



Energie

Nationale Forschungsprogramme 70 und 71

Projekt

Erneuerbare Energieträger zur Stromerzeugung



So lässt sich der gesamte CO₂-Ausstoss der Zementproduktion sinnvoll nutzen

So lässt sich der gesamte CO₂-Ausstoss der Zementproduktion sinnvoll nutzen

Aus CO₂ lässt sich Methangas machen, das wiederum zur Erzeugung von Strom oder Wärme dienen kann. Eine solche Wertschöpfungskette haben Forschende der ZHAW in einem Verbundprojekt untersucht.



Sieben Prozent der CO₂-Emissionen in der Schweiz stammen aus der Zementproduktion. *Quelle:* Shutterstock





Auf einen Blick

- Bei der Herstellung von Zement werden in der Schweiz jedes Jahr 2,5 Millionen Tonnen CO₂ freigesetzt.
- Forschende der ZHAW, EMPA und EPFL haben untersucht, wie dieses CO₂ möglichst effizient in erneuerbares Methangas umgewandelt werden kann, das wiederum zur Erzeugung von Strom oder Wärme verwendet werden kann.
- Der Schluss der Analyse: Das gesamte CO₂ aus der Schweizer Zementherstellung liesse sich in Methan umwandeln. Dieses könnte 33 Prozent der fossilen Gasimporte ersetzen.
- Aber der Prozess ist teuer: Erneuerbares Methan kostet derzeit rund drei Mal mehr als fossiles. Damit das erneuerbare Gas konkurrenzfähig wird, müssen die Technologien günstiger werden.

Eines der wichtigsten Ziele der Energiestrategie 2050 ist es, den Ausstoss von Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu verringern. Die Schweiz hat sich mit der Unterzeichnung des Pariser Klimaabkommens verpflichtet, die CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um die Hälfte zu reduzieren.

Mit einem Ausstoss von rund 2,5 Millionen Tonnen CO₂ trägt die Zementproduktion einen wesentlichen Teil an die landesweiten Emissionen bei: nämlich sieben Prozent. Das meiste davon entsteht beim Kalkbrennen. Dabei wird das im Kalk gebundene CO₂ freigesetzt. Diesen CO₂-Ausstoss zu reduzieren, ist chemisch nicht möglich. Aber das Gas könnte genutzt werden, um den Verbrauch und Import von fossilen Brennstoffen in der Schweiz zu verringern, wie Forschende der ZHAW in einem Verbundprojekt aufzeigen: Das CO₂ kann zusammen mit erneuerbarem Wasserstoff in erneuerbares Methan umgewandelt werden. Dieses könnte dann ins bestehende Erdgasnetz eingespeist und durch Brennstoffzelltechnologien, die einen hohen Wirkungsgrad besitzen, genutzt werden.

In vier technischen Projekten haben die Forschenden neue Komponenten, Materialien und Prozesse entwickelt, um die ganze Wertschöpfungskette abzubilden. In einem fünften, nicht technischen Projekt analysierten sie die Nachhaltigkeit des Prozesses.



Das gesamte CO₂ lässt sich umwandeln

Beim ersten Projekt ging es darum, Sonnenenergie in erneuerbaren Wasserstoff (H₂) umzuwandeln. Der Prozess nennt sich photoelektrochemische Wasserspaltung (PEC). Dabei wird einfallendes Sonnenlicht nicht wie bei der Photovoltaik zuerst in Strom umgewandelt, sondern direkt für die Wasserspaltung benutzt. Bei diesem Verfahren gelang EPFL-Forschenden ein Wirkungsgrad von 8,8 Prozent für den Solar-zu-Wasserstoff-Prozess.

Mit dem gewonnenen Wasserstoff wird dann das CO₂ zu Methangas aufgewertet. Das Thema des zweiten Projekts. Mit einem neu entwickelten Katalysator gelang es, das gesamte eingebrachte CO₂ in Wasserstoff umzuwandeln. Zudem konnten die Forschenden die Betriebszeit des Katalysators verdreifachen. Das ist entscheidend, denn es macht die Umwandlung effektiver und günstiger.

Als nächstes kann das gewonnene Methangas zur Erzeugung von Strom oder Wärme genutzt werden. Dazu braucht es Brennstoffzellen, mit deren Technologien sich das dritte und vierte Projekt beschäftigen. Eines fokussierte sich auf die stationäre Anwendung, also Elektrizität und Wärme in Gebäuden, das andere auf die mobile Nutzung, beispielsweise zum Antrieb von Fahrzeugen. Hier entwickelten die Forschenden neue Nutzungsmodelle und verwendeten ein Material, das zur Effizienz bei der Nutzung von Brennstoffzellen beiträgt.



Das ganze CO₂ von Zementwerken könnte zu Methangas werden

Aber, liesse sich der Prozess in der Schweiz auch tatsächlich umsetzen? Die Antwort lautet ja. Die Forschenden kamen zum Schluss, dass die ganzen 2,5 Millionen Tonnen CO₂ aus der Schweizer Zementproduktion in erneuerbares Methan umgewandelt werden können – und zwar mit heute bestehenden Technologien. Dieses Methan könnte 33 Prozent der fossilen Gasimporte ersetzen.

Das ist noch nicht alles: Mit einem Heizsystem für Privathaushalte, das vorwiegend auf Brennstoffzell-Technologie beruht, könnte gegenüber herkömmlichen Heizsystemen 50 Prozent der CO₂-Emissionen eingespart werden. Diese Brennstoffzellen gibt es übrigens bereits auf dem Markt – Konsumenten könnten dieses schon jetzt benutzen, um ihren ökologischen Fussabdruck zu reduzieren. Das wissen aber viele nicht. Es wäre laut den Forschenden wünschenswert, ihren Bekanntheitsgrad zu steigern.

Dennoch gibt es noch ein paar Hürden. Erstens: Der Prozess ist teuer. Erneuerbares Methan auf diese Weise zu gewinnen, kostet noch 3,6 Mal mehr als fossiles Gas. Die Produktion von Wasserstoff ist mit rund 90 Prozent Kostenanteil der teuerste Produktionsschritt in der Wertschöpfungskette. Damit erneuerbares Methan konkurrenzfähig wird, muss also eines oder mehrere der Verfahren günstiger werden.

Zudem ist die photoelektrochemische Wasserspaltung, die mittels Sonnenenergie Wasserstoff produziert, eine junge Technologie. Es ist gemäss Einschätzung der Forschenden nicht realistisch, dass sie in den nächsten 5 bis 10 Jahren substantiell zum Energiesystem beitragen wird. Danach könnte sie aber eine grosse Rolle übernehmen. Unter anderem, weil sie zwei Technologien ersetzen könnte: Photovoltaik zur Umwandlung von Sonnenlicht in Energie und Elektrolyse zur Gewinnung von Wasserstoff.



Investitionen in Milliardenhöhe nötig

Egal ob Methangas künftig mit dieser neuen Technologie produziert wird oder mit der altbewährten, der Photovoltaik plus Elektrolyse: Es muss dazu viel Sonnenlicht eingefangen werden. Schon nur für die 2,5 Millionen Tonnen CO₂ der Zementindustrie wären Flächen von rund 100 Quadratkilometern an Solarzellen nötig. Theoretisch würden also die in der Schweiz vorhandenen etwa 150 Quadratkilometer Dachflächen ausreichen, aber die solare Gasproduktion würde der privaten Nutzung von Dächern in die Quere kommen.

Eines steht fest: Um importierte fossile Brennstoffe zu ersetzen, braucht es Investitionen in Milliardenhöhe und gesetzliche Vorgaben, um die Entwicklungen in dem sich stark verändernden Energiemarkt zu steuern. Denn die Schweizer Energieindustrie braucht feste Rahmenbedingungen, dann kann sie diese Technologien auch umsetzen.



Produkte aus diesem Projekt

- A Cost Estimation for CO₂ Reduction and Reuse by Methanation from Cement Industry Sources in Switzerland, Publikationsdatum: 28.02.18
- Renewable fuels for sustainable electricity production Publikationsdatum: 01.01.16
- Das NFP70 Verbundprojekt "Reduction & Reuse of CO₂" Publikationsdatum: 01.01.18
- Erneuerbare Energieträger zur Stromerzeugung Publikationsdatum: 01.01.18
- Informationen zu Energieforschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten' Publikationsdatum: 01.01.18
- Puzzleteile eines neuen Energiesystems (NRP70) Publikationsdatum: 01.01.18
- NRP70 - Reduction & reuse of CO₂: renewable fuels for efficient electricity production Publikationsdatum: 01.01.18
- Erneuerbares Methan aus zementärem CO₂ Publikationsdatum: 01.01.18
- Neuartiger Katalysator für verbesserte CO₂-Methanisierung Publikationsdatum: 21.03.17
- Sorption-Enhanced-Neutron-Scattering-II Publikationsdatum: 21.03.17
- Interview mit Andre Heel Publikationsdatum: 26.09.19
- CO₂ Reduction & Reuse – Renewable Fuels for Efficient Electricity Production Publikationsdatum: 24.04.15



Team & Kontakt

Dr. Andre Heel

Forschungsbereich Prozesstechnik

ZHAW

Technikumstrasse 9

8400 Winterthur

+41 (0) 58 934 47 03

andre.heel@zhaw.ch



Andre Heel
Projektleiter



Thomas Hocker
Projektleiter



Andreas Borgschulte



Vicente Carabias



Andreas Hagfeldt



Jürgen Schumacher



Alle Aussagen diesen Seiten bilden den Stand des Wissens per
10.05.2019 ab.