

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 (CO_2 , CH_4 , N_2O)
 - 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

CO₂-fossil > THG-Emis. (Produktion/Verarbeitung) + THG-Emis. (Feldanbau)

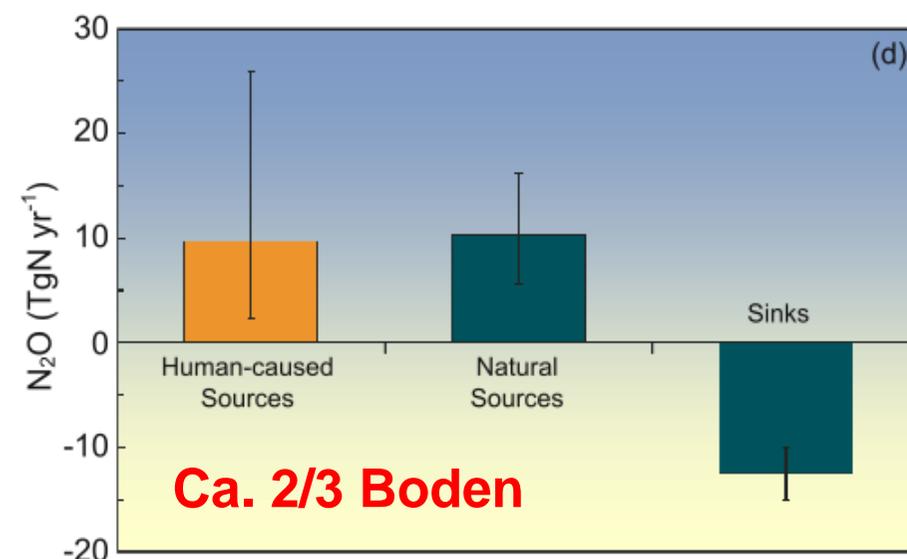
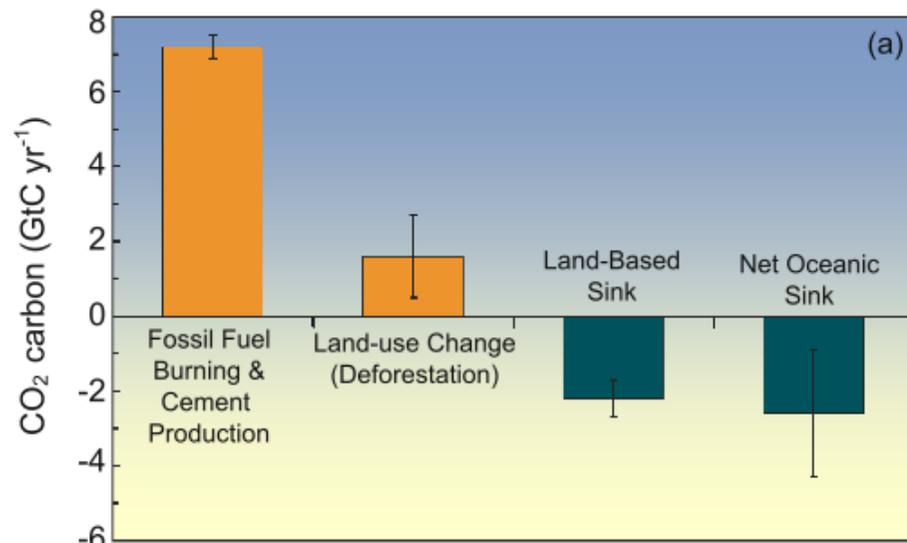
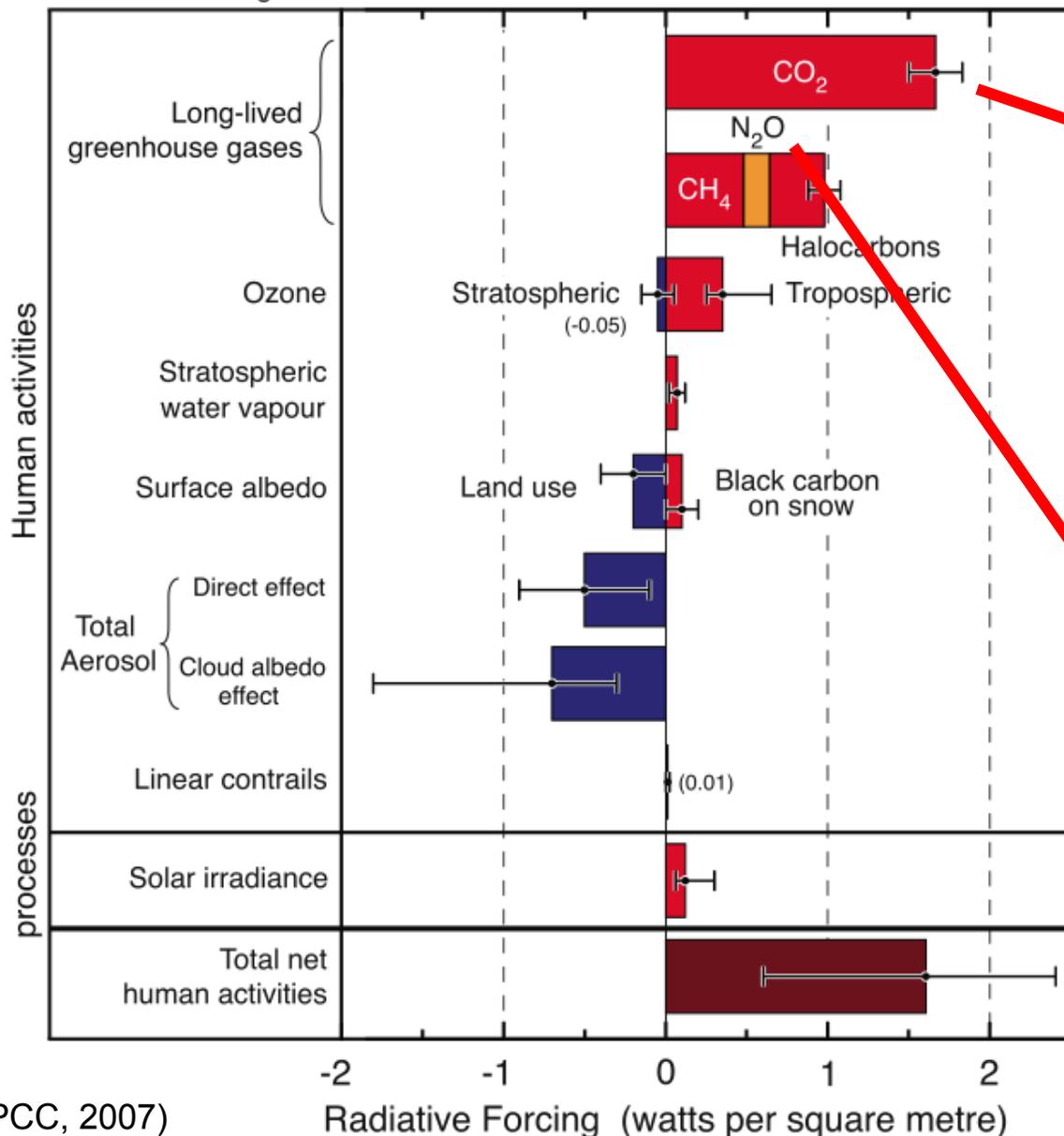
- **Maschineneinsatz**
- **Düngemittelproduktion**
- **Transport**
- **Lagerung, Lecks, usw.**

- **Lachgas**
 - **Direkt**
 - **Indirekt**
- **Boden-C-Freisetzung**
- **(CH₄)**

Klimarelevante Spurengase (CO₂, CH₄, N₂O)

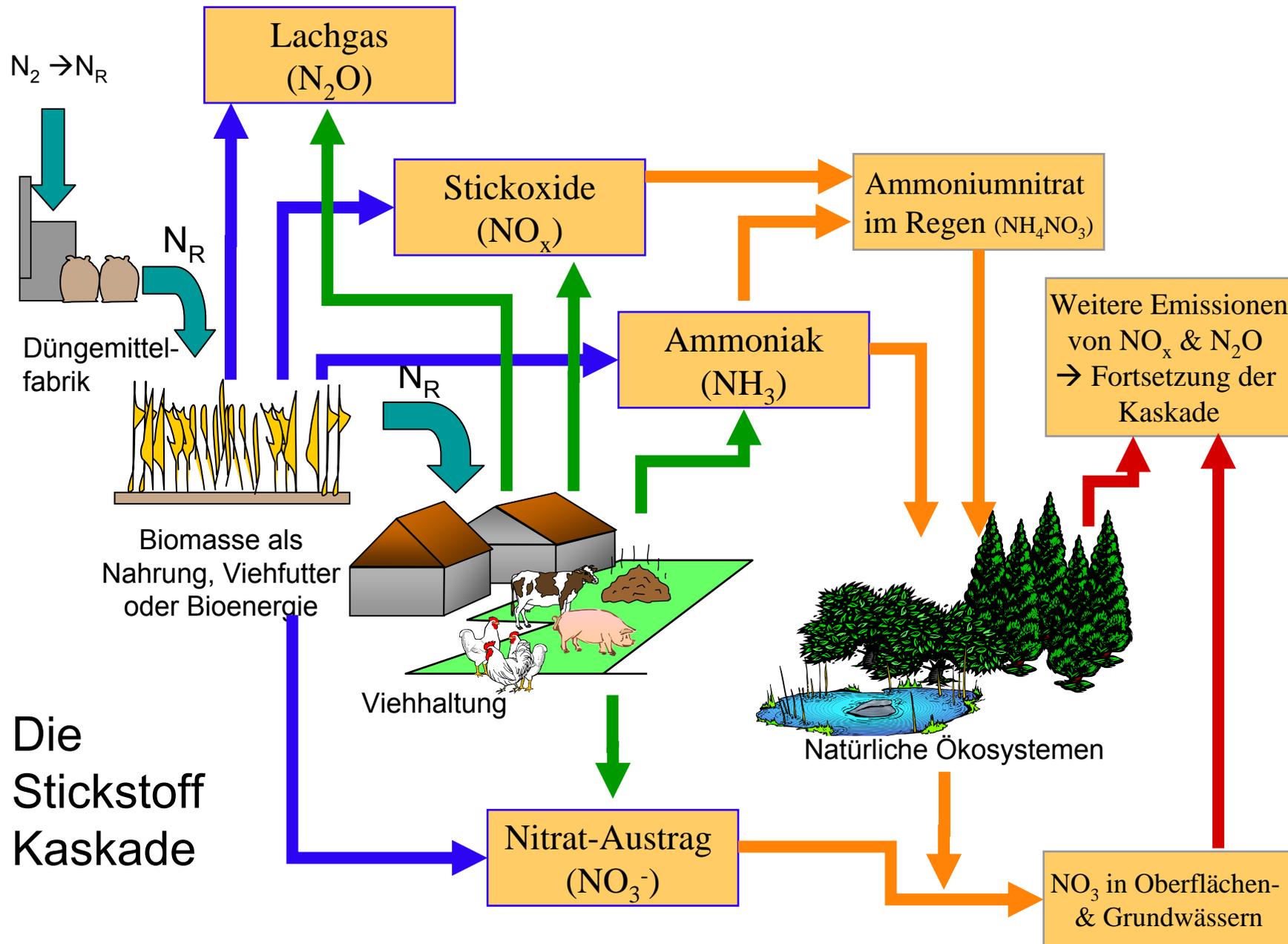
Radiative forcing of climate between 1750 and 2005

Radiative Forcing Terms



(IPCC, 2007)

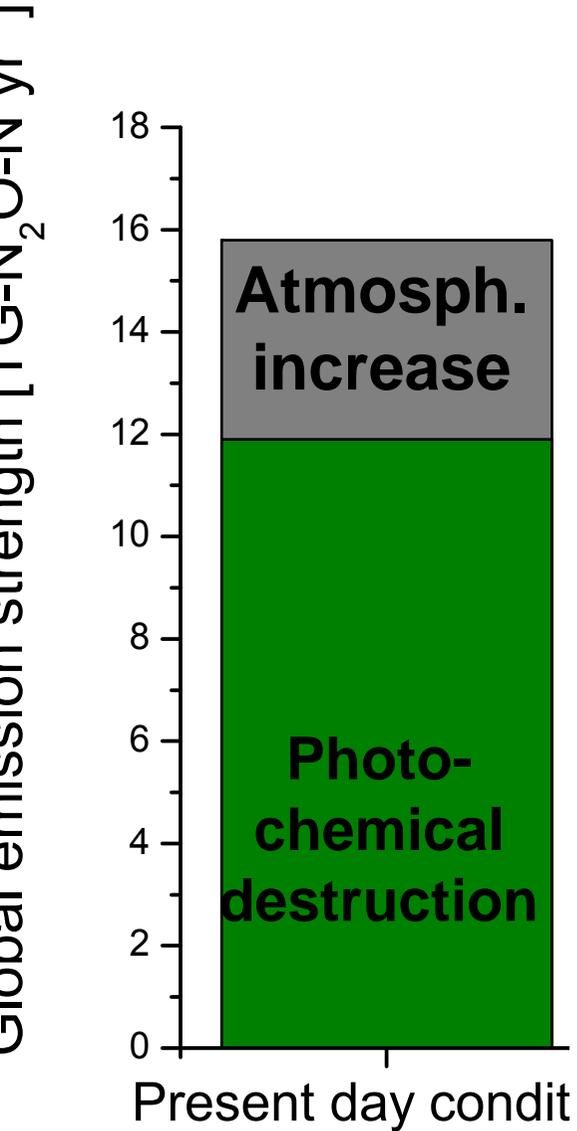
Unterschätzung von N₂O-Emissionen



Die Stickstoff Kaskade

Minderung an einer Stelle kann zum Schadstoff-Austausch führen

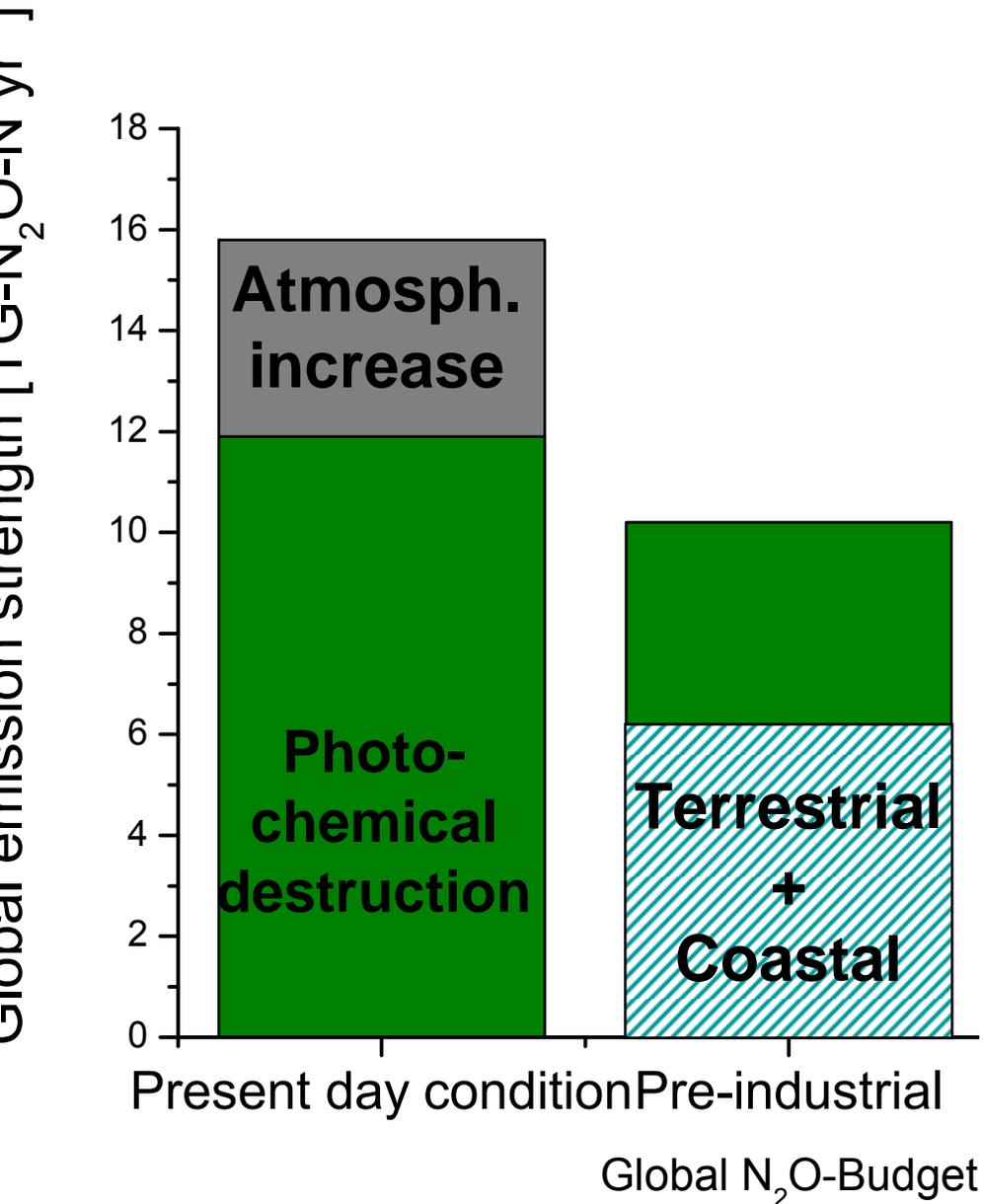
Globale N_r Verfügbarkeit und N_2O -Verluste



Global N_2O -Budget

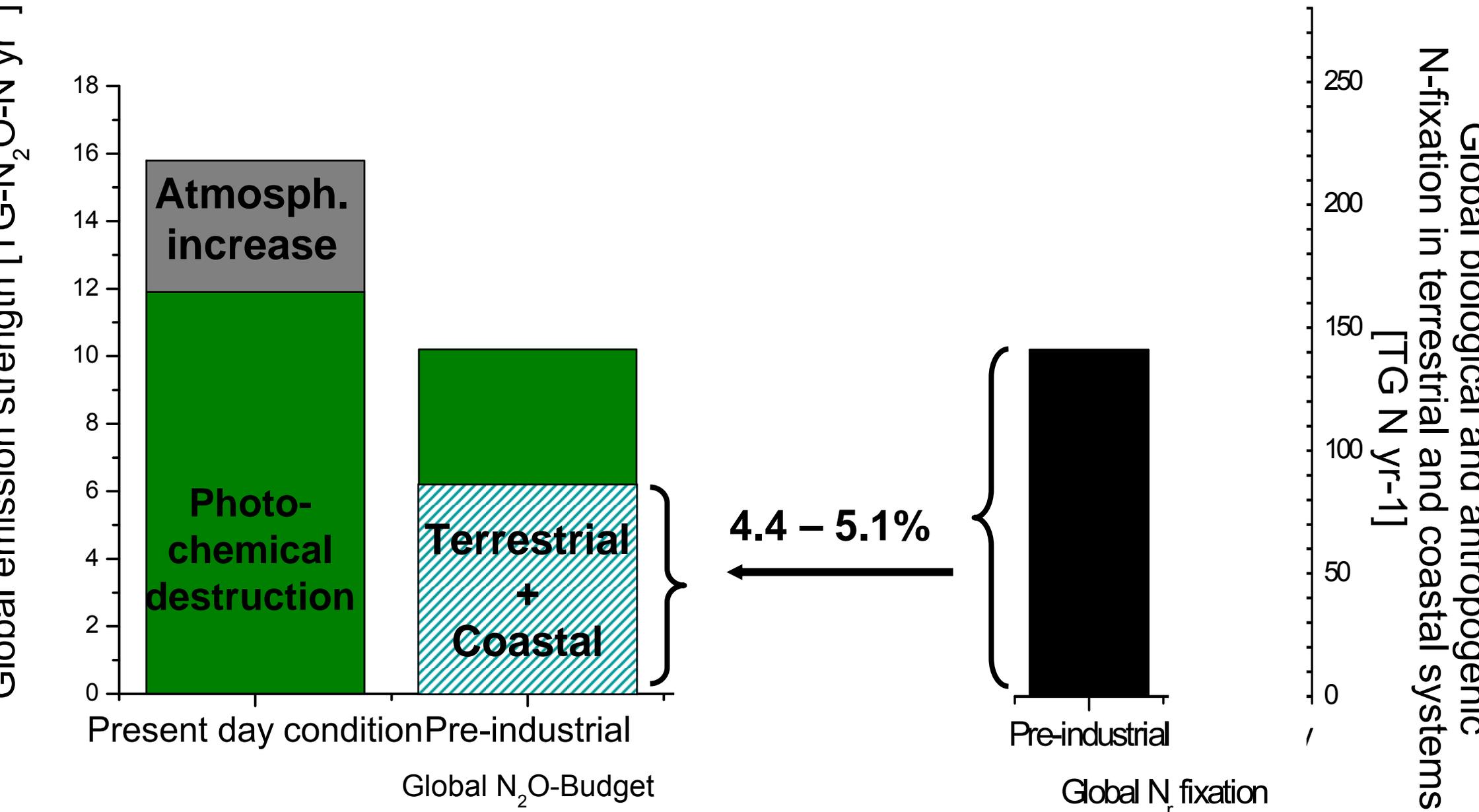
Crutzen et al., 2008

Globale N_r Verfügbarkeit und N₂O-Verluste



Crutzen et al., 2008

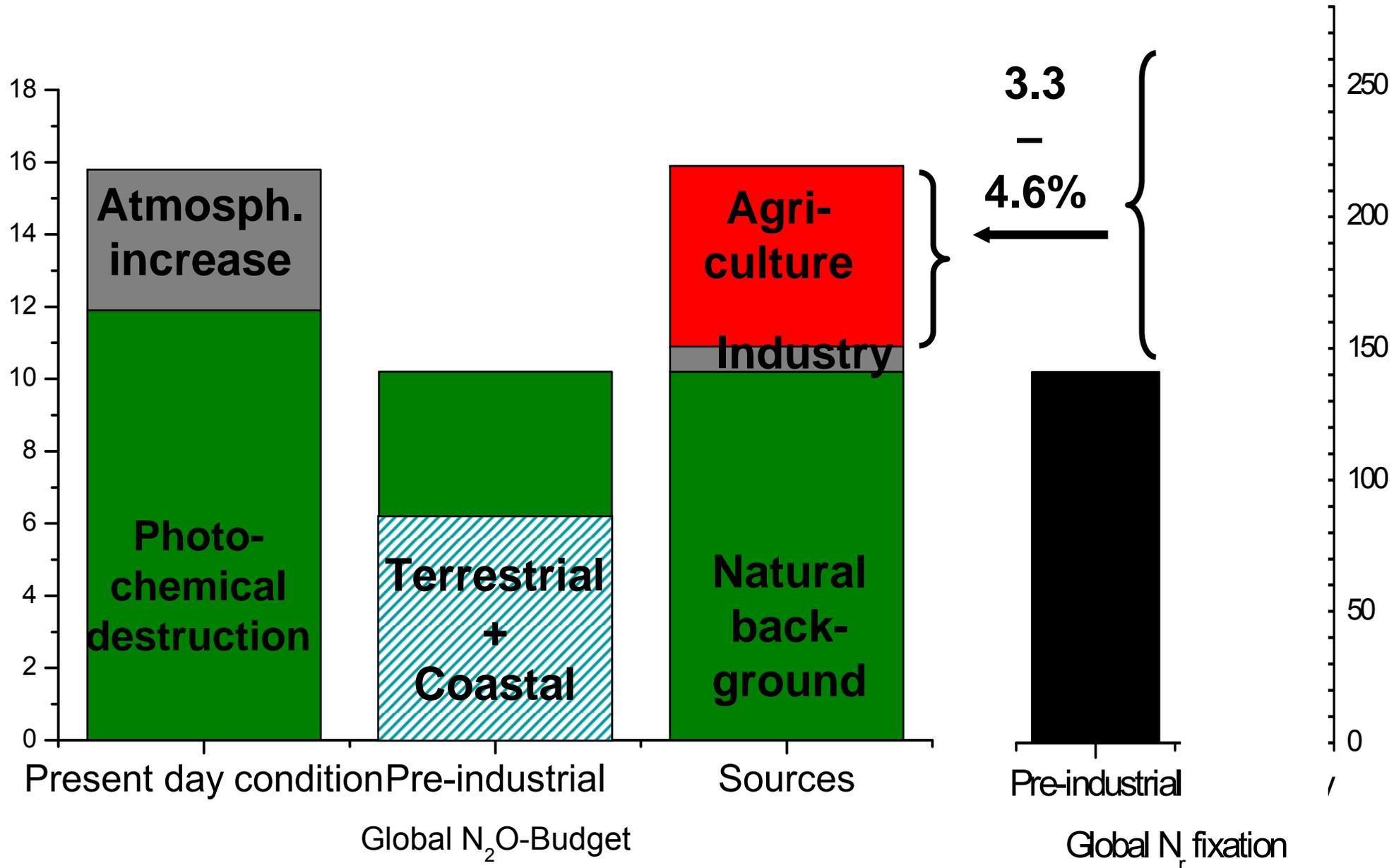
Globale N_r Verfügbarkeit und N_2O -Verluste



Crutzen et al., 2008

Globale N_r Verfügbarkeit und N_2O -Verluste

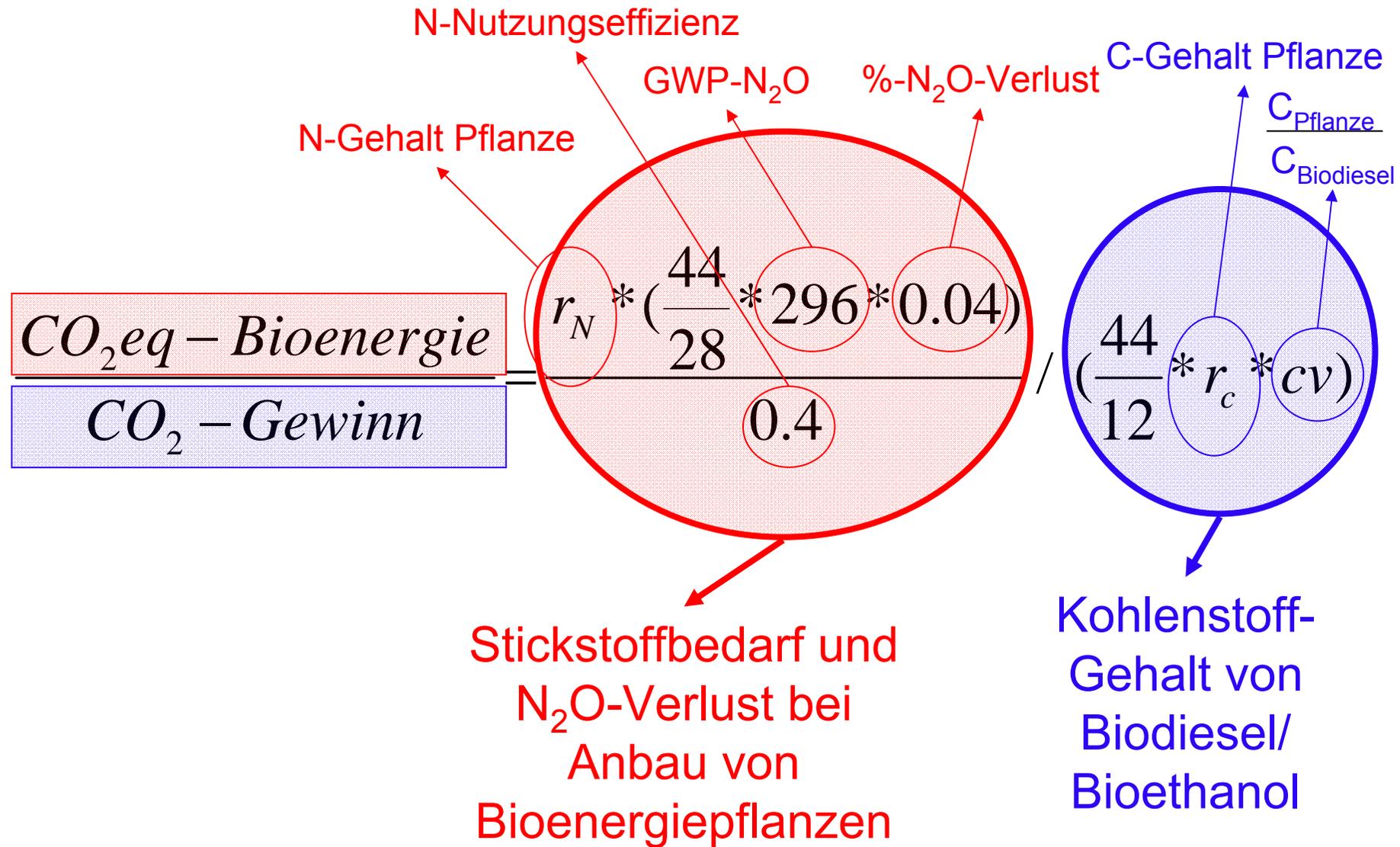
Global emission strength [Tg-N₂O-yr⁻¹]



Global biological and anthropogenic N-fixation in terrestrial and coastal systems [Tg N yr⁻¹]

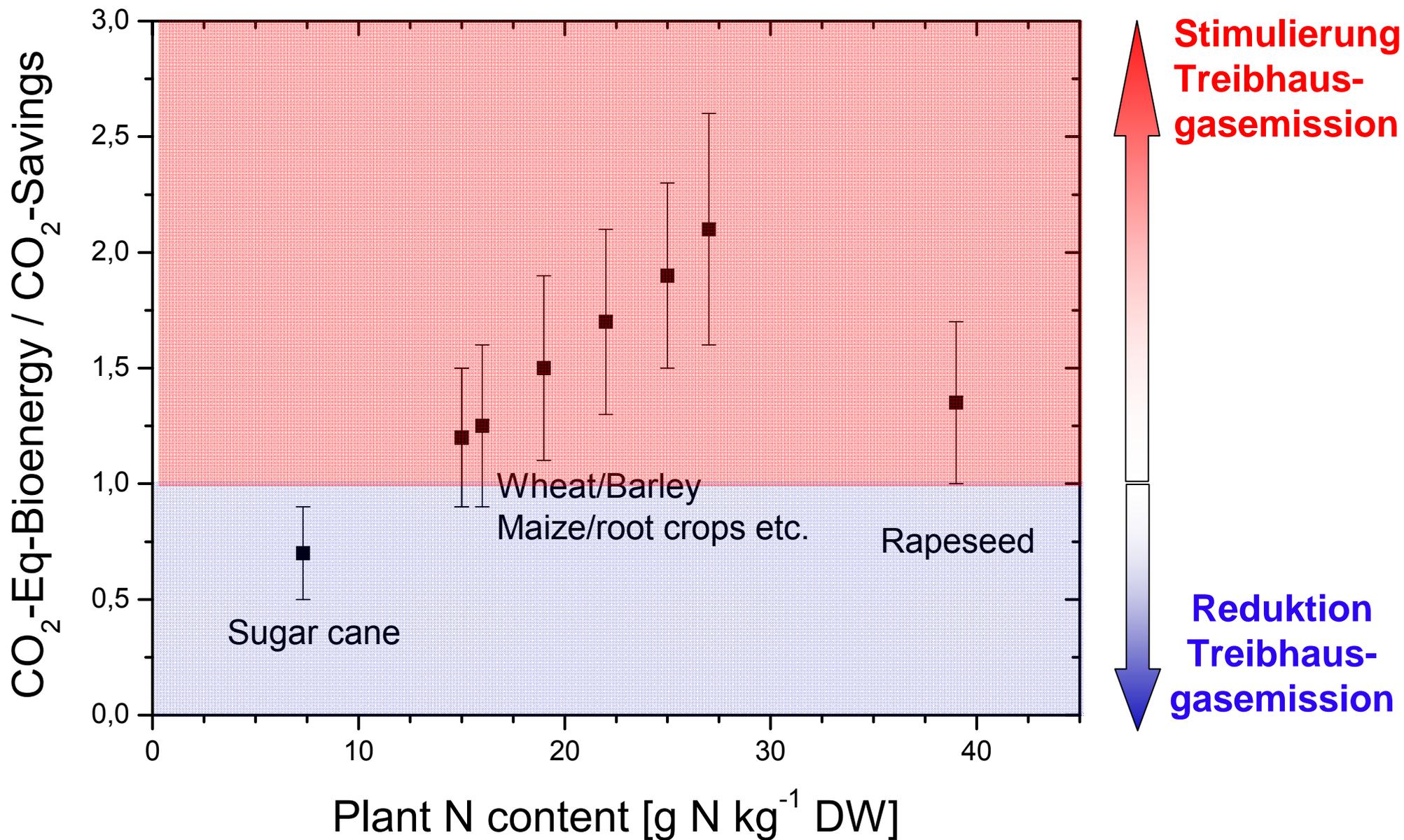
Crutzen et al., 2008

N₂O-Emissionen ≈ Pflanzen-N-Gehalt



Crutzen et al., 2008

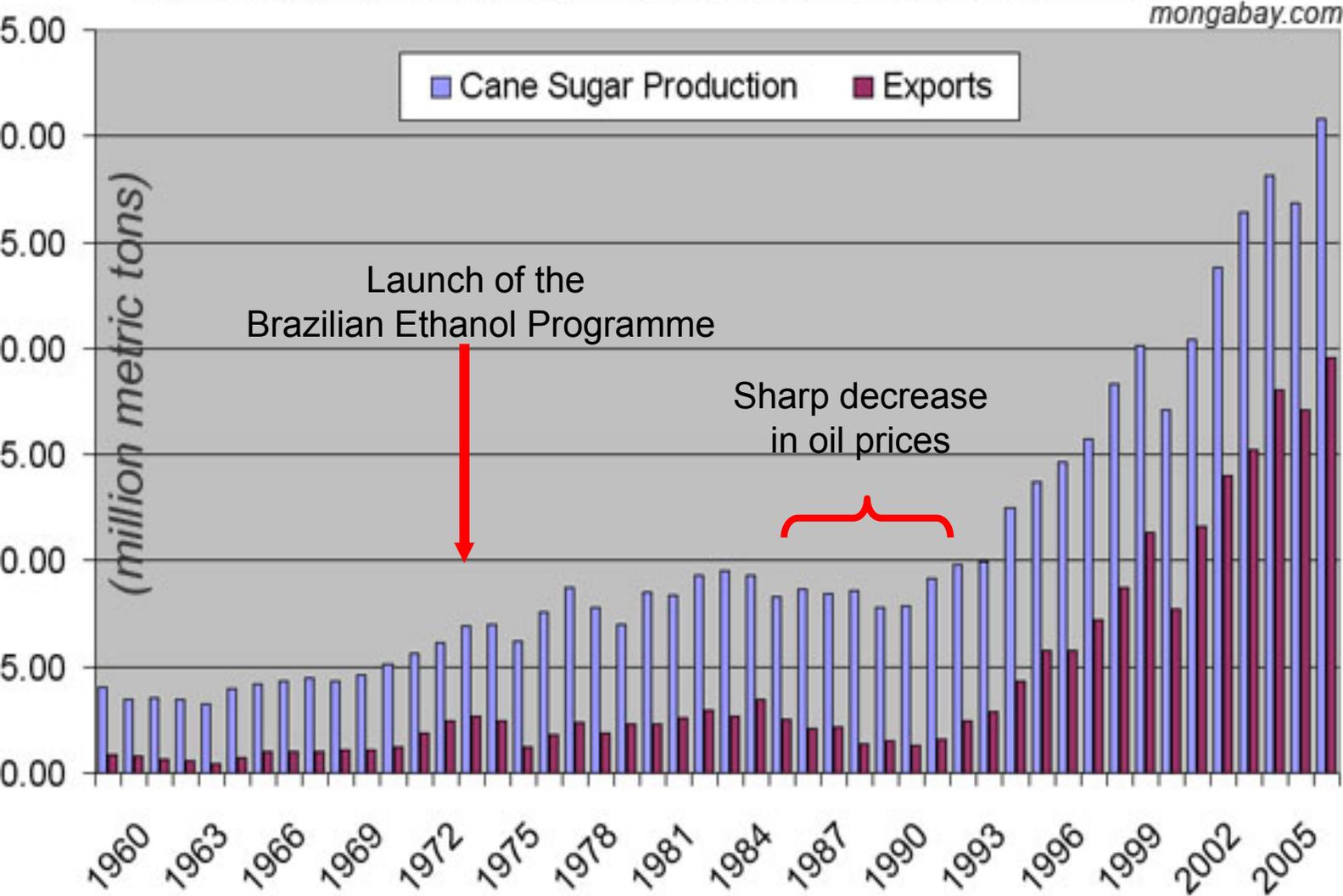
Bioenergie aus N⁺-Pflanzen ≠ Klimaneutral



Crutzen et al., 2008

N₂O-Emissionen und Zuckerrohr

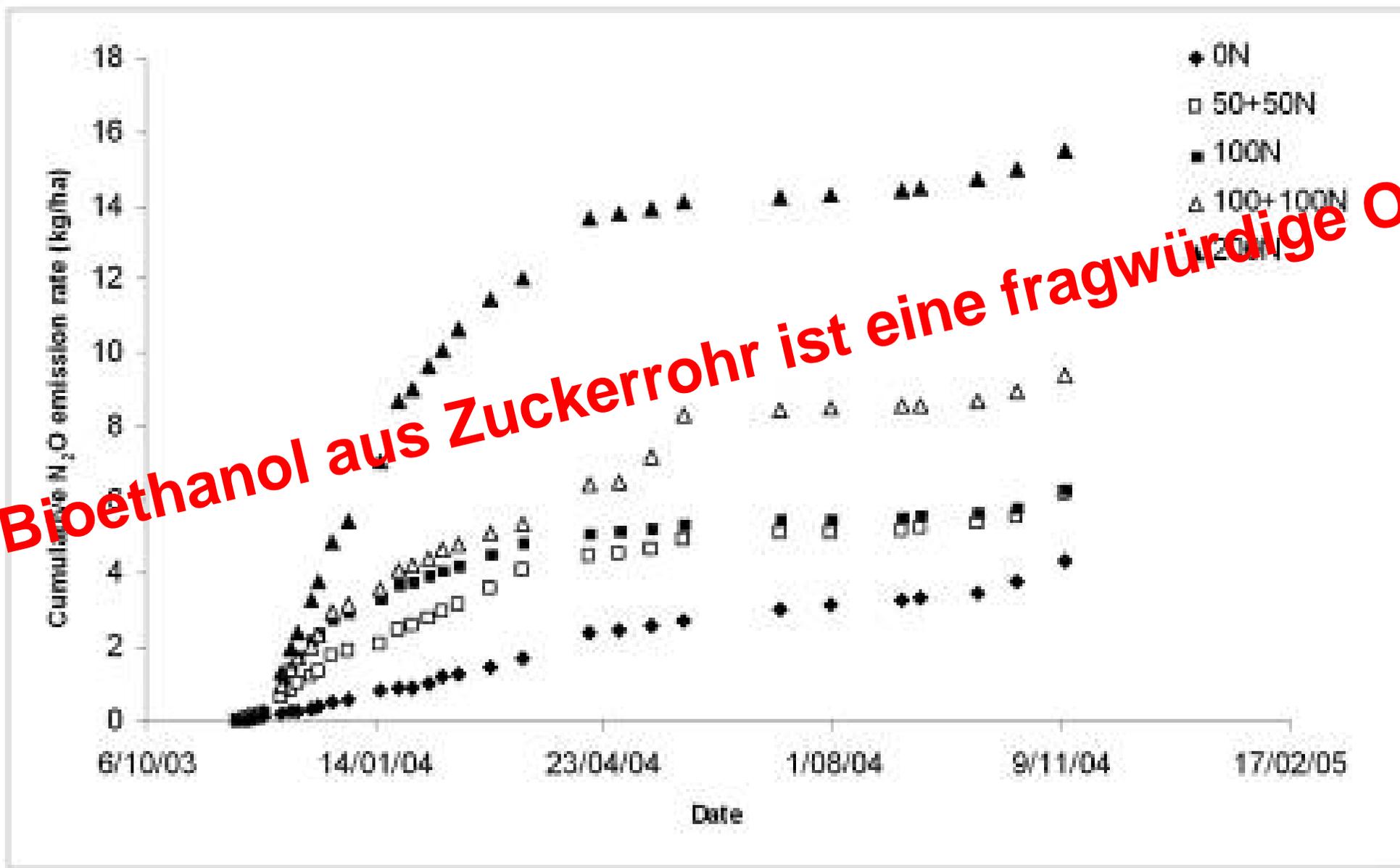
Cane sugar production & export for Brazil, 1960-2006



Source: USDA & Mongabay.com

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

N₂O-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)

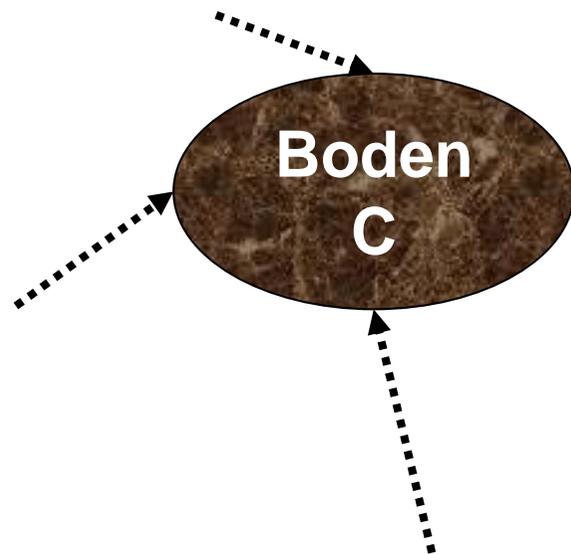
Bodenkohlenstoff & Landnutzungsänderungen

Bodeneigenschaften

Textur
Tonmineralogie
Durchwurzelungstiefe
pH

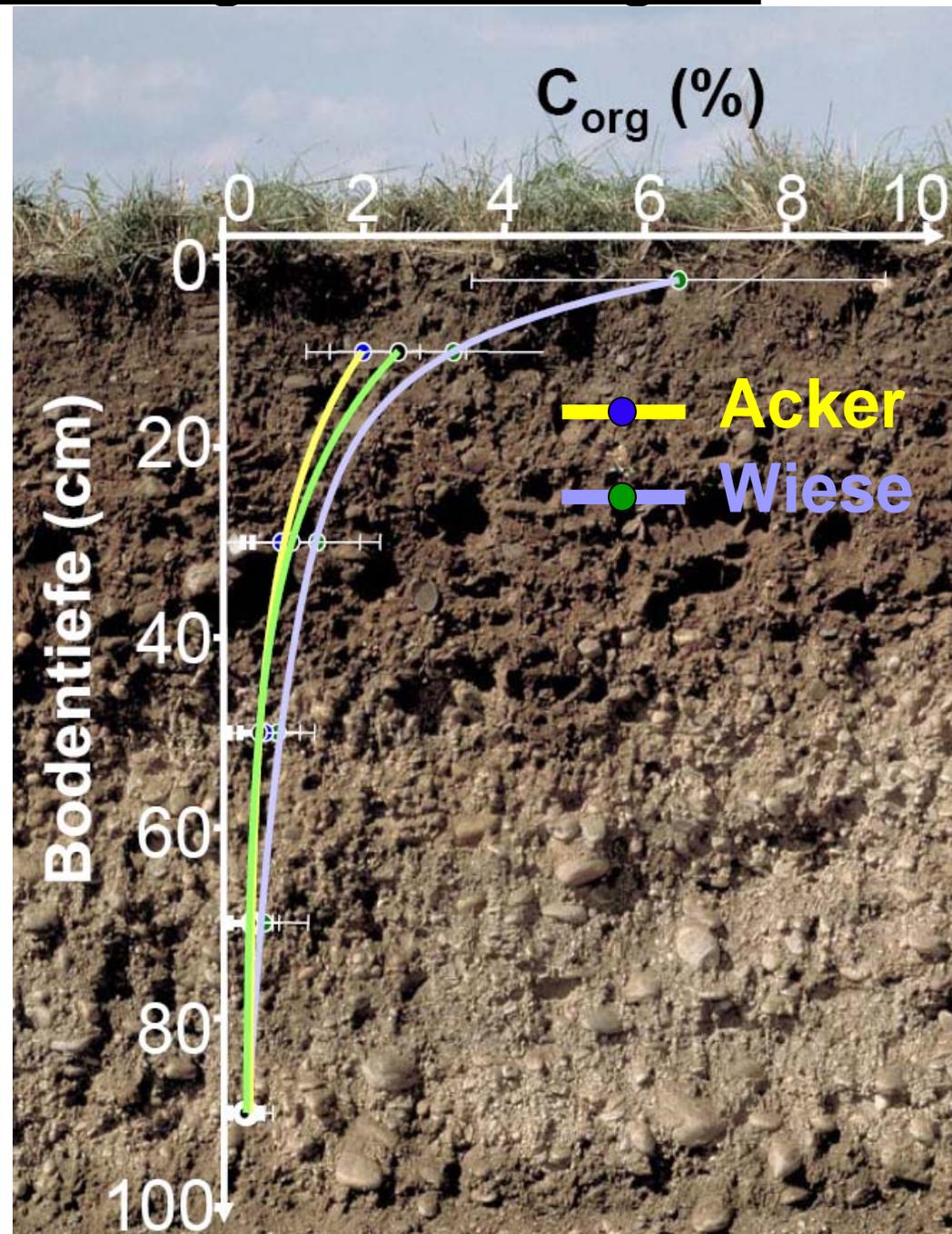
Abiotisch

Temperatur
Feuchtigkeit
Durchlüftung

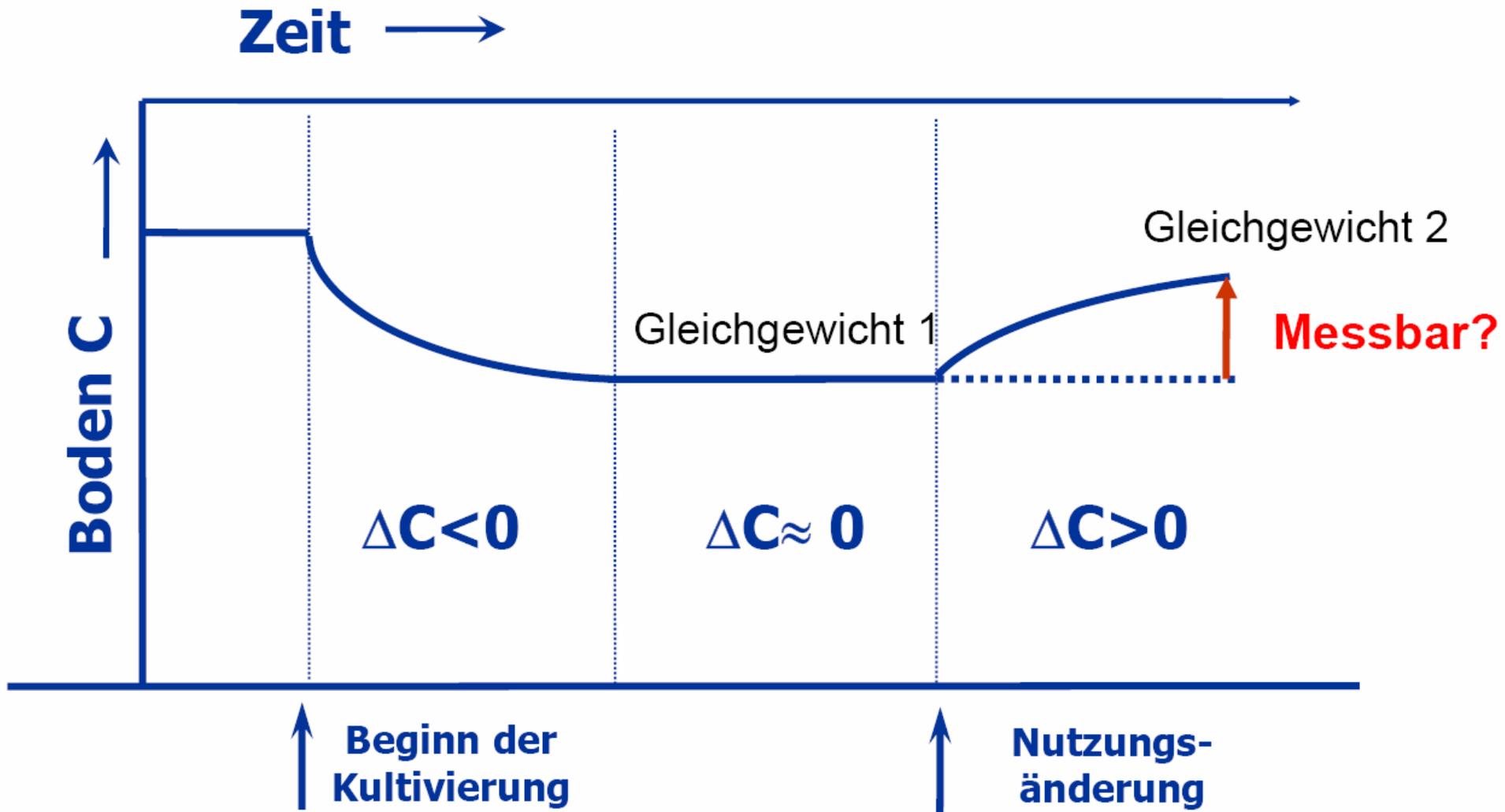


Bewirtschaftung

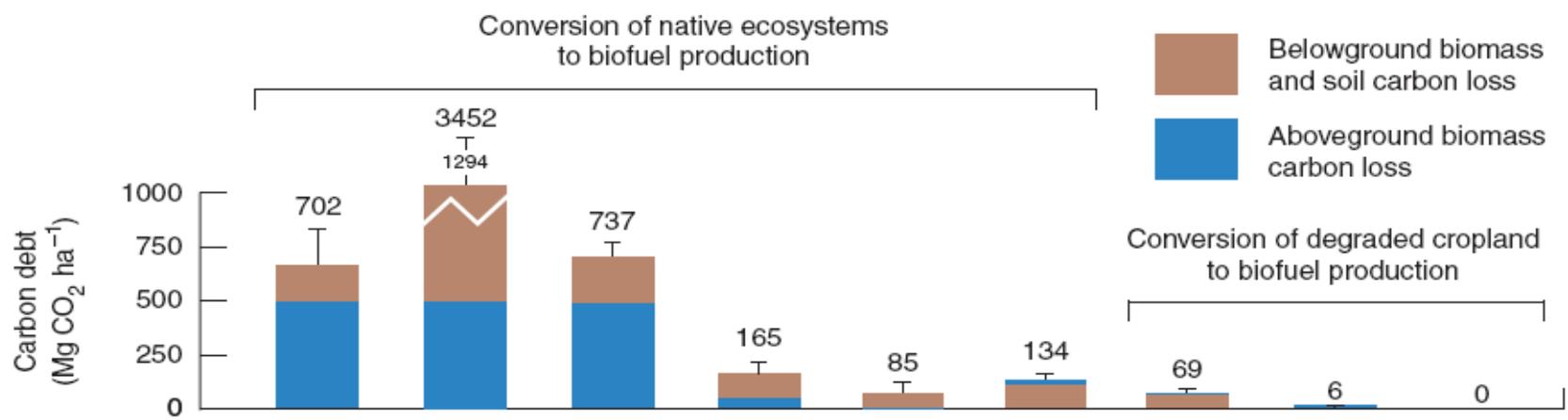
Bodenbearbeitung
Düngung
Ernterückstände
Wirtschaftsdünger



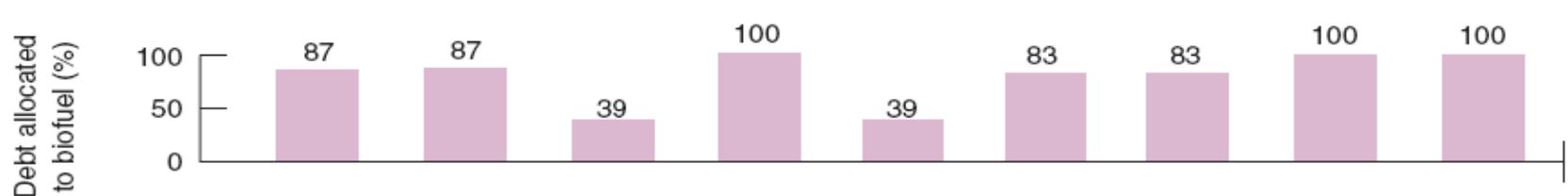
Nutzung und Bodenkohlenstoffvorräte



A



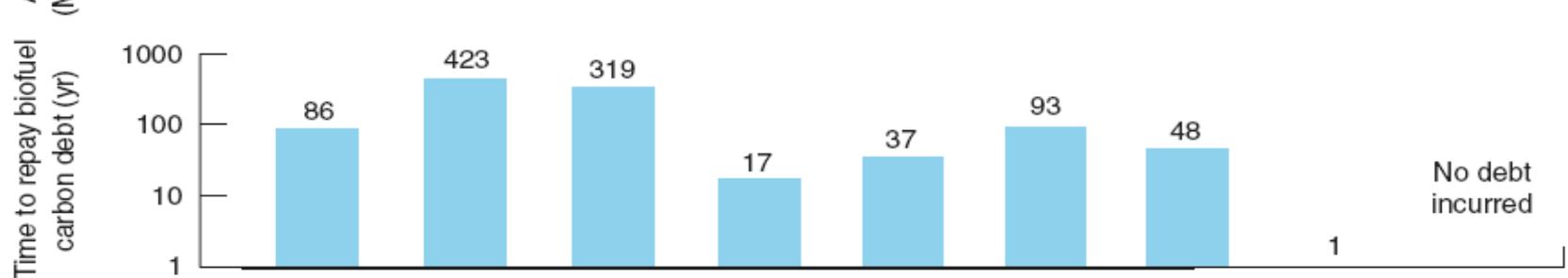
B



C



D



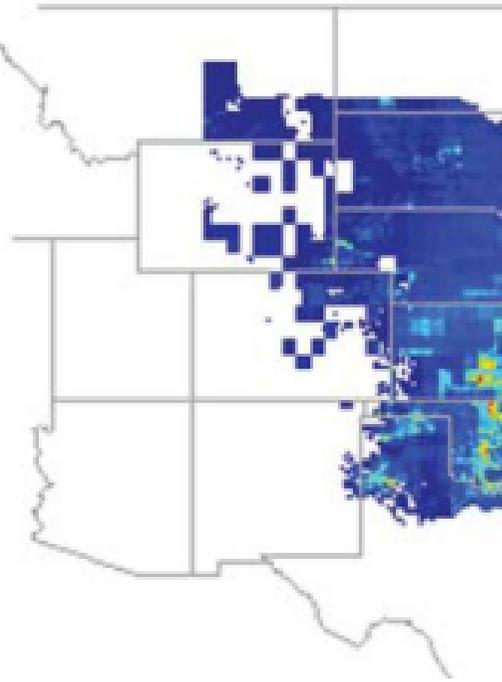
Biocarbon loss (Mg CO ₂ ha ⁻¹)	Debt Allocated (%)	Annual Repayment (Mg CO ₂ e ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Time to Repay (yr)
702	87	7.1	86
3452	87	7.1	423
737	39	0.9	319
165	100	9.8	17
85	39	0.9	37
134	83	1.2	93
69	83	1.2	48
6	100	4.3	1
0	100	7.8	No debt incurred

Fargione et al., Science, 2015

Andere Umweltauswirkungen

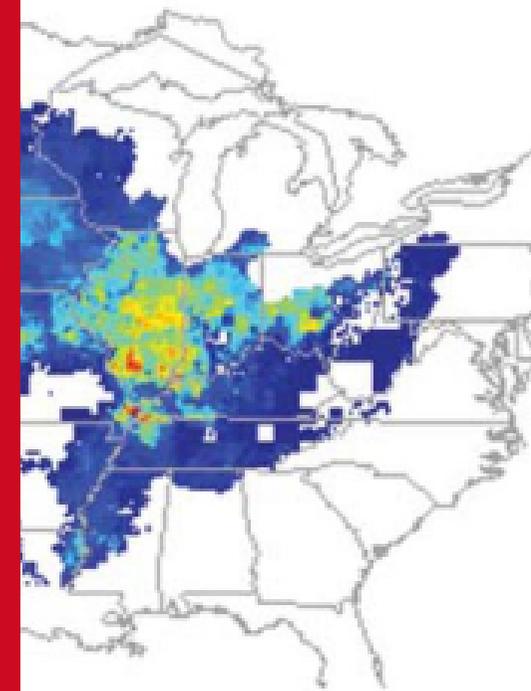
Nitrat-Austrag und Mais basierte Ethanol-Produktion (Mississippi-Gebiet)

2007 projections

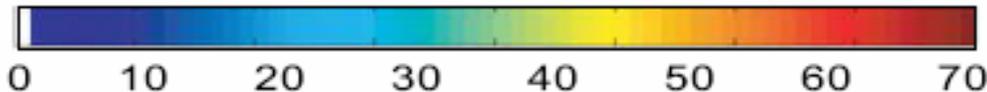


"I've always been of the opinion that ethanol is for drinking, not driving."
 — Jay Keasling

Tollefson, 2008, Nature



kg N ha⁻¹ yr⁻¹



Donner & Kucharik, PNAS, 2008

Andere Umweltauswirkungen

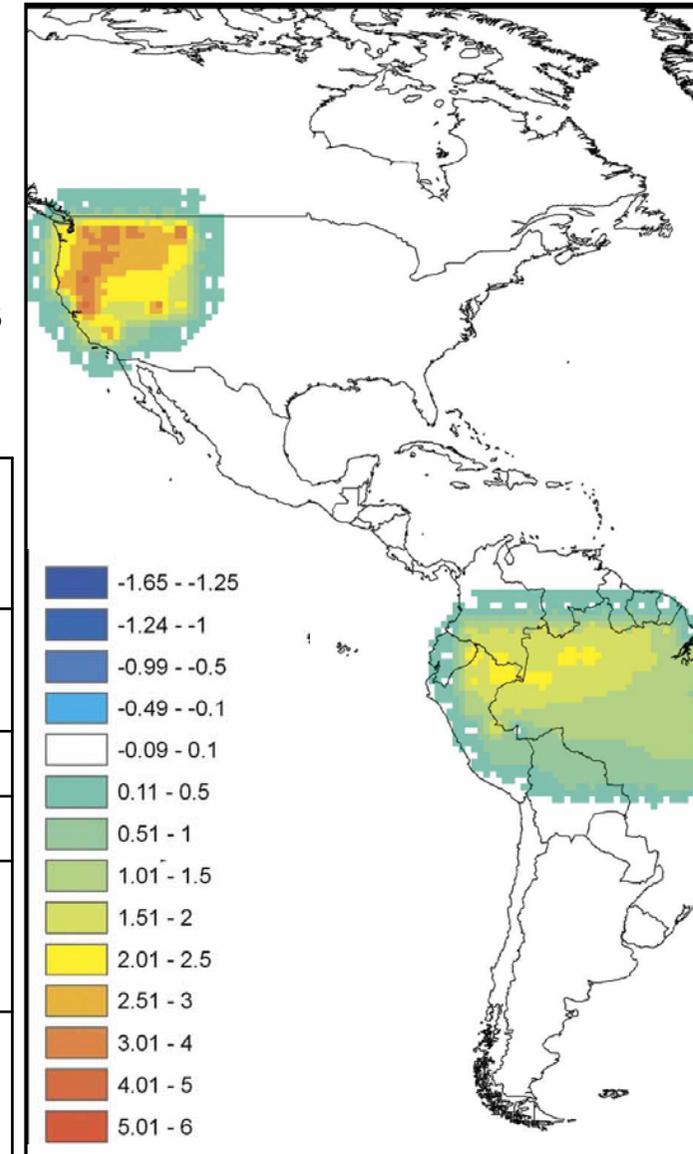
BVOC-Emissionen bei Kurzumtriebsplantagen und Ölpalmen

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 ⁻¹)	% change from BASE
BASE	Current	Current (Guenther et al., 1995)	522	
FUTVEG-CURCLIM	Current	Future MAPSS	529	1
FUTVEG-FUTCLIM	Future	Future MAPSS	889	70
URB	Current	Pasture/urban replace natural vegetation	475	-9
PLANT	Current	Plantations replace natural vegetation	717	37



Fazit

- Vorsicht bei Bioenergie aus Getreiden (z.B. Mais, Weizen, Getreide)
 - N₂O-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)
- N₂O-Emissionen durch Zuckerrohr-Anbau wahrscheinlich unterschätzt (Vorsicht bei Bioethanol aus Zuckerrohr)
- Klimaplantagen auf Basis von Weide/ Pappel erhöhen regional die O₃-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 NH_3 -Emissionen nach der **Ausbringung**. Jedoch waren die **N_2O Emissionen erhöht**.“