-Heizungen sind umgestellt auf **Grünes Flüssiggas**  
→ **Flüssiggas-Absatzpotenzial** im Vergleich zu 2030 weiter gestiegen
  - Autarkiegrad der Bundesländer sinkt
  - Deutschland kann sich aber weiterhin mit **Grünem Flüssiggas** versorgen!
- Fazit:
  - zur vollständigen Deckung des Bedarfs an **Grünem Flüssiggas** in DE sind:  
rund **73 % der Biogasmengen** sowie  
rund **4 % der PtG-Wasserstoffmengen** notwendig

#### Autarkie in %



- Abgleich (Autarkie) **Grünes Flüssiggas** und **Flüssiggas-Absatzpotenzial**
  - 2030:
    - größte Potenziale der grünen Flüssiggasversorgung weisen Niedersachsen bzw. allgemein Norddeutschland auf
    - Großteil der Bundesländer können mehr **Grünes Flüssiggas** erzeugen als sie verbrauchen
  - 2050:
    - trotz stärker werdender regionaler Unterschiede bleibt es möglich, den Bedarf an grünem Flüssiggas mit heimischen Quellen zu decken
- Fazit:
  - vollständige **Grüne Flüssiggas-Deckung** in DE möglich:
    - hoher Einsatz von Biogasmengen für die Synthese bis 2050 notwendig (bis zu 75% des Biogaspotenzials → Import voraussichtlich notwendig)
    - erneuerbarer Wasserstoff nicht limitierender Faktor!

- 1 AP 1: Technologien zur Erzeugung von Grünem Flüssiggas
- 2 AP 2: Potentiale einer nachhaltigen Flüssiggaserzeugung
- 3 AP 3: Flüssiggasabsatz in Deutschland, Bestandsaufnahme und Perspektive
- 4 AP 4: Politische Schlussfolgerungen

- Erzeugung von grünem, regenerativem Flüssiggas in Deutschland möglich. Zusätzlich Importe aus EU-Ländern möglich.
- Erzeugungspotenziale:
  - grüner Wasserstoff zukünftig ausreichend vorhanden
  - Biogas und grünes CO<sub>2</sub> aus der Biogas-Aufbereitung als limitierende Faktoren
- Heizsysteme mit Grünem Flüssiggas können einen wichtigen Beitrag zur Energie- und Klimawende beitragen
- erhebliches Marktpotenzial gegenüber Ist-Situation
- regeneratives DME (Dimethylether) als weitere Zukunftsoption

**→ Vollständiger Wechsel auf GRÜNES Flüssiggas in nicht-erdgasversorgten Wohngebäuden ist möglich**

- Energieversorgung muss klimafreundlicher werden, um den klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 zu erreichen
  - Grünes Flüssiggas bietet viele Vorteile in nicht-erdgasversorgten Gebieten
  - kein aufwendiger Wechsel der Anlagentechnik notwendig
  - ➔ Grünes Flüssiggas kann einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der klimapolitischen Ziele bis 2050 leisten
- die Erzeugung von grünem Flüssiggas bietet eine Entwicklungsmöglichkeit für Biogasanlagenbetreiber, sobald die Anlagen aus der EEG-Förderung fallen
  - ➔ in den nächsten Jahren werden zunehmend Biogasanlagen aus dem EEG fallen
  - ➔ nächstes Zwischenziel: Errichtung von Demonstrations- und Pilotanlagen in möglichst vielen Bundesländern.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Wi.-Ing. Ronny Erler

Fachgebietsleiter

Energieversorgungssysteme / EE

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg  
Halsbrücker Straße 34  
D-09599 Freiberg

Web: [www.dbi-gruppe.de](http://www.dbi-gruppe.de)

Tel.: (+49) 3731 4195 - 328

E-Mail: [Ronny.Erler@dbi-gruppe.de](mailto:Ronny.Erler@dbi-gruppe.de)

Besucheradresse: Karl-Heine-Straße 109/111, D-04229 Leipzig

