

Abscheidung, Transport und Speicherung von Kohlendioxid

**Der Gesetzentwurf der Bundesregierung
im Kontext der Energiedebatte**

Stellungnahme

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
1 CCS: Weichenstellung ohne Debatte?	6
2 Mehr Fragen als Antworten zu CCS: Unsicherheit zu Potenzialen und Risiken überwiegen	8
2.1 Ausreichend Speicher für CO ₂ ?.....	9
2.2 Ungeklärte ökologische Risiken	10
2.3 Herausforderung für die Gesetzgebung	11
3 Problematische Nutzungskonkurrenzen	14
3.1 Langfristige Perspektive wird nicht berücksichtigt.....	15
3.2 Register ohne Funktion im Genehmigungsverfahren	17
3.3 Speicher werden möglicherweise langfristig für Biomasse-CCS benötigt.....	18
3.4 Eine volkswirtschaftlich optimale Allokation der begrenzten Speicherkapazität wird verhindert	20
4 Entscheidung vertagt: Ministerien regeln Wesentliches später	22
5 Haftung der Bundesländer für die Ewigkeit	24
6 Verursacher von Kohlendioxid sollten volle Kosten der Lagerung tragen	27
6.1 Hohes finanzielles Risiko für die Länder durch Verantwortungsübergang nach dreißig Jahren.....	28
6.2 Finanzielle Risiken im Emissionshandel.....	29
6.3 Hohe direkte Subventionen für CCS in Deutschland und Europa	30
7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen: Gesellschaftlicher Diskurs statt überstürzter Entscheidung	33
Abkürzungsverzeichnis	35
Literaturverzeichnis	36

Vorwort

Die Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsprozessen und die anschließende Speicherung im Untergrund (carbon capture and storage – CCS) spielen in der aktuellen Klimaschutzdebatte zunehmend eine wichtige Rolle. Es ist unbestritten, dass die weitere Stromproduktion aus Stein- und Braunkohle wegen ihrer hohen Treibhausgasemissionen nur dann mit den Klimaschutzzielen vereinbar wäre, wenn CCS in großem Maßstab realisiert würde. Ein Rechtsrahmen für CCS auf europäischer Ebene wurde durch eine Richtlinie geschaffen, die in Kürze in Kraft treten wird. An einem nationalen Rechtsrahmen für die Nutzung von CCS wird ebenfalls unter Hochdruck gearbeitet: Das Bundeskabinett hat am 1. April 2009 einen Gesetzentwurf zur Regelung von Abscheidung, Transport und dauerhafter Speicherung von Kohlendioxid beschlossen. Die Bundesregierung strebt an, dass dieser noch vor der Bundestagswahl 2009 verabschiedet wird.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat bereits in seinem Umweltgutachten 2008 eine erste Einschätzung zu den Potenzialen, Kosten und Risiken von CCS vorgelegt (SRU 2008, Tz. 213–218). Gegenwärtig arbeitet der SRU an einem Gutachten zur Zukunft der Stromversorgung in Deutschland, das den Blick auf die Perspektive bis zum Jahr 2050 richtet. Im Mittelpunkt des Gutachtens steht die Frage, wie der Übergang zu einer nachhaltigen und sicheren Stromerzeugung gestaltet werden kann, und welche Systementscheidungen möglicherweise frühzeitig getroffen werden müssen. Erste Thesen und Überlegungen wird der SRU demnächst in Form eines Thesenpapiers vorstellen. Am 28. Mai 2009 lädt er dazu zu einer öffentlichen Diskussionsveranstaltung ein.

Die vorliegende Stellungnahme nimmt den Gesetzentwurf der Bundesregierung zum Anlass, den gegenwärtigen Umgang mit der Option CCS in Europa und Deutschland kritisch zu beleuchten. Im Vordergrund steht dabei die Frage, in welchem Verhältnis CCS zu anderen Klimaschutzoptionen steht, und wie das geplante Gesetz dieses Verhältnis regelt. Eine gründliche Bewertung und Abwägung möglicher Nutzungskonkurrenzen, auch in der langfristigen Perspektive, muss Voraussetzung für eine gesetzliche Regelung sein. Der SRU kritisiert vor diesem Hintergrund insbesondere die Eile des gegenwärtigen Gesetzgebungsverfahrens.

Zusammenfassung

1. Die Rückhaltung von CO₂ aus Verbrennungsprozessen und anschließende Speicherung im Untergrund (carbon capture and storage – CCS) wird als Option diskutiert, um die negative Klimawirkung fossiler Stromerzeugung einzudämmen. Allerdings sind derzeit noch viele technische, ökologische und finanzielle Fragen im Zusammenhang mit der CCS-Technologie ungeklärt, und es ist offen, ob ihre Anwendung in Deutschland sinnvoll ist. Verlässliche Zahlen zum Umfang der Speicherkapazitäten in Deutschland liegen nicht vor, sicher ist nur, dass sie begrenzt sind. Die ökologischen Risiken der Lagerung von CO₂ sind weitgehend unerforscht. Konkurrenzen um die Nutzung der unterirdischen Räume zeichnen sich bereits heute ab, potenzielle zukünftige Nutzungskonflikte, etwa mit der tiefen Geothermie, können jedoch nach dem heutigen Wissensstand noch nicht hinreichend bewertet werden. Durch die Verpressung von CO₂ in unterirdische Strukturen würden aber flächenmäßig große Bereiche für andere Nutzungen blockiert. Zudem ist nicht sicher, ob es sich bei CCS im Vergleich zu anderen Klimaschutzoptionen um eine kosteneffiziente Technologie handelt.

Eine befriedigende gesetzliche Regelung der Anwendung von CCS in großem Maßstab ist zum heutigen Zeitpunkt nicht möglich. Die Schaffung eines Rechtsrahmens wird aber in Europa und auf nationaler Ebene mit großer Eile vorangetrieben. Eine europäische Richtlinie zu CCS wird in Kürze in Kraft treten. Das Bundeskabinett hat am 1. April 2009 einen Gesetzentwurf zur Regelung von Abscheidung, Transport und dauerhafter Speicherung von Kohlendioxid beschlossen, der nicht nur die Erprobung, sondern auch die großmaßstäbliche Anwendung dieser Technologie regelt. Dieses Gesetz soll noch vor dem Ende der Legislaturperiode verabschiedet werden.

Der Gesetzentwurf, der auch der Umsetzung der EU-Richtlinie dient, spiegelt die Grenzen einer gesetzlichen Regulierung von CCS angesichts der bestehenden Unsicherheiten wider. Er muss wesentliche Fragen in zukünftig zu schaffende Verordnungen verschieben, sodass die Auswirkungen des Gesetzes in weiten Teilen noch nicht abschätzbar sind. Vor allem gelingt es ihm nicht, eine strategische und langfristige Abwägung möglicher Nutzungskonflikte sicherzustellen. Die Entscheidung über die Nutzung unterirdischer Räume ist aber wegweisend für die Frage nach dem zukünftigen Energieversorgungssystem in Deutschland, weil verschiedene Nutzungen wie CO₂-Speicherung, Geothermie, Druckluft- und Gasspeicherung in Konkurrenz zueinander treten bzw. sich gegenseitig ausschließen können. Die Entscheidung über die Nutzung der Speicher kann deshalb eine wesentliche strategische Weichenstellung bedeuten und sollte daher in einem transparenten politischen und gesellschaftlichen Diskussionsprozess getroffen werden. Die Verabschiedung des Gesetzentwurfes in der vorliegenden Form würde dagegen einer umfassenden Abwägung gesellschaftlicher Interessen entgegenstehen und den Gestaltungsspielraum der Politik langfristig einschränken. Zudem werden die zu erwartenden Akzeptanzprobleme unterschätzt.

Die Entwicklung von CCS wird bereits jetzt auf verschiedenen Ebenen durch öffentliche Mittel gefördert. Der vorliegende Gesetzentwurf birgt das Risiko, dass die Betreiber von CCS-Anlagen und Kohlendioxidspeichern zusätzlich in erheblichem Maße indirekt subventioniert würden: Der Zugang zu der begrenzten Ressource Speicherkapazität wird kostenfrei gewährt, die Haftung für Schäden und Risiken der Betreiber wird zeitlich und im Umfang begrenzt, und der Staat übernimmt langfristig die Verantwortung für den Erwerb von Emissionsrechten im Falle von Leckagen. Der mögliche Übergang der Verantwortung bereits dreißig Jahre nach Stilllegung eines Speichers stellt eine ungerechtfertigte Verlagerung der Langzeitkosten auf die betroffenen Bundesländer dar. Die finanziellen Risiken würden von den Ländern insbesondere im Norden und Osten Deutschlands getragen.

2. Aus Sicht des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) ist es aus diesen Gründen nicht gerechtfertigt, heute ein Gesetz zu verabschieden, das die kommerzielle Nutzung von CCS in Deutschland umfassend erlaubt. Der SRU plädiert deshalb für ein Forschungsgesetz, das die Erprobung von CCS in einer begrenzten Anzahl von Demonstrationsprojekten ermöglicht, ohne eine grundsätzliche Entscheidung für die Anwendung der Technologie zu treffen, bevor ihre Chancen und Risiken ausreichend untersucht sind.

Die offenen Fragen sollten nach Ansicht des SRU in einer breiten öffentlichen Diskussion erörtert werden. Angesichts der Bedeutung der anstehenden Weichenstellungen für die langfristige Entwicklung der Stromversorgung in Deutschland sollte Zeit für gründliche Diskussion und Abwägung sein.

1 CCS: Weichenstellung ohne Debatte?

3. Die Abtrennung von CO₂ in Kohlekraftwerken und anschließende Speicherung in geologischen Formationen im Untergrund werden derzeit als technologische Option diskutiert, um die negative Klimawirkung fossiler Stromerzeugung einzudämmen. Das CO₂ wird dabei zunächst aus dem Rauchgas entfernt, entweder nach der Verbrennung (Post-Combustion) oder im Rahmen neuer Verfahren (Oxyfuel und Pre-Combustion). Anschließend muss es verdichtet und in einen sogenannten „überkritischen“ Zustand gebracht werden. In dieser Form kann das Kohlendioxid dann transportiert und in geologische Formationen verpresst werden. Weltweit werden bereits umfangreiche Forschungsarbeiten und Pilotprojekte zu CCS durchgeführt. Ein rechtlicher Rahmen für CCS wurde auf europäischer Ebene durch die Europäische Kommission im Rahmen des EU-Klima- und Energiepaketes 2007 auf den Weg gebracht. Die Richtlinie über die geologische Speicherung von Kohlendioxid (im Folgenden: CCS-Richtlinie) wird in Kürze in Kraft treten und muss dann innerhalb von zwei Jahren von den Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden.

In Deutschland sind die Arbeiten an einem nationalen Rechtsrahmen für die Erprobung und Anwendung der CCS-Technologie bereits weit fortgeschritten. Das Bundeskabinett hat am 1. April 2009 einen Gesetzentwurf zur Regelung von Abscheidung, Transport und dauerhafter Speicherung von Kohlendioxid beschlossen. Das Gesetz dient auch der Umsetzung der europäischen CCS-Richtlinie. Es handelt sich um ein Artikelgesetz, welches neben dem Gesetz über den Transport und die dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid (im Folgenden: CCS-Gesetzentwurf) auch Änderungen des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes (TEHG), des Umweltschadensgesetzes (UmweltSchadG) sowie der 4. und 13. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) enthält. Dieses Gesetz soll noch vor der Sommerpause 2009 verabschiedet werden.

4. Mit der europäischen Richtlinie und ihrer Umsetzung in nationales Recht werden implizite Weichenstellungen für die deutsche Energie- und Klimaschutzpolitik getroffen, die weit über technische Fragen der Speicherung von Kohlendioxid und das erforderliche Genehmigungsverfahren hinausreichen. Hierzu gehören insbesondere:

- Wie groß ist die öffentliche Akzeptanz für einen Gesetzentwurf, der letztlich dazu führt, dass der Kohle Vorrang eingeräumt wird, aber die Langfristrisiken der CO₂-Lagerung noch nicht angemessen berücksichtigen kann?
- Wie weit erlauben wir, dass die frühzeitige Einbringung von CO₂ aus der Nutzung fossiler Brennstoffe die begrenzten Lagerkapazitäten blockiert, die wir mit erheblicher Wahrscheinlichkeit in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts benötigen werden, um der Atmosphäre CO₂ zu entziehen (sogenannte negative Emissionen)?

- Welche Auswirkungen haben die verschiedenen Formen der direkten und indirekten Subventionierung auf den Wettbewerb zwischen verschiedenen Klimaschutzoptionen? Welche Wettbewerbsverzerrungen vor allem zwischen CCS und erneuerbaren Energien sind hierbei akzeptabel?
- Wie können die absehbaren Konflikte um die Nutzung der unterirdischen Speicher geregelt werden? Auf diese werden insbesondere auch die erneuerbaren Energien einen Anspruch erheben, zum Beispiel für Geothermie oder als Druckluftspeicher.

Der SRU plädiert dafür, diese grundsätzlichen Fragen vor Verabschiedung des Gesetzes öffentlich zu diskutieren, weil sie entscheidende Auswirkungen auf die Energieversorgung und den Übergangspfad auf eine möglichst CO₂-arme Stromversorgung haben werden.

2 Mehr Fragen als Antworten zu CCS: Unsicherheit zu Potenzialen und Risiken überwiegen

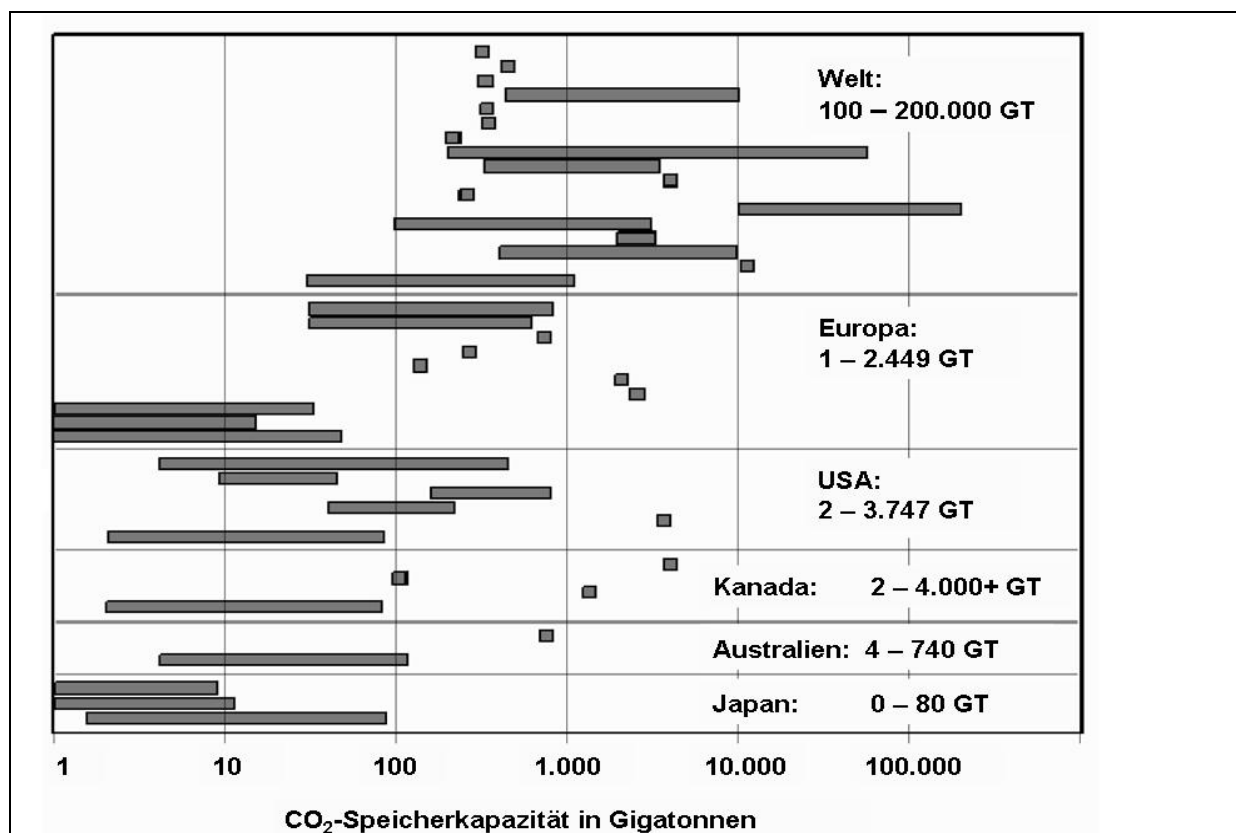
5. Der Gesetzentwurf soll sowohl die Erprobung als auch die kommerzielle Nutzung von CCS regeln. Nach § 43 soll die Bundesregierung bis Ende 2015 einen Evaluierungsbericht vorlegen, der die Anwendung des Gesetzes bewertet und als Anlass für eine Neuregelung dienen kann. Ein anderes mögliches Modell wäre demgegenüber, zunächst nur die Erprobung zu regulieren (HELLRIEGEL 2008). Unbestritten ist es sinnvoll, Rahmenbedingungen für die weitere Erforschung der Technologie zu schaffen – die breite Markteinführung wirft jedoch Fragen auf, die nicht kurzfristig geklärt werden können und müssen. Ob die Abscheidung und Lagerung von Kohlendioxid zukünftig einen Beitrag zur erforderlichen Senkung der CO₂-Emissionen in Deutschland leisten wird, ist umstritten, weil sich CCS-Verfahren weltweit in einem frühen Entwicklungsstadium befinden (McKINSEY & COMPANY 2007, S. 54) und die großtechnische Verfügbarkeit frühestens 2020 zu erwarten ist (UBA 2006). Aufgrund der hohen zusätzlichen Kosten ist CCS derzeit im Rahmen des Emissionshandels noch nicht wettbewerbsfähig (SRU 2008, Tz. 216). Abgesicherte Aussagen zu den Speicherkapazitäten fehlen sowohl für Deutschland als auch weltweit. Die bestehenden Schätzungen zeigen eine sehr große Spannweite (s. Abb. 1, MIT 2007, S. 45–46). Es herrscht Übereinstimmung, dass CCS aufgrund der weltweit begrenzten Speicherkapazitäten keine dauerhafte Lösung des Klimaproblems darstellen kann.

CCS erscheint als Übergangsstrategie aufgrund der Altersstruktur des Kraftwerkparkes gerade für Deutschland problematisch. In dem Zeitraum, in dem von CCS noch kein nennenswerter Beitrag zu erwarten ist – bis 2020 – besteht ein geschätzter Ersatzbedarf von bis zu 40.000 MW (Investitionsplanung bis 2012 für ungefähr 19.000 MW). Da die Technologie für diese Erneuerungswelle zu spät kommt, müssten neue Kraftwerke zunächst ohne CCS gebaut und dann später nachgerüstet werden, was die Kosten zusätzlich in die Höhe treibt (SRU 2008, Tz. 217). Die Energieversorger in Deutschland setzen bei ihrer Kraftwerksplanung derzeit vor allem auf die Nachrüstung (RODE 2009).

Unzureichende Kenntnisse bestehen auch hinsichtlich der erforderlichen Dauer und der technischen Erfordernisse an das Monitoring. Insbesondere ist noch unklar, wie ein Monitoring in den anvisierten sehr tiefen Gesteinsschichten erfolgreich durchgeführt werden soll.

Abbildung 1

Veröffentlichte Schätzungen der Speicherkapazitäten



Die Graphik zeigt die veröffentlichten Schätzungen für CO₂-Speicherkapazitäten weltweit, in Regionen und einzelnen Ländern. Bemerkenswert sind die große Spannweite in manchen Schätzungen (Faktor größer als 100) und die unangemessen geringen Unsicherheiten in anderen Schätzungen (kein Spannweite angegeben). Einige der nationalen Schätzungen liegen zudem über manchen der weltweiten Schätzungen.

Quelle: MIT 2007, SRU: Übersetzung der Abbildungserläuterung.

2.1 Ausreichend Speicher für CO₂?

6. In Deutschland kommt eine Speicherung von Kohlendioxid derzeit nur in leeren Gasfeldern und tiefen Aquiferen in Betracht (UBA 2006). Insgesamt ist die Kapazität der Speicherstätten begrenzt; verlässliche Zahlen über den Gesamtumfang der Speicherkapazität in Deutschland liegen bisher nicht vor. Während die Speicherkapazität in ausgeförderten Gasfeldern in Deutschland relativ gut bestimmbar ist und etwa 2,5 Gt beträgt, steht eine belastbare Quantifizierung des Speicherpotenzials in salinen Aquiferen noch aus. Die bisherigen Schätzungen beruhen auf der Extrapolation regionaler Studien (BMW i et al. 2007) und sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Aktuell werden Bandbreiten zwischen 12 und 28 Gt angenommen (MAY et al. 2005). Das Wuppertal-Institut errechnet hieraus für die industriellen, punktförmige CO₂-Quellen in Deutschland (> 100.000 t/a, insgesamt 393 Mt/a) eine statische Reichweite von dreißig bis sechzig Jahren, unter Annahme eines Energiemehrbedarfs für CCS von 30 % (FISCHEDICK et al. 2007). Ökonomische und ökologische Restriktionen so-

wie die vorgefundenen geologischen Gegebenheiten werden allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass nur ein Teil dieser Potenziale genutzt werden kann.

2.2 Ungeklärte ökologische Risiken

7. Neben der Frage der technischen Machbarkeit und der Speicherkapazitäten sind auch die ökologischen Risiken der Lagerung von CO₂ in tiefen geologischen Schichten noch nicht geklärt. Diesen drängenden Fragen gebührt angemessene Aufmerksamkeit. Zwar wird es als wahrscheinlich angesehen, dass verpresstes CO₂ nach hundert Jahren noch zu 99 % in den Speicherformationen verblieben sein wird (IPCC 2005, S. 14). Nur ein kleiner Teil des CO₂ wird aber nach einer neuen Studie mineralisch gebunden, weit mehr als die Hälfte dagegen im tief liegenden Salzwasser gelöst (GILFILLAN et al. 2009). Es fehlen aber nicht nur belastbare Erkenntnisse über die Folgen eines möglichen – plötzlichen oder schleichenden – Austritts von CO₂, sondern auch über geochemische Prozesse im Deckgestein, die dieses schwächen und zur Bildung von Rissen und damit zur Öffnung von Leckagepfaden führen können.

Der plötzliche Austritt von CO₂ aus unterirdischen Speichern im Fall von Unfällen oder Leckagen kann die Gesundheit und das Leben von Menschen und Tieren bedrohen. Kohlendioxid ist farb- und geruchlos und führt in Konzentrationen ab etwa drei Prozent zu gesundheitlicher Beeinträchtigung wie Kopfschmerzen und Schwindel, ab zehn Prozent können schwere Gesundheitsschäden bis hin zum Atemstillstand auftreten (EYER 2004). Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt durch austretendes CO₂, das aufgrund seines höheren spezifischen Gewichts als Luft (1,5 gegenüber 1) diese verdrängt und sich in Senken oder Tälern sammelt, sind daher nicht von der Hand zu weisen (BMW 2007). Als 1986 in Kamerun der Nyos-See schlagartig rund 1,6 Mio. Tonnen CO₂ freisetzte, wurden in bis zu 27 km Entfernung etwa 1.700 Menschen und Tausende Tiere getötet (BAXTER et al. 1989).

Die direkten Auswirkungen eines schleichenden Austritts von gespeichertem CO₂ auf die Pflanzenwelt sind bisher ungeklärt. Allgemein bekannt ist, dass ein erhöhter CO₂-Gehalt Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben kann (ARNONE et al. 2008); zudem wurde auch eine verstärkte Methanproduktion beobachtet (KEPPLER et al. 2006).

Naturwissenschaftlich nicht ausreichend untersucht sind auch die Auswirkungen auf die direkte Speicherumgebung, beispielsweise das Grundwasser. So ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Verdrängung stark salzhaltigen Wassers aus salinen Aquiferen durch die Speicherung von CO₂ das Grundwasser beeinträchtigen wird. Vor allem aber ist offen, welche Auswirkungen die Verpressung großer Mengen von CO₂, das ein hohes Migrationsvermögen innerhalb der unterirdischen geologischen Strukturen hat, auf die umliegenden Gesteinsschichten haben wird. Im abgeschiedenen CO₂ enthaltene chemische Verbindungen (z. B. Schwefeldioxid und Stickstoffoxide) können zusätzliche Gefährdungen beim Transport, der Ablagerung und im Fall von Leckagen bedeuten (UBA 2006).

Ein relevanter Klimaschutzaspekt ist die Verschlechterung des Wirkungsgrads von Kohlekraftwerken durch die Anwendung von CCS um mindestens 10 Prozentpunkte. CCS-Kraftwerke müssen also mehr Brennstoff einsetzen, um die gleiche Menge Strom zu erzeugen. Durch den erhöhten Ressourcenverbrauch bei CCS-Kraftwerken verschärfen sich die Umweltprobleme des Bergbaus, und der Schadstoffausstoß aus der Kohleverbrennung steigt. Auch der Bau von Kohlendioxidleitungen bedingt Eingriffe in die Landschaft. Eine genaue Untersuchung der Umweltrisiken und anschließende Abwägung mit dem Nutzen der CCS-Technologie steht noch aus und ist Voraussetzung für die Regelung der kommerziellen Anwendung.

Der SRU empfiehlt, die Langzeitsicherheit der Einlagerung von Kohlendioxid in tiefe geologische Formationen, vor allem saline Aquifere, insbesondere im Hinblick auf die geologischen und chemischen Prozesse, weiter zu erforschen. Umweltauswirkungen müssen besser abschätzbar sein, bevor die endgültige Lagerung von CO₂ erfolgen darf. Es muss ausgeschlossen sein, dass durch die Speicherung von CO₂ im Untergrund unkalkulierbare Umweltauswirkungen drohen.

2.3 Herausforderung für die Gesetzgebung

8. Die Regulierung von CCS zum heutigen Zeitpunkt stellt besondere Herausforderungen an den Gesetzgeber. Sie resultieren daraus, dass

- Speicherstätten – in Deutschland in erster Linie Gasspeicher und saline Aquifere – nur begrenzt zur Verfügung stehen, aber für verschiedene Nutzungen infrage kommen (Auch wenn die Nutzungen verschiedene über- oder untereinander liegende Gesteinsschichten betreffen, können sie sich gegenseitig ausschließen.);
- es bislang unsicher ist, ob und wie lange in geologische Speicher verpresstes CO₂ in diesen verbleiben wird, was Konsequenzen für die Festlegung akzeptabler Leckageraten, die Einbeziehung der CCS-Technologie in den Emissionshandel und die Frage der langfristigen Kostentragung bzw. Haftung hat; und
- es sich um eine Technologie handelt, die nur nach immensen Anfangsinvestitionen in Forschung und Entwicklung, Transportinfrastruktur und Kraftwerkstechnologie einsatzfähig sein wird.

Zudem ist nicht auszuschließen, dass CO₂-Transport und -Speicherung in Deutschland auf erhebliche Akzeptanzprobleme treffen werden (McKINSEY & COMPANY 2007, S. 19), was in der Gesetzgebung antizipiert werden sollte. Die Akzeptanz von CCS scheint in Deutschland eher weniger ausgeprägt zu sein als in anderen europäischen Ländern (SHACKLEY et al. 2007, S. 135). Die juristische Ausgestaltung von Haftung, Zulassungsverfahren und Öffentlichkeitsbeteiligung im Hinblick auf CCS werden für die gesellschaftliche Akzeptanz von besonderer Bedeutung sein (CREMER et al. 2008, S. 187).

9. Der Gesetzentwurf trifft wichtige Weichenstellungen, ohne dass diese zuvor in einem gesellschaftlichen Diskussionsprozess transparent gemacht wurden. Die Gesetzesbegründung stellt an prominenter Stelle auf die Technologieführerschaft im Kraftwerksektor, die Führungsposition in der CCS-Technologie und die deutsche Exportwirtschaft ab. Wesentliche Entscheidungen werden in Verordnungsermächtigungen verschoben, die allerdings nicht gleichzeitig mit dem Gesetzentwurf vorgelegt werden, sodass es später dem Ordnungsgeber obliegen wird, sie zu treffen. Besonders wenig überzeugt, dass bereits dreißig Jahre nach Stilllegung der Kohlendioxidspeicher die Verantwortung für die Speicher auf die Länder übergehen kann. Daraus kann eine nur begrenzte Haftung der Betreiber für die Risiken von Leckagen und Nutzungsfolgen resultieren (s. Kap. 5).

10. Die getroffenen Weichenstellungen sind auch vor dem Hintergrund des Vorsorgeprinzips kritisch zu sehen. Nach Artikel 20a Grundgesetz (GG) schützt der Staat die natürlichen Lebensgrundlagen, auch in Verantwortung für die künftigen Generationen. Er hat sowohl durch Gefahrenabwehr als auch durch Risiko- und Ressourcenvorsorge zu gewährleisten, dass alle menschlichen Aktivitäten umweltverträglich gestaltet bzw. sogar unterlassen werden, wenn irreversible Schäden an Umweltgütern drohen (MURSWIEK in: SACHS 2003, Art. 20a Rn. 33; SCHINK 1997). Aus Artikel 20a GG kann konkret gefolgert werden, dass grundsätzlich jede vermeidbare Umweltbeeinträchtigung unzulässig ist, sodass – wenn zur Verwirklichung eines umweltbelastenden Vorhabens verschiedene gleichwertige Alternativen zur Verfügung stehen, von denen eine die Umwelt weniger belastet – die umweltverträglichere Alternative gewählt werden muss. Dies impliziert eine Begrenzung der Auswahlmöglichkeiten des Gesetzgebers und setzt aber wiederum voraus, dass Alternativen ermittelt werden. Die Alternativenprüfung ist insbesondere dann geboten, wenn Weichenstellungen für eine Technologie zur Vermeidung von Kohlendioxid getroffen werden, die möglicherweise gravierende negative Auswirkungen auf die Wachstumsbedingungen einer anderen CO₂-Vermeidungstechnologie haben. Diese Wechselbeziehungen bedürfen einer sorgfältigen Vorabwägung, die der langfristigen Dimension der Entscheidung Rechnung trägt. Die Langzeitverantwortung des Staates bei vollständiger oder teilweiser Irreversibilität von Umweltbelastungen erfordert ein vorausschauendes Handeln der Entscheidungsträger im Sinne des Vorsorgeprinzips, das eine besondere Berücksichtigung von Risiken mit ihren Nah- und Fernwirkungen einschließt (CALLIESS 2001 m. w. N.). Eine solche Prüfung ist – soweit ersichtlich – bislang nicht erfolgt und muss auch hier gefordert werden.

Ganz in diesem Sinne hat sich die Bundesregierung erst vor wenigen Monaten dazu verpflichtet, Rechtsetzungsvorhaben stärker auf ihre langfristigen Auswirkungen auf Nachhaltigkeit und Generationengerechtigkeit hin zu untersuchen (Bundesregierung 2008). Ziel einer solchen Nachhaltigkeitsprüfung ist es, die Aufmerksamkeit von Ministerialbeamten und politischen Entscheidungsträgern stärker auf die langfristigen Implikationen von gesetzlichen Regelungen zu lenken. Auch vor diesem Hintergrund ist das Fehlen jeglicher Abschätzung von Folgen für Umwelt, Wirtschaft und öffentliche Haushalte nicht nachvollziehbar.

Der vorliegende Gesetzentwurf schreibt die Nutzung von Speicherformationen für mehrere tausend Jahre fest, behindert dabei möglicherweise alternative Entwicklungspfade und kann somit erhebliche Auswirkungen auf den zukünftigen Energiemix in der Stromerzeugung haben (s. Kap. 3). Deshalb wäre gerade hier eine umfassende Nachhaltigkeitsprüfung zu fordern. Insbesondere sollten die Auswirkungen auf konkurrierende Optionen der klimafreundlichen Energiebereitstellung sowie die langfristigen ökologischen Folgen der Ablagerung umfassend geprüft werden.

Darüber hinaus sollte abgeschätzt werden, welche Kosten insbesondere auf die Bundesländer zukommen könnten, in deren Verantwortung die Speicher auf Dauer übergehen. Die Gesetzesbegründung weist lediglich darauf hin, dass aus „der Übernahme der Verantwortung für CO₂-Speicher den Ländern haushaltswirksame Belastungen entstehen [können], soweit die Kosten zur Erfüllung der übergegangenen Pflichten nicht durch den Nachsorgebeitrag der Speicherbetreiber abgedeckt sind.“ Welche Kosten bei einem ungeplanten plötzlichen oder langsamen Austritt des gelagerten Kohlendioxids entstehen könnten, wird in der Begründung nicht bewertet.

3 Problematische Nutzungskonkurrenzen

11. Geologische Formationen im Untergrund können grundsätzlich nicht nur für die Lagerung von Kohlendioxid genutzt werden, sondern auch für Geothermieprojekte, als Druckluft- und Gasspeicher, zur Wärme- und Kältespeicherung, oder zur Rohstoffgewinnung. Es ist davon auszugehen, dass Nutzungskonkurrenzen zu CCS auftreten werden. Bei einer Verpressung von CO₂ in saline Aquifere werden flächenmäßig große Areale des Untergrundes in Anspruch genommen. Nach Schätzungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung würde sich ein Aquiferspeicher von 100 m Mächtigkeit, der die CO₂-Emissionen eines einzigen 500-MW-Kohlekraftwerks während einer Laufzeit von 25 Jahren aufnehmen könnte, bereits über eine Fläche von 216 km² erstrecken (RADGEN et al. 2005). Diese Bereiche, auch tiefer liegende Schichten, würden dann beispielsweise für geothermische Nutzung nicht mehr zur Verfügung stehen, da durch die notwendigen Tiefbohrungen das CO₂ wieder entweichen könnte (DIETRICH und SCHÄPERKLAUS 2009). Die Einrichtung von Druckluft- und Gasspeichern kann mit CO₂-Speichern in Konkurrenz treten, entweder wenn eine unterirdische Struktur für beide Nutzungen in Frage kommt, aber auch wenn durch die räumliche Nähe der betreffenden Formationen genehmigungsrechtliche Probleme auftreten.

Eine Nutzungskonkurrenz zwischen CCS und der Energiespeicherung in modernen Druckluftspeichern zeichnet sich beispielsweise bereits in der laufenden Diskussion in Schleswig-Holstein ab. Moderne Druckluftspeicher, die als große Kavernen (um 500.000 m³) in Tiefen zwischen 600 und 1.800 m in Salzstöcke gespült werden, stellen gerade für Norddeutschland eine wichtige Option für die Speicherung von Windenergie aus dem On- und Offshore-Bereich dar. Erste Anträge von Unternehmen mit konkreten Plänen für Druckluftspeicher im Bereich Brunsbüttel an der Unterelbe wurden vom Wirtschaftsministerium Schleswig-Holstein unter anderem mit der Begründung abgelehnt, dass an diesem Standort neue Kohlekraftwerke geplant würden und Druckluftspeicher nicht genehmigt werden könnten, weil es hier aus der Sicht des Ministeriums einen (nicht näher begründeten) Nutzungsvorrang für CCS geben müsse. Dass sich diese Diskussion gerade in Schleswig-Holstein frühzeitig zugespitzt hat, hat seinen Grund in der Tatsache, dass hier zusammen mit Teilen von Nordniedersachsen innerhalb Deutschlands sowohl die besten Möglichkeiten für die Speicherung von CO₂ in salinen Aquiferen als auch für den Bau von Druckluftspeichern für die Windenergie bestehen.

Eine vergleichende quantitative Abschätzung, wie hoch der Bedarf für die verschiedenen Nutzungen sein wird, wo sich jeweils geeignete unterirdische Strukturen befinden und welche Nutzungskonflikte auch langfristig zu erwarten sind, liegt bislang nicht vor. Mehrere der potenziell mit CCS konkurrierenden Nutzungen betreffen CO₂-neutrale Energieträger. Die Nutzung unterirdischer Räume als CO₂-Lagerstätte kann damit den Ausbau erneuerbarer Energien beeinträchtigen.

3.1 Langfristige Perspektive wird nicht berücksichtigt

12. Es steht zu befürchten, dass Nutzungskonkurrenzen – insbesondere im Hinblick auf künftige, noch nicht ausreichend konkretisierbare Verwendungen – durch die Regelungen des CCS-Gesetzentwurfes nicht befriedigend gelöst werden. Im Gesetzentwurf angesprochen sind die Nutzungskonkurrenzen vor allem im Rahmen der in § 5 des CCS-Gesetzentwurfes vorgesehenen Bewertung der Potenziale für die dauerhafte Speicherung durch die BGR sowie im Rahmen der Voraussetzungen der Untersuchungsgenehmigung und der Abwägung bei der Planfeststellung.

Die Speicherung von CO₂ im Untergrund soll *endgültig* erfolgen. Das bedeutet, dass die einmal erfolgte CO₂-Lagerung andere Nutzungen wie Geothermie oder Druckluftspeicherung für immer ausschließen kann. Dies gilt unter Umständen auch dann, wenn nicht exakt dieselben Speicherstätten oder Gesteinsschichten betroffen sind: Liegt die CO₂-Speicherstätte beispielsweise über einer möglichen Geothermiequelle, kann letztere nicht mehr aufgesucht werden, ohne dass das Risiko eines Austritts des gespeicherten CO₂ entsteht. Nicht problematisch ist demgegenüber die Konkurrenz zwischen verschiedenen CO₂-Speicherungen, wo der Gesetzentwurf – wie von der CCS-Richtlinie vorgegeben – bei der Planfeststellung demjenigen, der bereits Untersuchungen durchgeführt hat, einen Vorrang einräumt (§ 12 Abs. 4).

Der Kabinettsentwurf sieht drei Genehmigungen für die Speicher vor (gesondert geregelt wird die Genehmigung von CO₂-Leitungen in § 4; für die Abscheidung wird auf das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) verwiesen, s. Art. 5 und 6 des Artikelgesetzes zur Änderung der 4. und der 13. BImSchV.):

- Die erste Genehmigung zur Erkundung von Standorten wird als *Untersuchungsgenehmigung* bezeichnet (§ 7 CCS-Gesetzentwurf). Bei dieser handelt es sich um eine gebundene Entscheidung, die zu erteilen ist, wenn der Betreiber bestimmte Voraussetzungen erfüllt. Die Untersuchungsgenehmigung soll zwar auf den für eine ordnungsgemäße Untersuchung erforderlichen Zeitraum befristet werden, wie dieser bemessen sein soll, wird aber nicht ausgeführt (§ 9 Abs. 1 CCS-Gesetzentwurf).
- Die zweite Genehmigung für den Betrieb der Lagerstätte ergeht als *Planfeststellungsbeschluss* (§§ 11–16) und steht im Ermessen der zuständigen Behörde. Er setzt voraus, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird und überwiegende private Belange nicht entgegenstehen. Die nach dem „anerkannten Stand von Wissenschaft und Technik“ erforderliche Vorsorge gegen Beeinträchtigungen von Mensch und Umwelt muss getroffen werden. Die Planfeststellungsbehörde hat dieses dann neben anderen Punkten im Planfeststellungsverfahren zu prüfen (§ 13 Abs. 1).

- Die dritte Genehmigung ist für die Stilllegung des Kohlendioxidspeichers erforderlich (§ 17) und erfolgt unter anderem aufgrund eines vom Betreiber des Speichers vorgelegten Nachsorgekonzepts.

Da es sich bei der Untersuchungsgenehmigung um eine gebundene Entscheidung handelt, wird sie demjenigen erteilt, der als erster einen Antrag stellt und die in § 7 Abs. 1 Nr. 1–8 normierten Voraussetzungen erfüllt. Dazu zählen unter anderem, dass er die erforderlichen Mittel bereitstellen kann, ein Untersuchungsprogramm vorlegt und Menschen und Umwelt nicht geschädigt werden. Zudem darf keine Beeinträchtigung von Bodenschätzen oder anderen Nutzungen des Untergrunds erfolgen, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt (§ 7 Abs. 1 S. 2 Nr. 3). Außerdem dürfen andere öffentlich-rechtliche Vorschriften oder überwiegende öffentliche Interessen nicht entgegenstehen (§ 7 Abs. 1 S. 2 Nr. 8). Ist die Genehmigung erteilt, hat der Untersuchungsberechtigte das ausschließliche Recht zur Untersuchung des betreffenden Speichers. Die im Gesetzentwurf beabsichtigte sachgemäße Regelung der Nutzungskonkurrenzen könnte jedoch aus mehreren Gründen in der Praxis scheitern.

Erstens ist unklar, ob die getroffenen Regelungen in der Lage sind, das Problem der Nutzungskonkurrenzen wirklich zu überwinden. Laut § 7 Abs. 1 Nr. 3 des Gesetzentwurfes muss zwar geprüft werden, ob die Erteilung einer Untersuchungsgenehmigung für die CO₂-Speicherung Bodenschätze (wozu auch die Geothermie zu rechnen ist) und andere Nutzungen des Untergrundes, die im öffentlichen Interesse liegen, beeinträchtigt. Bereits hier ist es aber schwierig sicherzustellen, dass die genehmigungserteilende Behörde diese Abwägung auch tatsächlich durchführt, bzw. in der Lage ist, sie durchzuführen. Dazu müsste sie zum einen über alle erforderlichen Informationen verfügen, um bewerten zu können, ob eine Beeinträchtigung einer anderen Nutzung droht. Zum anderen wird die Auslegung der Normen, zu denen auch unbestimmte Rechtsbegriffe zählen, den Länderbehörden und somit (jedenfalls im Hinblick auf die Untersuchungsgenehmigung) vielfach den Bergämtern obliegen. Wie diese und letztlich Gerichte die Voraussetzungen der gebundenen Genehmigung auslegen, bleibt abzuwarten. Wirksame Schranke ist diese Regelung daher nur dort, wo bereits andere Vorhaben ausgeübt oder (nach Bergrecht) „aufgesucht“ werden.

Zweitens existieren zukünftige Nutzungsoptionen, die – wie die tiefe petrothermale Geothermie – noch nicht hinreichend konkretisiert sind, um wirksam in eine Bewertung bzw. Abwägung einbezogen zu werden. Es steht somit zu befürchten, dass die Regelung in ihrer gegenwärtigen Form im Ergebnis nur bereits bestehende Nutzungen schützen wird, nicht solche, die möglicherweise in der Zukunft nötig oder möglich werden. Dieses Problem kann zum heutigen Zeitpunkt nicht gesetzlich geregelt werden. Eine Lösung für dieses Dilemma wäre, zunächst nur eine begrenzte Anzahl von CCS-Demonstrationsprojekten zuzulassen (z. B. durch ein Forschungsgesetz), um bis zu einem späteren Zeitpunkt alle weiteren Optionen offen zu halten.

Grundsätzlich wünschenswert wäre eine bundesweite Planung, die den Bedarf an geologischen Strukturen für verschiedene Nutzungen berücksichtigt und für die jeweiligen Gebiete prioritäre Nutzungen festlegt. Außerdem könnte es sinnvoll sein, die begrenzte Ressource „Speicherkapazität“ in Deutschland, wie es auch im Hinblick auf andere Ressourcen gefordert wird, zu „bewirtschaften“ (s. dazu Kap. 3.4). Mit Blick auf Art. 20a GG erscheint es nicht zielführend, wenn die Nutzungsrechte an der nur begrenzt vorhandenen Ressource „Speicherstätte“ den Betreibern von CO₂-Speichern kostenlos zur Verfügung gestellt werden (so auch VIEBAHN und LUHMANN 2009).

13. Gegenwärtig sind sowohl die Möglichkeiten einer planerischen Steuerung als auch einer – wie auch immer ausgestalteten – „Bewirtschaftung“ begrenzt. Eine bundesweite Planung, wie sie teilweise in der Literatur gefordert wird (MATTHES et al. 2007, S. 93; DIETRICH 2007; SCHULZE et al. 2008), stößt im Bundesstaat des Grundgesetzes rasch auf kompetenzielle Grenzen. Das Raumordnungsgesetz (ROG) ermöglicht zwar den Ländern eine raumordnerische Steuerung (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 S. 8 ROG), es kann aber nicht sichergestellt werden, dass die unter den Ländern notwendige Abstimmung erfolgen wird. Deshalb sollte geprüft werden, in welcher Form und mit welchen Instrumenten eine strategische Planung und Bewirtschaftung erfolgen könnte. Grundsätzliche Überlegungen dazu wären möglich, wenn zunächst im Rahmen eines Forschungsgesetzes nur die weitere CCS-Forschung zugelassen würde.

3.2 Register ohne Funktion im Genehmigungsverfahren

14. In § 5 des CCS-Gesetzesentwurfs ist vorgesehen, dass das Bundeswirtschaftsministerium gemeinsam mit dem Bundesumweltministerium eine Bewertung der Potenziale von Gesteinsschichten zur Speicherung von CO₂ vornimmt und fortschreibt. Zur Information der Öffentlichkeit wird gemäß § 6, wie von der CCS-Richtlinie gefordert, ein öffentlich zugängliches Register eingerichtet, das Informationen über bestehende und geplante Transportinfrastrukturen, Genehmigungen, Planfeststellungsbeschlüsse und -genehmigungen sowie geologische, technische und Umweltinformationen über beantragte, genehmigte und geschlossene CO₂-Speicher enthält. Zu diesem Zweck soll die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe eine bundesweite Analyse und Bewertung der Potenziale für die Speicherung vornehmen. Allerdings bleibt unklar, in welcher Form die von der BGR erarbeiteten geologischen Grundlagen in die Untersuchung der Betreiber und die späteren Genehmigungsverfahren einfließen sollen. Der Gesetzesentwurf regelt weder, dass sich die Betreiber bei ihren Arbeiten auf die Vorarbeiten der BGR stützen sollen, noch wird ersichtlich, in welcher Form die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die weitere Planung der Betreiber einfließen sollen. Das Informationsinstrument Register ist mit anderen Worten nicht in die weitere Planung integriert. Ihm wird keine Ordnungsfunktion im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zugewiesen. Angesichts der zu erwartenden kontroversen Bewertungsprobleme, die sich aus solchen Abschätzungen ergeben, sollte zudem darauf geachtet werden, dass an dem Pro-

zess mehrere Bundes- und Landesbehörden sowie unabhängige Forschungsinstitute beteiligt werden.

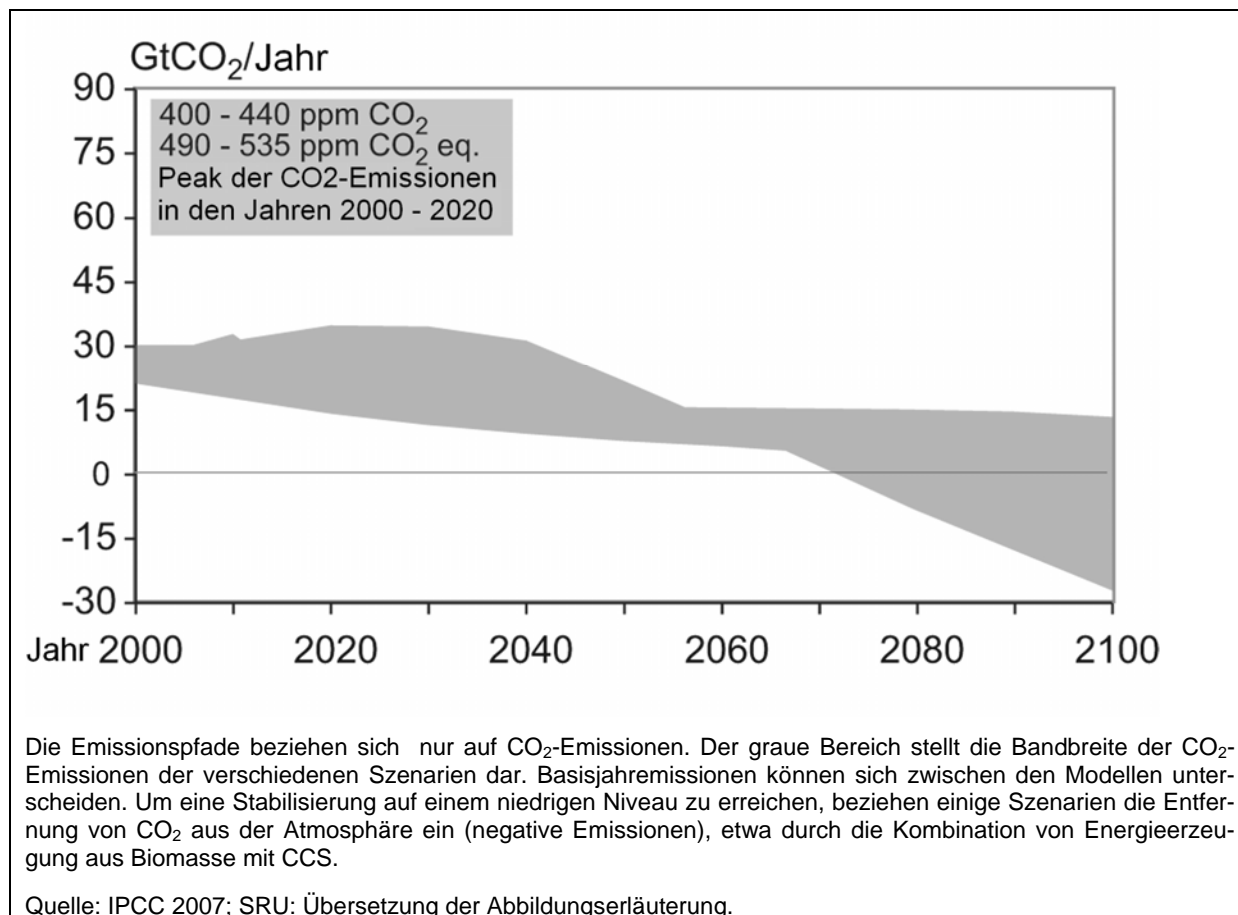
15. Streitig ist weiterhin, ob Abscheidung und Transport durch geltendes Recht bereits hinreichend geregelt sind (MUCH 2007). Der vorliegende Gesetzentwurf verzichtet weitgehend darauf, hier eigene Regelungen zu schaffen. Die schon vor der Vorlage des Kabinettentwurfs vertretene Auffassung, für Gasversorgungsleitungen das geltende Planfeststellungsrecht des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) anzuwenden, sei im Hinblick auf die nicht auf CCS ausgerichtete Zielsetzung des EnWG problematisch (so KOHLS und KAHLE 2009), behält Gültigkeit. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die wettbewerblichen Auswirkungen des Trassenverlaufs von CO₂-Leitungen.

3.3 Speicher werden möglicherweise langfristig für Biomasse-CCS benötigt

16. Über den konkreten CCS-Gesetzentwurf weisen die nachfolgenden Überlegungen in Kapitel 3.3 und 3.4 hinaus, die Anlass geben sollen, darüber nachzudenken, ob eine abschließende Regelung der kommerziellen Anwendung zum gegenwärtigen Zeitpunkt zielführend für den Klimaschutz sein kann. Eine zukünftige Nutzungskonkurrenz im Zusammenhang mit CCS zeichnet sich bereits zum heutigen Zeitpunkt ab. Nach den Ergebnissen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wird es für die Erreichung anspruchsvoller Treibhausgasstabilisierungsziele unterhalb von 440 ppm CO₂ und zur Sicherstellung des 2° C-Ziels notwendig sein, in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts global negative Nettoemissionen für Treibhausgase zu erreichen (s. Abb. 2; IPCC 2007, S. 16). Während die Kombination von Kohlekraftwerken mit CCS weiterhin zu – wenn auch geringeren – Emissionen führt, kann durch Kombination von Biomassenutzung mit CCS eine erhebliche Nettoerduktion erreicht werden. So gehen erste Studien (AUDUS und FREUND 2005) davon aus, dass die Kombination von Kohlekraftwerken (IGCC) mit CCS noch Nettoemissionen von 143 g pro kWh erzeugter Elektrizität verursacht, während die Kombination von Biomassenutzung und CCS zu negativen Emissionen (Nettoerduktionen) von – 1.050 g/kWh führt.

Abbildung 2

Emissionspfad des IPCC-Minderungsszenarios mit Stabilisierung der atmosphärischen CO₂-Konzentration bei 400-440 ppm



Negative globale Emissionen in signifikanter Größenordnung sind nur erreichbar, wenn dem globalen Kohlenstoffkreislauf große Mengen CO₂ entzogen und langfristig deponiert werden. Hierzu eignet sich vor allem eine Kombination aus der energetischen Nutzung großer Mengen von Biomasse mit CCS. Gleichzeitig müssen die Treibhausgasemissionen aus allen anderen Bereichen weitestgehend reduziert werden.

In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts wird eine Abscheidung von CO₂ aus Biomassekraftwerken, vor allem in der Leistungsklasse von mehr als 100 MW, wahrscheinlich von zentraler Bedeutung sein. Eine Abscheidung von CO₂ ist in solchen Kraftwerken mit ähnlichen Technologien möglich, wie sie für den Einsatz von Kohlekraftwerken favorisiert werden. Das logistische Problem des Transports großer Mengen Holz zu diesen Kraftwerken, das sich aufgrund der vergleichsweise geringen Energiedichte von Holz pro Volumeneinheit stellt, wird dadurch gelöst werden können, dass diese Kraftwerke an Hafenstandorten errichtet werden und der Strom über die bis zur Mitte des Jahrhunderts ohnehin auszubauenden Stromnetze zu den großen Verbrauchszentren transportiert werden kann. Hafenstandorte in Norddeutschland haben zudem den Vorteil, dass sie sich in der Nähe der wesentlichen Speicherpotenziale im Bereich saliner Aquifere befinden. Ideale Einsatzbedingungen werden

Kraftwerke haben, die darüber hinaus noch Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in größere Fernwärmenetze einspeisen können.

Da sowohl die globalen als auch die deutschen und europäischen Speicherkapazitäten für CO₂ deutlich begrenzt sind und eventuell lediglich für die Erfüllung dieser Aufgabe ausreichen, ist eine strategische Abwägung notwendig, ob diese Kapazitäten frühzeitig für die Einlagerung von CO₂ aus der Nutzung fossiler Brennstoffe (vornehmlich aus dem Betrieb von Kohlekraftwerken) genutzt und damit für die nächsten 100.000 Jahre für andere Nutzungen wie Biomasse-CCS blockiert werden dürfen.

3.4 Eine volkswirtschaftlich optimale Allokation der begrenzten Speicherkapazität wird verhindert

17. Auf der Basis einer grundsätzlichen und langfristigen Perspektive stellt sich die Frage, wie eine erschöpfliche Ressource so verwertet werden kann, dass eine volkswirtschaftlich optimale Allokation stattfindet. Bei den Speicherkapazitäten, die jetzt für CCS vorgesehen sind, handelt es sich um eine solche erschöpfliche, nicht-vermehrbar Ressource, weil einmal mit Kohlendioxid gefüllte Lagerstätten nach derzeitigem Wissensstand nicht ein zweites Mal genutzt werden können. Im Fall der geologischen Speicherorte kommt es zu einem durch gegenwärtige wie zukünftige Nutzungskonkurrenzen bestimmten Allokationsproblem. Volkswirtschaftlich optimal wäre die Verwendung dieser nicht-vermehrbar Ressource mit dem höchsten gesellschaftlichen Nettonutzen.

Das wäre dann der Fall, wenn – wie auf dem freien Markt – das Gewinninteresse des Eigentümers sichern würde, dass die Ressource der Nutzung zugeführt wird, für die der höchste Preis gezahlt wird. Dieser Preis kann als Indikator für den gesellschaftlichen Nutzen angesehen werden: Je größer für eine Einheit der Nutzung die Differenz zwischen Zahlungsbereitschaft und Kosten ist, umso mehr kann für die Ressource „Speicherkapazität“ bezahlt werden. Die Ressource geht dann (intratemporal) an die Nutzung, für die am meisten bezahlt wird. Dieser Wettbewerbsmechanismus stellt sicher, dass der Preis mindestens die Opportunitätskosten der nächstbesten, nicht zum Zuge kommenden Nutzung abdeckt. Diese Opportunitätskosten – der entgangene Gewinn aus der verdrängten Alternative – werden von der letztlich gewählten Nutzung verursacht und sind demnach auch volkswirtschaftlich Kosten der Ressourcennutzung.

Dasselbe Prinzip gilt auch intertemporal: Auch hier ist es das Gewinninteresse des Ressourcenbesitzers, das dazu führt, dass die sogenannten Nutzungskosten, das heißt die Opportunitätskosten verdrängter Verwendung in zukünftigen Perioden, berücksichtigt werden. Zukünftige Gewinne werden zwar mit der Diskontrate (etwa dem Zins für risikolose Geldanlagen) abdiskontiert, aber der Ressourcenbesitzer wird eine weitere Einheit nur dann heute verkaufen, wenn er davon ausgeht, dass sein abdiskontierter Gewinn für den Verkauf dieser Ressourceneinheit in der Zukunft nicht höher sein wird als heute. Auch hier muss also

für die Ressourcennutzung ein Knappheitspreis gezahlt werden, der den Opportunitätskosten entspricht.

Im Gesetzesentwurf ist dagegen vorgesehen, dass die nicht-vermehrbar Ressource „Speicherkapazität“ an denjenigen geht, der zuerst einen Antrag stellt, ohne dass dieser für die von ihm verursachten Opportunitätskosten in irgendeiner Weise aufkommen muss. Dies stellt eine klare Privilegierung derjenigen dar, die als erste zum Zuge kommen, in diesem Fall der Unternehmen, die durch einen Antrag auf Erkundung die Optionen auf die Speicher für eine CCS-Nutzung erhalten. Die gesellschaftlichen (Opportunitäts-)Kosten durch den Verbrauch der Ressource „Speicherkapazität“ werden ihnen dabei in keinerlei Weise in Rechnung gestellt. Das führt zu zwei Arten von Allokationsverzerrung. Zum einen erfolgt die Allokation der Ressource „Speicherkapazität“ nicht annähernd effizient, denn eine Abwägung mit anderen, insbesondere zukünftigen, Nutzungsinteressen wird nicht angemessen sichergestellt (s. Kap. 3.1). Zum anderen trägt die Ablagerung von CO₂ und damit die mit dem einzulagernden CO₂ verbundene Produktion nicht alle von ihr verursachten Kosten und ist damit anderen Produktionsalternativen gegenüber privilegiert.

Während die erste Allokationsverzerrung durch gesellschaftliche Planungsverfahren abgemildert werden könnte, so ließe sich die zweite Verzerrung nur dadurch beseitigen, dass der Staat wie ein privater Unternehmer auftritt und die Rechte auf die Speicherkapazitäten versteigert. Angesichts der bereits in naher Zukunft zu erwartenden großen Knappheit für Speicherkapazitäten erscheint das als eine durchaus vertretbare Alternative. Als Indikator für Mindesterloße in der heutigen Periode müssten dabei Abschätzungen über zukünftig zu erzielende Gewinne herangezogen werden.

So wie es erforderlich ist, zunächst weiter zu forschen, um technische und ökologische Fragen von CCS beantworten zu können, ist es ebenfalls erforderlich, nach Wegen zu suchen, um eine volkswirtschaftlich effiziente Allokation begrenzter Ressourcen auch in diesem Fall sicherzustellen. Es würde dabei zu kurz greifen, lediglich auf bestehende rechtliche Rahmenbedingungen zu verweisen.

4 Entscheidung vertagt: Ministerien regeln Wesentliches später

18. Der CCS-Gesetzentwurf verwendet an wesentlichen Stellen Ermächtigungsgrundlagen für Rechtsverordnungen, in denen Einzelheiten der CCS-Erprobung und -Nutzung geregelt werden sollen. Dazu zählen folgende Punkte:

- Anforderungen an die technische Sicherheit von Kohlendioxidleitungen (§ 4 Abs. 4),
- Untersuchung, Errichtung, Betrieb, Überwachung, Stilllegung, Nachsorge und Beschaffenheit von Kohlendioxidspeichern (§ 25 Abs. 1) (zudem kann hinsichtlich betrieblicher, organisatorischer und technischer Anforderungen an CO₂-Speicher, Unfallverhütung, Eigenüberwachung sowie zu Vorsorge- und Durchführungsmaßnahmen zur Wiederherstellung von Schutzgütern insbesondere der Oberfläche auf öffentlich zugängliche Bekanntmachungen sachverständiger Stellen verwiesen werden (§ 25 Abs. 1 Nr. 1, 3, 4, 6)),
- zu ergreifende Maßnahmen bei Unregelmäßigkeiten und Leckagen (§ 25 Abs. 2 Nr. 1 und 2),
- Zusammensetzung des Kohlendioxidstroms (§ 25 Abs. 2 Nr. 2),
- Verfahren bei Erteilung eines Planfeststellungsbeschlusses (§ 26 Abs. 1),
- Sicherheitsnachweis (§ 26 Abs. 2 Nr. 1),
- Überwachungskonzept (§ 26 Abs. 2 Nr. 2),
- Stilllegungs- und Nachsorgekonzept (§ 26 Abs. 2 Nr. 3),
- Deckungsvorsorge (§ 33 Abs. 1),
- Nachsorgebeitrag (§ 32 Abs. 2 Nr. 1., 2., 3. und 4.) und
- Übertragung von Pflichten (§ 33 Abs. 2).

Das Bundeswirtschaftsministerium und das Bundesumweltministerium werden damit ermächtigt, ganz erhebliche inhaltliche Teile des Gesetzes durch Verordnungen auszuführen, die nur teilweise der Zustimmung des Bundesrates bedürfen. So können Verordnungen über das Planfeststellungsverfahren und nähere Anforderungen an Sicherheitsnachweis, Überwachungskonzept sowie Stilllegungs- und Nachsorgekonzept ohne Zustimmung des Bundesrates erlassen werden. Generell wird auch in anderen Gesetzen im weiten Umfang von Verordnungsermächtigungen Gebrauch gemacht. Kritisch zu betrachten ist diese Verlagerung jedoch dort, wo wesentliche Entscheidungen nicht im Gesetzestext selbst, sondern in den späteren Rechtsverordnungen getroffen werden sollen, insbesondere dann, wenn diese nicht gleichzeitig mit dem Gesetzentwurf vorgelegt werden. Das betrifft vorliegend unter anderem die Frage der Leckageraten.

19. Der CCS-Gesetzentwurf definiert Leckage in § 3 Nr. 8 als „Austritt von Kohlendioxid oder von anderen Bestandteilen des Kohlendioxidstroms aus dem Speicherkomplex“. Der Begriff „Leckagerate“ kommt im Gesetz dagegen nicht vor, und auch ein Grenzwert für eine solche wird nicht festgelegt. Stattdessen soll grundsätzlich das gespeicherte Kohlendioxid dauerhaft im Speicher verbleiben, wie sich aus der Begriffsbestimmung der Langzeitsicherheit ergibt. „Langzeitsicherheit“ bedeutet nämlich nach § 3 Nr. 7 einen Zustand, der gewährleistet, dass das gespeicherte Kohlendioxid unter Berücksichtigung der erforderlichen Vorsorge gegen Beeinträchtigungen der Schutzgüter Mensch, Umwelt und Klima *vollständig und auf unbegrenzte Zeit* in dem Kohlendioxidspeicher zurückgehalten werden kann.

Daraus könnte zunächst gefolgert werden, dass der CCS-Gesetzentwurf anstrebt, Lagerstätten so auszusuchen und zu sichern, dass gar kein Kohlendioxid austreten kann. Dies erscheint in der Praxis jedoch nicht realistisch. Unabhängig davon, ob die Einhaltung der festgelegten Leckagerate technisch wirksam überwacht werden könnte, müsste eine verantwortungsvolle Regelung Aussagen dazu enthalten, welches Ausmaß an Leckage als akzeptabel betrachtet wird, beispielsweise im Hinblick auf die Anrechnung der Kohlendioxid-speicherung auf den Emissionshandel. Das Umweltbundesamt hat gefordert, dass eine Leckagerate von 0,01 % jährlich nicht überschritten wird (UBA 2006, S. 5). Anstelle der Festlegung eines konkreten Grenzwertes wird im CCS-Gesetzentwurf von dem Betreiber gefordert, Vorsorge gegen Leckagen oder „erhebliche Unregelmäßigkeiten“ zu treffen (in § 3 Nr. 2 definiert als „jede Unregelmäßigkeit bei den Injektions- oder Speichervorgängen oder in Bezug auf den Zustand des Speicherkomplexes als solchen, die mit einem Leckagerisiko oder einem Risiko für Mensch und Umwelt behaftet ist“). Diese Anforderung ist jedoch so unpräzise, dass zu befürchten steht, dass einheitliche Anforderungen an den Betreiber daraus nicht hergeleitet werden können.

5 Haftung der Bundesländer für die Ewigkeit

20. Der Gesetzentwurf geht von zwei Phasen der finanziellen (und organisatorischen) Verantwortung für Kohlendioxidspeicher aus. Die erste Phase beginnt mit der Erkundung und dem Betrieb des Speichers. In dieser sind die Betreiber, also die Unternehmen, für die Sicherheit verantwortlich und haften für alle Risiken und die damit verbundenen finanziellen Folgen (§ 29 CCS-Gesetzentwurf). Diese Phase endet mit dem Übergang der Verantwortung auf die zuständigen Bundesländer, auf den der Betreiber – unter bestimmten Voraussetzungen wie dem Nachweis der Langzeitsicherheit – frühestens dreißig Jahre nach Stilllegung des Speichers einen Anspruch hat (§ 31 Abs. 1). In der ersten Phase sind die Betreiber verpflichtet, sich finanziell abzusichern (sogenannte Deckungsvorsorge, § 30). In der zweiten Phase werden die Betreiber für einen Zeitraum von dreißig Jahren nach dem Übergang der Verantwortung zu einem Nachsorgebeitrag herangezogen (§ 32). Sowohl Nachsorgebeitrag als auch Deckungsvorsorge und Übertragung von Pflichten können nach den §§ 32, 33 CCS-Gesetzentwurf in Rechtsverordnungen ausgeführt werden.

Die in § 30 des CCS-Gesetzentwurfs vorgesehene Deckungsvorsorge dient *bis zum Übergang der Verantwortung* der Erfüllung:

- der sich aus dem CCS-Gesetz ergebenden Pflichten, einschließlich der Pflichten zur Stilllegung und Nachsorge,
- gesetzlicher Schadensersatzansprüche,
- der Pflichten aus dem Treibhausgasemissionshandelsgesetz und
- der Pflichten aus dem Umweltschadensgesetz.

Es handelt sich also um sehr umfangreiche finanzielle Risiken, die die Betreiber von Kohlendioxidspeichern mit der Deckungsvorsorge bis zum Zeitpunkt des Verantwortungsübergangs auf die öffentliche Hand abdecken sollen. Dazu zählen auch mögliche Schäden an der Gesundheit von Menschen und Tieren sowie Umweltschäden. Insbesondere Gesundheitsschäden sollten umfassend abgedeckt sein, weil im Fall eines Wiederaustritts das Kohlendioxid, wenn es sich an einzelnen Orten konzentriert, erhebliche Gesundheitsgefahren mit sich bringen kann. Nach § 30 Abs. 2 des CCS-Gesetzentwurfs setzen die zuständigen Behörden, die von den dafür zuständigen Bundesländern bestimmt werden, diesen Betrag fest und passen ihn jährlich an. Im Gegensatz zu anderen Gesetzen fehlt jedoch für die Höhe der Deckungsvorsorge jede Angabe oder Richtlinie. Üblich ist hier die Nennung von Maximalbeträgen. Demgegenüber sollte als innovatives Element im Gesetz durch eine Nennung von Mindestbeträgen im CCS-Gesetz sichergestellt werden, dass eine Haftung der Betreiber für Schäden, die sie verursachen, zumindest bis zu einer gewissen Höhe sichergestellt ist. Durch das Fehlen von Anhaltspunkten im CCS-Gesetzentwurf zu der Frage, wie die zuständigen Behörden die Deckungsvorsorge bemessen sollen, besteht die Gefahr einer unzureichenden Absicherung möglicher Schäden.

21. Einerseits ist die Haftung für Schäden, die durch die Lagerung von Kohlendioxid im Untergrund eintreten, durchaus umfassend ausgestaltet. Der CCS-Gesetzentwurf regelt die Haftung für Individualgüter; das Umweltschadensgesetz (UmweltSchadG) die Haftung für Umweltschäden. Zudem werden auch das Verhältnis zum Emissionshandel und die „Haftung“ für wieder entweichendes Kohlendioxid in diesem System dargelegt (Kap. 6.2).

Für den Anspruch Privater wegen Schäden durch den Transport und die auf Dauer angelegte Speicherung von Kohlendioxid ist in § 29 Abs. 2 CCS-Gesetzentwurf eine Beweislastumkehr in Form einer Kausalitätsvermutung bestimmt, wenn der Schaden im Zusammenhang mit einer CCS-Anlage aufgetreten ist. Diese wird allerdings durch die Rückausnahme im Fall des bestimmungsgemäßen Betriebs der Anlage eingeschränkt. Bei ordnungsgemäßem Betrieb muss deshalb der Geschädigte die Ursächlichkeit nachweisen. Wegen anderer Fragen, wie Mitverschulden, Umfang der Ersatzpflicht bei Tötung und Körperverletzung, Geldrenten, Haftungshöchstgrenzen sowie Wiederherstellungsmaßnahmen, wird auf das Umwelthaftungsgesetz (UmweltHaftG) verwiesen. Daneben tritt eine mögliche Haftung nach Umweltschadensgesetz für Schäden an Arten und Lebensräumen, Gewässern, Böden und natürlichen Ressourcen.

Andererseits ist die Dauer der Haftung relativ kurz bemessen, denn die Betreiber können, wenn sie den gesetzlich geforderten Nachweis der Langzeitsicherheit erbracht haben, verlangen, dass (frühestens) dreißig Jahre nach dem Abschluss der Stilllegung des Kohlendioxidspeichers die Verantwortung auf das Land, das den Speicher genehmigt hat, übergeht. Der Betreiber hat einen gesetzlichen Anspruch auf den Übergang der Verantwortung: Ist der Nachweis der Langzeitsicherheit, wie sie vom Gesetz definiert wird, erbracht und hat der Betreiber einen Nachsorgebeitrag geleistet, so verfügt die Behörde über kein Ermessen hinsichtlich des Übergangs der Verantwortung. Zwar sind die Hürden für den Übergang im Bezug auf Umweltstandards hoch gehängt, verlangt der Gesetzentwurf doch, dass die Langzeitsicherheit nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gegeben sein muss. Viele potenzielle Risiken können aber erst nach Ablauf langer Zeiträume hinreichend eingeschätzt werden.

Problematisch ist überdies, dass der Langzeitsicherheitsnachweis nur eine Prognose darüber abgeben kann, ob das Kohlendioxid wirklich in den Speicherstätten bleiben wird. Vor allem im Hinblick auf Leckagen sind dreißig Jahre nach Stilllegung zu kurz bemessen, weil die Gefahr besteht, dass das langsame Entweichen des CO₂ in diesem Zeitraum gar nicht feststellbar sein wird. Der mögliche Haftungsübergang stellt somit auch eine erhebliche Subventionierung von CCS und ein erhebliches Risiko für die Länderhaushalte dar.

Treten nach dem Übergang der Verantwortung Schäden ein, so werden die Betreiber nur noch im Rahmen des Nachsorgebeitrags dafür herangezogen. Auch ist nicht hinreichend sichergestellt, dass der Nachsorgebeitrag hoch genug ausfallen wird. Unklar ist wie er berechnet wird. In einer Rechtsverordnung soll festgelegt werden, welche Aufwendungen nach

dem Übergang überhaupt entstehen können, wie diese ermittelt werden, was einen verhältnismäßigen Beitrag darstellen kann und wie ein solcher Bescheid zu begründen wäre (§ 32 Abs. 2 S 3 Nr. 1-4 CCS-Gesetzesentwurf). Die Regelung macht deutlich, dass gegenwärtig Aussagen über die von den Betreibern zu leistende Nachsorge im Rahmen der gesetzlichen Regelung nicht wirklich möglich sind. Sollte die notwendige Abschätzung gegenwärtig noch nicht möglich sein, spricht dies ebenfalls für eine zunächst vorläufige Regelung von CCS.

6 Verursacher von Kohlendioxid sollten volle Kosten der Lagerung tragen

22. Die CCS-Technologie befindet sich heute noch in einem frühen Stadium der Entwicklung und ist mit hohen Kosten verbunden. Grundsätzlich wird CCS erst dann zu einer wirtschaftlichen Option, wenn die CO₂-Vermeidungskosten pro Tonne CO₂ unter den sich aus dem europäischen Emissionshandel ergebenden Zertifikatspreis sinken. Der bisweilen für CCS beanspruchte Status einer vergleichsweise kostengünstigen Klimaschutztechnologie muss erst noch den Realitätstest bestehen. Vor diesem Hintergrund erscheint der gleichzeitige Ruf aus der Industrie nach erheblichen Subventionen für diese Technologie widersprüchlich.

Zur Entwicklung der Kosten der CCS-Technologie liegen unterschiedliche Schätzungen vor. Nach FISCHEDICK et al. (2007) werden die CO₂-Vermeidungskosten im Jahr 2020 zwischen 38 und 64 €/t CO₂ liegen und im Durchschnitt auch bis 2050 nicht unter 40 €/t CO₂ sinken. Die Internationale Energieagentur (IEA) geht ebenfalls im günstigsten Fall von 40 €/t CO₂ aus. Die Nachrüstung eines Kohlekraftwerks mit CCS ist jedoch deutlich teurer und wird von der IEA auf 53 bis 97 €/t CO₂ geschätzt (IEA 2007). Dagegen schätzt eine Studie (McKINSEY & COMPANY 2008), dass die CO₂-Vermeidungskosten bis 2030 auf 30 bis 45 €/t eingesparten CO₂ gesenkt werden können und dann aller Voraussicht nach durch die Vorteile im Emissionshandel kompensiert werden.

Modellrechnungen des Wuppertal-Instituts (FISCHEDICK et al. 2007) kommen zu dem Schluss, dass die Stromgestehungskosten bei CCS-Kraftwerken und erneuerbaren Energien im Jahr 2030 etwa gleichauf liegen, dass allerdings für die erneuerbaren Energien im weiteren Zeitverlauf weitere Kostendegressionen zu erwarten sind.

In erster Linie sollten es Kriterien der Wirtschaftlichkeit im Rahmen des Emissionshandels sein, die bestimmen, welche Rolle CCS im zukünftigen Energiemix spielen wird und insbesondere, ob CCS sich gegenüber den erneuerbaren Energien durchsetzen können wird. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt scheint CCS aus privatwirtschaftlicher Sicht keine lohnende CO₂-Vermeidungsstrategie zu sein. RWE hat beispielsweise signalisiert, dass der Konzern nur bereit ist, die Hälfte der notwendigen Investitionen von 2 Mrd. Euro für das Demonstrationskraftwerk Jämschwalde zu tragen, und fordert zusätzlich eine massive staatliche Beteiligung beim Aufbau der Infrastruktur, also den Transport- und Speichereinrichtungen für CO₂ (GROßMANN 2009). Sollten die Preise für fossile Energieträger und insbesondere Kohle in Zukunft stärker steigen als bisher angenommen (KAVALOV und PETEVES 2007), würde sich die Wettbewerbsfähigkeit von CCS weiter verschlechtern.

23. Gerade weil es zum heutigen Zeitpunkt zumindest fraglich erscheint, ob es sich bei CCS um eine kosteneffiziente CO₂-Vermeidungstechnologie handelt, sollten aus der Sicht des SRU die Betreiber von CCS bei ihren Investitionen von einer Vollkostenrechnung aus-

gehen und die zusätzlichen Ausgaben in voller Höhe in den Strompreis eingepreist werden. Dann können die Marktmechanismen des Emissionshandels greifen, und die Wirtschaftlichkeit der CCS-Technologie würde über ihren Einsatz entscheiden.

Tatsächlich zeichnet sich jedoch ab, dass öffentliche Gelder über unterschiedliche Mechanismen einen erheblichen Teil der Kosten und finanziellen Risiken der Entwicklung und Anwendung von CCS abdecken werden, wodurch CCS gegenüber anderen CO₂-Vermeidungsoptionen privilegiert wird. Diese Bevorzugung reicht von der kostenlosen Zuweisung knapper Speicherstätten, dem Abwälzen der langfristigen Verantwortung für die CO₂-Endlager, über die mangelhafte Absicherung des Wiederentweichens von Kohlendioxid im Rahmen des Emissionshandels bis hin zu konkreten Geldleistungen für den Bau von Kohlekraftwerken mit CCS-Technologie.

6.1 Hohes finanzielles Risiko für die Länder durch Verantwortungsübergang nach dreißig Jahren

24. Aus der Sicht des SRU müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen zu CCS gewährleisten, dass die Betreiber bei den zu erwartenden Investitionsentscheidungen die vollen Kosten inklusive externer Kosten für Umwelt und menschliche Gesundheit von Anfang an mit berücksichtigen. Dazu zählen insbesondere auch die Kosten für mögliche Schäden und Risiken, die mit der Technologie auch in langfristiger Perspektive verbunden sind. Wie in Kapitel 2 dargestellt, sind die potenziellen Risiken beträchtlich und die Unsicherheiten hoch.

Insbesondere sollten Betreiber für einen angemessenen Zeitraum für die Sicherheit der Speicher verantwortlich bleiben bzw. dazu verpflichtet werden, Schäden langfristig abzusichern. Die Anwendung der CCS-Technologie und der mit Entwicklung und Betrieb verbundene Aufwand öffentlicher und privater Mittel sind nur dann gerechtfertigt, wenn das abgeschiedene CO₂ langfristig der Atmosphäre entzogen wird – insofern ist es nicht angemessen, die Betreiber bereits nach dreißig Jahren aus der Verantwortung zu entlassen. Die Regelungen zu Deckungsvorsorge und zum Nachsorgebeitrag im Gesetzentwurf können zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund der großen Unsicherheiten nicht konkretisiert werden (Kap. 5). Insofern kann ein Gesetz, das die kommerzielle Anwendung von CCS heute zu regeln versucht, nicht sicherstellen, dass die Kosten möglicher Schäden in den Kalkulationen der Betreiber und bei Investitionsentscheidungen ausreichend berücksichtigt werden. Welchen Teil der Kosten und Risiken letztendlich die Gesellschaft trägt, wird von der Ausgestaltung dieser Regelungen und dem Vollzug durch die Länderbehörden abhängen. Angesichts des politischen Einflusses der großen Energieversorgungsunternehmen in Deutschland ist deshalb eine Abwälzung des Risikos auf die Gesellschaft nicht unwahrscheinlich. Eine solche indirekte Subventionierung der CCS-Technologie sollte aber vermieden werden, auch weil sie eine Wettbewerbsverzerrung zuungunsten anderer, möglicherweise kostengünstigerer Klimaschutzoptionen darstellt.

6.2 Finanzielle Risiken im Emissionshandel

25. Für den Umgang mit CCS im Emissionshandel wurden verschiedene Modelle diskutiert (IPCC 2005; HELD et al. 2006; PHILIBERT et al. 2007; Europäische Kommission 2008a; GUDDAS et al. 2008). Einerseits muss der Emissionsvorteil der CO₂-Abscheidung und Speicherung im internationalen Emissionshandel erfasst werden, andererseits muss sichergestellt sein, dass alle entlang der CCS-Prozesskette (Transport, Verpressung und Speicherung) auftretenden Emissionen erfasst werden (MATTHES et al. 2007).

Die neuen europäischen Richtlinien zu CCS und zum Emissionshandel sehen vor, dass Kraftwerksbetreiber keine Emissionsrechte für die Mengen an CO₂ vorlegen müssen, die entsprechend den jeweiligen nationalen Gesetzen gespeichert wurden. Der Geltungsbereich der Emissionshandelsrichtlinie wird auf die „Abscheidung, Beförderung und geologische Speicherung von Treibhausgasemissionen“ erweitert. Damit werden Emissionen durch Unfälle oder Leckagen bei Transport und Lagerung erfasst; diese müssen durch den Erwerb von Zertifikaten gedeckt werden. Dies geschieht allerdings nicht durch den Betreiber, sondern durch die zuständige Behörde, die gemäß der Richtlinie die entstehenden Kosten über die Deckungsvorsorge vom Betreiber einziehen kann (Art. 11 Abs. 4 CCS-Richtlinie).

Der auf der europäischen Ebene gewählte Regelungsansatz für die Einbeziehung von CCS stellt zwar formal die Integrität des Systems sicher, wirft aber mehrere Probleme auf. GUDDAS et al. (2008) weisen darauf hin, dass der administrative Aufwand für das Monitoring der Emissionen in allen Phasen der Prozesskette erheblich sein kann, insbesondere wenn das CO₂ über die Grenzen von Bundesländern oder Mitgliedstaaten hinweg transportiert wird. Zudem führt der Regelungsansatz dazu, dass die Abscheidung und Speicherung von CO₂ nur für solche Kraftwerke attraktiv ist, die bereits dem Emissionshandel unterliegen und Zertifikate, die sie normalerweise vorlegen müssten, einsparen können. Das System schafft dagegen keinen Anreiz für die Abscheidung von CO₂ aus Kraftwerken mit Biomassenutzung, obwohl dies längerfristig eine wichtige Option sein könnte, um der Atmosphäre CO₂ zu entziehen (EDENHOFER et al. 2009). Diese Option sollte jedoch perspektivisch nicht ausgeschlossen werden (s. Kap. 3.3). Der SRU befürwortet deshalb ein alternatives System für die Einbindung von CCS in den Emissionshandel, bei dem die Kraftwerksbetreiber weiterhin Zertifikate für das entstandene CO₂ abgeben müssen, während die Speicheranlage Gutschriften für die gespeicherten Mengen CO₂ erhält. Die Aufteilung der Gutschriften zwischen den Betreibern der Kraftwerke und Speicher können dann vertraglich geregelt werden (GUDDAS et al. 2008). Ein solches System könnte einerseits den administrativen Aufwand für die Überwachung verringern und andererseits dafür sorgen, dass die Abscheidung und Speicherung von CO₂ aus verschiedenen Kraftwerken gleich behandelt wird.

26. Der deutsche Gesetzentwurf kann dementsprechend nicht ausreichend sicherstellen, dass CO₂-Emissionen aus nachgelagerten Schritten und insbesondere aus Leckagen für die Anlagenbetreiber kostenwirksam werden. Zunächst bleibt unklar, wie die von der Richtlinie

geforderte Einbeziehung von Abscheidung, Transport und Speicherung in den Emissionshandel administrativ gelöst werden soll, und wie beispielsweise mögliche Leckagen beim Transport erfasst werden sollen. Dies wird erst mit der Umsetzung der geänderten EU-Emissionshandelsrichtlinie geregelt. Die Deckungsvorsorge muss nach § 30 CCS-Gesetzesentwurf die sich aus dem TEHG ergebenden Pflichten abdecken. Der finanzielle Mechanismus zur Nachsorge nach § 32 CCS-Gesetzesentwurf nimmt dagegen nicht ausdrücklich Bezug auf das TEHG und die daraus entstehenden Pflichten. Da bisher weder zur Höhe der Deckungsvorsorge noch des Nachsorgebeitrags eine Regelung vorliegt, besteht auch hier die Gefahr, dass die Beiträge zu niedrig angesetzt und Risiken und Kosten damit auf die Allgemeinheit abgewälzt werden.

Auch die Tatsache, dass den Ländern vom Gesetz die finanzielle Absicherung der übertragenen Pflichten empfohlen wird (§ 32 Abs. 3), deutet darauf hin, dass hier von Deckungslücken ausgegangen wird. Kosten, die nach Übertragung der Verantwortung und Ablauf des Nachsorgebeitrags entstehen, müssten dann vollständig vom Staat getragen werden.

6.3 Hohe direkte Subventionen für CCS in Deutschland und Europa

27. Die Grundlagenforschung zu den verschiedenen Aspekten der CCS-Technologie wurde und wird mit erheblichem finanziellem Aufwand durch europäische und nationale Förderprogramme unterstützt. Das 5. und das 6. Forschungsrahmenprogramm der EU förderten CCS mit insgesamt mehr als 100 Mio. Euro; im 7. Forschungsrahmenprogramm sind 500 Mio. Euro für CCS angekündigt (BMW i et al. 2007). In Deutschland werden große Forschungsprojekte, meist in Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie, durch das Cooretec-Programm (kurz für: CO₂-Reduktionstechnologien, Programm zur Förderung der Forschung und Entwicklung zukunftsfähiger Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen) des Bundeswirtschaftsministeriums (100 Mio. Euro zwischen 2004 und 2008) und das Geotechnologien-Programm des Bundesforschungsministeriums und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (45 Mio. Euro über einen Zeitraum von drei Jahren) finanziert (BMW i 2007; Deutscher Bundestag 2008).

Grundsätzlich hält der SRU die Forschung und Entwicklung zu CCS für sinnvoll (SRU 2008, Tz. 5), allerdings ist angesichts begrenzter Mittel auf eine ausgewogene Verteilung der Fördergelder auf die verschiedenen Klimaschutztechnologien zu achten. Zudem müssen die ökologischen Risiken von CCS umfassend erforscht werden.

28. Zusätzlich werden in den nächsten Jahren große Summen für die Förderung von Demonstrationsprojekten in Europa bereitgestellt. Europäischer Rat und Europäische Kommission haben sich dafür ausgesprochen, bis zum Jahr 2015 bis zu zwölf großtechnische Demonstrationskraftwerke mit CCS-Technologie in Europa zu fördern (Europäische Kommission 2008b). Bei den betreffenden Projekten handelt es sich um Kraftwerksanlagen

mit einer elektrischen Leistung von mehreren hundert Megawatt, also nicht mehr um Grundlagenforschung. Die Mittel hierfür sollen zum einen aus den Erlösen des Emissionshandels bereitgestellt werden: Bis 2015 wird durch die reformierten Regelungen zum europäischen Emissionshandel der Gegenwert von 300 Millionen Zertifikaten für Demonstrationsprojekte im Bereich CCS und erneuerbare Energien reserviert. Bei einem Zertifikatspreis von 30 €/t CO₂ würde dies insgesamt einer Summe von 9 Mrd. Euro entsprechen. Zum anderen sollen im Rahmen des EU-Konjunkturprogramms Mittel bereitgestellt werden – nach den Beschlüssen des Europäischen Rates vom 20. März 2009 insgesamt 1,05 Mrd. Euro für CCS-Projekte, davon 180 Mio. Euro für die beiden deutschen Demonstrationskraftwerke Hürth (RWE) und Jämschwalde (Vattenfall). Im Kontext des Klima- und Energiepakets vom Januar 2008 hat die Europäische Kommission zudem die Leitlinien der Gemeinschaft für staatliche Umweltschutzbeihilfen überarbeitet. Diese enthalten zwar noch keine spezifischen Angaben zu CCS, aber die Kommission nimmt eine positive Haltung gegenüber staatlichen Beihilfen für diese Technologie ein. Auch die neue Emissionshandelsrichtlinie erlaubt explizit die zusätzliche Kofinanzierung von CCS-Demonstrationsprojekten durch die Mitgliedstaaten. Schließlich hat auch die Europäische Investitionsbank angekündigt, 1 Mrd. Euro für Darlehen zur Förderung von CCS und anderen Großtechnologien zur Verfügung zu stellen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass bereits die auf europäischer Ebene geplanten Subventionen für Demonstrationskraftwerke die den Unternehmen entstehenden Mehrkosten möglicherweise vollständig decken werden. MCKINSEY & COMPANY (2008) beziffert die „Wirtschaftlichkeits-Lücke“ zwischen den erwarteten CO₂-Preisen und den Lebenszykluskosten der Kraftwerke auf 0,5 bis 1,1 Mrd. Euro pro CCS-Projekt. Bei zwölf Demonstrationsprojekten in Europa würden so insgesamt Kosten zwischen 6 und 13,2 Mrd. Euro entstehen. Diese könnten – in Abhängigkeit von der Entwicklung des Preises für Emissionszertifikate – weitgehend bis vollständig durch die geplante öffentliche Förderung auf EU-Ebene gedeckt werden. Angesichts dieser Tatsache erscheinen die Forderungen der Industrie nach zusätzlichen nationalen Zuschüssen (GROßMANN 2009) unangemessen.

29. Zudem werden die CCS-Projekte ausschließlich von großen Energieversorgungsunternehmen durchgeführt, die über hohes Eigenkapital verfügen und die auf öffentliche Mittel nicht angewiesen sein sollten. In diesem Zusammenhang ist auch an die Gewinnmitnahmen („windfall profits“) zu erinnern, die die deutschen Stromkonzerne durch die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten in den ersten beiden Phasen des Emissionshandels erwirtschafteten, und die in der laufenden Handelsperiode auf 7 Mrd. Euro jährlich bzw. insgesamt 35,5 Mrd. Euro geschätzt werden (MATTHES 2008).

Der SRU beurteilt insgesamt die geplante massive Subventionierung von Demonstrationskraftwerken aus verschiedenen Gründen kritisch. Eine öffentliche Beteiligung an Demonstrationsprojekten in einem gewissen Umfang ist zwar sinnvoll, um den Zugang des Staates zu Forschungsergebnissen zu sichern und eine unabhängige staatliche Bewertung der Ergeb-

nisse zu gewährleisten. Allerdings sollte der Staat nicht in wesentlichem Umfang die Marktabstärkung von CCS mitfinanzieren. Insgesamt ist in diesem Zusammenhang vor allem sorgfältig zu prüfen, wie sich die Subventionierung von CCS auf die Wettbewerbsfähigkeit anderer Klimaschutztechnologien auswirkt.

Das betrifft nicht nur die Konkurrenz um Fördermittel: Vielmehr hat die erhebliche Subventionierung und Privilegierung der CO₂-Ablagerung aus Kohlekraftwerken auch Auswirkungen auf den politisch gewollten weiteren Ausbau für erneuerbare Energien. Ein hoher Anteil an Grundlastenergien kann dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien im Wege stehen. Die systemische Vereinbarkeit des Ausbaus von erneuerbaren Energien mit einer großen Anzahl von Grundlastkraftwerken wird der SRU in einem Sondergutachten prüfen. E.ON und Électricité de France haben kürzlich in einer Stellungnahme an die Britische Regierung deutlich gemacht, dass sie hohe Anteile an erneuerbaren Energien für unvereinbar mit dem Neubau kapitalintensiver Grundlastkraftwerke halten. Der Frankfurter Rundschau vom 25. März 2009 (S. 14-15) zufolge sehen sie die noch verträgliche Obergrenze bei 25 bis 33 %. Es wäre daher energiepolitisch fahrlässig, solche Wechselwirkungen nicht sorgfältig zu untersuchen.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen: Gesellschaftlicher Diskurs statt überstürzter Entscheidung

30. Der SRU plädiert für ein Forschungsgesetz, das die Erprobung von CCS in einer begrenzten Anzahl von Demonstrationsprojekten ermöglicht. Damit würde vermieden, eine grundsätzliche Entscheidung über die Anwendung der Technologie zu treffen, bevor ihre Chancen und Risiken ausreichend untersucht sind. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es zu früh, die großmaßstäbliche Anwendung von CCS zu regeln. Aufgrund der großen bestehenden Unsicherheiten kann ein CCS-Gesetz heute, und voraussichtlich auch in den kommenden Jahren, der Anforderung nicht gerecht werden, einen angemessenen Ordnungsrahmen für die kommerzielle Nutzung zu schaffen.

Weitergehend wird vorgeschlagen, die Zahl der nach diesem Gesetz genehmigten CO₂-Lagerstätten auf wenige Einzelanlagen für die CO₂-Einlagerung in saline Aquifere mit geringer Speicherkapazität zu begrenzen. Dies würde es ermöglichen, für die verschiedenen diskutierten CO₂-Abscheidetechnologien einen Standort jeweils in der Nähe der möglichen Demonstrationsanlagen auszuweisen und zu nutzen. Die gesamte Prozesskette (Abscheidung, Transport und Speicherung von CO₂) sollte bei diesen Projekten forschungsseitig sehr eng begleitet werden, um möglichst viel über das Verhalten von CO₂ in salinen Aquiferen und die Möglichkeiten und Risiken der Lagerung von CO₂ zu lernen.

Insgesamt ist der Versuch, das CCS-Gesetz in wenigen Wochen vor der Sommerpause zu verabschieden, seiner gesellschaftlichen Relevanz nicht angemessen. Insbesondere werden die Augen vor zu erwartenden Konflikten im Hinblick auf Nutzungskonkurrenzen und Akzeptanzprobleme verschlossen. Die möglichen Speicherstätten in Deutschland befinden sich in erster Linie im Norden und Osten Deutschlands, wo es zahlreiche Erdgaslagerstätten und tiefe Aquifere gibt (RADGEN et al. 2005, S. 125). Gerade dort steht aber zu erwarten, dass die Akzeptanzprobleme (auch aufgrund der Erfahrung der Bevölkerung mit der Planung von atomaren Zwischen- und Endlagern) besonders groß sein werden.

Würde der CCS-Gesetzentwurf in der vorliegenden Form verabschiedet, wäre damit zu rechnen, dass bei der Entscheidung über Untersuchung und Nutzung unterirdischer Räume CCS gegenüber anderen, insbesondere zukünftigen Nutzungen wie beispielsweise der tiefen Geothermie, bevorzugt wird. Große Teile der nur begrenzt zur Verfügung stehenden unterirdischen Räume könnten dadurch für andere Nutzungen langfristig blockiert werden. Dies würde einer transparenten, strategischen Abwägung von gesellschaftlichen Interessen entgegenstehen und den Gestaltungsspielraum der Politik langfristig einschränken. Sollte die weitere Erforschung der CCS-Technologie zu dem Ergebnis kommen, dass eine Lagerung von Kohlendioxid ökologisch vertretbar ist, müssten die infrage kommenden Speicherstätten einer übergreifenden Bewirtschaftung zugeführt werden, die konkurrierenden Energieträgern gleiche Chancen einräumt. Dabei kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt dahinstehen, wie die

Bewirtschaftung genau ausgestaltet werden soll. Zu diskutieren ist zudem, ob und in welcher Form Nutzungsrechte für die begrenzten Speicherkapazitäten kostenpflichtig ausgestaltet werden können und sollen.

31. Die Entscheidung über die Nutzung unterirdischer Räume ist wegweisend für die Frage nach dem zukünftigen Energieversorgungssystem in Deutschland, weil verschiedene Nutzungen wie CO₂-Speicherung, Geothermie, Druckluft- und Gasspeicherung in Konkurrenz zueinander treten bzw. sich gegenseitig ausschließen können. Solche Entscheidungen können wesentliche strategische Weichenstellungen bedeuten und sollten daher in einem transparenten politischen und gesellschaftlichen Prozess und nach Durchführung einer die langfristigen ökologischen und ökonomischen Kosten einschließenden Folgenabschätzung getroffen werden. Die im Gesetzentwurf angelegte Bevorzugung heutiger Interessen aus dem Bereich der Nutzung fossiler Energieträger birgt zudem das Risiko, dass sowohl die in der langen Zeitperspektive notwendige Nutzung von Speicherstätten zur Erzielung negativer Gesamtemissionen als auch die Nutzung großer geothermischer Energiepotenziale und die Nutzung von Druckluftspeichern im Rahmen eines praktisch CO₂-freien Energiesystems verhindert werden. Um einen nachhaltigen Klimaschutz nicht zu erschweren oder langfristig sogar unmöglich zu machen, sollte deshalb CCS zunächst nur im Rahmen von Demonstrationsprojekten zugelassen werden.

Abkürzungsverzeichnis

BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BIGCC	Biomass gasification with gas turbine combustion in an integrated cycle
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgänge
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
CCS	Carbon Capture and Storage
CCS-Gesetzentwurf	Referentenentwurf eines Gesetzes zur Regelung von Abscheidung, Transport und dauerhafter Speicherung von Kohlendioxid vom 1. April 2009
CCS-Richtlinie	Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die geologische Speicherung von Kohlendioxid
CO ₂	Kohlendioxid
Cooretec-Programm	CO ₂ -Reduktionstechnologien-Programm
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
GG	Grundgesetz
Gt	Gigatonne(n)
IEA	International Energy Agency
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KSpG	Kohlendioxid-Speicherungsgesetz - Gesetz über den Transport und die dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MW	Megawatt
ROG	Raumordnungsgesetz
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz – Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen
UmweltHG	Umwelthaftungsgesetzes
USchadG	Umweltschadensgesetz – Gesetz über die Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

Literaturverzeichnis

- Arnone, J. A., Verburg, P. S. J., Johnson, D. W., Larsen, J. D., Jasoni, R. L., Lucchesi, A. J., Batts, C. M., Nagy, C. v., Coulombe, W. G., Schorran, D. E., Buck, P. E., Braswell, B. H., Coleman, J. S., Sherry, R. A., Wallace, L. L., Luo, Y., Schimel, D. S. (2008): Prolonged suppression of ecosystem carbon dioxide uptake after an anomalously warm year. *Nature* 455 (7211), S. 383–386.
- Audus, H., Freund, P. (2005): Climate change mitigation by biomass gasification combined with CO₂ capture and storage. In: Rubin, E. S., Keith, D. W., Gilboy, C. F. (Hrsg.): *Greenhouse gas control technologies: proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies: 5-9 September 2004*, Elsevier. S. 187–200.
- Baxter, P. J., Kapila, M., Mfonfu, D. (1989): Lake Nyos disaster, Cameroon, 1986: the medical effects of large scale emission of carbon dioxide? *British Medical Journal* 298 (4), S. 1437–1441.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie), BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2007): *Entwicklungsstand und Perspektiven von CCS-Technologien in Deutschland. Gemeinsamer Bericht des BMWi, BMU und BMBF für die Bundesregierung*. Berlin: BMWi.
- Bundesregierung (2008): *Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Für ein nachhaltiges Deutschland*. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.
- Calliess, C. (2001): *Rechtsstaat und Umweltstaat – Zugleich ein Beitrag zur Grundrechtsdogmatik im Rahmen mehrpoliger Verfassungsrechtsverhältnisse*. Tübingen: Mohr Siebeck. Jus publicum 71.
- Cremer, C., Esken, A., Fishedick, M., Gruber, E., Idrissova, F., Kuckshinrichs, W., Linßen, J., Pietzner, K., Radgen, P., Roser, A., Schnepf, N., Schumann, D., Supersberger, N., Zapp, P. (2008): *Sozioökonomische Begleitforschung zur gesellschaftlichen Akzeptanz von Carbon Capture and Storage (CCS) auf nationaler und internationaler Ebene*. Wuppertal u. a.: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH u. a.
- Deutscher Bundestag (2008): *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hans-Josef Fell, Bärbel Höhn, Sylvia Kotting-Uhl, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 16/8554 – Berlin: Deutscher Bundestag. Bundestagsdrucksache 16/9032*.
- Dietrich, L. (2007): *CO₂-Abscheidung und Ablagerung (CAA) im deutschen und europäischen Energieumweltrecht*. Baden-Baden: Nomos. Forum Energierecht 12.
- Dietrich, L., Schäperklaus, S. (2009): *Der Raum wird knapp: über die Steuerung von Nutzungskonflikten unter Tage*. *Erdöl Erdgas Kohle* 125 (1), S. 20–26.
- Edenhofer, O., Knopf, B., Kalkuhl, M. (2009): *CCS: CO₂-Sequestrierung: Ein wirksamer Beitrag zum Klimaschutz?* ifo Schnelldienst 3, S. 3–6.
- Europäische Kommission (2008a): *Accompanying document to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the geological storage of carbon dioxide: Impact Assessment*. COD(2008) 15. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2008b): *Supporting Early Demonstration of Sustainable Power Generation from Fossil Fuels*. COM(2008) 13 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Eyer, P. (2004): *Gasförmige Verbindungen*. In: Marquardt, H., Schäfer, S. (Hrsg.): *Lehrbuch der Toxikologie*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.

- Fischedick, M., Esken, A., Pastowski, A., Schüwer, D., Spersberger, N., Nitsch, J., Viebahn, P., Bandi, A., Zuberbühler, U., Edenhofer, O. (2007): RECCS – Strukturell-ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage (CCS). Berlin: BMU.
- Gilfillan, S. M. V., Lollar, B. S., Holland, G., Blagburn, D., Stevens, S., Schoell, M., Cassidy, M., Ding, Z., Zhou, Z., Lacrampe-Couloume, G., Ballentine, C. J. (2009): Solubility trapping in formation water as dominant CO₂ sink in natural gas fields. *Nature* 458 (7238), S. 614–618.
- Großmann, J. (2009): CCS: ein Muss für den Klimaschutz – eine Chance für Deutschland? Vortrag, CCS-Konferenz von IZ-Klima, 23. Januar 2009, Berlin.
- Guddas, I., Hohmuth, T., Schäfer, L. (2008): Crediting CO₂ Sequestration – An alternative Approach to Integrating CCS Into the EU ETS. *Carbon and Climate Law Review* 4, S. 387–393.
- Held, H., Edenhofer, O., Bauer, N. (2006): How to deal with risks of carbon sequestration within an international emission trading scheme Proceedings of the 8th international conference on greenhouse gas control technologies. www.pik-potsdam.de/members/edenh/publications-1/ghgt8_held_edenhofer_bauer_hr.pdf (9. April 2009).
- Hellriegel, M. (2008): CO₂-Abscheidung und -Ablagerung: Teil 2: Richtlinienvorschlag der Europäischen Kommission. *Recht der Energiewirtschaft* 10/11, S. 319–322.
- IEA (International Energy Agency) (2007): *World Energy Outlook 2007*. Paris: IEA.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Summary for Policy Makers. In: IPCC (Hrsg.): *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, S. 1–23.
- IPCC (2005): *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Prepared by the Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kavalov, B., Peteves, S. D. (2007): *The future of coal*. Luxembourg: Europäische Kommission, Generaldirektion Joint Research Centre, Institute for Energy.
- Keppler F., Hamilton, J. T. G., Braß, M., Röckmann, T. (2006): Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. *Nature* 439 (7073), S. 187–191.
- Kohls, M., Kahle, C. (2009): Klimafreundliche Kohlekraft dank CCS? *Zeitschrift für Umweltrecht* 20 (3), S. 122–129.
- Matthes, F. C. (2008): *Die Gewinnmitnahmen deutscher Stromerzeuger in der zweiten Phase des EU-Emissionshandelssystems (2008-2012). Eine Kurzanalyse für die Umweltstiftung WWF Deutschland*. Berlin, Freiburg, Darmstadt: Öko-Institut e. V.
- Matthes, F. C., Repenning, J., Hermann, A., Barth, R., Schulze, F., Dross, M., Kallenbach-Herbert, B., Minhans, A., Spindler, A. (2007): *CO₂-Abscheidung und -Ablagerung bei Kraftwerken. Rechtliche Bewertung, Regulierung, Akzeptanz* Berlin, Darmstadt: Öko-Institut e. V.
- May, F., Müller, C., Bernstone, C. (2005): How much CO₂ can be stored in deep saline aquifers in Germany? *VGB powertech* 85 (6), S. 32–37.
- McKinsey & Company (2008): *Carbon capture and storage: assessing the economics*. www.mckinsey.com/clientervice/ccsi/pdf/CCS_Assessing_the_Economics.pdf (9. April 2009).
- McKinsey & Company (2007): *Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland*. Berlin.

- MIT (Massachusetts Institute of Technology) (2007): The future of coal options for a carbon-constrained world. Boston, Mass. http://web.mit.edu/coal/The_Future_of_Coal.pdf (15. April 2009).
- Much, S. (2007): Rechtsfragen der Ablagerung von CO₂ in unterirdischen geologischen Formationen. Zeitschrift für Umweltrecht 18 (3), S. 130–135.
- Philibert, C., Ellis, J., Podkanski, J. (2007): Carbon capture and storage in the CDM. Paris: OECD, IEA.
- Radgen, P., Cremer, C., Warkentin, S., Gerling, P., May, F., Knopf, S. (2005): Bewertung von Verfahren zur CO₂-Abscheidung und -Deponierung. Abschlussbericht an das Umweltbundesamt. F+E Vorhaben Nr. 203 41 110. Karlsruhe, Hannover: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- Rode, H. (2009): CCS Roadmap bis 2020 und die Pilotanlagenflotte im E.ON Konzern. In: BayernInnovativ (Hrsg.): CO₂-Emissionen – Abscheidung und Speicherung bei Kohlekraftwerken. Vortrag, Kooperationsforum, 2. April 2009, München.
- Sachs, M. (Hrsg.) (2003): Grundgesetz Kommentar. 3. Auflage. München: Beck.
- Schink, A. (1997): Umweltschutz als Staatsziel. Die Öffentliche Verwaltung 50 (6), S. 221–229.
- Schulze, F., Hermann, A., Barth, R. (2008): Rechtliche Rahmenbedingungen für die Ablagerung von CO₂ in tiefen geologischen Schichten: Vorschläge zur Ausgestaltung des Rechtsrahmens. Deutsches Verwaltungsblatt 123 (22), S. 1417–1427.
- Shackley, S., Waterman, H., Godfroij, P., Reiner, D., Anderson, J., Draxlbauer, K., Coninck, H. de, Groenenberg, H., Flach, T., Sigurthorsson, G. (2007): Stakeholder Perceptions of CO₂ Capture and Storage in Europe: Results from the EU-funded ACCSEPT Survey Deliverable D3.1 from ACCSEPT – Main Report. Høvik u. a.: Det Norske Veritas u. a.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2008): Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin: Erich Schmidt.
- UBA (Umweltbundesamt) (2006): Technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung. Positionspapier des Umweltbundesamtes zu möglichen Auswirkungen, Potenzialen und Anforderungen. Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung. Positionspapier des Umweltbundesamtes zu möglichen Auswirkungen, Potenzialen und Anforderungen. Berlin: Umweltbundesamt. UBA-Texte 04/06.
- Viebahn, P., Luhmann, H.-J. (2009): Der europäische Rechtsrahmen für CCS: Was ist entschieden, was bleibt zu tun? Energiewirtschaftliche Tagesfragen 59 (1/2), S. 40–43.

Mitglieder

Sachverständigenrat für Umweltfragen
Stand: 2009

Prof. Dr. Martin Faulstich (Vorsitzender)

Professor für Rohstoff- und Energietechnologie
an der Technischen Universität München und
Direktor des Wissenschaftszentrums Straubing

Prof. Dr. Heidi Foth (stellvertretende Vorsitzende)

Professorin für Umwelttoxikologie und
Direktorin des Instituts für Umwelttoxikologie
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Prof. Dr. Christian Calliess

Professor für öffentliches Recht und Europarecht
am Fachbereich Rechtswissenschaft
der Freien Universität Berlin

Prof. Dr. Olav Hohmeyer

Professor für Energie- und Ressourcenwirtschaft
an der Universität Flensburg

Prof. Dr. Karin Holm-Müller

Professorin für Ressourcen- und Umweltökonomik
an der landwirtschaftlichen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Prof. Dr. Manfred Niekisch

Professor für Internationalen Naturschutz
an der Universität Greifswald und
Direktor des Frankfurter Zoos

Prof. Dr. Miranda Schreurs

Professorin für Vergleichende Politikwissenschaft und
Leiterin der Forschungsstelle für Umweltpolitik
an der Freien Universität Berlin

Sachverständigenrat für Umweltfragen

Geschäftsstelle
Reichpietschufer 60, 7. OG.
10785 Berlin

Telefon: (030) 26 36 96-0
Fax: (030) 26 36 96-109
E-Mail: sru-info@uba.de
Internet: www.umweltrat.de