

Dr.habil. Ralf E. Krupp
Flachsfeld 5
31303 Burgdorf

Telefon: 05136 / 7846 — e-mail: ralf.krupp@cretaceous.de

Deutscher Bundestag
Ausschuss f. Umwelt,
Naturschutz u. Reaktorsicherheit

Ausschussdrucksache
17(16)265-A

Öffentliche Anhörung - 06.06.2011

23.05.2011

An:

Deutscher Bundestag
Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit -PA 16-
Platz der Republik 1
11011 Berlin

20.05.2011

Stellungnahme zu CCS, Anhörung im Umweltausschuss am 06.06.2011

Sehr geehrte Damen und Herren,

für die Einladung zur Abgabe einer Stellungnahme im Umweltausschuss bedanke ich mich. Vorab schicke ich Ihnen eine schriftliche Kurzfassung mit den wesentlichen Inhalten (Anlage 1), die Sie auch zu Ihren Zwecken öffentlich verwenden dürfen.

Mit freundlichen Grüßen,



Ralf Krupp

/ Anlage 1

Stellungnahme zur Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid (CCS)

Die EU-Richtlinie 2009/31/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 sieht die Abscheidung von Kohlendioxid (CO₂) aus fossil befeuerten Kraftwerken und Industrieanlagen und seine Speicherung im geologischen Untergrund als einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgase vor.

Die CCS Technik wirft jedoch eine Reihe grundlegender Fragen auf, die eine breite Anwendung, zumindest in Deutschland, in Frage stellen. Dies sind:

1. Die Ineffizienz der CCS-Technik.

Die CCS-Technik ist sehr energieaufwändig und verzehrt somit einen großen Anteil der erzeugten elektrischen Energie selbst. **Abbildung 1** zeigt die ungefähre Aufteilung der eingesetzten Primärenergie für ein konventionelles Braunkohlekraftwerk (ohne CCS) im Vergleich zu einem Braunkohlekraftwerk mit CCS. Bei gleicher eingesetzter Braunkohlemenge wird der verfügbare Strom-Output ungefähr halbiert.

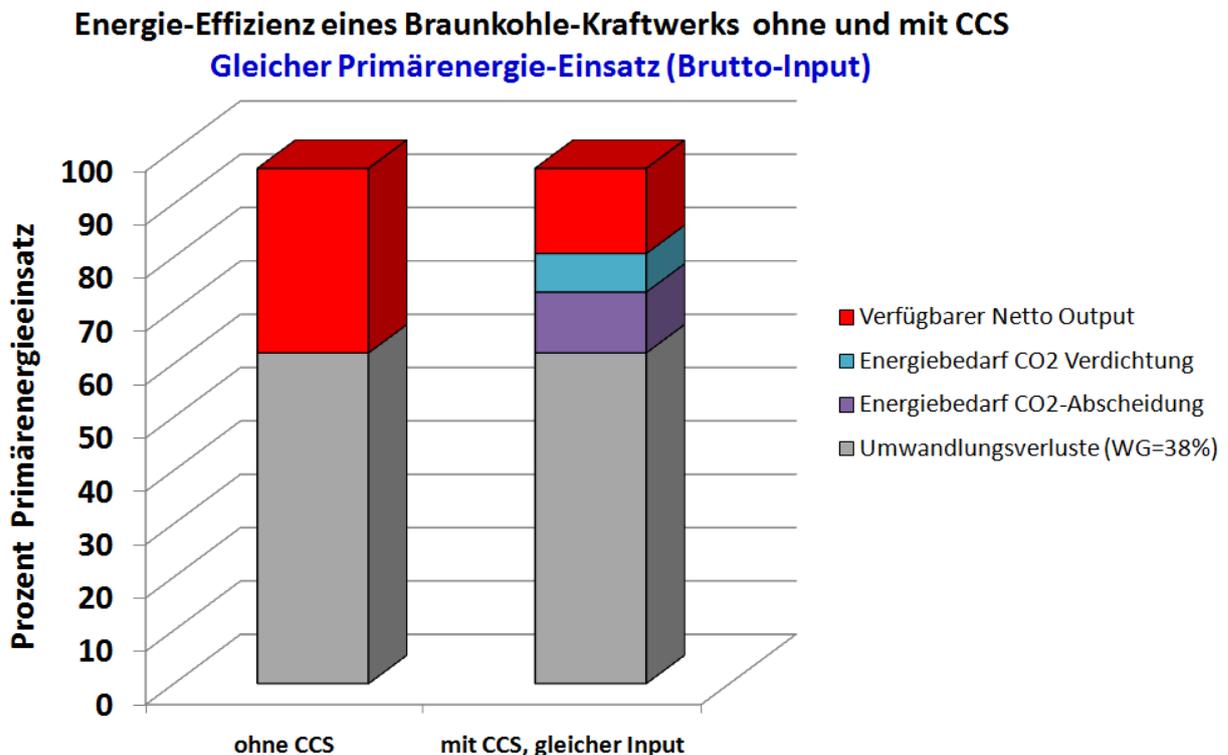


Abbildung 1 – Verminderte Stromausbeute durch CCS bei gleichem Primärenergie-Einsatz.

Dieser für die Stromkunden nicht mehr verfügbare Eigenbedarf müsste durch zusätzliche Kraftwerke ausgeglichen werden. Bei gleicher eingespeister Strommenge ins Verteilernetz (**Abbildung 2**) müsste man den Primärenergie-Einsatz daher etwa verdoppeln.

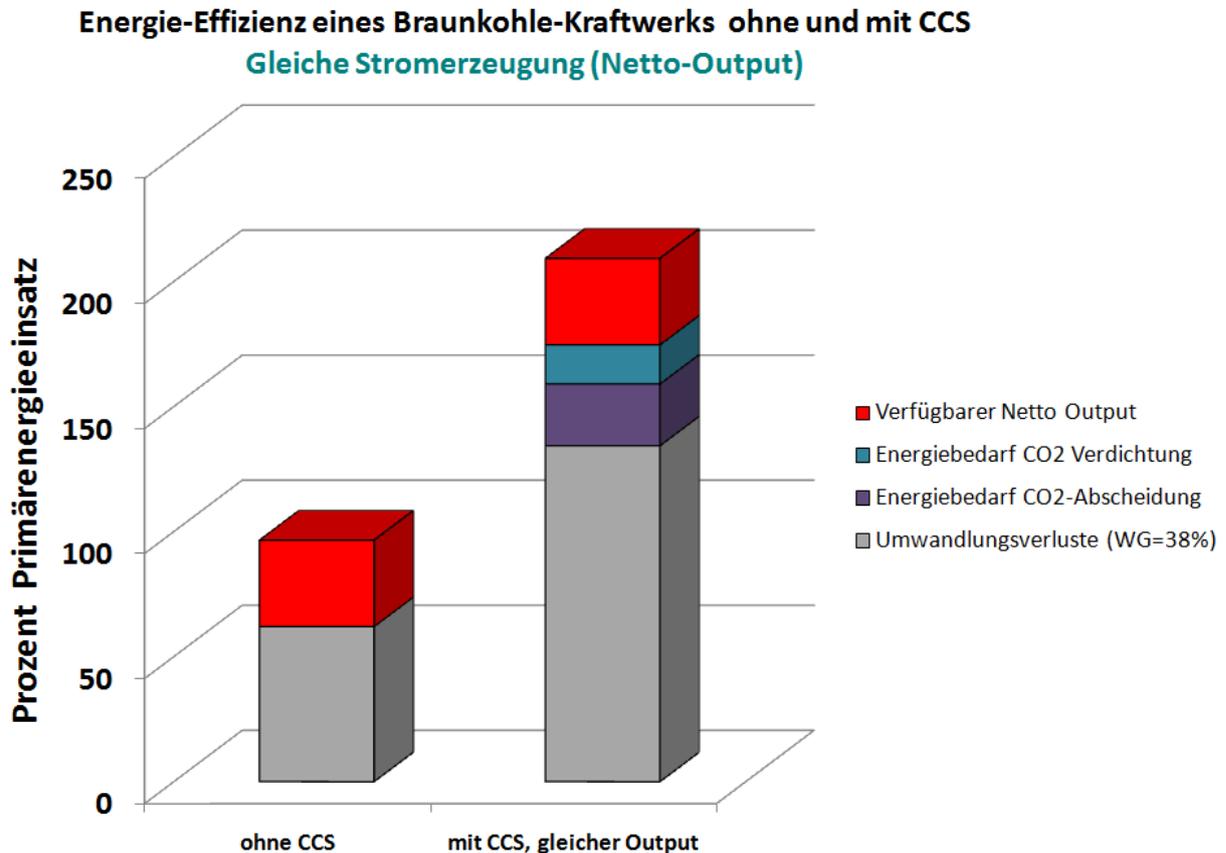


Abbildung 2 – Erhöhter Primärenergie-Einsatz bei gleicher erzeugter Strommenge.

Der Mehrbedarf an Primärenergie resultiert aus der notwendigen Energie für die Abscheidetechnik im Kraftwerk (ca. 30 Prozent der erzeugten elektrischen Energie) und aus der Energie für die Verdichtung und den Pipelinetransport des CO₂ (ca. 19 Prozent der erzeugten elektrischen Energie). Den Berechnungen liegt der derzeitige mittlere Wirkungsgrad deutscher Braunkohlekraftwerke von 38 % zugrunde.

Proportional zu dem erhöhten (doppelten) Primärenergieeinsatz würden sich auch z.B. die folgenden Größen verändern:

- Anzahl der notwendigen Kraftwerke
- Kühlwasserbedarf (Kühltürme, Fluss-Erwärmung)
- Anfall von Rauchgasreinigungsrückständen, Kraftwerksaschen (Sondermüll) etc.
- Größe der Braunkohle-Tagebaue und Steinkohle-Tagebaue (in den Export-Ländern)
- Methan-Emissionen aus Kohletagebauen
- Quantitative und qualitative Grundwasserschäden durch Kohletagebaue und Kippen.
- Landschaftsverbrauch
- Produktion (nicht Emission) von CO₂

Neben der energetischen Effizienz ist auch die Klimawirksamkeit von CCS nicht überzeugend: Die Abscheidegrade für CO₂ werden auf ca. 85 Prozent (80 bis 90 Prozent) geschätzt, wobei der CO₂-Schlupf tendenziell umso größer wird, je höher die Anforderungen an die CO₂-Reinheit sind. Bei der doppelten anfallenden CO₂-Menge (s.o.) ist die absolute Menge des nicht abgeschiedenen CO₂ daher ebenfalls doppelt so groß und entspricht, bezogen auf ein konventionelles Kraftwerk ohne CCS, effektiv nicht 15, sondern 30 Prozent.

Außerdem müssen die ungefähr verdoppelten Methanemissionen aus dem verdoppelten Tagebau-Betrieb und die verdoppelten bergbau- und transportbedingten CO₂-Emissionen berücksichtigt werden, die durch CCS nicht erfasst werden können. Methan ist ein 25-fach wirksameres Treibhausgas als CO₂. Die Kenntnisse über spezifische Methanemissionen aus Kohletagebauen sind insgesamt unbefriedigend.

Insgesamt liegt die Minderung der in die Atmosphäre abgeleiteten Treibhausgas-Emissionen daher nicht bei 100 Prozent, sondern nur bei rund 60 Prozent. Für die restlichen ca. 40 Prozent Treibhausgas-Emissionen müssten demnach, trotz CCS-Technik, Emissions-Zertifikate erworben werden.

2. Konsequenzen der Verdrängung saliner Formationswässer

Das schwerwiegendste Problem der Verpressung von CO₂ in saline Aquifere (salzwasserführende Gesteinsschichten) liegt in der Verdrängung der zumeist hoch salzhaltigen (bis 350 Gramm Salz pro Liter) Formationswässer. Bei einer Dichte des CO₂ von ca. 0,6 t/m³ verdrängen 0,6 Tonnen CO₂ jeweils einen Kubikmeter Salzwasser. Die Verdrängung ist unter realen geologischen Gegebenheiten der einzige relevante Mechanismus zur Raumschaffung für das CO₂.

Das durch die Injektionsmaßnahme unter Überdruck gesetzte Formationswasser wird die erste sich bietende Wegsamkeit (z.B. geologische Störung) nutzen um in Richtung geringeren Drucks, also nach oben, zu entweichen (**Abbildung 3**). Die Verdrängung der salinen Formationswässer durch das CO₂ ist keine hypothetische Möglichkeit oder ein „Restrisiko“, sondern sie ist eine zwingende physikalische Folge der CO₂-Verpressung, die mit Sicherheit eintreten wird.

Wegen seiner gegenüber Süßwasser höheren Dichte wird sich das Salzwasser in den oberflächennahen, Süßwasser führenden Schichten ausbreiten, seinerseits Teile des Süßwassers verdrängen und durch Vermischung versalzen. Jeder Liter Salzwasser kann so, durch Überschreitung des Chlorid-Grenzwertes der Trinkwasserverordnung (250 mg/L Cl), bis zu 1000 Liter Süßwasser verderben. Nimmt man auf Grundlage der geschätzten deutschen CCS-Speicherkapazitäten (BGR, 2010) eine verpressbare Menge von rund 10 Mrd. Tonnen CO₂ an, so wäre das verdrängte Salzwasser-Volumen etwa 17 Mrd. Kubikmeter oder 17 km³. Bei einem Versalzungspotential von 1:1000 könnten theoretisch bis zu 17 000 km³ Süßwasser vernichtet werden (Bodensee: 49 km³).

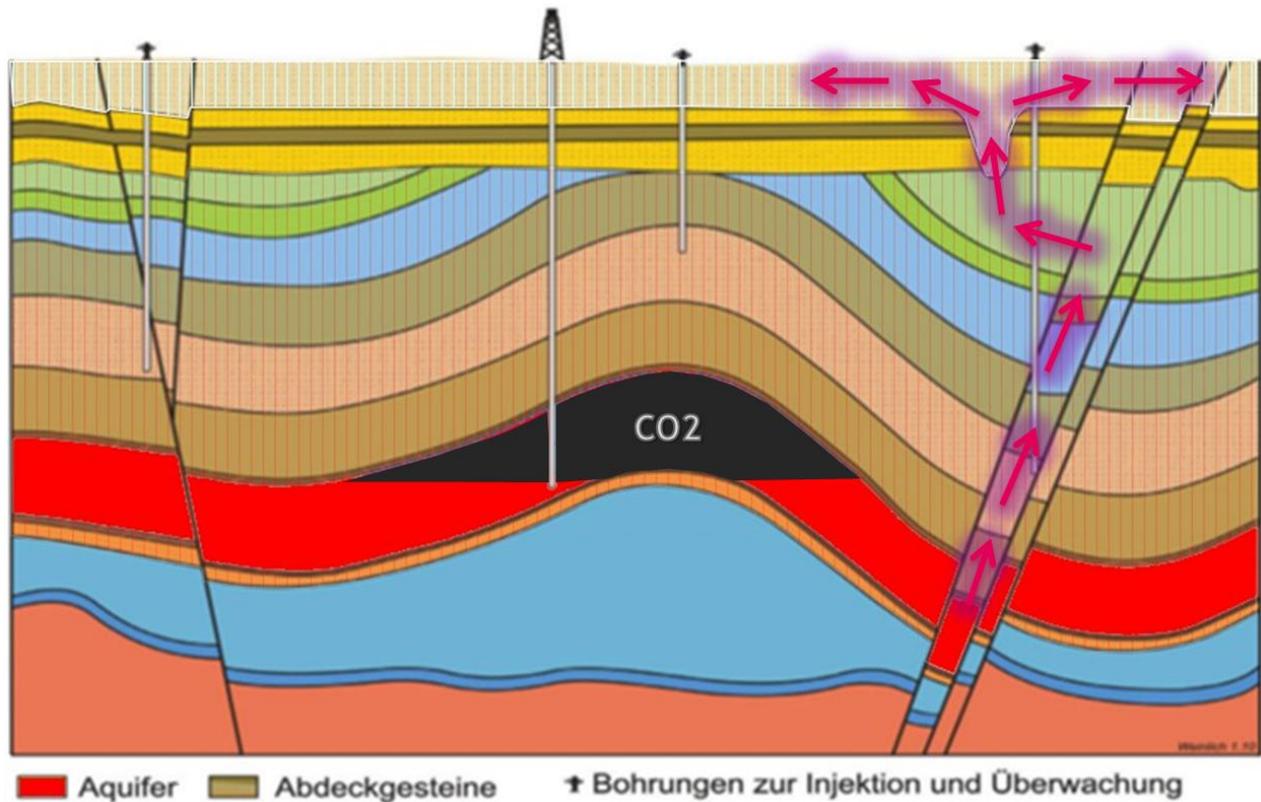
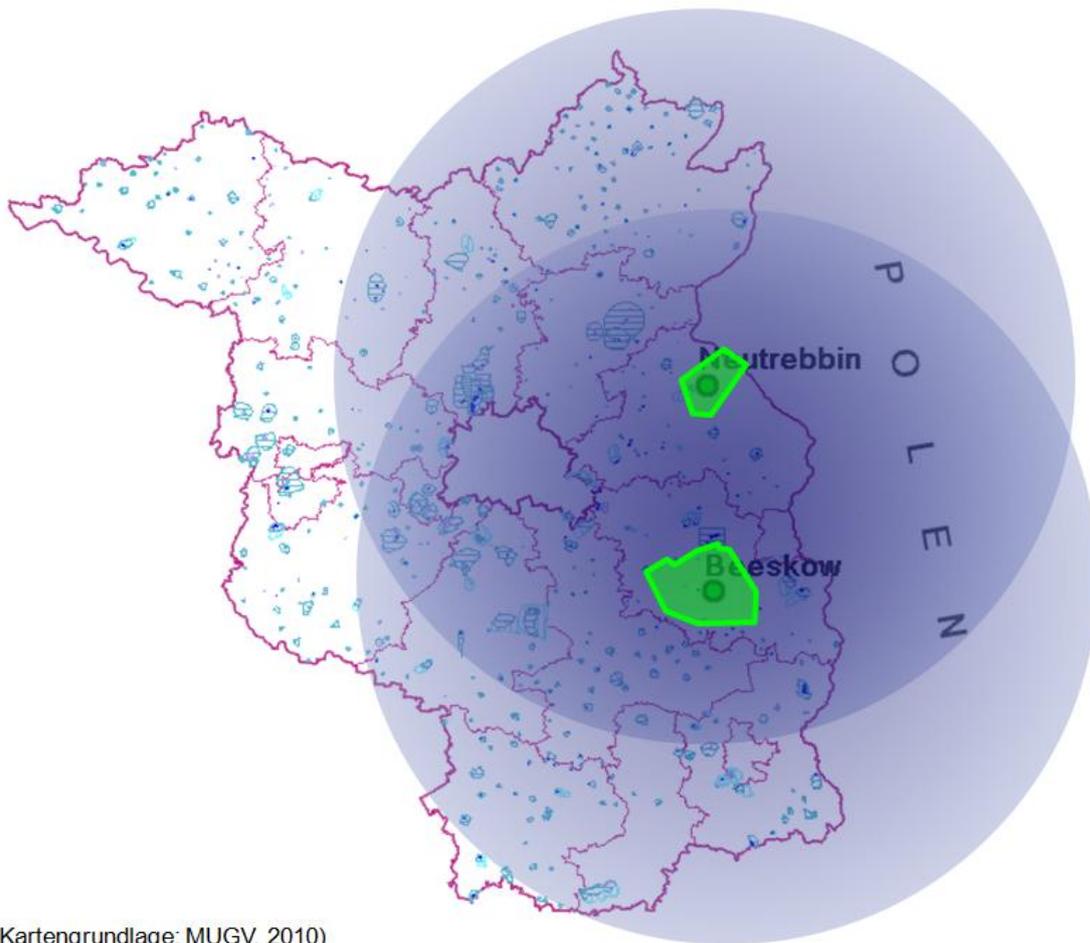


Abbildung 3 – Schematischer Schnitt durch einen CO₂-Speicher in einer Antiklinalstruktur (kuppelförmige Aufwölbung) über einem Salzkissen. Mit Platznahme des CO₂ im salinen Aquifer (rot) wird das Porenwasser aus diesem verdrängt und entweicht über eine Störungszone nach oben. Dort breitet es sich in den süßwasserführenden oberflächennahen Grundwasserkörpern aus.

Zu Salzabwasser-Aufstiegen kann es überall dort kommen, wo der Überdruck im Speicherkomplex signifikant (mehr als 1 bar) erhöht wird. Dies ist nach Studien der BGR (2010) und der GRS (2010), bei einer industriellen Nutzung der Speicher, in einem weiten Radius (Größenordnung 100 km; siehe **Abbildung 4**) um die Injektionsstätten möglich, soweit nicht bereits in kürzerer Distanz eine Druckentlastung durch Entweichen der Formationswässer erfolgt (Vgl. Abb. 3). Der Aufstieg der Salzwässer würde jedoch nicht flächenhaft, sondern eher punktuell und fokussiert entlang vorhandener vertikaler Wegsamkeiten erfolgen. Die gefährdeten Gebiete sind jedoch ohne sehr detaillierte Kenntnisse über den Untergrund nicht zuverlässig zu prognostizieren.



(Kartengrundlage: MUGV, 2010)

Abbildung 4 – Wassergewinnungsgebiete in Brandenburg. Die beiden Kreisflächen mit Radius 100 km geben einen Eindruck von dem druckbeeinflussten Gebiet um die beiden potentiellen Standorte Neutrebbin und Birkholz-Beeskow im Falle einer industriellen Nutzung der Speicher. Die grünen Flächen sind die vorgesehenen Gebiete für eine geologische Erkundung (3D-Modell) der beiden Standorte.

Literatur:

AGEB (2010) Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre 1990 bis 2009.

<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=139>

BGR (2009) Energy Resources 2009. Reserves, Resources, Availability. Crude Oil, Natural Gas, Coal, Nuclear Fuels, Geothermal Energy. Status 10.11.2009.

http://www.bgr.bund.de/cln_116/nn_337268/EN/Themen/Energie/Downloads/Energierohstoffe_2009_gesamt_en,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/Energierohstoffe_2009_gesamt_en.pdf

BGR (2010) Projekt CO₂-Drucksimulation Regionale Druckentwicklung bei der Injektion von CO₂ in saline Aquifere. Frauke Schäfer, Lena Walter, Holger Class, Christian Müller. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 15.04.2010.

[http://www.bgr.bund.de/nn_329330/DE/Themen/Geotechnik/CO₂-Speicherung/Downloads/CO₂-drucksimulation-abschlussbericht.html?nnn=true](http://www.bgr.bund.de/nn_329330/DE/Themen/Geotechnik/CO2-Speicherung/Downloads/CO2-drucksimulation-abschlussbericht.html?nnn=true)

BGR (2010) Neuberechnung möglicher Kapazitäten zur CO₂-Speicherung in tiefen Aquifer-Strukturen. Stefan Knopf, Franz May, Christian Müller und Johannes Peter Gerling. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Jg. 2010, Heft 4

[http://www.bgr.bund.de/cln_144/nn_1933780/DE/Themen/Geotechnik/CO₂-Speicherung/Downloads/ET-knopf-2010,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/ET-knopf-2010.pdf](http://www.bgr.bund.de/cln_144/nn_1933780/DE/Themen/Geotechnik/CO2-Speicherung/Downloads/ET-knopf-2010,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/ET-knopf-2010.pdf)

DEBRIV (2010) 10. Braunkohle und Klimaschutz

<http://www.braunkohle.de/tools/download.php?filedata=1173257155.pdf&filename=braunkohle09.pdf&mimetype=application/pdf>

Deutscher Bundestag (2008) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hans-Josef Fell, Bärbel Höhn, Sylvia Kotting-Uhl, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 16/9032 16. Wahlperiode, 05. 05. 2008

<http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/16/090/1609032.pdf>

Eurocoal (2010) Coal production and imports in EU-27 in 2007 in Mt.

<http://www.eurocoal.org/componenten/download.php?filedata=1219395588.pdf&filename=col%20balance%20EU%20.pdf&mimetype=application/pdf>

GRS (2009) Langzeitsicherheitsbewertung der CO₂-Untergroundspeicherung. Projekt CO₂-UGS-Risk, Abschlussbericht. Bearbeiter: Jörg Mönig, Klaus-Peter Kröhn. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Juni 2009.

[http://www.grs.de/grs-250-langzeitsicherheitsbewertung-der-CO₂-untergroundspeicherung](http://www.grs.de/grs-250-langzeitsicherheitsbewertung-der-CO2-untergroundspeicherung)

Hannappel S, Hermsdorf A, Pohl S, Rietz C, Koseck R (2007) Aufbau von Sondermessnetzen zur geogenen Grundwasserversalzung in Brandenburg. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 14 (2007), 1-10

http://www.hydor.de/downloads/Veroeffentlichungen/Aufbau_Sondermessnetze_2007.pdf

Höding T, Göthel M, Stackebrandt W (2009) Geologische Möglichkeiten für die CO₂-Speicherung in Brandenburg. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 16(1/2), 1-18.

In Salah Gas (2010) In Salah Gas Project.

http://www.insalahco2.com/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=53&lang=en

IPCC (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

Kaboth U, Rechlin B, Ginzler G (2008) Besteht für unsere Seen eine geogene Versalzungsgefahr? Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 15(1/2), 69-79.

http://www.gci-kw.de/content/software/pdf/kaboth_et_al_2008.pdf

Landtag Brandenburg (2006) Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage Nr. 1433 des Abgeordneten Wolfgang Thiel Fraktion der Linkspartei PDS. Landtagsdrucksache 4/3513 Drucksache 4/3713.

http://www.parldok.brandenburg.de/parladoku/w4/drs/ab_3700/3713.pdf

Lischeid G (2010) Landschaftswasserhaushalt in der Region Berlin-Brandenburg. Diskussionspapier 2. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Globaler Wandel – Regionale Entwicklung.

<http://z2.zalf.de/oa/e4066c19-a707-4c9b-b42e-9f2e5fd4a42a.pdf>

LBGR (2004) Atlas zur Geologie von Brandenburg im Maßstab 1:1000000. Stackebrandt W und Manhenke V (Hrsg.), 157 Seiten, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Cottbus

LUGV (2010) EU-Life-Projekt "Binnensalzstellen Brandenburg". Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg

<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.359894.de>

LUGV (2010b) Belastungsrelevante Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg – Recherche, Auswertung und Darstellung der Daten von Brunnen und Vorfeldmessstellen. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.

http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2342.de/studie_rohwasser.pdf

MUGV (2010) Wasserschutzgebiete im Land Brandenburg. Darstellung auf der Grundlage von Daten des Landes Brandenburg. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV)

http://luaplms01.brandenburg.de/wsg_www

Rechlin B (2005): Hat Brandenburg ein Salzwasserproblem? Vortrag, DVGW Fachtagung am 15.04.2005 zu „Klima und Wasserwirtschaft im Land Brandenburg“

Salzsieder B (2008) Grundwasserversalzung im Land Brandenburg.

http://www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/2008/bastian_Salzsieder.pdf

Stackebrandt W (2009) Subglacial channels of Northern Germany – a brief review.

Z. dt. Ges. Geowiss., 160/3, p. 203–210.

[ftp://mtuservix-pc.mtu.uni-](ftp://mtuservix-pc.mtu.uni-bremen.de/Anna/BalticSeaLiterature)

[bremen.de/Anna/BalticSeaLiterature](ftp://mtuservix-pc.mtu.uni-bremen.de/Anna/BalticSeaLiterature) [Anna/Literatur/STACKEBRANDT_2009.pdf](ftp://mtuservix-pc.mtu.uni-bremen.de/Anna/BalticSeaLiterature)

Stackebrandt W, Ludwig A, Ostaficzuk, S (2001) Base of Quaternary deposits of the Baltic Sea depression and adjacent areas (map 2). - In: Garetzky, R. G., Ludwig, A. O., Schwab, G. & Stackelbrandt, W. (eds.): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and Adjacent Areas. Results of IGCP Project 346. Brandenburgische Geowiss. Beitr., 8, 1: 13-19.

Statistisches Bundesamt Deutschland (2010) Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes nach ausgewählten Wirtschaftszweigen 2008.

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Energie/Tabellen/Content100/EnergieverwendungBeschaeftigte08,templateId=renderPrint.psm>

Stern D and Kaufmann R (1998) Annual Estimates of Global Anthropogenic Methane Emissions: 1860-1994.

<http://cdiac.ornl.gov/trends/meth/ch4.htm>

UBA (2006) Kenndaten ausgewählter Seen.

www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/seen.pdf

UBA (2009) Indikator: CO₂-Emissionen nach Quellkategorien.

<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2842>

Uhlig-May F (2009) Langfristige Strategie der Vattenfall Europe zur Entwicklung der CCS-Technologie

TU Bergakademie Freiberg, Berg- und Hüttenmännischer Tag, „Ressourcen für die Zukunft“, 19. Juni 2009.

[http://www.dbi-](http://www.dbi-gti.de/fileadmin/downloads/5_Veroeffentlichungen/BHT/BHT2009/Vortraege/08_Uhlig_Ma)

[gti.de/fileadmin/downloads/5_Veroeffentlichungen/BHT/BHT2009/Vortraege/08_Uhlig_Ma](http://www.dbi-gti.de/fileadmin/downloads/5_Veroeffentlichungen/BHT/BHT2009/Vortraege/08_Uhlig_Ma)
[y_Vattenfall_CCS_Strategie.pdf](http://www.dbi-gti.de/fileadmin/downloads/5_Veroeffentlichungen/BHT/BHT2009/Vortraege/08_Uhlig_Ma)

Vattenfall (2009a) Forschung für die Energie von morgen. Ein Gemeinschaftsprojekt zur Erforschung unterirdischer Speicherkapazitäten für Kohlendioxid in Brandenburg. Broschüre.

http://www.vattenfall.de/de/file/Broschure_zum_Erkundungsprogramm_13595586.pdf

Vattenfall (2009) Antrag auf Erteilung einer Erlaubnis zur Aufsuchung bergfreier Bodenschätze zu gewerblichen Zwecken. Vattenfall Europe Carbon Storage GmbH. & CO. KG, Cottbus, 06.03.2009

<http://www.lbgr.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/Antrag%20Aufsuchung%20bergfreier%20Bodensch%3%A4tze Bkh 20090306.pdf>

Vattenfall (2010) Hauptbetriebsplan – Aufsuchungsarbeiten in Bezug auf den bergfreien Bodenschatz Sole im Erlaubnisfeld Birkholz-Beeskow. Vattenfall Europe Carbon Storage GmbH. &.CO. KG, Cottbus, 13.05.2010

<http://www.lbgr.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/Bkh HBP Finale.pdf>

Wolfgramm M (2002) Fluidentwicklung und Diagenese im Nordostdeutschen Becken - Petrographie,

Mikrothermometrie und Geochemie stabiler Isotope. Dissertation , Universität Halle (Saale)

<http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/02/02H158/prom.pdf>

Wolfgramm M, Raab S, Seibt A, Trautwein U, Zimmermann G, Holl H, Kellner T (2004) Hydraulische und chemische Eigenschaften eines Rotliegend-Sandsteins im Durchströmungsversuch. In: Ernst Huenges (2004) Sandsteine im In-situ-Geothermielabor Groß Schönebeck: Reservoircharakterisierung, Stimulation, Hydraulik und Nutzungskonzepte.

<http://edoc.gfz-potsdam.de/gfz/get/5511/0/7acf18867abf8cf6c97b31599ef29a2a/0403.pdf>

Wolfgramm M, Seibt A (2008) Zusammensetzung von Tiefenwässern in Deutschland und ihre Relevanz für geothermische Anlagen. Geothermische Vereinigung / Bundesverband Geothermie. Geothermiekongress 2008, Karlsruhe, 11-13. November, 2008. S. 503-516

Wolfgramm M, Rauppach K, Seibt A (2008) Reservoir-geological characterization of Mesozoic sandstones in the North German Basin by petrophysical and petrographical data. Z.geol.Wiss., Berlin 36, 249-265.