

Aus CO₂ wird der Energieträger Methan

Biogasanlagen haben zwei Gesichter: Sie produzieren erneuerbares Methan und damit einen klimafreundlichen Erdgas-Ersatz, zum anderen entlassen sie Kohlendioxid (CO₂), welches zuvor in der Biomasse gebunden wurde, ungenutzt in die Umwelt. Die Ostschweizer Fachhochschule zeigt nun, wie sich das biogene CO₂ ebenfalls energetisch nutzen lässt.



Stefanie Mizuno im Labor der OST. Die Chemieingenieurin studierte in Brasilien und promovierte am Paul-Scherrer-Institut und an der ETH Zürich.

Einem Energieträger sieht man oft nicht an, ob er fossilen Ursprungs ist oder aus erneuerbarer Quelle stammt: Strom ist ein Fluss aus Elektronen, unabhängig davon, ob er aus einem Kohlekraftwerk oder von Solarzellen stammt. Ähnlich ist es beim Haushaltsgas: Dieses besteht aus Methan (CH₄). Methan wird heute in der Regel aus Erdgasfeldern gefördert und ist dann fossilen Ursprungs (Erdgas). Methan lässt sich aber auch in Biogasanlagen durch Vergärung von Gülle, Pflanzenresten oder Lebensmittelabfällen gewinnen. Dann spricht man von Biogas. Dieses Methan wird auch als «erneuerbar» bezeichnet, da bei seiner Verbrennung nur so viel Kohlendioxid anfällt, wie zuvor im Gärgut aus der Atmosphäre gebunden worden war.

Das Rohgas, das im Fermenter einer Biogasanlage entsteht, enthält gut 50 Prozent Methan, zudem etwa 45 Prozent CO₂ und weitere Gase. Heute wird in den

meisten Anlagen nur das Methan genutzt. Die übrigen Gase werden abgetrennt und in die Umwelt entlassen. Doch es geht auch anders, denn auch das CO₂ lässt sich energetisch nutzen: Durch Aufreinigung werden aus dem Rohbiogas Schwefel, Ammoniak und weitere Gase entfernt; es verbleibt ein Gemisch aus Methan und CO₂. Wird diesem Gemisch Wasserstoff (H₂) zugesetzt, kann das CO₂ in Methan umgewandelt (methanisiert) werden. Durch Methanisierung des CO₂ kann fast die gesamte Gasproduktion eines Fermenters in energetisch nutzbares Biogas umgewandelt werden. Voraussetzung ist, dass der dabei verwendete Wasserstoff «grün» ist, also mit erneuerbarem Strom erzeugt wurde.

Neuartiger Nickel-Katalysator

Damit die Methanisierungsreaktion in Gang kommt, hilft ein metallischer Katalysator. Dieser spaltet CO₂ und H₂ auf und ermöglicht so die Neukombination der

Elemente Methan und Wasser. Dieses Verfahren ist seit über 100 Jahren bekannt. Doch erst seit Biogas als klimafreundlicher Energieträger hoch im Kurs steht, wird intensiv untersucht, ob und wie die Methanisierung von CO₂ eingesetzt werden könnte, um den Ertrag von Biogasanlagen zu erhöhen. Geforscht wird beispielsweise an der Ostschweizer Fachhochschule OST in Rapperswil. Dort haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Prof. Andre Heel in den letzten zehn Jahren den sogenannten SmartCat entwickelt: ein Katalysator auf der Grundlage von Nickel, der CO₂ bei atmosphärischem Druck und 300 °C vollständig in Methan umwandelt.

«Der SmartCat produziert nahezu reines Methan, was kein anderer Katalysator bisher schafft. Allerdings kann Nickel für Mensch und Umwelt problematisch sein, und der Preis des Metalls ist in den

letzten Jahren stark gestiegen», sagt Andre Heel. «Daher haben wir in einem neuen Forschungsprojekt danach gefragt, ob wir mit dem Katalysatormetall Eisen ähnlich gute Ergebnisse erzielen, denn Eisen ist unschädlich, breit verfügbar und richtig günstig.» Umgesetzt wurde das vom Bundesamt für Energie BFE finanzierte Forschungsprojekt in den letzten zwei Jahren durch die Chemieingenieurin Stefanie Mizuno.

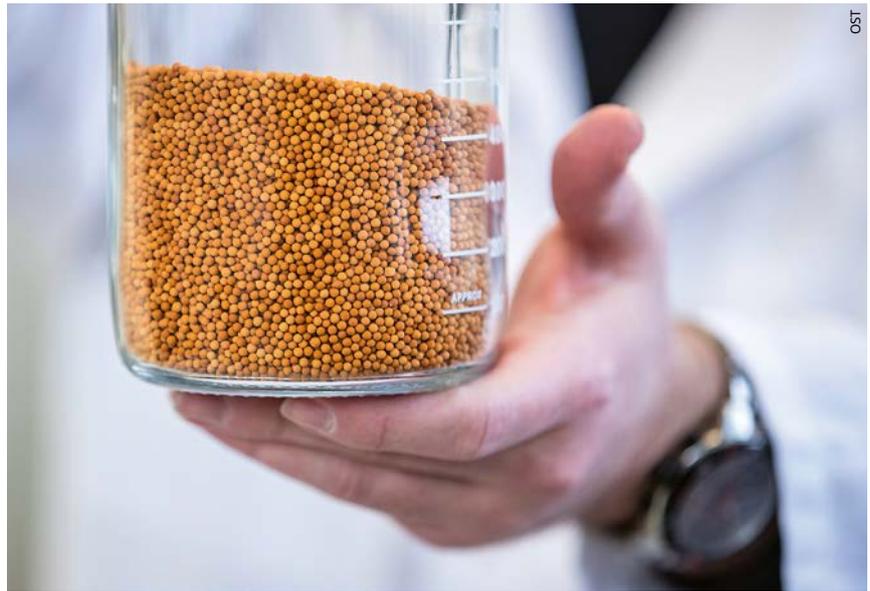
Eisen ersetzt Nickel

Der Eisen-Katalysator basiert auf dem gleichen Konzept wie der Nickel-Katalysator: Die Partikel des Katalysatormetalls werden auf ein porenreiches Trägermaterial aufgebracht, das die Fähigkeit hat, das während der Methanisierung entstehende Wasser aufzunehmen. Dieser Adsorptionsprozess ist essenziell, damit die Methanisierung ungehindert abläuft und möglichst alles CO₂ umgewandelt wird.

Unser Katalysator auf Eisenbasis ist die vielversprechendste Lösung für die grossindustrielle Methanisierung von CO₂ aus Biogasanlagen.

Andre Heel, OST

Stefanie Mizuno ist es gelungen, einen Eisen-Katalysator zu designen, der fast die gleiche Leistung zeigt wie zuvor der SmartCat auf Nickelbasis. Ein erster Anlauf mit reinem Eisen verlief noch unbefriedigend. Der Katalysator verlor schnell seine Aktivität. Doch im zweiten Anlauf stabilisierte Mizuno das Eisen mit einem zweiten Metall in minimaler Menge. Dank dieser Beigabe bleibt das Eisen über einen längeren Zeitraum als Katalysator aktiv. «Wir konnten erstmals zeigen, dass die Methanisierung mit einem Eisen-Katalysator nahezu vollständig abläuft», bringt Mizuno das Hauptergebnis ihrer Studie auf den Punkt. Der Prozess erfordert einen



Füllmaterial eines Eisen-Katalysators sind sphärische Pellets. Sie bestehen aus einem Trägermaterial, das mit Partikeln aus dotiertem Eisen versehen ist.

Druck von 15 bar und eine Temperatur von 400 °C (gegenüber 1 bar und 300 °C beim Nickel-Katalysator). Dank der Prozessvariation kann die OST-Forscherin Nickel durch das deutlich günstigere Eisen ersetzen. Das hierbei entstehende Methan besitzt direkt – also ohne nachgeschaltete, teure Aufreinigung – die für die Netzeinspeisung erforderliche Qualität.

«Wir sind die ersten, denen es gelungen ist, Eisen für die Methanisierung und mit einer derart hohen Leistung zu nutzen. Unser Katalysator auf Eisenbasis ist die vielversprechendste Lösung für die grossindustrielle Methanisierung von CO₂ aus Biogasanlagen», sagt Andre Heel. Der nächste Schritt hin zu einer kommerziellen Anwendung ist eine Prototypen-Anlage, die in den nächsten Monaten im OST-Labor im Rahmen eines neuen BFE-Projekts gebaut werden soll. Mit ihr soll die Umwandlung von CO₂ in Methan weiter gesteigert werden. Aktuell liegt die Umwandlungsrate (Selektivität) bei über 90 Prozent, was für einen Eisen-Katalysator schon sehr hoch ist. Durch geschickte Prozessführung soll eine kontinuierliche Methanisierung ermöglicht werden. Dieses Ziel ist nicht einfach zu erreichen, weil der Eisen-Katalysator getrocknet werden muss, bevor er wiederverwendet werden kann.

Um dieses Problem zu lösen, setzen die OST-Forschenden ein System aus zwei Reaktoren ein, die abwechselnd für Met-

hanisierung und Trocknung genutzt werden. Ziel ist, den Wechsel aus Methanisierungs- und Trocknungsprozess so zu optimieren, dass eine kontinuierliche Methanisierung möglich ist. Bisher ist das mit dem nickelbasierten SmartCat gelungen, aber noch nicht mit dem eisenbasierten Katalysator, weil die zugrundeliegende Struktur die Trocknung beim Eisen verzögert.

Langfristig stabiler Betrieb

Bis zu einer kommerziellen Methanisierungsanlage mit Eisen-Katalysator sind weitere Hürden zu überwinden. So muss sichergestellt werden, dass der Katalysator nicht degradiert, weil geringe Mengen an Schwefel den Katalysator vergiften. Um dies zu erreichen, bietet Eisen grundsätzlich günstige Voraussetzungen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen zudem den Nachweis erbringen, dass die Methanisierung mittels Eisen-Katalysator energetisch autark abläuft, indem die für den Prozess erforderliche Wärme aus der Reaktionswärme rekuperiert wird. ■

Benedikt Vogel
im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

► Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Projekte im Bereich Bioenergie unter www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie.