

---

# IASS WORKSHOP

Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)

Potsdam, 5. Juni 2014

Round Table | Info

## Lässt sich CO<sub>2</sub> recyceln?

Ein Dialog zu Carbon Capture and Utilisation  
(CCU) Technologien



# Inhalt

- 1. Einleitung** 3
- 2. Agenda** 4
- 3. Teilnehmer** 5
- 4. Informationen zum Thema Carbon Capture and Utilisation** 6
  - Was bedeutet Carbon Capture and Utilisation? 6
  - Woher kommt das verwendete CO<sub>2</sub>? 7
  - Welche ökologischen Effekte bringt CCU mit sich? 8
  - Sind CCU-Technologien wirtschaftlich interessant? 9
  - Recycling von CO<sub>2</sub> – eine Option für die Kreislaufwirtschaft? 10
  - Zusammenfassung 12
- 5. Das Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) im Überblick** 13
- 6. Forschungsaktivitäten zu CCU am IASS** 14
- 7. Das Projekt “CO<sub>2</sub> als Wertstoff – Potenziale und Herausforderungen für die Gesellschaft”** 15

---

# 1. Einleitung

Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) wird bis heute vornehmlich als klimafeindlicher Schadstoff wahrgenommen. Tatsächlich steckt im  $\text{CO}_2$  mit Kohlenstoff aber auch ein Grundbaustein für eine Vielzahl an chemischen Produkten. Zahlreiche Forschungsprojekte, viele von ihnen mit intensiver Förderung durch das BMBF, haben in den vergangenen Jahren untersucht, wie  $\text{CO}_2$  sinnvoll genutzt werden kann. Dabei wurden teils entscheidende Durchbrüche erzielt. Die sogenannten CCU-Technologien – Carbon Capture and Utilisation, Abscheidung und Nutzung von Kohlenstoff – eröffnen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft somit eine alternative Perspektive auf den Umgang mit Kohlenstoffdioxid.

In den letzten Jahren lag die Herausforderung vor allem darin, die technische Machbarkeit dieser Konzepte zu untersuchen. Nun, da auf der Basis von CCU-Technologien entwickelte Produkte zunehmend vor der Marktreife stehen, rücken auch deren potenzielle gesellschaftliche Auswirkungen in den Fokus. Diese übergreifende Perspektive auf das Konzept des  $\text{CO}_2$ -Recyclings möchten wir am IASS vorstellen und mit Ihnen und anderen Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft diskutieren.



## 2. Agenda

### Vormittag: Information

#### 10.00 Uhr/Einführung in CCU-Technologien

*Begrüßung,*

Prof. Dr. Dr. Klaus Töpfer,  
Exekutivdirektor IASS Potsdam

*Einführung in CO<sub>2</sub>-Verwertung*

Prof. Dr. André Bardow, Lehrstuhl für Technische  
Thermodynamik, RWTH Aachen

#### 10.45 Uhr/Wo stehen CCU-Technologien heute?

*Förderung durch das BMBF*

Dr. Lothar Mennicken, Referat Ressourcen und  
Nachhaltigkeit, Bundesministerium für Bildung und  
Forschung (BMBF)

*Kurzer Überblick über aktuelle Forschungsprojekte*

Dr. Alexis Bazzanella, Leiter Forschungs- und  
Projektkoordination, DECHEMA

#### 12.00 Uhr/Ein ganzheitlicher Blick auf CCU-Technologien

*Offene Fragen zu CCU-Technologien*

Henriette Naims, Dr. Barbara Olfe-Kräutlein,  
Project Scientists, IASS Potsdam

#### 12.30–14.00 Uhr/Mittagspause

### Nachmittag: Diskussion

#### 14.00 Uhr/Wertschöpfung mit CCU – von der Kette zum Kreislauf?

Prof. Dr. Stefan Bringezu, Director Material Flows  
and Resource Management, Wuppertal Institut,  
Professor for Sustainable Resource Management,  
University of Kassel

Prof. Dr. Ralf Schmoll, Vice President Sustainable  
Businesses, Creavis Science to Business, Evonik  
Industries AG

Dr. Peer Hoth, Referatsleiter Mineralische Rohstoffe  
und Geowissenschaften, Fachaufsicht Bundesanstalt  
für Geowissenschaften und Rohstoffe, Bundesminis-  
terium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

#### 15.15 Uhr/Ökologisches Potenzial von CCU – Mehrwert, Messbarkeit und Marketing

Prof. Dr. André Bardow, Lehrstuhl für Technische  
Thermodynamik, RWTH Aachen

Jürgen Stellpflug, Chefredakteur und Geschäfts-  
führer, Öko-Test Verlag

Dr. Ulrich Liman, Leitung Innovation,  
Bayer MaterialScience

#### 16.30–17.00 Uhr/Abschlussrunde und Ausblick

---

# 3. Teilnehmer

**Bardow, André**, RWTH Aachen  
**Bazzanella, Alexis**, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.  
**Becker, Sebastian**, Sunfire GmbH  
**Bringezu, Stefan**, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
**Bruhn, Thomas**, IASS Potsdam e.V.  
**Dreher, Carsten**, Freie Universität Berlin  
**Drösser, Christoph**, DIE ZEIT  
**Fischer, Almut**, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
**Göpel, Maja**, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
**Grotewold, Lars**, Stiftung Mercator GmbH  
**Gürtler, Christoph**, Bayer MaterialScience AG  
**Hoffmann, Hartmut**, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)  
**Hoth, Peer**, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
**Kesseler, Klaus**, ThyssenKrupp Steel Europe AG  
**Liman, Ulrich**, Bayer MaterialScience AG  
**Lorente, Ana**, IASS Potsdam e.V.  
**Maas, Achim**, IASS Potsdam e.V.  
**Malsch, Karsten**, Bayer MaterialScience AG  
**Mantel, Rainer**, BKV GmbH Plattform für Kunststoff und Verwertung  
**Mennicken, Lothar**, Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**Naims, Henriette**, IASS Potsdam e.V.  
**Oei, Pao-Yu**, Technische Universität Berlin  
**Olfe-Kräutlein, Barbara**, IASS Potsdam e.V.  
**Peters, Martina**, Bayer AG  
**Richter, Steffi**, Umweltbundesamt  
**Roers, Rolf**, Bayer MaterialScience AG  
**Scheumann, René**, Technische Universität Berlin  
**Schlegel-Starmann**, Hedda, Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
**Schmid, Wolfgang**, Audi AG  
**Schmoll, Ralf**, Evonik Industries AG  
**Schnauder, Tilman**, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg  
**Schneider, Malte**, Climate-KIC Germany  
**Sommer, Philipp**, Deutsche Umwelthilfe e.V.  
**Stellpflug, Jürgen**, ÖKO-TEST Verlag GmbH  
**Stückrad, Stefan**, IASS Potsdam e.V.  
**Teipel, Florian**, econsense – Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft e.V.  
**Tobias, Mario**, IASS Potsdam e.V.  
**Töpfer, Klaus**, IASS Potsdam e.V.  
**Varone, Alberto**, IASS Potsdam e.V.  
**von Ketteler, Michael**, BASF SE  
**Voß-Stemping, Judith**, Umweltbundesamt  
**White, Robin**, IASS Potsdam e.V.  
**Winter, Lisa**, Technische Universität Berlin

# 4. Informationen zum Thema Carbon Capture and Utilisation

## Was bedeutet Carbon Capture and Utilisation?

Unter dem Begriff Carbon Capture and Utilisation<sup>1</sup> versteht man Technologien, die Kohlenstoffdioxid direkt oder nach einer chemischen Umwandlung als Teil einer Kohlenstoffverbindung in Materialien oder Energieträgern verwenden. Trotz der Gemeinsamkeiten in der Gewinnung des CO<sub>2</sub> aus industriellen Emissionen unterscheidet sich CCU grundsätzlich von der umstrittenen Carbon Capture and Storage (CCS)-Technologie.<sup>2</sup> Während CCS eine dauerhafte, unterirdische Entsorgung von CO<sub>2</sub> anstrebt, ist das Ziel von CCU, die CO<sub>2</sub>-Emissionen als alternative Kohlenstoffquelle zu nutzen und perspektivisch damit industrielle CO<sub>2</sub>-Kreisläufe zu schließen.

In Trockeneis, Feuerlöschern oder Getränken wird CO<sub>2</sub> heute bereits direkt in fester oder flüssiger Form bzw. als Gas verwendet, dies nennt man physikalische Nutzung. Auch Klimaanlage in Autos könnten bereits in naher Zukunft CO<sub>2</sub> als Kühlmittel nutzen. Abgesehen von dieser direkten Nutzung kann CO<sub>2</sub> nach einer chemischen Umwandlung auch in Form von energetisch höherwertigen Kohlenstoffverbindungen verwendet werden. Diese sogenannte stoffliche Nutzung als Baustein für Materialien ist bereits heute in pharmazeutischen Produkten, Lösungs- und Düngemitteln üblich. (siehe Infografik S. 11)

Außerdem kann CO<sub>2</sub> zur Herstellung von Plastik und Schäumen, Farben und Beschichtungen sowie in Zement genutzt werden. Auch ist grundsätzlich die Verwendung von Kohlenstoffdioxid in Energieträgern möglich. So können mit CO<sub>2</sub> in unterschiedlichen Prozessen flüssige Kraftstoffe und synthetisches Erdgas hergestellt und somit für die Energiespeicherung nutzbar gemacht werden.

Da CO<sub>2</sub> sehr reaktionsträge ist, sind in der Regel Hilfsmittel nötig, um es an chemischen Reaktionen zum Aufbau höherwertiger Materialien zu beteiligen. Dies kann durch zusätzliche Energie ermöglicht werden. Alternativ können chemische Katalysatoren eingesetzt werden, um einen effektiven und energetisch effizienteren Prozess zu entwickeln. Die dafür erforderliche Katalyseforschung ist ein Schlüsselfaktor für die Entwicklung erfolgreicher CCU-Technologien.

<sup>1</sup> Als alternative Bezeichnungen sind unter anderem Carbon Recycling, Carbon Capture and Usage oder Carbon Dioxide Utilisation gebräuchlich.

<sup>2</sup> Carbon Capture and Storage bezeichnet das unterirdische Einlagern von CO<sub>2</sub>.

## Woher kommt das verwendete CO<sub>2</sub>?

Das für CCU-Technologien benötigte CO<sub>2</sub> kann aus unterschiedlichen Quellen gewonnen werden und erfordert je nach Nutzung einen unterschiedlichen Reinheitsgrad.<sup>3</sup>

In einigen chemischen Prozessen, z.B. bei alkoholischen Gärungsprozessen oder der Ammoniakproduktion, entsteht CO<sub>2</sub> als Nebenprodukt. Mithilfe von kommerziell etablierten Rückgewinnungstechnologien lässt sich dieses CO<sub>2</sub> isolieren und in höchster Reinheit für die Nutzung bereitstellen.

CO<sub>2</sub> aus Rauchgasen kann mit Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung gefiltert werden. Die am weitesten entwickelte Abscheidungstechnologie ist die Aminwäsche.<sup>4,5</sup>

Die potenziellen industriellen CO<sub>2</sub>-Quellen sind zahlreich, von kleinen Industrieschornsteinen bis zu großen Kohlekraftwerken. Mit existierenden Verfahren könnten sie große Mengen CO<sub>2</sub> für eine weitere Verwendung bereitstellen. Aufgrund der hohen Abscheidungskosten und der bislang geringen Nachfrage

sind diese Technologien jedoch noch nicht verbreitet. Zudem könnten Abscheidungstechnologien möglicherweise schädliche Auswirkungen auf die Umwelt besitzen, die derzeit noch nicht hinreichend geklärt sind.<sup>5</sup>

Eine weitere CO<sub>2</sub>-Quelle ist die Atmosphäre: Ein kommerziell noch nicht nutzbarer Ansatz sieht vor, durch chemisch-technische Verfahren bereits emittiertes CO<sub>2</sub> wieder aus der Atmosphäre heraus zu filtern (*Direct Air Capture* durch „künstliche Bäume“).<sup>6</sup>

Grundsätzlich ist zu beachten, dass CO<sub>2</sub> nach der Abscheidung zum Ort der Nutzung transportiert und ggf. zwischengelagert werden müsste, was jeweils mit Gefahren für Mensch und Umwelt einhergehen kann.

<sup>3</sup> In Industrieabgasen ist CO<sub>2</sub> als Teil eines oft komplexeren Gasgemisches enthalten. Die Abgase eines Kohlekraftwerkes beispielsweise enthalten neben anderen Gasen und Partikeln nur etwa 15% CO<sub>2</sub>. Um aus Industrieabgasen CO<sub>2</sub> mit hohem Reinheitsgrad (von über 99%) zu erhalten, muss daher der CO<sub>2</sub>-Anteil von den restlichen Anteilen des Abgases isoliert werden.

<sup>4</sup> Das eingefangene Rauchgas wird durch eine chemische Nasswäsche aus Aminverbindungen geleitet. Diese absorbiert das CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas und kann es anschließend in hoher Reinheit wieder abgeben.

<sup>5</sup> Für eine Übersicht über Abscheidungstechnologien und ihren Entwicklungsstand siehe Dautzenberg & Bruhn (2013) „Environmental Impacts of Carbon Capture Technologies“, IASS Working Paper.

<sup>6</sup> Ein Vorschlag sieht beispielsweise den Einsatz von speziell präparierten ionischen Harzen vor, die CO<sub>2</sub> je nach Umgebungsfeuchte aufnehmen und separat wieder abgeben können, vgl. Lackner (2009) „Capture of carbon dioxide from ambient air“, *The European Physical Journal Special Topics*, 176(1), S. 93–106.

### Welche ökologischen Effekte bringt CCU mit sich?

Der Einsatz von CCU-Technologien kann verschiedene schädliche Umweltauswirkungen der Industrie reduzieren, indem

- fossile Rohstoffe substituiert werden können,
- die eingesetzte Energie reduziert werden kann,
- CO<sub>2</sub>-Emissionen zumindest temporär zwischengespeichert werden können.

Die Nutzung von CO<sub>2</sub>, das andernfalls emittiert worden wäre, ermöglicht über die Lebensdauer eines Produkts bis zu dessen Entsorgung eine zeitliche Verzögerung von Emissionen. Möglicherweise kann sie diese sogar durch eine dauerhafte Bindung, z.B. in Zement, langfristig verhindern. Mit einem signifikanten Beitrag zum Klimaschutz ist aufgrund der begrenzten Nutzungsmengen jedoch vorerst nicht zu rechnen: Nach Schätzungen könnten in Materialien weltweit jährlich nur etwa 180 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> in Polymeren und anderen Chemiebasisprodukten eingebaut werden.<sup>7</sup>

Bei der Produktion synthetischer nachhaltiger Kraftstoffe – beispielsweise Methanol oder Dimethylether (DME) – ist das Potenzial größer, geschätzt weltweit bei etwa 1.800 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich.<sup>7</sup> Zum Vergleich: Der globale anthropogene CO<sub>2</sub>-Ausstoß betrug im Jahr 2013 etwa 36.000 Mio. Tonnen.<sup>8</sup>

Damit CO<sub>2</sub> aus CCU-Technologien in Kombination mit Wasserstoff (H<sub>2</sub>) für Kraftstoffe ökologisch sinnvoll genutzt werden kann, ist allerdings für den gesamten Herstellungsprozess die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien entscheidend.<sup>9</sup>

Derzeit werden der Großteil aller Kraftstoffe und Materialien wie beispielsweise Kunststoffe auf der Basis fossiler Rohstoffe, insbesondere Erdöl und Kohle, hergestellt. Den wesentlichsten positiven Umwelteffekt des Recyclings von CO<sub>2</sub> stellt somit die Substitution dieser fossilen Kohlenstoffquellen dar. Das CO<sub>2</sub> ersetzt in CCU-Prozessen Erdöl oder sonstige fossile Kohlenstoffquellen. Deren Verbrauch kann folglich reduziert und ein nachhaltigerer Umgang mit natürlichen Ressourcen ermöglicht werden.

Ein Produkt, bei dem Bestandteile mit CCU-Technologien hergestellt wurden, muss allerdings nicht zwingend verbesserte Umwelteigenschaften haben. Um eine individuelle Bewertung über den gesamten Lebenszyklus zu erstellen, sind eine Vielzahl von Kriterien notwendig, die CO<sub>2</sub>-Quellen und den Transport, den Produktionsprozess, die Nutzungsdauer sowie die Recycling- und Entsorgungsoptionen einbeziehen. Dieses sogenannte *Life Cycle Assessment (LCA)* von CCU-Produkten zielt hierbei auf eine transparente Bewertung der Umweltauswirkungen von Produkten. Für eine zuverlässige Bewertung sind jedoch einheitliche Kriterien zur LCA-Erstellung notwendig, die bislang nur in Form von wissenschaftlichen Empfehlungen existieren und noch nicht etabliert sind.<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (o.J.) „Wirtschaftlich- und klimarelevante Ansätze zur CO<sub>2</sub>-Nutzung (CCU-Strategie)“, URL: [http://www.dechema.de/dechema\\_media/CCUstrategie.pdf](http://www.dechema.de/dechema_media/CCUstrategie.pdf).

<sup>8</sup> Vgl. Le Quére et al. (2013) „Global carbon budget 2013“, *Earth System Science Data Discussion*, 6, S. 689–760.

<sup>9</sup> Nachhaltige Kraftstoffe sind synthetische Kohlenwasserstoffe wie Methan (CH<sub>4</sub>) und Methanol (CH<sub>3</sub>OH) deren Produktion auf erneuerbaren Energien basiert. Einzelheiten hierzu siehe Ferrari et al. (2014) „Sustainable Synthetic Fuels“, IASS Fact Sheet 1/2014.

<sup>10</sup> Vgl. zum Beispiel von der Assen, Jung & Bardow, (2013) „Life-cycle assessment of carbon dioxide capture and utilization: avoiding the pitfalls“, *Energy & Environmental Science*, 6(9), S. 2721–2734.



---

## **Sind CCU-Technologien wirtschaftlich interessant?**

Viele Unternehmen aus der Chemieindustrie und der Energiebranche haben in den letzten Jahren in Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur industriellen Nutzung von CO<sub>2</sub> investiert. Treiber hierfür sind die Volatilität der Rohstoffpreise wie auch die Endlichkeit fossiler Ressourcen. Die lokale „Versorgung“ mit CO<sub>2</sub> für die Anwendung von CCU-Technologien wäre dagegen langfristig gesichert, technisch möglich und im Vergleich zu importierten fossilen Quellen voraussichtlich zu relativ niedrigen Kosten realisierbar. Für Unternehmen bietet sich dadurch die Chance, Emissionen aus eigenen Industrieanlagen oder von Kooperationspartnern zu recyceln und so eine größere Unabhängigkeit von Rohstofflieferanten zu gewinnen. Möglich sind ebenfalls die Senkung von Kosten und eine Verbesserung des ökologischen Fußabdrucks durch CCU-Prozesse. Somit bieten CCU-Technologien die Chance kombinierter ökologischer und ökonomischer Vorteile im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht bergen CCU-Technologien folglich wichtige Potenziale. Die Eröffnung einer neuen, lokalen Rohstoffquelle könnte die europäische Chemieindustrie im internationalen Wettbewerb stärken. Außerdem könnte durch CCU-Technologien ein Innovationsvorsprung erreicht werden und das Know-how auch in andere Regionen expor-

tiert werden. Die Entstehung einer möglichen „CCU-Industrie“ könnte in der Folge zu wirtschaftlichem Wachstum führen und zur Schaffung neuer Arbeitsplätze beitragen.

Aufgrund der höheren Produktionskosten, die einige CCU-Produkte im Vergleich zu herkömmlichen Produkten derzeit noch mit sich bringen, wurden allerdings nicht alle erfolgreich demonstrierten Technologien von der Industrie weiterverfolgt und auf den Markt gebracht. Allgemein sind auch angesichts des aktuell sehr niedrigen CO<sub>2</sub>-Preisniveaus im EU-Emissionshandel die Anreize in CCU zu investieren um Emission zu reduzieren zu gering. Aufgrund der Unklarheiten bezüglich der zukünftigen Kosten von und dem Zugang zu erneuerbaren Energien bergen Investitionen insbesondere in nachhaltige, CCU-basierte Kraftstoffe derzeit Risiken, die wenige Marktteilnehmer bereit sind einzugehen. Sowohl in der Forschung als auch im Marktdesign sind somit noch weitere Fragen zu beantworten, bis eine breite Anwendung von CCU Technologien möglich wird.

## Recycling von CO<sub>2</sub> – eine Option für die Kreislaufwirtschaft?

Die Möglichkeit der CO<sub>2</sub>-Nutzung stellt nicht nur eine prozessuale Veränderung für die chemische Industrie dar. Vielmehr bedeutet sie einen *Perspektivenwechsel* in einem größeren Kontext. Die Entwicklung hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft verlangt eine Neubewertung des Umgangs mit vermeintlichem „Abfall“ ebenso wie mit endlichen Ressourcen.

CCU-Technologien tragen beide Aspekte in sich: Die sinnvolle Nutzung eines Abgases, das als zentraler Treiber des Klimawandels gilt, kann gleichzeitig den

Verbrauch fossiler Ressourcen reduzieren. Insbesondere in Kombination mit der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien, bietet CCU vielfältige Möglichkeiten industrielle CO<sub>2</sub>-Kreisläufe zu verbessern oder gar zu schließen. Damit die Anwendung dieser Technologien ihr volles Potenzial als Beitrag zu einer Kreislaufwirtschaft entfalten kann, sind auf technischer wie auf gesellschaftlicher Ebene unter Beteiligung von Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik noch offene Fragen wie zum Beispiel zur Lebenszyklusanalyse und den kommunikativen Aspekten der CO<sub>2</sub>-Nutzung zu beantworten, zu bewerten und mögliche Auswirkungen aufzuzeigen.

## CO<sub>2</sub> NUTZUNG HEUTE<sup>11</sup>

### Direkte Nutzung von CO<sub>2</sub>:

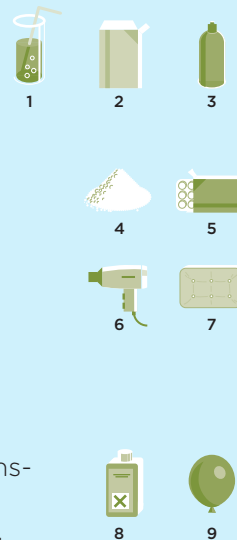
Ca. 20 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> p.a. – davon ca. 50% in der Lebensmittelindustrie, insb. in Verpackungen, ca. 35% als Industriegas und ca. 15% in karbonisierten Getränken.

### Umwandlung von CO<sub>2</sub> in Materialien:

Ca. 130 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> p.a. für die Produktion von Harnstoff. Geringe Mengen CO<sub>2</sub> werden außerdem in der Herstellung von speziellen Chemikalien verwendet (zyklische Karbonate, Salizylsäure). Die Nutzung von CO<sub>2</sub> für die Herstellung von Polymeren und anderen Materialien wird derzeit noch demonstriert.

### Umwandlung von CO<sub>2</sub> in Energieträger:

Derzeit erst rund zehntausend Tonnen CO<sub>2</sub> in Demonstrationsanlagen zur Produktion von flüssigen und gasförmigen Kraftstoffen, allerdings mit perspektivisch großem Potenzial.



- 1 Getränke
- 2 Verpackungen
- 3 Industriegas
- 4 Dünger, Harnstoff
- 5 Medikamente
- 6 Plastik, Hartschäume
- 7 Weichschäume
- 8 Flüssige Kraftstoffe
- 9 Methan, Erdgas

<sup>11</sup> Weltweite Schätzwerte basieren auf den aktuellsten verfügbaren Datenquellen, vgl. u.a. IHS Chemical (2013), International Fertilizer Association (2013), Audi (2014), Carbon Recycling International (2014).



## CO<sub>2</sub> ALS ROHSTOFF

Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus Rauchgasen oder als Nebenprodukt chemischer Prozesse kann ganz direkt oder nach einer chemischen Umwandlung als Teil einer Kohlenstoffverbindung in Materialien und Energieträgern nützlich verwendet werden. Solche Technologien fasst die Bezeichnung Carbon Capture and Utilisation (CCU) zusammen.

### Legende:

- Kohlenstoffdioxid
- Kohlenstoffverbindungen
- Umwandlung
- Abgabe an die Atmosphäre
- Nahe Zukunft
- Ferne Zukunft

# Zusammenfassung

- CO<sub>2</sub> wird bereits in einer Vielzahl von Wirtschaftszweigen als Rohstoff verwendet. Aufkommende CCU-Technologien bieten nun die Möglichkeit, den Bedarf an fossilen Rohstoffen durch Nutzung von wiederverwertetem CO<sub>2</sub> zu reduzieren.
- Die Erschließung der neuen Rohstoffquelle kann ökologisch und ökonomisch vorteilhaft sein und die Abhängigkeit von volatilen Rohstoffmärkten reduzieren.
- In der Zukunft könnten CCU-Technologien dazu beitragen, industrielle Kohlenstoffkreisläufe zu schließen und so einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Wirtschafts- und Lebensweise leisten.
- Als Quellen für das CO<sub>2</sub>-Recycling stehen derzeit große fossile Kraftwerke und Industrieanlagen zur Verfügung.
- Um dem Klimawandel signifikant entgegenzuwirken, sind die heute absehbaren Anwendungsmöglichkeiten von CCU-Technologien zu eingeschränkt.

## **ENABLING TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABILITY (ETS)**

Die Plattform „Enabling Technologies for Sustainability“ (ETS) am IASS untersucht, wie innovative technologische Anwendungen zur nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaften beitragen können. Die Hauptforschungsaktivitäten liegen in der Analyse von Technologien und der Entwicklung strategischer und prozessorientierter Lösungen, um Ressourcen effizienter zu nutzen. Wesentliches Ziel ist es dabei, die Gesellschaft über diese Prozesse zu informieren und sie aktiv an dem Transformationsprozess zu beteiligen. Die Plattform ETS gliedert sich in die wissenschaftlichen Projektbereiche Nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und CO<sub>2</sub> als Wertstoff (CCU).

# 5. Das Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) im Überblick

Das Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) wurde im Jahr 2009 als gemeinsame Initiative der Bundesregierung, des Landes Brandenburg und der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen gegründet. Inspiriert wurde die Gründung durch das Nobelpreisträgersymposium „Sustainability – A Nobel Cause“ im Jahr 2007, das unter der Schirmherrschaft von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel stand und vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) organisiert wurde.

Das IASS ist eine neue Art von Institut, die die Charakteristiken eines Forschungsinstituts und eines Think Tanks verbindet. Konzipiert als ein „Institute for Advanced Study“ (IAS) für Nachhaltigkeitsforschung bietet das IASS einen offenen Raum, um neue, auch unkonventionelle Forschungsansätze anzuwenden und weiterzuentwickeln. Durch die Bereitstellung einer Infrastruktur für inter- und

transdisziplinäre Forschung widmet sich die Arbeit am Institut den Herausforderungen eines gesellschaftlichen Übergangs zur globalen Nachhaltigkeit.

Rund 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus derzeit mehr als 30 Ländern forschen zusammen am IASS. In den zahlreichen interdisziplinären Forschungsgruppen des IASS ist somit das komplexe Spektrum der Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften vertreten. Durch die aktive Einbeziehung gesellschaftlicher Akteure in die Themenfindung wie auch in den Forschungs- und Peer-Review-Prozess der Arbeit wird sichergestellt, dass die Erkenntnisse nicht nur wissenschaftlich fundiert, sondern zudem handlungsorientiert und damit gesellschaftlich anwendbar sind. Darüber hinaus lassen sich durch diesen sektorübergreifenden Austausch auch neue Fragestellungen für die Wissenschaft generieren (siehe Abb.).



*Abbildung: Verschränkung wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Diskurse am IASS*

## 6. Forschungsaktivitäten zu CCU am IASS

Die Perspektive der Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff bringt interessante ökologische und ökonomische Potenziale mit sich. Neben der Entwicklung von spezifischen Technologien sind bisher noch generelle Fragen zum Forschungsgebiet unbeantwortet. Die Begleitung der aktuellen Technologieentwicklung durch transdisziplinäre Forschungsprojekte soll sicherstellen, dass ein möglichst großer, gesamtgesell-

schaftlicher Nutzen durch das Nachhaltigkeitspotenzial von CCU entsteht.

Die interdisziplinären Forschungsteams des IASS adressieren folglich eine Vielzahl von Forschungsfragen entlang der gesamten Kette der Wissensgenerierung (siehe Abb.).



Abbildung: Wissenskette der CCU-Forschungsaktivitäten am IASS

Das Projekt „Rückgewinnung von CO<sub>2</sub> für die Methanolproduktion“ des Forschungsclusters *Earth, Energy and Environment* (E<sup>3</sup>) untersucht die Abscheidung von CO<sub>2</sub> und die katalytische Umwandlung zu Methanol und/oder Dimethylether. Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines Verfahrensentwurfs zur Gewährleistung einer möglichst wirtschaftlichen und umweltverträglichen Verarbeitung der aus CO<sub>2</sub> gewonnenen Treibstoffe. Ferner werden wichtige Entscheidungsträger zusammengebracht, um eine Einführung von Methanol auf dem Treibstoffmarkt voranzutreiben.

Das Projekt „Umweltauswirkungen von CO<sub>2</sub> Abscheidungstechnologien“ des Forschungsclusters *Sustainable Interactions with the Atmosphere* (SIWA)

bewertet mögliche Nebenwirkungen eines großflächigen Einsatzes von CO<sub>2</sub>-Abscheidungstechnologien auf die Umwelt und Gesundheit, die nicht durch die bisherigen ökologischen Analysemethoden abgedeckt werden. Durch atmosphärische Modellierung werden regionale Szenarien entwickelt und bewertet.

Das interdisziplinäre Projekt „CO<sub>2</sub> als Wertstoff“ der Plattform *Enabling Technologies for Sustainability* (ETS) untersucht und bewertet, wie eine Implementierung verschiedener CO<sub>2</sub>-Nutzungstechnologien sich auf die drei Säulen der Nachhaltigkeit – Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft – auswirken könnte.

---

# 7. Das Projekt “CO<sub>2</sub> als Wertstoff – Potenziale und Herausforderungen für die Gesellschaft”

Das Projekt wurde im Februar 2013 in Kooperation mit der RWTH Aachen und Bayer MaterialScience aufgesetzt. Es zielt darauf ab, eine umfassende Bewertung der Wertschöpfungskette von CCU-Technologien zu skizzieren und mögliche Vorteile und Risiken für die Gesellschaft aufzuzeigen.

Das Projekt gliedert sich in die folgenden drei Teilprojekte:

## *Ökologie*

Mit dem Schwerpunkt auf der Bewertung von CO<sub>2</sub>-Emissionen wird eine Methodologie für die Lebenszyklusanalyse von CCU-Prozessen und -Produkten im Vergleich zu herkömmlichen Produkten erarbeitet. Das Teilprojekt wird in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Technische Thermodynamik der RWTH Aachen durchgeführt. Ziele sind die Identifizierung und Klassifizierung von möglichen CO<sub>2</sub>-basierten Produkten, die Entwicklung einer generellen LCA-Methodologie sowie eine Anwendung in Fallstudien. Darüber hinaus sollen Erkenntnisse zur Berücksichtigung von Markteffekten sowie zur Kommunikation von LCA-Ergebnissen gewonnen werden.

## *Ökonomie*

Das Teilprojekt widmet sich der Analyse der volkswirtschaftlichen Potenziale von CCU-Technologien mit einem Schwerpunkt auf der chemischen Industrie in Europa. Durch eine vertiefte Betrachtung der Auswirkungen von CCU-Technologien auf Wertschöpfungsketten und Sektoren sollen Erfolgs- und Risikofaktoren aus ökonomischer Sicht identifiziert werden. Nach der Identifizierung aktueller Märkte der CO<sub>2</sub>-Nutzung soll ein Überblick über aufkommende Anwendungsgebiete gewonnen und zunächst auf Fallstudienbasis detailliert analysiert werden.

## *Kommunikation*

Sobald innovative Technologien an der Schwelle zur Markteinführung stehen, können Wahrnehmungsaspekte eine erfolgreiche Umsetzung verhindern. Gründe hierfür können mangelnde Informationen, fehlendes Vertrauen, aber auch eine Etablierung von “Pseudo-Wissen” oder andere emotionale Hürden sein. Im Fall von CCU-Technologien könnten derartige Effekte durch die klimaschädigenden Eigenschaften von CO<sub>2</sub> oder durch dessen assoziative Nähe zu CCS-Technologien erzeugt und verstärkt werden. Hauptziele des Teilprojekts sind daher die Analyse von Risiken und Hindernissen in der Kommunikation und medialen Rezeption der CO<sub>2</sub>-Nutzung und die Entwicklung von Kommunikationsstrategien, die Informationen zu CCU-Technologien und deren Chancen und Risiken bereitstellen und perspektivisch einen gesamtgesellschaftlichen Dialog zu CCU-Technologien und Produkten initiieren und begleiten. ■



## Round Table | Info 5. Juni 2014

Institute for Advanced Sustainability Studies Potsdam (IASS) e. V.

**Kontakt:**

Barbara Olfe-Kräutlein: [Barbara.Olfe-Kraeutlein@iass-potsdam.de](mailto:Barbara.Olfe-Kraeutlein@iass-potsdam.de)

Henriette Naims: [Henriette.Naims@iass-potsdam.de](mailto:Henriette.Naims@iass-potsdam.de)

**Adresse:**

Berliner Strasse 130

14467 Potsdam

Deutschland

Telefon 0049 331-28822-389

[www.iass-potsdam.de](http://www.iass-potsdam.de)

**E-Mail:**

[co2inside@iass-potsdam.de](mailto:co2inside@iass-potsdam.de)

**Vorstand:**

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Klaus Töpfer

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Carlo Rubbia

Prof. Dr. Mark Lawrence

**Generalsekretär:**

Dr. Dr. Mario Tobias

