

Kohlendioxid: Das Klimaproblem im Untergrund entsorgen?

Allen Warnungen vor den Folgen des Klimawandels zum Trotz und unbeeindruckt von politischen Absichtserklärungen: Die weltweiten Kohlendioxidemissionen steigen und steigen. Hauptverantwortlich dafür sind Kohle- und Gaskraftwerke, die den zunehmenden Strombedarf decken. Könnte man deren CO₂-Emissionen dauerhaft im Boden speichern, anstatt damit Atmosphäre und Klima zu belasten? Und wäre das auch für die Schweiz interessant? Diese Fragen versuchte das PSI zusammen mit nationalen Forschungspartnern zu beantworten*.

Die Stromerzeugung mit fossilen Energieträgern wie Kohle und Erdgas und auch Zement- und Stahlwerke setzen grosse Mengen an Kohlendioxid (CO₂) frei. Dadurch steigt die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Dies führt durch den Treibhauseffekt zur globalen Erwärmung. Die CO₂-Emissionen aufzufangen und im tiefen Untergrund zu speichern könnte ein geeignetes Gegenmittel sein. Das im Fachjargon «CCS» («Carbon Capture and Storage») genannte Verfahren eignet sich nicht nur für neue Anlagen, sondern auch für die Nachrüstung bestehender Kraftwerke und Industrien.

In Ländern wie China und Indien geht heute wöchentlich mindestens ein neues Kohlekraftwerk ans Netz. Das wird sich nicht so schnell ändern, denn der Ausbau von Fotovoltaik, Kernenergie, Wind- und Wasserkraft wird in absehbarer Zukunft nicht reichen, den dort rasant wachsenden Strombedarf klimafreundlich zu decken. Somit ist CCS quasi ein «Muss», um das internationale Klimaziel einer globalen Erwärmung von höchstens 2 Grad Celsius zu erreichen. Auch die Schweiz könnte von CCS profitieren – Gaskraftwerke mit CCS wären unter Umständen eine CO₂-arme Stromquelle der Zukunft.

Allerdings: Gratis ist CCS nicht zu haben. Der Verbrauch von fossilen Ressourcen nimmt zu und die Stromkosten steigen deutlich. Rentieren würde sich die Abscheidung und Speicherung von CO₂ nur, wenn CO₂-Verursacher genug bezahlen müssten. Und noch ist die zentrale Frage offen, wo und wie grosse CO₂-Mengen sicher und dauerhaft gespeichert werden können.

* Forschungsprojekt «CARMA»: <http://www.carma.ethz.ch/>

MIT EINLAGEBLATT

Inhalt

- 2 Grundlagen:
CCS: Wie und Wo?
- 3 Wirkung:
CCS: Kosten und Nutzen
- 4 Blick voraus:
CCS im künftigen Energiemix
- 5/6 Interview mit
M. Mazzotti & M. Repmann:
«CCS und die Erneuerbaren werden ihren Beitrag leisten müssen»

CCS: Wie und Wo?

CO₂ permanent im Boden entsorgen anstatt ungehindert in die Luft blasen – das klingt nach einer eleganten Lösung des Klimaproblems. Doch wie funktioniert die Abscheidung und Speicherung von CO₂ und wo könnte das Ganze Realität werden?

Etwa die Hälfte der weltweiten CO₂-Emissionen stammt heute aus Kohle-, Gas- und Ölkraftwerken sowie der Stahl- und Zementindustrie. Genau solche grossen «Punktquellen» eignen sich dafür, das CO₂ aus dem Abgasstrom herauszufiltern. Zur Abtrennung gibt es drei verschiedene Verfahren: vor der Verbrennung des Brennstoffs («pre-combustion») oder danach («oxyfuel-combustion» bzw. «post-combustion»), das heute eingesetzte Verfahren). Das CO₂ wird anschliessend verdichtet, vorzugsweise per Pipeline transportiert und in geeignete geologische Speicher gepresst. Als permanente CO₂-Speicher können nicht nutzbare Kohlevorkommen, erschöpfte Gas- und Ölfelder sowie sogenannte «Saline Aquifere» dienen (Abbildung 1). Diese Salzwasser führenden, porösen Sandsteinschichten weisen das grösste Speicherpotenzial auf. Befinden sie sich in einer Tiefe von mehr als 800 Metern und unterhalb von undurchlässigem Gestein, sorgen physikalische und geochemische Prozesse dafür, dass das CO₂ nicht wieder an die Oberfläche entweicht, sondern am Ende in Karbonatgestein umgewandelt wird.

Grosse Speicher, grosse Unsicherheit

Wie viel CO₂ mit diesem Verfahren letztendlich unschädlich gemacht werden kann, ist schwierig abzuschätzen. Man geht davon aus, dass genug geeignete

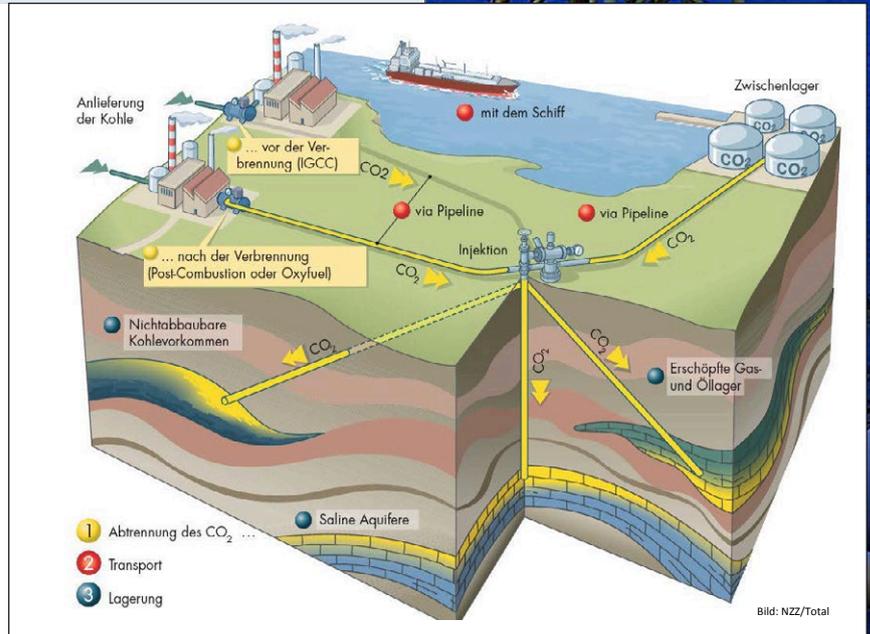


Abbildung 1: So funktioniert die CO₂-Abscheidung und -Speicherung.

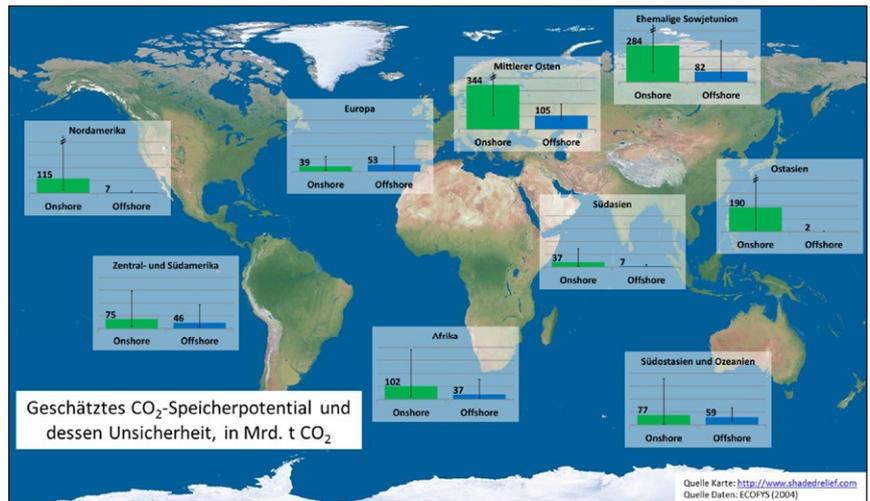


Abbildung 2: So viel CO₂ kann vermutlich in den verschiedenen Weltregionen geologisch gespeichert werden. Die senkrechten Linien neben den Zahlen veranschaulichen die Schwankungsbreite der Schätzungen. Zum Vergleich: Die CO₂-Emissionen aus dem Stromsektor und der Industrie liegen bei rund 20 Mrd. Tonnen pro Jahr.

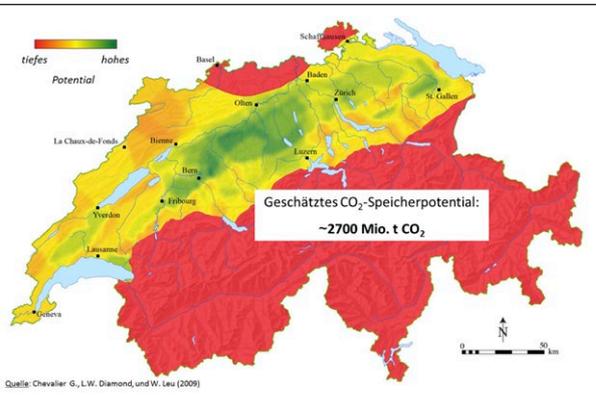


Abbildung 3: So gut eignet sich der Schweizer Untergrund zur geologischen CO₂-Speicherung. Grün gefärbte Gebiete weisen die besten Voraussetzungen auf, rote sind ungeeignet. Zum Vergleich: Die gesamten CO₂-Emissionen in der Schweiz liegen bei rund 43 Mio. t/Jahr.

geologische Formationen vorhanden sind, um die weltweiten CO₂-Emissionen vieler Jahrzehnte aufzunehmen. Das grösste Potenzial wird dabei in Asien und im mittleren Osten vermutet (Abb. 2).

In der Schweiz wäre CCS heute für Zementwerke interessant. Und in Zukunft für Erdgaskraftwerke, falls diese zur Stromversorgung beitragen. Das ab-

geschiedene CO₂ müsste wohl hierzulande gespeichert werden. Geologisch eignet sich das Mittelland zwischen Freiburg und Baden am ehesten dazu (Abbildung 3). Das Speicherpotenzial ist zwar noch nicht genau bekannt. Aber eine aktuelle Schätzung deutet darauf hin, dass auch in der Schweiz Platz für die Emissionen vieler Jahrzehnte vorhanden ist.

CCS: Kosten und Nutzen

Ganz eliminieren lassen sich die CO₂-Emissionen mit CCS zwar nicht. Aber der Nutzen für das Klima ist offensichtlich, auch wenn man die gesamte Ökobilanz betrachtet. Allerdings hat das Ganze seinen Preis.

Rund 90% des CO₂, das bei Kohle- und Gasverbrennung im Kraftwerk entsteht, werden mit CCS aus dem Abgas herausgefiltert. Die CO₂-Reduktion fällt etwas geringer aus, wenn man die gesamte Energiekette von der Brennstoffförderung bis zur Abfallentsorgung berücksichtigt. Sie liegt aber immer noch zwischen 70% und knapp 90% (Abbildung 4). Die Treibhausgasemissionen von Kohle- und Gaskraftwerken mit CCS bewegen sich im Bereich von 100 bis 200 g CO₂-Äquivalent pro kWh Strom. Damit verursacht dieser Strom zwar höhere Emissionen als jener aus erneuerbaren Energieträgern und Kernkraftwerken, kann aber trotzdem zu einem klimafreundlichen Strommix beitragen. Holzkraftwerke mit CCS können – sofern nur so viel Biomasse verbraucht wird, wie nachwächst – sogar negative CO₂-Emissionen aufweisen. Das ist möglich, weil Bäume im Holz CO₂ aus der Luft aufnehmen. Das bei der Holzverbrennung entstehende CO₂ wird dank CCS dauerhaft aus der Atmosphäre und damit aus dem CO₂-Kreislauf entfernt. Dies wird als negative Emission verbucht.

Weil die CO₂-Abscheidung Energie braucht, muss in Kraftwerken mit CCS bis zu einem Viertel mehr Brennstoff eingesetzt werden. Dementsprechend steigen die mit der Kohle- und Gasförderung verbundenen Umweltbelastungen im Vergleich zu Kraftwerken ohne CCS. Auf die Klimabilanz hat dies aber nur geringen Einfluss.

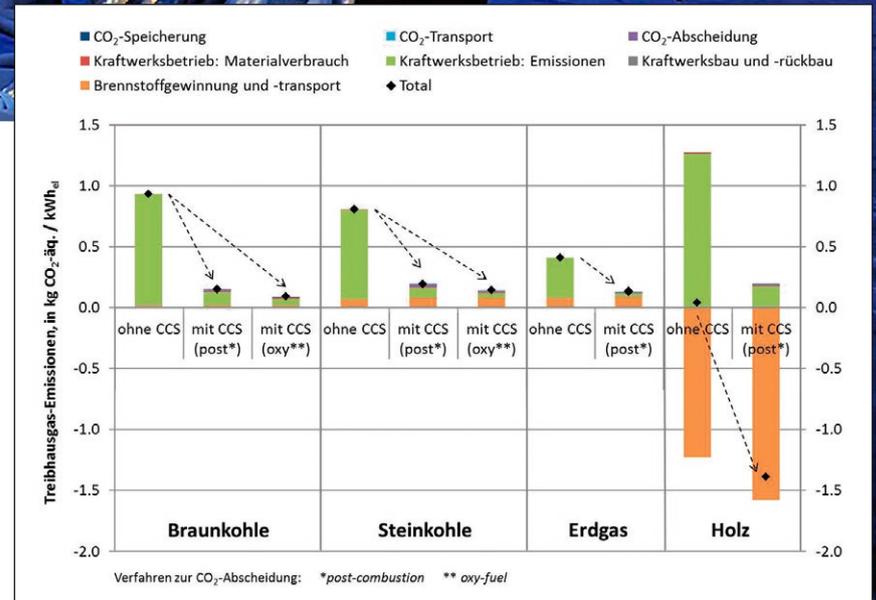


Abbildung 4: Treibhausgasemissionen pro Kilowattstunde Strom aus Kraftwerken mit und ohne CCS. Die CO₂-Emissionen aus der Kohle-, Gas- und Holzverbrennung dominieren die Bilanz. Bei Holzkraftwerken wird die Aufnahme von CO₂ beim Wachstum der Bäume als negative Emission verbucht. *Quelle: PSI, 2013*

Kosten

Zwischen 40% und 90% mehr – so viel würde der Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken mit CCS im Vergleich zu Anlagen ohne CCS kosten (Abbildung 5). Denn Kraftwerke mit CO₂-Abscheidung sind teurer und brauchen im Betrieb mehr Kohle oder Gas. Die Mehrkosten scheinen zwar auf den ersten Blick hoch. Aber nur, weil CO₂ heute so gut wie gratis in die Luft geblasen wird. Würde für CO₂-Emissionen eine Abgabe erhoben, welche die möglichen Folgen des Klimawandels widerspiegelt, wäre CCS wirtschaftlich. Löhnen würde

sich CCS bei Kohlekraftwerken ab einem CO₂-Preis von rund 50 € pro Tonne, bei Gaskraftwerken erst ab etwa 100 €/t, da dort die CO₂-Reduktion kleiner ist. Von solchen Beträgen ist man heute weit entfernt, der CO₂-Preis in der EU beträgt weniger als 10 € pro Tonne. Im Vergleich zu Strom aus kostengünstigen erneuerbaren Energiequellen wäre CO₂-arme Elektrizität aus Kraftwerken mit CCS ähnlich teuer.

Risiken und öffentliche Wahrnehmung

Vor allem die unterirdische Speicherung von CO₂ löst Ängste aus. So stossen Pilotprojekte in Europa zum Teil auf massive Ablehnung. Dabei sind die Risiken von CCS insgesamt vergleichbar mit denjenigen der Gasindustrie. Wie das erfolgreiche Forschungsprojekt zur CO₂-Speicherung in Ketzin in der Nähe von Berlin gezeigt hat, ist es entscheidend, die geologischen CO₂-Speicher sorgfältig auszuwählen und zu überwachen. Kontinuierliche Messungen müssen auch auf lange Frist dafür sorgen, dass mögliche CO₂-Leckagen und Verunreinigungen von Trinkwasserreservoirs umgehend erkannt und gestoppt werden können. So lassen sich die lokalen Umwelt- und Gesundheitsrisiken minimieren.

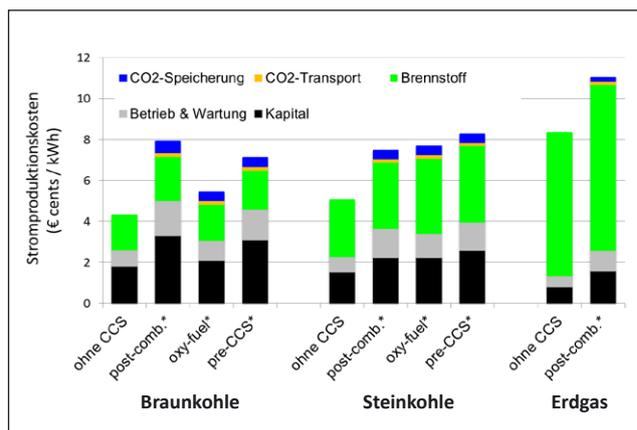


Abbildung 5: So viel kostet der Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken mit CCS. * jeweiliges Verfahren zur CO₂-Abscheidung. *Quelle: PSI, 2012*

CCS im künftigen Energiemix

Eine klimafreundliche Energieversorgung braucht in Zukunft vermehrt CO₂-arme Technologien. Macht es Sinn, auch auf CCS zu setzen? Oder reichen erneuerbare Energien und Effizienzmassnahmen?

Will die Schweiz ihren Beitrag leisten, um das internationale «2 Grad-Ziel» zu erreichen, müssen die inländischen CO₂-Emissionen bis 2050 um mindestens 60% sinken. Das lässt sich auf verschiedenen Wegen erreichen. Am besten mit einer Kombination aus höherer Energieeffizienz und erneuerbaren Energiequellen. Denn die Ausbaupotenziale von Wasserkraft, Sonnen- und Windenergie sind begrenzt. Wenn zusätzlich CO₂-armer Strom aus Gaskraftwerken mit CCS zur Verfügung steht, können die CO₂-Emissionen aus Haushalten und Verkehr effizienter gesenkt

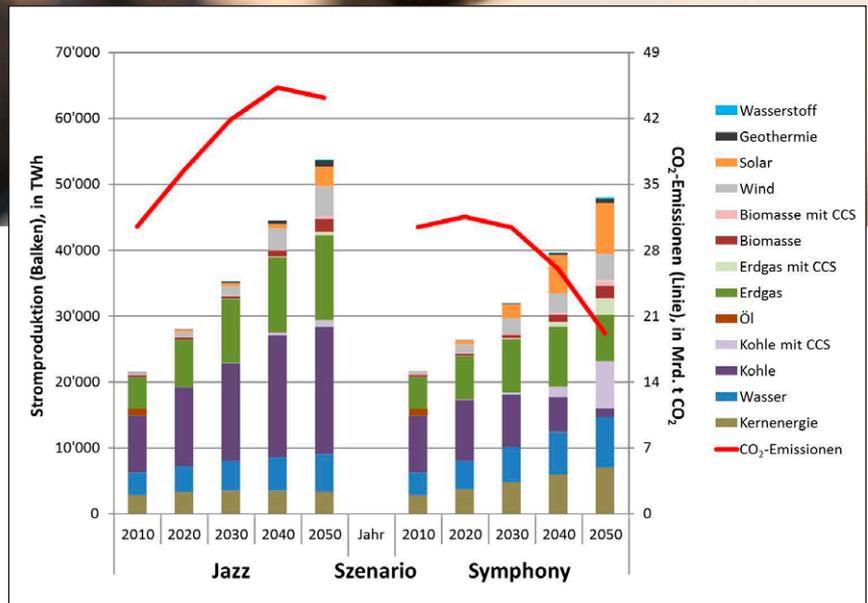


Abbildung 8: Stromversorgung und CO₂-Emissionen aus der Energieversorgung weltweit in den beiden Szenarien «Jazz» (marktorientiert) und «Symphony» (regulierungsorientiert) aus dem Energie-Spiegel Nr. 22.
Quelle: PSI, 2013

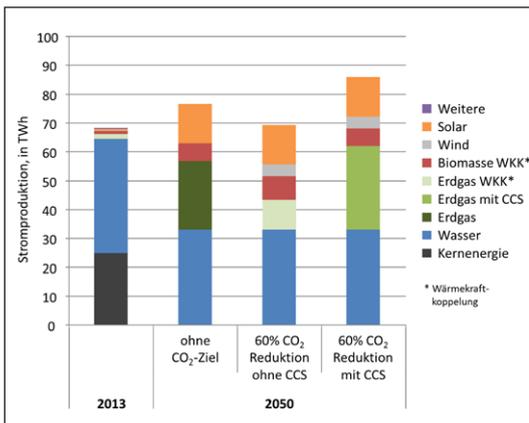


Abbildung 6: Stromproduktion 2013 und 2050 in der Schweiz in verschiedenen Szenarien mit und ohne Zielvorgabe zur CO₂-Reduktion. Erdgaskraftwerke mit CCS (grün im Balken rechts) könnten in Zukunft einen bedeutenden Beitrag zur klimafreundlichen Stromversorgung leisten.
Quelle: BFE; PSI, 2013

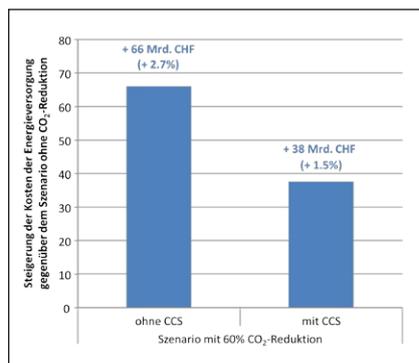


Abbildung 7: So steigen die Kosten der Schweizer Energieversorgung bei einer CO₂-Reduktion um 60% bis 2050.
Quelle: PSI, 2013

werden. Zum Beispiel mit Wärmepumpen statt Ölheizungen und mit Elektroautos. Das zeigen aktuelle Energieszenarien des PSI (Abbildung 6).

Kosten in der Schweiz

Eine deutliche CO₂-Reduktion in der Schweiz lässt in jedem Fall die Kosten für unsere Energieversorgung steigen (Abbildung 7). Wenn aber Gaskraftwerke mit CCS zur Verfügung stehen, wird es weniger teuer. Ohne CCS sind die Kosten einer 60-prozentigen CO₂-Reduktion für die gesamte Energieversorgung bis 2050 um rund die Hälfte höher als mit einem Einsatz von Gaskraftwerken mit CCS (+66 gegenüber +38 Mrd. CHF). Denn dank des zusätzlichen CO₂-armen Stroms aus CCS-Kraftwerken braucht es die teuersten Effizienzmassnahmen und teureren Strom aus erneuerbaren Energieträgern nicht. Eine weit stärkere Reduktion der CO₂-Emissionen wäre um vieles teurer.

Die globale Sicht

Noch viel wichtiger als in der Schweiz ist CCS anderswo. Länder wie China oder Indien werden in absehbarer Zukunft ihren rasch steigenden Stromverbrauch nicht ohne neue Kohle- und Gaskraftwerke decken können. Auch die Unabhängigkeit von Energieimporten spricht für die Nutzung der dort gewonnenen Kohle. Der Bedarf an Stahl und Zement wird weltweit ebenfalls weiter steigen. Der Vergleich der beiden Szenarien «Jazz» und «Symphony» vom PSI und

dem World Energy Council WEC (siehe Energie-Spiegel Nr. 22) zeigt: Im Klimaschutzorientierten «Symphony»-Szenario können Kohle- und Gaskraftwerke mit CCS zusammen mit erneuerbaren Energieträgern in den nächsten Jahrzehnten zu einer massiven Reduktion der CO₂-Emissionen beitragen (Abbildung 8). Auch hier gilt: Ohne CCS wird es deutlich schwieriger und teurer, die globalen CO₂-Emissionen zu senken und die Klimaerwärmung auf ein erträgliches Mass zu reduzieren.

Die PSI-Forschung beschäftigt sich derzeit nicht mit der Speicherung, sondern mit der **Nutzung von CO₂**.

Strom aus Photovoltaik und Windturbinen, der unregelmässig anfällt, sollte für den Klimaschutz fossile Energieträger ersetzen. Wenn mehr Strom produziert als verbraucht wird, muss der Überschuss direkt gespeichert oder in andere Energieträger umgewandelt werden. Dazu dienen die sogenannten «Power-to-Gas»-Verfahren: Mit dem Strom wird über Elektrolyse Wasserstoff hergestellt. Dieser wird an CO₂ gebunden, das in Kraftwerken oder der Zementproduktion abgetrennt wurde. Das so erzeugte Methan lässt sich speichern, verteilen und jederzeit wieder in Strom umwandeln, oder in Verbrennungsmotoren für den Transport einsetzen. So sinkt insgesamt der Verbrauch von fossilen Brennstoffen und die CO₂-Emissionen nehmen ab.

«CCS und die Erneuerbaren

werden ihren Beitrag leisten müssen»

Wie stellt sich ein Laie das Konzept der CO₂-Abscheidung und -Speicherung (kurz: «CCS» für «Carbon Capture and Storage») am besten vor?

Mazzotti: Fossile Energieträger werden in einem Kraftwerk verbrannt, um Strom und Wärme zu erzeugen. Dabei entstehen grosse Mengen des Treibhausgases CO₂, welche heutzutage – trotz Schädlichkeit fürs Klima – in die Luft ausgestossen werden. Stattdessen wäre die Technologie vorhanden, dieses CO₂ aus dem Abgas abzutrennen, zu verdichten und im tiefen Untergrund einzulagern. Zur Einlagerung eignen sich poröse geologische Schichten, welche mit Salzwasser gefüllt sind und von einem undurchlässigen Deckgestein überlagert sind. Solche Schichten gibt es weltweit und sie funktionieren genau gleich wie Erdöl- oder Gaslagerstätten.

Die Vorstellung, das CO₂ einfach tief im Boden verschwinden zu lassen, erscheint vielen unheimlich oder riskant. Sind diese Bedenken unbegründet?

Repmann: Die Tatsache, dass wir heute im Untergrund fossile Energieträger finden, zeigt uns, dass die Geologie Speicherstrukturen bereitstellt, in deren Gesteinsporen leichte Flüssigkeiten wie Öl, Erdgas oder eben verdichtetes CO₂ über

«Heute fühlt sich noch niemand direkt vom Klimawandel betroffen»

Jahrtausenden eingeschlossen bleiben. Zudem sorgen im Fall von CO₂ physikalische und chemische Prozesse dafür, dass die Dauerhaftigkeit der Speicherung zunimmt, je länger sich das CO₂ im Untergrund befindet. Ein Beispiel: CO₂ löst sich mit der Zeit im Salzwasser und erhöht dadurch dessen Dichte; das CO₂-haltige Salzwasser sinkt deshalb tiefer und es braucht keine undurchlässige Deckschicht mehr. Noch ein Beispiel: CO₂ bildet im Salzwasser Kohlen-



Marco Mazzotti ist Professor am Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich und Vorsitzender des ETH Energy Science Center. Prof. Mazzotti forscht seit Jahren an der

CO₂-Abtrennung und Speicherung, leitete das CARMA-Projekt und war bereits 2005 Verfasser des IPCC-Berichts zu CCS.



Mischa Repmann ist Mitarbeiter am Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich. Wie bereits während seiner dort 2014 abgeschlossenen Dissertation erforscht

Dr. Repmann die CO₂-Abtrennung und -Speicherung durch Mineralisierungsprozesse.

säure, die wir aus dem Mineralwasser kennen. Die Kohlensäure reagiert mit dem Speichergestein und kann schliesslich als Karbonatgestein ausfallen. Das eingelagerte CO₂ ist damit fixiert und in Form eines Feststoffs permanent gebunden.

Wie steht es mit der Umsetzung in die Praxis? Gibt es schon erfolgreiche Projekte?

Mazzotti: Für die CO₂-Abscheidung kommen verschiedene Technologien in Frage, von denen einige in der Industrie seit Jahrzehnten kommerziell angewendet werden. Die geologische CO₂-Speicherung ist da weniger weit. Allerdings gibt es sowohl erfolgreiche Pilotprojekte, zum Beispiel in unseren Nachbarländern Deutschland und Frankreich, als auch kommerzielle Projekte, bei denen es sich aus ökonomischer Sicht auszahlt, das CO₂ statt in die Luft in den Untergrund zu leiten. Dazu zählt zum Beispiel die Sleipner Plattform in Norwegen, wo seit 1996 jedes Jahr eine Million Tonnen CO₂ aus der Erdgasförderung abgetrennt und gespeichert wird. Somit muss die damals eingeführte CO₂-Abgabe nicht bezahlt werden. Oder das Projekt Boundary Dam im Süden Kanadas, welches Anfang Oktober 2014 gestartet wurde. Dort wird zum ersten Mal auch in der Stromproduktion die gesamte CCS-Wertschöpfungskette demonstriert, sprich die CO₂-Abscheidung in einem 110-MW Kohlekraftwerk, der CO₂-Transport mittels Pipeline und die CO₂-Speicherung in einem erschöpften Ölfeld.

CCS könnte wesentlich dazu beitragen, Klimaschutzziele zu erreichen – darin sind sich die meisten Experten einig. Warum geht es trotzdem nicht schneller vorwärts?

Repmann: Fragt man die Industrie, liegt das Hauptproblem in der fehlenden Finanzierung. Ein Kraftwerk mit CCS nachzurüsten, oder ein neues Kraftwerk mit CCS zu bauen und zu betreiben, führt zu beträchtlichen Investitionen und höheren Betriebskosten im Vergleich zu einem Kraftwerk ohne CCS. Dies könnte durch politische Anreize geändert werden, zum Beispiel durch Luftreinhaltegesetze oder eine CO₂-Abgabe in adäquater Höhe. Das grundlegende Problem ist der Mangel an öffentlicher Akzeptanz der CO₂-Speicherung. CCS ist eine neue und deshalb unbekannte Technologie ohne direkt erfassbaren «Nutzen». Heutzutage fühlt sich noch niemand direkt vom Klimawandel betroffen. Warum sollte man dann ein CO₂-Lager unter dem eigenen Grundstück befürworten ohne Aussicht auf einen persönlichen Vorteil?

Was können Forschung und Politik tun, um CCS zum Durchbruch zu verhelfen?

Mazzotti: Wir Forscher können in erster Linie dazu beitragen, dass die einzelnen Technologieschritte noch besser verstanden und weiter verbessert werden. In zweiter Linie ist es auch unsere Aufgabe, das bereits gewonnene Wissen der Bevölkerung und den Politikern zu vermitteln, und zwar in einer Sprache, die auch Nicht-Experten verstehen. Die Po-



litik kann nur dann nachhaltige Anreize setzen, wenn die Bevölkerung hinter der Technologie steht und ihre Stärken, Schwächen und Nutzen versteht.

Wäre es nicht sinnvoller, mehr Mittel in die Entwicklung von Erneuerbaren zu stecken, als CCS zu unterstützen?

Repmann: Im Jahr 2013 war der Anstieg der weltweiten CO₂-Emissionen so stark wie noch in keinem Jahr der vorangegangenen Dekaden; China hat die Schweiz gerade beim CO₂-Ausstoss pro Kopf überholt; einem Nachfolgeabkommen für Kyoto stehen scheinbar unüberwindbare Hürden im Weg... Wir sind überzeugt, dass alle Möglichkeiten den Treibhausgasausstoss zu drosseln nötig sein werden, um das CO₂-Problem endlich in den Griff zu bekommen. Sowohl CCS wie auch die Erneuerbaren werden ihren Beitrag leisten müssen. Das sagen auch ausnahmslos alle Energiesystemmodelle voraus. Fossile Kraftwerke, die heute gebaut werden, zum Beispiel in Schweden- und Entwicklungsländern, aber leider auch noch im Westen, haben eine Laufzeit von 30–40 Jahren und werden nicht vor Ablauf der Amortisationsfrist freiwillig abgestellt. Dasselbe gilt für Stahl- und Zementwerke, die gar nicht anders können, als grosse Mengen von CO₂ zu generieren. Nur die Nachrüstung mit CCS wird es uns erlauben, die Emissionen dieser bestehenden Infrastruktur zu reduzieren. Genau deshalb ist CCS so wichtig fürs Weltklima.

In der Schweiz gibt es kaum grosse CO₂-Quellen. Warum sollte sich hier jemand mit diesem Thema beschäftigen?

Mazzotti: Die fünf grössten CO₂-Punktquellen in der Schweiz sind genau die vorhin erwähnten Zementwerke. Viel wichtiger aber sind die Entwicklungen vor dem Hintergrund der Energiestrategie 2050. Sollten wir wirklich Gaskraftwerke bauen, um den Ausstieg aus der Kernkraft mit einheimischer Produktion abzufangen, dann müssten die CO₂-Emissionen dieser Werke vollständig kompensiert – also anderswo entsprechend gesenkt – werden. Schon heute sind inländische Kompensationsmassnahmen rar und teuer. Könnten wir mit einem Pilotversuch zeigen, dass

sich der Untergrund des bisher nur theoretisch untersuchten Mittellandes für die CO₂-Speicherung eignet, dann könnten wir CCS als Methode zur Vermeidung dieser Emissionen in Betracht ziehen. Die Kosten wären von Anfang an kalkulierbar.

Wie sehen die Zukunftsperspektiven von CCS aus, weltweit und in der Schweiz?

Repmann: Wie für jede junge Technologie gilt es, möglichst rasch möglichst viele Projekte zu realisieren, damit die Entwickler, Betreiber, Gesetzgeber und die Bevölkerung Erfahrungen sammeln können und damit die Kosten abnehmen. Letzten Herbst fand die grösste Konferenz zum Thema CCS in Austin, Texas, statt. Wir waren dabei und konnten der allgemeinen Stimmung entnehmen, dass die Forschung bereit ist für die Übertragung ihrer Arbeit aus dem Labor und von Demonstrationsprojekten auf Grossanlagen. Dem anhaltenden CCS-Pessimismus unter den Europäern steht ein spürbarer Optimismus in Nordamerika und China gegenüber. In diesen Regionen wird sich wohl entscheiden, ob die Implementierung auf

dem Markt gelingt, oder ob das durch die Wirtschaftskrise im Jahr 2008/09 ausgelöste, allgemeine Zaudern weiter anhält. Für die Schweiz ist es zentral, dass wir Pilotversuche starten und das Speicherpotential genauer erfassen, damit die Bevölkerung im Ernstfall entscheiden kann, ob sie Gaskraftwerke mit CCS will oder nicht.

Impressum

Energie-Spiegel ist der Newsletter des PSI zur ganzheitlichen Betrachtung von Energiesystemen (Projekt GaBE). Beiträge zu dieser Ausgabe stammen von Christian Bauer, Kathrin Volkart und Warren Schenler.

ISSN-Nr.: 1661-5093

Auflage: 5000 Ex. Deutsch, 3600 Ex. Französisch, 350 Ex. Englisch
Bisherige Ausgaben als Pdf (D, F, E):
<https://www.psi.ch/media/energie-spiegel>

Verantwortlich für den Inhalt:

Paul Scherrer Institut
Dr. Stefan Hirschberg
5232 Villigen PSI, Schweiz
Tel. +41 56 310 29 56
stefan.hirschberg@psi.ch
<https://www.psi.ch/lea>

Redaktion: Christian Bauer

Verteilung und Subskription:
energiespiegel@psi.ch

Layout: Paul Scherrer Institut

Energiesystem-Analysen am PSI:

Ziel der Energiesystem-Analysen am Paul Scherrer Institut, ist eine umfassende und detaillierte Beurteilung heutiger und zukünftiger Energiesysteme. Neben Technologien

stehen ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Kriterien im Fokus. Auf der Basis von Life Cycle Assessment (LCA), energiewirtschaftlichen Modellen, Risikoanalysen, Schadstoff-Ausbreitungsmodellen und Multikriterien-Analysen werden unterschiedliche Energieszenarien verglichen, um Grundlagen für politische Entscheidungen zu schaffen.

Zusammenarbeiten mit:

ETH Zürich; EPF Lausanne; EMPA; Bundesamt für Energie (BFE); swisselectric research; World Energy Council (WEC); Massachusetts Institute of Technology (MIT); Europäische Union (EU); International Energy Agency (IEA)

PSI-Publikationen zum Thema CCS:

Giannoulakis S., Volkart K., Bauer C. (2014) Life cycle and cost assessment of mineral carbonation for carbon capture and storage in European power generation. *Int J of Greenhouse Gas Control*, 21, 140-157.
Volkart K., Bauer C., Boulet C. (2013) Life cycle assessment of carbon capture and storage in power generation and industry in Europe. *Int J of Greenhouse Gas Control*, 16, 91-106.
Weidmann N. (2013) Transformation strategies towards a sustainable Swiss energy system - An energy-economic scenario analysis. Diss. No. 21137, ETH Zurich