

Technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung

Mögliche Auswirkungen, Potenziale und Anforderungen

- Kurzfassung -

August 2006

Der Klimawandel ist eine große Herausforderung für die Menschheit. Die Emissionen der Treibhausgase nehmen im globalen Maßstab unverändert zu. Damit die Risiken der globalen Klimaänderung in Grenzen gehalten werden können, darf die globale Durchschnittstemperatur bis Ende dieses Jahrhunderts allenfalls um 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau steigen. Um dieses Ziel global zu erreichen, muss Deutschland – wie auch die anderen industrialisierten Staaten - bis zum Jahr 2020 den Ausstoß seiner Treibhausgase um 40 % und bis 2050 um 80 % gegenüber 1990 vermindern.

Das UBA setzt auf eine nachhaltige Klimaschutzpolitik durch Vermeidung von Emissionen und fordert daher, vorrangig den eingeleiteten Wechsel in der deutschen Energiepolitik, weg von fossilen Brennstoffen, hin zu erneuerbaren Energien und deutlich gesteigerter Energieeffizienz, konsequent umzusetzen und zu verstärken, also CO₂-Emissionen erst gar nicht entstehen zu lassen.

Für einen begrenzten Zeitraum kann es erforderlich sein, auch nachsorgende Aktivitäten zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes zu ergreifen. Dazu können bestimmte Formen der technischen Abscheidung und -Speicherung des wichtigsten Klimagases Kohlendioxid – oftmals als „Sequestrierung“ von CO₂ bezeichnet – zählen. Die technische CO₂-Abscheidung und -Speicherung lässt zwar weiterhin Treibhausgase entstehen, verspricht aber, das Entweichen in die Atmosphäre und damit ihre Klimawirkung für längere Zeiträume zu verhindern.

Bei der Anwendung derartiger Verfahren ist unerlässliche Voraussetzung aus Sicht des Umweltbundesamtes, auch die Auswirkungen auf andere Umwelt- und Gesundheitsbereiche zu berücksichtigen. Zu diesen Aspekten nimmt das Umweltbundesamt in einem Positionspapier ausführlich Stellung (Umweltbundesamt: Technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung, Dessau, 2006).

Das vorliegende Thesenpapier stellt die wesentlichen Schlussfolgerungen vor. In der Diskussion sind sowohl nationale als auch internationale Aspekte zu beachten.

Soweit nationale Aspekte berührt sind, konzentriert sich das Umweltbundesamt auf die Verhältnisse in Deutschland, so z.B. bei der Frage der Speicherverfügbarkeiten für abgeschiedenes CO₂. Dieses Papier behandelt nur die technische Speicherung von CO₂, nicht hingegen die biologische Speicherung z. B. durch Aufforstungen.

These 1: Klimaschutz ist mit erneuerbaren Energien und Energieeffizienz erreichbar. Die technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ hingegen ist nicht nachhaltig, sondern allenfalls eine Übergangslösung.

Klimaschutzszenarien u.a. des Umweltbundesamtes zeigen, dass die Klimaziele durch die Steigerung der Energieeffizienz und den Ausbau der erneuerbaren Energien erreichbar sind. Der schnellstmöglichen Umsetzung dieser Maßnahmen gibt das Umweltbundesamt daher den Vorzug gegenüber der technischen Abscheidung und Speicherung von CO₂. Letztere fußt auf der Verbrennung fossiler Rohstoffe, deren Verfügbarkeit global begrenzt und auf wenige Regionen konzentriert ist. Kohle steht zwar selbst bei einer deutlichen Steigerung der heutigen Verbrauchsraten noch mehrere Jahrhunderte zur Verfügung, ihr vermehrter Einsatz verhindert allerdings die Einhaltung des 2 °-Ziels, da Kohle bei der Verbrennung große Mengen des Klimagases CO₂ freisetzt. Mit anderen Worten: Es steht deutlich mehr Kohle zur Verfügung, als die Erdatmosphäre von ihrem Verbrennungsprodukt Kohlendioxid klimaverträglich aufnehmen kann.

Sofern neben den natürlichen Senken für Kohlendioxid weitere – geologische – Senken für abgeschiedenes CO₂ erschlossen werden, kann dies einen Zeitgewinn bedeuten, bis die weiteren aus Sicht des UBA prioritären Minderungs- und Vermeidungsmaßnahmen in vollem Umfang greifen. Auch die geologischen Senken sind jedoch beschränkt (vgl. These 2). Zudem vermindert der zusätzliche Energiebedarf für die Abscheidung die Reichweite fossiler Ressourcen. CO₂-Abscheidung und -Speicherung ist daher keine dauerhafte Lösung und nicht nachhaltig. Sie kann allenfalls eine Übergangslösung für den Klimaschutz sein, sofern die folgenden Randbedingungen (vgl. Thesen 4 - 6) beachtet werden.

In Deutschland müssen die Stromproduzenten im Zeitraum bis 2020 große Kraftwerkskapazitäten ersetzen. Selbst bei ehrgeizigen Zielen für den Ausbau der erneuerbaren Energien und der Energieeinsparung wird ein Teil dieser Anlagen auf fossilen Energieträgern beruhen. Um gleichzeitig das Klimaschutzziel bis 2020 zu erreichen, dürfen herkömmliche Kohlekraftwerke bei den neuen Kraftwerken nur eine untergeordnete Rolle spielen, da CO₂-Abscheidung und -Speicherung in Deutschland voraussichtlich erst ab 2020 für den kommerziellen Einsatz zur Verfügung stehen wird. Vorhandene Kohlekraftwerke können dann nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand nachgerüstet werden. Alternativen bei den jetzt anstehenden Kraftwerksbauten bestehen in der stärkeren Nutzung von Erdgas in hocheffizienten Gas- und Dampfturbinen (GuD)-Kraftwerken oder dezentralen Blockheizkraftwerken. Diese stellen wegen der begrenzten Erdgasressourcen und des auch bei ihnen verbleibenden Kohlendioxidausstoßes auch nur eine Übergangslösung dar, sind aber heute verfügbar.

Bis zum Jahr 2020 kann CO₂-Abscheidung und -Speicherung also keinen relevanten Beitrag zum Klimaschutz leisten. Auch später wird diese Technik aus Kostengründen nur für große Anlagen, vor allem Kraftwerke, relevant sein. Sie allein kann daher den Klimawandel nicht anhalten. Auch deshalb müssen die heute und auch langfristig sicher zur Verfügung stehenden Optionen, Energieeffizienz und erneuerbare Energie, mit Vorrang voran gebracht werden.

Die deutsche Forschungsförderung berücksichtigt dies zurzeit in ausgewogener Weise. So investiert die Bundesregierung pro Jahr etwa 130 Mio. Euro in die Forschungsförderung erneuerbarer Energien und 80 Mio. Euro in die Förderung von effizienteren Technologien. Dem stehen etwa 18 Mio. Euro für die Forschung zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung gegenüber.

Diese Prioritätensetzung sollte nicht nur in die deutsche Forschungsförderung, sondern auch generell in die internationale Kooperation zum Klimaschutz und vor allem in die EU-Politik zur Forschungsförderung Eingang finden.

These 2: Die Kapazitäten zur CO₂-Speicherung gehören in den Mittelpunkt der Diskussion: In Deutschland könnten sie rein rechnerisch auf 40 Jahre beschränkt sein.

Für die Speicherung von CO₂ kommen vor allem ausgediente Öl- und Gasfelder sowie saline Aquifere (tiefe Wasser führende Gesteinsschichten) in Frage. Da die Kosten für die CO₂-Speicherung mit ansteigender Transportentfernung zunehmen, wird die Speicherung voraussichtlich vor allem in Deutschland oder im grenznahen Ausland erfolgen.

Im Gegensatz zu den geringen Speicherkapazitäten in ehemaligen Ölfeldern verfügt Deutschland über bedeutende Speicherkapazitäten von etwa 2,5 Gigatonnen (1 Gt = 1 Milliarde Tonnen) CO₂ in ehemaligen Gasfeldern. Dazu kommen Speicherkapazitäten in salinen Aquiferen, deren Aufnahmefähigkeit zwischen 12 und 43 Gt CO₂ liegen könnte.

Werden die untersten Kapazitätswerte angenommen, sind die CO₂-Speicherkapazitäten in Deutschland auf etwa 14,5 Gt CO₂ beschränkt. Die derzeitigen CO₂-Emissionen aus den deutschen Kraftwerken von etwa 0,35 Gt CO₂/Jahr füllen dieses Volumen – die vollständige Speicherung aller gegenwärtigen Kraftwerksemissionen vorausgesetzt – rein rechnerisch in 41 Jahren aus. Werden die höheren Werte von 45,5 Gt CO₂-Speicherkapazität zugrunde gelegt, könnten die Speicherkapazitäten rein rechnerisch für einen Zeitraum von 130 Jahren ausreichen.

Diese rechnerischen Werte geben aus Umwelt- und Kostengründen nur eine Obergrenze an. Zunächst werden einige Speicher auch aus gesundheitlichen und ökologischen Gründen nicht nutzbar sein. Weiterhin steht die CO₂-Speicherung bei den nutzbaren Speichern in Konkurrenz zur Nutzung für geothermale Energiegewinnung sowie als Gas- oder Druckluftspeicher. Diese Konkurrenzsituation spielt für den Klimaschutz eine entscheidende Rolle. Im Übrigen sind nicht alle Speicher zu ökonomisch vertretbaren Bedingungen nutzbar.

These 3: Die technische Abscheidung und Speicherung des CO₂ verursacht Kosten. Einige Projekte werden sich – ehrgeizige Klimaschutzziele vorausgesetzt – jedoch wahrscheinlich rechnen.

Die technische Abscheidung von CO₂ verursacht Kosten. Hinzu kommen die Ausgaben für die Verdichtung des CO₂, für den Transport in Pipelines oder Schiffen sowie die Kosten für die Speicherung und die Überwachung der Speicher. CO₂-Abscheidung sollte daher nur zum Einsatz kommen, sofern es sich im Vergleich mit anderen Optionen um eine kosteneffiziente Klimaschutzmaßnahme handelt.

Die dem UBA vorliegenden Schätzungen, wie hoch diese Kosten tatsächlich liegen, hängen nicht nur von der eingesetzten Technik ab. Hinzu kommt eine Vielzahl weiterer Faktoren, die die Autoren der Schätzungen nicht immer transparent darstellen. Die Abscheidung stellt den größten Kostenfaktor dar und liegt allein bereits zwischen 8 und 68 Euro/Tonne CO₂. Zum Vergleich: Die CO₂-Zertifikatspreise im EU-Emissionshandel lagen bisher zwischen 6 und 30 Euro/Tonne CO₂ (Stand August 2006).

Die Abscheidung und Speicherung von CO₂ kann betriebswirtschaftlich sinnvoll sein, falls die Emission von CO₂ mit Kosten belegt ist. Auf den liberalisierten Energiemärkten werden daher letztlich die betriebswirtschaftlichen Kalkulationen der einzelnen Investoren über die Realisierung von Projekten zur Abscheidung und Speicherung entscheiden. Ihre Anwendung in großem Maßstab setzt aber anspruchsvolle Klimaschutzziele voraus, die deutlich über die Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls hinausgehen. Denn je teurer die Emissionen von CO₂ in die Atmosphäre sind, desto eher rechnet sich die CO₂-Abscheidung und -Speicherung. Dies zeigen auch die vorhandenen Szenarienrechnungen zum Einsatz der CO₂-Abscheidung und -Speicherung.

In welchem Ausmaß CO₂-Abscheidung und -Speicherung zur Anwendung kommen, wird schließlich auch von der Entwicklung konkurrierender Techniken abhängen. Vor allem der Transport von CO₂ ist auf den Aufbau einer Infrastruktur von Pipelines angewiesen. Bevor dies geschieht, sollten die Marktreife und das Entwicklungspotenzial anderer großmaßstäblicher Techniken zur Verminderung der nationalen CO₂-Emissionen auf der Basis erneuerbarer Energien geprüft werden, z. B. der Import solarthermisch erzeugten Stroms aus sonnenreichen Gebieten.

These 4: CO₂-Speicher sollten eine Leckagerate von 0,01 % pro Jahr nicht überschreiten. Gesundheits- und Umweltgefahren sind zu vermeiden.

Jeder CO₂-Speicher von heute ist gleichzeitig als mögliche CO₂-Emissionsquelle von morgen zu betrachten. Dabei hängt die Speichersicherheit im Wesentlichen von den standortspezifischen Eigenschaften der geologischen Formationen ab. Ferner ist die Frage der langfristigen Sicherheit der Bohrverschlüsse zentral. Erforderlich sind daher verbindliche Sicherheitsvorgaben und Grenzwerte für maximal zulässige jährliche CO₂-Emissionen aus Speichern.

Maßgeblich für den Grenzwert der Leckage muss sein, dass er eine Gefährdung von Mensch und Umwelt durch austretendes CO₂, wie z. B. bodennahe toxische CO₂-Konzentrationen an der Erdoberfläche, ausschließt. Zudem müssen andere Beein-

trächtigungen der Umwelt, wie Veränderungen des pH-Wertes in Meeren und Grundwasser, weitgehend vermieden werden. Zentral sind aber auch Klimaschutzmaßnahmen selbst: Nachfolgende Generationen dürfen nicht durch die Leckagen aus CO₂-Speichern mit Treibhausgasemissionen konfrontiert werden. Daher plädiert das Umweltbundesamt für eine maximale jährliche Leckagerate von 0,01 %. Dies bedeutet, dass rein rechnerisch nach 1.000 Jahren noch 90,5 % des einst eingelagerten CO₂ im Speicher verbleibt, falls nicht bis dahin die natürlichen geophysikalisch-chemischen Prozesse Teile des gespeicherten CO₂ dauerhaft im Untergrund gebunden haben.

Abgeschiedenes CO₂ aus dem Abgasstrom von Kraftwerken ist nicht rein, sondern enthält in der Regel noch weitere chemische Verbindungen, die sowohl von den Ausgangsstoffen stammen als auch aus dem Abscheidungsprozess resultieren können. Je nach der Herkunft kann es sich dabei auch um toxische, bioakkumulierende oder persistente Stoffgruppen handeln, die bei der Ablagerung oder möglichen Freisetzung durch Unfälle, Gewaltakte oder Leckagen erhebliche Gefahren für Mensch und Umwelt verursachen können. Bei den CO₂-Mengen, die gespeichert werden sollen, können diese Zusatzstoffe trotz geringem prozentualen Anteil absolut gesehen in größeren Tonnagen vorliegen.

Zur Bemessung der noch zulässigen Schadstoffe im zu speichernden CO₂-Abgasstrom sollten die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen an Abgasströme dienen, die in die Atmosphäre entlassen werden. Zudem dürfen die Schadstoffe die Sicherheit und Funktionsfähigkeit der Anlagen sowie die langfristige Stabilität der Speicher und der Bohrverschlüsse nicht beeinträchtigen. Nachträgliche Beifügungen von anderen Schadstoffen zum gespeicherten CO₂ sind zu verbieten.

These 5: Die Speicherung von CO₂ in der Ozean-Wassersäule und die „künstliche Mineralisierung“ von CO₂ sind keine Optionen

Neben einer geologischen Speicherung von CO₂ (z. B. unter dem Meeresboden) ist auch eine Speicherung in der Wassersäule der Meere (ozeanische Speicherung) in der Diskussion. CO₂ wirkt in hohen Konzentrationen toxisch, so dass es in der Umgebung von CO₂-Einleitungspunkten Meeresorganismen beeinträchtigt. Dies kann zum Tod der Meeresorganismen führen. CO₂ reagiert in Wasser als leichte Säure und kann bei Einleitung in großen Mengen zu Änderungen im Säuregrad (pH-Wert) des Meerwassers führen. Die die Ozeane umfassenden Meeresströmungen verbinden die Tiefsee mit der Meeresoberfläche und bedingen, dass in der Wassersäule oder am Meeresgrund deponiertes CO₂ relativ schnell wieder an die Oberfläche gelangen und in die Atmosphäre freigesetzt werden kann. Die Speicherung von CO₂ in der Wassersäule oder als „CO₂-See“ auf dem Grund des Meeres ist daher nicht akzeptabel. Internationales Recht muss sie verbieten.

Eine weitere derzeit diskutierte Speicheroption ist die „künstliche Mineralisierung“ von CO₂. Hierbei entsteht durch eine chemische Reaktion zwischen CO₂ und einem Ausgangsmineral ein neues Mineral, das das CO₂ auf Dauer bindet. Die bekannten Verfahren sind allerdings prozessbedingt sehr energieintensiv und stellen daher den Sinn des Gesamtprozesses infrage. Ferner benötigt diese Art der CO₂-Speicherung große Mengen Ausgangsgesteins und lässt bei jeder gespeicherten Tonne CO₂ je-

weils um den Faktor 3 bis 8 größere Abfall- und Abraummenen entstehen, die transportiert und gelagert werden müssen. Da schon heute absehbar ist, dass die „künstliche Mineralisierung“ aus Umwelt- und Kostengründen nicht akzeptabel ist, sollte diese Form der Speicherung keine öffentliche Förderung erhalten.

These 6: Der nationale und internationale Rechtsrahmen von CCS muss entwickelt werden

Zurzeit gibt es weder in Deutschland noch international einen Rechtsrahmen, der mit dem Ziel entwickelt wurde, die Abscheidung, den Transport und die Speicherung von CO₂ zu regeln. Verschiedene Regelwerke – wie z. B. das Abfall- und Bergrecht im nationalen Kontext sowie internationale Übereinkommen zum Schutz der Meere – müssen weiterentwickelt werden, um die technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ zu regeln. Aus der Sicht des Umweltbundesamtes muss der gesetzliche Rahmen so entwickelt werden, dass er konkrete Anforderungen formuliert, die sich an Nachhaltigkeitskriterien orientieren.

In erster Linie sind die rechtliche Absicherung der Standorterkundung, die Pflicht zur Zulassung einzelner Speicherstandorte und Speichervorgänge sowie die Entwicklung geeigneter Standards, die sowohl kurzfristige als auch langfristige Gesundheits- und Umweltschäden ausschließen, erforderlich. Neben diesen ordnungsrechtlichen Anforderungen bedarf auch das Haftungsrecht der Weiterentwicklung. Zu verhindern ist, dass durch Unfälle verursachte Schäden auf Kosten der Allgemeinheit beseitigt werden. Auch Fragen der Rechtsnachfolge der Unternehmen, die Speicher nutzen oder genutzt haben, sind wegen der langen Speicherdauer eindeutig festzulegen.

Es ist auch zu klären, wer für die Überwachung der CO₂-Speicher zuständig ist und wie die fachlichen Anforderungen an deren Überwachung bei der erforderlichen Langfristigkeit der Speicherung (> 1.000 Jahre) adäquat umgesetzt werden können. Kontinuierliche Austräge aus den Speichern sind zudem bei der Anerkennung von CO₂-Emissionminderungsmaßnahmen im Rahmen der Klimarahmenkonvention sowie beim Emissionshandel angemessen zu berücksichtigen.

These 7: Umwelt- und Gerechtigkeitsaspekte gehören in die Diskussion. Forschung, staatliche Regulierung und Demonstrationsvorhaben dürfen sich nicht nur auf technische Aspekte beschränken

Bisher beschränkt sich die Diskussion der Abscheidung und Speicherung von CO₂ weitgehend auf technische Aspekte. Dies schlägt sich auch in den nationalen Forschungsaktivitäten in Deutschland sowie in der internationalen Forschungskooperation nieder. So wichtig diese technische Diskussion vor dem Hintergrund der bestehenden Unsicherheiten ist, so reicht sie doch nicht aus, um eine mögliche Anwendung der CO₂-Abscheidung und -Speicherung vorzubereiten.

Im Interesse der Allgemeinheit, der öffentlichen Akzeptanz, der Umwelt, des langfristigen Klimaschutzes – und auch aus wohlverstandenerem Eigeninteresse möglicher Investoren – möchte das UBA eine Diskussion darüber anstoßen, ob die technische

Abscheidung und Speicherung von CO₂ einen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Industriestaaten und vor allem Deutschlands darstellen soll und, falls ja, wie dieser aussehen könnte. Gleichzeitig ist es notwendig, den internationalen Dialog auf die Lösung von Umwelt- und Gerechtigkeitsfragen zu erweitern und den rechtlichen Rahmen so auszugestalten, dass die Energieversorgung günstig, zuverlässig, umweltfreundlich und langfristig klimaverträglich ist.

Die Langfassung des Positionspapiers des Umweltbundesamtes mit dem Titel „Technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung, Mögliche Auswirkungen, Potenziale und Anforderungen“ Dessau, 2006, 120 Seiten ist ab Oktober 2006 auf der Internetseite des Umweltbundesamtes unter www.umweltbundesamt.de/energie kostenlos als Download verfügbar.