

# Bioenergie und Klima-(Umwelt-)schutz

## Grenzen und Nachteile der Biomassennutzung

**Klaus Butterbach-Bahl**

*Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)*

*Forschungszentrum Karlsruhe*

*Garmisch-Partenkirchen*

# Gliederung

- Klimaneutralität
  - Klimarelevante Spurengase ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ )
    - Unterschätzung der Bedeutung von Lachgasemissionen
      - ✓ Globale Betrachtungsweise
      - ✓ Fallbeispiel Zuckerrohr
  - Bodenkohlenstoff und Landnutzungsänderungen
- Andere Umweltauswirkungen
  - Nitratauswaschung
  - Kurzumtriebsplantagen, BVOC und troposphärisches Ozon
- Fazit

# Klimaneutralität

*Fossile  
Energieträger*

*Bioenergie*

**CO<sub>2</sub>-fossil > THG-Emis. (Produktion/Verarbeitung) + THG-Emis. (Feldanbau)**

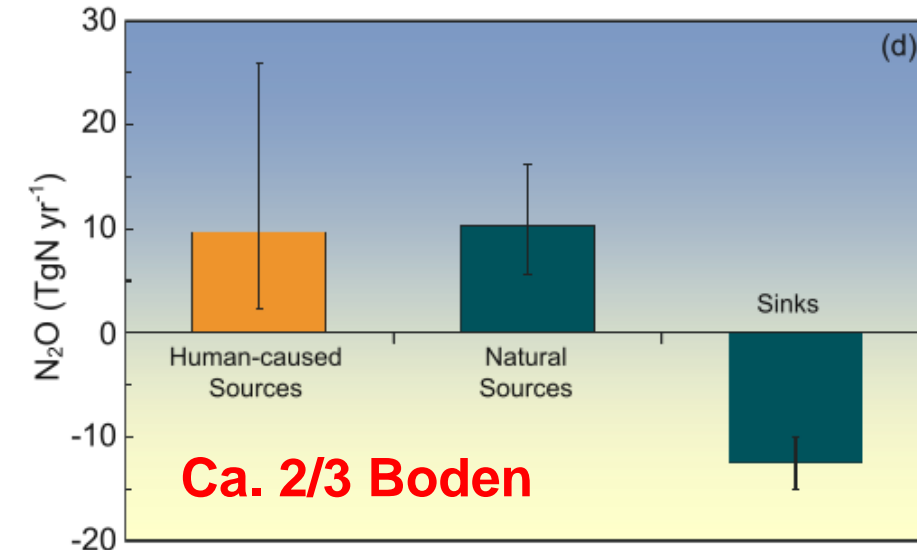
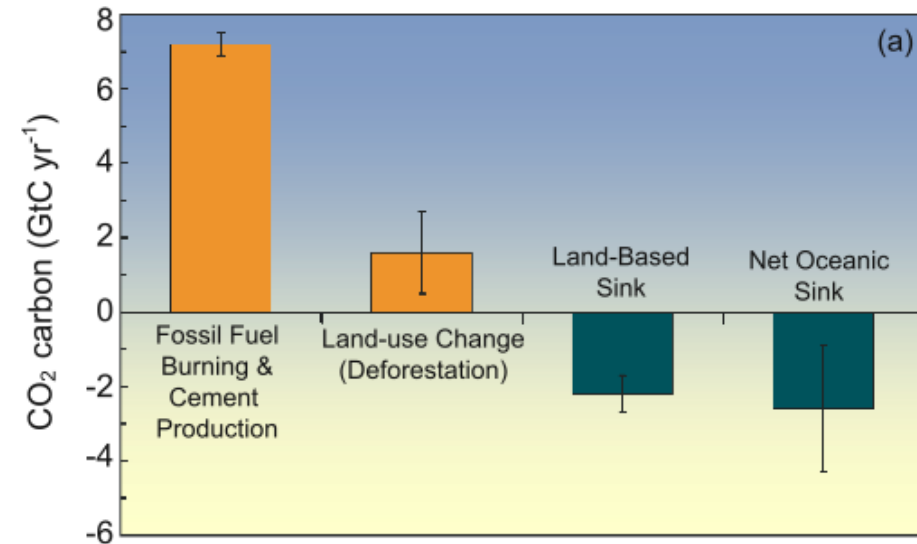
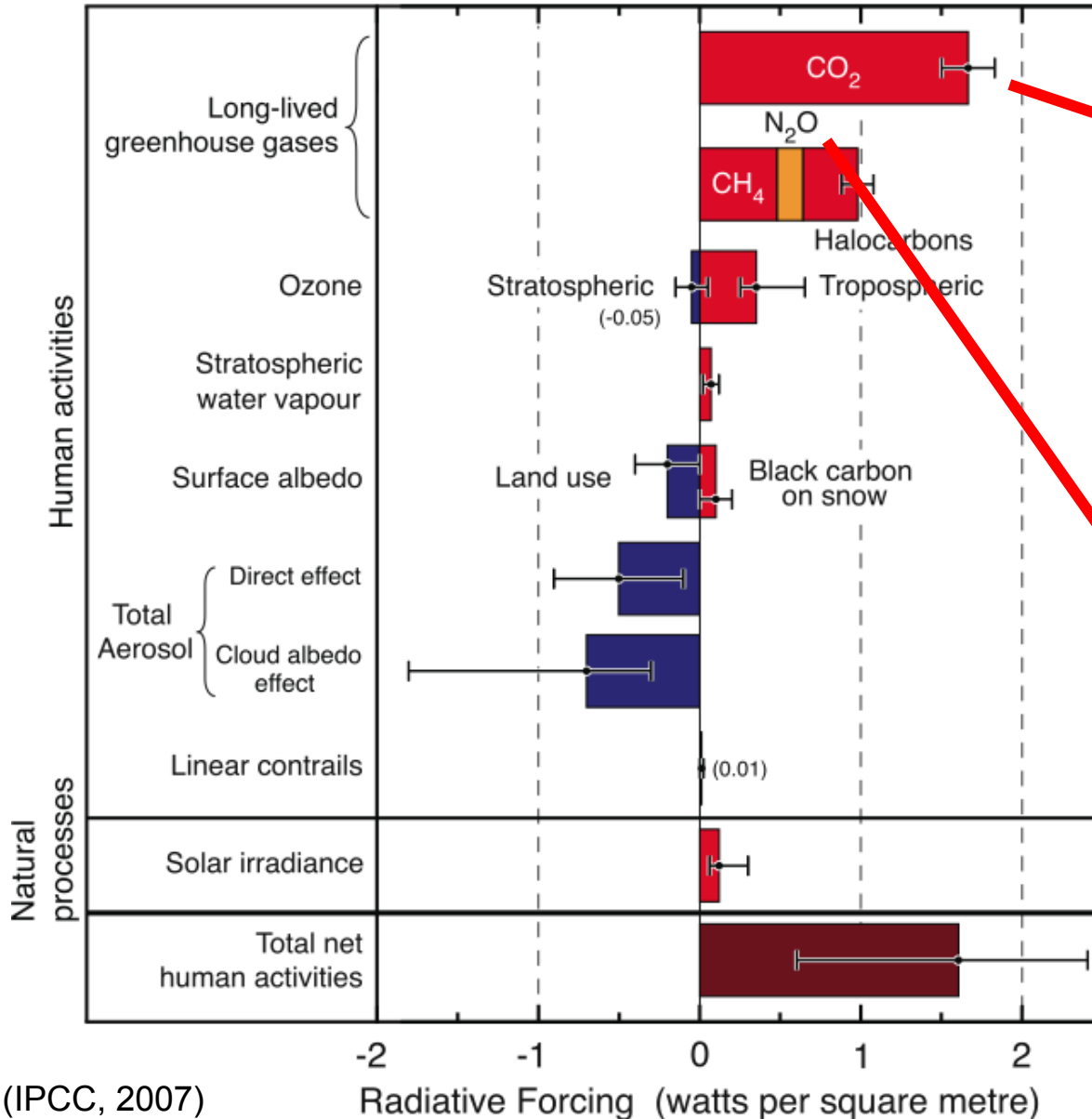
- **Maschineneinsatz**
- **Düngemittelproduktion**
- **Transport**
- **Lagerung, Lecks, usw.**

- **Lachgas**
  - **Direkt**
  - **Indirekt**
- **Boden-C-Freisetzung**
- **(CH<sub>4</sub>)**

# Klimarelevante Spurengase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)

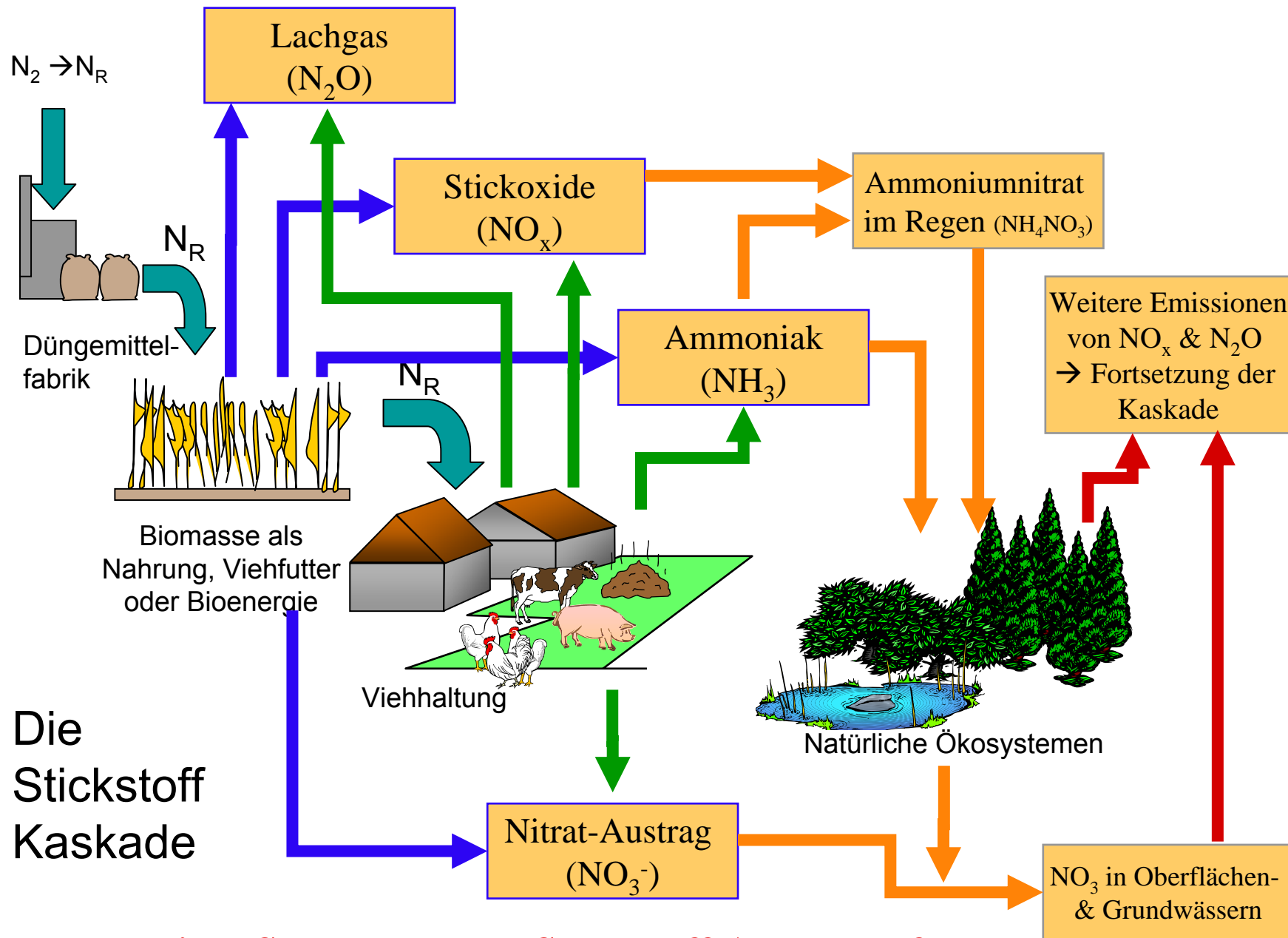
Radiative forcing of climate between 1750 and 2005

Radiative Forcing Terms



(IPCC, 2007)

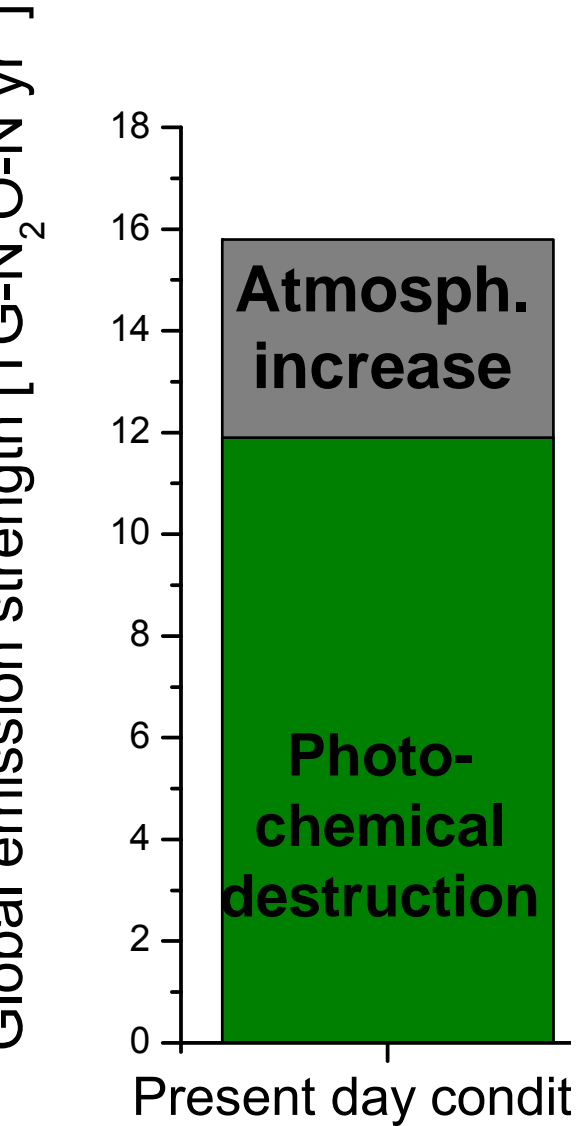
# Unterschätzung von N<sub>2</sub>O-Emissionen



Die Stickstoff Kaskade

**Minderung an einer Stelle kann zum Schadstoff-Austausch führen**

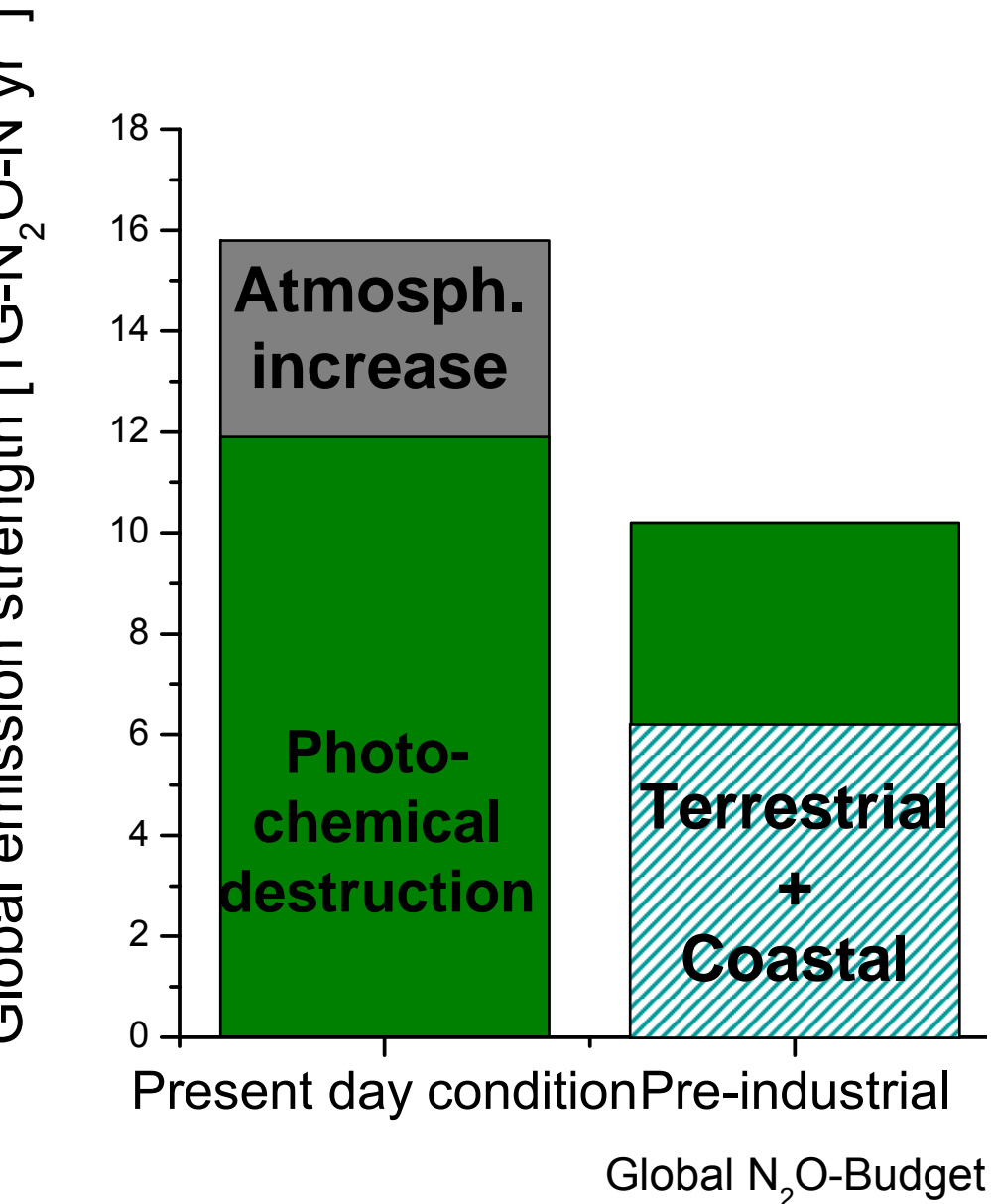
# Globale N<sub>r</sub> Verfügbarkeit und N<sub>2</sub>O-Verluste



Global N<sub>2</sub>O-Budget

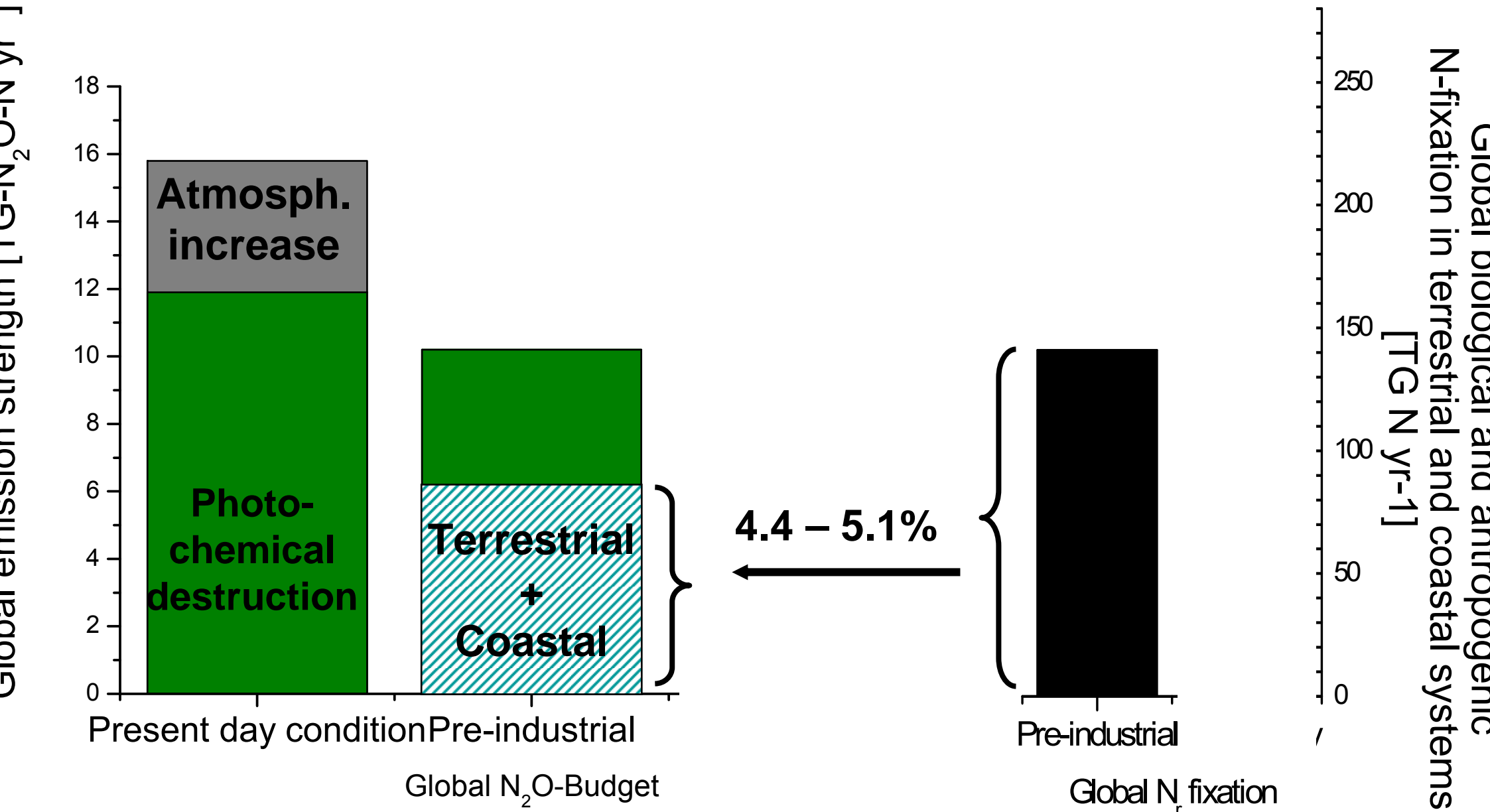
Crutzen et al., 2008

# Globale $N_r$ Verfügbarkeit und $N_2O$ -Verluste



Crutzen et al., 2008

# Globale $N_r$ Verfügbarkeit und $N_2O$ -Verluste

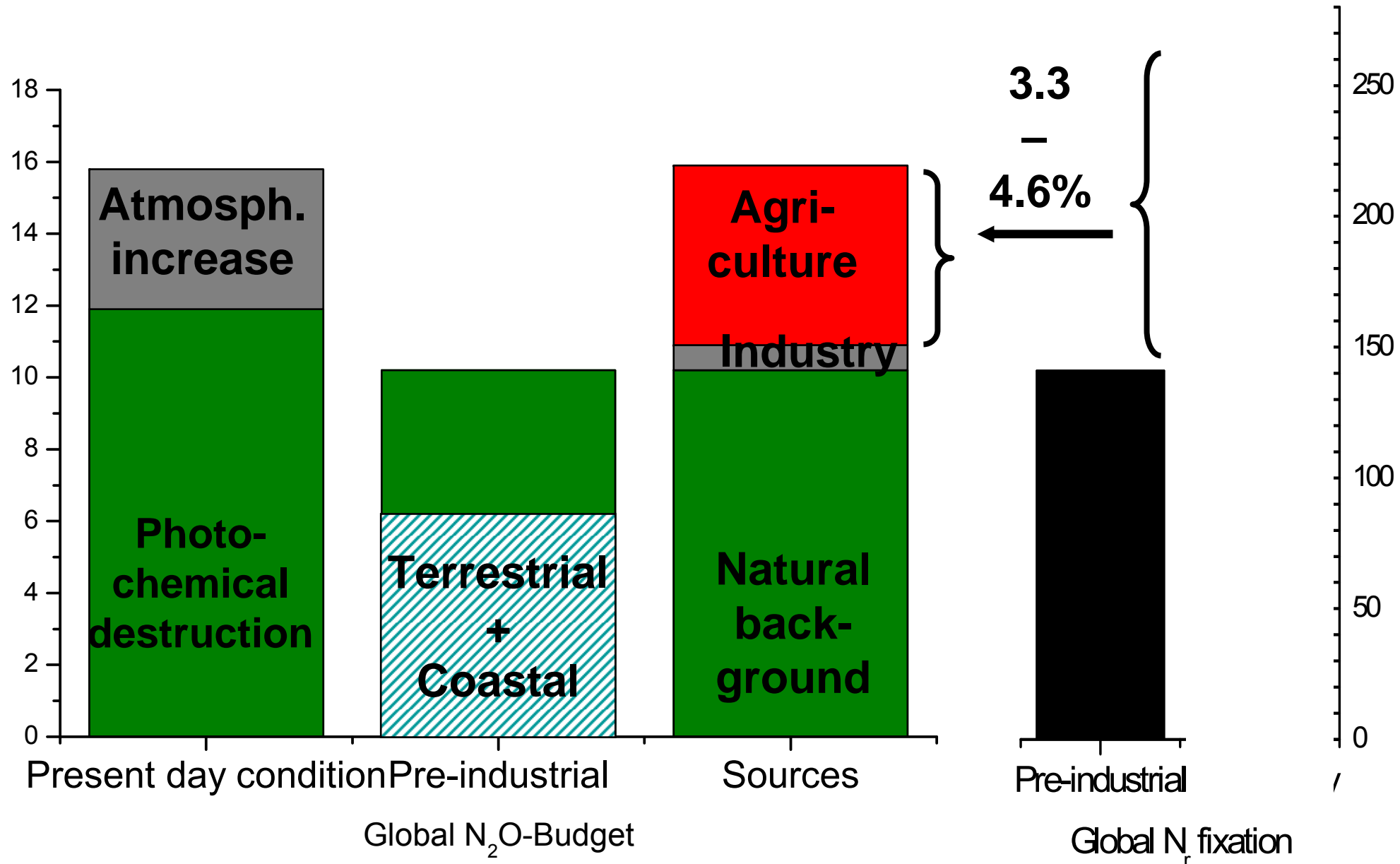


Crutzen et al., 2008



# Globale $N_r$ Verfügbarkeit und $N_2O$ -Verluste

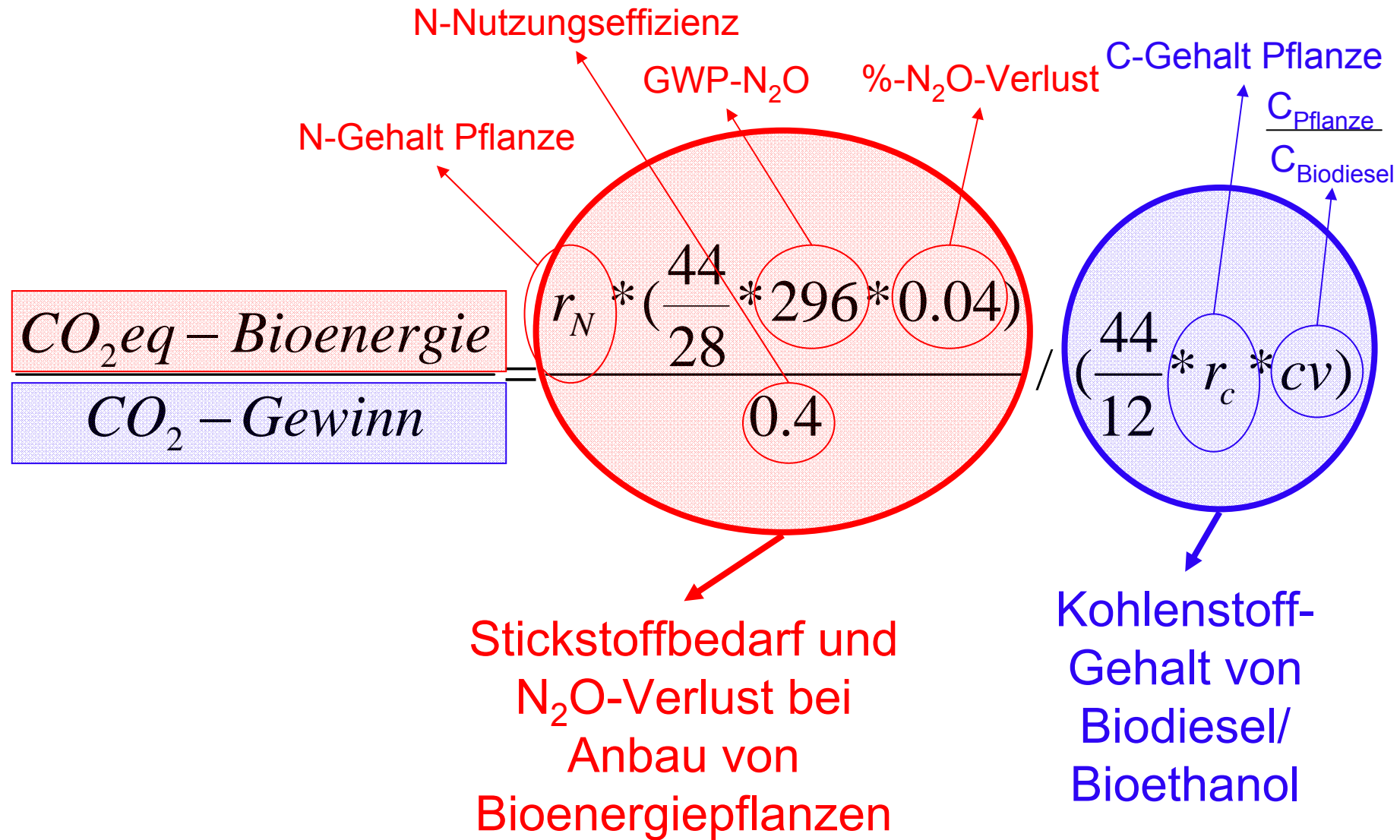
Global emission strength [Tg-N<sub>2</sub>O-yr<sup>-1</sup>]



Global biological and anthropogenic N-fixation in terrestrial and coastal systems [Tg N yr<sup>-1</sup>]

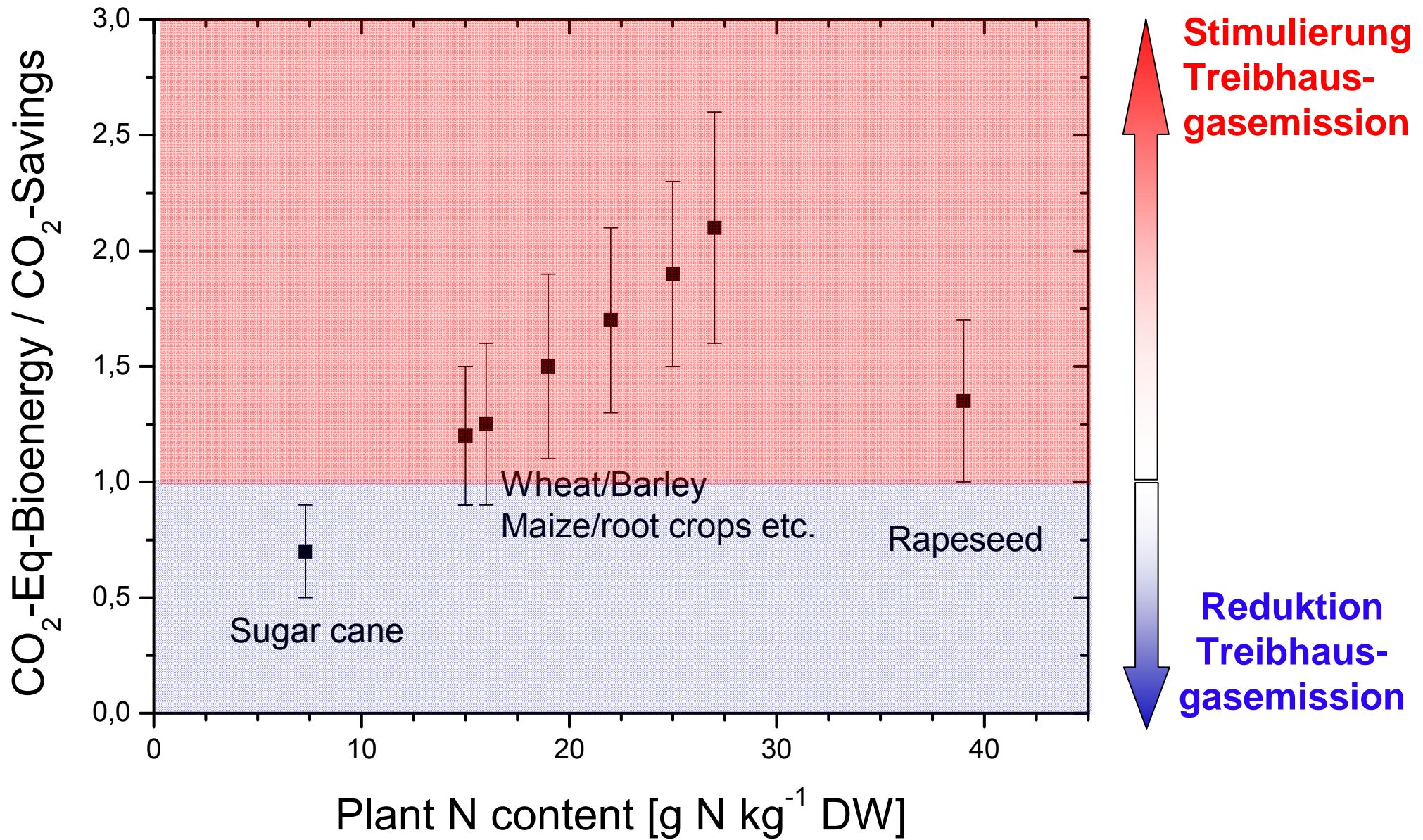
Crutzen et al., 2008

# N<sub>2</sub>O-Emissionen ≈ Pflanzen-N-Gehalt



Crutzen et al., 2008

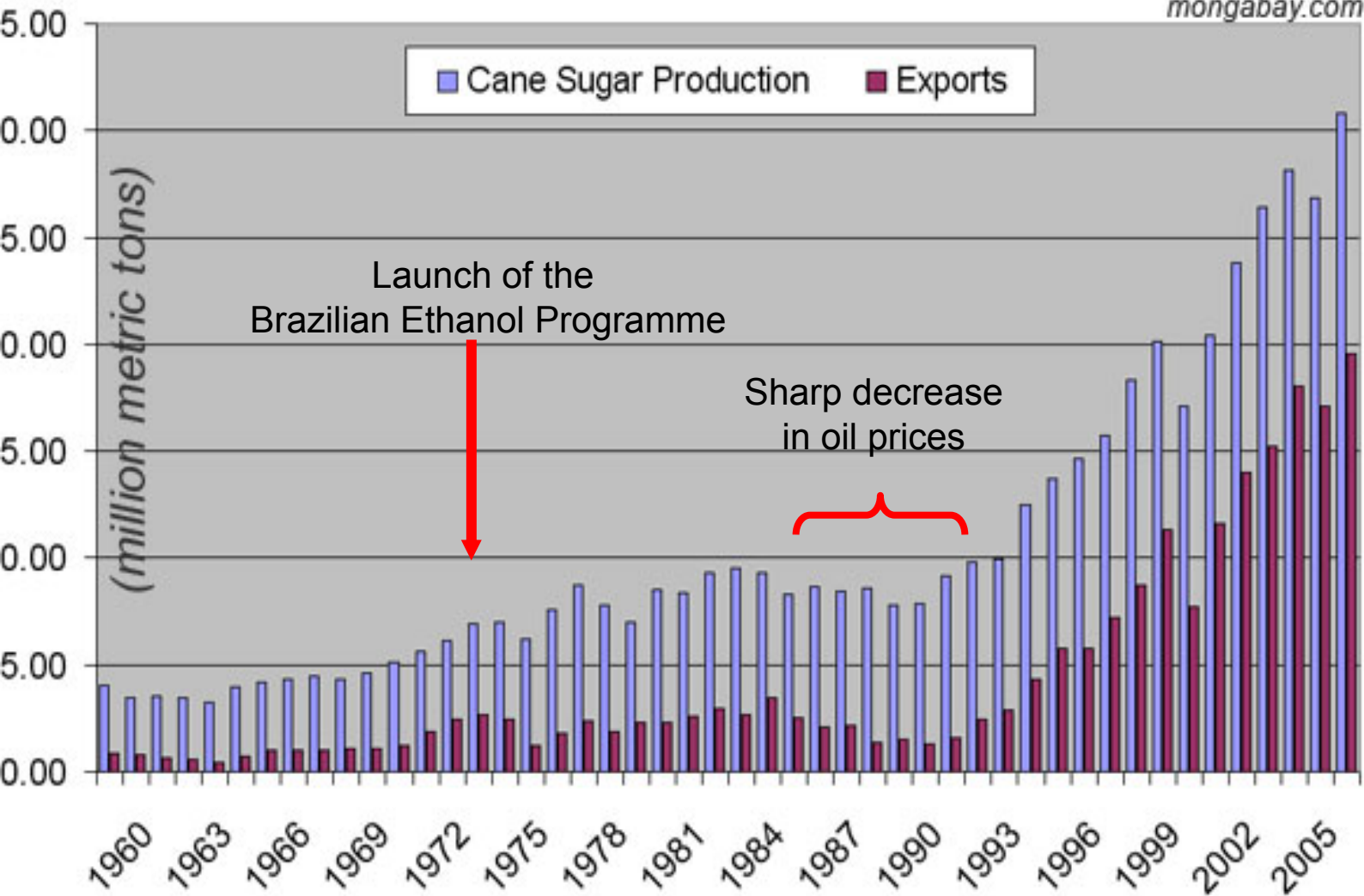
# Bioenergie aus N<sup>+</sup>-Pflanzen ≠ Klimaneutral



Crutzen et al., 2008

# N<sub>2</sub>O-Emissionen und Zuckerrohr

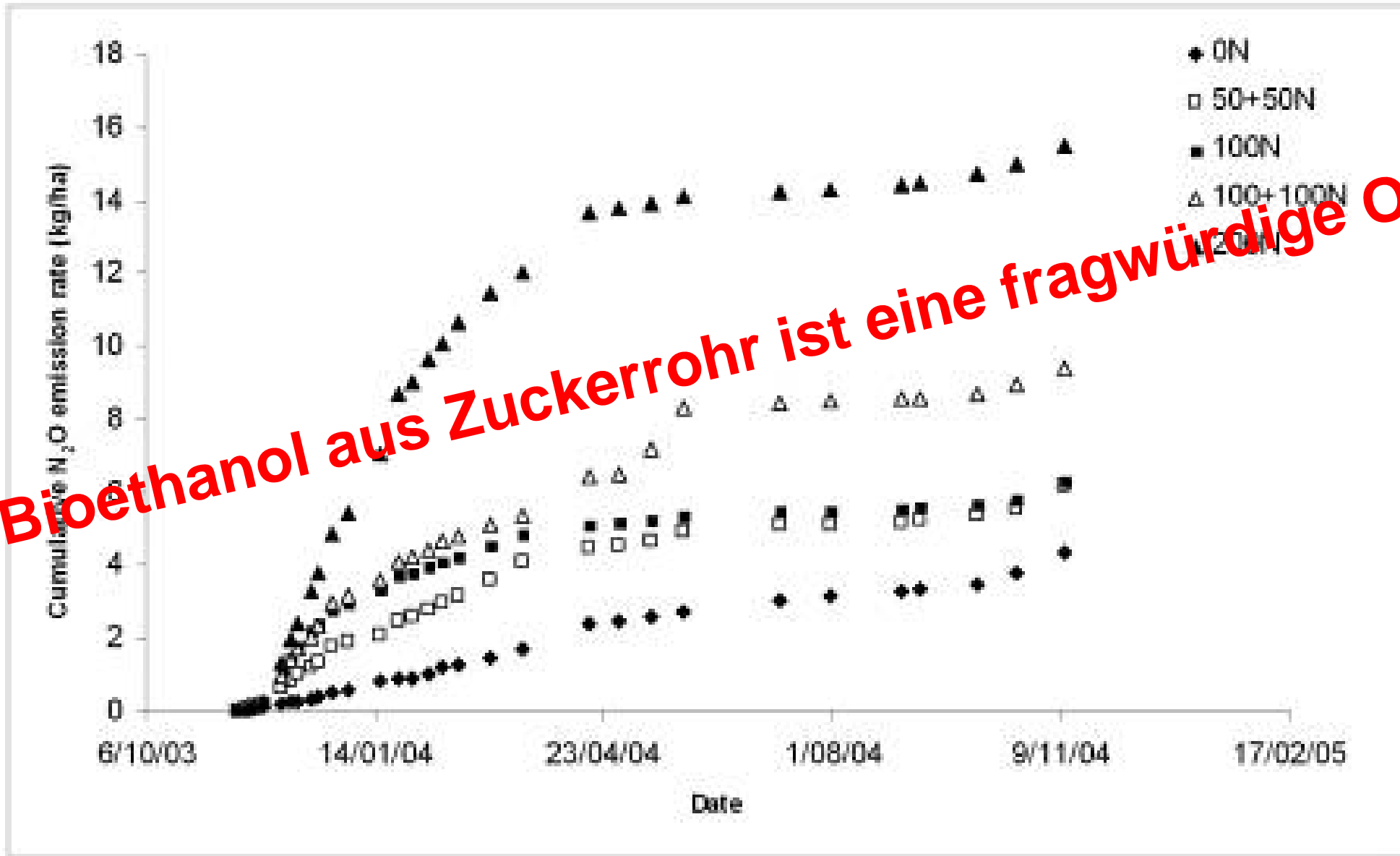
## Cane sugar production & export for Brazil, 1960-2006



Source: USDA & Mongabay.com

[note 1 ha sugarcane ≈ 5800-6500 l ethanol]

# N<sub>2</sub>O-Emissionen und Zuckerrohr



Allen, D.E., Kingston, G., Rennenberg, H., Dalal, H., Schmidt, S. 2008. Nitrous oxide emissions from sugarcane soils as influenced by waterlogging and split N fertiliser application. Australian Society for Sugarcane Technologists, (accepted)



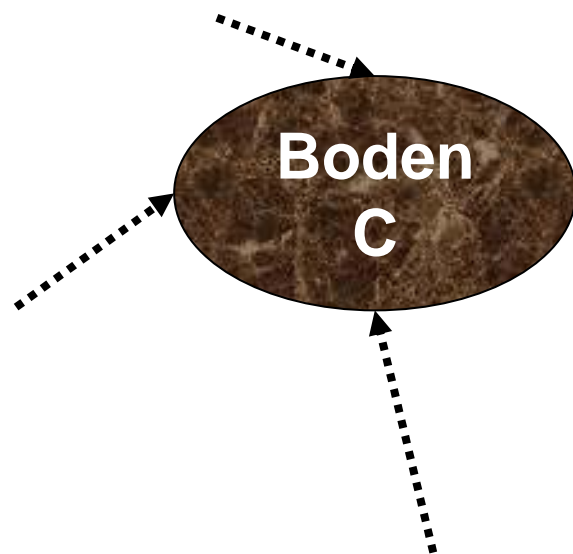
# Bodenkohlenstoff & Landnutzungsänderungen

## Bodeneigenschaften

Textur  
Tonmineralogie  
Durchwurzelungstiefe  
pH

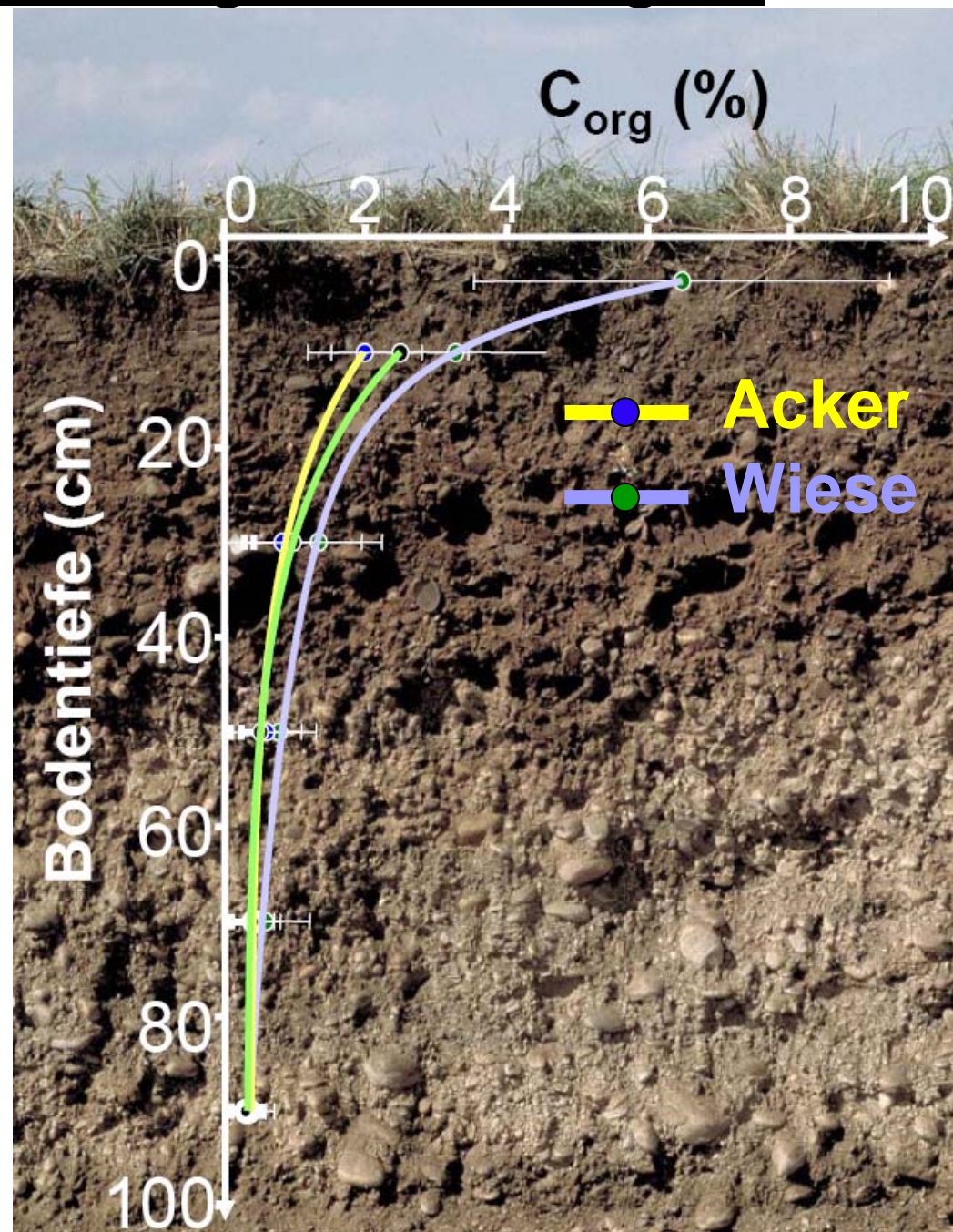
## Abiotisch

Temperatur  
Feuchtigkeit  
Durchlüftung

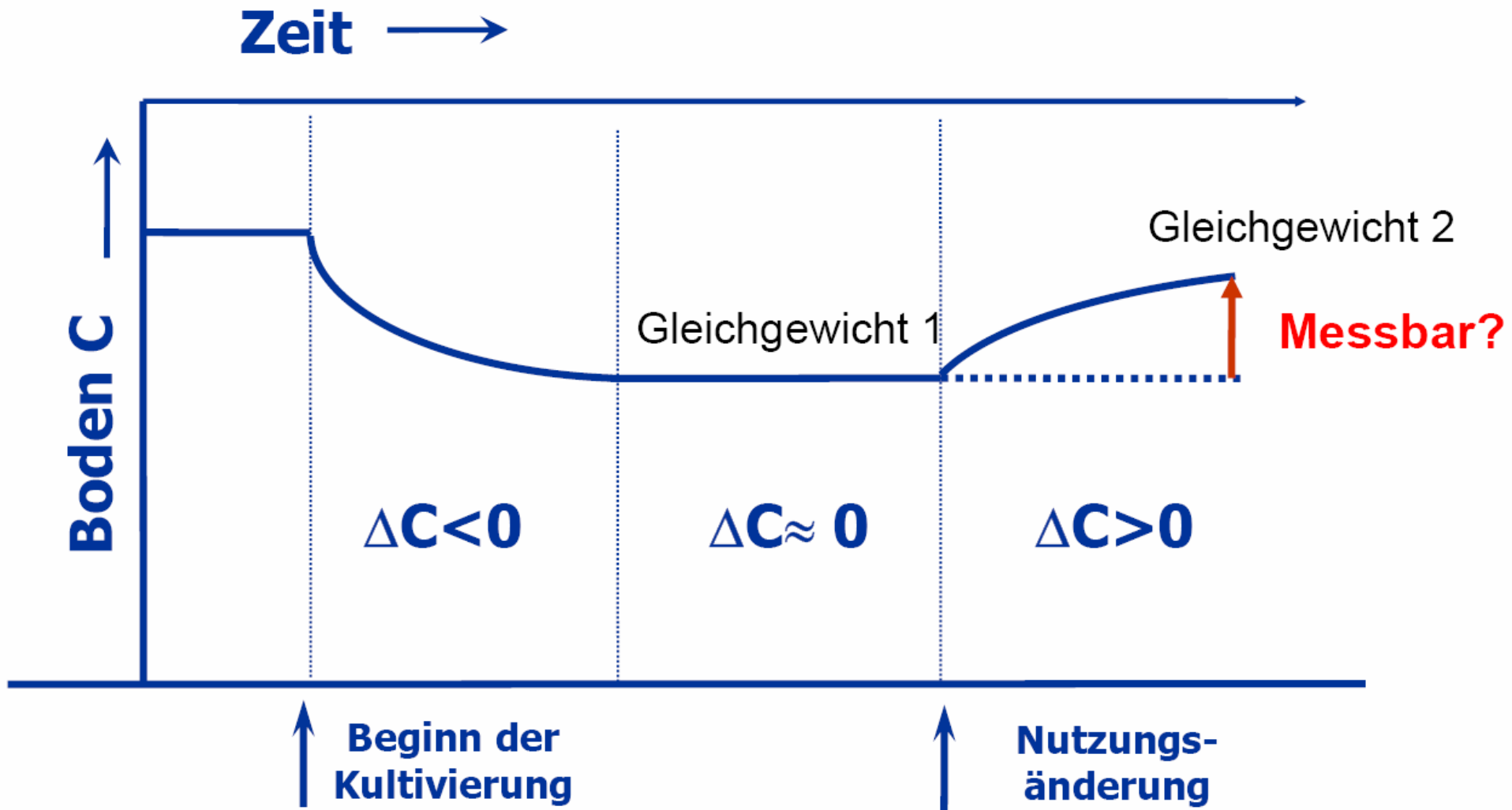


## Bewirtschaftung

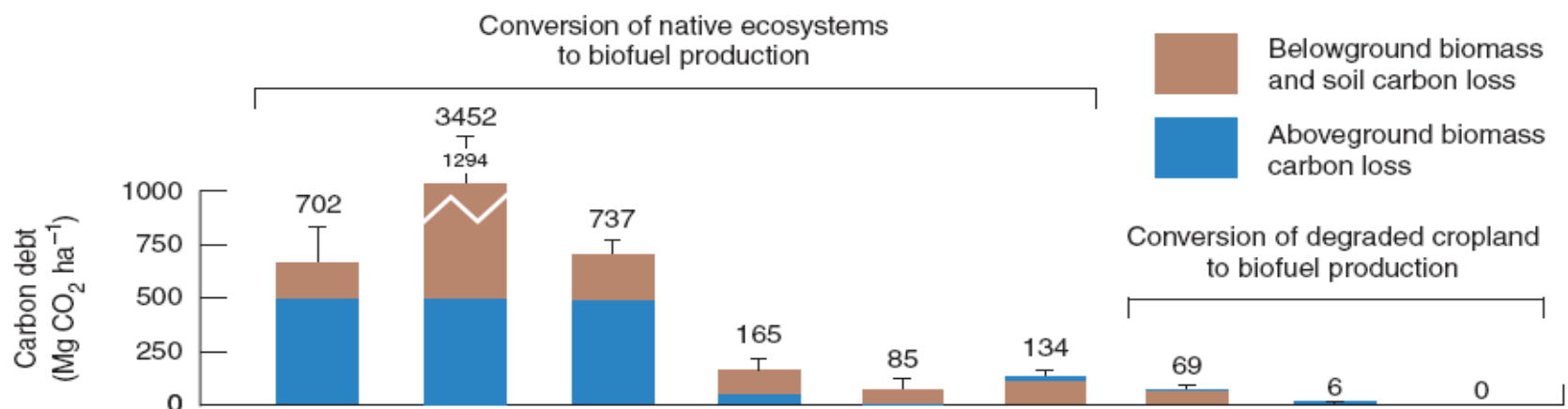
Bodenbearbeitung  
Düngung  
Ernterückstände  
Wirtschaftsdünger



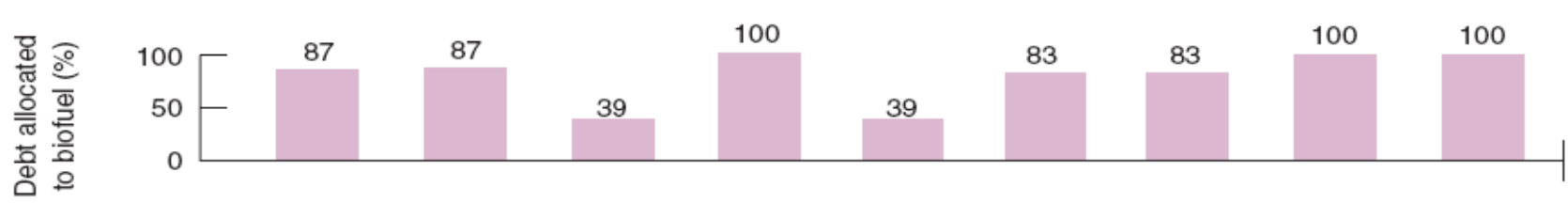
# Nutzung und Bodenkohlenstoffvorräte



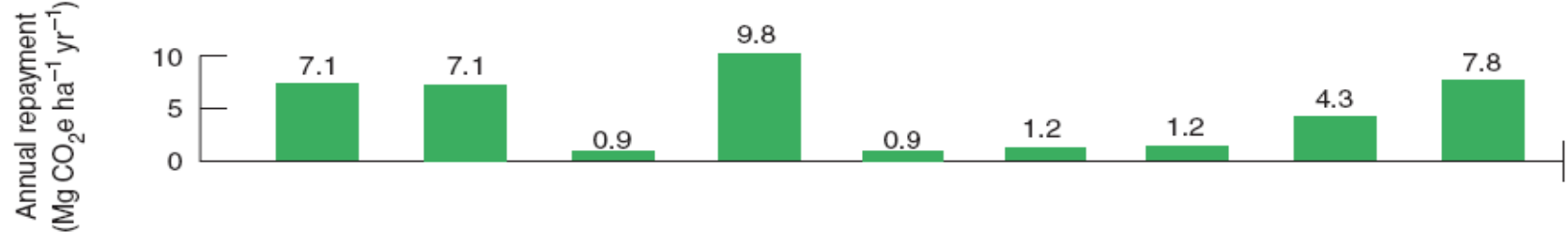
A



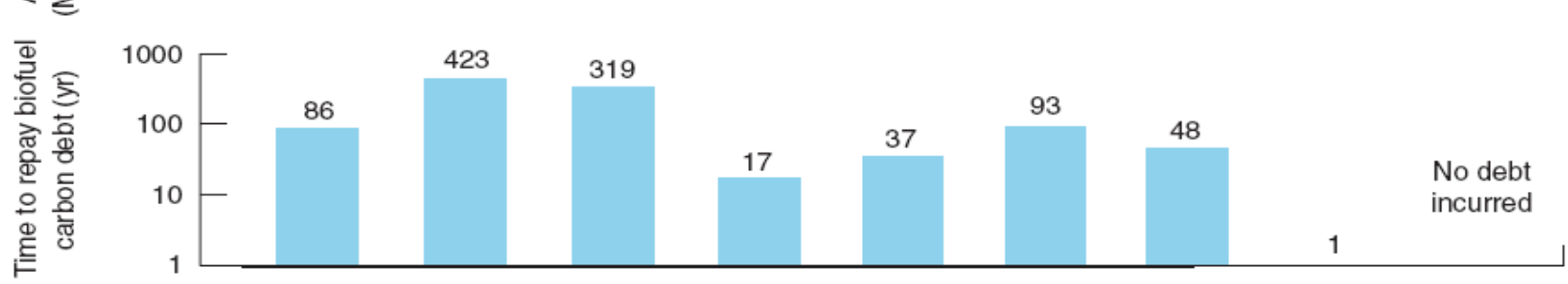
B



C



D



Biocarbon loss (Mg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	Debt Allocated (%)	Annual Repayment (Mg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Time to Repay (yr)
702	87	7.1	86
3452	87	7.1	423
737	39	0.9	319
165	100	9.8	17
85	39	0.9	37
134	83	1.2	93
69	83	1.2	48
6	100	4.3	1
0	100	7.8	No debt incurred

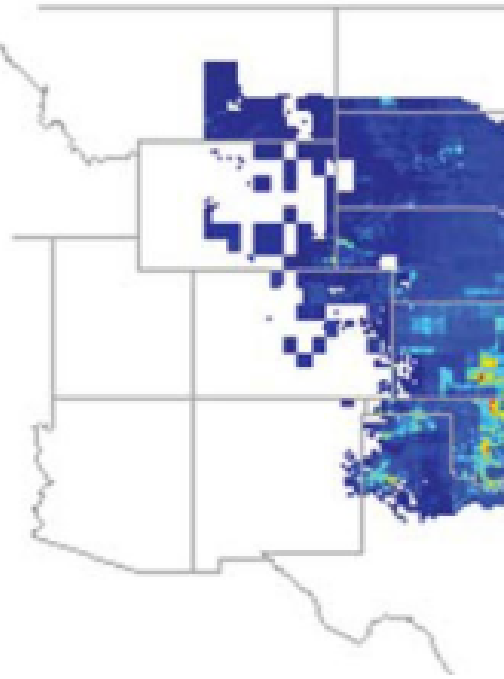
Fargione et al., Science, 2015



# Andere Umweltauswirkungen

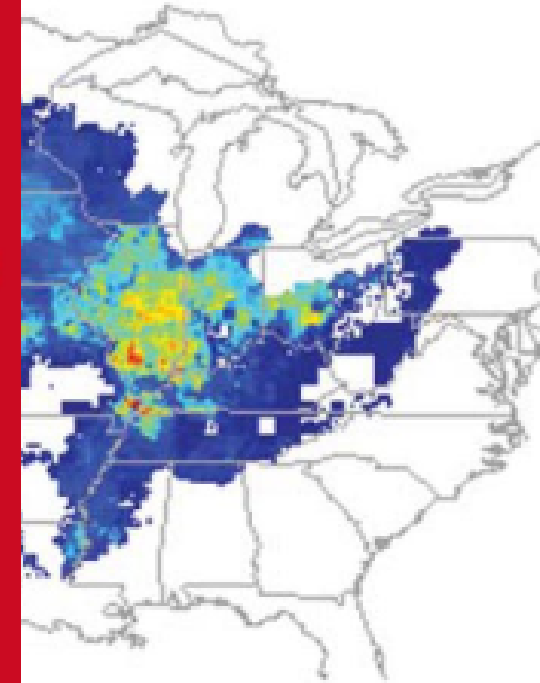
Nitrat-Austrag und Mais basierte Ethanol-Produktion (Mississippi-Gebiet)

2007 projections

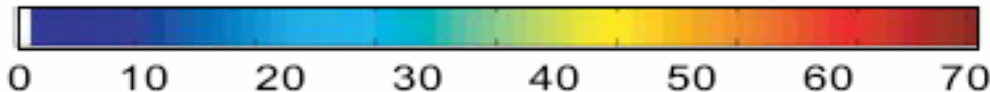


**"I've always been of the opinion that ethanol is for drinking, not driving."**  
 — Jay Keasling

Tollefson, 2008, Nature



kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>



Donner & Kucharik, PNAS, 2008

# Andere Umweltauswirkungen

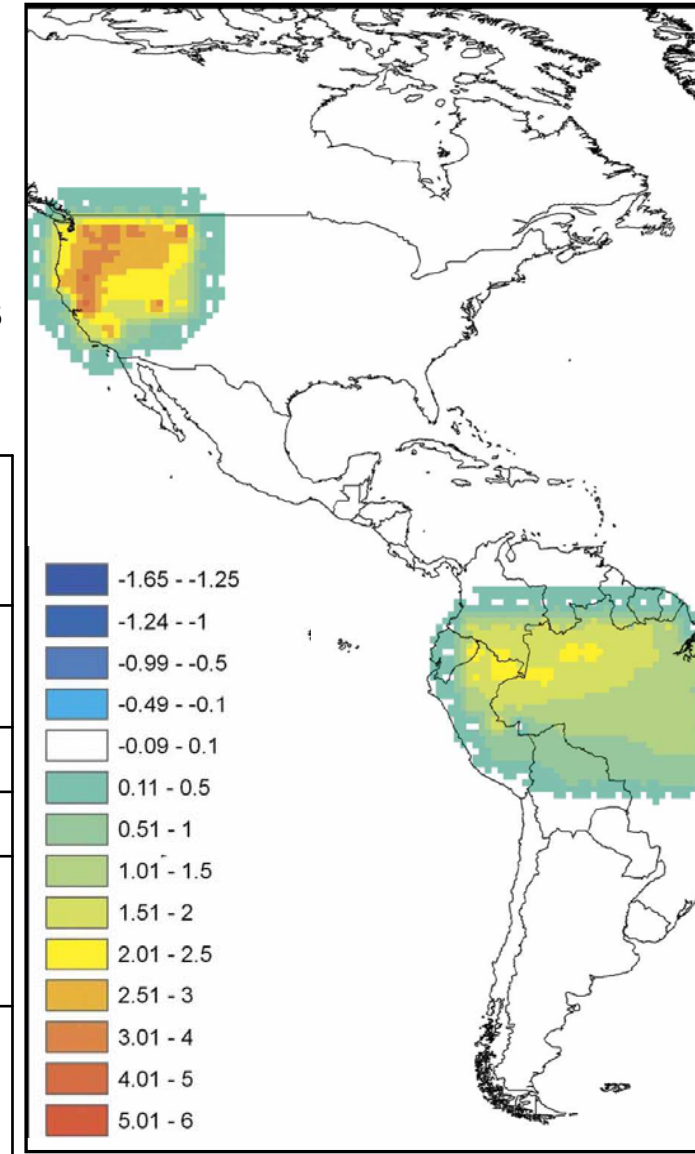
## BVOC-Emissionen bei Kurzumtriebsplantagen und Ölpalmen

Biogene Flüchtige Organische Verbindungen (BVOC; z.B: Isopren) verstärken bodennahe Ozonbildung in anthropogen belasteten Gebieten:

➡ Plantagenwirtschaft kann dies verstärken

Isoprene emission scenarios: The current temperatures are simulated for a climate representative of 1990–2000, and the future temperatures are representative of 2079–90 (from Wiedinmyer et al. (2006) *Earth Interactions* 10, 1-19)

Name	Input Temp.	Land-cover scenario	Isoprene (Tg yr <sup>-1</sup> )	% change from BASE
BASE	Current	Current (Guenther et al., 1995)	522	
FUTVEG-CURCLIM	Current	Future MAPSS	529	1
<b>FUTVEG-FUTCLIM</b>	<b>Future</b>	<b>Future MAPSS</b>	<b>889</b>	<b>70</b>
URB	Current	Pasture/urban replace natural vegetation	475	-9
<b>PLANT</b>	<b>Current</b>	<b>Plantations replace natural vegetation</b>	<b>717</b>	<b>37</b>



# Fazit

- Vorsicht bei Bioenergie aus Getreiden (z.B. Mais, Weizen, Getreide)
  - N<sub>2</sub>O-Emissionen konterkarieren das Klimaziel
  - Problem Nitratverlagerung (Grundwasser, Bachengewässer)
- Umwandlung von natürlichen Ökosystemen in Systeme zur Bioenergieproduktion reduziert die Biodiversität aus Klimaschutzgründen erst nach Jahrzehnten (Zuckerrohr, Palmöl)
- N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Zuckerrohr-Anbau wahrscheinlich unterschätzt (Vorsicht bei Bioethanol aus Zuckerrohr)
- Klimapflanzungen auf Basis von Weide/ Pappel erhöhen regional die O<sub>3</sub>-Belastung durch BVOC-Emissionen
- Umfassende ökologische Bewertung sollte jeder großflächigen Umsetzung vorangehen

**Bioenergie ist nicht gleich Klimaschutz**

# Biogasanlagen

Baumann 2006, KTBL

„**erhebliche Mengen Biogas** aus.. nicht vollständig ausgefaulten Endlager nachgasen. ...**bereits 5% Methan-Nachgasung** aus dem offenen Endlager den **positiven Klimaschutz-Effekt** einer Biogasanlage **aufheben**. Es kann sich durchaus lohnen, auch das Endlager gasdicht zu machen.“

Oechsner et al. 2006, KTBL

„... die Nutzung eines **gasdichten Substratlagers** eine entscheidende **Reduzierung der Methanverluste auf 1-7%** bewirken“.

Amon et al., 2006, KTBL

„Durch Injektion (von **Biogasflüssigmist**) reduzierten sich zwar die  $\text{NH}_3$ -Emissionen nach der **Ausbringung**. Jedoch waren die  **$\text{N}_2\text{O}$  Emissionen erhöht**.“