

# Ökologische Konsequenzen des durch die verstärkte Nachfrage nach Biokraftstoffen hervorgerufenen großflächigen Landnutzungswandels in Brasilien

N. Brüggemann<sup>1</sup>, K. Butterbach-Bahl<sup>1</sup>, R. Kiese<sup>1</sup>, L. Breuer<sup>2</sup>, H.-G. Frede<sup>2</sup>, C.C. Cerri<sup>3</sup>, B. Feigl<sup>3</sup>, C.E. Cerri<sup>3</sup>

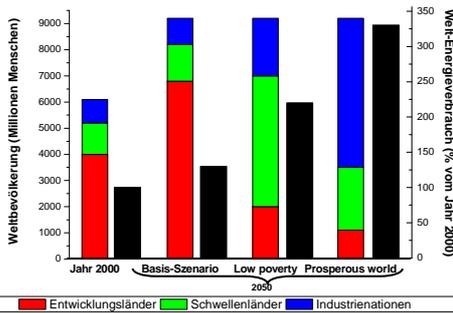
- <sup>1</sup> Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), Garmisch-Partenkirchen  
<sup>2</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement (ILR), Gießen  
<sup>3</sup> Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, Brasilien  
<sup>4</sup> Universidade de São Paulo, Departamento de Ciência do Solo Sao Dimas, Piracicaba, Brasilien

## Übersicht

Die weltweit stark wachsende Nachfrage nach Biokraftstoffen hat als direkte Folge bereits zu einem großflächigen Landnutzungswandel im subtropischen und tropischen Bereich Brasiliens, des weltgrößten Exporteurs von Bioethanol, geführt. So wurde für die Bioethanolproduktion im Bundesstaat São Paulo großflächig wertvolles Ackerland in Zuckerrohrplantagen umgewandelt, und im Bundesstaat Mato Grosso wurden und werden große Flächen der ökologisch wertvollen und artenreichen natürlichen Baumsavanne (Cerrado) in Ackerland zur Produktion von Sojabohnen und Baumwolle konvertiert, aus deren Samen auch Biodiesel gewonnen wird. Auf diesem Poster werden die bereits durchgeführten und geplanten gemeinsamen Forschungsaktivitäten des Forschungszentrum Karlsruhe (IMK-IFU), der Justus-Liebig-Universität (ILR) und der Universität São Paulo zu den ökologischen Auswirkungen dieser Landnutzungsänderungen auf die ökosystemaren Kohlenstoff-, Stickstoff- und Wasserflüsse sowie auf die Gesamtreibhausgasbilanz der Produktion von Biokraftstoffen vorgestellt.

### Motivation:

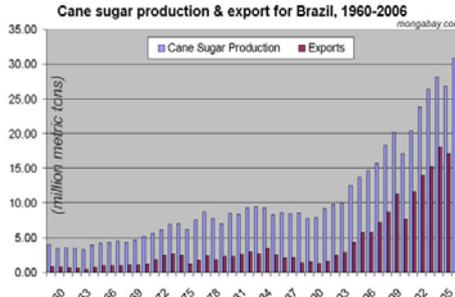
Die Zunahme der Weltbevölkerung und des Wohlstands führen zu einer starken Zunahme des Weltenergiebedarfs



Quelle: World Business Council Sustainable Development - 2004

### Bioethanol-Produktion in Brasilien

Nach der ersten Ölkrise in den frühen Siebzigerjahren hat Brasilien ein staatliches Programm zur Bioethanol-Produktion aus Zuckerrohr gestartet. Mittlerweile ist Brasilien der weltweit führende Bioethanol-Exporteur.

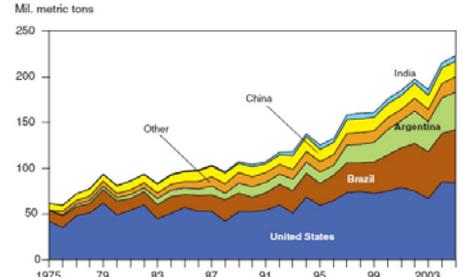


Quelle: USDA & Mongabay.com

### Biodiesel-Produktion in Brasilien

Brasilien betreibt zusätzlich zur Bioethanol-Herstellung auch eigene Produktionswege zur Gewinnung von Biodiesel. Hauptquelle für Biodiesel sind Sojabohnen, in geringerem Umfang aber auch Baumwollsaamen.

South American soybean production has grown rapidly since 1980

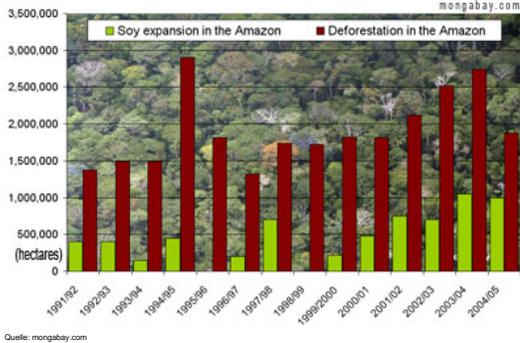


Source: U.S. Department Agriculture, Foreign Agricultural Service, PS&D database.

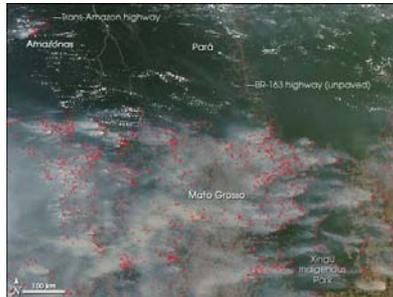
### Biokraftstoffe und Landnutzungswandel in Brasilien

Brasilien weitet in großem Maßstab, nicht zuletzt zur Gewinnung von Biokraftstoffen, die Anbauflächen für Sojabohnen, Baumwolle und Zuckerrohr auf Kosten des tropischen Regenwaldes, der tropischen Baumsavanne (Cerrado) und von anderen Feldfrüchten aus.

#### Soy expansion and deforestation in the Brazilian Amazon, 1990-2005



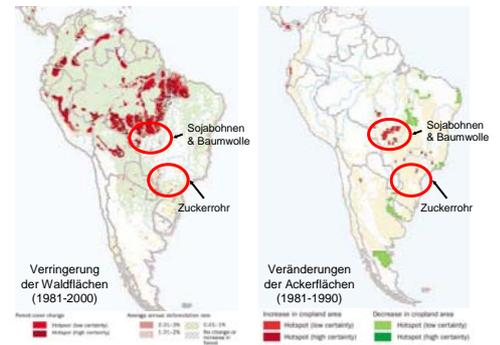
Quelle: mongabay.com



Brandrodung tropischer Savanne (Cerrado) in Mato Grosso zur Neugewinnung von Ackerflächen

Quelle: USDA, NASA Goddard Space Flight Center

### Landnutzungswandel in Südamerika 1981-2000



Quelle: Lepers et al., 2005, BioScience 55, 115-124

### Fallstudie zur C-, N- und H<sub>2</sub>O-Bilanz der Bioethanol-Produktion aus Zuckerrohr

#### Zuckerfabrik São Martinho, São Paulo, Brasilien

- Zweitgrößte Zuckerfabrik in Brasilien
- Moderne Anlage
- Verarbeitet 40.000 t Zuckerrohr am Tag
- Insgesamt 100.000 ha Anbaufläche für Zuckerrohr
- Pionier in der maschinellen Ernte ohne vorheriges Abbrennen des Zuckerrohrs



#### Ziel der Studie: Abschätzung der ökologischen Nachhaltigkeit der Bioethanol-Produktion aus Zuckerrohr

- Quantifizierung der wesentlichen C- und N-Flüsse im Boden-Pflanze-System
  - Pflanzliche Produktion (inkl. Ernteerträge und Rückstände [Filterkuchen, Asche, flüssige Rückstände aus der Destillation])
  - Düngermanagement und biologische N<sub>2</sub>-Fixierung
  - Verluste in Form von N<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, DOC/DON
- Treibhausgasausaustausch zwischen dem Boden und der Atmosphäre während der Zuckerrohrproduktion
  - Langfristige Veränderungen der Boden-C- und -N-Gehalte (Isotopenstudien)
  - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O-Austausch (EC, Kammermessungen)
- Vergleich manueller Ernte mit vorherigem Abbrennen der Zuckerrohrblätter mit maschineller Ernte ohne vorheriges Abbrennen
- Treibhausgasemissionen und Nährstoffverluste während der industriellen Ethanol-Herstellung
- Veränderungen der regionalen Hydrologie und der Wasserqualität
- Simulation der Wasser-, C- und N-Flüsse auf regionaler Skala
  - Biogeochemische und hydrologische Modellierung
  - Szenariostudien

### Vorläufige Ergebnisse: manuelle Ernte mit Abbrennen vs. maschinelle Ernte ohne Abbrennen

#### Treibhausgaspotentiale der beiden Varianten des Zuckerrohranbaus [CO<sub>2</sub>-C-Äquivalente (kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)]

Mit vorherigem Abbrennen		Ohne Abbrennen
0	C-Sequestrierung Boden/Streu	-1311
4748	C-Fluss während Anbau und Ernte	300
-48	CH <sub>4</sub> -Fluss während des Anbaus	32
180	CH <sub>4</sub> -Fluss während der Ernte	0
248	N <sub>2</sub> O-Fluss während des Anbaus	269
4369	N <sub>2</sub> O-Fluss während der Ernte	0
<b>9497</b>	<b>Gesamtreibhausgasbilanz</b>	<b>-710</b>

#### Zusätzlich in der Fallstudie zu untersuchende wichtige Messgrößen

- Effekt von Düngung auf gasförmige C- und N-Verluste, auch anderer N-Verbindungen (NO, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>)
- Gasförmige Verluste während des Produktionsprozesses (Vinasse, Filterkuchen, Biogasanlage)
- Niederschlagsereignisse
- Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung
- Nährstoffverluste über das Sickerwasser und Wasserqualität

