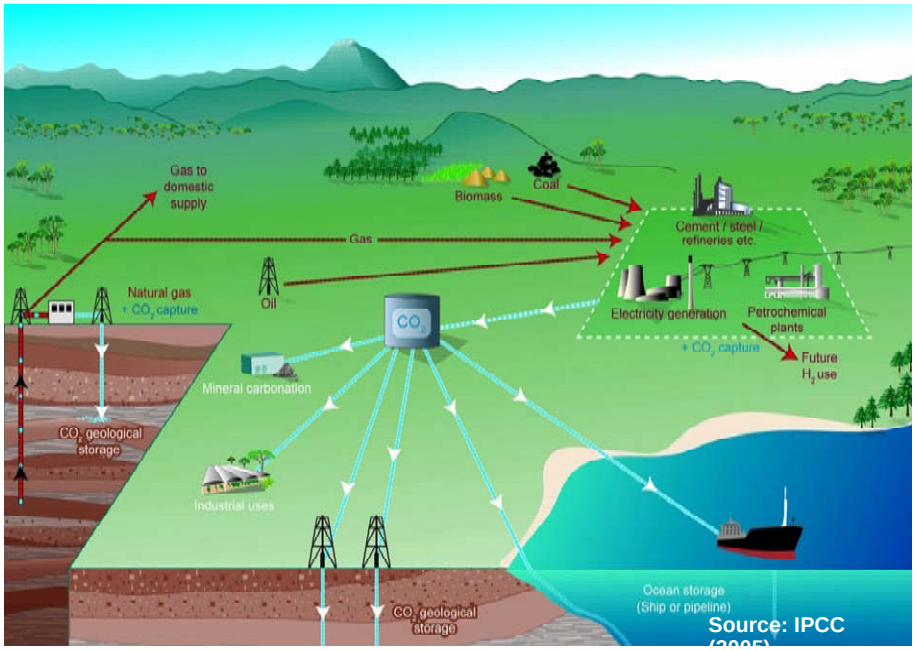


Source: IPCC (2005)

„CCS – was ist das? Der (klima-) technische Hintergrund“

Andreas Dahmke

ad@gpi.uni-kiel.de
www.gpi.uni-kiel.de/Angewandte

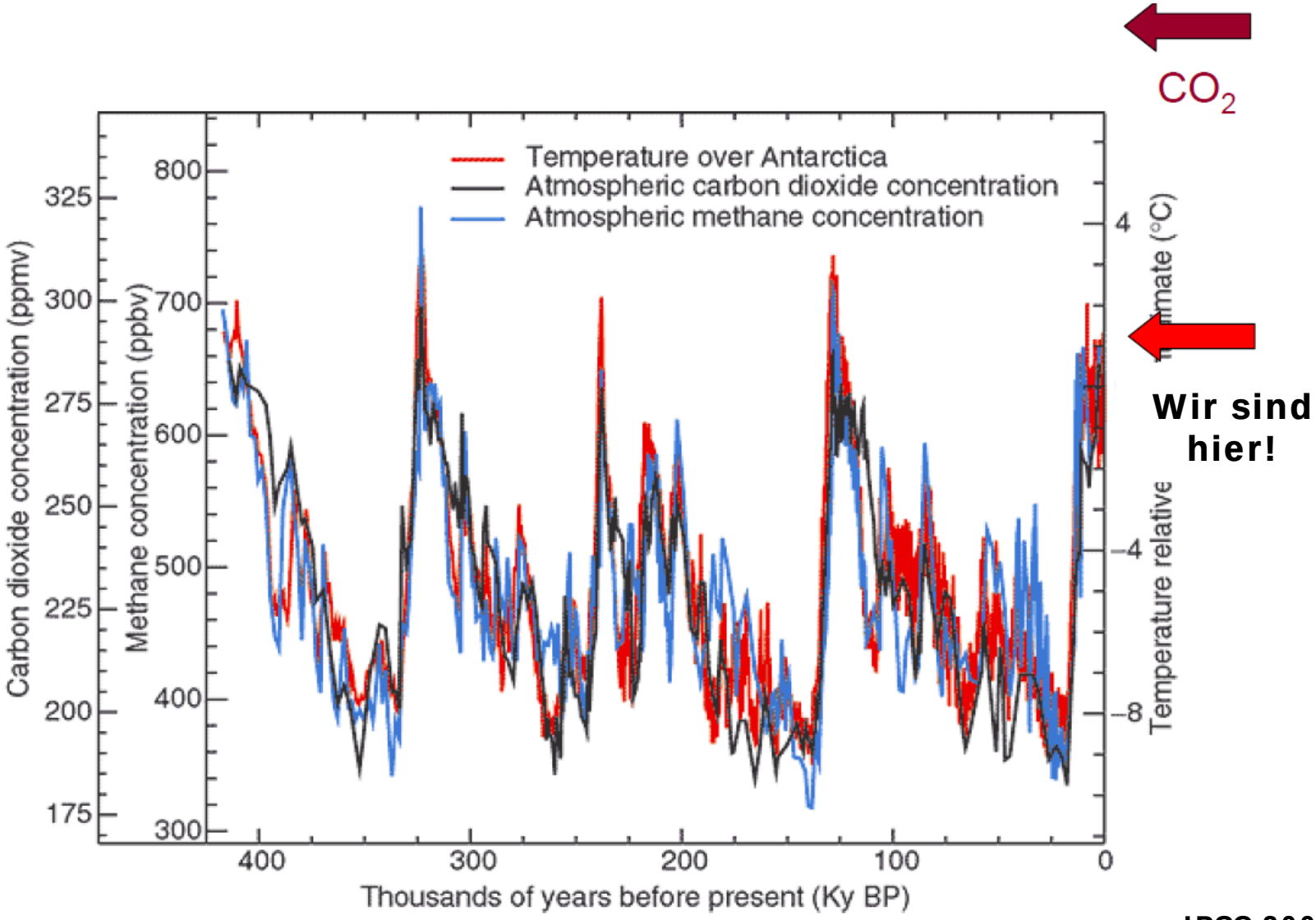
Institut für Geowissenschaften
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

die Definition

C Carbon (-dioxide)
C Capture
S Storage or Sequestration

Warum CCS ?Einige Grundlagen

derzeit: 385 ppm

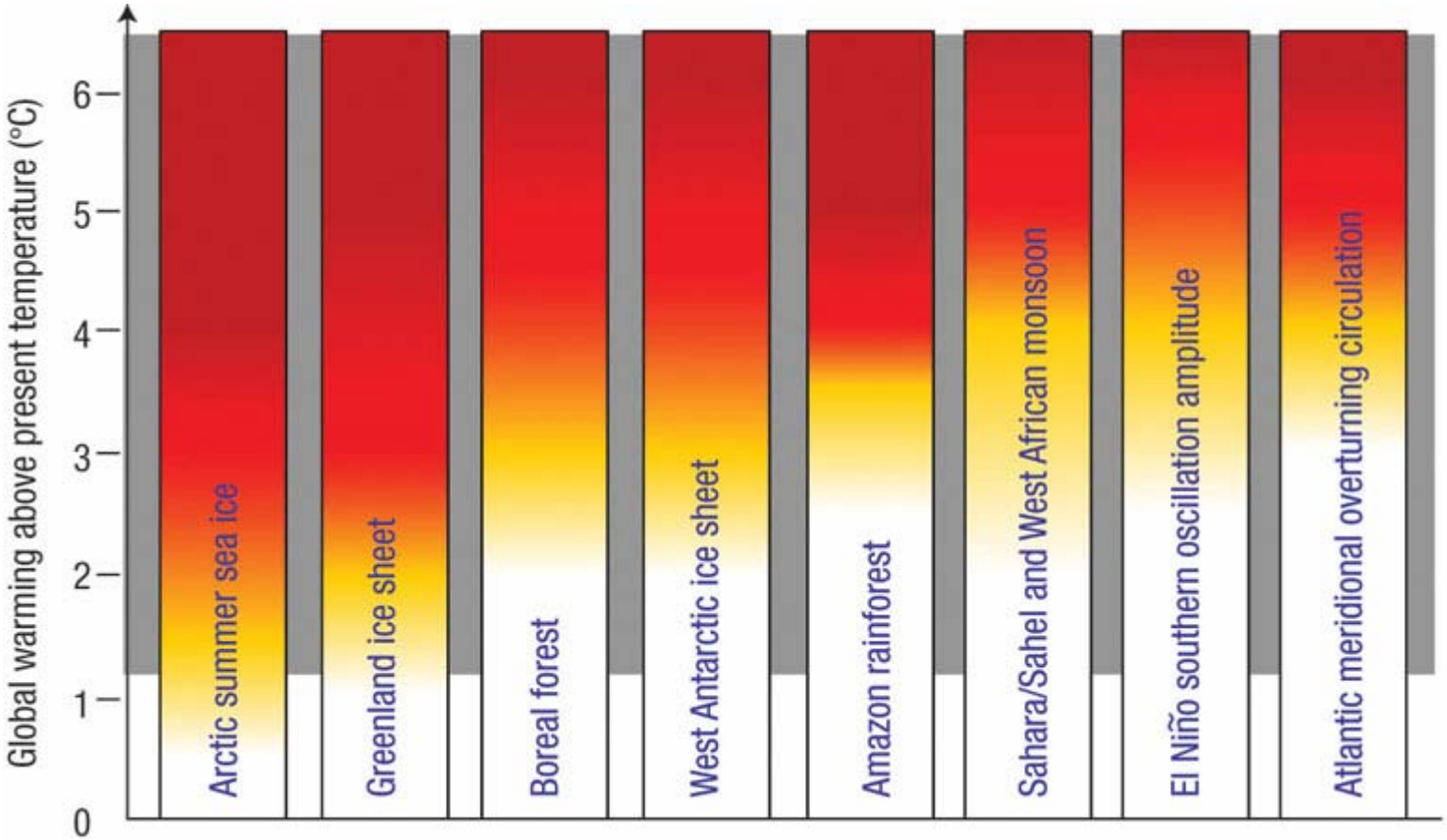


IPCC 2005

„Es ist zu spät“ J. Lovelock, FAS, 7.6.2009
„Forscher fürchten Klimakollaps“ SPIEGEL ONLINE, 22.06.2009

Jegliche Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgase können eine signifikante Klimaveränderung nicht mehr verhindern, sondern nur (noch) die zeitlich und räumliche Intensität des Klimawandels beeinflussen

➔ 2° C Temperaturerhöhung schon heute nicht mehr erreichbar, neue Zielgröße 4°C !!!!

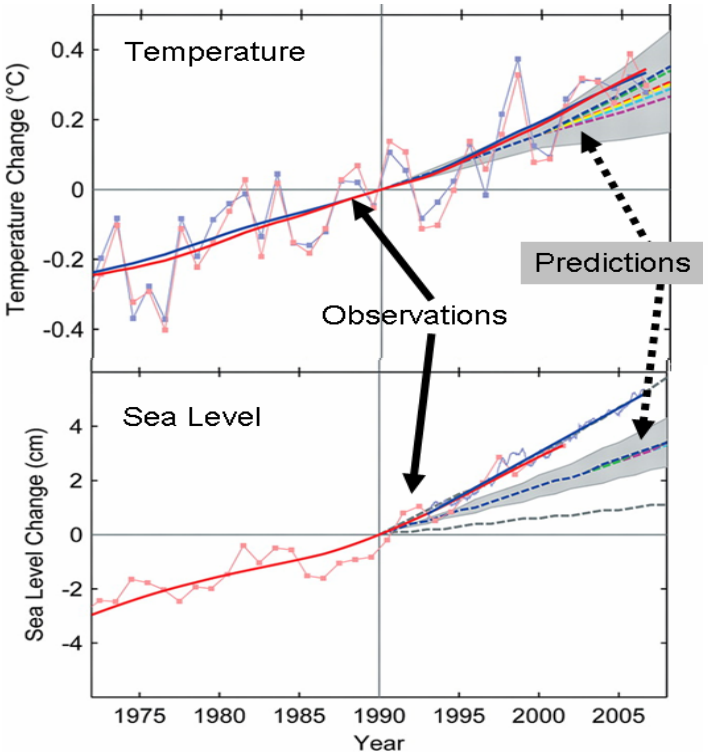


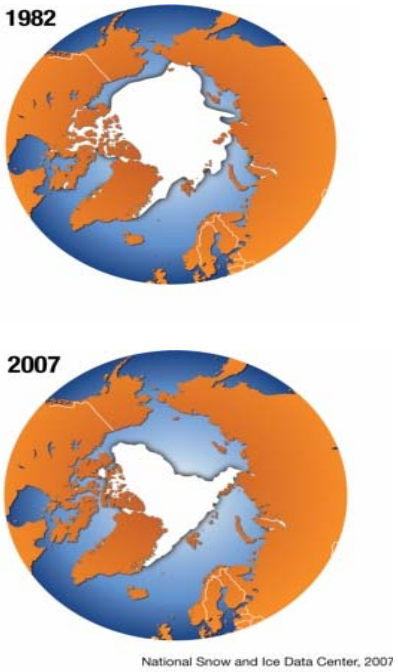
Year 2100 range (IPCC 2007)

Potential policy-relevant tipping elements that could be triggered by global warming this century, with shading indicating their uncertain thresholds. For each threshold, the transition from white to yellow indicates a lower bound on its proximity, and the transition from yellow to red, an upper bound. The degree of uncertainty is represented by the spread of the colour transition.

T. M. Lenton & H.J. Schellnhuber (Nature Reports Climate Change, 2007)

In welchem Zustand befinden wir uns heute?





Der Klimawandel schreitet schneller voran als prognostiziert !

aus Schellnhuber, IZK-Vortrag 2009

<350

Remember this number for the rest of your life.

We've been there: atmospheric concentration of carbon dioxide (CO_2) of 350 parts per million (ppm).

On this day twenty years ago, when Dr. James Hansen of NASA's Goddard Institute of Space Studies warned the US Congress of global warming forced by greenhouse gases emitted through human activities, CO_2 stood at 350 ppm.

That was then. Today it is up to 385 ppm. Sixteen years after the UN Convention on Climate Change was agreed upon to stabilize greenhouse gases at a level preventing dangerous human interference with the climate system, global carbon emissions are still increasing – *more rapidly than ever.* We are well on our way to 450 ppm and beyond.

What does the best science tell us?

Until recently, scientific consensus set the safe zone to avoid the worst effects of climate change at 450 ppm. But today the latest science tells us the danger zone may already begin at *350 ppm.* Catastrophic effects cannot be ruled out if *levels above 350 ppm* are maintained for a long time.

What does this mean?

We've gone too far – in a dangerous direction. Now we know enough. To act now. To foresee and forestall any risk of massive and irreversible damage to the earth and all its inhabitants for generations to come, we must reduce atmospheric CO_2 to *levels below 350 ppm.* Scientific insights bring political responsibilities. We need leadership that respects the planetary boundaries of life.

We, the signatories of this message from all continents, call upon all nations in the ongoing climate negotiations to adopt 350 as the target to be reached peacefully and deliberately, *with all possible speed.*

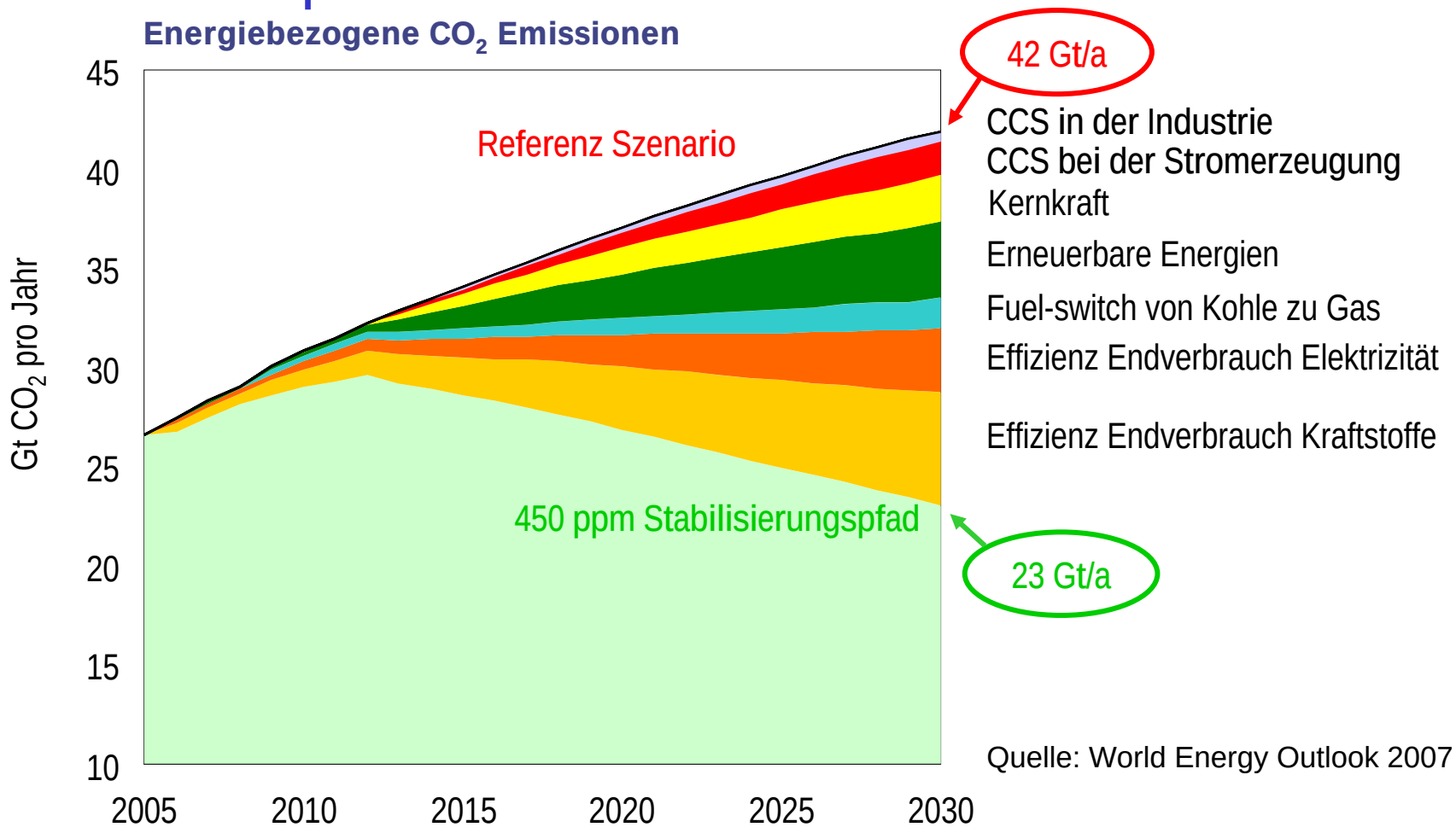
350 is one of our planet's boundary conditions. It should not have been transgressed. We must go back for a future:

<350

essential to maintain human and planetary well-being

New York Times
23 June 2008
aus Schellnhuber, IZK-Vortrag 2009

Frühere Abschätzungen zur Rolle von CCS im globalen Klimaschutzportfolio



Quelle: World Energy Outlook 2007

„WARUM CCS?“

Priorität beim Klimaschutz muss die Steigerung der Energieeffizienz und der Ausbau regenerativer und umweltverträglicher Energieversorgung haben, um eine fast CO_2-emissionsfreie Stromversorgung in spätestens 20 Jahren zu erreichen

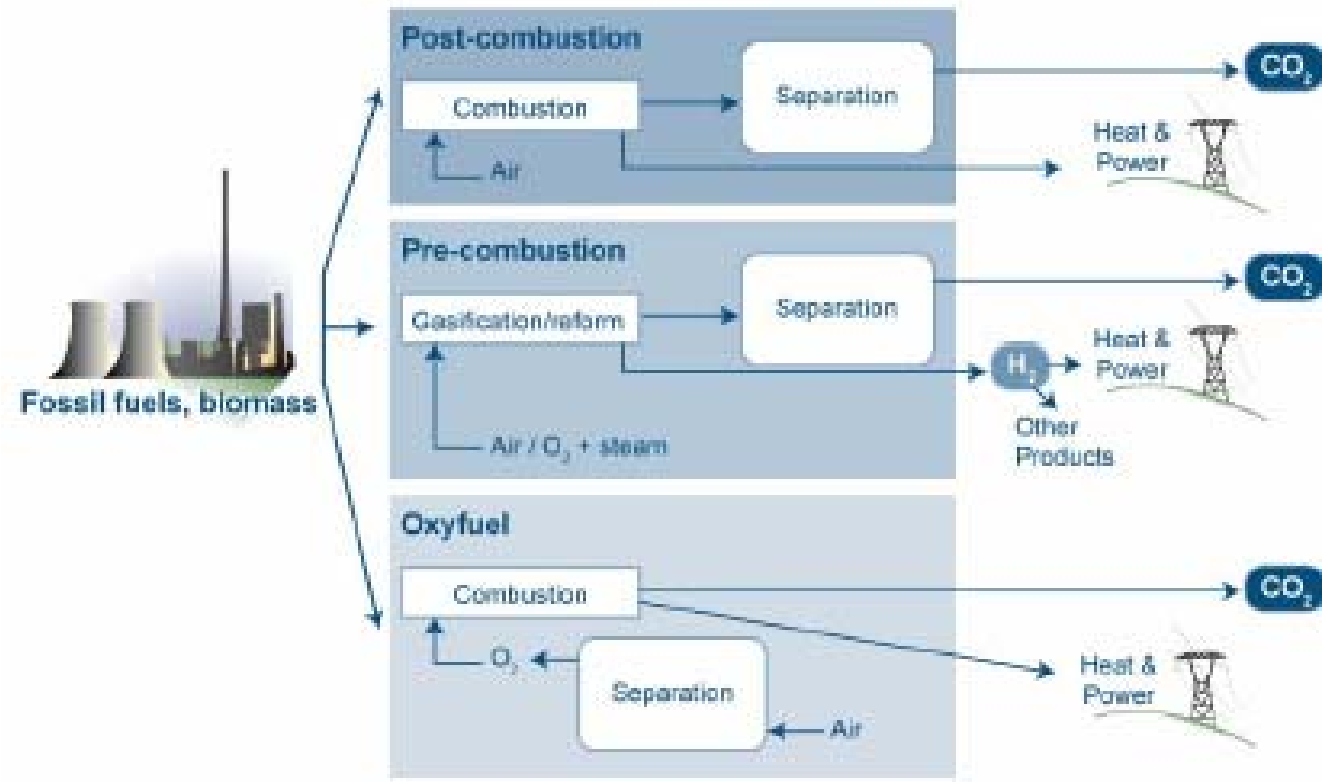
aber

CCS ist nach der internationalen wissenschaftlichen „Konsensliteratur“ unverzichtbar für die Erreichung der globalen Treibhausgas-Zielgrößen von < 350 ppm

- **1. Phase: CCS für Kohlekraftwerke/Gaskraftwerke (als Brückentechnologie !!!) derzeit < 300 Mt/a**
- **2. Phase: CCS für die Industrie (z.B. Zement, Stahl, Raffinerien etc.) derzeit < 80 Mt/a**
- **3. Phase: CCS für Biomasse**

Techniken der CO_2 Abscheidung

CCS bedeutet:
- Capture
- Transport
- Storage



Abscheidung nach der Verbrennung

Abscheidung vor der Verbrennung

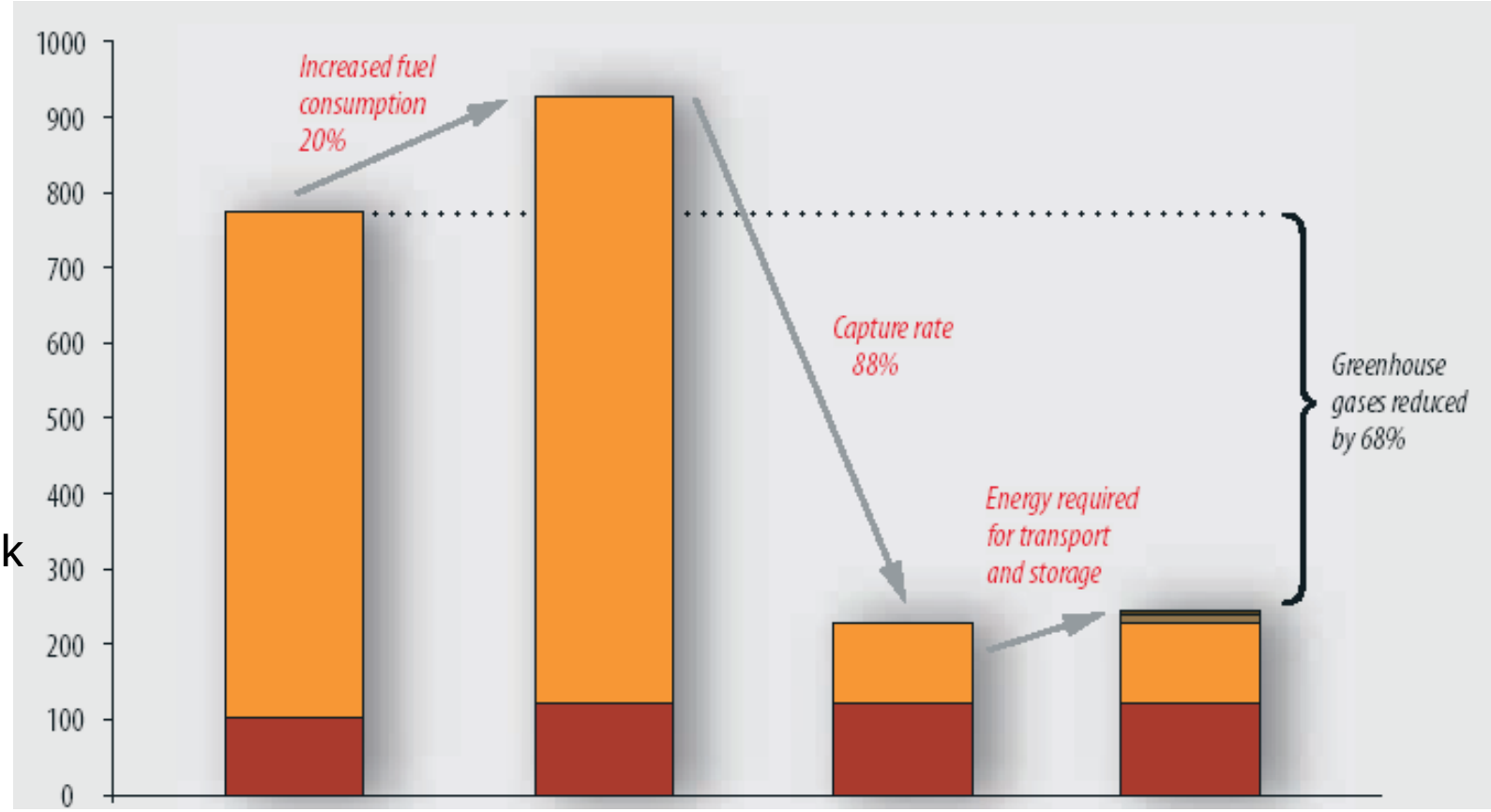
Sauerstoff-verbrennung

IPCC, 2005

Behauptung: „CCS verringert gar keine CO2-Emissionen“

Kraftwerk

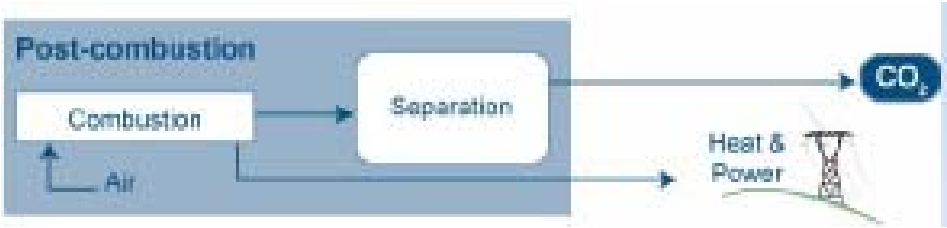
Vorkette



- Keine CO_2 freien Kraftwerke, nur CO_2 arme Kraftwerke
- Höherer Primärenergiebedarf (bis ca. 20 - 30%)
- Erniedrigter Wirkungsgrad (ca. -15% absolut)

WICEE, 2005

Techniken der CO_2 Abscheidung

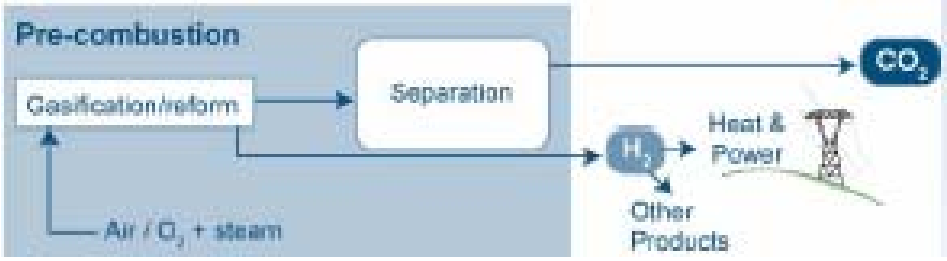


Abscheidung nach der Verbrennung / post-combustion-capture

- Amin-Wäsche
- Amin-Tröpfchen absorbieren das CO_2
- Amine werden erhitzt - CO_2 wird in konzentrierter Form frei
- an bestehenden Kraftwerken nachrüstbar
- technisch am ausgereiftesten; aber hohe Kosten
- hoher Energiebedarf – Wirkungsgrad sinkt um 10-15%

IPCC, 2005

Techniken der CO_2 Abscheidung

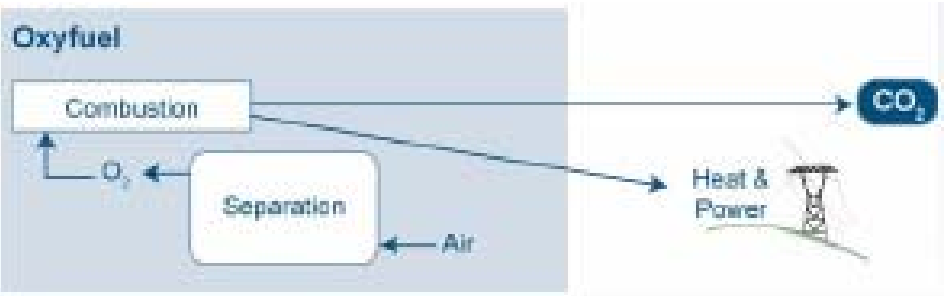


Abscheidung vor der Verbrennung / pre-combustion-capture

- Kohle wird vergast
- Kohlenstoff mit Wasserdampf wird zu Wasserstoff & CO_2 reformiert
- CO_2 kann aus dem Gasgemisch absorbiert werden
- Wirkungsgradverlust unter 10%
- technisch noch nicht ausgereift (bedingt nachrüstbar)
- Wasserstoff kann als Brennstoff verwendet werden
- RWE bis 2014 ein Kraftwerk (IGCC – Integrated Gasification Combined Cycle)

IPCC, 2005

Techniken der CO_2 Abscheidung

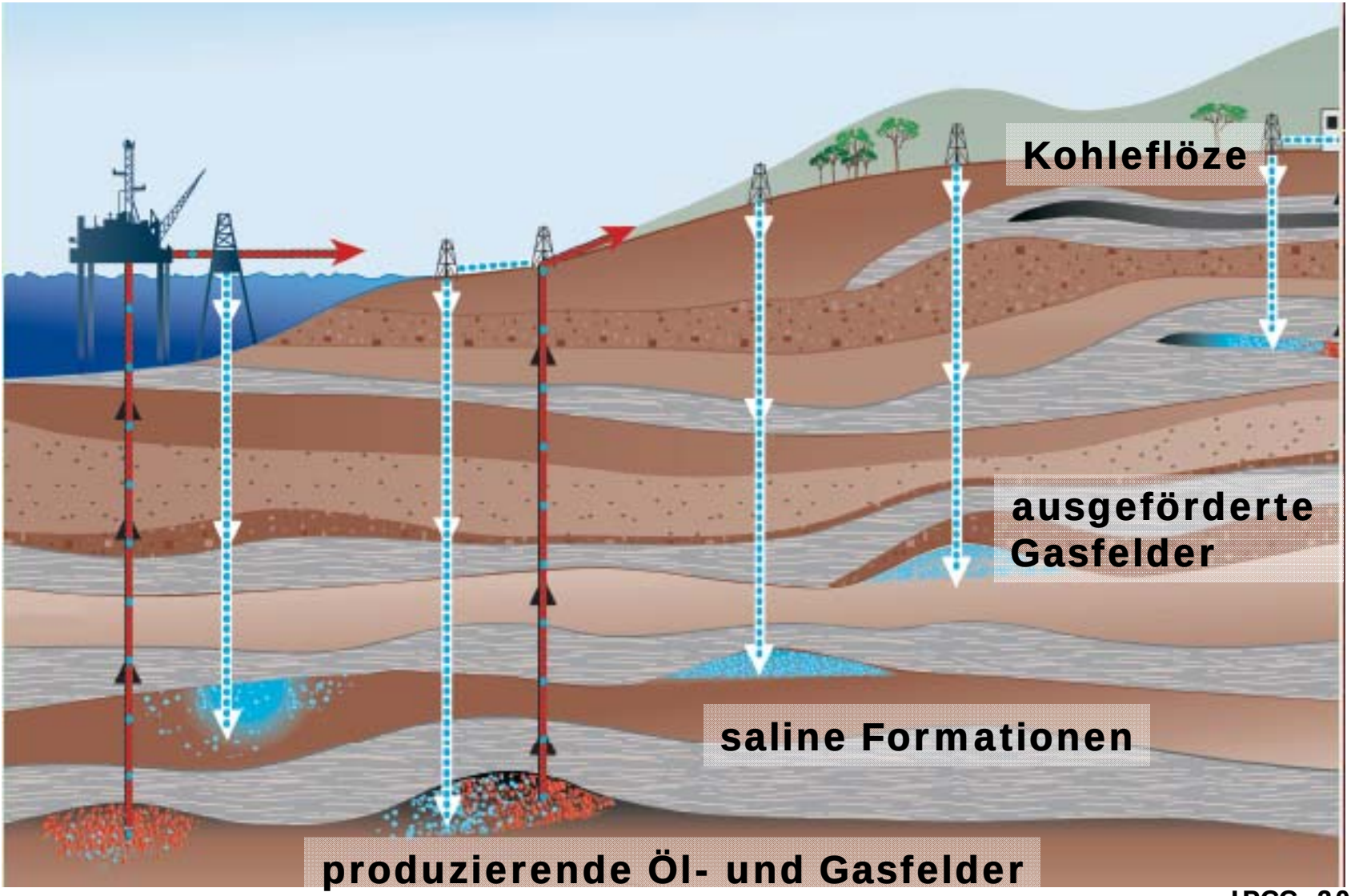


Sauerstoffverbrennung / Oxyfuel-Verfahren

- Verbrennung der Kohle mit reinem Sauerstoff
- entstehendes Rauchgas besteht aus Wasserdampf & CO_2
- Wasserdampf wird kondensiert
- hochkonzentriertes CO_2
- Wirkungsgrad sinkt um 10-15%
- teils nachrüstbar
- erstes Kraftwerk in Deutschland 2008/2009 (Vattenfall)

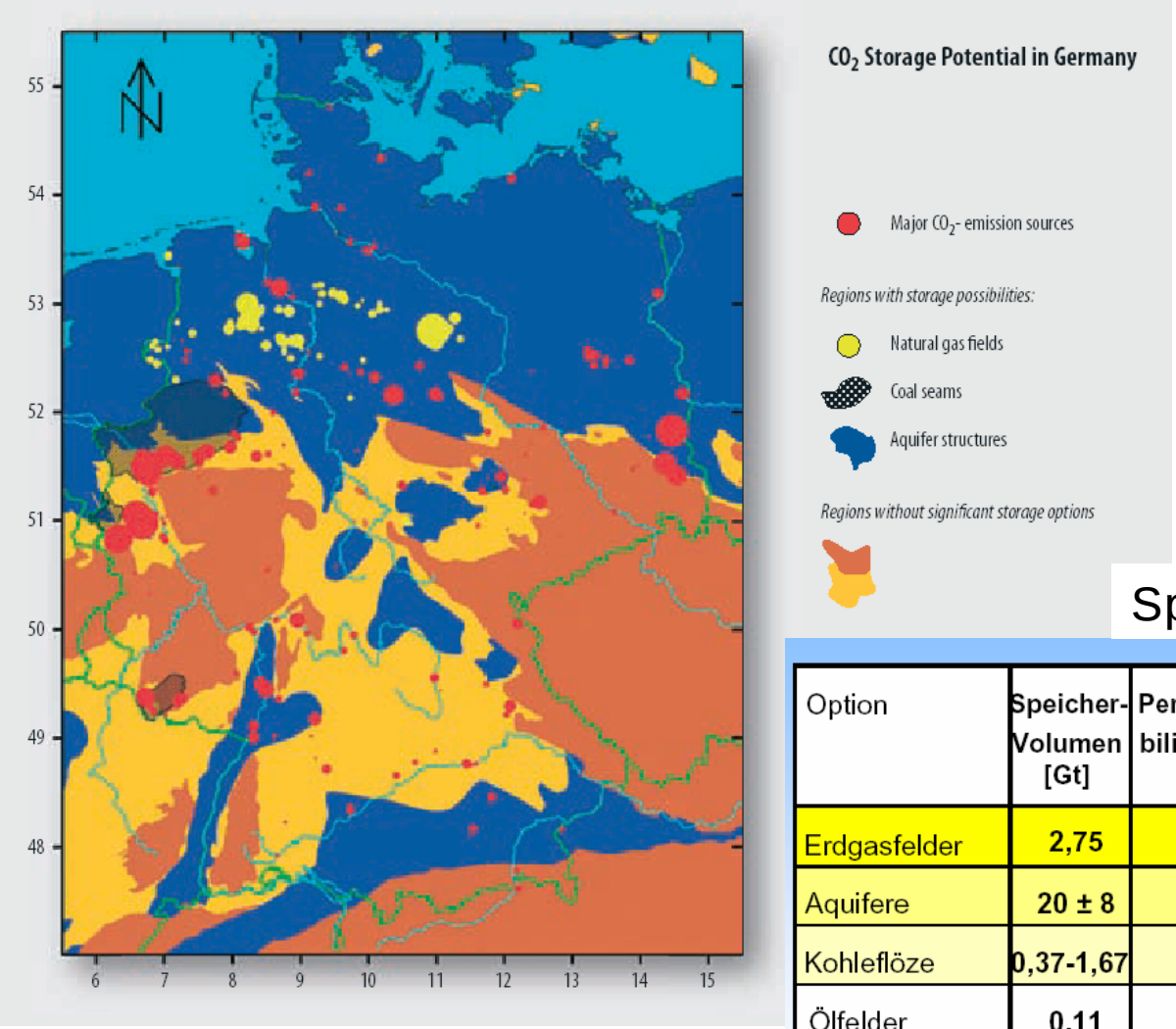
IPCC, 2005

Geologische Speicheroptionen



IPCC, 2005

Geologische Potenziale für CCS in Deutschland



CO2-Emissionen (Strom) in Deutschland:
> 300 Mt/a

Bsp. Schwarze Pumpe:
1600 MW
5.2 Mt/a

Speicheroptionen Deutschland

Option	Speicher-Volumen [Gt]	Permea-bilität	Poren-fluid	Deck-schich-ten	Sicher-heit	CO_2 zur KW-För-derung	Nut-zungs-konflikte
Erdgasfelder	2,75	+	+	+	–	+ +	–
Aquifere	20 ± 8		–	+	+		–
Kohleflöze	0,37-1,67	–	–	–	+	+	–
Ölfelder	0,11		–	+	–	+	
Salzbergwerke	0,04	+ +	+ +	+ +	– –		– –
Kohlebergwerke	0,78	+	+ +	–	– –		– –

WICEE, 2007; BGR 2006

Behauptung: „Technik ist noch nicht erprobt“

ca. 50 -100 aktive und geplante CO_2-Speicherprojekte

1) DSF = Deep Saline Formation

Quelle: RWE Power, IPCC Special Report CCS 2005 (aktualisiert 2008)

Behauptung: „Technik ist nicht erprobt“

Erdgasspeicher

Quelle: GAZPROM Germania GmbH, 19.01.2009

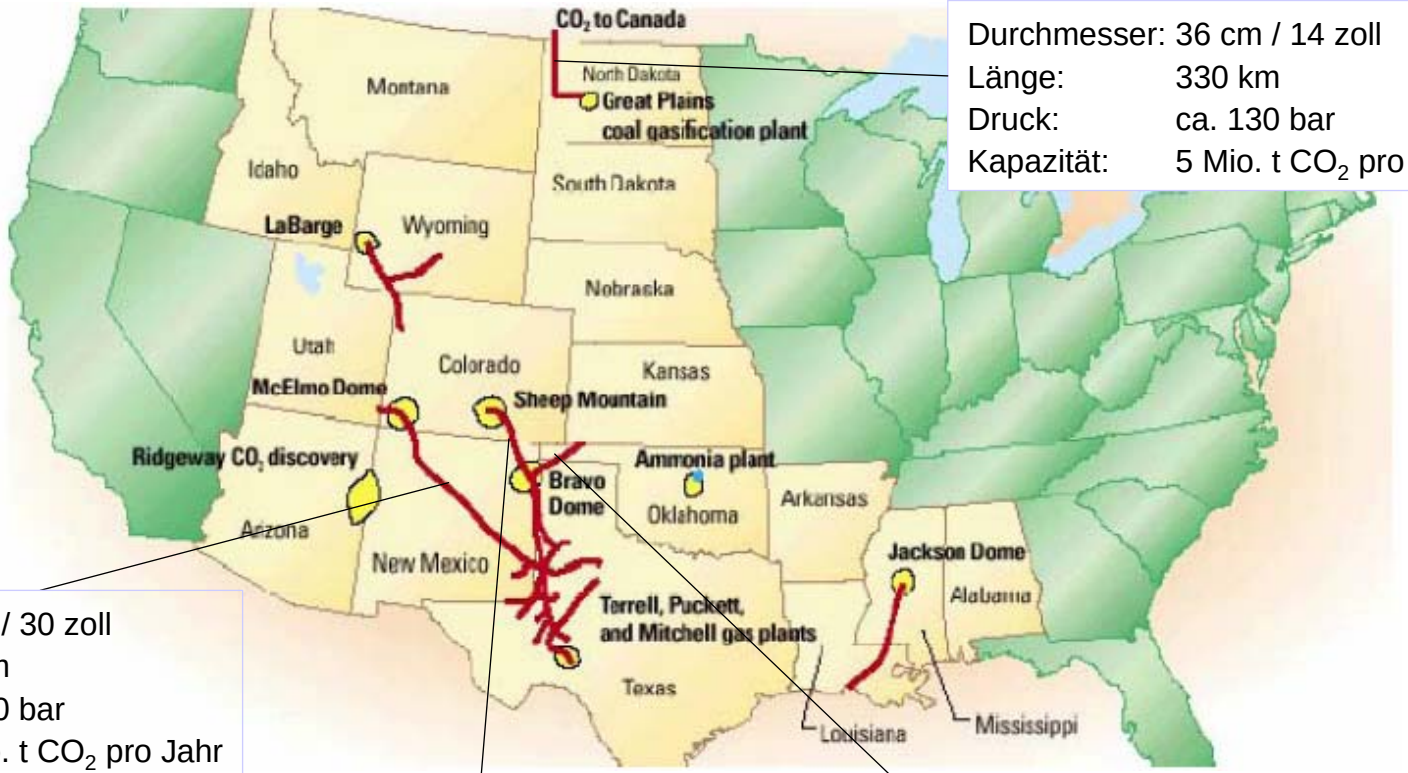
Erdgasspeicherung in salinen Aquiferen

- ca. 45 Erdgasspeicher in Deutschland in Betrieb, davon an rund 20 Standorten Erdgaslagerung in geologischen Porenspeichern
- bei der Ergaslagerstättenerkundung kommt die gleiche Technologie zum Einsatz wie bei der geplanten Erkundung von potenziellen CO_2-Speichern

Behauptung: „Technik ist noch nicht erprobt“

Erfahrungen CCS / CO_2-Transport

In den USA wird seit den 70er Jahren CO_2 zur verbesserten Ölausförderung in Öllagerstätten verpresst. Dafür werden ca. 35 Mio. t CO_2 jährlich über ein rd. 3.000 km langes Pipeline-Netz transportiert.



Durchmesser: 36 cm / 14 zoll
Länge: 330 km
Druck: ca. 130 bar
Kapazität: 5 Mio. t CO_2 pro Jahr

Durchmesser: 76 cm / 30 zoll
Länge: 800 km
Druck: ca. 130 bar
Kapazität: 19 Mio. t CO_2 pro Jahr

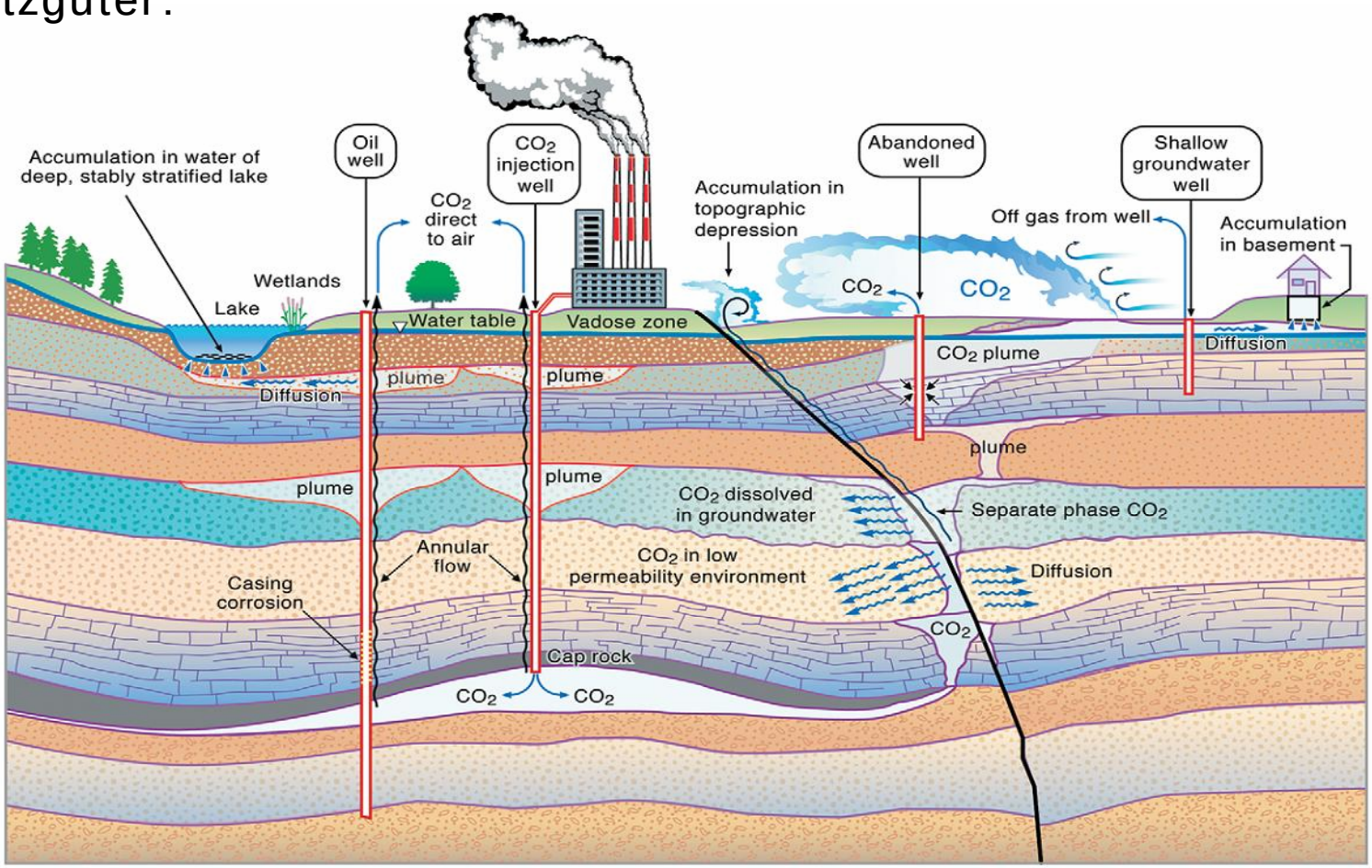
Durchmesser: 51-61 cm / 20-24 zoll
Länge: 660 km
Druck: ca. 130 bar
Kapazität: 10 Mio. t CO_2 pro Jahr

Durchmesser: 51 cm / 20 zoll
Länge: 350 km
Druck: ca. 130 bar
Kapazität: 7 Mio. t CO_2 pro Jahr

Quelle:
RWE/DEA

Risiken von CCS (Umwelt; Schutzgüter & Klima)

Schutzgüter:

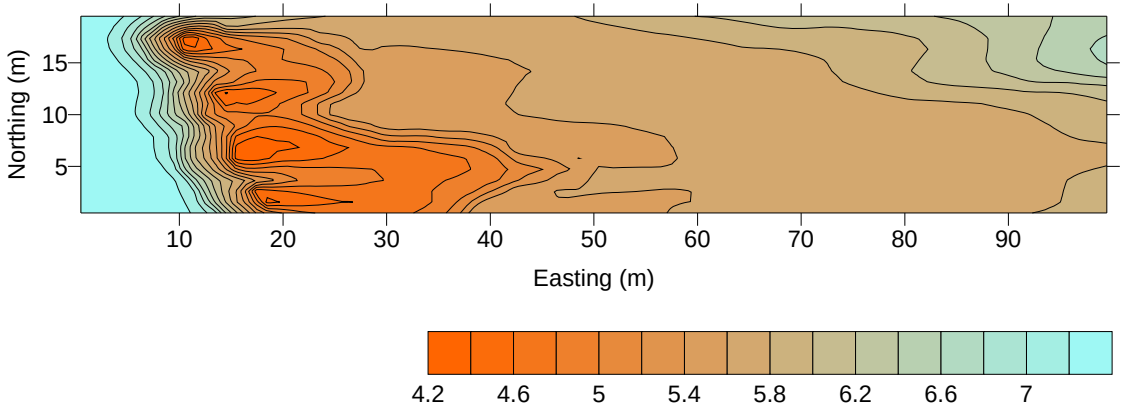


Zhang et al., 2004

Klima: Langfristiges Entweichen von CO2 in die Atmosphäre

Modelling Results

pH distribution after 5a



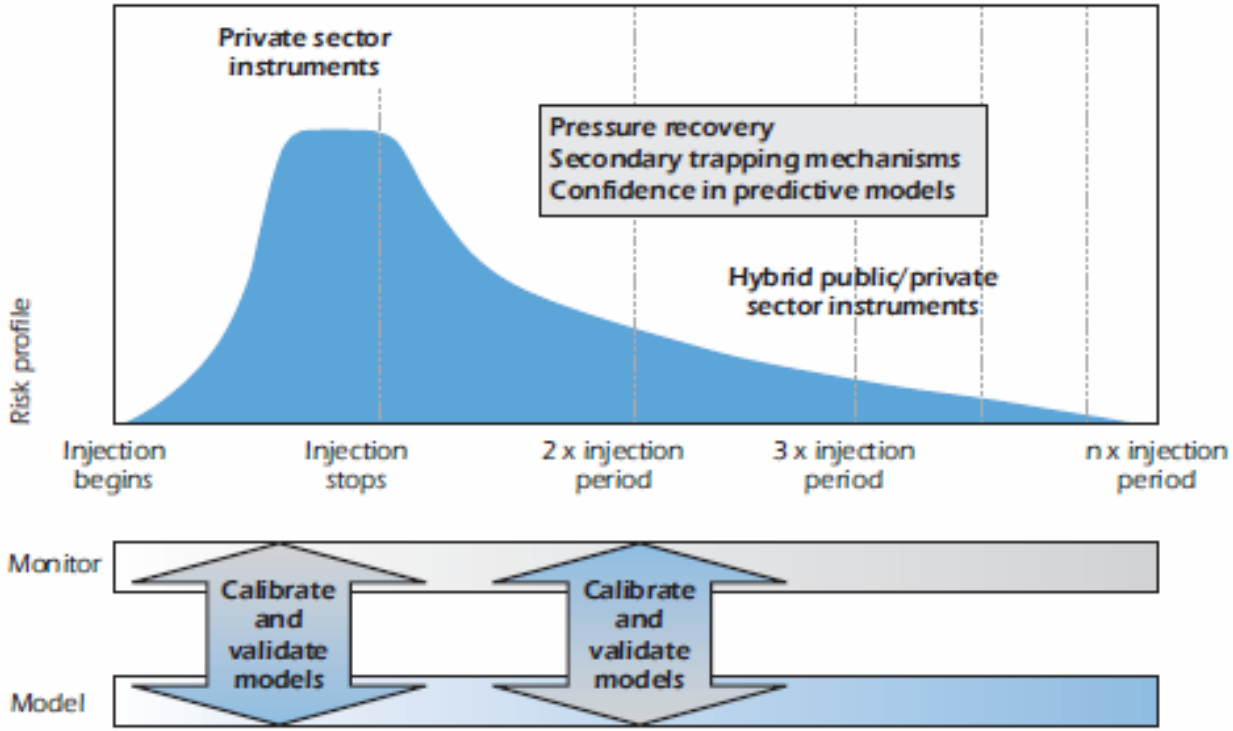
Unpublizierte Daten, S. Fahner
IfG/CAU

Behauptung: „CO2-Speicher sind über 10.000 Jahre zu überwachen“

Figure 5.4 Conceptual Risk Profile for CO_2 Storage

Key point

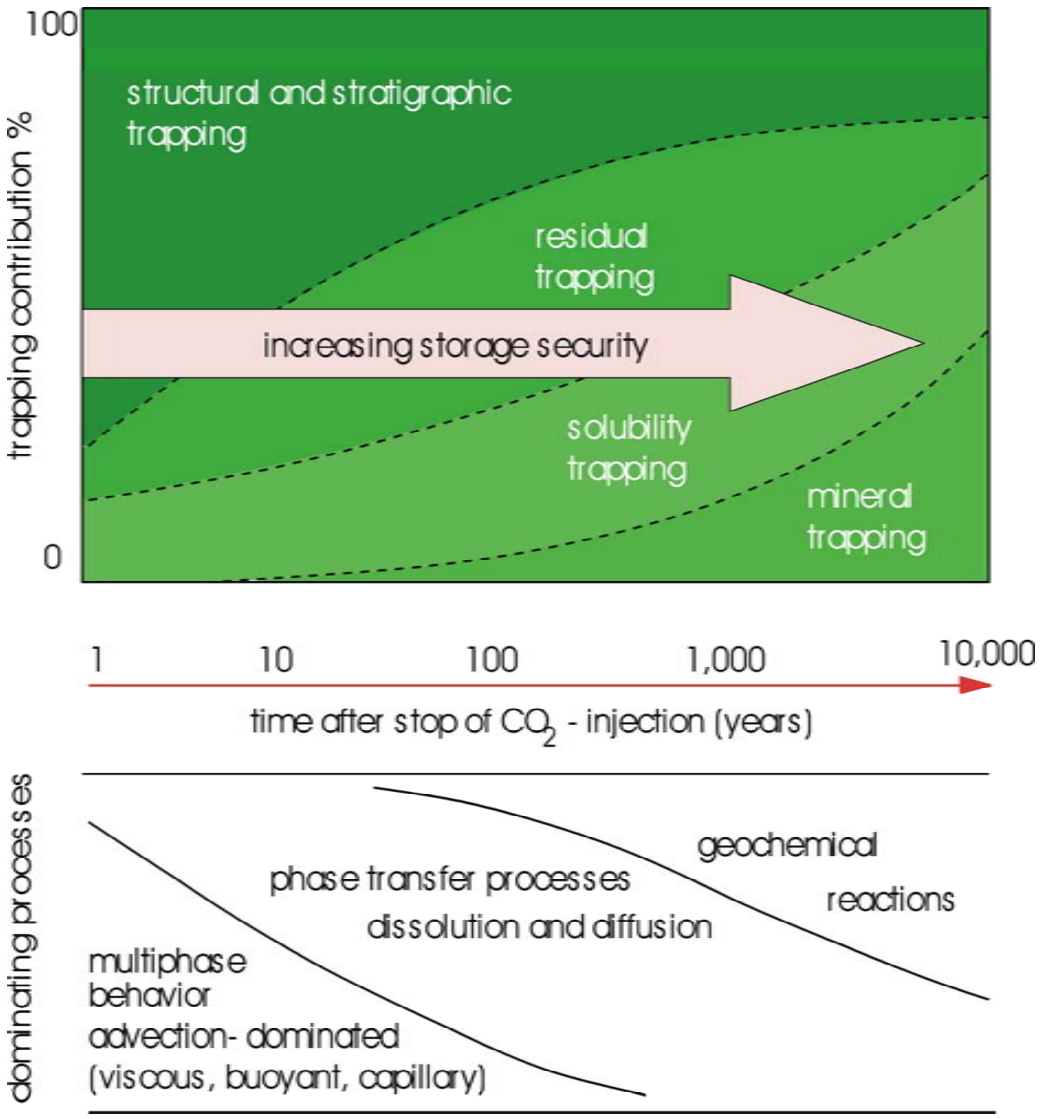
The level of risk evolves along a CO_2 storage project's lifetime; the area of most concern is the long-term "tail".



Source: WRI, 2007.

(Quelle: IEA, 2008)

Risiken von CCS; Grundlagen



„structural trapping“: Hydraulik, Verhinderung des CO_2 Aufstiegs

„residual trapping“: Hydraulik, residuale CO_2 Sättigung

„solubility trapping“: Phasenübergang, Lösung CO_2 im Wasser

„mineral trapping“: geochemische Reaktionen mit dem Wirtsgestein und dem Formationswasser

IPCC, 2005

Weitere häufige Diskussionspunkte

Konkurrierende Nutzung

➔ tiefe Geothermie:

- i.d.R. geringe geothermische Gradienten,
- Bedeutung der Wärmeversorgung abnehmend, da z.T. heute schon Überangebot
- gute Alternativen: Dämmung, Solarthermie mit flacher (Geothermie)
- in Nachbarschaft zu CO2-Verpressungsgebieten ist tiefe Geothermie generell möglich.

➔ Druckluftspeicher:

- geologische Eignung ist z.T. genauso zu prüfen wie CO2-Speicherung, ähnliche Risiken
- Technik absolut am Entwicklungsbeginn
- in Nachbarschaft zu CO2-Verpressungsgebieten ist tiefe Geothermie generell möglich.

Risikoabwägung CCS

(„Risiko“ ➔ Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit mal Schadenshöhe)

Risiko „Klimaveränderung“

Eintrittswahrscheinlichkeit:	100%// **global**
Schadenshöhe:	global, abhängig von zeitlicher und räumlicher Intensität
Kontrollierende Maßnahmen:	globale Konzepte vorhanden, jedoch komplex, zeitaufwändig, kostenintensiv mit sehr hohem politischem Anteil; **CCS unverzichtbar**

Risiko „CCS“

Eintrittswahrscheinlichkeit:	ähnlich wie bei Erdgasspeicherung // **regional**
Schadenshöhe:	vergleichbar mit Erdgasspeicherung // **regional**
Kontrollierende Maßnahmen:	Technik prinzipiell vorhanden, Monitoring u. rechtliche Regelungen z.T. zu entwickeln ➔ **standortspezifischer Forschungsbedarf, wenn großtechnische Anwendung kurzfristig verfügbar sein soll**

Empfehlungen & Forderungen

Stromversorger & Industrie

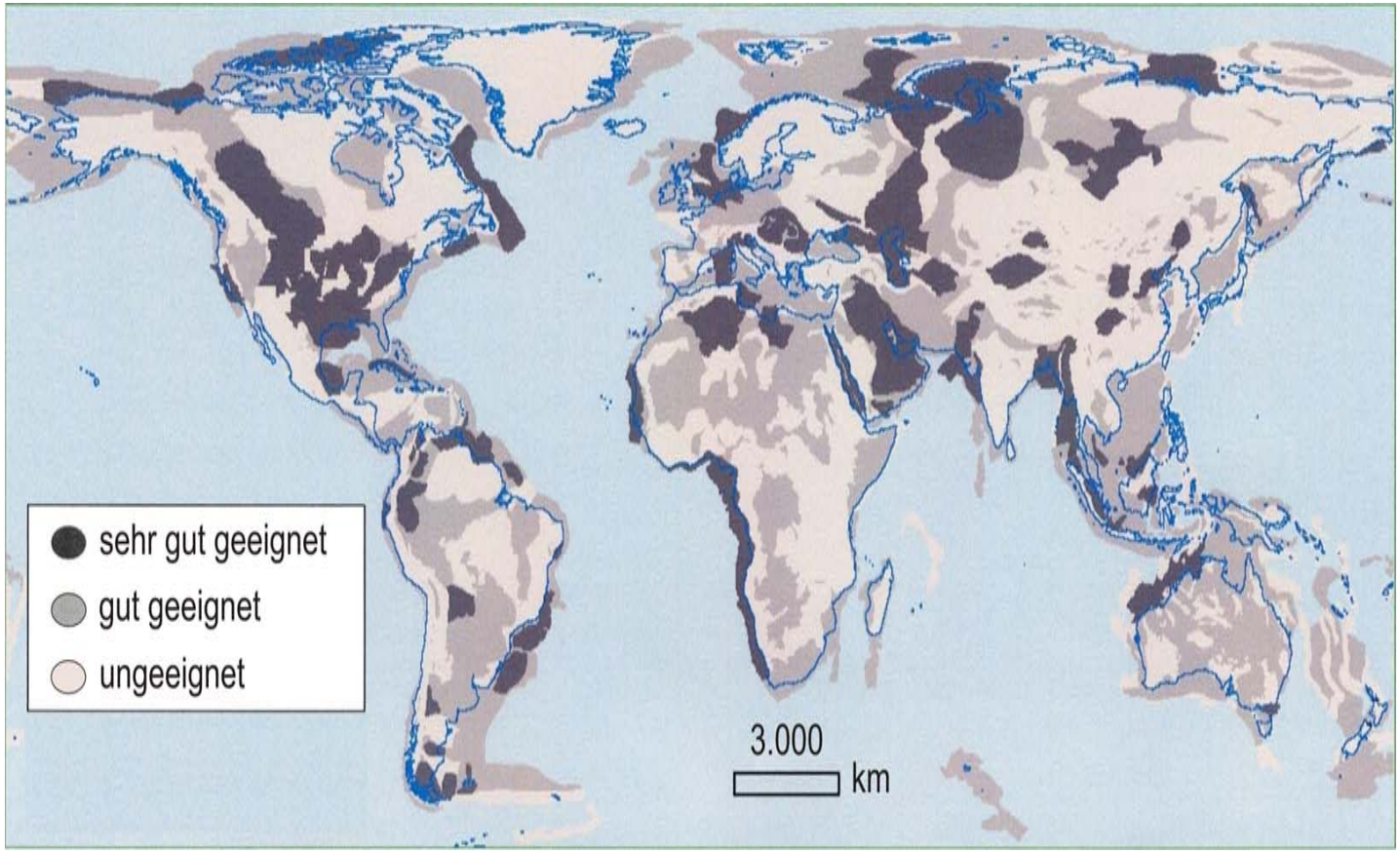
- Kurzfristige Entwicklung und Umsetzung von Konzepten für potenzielle CO2-Speicherregionen als zukunftsweisende Energieregionen im Hinblick auf Klima- und Umweltschutz

- Verstärkte Partizipation der Bürger in Form „runder Tische“ an CCS-Forschungsprojekten und der Entwicklung von Überwachungskonzepten

Politik

- Bereitstellung einer Rechtsgrundlage für CCS-Eignungsuntersuchungen und Forschung an großtechnischen Demonstrationsvorhaben

Geologische Potenziale für CCS (Global)



Saline Aquifere	1000	-	10000	Gt CO_2
Öl- und Gasfelder	675	-	900	Gt CO_2
Kohleflöze	10	-	200	Gt CO_2

IPCC, 2005

Es unterstützen die Initiative 97 Klima- und Geoforscher vier Tage nach Aufruf per Internet, Stand 24.06.09

Dr. Said Attia al Hagrey, Prof. Dr. Johannes Barth, Ashtar Bashar, Prof. Dr. Sebastian Bauer, Katja Beier, Prof. Dr. Christian Berndt, Sebastian Bernhardt, Sebastian Bertram, Dr. Christof Beyer, Prof. Dr. Thomas Bohlen, Dr. Marco Bohnhoff, Prof. Dr. Manfred Bölter, Dr. Klaus Buckup, **Prof. Dr. Andreas Dahmke**, Timo Damm, Dr. Frank Dethlefsen, Prof. Dr. Klaus Dierßen, Prof. Dr. Rainer Duttmann,
PD Dr. Markus Ebert, Kirsten Erickson, Dipl.-Geol. Katharina Erning, Dipl.-Geoök. Sven Fahrner, Prof. Dr. Volker Feeser, Dr. Bernd Flemisch, Prof. Dr. Ernst R. Flüh, Prof. Dr. Dirk Gajewski, Prof. Dr. Reinhard Gaupp, Dr. Wolfram Geissler, **Prof. Dr. Hans-Juergen Goetze**, Dr. Uwe-Jens Görke, Dr. Sibylle Grandel, Prof. Dr. Peter Grathwohl, Prof. Dr. Jochen Großmann, Dr. Björn Heincke, Prof. Dr. Rainer Helmig, Fabian Hese, Prof. Dr. Astrid Holzheid, Prof. Dr. Rainer Horn, Dr. Götz Hornbruch, Dr. Michael Z. Hou, Uwe Jensen, Dipl.-Geol. Anna Jesußek, Stefan Junge, Dr. Wolf-Achim Kahl, Prof. Dr. Andreas Kemna, Prof. Dr. Constantin Kinias, Dr. Jonas Kley, Dr. Norbert Klitzsch, Dr. Ralf Köber, Prof. Dr. Olaf Kolditz, Dr. Anne Krabbenhöft, Prof. Dr. Charlotte Krawczyk, Prof. Dr. Wolfgang Kuhnt, Prof. Dr. Christof Lempp, Dr. Stefan Lüth, Dr. Rezene Mahatsente, Friedrich Maier, Dr. Herwig Marbler, Dr. Georg Nover,Jun.-Prof. Dr. Wolfgang Nowak, Phillip Oberdorfer, Birte Oppermann, Dr. Anika Parbs, Kirsten Pedroza, Dr. Anita Peter, Dr. Stephan Peth, Dr. Dieter Pudlo, Prof. Dr. Kurt M. Reinicke, Dr. Hans Hermann Richnow, Katharina Ross, Prof. Dr. Martin Sauter, PD Dr. Dirk Schäfer,Prof. Dr. Priska Schäfer, Dr. Martin Scherwath, Dr. Alexander Scheuermann, **Prof. Dr. Frank Schilling**, Dr. Ingmar Schmidt, Dr. Sabine Schmidt, Prof. Dr. Frank Schmidt-Döhl, Dirk Schönbohm, Dr. Robert Schöner, Dr. Angelika Schöner, Dr. Andreas Schuck, Dr. Claudia Schütze, Dr. Johannes Schweitzer, Dr. Khaled Mahmud Shams, Dr. Nina Simon, Prof. Dr. Klaus Spitzer, Prof. Dr. Karl Stattegger, Alexandru Tatomir, Dr. Thomas Thielemann, Andreas Thomsen, Dr. Christian Weidle, Carla Wiegers, Dr. Hilke Würdemann,
Prof. Dr. Ugur Yaramanci

Initiatoren fett gedruckt

Anzeige in KN und Husumer Nachrichten am 27.06.2009

Klima- und Geowissenschaftler für CCS-Eignungsuntersuchungen

Die Klimaveränderung findet statt und vollzieht sich vielerorts schneller als vorhergesagt. Sie wird aller Voraussicht nach für nachfolgende Generationen zu einer globalen existentiellen Bedrohung. Es muss jetzt Vorsorge getroffen werden, um dem Klimawandel entgegenzusteuern. Eines der Werkzeuge, dem Klimawandel rasch entgegenzusteuern, ist nach internationaler Fachmeinung die Abscheidung und Einlagerung von CO_2 in tief unter der Erdoberfläche gelegenen Gesteinen. Diese, abgekürzt aus dem amerikanischen „Carbondioxide Capture and Storage“ als CCS bezeichnete Einlagerung, ist für die Bevölkerung und Umwelt nach bisherigen Erfahrungen als äußerst risikoarm einzustufen. Voraussetzung ist, die Gesteinsschichten sachgerecht auf ihre Eignung zu untersuchen und zu bewerten.

Wir, die unterzeichnenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, bitten die Bevölkerung der aus geologischen Gründen für die CO_2-Einlagerung in Frage kommenden Gebiete, uns bei den Eignungsuntersuchungen im Sinne des Klimaschutzes zu unterstützen. Erst auf der Grundlage sorgfältig durchgeführter Erkundungen können wir eine fundierte Risikobewertung abgeben. Wir fordern darüber hinaus die politischen Parteien und sonstige Interessenverbände auf, dieses wichtige Klimaschutzthema nicht für Wahlkampfprofilierung gegen besseres naturwissenschaftliches Wissen zu missbrauchen.

Diese Anzeige wurde von den Unterzeichnern privat und ohne wie auch immer geartete Unterstützung Dritter aus unserer Sorge für das Klima und die Umwelt finanziert. Gerne sind wir bereit, mit Besorgten und Kritikern vor Ort über die Chancen und Risiken dieser Technologie ergebnisoffen zu diskutieren.

Kontakt: www.klimaschutz-umsetzen.de