

# Katalysator(en) für die Energiewende

**Power-to-X: Wie aus Treibhausgasen wertvolle Chemikalien, Kraftstoffe und speicherbare Energie entstehen**

Jeden Tag steigt ein stetiger Strom von Treibhausgasen in die Atmosphäre. Das meiste davon ist Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das hauptsächlich durch Energieerzeugung, Verkehr und Industrieproduktion ausgestoßen wird. Die Folgen dieser Emissionen werden immer deutlicher: Die Erdtemperatur liegt bereits 0,5 °C über dem Langzeitmittel. Die UN-Klimakonferenz von Paris 2015 strebte deshalb bis 2050 Kohlenstoffneutralität an, um die globale Erwärmung bis 2100 unter 2 °C zu halten. Wie lassen sich diese Ziele erreichen, wenn die Menschheit gleichzeitig immer mehr Energie und Rohstoffe benötigt?

Ein starkes Konzept zur Lösung dieses Dilemmas ist Power-to-X – die Umwandlung von erneuerbarem Strom in wertvolle Chemikalien, Kraftstoffe und Energieträger.



Marvin Estenfelder,  
Clariant

## Das Konzept Power-to-X

Bei Power-to-X-Verfahren wird zunächst erneuerbare Energie, die aus Wasser, Sonne oder Wind erzeugt wird, zur Elektrolyse von Wasser eingesetzt, um grünen Wasserstoff zu produzieren. Dabei kann der Wasserstoff selbst das Endprodukt sein, um Energie zu speichern und zu transportieren. Oder er wird in katalytischer Reaktion mit Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid aus Industrieabgasen bzw. mit Stickstoff aus der Luft genutzt, um Chemikalien wie Methanol, Methan und Ammoniak zu gewinnen. Auf diese Weise wandelt Power-to-X CO<sub>2</sub>-Emissionen in nützliche Rohstoffe um und hilft, schädliche Treibhausgase aus der Umwelt zu entfernen.

Das Power-to-X-Konzept eignet sich für vielfältige Anwendungen. Aufgrund seiner technischen Komplexität, flexiblen Einsetzbarkeit

und relativen Neuartigkeit erfordert Power-to-X jedoch die Zusammenarbeit von Spezialisten aus unterschiedlichen Bereichen, um optimale Prozess- und Kosteneffizienz zu erreichen. Die Technologie stützt sich häufig auf katalytische Reaktionen. Clariant kann sich hier mit seinem breiten Know-how und dem umfangreichen Katalysatoren-Portfolio – insbesondere für Synthesegasanwendungen – vielseitig einbringen. Die folgenden vier Fallstudien beschreiben einige der gemeinsam mit Partnern durchgeführten Projekte, die das Power-to-X-Konzept weiterentwickeln.

## Power-to-Gas: Synthetisches Erdgas als Autokraftstoff

Eine der frühesten Power-to-X-Anwendungen dient der Umwandlung von Wasserstoff aus erneuerbarem



Strom und CO<sub>2</sub> in synthetisches Erdgas. Das 2013 gemeinsam von Clariant und EtoGas gestartete Projekt ist auf Methanisierung in der damals neuen Power-to-Gas-Anlage von Audi in Werlte (Niedersachsen) ausgerichtet.

Die sog. „E-Gas-Anlage“ wurde auf die Erzeugung von durchschnittlich 1,4 Mio. m<sup>3</sup> erneuerbarem synthetischen Methan pro Jahr ausgelegt, um so ca. 2.800 t CO<sub>2</sub> chemisch zu binden und 1.500 Audi A3 Sportback g-tron-Fahrzeuge für eine Reichweite von 15.000 kohlenstoffneutralen Kilometern zu versorgen. Die von EtoGas geplante und gebaute Anlage arbeitet mit einem von Clariant speziell für die Methanisierungsanlage entwickelten Katalysator. Die Technologie wird auch eingesetzt, um überschüssige Energie im Gasetz zu speichern und so das Energieangebot gegenüber der Nachfrage auszugleichen.

## Carbon2Chem: Methanol aus Abgasen der Stahlproduktion

Das 2016 gestartete Carbon2Chem-Projekt ist eine vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte, branchenübergreifende Initiative zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stahlproduktion. Ziel ist die Umwandlung von Abgasen der Stahlindustrie zu wertvollen Chemikalien, wie Methanol. Bislang werden diese Stoffe in Stahlwerken nur als Energieträger zur Stromerzeugung eingesetzt.

Als Partner im Carbon2Chem-Projekt liefert Clariant leistungsfähige Methanol-Katalysatoren und das erforderliche Anwendungswissen. Das Unternehmen trägt auch zur vorgelagerten Abgasbehandlung bei, da sich Methanol nur aus gereinigten Abgasen gewinnen lässt. Für die Gasauflagerungsstufen stellt Clariant Adsorptionsmittel sowie fachliche Unterstützung für deren Einsatz bereit. Das auf diese Weise erzeugte Methanol wird vielseitig in der chemischen Industrie genutzt und eignet sich auch als emissionsarmer Kraftstoff.

## Gasverflüssigung in modularen Kompaktanlagen

Ineratec ist auf modulare chemische Reaktortechnologie zur Produktion von nachhaltigen Kraftstoffen und Chemikalien spezialisiert. Bemerkenswert an der Lösung des deutschen Unternehmens ist, dass der gesamte Prozess in transportierbaren Containereinheiten realisiert wird. Die Gasverflüssigung verbindet Wasserstoff aus erneuerbarem Strom mit Treibhausgasen, wie CO<sub>2</sub>, um klimaneutrale synthetische Kohlenwasserstoffe und Kraftstoffe zu erhalten.

Im Juni 2020 ist Clariant eine Partnerschaft mit Ineratec eingegan-

gen und unterstützt diese Technologie mit seiner Erfahrung und dem breitem Portfolio an Katalysatoren für die Aufbereitung von Synthesegas: Der Katalysator HyProGen R-70 hilft, erneuerbares Syngas durch eine umgekehrte Wassergas-Shift-Reaktion zu gewinnen – ein grundlegender Schritt in der Umwandlung von grünem Wasserstoff zu nachhaltigen Kraftstoffen. Der Katalysator MegaMax wird genutzt, um erneuerbares Methanol zu erzeugen, das als Kraftstoffzusatz, Lösemittel oder Rohmaterial für nachhaltige Chemikalien, wie grünes Polypropylen, verwendet werden kann. Bei der Produktion von erneuerbarem synthetischem Erdgas trägt der Katalysator Meth 134 zur effizienten Hydrierung von CO<sub>2</sub> zu Methan bei.

Der Mikrostrukturkern der modularen Ineratec-Reaktoren bietet eine große Oberfläche für den Wärme- und Massentransport. Hochexotherme Reaktionen, wie die Methanolsynthese oder CO<sub>2</sub>-Hydrierung, lassen sich in kompakten Containeranlagen effizient und sicher betreiben. Das ermöglicht eine große Reaktorproduktivität mit hoher Umwandlung pro Reaktordurchlauf. Diese neue Technologie für erneuer- und transportierbare Energie hat ein bedeutendes Potenzial im dezentralisierten Kraftstoffmarkt.

## Wasserstoff sicher speichern und transportieren

Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen ist ein effizienter und umweltverträglicher Kraftstoff. Gespeicherter Wasserstoff kann eine stabile Energieversorgung sicherstellen. Seine niedrige Dichte, hohe Entflammbarkeit und Flüchtigkeit stellen jedoch erhebliche Herausforderungen dar: Herkömmliche Wasserstoff-Speicherung und -Transport erfordern entweder starken Druck

(200 bis 700 bar) oder extreme Kühlung (bis -253 °C). Beides ist energieintensiv und mit Sicherheitsrisiken verbunden.

Hydrogenious LOHC Technologies hat eine Lösung für dieses Problem entwickelt: die chemische Bindung der H<sub>2</sub>-Moleküle in flüssigen organischen Wasserstoffträgern (Liquid Organic Hydrogen Carriers, kurz: LOHC). 2018 ging das Unternehmen eine Partnerschaft mit Clariant ein, um maßgeschneiderte Katalysatoren für diese Technologie zu erhalten. Die Hydrierung von flüssigem organischem Wasserstoffdibenzyltoluol mit dem Katalysator EleMax H ermöglicht in diesem Prozess das „Speichern“ von Wasserstoff, während die Dehydrierung mit EleMax D den Wasserstoff bei Bedarf wieder „freisetzt“. Die Katalysatoren wurden gezielt auf hohe Selektivität im Binden und Freisetzen des Wasserstoffs hin entwickelt, um die Lebensdauer und Effizienz der LOHC optimieren zu können.

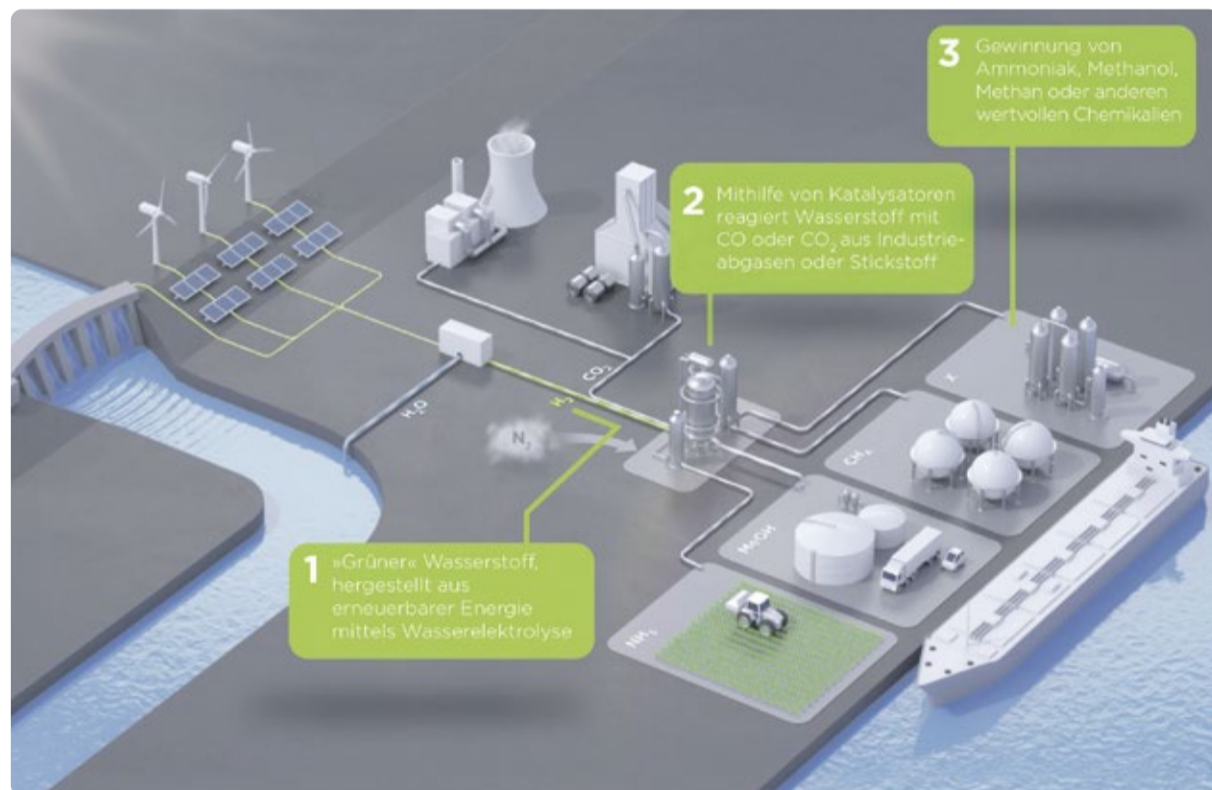
Diese nicht-explosive, nicht-toxische und nicht-entflammable, dieselähnliche Verbindung bleibt bei Umgebungsdruck in einem weiten Temperaturbereich von -39°C bis +390°C flüssig. Dies sorgt für hohe Sicherheit und Effizienz beim Lagern und Transport größerer Mengen grünen Wasserstoffs und leistet einen wichtigen Beitrag zu emissionsfreier Mobilität und für saubere industrielle Verfahren.

## Fazit: Kooperation ist dringend gefragt

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Durch nachhaltige Chemieproduktion, effektive Energiespeicherung und Reduzierung von Emissionen können Power-to-X-Technologien hier eine wesentliche Rolle spielen. Wie die beschriebenen Projekte zeigen, ist die Technologie in unterschiedlichen Branchen und Anwendungen umsetzbar. Als komplexe Schwellentechnologie erfordert Power-to-X jedoch noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen. Dringend gefragt ist deshalb die Zusammenarbeit von Experten aus verschiedenen Bereichen, um das Potenzial der Technologie auszu-schöpfen, sie wirtschaftlich noch attraktiver zu machen und handfeste Umweltvorteile zu erzielen.

Marvin Estenfelder, Leiter F&E,  
Clariant Catalysts, München

■ marvin.estenfelder@clariant.com  
■ www.clariant.com



So funktioniert das Konzept Power-to-X

SOURCING  
LOGISTIK  
DISTRIBUTION  
LOHNPRODUKTION

**DAS GANZE SPEKTRUM  
GEBÜNDELT IN EINEM  
PARTNER.**

Über 20.000 Kunden weltweit vertrauen auf uns als ihren Single Sourcing Partner für die bedarfsgerechte und sichere Distribution ihres chemischen Bedarfs.  
Kunde werden auf [hugohaeffner.com](http://hugohaeffner.com)

**HÄFFNER**  
GMBH & CO. KG

## Heraeus und BRAIN

### Biologische Rückgewinnung von Platinmetallen

Heraeus Precious Metals und BRAIN haben eine Kooperation zur biologischen Rückgewinnung von Platingruppenmetallen (PMG) aus industriellen Prozessströmen abgeschlossen. Ziel der Kooperation war die Entwicklung eines biotechnologischen Verfahrens, mit dem sich die Platingruppenmetalle umweltfreundlich aus industriellen Prozessströmen rückgewinnen lassen. Das Zwingenberger Biotechnologie-

unternehmen hat für diesen Zweck eine Technologieplattform etabliert, bei der optimierte Mikroorganismen die entsprechenden Metalle über spezifische chemische Oberflächenwechselwirkungen binden. Selbst bei hohen Metallkonzentrationen und extremen pH-Werten lassen sich die Mikroorganismen samt der gebundenen Platingruppenmetalle mit hoher Rückgewinnungsrate vom Industrieprozesswasser abtrennen.

## Thyssenkrupp und BASF

### Verfahren zur ressourcenschonenden Dehydrierung

Thyssenkrupp und BASF haben eine Entwicklungsvereinbarung zum Ausbau ihrer Zusammenarbeit beim Star-Prozess unterzeichnet. Bei diesem von Thyssenkrupp entwickelten Dehydrierungsprozess

wird unter Einsatz eines besonders stabilen Katalysators Propylen aus Propan bzw. Isobutylen aus Isobutan hergestellt. Die Partner verfolgen das Ziel, durch Verbesserungen des Katalysators und der

Die erforderlichen analytischen Methoden zur Quantifizierung der Metalle wurden bei BRAIN entwickelt und durchgeführt. Platingruppenmetalle, wie z.B. Platin, Palladium oder Rhodium kommen in unterschiedlichen Industrien zur Anwendung. Ihre Rückgewinnung als Alternative zur Rohstoffgewinnung aus primären Rohstoffquellen gewinnt zunehmend an Bedeutung, doch Recyclingverfahren sind häufig mit

dem Verbrauch großer Chemikalien- und Energiemengen verbunden. Im Sinne der Entwicklung hin zu einer nachhaltigeren Wirtschaft werden daher biotechnologische Lösungen zur Rückgewinnung gesucht.

Der im Rahmen der Kooperation im Labormaßstab etablierte Prozess ist finanziell gesehen kompetitiv zu herkömmlichen Verfahren zur Abtrennung von Platingruppenmetallen bei Prozesslösungen. (ag) ■

Anlagenauslegung das Verfahren hinsichtlich Ressourcen- und Energieverbrauch deutlich effizienter zu machen. Anlagenbetreiber profitieren so künftig von niedrigeren Investitions- und Betriebskosten

sowie geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bei Thyssenkrupp liegt der Schwerpunkt auf der Verfahrensentwicklung, während sich BASF auf die Katalysatorentwicklung konzentriert. (ag) ■