

## **DOKUMENTATIONEN**

**Stellungnahme des Umweltbundesamtes (UBA)**

# **Landesgesetz zum Kohlendioxid- Speicherungsgesetz erarbeiten**

**Stellungnahme vom 28. Februar 2013 zum Antrag der  
Fraktionen DIE LINKE sowie BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN  
im Landtag von Sachsen-Anhalt**

## Impressum

Herausgeber:  
Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

ISSN 2199-6571

Dessau-Roßlau, Januar 2015

## 1) Klimapolitische Einordnung der CCS-Technologie

Für die klimapolitische Einordnung der CCS (Carbon Capture and Storage)-Technologie ist die Einschätzung entscheidend, ob die Anwendung dieser Technologie für das Erreichen der ehrgeizigen Klimaschutzziele der Bundesregierung erforderlich ist. Diese Frage kann jedoch zum heutigen Zeitpunkt aufgrund von widersprüchlichen Prognosen und alternativen Ansätzen für Minderungsstrategien nicht eindeutig beantwortet werden.

Die CCS-Technologie ist mit potentiellen Umweltproblemen behaftet und bedarf daher in jedem einzelnen Anwendungsfall einer Umweltverträglichkeitsprüfung, wie es das Kohlendioxidspeicherungsgesetz auch vorsieht. Die Einlagerung von Kohlendioxid, das aus Verbrennung fossiler Rohstoffe entstanden ist, kann nicht als Alternative zum Ausbau erneuerbarer Energieerzeugung und zur Notwendigkeit der Energieeinsparung gesehen werden. Bei der Verbrennung fossiler Stoffe wird nicht nur der Energieträger, sondern auch die begrenzt verfügbare Ressource Speicherraum unwiederbringlich verbraucht und das Kohlendioxid aus dem Stoffkreislauf genommen. Negativ fällt zudem ins Gewicht, dass bei Abscheidung, Transport und Speicherung ein hoher zusätzlicher Energiebedarf besteht und dabei zunächst in erheblichem Maße zusätzliche Emissionen verursacht werden. Neben der energieaufwendigen Trennung aus dem Abgasstrom, hier entsteht je nach Art des Abscheidevorgangs ein erheblicher Effizienzverlust, ist für die Erstellung der obertägigen Anlagen und der Bohrlöcher weiterer Energieeinsatz nötig. Im Sinne einer Lebenszyklusanalyse, dazu zählt noch der Aufwand beim Rückbau, stellen erneuerbare Energieformen ebenfalls die bessere Option dar.

Übergangsweise einzusetzen wäre das Konzept der Kohlendioxidspeicherung lediglich, falls durch andere Klimaschutzinstrumente die erforderliche Minderung nicht erreicht werden kann. Um dieses optionale Instrument beizeiten einsetzen zu können, kann es allerdings sinnvoll sein, die Technologie zur Einsatzreife zu bringen, d.h. die gegenwärtigen Bemühungen zur Erforschung und Entwicklung im Demonstrationsmaßstab fortzusetzen. Ziel sollte allerdings immer sein, auf die Einlagerung von Kohlendioxid aus fossiler Verbrennung bei der Energieerzeugung zu verzichten. Für die Einlagerung käme stattdessen Kohlendioxid infrage, das unvermeidbar bei Industrieprozessen anfällt und gegebenenfalls solches aus Biomasseanlagen, die bevorzugt der Abfall- und Reststoffverwertung dienen sollte. Hierzu sind die entsprechenden Abscheidungsverfahren derart weiterzuentwickeln, dass sie möglichst ohne großen Energieeinsatz und auch sonst umweltverträglich eingesetzt werden können.

Weitere Bemühungen sollten auch bei der Technologieentwicklung der Power-to-Gas-Technologie unternommen werden, da dies ein nachhaltiges Konzept darstellt. Bei einem großmaßstäblichen Einsatz könnten hier große Mengen des anfallenden Kohlendioxids stofflich genutzt werden (CCU).

## 2) Bewertung der Umweltauswirkungen der CO<sub>2</sub>-Speicherung

Die bestehenden technischen und ökologischen Risiken erfordern die Bewertung der von CCS ausgehenden Umweltauswirkungen. Dazu sind Verfahren und eine Methodik erforderlich, die eine Umweltprüfung im Sinne einer Gefährdungsabschätzung für die betroffenen Schutzgüter im Zusammenhang mit der untertägigen Speicherung von CO<sub>2</sub> umfasst.

### Umweltwirkungen Grundwasser

Für eine Bewertung des Risikos für oberflächennahes Grundwasser, das auch für eine Trinkwassergewinnung geeignet ist, sind zwei Prozesse im Zusammenhang mit der unterirdischen Speicherung von CO<sub>2</sub> von grundlegender Bedeutung:

**1. Beeinflussung des Grundwassers durch aufsteigendes CO<sub>2</sub>:** Wird CO<sub>2</sub> in den geologischen Untergrund injiziert, kann es in oberflächennahes Grundwasser aufsteigen, wenn die Rückhalteformationen und/oder die Integrität der Injektionsbohrung oder von Altbohrungen diesen Aufstieg nicht verhindern. Die Vermischung der freigesetzten Gase mit dem Grundwasser bewirkt physikalische und chemische Reaktionen im oberflächennahen Grundwasserleiter, die die Grundwassergüte beeinflussen. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand besteht bei einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung in die oberen Grundwasserleiter neben der Erhöhung des Gehaltes an freiem und gebundenem CO<sub>2</sub> das grundsätzliche Risiko der Versauerung und einer Schwermetallbelastung des Grundwassers.

Mit dem aus der Speicherformation aufsteigenden CO<sub>2</sub> können Gase, wie z.B. Methan, kurzkettige Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff oder Schwefelwasserstoff, in oberflächennahe Grundwasserleiter transportiert werden. Die Konsequenzen dieser Beimengungen auf oberflächennahe Grundwasserleiter wurden bisher nicht untersucht.

**2. Beeinflussung des Grundwassers durch salines Formationswasser:** Die Verdrängung von hoch mineralisiertem Formationswasser ist Folge der Druckerhöhung im Umfeld des Injektionsbrunnens und erfolgt beim bestimmungsgemäßen Betrieb. Inwieweit das verdrängte Formationswasser zu einem vertikalen Aufstieg von Formationswässern führen kann, wird zurzeit im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben untersucht. Als Folge einer Salzwasserintrusion in einen oberflächennahen Grundwasserleiter wird dessen geochemische Veränderung (Versalzung) angenommen - dieses Phänomen ist bereits durch Überförderung bei der Trinkwassergewinnung und der dadurch hervorgerufenen Immission von hochmineralisiertem Formationswasser in den Grundwasserleiter bekannt.

Kenntnislücken: Bisherige Erfahrungen und Untersuchungen reichen derzeit allerdings bei weitem nicht aus, um eine verallgemeinerbare und belastbare Gefährdungsanalyse für die beiden genannten Prozesse durchführen zu können. In einem vom Umweltbundesamt bei der Universität Kiel beauftragten Gutachten zeigen erste Mehrphasentransportsimulationen für CO<sub>2</sub> und hochmineralisiertes Formationswasser, dass die Auswirkungen auf oberflächennahe Grundwasserleiter ausgesprochen abhängig von den jeweiligen Randbedingungen bzw. den spezifischen örtlichen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten sind. Vergleichsweise geringe Veränderungen von Anfangs- bzw. Randbedingungen (z.B. Leckageort, Morphologie des geologischen Strukturen und/oder Grundwasserfließrichtungen, aber auch Tiefe des Grundwasserleiters) führen zu sehr unterschiedlichen Auswirkungen.

Eine Gefährdungsabschätzung ist daher für jeden Einzelfall durchzuführen.

**Gesetzliche Grundlagen für eine Bewertung des Schutzzutes Grundwasser:** Diese ergeben sich aus EU-rechtlichen und nationalen Regelungen, wie z.B. EG-WRRL, WHG, GWVO. Für CO<sub>2</sub> selbst liegt kein Schwellenwert vor. Es sind daher die Gefahrenpotentiale in Bezug auf die Bewirtschaftungsziele des Grundwassers zu betrachten, die von der CO<sub>2</sub>-Speicherung ausgehen können. Relevant für die eine Bewertung sind vor allem Schwermetallwerte sowie der beim Aufstieg von salinaren Formationswässern relevante Wert für Chlorid.

Für eine Bewertung der Beeinflussung von tiefem salinarem Grundwasser sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine konkreten Anforderungen entwickelt worden, wenngleich grundsätzlich auch das Tiefengrundwasser dem allgemeinen Besorgnisgrundsatz nach WHG unterliegt.

Um insbesondere negative Auswirkungen auf zur Trinkwassergewinnung genutzte Grundwasservorkommen zu vermeiden, empfehlen wir, unterhalb von Wasserschutzgebieten möglichst keine Speichervorhaben durchzuführen.

## Umweltwirkungen Boden

Bewertungsrelevant für das Schutzgut Boden ist die Leckage von CO<sub>2</sub>. Dabei sind zwei Leckagemöglichkeiten zu unterscheiden: die einer Punktquelle mit relativ hohen Flussdichten (z.B. Bohrlochleckagen) und die diffuse Leckage mit einer großräumigeren Verteilung und mit vergleichsweise geringer Flussdichte.

Für Punktquellen mit hohen Flussdichten ist auch aus natürlichen Analoga (z. B. Mofetten) ein häufig kleinräumiger Austritt typisch. Für diese Fälle ist eine schädigende Wirkung auf das Schutzgut Boden nicht zuletzt wegen der Kleinräumigkeit und kurzer Kontaktzeiten aus bodenwissenschaftlicher Sicht nicht zu besorgen.

Ein diffusiv flächenhafter CO<sub>2</sub>-Fluss in den Boden und die dafür notwendigen Konzentrationsgradienten führen dazu, dass in tiefen Bodenschichten bereits geringe Zuflüsse zu einer CO<sub>2</sub> Sättigung (100% CO<sub>2</sub>) führen. Zu hohe Kohlendioxid-Konzentrationen können toxisch auf Bodenorganismen wirken und insofern dem Lebensraum Boden schaden. Zudem können hohe CO<sub>2</sub>-Flüsse den Stoffhaushalt und die Milieubedingungen von Böden beeinträchtigen und z.B. durch das Absenken des pH-Wertes die Mobilität von Schwermetallen erhöhen. Das Verdrängen des Sauerstoffes durch das CO<sub>2</sub> kann zu reduktiven Bedingungen führen, so dass sich aus den Böden Reduktosole bilden, die als schädliche Bodenveränderung zu werten ist. Dem Entstehen von schädlichen Bodenveränderungen ist nach Bundes-Bodenschutzgesetz vorzubeugen.

Wegen vielschichtiger Szenarien und Standortbedingungen kann ein konkreter Schwellenwert für CO<sub>2</sub> im Boden nicht abgeleitet werden. Den unterschiedlichen Bodenfunktionen sind vielmehr Leitindikatoren zuzuordnen und für diese ist ein Kollektiv von Schwellenwerten zu präzisieren. Vielversprechender ist der Ansatz, zulässige zusätzliche CO<sub>2</sub> Flüsse (im Sinne von critical loads), nach Bodenarten differenziert, zu definieren. Hierbei können modellgestützte Simulationen Anwendungen finden, deren Eignung bereits wissenschaftlich belegt werden konnte.

## Schutzgut Mensch

CO<sub>2</sub> ist ein farb- und geruchloses Gas, das schwerer ist als Luft. Es ist natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. CO<sub>2</sub> ist nicht toxisch, kann aber durch Verdrängung von Sauerstoff schädigend auf den menschlichen Organismus wirken. CO<sub>2</sub>-Konzentrationen höher als 1,5-3 Vol.-% können ebenso wie geringe, aber längerfristig erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zu Beeinträchtigungen des menschlichen Wohlbefindens und der menschlichen Gesundheit führen. Die möglichen Auswirkungen reichen von u.a. Kopfschmerzen, Konzentrationsschwächen, Schwindel, bis hin zu Bewusstlosigkeit oder Tod. Entweicht CO<sub>2</sub> aus einem Speicher, so dürfen bei der Bewertung toxischer Auswirkungen außerhalb von Gebäuden nicht die Expositions-Verhältnisse aus Innenräumen zu Grunde gelegt werden. In der freien Natur ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt selbst bei einer Leckage nicht mit einer O<sub>2</sub>-Zehrung korreliert. CO<sub>2</sub>-Freisetzungen in der Außenluft führen deshalb in der Regel zu vergleichsweise geringen Abnahmen der Sauerstoffkonzentration.

Ob und inwieweit es durch Begleitgase des CO<sub>2</sub>-Stroms zu einer Gefährdung des Menschen kommen könnte, ist bei gegenwärtiger Kenntnislage nicht prognostizierbar.

Im **bestimmungsgemäßen Betrieb** sind CO<sub>2</sub>-Austritte nicht zu erwarten. Als maßgebliche Beeinträchtigungen des Menschen treten akustische und optische Emissionen der Übertageanlagen auf. Dabei handelt es sich nicht um CCS-spezifische Auswirkungen, sondern um typische Charakteristika baulicher oder industrieller Anlagen.

Im **nicht bestimmungsgemäßen Betrieb** lassen sich CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Atemluft von Menschen, die die Schutzgüter menschliche Gesundheit und Leben beeinträchtigen können, nicht ausschließen:

- CO<sub>2</sub>-Austritte aus den Übertageanlagen (etwa durch technische Defekte oder menschliches Versagen beim Befüllen) sind vergleichbar mit CO<sub>2</sub>-Unfällen in industriellen Anlagen.

- Ein spezifisches Risiko der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicherung ist die **Freisetzung von CO<sub>2</sub> durch Leckagen** über Wegsamkeiten wie Störungen, Risse und Klüfte **aus dem Speicherkomplex**. Relevant für die menschliche Gesundheit könnten in diesem Fall **allmähliche und diffuse Freisetzungen** in Bereiche sein, in denen sich das CO<sub>2</sub> sammeln kann (z. B. Keller, Tunnel und Bergwerke, aber auch luftaustauscharme Bodensenken).

Daneben sind auch sogenannte **Blowouts** (spontaner Austritt einer größeren Menge CO<sub>2</sub>) etwa im Bereich der Injektionsbohrungen oder im Bereich stillgelegter (Alt-)Bohrungen denkbar.

### **Schutzgut Flora**

Als denkbare Beeinträchtigung im bestimmungsgemäßen Betrieb ist die Flächeninanspruchnahme durch Obertageanlagen zu erwarten. Dies ist allerdings keine CCS-spezifische Auswirkung. Im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb ist es denkbar, dass CO<sub>2</sub>-Anreicherungen im Boden zu Veränderungen der Artenzusammensetzung und schlimmstenfalls zum regional begrenzten flächigen Absterben der Vegetation führen. Die Erheblichkeit möglicher Beeinträchtigungen hängt von der Größe und naturschutzfachlichen Wertigkeit der betroffenen Fläche ab.

### **Schutzgut Fauna**

Als denkbare Beeinträchtigung im bestimmungsgemäßen Betrieb sind die Flächeninanspruchnahme sowie Emissionen wie Geräusche und Licht durch Obertageanlagen zu erwarten. Auch diese sind allerdings keine CCS-spezifischen Auswirkungen. Im nicht bestimmungsgemäßen Betrieb ist es denkbar, dass es durch den Aufstieg von salzigem Formationswasser oder CO<sub>2</sub>-Anreicherungen im Boden zu Veränderungen von Habitaten kommt, die die Artenzusammensetzung lokal begrenzt beeinflussen. Die Erheblichkeit möglicher Beeinträchtigungen hängt von der Größe und naturschutzfachlichen Wertigkeit der betroffenen Flächen und Arten ab.

### **Schutzgut Biodiversität**

Die „Biologische Vielfalt“ umfasst die Vielfalt an Ökosystemen, Lebensräumen, Lebensgemeinschaften, Populationen und Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten. Insbesondere durch Errichtung und Betrieb der für die CCS-Technologie notwendigen Übertageanlagen sind – wie bei allen baulichen Anlagen – Beeinträchtigungen der Biodiversität denkbar, etwa soweit naturschutzfachlich besonders wertvolle Flächen oder Arten betroffen sein könnten.

### **Schutzgut Landschaft**

Das Landschaftsbild, als ein wesentlicher Bestandteil des Schutzgutes, kann im bestimmungsgemäßen Betrieb durch die für die unterirdische Speicherung von CO<sub>2</sub> unerlässlichen Obertageanlagen beeinträchtigt werden – wie dies bei jeder anderen fossilen wie regenerativen Energieerzeugungsanlage auch der Fall ist.

## **3) Monitoring**

Monitoringstrategien für die CCS-Technologie sollen grundsätzlich den sicheren Betrieb der technischen Anlagen und unterirdischen Speicher überwachen. Für übertägige Anlagen gehören Verfahren, Techniken und Einrichtungen der Betriebsüberwachung zum Stand der Technik und sollten daher problemlos und aussagesicher implementiert werden können. Auch im unmittelbaren Bohrlochbereich, der durch eine Kleinräumigkeit gekennzeichnet ist, ist die Machbarkeit und Aussagepräzision in Analogie zu entsprechenden bergmännischen Verfahren als beherrschbar einzustufen. Anders bei untertägigen Speichern, hier sollen Monitoringmaßnahmen großräumig überwachen und hinsichtlich der Quantität ein

überaus breites Spektrum aufspüren. Die Geologie des Untergrundes mit all ihren natürlichen Anomalien - die auch durch die aufwändigsten Erkundungsmaßnahmen nie vollständig und zuverlässig zu identifizieren sind - ist hinsichtlich eines speichernahen Monitorings eine Herausforderung. Für speichernahe Überwachungskonzepte stehen zurzeit keine Systeme mit ausreichender Aussagesicherheit sowohl für den Gas- als auch für den Soleaufstieg zur Verfügung, ein anerkannter Stand der Technik ist noch nicht entwickelt. Alternativ wird ein oberflächennahes Monitoring diskutiert, das technisch beherrschbar scheint, gleichwohl eine präzise Erkundung des Untergrundes und dezidierte Ausbreitungsprognosen im Leckagefall voraussetzt.

Neben der anlagenbezogenen Überwachung folgen aus der Pfad- und Schutzgutbetrachtung, insbesondere für die Umweltmedien Wasser und Boden, spezifische Monitoringanforderungen, um schädliche Veränderungen rechtzeitig detektieren und notwendige Maßnahmen einleiten zu können.

### **Überwachung Grundwasser**

Die Qualität von oberflächennahem Grundwasser wird in Deutschland regelmäßig überwacht, so dass Erfahrungen und Techniken vorhanden sind. Für den Fall, dass CO<sub>2</sub> mit sehr hohen Raten dem Speicherkomplex entweicht, ist eine Überwachung der leicht zugänglichen Atmosphäre die einfachste Monitoringmethode für eine Erstdetektion. Ziel der Erstdetektion ist das Finden einer Leckage auf einer großen zu überwachenden Fläche.

Bei geringen Leckageraten gelangt das CO<sub>2</sub> jedoch nicht oder nur in geringen Mengen bis in die Atmosphäre, führt aber möglicherweise zu Veränderungen in schützenswerten Grundwasserleitern. Wünschenswert wäre eine permanente Überwachung der tieferen Süßwasseraquifere für eine Erstdetektion direkt über den oberflächennahen Salzwasseraquiferen. Dies gilt sowohl für die Erkennung von CO<sub>2</sub> Leckagen als auch Intrusionen von salinem Wasser. Wie bereits oben beschrieben stehen entsprechende Techniken nicht zur Verfügung, weswegen derzeit oberflächennahe Verfahren diskutiert werden (Aeroelektromagnetik).

Für den Fall, dass eine Leckage tatsächlich detektiert wird, ist eine detaillierte und quantitative Erkundung der Veränderungen der oberflächennahen Schutzgüter erforderlich. Zur detaillierten Erkundung einer Leckage sind aus der Grundwasserüberwachung in Deutschland entsprechende Messmethoden bekannt.

Fazit: Messmethoden zur detaillierten Erkundung oberflächennaher Grundwasserkörper sind bekannt und stehen zur Verfügung. Diese sind jedoch nicht zur Überwachung einer großen Fläche im Sinne der Erstdetektion einer Leckage geeignet. Flächendeckende Messmethoden sind zurzeit kaum vorhanden, noch nicht anwendungsreif bzw. noch unerprobt.

### **Überwachung Boden**

Mögliche Überwachungskonzepte die das Ökosystem Boden einbeziehen, werden zurzeit noch umfangreich getestet und diskutiert.

CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Luft oder Bodenluftproben werden heute standardmäßig mit Infrarot-Analysegeräten (IRGA) bestimmt, jedoch wird auch noch die Bestimmung mittels Gaschromatographie (GC) genutzt, besonders wenn auch noch andere Gase mitbestimmt werden sollen. Neuere Messverfahren beruhen auf Laserlicht-Adsorption, zum Beispiel TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy).

Zur Messung der Flussraten an der Bodenoberfläche werden überwiegend geschlossene Gashauben „closed chamber“ verwendet, in denen die Konzentrationsänderung über die Zeit bestimmt und daraus der Fluss berechnet wird. Dabei ist das Problem zu bewältigen, dass Ansätze, die den Verlauf der Konzentrationsänderung exakter beschreiben, weniger robust gegen Messungenauigkeiten und somit im prak-

tischen Einsatz häufig ungenauer sind. Alternativ können auch offene Hauben verwendet werden, deren Nachweisgrenze jedoch deutlich höher liegt.

Es besteht zudem die Problematik, dass die an sich sehr sensitiven Messverfahren im Boden nur Punktmessungen sind und somit nur zur Überwachung vorher georteter Leckagen oder potentieller Schwachstellen eingesetzt werden können. Zudem treten die zu erwartenden Bodenemissionen zeitlich stark schwankend auf. Hierbei können mathematische Modelle eine sinnvolle Hilfestellung leisten, z.B. um die räumliche und zeitliche Variabilität der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zu beschreiben oder um vorhandene Messungen umfangreicher zu analysieren und zu interpretieren.

Zur flächigen Überwachung des Systems Boden bedarf es Konzepte, die zuvor (z.B. Überwachung der CO<sub>2</sub>-Lagerstätte oder Grundwassermonitoring) oder nach Durchgang durch den Boden ansetzen (z.B. durch mobile Laser zur Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre). Forschungsergebnisse zeigen, dass die Nutzung CO<sub>2</sub>-sensitiver Pflanzen und bestimmter Mikroorganismen als Bioindikatoren eine perspektivisch denkbare Alternative darstellen kann.

## **Überwachung Emissionshandel**

Gemäß Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) sind auch Einrichtungen im Rahmen der CCS-Kette vom Emissionshandel erfasst. Dies ergibt sich aus dem Anwendungsbereich § 2 Absatz 1 des TEHG, wobei hier auf den Anhang 1 Teil 2 verwiesen wird. Unter den Nummern 29 bis 31 sind die Anlagen der CCS-Kette näher benannt, wobei für die Tätigkeit nach TEHG nach Anlagen zur Abscheidung (Nr. 29), Rohrleitungsanlagen zur Beförderung (Nr. 30) und Speicherstätten zur geologischen Speicherung (Nr. 31) von Treibhausgasen zu unterscheiden ist. Alle drei Tätigkeiten unterliegen in vollem Umfang den Anforderungen an die Überwachung von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Für diese drei Tätigkeiten gilt die Monitoring-Verordnung (MVO, Nr. 601/2012) der EU Kommission daher ebenso in vollem Umfang. In Anhang IV der MVO werden zusätzliche Vorgaben für aktivitätsspezifische Überwachungsmethodiken formuliert. Unter die Nummern 21 bis 23 des Anhangs IV MVO fallen dabei auch die drei Glieder der CCS-Kette.

Für die geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> gilt es aber, die Anforderungen an das Monitoring zu erfüllen. Hierzu müsste der Betreiber einer solchen emissionshandelspflichtigen (Speicherungs-) Anlage ein zweistufiges Monitoring aufsetzen.

Gemäß Anhang IV Nr. 23 A. MVO muss der Betreiber eine qualitative Monitoringmethode vorschlagen. Diese muss geeignet sein, Leckagen aus dem Speicherkomplex zuverlässig zu identifizieren. Allein die Definition des Speicherkomplexes ist nicht trivial, die kontinuierliche Überwachung einer möglichen Leckage scheint bislang nur schwer umsetzbar zu sein. Tritt eine Leckage auf, so muss der Betreiber diese CO<sub>2</sub>-Mengen beim quantitativen Monitoring zwingend berücksichtigen. Hierbei kommen nach dem Wortlaut der MVO „Emissionen“ oder eine „Leckage in die Wassersäule“ in Betracht. Im Fall der Emissionen (Freisetzung in die Luft) ist ein flächendeckendes Bodenmonitoring erforderlich, inklusive eines vorgelegerten Baselinemonitorings. Im Fall der Leckage in die Wassersäule ist festzulegen, wie diese quantifiziert werden soll, die MVO fordert hier eine Quantifizierung der CO<sub>2</sub>-Leckage pro Kalendertag. Bei der Quantifizierung der CO<sub>2</sub>-Leckagen ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass nach Anhang IV Nr. 23 B.3. die Einhaltung einer Gesamtunsicherheit von 7,5 % gefordert wird.

Bisher ist dem UBA nicht bekannt, dass die Einhaltung dieser Monitoringvorgaben durch Studien, Forschungen oder in der Praxis belegt worden wäre. Dies gilt sowohl für ein kontinuierliches qualitatives Monitoring, als auch für ein quantitatives Monitoring unter Berücksichtigung der zulässigen Gesamtunsicherheit von 7,5 %.

#### **4) Nutzungskonflikte**

Die Nutzungsansprüche an den ober- und unterirdischen Raum nehmen insbesondere vor dem Hintergrund der Ziele der deutschen Klimaschutz- und Energiepolitik zu.

Für die Speicherung von Kohlendioxid sollen vorzugsweise wasserführende Sandsteinschichten in 800 bis 3000 Meter Tiefe verwendet werden, die von Barrierehorizonten nach oben abgedichtet sind. Aufgrund der begrenzten Mächtigkeit der nutzbaren Horizonte würden durch die dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid große Räume im Untergrund in Anspruch genommen und dort konkurrierende Nutzungen blockiert. Aus ökologischer Sicht sollte jedoch die Nutzung durch erneuerbare Energien oder durch mehrfache, wiederholte Speichervorgänge vorrangig sein.

Nutzungskonkurrenzen können sich insbesondere zur Tiefengeothermie und zur Speicherung von Erdgas oder von regenerativ erzeugtem Methan ergeben. Eine gleichzeitige Anwendung dieser Nutzungsformen in übereinander angeordneten geologischen Strukturen, eine sogenannte Stockwerksnutzung, erscheint im Moment kaum, insbesondere auch nicht wirtschaftlich umsetzbar.

Zur Druckluftspeicherung besteht in der Regel keine Nutzungskonkurrenz, da diese eher Kavernenspeicher nutzt.

Die Aufgabe der Raumplanung ist es, in Abwägung verschiedener Interessen konstruktive, vorausschauende Lösungen zu entwickeln, um verschiedene Ansprüche an den Raum langfristig zu befriedigen.

Die Raumplanung auf der Oberfläche zur Lösung von Nutzungskonflikten ist erprobt. Notwendig erscheint aber auch eine unterirdische Raumordnung zur Beplanung der konkurrierenden Raumansprüche, die bislang fehlt.

Zurzeit wird ein UFOPLAN-Forschungsprojekt „Unterirdische Raumplanung“ durchgeführt, um relevante Aspekte einer nachhaltigen unterirdischen Raumplanung zu untersuchen. Dazu zählen z.B. die Nutzbarkeit unterschiedlicher geologischer Formationen, die Verfügbarkeit von geologischen Informationsgrundlagen, die Verträglichkeit von Nutzungen mit räumlich benachbarten oder zeitlich vorangegangenen oder nachfolgenden Nutzungen. Ziel des Forschungsprojekts ist es, raumplanerische Instrumente zur Lösung von Nutzungskonflikten im unterirdischen Raum weiter zu entwickeln. Der Abschlussbericht wird Ende 2013 vorliegen.

#### **5) Zusammenfassung**

Die Speicherung von CO<sub>2</sub> im Untergrund stellt keine nachhaltige Klimaschutzmaßnahme dar. Allerdings ist die weitere Erforschung und Erprobung der CCS-Technologie dennoch sinnvoll, falls sich nachhaltige Klimaschutzmaßnahmen nicht als hinreichend erweisen. Sinnvoll könnte unter dieser Voraussetzung vor allem der Einsatz der CCS-Technologie in Bezug auf die nicht vermeidbaren Emissionen aus der Industrie sowie in Verbindung mit Biomasse sein.

Auswirkungen auf das Grundwasser können sich vor allem durch den Aufstieg von CO<sub>2</sub> in oberflächennahes Grundwasser sowie durch die Verdrängung von salinen Formationswässern ergeben. Beim Aufstieg von CO<sub>2</sub> kann die Konzentration von CO<sub>2</sub> erhöht werden, es kann zur Versauerung und erhöhten Schwermetallverunreinigungen kommen.

Für den Lebensraum Boden können zu hohe Kohlendioxid-Konzentrationen regional begrenzt toxisch wirken. Zudem können hohe CO<sub>2</sub>-Flüsse den Stoffhaushalt und die Milieubedingungen von Böden beeinträchtigen und z.B. durch das Absenken des pH-Wertes die Mobilität von Schwermetallen erhöhen.

Grenzwerte sind bislang weder für Grundwasser noch für den Boden bestimmt. Erstens hängen die Effekte neben der Konzentration von weiteren anderen Faktoren wie etwa Druck und Temperatur ab, zweitens sind auch die konkreten Bedingungen des Einzelfalls zu berücksichtigen. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Um insbesondere negative Auswirkungen auf zur Trinkwassergewinnung genutzte Grundwasservorkommen zu vermeiden, empfehlen wir, unterhalb von Wasserschutzgebieten möglichst keine Speichervorhaben durchzuführen.

Bei Normalbetrieb sind keine nachteiligen Wirkungen für die menschliche Gesundheit zu erwarten. Risiken ergeben sich bei kontinuierlichen Austritten oder eruptiven Emissionen.

Die Speicherung von CO<sub>2</sub> verlangt sowohl ein schutzgutbezogenes Monitoring als auch eine Überwachung nach dem TEHG. Flächendeckende Überwachungsmethoden im tieferen Untergrund sind derzeit nicht verfügbar. Methoden zur Erstdetektion sind noch zu entwickeln.

Nutzungskonkurrenzen der Speicherung von CO<sub>2</sub> bestehen vor allem zur Tiefengeothermie und zur Speicherung von Erdgas oder von regenerativ erzeugtem Methan. Zur Beplanung der konkurrierenden Raumansprüche erscheint eine unterirdische Raumordnung als sinnvoll.