

Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BioH2Ref - Dezentrale Wasserstoffaufbereitung von Biogas durch Dampfreformierung

Müller-Noell, M.; Wünning, C.; Gradel, A.
BtX energy GmbH

Statuskonferenz Bioenergie, Leipzig, 21.11.25

Agenda



Wer sind wir?



Technologie und Zahlen



Projektüberblick BioH₂Ref



Gesetzgebung und Regulatorik



Ausblick und Verwertung

Wer sind wir?



WS FLOX®
REFORMER

 **eflox**

BtX
energy

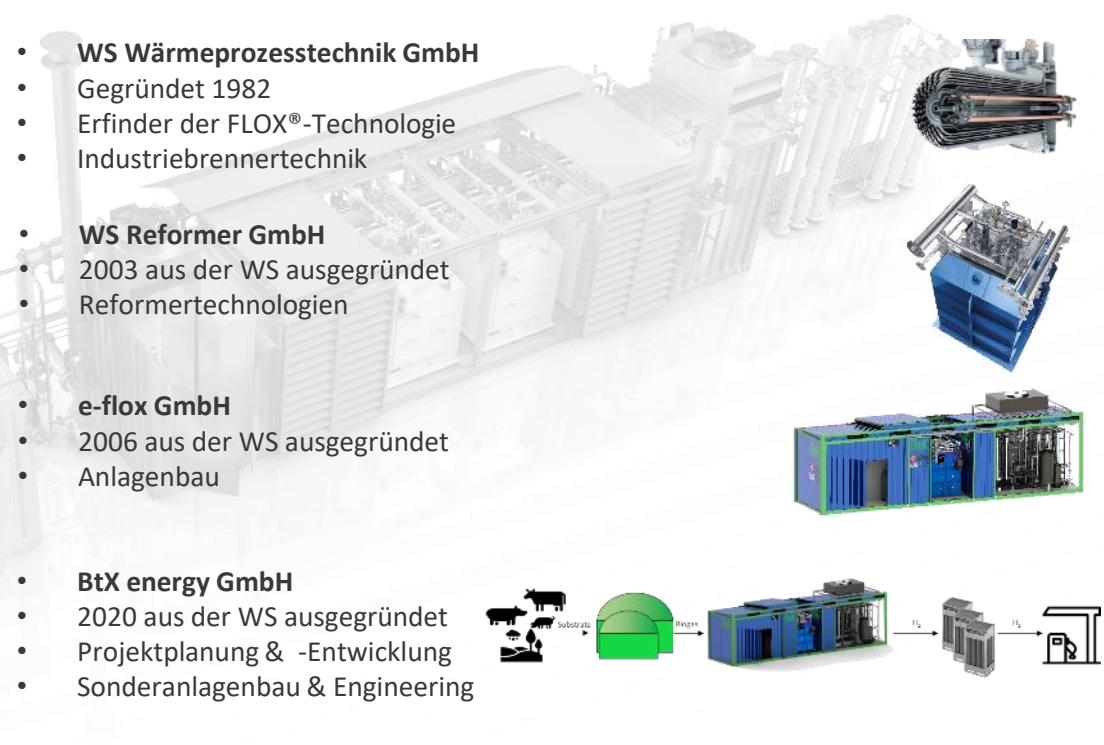


- **WS Wärme prozesstechnik GmbH**
Gegründet 1982
Erfinder der FLOX®-Technologie
Industriebrennertechnik

- **WS Reformer GmbH**
2003 aus der WS ausgegründet
Reformertechnologien

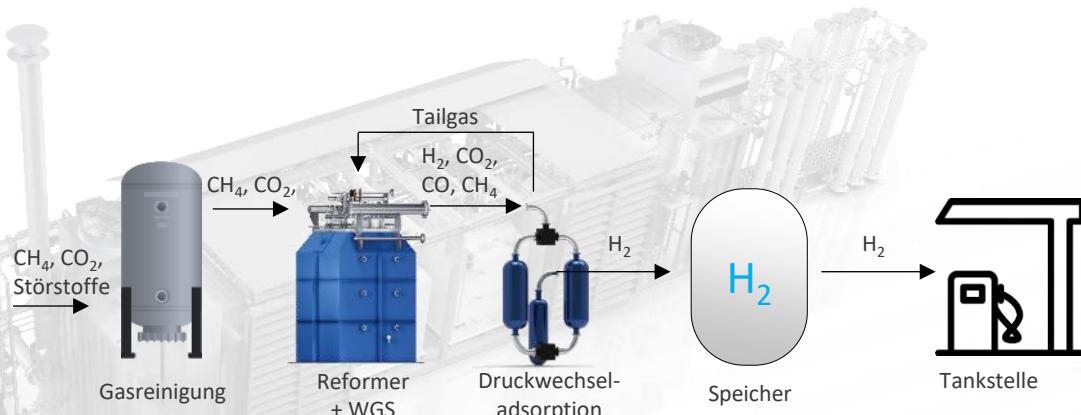
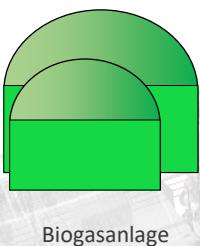
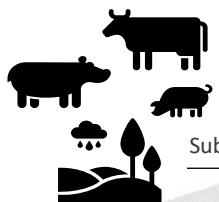
- **e-flox GmbH**
2006 aus der WS ausgegründet
Anlagenbau

- **BtX energy GmbH**
2020 aus der WS ausgegründet
Projektplanung & -Entwicklung
Sonderanlagenbau & Engineering



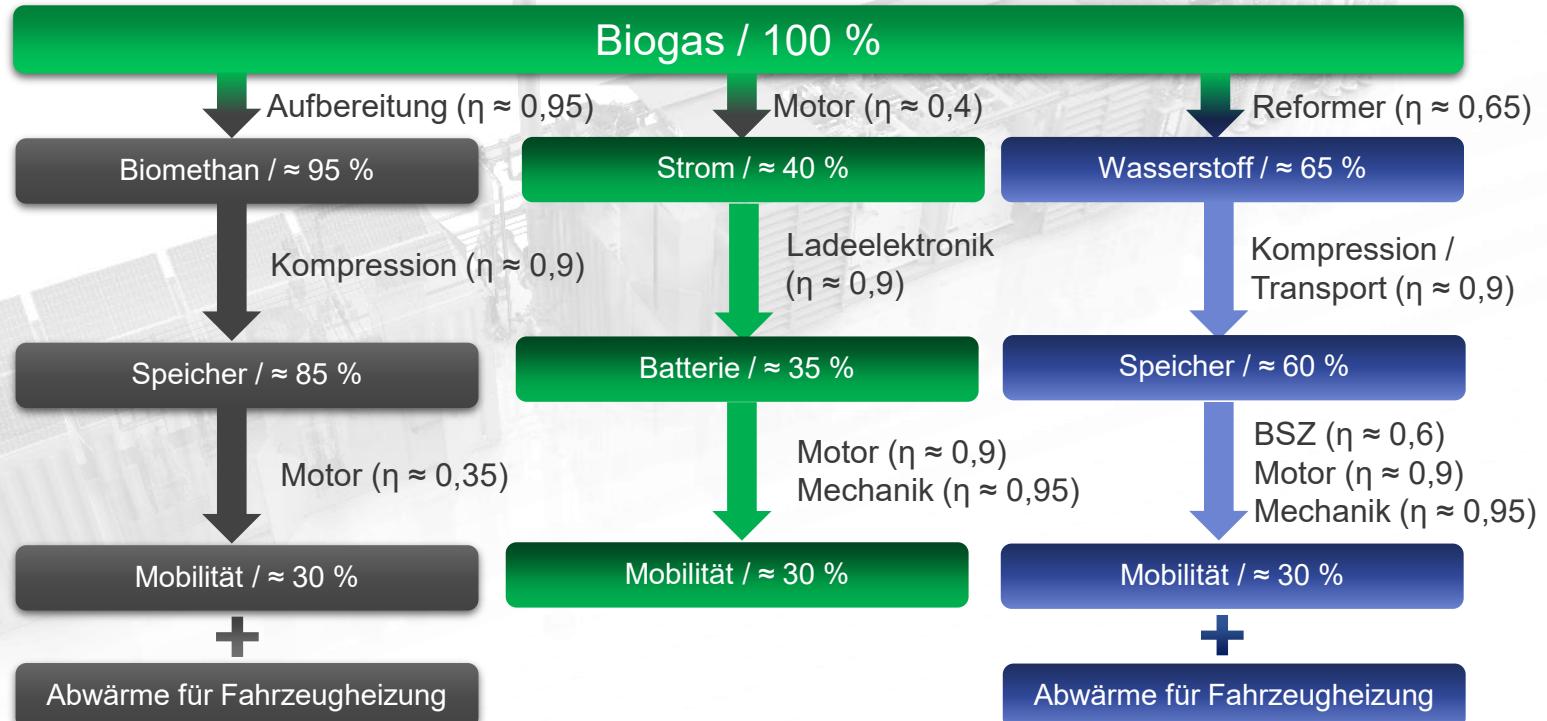
Technologie und Zahlen

Der BtX-Prozess



Technologie und Zahlen

Wirkungsgrad (am Beispiel der Mobilität)



Technologie und Zahlen

Treibhausgasminderung durch Biogasreformierung



100 % Mais, CO₂-neutral

Feldemissionen, Transport,
Anlagenschlupf, Gärrestlager

Biogas: 30 g_{CO₂}/MJ

Dampfreformierung

Wasserstoff: 5.1 kg_{CO₂}/kg_{H₂}

49 % THG-Minderung gegenüber
Erdgasreformierung

100 % Gülle, CO₂-negativ

CH₄-Einsparung gegenüber
Düngung

Biogas: -100 g_{CO₂}/MJ

Dampfreformierung

Wasserstoff: -17,1 kg_{CO₂}/kg_{H₂}

271 % THG-Minderung gegenüber
Erdgasreformierung

Projektüberblick BioH2Ref

Partner und Teilprojekte



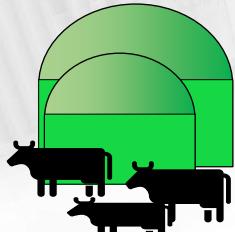
BtX energy GmbH

Aufstellung und Versuchsbetrieb einer Pilotanlage



Institut für Ofenbau und Wärmetechnik der RWTH Aachen

Prozessanalyse und Treibhausgas- /Ökobilanzierung der Wasserstoffaufbereitung

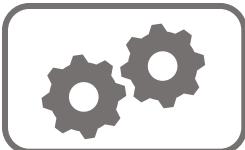
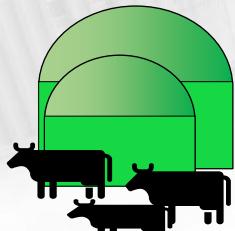


Werner Schleupen Stromerzeugung

Bereitstellung von Biogas und Überwachung des Versuchsbetriebes der Pilotanlage

Projektüberblick BioH2Ref

Wesentliche Inhalte in den drei Projektjahren



Vorbereitung und
Aufbau der
Pilotanlage

Messkonzepterstel-
lung Beschaffung,
Integration

Vorbereitung des
Standortes



Inbetriebnahme
und Kurzzeit-
versuche

Inbetriebnahme
und Auswertung
Interpretation

Gaserzeugung,
Versuchsbetrieb
und
Datenaufnahme

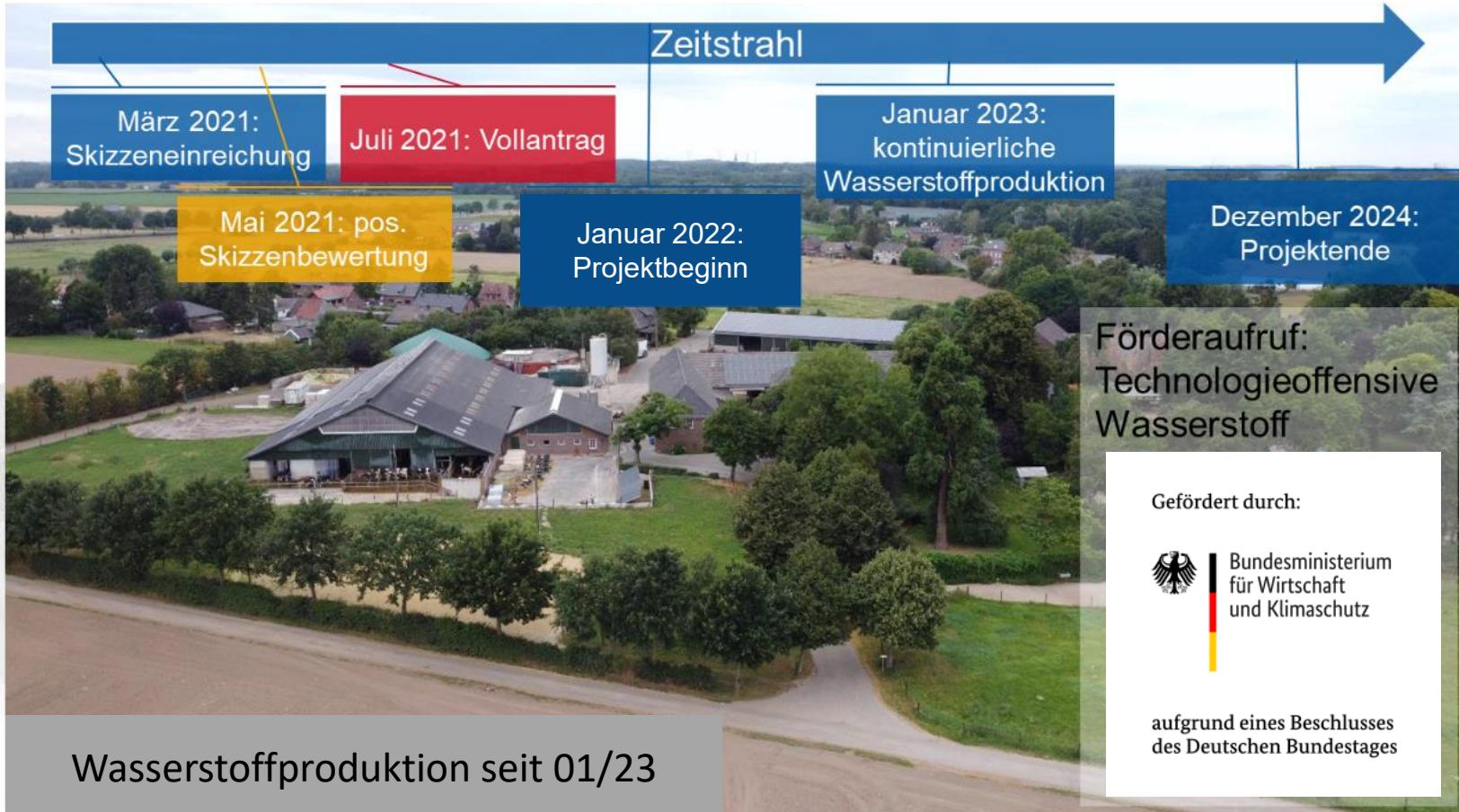


Optimierungen
und Langzeit-
versuche

Maßnahmen-
ableitung und
THG-Bewertung

Gaserzeugung,
Versuchsbetrieb
und
Datenaufnahme

Projektüberblick BioH2Ref



Projektüberblick BioH2Ref

Einblicke – Inbetriebnahme in Hemmingen aufgrund der ausstehenden Baugenehmigung



Projektüberblick BioH2Ref

Einblicke – Abtransport und Installation in Krefeld



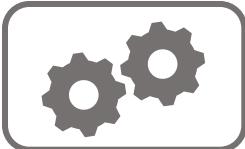
Herausforderungen und Lösungen

Herausforderung	Lösungsweg
Baugenehmigung noch nicht erteilt	Zwischenstandort für Inbetriebnahme genutzt
Messtechnik von Anlage und RWTH nicht fein genug	Miete von externer Messtechnik (hier GC von EMCEL)
Tech. Herausforderungen <ul style="list-style-type: none">• Druckverluste zu hoch• Brenner(-gas) zu schwach• Shiftreaktion zu langsam• ...	<ul style="list-style-type: none">• Optimierung der Wärmetauscher und Düsen• Überarbeitung der Brenngaszufuhr (Druckregelung)• Optimierung von Temperaturen- und Bett, Auslegung und Nachrüstung einer zweiten Stufe
Rahmenbedingungen noch unklar für den Markteintritt (von elementarer Bedeutung für Verwertungsplan)	Direkter Austausch mit dem BMUV und Abgeordneten, Begleitung der Definition als „fortschrittlicher Biokraftstoff“

Projektüberblick BioH2Ref

Herausforderungen und Lösungen der besonderen Art

Herausforderung	Lösungsweg
Sichere und DSGVO-konforme Aufbewahrung von Messwerten	Schreibgeschütztes Smart-Logging in Echtzeit



Projektüberblick BioH2Ref

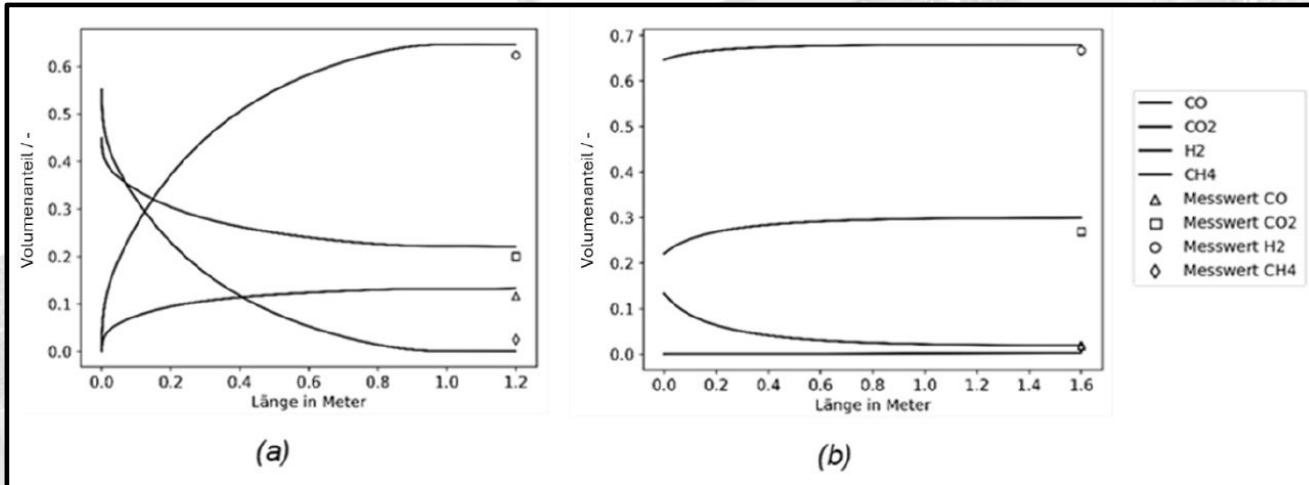
Stand zum Projektende



- Pilotanlage hat 10/22 erstmalig hochreinen Wasserstoff aus Biogas erzeugt
- Seit 11/22 installiert auf dem Lefkeshof in Krefeld (Fam. Schleupen)
- April 23 erstmalig mit über 60 % Wirkungsgrad produziert, seit 2024 unter Volllast
- Derzeit Umbau zur Abfüllstation für Flaschenbündel
- **Als erster grüner Wasserstoff Deutschlands am 28.03.24 nach REDcert zertifiziert**
- **Projekt ohne Arbeitsunfälle, größere techn. Störungen oder Zwischenfälle beendet**

Projektüberblick BioH2Ref - Ergebnisse

Validierung der im Projektverlauf erzeugten Modelle

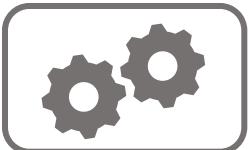


Abschlussbericht BioH2Ref, p. 29:

Vergleich zwischen Modellprognosen und Messergebnissen für a) Reformer, b) WGS-Reaktor

Projektüberblick BioH2Ref - Ergebnisse

H2-Beprobung 04.12.24



Analysenzertifikat		RWTH-DE-03	18.03.2025
Angebot / Projekt-Nr.	ZSW:	ANG-108203 / P-107962	
Bestellung Kunde:		Nr. 4700033109-173	
Behälter-ID (Fülldruck):		MTI714-13 / MTI719-48 / NG810 / NG877 / D220000 (10 bar)	
Probenbeschreibung / Ursprung:		H2 / PN Kunde	
Datum Probennahme:		04.12.2024	
Datum Probeneingang:		09.12.2024	
Analysenzeitraum:		10.12.2024-18.03.2025	
Bearbeiter ZSW (Kürzel):		KP, KF, BF, EW	
Bestandteile	Messmethode	Grenzwert EN 17124:2022 in µmol/mol	Messwert ± Messunsicherheit* in µmol/mol
H ₂ O	Taupunktspiegel	5	1,8 ± 0,2
Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe	GC-FID	2	< 0,2
CH ₄	GC-PDHID	100	< 0,1
O ₂	GC-PDHID	5	< 0,5
He	GC-TCD	300	< 4
Ar	GC-PDHID	300	0,77 ± 0,14
N ₂	GC-PDHID	300	< 1
CO ₂	GC-PDHID	2	0,71 ± 0,10
CO	OFCEAS	0,2	< 0,01
Gesamt-Schwefelverbindungen	TD-GC-FPD	0,004	< 0,001
HCHO	OFCEAS	0,2	0,032 ± 0,01
HCOOH	OFCEAS	0,2	< 0,01
NH ₃	OFCEAS	0,1	< 0,01
Gesamt-Halogenverbindungen	GC-ECD	0,05	< 0,02
Summe CO/HCHO/HCOOH	berechnet	0,2	≤ 0,052
Summe der Verunreinigungen	Σ (quantifiziert)	300	≤ 9,17
Wasserstoff-Index	100 - Σ (quantifiziert)	99,970%	≥ 99,999%

* Unsicherheiten von Prüfgasen, Messgerät und Messreihe sind mit einem Erweiterungsfaktor von k=2 berücksichtigt.

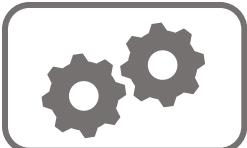
Alle Ergebnisse liegen innerhalb der Spezifikation.

Projektüberblick BioH2Ref - Ergebnisse

Zielerreichungen kompakt

- Aufbau einer Pilotanlage -> On point 12/22 abgeschlossen dank einem kleinen Trick (Zwischenstation)
- Versuchszeit -> Viele kleine Kinderkrankheiten durch technische Verbesserungen behoben
 - Wirkungsgrad von 45 auf 60 % gesteigert
 - Produktionsleistung von anfangs 50 auf 100 kg pro Tag gesteigert
 - Stromverbrauch gesenkt
- Rund 50 Vorträge und Zeitschriftenartikel
- Rund 50 Pressebeiträge
- Verwertung: Schleppend, da Förderkulisse zusammengebrochen ist, dennoch in Arbeit

Gesetzgebung und Regulatorik



Certificate

EU-REDcert-548-Z71089923

By means of an audit on **18.03.2024**, documented in a report

Normec Zertifizierung Umweltgutachter GmbH

Kapellenweg 8, 48683 Ahaus, Germany

confirms to

Btx energy GmbH

REDcert-ID: 4570

Am Lefkeshof 22, 47839 Krefeld

Latitude 51.3874162; longitude 6.5003028

the compliance with the requirements of the certification scheme

REDcert-EU

a scheme for demonstrating compliance with the sustainability criteria under the
Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council

This certificate serves as proof of compliance with the requirements of Directive
(EU) 2018/2001 for the following scope(s):
(420) Plant for the production of biogenic hydrogen / (502) supplier (dealer/ware-
house/logistic center - after the last interface)



Gesetzgebung und Regulatorik

- Nach CertifHy oder CMS70 (TÜV SÜD) als „GRÜN“ bzw. „Green Hydrogen“ zertifizierbar, wenn 70 % THG-Minderung erreicht werden
- EU-weit per RED II als Biotreibstoff für den Quotenhandel anerkannt
- In Deutschland seit 07/23 im Quotenhandel doppelt anerkannt (38. BlmSchV, §14 – Fortschrittliche Biokraftstoffe)
- Geltungsbereich für „Biowasserstoff“ von der BLE 01/24 erteilt
- **Somit jetzt per REDcert auch für den Quotenhandel zertifizierbar**



Ausblick und Verwertung

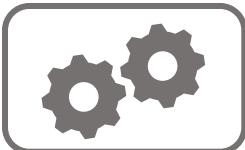
Projektverwertung: Erste 400 kg-Anlage derzeit im Bau



- 400 kg/d Nennleistung
- Reinheit nach DIN EN 17124:2018
- Ca. 55 – 60 % H₂-Wirkungsgrad
- Ca. 45 kW Strombedarf
- Max. 130 – 150 to H₂ pro Jahr

Ausblick und Verwertung

- Wasserstoff aus Biogas ist wirtschaftlich und in kommerziellem Rahmen herstellbar
- Wasserstoff aus Biogas wurde weit vor jeder Elektrolyse schon zertifiziert
- Wasserstoff aus Biogas hat bis jetzt die beste je zertifizierte Klimabilanz
- Wir danken dem BMWK und dem Projektträger Jülich für die Förderung und Betreuung und gehen nun über in die Verwertung!



Ausblick und Verwertung

Vielen Dank an alle Beteiligten!

...



...auch an die, die es erst wurden!



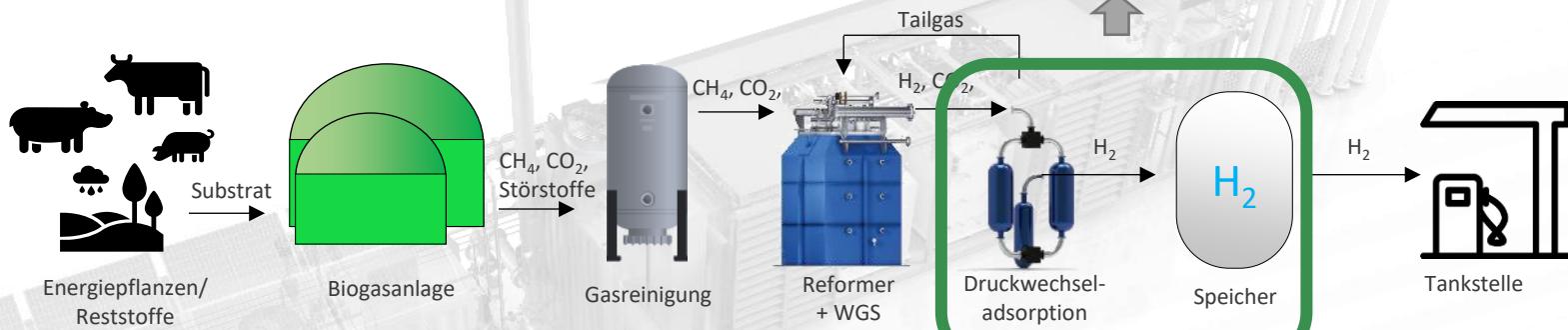
Ausblick und Verwertung

Auswahl von Veröffentlichungen, die um das Projekt entstanden sind

- Gradel, A.; Hirtreiter, E.: Wie dem schleppenden Elektrolyse-Hochlauf begegnet werden kann – Wasserstoff aus biogenen Reststoffen. HZwei – Das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen **25** (2), 2025, 26-27
- Hirtreiter, E.; Gradel, A.; Schmid, H.-P.; Wünning, C.; Rehfeldt, S.; Klein, H.: Hydrogen from Biogas: Dynamic Modeling of an Integrated Shift Reactor. Chemie Ingenieur Technik, 2025
- Hirtreiter, E.; Gradel, A.; Schmid, H.-P.; Wünning, C.; Rehfeldt, S.; Klein, H.: Dynamische Modellierung einer Dampfreformierungsanlage für die Produktion von Wasserstoff aus Biogas. Focus on: Bioenergie und Wasserstoff. Neue Entwicklungen bis hin zur kommerziellen Anwendung (2/2025). Ergebnisse des Seminars (29. & 30.04.2025) »Wasserstoff aus biogenen Reststoffen« (2), 2025, 8-13
- Hirtreiter, E.; Gradel, A.; Schmid, H.-P.; Wünning, C.; Rehfeldt, S.; Klein, H.: Dynamische Modellierung einer Dampfreformierungsanlage für die Produktion von Wasserstoff aus Biogas. Statusseminar „Wasserstoff aus biogenen Reststoffen“, 2025

Ausblick und Verwertung

BtX-Prozess angepasst (vereinfachtes Schema) HyCS®-Technologie?



- CO kann auch reduzieren -> Mehr Ertrag
- PSA unnötig, Shift theoretisch auch -> Günstigere Anlage
- Keine weitere Kompression für den Transport -> Weniger Verbrauch und keine Kosten für Kompressor

Kontaktdaten



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Leon Müller-Noell M. Eng.

Projektleiter Wasserstoff aus Biogas

BtX energy GmbH
Esbachgraben 1
95463 Bindlach

E-Mail: leon.mueller-noell@btx-energy.de

