

## Umweltseitige Bewertung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung bei fossil befeuerten Kraftwerken

**Jewgeni Nazarko**

W. Kuckshinrichs

Forschungszentrum Jülich, Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)

Tel.: 02461 61 3742

Email: [j.nazarko@fz-juelich.de](mailto:j.nazarko@fz-juelich.de)

Der Hintergrund des am Forschungszentrum Jülich geführten Projekts zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung ist einerseits die zunehmende Deckung des steigenden Energiebedarfes durch die fossil befeuerten Kraftwerke und andererseits die internationalen Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland zur Reduktion der Treibhausgase. Neben Maßnahmen wie Wirkungsgradsteigerung der Kraftwerke oder Energieeinsparung bei Verbrauchern hat auch CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung ein Potenzial.

Derzeit werden insbesondere drei technische Konzepte zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung an industriellen Punktquellen verfolgt:

*Pre-combustion capture:* Bei der der Verbrennung vorgeschalteten Abscheidung kommen die Entfernung von CO<sub>2</sub> aus Synthesegasen (mit und ohne CO-Shift) und die Abscheidung von Kohlenstoff aus dem Brennstoff (Hydrocarb) in Betracht.

*Post-combustion capture:* Bei der Verbrennung nachgeschalteter Rauchgaswäsche wird CO<sub>2</sub> mittels eines Lösungsmittels absorbiert und in einem weiteren Prozess aus dem Lösungsmittel entfernt (Regeneration). Das Lösungsmittel wird dem Kreislauf wieder zugeführt.

*Oxyfuels:* Die Verbrennung erfolgt mit reinem O<sub>2</sub>, eventuell gestreckt mit rezykliertem CO<sub>2</sub> oder H<sub>2</sub>O

Für den Transport von CO<sub>2</sub> vom Abscheide- zum Speicherstandort werden folgende Optionen diskutiert:

*Hochdruckrohrleitungen:* Der leitungsgebundene Transport ist derzeit schon in Anwendung. Seit Anfang der 80er Jahre erfolgt im Rahmen der EOR (Enhanced Oil Recovery) der kommerzielle Einsatz.

*CO<sub>2</sub>-Tanker:* Flüssiges CO<sub>2</sub> wird derzeit für die Nahrungsmittelproduktion schon in Tankern transportiert. Für die Sequestrierung werden hier großvolumigere Tanker in Betracht gezogen.

*CO<sub>2</sub>-Tanklastwagen:* Tanklastwagen werden theoretisch in Betracht gezogen, wenn Rohrleitungen nicht in Erwägung gezogen werden.

Für die Speicherung von CO<sub>2</sub> werden vier mögliche Konzepte der Einlagerung in geologische Formationen verfolgt:

*Leere Öl- und Gaslagerstätten bzw. in Betrieb befindliche Öllagerstätten:* Hier eignen sich insbesondere ehemalige oder ausgeförderte Erdgaslagerstätten. Bei Öllagerstätten kann die Einpressung von CO<sub>2</sub> zu einer gesteigerten Ölausbeute führen (EOR).

*Abgebaute oder nichtabbauwürdige Kohleflöze:* Stillgelegte Kohleflöze sind als Speichermedium attraktiv, da sie sich meist in der Nähe großer Emittenten wie Kraftwerke oder Stahlwerke befinden und daher die Transportkosten minimiert werden können. Tiefe Kohleflöze (unterhalb 1500m) sind derzeit nicht abbauwürdig. Die Einbringung von CO<sub>2</sub> kann hier zu einem Austrieb von Methan führen, das wiederum energetisch genutzt werden kann.

*Tiefe salzhaltige Aquifere:* Die Injektion von CO<sub>2</sub> in einen salinen Aquifer wird kommerziell betrieben (Sleipner-Projekt).

*Ozeanische Gewässer:* Die marine Speicherung von CO<sub>2</sub> wird in Richtungen dessen Isolierung und Dispersion im Wasserkörper diskutiert und beruht bislang auf Laborexperimenten und Computersimulationen.

Der Transport durch CO<sub>2</sub>-Tanker mit anschließender Speicherung im Ozean wird für Deutschland derzeit nicht in Betracht gezogen.

Da die o.a. Optionen mit zahlreichen Umweltauswirkungen verbunden sind, die durch die technischen Anwendungen als auch durch die Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen hervorgerufen sind, ist eine ganzheitliche umweltseitige Bewertung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung notwendig.

Theoretisch existieren mehr als hundert denkbare Abscheidungs- und Entsorgungs- bzw. Verwertungsszenarien für CO<sub>2</sub>. Daraus werden die für Deutschland relevanten und unter vertretbaren Kosten umsetzbaren ausgewählt und entsprechend der Anforderungen der ISO 14040 ff. bewertet. Die Bewertung befindet sich in der Phase Entwicklung des Untersuchungsrahmens der zukünftigen Ökobilanz und der Informationsbereitstellung. Dies ist mit zahlreichen Schwierigkeiten verbunden, da es sich um zukünftige Optionen handelt und dementsprechend keine davon im großtechnischen Maßstab existiert.

Die Laufzeit des Vorhabens endet im 2007.



**1. Ökobilanz-Werkstatt  
15.-16. Juni 2005, Bad Urach**

**Umweltseitige Bewertung der CO<sub>2</sub>-Abtrennung  
und -Speicherung bei fossil befeuerten  
Kraftwerken**

**J. Nazarko**

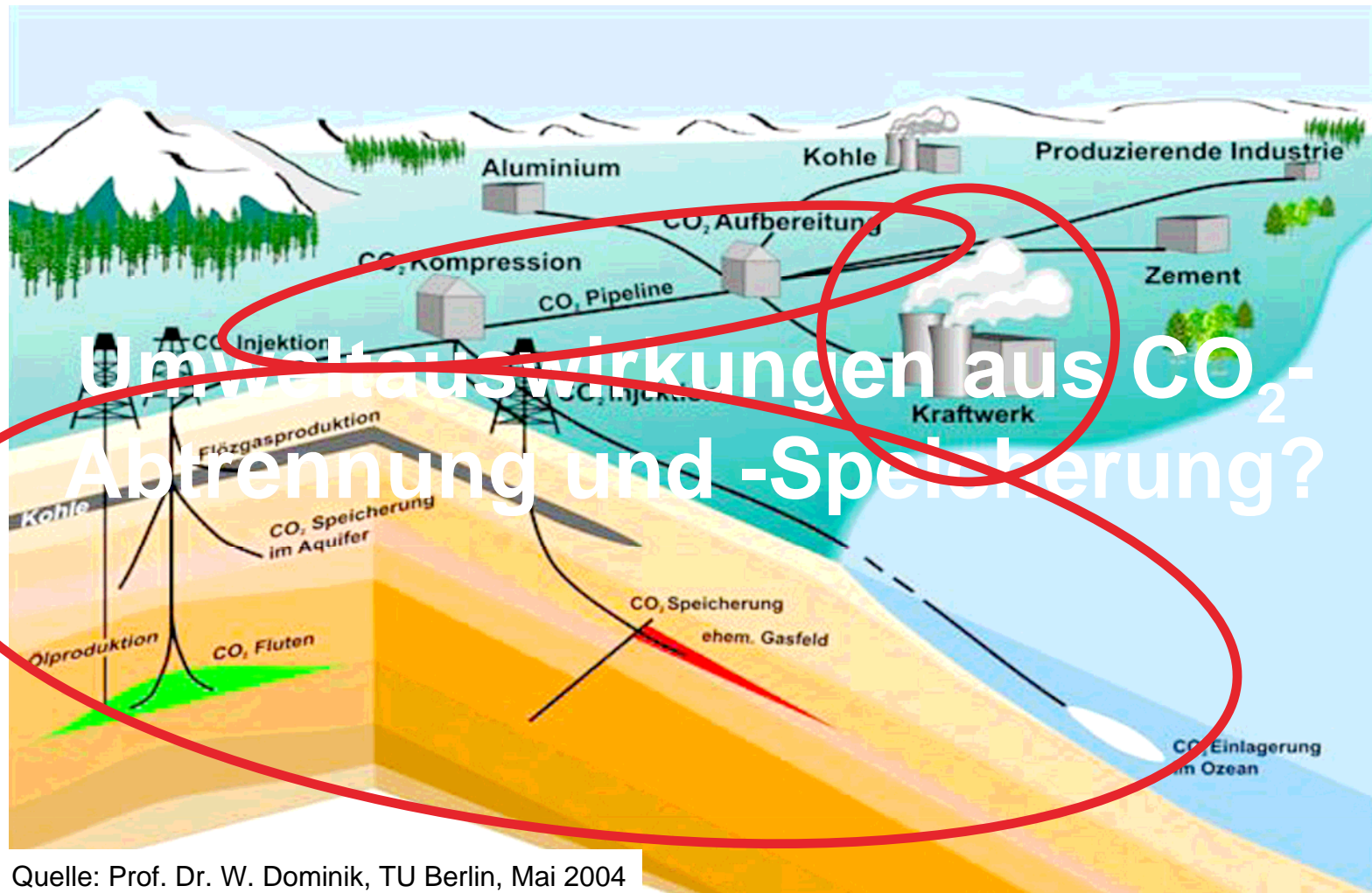
**Forschungszentrum Jülich  
Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)**



# Technologischer Wettbewerb von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen bei fossil befeuerten Kraftwerken

- Wirkungsgradsteigerung
- Neue Kraftwerkskonzepte
- Brennstoffwechsel
- CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung

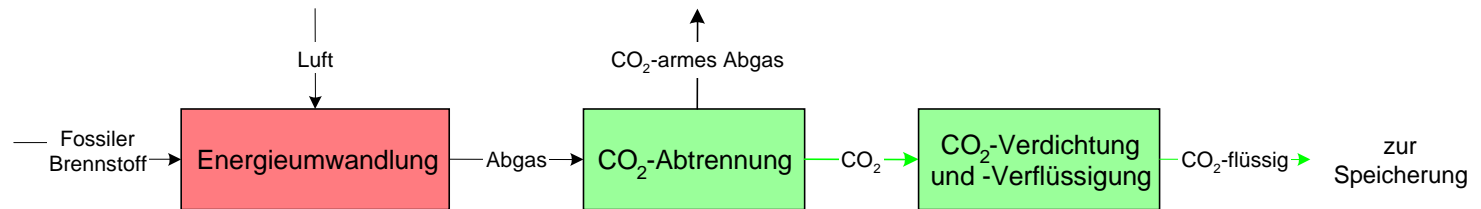
## CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung aus Industrie- und Großfeuerungsanlagen



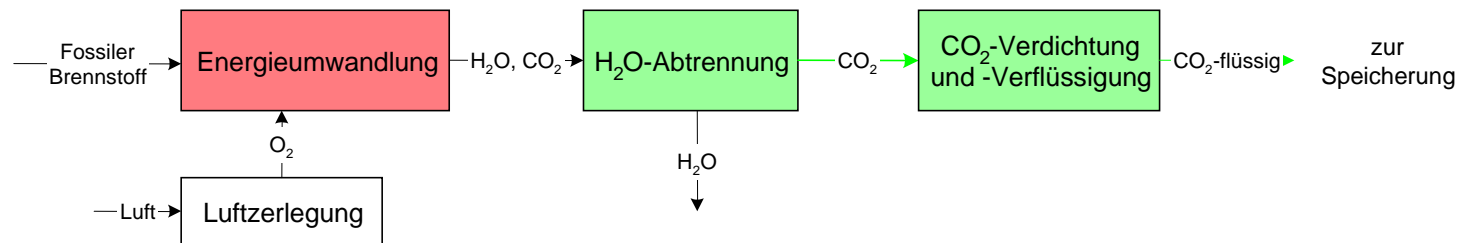
Quelle: Prof. Dr. W. Dominik, TU Berlin, Mai 2004

# Konzepte der CO<sub>2</sub>-Abtrennung in Kraftwerken

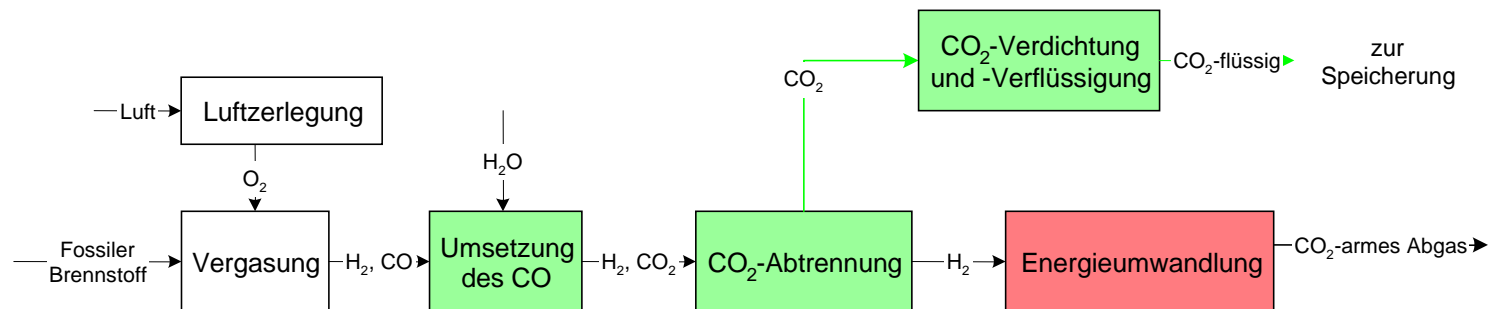
Nachgeschaltete  
Abtrennung  
(*Post-combustion*)



Sauerstoff-  
verbrennung  
(*Oxyfuel*)



Vorgeschaltete  
Abtrennung  
(*Pre-combustion*)



## Entwicklungsstand von Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung

- ++** Stand der Technik in anderen Industrieanwendungen
- +** Demonstrations- / Versuchsanlagen
- (+)** F/E-Aktivitäten

Abscheidungsverfahren	Nachgeschaltete Abtrennung	Sauerstoffverbrennung	Vorgeschaltete Abtrennung
<b>Absorption</b>			
physikalisch	+		+
physikalisch-chemisch	+		+
chemisch	++		+
<b>Adsorption</b>			
<b>Membran</b>	(+)	(+)	(+)
<b>Kryogene Trennung</b>		++	++



Rückhaltegrad des Kohlenstoffes bis zu 100%

## CO<sub>2</sub>-Transport

hängt ab von der Strecke, Art der Speicherung/Nutzung und CO<sub>2</sub>-Menge  
und erfolgt mittels Pipeline, Schiff, Bahn, Lkw

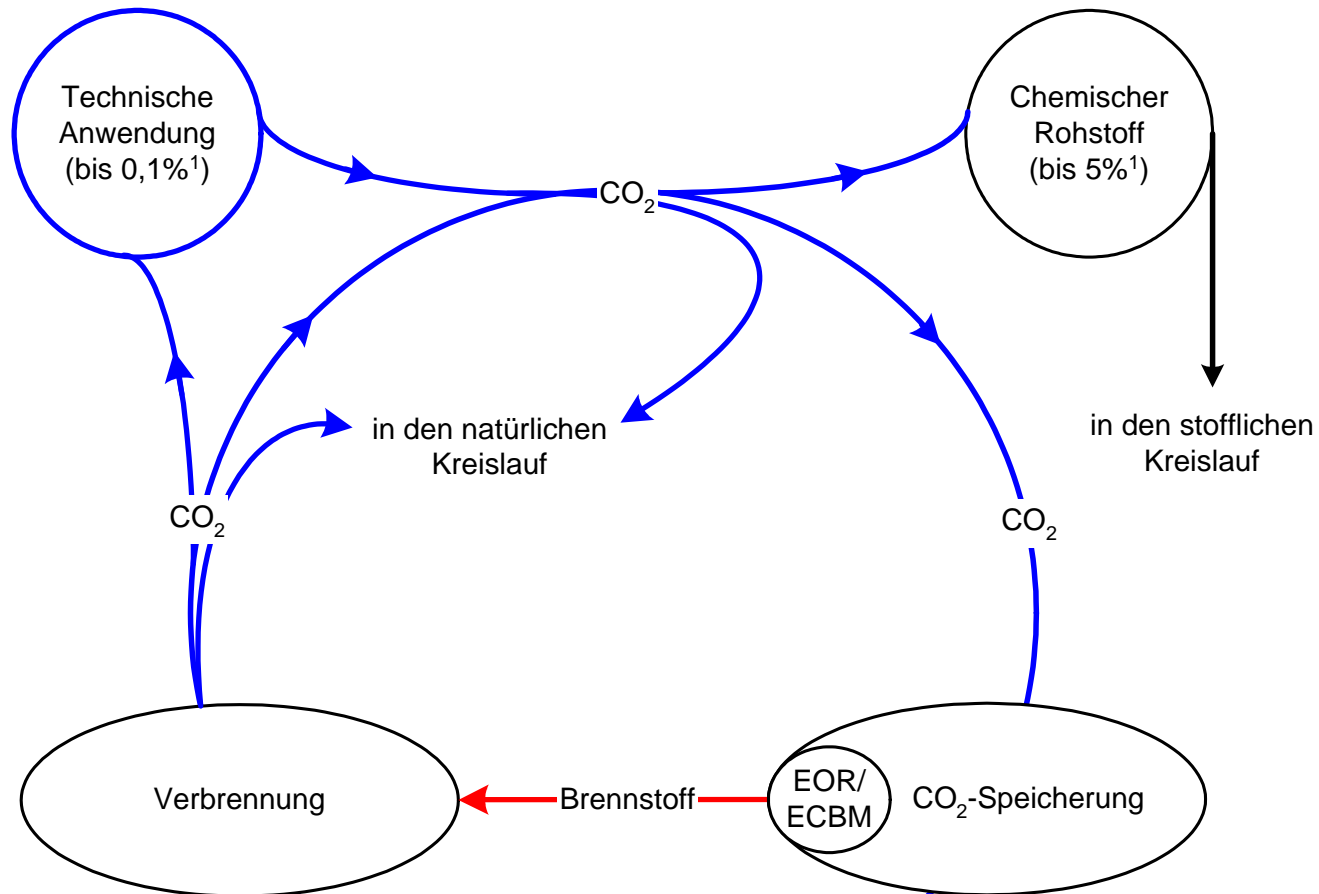


Foto: Dakota Gasification, Weyburn





## Wohin mit CO<sub>2</sub>?

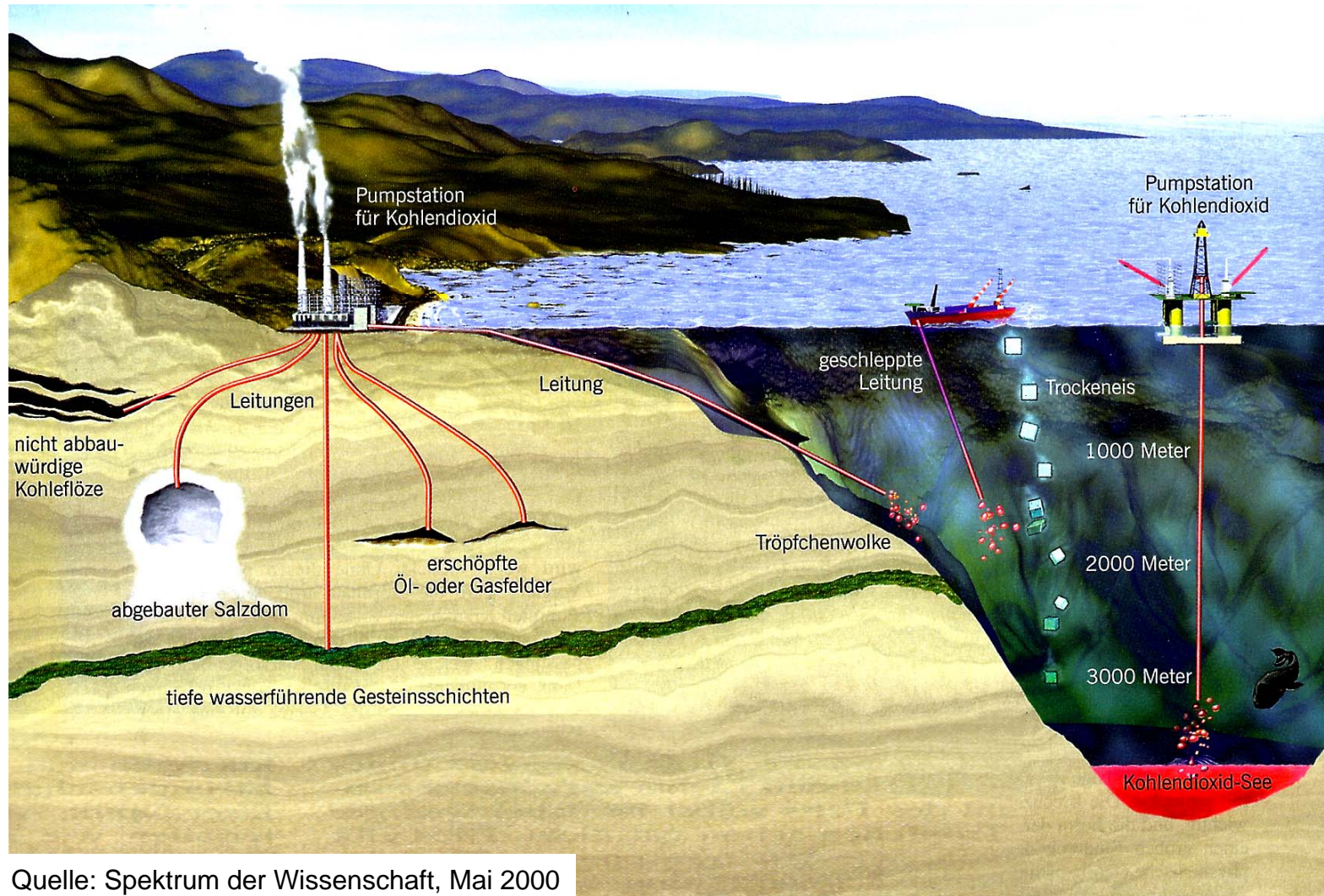


EOR: Enhanced Oil Recovery

ECBM: Enhanced coalbed methane

<sup>1</sup> geschätztes Potential an Gesamtemissionen

## Speicherungsoptionen für CO<sub>2</sub>





## Geschätzte Reichweite und Speicherdauer ausgewählter CO<sub>2</sub>- Speicherungsoptionen

Speicherungsoption	geschätzte Reichweite [a]		Speicher- dauer [a]
	weltweit	Deutschland	
stillgelegte Salzbergwerke	40 - 120	vernachlässig.	k. A.
tiefe Kohleflöze	2 - 130	1-24	>10 <sup>5</sup>
aktive Ölfelder	8 - 44	vernachlässig.	10 <sup>6</sup>
ausgeförderte Ölfelder	14 - 44	vernachlässig.	>10 <sup>6</sup>
ausgeförderte Gasfelder	40 - 220	7-22	>10 <sup>5</sup>
Tiefe saline Aquifere	13 - 440	120 - 360	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>6</sup>
Meeresspeicherung	bis 20000 (physikalisch)		500 - 1000
	20 - 520 (realisierbar)		
Wälder, Forstwirtschaft	0,5	vernachlässig.	50 - 100
Nutzung	0,1-0,4	k. A.	
CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Stromerzeugung in 2001, Gt	8,4	0,344	

Zusammenstellung aus div. Quellen



# Systemanalyse im FZJ-Vorhaben „CO<sub>2</sub>-Abtrennung“

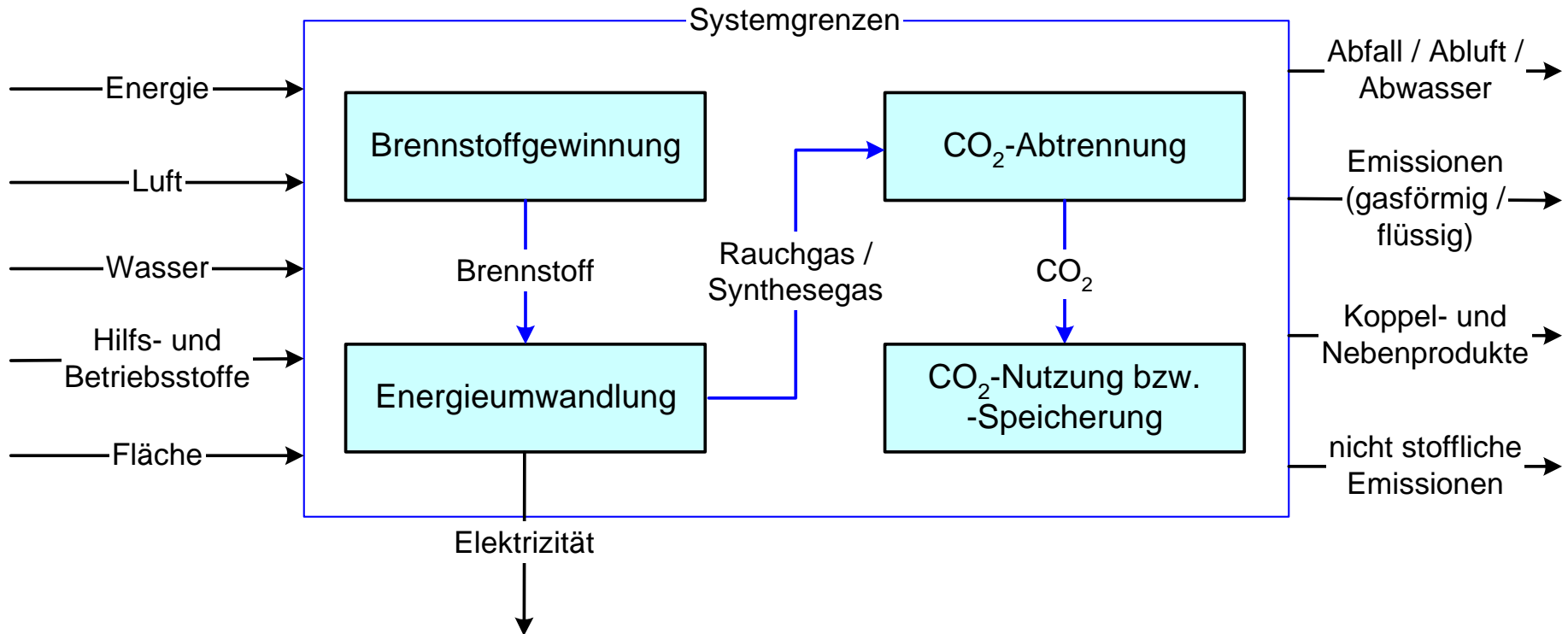
## FZJ-Vorhaben:

Entwicklung von Technik für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung,  
v.a. Membrantechnologie (FZJ - IWW 1-3; FZJ - ZAT)

## Systemanalytische Aufgaben: Technikbewertung (FZJ - STE)

- Gesamtenergiewirtschaftliche Bewertung
- **Umweltseitige Bewertung**

# LCA als Instrument der umweltseitigen Bewertung





## Quellen der Umweltauswirkungen aus der CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung

- Herstellung, Betrieb und Entsorgung von Anlagen für
  - Abscheidung
  - Konfektionierung und Transport
  - Speicherung (Injektion und Monitoring) von CO<sub>2</sub>
- Verminderung der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke
- Herstellung und Entsorgung von Hilfs- und Betriebsmitteln
- Leckagen mit Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus CO<sub>2</sub>-Transport und -Speicherung
- Nutzung und Verunreinigung von Speicherreservoirien



## Stand der Arbeiten zur umweltseitigen Bewertung in STE

- Festlegung des Zieles und Untersuchungsrahmens
  - Auswahl von Optionen für CO<sub>2</sub>-Abtrennung, -Transport und -Speicherung
  
- Sachbilanz
  - Berechnung von Massenbilanzen in Abscheidungssystemen
  
- Wirkungsabschätzung
  
- Auswertung

**Geplanter Fertigstellungstermin: 2007**



**Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit**