

NR. 11 | 4. QUARTAL 2020

QUARREE₁₀₀ NEWSLETTER

SONDERAUSGABE

**Liebe Bewohnerinnen und Bewohner des Rüsdorfer Kamps,
liebe Heiderinnen und Heider, Projektpartner und Interessierte,**

in der letzten Ausgabe des Jahres 2020 stellen wir Ihnen die Forschungs- und Entwicklungsergebnisse des Arbeitsbereichs 4 „Speicher- und Konversionstechnologien für Quartiere“ unter der Leitung des Zentrums für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) vor.

THEMEN DIESER AUSGABE

SEITE 2: Areva2Gen GmbH
PEM-Elektrolyseur

SEITE 3: emma technologies GmbH
Hydrogen-Pyrolyse 2020

SEITE 4: FENES der OTH Regensburg
Thermochemisches
Energiespeichersystem

SEITE 5: UFT der Uni Bremen
Fischer-Tropsch-Synthese

SEITE 6: ZSW Baden-Württemberg
Alkalischer Wasserelektrolyseur

SEITE 7-8: ZSW Baden-Württemberg
Plattenreaktor
Tankstelle der Zukunft

NEWSLETTER-REDAKTION:
Entwicklungsagentur Region Heide AöR
Hamburger Hof 3, 25746 Heide
Jannick Schwender
Tel. +49 481 123703-12
jannick.schwender@region-heide.de
Kerstin Haase
Tel. +49 481 123703-22
kerstin.haase@region-heide.de
www.quarree100.de

Projektkoordination:

ENTWICKLUNGSAGENTUR  REGION HEIDE

Hamburger Hof 3 | 25746 Heide



Advanced Energy
Systems Institute

Enrique-Schmidt-Str. 7 | 28359 Bremen

GEFÖRDERT DURCH



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

AUFGRUND EINES BESCHLUSSES DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES

PEM-ELEKTROLYSEUR

Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100

ZIELE DES F&E VORHABENS:

- Das PEM-Elektrolysesystem (PEM engl.: „Protone Exchange Membrane“) soll an die Anforderungen eines Quartiers angepasst werden.
- Entstehende Wärmeströme im Elektrolysesystem werden bisher abgeführt und nicht weiter genutzt. Deswegen ist es Ziel des Projekts, ein technisches Konzept zu entwickeln, das es ermöglicht, die abgeführten Wärmemengen für weitere Wärmeanwendungen nutzbar zu machen.
- Innerhalb des Projekts wird der systemdienliche hochdynamische Betrieb der PEM-Elektrolyse technisch und wirtschaftlich bewertet.

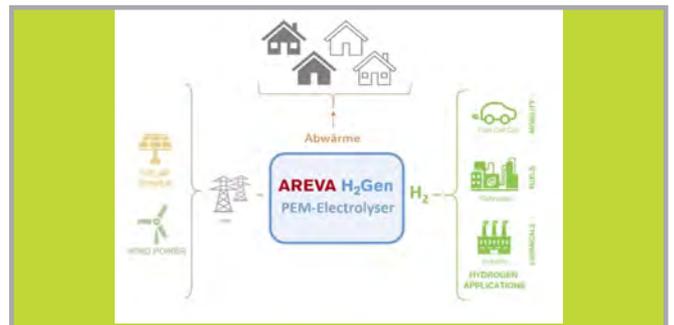


Abb. 1: Abwärme-Nutzung im Quartier

Quelle: AREVA H₂Gen

100 % H₂-Produktion + Regelleistung

Regelleistung zur Stabilisierung der Übertragungsnetze

Zwei Einnahmequellen: H₂-Verkauf und Einnahmen am Regelleistungsmarkt

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

- PEM-Elektrolysesystem mit eigenem Stack-Design, das besonders gut für einen dynamischen Betrieb geeignet ist.

WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

- Bei der Wasserelektrolyse wird Wasser durch Stromzufuhr in Wasserstoff und Sauerstoff in einem mehrzelligen Elektrolyseblock (Stack) zerlegt. Auf der Anodenseite wird dem Stack Wasser zugeführt, welches innerhalb des Stacks aufgespalten wird. Den Stack verlassen ein Sauerstoff- und ein Wasserstoffgasstrom. Die PEM-Elektrolyse zeichnet sich durch einen Elektrolyse-Stack mit festen Elektrolyten aus.
- Mit der PEM-Elektrolyse kann grüner Wasserstoff produziert und dadurch Energie CO₂-frei gespeichert werden. Speziell die PEM-Technologie weist eine hohe Effizienz bei geringer Degradation und eine geringe Anlagengröße auf.
- Der Wasserstoff kann in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden, zum Beispiel in der Industrie, in der Mobilität oder zur Speicherung volatiler Erneuerbarer Energien.

DAS BESONDERE:

- Es ist möglich eine Elektrolyse anzubieten, deren Abwärme im Quartier nutzbar ist und die dadurch einen besonders hohen Gesamtwirkungsgrad erzielt.
- Das Elektrolysesystem kann netzdienlich betrieben werden, was neben der Systemdienlichkeit monetäre Vorteile bringt.



Abb. 2: PEM-Elektrolyse im Werk

Quelle: AREVA H₂Gen



Abb. 3: PEM-Elektrolyse installiert

Quelle: AREVA H₂Gen



Abb. 4: Installierte Wasserstofftankstelle in Nantes (PEM-Elektrolyse links im Bild)

Quelle: AREVA H₂Gen

HYDROGEN-PYROLYSE 2020

Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100

ZIELE DES F&E VORHABENS:

- Aus nicht recyclebaren Kunststoffen oder aus Treibseln (Algen und Seegras) soll speicherbare Energie erzeugt werden. Hierfür entwickeln wir ein Verfahren, das wir HPS-Technologie (Hydrogen Pyrolyse System) nennen.
- Mit der HPS-Technologie erzeugen wir künstliches Erdgas. Dieses kann zum Beheizen von Wohneinheiten genutzt werden. Ebenso kann man dieses Erdgas tanken, wenn man ein dafür vorbereitetes Fahrzeug fährt. Pro Liter spart man ca. 30 bis 40% im Vergleich zu Benzin.

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

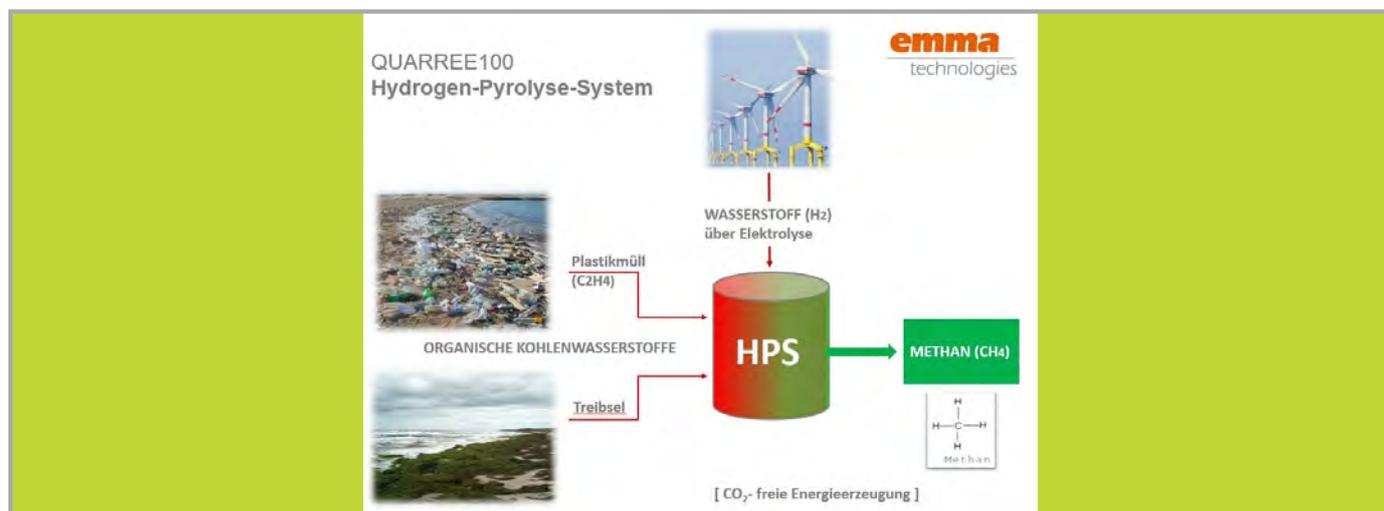
- Einen speziellen Reaktor, den wir als Ofen bezeichnen können,
- Wasserstoff.
- Wenn Windkraftanlagen Strom erzeugen, der nicht abgerufen werden kann, fließt er in eine industrielle Elektrolyseanlage, die aus Wasser in einem Schritt Wasserstoffgas bereitstellt. Als Nebenprodukt entsteht Sauerstoffgas.
- „Plastikmüll“ (z.B. Polyethylen – aus diesem Material bestehen Joghurtbecher) oder Treibsel (Algen und Seegras), die man an den Nord- und Ostseestränden findet.

WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

- Wir leiten Wasserstoff und geschredderte „Plastikteilchen“ (oder Treibsel) in unseren Reaktor. Darin laufen bei hohen Temperaturen von ca. 900°C chemische Prozesse ab. Aus dem zugeführten Wasserstoff und dem „Plastikabfall“ oder den Strand-Treibseln entsteht künstliches Erdgas mit einem sehr hohen Reinheitsgrad.

DAS BESONDERE:

- Da Deutschland für den aus Windkraft erzeugten Strom, den wir nicht abrufen, viel Geld bezahlt, damit man ihn ins Ausland exportieren kann, ist es sinnvoll, dass unsere Partner im QUARREE100-Projekt mit diesem Strom Wasserstoff bereitstellen. Diesen Wasserstoff benötigen wir für unser spezielles HPS-Verfahren. Ebenso benötigen wir Plastik (nicht recyclebarer Kunststoff) oder Treibsel (störender pflanzlicher Abfall an unseren Küsten).
- Somit hilft unsere Technologie diesen Abfall zu verwerten und daraus kostengünstig Energie zu erzeugen.



Das Hydrogen-Pyrolyse-Verfahren zur Verwertung von Abfall und Erzeugung von synthetischem Erdgas

Quelle: emma technologies

Forschungsstelle für Energienetze und Energiespeicher (FENES) der OTH Regensburg THERMOCHEMISCHES ENERGIESPEICHERSYSTEM

Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100

ZIELE DES F&E VORHABENS:

Die OTH Regensburg entwickelt ein System, das fluktuierende erneuerbare Energien in Form von Wasserstoff zwischenspeichern kann. Ein Elektrolyseur verwendet hierbei den Strom, um Wasser zu Sauerstoff und Wasserstoff zu spalten. Der Wasserstoff wird in einem neuartigen Energiespeicher, basierend auf Eisenoxid-Pellets, bei hohen Temperaturen zwischengespeichert. Für die Rückverstromung wird der Wasserstoff in einen angepassten Verbrennungsmotor geführt.

Das System kann so letztendlich zur emissionsfreien Bereitstellung von Strom und Wärme verwendet werden und bei Bedarf Wasserstoff zur Verfügung stellen. Die potentielle Anbindung des Systems an das Stromnetz und ein Quartier ist in Abbildung 1 dargestellt. Mithilfe des Systems könnten z. B. die Bürger des Rüsdorfer Kamps den lokal vorhandenen Windstrom dank der Zwischenspeicherung auch zu windstillen Zeiten nutzen.

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

Die Zusammenführung der einzelnen Komponenten zu einem Speichersystem ist in Abbildung 2 dargestellt. Neben dem Elektrolyseur, dem Eisen-Redox-Speicher und dem Motor, macht auch die Verwendung eines Sauerstoffspeichers Sinn. So kann der im Elektrolyseur als Nebenprodukt anfallende Sauerstoff im Motor verwendet werden.

WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

Den Kern des Systems bildet der Eisen-Redox-Speicher, dem der Wasserstoff aus dem Elektrolyseur zugeführt wird. Basierend auf einer thermochemischen Reaktion bei über 700°C reagiert der Wasserstoff mit Eisenoxid Fe_3O_4 und reduziert dieses zu reinem Eisen Fe, dargestellt entlang des oberen Pfads in Abbildung 3. Der dabei frei werdende Wasserdampf H_2O kann wiederum zum Elektrolyseur geleitet werden.

Während des Auspeicherns wird dem reversiblen Speicherprozess überhitzter Wasserdampf zur Oxidation der Eisen-Pellets zugeführt. Dadurch reagieren die Pellets unter Freisetzung von Wasserstoff wieder zu dem anfänglichen Eisenoxid zurück, dargestellt über den unteren Pfad in Abbildung 3. Der dabei frei werdende Wasserstoff wiederum kann beliebig genutzt werden.

DAS BESONDERE:

Da in Quartieren primär Energie in Form von Strom und Wärme benötigt wird, beinhaltet das Eisen-Redox-Speichersystem als zentrales Kernelement einen für den Betrieb mit Wasserstoff angepassten Verbrennungsmotor. Neben dem Wasserstoff-Wasserdampf-Gemisch aus dem Speicher benötigt der Motor noch eine Zufuhr von Sauerstoff für die Verbrennung und Wasser für die Temperaturregelung. Dieser Motor stellt gekoppelt mit einem Generator eine kostengünstige Möglichkeit zur Rückverstromung von Wasserstoff dar.

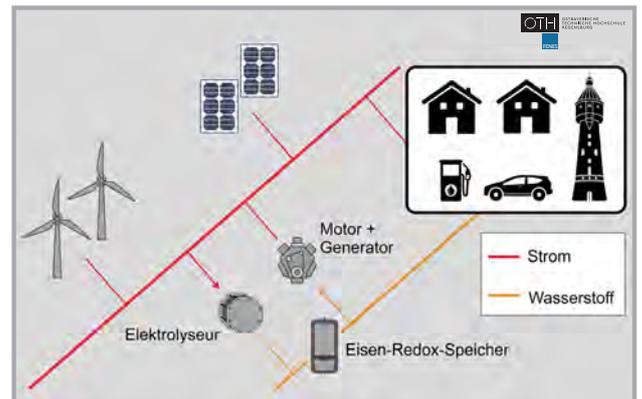


Abb. 1: Potentielle Anbindung des Eisen-Redox-Speichersystems an das Stromnetz und Integration in ein Quartier. Quelle: OTH Regensburg

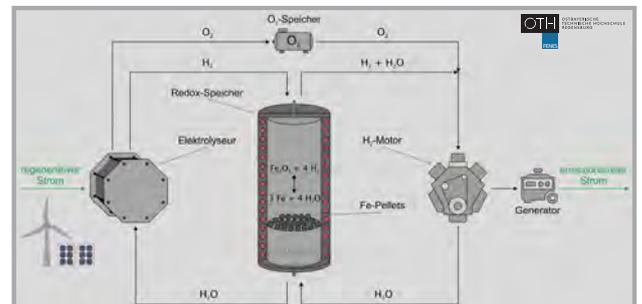


Abb. 2: Schematische Darstellung des gesamten Eisen-Redox-Speichersystems. Quelle: OTH Regensburg basierend auf Tilo Roß, Antje Heine (Hrsg.) „Der Verbrennungsmotor – ein Antrieb mit Vergangenheit und Zukunft“

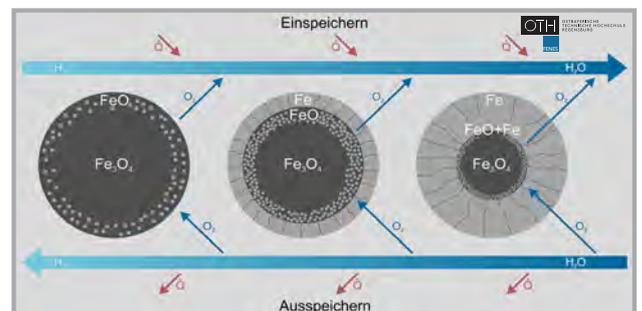


Abb. 3: Speicherprinzip des Eisen-Redox-Reaktors. Schematische Darstellung des Ein- und Auspeicherns von Wasserstoff an Eisenpellets. Quelle: OTH Regensburg basierend auf Berger, Cornelius (Hrsg.) „Sauerstoffspeicher für die oxidkeramische Batterie: Herstellung, Charakterisierung und Betriebsverhalten“

FISCHER-TROPSCH-SYNTHESE

Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100



ZIELE DES F&E VORHABENS:

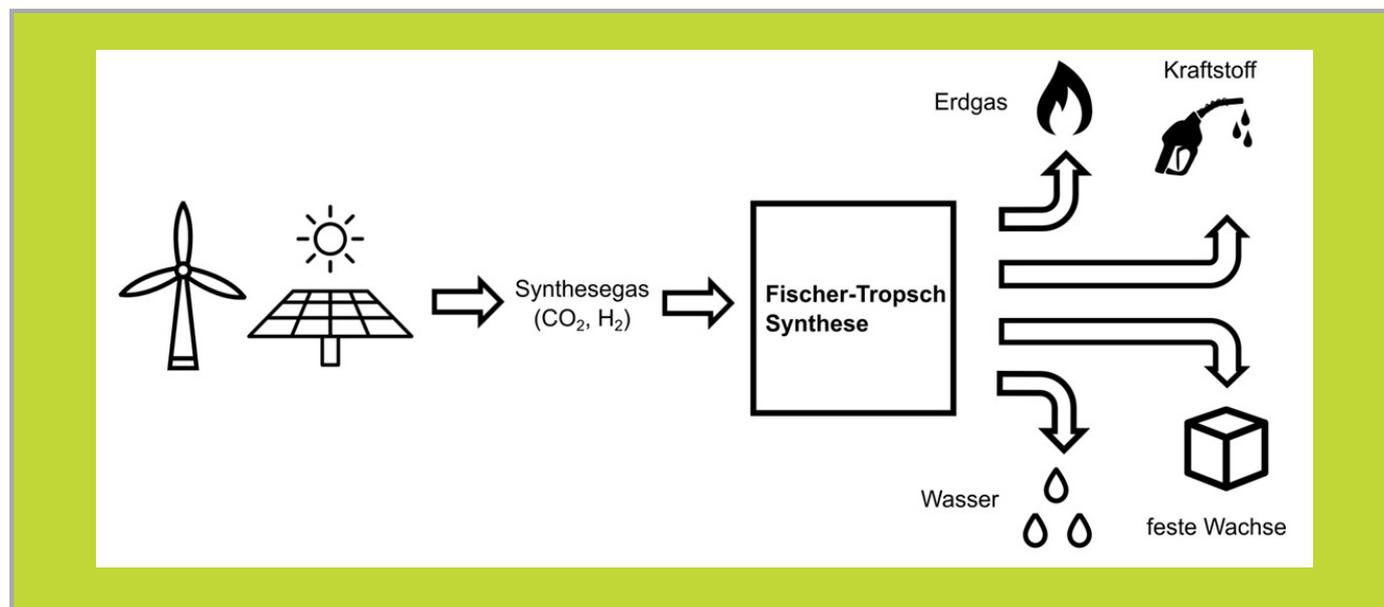
- Konzeptionierung und Aufbau von Laboranlagen, um den Einfluss von Lastwechseln auf die Fischer-Tropsch-Synthese (FTS) zu untersuchen,
- Entwicklung von Methoden zur direkten Probennahme und Onlineanalyse der Fischer-Tropsch-Produkte.

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

- Einen Versuchsaufbau, welcher Produkte ohne Verzögerung und aufwändige Trennverfahren ausschleust,
- Messverfahren und Analysegeräte, sowohl für die Analyse von entstehenden Gasen, als auch für die flüssigen Produkte.

WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

- Ungenutzte Energie aus erneuerbaren Energiequellen wird zur Herstellung von Wasserstoff (H_2) und zum Einfangen von Kohlendioxid (CO_2) aus der Luft verwendet.
- Durch die Kombination von Katalysatoren (feine Metallpartikel) mit Druck und erhöhter Temperatur entstehen aus den Gasen zu einem gewissen Anteil Wachs, Kraftstoff oder Erdgas.
- Die so hergestellten Energieträger sind CO_2 -neutral und können den Übergang von der Nutzung fossiler Energieträger hin zu einer umweltfreundlicheren Wasserstoffwirtschaft ermöglichen.



DAS BESONDERE:

- Im Normalfall stellt sich ein Betriebszustand für die FTS über Tage hinweg ein.
- Die Produkte werden erst in großen Behältern mit viel Rückvermischung voneinander getrennt – eine Analyse des Zeitverhaltens bei An- und Abfahren der Anlage ist momentan unmöglich.
- Durch die direkte Probennahme und eine schnelle Analytik kann der Einfluss von Lastwechseln untersucht werden; eine daraus abgeleitete Betriebsweise ermöglicht den Anschluss der FTS an erneuerbare Energiequellen, welche inkonsistent Input liefern.

ALKALISCHER WASSERELEKTROLYSEUR

Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100

ZIELE DES F&E VORHABENS:

- Entwicklung und Aufbau eines alkalischen Elektrolysesystems in der Leistungsklasse 100 kW mit ZSW-Blockdesign,
- Effizienzerhöhung der alkalischen Elektrolyse (AEL) im Maßstab 100 kW.

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

- ein weiter entwickeltes alkalisches 100 kW Druckelektrolysesystem,
- ein ZSW-eigenes Zellrahmenkonzept und
- einen spezialisierten 1 kW Elektrolyse-Druckteststand (siehe Abbildung 1) zur vergleichenden Vermessung von Elektroden-Beschichtungen.

WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

- Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) werden in einer Elektrolysezelle unter Einsatz von elektrischem Strom durch Wasserspaltung an den Elektroden, Kathode und Anode, erzeugt. Zwischen den Elektroden befindet sich eine Membran, die die Mischung der beiden Gase verhindert. Das Wasser wird mit einer Lauge leitfähig gemacht, die sich nicht verbraucht.
- Viele Zellen werden zu einem Elektrolyseblock zusammengefügt, so dass einem kleinen kompakten Volumen viel Gas produziert werden kann.
- Der Elektrolyseblock wird in einer Elektrolyseanlage betrieben, die alle Zellen gleichzeitig mit Wasser-Laugengemisch und elektrischem Strom versorgt, die Produktgase getrennt abführt, kühlt, Wasser abtrennt, rückgewinnt und in den Laugen-Kreislauf zurückführt.
- Die besondere Kunst beim Bau einer Elektrolyseanlage ist, dass nicht nur die Baukosten möglichst niedrig sein müssen, sondern auch, bei sehr langer Lebensdauer, der Energieverbrauch zur Erzeugung von Wasserstoff sehr niedrig sein soll. Für einen Kubikmeter Wasserstoff mit einem Energieinhalt von 3,55 kWh soll zur Erzeugung weniger als 4,3 kWh Energie verbraucht werden.

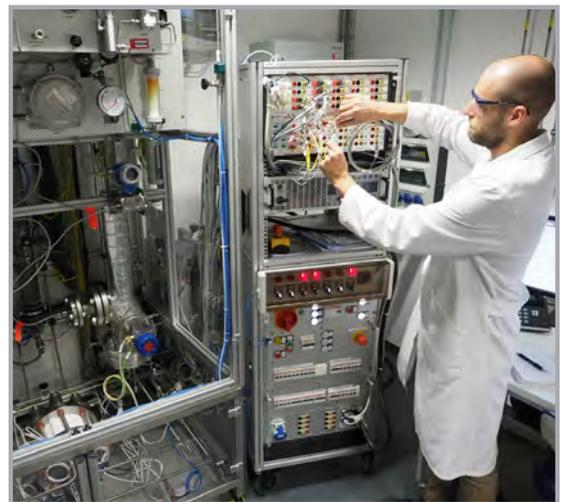


Abb. 1: 1 kW Elektrolyse-Druckteststand zur Untersuchung von Elektrodenbeschichtungen
Quelle: ZSW



Abb. 2: Alkalischer Druckelektrolyse-Teststand mit 100 kW Block (links) Quelle: ZSW

DAS BESONDERE:

Konsequente Weiterentwicklung der alkalischen Elektrolyse-technologie nach technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Dadurch entstand:

- ein weiterentwickeltes, modernisiertes Druckelektrolysesystem mit Betriebszulassung (siehe Abbildung 2) mit
- einer Anlagensteuerung für den automatisierten Betrieb mit moderner Bedienoberfläche nach aktuellem Standard,
- ein vergleichender Überblick über moderne Elektrodenbeschichtungen aus verschiedenen Herstellungsverfahren,
- ein weiterentwickeltes Elektrodenpackage mit moderner, optimierter Elektrodenbeschichtung und reduziertem Energieverbrauch für die Gaserzeugung und
- ein weiterentwickelter Elektrolyseblock mit betriebs- und fertigungsoptimiertem Zellrahmen, der die neuen Elektrodenpackages enthält und im neuen Druckelektrolysesystem betrieben und detailliert untersucht werden kann.

PLATTENREAKTOR



Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100

ZIELE DES F&E VORHABENS:

- Erneuerbares Methan, das chemisch gesehen Erdgas entspricht, wird aus Wasserstoff (siehe Elektrolyse) und Kohlendioxid hergestellt. Mit diesem können Erdgasfahrzeuge betankt werden oder es wird zur Verteilung und Speicherung ins Erdgasnetz eingespeist.

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

- „Grünen“ Wasserstoff aus der Elektrolyse, die mit erneuerbarem Strom betrieben wird und Kohlendioxid aus einem Speicher,
- einen Methanisierungs-Reaktor, in dem bei 250°C und mit Hilfe eines Katalysators Methan aus Wasserstoff und Kohlendioxid entsteht.
- Der Methanisierungs-Reaktor ist Teil der Tankstelle der Zukunft und produziert Methan zur Betankung von Erdgasfahrzeugen.
- Da Methan dauerhaft gespeichert werden kann, wird immer dann produziert, wenn der erneuerbare Strom gerade nicht unmittelbar verwendet werden kann, wie z. B. zum Laden der Elektrofahrzeuge und zum Auffüllen stationärer Batteriespeicher.



WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

- Wasserstoff und Kohlendioxid werden gasförmig in den Methanisierungs-Reaktor geleitet. Dort reagieren sie an einem Katalysator bei 250°C zu Methan und Wasser. Beim Abkühlen kondensiert das Wasser aus. Reste von Wasserstoff und Kohlendioxid werden abgetrennt und in den Reaktor zurückgeführt. Diese Reaktion muss nicht geheizt werden, sondern erzeugt zusätzlich zum Methan Wärme, die für Heizzwecke oder zum Betrieb von anderen Herstellungsprozessen genutzt werden kann.

DAS BESONDERE:

- Methanisierungs-Reaktoren gibt es schon seit 100 Jahren, wobei diese bislang zur Methanherzeugung aus Synthesegas (Kohlenmonoxid und Wasserstoff) aus der Kohlevergasung eingesetzt wurden. Für die Anwendung als Teil der Tankstelle der Zukunft wären diese frühen Methanisierungs-Reaktoren nicht geeignet, weil sie nur in einem konstanten Modus betrieben werden können. Diese älteren und großen Modelle können nicht an ein schwankendes Energie- und Stoffstromangebot oder eine variierende Methannachfrage angepasst werden.



Plattenreaktor zur Methanisierung im Aufbau (oben) und als Modul für den Einsatz in der Tankstelle der Zukunft (unten)
Quelle: ZSW

TANKSTELLE DER ZUKUNFT

Eine Entwicklung im Rahmen des Projekts QUARREE100



ZIELE DES F&E VORHABENS:

Die Tankstelle der Zukunft bietet für alternativ angetriebene Fahrzeuge regenerative Kraftstoffe an. Hierzu zählen vor allem elektrische Energie für batteriebetriebene Elektro-Fahrzeuge, Wasserstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge und synthetisch hergestelltes Erdgas (durch Methanisierung) für sogenannte CNG-betriebene (Compressed Natural Gas) Fahrzeuge. Die Bereitstellung dieser Kraftstoffe wird vom Angebot der Erneuerbaren Energien gestaltet und in festgelegten Abläufen nacheinander („kaskadierend“) gesteuert, wobei immer der höchsten Effizienz, Ökostrom für Elektrofahrzeuge, dann Wasserstoff-Erzeugung und erst danach Methan-Erzeugung, Vorrang eingeräumt wird.

WAS BENÖTIGEN WIR DAFÜR:

Die notwendigen Systeme einer „Tankstelle der Zukunft“ sind:

- Elektrischer Energiespeicher
- Elektrolyseanlage zur Erzeugung von Wasserstoff
- Methanisierungs-Reaktor zur Erzeugung von Methan
- Kohlendioxidquelle und Speicher
- Wasseraufbereitung für die Elektrolyseanlage
- Gesamtanlagensteuerung
- Tankstelle mit Ladesäulen, Zapfsäulen und Gasspeichern

WIE FUNKTIONIERT DIE TECHNOLOGIE:

- Elektrische Energie kann direkt aus erneuerbarer Energie hergestellt werden
 - bei Windkraftanlagen durch einen Elektrogenerator am Rotor,
 - die Halbleiterelemente der Photovoltaikmodule erzeugen Gleichstrom,
 - Laufwasser oder Wellenkraftwerke treiben Elektrogeneratoren an.

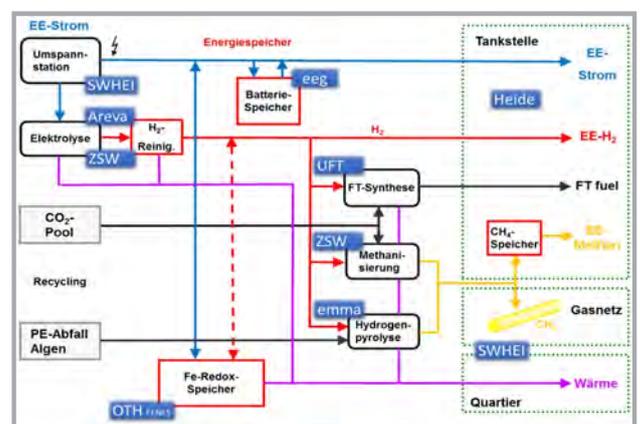
Zum wirtschaftlichen Einkauf und der Zwischenspeicherung für die Fahrzeugbeladung wird die elektrische Energie in einem stationären Akkuspeicher zwischengespeichert.

- In einer Elektrolysezelle wird an zwei Elektroden unter Einsatz von Ökostrom aus Wasser Sauerstoffgas und Wasserstoffgas erzeugt. Viele Zellen werden zu einem Elektrolyseblock verschaltet und können in einer kompakten Anlage eine größere Menge an Wasserstoff und Sauerstoff erzeugen. Die Menge des erzeugten Gases ist direkt proportional zum eingesetzten elektrischen Strom.
- In einem Methanisierungs-Reaktor werden an einem Katalysator wie z.B. Nickelmetall, gasförmiger Wasserstoff und Kohlendioxid in gasförmiges Methan und Wasserdampf umgewandelt.
- Eine Wasseraufbereitungsanlage erzeugt aus einem weiten Rohwasserangebot von Brack-, über See-, bis zu Trinkwasser, in mehreren Reinigungsstufen Reinwasser, das für eine lange Lebensdauer der Elektrolyseelektroden, Katalysatoren und Wärmetauscher sorgt.

DAS BESONDERE:

Die kaskadierte, wirkungsgrad- und bedarfsgesteuerte Bereitstellung von Kraftstoffen aus erneuerbarer Energie mit hohem Apparate-Wirkungsgrad bei Elektrolyse und Methanisierung, beginnend mit

- der direkten Nutzung von Strom in der Elektromobilität mit batterie-elektrischen und Batterie-Hybrid-Fahrzeugen. Dies hat aus Effizienzgründen Vorrang.
- Erfolgt keine Betankung von Elektrofahrzeugen, wird die stationäre Tankstellen-Batterie geladen, um elektrische Energie für batterie-elektrische Fahrzeuge vorzuhalten.
- Bei voller stationärer Speicherbatterie wird der Strom zur Erzeugung von Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge genutzt.
- Ist der Wasserstoffspeicher voll, wird weiterer Wasserstoff der Methanisierung zur Methan-Erzeugung für die Erdgasfahrzeug-Betankung zugeführt.
- Ist die Aufnahmefähigkeit des Methanspeichers an der Zapfsäule erreicht, soll in das Erdgasnetz eingespeist werden.
- Das Tankstellenkonzept bietet auch die Möglichkeit, weitere Kraftstoffherstellungs- und Speicherkonzepte, die in diesem Projekt entwickelt werden, zu integrieren. Dies sind die Methanherstellung per Hydrogenpyrolyse der emma technologies GmbH, der elektrochemische Eisen-Redox-Energiespeicher der Hochschule Regensburg OTH, der Fischer-Tropsch-Reaktor des UFT der Universität Bremen zur Erzeugung von synthetischen Benzinen aus erneuerbarer Energie und die Wärmeversorgung des Quartiers aus der Elektrolyse-Abwärme der Firma Areva H2Gen GmbH.



Konzept der kaskadierten Tankstelle der Zukunft

Quelle: ZSW