



## ANDRE HEEL: «DURCH METHANISIERUNG SOLLEN DIE CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN DER ZEMENTINDUSTRIE AUFGEWERTET WERDEN»

Seit 2015 wird im Rahmen von zwei Nationalen Forschungsprogrammen (NFP) Forschung für die Energiewende betrieben. Das NFP 70 «Energiewende» befasst sich mit den naturwissenschaftlich-technischen Aspekten, während das NFP 71 «Steuerung des Energieverbrauchs» die sozialen, ökonomischen und regulatorischen Seiten der Energiewende untersucht. Aqua & Gas stellt in loser Abfolge ausgewählte Projekte der beiden Programme vor. Andre Heel, Forscher am «Institute of Materials and Process Engineering» der ZHAW Winterthur, beschreibt in diesem Interview das NFP 70-Verbundprojekt «Erneuerbare Energieträger zur Stromerzeugung».

**Die Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses wie auch die Verwendung von CO<sub>2</sub> sind zwei wichtige Ziele Ihres Projekts. Wie versuchen Sie diese Ziele zu erreichen?**

Wir wollen das Verfahren der Methanisierung weiterentwickeln, um so CO<sub>2</sub>-Emissionen aufzuwerten. Um einen grossen Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu leisten, haben wir hierfür einen grossen CO<sub>2</sub>-Emittenten ausgesucht, und zwar die Zementindustrie. Diese kann zwar Brennstoffe und Prozesse optimieren, doch der CO<sub>2</sub>-Ausstoss lässt sich nie auf null senken, weil beim Kalkbrennen das im Kalk gebundene CO<sub>2</sub> freigesetzt wird. In der Schweiz betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie rund 2,6 Mio. t/a, was 5–7% des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstosses entspricht.

**Bei Ihrem NFP 70-Projekt handelt es sich um ein Verbundprojekt, das aus fünf Forschungsprojekten besteht. Woran wird in den einzelnen Projekten geforscht?**

Das Verbundprojekt umfasst vier technische Projekte in denen neue Komponenten, Materialien und Prozesse entwickelt werden. Dabei versuchen wir, eine ganze Wertschöpfungskette abzubilden: Wir forschen einerseits auf dem Gebiet der Herstellung erneuerbarer Energieträger wie H<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> und andererseits im Bereich der Nutzung dieser in Hocheffizienzprozessen zur Rückverstromung und Wärmegewinnung. Aufgeschlüsselt heisst das: Ein Projekt dreht sich um die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff mittels photoelektrochemischer Wasserspaltung (PEC). Im zweiten geht es um die Weiterentwicklung und Optimierung eines

katalytischen Methanisierungsprozesses. Weiter beschäftigen wir uns mit der Hochtemperatur-Brennstoffzellentechnologie (SOFC) für stationäre Anwendungen und im vierten Projekt geht es um Niedertemperatur-Brennstoffzellen (PEFC) für den Mobilitätsbereich.

Beim fünften Projekt schliesslich handelt es sich um ein übergeordnetes, nicht technisches Projekt, in dem Nachhaltigkeitsbetrachtungen im Zentrum stehen.

**Wer sind die Projektpartner, die an den einzelnen Projekten arbeiten?**

Am PEC-Projekt arbeiten Forscher der ZHAW und der EPFL. Am Methanisierungs-Projekt sind ZHAW und Empa beteiligt. Um die Weiterentwicklung der SOFC kümmern sich zwei Forschungsgruppen der ZHAW und am Projekt zur Weiterentwicklung der PEFC sind ZHAW und PSI beteiligt. Schliesslich arbeiten Forscher aus drei Instituten der ZHAW an den Nachhaltigkeitsbetrachtungen.

**Welche Fragen stehen beim Methanisierungs-Teilprojekt im Zentrum?**

Es gibt zwei Verfahren, die derzeit erforscht und entwickelt werden: Die mikrobiologische und die thermisch-katalytische Methanisierung. Entscheidend für die Wahl eines der beiden Prozesse sind die Kosten und der Durchsatz, der mit einem Verfahren erzielt werden kann. Sollen sehr grosse Mengen CO<sub>2</sub> umgesetzt werden, wie von uns angestrebt, so ist die thermisch-katalytische Methanisierung besser geeignet, weil für den mikrobiologischen Prozess sehr grosse Reaktoren benötigt werden und der Prozess eher langsam abläuft.

Wir arbeiten an der Weiterentwicklung eines Sorptions-Katalysators für die Methanisierung, an den sich die während der Reaktion gebildeten Wassermoleküle anlagern. So können wir 100% reines Methan herstellen und gleichzeitig das gesamte eingebrachte CO<sub>2</sub> aufwerten. Es gelang uns, durch die Entwicklung und Evaluation verschiedener Absorbent-Materialien die Betriebsdauer um den Faktor 3 zu erhöhen. Nun wollen wir einen schwefel-resistenten Katalysator entwickeln. Schwefelverbindungen sind bekannte Katalysatorgifte, mit denen das eingesetzte CO<sub>2</sub> häufig verunreinigt ist. Daher das Interesse an resistenten Katalysatoren, weil so ein Aufreinigungsschritt umgangen und gleichzeitig die Lebensdauer erhöht werden kann.

**An was wird auf dem Gebiet der Wasserstoffproduktion geforscht?**

Im Zentrum steht die photoelektrochemische Wasserspaltung (PEC). Hierbei wird das einfallende Sonnenlicht nicht wie bei der Photovoltaik in Strom umgewandelt, sondern direkt für die Wasserspaltung genutzt. Der Vorteil der PEC ist, dass nicht zwei Anlagen für die erneuerbare Wasserstoffproduktion benötigt werden, sondern dass eine Anlage ausreicht. Zudem muss ein konventioneller Elektrolyseur auf die maximale Leistung der Photovoltaikanlage ausgelegt werden, läuft aber wegen der Fluktuationen der Sonneneinstrahlung häufig gar nicht oder mit deutlich geringerer Leistung. Die Investitionskosten für die PEC werden also geringer sein als bei der klassischen Elektrolyse. PEC-Zellen bestehen aus mehreren dünnen Schichten, in die



die Elektroden eingebettet sind. Das Grundprinzip der PEC ist bekannt und im Labor funktionierende Zellen liegen vor. Im Projekt sollen nun die Materialien weiterentwickelt werden, um ihren Wirkungsgrad zu erhöhen.

#### **Worum drehen sich die beiden Brennstoffzellen-Projekte?**

Seit 2013 ist in der Schweiz eine SOFC-basierte Brennstoffzellenheizung von Hexis erhältlich. Wir wollen dieses Gerät verbessern. Dabei beschäftigen wir uns mit dem Thema der schwefelhaltigen Odorierungsstoffe im Erdgas. Diese sind schädlich für die SOFC und müssen deshalb in einem vorgängigen Schritt entfernt werden. Um diesen Schritt zu umgehen, entwickeln wir eine selbstregenerierende SOFC-Anode. Diese ist aus keramischen Materialien, sogenannten Perowskiten aufgebaut, auf denen der Ni-Katalysator sitzt. Während des Betriebszyklus (reduzierende Bedingungen) lagern sich Schwefel- und Kohlenstoffatome an den Katalysator an. Der Ni-Katalysator und die angelagerten Atome wandern während des Regenerationszyklus in die Perowskit-Kristallstruktur ein und verteilen sich dort. Gleichzeitig wird Sauerstoff zugeführt, um Schwefel und Kohlenstoff als  $\text{SO}_2$  bzw.  $\text{CO}_2$  aus dem System zu entfernen. Im nachfolgenden Betriebszyklus wandert der «gereinigte» Ni-Katalysator wieder zurück an die Oberfläche. Im Labor konnten wir zeigen, dass dieser Selbstregenerationsprozess mit Redox-Zyklen funktioniert. Jetzt geht es darum, den Prozess in SOFC zu implementieren. Da oxidative Phasen langfristig schädlich für die SOFC sind, müssen hierfür neue Materialien entwickelt werden.

Bei den PEFC wollen wir den Stofftransport verbessern, indem die Mikrostruktur der Membran optimiert wird. Hierfür werden die Leistungsdaten der PEFC mit den Strukturdaten der Membran zusammengebracht, um herauszufinden, welche Struktur am besten geeignet ist.

#### **Um was geht es im Nachhaltigkeits-Projekt?**

Es werden alle Technologien, an denen in den vier technischen Projekten gearbeitet wird, unter die Lupe genommen und überprüft, ob z.B. Probleme mit einzelnen Rohstoffen auftauchen könnten. Es wird also relevanten Fragen des Ressourcenmanagements nachgegangen. Zudem werden die einzelnen Prozesse im Rahmen von Life-Cycle-Assessments (LCA) angeschaut. Zu guter Letzt werden auch sozio-ökonomische Aspekte untersucht, wie z.B. die Akzeptanz für neue Technologien bei der Bevölkerung.

#### **Welches sind die grössten Herausforderungen in Ihrem Projekt?**

Die grösste Herausforderung ist, mit neuen Energielösungen Eingang in einen Markt zu finden, der auf etablierten Technologien und auf der Nutzung der äusserst billigen fossilen Brennstoffe basiert. Die Frage der Kosten der Technologien, die wir im Verbundprojekt entwickeln, begleitet uns daher ständig. Unser Ansatz ist, die Technologien so effizient wie möglich zu gestalten, um auf diese Weise einen Benefit zu erzielen. Ein weiteres Problem sind die rechtlichen Rahmenbedingungen, die sich für nachhaltige Energielösungen z.T. als Hemmschuhe erweisen.

#### **Mehrere Industriepartner sind am Verbundprojekt beteiligt. Wie bringen sich diese in das Projekt ein?**

Die Industriebeiträge finden auf verschiedenen Ebenen statt. Wir erhalten - neben der Förderung durch den SNF - von der Firma Hexis und dem FOGA eine substanzielle finanzielle Unterstützung. Darüber hinaus findet ein intensiver Austausch von Daten statt. Ferner stehen wir mit CemSuisse, dem Verband der Schweizerischen Zementhersteller, im Kontakt und im Nachhaltigkeitsprojekt besteht eine Kooperation zum Austausch von Ökobilanzdaten.

## **ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER ZUR STROMERZEUGUNG**

Mit erneuerbaren Brennstoffen aus Sonnenenergie lassen sich fossile Brennstoffe ersetzen und so  $\text{CO}_2$ -neutrale oder  $\text{CO}_2$ -freie Alternativen schaffen. Statt  $\text{CO}_2$  abzuscheiden und zu speichern, wird vorgeschlagen,  $\text{CO}_2$  aufzuwerten, d.h. mit erneuerbarem  $\text{H}_2$  in  $\text{CH}_4$  umzuwandeln, um damit fossiles  $\text{CH}_4$  zu ersetzen. Im Projekt sollen daher Prozesse der  $\text{H}_2$ -Produktion und Methanisierung entwickelt werden. Darüber hinaus kommt vermehrt zuverlässige Brennstoffzellentechnik auf den Markt, die eine effiziente Umwandlung von erneuerbarem  $\text{H}_2$  oder  $\text{CH}_4$  in Strom ermöglicht.

#### **ZIELSETZUNGEN**

Das Verbundprojekt verfolgt vier Hauptziele:

- eine substanzielle Senkung des  $\text{CO}_2$ -Ausstosses von Industrieanlagen durch eine direkte Verwendung und wirtschaftliche Aufwertung des bis dato wertlosen und nachteiligen  $\text{CO}_2$  mittels Methanisierung;
- den Ersatz fossiler Brennstoffe entweder direkt durch erneuerbaren  $\text{H}_2$  aus der photoelektrochemischen Wasserspaltung (PEC) oder durch synthetisches  $\text{CH}_4$  aus der  $\text{CO}_2$ -Methanisierung;
- die Etablierung von Brennstoffzellen (*Solid Oxide Fuel Cell*, SOFC und *Polymer Electrolyte Fuel Cell*, PEFC) als Hocheffizienztechnologien, um den Verbrauch von Brennstoffen und die  $\text{CO}_2$ -Emissionen zu senken;
- die Identifizierung kritischer Einschränkungen über eine Nachhaltigkeitsbeurteilung und die Entwicklung verlässlicher Bewertungstools, mit denen Entscheidungen zur Einführung der genannten Technologien getroffen werden können.

Das Verbundprojekt dreht sich also um *Power-to-Gas*- und *Gas-to-Power*-Technologien, nämlich PEC, katalytische  $\text{CO}_2$ -Methanisierung, SOFC- und PEFC-Brennstoffzellen, die allesamt eine substanzielle Reduktion von  $\text{CO}_2$ -Emissionen ermöglichen.

Weitere Informationen zum Projekt:  
[www.nfp70.ch/de/projekte/industrielle-prozesse/projekt-heel-hocker](http://www.nfp70.ch/de/projekte/industrielle-prozesse/projekt-heel-hocker)