

### Toxikologische Risiken der CCS-Technologie

Marcus Hillebrand\*, Axel Hahn

Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin  
(\*M. Sc.; Absolvent im Studiengang Toxikologie)

Die mit der Abkürzung CCS bezeichnete *Carbon-Capture-and-Storage*-Technologie dient dazu CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermindern, um den Klimawandel zu mildern und wird weitläufig diskutiert. Sie gliedert sich in die Prozesse der Abscheidung, des Transportes und der Speicherung.<sup>1</sup>

### Abscheidung

Im ersten Teilschritt des CCS-Prozesses soll CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas entfernt und in eine möglichst reine Form gebracht werden (Abscheidung). Hierfür existieren verschiedene Verfahren. Von diesen hat der sog. *post-combustion*-Prozess toxikologische Relevanz, weil bei ihm verwendete Alkoholamine mit dem Abgas in die Atmosphäre gelangen. Die Alkoholamine selber stehen nur mit geringen Risiken in Assoziation, sie werden aber zu verschiedenen Degradationsprodukten abgebaut. Die u.a. entstehenden stark kanzerogenen Nitrosamine und Nitramine erreichen Konzentrationen, die im *worst-case*-Szenario zu human- und ökotoxikologisch relevanten Grenzwertüberschreitungen führen. Es besteht daher Handlungsbedarf, die Emission zu verringern.

### Transport

Nach der Abscheidung wird CO<sub>2</sub> – meist im überkritischen Aggregatzustand per Pipeline – zum Speicherort transportiert. Bei Unfällen (bspw. dem Bruch einer Pipeline oder sog. *blowouts*) besteht unter ungünstigen meteorologischen Bedingungen (z.B. neblige, windstille Nacht) die Möglichkeit, dass Menschen insb. Arbeiter mit großen CO<sub>2</sub>-Mengen exponiert werden. Die auftretende akute CO<sub>2</sub>-Intoxikation geht einher mit einer Atemstimulation und führt zunächst zu Benommenheit, Kopfschmerzen, Verwirrtheit und Dyspnoe (ab 5% CO<sub>2</sub>). Höhere Konzentrationen (ab 10%) lösen Hypertonie, Bewusstseins- und Orientierungsverlust sowie Erbrechen innerhalb von Minuten aus und bei über 17% treten Krämpfe, Bewusstlosigkeit und Tod innerhalb von Sekunden ein. Das Vorkommen von Störfällen wird beim Bau eines großen Pipelinenetzwerkes (laut Literatur ca. 21.000 km in Europa) als wahrscheinlich angesehen (0,7-6,1 Vorfälle pro 10.000 km pro Jahr). Schätzungen derjenigen Distanz zum Unfallort, bei der individuelle Risiken eintreten, schwanken zwischen <1 m und 7,2 km. Eine adäquate medizinische Versorgung (hyperbare O<sub>2</sub>-Therapie) bei Massenintoxikationen wird derzeit nicht gewährleistet. Findet ein Kotransport hoher H<sub>2</sub>S-Konzentrationen (2%) im CO<sub>2</sub>-Strom statt, führt

dies zur Ausweitung etwaiger Sicherheitsabstände – wegen der inhärent höheren Toxizität von H<sub>2</sub>S.

### Speicherung

In Bezug auf die Speicherung werden bisher u.a. unerreichbare Kohleflöze, ausgeförderte Erdöl- und Erdgasfelder sowie saline Aquifere (tiefe poröse solesführende Felsformationen, die Salzlauge oder gesättigte Formationswasser enthalten) diskutiert. Die Risiken schwanken je nach Speicheroption. Bei entleerten Kohlenwasserstofflagerstätten besteht die Möglichkeit, dass CO<sub>2</sub> – oder vorhandene Kontaminanten – über undicht verschlossene oder unerkannte alte Bohrlöcher an die Oberfläche gelangen. Bei salinaren Aquiferen bilden Verwerfungen mögliche Leckagerouten. Im Falle von Speicherleckagen kann sich CO<sub>2</sub> in Senken wie z.B. Kellerräumen sammeln, was bei unzureichender Belüftung in einer chronischen Vergiftung mündet. In Bezug darauf wurde für das Eindringen in Häuser eine Grenzleckagerate von 5,4 kg·Tag<sup>-1</sup> hergeleitet. Sowohl Leckagen aus undicht verschlossenen Bohrlöchern als auch aus Verwerfungen haben im *worst-case* das Potenzial CO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen auszulösen. Simulationen zeigen jedoch, dass Abschwächungsmechanismen zumindest bei Bohrlochleckagen die Ergebnisse relativieren. Monitoringmaßnahmen und Aufklärungsarbeit tragen ebenfalls zur Risikominimierung bei. Zur Ökotoxikologie von CO<sub>2</sub> liegen grundlegende Daten vor, aber diese genügen nicht für eine akkurate Risikoabschätzung. Bei den Kontaminanten stehen insb. Radon (Rn), Arsen (As) und Blei (Pb) in der Rede. In Simulationen wurde gezeigt, dass As und Pb unter den Spurenelementen das größte Potenzial haben bei einer Freisetzung Grenzwerte in Trinkwassern zu überschreiten. Hierbei spielen vor allem die im Reservoir vorhandenen Mengen eine tragende Rolle. In Ciampino (Naturalog der CO<sub>2</sub>-Speicherung in Italien) besteht zwischen CO<sub>2</sub>-Austritten und Rn, einem lungenkanzerogenen Gas, eine enge Assoziation, was Bedenken auslöst, wenn diese für Speicherstätten/-leckagen verifiziert wird.

### Schlussbetrachtung

Insgesamt besteht unmittelbarer Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Kontaminanten, des akuten Katastrophenschutzes und der Risikobewertung. Zum jetzigen Zeitpunkt reicht die Datenlage nicht aus, um die CCS-Technologie zu etablieren. Es wird angeraten die Bevölkerung frühzeitig und ausreichend in die Risikobewertung einzubeziehen.

Marcus Hillebrand: Bewertung der human- und ökotoxikologischen Risiken der *Carbon-Capture-and-Storage*-Technologie. Masterarbeit im Rahmen des Masterstudienganges Toxikologie (November 2011).