



Chance für den Klimaschutz

Abtrennung, Transport und Speicherung von CO₂

RWE Dea



Wussten Sie, dass...

... *Kohlendioxid ein natürliches Gas in unserer Atmosphäre ist?*

Es lässt einerseits Sonnenwärme durch und hält andererseits Infrarotstrahlen zurück. Dadurch wird auf der Erde die mittlere Temperatur von minus 18 auf plus 15 Grad angehoben. CO₂ sorgt also für lebensfreundliche Bedingungen auf der Erde.

... *natürliche CO₂-Quellen wie Vulkanismus oder die ausgeatmete Luft von Menschen und Tieren etwa 550 Gigatonnen Kohlendioxid jedes Jahr produzieren?*

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger fielen 2005 weltweit rund 27 Gigatonnen Kohlendioxid-Emissionen an.

... *jeder einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann?*

Privathaushalte und Industrie können Energie sparen, wenn der Stand-by-Betrieb der Geräte ausgeschaltet wird oder Prozesse effizienter gestaltet werden. Unternehmen können mehr Strom aus Sonne oder Wind gewinnen und Energieversorger die Effizienz ihrer Kraftwerke erhöhen. CO₂ lässt sich zudem bei der Energiegewinnung abscheiden und danach speichern – so gelangt weniger CO₂ in die Atmosphäre.

... *sich RWE Dea dem Schutz der Umwelt verpflichtet hat?*

Deshalb wird der Transport und die Speicherung von CO₂ intensiv erforscht. Wir sind überzeugt, dass die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid (engl. Carbon Capture and Storage – CCS) entscheidend für die klimafreundliche Erzeugung von Energie sein wird.



Was CO₂ ist

4 ***Kohlendioxid im Alltag***

6 ***Abscheiden und speichern***

Was CCS bringt

8 ***Klima schützen***

Wie CO₂ abgetrennt wird

10 ***Entlastung für das Klima***

Welchen Weg CO₂ geht

12 ***Flüssig und sicher***

14 ***„Wir haben Wissen und Erfahrung“***

Wo CO₂ gespeichert wird

15 ***Dauerhaft speichern***

Woran geforscht wird

18 ***Perspektiven gestalten***

Was wichtig ist

21 ***CCS braucht Rechtsrahmen***

22 ***Gemeinsam für die Umwelt***



„RWE Dea sucht und fördert Öl und Erdgas und besitzt damit weitreichendes Wissen über die geologischen Strukturen des Untergrunds. Dabei handeln wir verantwortungsvoll gegenüber Mensch und Natur. Denn jede Generation braucht sichere und umweltfreundliche Energie. Technologien wie CCS, mit denen das Klimagas CO₂ abgespalten, transportiert und gespeichert werden kann, bedeuten verantwortungsvolles Handeln. Weil sie das Klima schützen können.“

Dr. Georg Schöning, Vorsitzender des Vorstands RWE Dea AG



CO₂ ist ein natürliches Gas, das beispielsweise im Mineralwasser enthalten ist.

■ **Was wir trinken**

Viele Flüssigkeiten enthalten Kohlendioxid. Bei Bier oder Sekt entsteht CO₂ durch Gärung. Limonaden oder Sodawasser wird es künstlich zugesetzt. Mineralwasser enthält rund sieben Gramm natürliches CO₂, stilles Mineralwasser etwa 3,5 Gramm pro Liter. Als Lebensmittelzusatzstoff trägt CO₂ die Bezeichnung E 290.

■ **Was prickelt**

Schaumwein ist ein Erzeugnis aus Wein mit einem Überschuss an Kohlendioxid, das beim Öffnen der Flasche entweicht. Perlwein hingegen besitzt nur einen geringen Überschuss an Kohlendioxid, das im Glas perlt, aber nicht aufschäumt.

Kohlendioxid im Alltag

An vielen Stellen der Natur kommt Kohlendioxid vor. Das geruchlose Gas ist zudem ein Bestandteil der Luft. Pflanzen brauchen es, um zu wachsen, viele Menschen genießen es im Mineralwasser oder Schaumwein: Das erfrischende Prickeln der Getränke ist ein Resultat des frei werdenden CO₂.

Permanent entsteht auf der Welt Kohlendioxid. Denn Kohlenstoff gibt es in der Luft, im Boden, in Steinen. Ob in Grillkohle oder in einem Diamanten: Kohlenstoff taucht in unzähligen Formen und Farben auf und übernimmt dabei wichtige Funktionen. Menschen und Tiere brauchen ebenso Kohlenstoff zum Überleben wie Bäume, Pflanzen und Pilze. Es wird von allen Lebewesen benötigt, um die körpereigenen organischen Stoffe herzustellen.

Lebenswichtig

Kohlendioxid – wissenschaftlich korrekt Kohlenstoffdioxid genannt – entsteht, wenn Kohlenstoff (C) verbrennt und sich mit dem Sauerstoff (O₂) der Luft verbindet. Dabei bildet sich ein farb- und geruchloses Gas mit einem leicht säuerlichen Geschmack. Allerdings produziert auch jeder Stoffwech-

sel von Tieren und Menschen Kohlendioxid. Jederzeit wird CO₂ von den Zellen freigesetzt – mit jedem Atemzug werden bis zu fünf Prozent Kohlendioxid ausgeatmet. Bei Vulkanausbrüchen wird CO₂ in großen Mengen ausgestoßen. Und Pflanzen brauchen das Gas, um wachsen zu können. Wasser und Nährstoffe holen sie dabei aus dem Boden, Licht von der Sonne und das CO₂ aus der Luft – das nennt man Fotosynthese.

Auch aus dem Boden steigt permanent CO₂ empor, da Mikroorganismen es ohne Unterlass erzeugen. Kohlendioxid ist daher seit jeher ein normaler Bestandteil unserer Atmosphäre. Rund 0,04 Prozent unserer Luft besteht aus CO₂. Eine ähnliche Konzentration findet sich gelöst in Seen, Flüssen und im Meer.

Unbrennbar

Der Versuch im Chemielabor belegt es: CO₂ ist schwerer als Luft. Es sammelt sich also am Boden eines Behälters oder eines Raums und kann dort eine Weile aufbewahrt werden – es lässt sich sogar wie eine Flüssigkeit gießen. Es brennt aber nicht! Flammen, die in ein Gefäß mit Luft und mindestens acht- bis zehnprozentigem Kohlendioxid gehalten werden, erlöschen sofort.

■ Womit wir heizen

Vor Millionen von Jahren wurden Überreste von Pflanzen und tierischen Lebewesen im Boden und dem darunterliegenden Gestein zusammengepresst – und durch Druck und Hitze verändert. Es bildeten sich Erdöl, Erdgas und Kohle. Diese Brennstoffe werden auch fossile Energieträger genannt, weil sie noch heute von der Existenz früheren Lebens in der Erdgeschichte zeugen.

- Gut 28 Prozent des Weltenergiebedarfs wird heute durch Kohle gedeckt.
- Etwa 30 Milliarden Barrel Öl werden weltweit im Jahr verbraucht.
- 41 Prozent der Erdgas-Vorräte befinden sich im Nahen Osten, 27 Prozent in Russland. Deutschland verfügt über 0,2 Prozent der weltweiten Erdgasreserven.

Kohlendioxid steckt daher auch in Feuerlöschern. Da Flammen sich von Sauerstoff ernähren, werden sie mit Hilfe des im Feuerlöscher enthaltenen Kohlendioxids verdrängt. Doch das ist längst nicht die einzige Anwendung: CO₂ prickelt auch in Bier oder Sekt. Es wird als Dünger in Gewächshäusern und Aquarien verwendet, als Reinigungsmittel für Textilien, als Schutzgas in der Schweißtechnik, als Bühnennebel im Theater und in der Medizin: Als tiefkaltes Gas setzen Ärzte CO₂ bei minus 78 Grad beispielsweise zur Vereisung und Verödung ein. So können mit Kälte Warzen, Aknenarben, aber auch Tumore behandelt werden.

Konzentriert

In höherer Konzentration kann CO₂ allerdings gesundheitsgefährdend sein: Vor allem wo es gärt, ist Vorsicht geboten. Wird nicht ausreichend gelüftet, kann eine zu hohe CO₂-Konzentration in Weinkellern, Grünfuttersilos, Brunnen oder Jauchegruben entstehen. Menschen können ab einer Konzentration von sechs bis zehn Prozent CO₂ in der Luft bewusstlos werden, und es besteht Erstickungsgefahr.

Abscheiden und speichern

Die Erde hat vorgesorgt. Was vor über 300 Millionen Jahren im Boden entstand, wird heute genutzt, um Wärme und Strom zu gewinnen: Kohle, Erdgas und Erdöl. Werden die fossilen Brennstoffe in Energie umgewandelt, bildet sich Kohlendioxid. Das CO₂ entweicht in die Atmosphäre und verstärkt so den Treibhauseffekt. Daher müssen Technologien für eine klimafreundliche Energieproduktion entwickelt werden.

Ein Blick ins Jahr 2030: Der weltweite Energieverbrauch liegt um mehr als die Hälfte höher als heute. China, Indien oder auch Brasilien wachsen rasant und benötigen große Mengen an Energie. Den Energiehunger

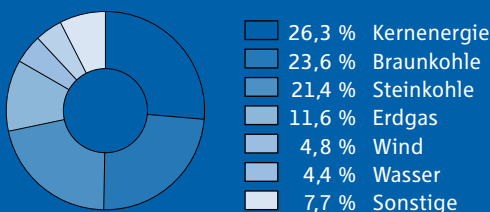


Pflanzen benötigen CO₂ zur Produktion der lebenswichtigen Glukose.

CO₂ hilft auch bei der Brandbekämpfung.

Stromerzeugung in Deutschland

Bruttoerzeugungsmix 2006 (Quelle: DIW)



stillen vor allem die Rohstoffe Kohle, Erdgas und Öl – Sonne, Wind oder Wasserkraft decken gerade 15 Prozent des Verbrauchs ab, Kernenergie noch einmal knapp sieben Prozent. So lauten die Prognosen der Internationalen Energieagentur IEA.

Sichere Versorgung

Die meisten Experten urteilen ähnlich: Da die Sicherheit bei der Energieversorgung für Industrie- und Schwellenländer gleichermaßen wichtig ist, dürfte bis 2050 und wohl noch lange danach eine Zukunft ohne fossile Energieträger Illusion sein. Tatsächlich wird zunehmend mehr Kohle eingesetzt als erwartet – allein in China geht derzeit jede Woche ein neues Kohlekraftwerk ans Stromnetz. Die boomenden Volkswirtschaften in Asien oder Südamerika setzen beharrlich auf das „schwarze Gold“. Denn auf der Erde sind von keinem anderen fossilen Energierohstoff noch so viele Reserven vorhanden wie von Kohle.

In Europa und Nordamerika wird eine unabhängige und sichere, aber ebenso eine umweltverträgliche Energieversorgung angestrebt. Das heißt: Da Kohle, Erdgas und

Erdöl auch für Industrieländer noch lange bedeutend bleiben, muss die klimafreundliche Produktion aus diesen Energieträgern her. Denn wer mit fossilen Brennstoffen Wohnungen heizt, Lampen glühen lässt und Produktionsanlagen mit Energie versorgt, stößt automatisch Kohlendioxid aus. 2030 könnten es weltweit 42 Gigatonnen im Jahr sein, schätzt die Internationale Energieagentur IEA. Das wären dann 56 Prozent mehr als heute.

Neue Technologien

Um den Ausstoß von CO₂ zu verringern, setzen immer mehr Unternehmen und Länder auf eine neue technische Dimension: CCS. Die drei Buchstaben stehen im Englischen für „Carbon Dioxide Capture and Storage“ und beschreiben Technologien, mit denen CO₂ bei der Gewinnung und Umwandlung von Energie abgeschieden, transportiert und gespeichert werden kann. Zwar sind CCS-Technologien momentan noch nicht in großem Maßstab einsetzbar – dafür bestehen noch zu viele technische, wirtschaftliche und rechtliche Hürden. Doch sie bieten immense Möglichkeiten und müssen daher möglichst rasch erforscht und entwickelt werden.

■ **Welt**

In der japanischen Metropole Kyoto haben sich 1997 eine Reihe Industrieländer vorgenommen, bis zum Jahr 2020 den Ausstoß von Treibhausgasen – dazu gehören vor allem CO₂ und Methan – um 20 Prozent zu verringern. Das Abkommen trat 2005 in Kraft. Mitte 2007 hatten 170 Staaten das Kyoto-Protokoll angenommen. Es ist aber bereits heute absehbar, dass viele Länder ihr Ziel nicht erreichen werden.

■ **Deutschland**

Klimaschutz besitzt hier zu Lande eine große Dynamik. Bis 2007 konnte Deutschland seine Treibhausgasemissionen um 18 Prozent verringern – bezogen auf den Ausstoß von 1990. Im Jahr 2012 soll der Wert bei 21 Prozent liegen. Und bis 2020 sollen die Emissionen um 40 Prozent gesunken sein.

Klima schützen

Eine neue Technologie rückt im Kampf gegen die möglichen Folgen des Klimawandels in den Vordergrund: CCS. National und international entwickeln Forscher, Regierungen und Unternehmen die innovative Technologie weiter. Denn es gilt, die Nutzung fossiler Energieträger mit den Erfordernissen des Klimaschutzes zu vereinbaren.

Das Verfahren ist nicht neu: Chemiefirmen oder Düngemittelhersteller scheiden seit Jahrzehnten bei bestimmten Prozessen Kohlendioxid ab und verwenden es weiter. Will man beispielsweise ein reines Gas zu medizinischen Zwecken entwickeln, muss das CO₂ abgetrennt werden. Was in kleinerem Maßstab bereits funktioniert, lautet die Überlegung, sollte auch bei fossil befeuerten Großkraftwerken klappen. Was sich in der Theorie einfach anhört, besteht in der Praxis jedoch aus drei komplexen Schritten: Abscheidung, Transport sowie Speicherung. Und einzelne Schritte bei der so genannten CCS-Technologie sind noch nicht ausreichend erforscht und erprobt. Zudem müssen alle Glieder in der Prozesskette optimal ineinandergreifen, damit das Gesamtkonzept auch im großen Maßstab funktioniert – im-

merhin produzieren die Länder der Europäischen Union knapp zwei Drittel ihres Stroms mit Kohle und Erdgas. Das heißt: Jährlich werden etwa eine Milliarde Tonnen Kohle und etwa 500 Milliarden Kubikmeter Erdgas verbraucht.

Schlüsseltechnik CCS

Grund genug für die Europäische Kommission, CCS als eine „Schlüsseltechnik“ der Zukunft zu bezeichnen und massiv zu unterstützen. Bis 2013 will die Europäische Union 600 Millionen Euro alleine in die Erforschung von CCS stecken. Und die Europäische Investitionsbank (EIB) hat angekündigt, eine Milliarde Euro zur Finanzierung von CCS-Technologien bereitzustellen. Auch

„Wenn wir CO₂-freie Energieproduktion wollen, haben wir drei Standbeine: erneuerbare Energien, Kernkraft und CCS.“

Matthias Ruetze, Generaldirektor der Europäischen Union für Energie und Verkehr

Die zehn größten CO₂-Emittenten

Land	Anteil an weltweiten CO ₂ -Emissionen (in %)	Klimaschutz*
USA	21,44	55.
China	18,80	40.
Russland	5,69	50.
Japan	4,47	42.
Indien	4,23	5.
Deutschland	3,00	2.
Kanada	2,02	53.
Großbritannien	1,95	7.
Italien	1,67	41.
Südkorea	1,65	51.

* Zwar zählt Deutschland zu den zehn größten CO₂-Emittenten weltweit, nimmt aber auch in Sachen Klimaschutz im internationalen Vergleich einen Spitzenplatz ein. Das belegt eine Studie, der Klimaschutz-Index 2008, die den Treibhausgas-Ausstoß, den Emissionstrend und die Klimaschutzpolitik einzelner Länder bewertet.

Quelle: Germanwatch/IEA

die Bundesregierung fördert die neue Technologie. Mitte 2007 gab sie grünes Licht für den Bau von Pilotanlagen. Für Klimaschutzmaßnahmen sind im Bundeshaushalt 2008 alleine 2,6 Milliarden Euro vorgesehen – damit sollen unter anderem CCS-Technologien vorangetrieben werden.

Industrie investiert

Unternehmen in ganz Europa erforschen und erproben bereits Technologien, mit denen bei der Energieumwandlung CO₂ abgeschieden und gespeichert werden kann: RWE ist bei der Entwicklung der Kohlevergasung mit CO₂-Abtrennung, dem IGCC-Verfahren, sowie der so genannten CO₂-Wäsche Vorreiter. Neben RWE erforschen auch andere Unternehmen wie StatoilHydro oder Vattenfall intensiv CCS-Techniken. Pilotanlagen sollen bereits ab 2008 laufen – und 2012 könnten laut EU bis zu 20 Testanlagen in Europa gebaut werden.

Klimaschutz
sichert Zukunft.

*„Wenn wir gegen den Klimawandel
kämpfen wollen, müssen wir
mit der neuen CCS-Technologie
erfolgreich sein.“*

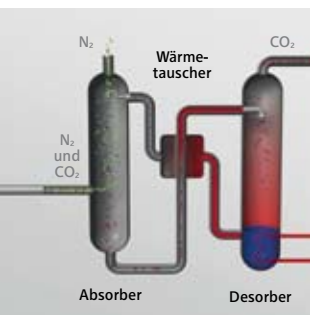
Andris Piebalgs, EU-Energiekommissar



Entlastung für das Klima

Die Abscheidung des CO₂ bei der Stromerzeugung in Kohlekraftwerken kann ein wesentlicher Beitrag für den Klimaschutz sein. RWE Power arbeitet intensiv an einem großtechnischen Einsatz.

Derzeit werden drei Verfahren für ein klimafreundliches Kraftwerk entwickelt:



CO₂-Rauchgaswäsche: Im RWE Power-Kraftwerk Niederaußem entsteht eine Pilotanlage.

■ Bei der Rauchgaswäsche wird das Kohlendioxid aus der Abluft des Kraftwerks herausgefiltert – ähnlich wie bisher schon andere Verbrennungsrückstände in den deutschen Kohlekraftwerken zurückgehalten werden. Allerdings erfordert das CO₂ eine besondere Abscheidungstechnik.

■ Das Oxyfuel-Verfahren verändert dagegen den Verbrennungsprozess selbst. Statt Luft gelangt reiner Sauerstoff in die Brennkammer. Dadurch entsteht als Reaktionsprodukt Kohlendioxid und Wasser. Dies erleichtert die Abscheidung des CO₂ erheblich.

■ Ein Kombikraftwerk mit integrierter Kohlevergasung (engl. Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC) verbrennt dagegen die Kohle nicht, sondern vergast sie. Das Rohgas enthält als Bestandteile hauptsächlich Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. Durch die Zugabe von Wasserdampf verwandelt sich das Kohlenmonoxid in Wasserstoff und Kohlendioxid, das anschließend leicht abgeschieden und verflüssigt werden kann. Das Brenngas besteht dann aus nahezu reinem Wasserstoff. Dieser saubere Brennstoff der Zukunft erzeugt in den nachgeschalteten Gas- und Dampfturbinen Strom. Am Ende bleibt so, neben dem Stickstoff aus der Luft, weitestgehend nur noch Wasser übrig.

Vorzüge des IGCC

Das IGCC bietet eine Reihe von Vorteilen. Durch die kombinierte Stromerzeugung in Gas- und Dampfturbinen (GuD) erzielt es eine hohe Stromausbeute. Auch der Energieaufwand für die CO₂-Abscheidung fällt niedriger aus als bei den beiden anderen Verfahren. Außerdem lässt sich diese Technologie auch zur nahezu CO₂-freien Herstellung von Wasserstoff nutzen, der als sauberer Kraftstoff in Zukunft Autos mit einer Brennstoffzelle antreiben kann.

„RWE Power verfügt über umfangreiches Kraftwerkswissen bei der Verstromung von Steinkohle und Braunkohle. Die RWE Dea ihrerseits bringt wertvolle Kompetenzen für den Transport und die Speicherung von CO₂ mit. Das sind gute Voraussetzungen für die Entwicklung und den richtigen, verantwortungsvollen Einsatz der CCS-Technologie in Deutschland.“

Dr. Jürgen Großmann, Vorstandsvorsitzender RWE AG

Bewährte Technik

Auch praktische Gründe sprechen für dieses Verfahren: Fast alle IGCC-Komponenten sind bereits großtechnisch erprobt. RWE Power kann daher bei seinem geplanten Kraftwerk diesen Typs größtenteils auf bewährte Technik setzen. Deshalb wird die Bruttoleistung beachtliche 450 Megawatt (MW) erreichen – das entspricht der Leistung eines mittelgroßen Kohlekraftwerks. Das Investitionsvolumen – weit mehr als eine Milliarde Euro – liegt jedoch deutlich über den Kosten für ein konventionelles Kraftwerk dieser Größenordnung. Den Betrieb soll das IGCC-Kraftwerk im Jahr 2014 aufnehmen. Geplant ist, die rund 2,6 Millionen Tonnen pro Jahr des aus dem Kraftwerksprozess abgetrennten CO₂ in geologischen Formationen in Deutschland zu speichern.

Rauchgaswäsche

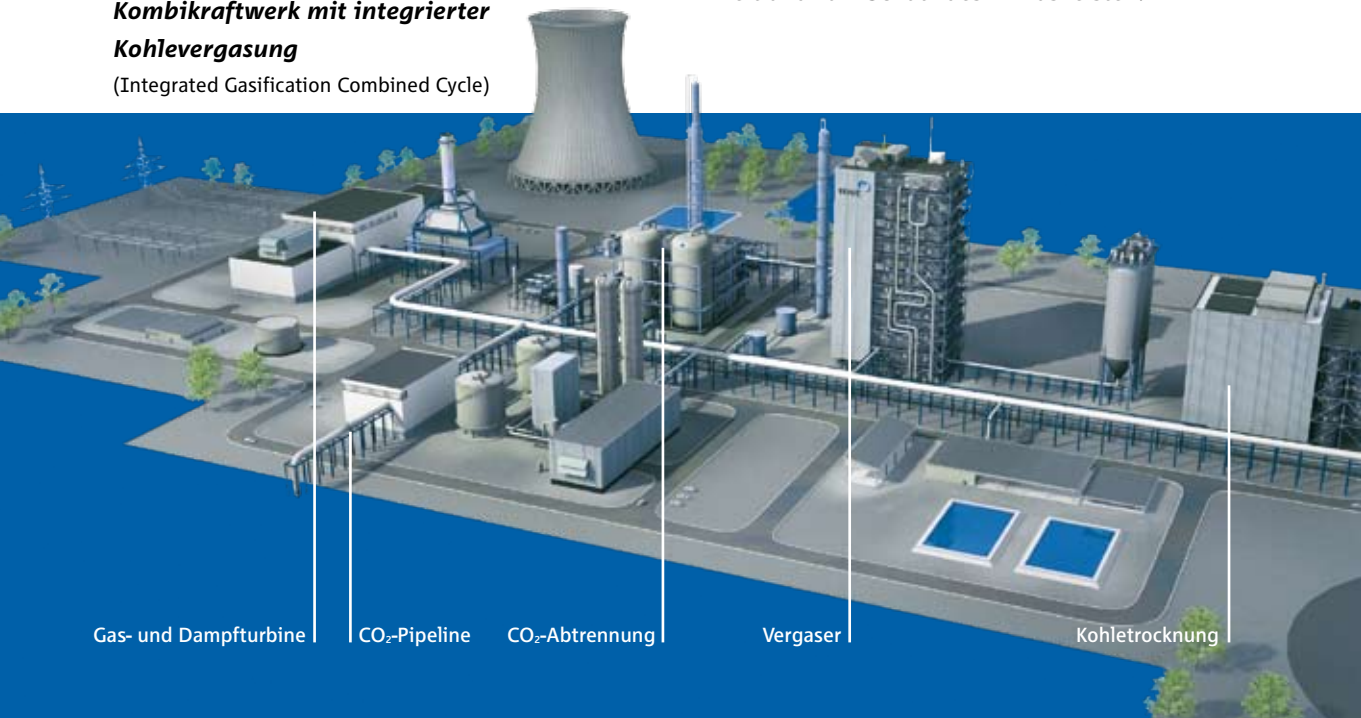
So attraktiv das IGCC-Verfahren auch ist – es eignet sich nur für Neubauten. Anders sieht dies bei der Rauchgaswäsche aus. Sie setzt nach dem Verbrennungsprozess an. Daher können moderne Kohlekraftwerke mit dieser

Technologie in vielen Fällen auch nachträglich ausgerüstet werden. Dies macht das Verfahren interessant, auch wenn es sich noch in einer frühen Erprobungsphase befindet. RWE Power errichtet deshalb im nordrhein-westfälischen Niederaußem eine Pilotanlage für die Rauchgaswäsche. Zusammen mit BASF und Linde will das Unternehmen am derzeit modernsten Braunkohlekraftwerk neu entwickelte Techniken und Waschflüssigkeiten für die CO₂-Abscheidung testen. Ziel ist es, auch dieses Verfahren ab 2020 kommerziell einsetzen zu können. Alle geplanten oder im Bau befindlichen Kohlekraftwerke von RWE Power werden so ausgelegt, dass sie technisch nachgerüstet werden können.

Die Nachrüstung besitzt vor dem Hintergrund des Klimawandels große Bedeutung. Mit den erneuerbaren Energien aus Wind, Sonne und Biomasse, der Kernkraft und einer verbesserten Energieeffizienz allein lässt sich eine ausreichende Stromversorgung in den nächsten Jahrzehnten nicht sicherstellen. Die Möglichkeit, Kohlekraftwerke auf die klimafreundliche CCS-Technik umzustellen, könnte einen entscheidenden Beitrag zur Versorgungssicherheit und zum Schutz des Klimas leisten.

Kombikraftwerk mit integrierter Kohlevergasung

(Integrated Gasification Combined Cycle)



Gas- und Dampfturbine

CO₂-Pipeline

CO₂-Abtrennung

Vergaser

Kohletrocknung



Der Transport von CO₂ per Pipeline ist eine sichere und umweltfreundliche Lösung.

■ **Wegweisendes Projekt**

Das Erdgas-Feld Snøhvit ist die erste Offshore-Anlage in der arktischen Barentssee. In dem Vorkommen vor der norwegischen Küste lagern etwa 180 Milliarden Kubikmeter Erdgas. Snøhvit ist auch die erste Anlage Norwegens, die dank neuester Unterwassertechnik ohne Förderplattform oberhalb des Meeresspiegels auskommt. Noch ein spektakuläres Merkmal zeichnet das Projekt aus, an dem RWE Dea

Flüssig und sicher

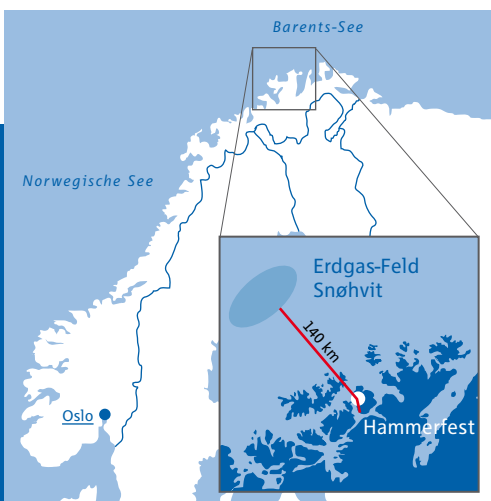
CO₂ lässt sich am besten in flüssigem Zustand befördern und speichern. Unter hohem Druck wird das Gas flüssig und lässt sich dann mit geringerem Aufwand transportieren als Wasser. Für die Beförderung bieten sich Rohrleitungen, die Bahn, Schiffe und Lkws an. Bei großen Mengen und langen Strecken sind Pipelines die beste Möglichkeit.

In den USA wird Kohlendioxid seit über 30 Jahren in Lagerstätten injiziert, um die Ölförderung zu verbessern. „Enhanced Oil Recovery“, kurz EOR, nennt sich das Verfahren. Über 70 Felder in Texas, New Mexiko oder Louisiana profitieren davon. Jährlich werden etwa 40 Millionen Tonnen CO₂ aus natürlichen Quellen hunderte Kilometer weit per Pipeline zu den Ölquellen transportiert und wieder in die Erde geleitet. Ein über 2.500 Kilometer langes Pipelinenetz bringt das CO₂ aus Colorado oder Mississippi in die Öl-Fördergebiete weiter südlich – bis heute ohne Probleme. Einsatz und Transport von Kohlendioxid per Pipeline zeigen sich also in den USA seit über drei Jahrzehnten als sicher und effektiv.

Schneller wachsen

Wie Kohlendioxid einfach und unbedenklich transportiert werden kann, interessiert auch die Industrie in den Niederlanden. Zwischen Amsterdam und Rotterdam werden fast 500 Gewächshäuser aus einer Pipeline mit nahezu reinem Kohlendioxid versorgt. Mit dem Gas wachsen Zyperngras, Bambus oder Ficus Benjamini für die Wohnzimmer in Berlin, Paris oder Brüssel deutlich schneller als ohne. Denn Pflanzen produzieren aus CO₂, Wasser und Licht ihren wichtigsten Baustoff und Energieträger: Zucker. Je mehr sie davon haben, desto schneller schießen sie in die Höhe.

Um den Nährstoff zu bekommen, warfen die holländischen Landwirte früher regelmäßig ihre mit Erdgas befeuerten Öfen an und leiteten die Abgase als Düngemittel in die Treibhäuser. Eine teure und wenig umweltschonende Technik, die clever ersetzt wurde. Denn seit Ende 2005 erhalten die Pflanzler aus einer Ö raffinerie von Shell bei Rotterdam fast reines CO₂. Das fällt als Abfall bei der Herstellung von Benzin oder Heizöl an und wird normalerweise in die Luft geblasen. Shell hatte also genau den Rohstoff, den die Landwirte so dringend brauchen. Da lag es nahe, Angebot und Nachfrage per Pipeline zu verknüpfen.



beteiligt ist: Während man das Gas für den Transport per Schiff verflüssigt, wird das natürliche CO₂ abgeschieden. Über eine Pipeline auf dem Meeresboden wird das CO₂ rund 140 Kilometer zurück in die etwa 2.000 Meter tiefen salinen Formationen am Rande der Lagerstätte geleitet. Auf diese Weise werden jährlich rund 700.000 Tonnen CO₂ sicher eingespeichert anstatt in die Atmosphäre zu gelangen.

„Wir haben Wissen und Erfahrung“

RWE Dea verfolgt zwei wesentliche Ziele: Erstens mit modernster Technik erfolgreich Erdöl und Erdgas fördern. Zweitens wollen wir bei allen Aktivitäten der Natur gerecht werden. Wir verknüpfen also innovative Technologien, Ingenieurkunst und geologisches Wissen mit den Bedingungen der Umwelt. Denn nur wenn wir die Regeln der Natur respektieren, können wir als Unternehmen den Menschen auf Dauer dienen.

Weil wir bei RWE Dea der Umwelt verpflichtet sind und die nötige technische Erfahrung bei Transport und Speicherung von Erdgas haben, werden wir in den kommenden Jahren konsequent auf CCS setzen. So betreiben wir seit über 35 Jahren in Bayern Erdgasspeicher, mit denen saisonale Schwankungen im Verbrauch ausgeglichen werden. Rund 1,9 Milliarden Kubikmeter beträgt das Speichervolumen unserer drei großen Anlagen in Wolfersberg nahe München, Inzenham-West bei Rosenheim und Breitbrunn am Chiemsee. Wichtig ist, dass die verwendete Technologie beim Speichern von Erdgas in diesen Porenspeichern derjenigen ähnelt, die für die Speicherung von Kohlendioxid notwendig ist. Das heißt: RWE Dea besitzt auf dem Gebiet der untertägigen Speicherung langjährige Erfahrung.

Das gilt auch für die Arbeit in sensiblen Ökosystemen wie dem deutschen Wattenmeer an der Nordsee. Es ist das größte seiner Art weltweit. Unzählige Tiere, Pflanzen und Organismen leben im Watt. Allein rund zwölf Millionen Vögel suchen diese einzigartige Landschaft jährlich auf. Das Watt birgt aller-

dings auch das bedeutendste deutsche Erdölvorkommen – das Feld „Mittelplate“. Seit 1987 fördert RWE Dea dort Erdöl – bisher 20 Millionen Tonnen.

Die Bohr- und Förderinsel liegt am südlichen Rand des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Ständige technische Innovationen und ein weltweit einmaliges Sicherheitskonzept sorgen für einen störungsfreien Betrieb. Um Förderung und Transport des Erdöls immer auf dem neuesten Stand zu halten, wurden bislang 670 Millionen Euro investiert. So wurde 2005 eine Pipeline zum Festland gebaut und bis zu 20 m tief verlegt, um Priele und Deiche sicher zu unterqueren. Umweltstudien und der permanente Dialog mit Behörden und Umweltschützern beweisen, dass wir jederzeit verantwortungsvoll agieren. RWE kann und will nicht anders handeln – denn das Unternehmen unterhält europaweit Förderanlagen, ein über 20.000 Kilometer langes Pipelinesystem und Dutzende Kraftwerke. Wir haben die Erfahrung Erdöl und Erdgas umweltgerecht zu fördern, sicher zu transportieren, zu speichern und effizient in Energie umzuwandeln. Und unser gesamtes technisches Wissen sowie unsere Verantwortung gegenüber Menschen und Umwelt werden wir auch künftig einbringen, um den möglichen Folgen des Klimawandels entgegen zu wirken.



Dr. Georg Schöning,
Vorsitzender des Vorstandes
RWE Dea AG

Dauerhaft speichern

Unter der Erdoberfläche ruhen seit Jahrmillionen Kohle, Erdgas, Erdöl und natürliches Kohlendioxid. Viele Lagerstätten weltweit sind bereits erschöpft oder werden derzeit ausgefördert. Wissenschaftler halten es für möglich, CO₂ dort sicher und dauerhaft zu speichern.

Über Millionen von Jahren gespeicherte Erdgasvorkommen zeigen, dass Gase geologisch eingeschlossen werden können. Neben der Dichtigkeit spielen Porenvolumen und Durchlässigkeit des Gesteins bei der Wahl eines geologischen Speichers für CO₂ eine wichtige Rolle. Deshalb suchen Wissen-

vorkommen in der Erdkruste. Als Speicher für CO₂ eignen sich ganz unterschiedliche geologische Gesteinsformationen; zum Beispiel auch alte, leer geförderte Kohleflöze, ausgebeutete Gas- und Ölfelder oder auch poröse, mit Salzwasser gefüllte Sedimentschichten. Fachleute nennen diese Schichten „saline Formationen“.

1.000 Meter tief im Untergrund

Als mögliche CO₂-Speicher gelten leere Erdöl- und Erdgasfelder. Es sind bereits erforschte, natürliche Lagerstätten. Geologen von RWE Dea erkunden seit langem Erdöl- und Gasfelder an Land und am Rand der

Meere, ihren Druck und die Dichte, die umliegenden Gesteinsschichten sowie die Größe der Felder.

„Im Kampf gegen den Klimawandel dürfen wir nicht verzagt sein, sondern sollten den Mut für große Schritte haben.“

Annette Schavan, Bundesministerin für Bildung und Forschung

schaftler derzeit weltweit nach Speicherorten für Kohlendioxid. Der Clou dabei: Das CO₂ soll dorthin zurück, wo es ursprünglich herkommt. Denn an bestimmten Orten ist der Untergrund dicht genug und damit geeignet, um CO₂ dauerhaft aufzunehmen. So gibt es viele natürliche Kohlendioxid-

Daher können die Wissenschaftler gut abschätzen, wo und wie CO₂ bestmöglich gespeichert werden kann. So werden ab etwa 1.000 Metern Tiefe in der Erdkruste der richtige Druck und die passende Temperatur für die sichere Speicherung des Kohlendioxids erreicht.



■ Sichere Zukunft

Wie viel geologische CO₂-Speicherkapazität Europa besitzt, wird im EU-Projekt „GeoCapacity“ ermittelt. Das von RWE Dea mitfinanzierte Forschungsvorhaben bestimmt zum einen die Speicherpotenziale der einzelnen Länder. Die möglichen CO₂-Speicher werden zudem in Bezug auf den geowissenschaftlichen Erkundungsgrad und die Wirtschaftlichkeit bewertet. So entsteht ein umfassender Überblick von exakten Daten zur theoretisch verfügbaren bis zur wirtschaftlich nutzbaren Speicherkapazität in Europa.



Roter Sandstein (Utah, USA): Solche geologischen Formationen lassen sich in 1.000 Metern Tiefe auch in Deutschland finden und können als natürliche CO₂-Speichergesteine genutzt werden.

Natürliche Speicher

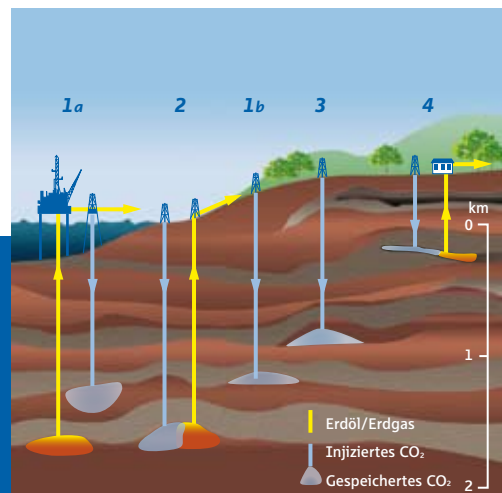
Dass CO₂ problemlos auch „offshore“, das heißt in Gesteinsschichten unter dem Meer, gespeichert werden kann, belegt ein norwegisches Projekt. Seit über zehn Jahren wird das bei der Produktion im Erdgas-Feld „Sleipner“ 250 Kilometer vor der norwegischen Küste anfallende Kohlendioxid abgetrennt – und zwar über eine Million Tonnen jährlich. Das Kohlendioxid wird gleich nach der Abscheidung vom Erdgas in eine 1.000 Meter tiefe saline Formation unterhalb des Meeresbodens gepresst. Das Faszinierende daran ist, dass das CO₂ sich in Wasser löst oder zu einem Teil über einen längeren Zeitraum mit in Wasser gelösten Salzen mineralisiert und so dauerhaft im Gestein verbleibt.

Wie die Speicherung von CO₂ „an Land“ funktioniert, wird in In Salah erforscht. In der algerischen Wüste leiten Experten von BP und der norwegischen StatoilHydro Kohlendioxid 2.000 Meter tief in eine Gesteinsschicht. Auch im kanadischen Weyburn, in der niederländischen Nordsee oder in Ketzin nahe Potsdam wird CO₂ in die Erde injiziert. Wissenschaftler erforschen dabei intensiv alle Aspekte der CO₂-Speicherung.

Das Volumen

Nun stellt sich die Frage: Wie viel Speicherplatz gibt es? Wissenschaftler der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) haben errechnet, dass in Deutschland 12 bis maximal 28 Gigatonnen CO₂ in salinen Formationen, also in Salzwasser führenden Gesteinsschichten, gespeichert werden können. In alte Erdöl- oder Erdgaslagerstätten sowie Kohleflöze passen noch einmal rund vier Gigatonnen – macht zusammen eine Speicherkapazität von bis zu 32 Gigatonnen. Bezogen auf die derzeitigen CO₂-Emissionen aller deutschen Kohlekraftwerke würde das – zumindest rein rechnerisch – für mehr als eine Kraftwerksgeneration reichen. International bieten sich noch weit mehr Möglichkeiten: Rund um den Globus liegen die Speicheroptionen Experten zufolge bei der 350fachen Menge. Ob und wie CO₂-Speicher aber künftig genutzt werden, entscheiden ökologische und wirtschaftliche Gründe.

CO₂-Speicheroptionen



- Tiefe saline Formationen – a) seeseitig; b) landseitig 1
- Tertiäre Erdöl-/Erdgasgewinnung 2
- Erschöpfte Erdöl- und Erdgaslagerstätten 3
- Kohleflöze 4

Quelle: IPCC

„Der WWF glaubt, dass CCS eine wichtige Rolle dabei spielen kann, die globale Erwärmung unter zwei Grad bis 2100 zu halten und Emissionen um mehr als 50 Prozent zu reduzieren.“

James Leape, Generaldirektor der Umweltstiftung WWF

Perspektiven gestalten

CCS ist eine zukunftsweisende Technologie. Denn ihr Potenzial ist groß, CO₂-Emissionen künftig deutlich zu verringern. Doch noch sind einige Fragen offen. RWE Dea geht ihnen nach – in vielen nationalen und internationalen Forschungsprojekten. Denn bereits ab 2014 soll bei RWE das weltweit erste Großkraftwerk mit integrierter CO₂-Abtrennung und Speicherung ans Netz gehen.

Weltweit sind Experten von den Möglichkeiten des CCS begeistert: Die Europäische Union etwa erwartet von der neuen Technologie einen maßgeblichen Beitrag für die globale Emissionsminderung. Bislang aber muss man (noch) verhalten optimistisch sein. Das hat technische Gründe. In kleinem Maßstab ist jeder der drei Prozessschritte – Abtrennung, Transport, Speicherung – heute schon machbar. Um Umwelt und Ressourcen nachhaltig zu schonen, muss CCS jedoch im großen Maßstab problemlos laufen und kommerziell einsetzbar sein. Das heißt: Die anspruchsvolle Technologie muss sich im Wettbewerb bewähren. Bei RWE geht man davon aus, dass CCS ab etwa 2020 industriell eingesetzt wird. Entsprechend intensiv wird

die Forschungs- und Entwicklungsarbeit (F&E) vorangetrieben. Mit Partnern wurden bislang mehr als zwanzig große nationale und internationale CCS-Forschungsprojekte angeschoben. Dazu gehören unter anderem in Deutschland „CO₂-MoPa“ und „STABILITY“ sowie international die Projekte „SSC-Ramore“ und „Mountaineer“.

Zukunft modellieren: „CO₂-MoPa“

Die sichere CO₂-Speicherung ist ein Schlüssel zum Erfolg von CCS. Und die Speicherung in tiefen porösen Gesteinsformationen, die Salzwasser enthalten, bietet Geologen zufolge optimale Bedingungen. Doch wie verhält sich CO₂ über Jahre im Untergrund? Wie reagiert Kohlendioxid in den Gesteinsschichten einer tiefen salinen Formation – Geologen sprechen von Sedimenten? Und wie verhält sich das CO₂, je tiefer es gelagert wird, und damit einem immer höheren Druck ausgesetzt ist?

Genau diesen Fragen gehen Experten beim „CO₂-MoPa“-Projekt nach: Neben RWE Dea und weiteren Energieversorgern sind die Universität Kiel, die Technische Universität Dresden, das Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein sowie die Technische

Im AEP-Steinkohlekraftwerk Mountaineer (West Virginia, USA) soll die CO₂-Abscheidungs- und Speichertechnologie erprobt werden.

„Die fossilen Energieträger werden weiterhin das Rückgrad der Energieversorgung sein. Wir schaffen auf breiter Front die technischen Voraussetzungen dafür, dass dies klimaverträglich darstellbar ist. Die CCS-Technologie ist ein entscheidender Baustein, den wir mit großem Engagement zur Marktreife führen wollen.“

Dr. Johannes Lambertz, Vorstand RWE Power AG

Universität Bergakademie Freiberg beteiligt. Gemeinsam entwickeln die Partner in den nächsten Jahren Datenmodelle für Stoff- und Wärme Flüsse, die sich dann in der Praxis beweisen müssen. Zudem werden Speicher simuliert und wechselseitige Wirkungen auf Grundwasser, Pflanzen und Tiere untersucht.

Zukunft sichern: „STABILITY“

In nicht einmal zehn Jahren sollen in Deutschland die ersten klimafreundlichen Kraftwerke mit CO₂-Abtrennung laufen. Doch wohin dann mit dem Kohlendioxid? Um es in der Erde speichern zu können, müssen die Speicherstandorte genehmigt sein. Weil dafür aber bisher gesetzliche Grundlagen fehlen, hat RWE Dea mit der Bundesanstalt

für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) das Projekt „STABILITY“ gestartet. Ziel ist es, Bedingungen für Speicher zu definieren und so die Grundbedingungen für die Genehmigung zu erarbeiten.

Für die Experten von RWE Dea und BGR ist das kein einfaches Unterfangen. Es müssen Kriterien für die Standorterkundung entwickelt, Sicherheitskonzepte für die Speicherung erstellt sowie Verfahren gefunden werden, wie Speicher überwacht werden können. Um ein möglichst gutes Regelwerk zu formen, gliedert sich „STABILITY“ in zwei Phasen. Bis 2009 sollen die grundsätzlichen Konzepte erarbeitet, bis 2012 dann die Inhalte weiter entwickelt werden.

■ **Partner USA: „Moutaineer“**

Es liegt in New Haven im US-Bundesstaat West Virginia und hat eine Produktionskapazität von 1.300 Megawatt – das Steinkohlekraftwerk „Moutaineer“. Der Name „Bergsteiger“ ist schon ungewöhnlich, doch die Pläne dort sind es noch viel mehr. Betreiber American Electric Power (AEP), RWE, der Energie-Dienstleister Alstom und das US-Unternehmen Battelle wollen an dem Kraftwerk die Prozesskette CCS komplett erforschen.

Für RWE Dea ist das Projekt „Moutaineer“ eine exzellente Chance, das gesamte CCS-Verfahren zu studieren. Das bedeutet in der Praxis: Das CO₂ wird nach der Verbrennung aus dem Rauchgas abgeschieden, per Rohrleitung transportiert und nicht weit vom Kraftwerk in 2.400 Metern Tiefe gespeichert. Das Verfahren wird zuerst an einer Demonstrationsanlage mit einer Leistung von 20 Megawatt ausprobiert. Dabei fallen pro Jahr bis zu 150.000 Tonnen CO₂ an, die in tiefe saline Formationen geleitet werden.

■ **Partner Norwegen: „SSC-Ramore“**

Seit 1996 betreibt das norwegische Energieunternehmen Statoil bereits in der Nordsee CO₂-Speicher. Da lag es nahe, dass sich RWE Dea gemeinsam mit Statoil, den Universitäten Oslo und Bergen sowie weiteren Partnern aus Norwegen, den Niederlanden und den USA am Forschungsprojekt „SSC-Ramore“ beteiligt.

Unter anderem erforschen die Wissenschaftler, wie das Deckgebirge über einem gefüllten CO₂-Speicher reagiert. Gesteinsproben von RWE Dea sollen zudem mit den Proben norwegischer Bohrungen verglichen werden. Bis 2011 will RWE Dea vielfältiges Wissen aus dem Projekt SSC-Ramore gewinnen.





CCS braucht Rechtsrahmen

CCS ist eine noch junge Technologie. Erst seit wenigen Jahren wird daran gearbeitet. Für wichtige Teile der CCS-Prozesskette – Transport und Speicherung – besteht daher noch kein Rechtsrahmen. Zwar wurden in Europa und Deutschland erste Entwürfe erarbeitet. Eine weitere konkrete Ausgestaltung des nationalen und des internationalen Rechts ist aber nötig.

Den Anfang machten die internationalen Meeres-Abkommen. Das London Protokoll zum Schutz der Meere öffnete sich vor kurzem für die dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid in geologischen Formationen unterhalb des Meeresbodens. Auch die sogenannte Oslo-Paris-Konvention (OSPAR) zum Schutz des Nordatlantiks erlaubt inzwischen die Einspeicherung von CO₂ unter dem Meeresboden. Lange Zeit war strittig, ob das in der Natur vorkommende Gas Kohlendioxid als Abfall anzusehen sei. Letztendlich entschlossen sich die Mitgliedsstaaten (dazu gehört auch Deutschland) der beiden Abkommen, die dauerhafte CO₂-Speicherung im Meeresuntergrund zuzulassen. Sie untersagten jedoch, dem CO₂ andere Substanzen beizufügen.

Naturstoff oder Abfallgut?

An Land wird das CO₂ derzeit weiterhin als Abfall eingestuft, wenn es zum Beispiel in ausgeförderten Gasfeldern dauerhaft gespeichert werden soll. Die Politik hat dieses Problem inzwischen erkannt und aufgegriffen. Die Kommission der Europäischen Union wird die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid in einer neuen Richtlinie gesondert regeln. Sie plant unter anderem, die CO₂-Speicherung aus dem Anwendungsbereich des Abfallrechts ausdrücklich herauszunehmen. Die Beschlussfassung wird für Ende 2008 im Europäischen Parlament erwartet.

Pläne für ein CCS-Recht

Auf dem neuen Europarecht will die Bundesregierung aufbauen. Sie plant zahlreiche rechtliche Änderungen, wie aus einem gemeinsamen Bericht dreier Bundesministerien hervorgeht. Die neuen Bestimmungen sollen die Dauerhaftigkeit, die Sicherheit sowie die Klima- und Umweltverträglichkeit der CO₂-Speicherung gewährleisten. Im Einzelnen nennt der Bericht dafür 13 Handlungsfelder. Ziel dabei ist „die Etablierung hoher Sicherheitsstandards“. Letztlich müssen das Berg-, das Abfall- und das Wasserrecht so zugeschnitten werden, dass die innovative CCS-Technologie ihre Möglichkeiten voll entfalten kann.

■ **Völkerrecht**

CCS wird in die internationalen Meeres-Abkommen London Protokoll und Oslo-Paris-Konvention (OSPAR) aufgenommen.

■ **EU-Recht**

Die EU-Kommission entwickelt eine Richtlinie zur Schaffung eines europarechtlichen Rahmens für die CCS-Technologie.

■ **Nationales Recht**

Kleinere CCS-Forschungsprojekte sind möglich. Nun wird daran gearbeitet, für Großanlagen einen Rechtsrahmen zu schaffen.

Gemeinsam für den Klimaschutz

Noch sind die Herausforderungen bei Abscheidung, Transport und Speicherung von CO₂ groß. Technische, rechtliche und ökonomische Hürden bestehen. Weil CO₂-Emissionen aber möglichst rasch verringert werden müssen, werden CCS-Technologien künftig eine bedeutende Rolle spielen. Um sie kommerziell ab 2020 einsetzen zu können, müssen Gesellschaft, Politik und Wirtschaft gemeinsam die Basis für ihren Erfolg legen.

Daher setzt RWE Dea sich in den kommenden Jahren konsequent dafür ein,...

- sichere und umweltfreundliche Lösungen für den Transport und die Speicherung von CO₂ zu gestalten.
- dass CCS als klimafreundliche Technologie zur Sicherung unserer Energieversorgung unterstützt wird.
- die Öffentlichkeit beständig mit umfangreichen und sachlichen Informationen über CCS zu unterrichten.
- die Demonstrationsanlagen zum Transport und zur Speicherung von CO₂ für den großindustriellen Einsatz weiterzuentwickeln.
- dass aus CCS eine im Wettbewerb konkurrenzfähige Technologie wird.
- dass in Deutschland und Europa ein zuverlässiger rechtlicher und regulatorischer Rahmen für den Einsatz der CCS-Technologie entsteht.

Kontakt

Sprechen Sie uns an

**RWE Dea ist der Dialog wichtig.
Wenn Sie Fragen oder
Anregungen haben, schreiben Sie uns
oder rufen Sie an:**

RWE Dea AG

Unternehmenskommunikation

Überseering 40

22297 Hamburg

T +49 (0)40/6375-0

F +49 (0)40/6375-3162

E info@rwe.com

*Bildnachweis
Titel, S. 4, 9, 12,
16, 20: Getty;
S. 6 2x: Panther;
Grafik S. 17: Special
Report on Carbon
Dioxide and Storage,
Intergovernmental
Panel on Climate
Change; S. 19:
American Electric
Power (AEP); alle
anderen RWE.*



„Zehn Jahre muss man der CO₂-Abscheidung eine Chance geben.
Dann aber muss man verlässlich abschätzen können, ob das Verfahren
der Abscheidung und Speicherung in geologischen Formationen wirklich funktioniert.“

Prof. Hans Joachim Schellnhuber, Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung



RWE Dea AG

Überseering 40
22297 Hamburg

T +49 (0)40/6375-0

F +49 (0)40/6375-3162

I www.rwe.com

Hamburg, Januar 2008

