

Kapitel 1

Ausgangssituation und Zielsetzung der Untersuchung

Langfristszenarien über die zukünftige Entwicklung des Energiesystems, wie sie in letzter Zeit u.a. für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ und das BMU bzw. das Umweltbundesamt entwickelt worden sind, zeigen, dass der Übergang in eine klimaverträgliche Energieversorgung stark zu Lasten des Energieträgers Kohle geht. Andererseits ist Kohle der fossile Energieträger mit den größten globalen Reserven, sie ist zudem breit regional gestreut und birgt weniger geopolitische Risiken in sich, als dies für Erdöl und Erdgas der Fall ist.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Kohle zukünftig klimaverträglicher eingesetzt werden kann. Neben der Verbesserung der Effizienz der verschiedenen Nutzungsformen von Kohle – in erster Linie betrifft dies die Wirkungsgradsteigerung im Kraftwerksbereich und ihren verstärkten Einsatz in der Kraft-Wärme-Kopplung – kann hierzu auch die Technologielinie der CO₂-Abtrennung und Speicherung (englisch CCS = Carbon Capture and Storage) beitragen. Ihr erfolgreicher Einsatz könnte es ermöglichen, auf der Basis von Kohle „CO₂-arme“ Endenergieträger bereitzustellen. Die Erzeugung von Strom und insbesondere Wasserstoff als universell einsetzbarer und speicherbarer Energieträger ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Generell gilt dies auch für Erdgas und Öl, auch wenn Erdgas aufgrund der geringeren Kohlenstoffintensität aus Klimaschutzsicht weniger kritisch zu betrachten ist.

Bezüglich der Möglichkeiten der Abtrennung von CO₂ und vor allem dessen sicherer und langfristiger Speicherung sind aus heutiger Sicht aber noch viele Fragen offen. Dies betrifft nicht nur die überhaupt verfügbaren Potenziale (und deren regionale Verteilung) für die dauerhafte Verbringung von CO₂ in sichere Lagerstätten, sondern auch die hiermit verbundenen Kosten und ökologischen Risiken. Gelingt es, die CO₂-Abtrennung und -Speicherung als neue technologische Optionen zu vertretbaren Kosten und bei ökologisch akzeptablen Auswirkungen zu erschließen, könnte hierdurch ein deutlicher Beitrag für eine (versorgungs-)sicherere und klimaverträglichere Energieversorgung geleistet werden.

Die bisher in diesem Themenbereich vorliegenden Untersuchungen beschäftigen sich vorwiegend mit der generellen technischen Machbarkeit des Konzepts. Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen über die gesamte Prozesskette (z.B. Energiebilanz, kumulierte Energieaufwendungen, Umweltwirkungen, Rohstoffeinsatz, Risiken, Kosten), wie sie für andere

neue Energietechnologien – insbesondere die regenerativen Energien – heute selbstverständlich ist, liegt bisher nicht vor. Erst nach einer solchen Prüfung kann entschieden werden, wie umweltentlastend diese Technologieoption wirklich ist, welche Vorzüge oder Nachteile sie gegenüber regenerativen Energien besitzt und welchen Beitrag sie zu einer nachhaltigen Wirtschaftsstruktur liefern kann. Hier liegt der Fokus der durchgeführten Untersuchung.

Besondere Aktualität bekommt dieses Projekt angesichts verschiedener u.a. politischer Initiativen zur Nutzung der sog. „Clean Coal“-Option, umfangreicher Forschungsaktivitäten (in Deutschland insbesondere durch das vom BMWi geförderte COORETEC-Programm) und durch das Umweltbundesamt mit seinen Mitte 2006 veröffentlichten Thesen über die Bewertung von CCS aus Nachhaltigkeitssicht.

Immer mehr Forschungsinstitute, Politiker, aber auch Nichtregierungsorganisationen sprechen sich für eine Untersuchung und Prüfung der „Clean-Coal“-Technologie aus (z.B. der WBGU in seinem Bericht „Energiewandel“). Schließlich ist mittlerweile seitens der Energiewirtschaft für 2008 die Inbetriebnahme einer kleinen CCS-Demonstrationsanlage (30 MW_{th}-Kessel der Vattenfall Europe am Standort Schwarze Pumpe) geplant und für das Jahr 2014 die Inbetriebnahme eines ersten kommerziellen Großkraftwerkes mit CO₂-Abscheidung durch RWE Power angekündigt worden.

Die bisher vorliegenden Erkenntnisse zeigen, dass der Einstieg in die CO₂-Abtrennung und -Speicherung nur in großtechnischem Maßstab sinnvoll ist. Die Entscheidung, ob hier ein zukünftiger energiepolitischer Schwerpunkt gesetzt werden soll, muss vor dem Hintergrund der hohen Vorleistungen und der Wechselwirkungen mit anderen Optionen zur Minderung von Treibhausgasen mit großer Sorgfalt und hinreichender Solidität abgeleitet werden. Anerkannt ist heute, dass neue Technologien für eine zukünftige Energieversorgung zahlreichen Kriterien technologischer, struktureller, ökonomischer, ökologischer und sozialer Art genügen müssen, bevor sie als zukunftsfähige Optionen für eine nachhaltige Energieversorgung gelten können. Im Gegensatz zu früher werden sie daher einem strengen Ausleseprozess unterzogen, bevor ihre Eignung als zukünftige Schlüsseltechnologie feststeht. Neben detaillierten Untersuchungen zu den Potenzialen, zu den zukünftig erzielbaren Kosten einer Technologie sowie ihren möglichen industriepolitischen und sozialen Auswirkungen sind differenzierte Lebenszyklusanalysen des Gesamtsystems bzw. der gesamten Nutzungs-

kette ein geeignetes Instrument, um die Brauchbarkeit neuer Technologien vor dem Hintergrund verschiedener Nachhaltigkeitskriterien zu überprüfen. Für die verschiedenen Technologien zur Nutzung regenerativer Energien (REG) als einer wesentlichen weiteren Option zur Vermeidung von Treibhausgasen stehen hierfür bereits sehr differenzierte Daten zur Verfügung. Auch für zahlreiche Technologien im Effizienzbereich (z.B. moderne Kraft-Wärme-Kopplung – KWK) existieren geeignete Daten für eine solide Einschätzung ihrer Leistungsfähigkeit sowie Umwelt- und Systemverträglichkeit.

Ziel des Projekts ist es daher, die zur Zeit diskutierte Vielfalt von Technologien der CO₂-Abtrennung und -Speicherung auf ihre grundsätzliche Eignung für eine zukünftige Energieversorgung zu prüfen. Aus dem Ergebnis dieser Prüfung sollen mehrere Referenzsysteme und praxisnahe Systemkonfigurationen zur Bereitstellung von Elektrizität und Wasserstoff abgeleitet und sämtliche relevanten Daten ermittelt werden, die für eine vollständige Einordnung und Bewertung im Rahmen des Leitkonzepts einer zukünftigen nachhaltigen Energieversorgung von Bedeutung sind. Auf dieser Basis können dann sowohl die grundsätzliche Leistungsfähigkeit der vorgeschlagenen Technologien, ihre noch erforderlichen technologischen Entwicklungsschritte und ihre Umweltverträglichkeit abgeleitet werden. Ein systematischer Vergleich mit anderen Optionen einer klimaverträglichen Energieversorgung – speziell der Nutzung regenerativer Energien – erfolgt anschließend. Vor diesem Hintergrund ist auch die Diskussion der möglichen Rolle dieser Option in längerfristigen Szenarien der Energieversorgung zu führen. Daraus können Hinweise für den zeitlichen Ablauf weiterer Entwicklungsschritte (Infrastrukturaufbau) und für notwendige energiepolitische Grundsatzentscheidungen gewonnen werden. Die hier vorgenommene Untersuchung liefert eine differenzierte Datenbasis für die energie-, insbesondere aber auch klimapolitische Einordnung der Option der CO₂-Abtrennung und -Speicherung. Sie kann damit einen wichtigen Beitrag für die anstehenden Entscheidungen in der Energiepolitik leisten.

Zusammenfassend steht die Untersuchung unter folgenden Leitfragen:

- Wie sehen denkbare Pfade für die CO₂-Abtrennung und -Speicherung aus (Technologien, Infrastrukturen, Entwicklungszeiträume)?
- Wie stellt sich die Gesamtlebenszyklusbilanz dieser Prozessketten dar und wie ist diesbezüglich die CO₂-arme fossilbasierte Stromerzeugung im Vergleich zu anderen CO₂-freien Optionen (insbesondere den regenerativen Energien) zu werten (Vergleich auf gleicher Augenhöhe)?

- Welche Rolle kann die CO₂-Abtrennung und -Speicherung für den Klimaschutz im Vergleich zu anderen relevanten Optionen leisten – und wann (systematischer Vergleich auf der Basis signifikanter Kriterien wie Kosten, Zeitfenster, ökologische Restriktionen usw.)?
- Welche Rolle kann die CO₂-Abtrennung und -Speicherung als mögliche Brücke in ein regeneratives Energiesystem spielen?

Der hier vorliegende Endbericht gliedert sich in **fünf Teilbereiche**:

Im **ersten** Schritt (Einführung und Hintergründe) werden die treibenden Kräfte und die Haltung relevanter Akteure zu CCS untersucht.

Im **zweiten** Teilbereich werden zunächst die technologischen Entwicklungen im Bereich der CO₂-Abtrennung (bei der Stromerzeugung oder der Wasserstoffbereitstellung) einerseits und die Prozessstufen CO₂-Abtrennung, -Transport und -Speicherung andererseits detaillierter betrachtet.

Im **dritten** Schritt erfolgt eine vergleichende Bewertung von CCS mit anderen relevanten Klimaschutztechnologien auf der Basis eines umfassenden Kriterienkataloges. Dabei wird zunächst mit dem Hilfsmittel der Life Cycle Analysis (LCA) eine eingehende vergleichende Analyse der ökologischen Performance der CO₂-Abtrennung und -Speicherung im Verhältnis zum weiteren Ausbau erneuerbarer Energien durchgeführt. Gleichermaßen wird eine vertiefende Betrachtung der ökonomischen Parameter vorgenommen. Die Vergleichsanalyse mit erneuerbaren Energien wird mit Hilfe zusätzlicher Kriterien weiter spezifiziert und ausgeweitet.

Im **vierten** Schritt wird für Deutschland eine Einschätzung der nationalen energiewirtschaftlichen Bedeutung von CCS vorgenommen. Im Rahmen dieser Einschätzung werden eingehende System- und Szenarioanalysen durchgeführt. Dabei wird die energie- und klimapolitische Bedeutung einer Einführung von CCS im Verhältnis zu den erneuerbaren Energien bewertet.

Schließlich erfolgt im **fünften** Schritt eine stärker global orientierte Diskussion von CCS, indem die Anforderungen und Voraussetzungen für eine erfolgreiche internationale Umsetzung dieser Technologie aufgezeigt werden.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind in der vorangestellten **Zusammenfassung** sowie – weiter auf die Kernaussagen verkürzt – in den zusammenfassenden **Thesen** dargestellt.

Kapitel 2

Terminologie

Zu dem Thema der „CO₂-Abtrennung und -Speicherung“ wird sowohl in der deutsch- als auch in der englischsprachigen Literatur eine zum Teil uneinheitliche Terminologie verwendet¹. Die Thematik selber wird häufig unter dem Begriff „emissionsarmer/-freier (Kohle-)Kraftwerke“ (engl.: „Clean Coal“²) subsumiert. In den nachfolgenden Tabellen ist eine Auswahl von den in der Literatur gebräuchlichen deutschen bzw. englischen Begriffen wiedergegeben. In der ersten Spalte ist jeweils der Oberbegriff für den gesamten Prozess von der CO₂-Abspaltung über Umwandlung und Transport bis hin zur Einspeicherung genannt. Die zweite und dritte Spalte führen Begriffssynonyme für die Einzelprozesse der CO₂-Abtrennung bzw. der CO₂-Einspeicherung auf.

Dabei ist zu beachten, dass die Begriffe unterschiedlich scharf den jeweiligen Sachverhalt treffen. „Speicherung“ meint beispielsweise im strengeren Sinne die temporäre Aufbewahrung von Gegenständen zum Zweck der späteren Entnahme. Dies trifft auf die CO₂-Thematik nur dann zu, wenn die „Einspeicherung“ bewusst als eine Zwischenlösung angesehen wird. Abhängig von der Speichertechnologie und somit auch von der Größenordnung der Leckagerate könnte dies dann wiederum eine zutreffende Bezeichnung sein.

Einige in der Spalte „CO₂-Einspeicherung“ geführte Begriffe beziehen sich nur auf bestimmte Lagerstätten, z.B. ist mit „Verklappung“ oder „Versenkung“ das Einbringen von CO₂ im Meer gemeint. Zu beachten ist ferner, dass mit unterschiedlichen Begriffen bereits eine Wertung einhergehen kann. So erscheint beispielsweise der Begriff „Speicherung“ eher positiv, der Begriff „Einbringung“ neutraler, während der Begriff „Endlagerung“ eher negativ besetzt ist. Diese negative Besetzung erfolgt insbesondere wegen der kontroversen Diskussion über die radioaktiven Abfallstoffe aus dem nuklearen Brennstoffkreislauf. Richter (2003) unternimmt vor diesem Hintergrund den Versuch der Einteilung

- 1 Unter „Sequestrierung“ (bzw. engl. „Sequestration“) wird z.B. i.d.R. der Gesamtprozess von der Abtrennung über den Transport bis zur Speicherung verstanden. Teilweise ist in der Literatur jedoch mit diesem Begriff nur die CO₂-Abtrennung im Kraftwerk und an anderer Stelle wiederum ausschließlich die Einspeicherung z.B. in eine geologische Lagerstätte gemeint.
- 2 Die Begriffe „emissionsfrei“, „CO₂-frei“ bzw. „clean“ sind irreführend, da mit heutiger Technologie nur eine CO₂-Minderung am Kraftwerk von ca. 80 Prozent bis max. 95 Prozent gegenüber konventionellen Kraftwerken möglich ist. Darüber hinaus werden je nach Technologie unvermindert weitere Schadstoffe (SO₂, NO_x, Stäube usw.) ausgestoßen, ggf. wegen des erhöhten Energiebedarfs sogar in größeren Mengen als im Referenzfall.

unterschiedlicher Begriffsverwender in die Gruppe der Befürworter und Gegner der „CO₂-Sequestrierung“.

Im vorliegenden Bericht werden in erster Linie die in den aufgeführten Tabellen fett markierten Begriffe

- **deutsch:** CO₂-Sequestrierung/CO₂-(Ab-)Trennung/CO₂-(Ein-)Speicherung bzw. Rückhaltung
- **englisch:** CO₂-Sequestration/Capture/Storage

verwendet. Als Abkürzung wird die international übliche englische Version „CCS“ (= Carbon Capture and Storage) benutzt.

Tabelle 2-1: Deutschsprachige Begriffe zum Thema „CO₂-Sequestrierung“

CO ₂ -Sequestrierung	CO ₂ -(Ab-)Trennung	CO ₂ -(Ein-)Speicherung
CO ₂ -Abtrennung und -Speicherung	Abspaltung	(End-/Ein-)Lagerung
	Abscheidung	Entsorgung
	Einfangen	Deponierung
	Rückhaltung	Ein-/Verbringung
	Bindung	Einspeisung
		Injektion
		Verpressung
		Versenkung
		Verklappung

Tabelle 2-2: Englischsprachige Begriffe zum Thema „CO₂-Sequestrierung“

CO ₂ -Sequestration (Sequestrierung)	Capture (Einfangen)	Storage (Speicherung, Lagerung)
CCS (Carbon Capture and Storage)	Separation (Trennung)	Disposal (Erledigung, Beseitigung, Entsorgung)
Carbon Management		Discharge (Einleitung, Entlassung, Entladung)
		Injection (Injektion, Einspritzung)
		Dumping (Ablassen, Wegkippen)
		Removal (Fortschaffen, Wegschaffen, Beseitigung)

Kapitel 3

Treibende Kräfte und Haltung relevanter Gruppen zur CO₂-Abtrennung und -Speicherung

Die Entwicklung von Technologien für Abtrennung, Transport sowie Speicherung von CO₂ wird von verschiedenen Seiten gefördert bzw. erhält durch unterschiedlichste Aspekte Unterstützung. Zu diesen gehören:

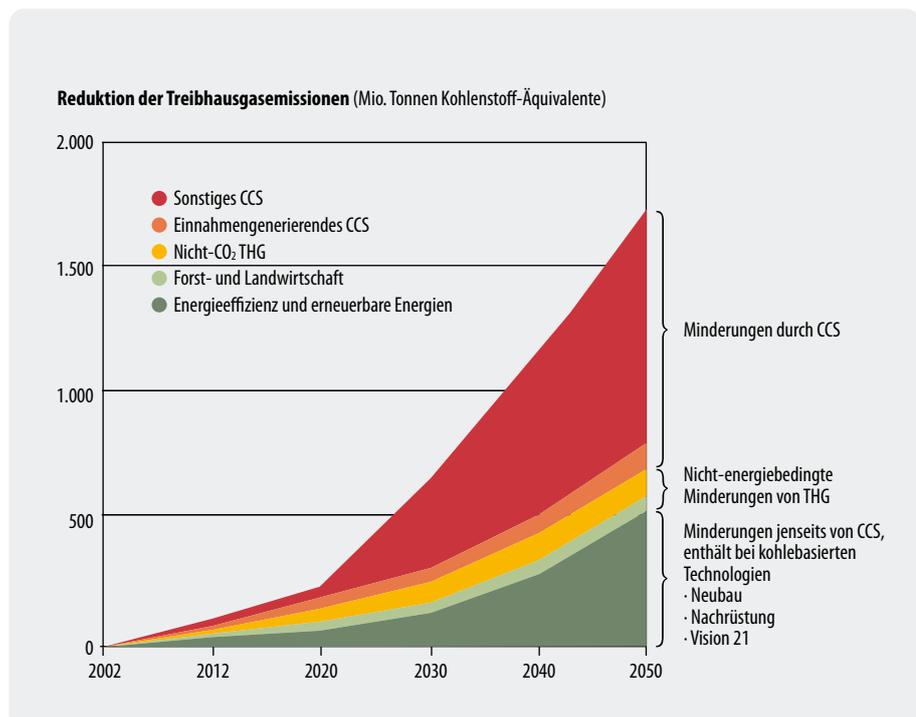
Globaler Treiber Klimaschutz: Im Zusammenhang mit der Notwendigkeit der Minderung der Treibhausgasemissionen, insbesondere von CO₂, erhält CCS auf globaler Ebene Aufwind. Dies gilt insbesondere aus dem Blickwinkel derjenigen Akteure, die bezweifeln, dass die langfristigen Klimaschutzziele allein bzw. schnell genug mit dem Ausbau regenerativer Energien und einer signifikanten Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden können. CCS könnte aus deren Sicht – sofern eine entsprechende Akzeptanz bei den verschiedenen Akteuren (inklusive der Verbraucher) hergestellt werden könnte – den Handlungsspielraum deutlich ausweiten und den Entwicklungsdruck aus dem Regenerativ/Energieeffizienz-Pfad herausnehmen. Einige Akteure sprechen daher auch von einer „Jokerfunktion“ von CCS. Zu den Befürwortern gehören aber teils auch jene Staaten, die bisher im internationalen Klimaschutzprozess eine eher ablehnende Haltung vertreten. Hier ist in erster Linie die USA als ein großer Förderer der CO₂-Abtrennung zu nennen. Eine vom US-amerikanischen Energiemi-

nisterium (DoE) erstellte Roadmap sieht die ersten Pilot- und Demonstrationsanlagen für das Jahr 2018 vor (DoE 2003). CCS wird in den wenigen vorliegenden Klimaschutzszenarien für die USA eine dominierende Rolle eingeräumt. Eine Stabilisierung der Emissionen auf dem heutigen Niveau halten die Experten des DoE nur dann für möglich, wenn überwiegende Anteile an Einsparungen aus der CO₂-Abtrennung und -Speicherung resultieren (Abbildung 3-1).

Dieser „Enthusiasmus“ erklärt sich aus der Befürchtung, dass ein verstärkter Einsatz regenerativer Energien und eine Erhöhung der Energieeffizienz zu einer nicht tragfähigen Belastung für die Wirtschaft führen und die „Freiheit“ des Energieeinsatzes zu sehr einschränke. Zudem spielt die starke Lobby der Öl- und Kohleunternehmen für die Meinungsbildung der US-amerikanischen Regierung in diesem Punkt eine bedeutende Rolle. Die Weiterentwicklung von CCS hat die USA auch als wesentliche Aufgabe in die Asia-Pacific Partnership eingebracht.

Aber auch in anderen Ländern erfährt die CO₂-Abtrennung und -Speicherung vor dem Hintergrund des Klimaschutzes große Unterstützung. Dies gilt z.B. für Japan, die Niederlande, aber auch für Deutschland.

Abbildung 3-1:
Reduktionserfordernisse gegenüber dem Trend zur Stabilisierung der CO₂-Emissionen in den USA (DoE 2003)



In Deutschland hat als erstes Energieversorgungsunternehmen Vattenfall Europe mit dem Bau eines CO₂-armen Demonstrationskraftwerks auf Oxyfuel-Basis (30 MW_{th}-Dampfkessel in der ersten Projektphase) begonnen. Zudem ist mit COORETEC ein großes Forschungs- und Entwicklungsprogramm vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgelegt worden.

Nationale Versorgungs- und Energiesicherheit: Die Verpflichtung zum Klimaschutz kollidiert teilweise mit der Forderung von Staaten und Staatengemeinschaften zur Aufrechterhaltung bzw. Verbesserung ihrer Versorgungssicherheit und Energiesicherheit (vgl. die Grünbücher der Europäischen Union zur Versorgungssicherheit und Energiesicherheit (EU 2006, 2001)). Für viele Länder ist dabei ein Sockelbeitrag an fossilen Energieträgern (hauptsächlich Kohle) unerlässlich, da sie in vielen Ländern selber produzierbar sind. Um die Klimaschutzziele dennoch zu erreichen, ist in dieser Argumentationskette die CO₂-Abtrennung und -Speicherung unter Beibehaltung oder sogar Ausweitung des fossilen Anteils ein zwingendes Erfordernis.

Zahlreiche Staaten zeigen derzeit ein sehr starkes Wirtschaftswachstum, allen voran Indien und China. Zu deren Energieversorgung ist aus ihrer Sicht der Ausbau der Nutzung heimischer Kohlevorkommen essentiell, da andere Energieträger entweder nicht so einfach, so rasch oder so billig verfügbar sind. Auch wenn diese Länder bisher keine quantifizierten Klimaschutzverpflichtungen eingegangen sind, spielt für sie der Schutz des Weltklimas eine zunehmend wichtige Rolle.

Technologisches Innovationspotenzial und Exportchancen: Die Entwicklung neuer Technologien erleichtert zum Teil die Abtrennung von CO₂ aus dem Kraft-

werksprozess. Dies gilt z.B. für Kohlekraftwerke mit integrierter Kohlevergasung (Integrated Gasification Combined Cycle: IGCC), bei denen das CO₂ vor dem Verbrennungsprozess relativ einfach aus dem bei der Vergasung entstehenden Synthesegas abgetrennt werden kann. Die anschließende Speicherung wird als eine konsequente Fortführung des Prozesses im Sinne des Klimaschutzes betrachtet. Hier ist die Abtrennung von CO₂ also nicht direkter Zweck – wie z.B. bei der Rauchgasreinigung die Abtrennung von Schwefeldioxyden oder Stickoxiden – eines neuen Prozesses, sondern ein Nebeneffekt.

Ein vergleichbarer Punkt ist die Kompatibilität mit einer kohlebasieren Wasserstoffenergiewirtschaft (Polygeneration von Strom, Wärme, Synthesegasen und Wasserstoff). Derzeit besteht eine optimistische Haltung bezüglich des zukünftigen Einsatzes des Energieträgers Wasserstoff (H₂). Eine Möglichkeit der Erzeugung von H₂ ist der Weg über die Kohlevergasung. Aufgrund der gestiegenen Öl- und Gaspreise findet diese Entwicklungslinie zunehmend Beachtung. Ähnliches gilt auch für die Verflüssigung von Kohle zur Bereitstellung von Treibstoffen, kurz Coal-to-Liquid (CTL). Um diese Prozesse klimaverträglicher zu gestalten, ist eine sichere Speicherung des als Nebenprodukt entstehenden CO₂ notwendig.

Anlagenbauer: Zahlreiche Zulieferer und Anlagenbauer sehen in der großmaßstäblichen Einführung von CO₂-Abtrennungsverfahren große wirtschaftliche Chancen. Nicht nur zusätzliche Komponenten im Kontext mit dem Bau von fossilen Kraftwerken sollen abgesetzt, sondern auch der Markt für Großkraftwerke insgesamt aufrecht erhalten werden. Der hohe Anteil hochwertiger (High-Tech-)Komponenten in Kohlekraftwerksprozessen mit CO₂-Abscheidung bedeutet zudem entspre-



Abbildung 3-2:
Treiber von CO₂-Abtrennung
und -Speicherung weltweit

chend hohe Wertschöpfungsanteile beim Export dieser Technologien. Auch Anlagenanbieter aus dem Bereich Pipelinebau würden bei dem Aufbau einer Transportinfrastruktur für CO₂ weitere Geschäftsfelder erschließen können.

Wirtschaftliche Anreize: In mehreren Staaten existiert eine CO₂-Steuer, z.B. in Dänemark und Norwegen. Der hierdurch bestehende wirtschaftliche Anreiz zur Vermeidung von CO₂-Emissionen war für die norwegische Ölgesellschaft Statoil der maßgebliche Grund, das weltweit bislang größte CO₂-Speicherungsprojekt zu starten: Jährlich wird ca. 1 Million Tonnen CO₂, das bei der Förderung von Erdgas am Sleipner-Feld als unerwünschtes Begleitgas anfällt, in eine geologische Formation (Statoil 2004) eingespeichert. Erdölunternehmen haben ein zunehmendes Interesse an der CO₂-Abtrennung, da CO₂ im Rahmen des sog. Enhanced Oil Recovery (EOR) die Ausbeute der Erdölförderung erhöhen kann.

Die einzelnen Treiberfaktoren sind regional durchaus unterschiedlich zu gewichten. Die vorstehende Abbildung 3-2 zeigt eine grobe Übersicht über die in den einzelnen Weltregionen jeweils maßgeblichen Faktoren.

3.1 Nicht-Regierungsorganisationen international und in Deutschland

Die nachfolgende Zusammenstellung basiert auf einer Analyse schriftlich vorliegender Äußerungen der einzelnen Verbände und Organisationen, ergänzt um eine telefonische Befragung in den Jahren 2004 bis 2007. Aufgrund des oft noch nicht abgeschlossenen Meinungsbildungsprozesses kann hier nur ein Zwischenstatus dargestellt werden.

Auf internationaler Ebene gestaltet sich die Meinungsbildung der Nichtregierungsorganisationen (NRO) als sehr vielschichtiger Prozess. Übereinstimmung zwischen den NRO (beinhaltet auch NRO außerhalb Europas) gibt es nur in drei Punkten:

- die Speicherung von CO₂ in Ökosystemen – namentlich Ozeane – wird abgelehnt,
- zum jetzigen Zeitpunkt (Stand: November 2007) sind keine ausgesprochenen „Anti-CO₂-Entsorgungs“-Kampagnen geplant,
- Regenerative Energien und die rationellere Energienutzung sind der CO₂-Speicherung vorzuziehen und deren Umsetzung zu forcieren.

Eine darüber hinausgehende einheitliche Positionierung besteht nicht. Maßgeblich dafür ist zum einen, dass sich die nationalen NRO auf die jeweilige Energiesituation (zu erwartender Verlauf des Energieverbrauchs, Energieträgermix, heimische Vorkommen etc.) des Landes beziehen (müssen). Zum anderen sind die Schwerpunkte der einzelnen Verbände und Organi-

sationen sehr unterschiedlich. Während für die einen der Klimaschutzgedanke im Vordergrund steht und eine weitergehende Wahl der Mittel einschließt, orientieren sich andere eher an einer breiten Palette von Zielen, wie lokale Ökologie, Konkurrenzen mit regenerativen Energien und anderen.

Die deutschen NRO stehen der Speicherung von CO₂ im internationalen Vergleich generell eher skeptisch gegenüber, haben aber keine geschlossene Position. Prioritär ist für sämtliche deutsche NRO der Ausbau von regenerativen Energien und eine rationellere Energienutzung. Damit verbunden ist die Befürchtung, dass die Förderung von CCS-Forschung zu Lasten der Forschung im Bereich regenerativer Energien und der Energieeffizienz gehen könnte.

Der **Naturschutzbund** (NABU) äußert sich mit Zurückhaltung, da es sich bei CCS um einen klassischen „End-of-Pipe“-Ansatz handele. Probleme in der Vorkette (Brennstoffbereitstellung) würden nicht gelöst, sondern eher noch verstärkt. Hierzu zählt der NABU neben anderen die Umweltschäden beim Braunkohletagebau (NABU 2005).

Der **Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland** (BUND) hält CCS für „kein[en] Lösungsweg für eine nachhaltige Energieversorgung in Deutschland.“ (BUND 2006). Als Gründe werden der hohe zusätzliche Energieaufwand, die Unterschätzung der Gefahren der „CO₂-Endlagerung“ und hohe Kosten genannt. Der Einsatz von CCS verhindere eine Energiewende hin zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in Deutschland (BUND 2005, 2006).

Robin Wood lehnt CCS ab. Gründe hierfür sind steigende Stromkosten, der hohe Primärenergieeinsatz und die möglichen Gefahren der CO₂-Speicherung. Robin Wood wendet sich außerdem gegen den Begriff „CO₂-frei“ als irreführend, da auch bei CCS immer noch Emissionen freigesetzt werden (Robin Wood 2006).

WWF Deutschland folgt der Position von WWF International und befürwortet die CO₂-Speicherung unter bestimmten Bedingungen (WWF 2005, 2004):

- keine Speicherung in Ozeanen, offenen Aquiferen und Seen,
- eine internationale Kontrolle über die Speicherung muss eingeführt werden,
- öffentliche Forschungsgelder für CO₂-Speicherung sollten keinen Einfluss auf die Höhe der Forschungsgelder für regenerative Energien haben,
- Emissionshandel: nur entwickelte Länder mit „CO₂-Deckeln“ sollten „Carbon and Storage“ anrechnen dürfen,
- CCS dürfte nur in Ergänzung zum Ausbau regenerativer Energien eingesetzt werden, nicht zur Ersetzung derselben.

Positiv sieht WWF die Rolle der CO₂-Speicherung auch deswegen, weil sie ihrer Meinung nach als Brückentechnologie agieren kann, bis andere Technologien so weit entwickelt sind, dass sie entscheidende CO₂-Minderungsbeiträge leisten können.

Greenpeace Deutschland und Greenpeace International vertreten ebenfalls eine identische Position: CCS wird im Allgemeinen abgelehnt. Sollte allerdings der Einstieg in die CO₂-Abtrennung und -Speicherung erfolgen, dürfe dies nur als zusätzliche Option, nicht als Ersatz für die verstärkte Nutzung von regenerativen Energien und Energieeinsparung genutzt werden. Des Weiteren müssten mehrere „essentielle Bedingungen“ erfüllt werden (Greenpeace 2004, 2007):

- CO₂-Deponien müssen über mehrere Jahrtausende leakagefrei nutzbar sein;
- Speicherung nur in leeren Öl- und Gaslagerstätten, keine Speicherung in Ozeanen, Kohleflözen, Salzstöcken; Speicherung in salinen Aquiferen nur nach eingehender Prüfung auf Sicherheit, Nutzungskonflikte und Umweltverträglichkeit;
- keine Nutzung von CO₂ für EOR und EGR;
- Erstellung nationaler/europäischer/internationaler Richtlinien zum Umgang mit der CO₂-Speicherung;
- keine Anrechenbarkeit von CCS im Rahmen von CDM-Maßnahmen;
- Emissionshandel: bei der Einbindung von CO₂-Speicherung herrscht noch Diskussionsbedarf;
- Forschung & Entwicklung: öffentliche Forschungsgelder sollten ausschließlich für die Erforschung der Speicher eingesetzt werden (da Sicherheit von öffentlichem Interesse ist);
- Export der Technologie erst nach Prüfung/Nachweis der sicheren Anwendung in Industrieländern.

Überdies sieht Greenpeace für CCS in Industrieländern keinen Bedarf (Greenpeace 2005).

Germanwatch lehnt die CO₂-Speicherung als alleiniges Instrument zur Emissionsminderung ab, sieht sie jedoch in Ergänzung zu erneuerbaren Energien und Energieeffizienz als wichtiges Klimaschutzinstrument an. Gründe hierfür sind die noch offenen Fragen hinsichtlich der Qualität und Quantität der Lagerstätten, die langen Zeiträume, die bis zur Etablierung einer großmaßstäbigen Speicherung zu überbrücken sind und die damit fraglichen Beiträge zur tatsächlichen Emissionsminderung. Außerdem stellt Germanwatch die Befürchtung zur Diskussion, ob der großskalige Einsatz der CO₂-Speicherung den Übergang in ein solares Zeitalter prinzipiell nicht eher verhindern als beschleunigen würde. Aufgrund der erhöhten Stoffflüsse wird CCS aus ökologischen Gründen als

problematisch angesehen (Germanwatch 2004). Trotzdem hält Germanwatch es für notwendig, die Option CCS als Klimaschutzinstrument eingehend zu prüfen.

Climate Action Network (CAN) ist ein Dachverband von über 350 im Klimaschutz tätigen Nichtregierungsorganisationen weltweit. CAN Europe veröffentlichte im Mai 2006 eine Position zu CCS, die in weiten Teilen der Haltung zahlreicher NROs entspricht: keine Einleitung von CO₂ in die Ozeane, Vorrang für regenerative Energien und Energieeffizienz (z. B. im Bereich Forschungsförderung) sowie Zulässigkeit von CCS nur bei nachgewiesener langfristiger Leckagesicherheit der (geologischen) Speicher. Auch die Entwicklung eines rechtlichen Rahmens (Haftung der Betreiber bei undichten Speichern, keine Belastung der öffentlichen Hand) betrachtet CAN als unabdingbare Voraussetzung für die Einführung von CCS (CAN 2006).

3.2 Politische Parteien

Die **CDU** steht der Abtrennung und Speicherung von CO₂ positiv gegenüber. Sie sieht CCS als Mittel, um die Kohlendioxidemissionen weltweit zu senken und befürwortet weitere Forschungsanstrengungen in diesem Bereich. Ob entsprechende Technologiepfade auch für Deutschland relevant werden können, müsse in den kommenden Jahren geprüft werden (CDU 2004). Die Unionsparteien bezeichnen CO₂-arme fossile Kraftwerke als „wesentlichen Eckpfeiler“ ihrer Energiepolitik (Union 2002).

Im Beschluss der Bundestagsfraktion vom 16.10.2003 bezieht die **SPD** (15. Legislaturperiode) deutlich Stellung für CCS und fordert „... unverzüglich eine koordinierte Forschungsinitiative für CO₂-arme bzw. CO₂-freie Kraftwerke (CO₂-Abscheidung) ...“ (SPD 2003). In der von den Regierungsparteien des 15. Deutschen Bundestags (SPD und B90/Die Grünen) veröffentlichten Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2004) wurde die Speicherung von Kohlendioxid nicht explizit erwähnt. Lediglich in der Innovationsförderung war neben regenerativen Energien, Smart House und GuD das Feld „Clean Coal Technology“ aufgelistet.

Die **FDP** sieht in der Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid eine Option zur Emissionsreduktion. „Langfristig sollen die Möglichkeiten der CO₂-Abscheidung in Kohlekraftwerken und die CO₂-Speicherung und CO₂-Langzeitlagerung in verschiedenartigen Medien bzw. Erdformationen erforscht werden.“ (FDP 2003).

Die **PDS** (jetzt Bestandteil von Die Linke) veröffentlichte im September 2004 eine Stellungnahme zur Kohlendioxid-Speicherung. Sie kommt zum Schluss, dass in dem von ihr geforderten vollständigen Umstieg auf regenerative Energien bis 2050 für „Kohlekraftwerke, egal wie ‚visionär‘ ihre Technologie ist,“ kein Platz bestünde (PDS 2004).

Bündnis 90/Die Grünen haben direkt zur CO₂-Speicherung Stellung bezogen. In einem 2003 gefassten Beschluss der Grünen Bundestagsfraktion heißt es: „Da die ... Clean Coal Technologie ... technisch nicht ausgereift ist, wird sie im kommenden Investitionszyklus für Neubauten von Kraftwerken nicht zum Einsatz kommen. Bevor die technischen und wirtschaftlichen Defizite dieser Technologieform nicht gelöst sind, stellt sie kein Argument für den Ausbau von Kohlekraftwerken dar.“ (B90/Grüne 2003). Bereits im Dezember 2001 befasste sich die Bundestagsfraktion mit dem Thema (B90/Grüne 2001) und kam zum Schluss: „Derzeit existiert kein überzeugendes Konzept zur Deponierung [von CO₂] und auch die Wirtschaftlichkeit bleibt fraglich. Dennoch könnte diese Technologie in einigen Ländern interessant werden, sollten sich die technischen und ökonomischen Probleme tatsächlich lösen lassen ... International könnte den „Clean Coal“-Technologien in den nächsten Jahrzehnten gleichwohl eine andere Rolle [als in Deutschland] zukommen. ... Die Mitentwicklung und Erprobung dieser Technologien in Deutschland macht vor diesem Hintergrund durchaus Sinn.“ Auf der 26. Ordentlichen Bundesdelegiertenkonferenz im Dezember 2006 forderte Bündnis 90/Die Grünen im Kontext des deutschen Energiesystems, dass „die Energiewirtschaft beim Wort genommen werden“ müsse bezüglich CCS: „Auf neue Kohlekraftwerke muss so lange verzichtet werden, bis die angekündigten so genannten CO₂-freien Kraftwerke technisch machbar und ökologisch vertretbar sind“ (B90/Grüne 2006).

3.3 Ministerien und Sachverständigenräte

3.3.1 BMWi

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unterstützt die Abtrennung und Speicherung von Kohlendioxid mit dem Forschungsprogramm COORETEC. Dieses breit angelegte Forschungsprogramm soll die Grundlage dafür schaffen, den ab dem Jahr 2010 anstehenden Ersatz- und Neubaubedarf im fossilen Kraftwerkssektor auf hohem technischem Niveau durchführen zu können. Eine Forschungsrichtung des Programms ist die längerfristige Entwicklung von CO₂-armen Kraftwerken (zero emission power plants) (Rüggeberg 2004).

3.3.2 BMU und UBA

Trotz zahlreicher Forschungsansätze sind seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und des Umweltbundesamtes (UBA) noch viele Fragen hinsichtlich einer sicheren, langfristigen, sozialverträglichen sowie ökologisch und ökonomisch vertretbaren CCS-Anwendung offen. Insbesondere fehle bisher eine gesamt-systematische Betrachtung in Form einer Ökobilanz, die Analyse möglicher energiewirtschaftlicher Wechselwirkungen sowie der Vergleich mit anderen CO₂-Minderungsmaß-

nahmen, was die entscheidende Motivation für das hier vorliegende Forschungsprojekt darstellt. Das Umweltbundesamt hat im August 2006 ein Positionspapier mit dem Titel: „Abscheidung und Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung – Mögliche Auswirkungen, Potenziale und Anforderungen“ veröffentlicht und darin untersucht, inwieweit die Einführung von CCS mit Nachhaltigkeitsanforderungen insbesondere in Deutschland vereinbar wäre (UBA 2006). Anhand der Nachhaltigkeitsleitsätze, die von der Enquete-Kommission zum „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages hergeleitet wurden, sind die folgenden Thesen entwickelt worden:

1. Klimaschutz ist mit regenerativen Energien und Energieeffizienz erreichbar. Die technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ hingegen ist nicht nachhaltig, sondern allenfalls eine Übergangslösung.
2. Die Kapazitäten zur CO₂-Speicherung gehören in den Mittelpunkt der Diskussion: In Deutschland könnten sie rein rechnerisch auf 40 Jahre beschränkt sein.
3. Die technische Abscheidung und Speicherung des CO₂ verursacht Kosten. Einige Projekte werden sich – ehrgeizige Klimaschutzziele vorausgesetzt – jedoch wahrscheinlich rechnen.
4. CO₂-Speicher sollten eine Leckagerate von 0,01 Prozent pro Jahr nicht überschreiten. Gesundheits- und Umweltgefahren sind zu vermeiden.
5. Die Speicherung von CO₂ in der Ozean-Wassersäule und die „künstliche Mineralisierung“ von CO₂ sind keine Optionen.
6. Der nationale und internationale Rechtsrahmen von CCS muss entwickelt werden.
7. Umwelt- und Gerechtigkeitsaspekte gehören in die Diskussion. Forschung, staatliche Regulierung und Demonstrationsvorhaben dürfen sich nicht nur auf technische Aspekte beschränken.

Insgesamt fordert das UBA, eine weitergehende Nachhaltigkeitsdiskussion anzustoßen, um „der bisher hauptsächlich unter technischen Gesichtspunkten geführten Diskussion eine Nachhaltigkeitsdimension zur Seite“ zu stellen. Eine erste Basis für ein solches Konzept können die Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen Berechnungen innerhalb des hier vorliegenden Projekts sein und sollten in eine grundlegende Nachhaltigkeitsdiskussion mit einfließen.

3.3.3 Gemeinsamer Bericht von BMWi, BMU, BMBF

Im September 2007 veröffentlichten BMWi, BMU und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) einen gemeinsamen Bericht für die Bundesregierung zu Entwicklungsstand und Perspektiven von CCS in Deutschland (BMWi et al. 2007). Hierin sprechen sich die Ministerien ausdrücklich für die Förderung von CCS aus: „CCS ist eine neue Klimaschutztechnologie, die in das Portfolio der CO₂-Minderungs- und Energietechniken aufzunehmen ist“. Daher fordert die Bundesregierung „die Aufnahme von CCS in das europäische Emissionshandelssystem sowie die Einbeziehung in das Post-Kyoto-Regime.“ Die letzte Handlungsempfehlung des im Dokument enthaltenen Katalogs äußert sich zur Herstellung der öffentlichen Akzeptanz für CCS: „Die Bundesregierung wird gemeinsam mit Wirtschaft und Wissenschaft dafür Sorge tragen, die öffentliche Akzeptanz für die Entwicklung der CCS-Option in Deutschland durch gezielte Information und Öffentlichkeitsarbeit zu erreichen.“

3.3.4 Rat für nachhaltige Entwicklung der Bundesregierung

Die Abtrennung und Speicherung von Kohlendioxid bewertet der Nachhaltigkeitsrat in seinem Positionspapier als eine mögliche wichtige Brücke „ins Zeitalter der regenerativen Energieversorgung“. Hierfür sollten in hocheffizienten Kraftwerken Technologien zur CO₂-Abtrennung integriert werden, allerdings nur unter Gesichtspunkten von Wirtschaftlichkeit. Wäre dies nicht zu erreichen, sollten fossile Kraftwerke langfristig nicht in eine nachhaltige Energieversorgung eingebunden werden. Eine Erforschung entsprechender Technologiepfade befürwortet der Nachhaltigkeitsrat, es dürfe jedoch nicht zu einer Konkurrenz um Forschungsmittel kommen, die diese End-of-pipe-Technologie den regenerativen Energien sowie der Nutzung von Energieeffizienzpotenzialen womöglich vorzöge. Der Nachhaltigkeitsrat stellt CCS als Forschungsfeld neben regenerative Energien, Energieeffizienz und Materialeffizienz (RNE 2004).

3.3.5 WBGU

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU) hat dezidiert Stellung zur Speicherung von Kohlendioxid bezogen. Er spricht in diesem Zusammenhang von einer „End-of-Pipe-Technologie“. Zitat: „Fossile Energieträger werden in vielen Ländern noch über Jahrzehnte die dominante Energiequelle bilden ... Daher liefert die End-of-pipe-Technologie der Kohlenstoffspeicherung ... eine Option für den Klimaschutz.“ (WBGU 2003) Kriterien zur Bewertung verschiedener Optionen sind Speicherdauer, Speichersicherheit sowie Umweltauswirkungen. Als Speicherungsoptionen abgelehnt werden die Einbringung in die Ozeane (ökologische Bedenken), terrestrische Senken/Biomasse (mangelnde Erweiterbarkeit) und saline Aquifere (keine Gewährleistung von Sicherheit und Langfristigkeit). Bezüg-

lich der Speicherdauer kommt der WBGU in seinem aktuellsten Gutachten (WBGU 2006) zum Schluss: „Sequestrierung stellt ... nur dann eine akzeptable Klimaschutztechnologie dar, wenn sichergestellt werden kann, dass das CO₂ über mindestens 10 000 Jahre in seinem Lager verbleibt.“

Ausgeförderte Öl- und Gasfelder wären vorübergehend nutzbar, allerdings nur, wenn die genannte Rückhaltezeit gewährleistet werden kann. Weitere Forschung vor allem im Bereich der Deponierung ist nach Dafürhalten des WBGU angezeigt (WBGU 2003). Unter bestimmten Bedingungen erscheint auch eine Lagerung unterhalb des Meeresbodens denkbar. Der WBGU schlägt für eine Regulierung der Speicherung im Meeresboden eine Reihe von Instrumenten vor:

- Formulierung von Mindeststandards
- Mittelbare Mengenbegrenzungen: eingespeicherte CO₂-Mengen sollten in internationalen Klimaausgleichsvereinbarungen nicht im vollen Umfang als vermiedenes CO₂ gewertet werden
- Etablierung von Haftungsmechanismen

Weiterhin empfiehlt das WBGU, „die Frage der Vereinbarkeit der CO₂-Einlagerung unter dem Meeresboden mit den Londoner Abkommen bzw. dem Londoner Protokoll ... so zu klären, dass eine CO₂-Sequestrierung in geologischen Formationen ... zulässig ist.“ (WBGU 2006) Zugleich plädiert der WBGU aber dafür, entsprechende Aktivitäten auf einen bestimmten Zeitraum zu begrenzen (mehrere Jahrzehnte) und bekräftigt damit seine Aussage, dass CCS nur eine Übergangslösung darstellen dürfe. Für sinnvoll hält der WBGU, dass u.a. die flexiblen Mechanismen auch auf sequestriertes CO₂ angewendet werden, allerdings mit den oben genannten Einschränkungen.

3.3.6 Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU)

Der Sachverständigenrat beurteilt die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid als möglicherweise zu teuer im Vergleich mit anderen Vermeidungsoptionen. Außerdem komme hinzu, dass „auch ihre Befürworter sie erst nach 2020 für realisierbar halten.“ Für den anstehenden Aus- und Neubau des Kraftwerksparks komme diese Technik demnach zu spät (SRU 2004, 2000). Der SRU verfolgt das Thema jedoch weiter und sieht großen Handlungsbedarf hinsichtlich einer umfassenden Bewertung dieser Technologie (Hey 2006).

3.3.7 Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages (TAB)

Im Rahmen seines Monitorings „Nachhaltige Energieversorgung“ beschäftigt sich das TAB mit dem Themenfeld „CO₂-Abscheidung und -Lagerung bei Kraftwerken“. In einer Studie wird die vorhandene Literatur

aufgearbeitet und ein Expertenworkshop veranstaltet, um kritische Wissenslücken zu identifizieren und „Themenbereiche zu definieren, bei denen eine weitere Vertiefung der Analysen vorgenommen werden kann“ (TAB 2006).

3.4 Industrieverbände und Unternehmen

Der Braunkohleverband DEBRIV befürwortet die Abtrennung und Speicherung von CO₂, ebenso der Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenbergbaus GVSt und der Verein Deutscher Ingenieure VDI. GVSt und VDI plädieren für eine Klärung dieser „Langfristoption“, treten jedoch prioritär für eine maximale Steigerung der Wirkungsgrade des Kraftwerksprozesses als Beitrag zum Klimaschutz ein (RWE Rheinbraun/Vattenfall Europe 2003).

Die European Power Plant Suppliers Association (EPPSA) äußert sich zu Capture-Ready-Konzepten und gibt dazu Empfehlungen für den Einsatz von CCS-Technologien am Kraftwerk ab: „Efficiency improvement is the least costly method for direct CO₂ reduction and also minimises the capital and operation costs for the CO₂ capture equipment by reducing the flue gas/CO₂ volume that the equipment needs to handle ... The authorisation process should allow the plant **to run with or without CO₂ capture.**“ (EPPSA 2006).

Steinkohle-Interessenverbände verschiedener Länder: Aufgrund der Sorge vor einem umwelt- und klimaschutzmotivierten Rückgang der Versorgungs- und Marktanteile und den damit verbundenen negativen Umsatz- und Beschäftigungseffekten gehören die traditionellen Energiewirtschaftsbereiche zu den aktivsten Promotoren der CO₂-Abtrennung und -Speicherung. Die Steinkohleindustrien Polens und Spaniens beispielsweise gehören neben einigen anderen zu den Befürwortern der großtechnischen CO₂-Speicherung.

Öl- und Gasproduzenten: Für die Öl- und Gasindustrie ergeben sich aus der CO₂-Rückhaltung zukünftig ggf. zusätzliche Geschäftsmöglichkeiten. So gehören Shell, BP und Statoil beispielsweise zu den Befürwortern der CO₂-Rückhaltung. Erste praktische Ansatzpunkte wurden bereits umgesetzt. So wird CO₂ zum Teil schon heute in Ölquellen eingepumpt, um die Ausbeute zu erhöhen.¹ Begünstigt wird dies, wie bereits dargelegt, teilweise durch eine dem CO₂ auferlegte Steuer. Die CO₂-Abtrennung und -Speicherung ermöglicht in diesem Sinne dann einen direkten ökonomischen Gewinn (Williams 2003). Darüber hinaus könnten heutige Öl- und Gasproduzenten aufgrund zahlreicher leer geförderter Öl- und Gasquellen bedeutende Anbieter potenzieller CO₂-Speicherstätten werden, wodurch sich weitere Verdienstmöglichkeiten eröffnen würden.

¹ Dieses CO₂ tritt wie im norwegischen Sleipner-Feld als Begleitgas der Öl- und Gasförderung zutage und wird zurückgepresst (sog. EOR = Enhanced Öl).