

Umweltseitige Bewertung der CO₂-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

Der Hintergrund des am Forschungszentrum Jülich geführten Projekts zur CO₂-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 CO₂-Abscheidung und -Speicherung ein Potenzial.

Derzeit werden insbesondere drei technische Konzepte zur CO₂-Abscheidung an industriellen Punktquellen verfolgt:

Pre-combustion capture: Bei der der Verbrennung vorgeschalteten Abscheidung kommen die Entfernung von CO₂ 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 CO₂ 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 O₂, eventuell gestreckt mit rezykliertem CO₂ oder H₂O

Für den Transport von CO₂ 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.

CO₂-Tanker: Flüssiges CO₂ wird derzeit für die Nahrungsmittelproduktion schon in Tankern transportiert. Für die Sequestrierung werden hier großvolumigere Tanker in Betracht gezogen.

CO₂-Tanklastwagen: Tanklastwagen werden theoretisch in Betracht gezogen, wenn Rohrleitungen nicht in Erwägung gezogen werden.

Für die Speicherung von CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ kann hier zu einem Austrieb von Methan führen, das wiederum energetisch genutzt werden kann.

Tiefe salzhaltige Aquifere: Die Injektion von CO₂ in einen salinen Aquifer wird kommerziell betrieben (Sleipner-Projekt).

Ozeanische Gewässer: Die marine Speicherung von CO₂ wird in Richtungen dessen Isolierung und Dispersion im Wasserkörper diskutiert und beruht bislang auf Laborexperimenten und Computersimulationen.

Der Transport durch CO₂-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 CO₂-Abscheidung und -Speicherung notwendig.

Theoretisch existieren mehr als hundert denkbare Abscheidungs- und Entsorgungs- bzw. Verwertungsszenarien für CO₂. 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 CO₂-Abtrennung
und -Speicherung bei fossil befeuerten
Kraftwerken**

J. Nazarko

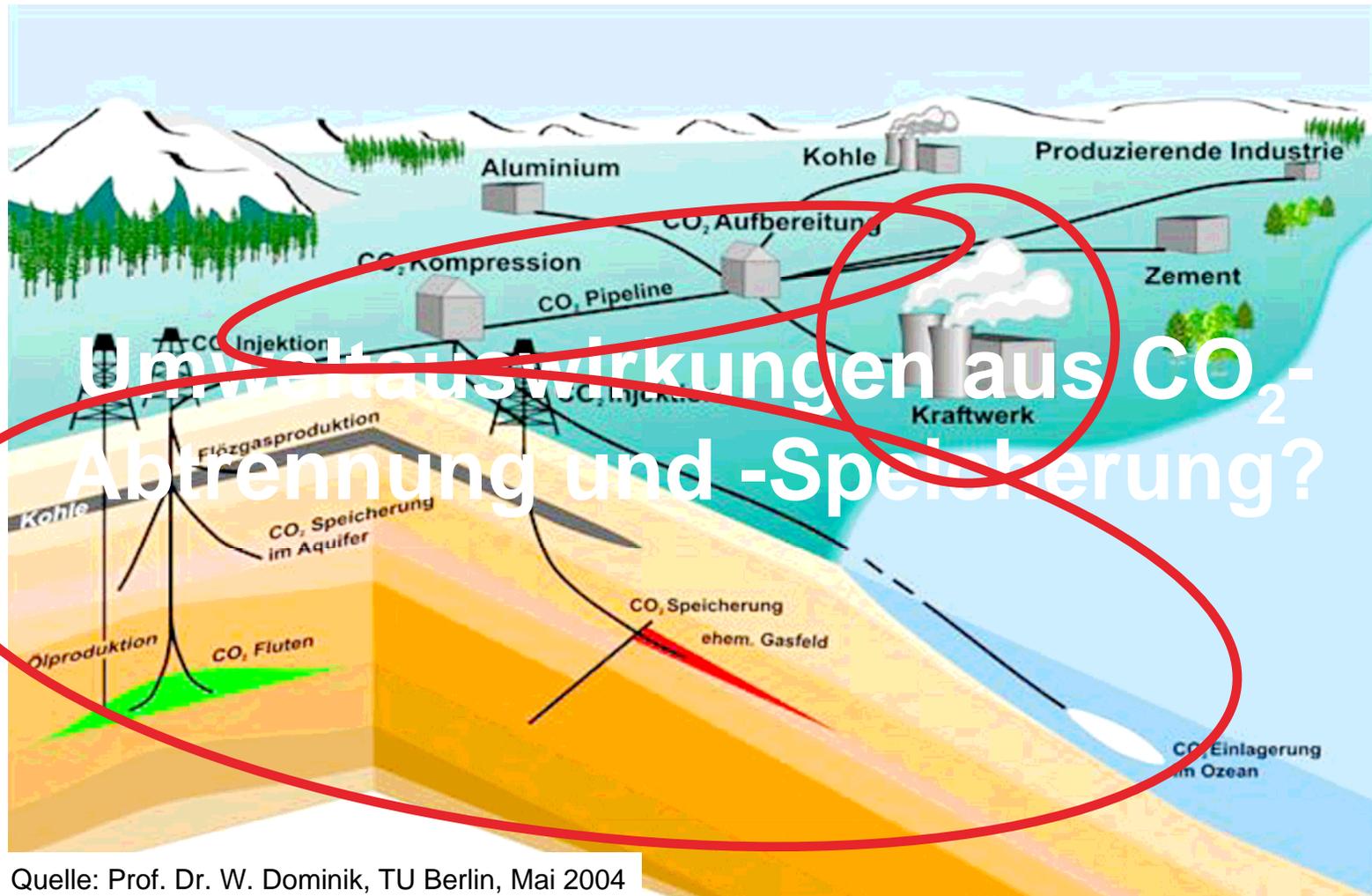
**Forschungszentrum Jülich
Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)**



Technologischer Wettbewerb von CO₂-Minderungsmaßnahmen bei fossil befeuerten Kraftwerken

- Wirkungsgradsteigerung
- Neue Kraftwerkskonzepte
- Brennstoffwechsel
- CO₂-Abtrennung und -Speicherung

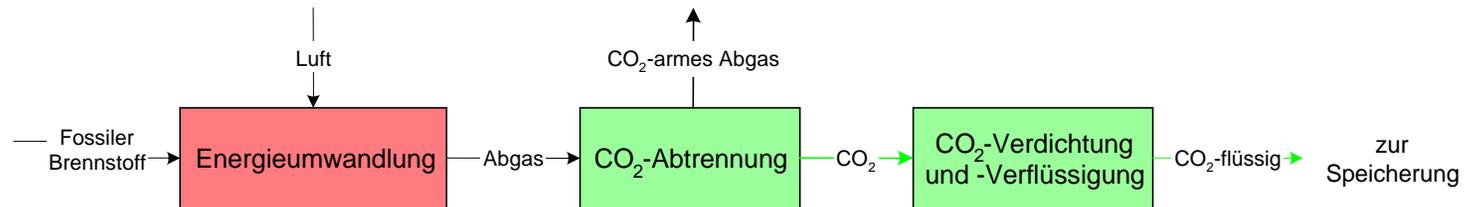
CO₂-Abtrennung und -Speicherung aus Industrie- und Großfeuerungsanlagen



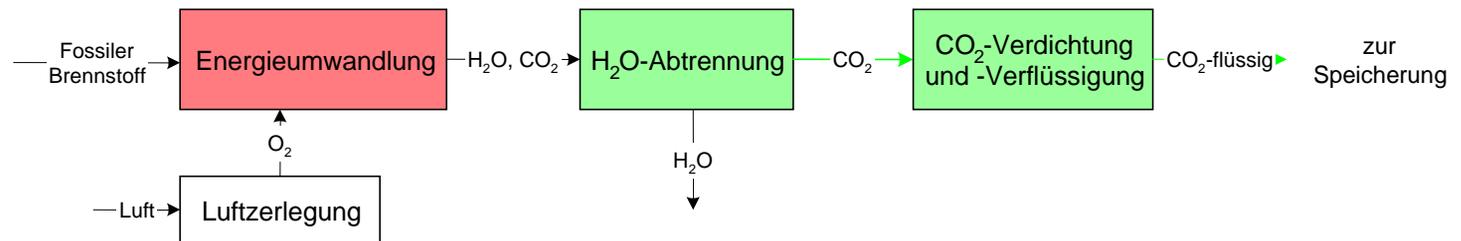
Quelle: Prof. Dr. W. Dominik, TU Berlin, Mai 2004

Konzepte der CO₂-Abtrennung in Kraftwerken

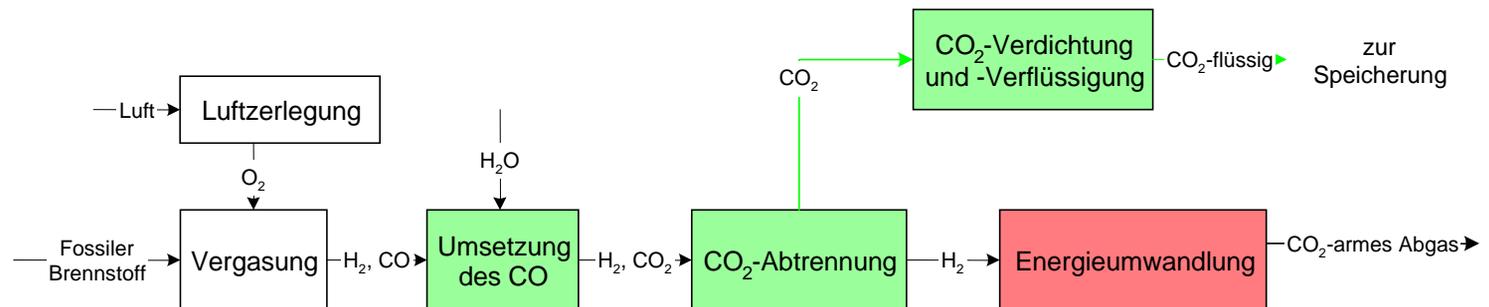
Nachgeschaltete
Abtrennung
(*Post-combustion*)



Sauerstoff-
verbrennung
(*Oxyfuel*)



Vorgeschaltete
Abtrennung
(*Pre-combustion*)



Entwicklungsstand von Verfahren zur CO₂-Abtrennung

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

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



Rückhaltegrad des Kohlenstoffes bis zu 100%

CO₂-Transport

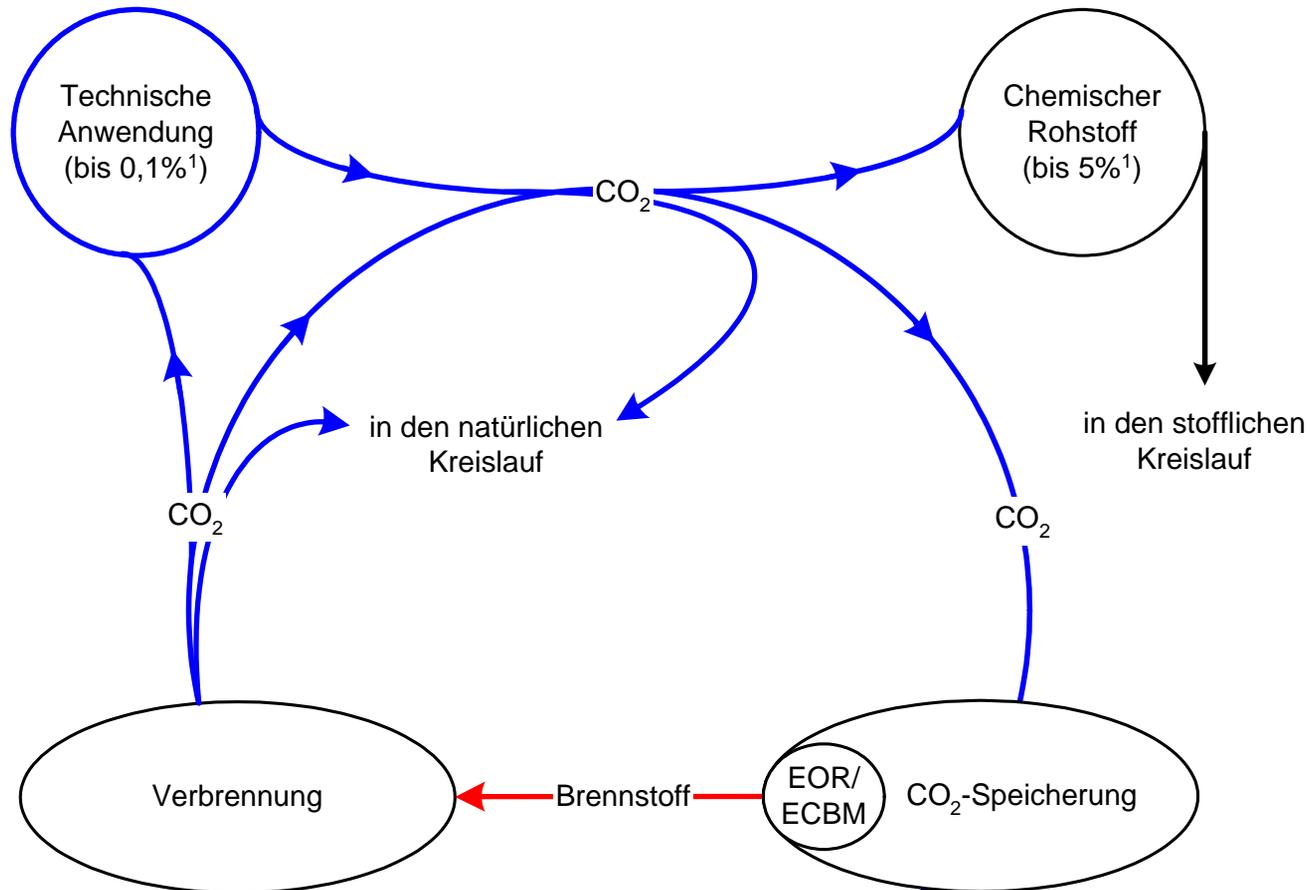
hängt ab von der Strecke, Art der Speicherung/Nutzung und CO₂-Menge
und erfolgt mittels Pipeline, Schiff, Bahn, Lkw



Foto: Dakota Gasification, Weyburn



Wohin mit CO₂?

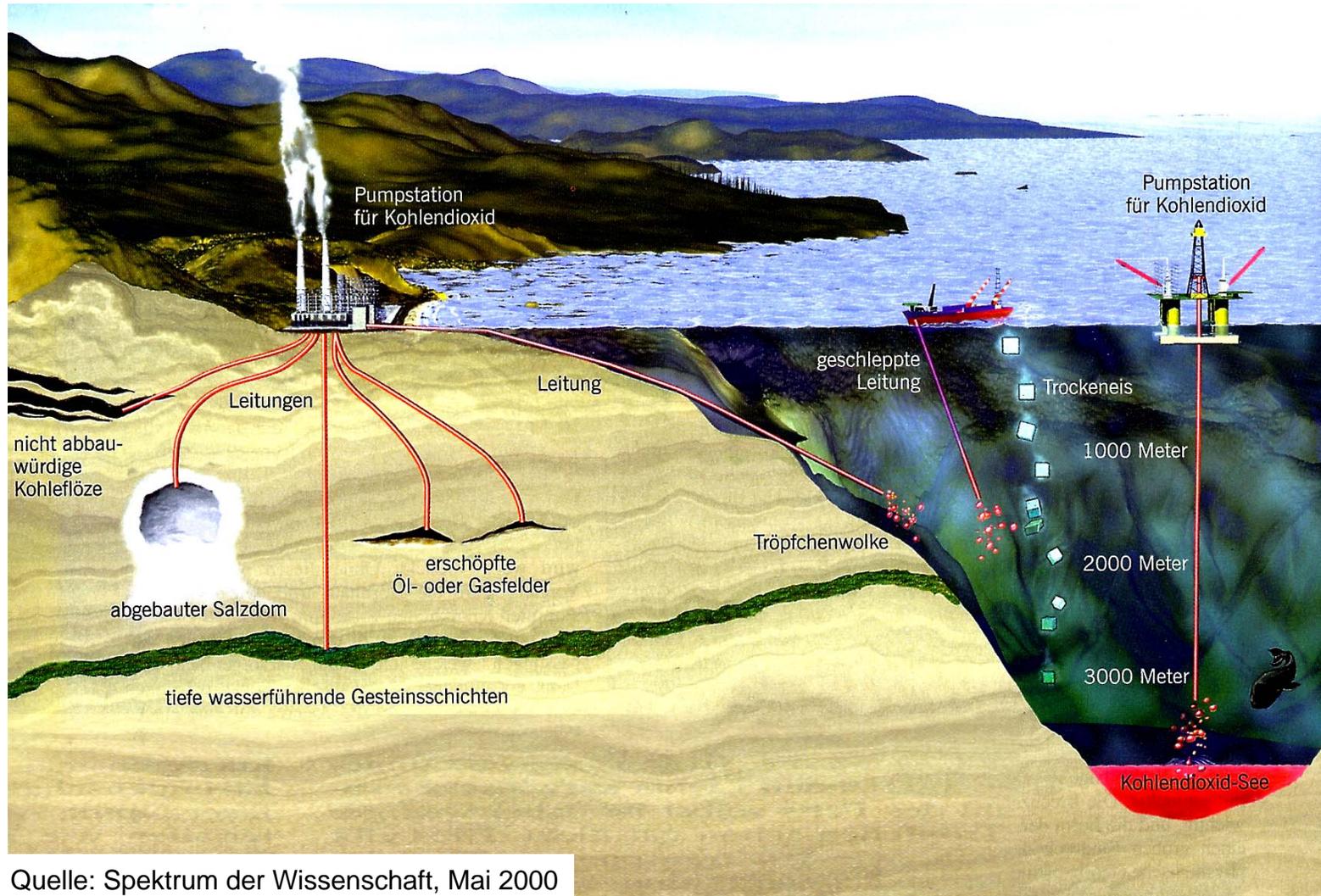


EOR: Enhanced Oil Recovery

ECBM: Enhanced coalbed methane

¹ geschätztes Potential an Gesamtemissionen

Speicherungsoptionen für CO₂



Geschätzte Reichweite und Speicherdauer ausgewählter CO₂-Speicheroptionen

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

Zusammenstellung aus div. Quellen



Systemanalyse im FZJ-Vorhaben „CO₂-Abtrennung“

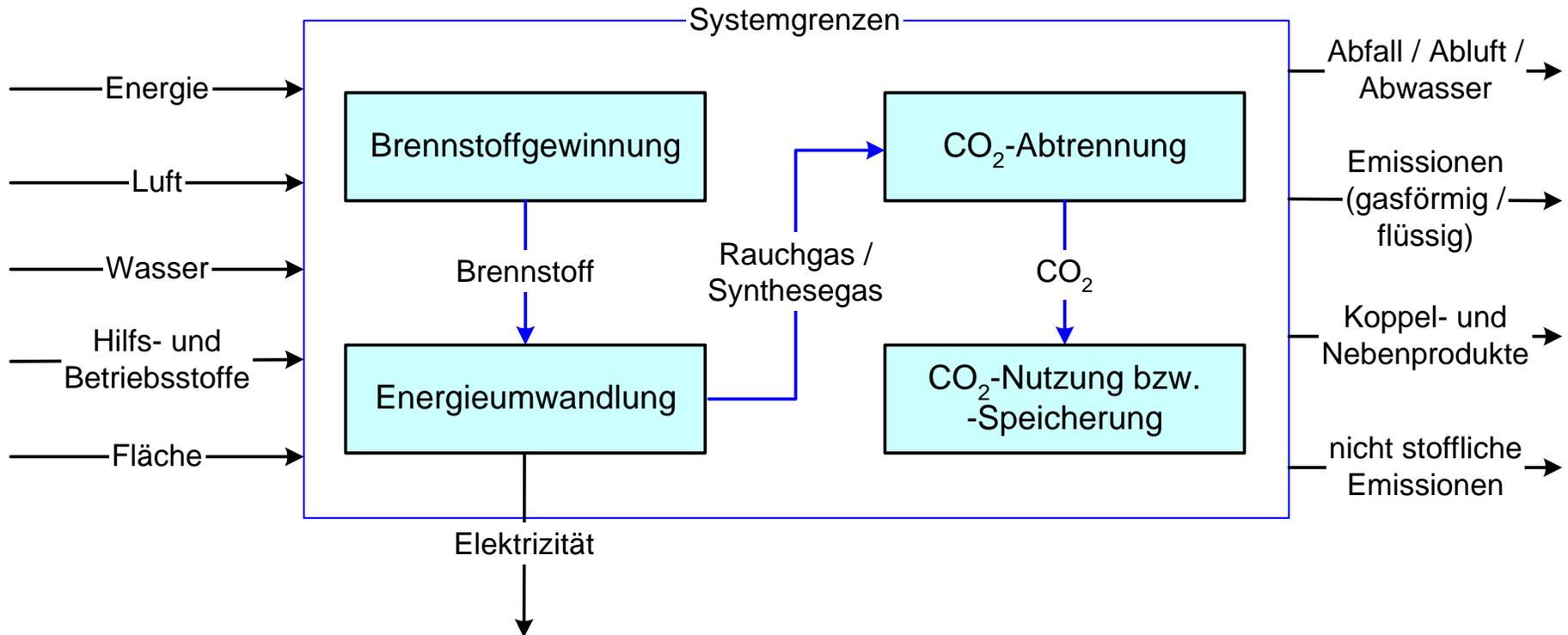
FZJ-Vorhaben:

Entwicklung von Technik für die CO₂-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 CO₂-Abtrennung und -Speicherung

- Herstellung, Betrieb und Entsorgung von Anlagen für
 - Abscheidung
 - Konfektionierung und Transport
 - Speicherung (Injektion und Monitoring) von CO₂
- Verminderung der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke
- Herstellung und Entsorgung von Hilfs- und Betriebsmitteln
- Leckagen mit Freisetzung von CO₂ aus CO₂-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 CO₂-Abtrennung, -Transport und -Speicherung

- Sachbilanz
 - Berechnung von Massenbilanzen in Abscheidungssystemen

- Wirkungsabschätzung

- Auswertung

Geplanter Fertigstellungstermin: 2007



Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit