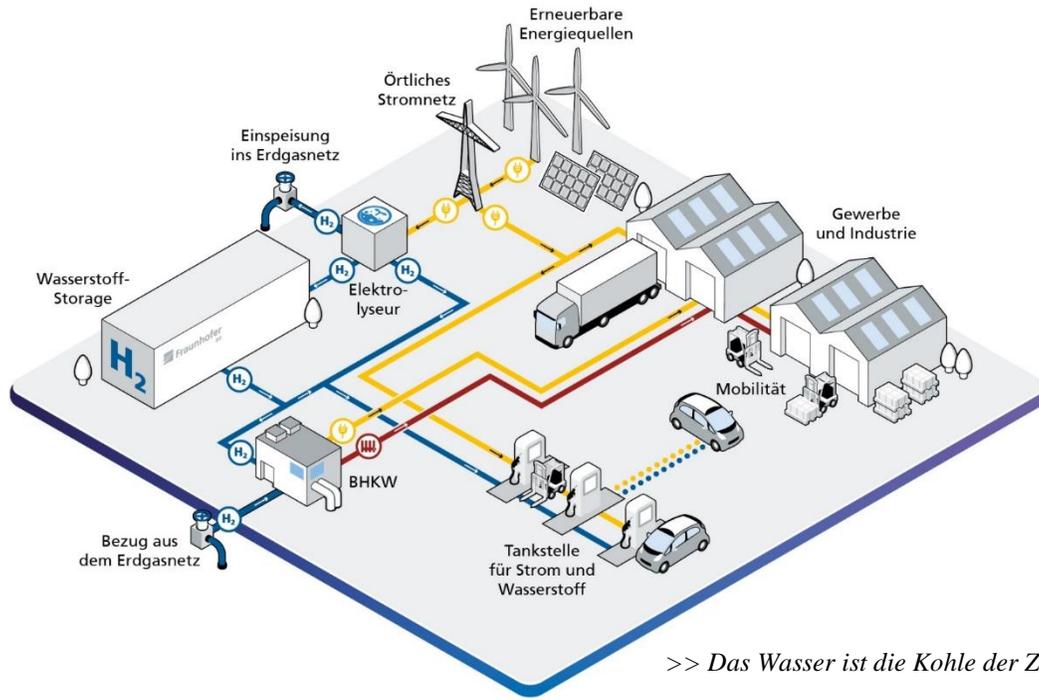


HyPerFerment

Ein neues Verfahren zur mikrobiologischen Wasserstoffherzeugung

Dr.-Ing. Torsten Birth, Marcel Scheffler M.Eng., Natascha Eggers M.Eng.



>> Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. <<
(Jules Verne)

Inhalt:

1. Fraunhofer IFF / Konsortium
2. Industriestandorte der Zukunft - Biogasanlage
3. HyPerFerment – Planung und Aktueller Stand
4. Ausblick und H₂-Fabrik der Zukunft

Energiesysteme und Infrastrukturen (ESI)

ERS - Themenschwerpunkte

Energie- und Ressourceneffiziente Systeme (ERS)

Leiter: Dr.-Ing. Torsten Birth

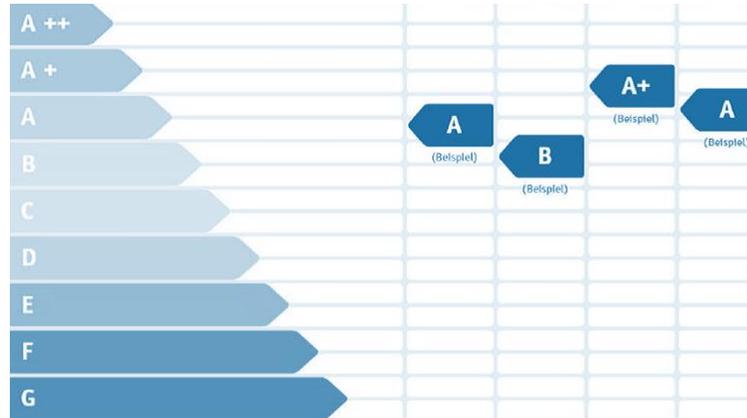
Power-to-X (PtX)

Umwandlung, Speicherung und sektorenübergreifende Nutzung regenerativer Energien



Physikalisches Optimum (PhO)

Grenzwertorientierte Effizienz-Bewertung von Anlagen, Prozessen mittels Kennzahlen



Ressourceneffizienz (REf)

Nachhaltige Reststoffverwertung und Ressourcenrückgewinnung



Energiesysteme und Infrastrukturen (ESI)

Forschung & Entwicklung für Energie- und Ressourceneffiziente Systeme (PtX)

Status quo. Wachsende Einspeisung volatiler Energie ohne regionale Verwertung stellen Herausforderung für wirtschaftliche Geschäftsmodelle der Energiewirtschaft dar

PLANUNG UND BETRIEB BEDARFSGERECHTER POWER-TO-X-KONZEPTE

Entwicklungsziel. Nutzung von PtX-Systemen für sektorenübergreifende Integration erneuerbarer Energien/Gase zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung in Mobilität, GHD und Industrie

Forschung und Technologie. Systemisch integrierte Ansätze mit regenerativen Quellen, Elektrolyse, Brennstoffzelle, Methanisierung, Methanolherstellung und EH_2 -Mobilität

Projektnutzen

- Regionale Verwertung und Nutzungsgraderhöhung Erneuerbarer Quellen durch Sektorenkopplung
- Minderung von CO_2 -Emissionen ~100%



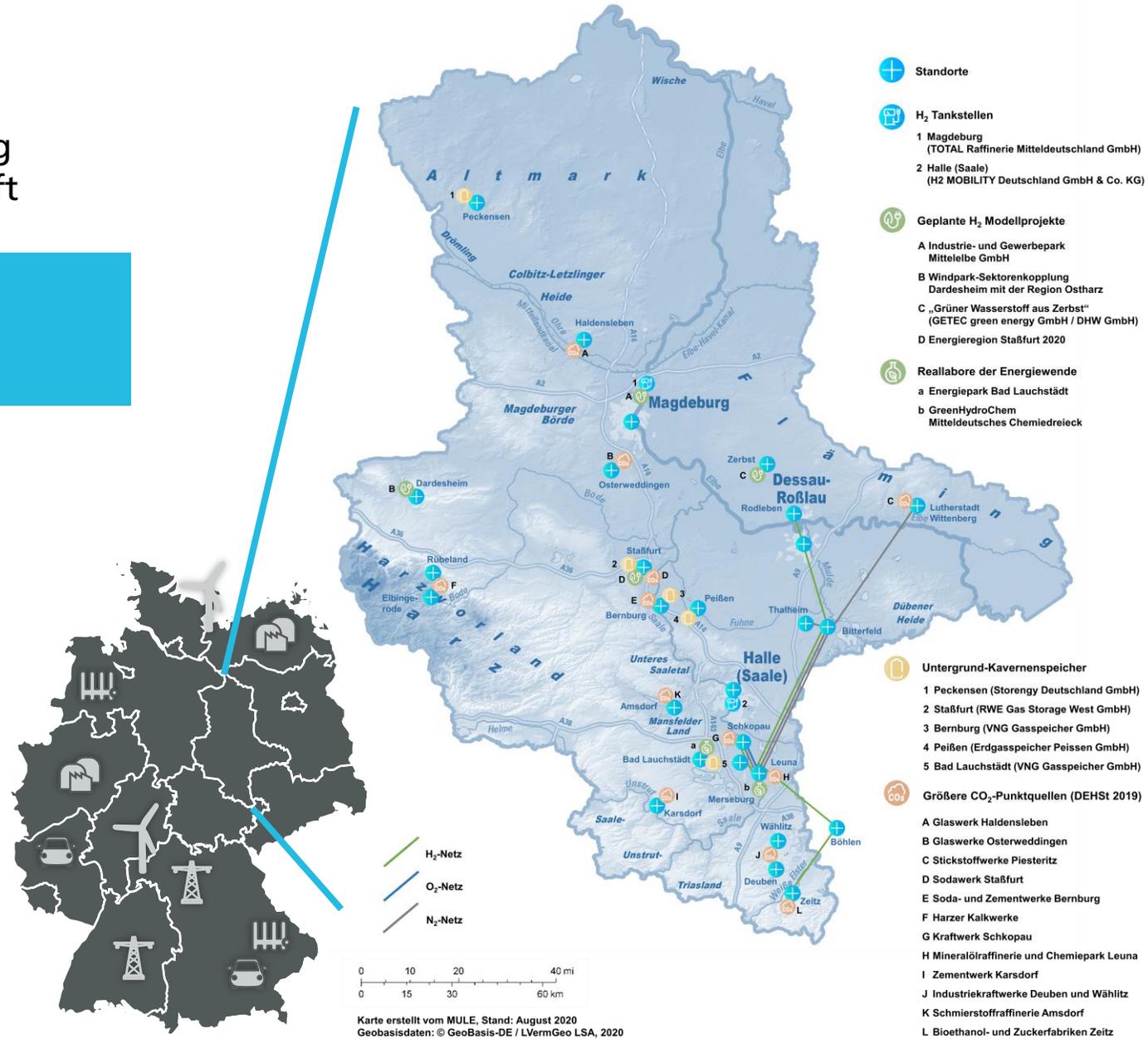
Moderne Energiewirtschaft bedarf einer flexiblen Energiebereitstellung, -speicherung und -verteilung durch Etablierung einer grünen Wasserstoffwirtschaft

Sektorenkopplung als Schlüssel intelligenten Vernetzung der Sektoren Elektrizität, Wärmeversorgung und Mobilität

Herausforderung für

- Investitionen & Infrastruktur
- Ressourcen & Wissenschaft
- Politik und Gesellschaft

Es fehlt bisher: Umsetzung eines 100% regionalen und erneuerbarem Leuchtturms



Industriestandorte der Zukunft - Biogasanlage

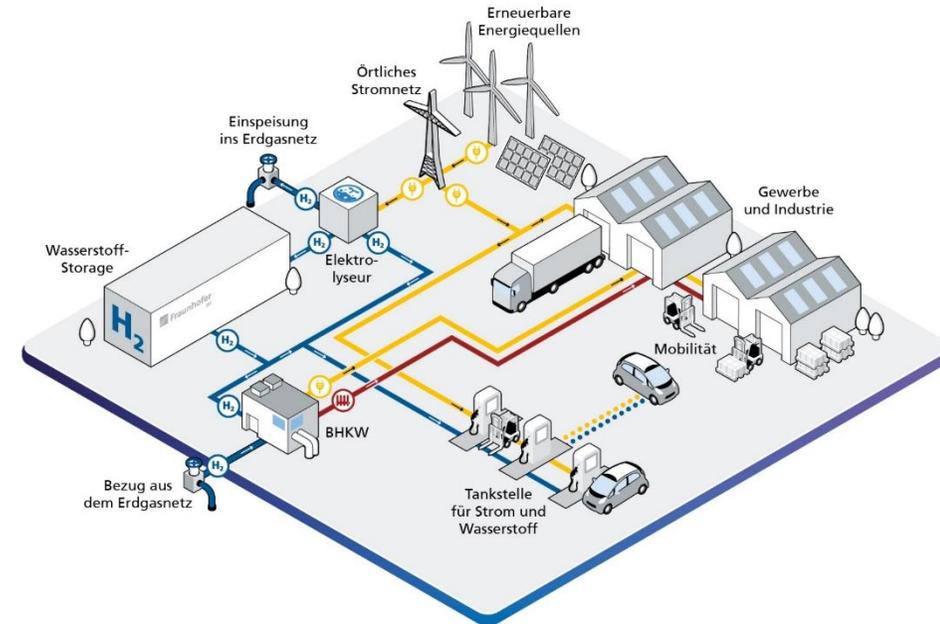
Dezentrale Wasserstoffproduktion und -verteilung

Status quo. Wasserstoffversorgung durch grauen Wasserstoff. Fossile Wasserstoffverteilung auf Trailer und Netzbasis.

BEREITSTELLUNG GRÜNEN WASSERSTOFFS DURCH MODULARE DEZENTRALE PRODUKTION UND VERTEILUNG

Entwicklungsziel. Implementierung einer modularen Wasserstoffproduktion durch elektro- und bio-chemische Verfahren. Etablierung einer nachhaltigen Verteilung am Standort durch einen Modularen und Mobilen Wasserstoff Port.

Forschung und Technologie. Systemisch integrierte Wasserstoffproduktion mit Nutzerabhängiger Verteilung des grünen Wasserstoffs in der Infrastruktur und auf dem Gelände.



Projektnutzen

- Nachhaltige Wasserstoffeigenversorgung der Industriestandorte der Zukunft
- Reduktion der CO₂-Emissionen durch nachhaltige Produktion/Verteilung

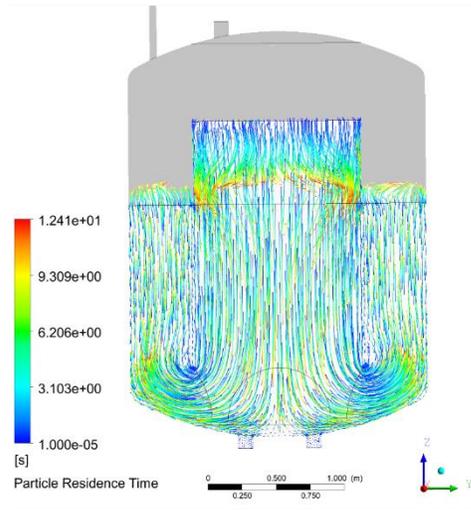
HyPerFerment I & II

Planung und Aktueller Stand



Status quo. Es fehlt an dezentralen Wasserstoffinfrastrukturen zur Bereitstellung für Mobilitätsanwendungen auf Basis biologischer Prozesse.

Entwicklungsziel. Mikrobiologische Verfahrensentwicklung zur fermentativen Wasserstofferzeugung und –bereitstellung an Biogasanlagen sowie Demonstration.



Forschung und Technologie. Entwicklung einer innovativen Prozessführung sowie Optimierung anhand physikalisch Optimaler Beziehungen sowie wissenschaftliche Begleitung der Gasaufbereitung und Verwertung. Unterstützung bei Reaktordesign und Simulation des Gesamtprozesses.

Kunde: MW Sachsen-Anhalt / BMBF

Partner: MicroPro GmbH, STREICHER Anlagenbau GmbH & Co. KG

HyPerFerment I

Planung und Aktueller Stand – Projektinhalte & Partner



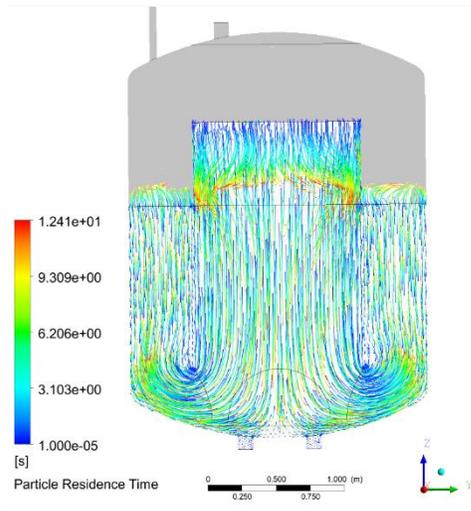
Projektinhalte. Projektmanagement. Mikrobiologische Verfahrensentwicklung. Technische Verfahrensentwicklung. Spezifizierung Gesamtverfahren. Prozesssimulation und –bewertung. Verwertungs- und Betriebskonzept.

MicroPro GmbH. Ausgestaltung und Optimierung des biotechnologischen Prozesses. Projektkoordination.

Streicher Anlagenbau GmbH. Konzeptionierung und Auslegung des technischen Verfahrens. Optimierung der Anlagenteile.

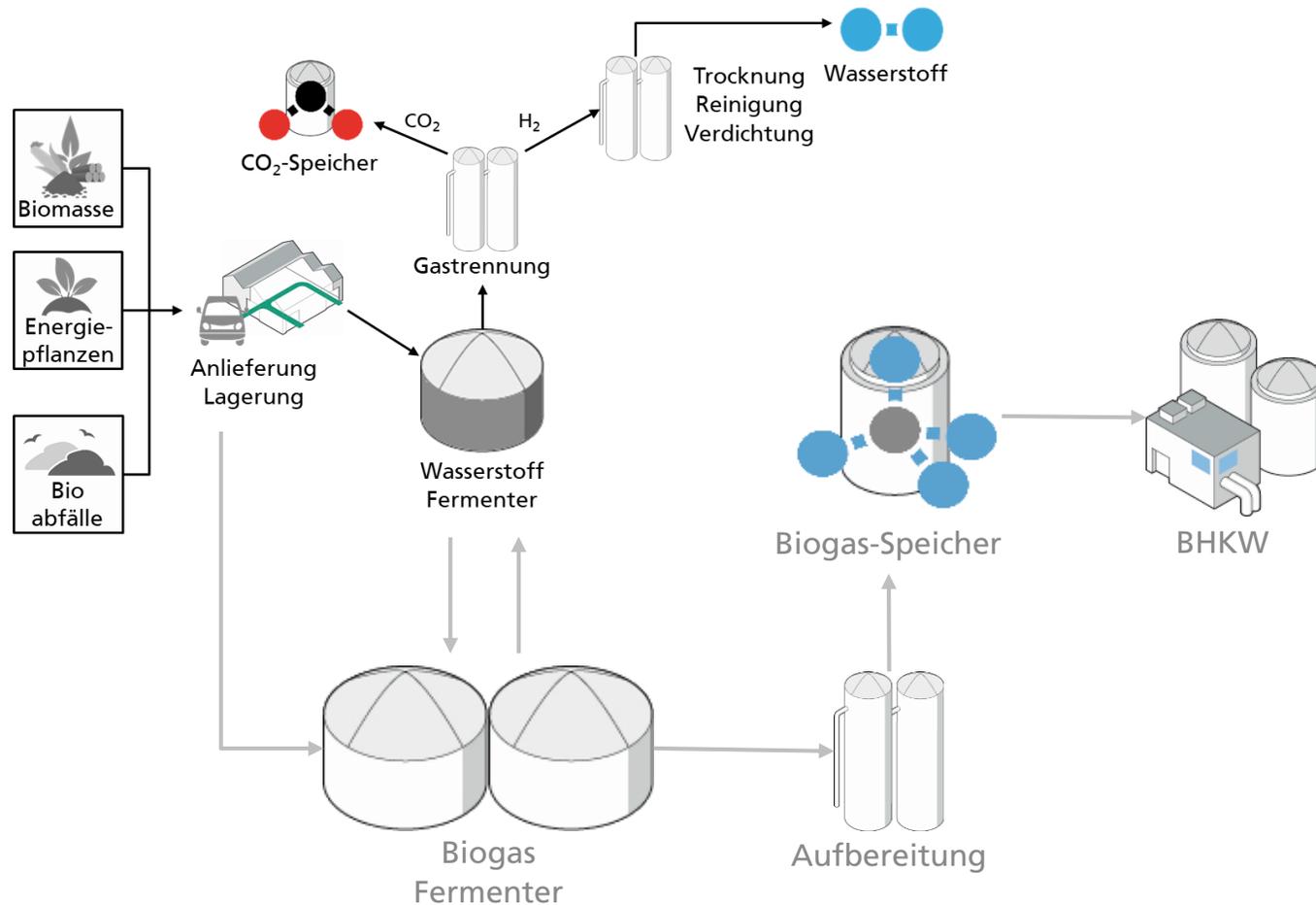
Fraunhofer IFF. Wissenschaftlich technische Begleitung. Prozessführung. Prozessbewertung. Reaktordesign. Gasaufbereitung.

Projektlaufzeit. Jun. 2019 – Mai 2021



HyPerFerment I – PhO am Beispiel der Dunkelfermentation

Motivation und Ziele des Projektes



Dunkelfermentation.

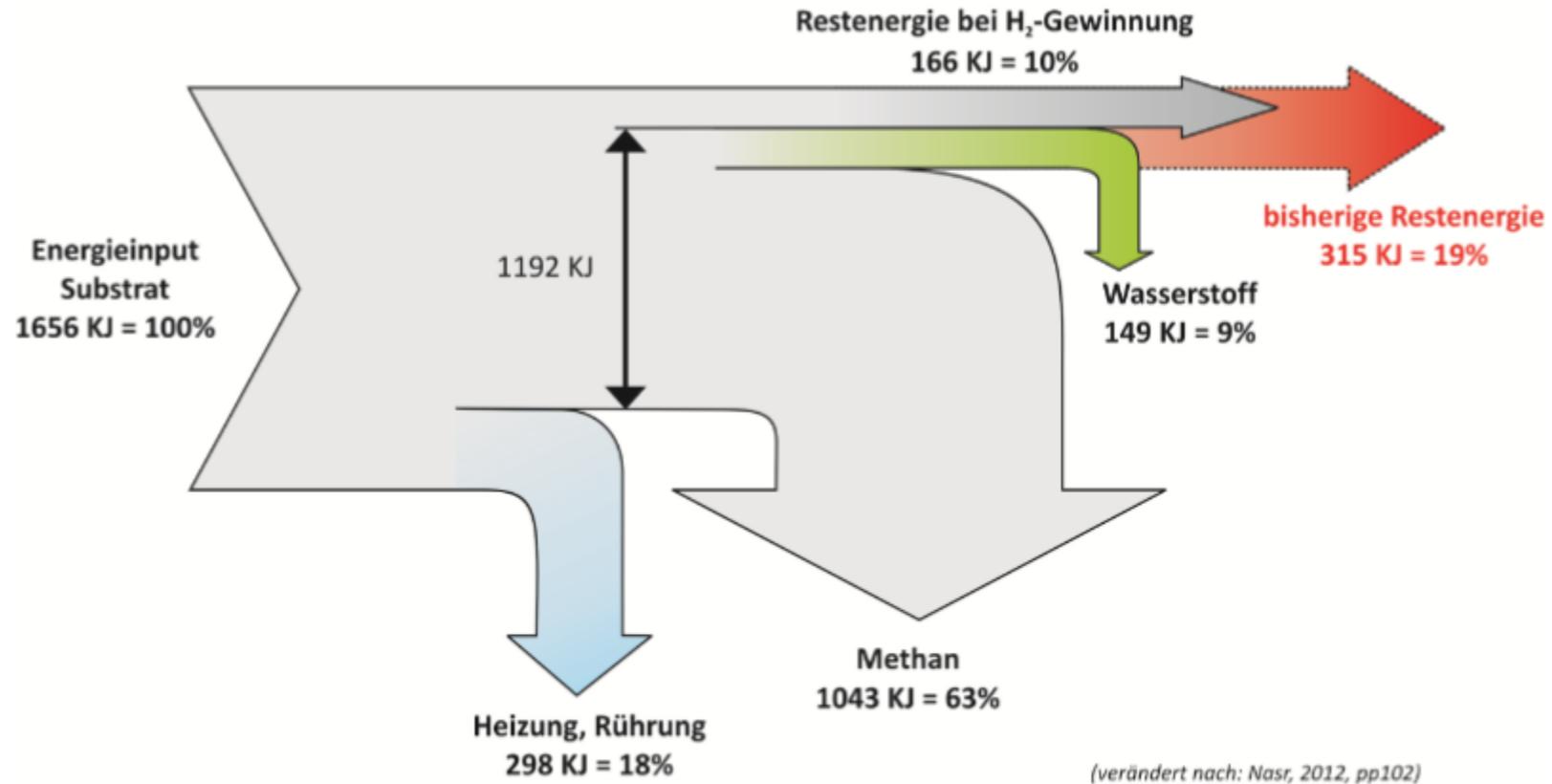
Biologischer Prozess zur Gewinnung von Wasserstoff aus Biomasse. [3]

Ziele des Projektes. Durch die Integration der Dunkelfermentation soll die Effizienz einer bestehenden Biogasanlage gesteigert werden.

PhO. Bewertung der Effizienz der Anlage mit Hilfe der Methode des Physikalischen Optimums.

HyPerFerment I & II

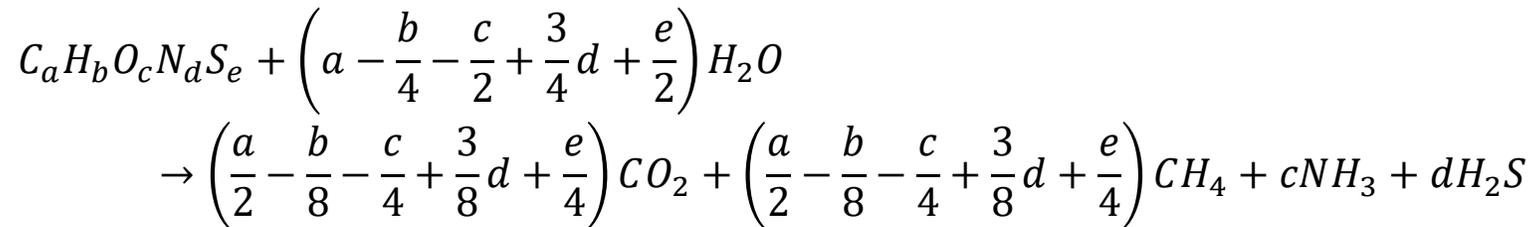
Planung und Aktueller Stand – Die Effizienzsteigerung



HyPerFerment I & II

Planung und Aktueller Stand – Die Effizienzsteigerung

Stöchiometrie nach Buswell und Boyle.



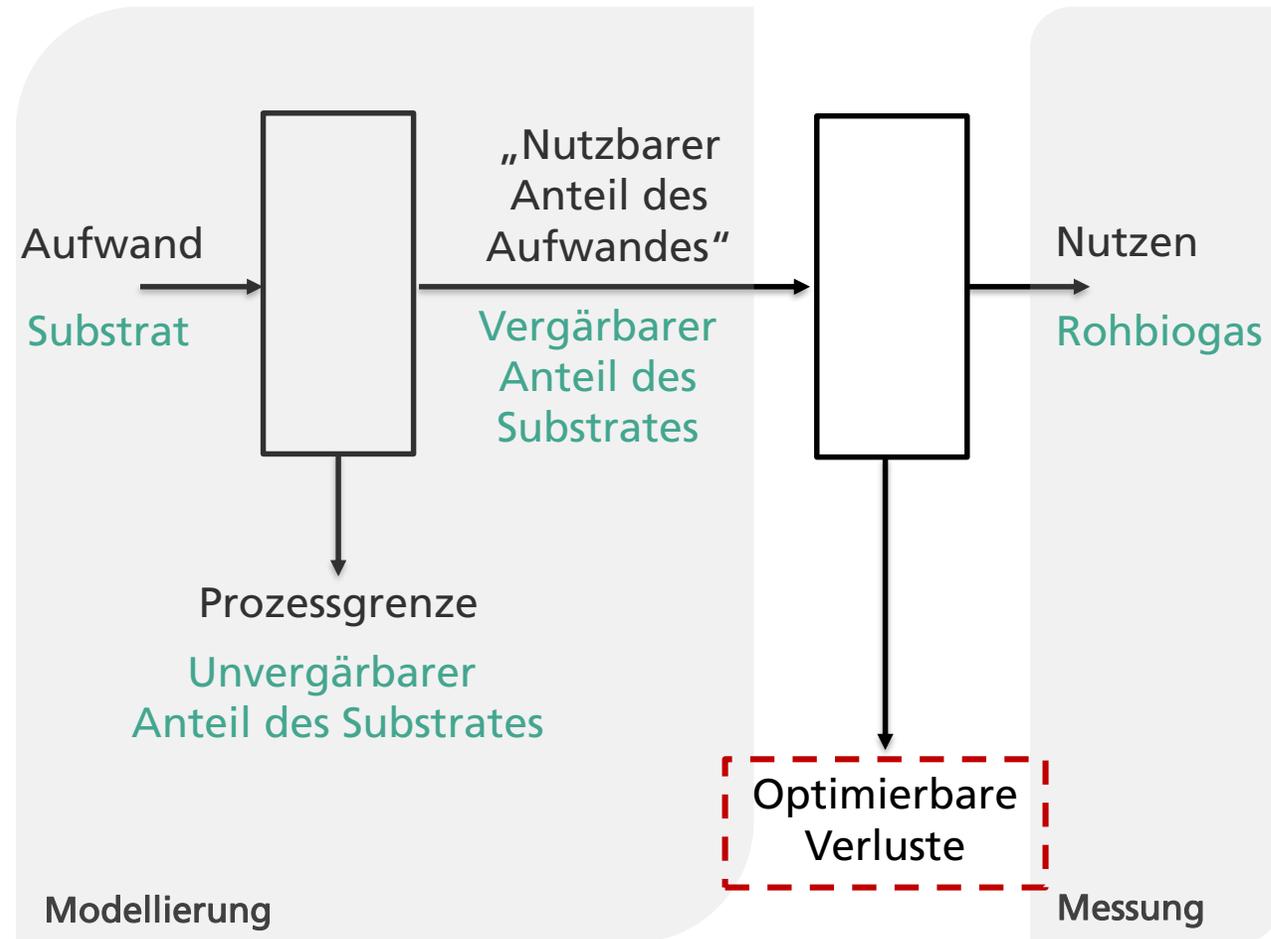
Umsatz. Die Bewertung des Fermentationsvorganges innerhalb einer Biogasanlage kann beispielsweise anhand des Stoffumsatzes erfolgen.

Kein Rückschluss auf Optimierungspotenzial. Ein 100%-iger Umsatz kann in der Realität nicht erreicht werden.



HyPerFerment I & II

Planung und Aktueller Stand – Die Effizienzsteigerung



HyPerFerment I & II

Planung und Aktueller Stand – Die Effizienzsteigerung

Substrat. Als Substrat wird Weizenstroh mit der Summenformel $C_{3.71}H_{6.47}O_{2.75}N_{0.044}S_{0.005}$ und einem Lignin-Anteil von 13,19 Mol-% eingesetzt.

100%-iger Umsatz. Unter der Annahme eines vollständigen Umsatzes des Weizenstrohs zu Methan würden aus einem Mol Substrat 1,96 Mol Methan entstehen.

$$\frac{n_{CH_4}}{n_{Substrat}} (U_{100\%}) = \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{4} - \frac{3}{8}d - \frac{e}{4} \right) \left[\frac{mol_{CH_4}}{mol_{Substrat}} \right] = \left(\frac{3,71}{2} + \frac{6,47}{8} - \frac{2,75}{4} - \frac{3}{8}0,044 - \frac{0,005}{4} \right) \left[\frac{mol_{CH_4}}{mol_{Substrat}} \right] = 1,9585 \frac{mol_{CH_4}}{mol_{Substrat}}$$

Physikalisch optimaler Umsatz. In der Realität können auch unter physikalisch optimalen Bedingungen keine unvergärbaren Stoffe umgesetzt werden. Diese sind daher im Physikalischen Optimum von der Betrachtung auszuschließen.

$$\frac{n_{CH_4}}{n_{Substrat}} (U_{PhO}) = \frac{n_{CH_4}}{n_{Substrat}} (U_{100\%}) - \frac{n_{CH_4}}{n_{Lignin}} (U_{100\%}) * x_{Lignin} = 1,2314 \frac{mol_{CH_4}}{mol_{Substrat}}$$

HyPerFerment I & II

Planung und Aktueller Stand – Die Effizienzsteigerung

PhO-Faktor. Gegenüberstellung des realen Prozesses und des Physikalischen Optimums.

Optimierungspotenzial. Die ultimative durch Verbesserungsmaßnahmen zu erreichende Grenze der Optimierbarkeit liegt bei einem PhO-Faktor von 1.

Fermentation. Für das Beispiel der biologischen Stoffumwandlung im Fermenter einer Biogasanlage ergibt sich der PhO-Faktor aus dem Quotienten des realen und des physikalisch optimal generierbaren Methans je Mol eingesetztem Substrat.

Validierung anhand von Labordaten.

$$F_{PhO} = \frac{n_{CH_4,real}}{n_{CH_4,PhO}} = \frac{1,1847 \text{ mol}_{CH_4} / \text{mol}_{Substrat}}{1,2314 \text{ mol}_{CH_4} / \text{mol}_{Substrat}} = 0,9621$$

HyPerFerment I & II

Planung und Aktueller Stand – Die Effizienzsteigerung

Einbezug weiterer Vorgänge im Fermenter. Betrachtung der Wärme-, Wasser- und Co-Substrat-Zufuhr.

Gesamtprozess. Bestimmung des Physikalischen Optimums sämtlicher Einzelprozesse der geplanten Anlage. Bewertung des Gesamtprozesses unter Berücksichtigung von Einflüssen der Prozesskopplung.

Validierung. Überprüfen des Modells für den physikalisch optimalen Zustand der betrachteten Einzelprozesse auf Basis von Messwerten.

Übertragung auf chemische Prozesse. Bewertung von chemischen Prozessen auf Basis des Physikalischen Optimums.

HyPerFerment II

Planung und Aktueller Stand – Projektinhalte & Partner



Projektinhalte. ...

MicroPro GmbH. Ausgestaltung und Optimierung des biotechnologischen Prozesses. Projektkoordination.

-> Adaption der Bakterienstämme, Technikumsversuche, Massenanzucht

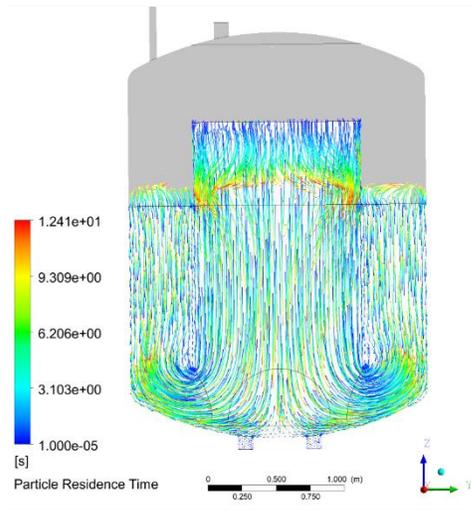
Streicher Anlagenbau GmbH. Konzeptionierung und Auslegung des technischen Verfahrens. Optimierung der Anlagenteile.

-> Anlagenentwicklung und -bau, Gascharakterisierung und -aufbereitung

Fraunhofer IFF. Wissenschaftlich technische Begleitung. Prozessführung. Prozessbewertung. Reaktordesign. Gasaufbereitung.

-> Modellerweiterung, Verfahrensanpassung, Techno-ökonomische Bilanzierung

Projektlaufzeit. Okt. 2020 – Sept. 2023



HyPerFerment II

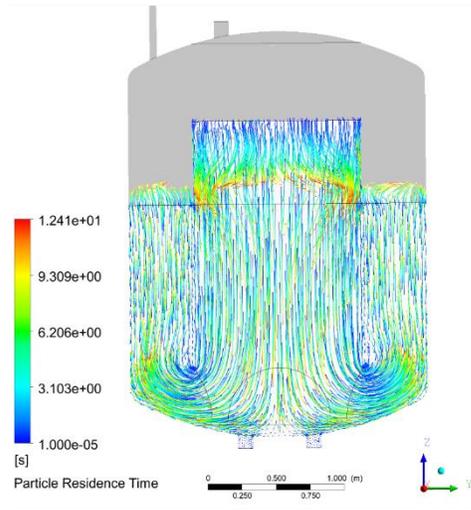
Planung und Aktueller Stand – Projektplanung



Projekthinhalte. Projektmeilensteine:
M14 Umsetzung mikrobiologischer Prozess
M18 Prototypische Demoanlage
M26 Betrieb und Betriebsdatenlieferung
M30 Demo-Nachweis

Projektphasen.
HyPerFerment I: Mikrobiologische Entwicklung
HyPerFerment II: Demonstration
HyPerFerment III: 1. Industrieskalierung

Projektvision.
Brownfield: Bestandanlagensicherung
Greenfield: Zukunft der Biogasanlage als H₂-Produzent



Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

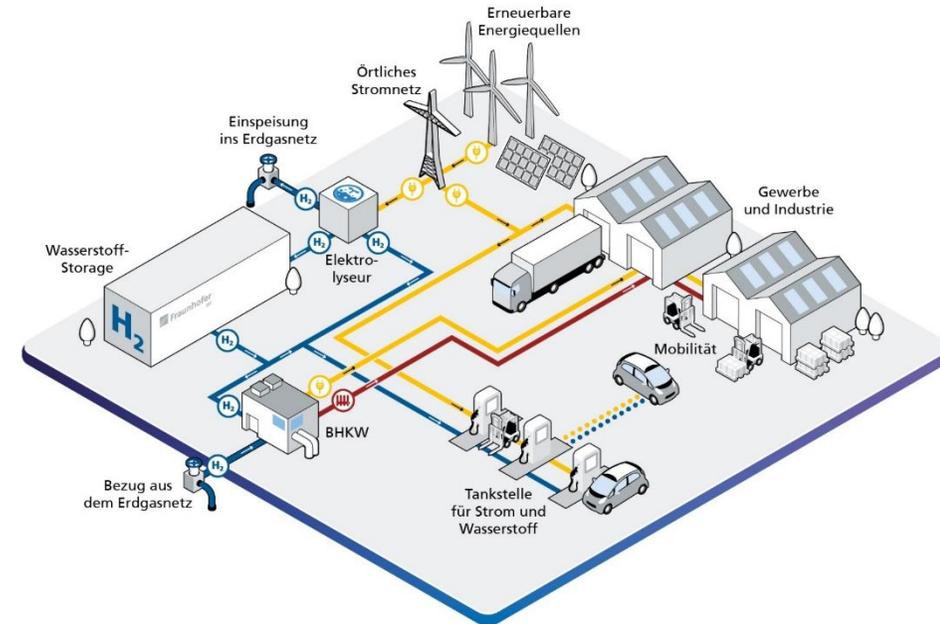
Wasserstofffabrik der Zukunft

Status quo. Wasserstoffversorgung durch grauen Wasserstoff. Fossile Wasserstoffverteilung auf Trailer und Netzbasis.

BEREITSTELLUNG GRÜNEN WASSERSTOFFS DURCH MODULARE DEZENTRALE PRODUKTION UND VERTEILUNG

Entwicklungsziel. Implementierung einer modularen Wasserstoffproduktion durch elektro- und bio-chemische Verfahren. Etablierung einer nachhaltigen Verteilung am Standort durch einen Modularen und Mobilen Wasserstoff Port.

Forschung und Technologie. Systemisch integrierte Wasserstoffproduktion mit Nutzerabhängiger Verteilung des grünen Wasserstoffs in der Infrastruktur und auf dem Gelände.



Projektnutzen

- Nachhaltige Wasserstoffeigenversorgung der Industriestandorte der Zukunft
- Reduktion der CO_2 -Emissionen durch nachhaltige Produktion/Verteilung

Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

Wasserstofffabrik der Zukunft



Entwicklungsziel
Bedarfsgerechte,
energieeffiziente
sichere Systeme



Dienstleistungsangebot vom heutigen Konzept bis zur zukünftigen Integration

Standortanalyse

- Kurzanalysen Standort
- Projektvorbereitung
- Auswahl, Bewertung und Auslegung
- Sicherheitskonzepte

Projektentwicklung

- Vorstudien und Konzepte
- Anlagen und Prozesse
- Businessmodelle
- Genehmigung

Simulation

- Prozesssimulation
- CFD-Simulation
 - Reaktor
 - Container
 - Areale

Anlagensysteme

- Systemintegration
- Modularisierung
- Optimierung und Steuerung im Betrieb



*Beitrag zum
Forschungsfeld*

Konvergente Infrastrukturen

Verfahrenstechnik

Entwicklungen für mobile Systeme werden ergänzt um Anforderungen der Systemintegration, Sektorenkopplung und Kreislaufwirtschaft.

Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

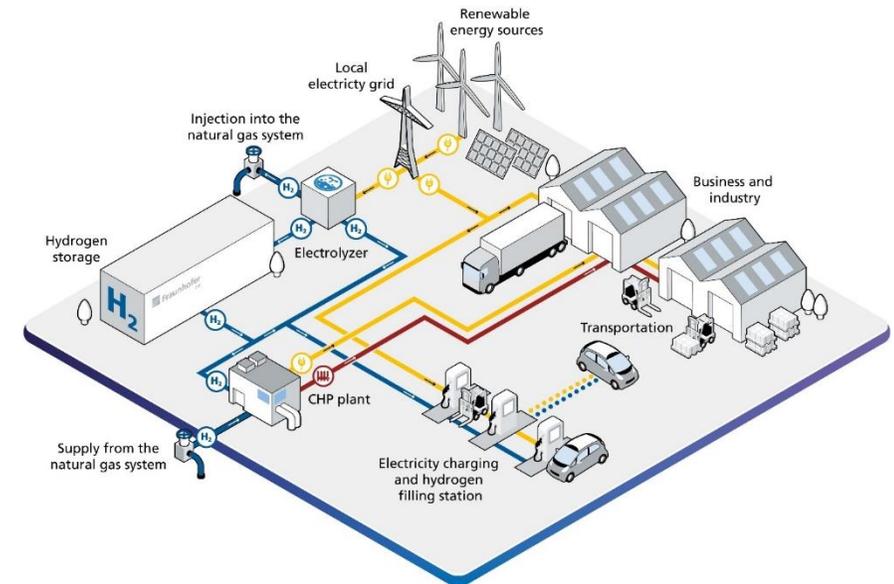
Wasserstofffabrik der Zukunft - H2-DIGITAL Vision

Status quo. Keine zentrale Plattform für die Kompetenzen und Modelle der FhG zu H2-Prozessen.

BEREITSTELLUNG EINES MINI-MODELL-BAUKASTEN ZUR ABSCHÄTZUNG UND VISUALISIERUNG VON H2-PROZESSEN

Entwicklungsziel. Implementierung von Mikro-Modellen zur externen Nutzung und Übergabeoptionen für die institutsspezifische Weiterverarbeitung.

Forschung und Technologie. Überblicksplattform. Minimodelle. Systemintegrationsansatz in der H2-Bereitstellung und Verwertung. Focus Prozessindustrie, gewerbliche Systeme, Kommunen. Ressourceneffizienz- und Rückgewinnung. Kennzahlensystem.



Projektnutzen

- Modellplattform und Abschätzungstool für H2-Prozesse

Basis. Klassische Softwaresysteme Aspen. Unity für Visualisierung. Fixe Modelle auf gängigen Sprachen und Software – Matlab. dll-Nutzung.

Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

Energieregion Staßfurt 2020

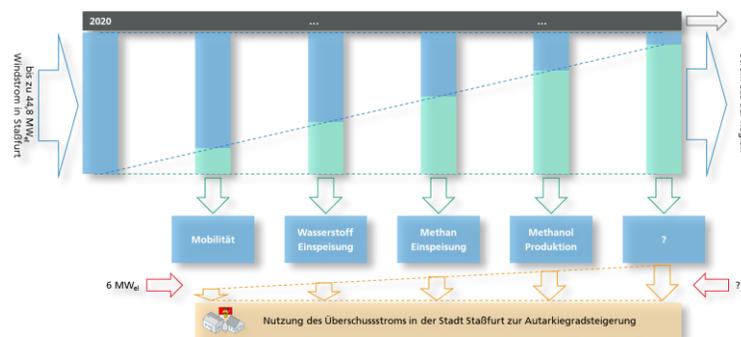


Status quo. Die moderne Energiewirtschaft bedarf einer Energiespeicherung in großen Mengen. Sektorenkopplung als Schlüssel zur Vernetzung von Elektrizität, Wärme, Mobilität und innovativen Produkten

Entwicklungsziel. Windstrombasiertes Innovationsprojekt zur Sektorenkopplung am Standort Staßfurt

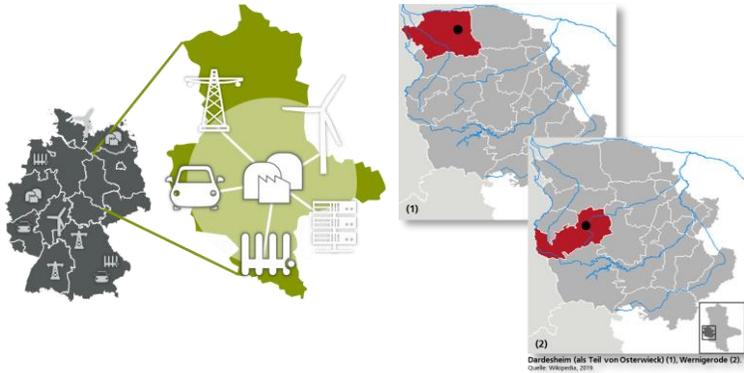
Forschung und Technologie. Anforderungsanalyse, Konzeptentwicklung, Systemauswahl und Umsetzungskonzeptionierung durch Algorithmen zum bedarfsgerechten PtX-Systemdesign. Phasenmodellansatz.

Kunde: MVV Energie AG, Stadtwerke Staßfurt GmbH, Erdgas Mittelsachsen GmbH, Stadt Staßfurt



Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

Energierregion Ostharz (Dardesheim-Wernigerode)

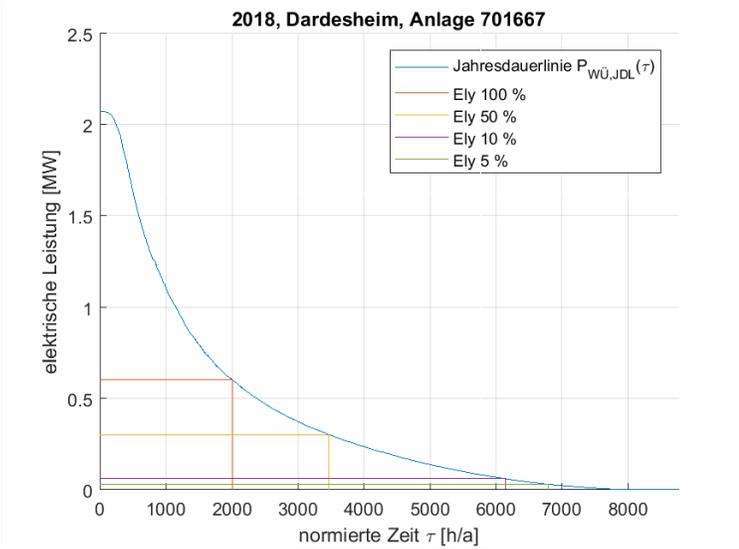


Status quo. Mit auslaufendem EEG scheiden Windparks mit Leistungsgrößen mehrerer 100 MW aus geförderten Strommarktszenarios aus

Entwicklungsziel. Entwicklung regenerativer Sektorenkopplungssysteme für die Region Ostharz

Forschung und Technologie. Konzeptentwicklung, Systemauswahl und Umsetzungskonzeptionierung für PtP, PtG, PtH und PtMobility durch Algorithmen zum bedarfsgerechten PtX-Systemdesign für aus dem EEG ausscheidende Energie-Anlagen.

Kunde: GCM, Stadtwerke Wernigerode GmbH, RKWH GmbH & Co. KG, Windpark Druiberg GmbH & Co. KG



Ausblick und H₂-Fabrik der Zukunft

MMH₂P: Ein Kleinverteilsystem für Industrie- und Gewerbeparks

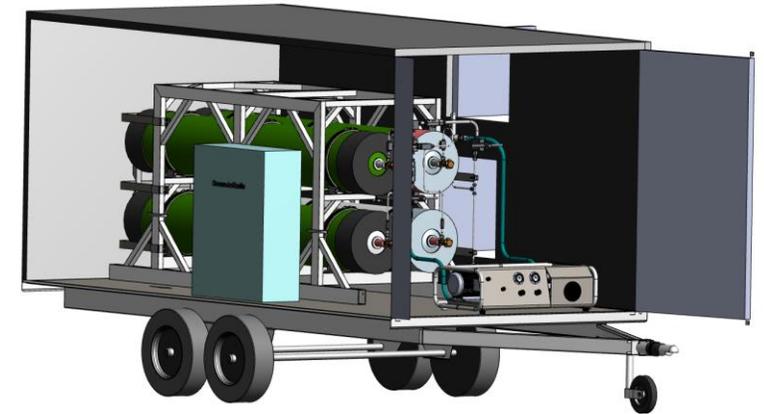
Status quo. 6 Speichersysteme zu 3,8 kg. 400-450 bar H₂ Speicherung. Verdichtung. Tankung. Keine eigene Energieversorgung. XDEMS.

WEITERENTWICKLUNG DER PLANUNG IM RAHMEN DES PROJEKTES FÜHRT ZU VERBESSERUNG DER LEISTUNG DES TESTTRÄGERS

Entwicklungsziel. Pilot zur Demonstration eines Wasserstoffkleinverteilsystems im Industrie- und Gewerbepark.

Produktziel. Selbstbestimmende Lieferkette für H₂ im industriellen nicht netzgebundenen Umfeld.

Entwicklungsschritte. 4 Speicher zu 214l mit jeweils 480-500bar. BZ-System integriert zur teilweisen Selbstversorgung.



Projektnutzen

- System dient der Insel- und Netztestung im Industrie- und Gewerbepark sowie im H₂Netz

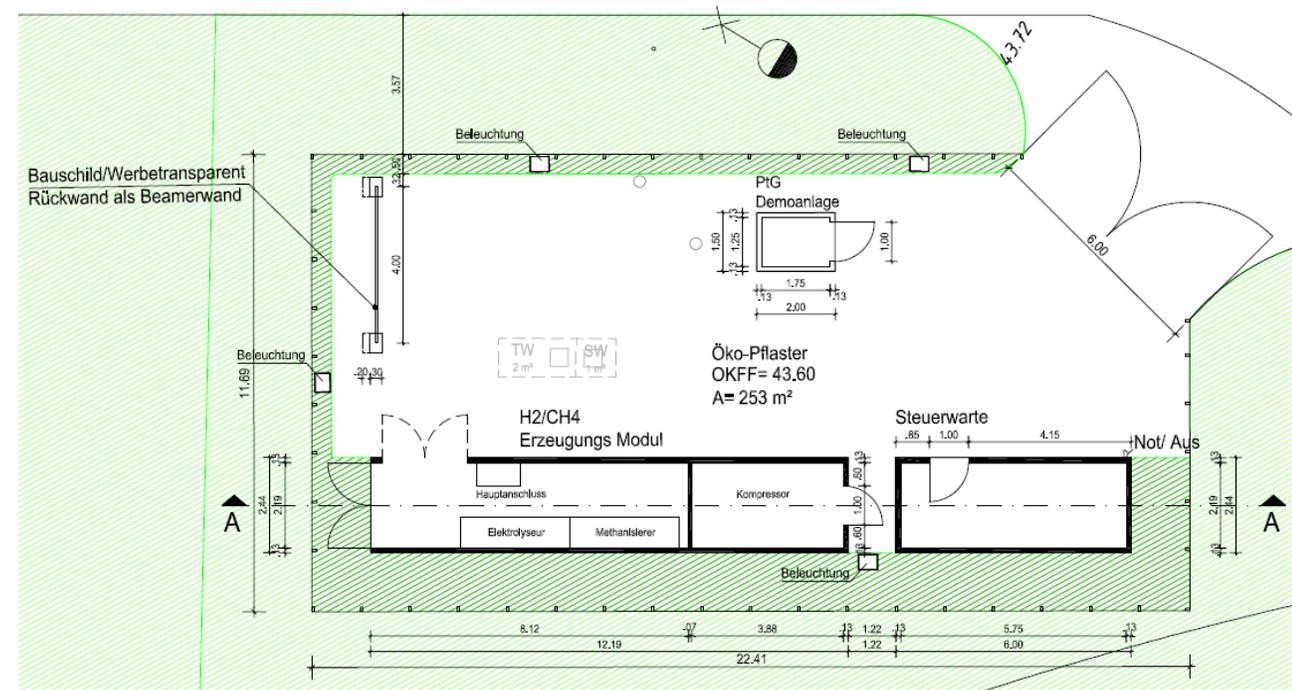
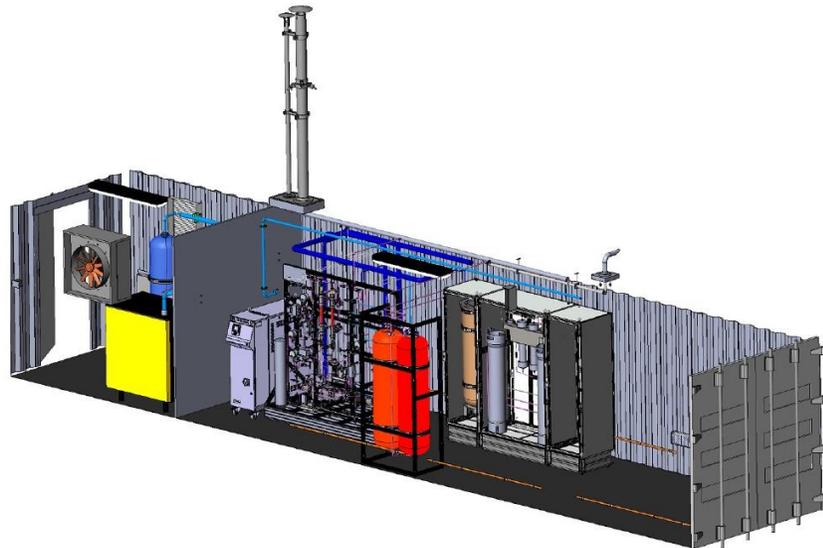
Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

MMH₂P: Ein Kleinverteilsystem für Industrie- und Gewerbeparks

Status quo. Testumgebung am VTDC des Fraunhofer IFF Magdeburg.

INTEGRATION DER INSELTESTPLATTFORM UND TESTFELD IN INDUSTRIE- UND GEWERBEPARK MITTELELBE GMBH IN MD

Entwicklungsziel. Etablierung des Testfeldes und Integration des Testträgers in eine Nutzerinfrastruktur.



Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

MMH₂P

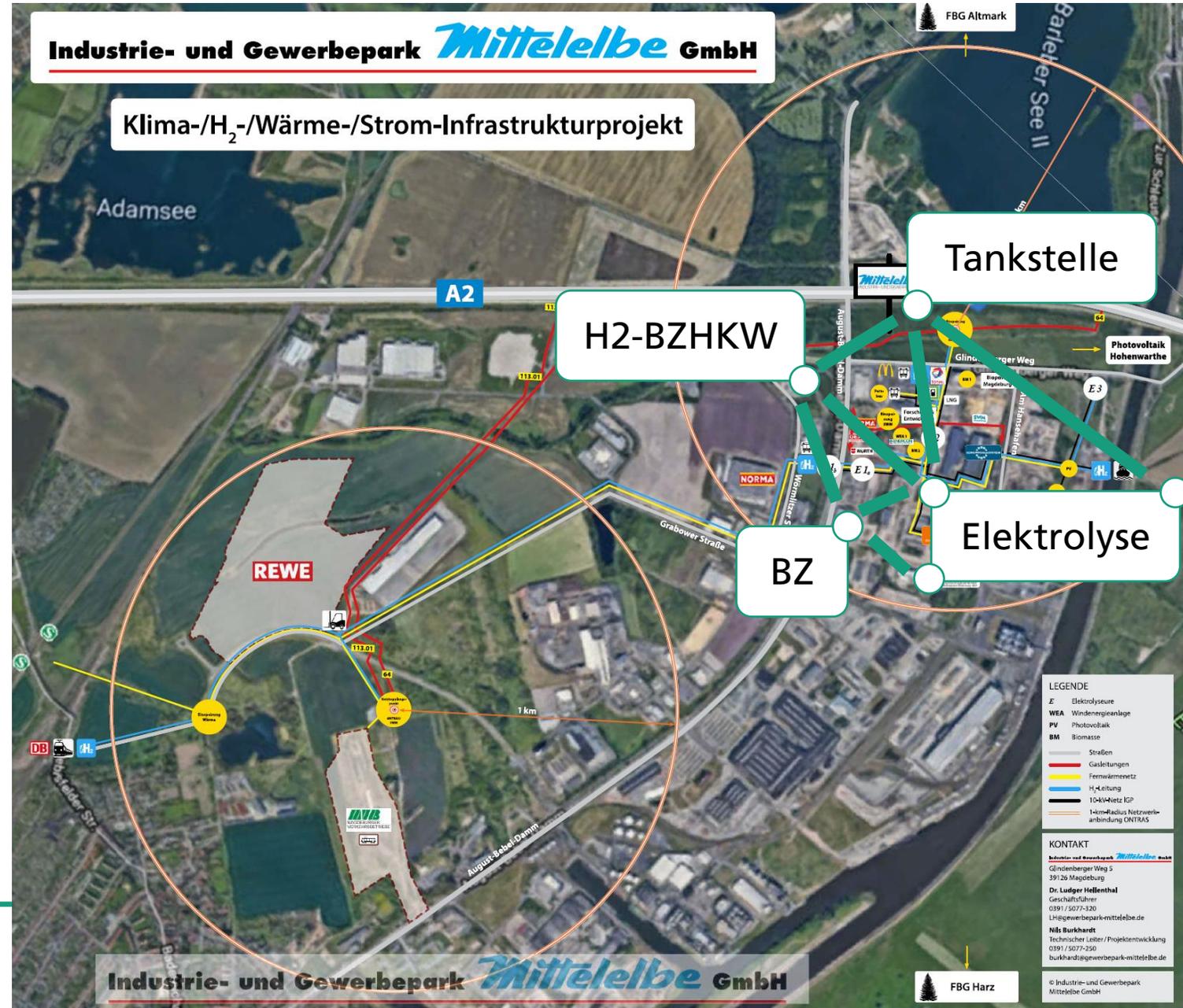
Status quo. Virtuelle XDEMS-Entwicklung.

INTEGRATION DER INSELTESTPLATTFORM UND TESTFELD IN INDUSTRIE- UND GEWERBEPARK MITTELELBE GMBH IN MD

Entwicklungsziel. Etablierung des Testfeldes und Integration des Testträgers in eine Nutzerinfrastruktur.

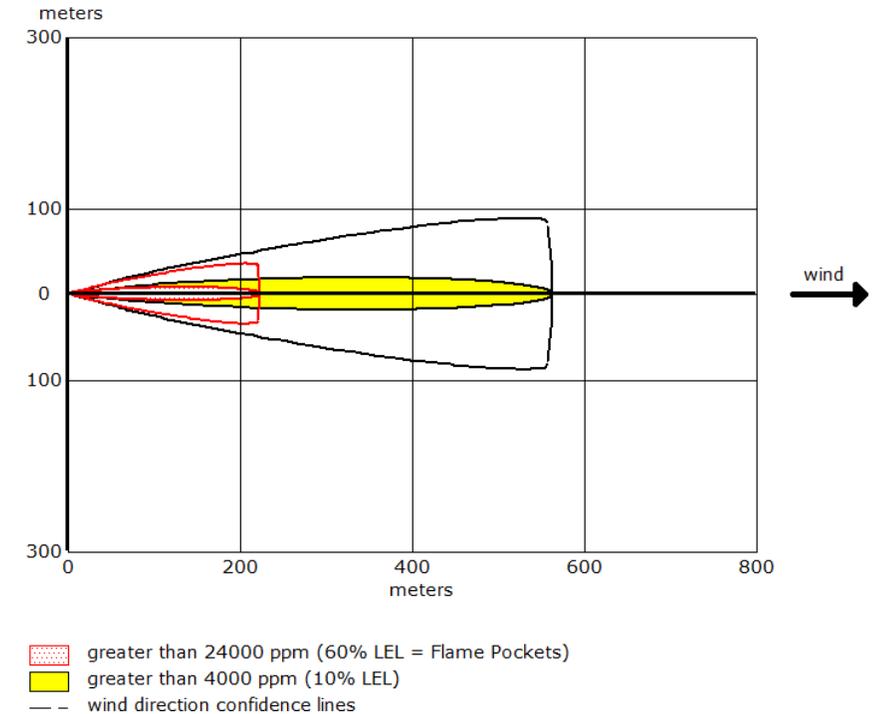
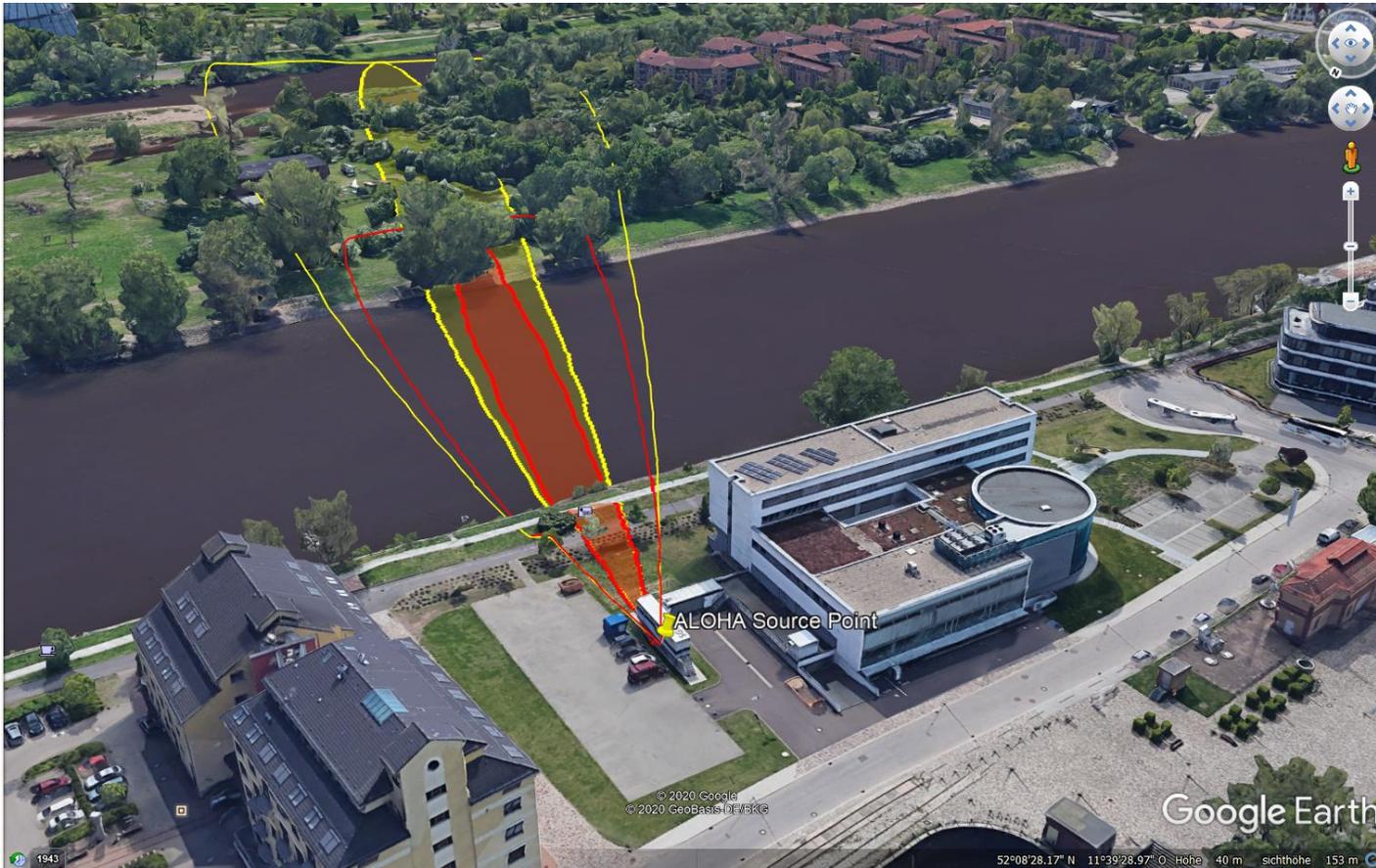
XDEMS-Entwicklung.

- (1) Identifikation von H₂-Abnehmerstrukturen
- (2) Datenanalyse der Nutzerdaten
- (3) Routenentw. mit Vorhersagealgorithmus
- (4) Etablierung im Navi-System



Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

Gefährdungsanalysen und Simulationen für Mobile Systeme



- Gefährdungsanalysen unterstützt durch Simulationen zur Ausbreitung von Gasen über Leckagen unterschiedlichster Art
- hier: Aufstellungsort am Fraunhofer IFF – Virtual Development and Training Centre)

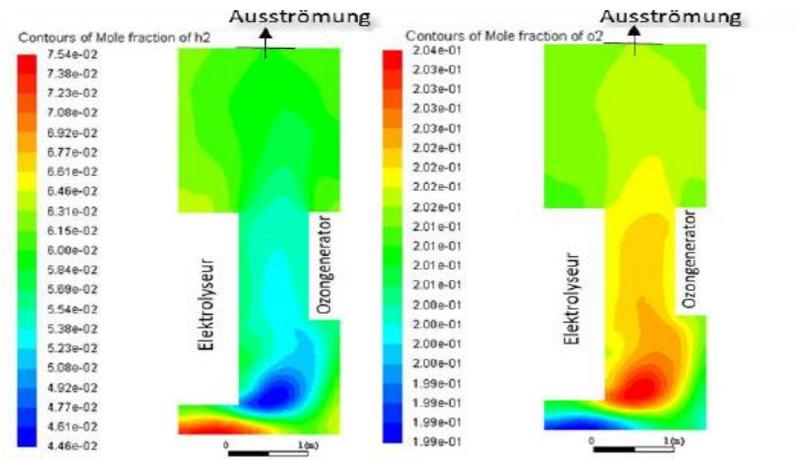
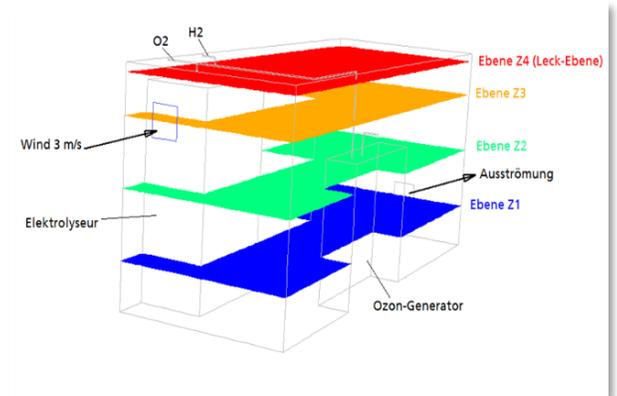
Ausblick und H2-Fabrik der Zukunft

Gefährdungsanalysen und Simulationen für Mobile Systeme



Status quo. Die Nutzung des elektrolytisch zur Verfügung gestellten Sauerstoffs und Wasserstoff in Verbindung mit einer Kläranlage wurde noch nicht im Kontext Sicherheit untersucht.

Entwicklungsziel. Darlegung und Bewertung der Auswirkung bei einer Wasserstoff- und Sauerstoffleckage auf dem Betriebsgelände einer Kläranlage im städtebaulichen Raum.



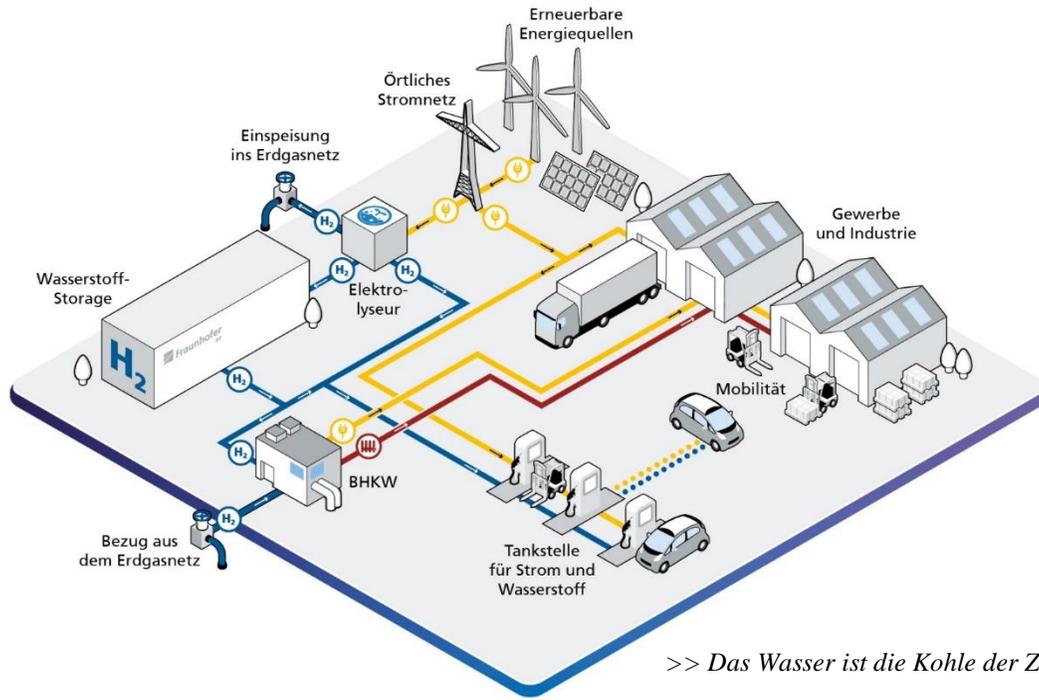
Forschung und Technologie. Gefährdungsanalyse für einen Elektrolyseur, der Sauerstoff anstatt Wasserstoff als Hauptprodukt bereitstellen soll zur Nutzung in der 4. Reinigungsstufe. Abbildung der Gasausbreitungen und Gemischbildung in Verbindung mit den Explosionsgrenzen (UEG/OEG).

Kunde: Anleg GmbH

HyPerFerment

Ein neues Verfahren zur mikrobiologischen Wasserstofferzeugung

Dr.-Ing. Torsten Birth, Marcel Scheffler M.Eng., Natascha Eggers M.Eng.



Dr.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF Magdeburg

Leiter Energie- und Ressourceneffiziente Systeme (ERS)

Energiesysteme und Infrastrukturen (ESI)

Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg

Telefon: +49 391 4090-355

E-Mail: torsten.birth@iff.fraunhofer.de



>> Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. <<
(Jules Verne)