

Biogas liefert und kann vieles mehr!

**Biologische Methanisierung als Komponente der
dezentralen Power-to-Gas-Technologie**

**M. Burkhardt, O. Horn, M. Tietze, F. Niebling, D. Nissen, B. Nissen,
S. Lorenzen, M. Szeimis, W. Förster, M. Wolf, H. Hilse, W. Vith, G. Busch**

Wir reden nicht nur über Visionen, wir setzen sie bereits um.

GICON[®] steht für nachhaltige, umweltbewusste Dienstleistungen und ist seit 30 Jahren ein zuverlässiger Planungspartner im In- und Ausland.



23

Niederlassungen in
Deutschland und
weltweit



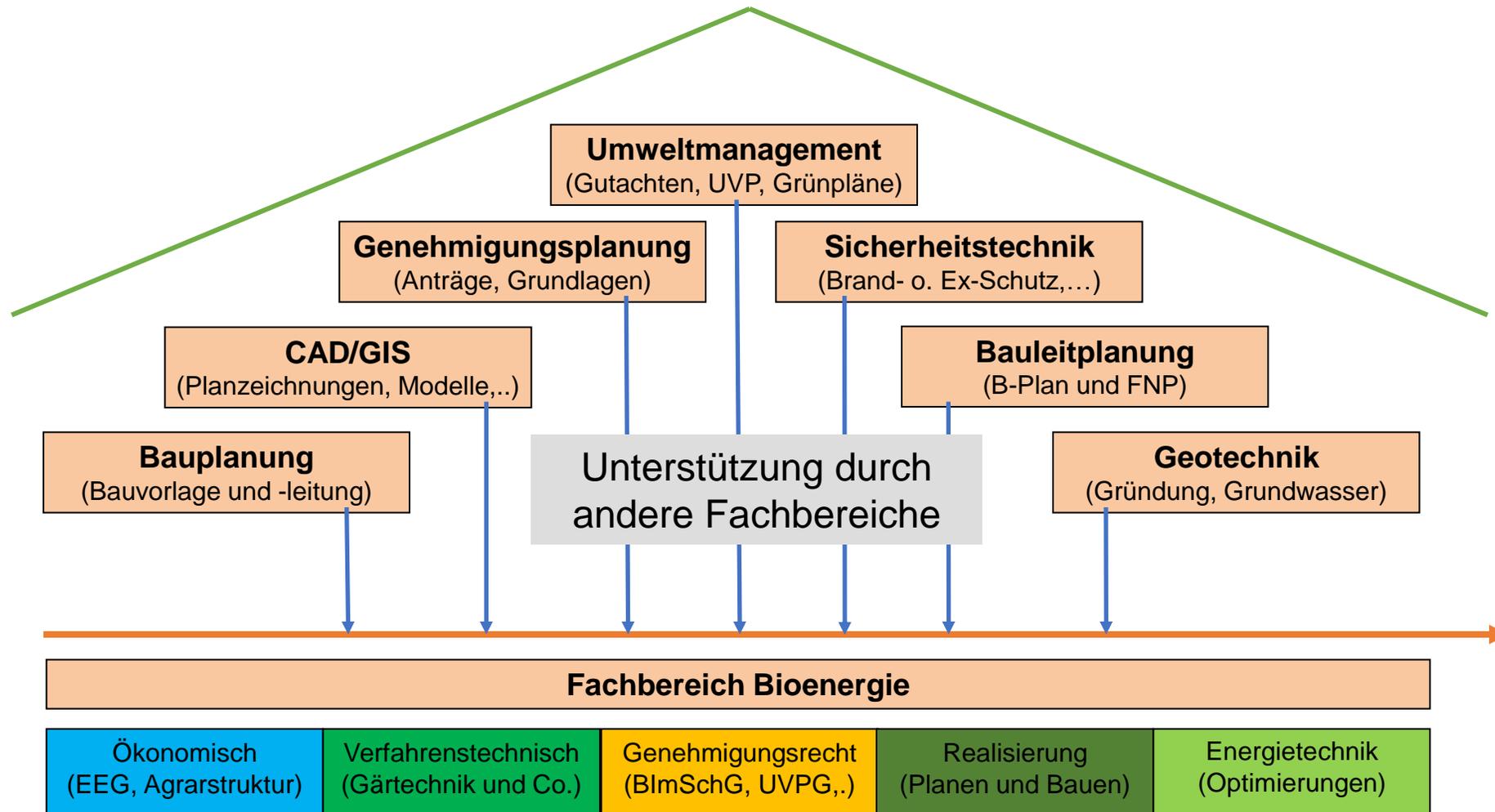
>630

Mitarbeiterinnen und
Mitarbeiter



>100

Patente stehen für die
Innovationskraft
unserer eigenen
grünen Technologien



Fachspezifische Kompetenzen für die gesamte Projekt- und Wertschöpfungskette Biogas und Biomethan!

GICON Niederlassungen in Deutschland

Büros **Bioenergie**



Cottbus



Dresden



Konstanz



Schwäbisch Hall



Zittau

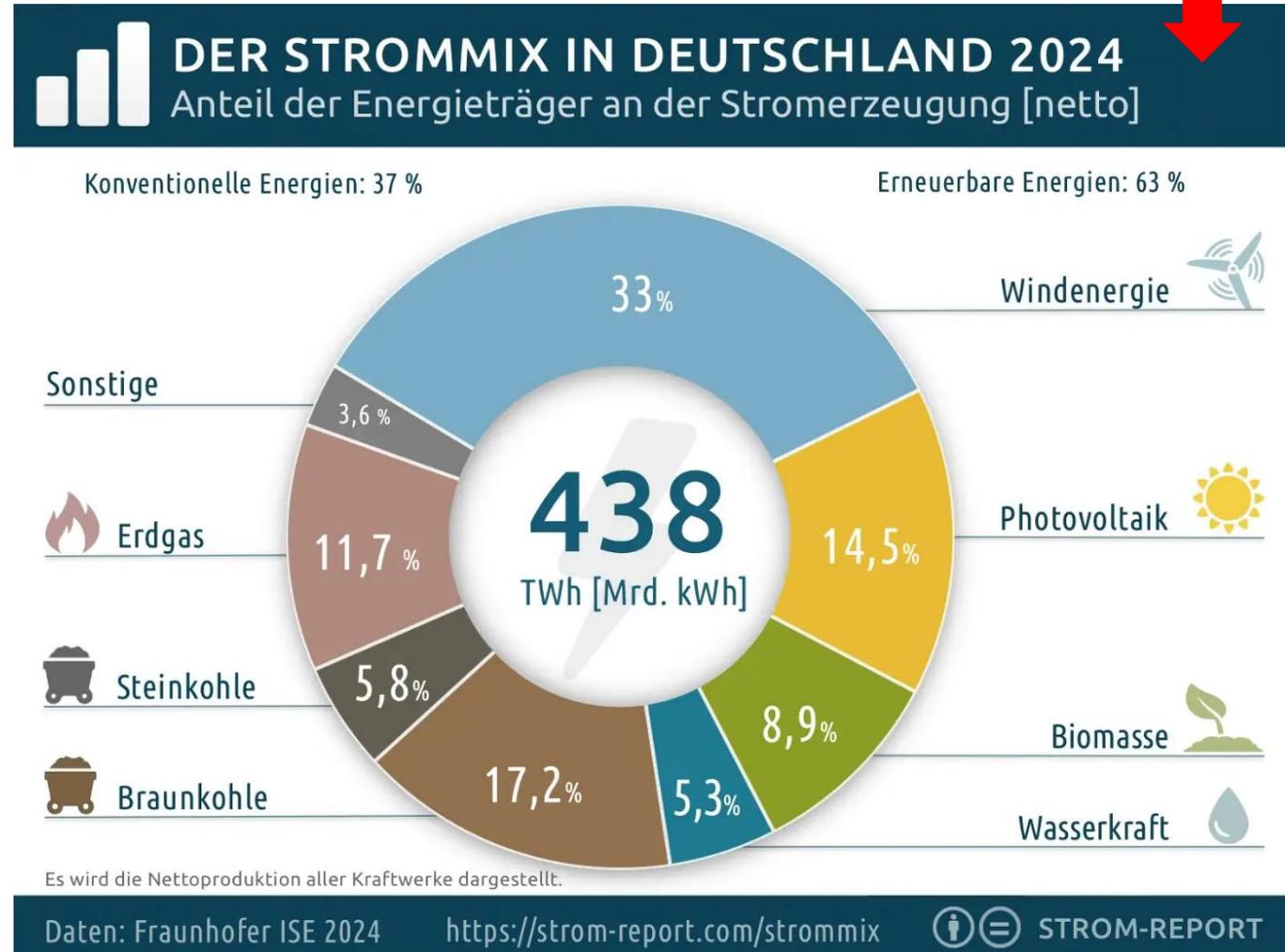
Agenda

1. Herausforderung, Einordnung und Motivation
2. Biologische Methanisierung im GICON[®]Rieselbettverfahren
3. F&E
4. Technologietransfer per **WeMetBio2**
5. ökonomische und ökologische Bewertung aktuelle Studien und Standorte

Herausforderung, Einordnung und Motivation

- EU-Klimaneutralität bis 2050
- Wärmewende
- Verbrennerverbot
- instabile Weltpolitik

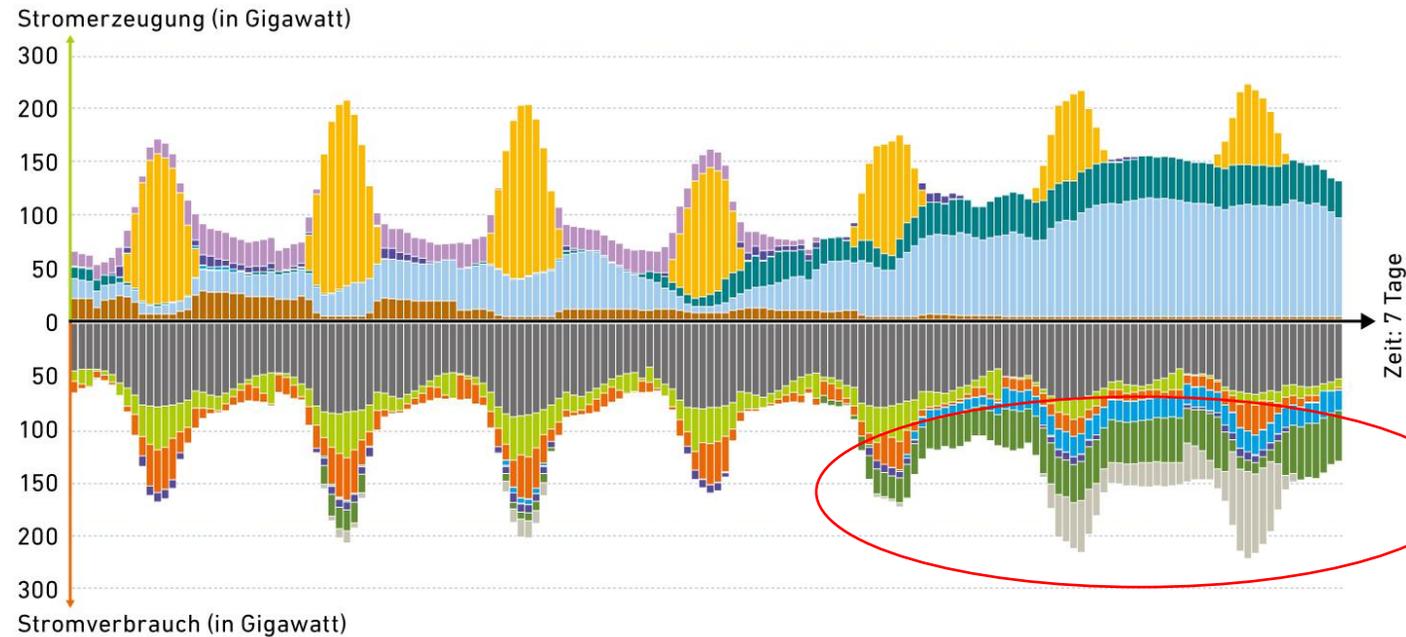
→ Energieversorgung:
alternativ, dezentral, unabhängig



Herausforderung, Einordnung und Motivation

Eine Frühlingswoche in den 2030er Jahren: Flexibilität garantiert Netzstabilität

Auch bei Vervielfachung der Solar- und Windstromleistung* können Erzeugung und Verbrauch ausgeglichen werden. Wenn Strom nicht genutzt werden kann, wird Leistung abgeregelt.



*installierte Leistung ungefähr 300 Gigawatt PV- und 200 Gigawatt Windenergieanlagen in Deutschland, Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch im Jahresdurchschnitt: > 80 Prozent

- Photovoltaik ● Wind (Offshore) ● Wind (Onshore) ● Biomasse und Sonstige ● Import ● Speicher
- herkömmlicher Stromverbrauch ● E-Mobilität ● Wärmepumpen und Power to heat ● Wasserstoff ● Export
- Abregelung (wenn keine andere Nutzung)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Fraunhofer ISI; Stand: 4/2024

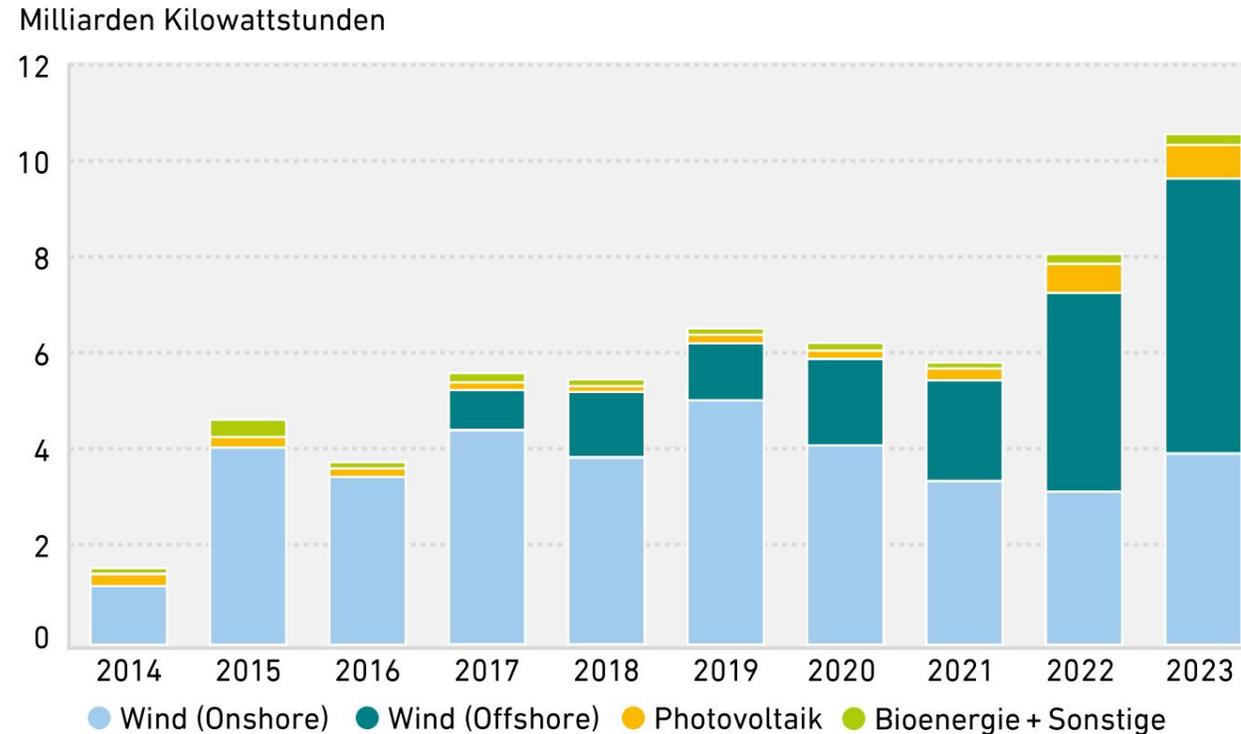
© 2024 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Herausforderung, Einordnung und Motivation

Durch Abregelung verlorene Stromerzeugung aus

Erneuerbaren Energien = Ausfallarbeit zur Gewährleistung der Netzstabilität
Erneuerbare-Energien-Anlagen werden immer häufiger in ihrer Leistung gedrosselt.

Besser wäre es, den Strom in anderen Anwendungen einzusetzen, zum Beispiel zum Heizen.



Quelle: Bundesnetzagentur; Stand: 6/2024

© 2024 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Herausforderung, Einordnung und Motivation

- Fluktuationen („Dunkelflaute“)
wichtigste unzureichend gelöste Herausforderung
→ Defizite bei 49 GW_{el} bis 2030¹

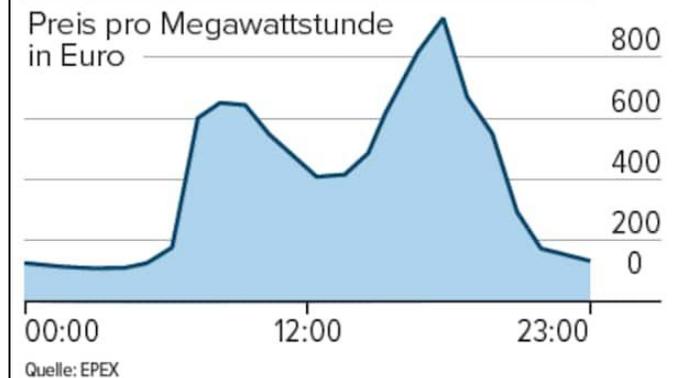
Übergang:

- Abschalten großer Verbraucher und Einschalten(?)
- Gaskraftwerke
→ teures fossiles Gas, teure Vorhaltung, Verschleiß steigt, Wirtschaftlichkeit?
- Zubau wasserstoffbasierten Reservekraftwerken
nationaler Wasserstoffrat/Kraftwerkstrategie: nur 13,9 GW_{el} in 2030¹
extrem hohe Investitionen, lange Dauer der Transformation bis „nie“
- dennoch 35,1 GW_{el} Importe erforderlich¹
- Flexibilisierung der Biogasanlagen + biologischer Methanisierung → 12 GW_{el} bis 2030, 24 GW_{el} bis 2040

Preisspitze bei Dunkelflaute

Eine sogenannte Dunkelflaute führte dazu, dass der Strompreis in Deutschland kurzfristig auf 936 Euro pro Megawattstunde geklettert ist

Strompreise EpeX am 12.12.2024



Herausforderung

Das deutsche Gasnetz



**Speicherdichte und Transportkosten
höhere Energiedichte**
Faktor 3,3 bei 1 bar
4,3 bei 200 bar

— Deutsches Gasnetz
(dargestellt in der
Druckstufe > 4 bar.)

Quelle: DVGW e.V.

Wasserstoff-Kernetz* 2032



— Umstellungsleitung
- - - Neubauleitung

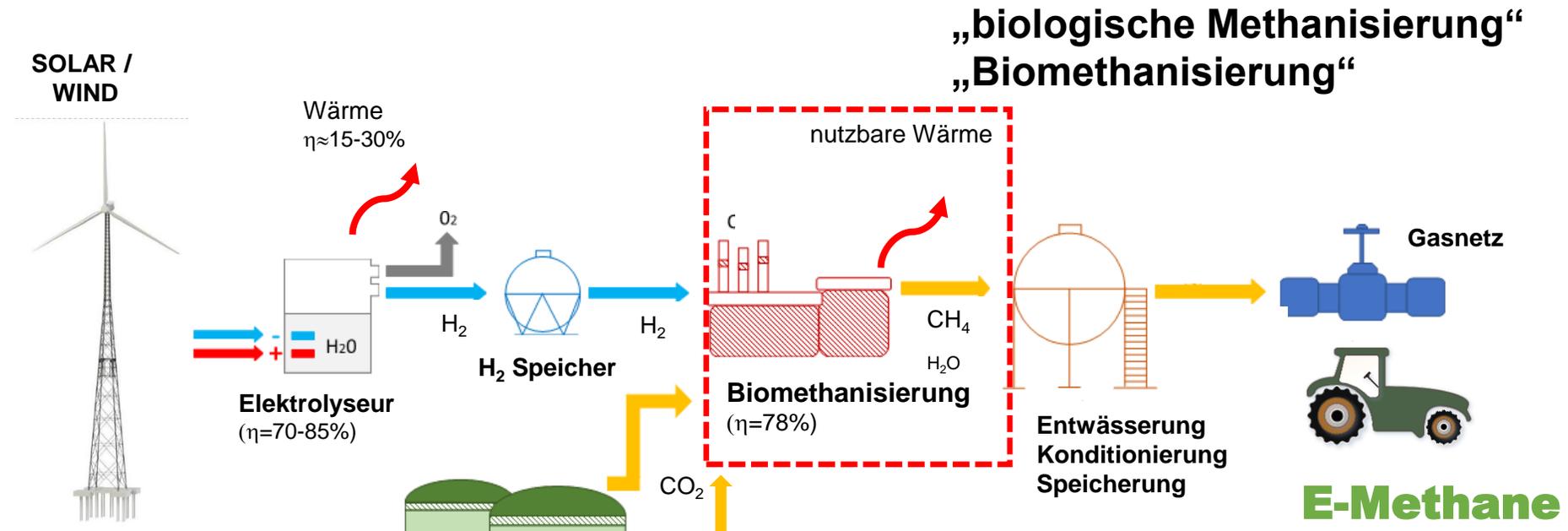
Quelle: FNB-Gas

*gem. Genehmigung vom 22.10.2024 Seite | 10
21.05.2025

Agenda

1. Herausforderung, Einordnung und Motivation
2. Biologische Methanisierung im GICON[®]Rieselbettverfahren
3. F&E
4. Technologietransfer per **WeMetBio2**
5. ökonomische und ökologische Bewertung aktuelle Studien und Standorte

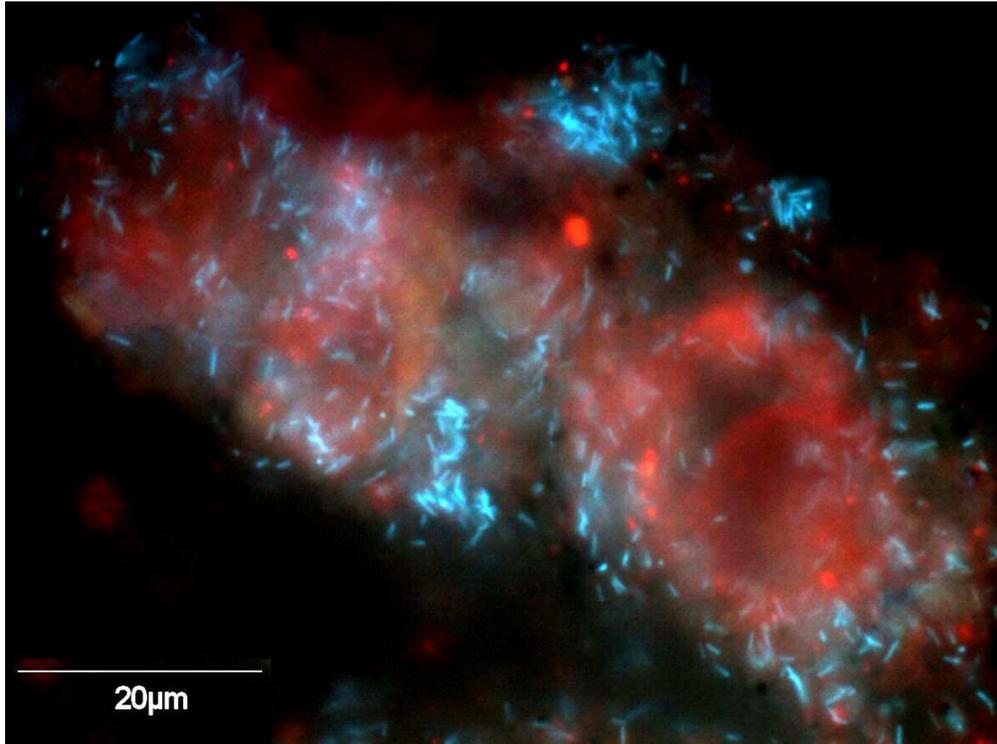
Prozesskette und Sektorenkopplung



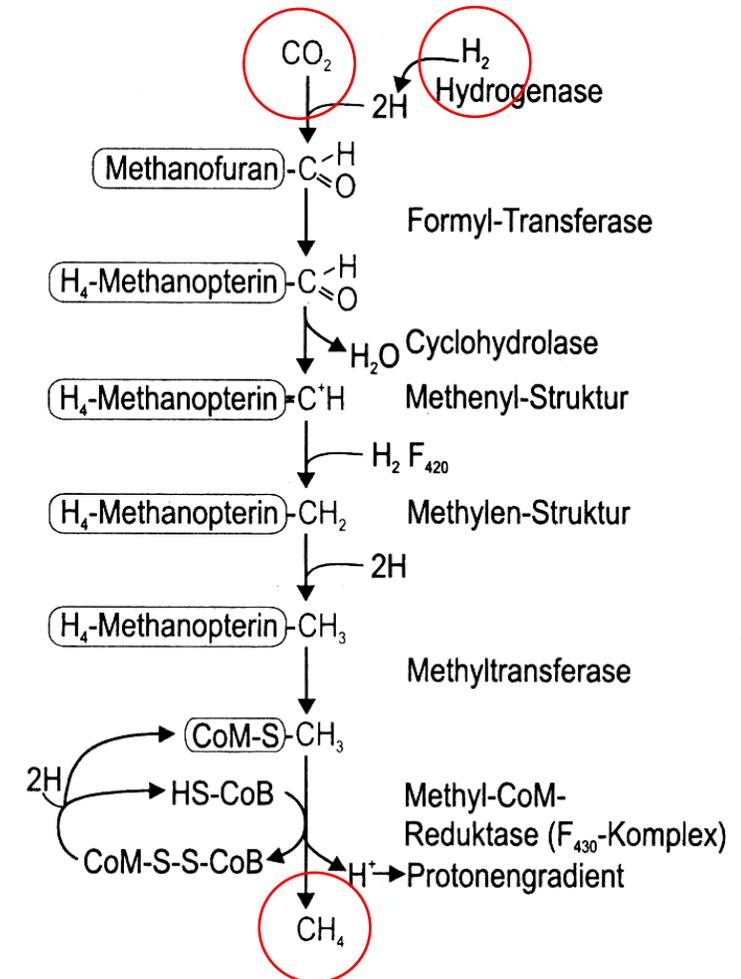
- Sektorenkopplung
- Energiespeicherung und -verteilung
- Transfer Sommer → Winter + Dunkelflaute
- Wärmeversorgung auch ohne Verstromung (BHKW)
- Reduktion THG-Emissionen
- Lösungsansatz Post-EEG Anlagen (Biogas, Wind, PV)
- Nutzung bestehender Infrastrukturen bis Übergang zu H_2

$4H_2$

Biomethanisierung

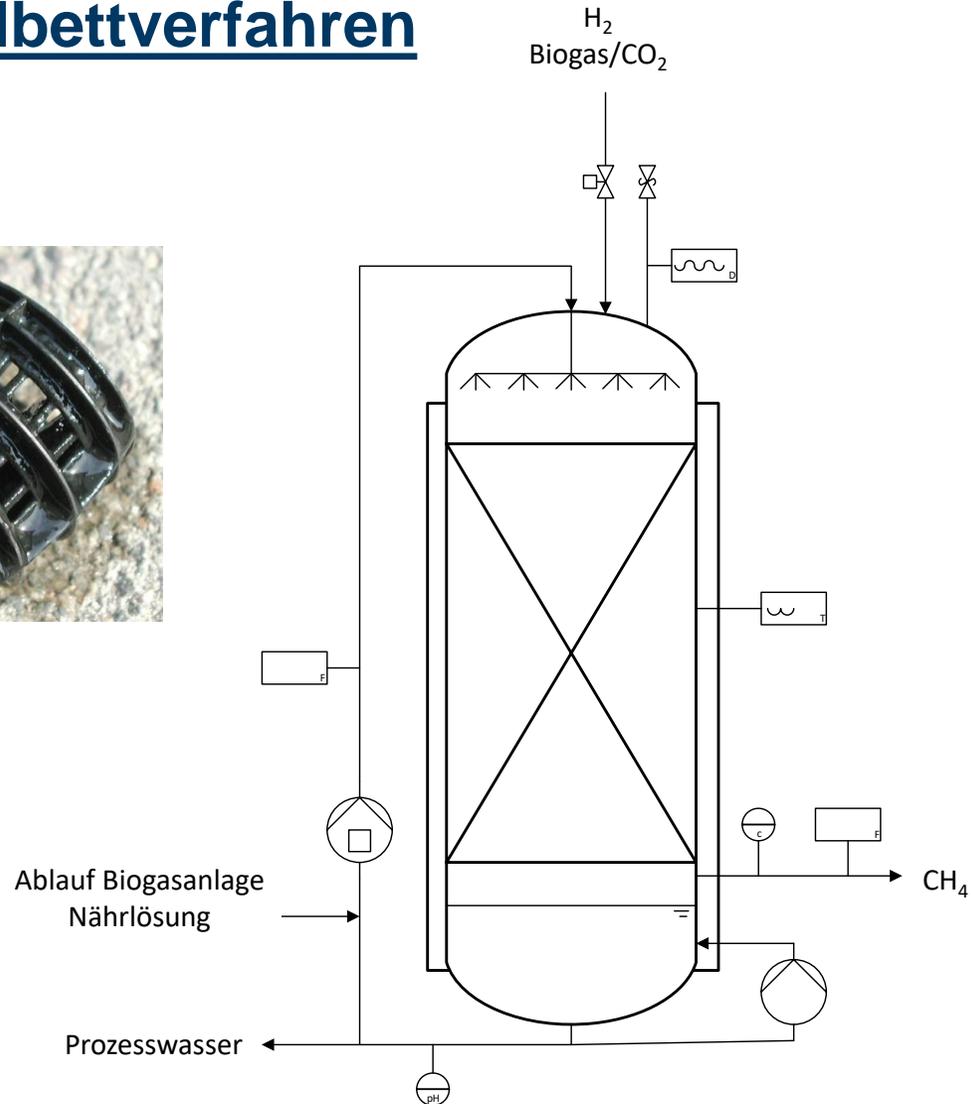


(Burkhardt 2005)

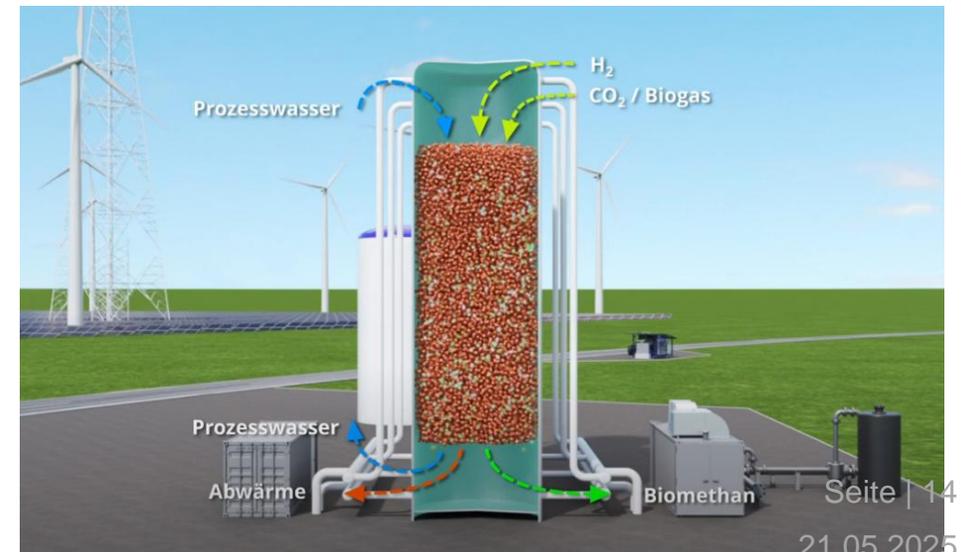


Hydrogenotrophe Methanogenese durch Reduktion von CO_2 zu CH_4 ; (Fritsche 2002)

GICON®-Rieselbettverfahren



Methankonzentration	> 95% CH ₄
Methanbildungsrate (bei Einsatz von Rohbiogas)	7 m ³ _{N,CH₄} /(m ³ _R ·d)
Temperaturniveau	55/65°C hyper-/thermophilic
pH-Wert	7-8,5
Wärmefreisetzung (Reaktion und Kondensation)	21 kWh/(m³_R·d) 3,137 kWh/Nm³_{CH₄,PtX}
Eigenenergiebedarf gesamt	0,06-0,27 kWh_{el}/Nm³_{CH₄,PtX}
Wirkungsgrad (mit Eigenenergiebedarf)	74,5 %
Wirkungsgrad (mit Eigenenergiebedarf, inkl. 50% Wärmenutzung)	84 %



Agenda

1. Herausforderung, Einordnung und Motivation
2. Biologische Methanisierung im GICON[®]Rieselbettverfahren
3. F&E
4. Technologietransfer per **WeMetBio2**
5. ökonomische und ökologische Bewertung aktuelle Studien und Standorte

F&E + scale-up

2011



Labor
30 l

2015 – 2023



Technikum
80 l Rieselbettreaktor

2017- 2023



Großtechnikum,
10 m³ Rieselbettreaktor, TRL 5/6
(Versuchsaufbau Prototyp in Einsatzumgebung)



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



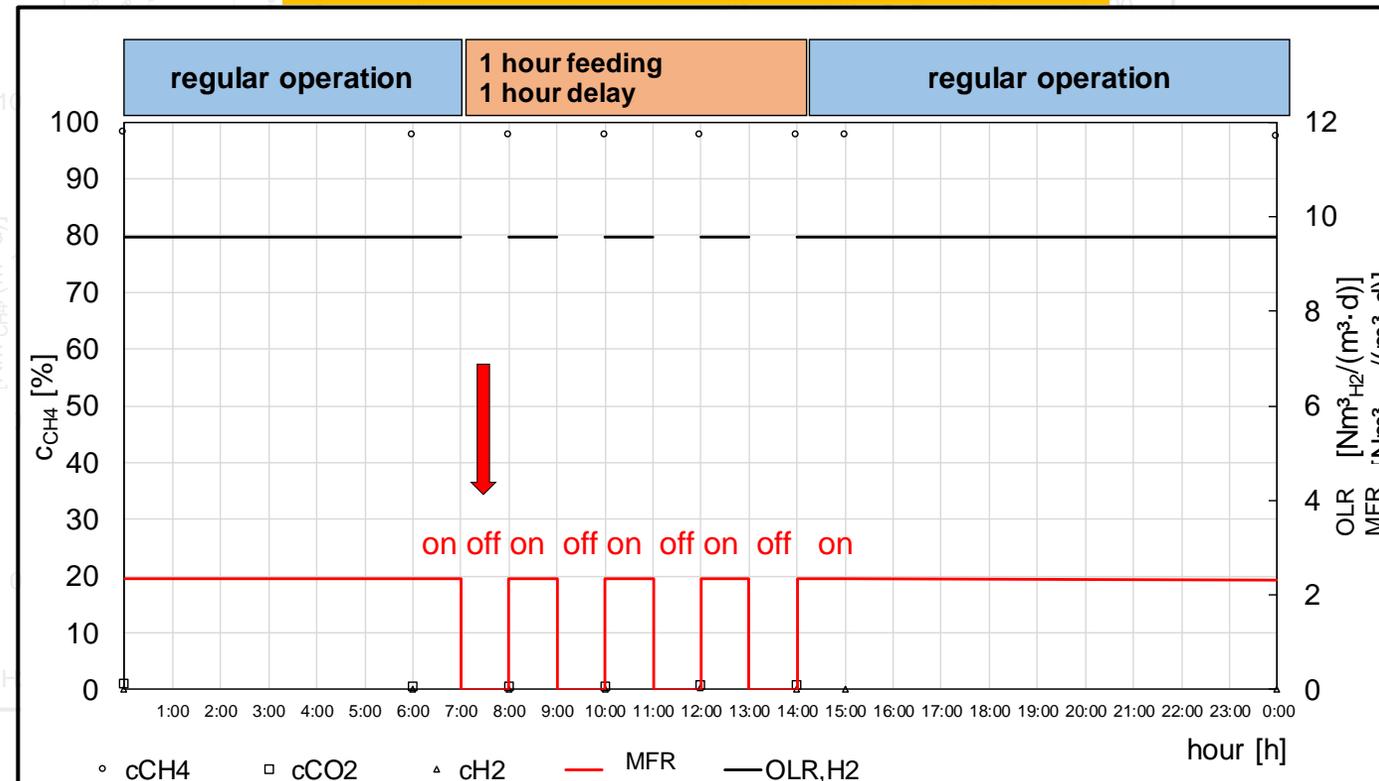
F&E – Ergebnisse und Erfahrungen

Methananreicherung und Qualität

Produktivität

Langzeitstabilität

bedarfsorientierte Prozesssteuerung



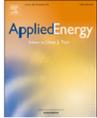
Patente, Preise und Publikationen

Applied Energy 240 (2019) 818–826

Contents lists available at ScienceDirect

Applied Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy

Long term and demand-oriented concentrated methane in a tri

Marko Burkhardt^{a,*}, Isabel Jordan^a, S
Günter Busch^b

^a Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg, Facu
^b INBIA GmbH, Am Großen Spreewehr 6, 03044 Cottbus, German

HIGHLIGHTS

- The biological methanation was observed in a conti
- High product gas quality at $c_{CH_4} = 96.6\%$ at MFR
- After interruption and restart of input feeding, the
- Inner pressure of $p_{max} = 5$ bar results in a MFR of 5.
- Ex-situ methane enrichment of $c_{CH_4} = 50\%$ to c_{CH_4}

ARTICLE INFO

Keywords: The
Biocatalytic methanation flex
Methane enrichment cou

Applied Energy 111 (2013) 74–79

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Applied Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy




Methanation of hydrogen and carbon dioxide

Marko Burkhardt^a, Günter Busch

Faculty of Environmental Science and Process Engineering, Brandenburg University of Technol
Cottbus, Germany

HIGHLIGHTS

- The biologic methanation of exclusively gases like hydrogen and carbon dioxide
- Electrical energy can be stored in the established gas grid by conversion to me
- The quality of produced biogas is very high ($c_{CH_4} = 98$ vol%).
- The conversion rate is depending on H_2 -flow rate.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Schlussbericht zum Verbundvorhaben

Thema: **WeMetBio**
Bedarfsgerechte Speicherung fluktuierender erneuerbarer (Wind-) Energie durch Integration der Biologischen Methanisierung im Rieselbettverfahren im Energieverbund in Schleswig-Holstein
Durchführbarkeitsstudie an den Standorten Schuby und Nordhackstedt

Zuwendungsempfänger:
Teilvorhaben 1: Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
Teilvorhaben 2: Hochschule Flensburg

Förderkennzeichen:
Teilvorhaben 1: 2219NR134
Teilvorhaben 2: 2219NR401

Laufzeit:
01.04.2020 bis 31.07.2021

Datum der Veröffentlichung:
13.12.2021

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. November 2014 (27.11.2014)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/187985 A1

WIPO | PCT

(51) Internationale Patentklassifikation:
C12M 1/107 (2006.01) *C12M 1/12* (2006.01)
C12M 1/09 (2006.01) *C12M 1/34* (2006.01)

(74) Anwalt: MÜLLER & SCHUBERT
PATENTANWÄLTE; Schillerstraße 37, 10629 Berlin (DE)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/060721

(22) Internationales Anmeldedatum: 23. Mai 2014 (23.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 10 2013 209 734.4 24. Mai 2013 (24.05.2013) DE

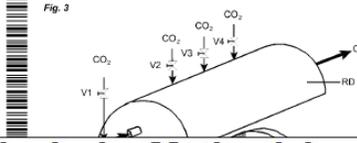
(71) Anmelder: BRANDENBURGISCHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT COTTBUS-SENFTENBERG (DE/DE); Kanzler Wolfgang Schröder, Postfach 10 13 44, 03013 Cottbus (DE); GICON-GROSSMANN INGENIEUR CONSULT GMBH (DE/DE); Tiergartenstr. 48, 01219 Dresden (DE)

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BI, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR GAS METHANATION USING SPRINKLE BIOREACTORS
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG FÜR DIE METHANISIERUNG VON GASEN MITTELS RIESELBETTREAKTOREN

(57) Abstract: The invention relates to a method for gas methanation using sprinkle bioreactors, as well as to a device for carrying out said method. The invention describes a method for methanating gaseous substrates in which the following steps are carried out: a) providing a reactor, filled with culture beds, with methane-forming micro-organisms that are immobilised on the surface of said culture beds; b) sprinkling the culture beds that have the methane-forming micro-organisms immobilised thereupon, with a process liquid; c) supplying a mixture of gaseous substrates to the reactor; the mix ratio of the

Fig. 3



Biologische Methanisierung im Rieselbettverfahren

– Leistungs- und Flexibilitätsnachweis im Technikumsmaßstab

Die Power-to-Gas-Technologie ermöglicht es, überschüssigen Strom aus erneuerbaren Energiequellen langfristig speicherbar zu machen. Die Umwandlung von Wasserstoff in das energiereichere Methan kann dabei z. B. durch die sogenannte biologische Methanisierung geschehen, bei der hochspezialisierten Mikroorganismen (Archaeen) zum Einsatz kommen. Im Rahmen eines Vorhabens haben Forscher der BTU Cottbus-Senftenberg in Zusammenarbeit mit Ingenieuren der GICON GmbH mithilfe eines Reaktors im Technikumsmaßstab nun nachgewiesen, dass die biologische Methanisierung im Rieselbettverfahren größtmöglich ist.

von: Dr.-Ing. Marko Burkhardt, Dr.-Ing. Jeannette Buschmann-Kosel (beide: Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg), Michael Tietze & Dr.-Ing. Hagen Hilse (beide: GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH)

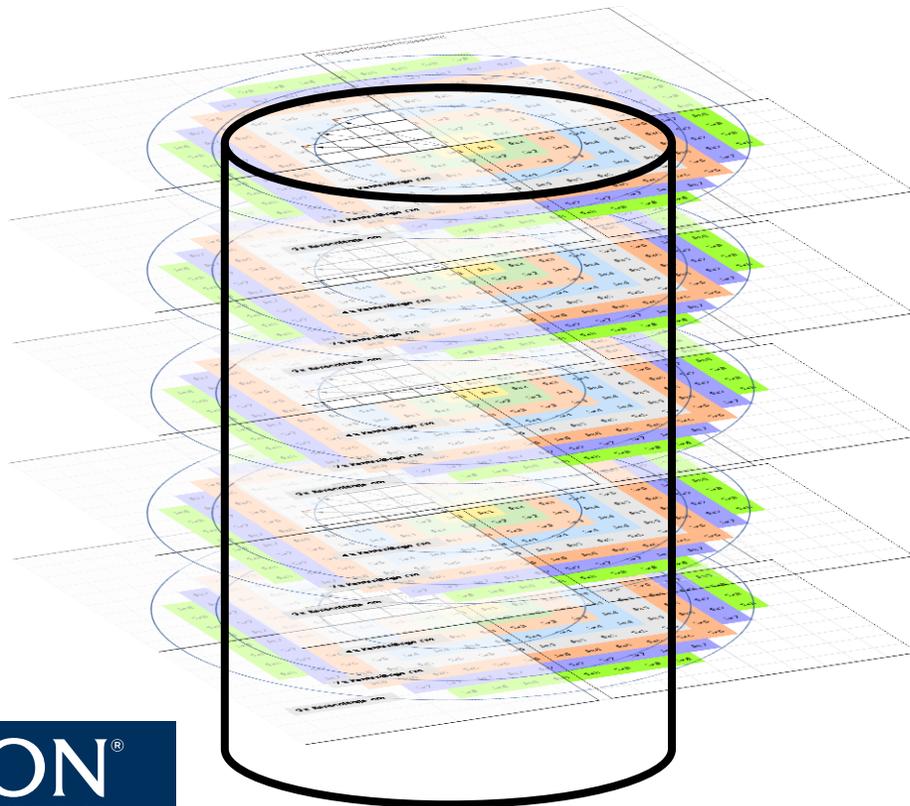
Burkhardt et al.
2012, 2013, 2017, 2019, 2021
Tietze et al. 2021

DE 10 2011 051 836.A1
DE 10 2013 209 734.A1
EP 14731164.1
DE 10 2023 112 234.7

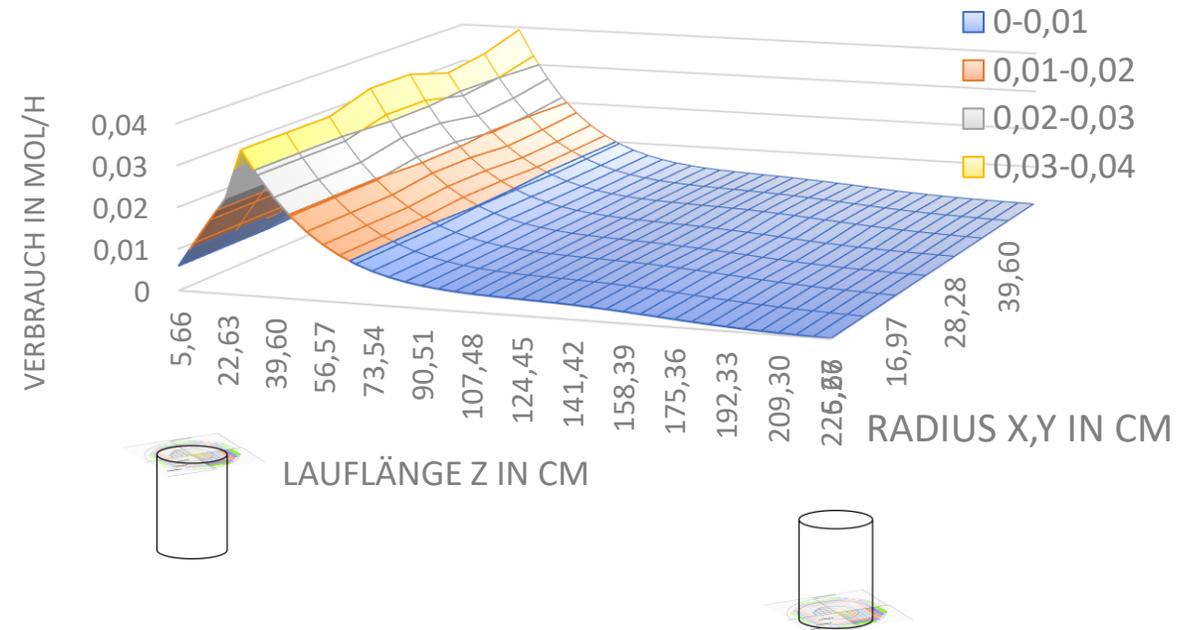
Modellierung Stoffumsatz und Wärmeverteilung

Ansatz: radial-symmetrische Verteilungsphänomene

(Berücksichtigung Verdampfung/Kondensation, Verweilzeit, Volumenreduktion, Partialdrücke, Temperatur)



Wasserstoffumsatz Profilansicht



Basis für Anlagendimensionierung und Anlagenplanung

Agenda

1. Herausforderung, Einordnung und Motivation
2. Biologische Methanisierung im GICON[®]Rieselbettverfahren
3. F&E
4. **Technologietransfer per WeMetBio2**
5. ökonomische und ökologische Bewertung aktuelle Studien und Standorte

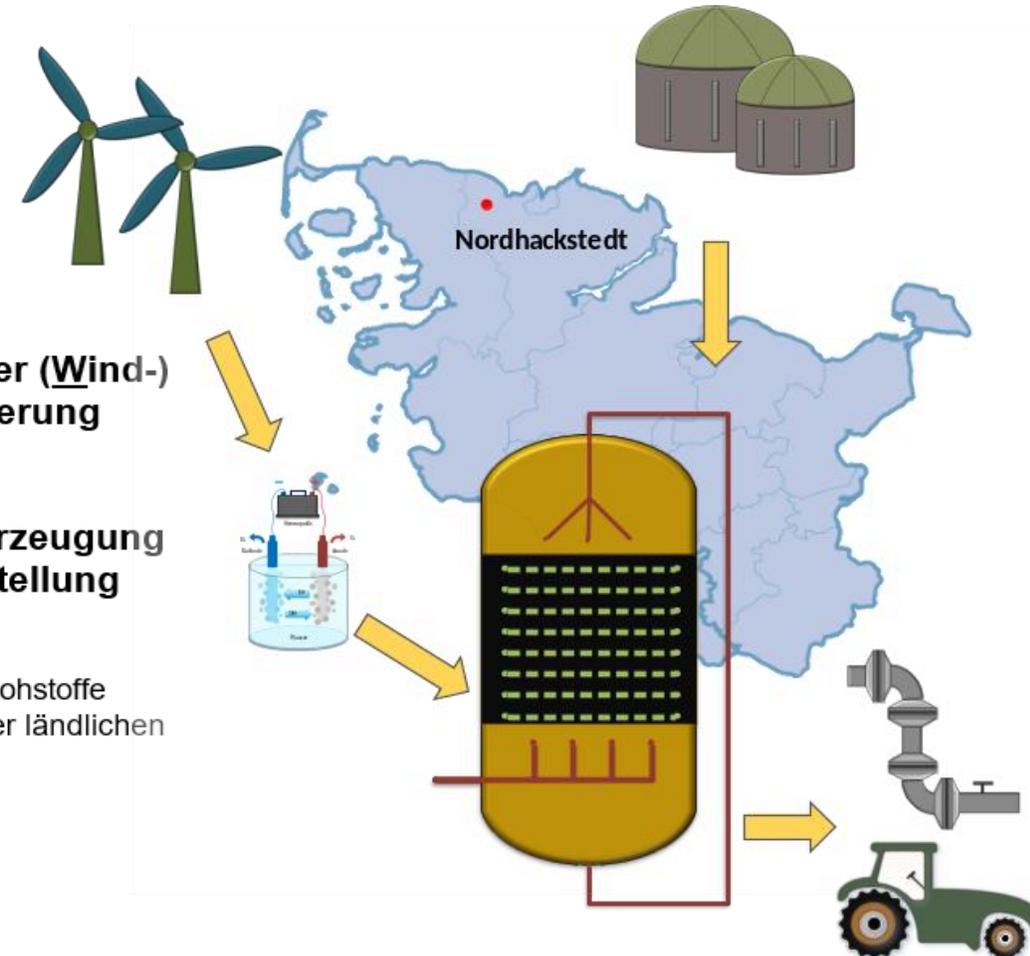
WeMetBio2

WeMetBio II

„Bedarfsgerechte Speicherung fluktuierender erneuerbarer (Wind-) Energie durch Integration der Biologischen Methanisierung im Rieselbettverfahren

Errichtung, Betrieb und Bewertung einer Pilotanlage zur Erzeugung grünen Erdgases unter CO₂-Bindung und Wärmebereitstellung in Nordhackstedt/Schleswig Holstein“

Projektantrag im Rahmen des BMEL Förderprogramm Nachhaltende Rohstoffe
„Pilotprojekte zur Erprobung bioenergiebasierter Lösungen als Baustein der ländlichen Energieversorgung“



Projektpartner

Nissen Biogas

Nissen Biogas GmbH & Co. KG

WeMetBio2



GICON[®]
Großmann Ingenieur Consult GmbH



Prof. (i.R.) Günter Busch

Projektbudget

2,7 Mio €

0,7 Mio € Eigenanteil

Projektlaufzeit

08.2024 – 07.2027



WeMetBio2

- Biogasanlage 900 kW_{el},
(Gülle, Biomasse)
- Photovoltaik
- Windkraftanlagen (0,6+1,5 MW_{el})
- **add on der biol. Methanisierung:**
- Berücksichtigung der verfügbaren erneuerbaren Energie
- Versorgung mit grünen H₂ und Biogas
- Erdgaseinspeisung und BioCNG für Traktoren

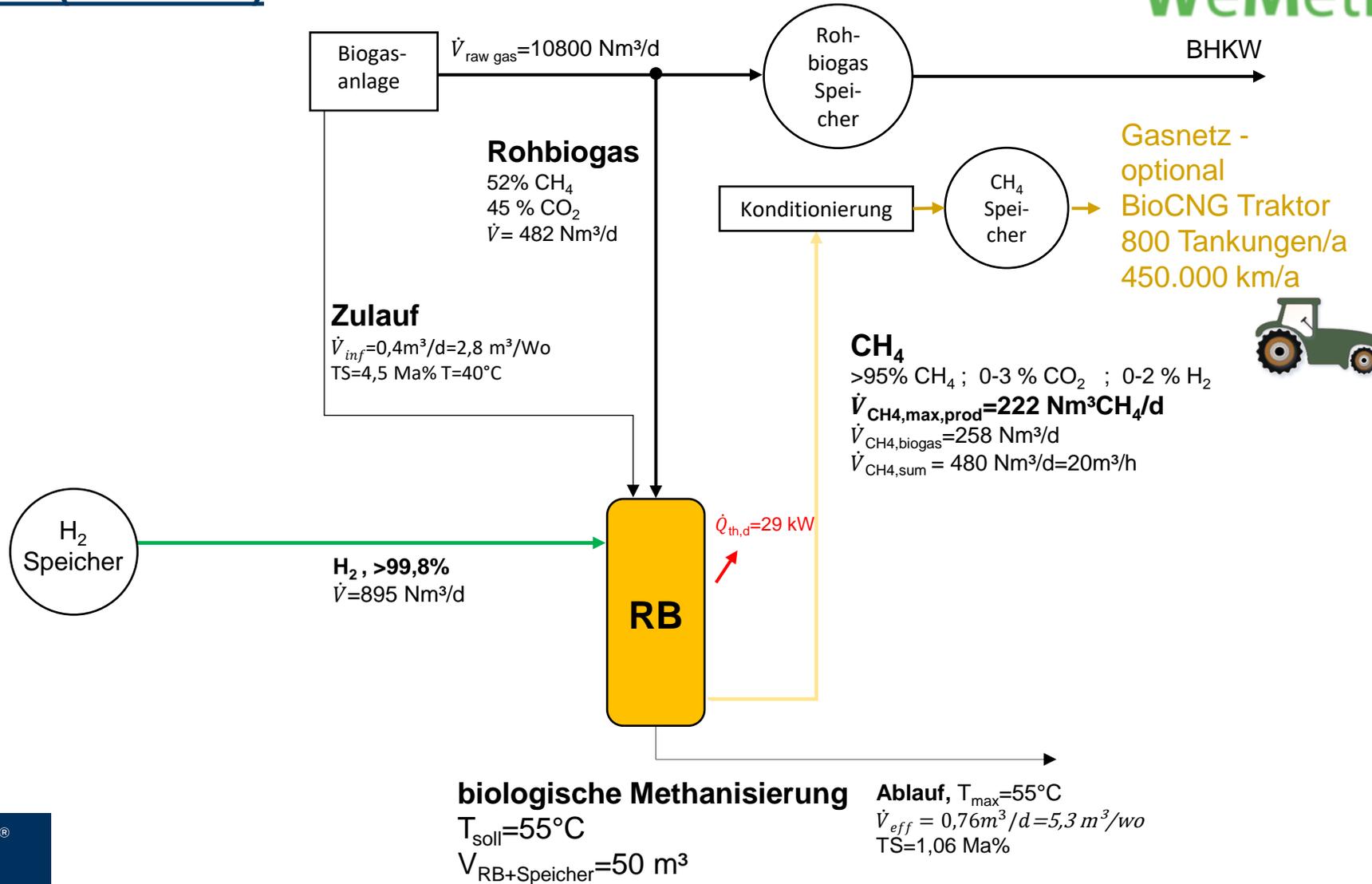
Demonstrationsanlage

$$V_{RB} = 50 \text{ m}^3$$

$$Q_{\max} = 20 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{h}$$

WeMetBio 2 (2024-2027)

WeMetBio2





WeMetBio2

Projektwebpage
wemetbio2.de



GICON®Rieselbettverfahren
youtube.com/watch?v=F5dzFjbB6lc

Methanisierung
gicon.de/methanisierung



Agenda

1. Herausforderung, Einordnung und Motivation
2. Biologische Methanisierung im GICON[®]Rieselbettverfahren
3. F&E
4. **Technologietransfer per WeMetBio2**
5. ökonomische und ökologische Bewertung aktuelle Studien und Standorte

-  **Technologie**
-  **Wirtschaftlichkeit**

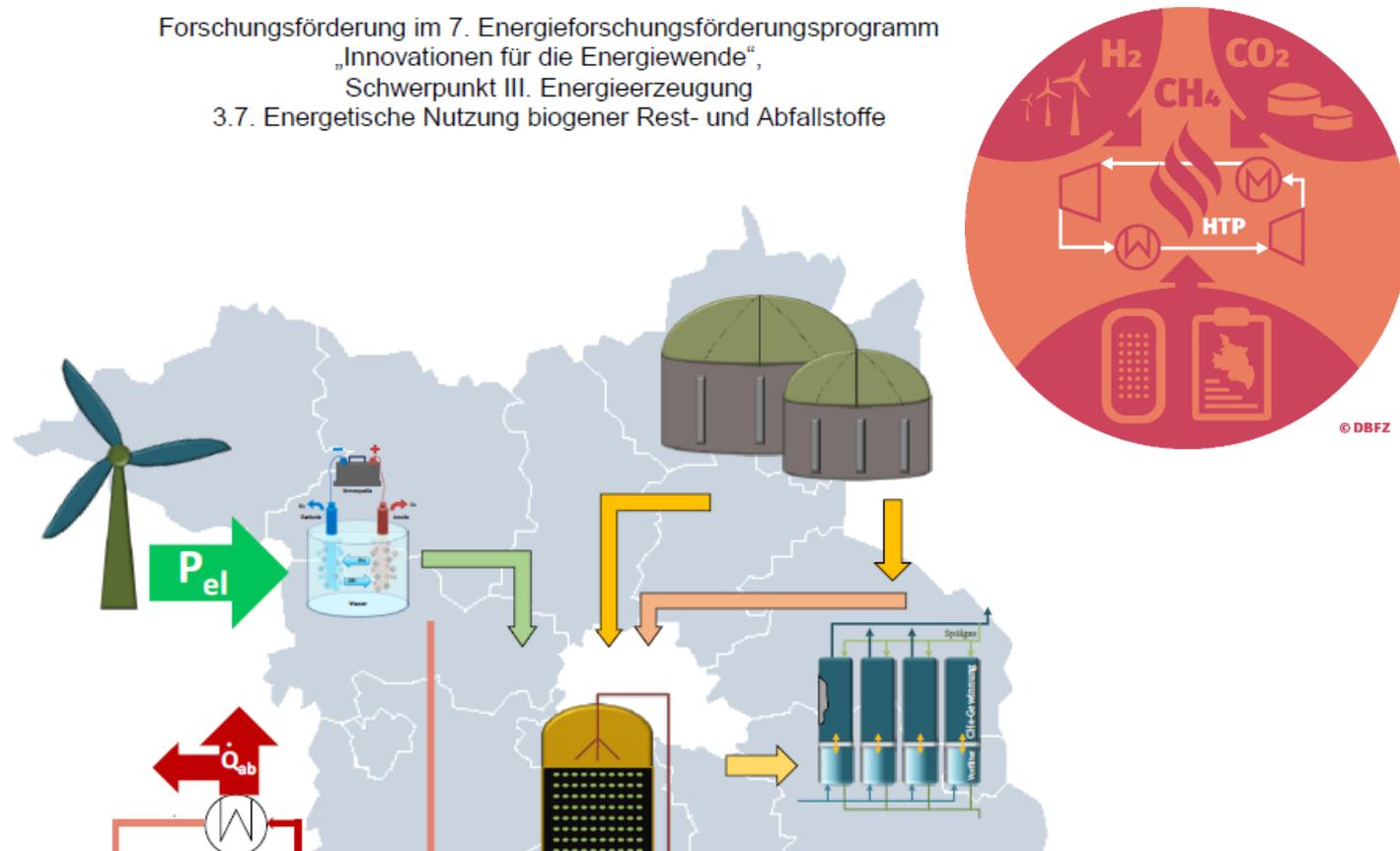
→ **Laufende Machbarkeitsstudien, Projekte**
→ **lokale Randbedingungen**

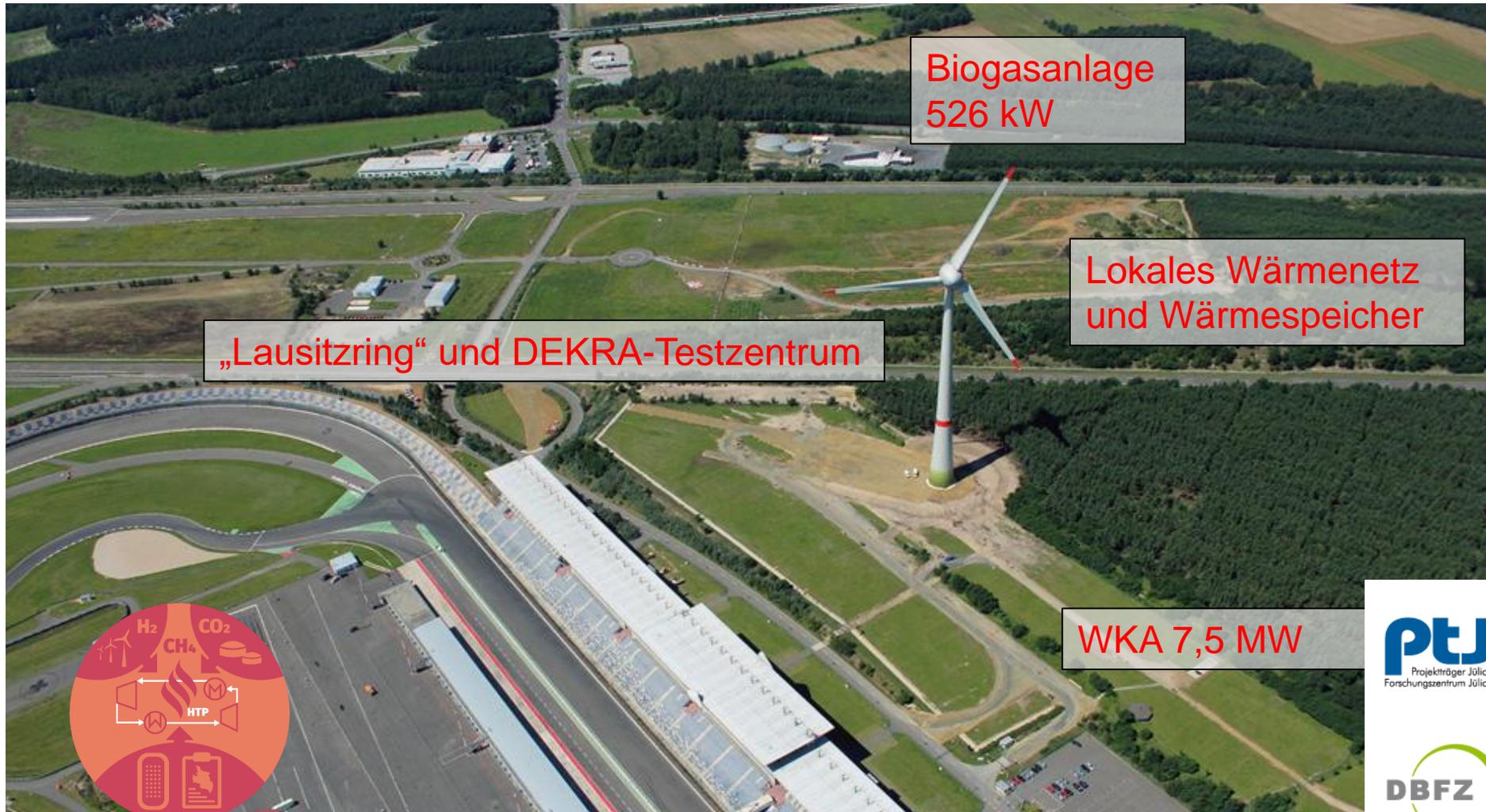
Verbundvorhaben: RB-HTWP

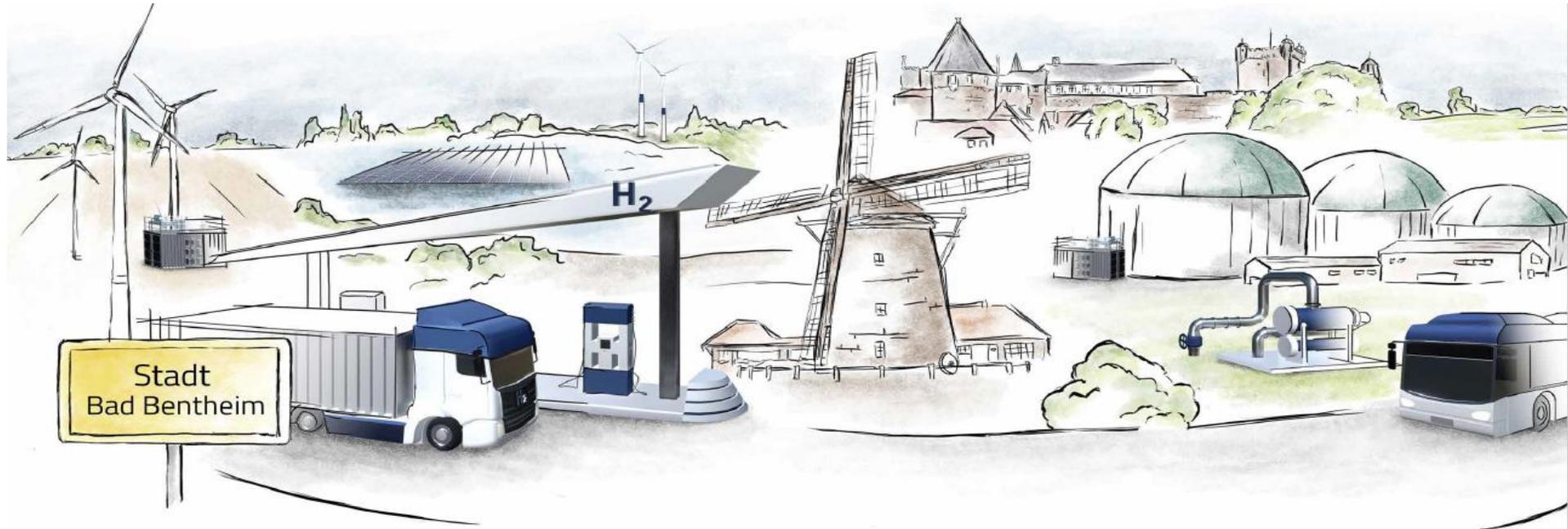
Qualifizierung der Biomethanisierung im Rieselbettverfahren zur Nutzbarmachung fluktuierender regenerativer Energien, CO₂-Nutzung und Wärmeversorgung am Standort Klettwitz/Lausitz

Forschungsförderung im 7. Energieforschungsförderungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“, Schwerpunkt III. Energieerzeugung 3.7. Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe

RB-HTWP (2023-2025)

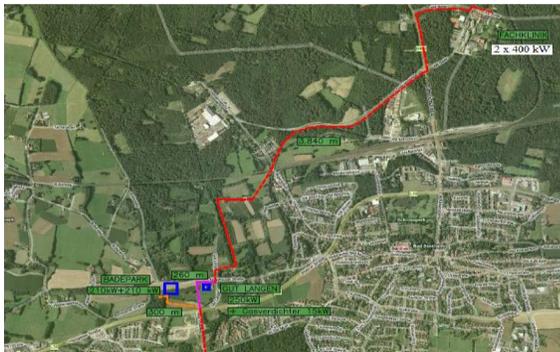






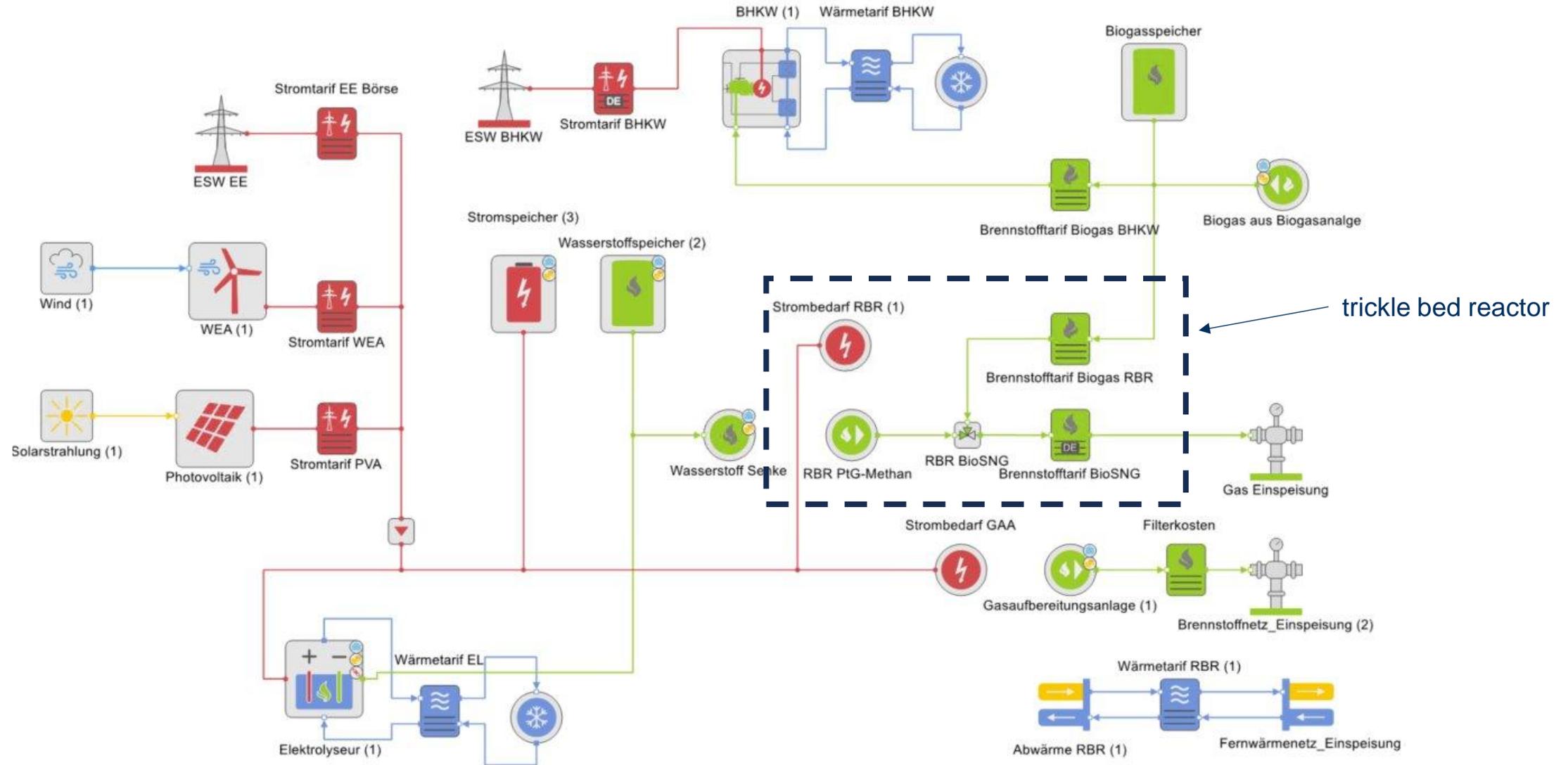
Die Vision 2030 – klimaneutrales Bad Bentheim bis 2035

Optionen der Wasserstoffproduktion und der Wasserstoffanwendungen



How to build a simulation model?

Example of Model structure of energy system including trickle bed reactor



Wirtschaftlichkeitsberechnung

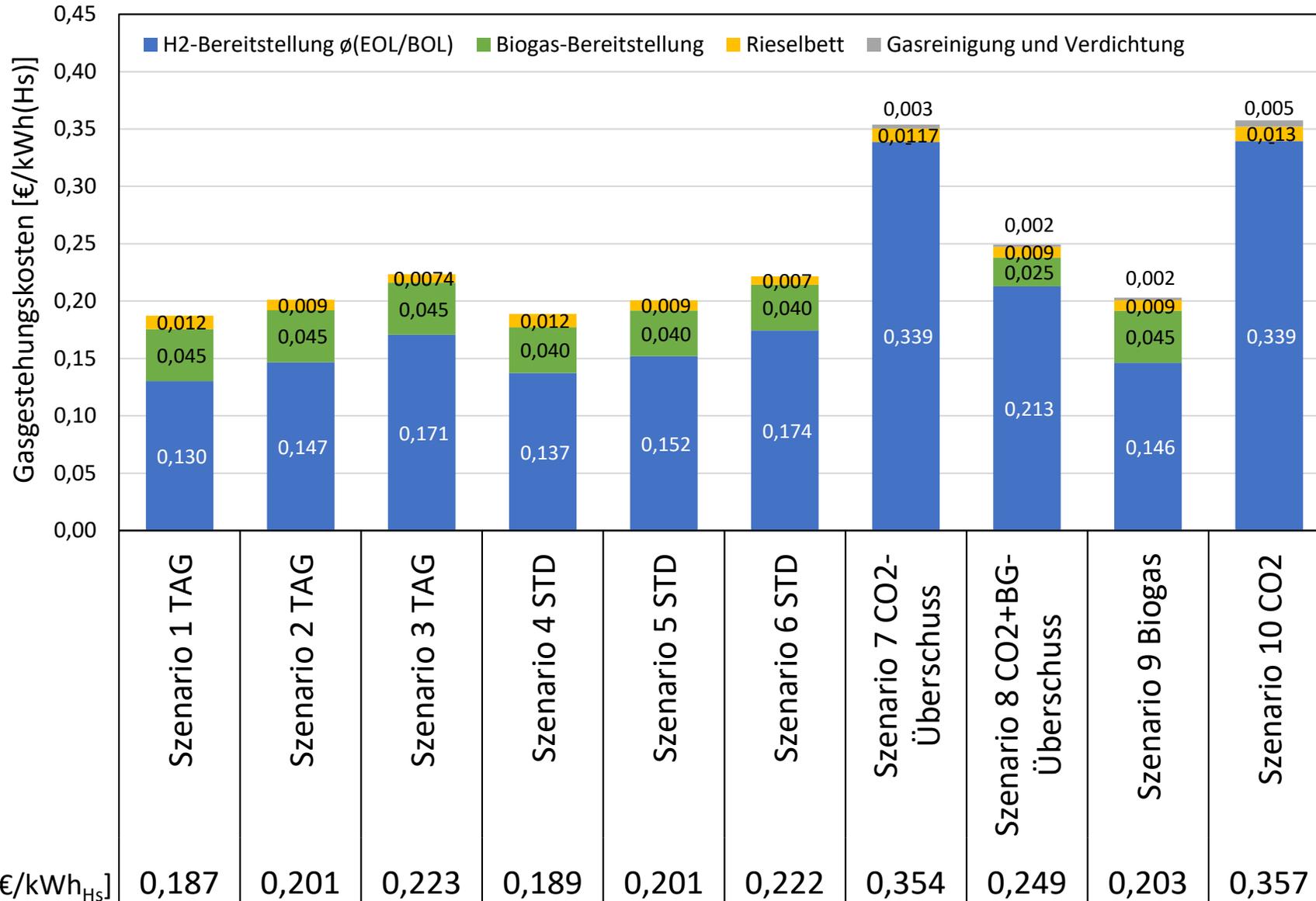
- **ROI=f(...)**
 - Volllaststunden
 - Prozessdynamik
 - CO₂-Quelle

- **Kosten**
 - Preis Biogas, weitere CO₂ -Quelle
 - Strompreis (zero – negativ – positiv ?)

- **Erlöse**
 - Wärmeverkauf (?),
 - Verkaufspreis Methan
 - Teilnahme am THG-Zertifikatehandel, Referenzjahr,
 - CO₂-Reduktionspotential, CO₂-preis, Multiplikationsfaktor
 - abhängig vom Verwertungspfad
 - Finanzierungsmodell (Dauer, Zins, CapEx)

Wirtschaftlichkeitsrechnung - Szenario 1 - 3.000 VLS - Tag			
Zusammenfassung des Szenarios			
Elektrolyseur			
Volllaststunden ELY	3.000	[h / Jahr]	
Stromkosten	6	[ct / kWh]	
Zins	5%		
Betrachtungszeitraum	20	[Jahre]	
Angaben zu CapEx und OpEx - ELY			
Hardware			
Investition (spezifisch) - Szenario	5 MW	Auswahl	
Investition (spezifisch)	1.894	[€ / kW _{el}]	
Nutzbarkeit des Stacks	80.000	[VLS]	
Dauer der Nutzbarkeit	20	[Jahre]	
Reinvestitionsfaktor	0,4		
Wartung	3,0%	[% der CapEx / Jahr / Elektro]	
Versicherung der Hardware	0,5%	[% der CapEx / Jahr / Elektro]	
Personalkosten	20.000	[€ / Jahr]	
Kosten für Hardware	8.245.030 €		
Summe OpEx Elektrolyseur Hardware	473.477 €	p.a. - inkl. Rückstellungen für	
Strom - Netzanschluss			
Invest Netzanschluss berücksichtigen?	Nein	Auswahl	
Netzanschlusskapazität	4.310	[kW]	
Baukostenzuschuss	21	[€ / kW]	
Anschlusskostenbeitrag	50.000	[€]	
Kundenstation	150.000	[€]	
Material & Einbringung Kabel	25.000	[€]	
Strombezugskosten			
Strombedarf BOL	12.252	[MWh / Jahr]	
Strombedarf EOL	15.411	[MWh / Jahr]	
Mittlerer Strombedarf ELY	13.832	[MWh / Jahr]	
Strombedarf	Strombedarf ELY ø BOL/EOL		
Eigenenergie Nichtbetrieb	154	[MWh / Jahr]	
Verluste durch Ineffizienz des Trafos	1,5%		
Verluste durch Ineffizienz des Elektrolyseurs	0,0%		
Summe OpEx	851.603 €	p.a.	
Wasserbezugskosten			
Wasserbedarf	3.601.544	[Liter / Jahr]	
Wasserkosten je Liter	0,020	[€ / Liter]	
Summe OpEx	72.031 €	p.a.	
H2-Speicher			
Invest H2-Speicher berücksichtigen?	Nein	Auswahl	
Speichervolumen	-	[kWh]	
Investition (spezifisch)	40	[€ / kWh]	
Summe CapEx	€		
Bewertung der Nebenprodukte			
O ₂ -Volumenstrom		[m ³ / Jahr]	
O ₂ -Verkaufspreis	-	[€ / kg]	
O ₂ -Erlös	-	p.a.	
Wärmestrom ELY BOL	2.573	[MWh / a]	
Wärmestrom ELY EOL			
Mittlerer Wärmestrom ELY			
Wärmestrom ELY	Wärmefreisetzung EL		
Wärmemenge			
Wärmepreis		[€ / kWh]	
Wärme-Erlös	160.615 €	p.a.	

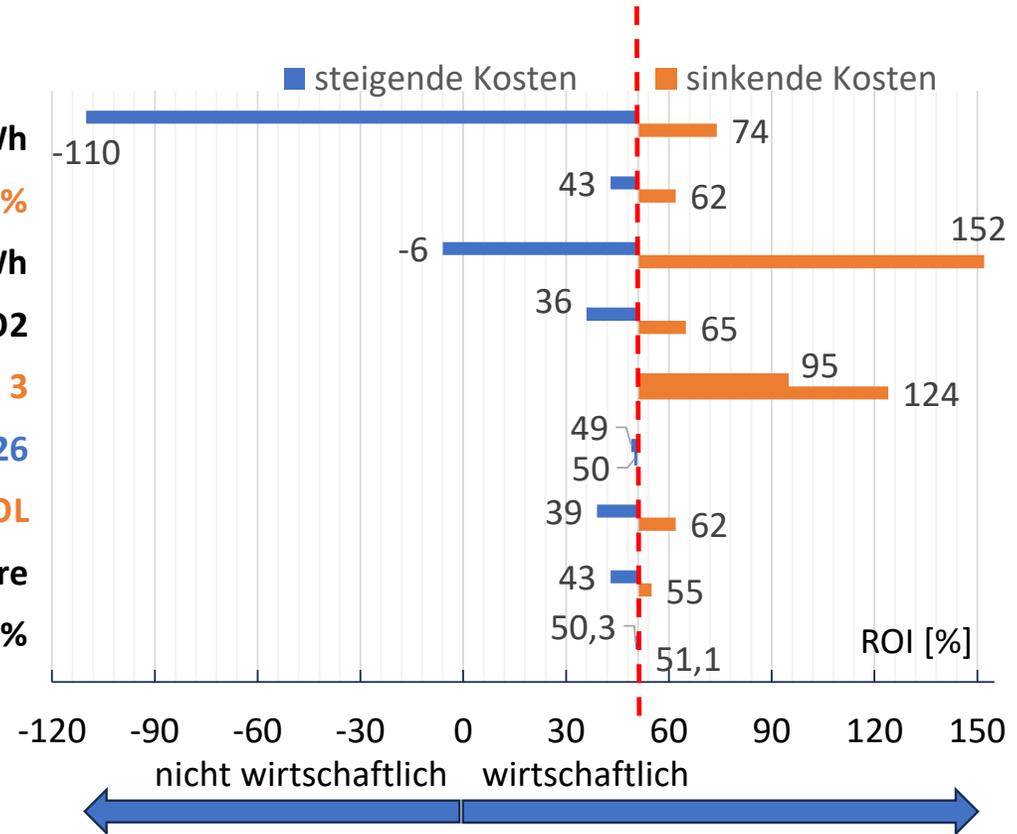
ROI - tool



Wirtschaftlichkeit - Sensitivitätsanalyse

Basisansatz

- Verkaufspreis BioSNG **22 Ct/kWh (net): -14/+2 Ct/kWh**
- CapEX BM €/m³: **+20%/-20%**
- Stromgestehungskosten **9 Ct/kWh: +5/-9 Ct/kWh**
- THG-Quotenpreis **50€/tCO₂: -50/+50 €/tCO₂**
- THG-Anrechenfaktor **1: 2 or 3**
- THG - Betrachtungsjahr **2024: 2028 or 2026**
- Strombedarf, Wärmefreisetzung **∅ EOL/BOL: EOL or BOL**
- Betrachtungszeitraum **20 Jahre: -5/+5 Jahre**
- zins **5%: +2/-2%**



Σ **Wirtschaftlichkeit hängt ab vom lokalen Szenario und Randbedingungen**

Biologische Methanisierung zur Speicherung fluktuierender erneuerbarer Energie in Nordhackstedt, Schleswig-Holstein



Projektziele:

- Biologischen Methanisierung im Pilotmaßstab
- Speicherung erneuerbarer Energie und CO₂-Nutzung
- Versorgung mit E-Methan und grüner Wärme
- Perspektive für Post-EEG-Biogasanlagen

Credits

Oliver Horn
Oliver Viertmann
Christopher Gloßner
Christian Schreck
Michael Tietze
Falko Niebling
Regine Nickel
Ulrich Klopsch
Heike Bischof
Dr. Jeannette Buschmann-Kosel
Dirk Nissen
Bernd Nissen
Sönke Lorenzen
Martin Szeimis
Prof. Wiktorja Vith
Dr. Hagen Hilse
Prof. Günter Busch
viele Studierende

Dr.-Ing. habil. Marko Burkhardt

Am Großen Spreeweher 6
03046 Cottbus

T: +49 355 494967 15

M: +49 151 5383 7220

E: m.burkhardt@gicon.de
burkhardt@b-tu.de

I: www.gicon.de

¹ Elhaus, N., Treiber, P., Karl, J.: Kurzstudie Biogas im künftigen Energiesystem - Potential und Wirtschaftlichkeit der Besicherung von Wind und Photovoltaik durch die Flexibilisierung von Biogasanlagen, 24.09.2024, FAU; Empfehlung Fachverband Biogas

² <https://www.klimareporter.de/technik/ist-das-wasserstoffkernnetz-zu-gross-oder-zu-klein>