

# Ökobilanzielle Bewertung der stofflichen CO<sub>2</sub>-Nutzung

Niklas von der Assen, André Bardow

Ökobilanz Werkstatt 2011, RWTH Aachen, 22.09.2011

**Prof. Dr.-Ing. André Bardow**

☎ 0241 – 80 95 381

✉ andre.bardow@lth.rwth-aachen.de

**Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Niklas von der Assen**

☎ 0241 – 80 95 389

✉ niklas.vonderassen@lth.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik  
RWTH Aachen University

Schinkelstraße 8

D - 52062 Aachen

☎ +49 (0)241 80 92 255

🌐 <http://www.lth.rwth-aachen.de>

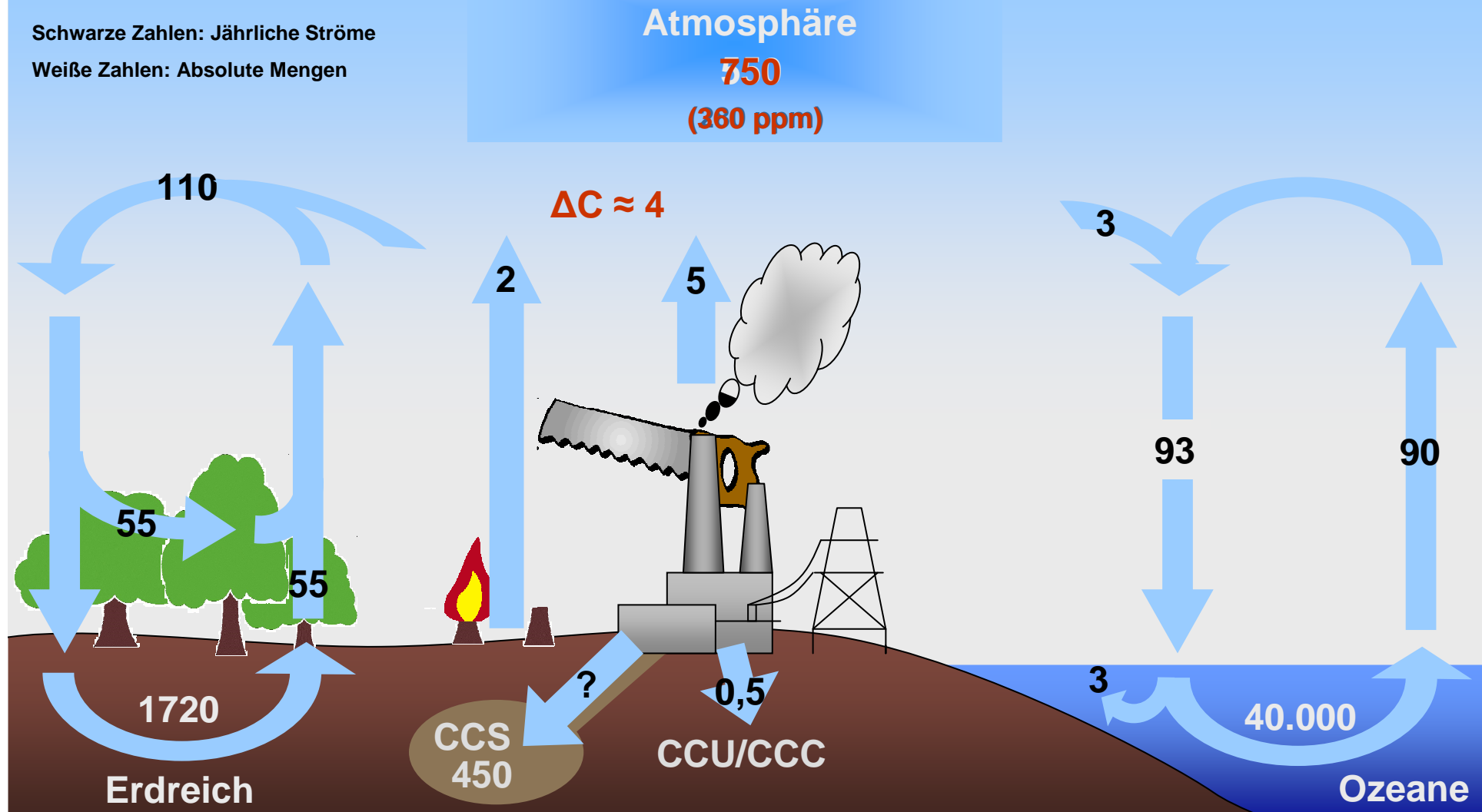
# Der Kohlenstoff-Kreislauf



## Zahlenwerte: Mrd t C

Schwarze Zahlen: Jährliche Ströme

Weißer Zahlen: Absolute Mengen



CCS: Carbon Capture and Storage    CCU: Carbon Capture and Utilization    CCC: Carbon Capture and Conversion

## Zahlenwerte: Mrd t C

Schwarze Zahlen: Jährliche Ströme

Weißer Zahlen: Absolute Mengen

### Atmosphäre

750

→ CCU könnte nur einen kleinen Beitrag zum Klimaschutz leisten

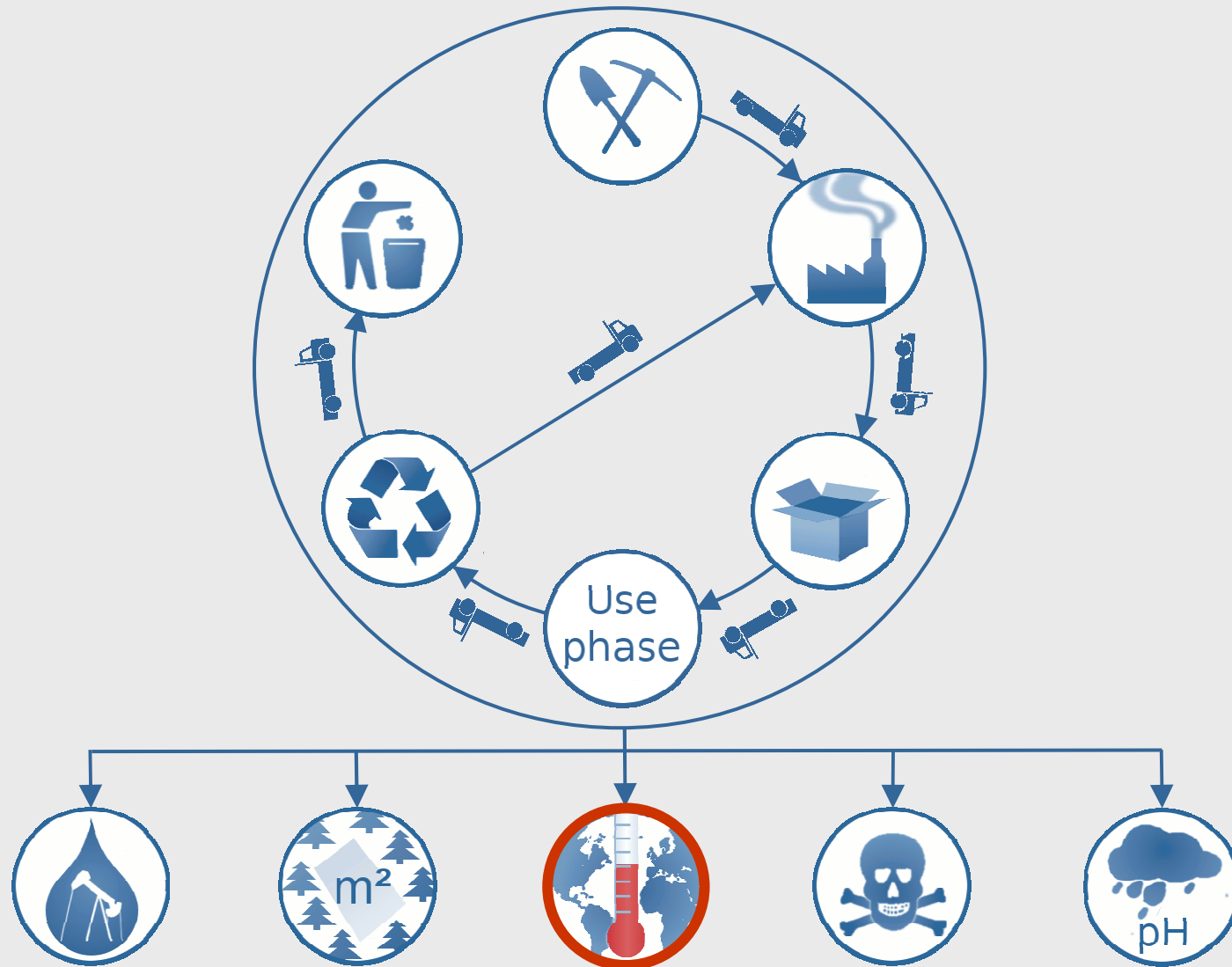
Kann CCU **überhaupt** einen Beitrag leisten?

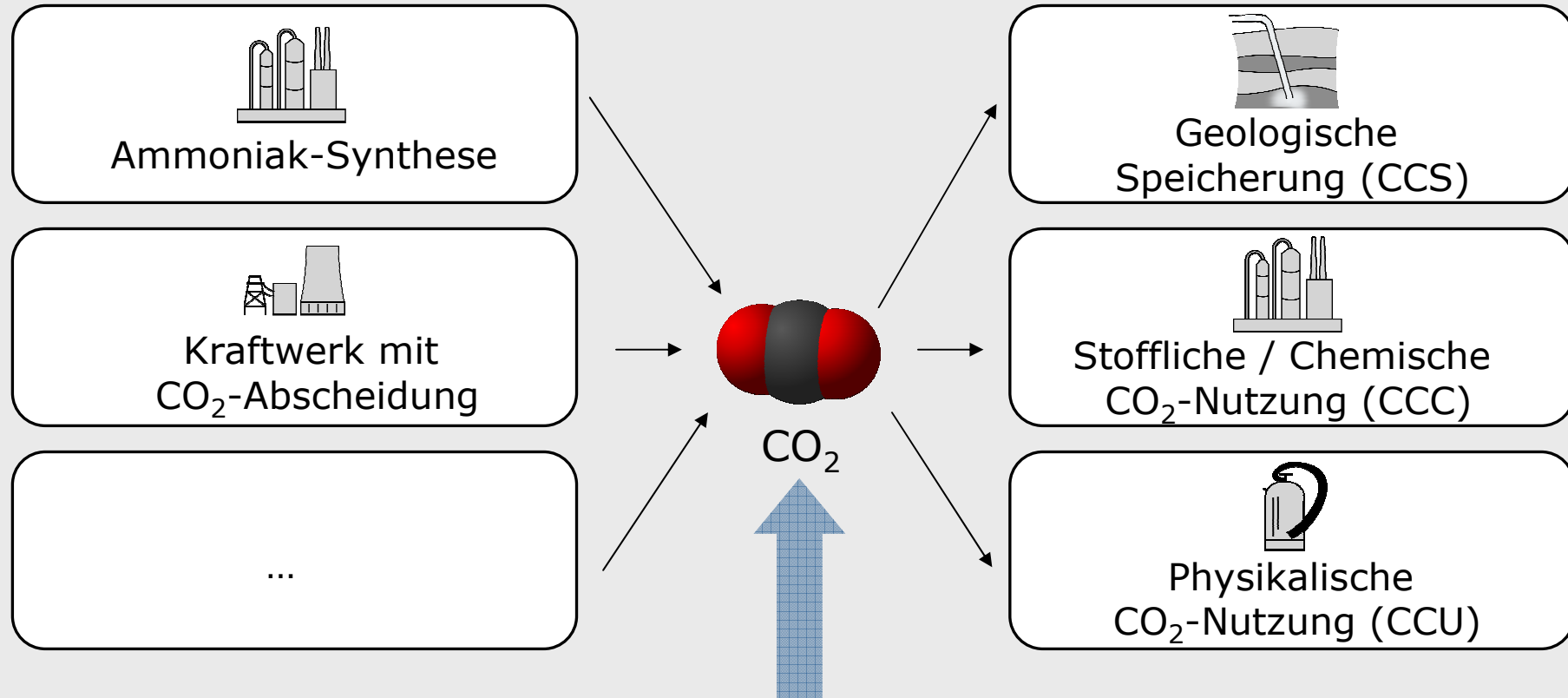


CCS: Carbon Capture and Storage

CCU: Carbon Capture and Utilization

CCC: Carbon Capture and Conversion





## ISO 14040/14044:

### „3.22 Zwischenproduktfluss

Produkt-, Stoff- oder Energiefluss, der **zwischen den Prozessmodulen** des untersuchten Produktsystems auftritt“

CCS: Carbon Capture and Storage

CCU: Carbon Capture and Utilization

CCC: Carbon Capture and Conversion

## Goal & Scope Definition

Systemgrenzen

Zeitliche Bewertung  
der Emissionen

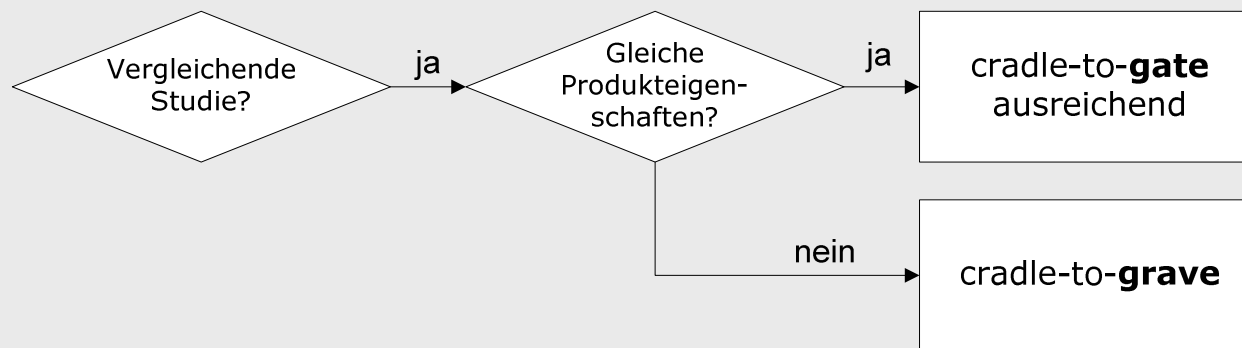
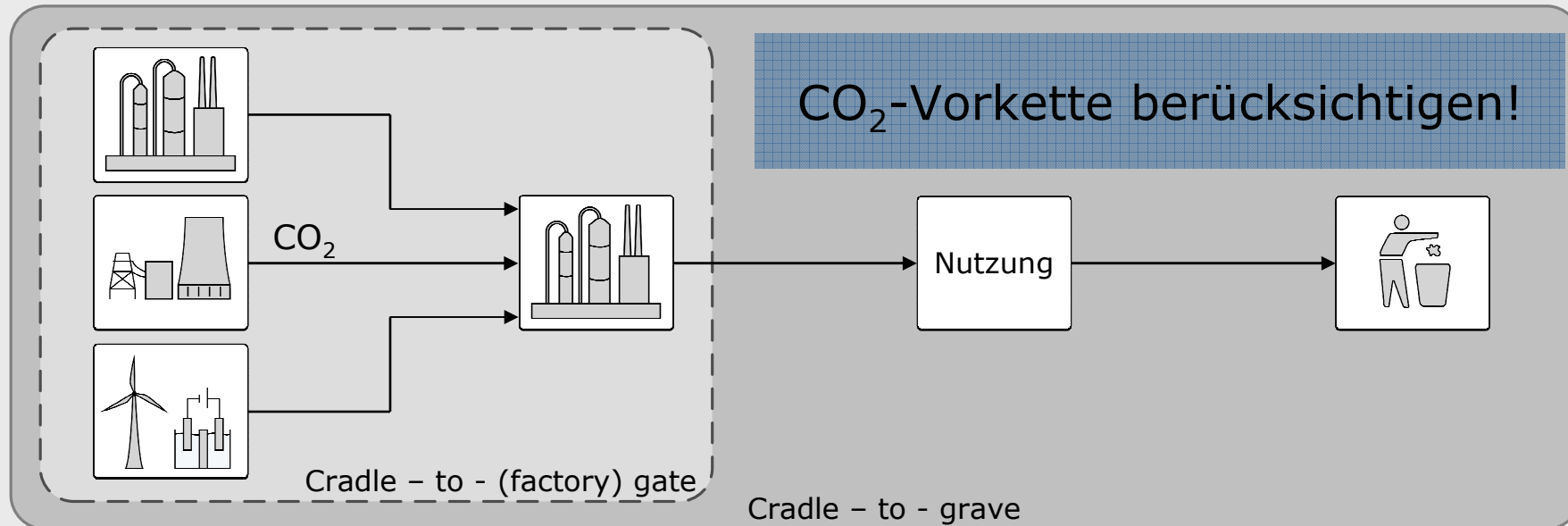
funktionelle Einheit  
(fE) / Allokation

Gewinnung der Rohstoffe und Vorprodukte

Stoffliche CO<sub>2</sub>-Nutzung

Nutzphase des Produkts

Recycling/ Beseitigung



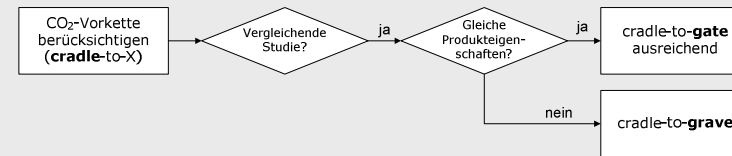
Jedoch: Nutzung und Recycling/Beseitigung häufig noch ungewiss!

## Goal & Scope Definition

Systemgrenzen

Zeitliche Bewertung  
der Emissionen

funktionelle Einheit  
(fE) / Allokation





# Zeitliche Bewertung der Emissionen

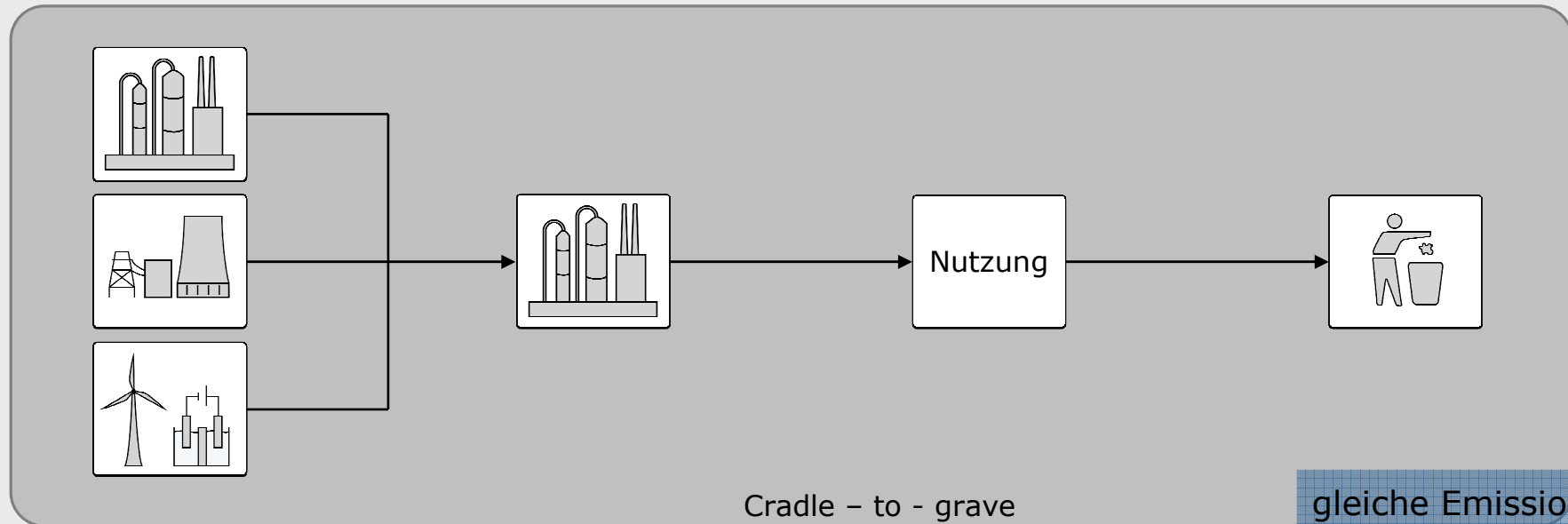


Gewinnung der Rohstoffe und Vorprodukte

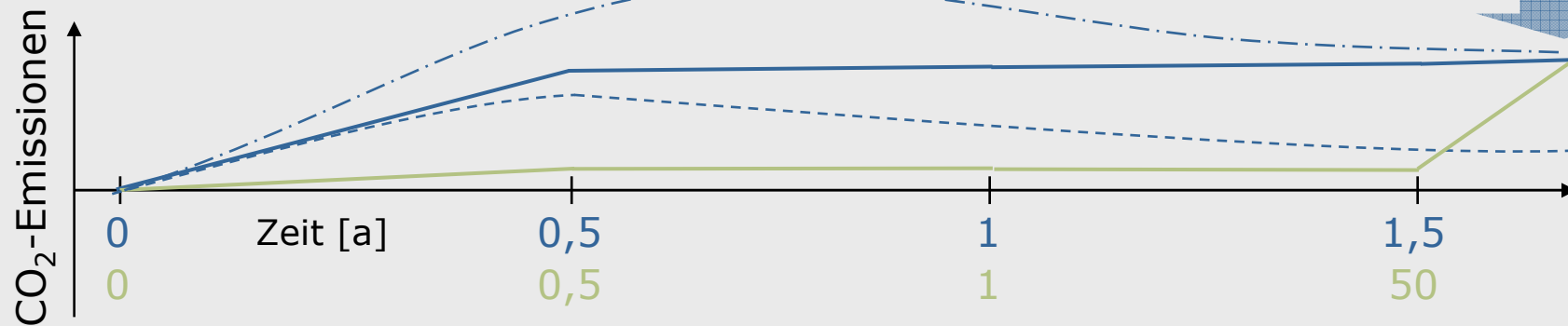
Stoffliche CO<sub>2</sub>-Nutzung

Nutzphase des Produkts

Recycling/ Beseitigung



gleiche Emissionen



# Zeitliche Bewertung der Emissionen

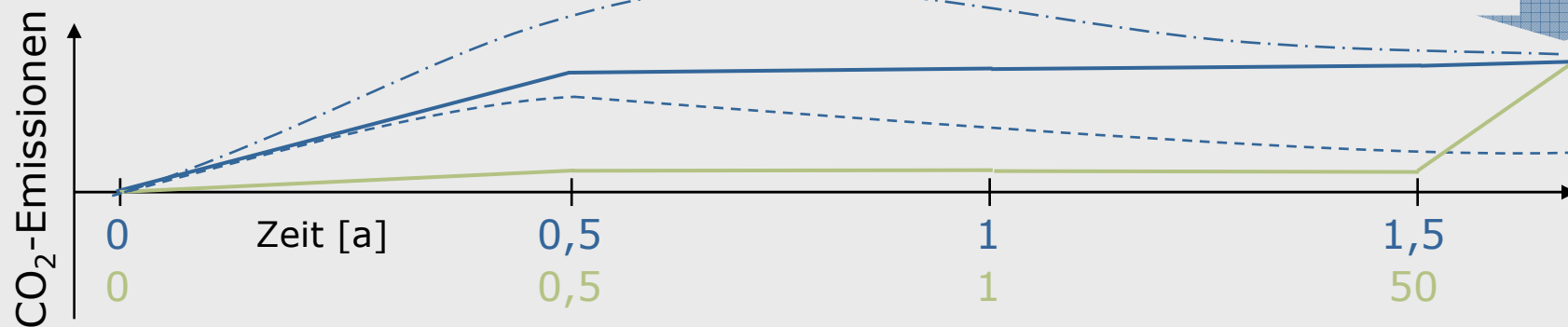
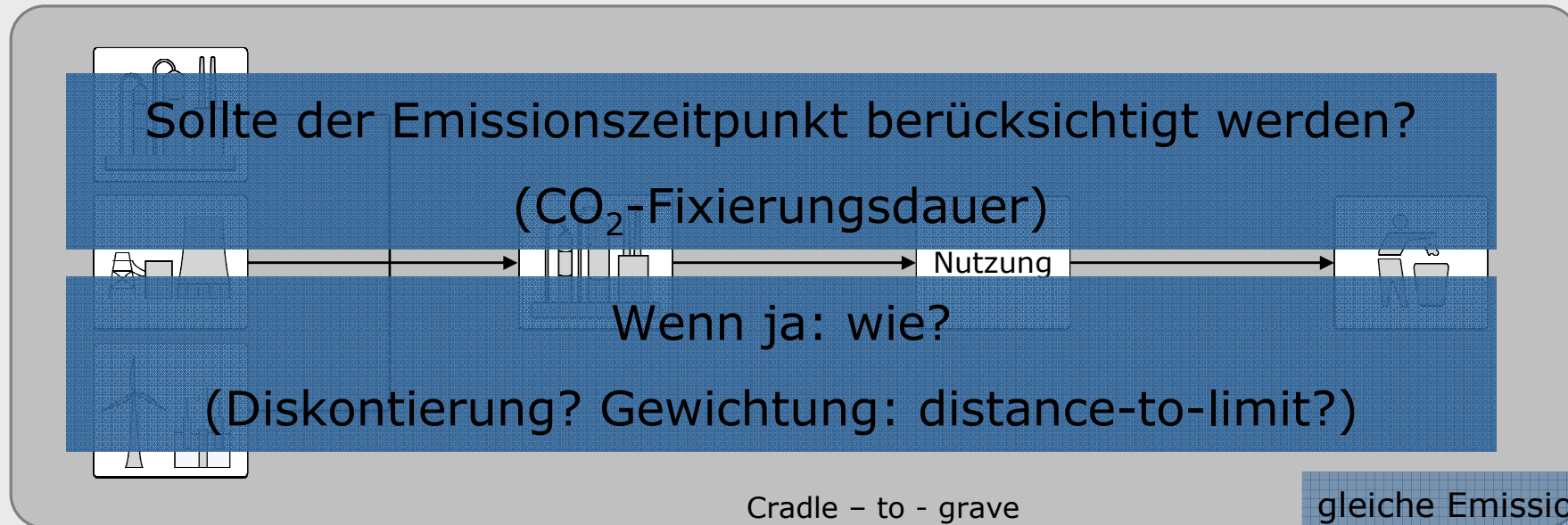


Gewinnung der Rohstoffe und Vorprodukte

Stoffliche CO<sub>2</sub>-Nutzung

Nutzphase des Produkts

Recycling/ Beseitigung

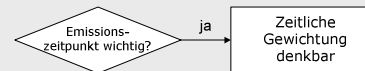
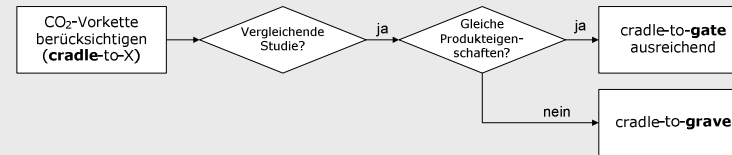


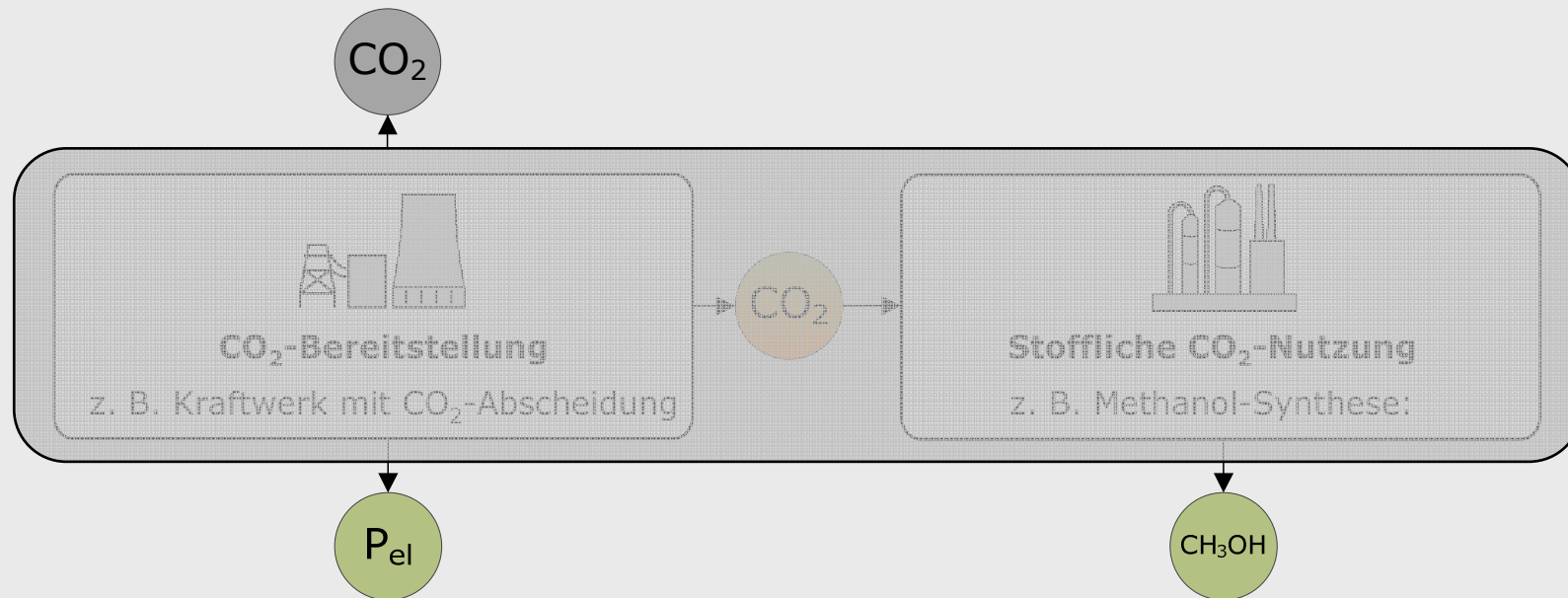
## Goal & Scope Definition

Systemgrenzen

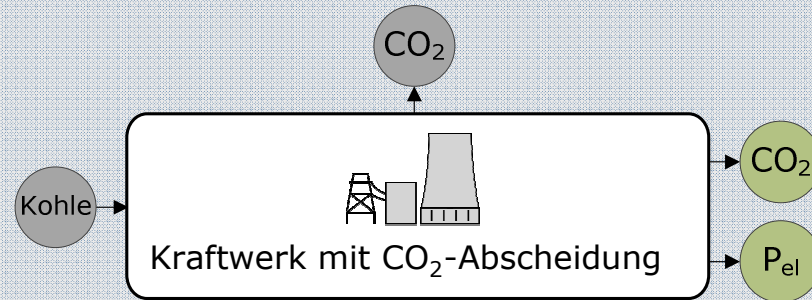
Zeitliche Bewertung  
der Emissionen

funktionelle Einheit  
(fE) / Alloaktion



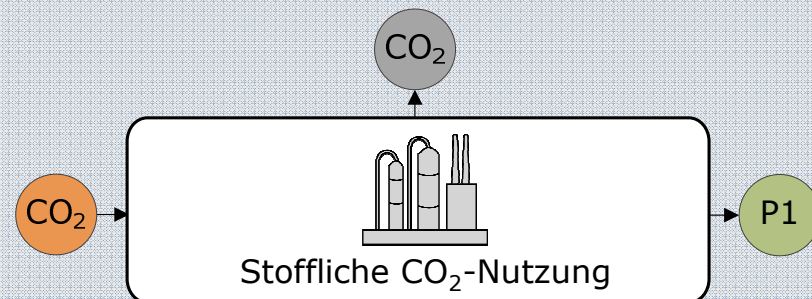


1. CO<sub>2</sub>-Bereitstellung: i.d.R. weitere Produkte (z.B. Elektrizität)
  - Mehrere Produkte des Gesamtsystems (**fE = alle Produkte**)
2. Problem: z.B. Emissionszertifikate bei mehreren Akteuren
  - Produktspezifische Emissionswerte benötigt (**fE = ein Produkt**)
  - Allokation notwendig
    - Variante 1: auf Systemebene
    - Variante 2: auf Prozessebene



## Fall 1: CO<sub>2</sub> als Produkt

- Mehrprodukt-Prozess CO<sub>2</sub>-Bereitstellung
  - Funktion 1: Elektrizität
  - Funktion 2: reines CO<sub>2</sub>



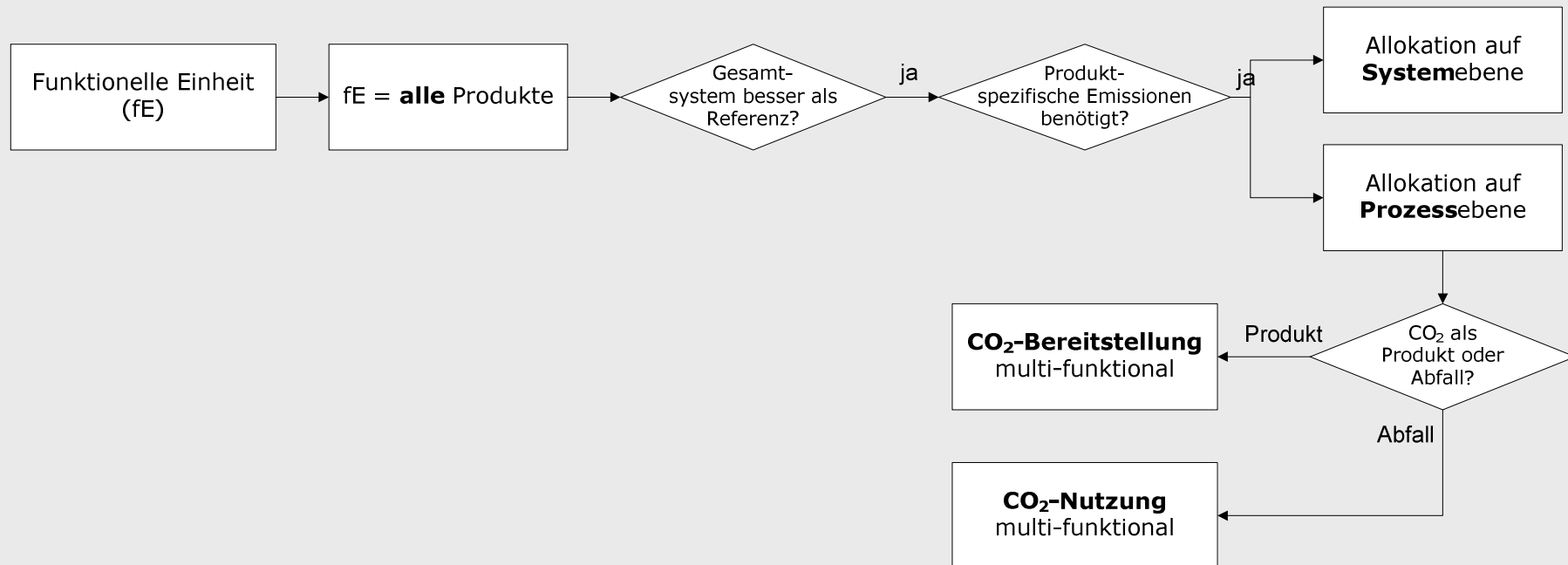
## Fall 2: CO<sub>2</sub> als Abfall

- Open-loop Recycling CO<sub>2</sub>-Nutzung
  - Funktion 1: z.B. Methanol
  - Funktion 2: Beseitigung von CO<sub>2</sub>

in beiden Fällen: je ein multi-funktionaler Prozess

→ Allokation notwendig

# Wahl der funktionellen Einheit (fE)

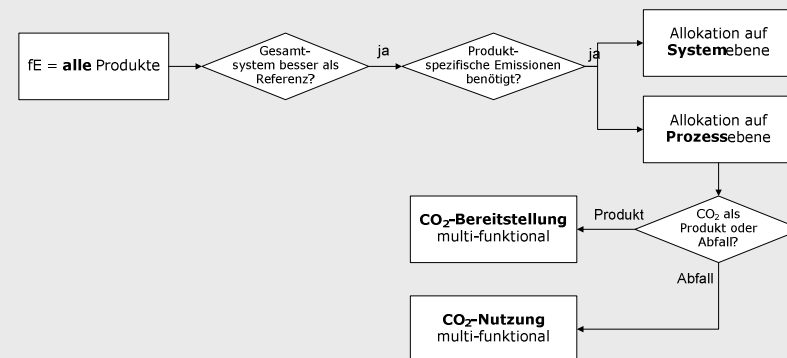
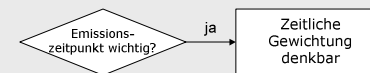
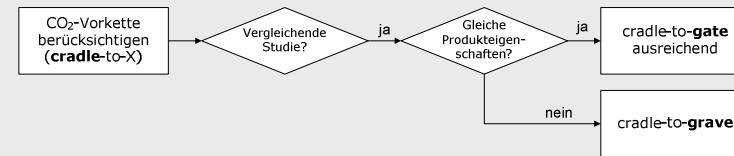


## Goal & Scope Definition

Systemgrenzen

Zeitliche Bewertung  
der Emissionen

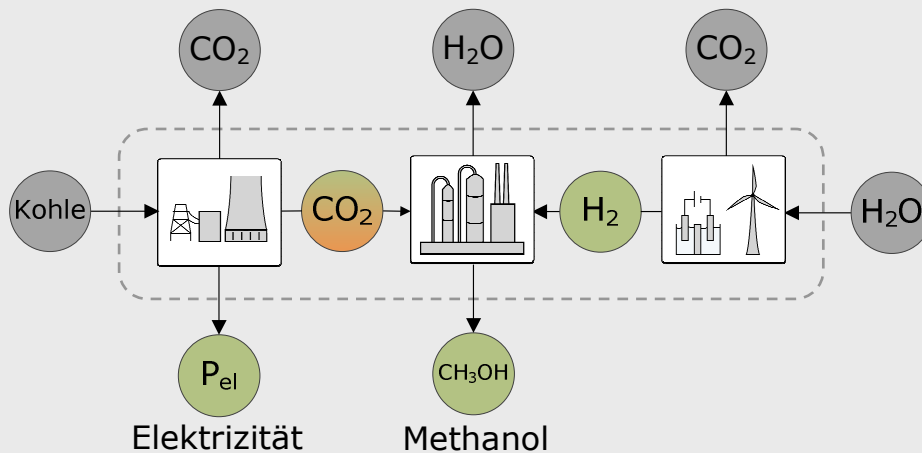
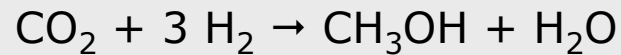
funktionelle Einheit  
(fE) / Allokation



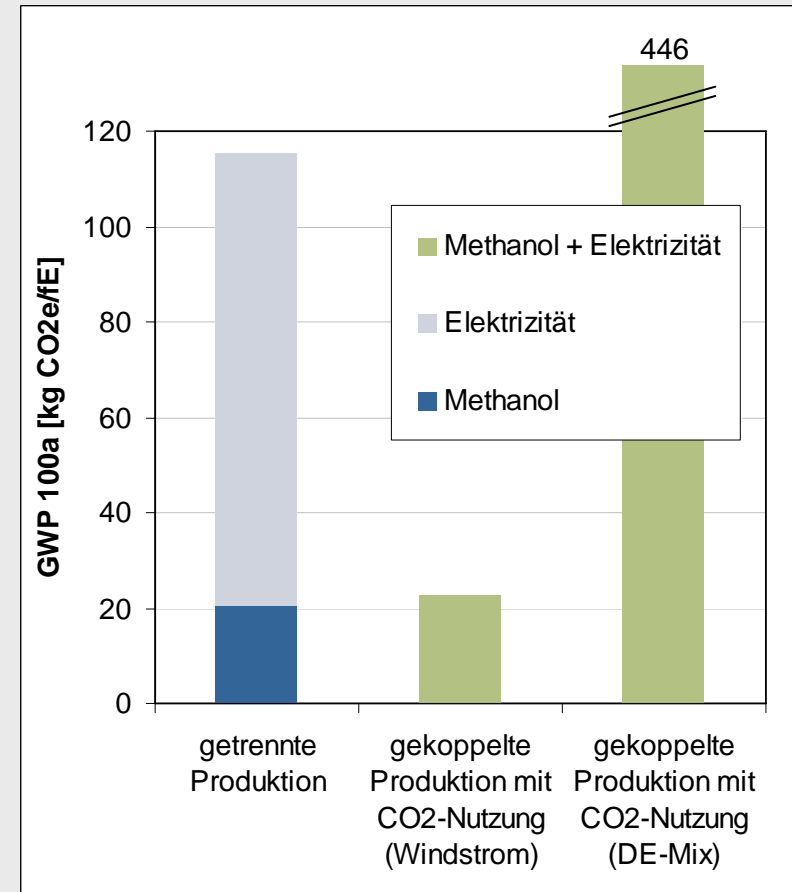
# Beispiel: Methanolsynthese aus CO<sub>2</sub> (1)



## CO<sub>2</sub>-Nutzung:



fE: 
 ■ 100 kWh      Elektrizität  
 ■ 76 kg          Methanol



„key parameter“: reg. Stromerzeugung für Elektrolyse  
 (break even: 0,135 kg CO<sub>2</sub>e/kWh bzw. 7,1 kg CO<sub>2</sub>e/kg H<sub>2</sub>)

**Kraftwerk:** CO<sub>2</sub>-Abscheidung 88%; Wirkungsgrad 33%; 0,142 kg CO<sub>2</sub>e/(1 kWh + 1,044 kg CO<sub>2</sub>)

**Wasser-Elektrolyse:** Elektrizitätsbedarf 52,6 kWh/kg H<sub>2</sub> (750 kWh/(76 kg Methanol))

**Windkraft:** CO<sub>2</sub>-Emissionen 0,011 kg CO<sub>2</sub>e/kWh (ecoinvent)

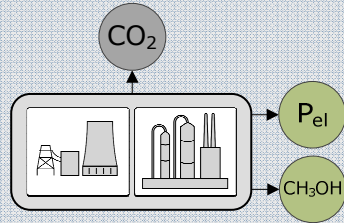
**Methanol:** 0,27 kg CO<sub>2</sub>e/kg (ecoinvent) – **Elektrizität:** 0,95 kg CO<sub>2</sub>e/kWh (ecoinvent)



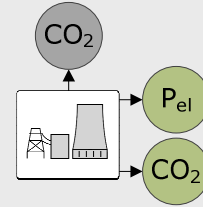
# Beispiel 1: Methanolsynthese aus CO<sub>2</sub> (2)



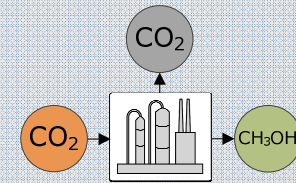
1 kg Methanol = **fE**



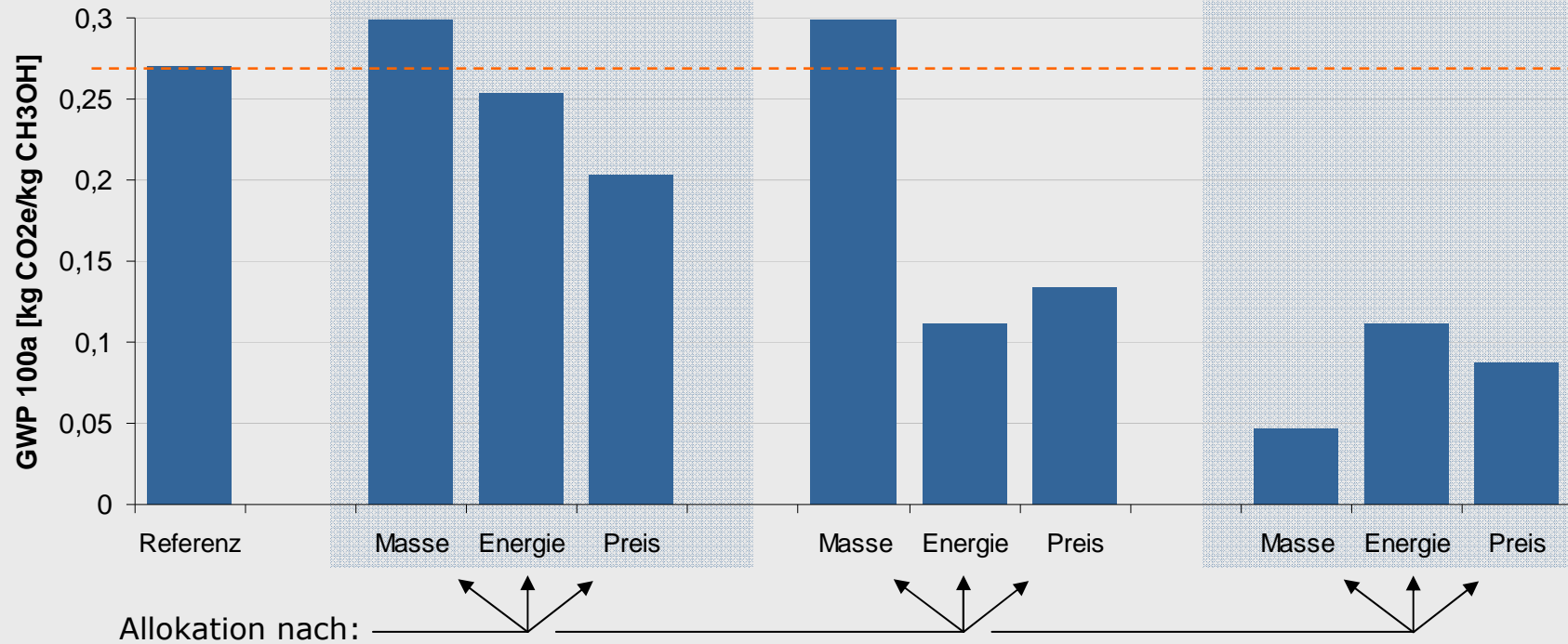
Systemebene



Prozessebene  
CO<sub>2</sub> als Produkt



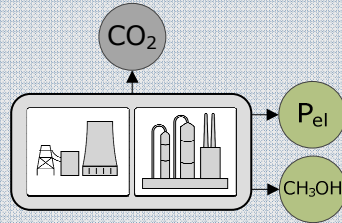
Prozessebene  
CO<sub>2</sub> als Abfall



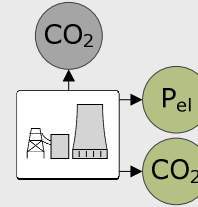
# Beispiel 1: Methanolsynthese aus CO<sub>2</sub> (2)



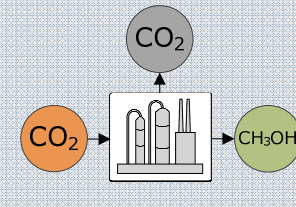
1 kg Methanol = **fE**



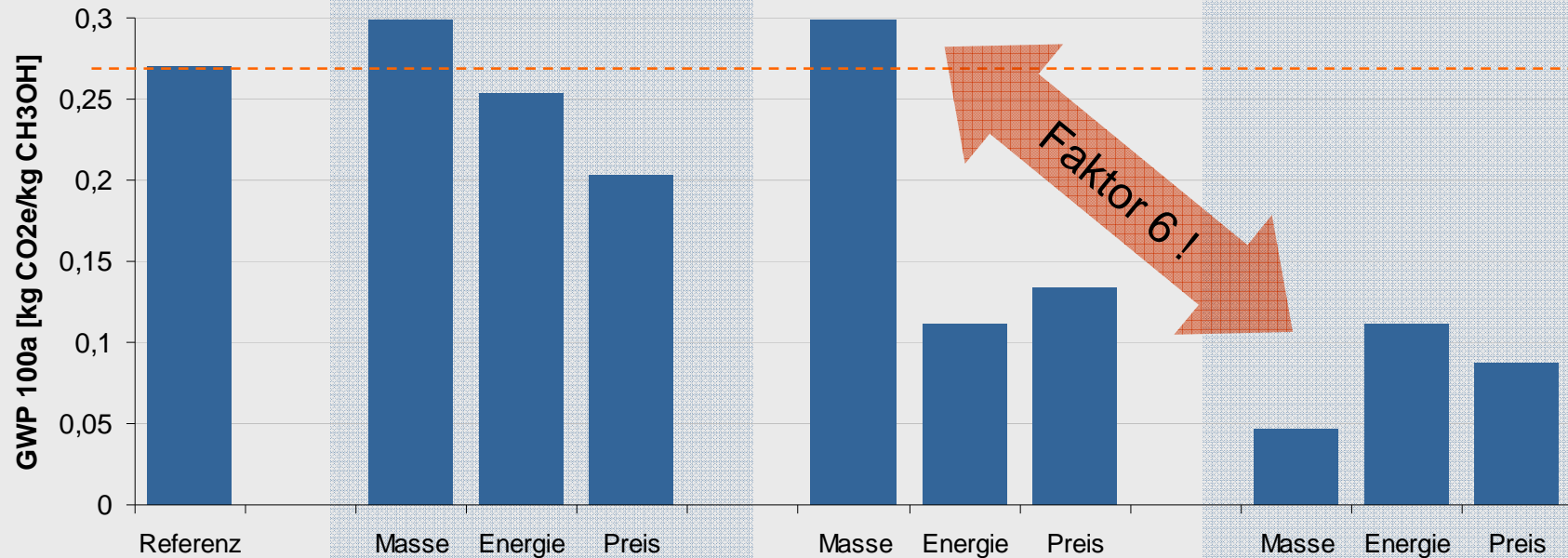
Systemebene



Prozessebene  
CO<sub>2</sub> als Produkt



Prozessebene  
CO<sub>2</sub> als Abfall



→ Allokations-Möglichkeiten haben großen Einfluss auf die Bewertung!

- CCC **kann** einen Beitrag zum Klimaschutz leisten
  - Methanol: bei regenerativer Stromerzeugung für H<sub>2</sub>-Elektrolyse
  - Polymere: durch Substitution emissionsreicher Vorprodukte

→ LC-Optimierung für alternative CO<sub>2</sub>-Nutzungspfade
  
- Ökobilanz bietet sich für die Bewertung an, dabei 3 methodische Fragestellungen:
  - Wahl der Systemgrenzen
  - Zeitliche Emissions-Bewertung
  - Funktionelle Einheit / Allokation

→ Allgemeingültige Antworten / Framework möglich?

Fragen, Kommentare und Anregungen  
sind herzlichst willkommen!

**Prof. Dr.-Ing. André Bardow**

☎ 0241 – 80 95 381

✉ andre.bardow@ltt.rwth-aachen.de

**Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Niklas von der Assen**

☎ 0241 – 80 95 389

✉ niklas.vonderassen@ltt.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik  
RWTH Aachen University

Schinkelstraße 8

D - 52062 Aachen

☎ +49 (0)241 80 92 255

🌐 <http://www.ltt.rwth-aachen.de>