Wasserstoff

# Für die Raffinerie der Zukunft

Das erste Reallabor des Bundeswirtschaftsministeriums fokussiert auf Wasserstofftechniken. Die Raffinerie Heide in Hemmingstedt baut dafür eine 30-Megawatt-Elektrolyseanlage.

Wasserstoff gilt als ein Schlüsselelement der Energiewende. Als Sekundärenergieträger ist er entscheidend bei der Kopplung der Sektoren Strom, Mobilität und Wärme. Dabei darf Wasserstoff nicht mehr $CO_2$-Emissionen verursachen als verhindern. Er darf also nicht aus fossilen Brennstoffen stammen (grauer $H_2$), sondern muss aus Wasser elektrolysiert werden, und zwar ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Quellen (grüner $H_2$).

## Traditionelle Verfahren der Wasserstofferzeugung

Die Raffinerie Heide in Schleswig-Holstein (Abbildung, S. 26) gewinnt Wasserstoff als Nebenprodukt des katalytischen Reformings aus dem Platformer-Prozess (platinum reforming). Bei diesem Konversionsprozess entstehen aus Paraffinen, Naphthenen und Aromaten mit Kohlenstoffzahlen zwischen C5 und C12 Gemische mit einer hohen Oktanzahl. Sie werden zu Benzin oder in der chemischen Industrie weiterverarbeitet.

Ein weiteres Raffinerieverfahren, bei dem Wasserstoff entsteht, ist die Dampfreformierung nach den Reaktionsgleichungen

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2 \text{ und}$$
$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2.$$

## Das Projekt Westküste 100

Es ist möglich, grauen Wasserstoff vollständig durch grünen Wasserstoff zu ersetzen. Auf diese Weise ließen sich etwa drei Prozent der weltweiten $CO_2$-Emissionen einsparen. Die Raffinerie Heide will diese Entwicklung vorantreiben. Dabei ist das Projekt Westküste 100 entscheidend.

Im August 2020 ist dazu das erste Wasserstoffprojekt im Rahmen des Programms „Reallabore der Energiewende“ in Deutschland gestartet. Das auf fünf Jahre angelegte Projekt soll die überschüssige Windenergie Norddeutschlands nutzen, um grünen Wasserstoff in industriellem Maßstab zu erzeugen und die Emissionen durch Wärme, Transport und Industrie von etwa einer Million Tonnen $CO_2$ pro Jahr zu senken.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert das Projekt mit 30 Millionen Euro. Weitere 60 Millionen Euro tragen die Raffinerie Heide und neun Partner bei. Sollte der Praxistest für grünen Wasserstoff gelingen und das Vorhaben wirtschaftlich sein, soll ab dem Jahr 2023 die Planung für den nächsten Ausbauschritt beginnen: eine 700-MW-Elektrolyse bis zum Jahr 2030.

## Im industriellen Maßstab

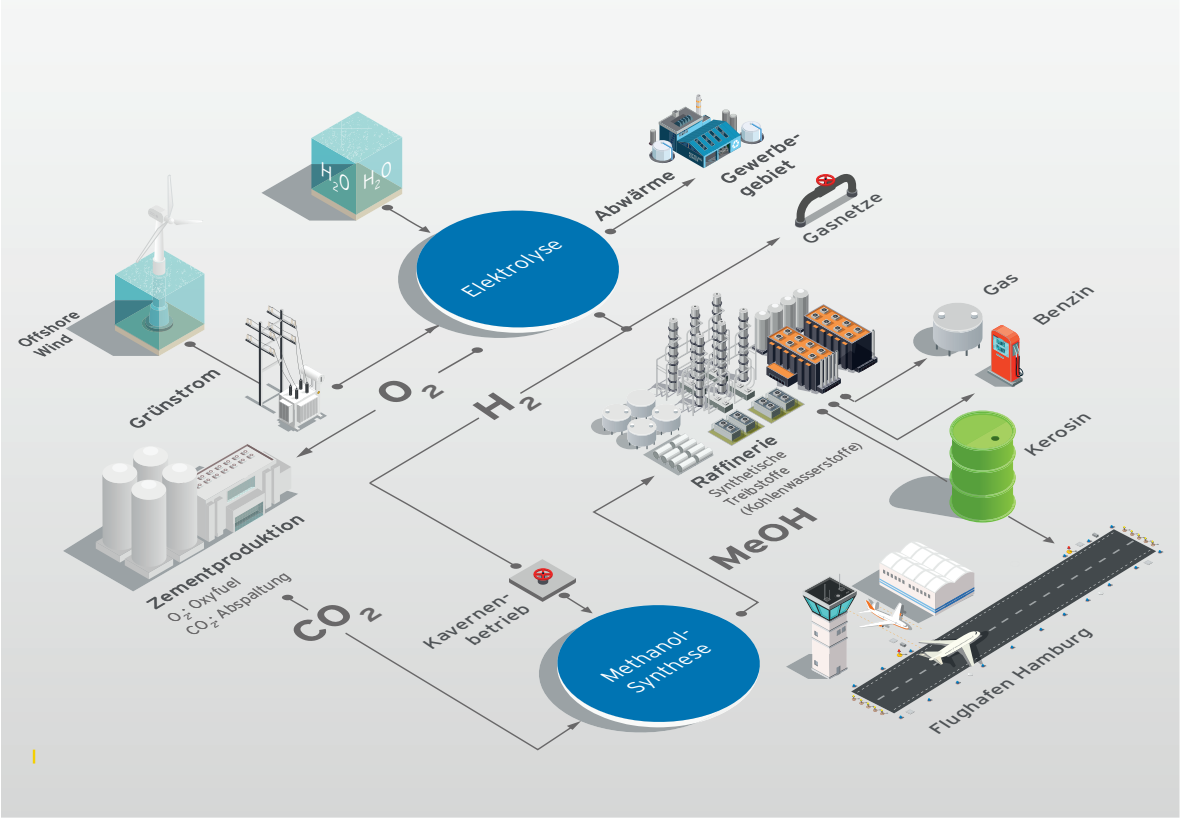
Der Ansatz des Reallabors verzahnt unterschiedliche Stoffkreisläufe innerhalb einer bestehenden regionalen Infrastruktur (Abbildung rechts): Die mit Windkraft erzeugte Energie liefert an der Raffinerie Heide durch Elektrolyse Wasserstoff. Parallel zum Elektrolysebetrieb soll über eine neue Pipelinetechnik ein Wasserstoffnetz zwischen der Raffinerie, den Stadtwerken, einem Kavernensystem und dem Erdgasnetz entstehen. Das Kavernensystem speichert den Wasserstoff und soll die Windenergie in einen kontinuierlichen Stoffstrom zur industriellen Nutzung überführen.

## Die chemischen Prozesse

Das Elektrolyseverfahren erzeugt durch Strom Wasserstoff und Sauerstoff. Wenn der für die Elektrolyse benötigte Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, ist die Produktion $CO_2$-frei.

Für dieses Verfahren gibt es mehrere Techniken mit Vor- und Nachteilen. Die bisher bekanntesten Verfahren sind die alkalische Elektrolyse (AEL), die Proton-Exchange-Membranelektrolyse (PEMEL) und die Festoxidelektrolyse (SOEL). Zu den weniger entwickelten Verfahren zählen die Hochfrequenzelektrolyse und die Salzwasser-Coelektrolyse.

Den Beitrag verfassten **Sandra Niebler** und **Jürgen Wollschläger.** Niebler ist Verfahrensingenieurin und Bereichsleiterin Commercial & Economics bei der Raffinerie Heide. Sie studierte Verfahrenstechnik bis zum Jahr 2002 in Erlangen und promovierte in Karlsruhe an der Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik. Seit dem Jahr 2005 ist sie im Raffineriegeschäft. Wollschläger ist seit dem Jahr 2013 Geschäftsführer der Raffinerie Heide. Seit dem Jahr 2000 ist er in der Raffineriebranche tätig. Zuvor absolvierte er ein Studium zum Wirtschaftsingenieur an der Fachhochschule Osnabrück.




**Wasserstofferzeugung und Dekarbonisierung im industriellen Maßstab. Aus Wasser entsteht mit Strom aus Windkraft Wasserstoff. Die Abwärme geht in das nah gelegene Gewerbegebiet, der Sauerstoff in die Zementproduktion, und der Wasserstoff dient vielen Anwendungen.** Quelle: westkueste100.de

Die Verfahren unterscheiden sich etwa im Wirkungsgrad, im Reifegrad der Technik (technology readiness level, TRL), bei den Investitionskosten etwa für Maschinen und Gebäude, bei Lebensdauern, Produktreinheit, Kaltstartfähigkeit, Effizienz unter Teillast, den Katalysatoren sowie Druck- und Temperaturstufen. Ein sorgfältiges Technikscreening ist daher wichtig beim Forschungs- und Entwicklungsprojekt der Raffinerie Heide.

## Das Hydrocrackerverfahren

Klassischerweise wird der erzeugte Wasserstoff in der Raffinerie unmittelbar weiterverwendet. Ein Beispiel ist die Herstellung von Dieseltreibstoff. Hier werden in einem Hydrocracker schwere Vakuumdestillate in leichtere und höherwertige Produkte umgesetzt.

In diesem katalytischen Crack-Prozess finden Hydrierungs- und Dehydrierungsreaktionen sowie das Cracken von Kohlenwasserstoffketten statt. Stickstoffverbindungen werden in Ammoniak umgewandelt, unerwünschte Bestandteile wie Schwefel und Sauerstoff entfernt und stark verzweigte, gesättigte Kohlenwasserstoffe gebildet.

## Wasserstoff und Kohlendioxid

Ziel des Projekts Westküste 100 ist es, langfristig nicht nur den grauen Wasserstoff im Raffinerieprozess zu ersetzen, sondern auch mit grünem $H_2$ und $CO_2$ synthetische Kohlenwasserstoffe für Transport und Industrie zu erzeugen.

Deshalb sieht das Reallabor mehr als die regenerative Wasserstoffproduktion vor. Ein weiterer Schritt ist die Herstellung von Methanol aus $H_2$ und $CO_2$. Als mögliche $CO_2$-Lieferanten bieten sich die Raffinerie selbst sowie ein regionaler Zementhersteller an. Hier ist geplant, die Zementherstellung auf das Oxyfuel-Verfahren umzustellen: Statt mit Luft wird dann mit fast reinem Sauerstoff verbrannt, der beispielsweise aus der Elektrolyse kommt.

### AUF EINEN BLICK

Mit 30 Millionen Euro für das Projekt Westküste 100 hat das Bundeswirtschaftsministerium das erste Reallabor mit Fokus auf Wasserstofftechniken gestartet.

Die Raffinerie Heide in Hemmingstedt wird Standort einer 30-MW-Elektrolyseanlage für Wasserstoff.

Sie realisiert und erprobt eine regionale Wasserstoffwirtschaft im industriellen Maßstab.

Die Raffinerie Heide mit Windkraftanlagen im Hintergrund. Foto: Raffinerie Heide

### Flugbenzin aus Kohlendioxid

Das $CO_2$, das als Nebenprodukt aus dem Oxyfuel-Prozess kommt, ist sehr sauber. Es lässt sich auffangen und zu höherwertigen Produkten weiterverarbeiten (carbon capture and utilization, CCU). So entstehen zum Beispiel über einen Synthesegas-Zwischenschritt längerkettige synthetische Kohlenwasserstoffe. Zu deren Folgeprodukten gehört etwa Flugbenzin.

Für diese Synthese gibt es verschiedene Techniken, darunter die Hochtemperatur-Fischer-Tropsch-(HT-FT)-, die Niedertemperatur-Fischer-Tropsch(LT-FT)-, die Syngas-to-dimethylether(STD)-, die Conversion-of-olefin-to-distillate(COD)- und die Mobil-olefins-to-gasoline-and-distillate(MOGD)-Technik.

Dies ist Gegenstand eines zweiten Forschungs- und Entwicklungsprojekts der Raffinerie Heide: Kerosyn 100. Es soll Kerosin als strombasierten Kraftstoff entwickeln und herstellen. Damit dies gelingt, werden die hierfür notwendigen Prozessschritte Methanol-to-Olefins, Olefins-to-Jet und die nachgelagerte Hydrierung zu einer industriefähigen Technik entwickelt.

Um grünes Flugbenzin zu produzieren, setzt die Raffinerie auf die Methanol-Synfuels-Synthese. Dabei wird das Methanol in der Raffinerie in Kerosin – eine Mischung aus C9- bis C13-Kohlenwasserstoffen – umgewandelt. Dabei entstehen über Zwischenprodukte wie Dimethylether und Olefine langkettige Kohlenwasserstoffe, die durch Hydrierung zu flüssigen Treibstoffen wie Benzin, Diesel und Kerosin werden. «

## Bioökonomie, Kohlendioxid und Klima

**Strategisch vorgehen** | Die Nationale Bioökonomiestrategie der Bundesregierung bezieht sich auf 12 der 17 Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen, auf die sich die Staatengemeinschaft im Jahr 2015 in New York verständigt hat. Die Veröffentlichung zeigt die Forschungs- und Förderlandschaft zur Bioökonomie in Deutschland, darunter das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand, Demonstrationsanlagen und Reallabore [diese *Nachrichten*, S. 24].
*Langfassung Bioökonomiestrategie: t1p.de/kwml; Fördermaßnahmen im Überblick: t1p.de/wju7*

**Schrott recyclen** | Um in kleinen Schrottteilen Sonderlegierungen zu identifizieren, empfiehlt das Aachener Fraunhofer Institut für Lasertechnik (ILT) Laseremissionsspektroskopie (laserinduzierte Breakdown-Spektroskopie, LIBS). Zusammen mit dem Karlsruher Unternehmen Cronimet Ferroleg startete das ILT eine Pilotanlage, die Sonderlegierungen sortiert. Nun soll mit 15 europäischen Partnern ein Sensor entstehen, der sich in bestehende Industrieanlagen einbauen lässt und so den Recyclingprozess effizienter macht.
*revamp-project.eu*

**Demoanlagen nutzen** | Start-ups, kleine und mittlere Unternehmen unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) dabei, bioökonomische Produkte und Verfahren, die sie im Labormaßstab entwickelt haben, großtechnisch umzusetzen. Forschungseinrichtungen können als Kooperationspartner mitwirken. Das BMWi bezuschusst Unternehmen, die Demonstrationsanlagen nutzen, unterstützt etwa bei Vertragsverhandlungen mit Anlagenbetreibern, Schutzrechtsvereinbarungen und Innovationsberatungen. Zudem fließen Gelder für Studien, die zeigen, ob unternehmenseigene Demonstrationsanlagen machbar sind, und in Marktstudien zur Bioökonomie.
*bmwi.de/industrielle-biooekonomie*

**Schadstoffe verringern** | Ruß, Methan und bodennahes Ozon müssen stärker reguliert werden, sagt Kathleen Mar, Atmosphärenchemikerin am Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) in Potsdam. Sie empfiehlt, die Emission dieser kurzlebigen klimawirksamen Schadstoffe (short-lived climateforcing pollutants, SLCPs) zu verringern. Atmosphäre und Klima würden darauf schneller reagieren als auf das Senken von $CO_2$-Emissionen; $CO_2$ reichert sich langfristig in der Atmosphäre an. Zu den Maßnahmen gehört, aus Deponiegas Energie zu gewinnen, statt es in die Luft gelangen zu lassen. Um SLCPs weiter zu reduzieren, müssten zudem Land- und Abfallwirtschaft Methan- und Rußemissionen reduzieren, und die Industrie müsste weniger Fluorkohlenwasserstoffe als Kältemittel verwenden.
*doi: 10.37207/CRA.3.1*

*Maren Bulmahn*