

# «Mining the Atmosphere» – CO<sub>2</sub> als Rohstoff

*Was wäre, wenn CO<sub>2</sub> nicht mehr nur als klimaschädliches Gas, sondern auch als wertvoller Rohstoff betrachtet würde? An dieser Vision arbeitet die Empa (das interdisziplinäre Forschungsinstitut für Materialwissenschaften und Technologie des ETH-Bereichs) im Rahmen der Forschungsinitiative «Mining the Atmosphere».*

**Text: Laura Leibundgut, Polarstern AG\***



Nikolais Toropova (li.) und Mateusz Wyrzykowski (re.) forschen an den Möglichkeiten, CO<sub>2</sub> in Baumaterialien einzusetzen und damit langfristig zu speichern.

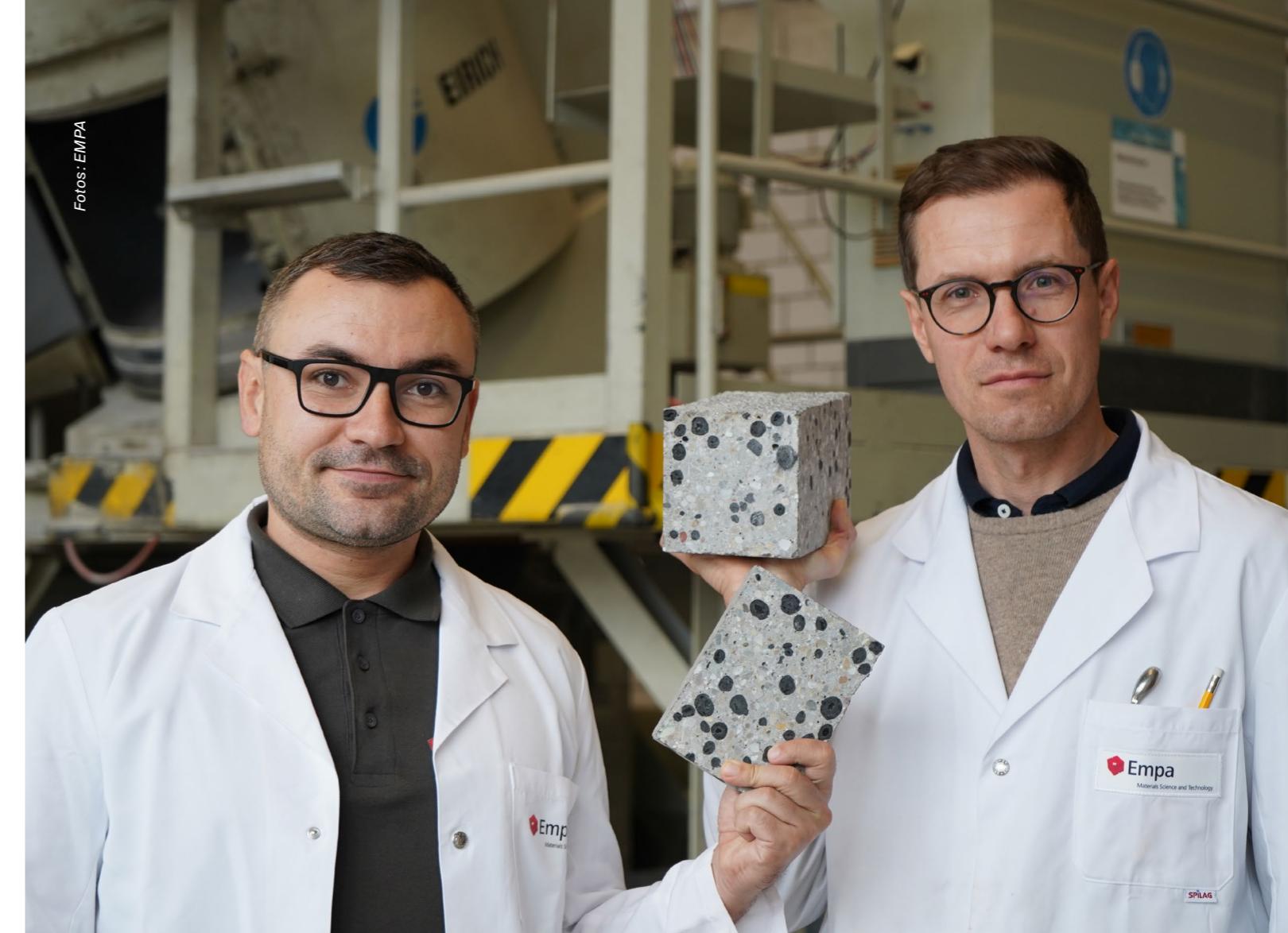
Seit Jahrhunderten werden Eisenerze, Kohle und Erdöl, seltene Erden und andere wertvolle Mineralien aus Sedimenten extrahiert und als essenzielle Rohstoffe für zahlreiche Industrien genutzt. Seit dem 21. Jahrhundert umfasst der Begriff «Mining» jedoch weit mehr als den traditionellen Bergbau, etwa die Gewinnung von Daten und Kryptowährungen. Das Konzept des «Mining» kann auch auf die Atmosphäre übertragen werden, die uns diverse gasförmige Rohstoffe bereitstellt. So wird Stickstoff aus der Umgebungsluft seit über hundert Jahren in chemischen Verfahren zur Herstellung von Pflanzendüngern verwendet. Im Zuge der aktuellen Klimadebatte rückt insbesondere die Extraktion von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Atmosphäre in den Fokus. Wird das CO<sub>2</sub> in langlebigen Materialien oder im Untergrund für Jahrtausende gespeichert, kann eine relevante abschwächende Wirkung auf die Klimaerwärmung erzielt werden. Diese langfristige CO<sub>2</sub>-Entnahme und -Speicherung kann

durch verschiedene Verfahren erfolgen, die unter dem Begriff Negativemissions-Technologien (NET) zusammengefasst werden.

#### NEGATIVEMISSIONS-TECHNOLOGIEN (NET)

Obwohl in der Öffentlichkeit noch wenig bekannt, sind NET ein essenzieller Bestandteil der globalen Klimapolitik. NET sind zwingend erforderlich, um schwer vermeidbare Emissionen auszugleichen, die auch nach 2050 noch etwa in der Landwirtschaft oder bei Hochtemperaturprozessen in der Industrie anfallen werden. Ab 2050 sollte die globale CO<sub>2</sub>-Bilanz sogar negativ sein, um die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf ein sicheres Niveau zu senken und so die Klimaerwärmung zu begrenzen. Mehrere Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> müssen dafür global jährlich aus der Atmosphäre entfernt werden, um das Risiko zu minimieren, kritische klimatische Kipppunkte zu überschreiten. Denn dies könnte gravierende Folgen nach sich ziehen,

Fotos: EMPA



## VORBILD , ENERGIE UND KLIMA

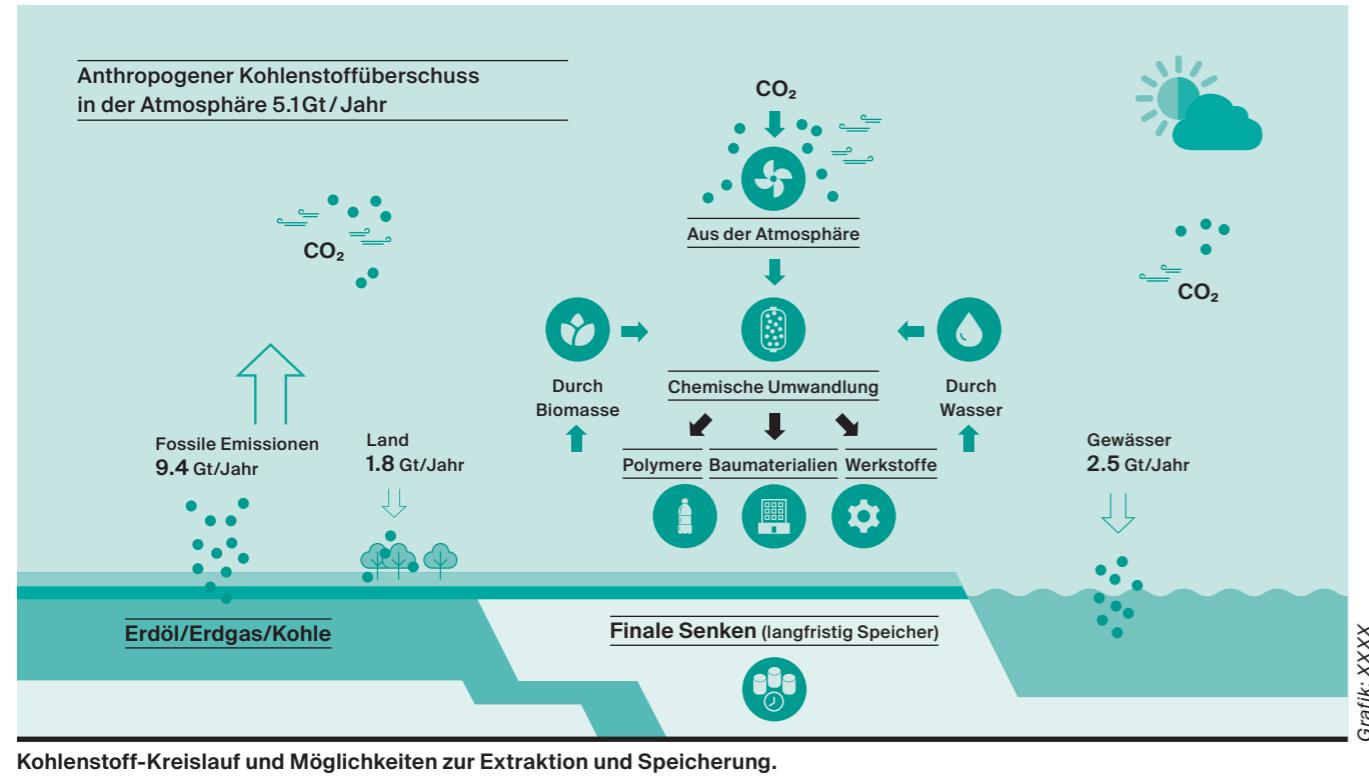
In der Initiative Vorbild Energie und Klima (VEK) leisten Anbieter öffentlich relevanter Dienstleistungen und institutionelle Investoren ihren Beitrag zur Energiestrategie 2050 und zum Pariser Klimaabkommen von 2015. Der Fokus liegt auf Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und klimaverträglichen Finanzflüssen. Alle Akteure berichten transparent über ihre Zielerreichung und teilen ihre Erfahrungen, damit auch weitere Unternehmen und Organisationen sich daran orientieren können.

[www.vorbild-energie-klima.admin.ch](http://www.vorbild-energie-klima.admin.ch)

 **Vorbild Energie und Klima**  
Eine Initiative des Bundes

umwandeln, um klimaschädliche Baustoffe und Petrochemikalien zu ersetzen. Denn es wird oft ausser Acht gelassen, dass CO<sub>2</sub> nicht nur ein Klimagas, sondern auch eine Ressource ist, die in verschiedenen natürlichen und industriellen Prozessen Anwendung findet. Eine vielversprech-

ende Möglichkeit zur sinnvollen Nutzung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> ist beispielsweise die Umwandlung in synthetische Kraftstoffe (E-Fuels). Weitere Einsatzbereiche sind die Herstellung von Baustoffen, wie karbonatisiertem Beton, Düngemittelproduktion sowie die Nutzung von CO<sub>2</sub> —//



Kohlenstoff-Kreislauf und Möglichkeiten zur Extraktion und Speicherung.

in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie. Die Verwendung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre trägt daher nicht nur zur Reduzierung der globalen Erwärmung bei, sondern bieten auch neue wirtschaftliche Chancen in einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft.

#### MINING THE ATMOSPHERE

Aktuell betreibt die Empa Forschung entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der CO<sub>2</sub>-Gewinnung über die Umwandlung in transportierbare und speicherbare Zwischenprodukte. Der Fokus liegt auf zwei zentralen Anwendungsfällen für CO<sub>2</sub>-basierte Materialien: einerseits auf Massenprodukten, die das Potenzial haben, eine grosse Menge an Kohlenstoff zu binden. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> wird dabei in synthetisches Methanol (Methanol-Synthese) oder Methan (Methanisierung) umgewandelt. Methanol kann als Ausgangsmaterial für eine Vielzahl organischer Verbindungen dienen, die heute mehrheitlich aus Erdöl hergestellt werden. Methan lässt sich pyrolysern, wobei Wasserstoff und Kohlenstoffpulver entstehen. Wasserstoff kann wiederum energetisch genutzt werden, während das Kohlenstoffpulver als Rohstoff für diverse Baustoffe eingesetzt werden kann. Die Empa entwickelt derzeit erste Demonstrationsanlagen, um die Herstellung von Beton mit Anteilen an

Kohlenstoffpulver weiter zu erforschen. Im Rahmen der neuen NEST-Unit «Beyond Zero» werden die Forschungsergebnisse der Empa direkt in die Praxis übertragen und zur Skalierung und Kommerzialisierung weiterentwickelt.

Andererseits konzentriert sich die Forschung auf die Entwicklung hochwertige Produkte. Darunter fallen Kohlefasern und Kohlenstoff in Form von Pflanzenkohle, die durch die Pyrolyse von Biomasse gewonnen werden und unter anderem in der Baustoffindustrie, Landwirtschaft (zur Optimierung der Bodenqualität), Wasseraufbereitung sowie in der Energiespeicherung Anwendung finden können.

#### GEBAUDE ALS CO<sub>2</sub>-SENKEN

Bereits heute kann ein Beton mit durchschnittlichen mechanischen Eigenschaften hergestellt werden, der eine Netto-Null-Bilanz bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist. «Klark» der Klimabeton mit Pflanzenkohle von Logbau ist eines der ersten klimaverträglichen Produkte, dass auf dem Markt erhältlich ist. Mit weiteren Optimierungen könnte die Empa künftig sogar ein netto-negatives Betonprodukt entwickeln, das aktiv zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beiträgt. Damit der Übergang zu CO<sub>2</sub>-basierten Baumaterialien erfolgreich ist, müssen diese mindestens die Leistungsfähigkeit konven-

tionaler Materialien erreichen oder idealerweise sogar übertreffen. Gleichzeitig sollten die erforderlichen Anpassungen aufgrund der unterschiedlichen Beschaffung der Kohlenstoff-haltigen Materialien in den Bau- und Planungsprozessen minimal bleiben, um eine breite Akzeptanz in der Branche zu gewährleisten. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, dürfte die Bauwirtschaft auch gewisse Mehrkosten akzeptieren – insbesondere, wenn ein CO<sub>2</sub>-Preis auf fossile und geogene Quellen eingeführt wird.

Jährlich werden weltweit über 30 Milliarden Tonnen Beton verbaut. Beton gilt aber als Klimasünder unter den Baustoffen, da bei der Herstellung von Zement, dem unerlässlichen Bindemittel für den harten und vielseitigen Baustoff, massiv CO<sub>2</sub> emittiert wird. Die Bauwirtschaft ist deshalb in erheblicher Verantwortung hinsichtlich der menschengemachten Klimaerwärmung. Würde es gelingen, vermehrt kohlenstoffbasierte Zuschlagstoffe für Beton und Asphalt einzusetzen, könnte man das Klimagas CO<sub>2</sub> zum mindest teilweise wieder binden. Eine weltweit konsequente Umsetzung hätte einen mildernden Effekt auf den menschengemachten Klimawandel um bis zu -1°C (im Zeithorizont von 170 Jahren). Deshalb haben Baumaterialien im Rahmen von «Mining the Atmosphere» höchste Priorität – nebst koh-

lenstoffbasierten Zuschlagstoffen für Beton und Asphalt auch Isolationsmaterialien auf Basis von pyrolysiertem Biomasse.

#### SIND NET ZUKUNFTSFÄHIG?

Die aktive, technische Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre ist energieintensiv und mit beträchtlichen Kosten verbunden. Deshalb ist es essenziell, dass diese Prozesse ausschliesslich mit Energie aus erneuerbaren Quellen betrieben und vorzugsweise an Standorten errichtet werden, an denen diese im Überschuss verfügbar ist. Auch in der Schweiz können solche Prozesse während der sonnenreichen Sommermonate umgesetzt werden. «Gebäude und Infrastruktur weltweit können zu einer CO<sub>2</sub>-Senke werden und haben das Potential die Temperatur innerhalb von 100–200 Jahren wieder um 1°C zu reduzieren» erklärt Peter Richner, ehemaliger stellvertretender Direktor der Empa. Die nächsten Jahre werden daher entscheidend sein, um die Technologien aus dem Forschungsstadium in die breite Anwendung zu überführen und damit einen nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Einen Beitrag zum Fundament dafür hat die Empa mit «Mining the Atmosphere» bereits gelegt. —□

Pflanzenkohle als Bestandteil von Beton.

