

Geothermische Energieerzeugung und CO₂-Lagerung - mögliche Nutzungskonkurrenz

Thomas Charissé, Christiane Lohse

Umweltbundesamt

Keywords: Geothermie, CCS, Nutzungskonkurrenzen, Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Die Begrenzung des Klimawandels ist eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. So fordert beispielsweise das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dass die globale Durchschnittstemperatur um nicht mehr als 2 °Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau steigen darf. Dafür müssen die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 weltweit auf die Hälfte der Emissionen des Jahres 1990 sinken. Die Europäische Union (EU) hat sich in ihrem Klima- und Energiepaket bestehend aus mehreren Richtlinien, ein Treibhausgasminderungsziel von 30% bis 2020 und 50-80% bis 2050 gesetzt.

Die Hauptquelle der anthropogenen CO₂-Emissionen ist die Energieerzeugung, die sowohl global als auch in Deutschland bislang von der Verbrennung fossiler Energieträger dominiert wird. Aktuell diskutieren Wissenschaft und Politik über den möglichen Beitrag der CCS-Technologie (Carbon capture and storage) zum Klimaschutz und ihrer Eignung als Übergangstechnologie hin zu einer Vollversorgung mit erneuerbaren Energien in Deutschland.

Die CO₂-Lagerung kann eine Nutzung des Untergrunds für andere Technologien wie etwa Druckluft- und Gasspeicher sowie geothermische Strom- und Wärmeerzeugung über lange Zeiträume ausschließen. Besonders bei der geothermischen Energieerzeugung kann es wegen des Nutzungsinteresses an denselben geologischen Strukturen zu Konkurrenzsituationen kommen. Deshalb ist eine Diskussion über mögliche Nutzungskonflikte mit diesen Technologien zwingend im Vorfeld der CCS-Technologieeinführung erforderlich.

Das vorliegende Papier diskutiert Fragen hinsichtlich der Nutzungskonkurrenz zwischen CCS, der geothermischen Energieerzeugung sowie anderen Technologien im Untergrund und analysiert, welche Anforderungen an eine nachhaltige Nutzung des Untergrunds aus geowissenschaftlicher und planerischer Sicht zu stellen sind. Es enthält darüber hinaus Hinweise auf notwendige Untersuchungen bzw. Sachverhaltsklärungen sowie Hinweise zu der Anwendung des nationalen Planungsrechts auf eine unterirdische Raumordnung.

1. Einleitung

Die Begrenzung des Klimawandels ist eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. So fordert das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dass die globale Durchschnittstemperatur um nicht mehr als 2 °Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau steigen darf. Dafür müssen die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 weltweit auf die Hälfte der Emissionen des Jahres 1990 sinken. Die Europäische Union (EU) hat sich in ihrem Klima- und Energiepaket bestehend aus mehreren Richtlinien, ein Treibhausgasminderungsziel von 30% bis 2020 und 50-80% bis 2050 gesetzt.

Die Hauptquelle der CO₂-Emissionen ist die Energieerzeugung, die sowohl global als auch in Deutschland bislang von der Verbrennung fossiler Rohstoffe dominiert wird. Es steht außer Frage, dass eine erfolgreiche Klimaschutzpolitik nur mit der weitgehenden Verminderung dieser Treibhausgasemissionen möglich ist. Das Umweltbundesamt (UBA) fordert in seinem im Oktober 2009 veröffentlichten Klimaschutzkonzept mehr Engagement beim Klimaschutz. Zwar hat

Deutschland seit 1990 schon viel erreicht, doch das vor zwei Jahren von der Bundesregierung beschlossene integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP) reicht nicht aus, um die Selbstverpflichtung Deutschlands, die Emissionen in den nächsten elf Jahren wie angestrebt um 40 Prozent zu senken, zu erfüllen. Nach Berechnungen des UBA fehlen noch fünf, eher zehn Prozent zum Erreichen der 40-Prozent-Marke. Also sind weitergehende Klimaschutzmaßnahmen notwendig. Das gilt insbesondere auch für die langfristigen Emissionsminderungen. Bis 2050 muss Deutschland seine Emissionen um mindestens 80-95% gesenkt haben. Priorität sollte auf der nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems liegen. Wichtige Bestandteile sind dabei eine effiziente Nutzung von Energie, eine effiziente Energieumwandlung und -bereitstellung, der Ausbau umweltverträglicher und effizienter erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich sowie die Entwicklung von Energiespeichermöglichkeiten.

Eine mögliche Maßnahme CO₂ aus der Atmosphäre fern zu halten sehen die Befürworter der CCS-Technologie in der großtechnischen Abscheidung von CO₂ bei Kraftwerken oder anderen großen Punktquellen und der anschließenden Lagerung [a] in unterirdischen geologischen Formationen. Derzeit diskutieren Wissenschaft, Politik und Gesellschaft über die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit von CCS. Das UBA beleuchtet besonders die Rahmenbedingungen des Umwelt- und Klimaschutzes für die CCS-Technologie und diskutiert die sensitive Abhängigkeit des Ausbaus der erneuerbaren Energien gegenüber der Einführung von CO₂-Abscheidung und -Speicherung. Zentrale Aussage des UBA ist, dass CCS auf Basis fossiler Energieträger nicht nachhaltig ist. Ob CCS demnach eine geeignete Klimaschutzmaßnahme darstellt, ist aus mehreren Gründen fraglich. CCS vermindert nicht die Produktion des CO₂, sondern erzeugt tatsächlich - wegen des Energieaufwands für die Abscheidung, den Transport und die Einlagerung - sogar deutlich mehr CO₂ je produzierter nutzbarer Einheit, zum Beispiel pro Kilowattstunde Strom. Der zusätzliche Brennstoffaufwand verbraucht die begrenzten fossilen Ressourcen schneller. Daher käme CCS nur für einen Übergangszeitraum – zum Beispiel für Staaten mit großen Kohlevorkommen oder Staaten, deren Energiebedarf stark steigt – in Betracht.

In Deutschland soll abgeschiedenes CO₂ vorzugsweise in ehemaligen Erdöl- und Erdgaslagerstätten sowie in salinen Aquifere in Tiefenbereichen von 800 bis 3000 m abgelagert werden [b]. Das Speichervolumen dieser Formationen beträgt nach Angaben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ca. 22 +/- 8 Gt und könnte das emittierte CO₂ aus allen derzeit laufenden deutschen Kohle- und Gaskraftwerken für 30 bis 60 Jahre, also für etwa eine Kraftwerksgeneration, fassen. Dieses Volumen ist jedoch ein theoretisches Potential. Das wirtschaftlich und technisch nutzbare Potential wird voraussichtlich wesentlich kleiner sein. Die mit der CO₂-Einlagerung einhergehende Flächeninanspruchnahme [c] wird nach vorläufigen konservativen Schätzungen ca. 0,5 km² Fläche pro 1 Mt CO₂ unter Tage in Anspruch nehmen. Bei einer kompletten Lagerung der derzeitigen jährlichen CO₂-Emissionen des deutschen Kraftwerksparks von mehr als 300 Mt würde für eine Kraftwerksgeneration (40 Jahre) eine Gesamtfläche von ca. 6000 km² verbraucht werden.

Bei dem seit langem verfolgten Umweltziel „Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf 30 ha pro Tag bis zum Jahr 2020“ richten sich die umweltpolitischen Ziele und Maßnahmen bislang auf die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr. Angesichts des enormen Flächenbedarfs im Untergrund durch die geplante CO₂-Einlagerung muss sich in Zukunft das Flächenressourcenmanagement auch auf die Inanspruchnahme des Untergrunds richten. Der Untergrund soll künftig nicht nur für die CO₂-Lagerung, sondern auch für die geothermische Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. . Diese Konflikte um den geologischen Untergrund betreffen nicht nur die tiefe Geothermie, sondern ebenfalls die Druckluftspeicherung, die Erdgasspeicherung sowie oberflächennahe Nutzungen des Untergrundes (Trinkwasserbrunnen, Thermalwasserbrunnen, oberflächennahe Geothermie).

Im Folgenden diskutieren wir verschiedene mögliche Konfliktsituationen in Anlehnung an den nationalen CCS-Gesetzentwurf, an die technischen und geologischen Rahmenbedingungen und vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems.

2. Aktuelle Situation

Deutschland ist verpflichtet für die Entwicklung und Anwendung der Technologien zur Abscheidung, zum Transport und zur dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid einen Rechtsrahmen zu schaffen, der CCS rechtssicher und umweltverträglich ermöglicht. Hintergrund hierfür ist die am 5. Juni 2009 im EU-Amtsblatt veröffentlichte CCS-Richtlinie, welche die Grundzüge eines Rechtsrahmens für CCS darstellt und bis zum 25. Juni 2011 von allen Mitgliedsstaaten umzusetzen ist. Zur Schaffung des geforderten nationalen Ordnungsrahmens hatte die Bundesregierung bereits im April 2009 in der 16. Legislaturperiode einen Gesetzentwurf (CCS-Gesetzentwurf) vorgelegt. Der nationale Gesetzentwurf scheiterte jedoch am Widerstand verschiedener Bundesländer, der durch das unkonventionelle Vorgehen der Energieversorger geschürt wurde.

Beispielsweise hatte der Energieversorger RWE Dea in den schleswig-holsteinischen Regionen Südtondern, Mittleres Nordfriesland und Schafflund bereits während der Entwicklungsphase des CCS-Gesetzes eine Explorationsgenehmigung erworben. Wegen des bisher fehlenden Rechts- und Genehmigungsrahmens für eine CO₂-Lagerung erteilte die zuständige Bergbehörde die Explorationsgenehmigung nach Bergrecht. Entsprechend § 7 Bundesberggesetz wurde die Genehmigung für die Erkundung auf Sole und nicht für die Einlagerung von abgedichtetem CO₂ erteilt.

Dieses Vorgehen der großen Energieversorger unterstreicht die Notwendigkeit und Dringlichkeit einer unterirdischen Raumordnung. Der Untergrund Schleswig Holsteins gehört zu der geologischen Struktur Norddeutsches Becken (NDB), welches ganz Norddeutschland umfasst. Eine Studie des Büros für Technikfolgenabschätzung beziffert das technisch nutzbare Angebotspotenzial für die tiefe Geothermie im NDB auf insgesamt 20.200 TWh Strom und 62.800 TWh Wärme. Diese Angaben unterstreichen den Wert des NDB als Schlüsselregion für den weiteren Ausbau der Geothermie. Die Akteure im Bereich der Geothermie müssen noch die Standorte für eine ökonomisch und ökologisch optimierte Nutzung des geothermischen Potenzials im NDB im Detail erkunden. In weiten Teilen dieser Region kann der geforderte Ausbau der Geothermie durch die CO₂-Lagerung behindert werden und wird aus rechtlichen und sicherheitstechnischen Gründen nicht gleichzeitig möglich sein.

3. Nutzungskonkurrenzen

Schon seit längerem diskutieren Kreise der Wissenschaft, der Politik und der Öffentlichkeit die Gefahr, dass die CO₂-Lagerung die – im Sinne der angestrebten nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems wünschenswerte – Nutzung geothermischer Energie und anderer Speichertechnologien, wie beispielsweise die Druckluftspeicherung, behindern kann. Bisher fehlt jedoch die politische Ambition, Änderungen und Erweiterungen der existierenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und des CCS-Gesetzentwurfs vorzunehmen, um mögliche Nutzungskonflikte zu vermeiden. Für die Darstellung der Nutzungskonflikte müssen die physisch (räumlich) und rechtlich wirksamen Grenzen der jeweiligen Anwendung untersucht werden. Wird CO₂ in den Untergrund verbracht, muss eine Prognose über die räumliche Ausdehnung des CO₂ im Aquifer und die ständige Überprüfung der tatsächlichen Ausdehnung Bedingung für die Genehmigung sein. Neben der Menge an injiziertem CO₂ sind die geologischen Gegebenheiten der Lokation bestimmend für die Ausdehnung eines CO₂-Lagers. Relevant sind ebenso die Stratigraphie, die Strukturgeologie, die Mineralogie, die hydraulischen/mechanischen Gesteinseigenschaften sowie ihre Veränderung in allen Raumrichtungen. Aus unserer Sicht müssen zukünftig Behörden und/oder unabhängige Gutachter anhand der geologischen Eigenschaften der Speicherstätte und der Art einer benachbarten Aktivität im Untergrund einen Sicherheitsabstand der Aktivitäten zu einander bemessen.

Die rechtlich wirksamen Grenzen eines CO₂-Lagers werden der Größe des Genehmigungsfeldes entsprechen. Die Größe eines Genehmigungsfeldes wird der geologischen Struktur des geplanten

CO₂-Lagers inklusive der nötigen Barrierehorizonte und dem Sicherheitsabstand zu anderen Anwendungen im Untergrund entsprechen. Sie kann weiterhin durch die Art und Technik der Befüllung des Lagers mit CO₂ beeinflusst werden. Eine CO₂-Injektion in einer Mulde zwischen zwei Sattelstrukturen hat verschiedene technische Vorteile für die Injektion von CO₂, aber das notwendige Genehmigungsfeld muss zwei Lagerstrukturen inklusive dem Zwischenraum umfassen. In diesen Fällen wird das Genehmigungsfeld sehr groß sein und voraussichtlich mehrere hundert Quadratkilometer betragen. Aus diesen Überlegungen wurden am UBA verschiedene mögliche Konfliktsituationen hergeleitet, die im Folgenden dargestellt sind.

3.1 Zeitlich aufeinander folgende Nutzungsansprüche

Die Beschreibung und Darstellung möglicher Nutzungskonflikte muss den zeitlichen Umfang der CO₂-Lagerung berücksichtigen, denn eine mit CO₂ gefüllte Lagerstätte kann nach derzeitigem Kenntnisstand in absehbarer Zeit nicht ein zweites Mal genutzt werden. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) stellt hierzu zu Recht die Frage, wie die begrenzte Ressource „Untergrund“ langfristig so genutzt werden kann, dass eine volkswirtschaftlich optimale Allokation gewährleistet ist. Bisher sah der CCS-Gesetzentwurf lediglich vor, dass die begrenzte Ressource „Untergrund“ bzw. „Speicherkapazität“ der Nutzung zugeschlagen wird, für die zuerst ein Antrag gestellt wird. Der Antragsteller muss bei diesem Vorgehen den (gesellschaftlichen) Wert dieses endgültigen Ressourcenverbrauchs nicht kompensieren. Dies führt zu zwei Arten von Allokationsverzerrungen. Erstens erfolgt die Verteilung der Ressource „Untergrund“ nicht effizient, denn zukünftige Nutzungsinteressen, wie etwa die noch in Entwicklung befindliche petrothermale Geothermie, werden nicht angemessen berücksichtigt. Zweitens trägt die Ablagerung von CO₂ nicht alle von ihr verursachten Kosten (zusätzliche CO₂ Produktion durch Gewinnung und Transport sowie externe Kosten) und ist damit gegenüber Alternativen privilegiert.

Für die Erfüllung der langfristigen Klimaschutzziele sind nicht nur drastische Emissionsminderungen bei der Energieumwandlung erforderlich. Die begrenzten, potenziell vorhandenen CO₂-Lagerformationen sollten daher vorrangig für die Senkung der prozessbedingten Emissionen, zum Beispiel aus der Stahl-, Zement- und Kalkherstellung zur Verfügung stehen. Für die Umsetzung von CCS in der Industrie wäre aufgrund der vielen Punktquellen ein stark differenziertes und kostenintensives CO₂-Transportsystem (Leitungsnetz, evtl. Abschnittsweise LKW, Bahn oder Schiff) notwendig. Dieses würde ebenfalls mit einer hohen Flächeninanspruchnahme und einem zusätzlichen Energieverbrauch einhergehen. Vor dem Hintergrund der langfristigen Klimaschutzziele und des angestrebten Umbaus des Energiesystems hält das UBA ebenfalls für sinnvoll, die Notwendigkeit der Einlagerung der Emissionen aus der Energieerzeugung mit der Einlagerung prozessbedingter Emissionen gegenüberzustellen und dementsprechend Prioritäten zu setzen.

Hinsichtlich der Bewertung der Lagersicherheit wird bei den Behörden ein Lernprozess einsetzen müssen. Die Behörden werden voraussichtlich vorerst nur eine geringe Menge an zu lagerndem CO₂ genehmigen und diese Menge erhöhen, sofern der fortschreitendem Kenntnisgewinn die Machbarkeit nachweist. Bei diesem Vorgehen stellt die Reservierung unbenutzter Räume im Untergrund für eventuelle Speichererweiterungen ein Problem dar. Sollte gleich zu Beginn der Einlagerung ein sehr großes Areal genehmigt werden, hätte dies nach der aktuellen Rechtslage zur Folge, dass große Genehmigungsfelder, obwohl sie noch nicht vollständig genutzt werden, über lange Zeiträume für Dritte nicht zugänglich wären.

Im Sinne des Vorsorgeprinzips fordert das Umweltbundesamt ein vorausschauendes Verhalten bei den zukünftigen Speichergenehmigungen. Solange noch keine belastbaren Informationen über die tatsächlichen Kapazitäten der CO₂-Speicher sowie die tatsächlichen nutzbaren geothermischen Potenziale bestehen, sollte das nur einmal verfügbare Raum-Potenzial des Untergrunds detailliert untersucht werden und einer volkswirtschaftlich sowie ökologisch optimalen und nachhaltigen Verwendung zugeführt werden.

3.2 Konkurrierende Nutzungsansprüche

Direkt konkurrierende Nutzungsansprüche entstehen, wenn zwei Genehmigungsanträge für ein und dieselbe geologische Formation im gleichen Gebiet vorliegen. Der deutsche CCS-Gesetzesentwurf weist darauf hin, im Genehmigungsfall einen Abwägungsprozess hinsichtlich öffentlicher und volkswirtschaftlicher Interessen vorzunehmen. Der Gesetzgeber erklärt in der Gesetzesbegründung zu § 7 des Gesetzesentwurfs, dass solchen Bodenschätzen, deren Nutzung ebenfalls dem Klimaschutz dient (z. B. Geothermie), besondere Bedeutung zukommt. Weiter heißt es, dass ein volkswirtschaftliches Interesse zu bejahen ist, wenn der Bodenschatz einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgungssicherheit leistet. Dieser zusätzliche Passus könnte zur Folge haben, dass die Leistungsfähigkeit der Geothermie gegenüber anderen Energieerzeugungstechniken abgewogen wird. Eine Nutzung des Untergrunds als Energiespeicher (Wärme-, Kälte oder Druckluftspeicher) wird durch den Begriff „Bodenschatz“ und dessen Definition nach BBergG bisher nicht berücksichtigt, weshalb der Wert der „Porenräume“ in der Abwägung im Regelfall unerkannt bleibt. Darüber hinaus enthält der Gesetzesentwurf keine konkreten Regelungen für denkbare Nutzungskonflikte.

4. Nutzungskonkurrenzen zu Anwendungen in der Tiefe und mögliche Stockwerksnutzung

Die detaillierte Beschreibung möglicher Nutzungskonflikte bei einer Stockwerksnutzung verschiedener Anwendungen im Untergrund ist aufgrund des geringen Kenntnisstands im Bereich der CO₂-Lagerung nur schwer zu verallgemeinern. Vielmehr müssen bei der Durchführung jedes Projekts Genehmigungsbehörden, Projektplaner und Projektierer Erfahrungen sammeln, ob die regionale geologische Situation eine Stockwerksnutzung verschiedener Techniken ohne gegenseitige Beeinflussung zulässt.

4.1 Nutzungskonkurrenzen zur tiefen Geothermie

Eine gleichzeitige Nutzung der geothermischen Energieerzeugung und CCS in verschiedenen untereinander liegenden geologischen Formationen (CCS: Bereiche um 800 – 3000 m / Geothermie: Bereiche um 2500 – 6000 m) muss unter Beachtung der notwendigen Sicherheitsanforderungen für Barriereformationen über CO₂-Lagergesteinen ausgeschlossen werden. Auch ein nachträgliches Durchteufen der CO₂-Lager ist aus verschiedenen Gründen nicht ratsam. Ein Durchbohren wird, aufgrund der hervorgerufenen Vibrationen und der Zugfestigkeitsänderungen der Barriereformation durch kleinräumige Veränderung des in-situ Porendrucks, allein aus Haftungsgründen nicht möglich sein. Für die Erschließung eines geothermischen Reservoirs besteht weiterhin die Möglichkeit ein CO₂-Lager zu umbohren. Jedoch stellt der Aufwand für die Umbohrung die technische und ökonomische Machbarkeit geothermischer Projekte in Frage.

Weitere Probleme bei einer Stockwerksnutzung können durch den Einsatz der EGS-Technologie (EGS = engl.: Enhanced Geothermal Systems) auftreten. Das bei EGS verwendete Verfahren des Hydrofracturing erzeugt Risse mit einer radialen Ausdehnung von bis zu 1000 m, welche die hydraulischen Eigenschaften benachbarter CO₂-Lagerhorizonte sowie *cap-rock* Formationen (Porendruck, Gebirgsspannung, Klüftigkeit) beeinträchtigen können. Das Ausbreitungsverhalten von Brüchen ist zwar theoretisch kalkulierbar, aber in vielen Projekten wich das tatsächliche Ausbreitungsverhalten der Risse teilweise stark von den Berechnungen ab. Diese Unwägbarkeiten beeinflussen nicht die Durchführbarkeit eines Geothermieprojekts. Die Sicherheit eines benachbarten CO₂-Lagers kann aber gefährdet werden, wenn der notwendige Sicherheitsabstand zu einem CO₂-Lager falsch eingeschätzt wird.

4.2 Nutzungskonkurrenzen zu Druckluftspeichern

Eine weitere Nutzungskonkurrenz kann sich zwischen CCS und möglichen Druckluftspeichern ergeben. Derzeit wird Druckluft in Deutschland lediglich in einer Anlage südlich von Bremerhaven gespeichert. Die Anlage besteht aus zwei Kavernen in einem Salzstock in einer Tiefe zwischen 650 m und ca. 800 m und hat die Aufgabe, Grundlaststrom des nahe gelegenen Kernkraftwerks Unterweser in Schwachlastzeiten in Form von Druckluft aufzunehmen und in Spitzenlastzeiten in elektrischen Strom zurückzuwandeln und ins Netz einzuspeisen. Der in den letzten Jahren verstärkte und zukünftig weiter voranschreitende Ausbau der Windenergie in Norddeutschland steigert den Bedarf, Leistungsschwankungen ausgleichen zu können. Diese Tatsache macht die Weiterentwicklung und den weiteren Ausbau der Druckluftspeicherung notwendig. Die Weiterentwicklung dieser Technik hin zu adiabaten Druckluftspeicherkraftwerken [d] bietet für die Verstetigung und Planbarkeit des Stromangebots aus Windenergie großes Potenzial. Druckluftspeicherkraftwerke und CCS haben zwar derzeit nicht die gleiche geologische Zielformation. Es können sich aber im Fall einer Stockwerksnutzung (CCS-Zielformation unter Salzformation) sowie einer benachbarten Nutzung, unter Berücksichtigung der notwendigen Sicherheitsabstände bzw. der Größe eines Genehmigungsfeldes, zumindest rechtliche Nutzungskonflikte entwickeln.

4.3 Nutzungskonkurrenzen zu Erdgasspeichern

Um saisonale Schwankungen der Erdgasnachfrage auszugleichen und langfristig Versorgungssicherheit zu garantieren, steigt - unabhängig vom konkreten nationalen Verbrauch - der Bedarf an Erdgasspeichern. Saline Aquifere eignen sich zur Speicherung von Erdgas, sodass es regional – zum Beispiel im Einzugsbereich von Pipelines, siehe zukünftiger Ostseepipeline – zu direkten konkurrierenden Nutzungsansprüchen kommen kann. Derzeit sind in Deutschland 23 Porenspeicher und 169 Kavernenspeicher in Betrieb. Bevorzugt wurden und werden diese Speicher im Norddeutschen Becken realisiert, welches ebenfalls Hauptzielgebiet für die CO₂-Lagerung ist. Nach aktuellem Kenntnisstand ist eine mögliche Stockwerksnutzung von CCS und Erdgasspeicherung schwer einzuschätzen. Die saisonal auftretenden Druckänderungen in den Erdgasspeichern und ihr Einfluss auf die umliegenden geologischen Formationen müssen noch eingehend erforscht werden, um eine sichere Stockwerksnutzung zu gewährleisten.

5. Nutzungskonkurrenzen zu oberflächennahen Anwendungen

Vereinzelt scheinen auch oberflächennahe Anwendungen im Untergrund durch die CO₂-Lagerung gefährdet zu sein. Das UBA sieht hinsichtlich der Trinkwassergewinnung und der oberflächennahen Geothermie eine Versauerung oder Versalzung oberflächennaher Grundwassersysteme durch eine mögliche Leckage von CO₂ aus dem Lagerhorizont und eine Verdrängung hochsaliner Wässer aus der CO₂ Lagerformation als Besorgnis erregend an. Unter ungünstigen

Bedingungen können die salzigen Grundwässer bis an die Erdoberfläche gelangen und dort zu Schäden (Versalzungen) von Böden und Oberflächengewässern führen. Eine Auswirkung auf die Salz/Süßwassergrenze (im NDB der Rupelton) sollte im Genehmigungsfall eines CO₂-Lagers ausgeschlossen werden. Bohrungen zur Trinkwassererschließung oder im Bereich der oberflächennahen Geothermie erreichen Tiefen von 150m und gelangen somit in diesen Einflussbereich. Die Bohrungen können überdies oberflächennahe Barriereformationen in ihrer Integrität beeinflussen und so zusätzliche Wegsamkeiten für saline Wässer und CO₂ erzeugen. In diesen Fällen muss die Frage geklärt sein, ob diese oberflächennahen Barrierehorizonte rechtlich zum Lagerkomplex gehören und im Fall einer Schädigung Haftungsansprüche geltend gemacht werden. Bislang sind diese Befürchtungen unbegründet, denn im CCS Gesetzentwurf ist der Begriff Speicherkomplex wie folgt definiert:

§ 3 Begriffsbestimmungen (10)

„Speicherkomplex: Kohlendioxidspeicher sowie die umliegenden Gesteinsschichten oder Teile davon, soweit diese als natürliche zweite Ausbreitungsbarriere die allgemeine Integrität und die Sicherheit des Kohlendioxidspeichers beeinflussen; ...“

Aus der Begründung zum Gesetzentwurf können wir hierzu entnehmen, dass der Lagerkomplex nur solche tiefen unterirdischen Bereiche umfasst, in denen eine Migration des CO₂ ohne Besorgnis von Leckagen oder erheblichen Unregelmäßigkeiten möglich ist. Wenn eine notwendige Barriereformation diesen oberflächennahen Untergrund beansprucht, ist der Lagerkomplex als solcher zu hinterfragen. Überdies wäre der Lagerkomplex voraussichtlich nicht genehmigungsfähig.

6. Möglichkeit einer unterirdischen Raumordnung nach dem Raumordnungsgesetz (ROG)

Nach deutschem Recht ordnet die Raumplanung nach dem Raumordnungsgesetz konkurrierende Nutzungsansprüche an den Raum. Das ROG betrachtet den Raum unter einem überfachlichen Blickwinkel, das heißt: Es ist nicht auf Verfolgung und optimale Verwirklichung spezifischer Aspekte hin ausgerichtet, sondern fachübergreifend. Zudem agiert die Raumplanung – im Gegensatz zu Fachplanungen – überörtlich, das heißt: Sie erfolgt nicht durch Gemeinden in ihrem Gemeindegebiet, sondern in größeren Räumen, auf Landesebene oder zumindest auf der Regionalebene.

Für die Frage, ob die Raumordnungsplanung auch im Erdreich zur Anwendung gelangt, ob also das ROG auch eine Planung in der Tiefe zulässt, ist entscheidend, ob es sich bei Vorhaben in der Tiefe um „raumbedeutsame Maßnahmen“ handelt.

Das ROG sagt zumindest nicht ausdrücklich etwas darüber, ob es auch in die Tiefe wirkt. Es sprechen jedoch gewichtige Gründe dafür, dies anzunehmen:

(1) Das ROG möchte auch die Nutzung standortgebundener Rohstoffe planen. Dies folgt aus § 2 Abs. 2 Nr. 4 ROG, § 8 Abs. 5 Nr. 2 lit. b) ROG. Dabei beschränkt sich das ROG nicht nur auf oberflächennahe Rohstoffe wie Sand oder Kies und differenziert auch nicht zwischen oberflächennahen und in der Tiefe gelegenen Rohstoffen. Bereits daraus könnte man den Schluss ziehen, dass das ROG auch Rohstoffe in der Tiefe beplanen will.

(2) Dieses Ergebnis, dass das ROG auch den Raum in der Tiefe beplanen will, lässt sich auch im Wege einer langen Verweiskette belegen: Raumordnungsverfahren des § 15 ROG sind - nach dem Verweis der planfeststellungsbedürftigen Vorhaben nach dem BBodMG in die UVP-V Bergbau - auch für bestimmte Tiefbohrungen möglich. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass auch Vorhaben, die in die Tiefe gehen, einem Raumordnungsverfahren zugänglich sind – und damit auch Raumbedeutung besitzen.

(3) Die Änderungen des ROG im Dezember 2008 als Auswirkung des IEKP der Bundesregierung vom August 2007 kann ebenfalls Aufschluss auf die Anwendbarkeit des ROG auf den unterirdischen Raum geben. Es wurden Regelungen angestrebt, die den Trägern der Raumordnung, den Ländern und Regionen, die Kompetenz einräumen, in Raumordnungsplänen verbindliche Festlegungen für raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen von nationaler Bedeutung im Bereich des Klimaschutzes zu treffen. Damit soll unter anderem gewährleistet werden, bundesweit bedeutsame Standorte für die Einlagerung von CO₂ zu sichern. Es wird jedoch ebenfalls, vor dem Hintergrund räumlicher Erfordernisse für den Klimaschutz, ausdrücklich der Ausbau der erneuerbaren Energien in die Raumplanung eingebunden. Dieser Sachverhalt bietet Ländern und Regionen die Möglichkeit, Vorranggebiete für erneuerbare Energien in die Landes- und Regionalplanung zu integrieren.

Aus den genannten Gründen ergibt sich, dass das Raumordnungsgesetz auch auf den unterirdischen Raum Anwendung finden kann. In der Raumplanung können dementsprechend Vorranggebiete für die Geothermie ähnlich den Vorranggebieten für Windenergie ausgewiesen werden. Zukünftig sollten ebenfalls die Möglichkeiten der Energiespeicherung im Untergrund

Gegenstand der unterirdischen Raumplanung sein, um den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes zu entsprechen.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Es ist absehbar, dass bergbauliche Vorhaben zur Energieversorgung und zur Ablagerung von CO₂ in Konkurrenz um die Räume im tiefen Untergrund treten werden. Die notwendige Umstellung unserer Gesellschaft auf einen nachhaltigen Umgang mit begrenzten Ressourcen macht eine umfassende Bewertung neuer Technologien und eine Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen unabdingbar. Die geplante Nutzung großer Bereiche des tiefen Untergrundes durch die dauerhafte Lagerung von CO₂ über lange Zeiträume verbraucht eine begrenzte Ressource – den geologischen Untergrund. Selbst wenn sich herausstellen sollte, dass eine über hunderte von Jahren quasi leckagefreie CO₂-Lagerung möglich ist, gilt es, die Umsetzung an die Kriterien der nachhaltigen Entwicklung – ökonomisch, ökologisch und sozial zukunftsfähig – zu binden. Bleibt das Prinzip der Nachhaltigkeit auch in der Frage der konkurrierenden Nutzungen des Untergrundes gültig, dann kann und müsste nach heutigem Wissen eine klare Prioritätensetzung erfolgen: Die Inanspruchnahme des Untergrundes für die Energiespeicherung und die Energieerzeugung aus Geothermie muss uneingeschränkt Vorrang vor der CO₂-Lagerung im Untergrund haben. Unter dieser Prioritätensetzung sollten dann die realistischen Möglichkeiten einer geologischen CO₂-Lagerung eruiert werden, die in verschiedenen Regionen der Welt bleiben. Für Deutschland fordert das Umweltbundesamt – unter Voraussetzung der prioritären Nutzung des Untergrundes und der Siedlungsfläche für nachhaltige Energieversorgung und effiziente Klimaschutzmaßnahmen –, dass CO₂-Lagerung allenfalls ein Forschungsfeld darstellt, um die Technik sowie Umwelt- und Sicherheitsstandards mitzuentwickeln.

Bestimmte Bereiche des Untergrundes eignen sich oft aus geologischer oder ökonomischer Sicht für mehrere der angesprochenen Technologien. Folglich sollten die aus diesem Sachverhalt resultierenden Nutzungskonflikte bei der Genehmigungsfeldvergabe unter Berücksichtigung der jeweils notwendigen Sicherheitsanforderungen verhindert werden müssen. Die existierenden Instrumente der Raumordnung lassen eine unterirdische Raumordnung schon heute in begrenztem Umfang zu. Jedoch muss der Gesetzgeber gezielt Änderungen an den Instrumenten der Raumplanung vornehmen, damit der gewünschte Umbau des Energiesystems zu einer Vollversorgung durch erneuerbare Energien und der notwendige nachhaltige Umgang mit endlichen Ressourcen entsprechend unterstützt wird. Für das Erreichen der formulierten Ziele zum Umwelt- und Klimaschutz müssen hohe Anforderungen an eine abgestimmte Vorgehensweise gestellt werden. Dementsprechend ist erst vor dem Hintergrund eines umfassenden Speicherkatasters, einer genauen Erfassung der langfristig notwendigen CO₂-Lagerpotenziale und den spezifischen Ansprüchen anderer Technologien an den Untergrund eine nachhaltige Raumaufteilung möglich.

Weiterhin halten wir eine Gegenüberstellung der langfristig notwendigen CO₂-Speicherpotenziale mit den kurz- und mittelfristig erschließbaren Geothermiepotenzialen und den Potenzialen der Energiespeichertechnologien für zwingend erforderlich, um die spezifischen CO₂-Minderungspotenziale vergleichen und bewerten zu können. Dies kann eine frühzeitige Weichenstellung in der unter- und überirdischen Raumplanung unterstützen und die nachhaltige Nutzung der Ressource Untergrund gewährleisten.

Endnoten

[a] Der Gesetzentwurf der Bundesregierung spricht von „dauerhafter Speicherung“. Auch in der nationalen Literatur ist der Begriff „Speicherung“ üblich, obwohl dieser Begriff z.B. im deutschen Bergrecht für eine – befristete – Zwischenlagerung steht. Tatsächlich handelt es sich um eine Ablagerung, korrekt wäre also „Lagerung“, „Ablagerung“, „Deponierung“ oder „Endlagerung“. In diesem Papier wird deshalb das Wort Lagerung im Zusammenhang mit CCS verwendet.

[b] Weitere Möglichkeiten zur CO₂-Lagerung bieten nicht-förderwürdige Kohleflöze in entsprechender Tiefe. Diese Option stellt jedoch in Deutschland wegen der geringen Permeabilität der heimischen Kohle kein großes Potenzial dar.

[c] Als verbrauchte Fläche wird der an die Oberfläche projizierte Umriss der CO₂-Wolke angeführt.

[d] Adiabate Druckluftspeicherkraftwerke speichern die Wärme der komprimierten Druckluft in einem Wärmespeicher. Wird die Luft wieder entspannt, durchläuft sie vorher den Wärmespeicher und wird so wieder für den Turbineneinsatz erhitzt. Es wird keine Energie zur Erwärmung der Luft benötigt und damit ein deutlich höherer Nutzungsgrad erreicht.

Quellenangaben

Arts, R., Eiken, O., Chadwick, A., Zweigel, P., van der Meer, L. and Zinszner, B., *Monitoring of CO₂ injected at Sleipner using time lapse seismic data*, in Gale and Kaya, eds., Proceedings of the 6th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT6), 347-352, 2002.

BMU/BMWI „Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm“ vom 5. Dezember 2007

Bundesregierung (2009): Entwurf für ein Gesetz zur Regelung von Abscheidung, Transport und dauerhafter Speicherung von Kohlendioxid in der vom Bundeskabinett am 1. April 2009 beschlossenen Fassung.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), (2008): BGR Speicher-Kataster

Dietrich, L.; Schäperklaus, S. (2009) Der Raum wird knapp: über die Steuerbarkeit von Nutzungskonflikten unter Tage, Zeitschrift Erdöl Erdgas Kohle, 1/ 2009 S. 20 ff

Paschen et al. (Paschen, H.; Oertel, D.; Grünwald, R.) (2003): Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland- Sachstandsbericht. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag [Hrsg.] (TAB-Arbeitsbericht Nr. 84). Berlin.

Europäische Kommission (EC), (2009): Directive 2009/31/EC of the European Parliament and of the Council on the geological storage of carbon dioxide

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report: An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jung, R.; Orzol, J.; Kehrer, P.; Jatho, R. (2006) Erprobung der Wasserfrac – Technik und des Einsonden-Zweischichtverfahrens für die Direktwärmenutzung aus gering permeablen Sedimentgesteinen; Abschlussbericht

Mathes et. al., „Politiksznarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel; Öko-Institut, DIW Berlin, FZJ, FhG-ISI (2009)

Sedlacek, R.: Untertage-Gasspeicherung in Deutschland , ERDÖL ERDGAS KOHLE 124., Heft 11 2008

SRU 2009; Thesenpapier – Weichenstellung für eine nachhaltige Stromversorgung

UBA 2009: „Konzeption des Umweltbundesamtes zur Klimapolitik - Notwendige Weichenstellungen 2009“, Dessau-Roßlau

Wuppertal Institut; Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt; Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung; Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, RECCS – Strukturellökonomisch-ökologischer

Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage (CCS). Projektbericht.
Wuppertal, Stuttgart, Potsdam (2007)

Umweltbundesamt; Wörlitzer Platz 1; 06844 Dessau-Roßlau
t.charisse@uba.de; christiane.lohse@uba.de