

Kohlenstoffabscheidung und -bindung

1. Steven Chu

Alle Autoren und Zugehörigkeiten anzeigen

Science 25 Sep 2009:

Vol. 325, Ausgabe 5948, S. 1599

DOI: 10.1126 / science.1181637

- [Artikel](#)
- [Zahlen & Daten](#)
- [Info & Metriken](#)
- [eLetters](#)
- [PDF](#)



- [_In neuem Tab öffnen](#)

KREDIT: US-ENERGIEABTEILUNG

Überwältigende wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass die CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen das Klima verändert haben. Eine drastische Reduzierung dieser Emissionen ist unerlässlich, um das Risiko künftiger verheerender Auswirkungen zu verringern. Andererseits ist der Zugang zu Energie die Grundlage für einen Großteil des gegenwärtigen und zukünftigen Wohlstands der Welt. Achtzig Prozent dieser Energie stammen aus fossilen Brennstoffen. Die Welt verfügt über reichlich fossile Brennstoffreserven, insbesondere Kohle. Die Vereinigten Staaten besitzen ein Viertel der bekannten Kohleversorgung, und die Vereinigten Staaten, Russland, China und Indien machen zwei Drittel

der Reserven aus. Kohle macht rund 25% der weltweiten Energieversorgung und 40% der Kohlenstoffemissionen aus. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass eines dieser Länder der Kohle bald den Rücken kehren wird. Aus diesem Grund muss die Erfassung und Speicherung von CO₂-Emissionen aus Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen aggressiv vorangetrieben werden.

In dieser Sonderausgabe von *Science* wird die mögliche Rolle der Kohlenstoffabscheidung und -bindung (CCS) bei der Reduzierung der CO₂-Emissionen erörtert. Das Ausmaß an CCS, das erforderlich ist, um die weltweiten Kohlenstoffemissionen erheblich zu senken, ist atemberaubend. Jährlich werden rund 6 Milliarden Tonnen Kohle verbraucht, wodurch 18 Milliarden Tonnen CO₂ entstehen. Im Gegensatz dazu binden wir jetzt einige Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr. Bei geologischen Speicherdichten von CO₂ (~ 0,6 kg / m³) erfordert die unterirdische Sequestrierung ein Speichervolumen von 30.000 km³ / Jahr. Dies kann eine ausreichende Speicherkapazität sein, es sind jedoch weitere Tests erforderlich, um diese Kapazität und Integrität nachzuweisen.

Wir sollten eine Reihe von Optionen für neue Kohlekraftwerke verfolgen (z. B. Kohlevergasung, Verbrennung von Kohle in einer Sauerstoffatmosphäre oder Nachverbrennung), um den kostengünstigsten Ansatz für die Verbrennung von Brennstoff zu ermitteln und die Gesamtmenge an CO₂ zu reduzieren ausgesendet. Unabhängig davon, welche Technologie sich letztendlich für neue Anlagen als am besten erweist, müssen wir bestehende Anlagen und neue Anlagen, die vor dem routinemäßigen Einsatz von CCS gebaut werden, nachrüsten. Jedes neue 1-Gigawatt-Kohlekraftwerk ist eine Investition von einer Milliarde Dollar und wird nach seinem Bau jahrzehntelang genutzt.



- [_In neuem Tab öffnen](#)

KREDIT: DOE / NREL

Die Schätzungen der CCS-Kosten variieren erheblich, aber die Erfahrung mit anderen Technologien zur Kontrolle der Umweltverschmutzung wie dem Waschen von SO_2 und NO_x zeigt, dass die Kosten erheblich niedriger sein können als die ursprünglichen Schätzungen. Darüber hinaus werden derzeit neue Ideen untersucht, wie eine effizientere katalytische Umwandlung von Kohle in Wasserstoff und Methan bei niedrigeren Temperaturen, die CO_2 -Abscheidung auf der Grundlage der Phasentrennung und die Polygeneration (Herstellung variabler Gemische aus Elektrizität, Methan, flüssigem Brennstoff und Ammoniak). In der Natur erfolgt die Sequestrierung von CO_2 durch Photosynthese und Verkalkung von CO_2 durch Phytoplankton und Mineralisierung in Bodenwurzelsystemen. Können wir natürliche Prozesse verbessern („Wiederaufforstung plus“) oder uns von der Natur als Ausgangspunkt für die künstliche Erfassung inspirieren lassen? In ähnlicher Weise liefert die Natur den Beweis, dass der Energieverlust für die Freisetzung von adsorbiertem CO_2 bei der Abscheidung nach der Verbrennung verringert werden kann: Durch Carboanhydrasen fängt unser Blut das durch den Zellstoffwechsel erzeugte CO_2 ein und setzt es ohne enthalpischen Energieverlust in der Lunge frei.

Die öffentliche Unterstützung von CCS-F & E ist von wesentlicher Bedeutung. Aus diesem Grund investiert das US-Energieministerium (US Department of Energy, DOE) 3,4 Milliarden US-Dollar in das CCS-F & E. Das DOE unterstützt auch die Prüfung der CO_2 -Sequestrierung in sieben verschiedenen geologischen Formationen in den USA. Um die weltweite Verbreitung von CCS-Technologie und -Kompetenz zu beschleunigen, sind internationale Kooperationen unerlässlich. Die G-8-Führer forderten bis 2010 mindestens 20 CCS-Projekte. Im Juli kündigte ich ein neues Forschungszentrum für saubere Energie zwischen den USA und China an, das die gemeinsame Forschung in mehreren Bereichen, einschließlich CCS, erleichtern wird. Das gemeinsam entwickelte geistige Eigentum wird zwischen unseren Ländern geteilt.

Es gibt viele Hürden, um CCS Wirklichkeit werden zu lassen, aber keine scheint unüberwindbar. Das DOE-Ziel besteht darin, F & E sowie Pilot-CCS-Projekte zu unterstützen, damit der umfassende Einsatz von CCS in 8 bis 10 Jahren beginnen kann. Dies ist ein aggressives Ziel, aber das Klimaproblem zwingt uns, mit äußerster Dringlichkeit zu handeln.



Steven Chu is the U.S. Secretary of Energy and a Nobel Laureate in physics.

Carbon Capture and Sequestration

OVERWHELMING SCIENTIFIC EVIDENCE SHOWS THAT CO₂ EMISSIONS FROM FOSSIL FUELS HAVE caused the climate to change, and a dramatic reduction of these emissions is essential to reduce the risk of future devastating effects. On the other hand, access to energy is the basis of much of the current and future prosperity of the world. Eighty percent of this energy is derived from fossil fuel. The world has abundant fossil fuel reserves, particularly coal. The United States possesses one-quarter of the known coal supply, and the United States, Russia, China, and India account for two-thirds of the reserves. Coal accounts for roughly 25% of the world energy supply and 40% of the carbon emissions.* It is highly unlikely that any of these countries will turn their back on coal any time soon, and for this reason, the capture and storage of CO₂ emissions from fossil fuel power plants must be aggressively pursued.

This special issue of *Science* discusses the potential role of carbon capture and sequestration (CCS) in reducing CO₂ emissions. The scale of CCS needed to make a significant dent in worldwide carbon emissions is staggering. Roughly 6 billion metric tons of coal are used each year, producing 18 billion tons of CO₂. In contrast, we now sequester a few million metric tons of CO₂ per year. At geological storage densities of CO₂ (~0.6 kg/m³), underground sequestration will require a storage volume of 30,000 km³/year. This may be sufficient storage capacity, but more testing is required to demonstrate such capacity and integrity.

We should pursue a range of options for new coal-fired power plants (such as coal gasification, burning coal in an oxygen atmosphere, or postcombustion capture) to determine the most cost-effective approach to burn fuel and reduce the total amount of CO₂ emitted. No matter which technology ultimately proves best for new plants, we will still need to retrofit existing plants and new plants that will be built before CCS is routinely deployed. Each new 1-gigawatt coal plant is a billion-dollar investment and, once built, will be used for decades.

Estimates of CCS costs vary considerably, but experience with other pollution control technologies such as the scrubbing of SO₂ and NO_x show that costs can be considerably lower than initial estimates. Furthermore, new ideas are now being explored, such as more efficient, lower-temperature catalytic conversion of coal to hydrogen and methane, CO₂ capture based on phase separation, and polygeneration (production of variable mixtures of electricity, methane, liquid fuel, and ammonia). In the natural world, sequestration of CO₂ occurs through photosynthesis, calcification of CO₂ by phytoplankton, and mineralization in ground root systems. Can we enhance natural processes (“reforestation plus”) or draw inspiration from nature as a starting point for artificial capture? Similarly, nature provides proof that the energy penalty for releasing adsorbed CO₂ in postcombustion capture can be decreased: Through carbonic anhydrases, our blood captures CO₂ created by cell metabolism and releases it in the lungs with no enthalpic energy penalty.

Public support of CCS R&D is essential, and for this reason, \$3.4 billion of American Recovery and Reinvestment Act money is being invested by the U.S. Department of Energy (DOE) in CCS R&D. The DOE is also supporting the testing of CO₂ sequestration in seven different U.S. geologic formations. To accelerate global dissemination of CCS technology and expertise, international collaborations are essential. The G-8 leaders called for at least 20 CCS projects by 2010. In July, I announced a new U.S.–China Clean Energy Research Center that will facilitate joint research in several areas, including CCS. Intellectual property developed jointly will be shared between our countries.

There are many hurdles to making CCS a reality, but none appear insurmountable. The DOE goal is to support R&D, as well as pilot CCS projects so that widespread deployment of CCS can begin in 8 to 10 years. This is an aggressive goal, but the climate problem compels us to act with fierce urgency.

– Steven Chu

10.1126/science.1181637

*<http://energy.gov/carbongraph>



Carbon Capture and Sequestration

Steven Chu

Science **325** (5948), 1599.
DOI: 10.1126/science.1181637

ARTICLE TOOLS	http://science.sciencemag.org/content/325/5948/1599
RELATED CONTENT	http://science.sciencemag.org/content/sci/325/5948/1641.full
PERMISSIONS	http://www.sciencemag.org/help/reprints-and-permissions

Use of this article is subject to the [Terms of Service](#)

Science (print ISSN 0036-8075; online ISSN 1095-9203) is published by the American Association for the Advancement of Science, 1200 New York Avenue NW, Washington, DC 20005. The title *Science* is a registered trademark of AAAS.

Copyright © 2009, American Association for the Advancement of Science