

# SONNE

Ein Konzept  
zur solaren Energiespeicherung  
in einem CO<sub>2</sub>-Kreislauf

Detlev Möller

Arbeitsgruppe für Luftchemie und Luftreinhaltung, BTU Cottbus

*13th Leibniz Conference on Advanced Science*

*03.05.2013*

In **einer Stunde** gelangt durch Solarstrahlung die Energiemenge auf die Erde, welche die Menschheit in **einem Jahr** aus fossilen Rohstoffen freisetzt, wobei die entsprechende Menge an fossilen Stoffen im Verlaufe **einer Million Jahre** gebildet wurde.

## Das SONNE-Konzept beruht auf folgenden Paradigmen (ein zu fundierender Paradigmenwechsel):

- es gibt keine „erneuerbare“ Energie, sondern nur einen im zeitlichen Mittel weitgehend konstanten solaren Energiefluss auf die Erde, der um den Faktor  $10^3$  bis  $10^4$  höher ist als der gegenwärtige globale jährliche Energiebedarf der Menschheit (d.h. er ist auch limitiert aber offenbar „groß genug“),
- es steht ausreichend solare direkte (und sekundäre elektrische) Energie zukünftig zur Verfügung, um auch bisher „uneffektive“ chemische Prozesse durchzuführen (d.h. der Begriff „Energieeffizienz“ bekommt eine nachrangige Bedeutung) und
- das einzige Kriterium nachhaltigen Wirtschaftens ist die stoffliche Kreislaufführung.

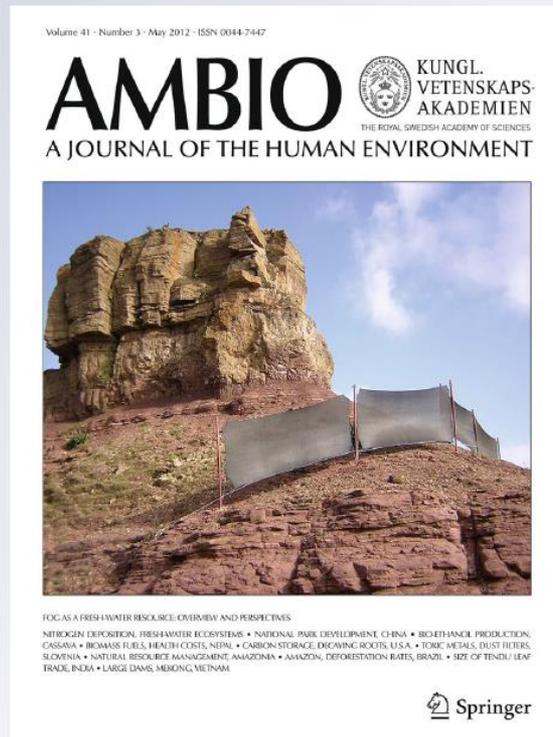
# SONNE: Solar-Based Man-Made Carbon Cycle and the Carbon Dioxide Economy

Detlev Möller

**AMBIO**  
A Journal of the Human Environment

ISSN 0044-7447  
Volume 41  
Number 4

AMBIO (2012) 41:413-419  
DOI 10.1007/s13280-011-0197-6



## THE CARBON DIOXIDE ECONOMY

The SONNE (*SOL*ar-based *maN*-made *carboN* *cyclE*) concept (“*Sonne*” is the German word for sun) will link solar electricity ideas such as *desertec* with CO<sub>2</sub> utilization, to overcome the above mentioned open problems after the fossil fuel era. In other words, SONNE will build a man-made carbon (CO<sub>2</sub>) cycle like the natural assimilation-respiration carbon cycle (Fig. 1). CO<sub>2</sub> is recycled within hybrid power plants (see Fig. 2) and captured from ambient air. It is changed from waste (emissions) to resource; process energy is taken from solar energy. CO<sub>2</sub> is unique<sup>2</sup>:

- as a final oxidation product of all organic matter and materials;
- because of its global cycling and homogeneous distribution in the atmosphere (but keeping a level before “tipping points”);
- as a resource for organic materials, concerning carriers of energy and functional materials;
- as the only element forming complex molecules and substances, and being within a global dynamic<sup>3</sup> cycle and gaseous compounds in its lowest (CH<sub>4</sub>) and highest oxidation states (CO<sub>2</sub>);
- since the only environmental problem of CO<sub>2</sub> is its increase in the atmosphere (and seawater) with climatic implications; hence controlling its level to acceptable values will overcome the environmental problem.

# Gliederung

Das Kohlenstoff-Problem

Das Energie-Problem

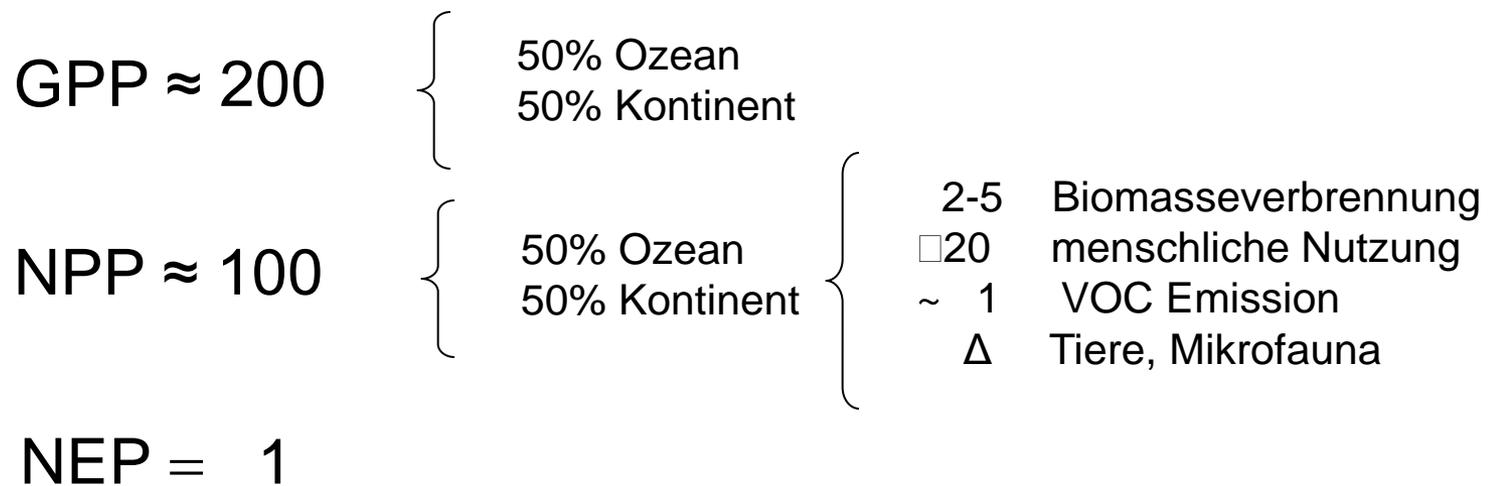
Die Lösung: Der anthropogene Kohlenstoffkreislauf

# Das Kohlenstoff-Problem

# Das globale biologische Kohlenstoff-Budget

$$\text{NPP} = \text{GPP} - \text{plant respiration}$$

$$\text{NEP} = \text{NPP} - \text{consumers respiration}$$



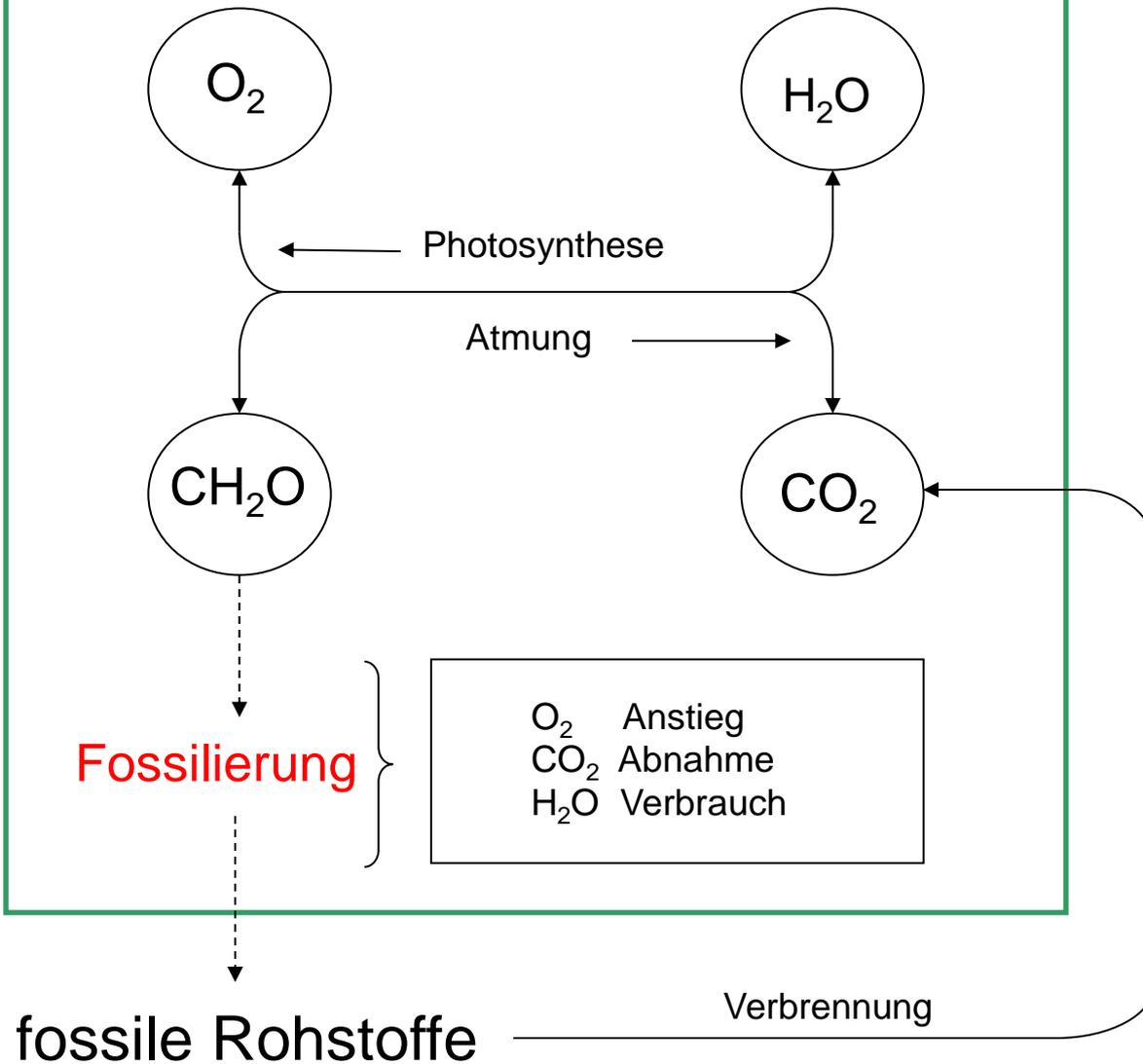
(Werte in  $10^{15}$  g C bzw. Gt C pro Jahr)

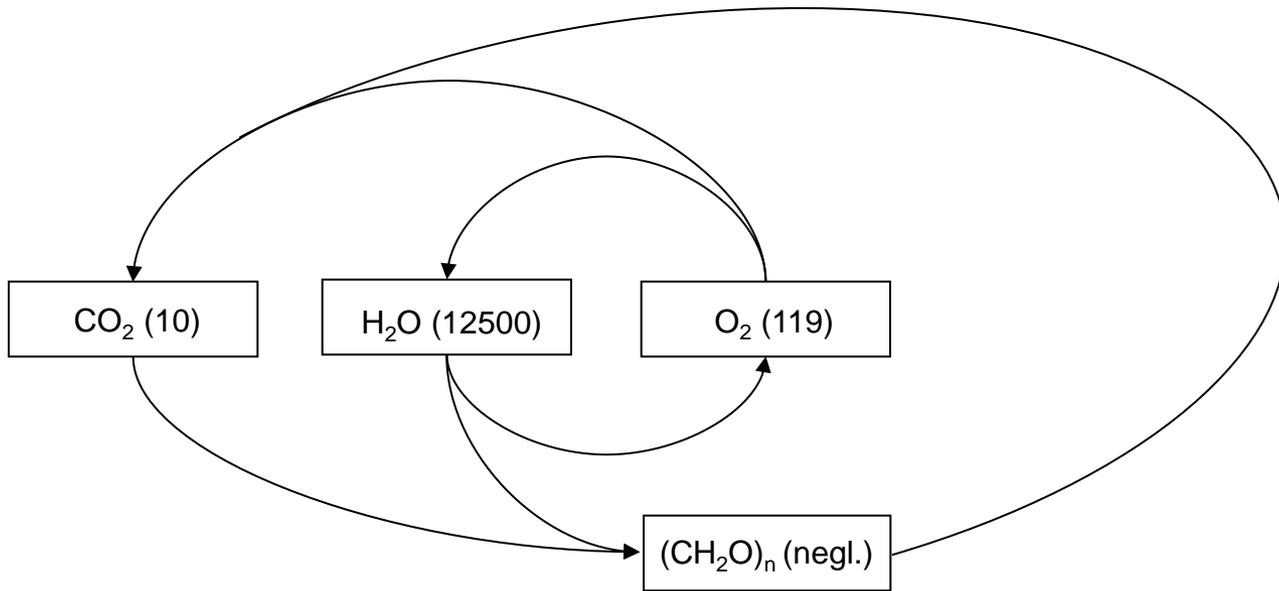
# Globale Kohlenstoffbilanz

(in  $10^{15}$  g C bzw.  $10^{15}$  g C a<sup>-1</sup>)

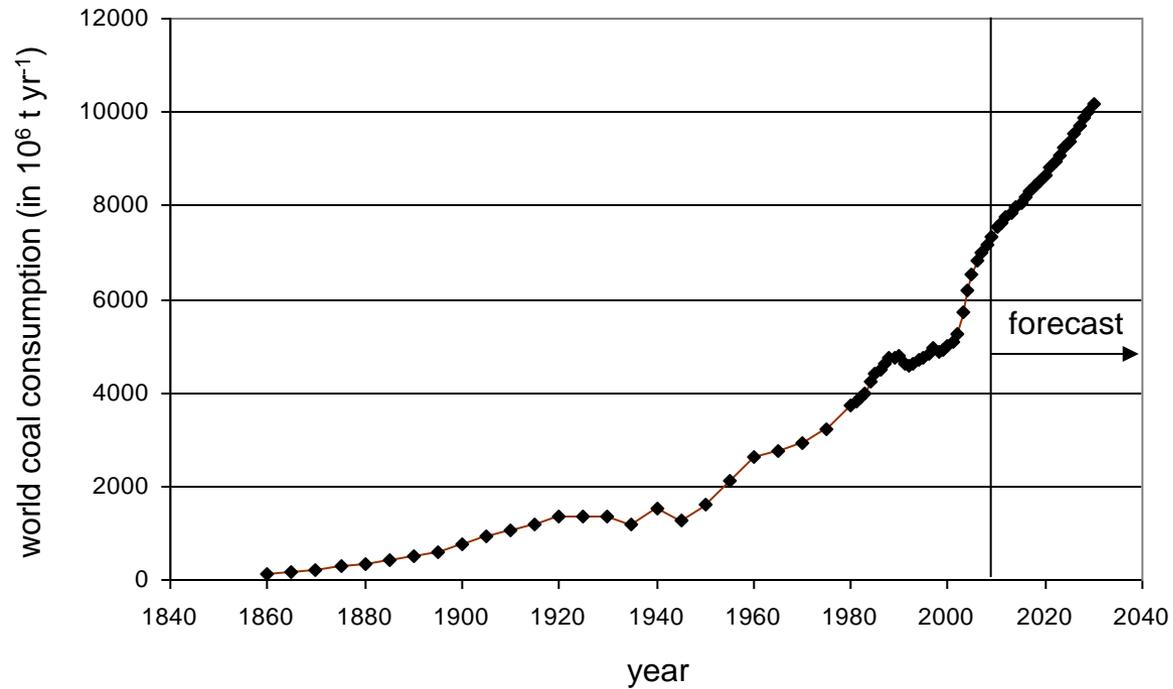
Reservoir		
Atmosphäre	820	} 3880 Biospäre
Landpflanzen	560	
davon: Wald	234	
Boden (organisch)	1600	
Ozean (Oberflächenwasser)	900	
Ozean (gesamt)	38000	
fossile Rohstoffe	5000	→ 6% "verbrannt"
Kerogen (organische Sediment	15000	
Sedimente (Karbonate)	60000	
Flüsse		
anthropogenen CO <sub>2</sub> -Freisetzung	10	
Atmung	210	
Photosynthese	210	
Absorption	5	
Summe anthropogene Freisetzung	485	→ 12,5 % Biospäre
Summe Aufnahme (Ozean/Boden)	260	

# Der biologische Kohlenstoff-Kreislauf

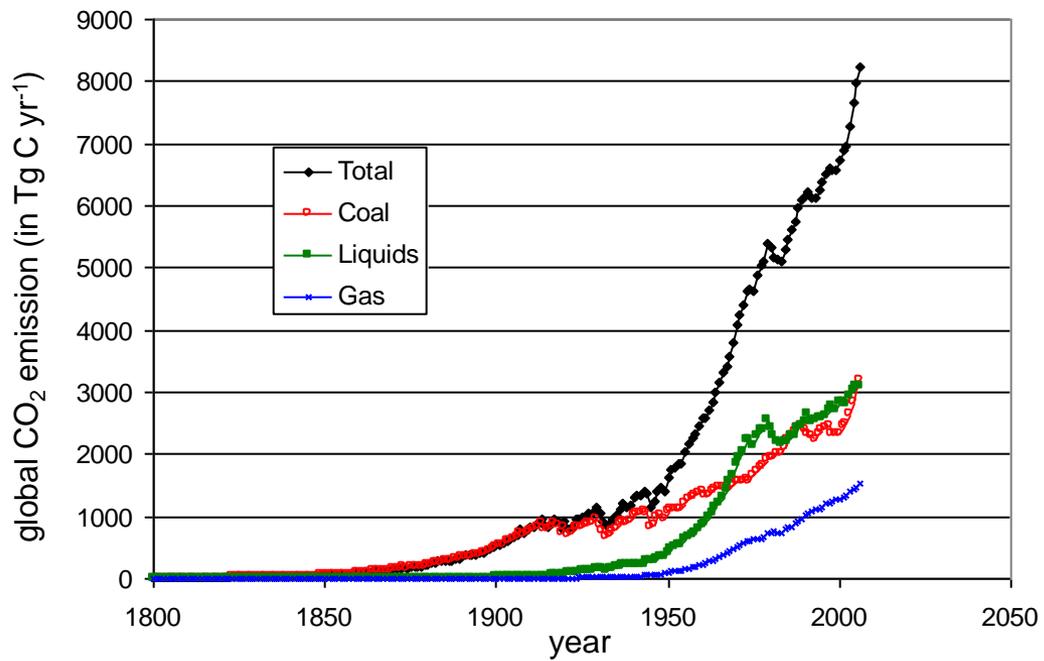




Global numbers in  $10^{19}$  g reservoir total mass  
( $\text{CO}_2$  almost dissolved carbonate and  $\text{O}_2$  in air)



World coal consumption in  $\text{Mt yr}^{-1}$ . Data from 1860 until 1975 after Möller (2003); data since 1980 after EIA (2009)



Global CO<sub>2</sub> emission Trend; data from Boden et al. (2009)

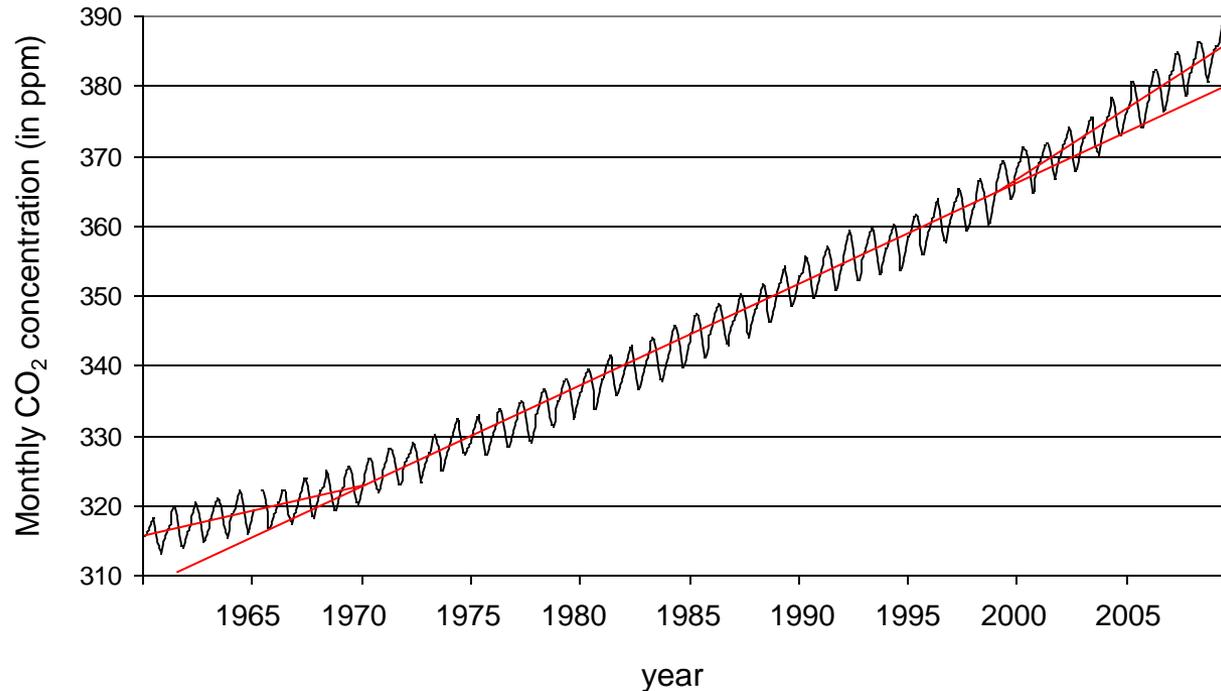
# Das Problem

Die **Zeitskalen** der menschlichen Nutzung von stofflichen Ressourcen und natürlichen Rezyklierung liegen um viele Größenordnungen auseinander (bei sehr kleinen Stoffflüssen ist das noch kein Problem).

Die **Nutzungsrate** liegt gegenwärtig in einer Größenordnung, die zu signifikanten irreversiblen Verschiebungen in Reservoirkonzentrationen führt (bei sehr kleinen Nutzungsraten ist das noch kein Problem).

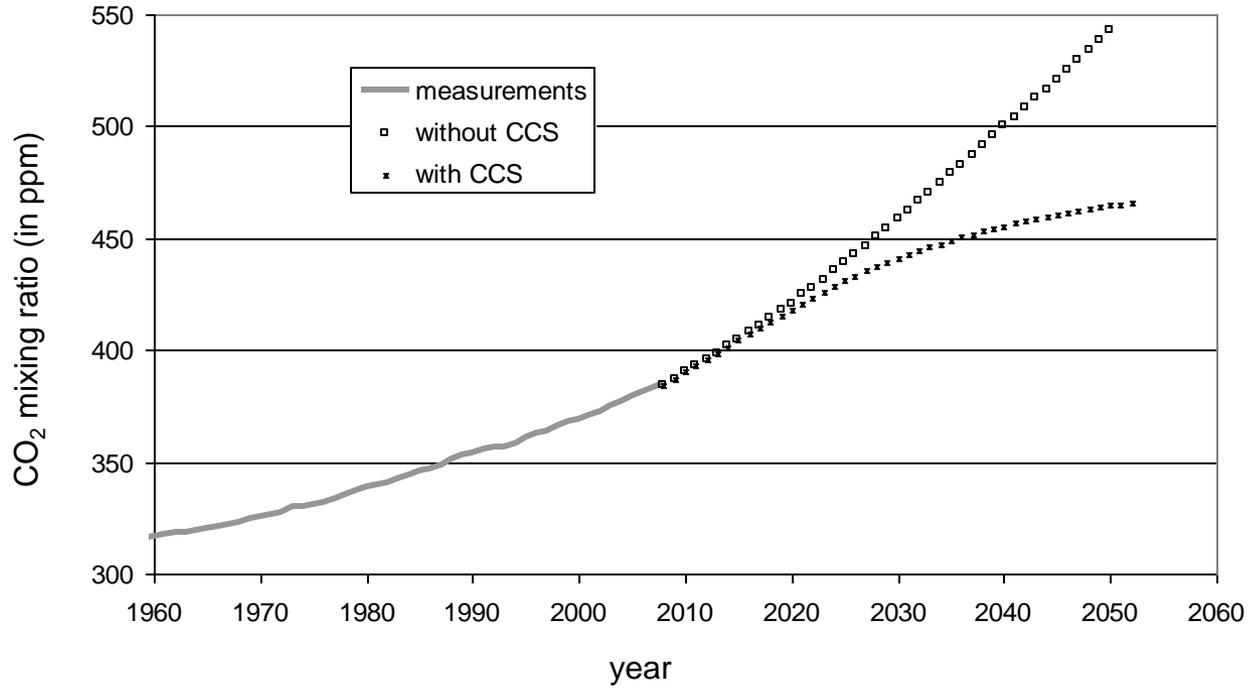
Beide Faktoren zusammen führen zu einer Klimaänderung (erst die Folgen der Klimaänderung stellen **das Problem** dar).

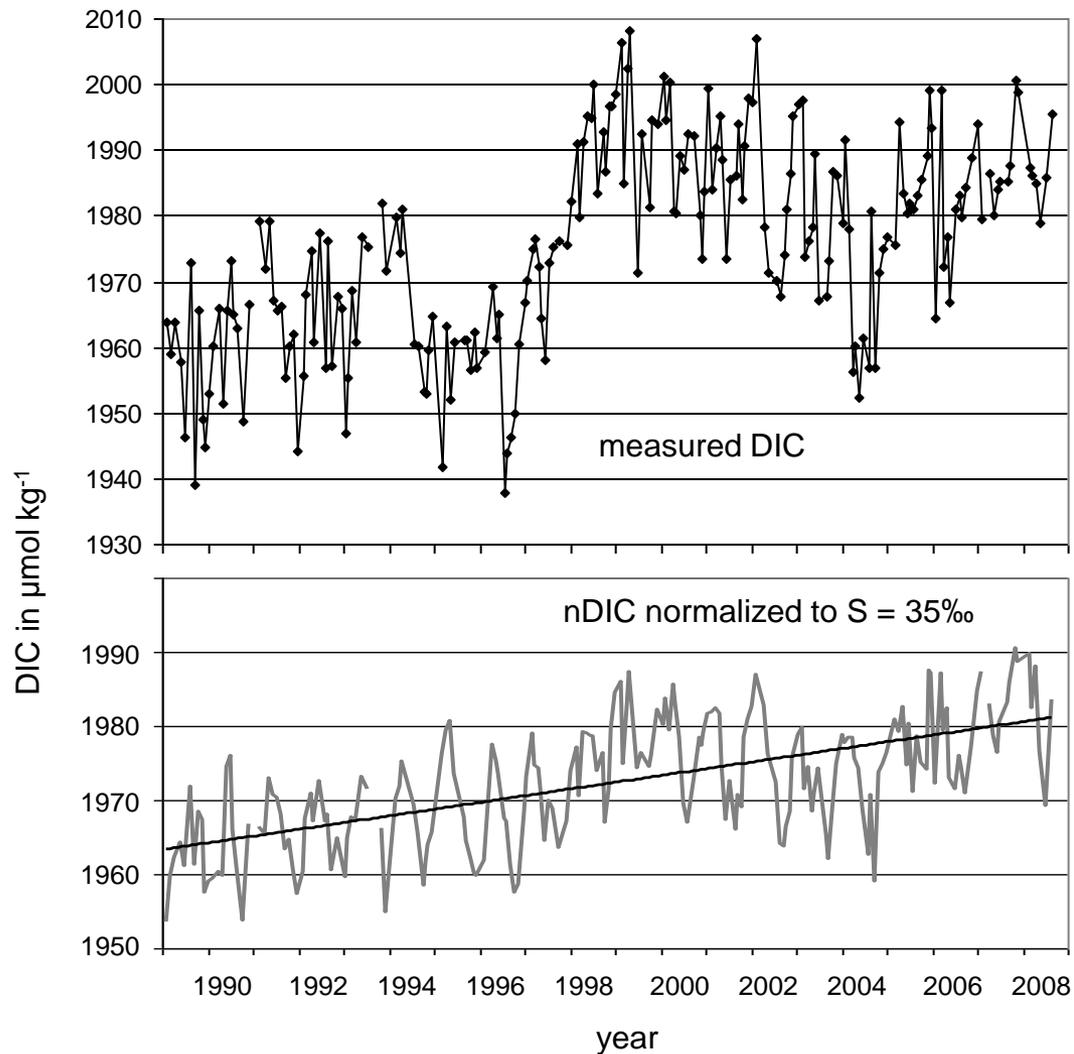
## „Keeling curve“ (Mauna Loa record)



The *Keeling*-curve: 1959-2008 atmospheric CO<sub>2</sub> values (ppm) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa, Hawaii, USA; data from R. F. Keeling, S. C. Piper, A. F. Bollenbacher and S. J. Walker. Carbon Dioxide Research Group, Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, La Jolla, California USA 92093-0444. The line represents a linear regression fit between 1970 and 2000

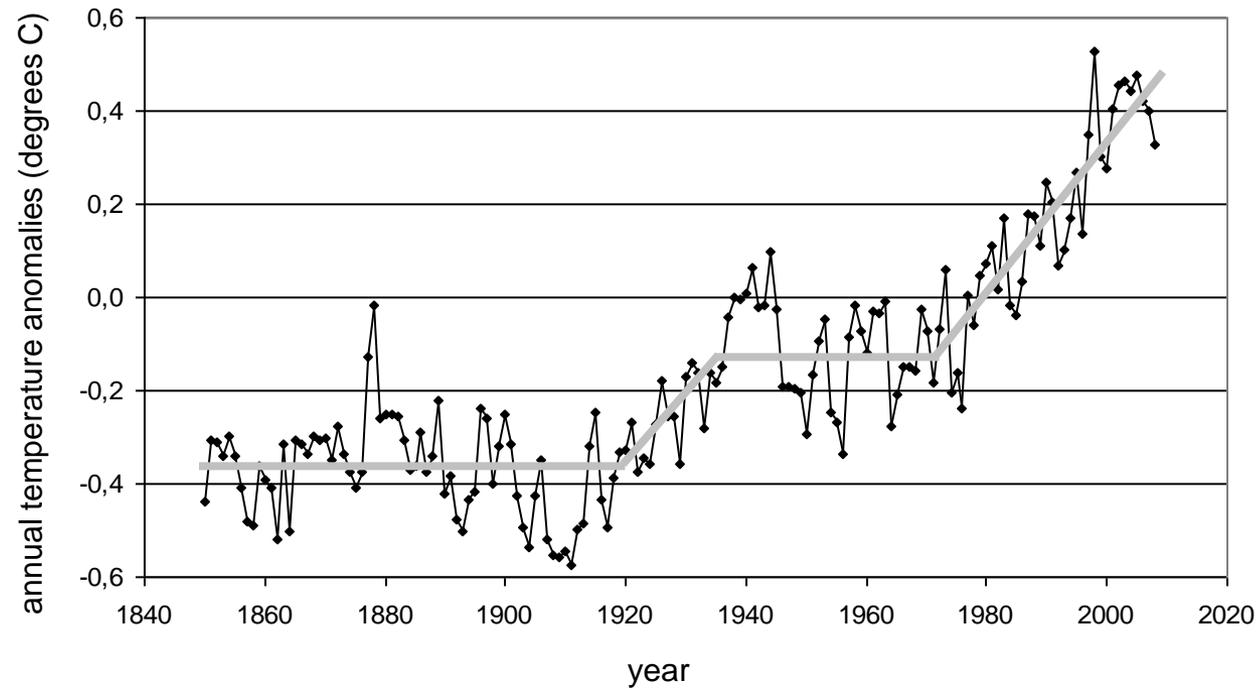
# Prognose der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration



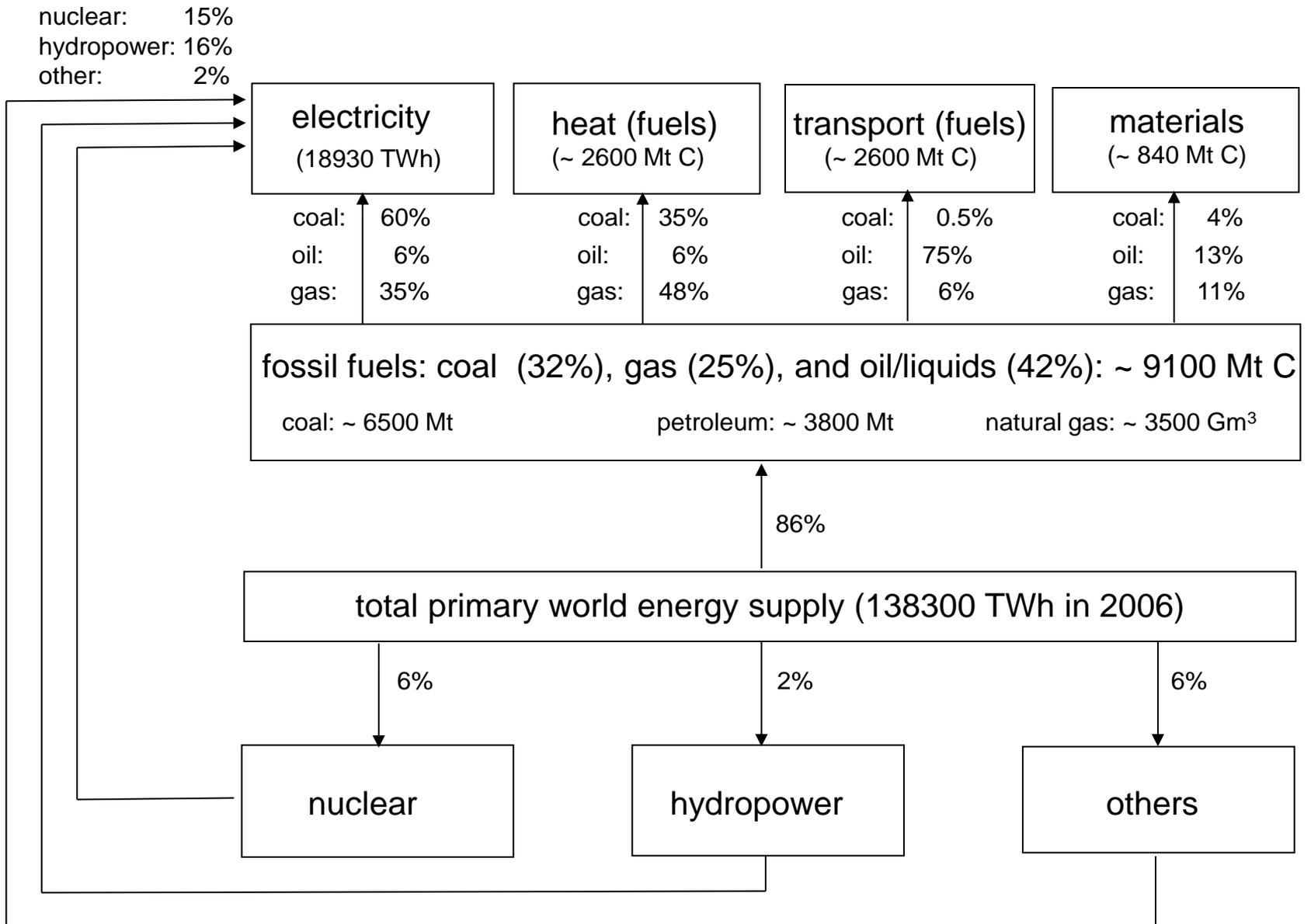


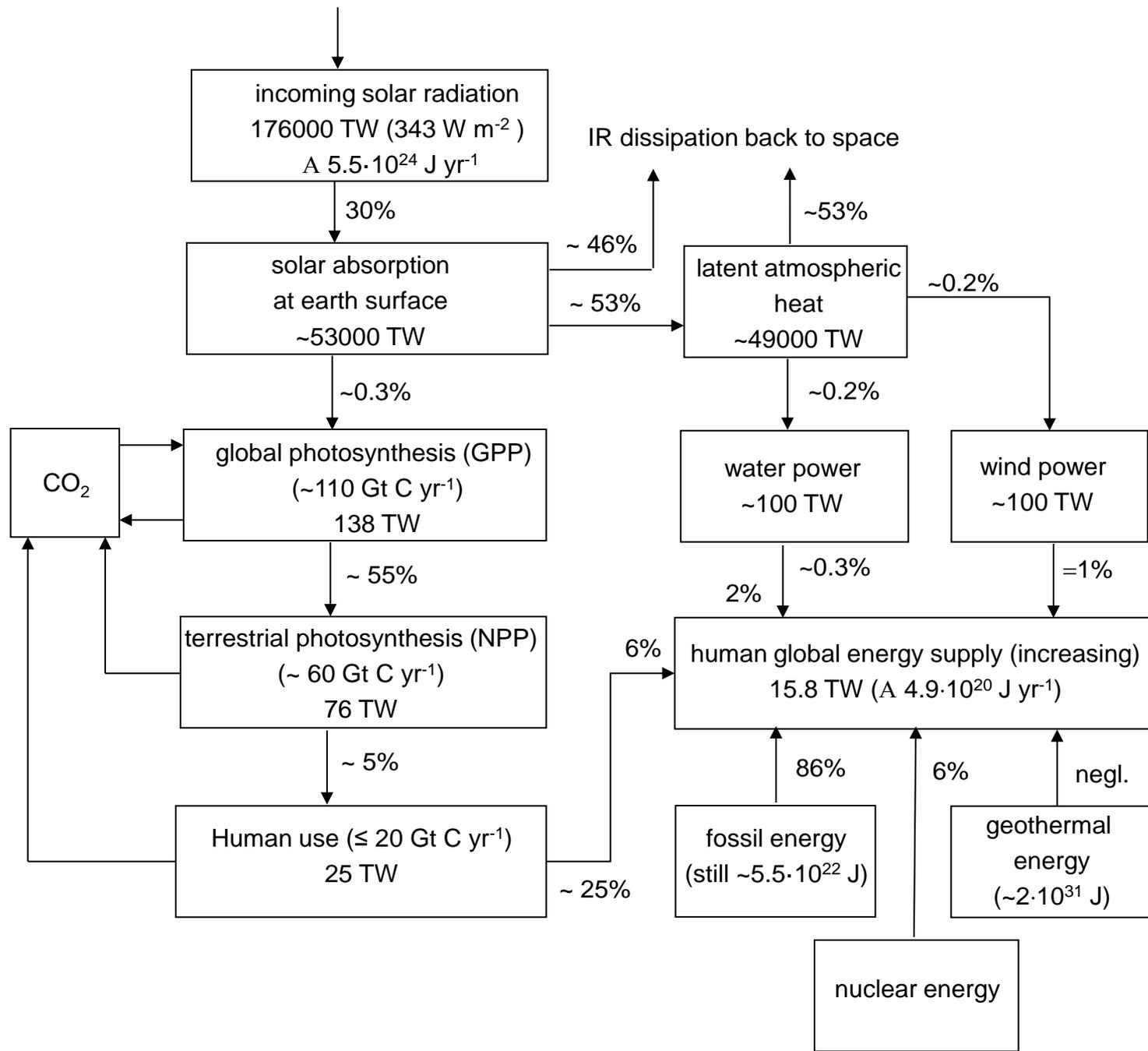
Trend of dissolved organic matter (DIC) at Station ALOHA; data from: Dore, J. E. (2009), Hawaii Ocean Time-series surface CO<sub>2</sub> system data product, 1988-2008, SOEST, University of Hawaii, Honolulu, HI, <http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/products/products.html>. (see also Dore et al. 2003, 2009).

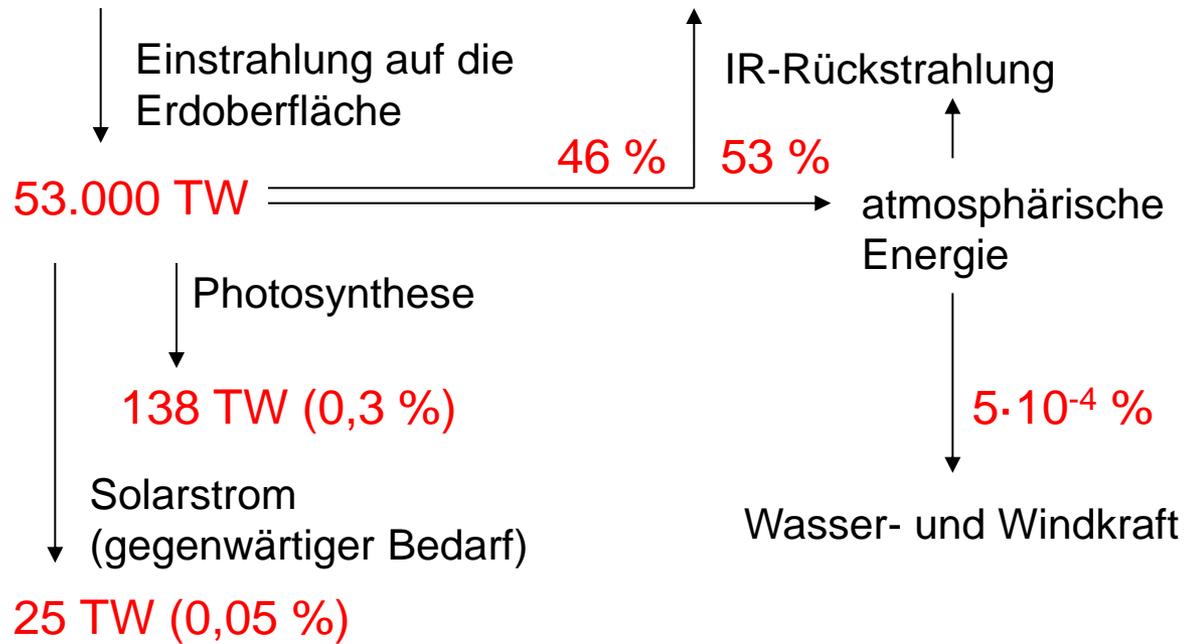
# Der globale Temperaturverlauf

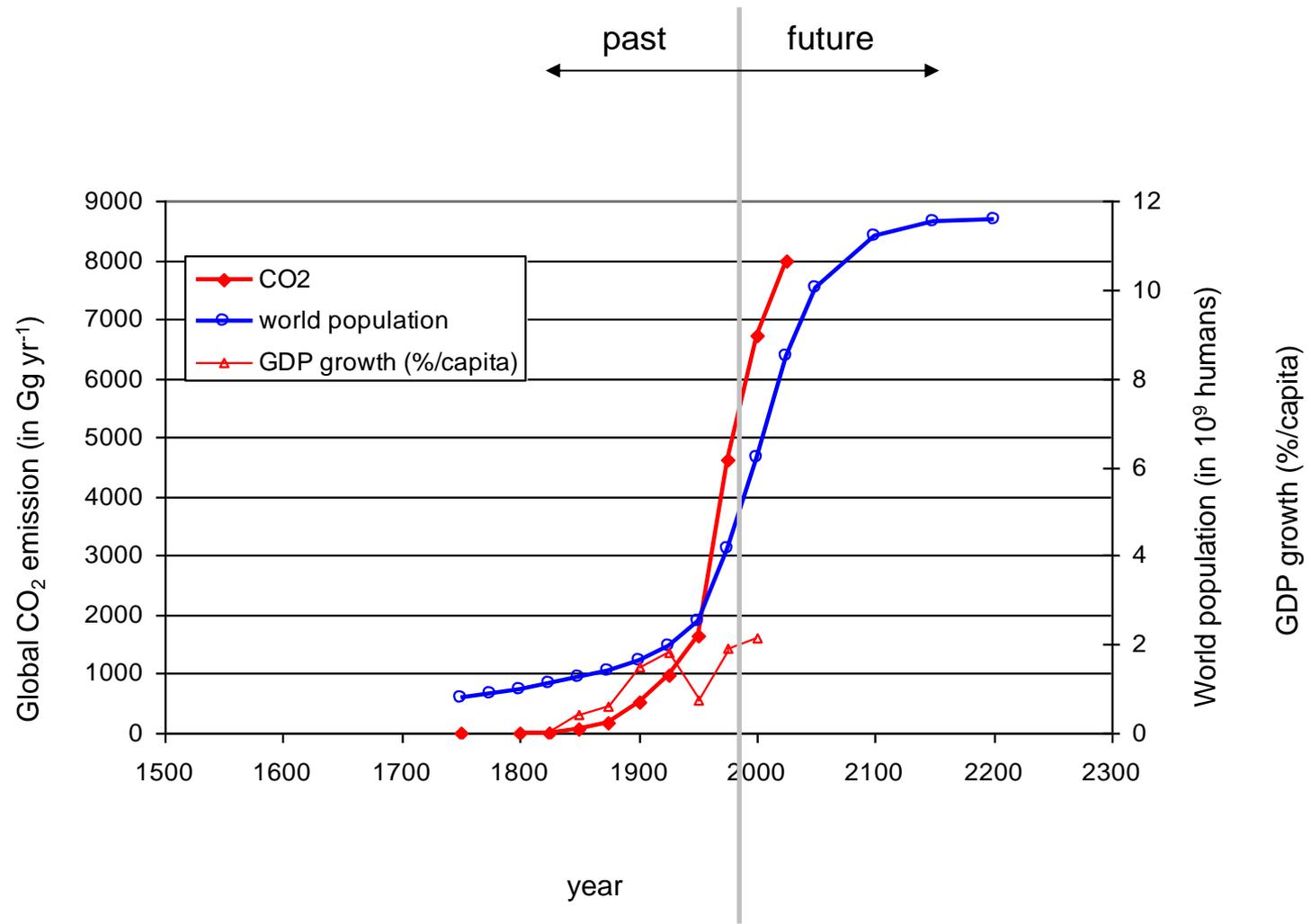


# Das **Energie**-Problem

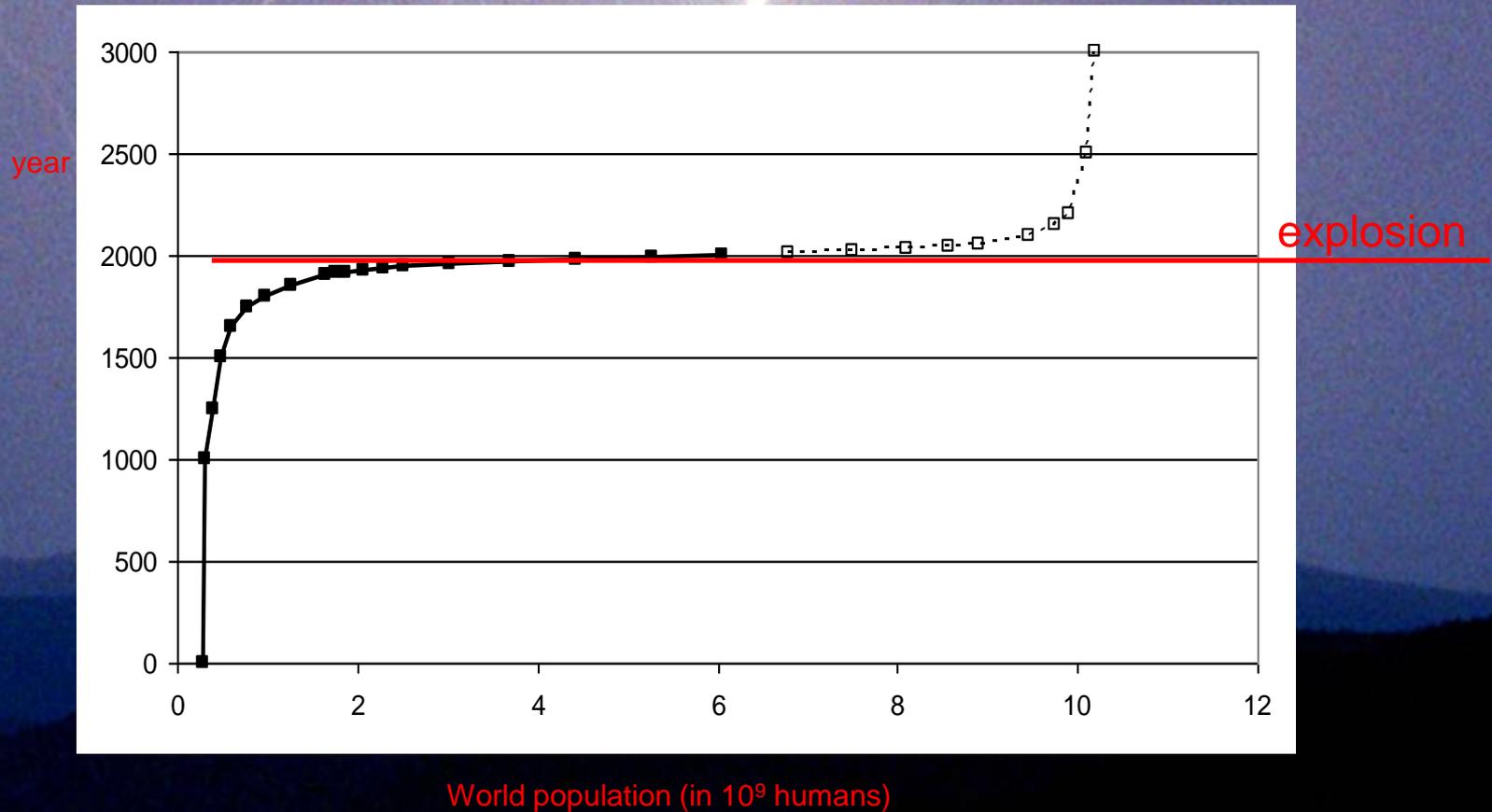








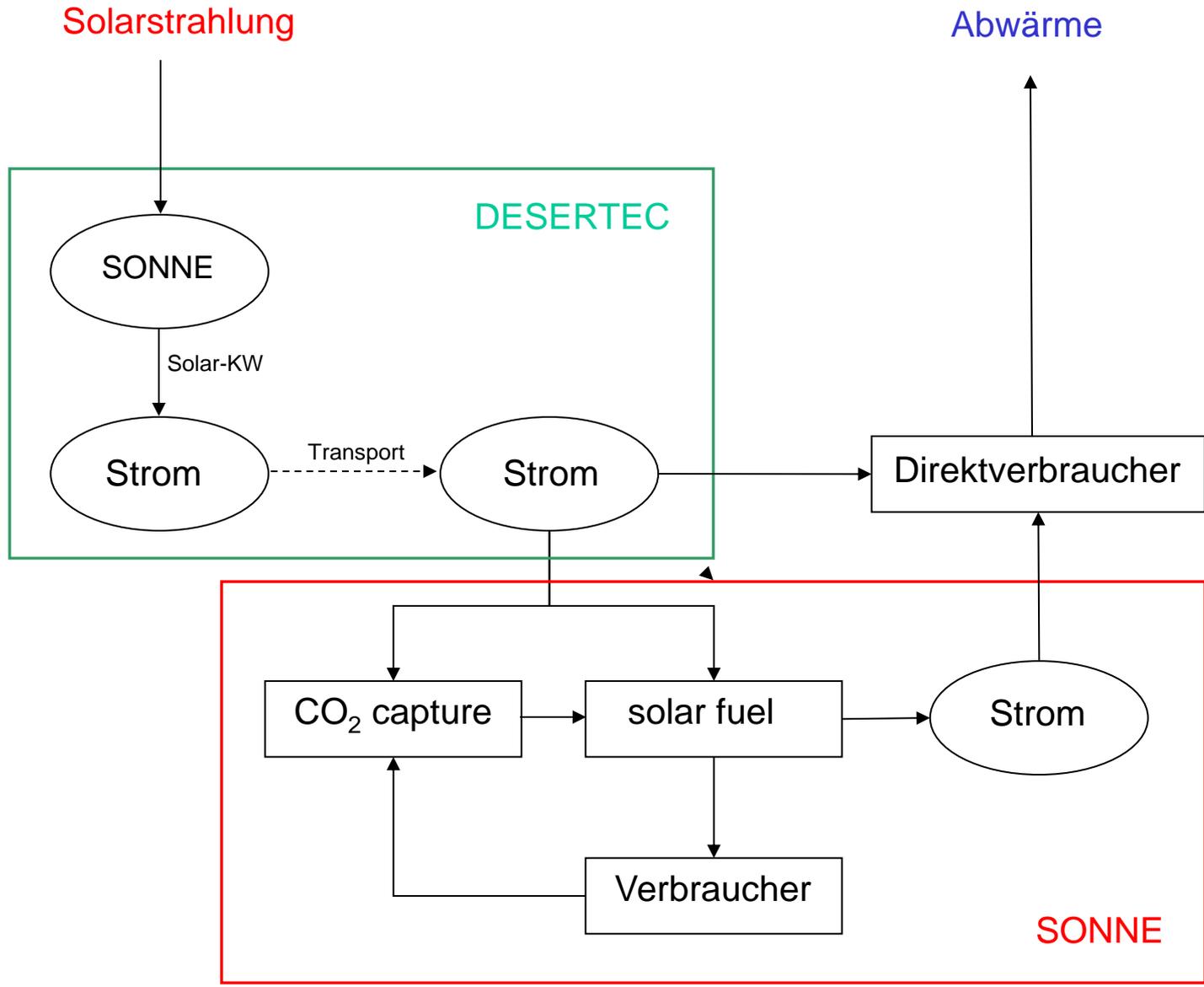
# Super-exponential growth of world population

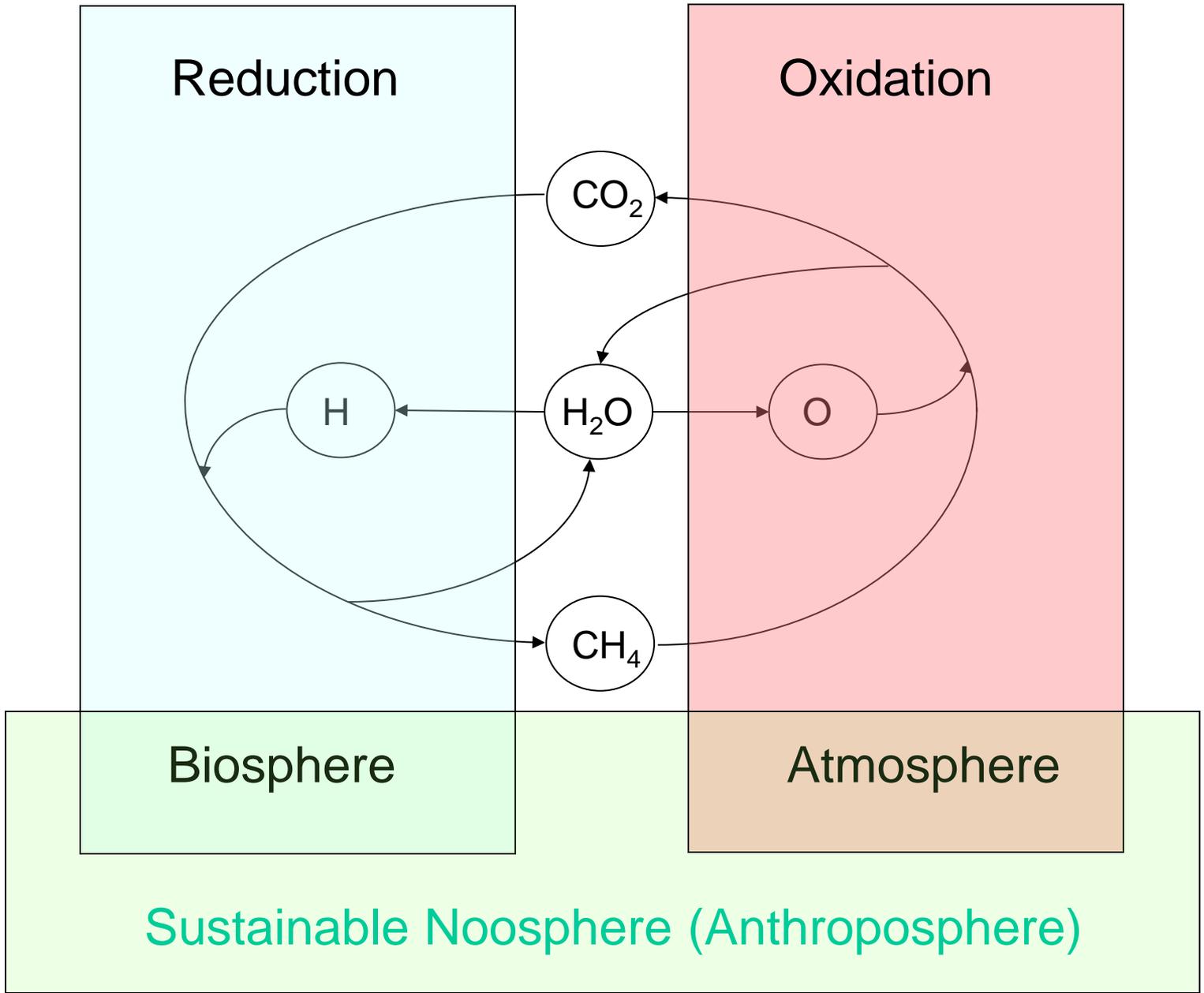


# Die Lösung des Problems

Jede stoffliche Nutzung natürlichen Ressourcen muss innerhalb eines **Kreislaufes** ablaufen, dessen **Zeitskala** dem des entsprechenden natürlichen Kreislaufes entspricht.

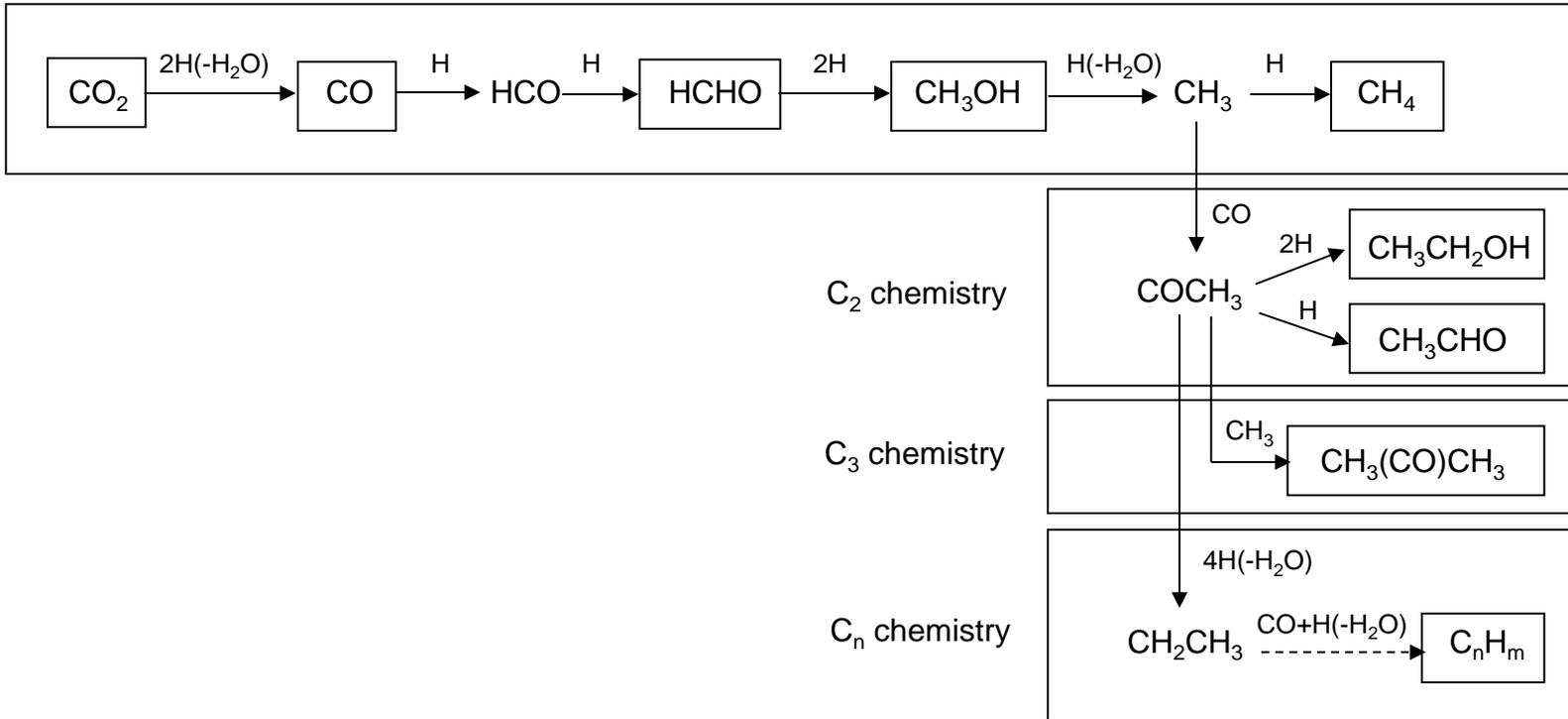
Es gibt **keine Begrenzung** der Nutzungsrate (Produktion), wenn die Entnahmerate (mit dem Ziel Sequestrierung und/oder Rezyklierung) gleich groß ist. Dann bleiben die Reservoirkonzentrationen (und damit das Klima) konstant.





# Photosynthesis → Fischer-Tropsch-Synthesis

C<sub>1</sub> chemistry



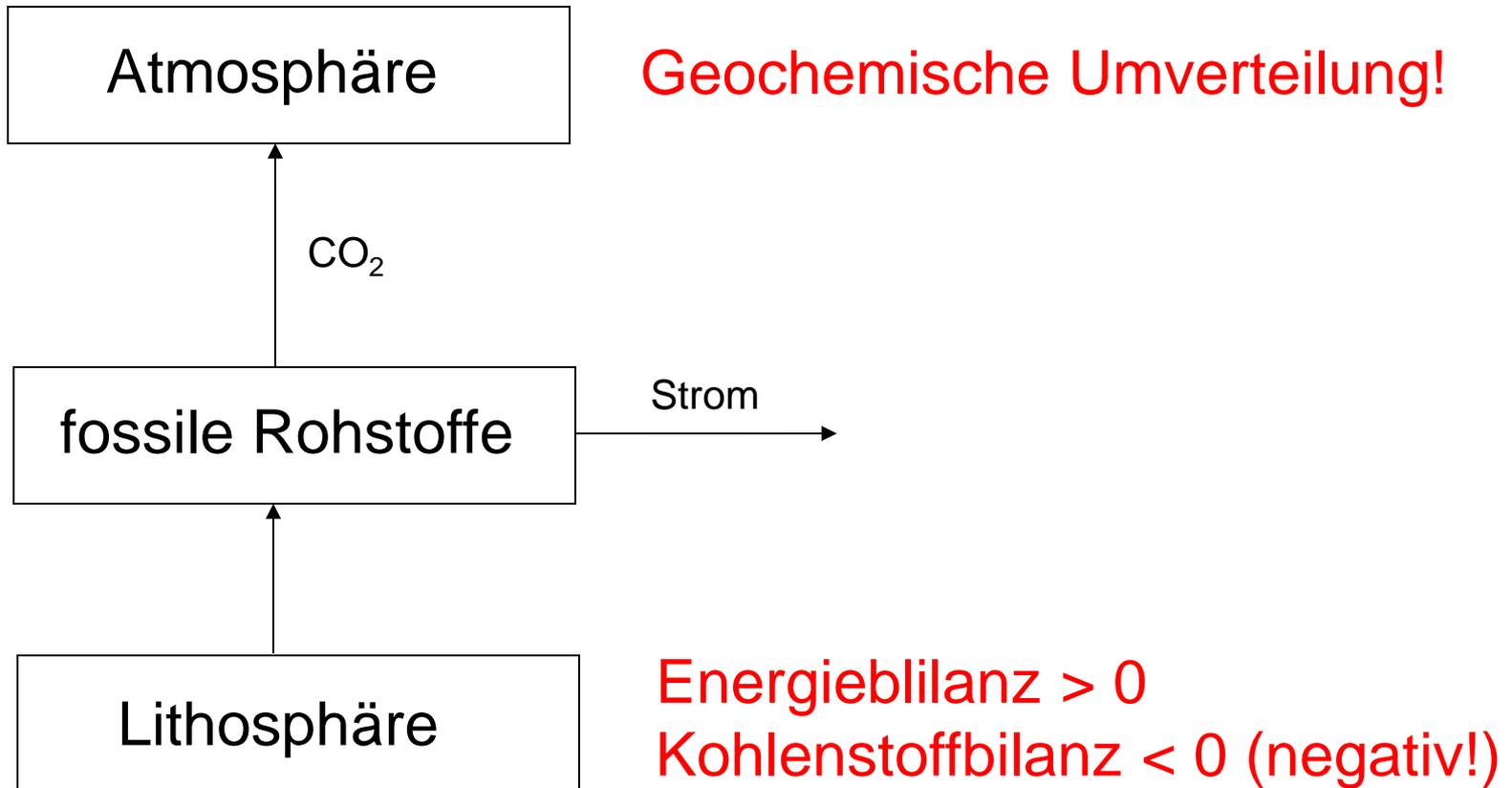
*Noch einmal:*

**D**ie Energieeffizienz spielt keine Rolle mehr!

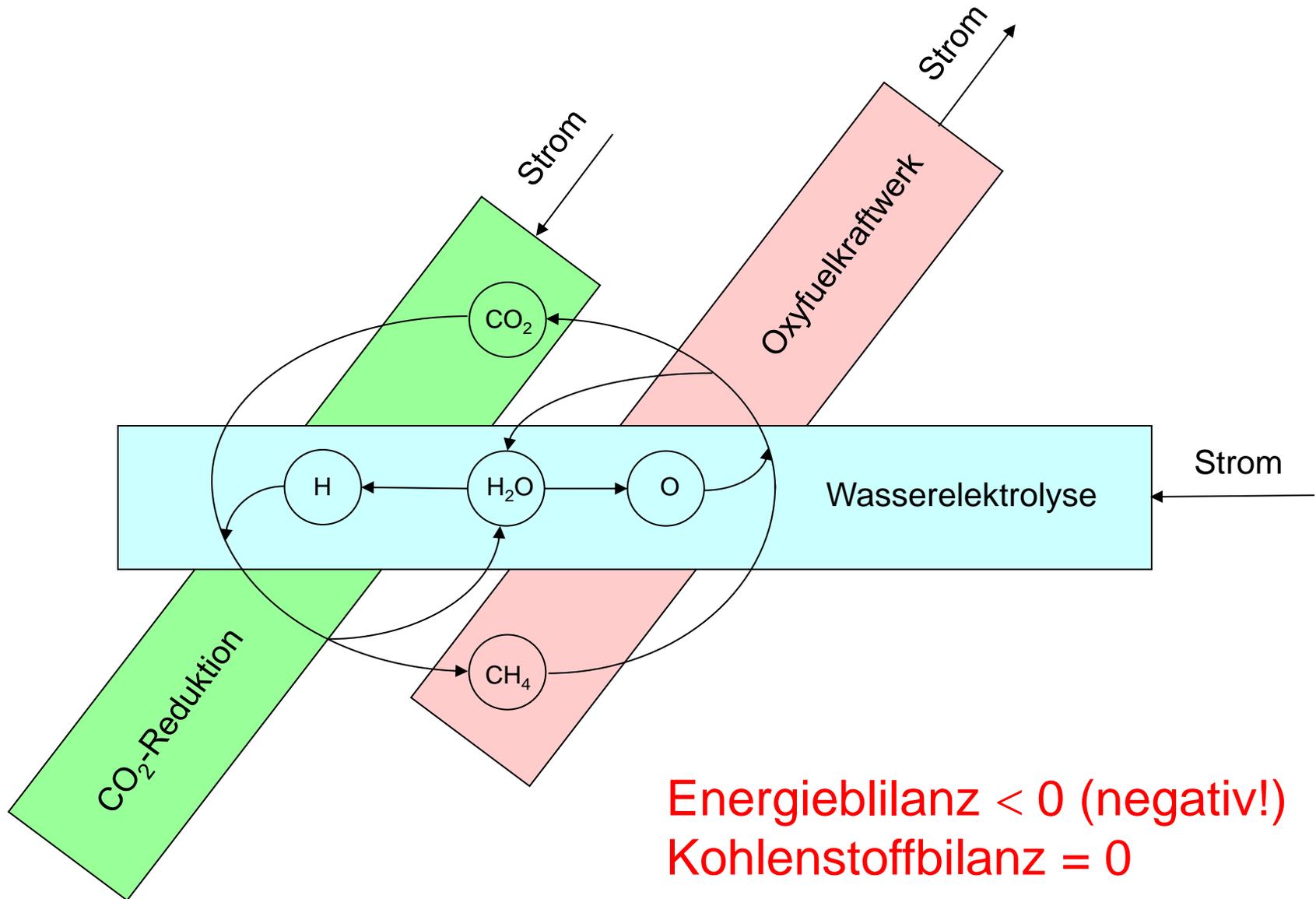
**A**uch keine CO<sub>2</sub>-freie Wirtschaft.

**A**ber CO<sub>2</sub> muss im Kreislauf geführt werden,  
d.h. die Stoffbilanz muss Null werden.

# Das gegenwärtige Kraftwerk



# Das Hybrid-Kraftwerk der Zukunft



Energiebilanz < 0 (negativ!)  
Kohlenstoffbilanz = 0





# Zusammenfassung

**CCS** ist eine Brückentechnologie und die einzige Möglichkeit, den weiteren CO<sub>2</sub>-Anstieg zu bremsen, jedoch nicht wesentlich zu verringern.

Die wiss.-techn. Grundlagen von CCS werden jedoch zukünftig umgesetzt im **CCC-Konzept: CO<sub>2</sub>-Management** (air capture und Hybrid-KW).

Alternativ ist die Hochleistungs-Biomasseproduktion (**Algenfarm**) mit anschließender Hydrierung (solar fuels).

Einzig nachhaltige Zukunft der Energieversorgung ist Solarstrom (z.B. **Desertec-Konzept**).

Die Speicherung des Solarstromes sowie die Bereitstellung stofflicher Energieträger für mobile und kleine Anlagen (**SONNE-Konzept**) erfolgt durch **CO<sub>2</sub>-Nutzung**.



**Danke!**