



Riskante Optionen zum Klimaschutz: Carbon Capture and Storage (CCS)

Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Februar 2012

1. Einleitung

Mit dem Gesetzentwurf zu Carbon Capture and Storage (CCS) hat sich die Bundesregierung in ein Abenteuer der Technologiepolitik gestürzt, dessen Ausgang sowohl politisch als auch technologisch völlig offen ist. Konkret liegt nun der zweite Anlauf für ein CCS-Gesetz vor, das zwar im Bundesrat bisher gescheitert ist, um das aber immer noch im Vermittlungsausschuss gerungen wird – auf welcher Basis blieb bisher im Dunkeln. Dieser Entwurf sollte die Erforschung, Erprobung und Demonstration einer Technik ermöglichen, deren Ziel die „grüne“ Kohle sein soll. Das heißt eine Technik, bei der der Hauptnachteil der schwarzen Kohle, das bei der Verbrennung entstehende CO₂ abgeschieden (capture) und anschließend im Untergrund verschwinden (storage) soll. Was sich anhört wie ein Märchen aus Tausend und einer Nacht, ist tatsächlich eine Geschichte von Hoffnungen, Wünschen und Illusionen.

Bedauerlicherweise wurde die Technik von höchster wissenschaftlicher Stelle, z.B. vom Chef des Potsdam Instituts für Klimafolgenabschätzung, Hans Joachim Schellnhuber, als besonders vorteilhaft für den Klimaschutz herausgestellt. Er führt aus, dass es ohne CCS keine Chance gäbe, das EU-Ziel der Begrenzung der Erderwärmung auf zwei Grad zu halten.

Doch hat diese Unterstützung dem ersten Gesetzentwurf der großen Koalition nicht geholfen. Gescheitert ist er am Widerstand von Bürgern in Schleswig-Holstein, die sich nicht als Versuchskaninchen für die CO₂-Untergrundlagerung zur Verfügung stellen wollten. Damit hat die damalige EU-Ratspräsidentin und Kanzlerin Angela Merkel eine herbe Niederlage einstecken müssen. Sie hatte die in 2008 verabschiedete EU-Richtlinie zu CCS in deutsches Recht auf Druck der Energiekonzerne möglichst schnell umsetzen wollen.

Tatsächlich ist aber das Plädoyer für die CCS-Technik eine der schwächsten energiepolitischen Ideen der letzten Jahre. Nach allen Abschätzungen vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), vom Umweltbundesamt (UBA) und von Organisationen wie der Deutschen Umwelthilfe u.a., zuletzt auch vom Wissenschaftlichen Beirat für Globale Umweltgefahren (WBGU) ist kein neues Kohlekraftwerk und weder eine Verlängerung der Laufzeiten von Atomkraftwerken noch die Beibehaltung des jetzigen Restbestandes dieser Energie-Dinosaurier nötig - bei einem zügigen und unbehinderten Ausbau der Erneuerbaren Energiequellen. Daneben besitzt die CCS-Technik erhebliche Fußangeln und Risiken, wie im Folgenden gezeigt wird.

Der SRU führt z.B. aus: „Es bestehen berechnete Zweifel, ob es sich bei CCS im Vergleich zu anderen Klimaschutzoptionen um eine kosteneffiziente Lösung handelt.“

2. Technik und Methodik

2.1 CO₂-Abscheidung

Das CO₂ tritt in den Abgasen von Kohlekraftwerken in Konzentrationen von 3 – 14 % auf. Jährlich emittiert ein Großkraftwerk (ab ca. 600 Megawatt elektrischer Leistung) über 5 Mio. Tonnen CO₂, die aus etwa 50 Mio. Tonnen Rauchgasen herausgefiltert werden müssen! An Hand dieser Zahlen wird deutlich, welcher Aufwand, technisch und ökonomisch, es bedeuten wird, die Konzentration von 3 auf über 90 % anzuheben. Vor allem ist für den Konzentrationsschritt ein erheblicher Energieaufwand (mindestens 10 % der Kraftwerksleistung) nötig. Und ca. 10 % des CO₂-Stroms entweichen weiterhin. Bei gleicher Leistung von Kraftwerken mit und ohne CCS sind 25% mehr Kohle nötig, was eine zusätzliche „Produktion“ von 25 % mehr CO₂ bedeutet.

Für das Verfahren der Abtrennung stehen drei Methoden zur Verfügung, die Aussicht auf Verwirklichung haben könnten. In allen drei Fällen wird selbstverständlich die erwähnte zusätzliche Energie benötigt und in allen drei Fällen bedeutet eine Verwirklichung den zusätzlichen Bau einer Chemiefabrik in der Größe des benachbarten Kraftwerkblocks. Die grobe Mengenabschätzung zeigt: Mit der CCS-Technik werden Großkraftwerke noch weniger flexibel, sowohl bei der täglichen Bereitstellung von Strom als auch auf Dauer betrachtet. Einmal investiert, muss sich die Großfabrik für Jahrzehnte lohnen.

Während die Methode des „Post Combustion Capture“ das klassische Kraftwerk und die klassische Chemie vereint und daher für Nachrüstungen geeignet ist, stellen die beiden anderen Methoden mehr oder weniger technisches Neuland dar.

Bei den Abtrennungsmethoden sind es vor allen Dingen die ungeheuren Mengen an CO₂ und Verunreinigungen in den Rauchgasen, die zu beachten sind und die Probleme bereiten. Unter diesen Bedingungen wird verständlich, dass jede durch CCS eingesparte Tonne CO₂ die Kraftwerksbetreiber nach einer Prognose der Inter-

nationalen Energieagentur zwischen 40 und 90 € kosten würde. Das ist deutlich mehr als der Tonnenpreis für CO₂, der gegenwärtig im europäischen Emissionshandel gezahlt wird. Nach dem heutigen Stand der Technik ist also klar: CCS rechnet sich nicht. Zu einem ähnlich vernichtenden Urteil kam das Berliner Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) mit der Feststellung, es sei zu teuer, um wettbewerbsfähig zu sein.

2.2 CO₂-Transport

Wie schon ausgeführt, fallen in Großkraftwerken je nach Leistung pro Jahr zwischen 5-10 Millionen Tonnen CO₂ an. Diese Mengen können wirtschaftlich nur in Pipelines transportiert werden.

Zu erwähnen ist noch, dass das CO₂ im überkritischen Zustand transportiert werden muss (Druck: über 70 bar; Temperatur: unter 30 Grad C), damit die Reibung in der Pipeline nicht zu hoch wird und die Millionen Tonnen Gas sich überhaupt bewegen.

Der Transport erfordert selbstverständlich zusätzliche Energie: Der Kompressionsdruck muss über die Länge der Pipeline aufrecht erhalten werden. Der Stahl muss gegenüber den korrosiven Eigenschaften des CO₂-Stroms entsprechend veredelt sein. Dies ist ein weiterer Kostenfaktor.

Transport und Speicherung gehörten eigentlich unter das Regime der Störfall-Verordnung. Darauf wurde bisher verzichtet. Dies ist gegenüber den Risiken des korrosiven Gasgemisches und seinen Erstickungswirkungen als Gas, das schwerer als Luft ist, sich z.B. in Kellern, Tiefgaragen, Niederungen, usw. sammeln kann, alles andere als angemessen.

2.3 CO₂-Speicherung

Wie kompliziert und damit risikoreich die Stufe der Speicherung von CCS-CO₂ ist, kann daran ersehen werden, dass die Bundesregierung allein für den Komplex Speicherung sechs Rechts-Verordnungen zum Gesetzentwurf erlassen will.

Für die Politiker, die bisher auf die CCS-Idee hereingefallen sind, sieht das Verfahren sehr einfach aus: Das flüssige CO₂ wird unter Druck in einigen hundert Metern Tiefe in ein poröses Gestein gepresst. Dort verbleibt es unter dem Gesteinsdruck auf „ewige Zeiten“. Dieser Illusion kann schnell ein Ende bereitet werden, wenn man sich die Parameter vergegenwärtigt, die bisher noch nicht erfasst wurden. In dieser Hinsicht ist die Demonstrationsverpressung in Ketzin, wo 60.000 Tonnen CO₂ über einige Jahre verpresst werden sollen, nur als Reagenzglasversuch zu bewerten angesichts der Millionen Jahrestonnen eines einzigen Kraftwerks.

Folgende Parameter müssen für die Beurteilung eines Speichers erfasst werden:

- ◆ Die Speicherkapazität, die Menge CO₂ pro Flächen- und Volumeneinheit, die übrigens in Deutschland nur noch auf maximal 15 Mrd. Tonnen angenommen wird. Für 30 Jahre würden 9 Mrd. Tonnen Speicherkapazität benötigt. Hierzu wird die Injektionsrate vom Wuppertal-Institut auf lediglich ca. 60 Mio. t/a angenommen, was aber nur 20 % der Gesamtemissionen wären.
- ◆ Die Flächen- und Tiefenausdehnung;
- ◆ Der Umfang der Verdrängung des salzhaltigen Wassers aus den Gesteinsporen in welchen Mengen und wohin;
- ◆ Druck und Temperatur der CO₂-Phase in Abhängigkeit von der Entfernung zum Injektionsort;
- ◆ Durchlässigkeit der geologischen Deckschichten in der Gesamtfläche;
- ◆ Die Diffusionsgeschwindigkeit des CO₂ in den Deckschichten;
- ◆ Anzahl, Zustand und Durchlässigkeit der alten Bohrlöcher (in der Altmark über 400; bei Beeskow und Neutrebbin wahrscheinlich in ähnlicher Größenordnung);
- ◆ Risse, Klüfte, sogenannte Fenster in den Deckschichten und andere Unregelmäßigkeiten im Deckgestein;
- ◆ Natürliche und anthropogene Verbindungen zur Erdoberfläche, die zu Leckagen führen können;
- ◆ Entwicklung von Messmethoden für die genannten Parameter;

- ◆ Boden-Luft-Analysen über dem Speicherfeld, im Grundwasser- und Trinkwasser-Horizonten usw.

Den Wissenschaftlern, die sich bisher mit der Problematik befasst haben, muss vorgeworfen werden, dass sie eine Illusion verbreiten. Sie machen glauben, der geologische Untergrund ließe sich betrachten wie ein chemischer Reaktionskessel mit einem Deckel. Wie bei diesem ließen sich die Untersuchungsergebnisse z.B. aus dem Pressversuch in Ketzin (Brandenburg) mit 60 000 Tonnen CO₂ (bisher in Lebensmittelqualität mit 99,9% CO₂) in einem nächsten Schritt auf mehrere Millionen Tonnen übertragen.

3. Risiken

Das Hauptrisiko ist in den Eigenschaften des CO₂ zu suchen. Es ist zwar nicht besonders giftig und wird deswegen bisher nicht von der Störfall-VO erfasst. Es ist jedoch 1,5 mal schwerer als Luft und ist daher seit über hundert Jahren als Arbeitsplatzgefahr bekannt (vom Winzerkeller über Feuerlöschriskiken bis zur modernen Biogasanlage).

Über dem kritischen Druck von 74 bar ist es eine dichte Flüssigkeit, aber mit den Eigenschaften eines Gases, sodass es in diesem Zustand am besten per Pipeline transportiert werden kann.

CO₂ wirkt schon ab 2 % leicht narkotisch, ab 5,5 % gibt es Atembeschwerden, Kopfweh und beschleunigten Herzpuls, ab 6,5 % erzeugt es Verwirrtheit und bei Konzentrationen größer als 7-10 % können schwere toxische Wirkungen ausgelöst werden. In diesem Konzentrationsbereich führt der fehlende Sauerstoff zu Todesfällen.

Längs der gesamten CCS-Strecke – von der Abscheidung bis zum Speicher können schlagartige oder schleichende Freisetzungen stattfinden mit im schlimmsten Fall tödlichen Folgen.

3.1 CO₂-Abscheidung

Bei der CO₂-Abscheidung sind die „normalen“ Risiken einer Chemiefabrik zu realisieren, in der neben hochkonzentriertem CO₂ je nach Abscheide-Technik große Mengen an den Druckgasen Wasserstoff und Sauerstoff vorgehalten bzw. gespeichert werden müssen. Ein besonderes Risiko mit Folgen für Transport und Speicherung stellt der Schlupf von Verunreinigungen des CO₂ dar, die normalerweise in den Rauchgasen eines Kraftwerks enthalten sind. Wie hoch dieser Schlupf aus den Rauchgasreinigungsschritten letztlich sein wird, ist noch unbekannt. Optimistisch geht man von 0,3 % aus. Das sind aber pro Jahr bei einem CCS-Kraftwerk zwischen 15 und 30 Tausend Tonnen, die zusammen mit dem CO₂ durch die Leitungen in den geologischen Untergrund gepresst werden sollen. In diesen Verunreinigungen sind stark korrosive Stoffe enthalten wie Schwefeloxide, Salzsäure, Flusssäure, aber auch Quecksilber usw., die zusammen mit dem CO₂ den Stahl der Pipeline und die mit ihr verbundenen Apparate und Anlagen angreifen werden.

Auch der Wassergehalt wird zu einem Problem, weil dessen Größe die Fließeigenschaften des CO₂ bestimmt.

3.2 CO₂-Speicherung

Am riskantesten ist der CCS-Speicher, der ein **offenes** geologisches System darstellt und nicht lückenlos überwacht werden kann. Dessen Langzeitsicherheit, nämlich „vollständige Rückhaltung auf unbegrenzte Zeit“ (Gesetzentwurf) kann grundsätzlich nicht gewährleistet werden aus folgenden Gründen: Das sind potenzielle Leckagewege, der Umfang von möglichen Leckagen kann nicht abgeschätzt werden, ebenso langsame Diffusionsprozesse durch die Deckschichten, sowie die Verdrängung von im Speicher vorhandenem salzhaltigem Wasser in Grund- bzw. Trinkwasserhorizonte.

Die Bundesregierung hat offensichtlich aus Gründen der Akzeptanzsicherung in der Bevölkerung drauf verzichtet, folgende

notwendigen Punkte im Gesetzentwurf festzulegen:

- ◆ Den Speicher unter die Sicherheitsanforderungen der Störfall-Verordnung fallen zu lassen;
- ◆ Eine Sicherheitszone um den Injektionsort zu fordern, wie dies für Speicher im Meer gilt;
- ◆ Flächendeckende Boden-Luft-Messgeräte in Kellern, Tiefgaragen usw. zu fordern und
- ◆ Flächendeckende Messungen von Grundwasser-Parametern zur Erfassung erster Spuren von CO₂ einzufordern.

Skandalös ist weiter, dass weder die Bundesregierung noch die Befürworter der CCS-Technologie **noch nicht das Dilemma erkannt haben wollen, das zum AUS für CCS führen sollte:**

Je genauer man erfassen und messen will, wo und wie das CO₂ im Untergrund gelagert ist, umso unsicherer wird die Lagerung selbst durch jede zusätzliche Messbohrung.

Ein weiteres Risiko besteht darin, dass die Ausdehnung des befüllten Speichers größer als die beantragte und genehmigte Fläche wird. Das kann dazu führen, dass konkurrierende Nutzungen in der weiteren Nachbarschaft, wie Geothermie, Druckluftspeicherung, Erdgasspeicherung, usw. behindert werden.

Eine weitere Folge ist, dass die Gesamtkapazität der Speicher nicht beziffert werden kann, sodass völlig unklar ist, ob in Deutschland überhaupt die anfallenden Milliarden Tonnen gespeichert werden können.

Möglich ist auch der Austritt von CO₂ oder Wasser aus den Speicherschichten an weit von der Injektion entfernten Stellen – z.B. mitten in Berlin in einem Tiefgeschoß, wenn in Beeskow injiziert werden sollte.

Ein weiteres Langzeitrisiko ist das langsame Ausgasen des Speichers, was zu einem zusätzlichen Treibhauseffekt führen würde, womit der „Klimaschutzeffekt“ von CCS und der ganze Aufwand dazu zunichte gemacht wären.

4. Ansätze für die Normung

Ansätze für die Normung im CCS-Prozess können vielfältige gefunden werden:

Die Konzentrationswerte bei der Abscheidung sowohl für CO₂ als auch für die möglichen Verunreinigungen bieten sich unmittelbar an. Auch Maximalwerte für die Effizienzminderung eines Kraftwerks durch die zusätzliche CCS-Technik sowie ein Maximalwert für die verbleibende Emission von CO₂ sind denkbar.

Beim Transport könnte der zusätzliche Energiebedarf durch Normung begrenzt werden. Aus Sicherheitsgründen sollten die Stahleigenschaften für den Transport normiert werden. Für den Speicher sollte die ganze Palette von Parametern, die ausschlaggebend sind für seine Langzeitsicherheit einer Normierung unterzogen werden.

Schließlich sollte das gesamte Verfahren hinsichtlich seiner Klimaschutz-Funktion über Normungsparameter mit den alternativen Möglichkeiten, wie dem konsequenten Ausbau der regenerativen Energiequellen verglichen werden können.

Auch sollte mit Hilfe der Normungsparameter ein realer Kostenvergleich verschiedener Optionen zum Klimaschutz ermöglicht werden.

5. Fazit

Für die weitere Nutzung der klimakritischen Kohleenergie wird ein über Tausende von Jahren sicheres Endlager weder zu finden, noch zu betreiben sein. Es lassen sich Störanfälligkeiten nicht mit letzter Sicherheit ausschließen, sodass die grundgesetzlich garantierte Unverletzlichkeit der Person nicht gesichert werden kann (Grundgesetz Artikel 2 Absatz 2). Es wird dem Staat zudem nicht möglich sein, den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen – auch in Verantwortung für die künftigen Generationen – zu garantieren (Grundgesetz Artikel 20a), es sei denn durch ein Verbot des CCS-Verfahrens.

Hier muss daran erinnert werden, dass die US-amerikanische Umweltbehörde EPA einundfünfzig Freisetzungseignisse von CO₂ dokumentiert hat, bei denen zwischen 1975 und 2000 72 Personen getötet und 145 Personen verletzt wurden. Auch ein Großschadensereignis mit mindestens 1700 Toten durch die vulkanische Freisetzung 1986 von etwa 1,6 Millionen Tonnen CO₂ in Kamerun ist zu registrieren.

Schlecht verarbeitete Rohre, falscher Stahl an Flanschen und Apparaturen, deren andauernde Korrosion, Defekte an Pumpen und elektronischen Mess-Einrichtungen, usw. und letztlich undichte geologische Schichten des unterirdischen Endlagers können jederzeit zur Freisetzung des erstickend, und damit tödlich wirkenden CO₂ führen.

CCS ist energiepolitisch völlig überflüssig. Es zementiert eine überholte Energiepolitik mit zentralen Großkraftwerken und verlängert die klimaschädliche Kohlenutzung. Die nötigen Investitionen für einen grundsätzlichen Systemwechsel, eine dezentrale, rekommunalisierte und regenerativ ausgerichtete Energieversorgung auf der Basis von intelligenten Netzen und Speicherungen wird behindert.

Mit CCS wird zudem ein Gefahrenpotential aufgebaut, das leicht – durch Verzicht – vermeidbar wäre.