

# CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Ablagerung: Bedeutung von Systemgrenzen für Wettbewerb und Nachhaltigkeit

Sven Bode

(erschienen in: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen (et)*, 5, 2007)

*Die Abscheidung des bei Strom- und Wärmeerzeugung entstehenden CO<sub>2</sub> und die anschließende geologische Ablagerung gewinnt in der Diskussion zum Klimaschutz immer mehr an Bedeutung. Der nachfolgende Artikel befasst sich in diesem Zusammenhang mit der Bedeutung von räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen für den Wettbewerb zwischen verschiedenen CO<sub>2</sub>-Vermeidungsoptionen im Kontext des EU-Emissionshandelssystems sowie für Beiträge dieser Technologie zur nachhaltigen Entwicklung im Rahmen des Clean Development Mechanism (CDM).*

## Die CAA-Prozesskette

Die Prozesskette der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Ablagerung (CAA) ist mittlerweile in der Literatur ausreichend dokumentiert. An dieser Stelle soll sie deshalb nur kurz beschrieben werden, für eine umfangreichere Darstellung siehe z. B. [1].

Das CO<sub>2</sub> wird im Verlauf der Stromerzeugung separiert. Entweder geschieht dies bereits vor der Verbrennung (pre-combustion), nach der Verbrennung (post-combustion) oder im sog. Oxyfuel-Verfahren durch Verbrennung in nahezu reiner Sauerstoffatmosphäre entsprechend hoch konzentriert. Nach der Abscheidung wird das CO<sub>2</sub> zu den denkbaren Ablagerungsarealen transportiert und dort schließlich unterirdisch verpresst. Die einzelnen Prozesse werden heute bereits im Wesentlichen grundsätzlich sicher beherrscht. Nichtsdestotrotz kann es im Rahmen von z. B. Unfällen nach der Abscheidung zu Wiederaustritten des CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre kommen. Erfahrungen mit dem Transport von CO<sub>2</sub> in Pipelines liegen insbesondere in den USA bereits vor [2]. Mit Blick auf die Langzeitsicherheit der geologischen Lagerstätten bzw. Ablagerungsareale gibt es dagegen bisher wenige Erfahrungen. Viele Experten sehen kaum Gefahren für größere Wiederaustritte [1, insb. Kapitel 5.7], andere Studien mahnen zu etwas mehr Vorsicht [3]. Die Leckageraten sind im Vorfeld nicht genau zu bestimmen, sondern müssen im Laufe der Zeit ermittelt werden.

Zurzeit werden mehr und mehr Pilotprojekte initiiert. In Deutschland ist das Verpressungsvorhaben bei Ketzin als bedeutendstes Beispiel zu nennen. CO<sub>2</sub> wird dort in eine unterirdische Formation verpresst und das Verhalten des CO<sub>2</sub> in der geologischen Lagerstätte untersucht [4].

Auch wenn der großflächige Einsatz von CAA noch länger dauern wird, ist bereits heute (insbesondere im Kontext des Emissionshandels) die Frage zu beantworten, wie mit potenziellen Wiederaustritten umzugehen ist. Auf europäischer Ebene ist die zero-emissionplatform besonders aktiv. Konkret stellt sich die Frage, wer die Verantwortung für die potenziellen Wiederaustritte übernehmen soll. Dabei ist zwischen der Vorsorge zur Abwehr der negativen Auswirkungen des Klimawandels einerseits und der Gefahrenabwehr von Schäden großvolumiger Wiederaustritte in der näheren Umgebungsumwelt (Leib und Leben etc.) andererseits zu unterscheiden. Im derzeit geltenden nationalen und europäischen Recht ist eine Haftung für den Wiederaustritt von CO<sub>2</sub> aus den Ablagerungsarealen bisher aktualitätsbedingt nicht vorgesehen, da es sich bei den durch den Wiederaustritt ergebenden negativen klimatologischen Auswirkungen um sog. ökologische Langzeitschäden handelt. Auch das geltende Ordnungsrecht, in dem die Verpressung und Ablagerung von CO<sub>2</sub> bisher unzureichend erfasst werden, hilft bei der Bestimmung der nachfolgend diskutierten Systemgrenzen nicht viel weiter, wird einmal davon abgesehen, dass die Betreiber der jeweiligen Anlagen entlang der CAA-Kette gefahrenabwehrrechtlich bei Störfällen als Verursacher verantwortlich sind. Dies jedoch auch nur für Gefahren im Rechtssinne, zu denen klimatologische Langzeitschäden nicht zählen. Solche können allenfalls als eine Kategorie der Vorsorge erfasst werden [5]. Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die Vorsorge der Abwendung negativer Effekte des Klimawandels, die auch durch langsames, kontinuierliches Entweichen von abgeschiedenem CO<sub>2</sub> entstehen können. Die in Zukunft notwendige Regelung der Haftung für letztgenannte Leckagen sowie der Kosten für deren Überwachung hat entscheidende Auswirkungen auf die ökonomische Attraktivität der neuen Technologie.

Aus ökonomischer Sicht ist die Definition der Systemgrenzen im Hinblick auf potenzielle Leckagen und den damit verbundenen Haftungsansprüchen von entscheidender Bedeutung. Dabei geht es im Kern nicht darum, ob der CO<sub>2</sub>-Produzent im rechtlichen Sinn unmittelbar selbst für potenzielle Wiederaustritte haftet. Vielmehr geht es darum, ob das Recht derart ausgestaltet wird, dass das Risiko für bzw. die Haftung bei tatsächlichen Wiederaustritten sowie die Kosten für das entsprechende langfristige Monitoring im Entscheidungskalkül des CO<sub>2</sub>-Emittenten voll eingepreist wird. Je geringer das Risiko, das bei der Investitionsentscheidung berücksichtigt werden muss, desto attraktiver ist diese Vermeidungsoption aus Sicht des Investors.

Für die Prozesse der Abscheidung bis zum Transport zur Verpressungsanlage kann unterstellt werden, dass diese nahezu zeitgleich ablaufen, so dass nur die räumliche Dimension der Systemgrenze von Bedeutung ist. Für die Ablagerung, die zur Klimawirksamkeit mehrere Jahrtausende dauern sollte, ist die zeitliche Dimension der Systemgrenze ebenso wichtig. Sie erfasst, wie lange ein Produzent von CO<sub>2</sub> nach dessen unterirdischer Ablagerung für das dortige Verbleiben verantwortlich ist. Die beiden Aspekte werden nachfolgend für den Emissionshandel diskutiert.

## CAA im Kontext des EU-Emissionshandels

Unter dem EU-Emissionshandel sind zahlreiche große, stationäre CO<sub>2</sub>-Emittenten wie z. B. Kraftwerke verpflichtet, für die Emissionen in einer entsprechenden Verpflichtungsperiode eine äquivalente Menge Emissionsberechtigungen bei der zuständigen Behörde abzugeben. Die Emissionsberechtigungen werden z. Z. für einen bestimmten Anteil der Emissionen kostenlos ausgegeben. Danach steht es jedem Anlagenbetreiber frei, fehlende Berechtigungen am Markt zu kaufen oder entsprechend seiner Anfangsallokation Emissionen selbst zu mindern. CAA wurde bisher in den nationalen Allokationsplänen nicht berücksichtigt, da es noch nicht angewendet wurde. Die Anfangsallokation von Emissionsberechtigungen für CAA-Anlagen hat bereits einen entscheidenden Einfluss auf die Anreize für entsprechende Investitionen. Dies soll hier nicht weiter vertieft werden (für weitere Details siehe [6]), vielmehr wird auf die Verantwortung für mögliche Wiederaustritte nach der CO<sub>2</sub>-Entstehung eingegangen.

Wie bereits erwähnt, können die Grenzen hierfür unterschiedlich gesetzt werden (siehe Abb.). Dabei gilt, dass das Risiko, das der Betreiber tragen muss, umso geringer wird, je enger die Systemgrenze für die Verantwortung für mögliche Wiederaustritte gesetzt wird. Zugleich erhöht sich damit der Anreiz für einzelne Anlagenbetreiber, CAA einzusetzen. Wird beispielsweise die Systemgrenze vom Kraftwerk bis zur Abscheideanlage eher eng gesetzt, und werden die Betreiber der nachfolgenden Verpressungsanlage und Lagerstätte nicht verpflichtet, im Fall möglicher Leckagen eine äquivalente Menge Emissionsrechte zu erwerben, um die Wiederaustritte zu kompensieren, so sind das Risiko und die möglichen Kosten für den CO<sub>2</sub>-Emittenten geringer als bei einer weiten Systemgrenze, die auch das Reservoir umfasst. Je geringer das Risiko, desto geringer aber auch die Kosten der CO<sub>2</sub>-Vermeidung mittels Abscheidung und Ablagerung aus Sicht des Emittenten. Sofern eine räumlich weite Systemgrenze gesetzt wird, die auch das Reservoir mit einschließt, ist die zeitliche Grenze, d. h. der Zeitraum, für den der Betreiber für Leckagen haftet, von Bedeutung.

Die Frage ist nun, wie die Systemgrenze gesetzt werden soll. Immer häufiger ist zu vernehmen, dass die CAA-Anlagenbetreiber nur für einen begrenzten Zeitraum die Verantwortung übernehmen sollten. Jüngst wurde die Zahl 20 bis 25 Jahre als eine erste Größe genannt [7]. Zu bedenken ist bei der Bestimmung des Zeitraums aber Folgendes:

■ Wird das Risiko potenzieller Wiederaustritte nicht ins Entscheidungskalkül des CO<sub>2</sub>-Emittenten und damit nicht in die Vermeidungskosten dieser einen Option eingepreist, so kommt es zu einer Verzerrung auf dem Markt für Emissionsvermeidungen. Andere, permanente Vermeidungsoptionen wie z. B. Steigerung der Energieeffizienz oder Brennstoffwechsel würden relativ teurer, so dass es zu Wettbewerbsverzerrungen auf dem Markt für CO<sub>2</sub>-Vermeidungsoptionen käme [8]. Hier wäre zu klären, wie derartige Verzerrungen bzw. Subventionen begründet werden könnten. Insbesondere wenn die Ablagerung so sicher ist, wie Optimisten annehmen, sollte der vollständigen Einpreisung des Leckagerisikos (d. h. die weitest mögliche Systemgrenze) durch eine geeignete Rechtssetzung nichts im Wege stehen. Der Risikoaufschlag müsste entsprechend gering ausfallen. Zur vollständigen Einpreisung des Risikos stehen im Übrigen verschiedene Optionen wie z. B. temporäre Emissionsberechtigungen [9] oder Pflichtversicherungen [10] zur Verfügung. Auch im Hinblick auf die Anforderungen an die Genauigkeit des Monitorings besteht Verzerrungspotential. Monitoring mit größerer zulässiger Toleranz für CAA Projekte kann zu Nachteilen für Anlagenbetreiber führen, denen der Einsatz der neuen Technologie nicht möglich ist und für die strengere Toleranzen bei der Emissionsüberwachung angelegt werden.

■ Die bei besonders (zeitlich) engen Systemgrenzen nicht in den Vermeidungskosten berücksichtigten Risiken müssten im Falle tatsächlicher Leckagen von der Allgemeinheit getragen werden, da in diesem Falle zusätzliche Anstrengungen zur (erneuten) Emissionsreduktion notwendig wären. Hier wäre zu fragen, warum die Allgemeinheit dieses Risiko tragen sollte und nicht dem Verursacherprinzip entsprechend diejenigen, die für die Risikoerhöhung bzw. die Ursache verantwortlich sind?

In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, dass es sich beim Emissionshandel um ein Instrument der neoklassischen Umweltökonomie handelt. D. h. es bildet sich auf dem Markt im Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage ein Preis für CO<sub>2</sub>-Vermeidung. Dieser Preis wird durch die Grenzkosten des letzten Anbieters bestimmt, der gerade noch „CO<sub>2</sub>-Vermeidung“ produziert. Alle Anbieter von Emissionsrechten bekommen nun den gleichen Preis. Deren Kosten sind dabei unerheblich, d. h. alle Anbieter (auch CAA-Anlagenbetreiber) können grundsätzlich nicht nur ihre Durchschnittskosten decken, sondern vielmehr auch Gewinne erzielen. Die Gewinnerzielung ist wünschenswert und ermöglicht einen effizienten Umgang mit knappen Ressourcen. Zu klären ist aber, ob es gewünscht ist, Gewinne machen zu können, wenn

nicht alle externen Effekte (z. B. die der Wiederaustritte), in den Kosten der Betreiber berücksichtigt sind. Der Emissionshandel als solcher versucht gerade, die externen Kosten der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu internalisieren.

Mit Blick auf die beiden zuvor genannten Punkte „Wettbewerbsverzerrung“ und „Gewinnmöglichkeit“ soll betont werden, dass es sich nicht um normative Aussagen handelt. Eine Gesellschaft kann bestimmte Technologien gegenüber anderen bevorzugen und einzelne Akteure aus der Verantwortung für ihr Handeln entlassen. Nur sollte dies explizit geschehen und sollten mögliche Wirkungen im Vorfeld transparent gemacht werden.

### CAA im Kontext des CDM

In jüngster Zeit wird in der Diskussion zu CAA immer öfter auch auf das Potenzial von CAA im Kontext des CDM unter dem Kyoto Protokoll hingewiesen [11]. Erste Projektvorschläge wurden bereits zur Genehmigung beim zuständigen CDM-Aufsichtsrat eingereicht. Die Tabelle gibt einen groben Überblick über die regionale Verteilung der Lagerstätten. Wie zu sehen ist, befindet sich in der Tat das größte Potential in Entwicklungsländern.

Der CDM soll den sich entwickelnden Ländern dabei helfen, eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Ob CAA im Rahmen von CDM-Projekten derartige Hilfe leisten kann, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Zum einen würde dies eine eingehende Auseinandersetzung mit den verschiedenen Konzepten von Nachhaltigkeit verlangen (Stichwort: schwache vs. starke Nachhaltigkeit), zum anderen fällt die Aufgabe der Entscheidung, ob ein bestimmtes CDM-Projekt Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung eines bestimmten Landes leistet, der zuständigen nationalen Genehmigungsbehörde (designated national authority) zu.

Mit Blick auf die bereits o. g. Bedeutung der Systemgrenzen soll an dieser Stelle nur betont werden, dass die Reduktion von Treibhausgasemissionen durch CAA-CDM Projekte bei einer globalen Systemgrenze keinen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leistet [12]. Mit jeder zertifizierten Emissionsreduktion (CER) aus einem solchen Projekt steigen die Emissionen in den Industrieländern in gleicher Höhe. Für den Klimaschutz ist nichts gewonnen. Dennoch kann es unter dem derzeitigen Klimaregime ökonomisch sinnvoll sein, derartige Projekte zu initiieren, wenn die Vermeidungskosten im CDM-Gastland entsprechend gering sind. Auch können grundsätzlich Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung in diesem Land erzielt werden. Nur werden auf globaler Ebene dadurch keine zusätzlichen Emissionen reduziert. Zur Diskussion der Haftung im Hinblick auf potenzielle Leckagen bei CDM-Projekten siehe [9].

### Fazit

Die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Ablagerung (kurz: CAA) bietet die Chance, den Ausstoß von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre massiv zu reduzieren. Gleichzeitig besteht grundsätzlich das Risiko, dass CO<sub>2</sub> nach der Abscheidung ungewollt in die Umgebung entweicht. Die Regelung der Haftung für derartige Wiederaustritte hat große Implikationen im Hinblick auf den Wettbewerb der verschiedenen CO<sub>2</sub>-Vermeidungsoptionen, insbesondere im Rahmen des EU-Emissionshandels. Bei Nichteinpreisung des Risikos potenzieller Wiederaustritte nach der Abscheidung kommt es zu einem Vorteil für CAA gegenüber „konventionellen“ Vermeidungsoptionen wie z. B. der Steigerung der Energieeffizienz. Dies kann politisch gewollt sein, ist bei der Ausgestaltung des Rechts auf jeden Fall zu beachten.

Mit Blick auf CAA-Projekte unter dem CDM-Regime ist zu bedenken, dass hierdurch auf globaler Ebene keine zusätzlichen Emissionen reduziert werden. Einen Beitrag zur notwendigen massiven Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten derartige Vorhaben unter dem CDM daher nicht. Bestenfalls gibt eine Reduktionsoption in Entwicklungsländern mit geringen Vermeidungskosten einen Anreiz für Industrieländer, ein strengeres Emissionsziel in der Zeit nach 2012 zu akzeptieren, das dann mittels CDM erreicht werden kann.

### Anmerkungen

[1] *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, IPCC Special Report, (Summary for Policy Makers); erhältlich unter: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)*

[2] *Siehe hierzu z. B. Gale, J.; Davison, J.: Transmission of CO<sub>2</sub> – Safety and Economic Considerations, in: Gale, J.; Kaya, Y. (Hrsg.): GHGT-6: Sixth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Kyoto, Japan, 30 September–4 October, 2002, elektronische Version ohne Seitenangabe.*

[3] *Kharaka, Y. K. et al.: Gas-water-rock interactions in Frio Formation following CO<sub>2</sub> injection: Implications for the storage of greenhouse gases in sedimentary basins, in: Geological Society of America, V. 34, No. 7 (2006), S. 577-580*

[4] *Für Details siehe [http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb51/projects/CO2\\_SINK-ORG/geninfo/theproject.htm](http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb51/projects/CO2_SINK-ORG/geninfo/theproject.htm)*

[5] *Dietrich, L.: CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Ablagerung (CAA) im deutschen und europäischen Energieumweltrecht, Nomos-Verlag. Im Erscheinen.*

[6] *Dietrich, L.; Bode, S.: CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Ablagerung (CAA): Ordnungsrechtliche Aspekte und ökonomische Implikationen im Rahmen des EU-Emissionshandels. HWWA Discussion Paper No. 327, Hamburg 2005.*

[7] Antwort von Dr. G. Sweeney, Executive Vice President, Shell Renewables, Hydrogen and CO<sub>2</sub>, im Rahmen einer Podiumsdiskussion: „Das Klima zwingt zum Handeln – CO<sub>2</sub> zurück in die Erde.“ 30. Oktober 2006, Potsdam. In einem Positionspapier vom gleichen Tage heißt es: „Wir glauben, dass ein rechtliches Rahmenwerk, das den Markt nicht verzerrt und den Unternehmen das Vertrauen für langfristige Investitionen gibt, eine unabdingbare Voraussetzung für den kommerziellen Einsatz der CO<sub>2</sub>-Speicherung ist.“

[8] Ausführlicher in: Bode, S.: CO<sub>2</sub>-Ablagerung und Wettbewerb im EU-Emissionshandelssystem. in: Wirtschaftsdienst, 1 (2006), S. 62-66.

[9] Bode, S.; Jung, M.: Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS) – liability for non-permanence under the UNFCCC. in: International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 6 (2006), S. 173-186

[10] Z. B. Edenhofer, O.; Held, H.; Bauer, N.: A Regulatory Framework for Carbon Capturing and Sequestration within the Post-Kyoto Process. In: Rubin, E. S.; Keith, D. W.; Gilboy, C. F. (eds): Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Vo. 1. Peer-Reviewed Papers and Plenary Presentations. IEA Greenhouse Gas Programme, Cheltenham, MA.

[11] z. B. IEA Greenhouse Gas R&D Programme (2004) Use of the Clean Development Mechanism for CO<sub>2</sub> Capture and Storage. Report Number PH4/36

[12] Viele Entwicklungsländer verwenden bei der Bewertung des Beitrags eines CDM-Projekts für (ihre) nachhaltige Entwicklung den Indikator „Reduktion von Treibhausgasen“.

[13] Hendriks, Chris; Graus, Wina; van Bergen, Frank (2004, p. 48): Global carbon dioxide storage potential and costs, EEP-02001, Ecofys, Utrecht

**Dr. S. Bode, Institut für Energie- und Klimapolitik, Hamburg**  
 sven.bode@arrhenius.de

BU

Abb. 1: Mögliche Systemgrenzen für die CAA Prozesskette

**Tabelle: Ablagerungspotential (Gt CO<sub>2</sub>)**

	Onshore					Offshore				
	Verbleibende Ölfelder	Leere Ölfelder	Verbleibende Gasfelder	Leere Gasfelder	ECBM	Verbleibende Ölfelder	Leere Ölfelder	Verbleibende Gasfelder	Leere Gasfelder	Aquifere
Industrieländer <sup>*)</sup>	2,6-186,2	8,4-16,8	91,2-382	2,5-156,7	0-401,7	0,6-67,2	6,1-32,6	38,3-412,3	13,6-20,5	10,4-374,1
Entwicklungsländer <sup>*)</sup>	6,4-547,8	13,6-27,2	127,8-543	1,5-234,3	0-1 078,3	2,4-240,8	13,9-74,4	110,7-365,7	6,4-11,5	19,6-706,9
<b>Gesamt</b>	<b>9-734</b>	<b>22-44</b>	<b>219-925</b>	<b>4-391</b>	<b>0-1 480</b>	<b>3-308</b>	<b>20-107</b>	<b>149-778</b>	<b>20-32</b>	<b>30-1 081</b>

Eigene Berechnungen basierend auf: [13] <sup>\*)</sup> genauer Anhang-1 bzw. nicht-Anhang-1 Länder der Klimarahmenkonvention, Zuordnung nicht immer eindeutig.

**ECBM: Enhanced Coal Bed Methan (Production)**