

# THG-Bilanzen von Biokraftstoffen und Optimierungsmöglichkeiten am Beispiel Biodiesel & Bioethanol – Schwerpunkt: „Systemgrenze Rohstoffanbau“

„Kraftstoffe der Zukunft 2008“

6. Internationaler Fachkongress  
für Biokraftstoffe des BBE und der UFOP

1./2. Dezember 2008

Internationales Congress Centrum ICC Berlin

Bernhard Wagner

Naturwissenschaftliche Fakultät III

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften

Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau/ Öko. Landbau





## Gestellte Fragen

1. Block II: Wie kann eine nachhaltige Biokraftstoffproduktion (Rohstoffprimärproduktion) gewährleistet werden?
2. THG-Bilanzen von Biokraftstoffen  
Gibt es Optimierungsmöglichkeiten bei der Biomasseerzeugung – „Systemgrenze Rohstoffanbau“ – deren Produkte als Rohstoff für die Biodiesel- und Bioethanolherstellung vorgesehen sind?





## Gliederung

- Ökologische Nachhaltigkeit – national
- THG-Bilanzierung → Methode & Datenbasis
- Status Quo Rohstoffanbau & Optimierungspotential (e)  
Biodiesel & Bioethanol
- Fazit



# Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft (*National*)

## Wie kann diese bewertet werden?

### Nachhaltigkeitsindikatoren

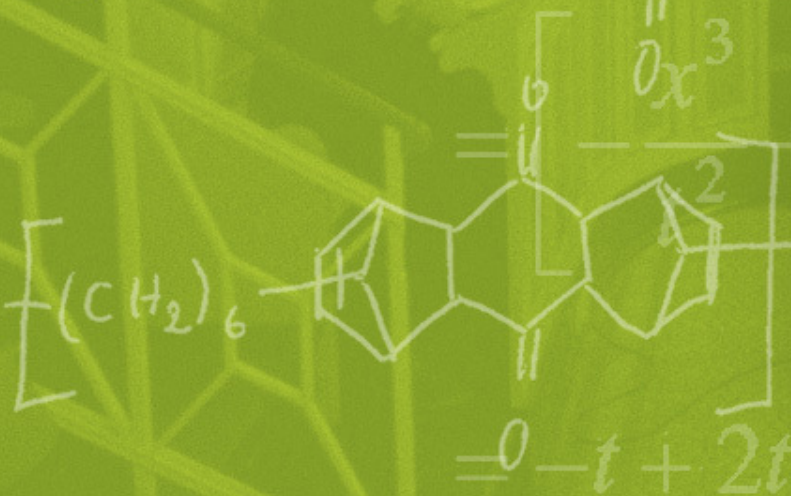
Ökologie	Soziales	Ökonomie
N-Saldo, P-Saldo	Arbeitslohn	Betriebseinkommen
Humussaldo	Arbeitsbelastung	Faktorentlohnung
Energieintensität	Gesell. Engagement	Ausschöpfung Kapitaldienstgrenze
Treibhausgasemissionen	Fortbildung	Nettoinvestition
Pflanzenschutzintensität	Urlaubstage	Gewinnrate
Biodiversität	Öffentlichkeitsarbeit	Eigenkapitalveränderung
Bodenverdichtung		
Erosion		
Landschaftspflegeleistungen		



# Treibhausgasbilanzen

$$A_z = \int_0^z f_t(x) dx = \int_0^t g_t(x) dx + \int_t^z h_t(x) dx$$

$$= \int_0^t \left( \frac{3}{2} x^2 + \frac{4}{t} x \right) dx + \int_t^z \frac{t^2}{x^2} dx$$



# THG-Bilanzierung Rohstoffanbau → Methode & Datenbasis

## Methode -THG-Bilanz I

Was muss sie leisten?

Flächen- bzw. produktbezogene CO<sub>2</sub>-Bilanz im Pflanzenbau

- Unterschiedliche Betrachtungsebenen
- Teilschlag über Fruchtart, Fruchtfolge Betrieb

Zur Berechnung der CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen werden alle relevanten Stickstoff-, Kohlenstoff- und Energieflüsse analysiert

Standort (Niederschlag, Ackerzahl, N- Depositionen) und Bewirtschaftung (Betriebsstruktur, Intensität, Anbauverfahren) werden berücksichtigt

Alle zur Berechnung notwendigen Daten liegen in jedem landwirtschaftlichen Unternehmen vor!



## THG-Bilanzierung Rohstoffanbau → Methode & Datenbasis

### Methode – THG-Bilanz II

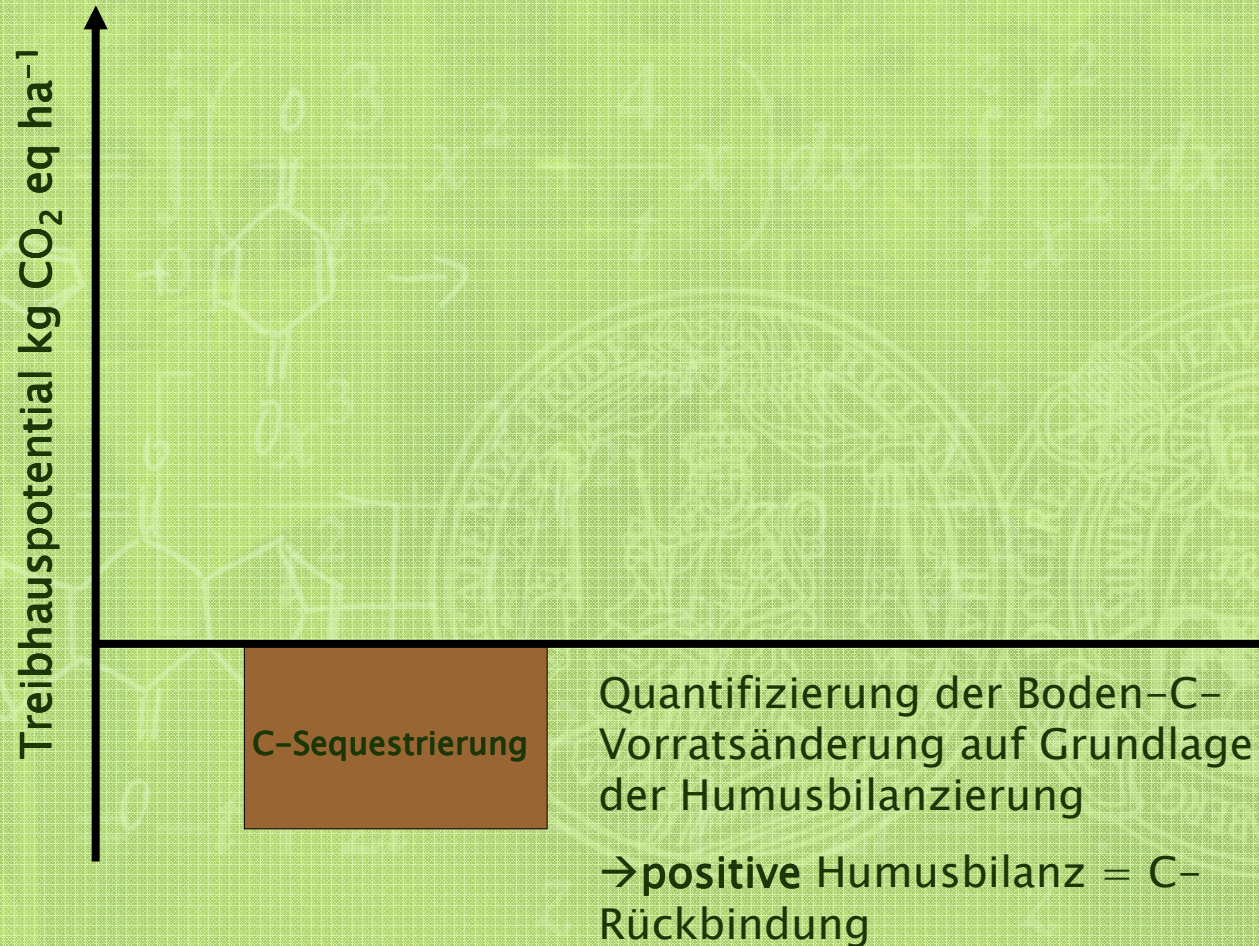
#### Quantifizierung der C-Stoffströme:

- C-Speicherung im Humus
- C-Input im Boden durch Pflanzen (Nebenprodukten, Ernterückständen, Wurzeln und Rhizodepositionen)
- CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie (direkte (z.B. Kraftstoff) und indirekte (z.B. Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Investitionsgüter))
- C-Assimilation der Pflanze (abgeleitet aus Ernteertrag der Hauptprodukte)



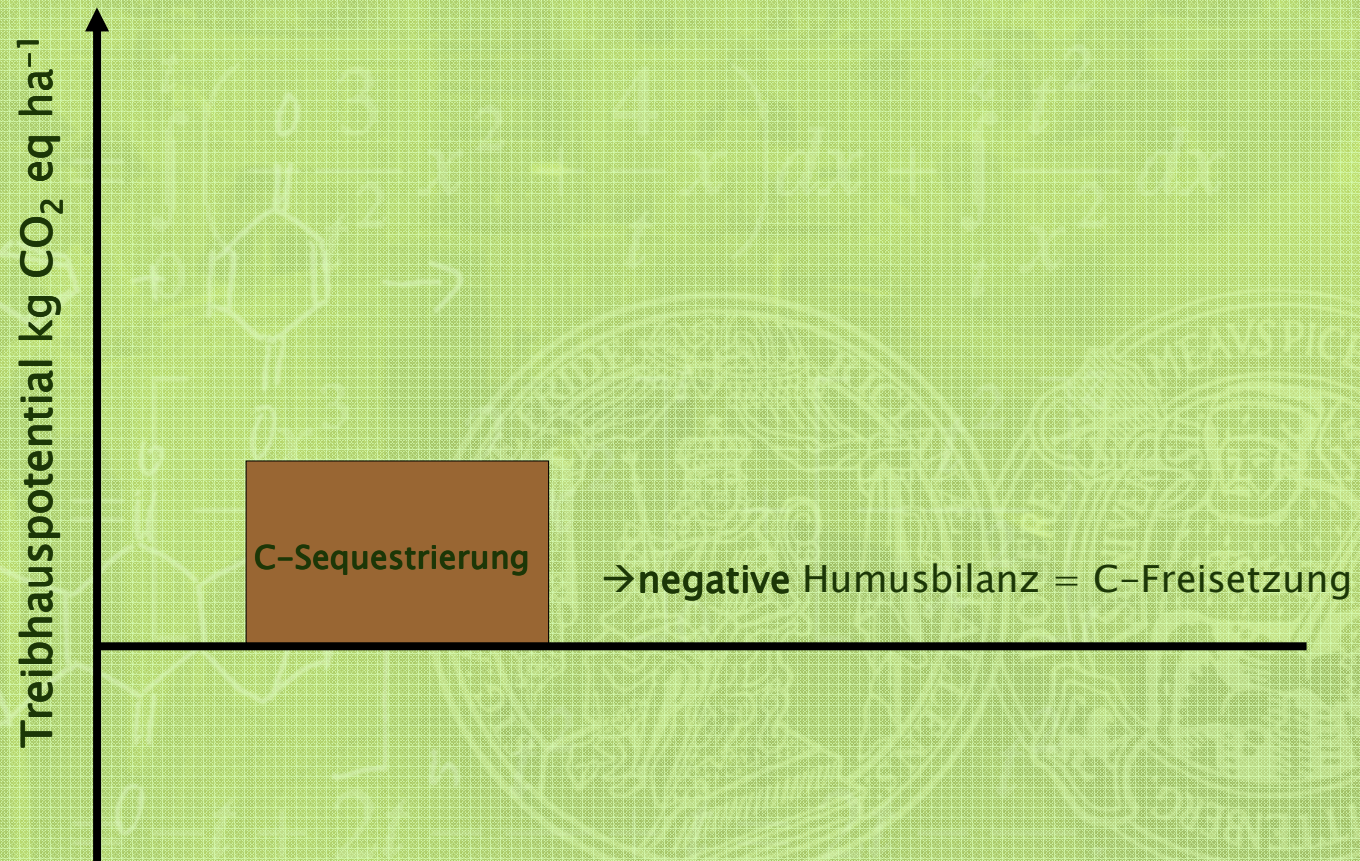
# Eine Methode zur THG-Bilanzierung → Systemgrenze Rohstoffanbau

Methode – Treibhausgasbilanz – Quantifizierung der C-Stoffströme:



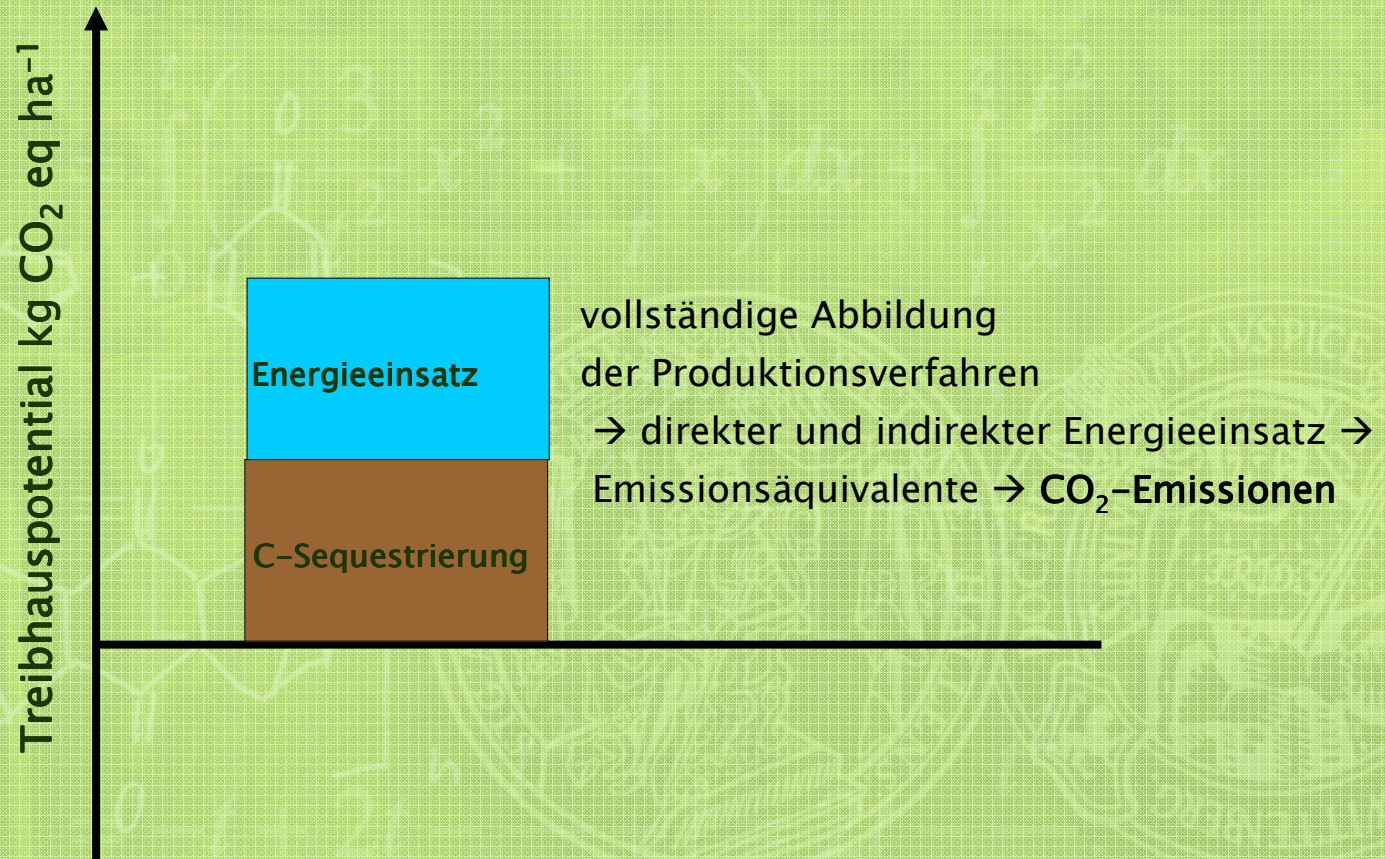
Eine Methode zur THG-Bilanzierung  
→ Systemgrenze Rohstoffanbau

Methode – Treibhausgasbilanz – Quantifizierung der C-Stoffströme:



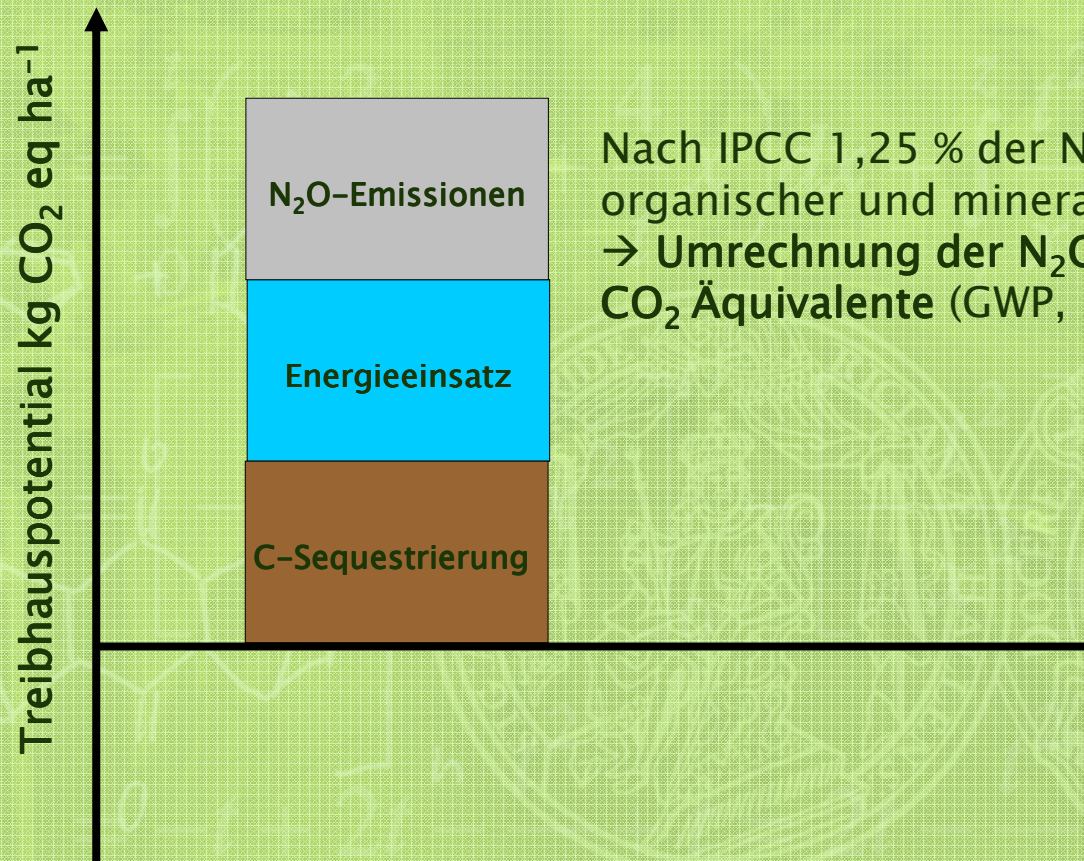
# Eine Methode zur THG-Bilanzierung → Systemgrenze Rohstoffanbau

Methode – Treibhausgasbilanz – Quantifizierung der C-Stoffströme:



# Eine Methode zur THG-Bilanzierung → Systemgrenze Rohstoffanbau

Methode – Treibhausgasbilanz – Quantifizierung der C-Stoffströme:



Nach IPCC 1,25 % der N-Zufuhr aus organischer und mineralischer Düngung  
→ Umrechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen in CO<sub>2</sub> Äquivalente (GWP, 296)



# Status Quo Rohstoffanbau & Optimierungspotential Biodiesel

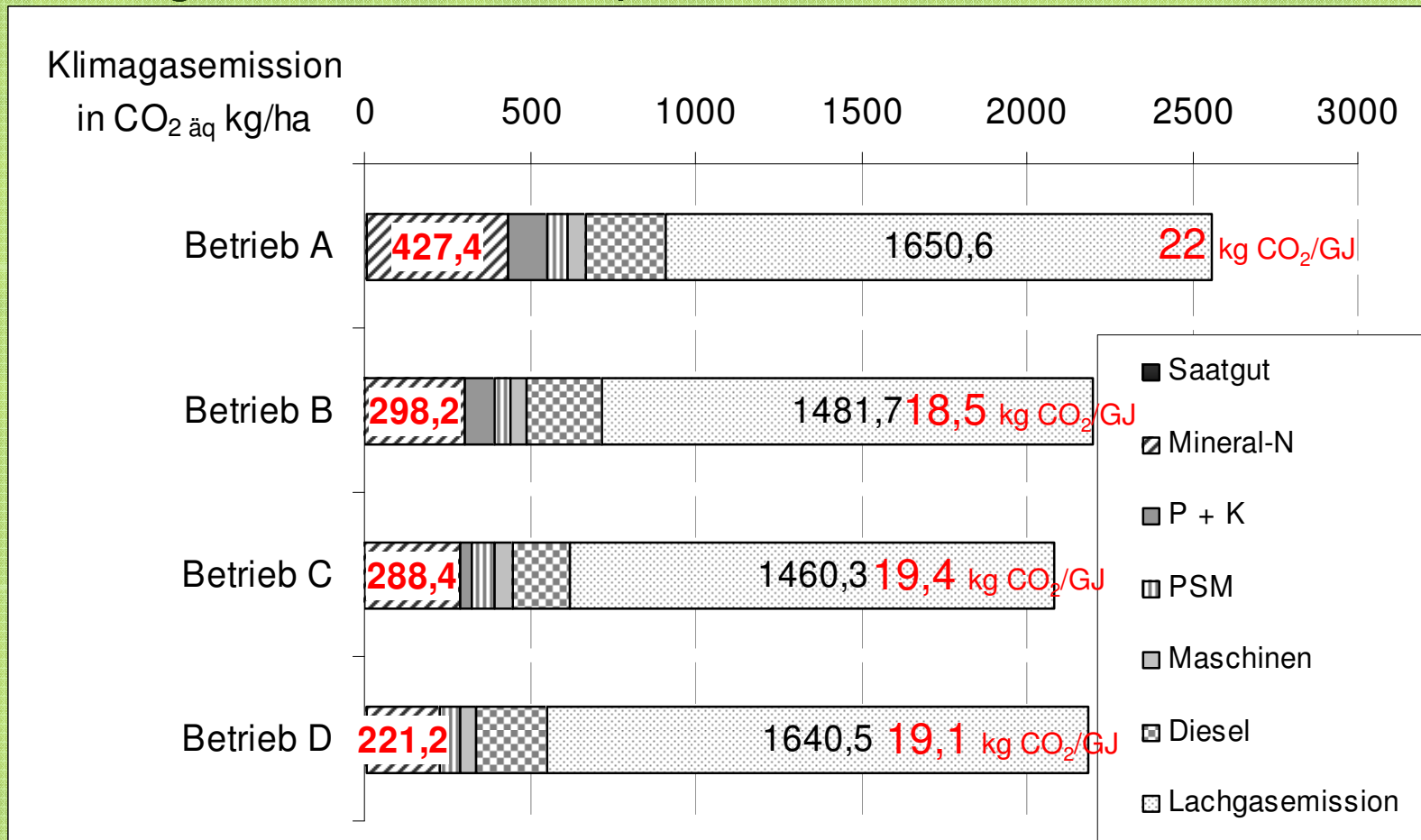
- Ergebnisse aus aktuellen FNL-Studie
- Winterraps Fruchtfolgeversuch I CAU
- Optimierungspotentiale Beispiel Fruchtfolgeversuch II CAU



# Biodiesel – Winterrapsanbau Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

## Ergebnisse aus aktuellen FNL-Studie

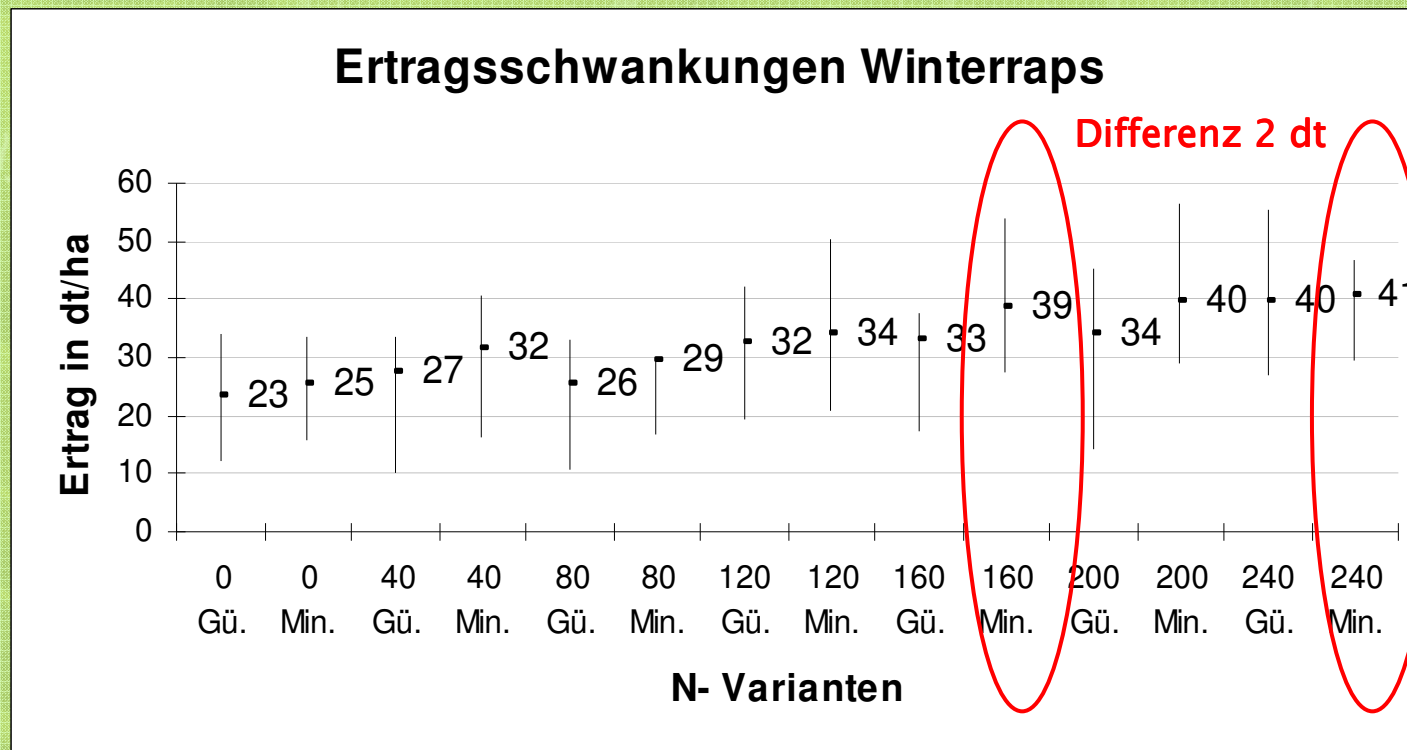
Klimagasemissionen Winterraps Mittel der Jahre 2004–2006 (ohne  $\Delta C$ )



# Biodiesel – Winterrapsanbau Status Quo und Optimierungspotentiale ?! → Winterrapsfruchtfolgeversuch I

## Winterrapsfruchtfolgeversuch I CAU-Hohenschulen

WR-WW-WG N-Varianten → Vergleich organische und mineralische Düngung



# Biodiesel – Winterrapsanbau Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

## Winterrapsfruchtfolgeversuch I – Rechenbeispiel (ohne $\Delta C$ )

Ø Ertrag **39** dt/ ha

Ø Ertrag **41** dt/ ha

160 kg (+N-Dep.) **80 kg N/ ha** 240 kg (+N-Dep.)



# Biodiesel – Winterrapsanbau Status Quo und Optimierungspotentiale ?! → Winterrapsfruchtfolgeversuch II

## Ø Winterrapsenerträge in verschiedenen Fruchtfolgen

FF Nr.	Fruchtfolge	Raps Ertrag dt/ha 1988–2000				
1	Rapsmonokultur	32,6				
4	Raps – Weizen	34,4	WW			
5	Raps – Gerste	35,7	Gerste			
6	Raps – Raps – Weizen	33,7	32,5	WW		
<b>7</b>	<b>Raps – Weizen – Gerste</b>	<b>37,0</b>	<b>WW</b>	<b>WG</b>		
8	Raps – Weizen – Weizen	35,0	WW	WW		
<b>9</b>	<b>Raps – Weizen – Erbsen</b>	<b>39,8</b>	<b>WW</b>	<b>Erb</b>		
10	Raps – Raps – Weizen – Weizen	35,7	34,3	WW	WW	
11	Raps – Raps – Weizen – Erbsen	36,5	34,6	WW	Erb	
12	Raps – Weizen – Erbsen – Weizen	36,7	WW	Erb	WW	
<b>13</b>	<b>Raps – Weizen – Hafer – Gerste</b>	<b>37,3</b>	<b>WW</b>	<b>Ha</b>	<b>WG</b>	
<b>14</b>	<b>Raps – Weizen – Erbsen – Weizen – Gerste</b>	<b>38,0</b>	<b>WW</b>	<b>Erb</b>	<b>WW</b>	<b>WG</b>
15	Raps – Weizen – Erbsen – Raps – Weizen	34,6	WW	Erb	36,7	WW



# Biodiesel – Winterrapsanbau Status Quo und Optimierungspotentiale ?! → Winterrapsfruchtfolgeversuch

## RME-Erträge & THG-Potentiale von WR in versch. Fruchtfolgen

FF Nr.	Fruchtart Winterraps	RME dt/ha	kg CO <sub>2</sub> äq./GJ RME
1	Rapsmonokultur	13,6	43,8
4	Raps – Weizen	13,9	43,0
5	Raps – Gerste	14,0	42,3
6	Raps – Raps – Weizen	12,8	45,7
<b>7</b>	<b>Raps – Weizen – Gerste</b>	<b>14,7</b>	<b>40,3</b>
8	Raps – Weizen – Weizen	13,7	43,2
<b>9</b>	<b>Raps – Weizen – Erbsen</b>	<b>14,9</b>	<b>39,8</b>
10	Raps – Raps – Weizen – Weizen	14,0	42,4
11	Raps – Raps – Weizen – Erbsen	13,8	42,8
12	Raps – Weizen – Erbsen – Weizen	14,0	42,5
<b>13</b>	<b>Raps – Weizen – Hafer – Gerste</b>	<b>14,1</b>	<b>42,1</b>
<b>14</b>	<b>Raps – Weizen – Erbsen – Weizen – Gerste</b>	<b>15,3</b>	<b>38,6</b>
15	Raps – Weizen – Erbsen – Raps – Weizen	14,3	41,6



# Biodiesel – Winterrapsanbau Status Quo und Optimierungspotentiale ?! → Winterrapsfruchtfolgeversuch

## Bruttoenergieerträge & THG-Potentiale von WR–FF

FF	Fruchtfolge	kg CO <sub>2</sub> äq. /GJ
1	Rapsmonokultur	31,9
4	Raps – Weizen	26,3
5	Raps – Gerste	25,0
6	Raps – Raps – Weizen	26,7
<b>7</b>	<b>Raps – Weizen – Gerste</b>	<b>23,8</b>
8	Raps – Weizen – Weizen	24,1
<b>9</b>	<b>Raps – Weizen – Erbsen</b>	<b>21,7</b>
10	Raps – Raps – Weizen – Weizen	26,7
11	Raps – Raps – Weizen – Erbsen	24,9
12	Raps – Weizen – Erbsen – Weizen	23,2
<b>13</b>	<b>Raps – Weizen – Hafer – Gerste</b>	<b>20,8</b>
<b>14</b>	<b>Raps – Weizen – Erbsen – Weizen – Gerste</b>	<b>19,3</b>
15	Raps – Weizen – Erbsen – Raps – Weizen	23,7



## Zwischenfazit Winterraps → Biodiesel

- Optimierung innerhalb einer Fruchtfolge über das Anbaumanagement → N-Management
- Optimierung über unterschiedliche Fruchtfolgen zzgl. differenziertes Anbaumanagement



# Bioethanol – Zuckerrüben – und Getreideproduktion Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

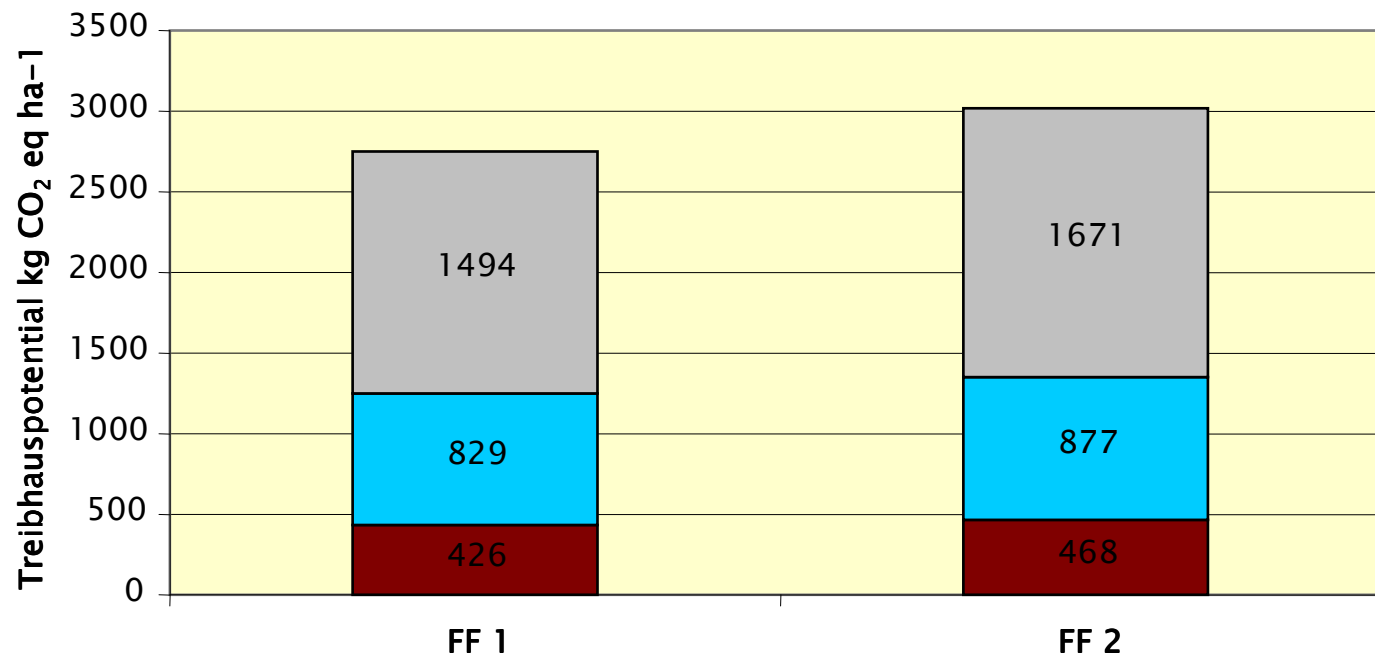
1. Fruchtfolgenvergleich – Zuckerrübe
2. Optimierungsszenario – Zuckerrübe



# Bioethanol - Zuckerrüben- und Getreideproduktion Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

## Fruchtfolgenvergleich - Zuckerrübe

Umweltindikator - CO<sub>2</sub> - Potential FF → ZR - WW - WW



■ C-Festlegung/Freisetzung ■ Einsatz fossiler Energie ■ N<sub>2</sub>O - Emissionen

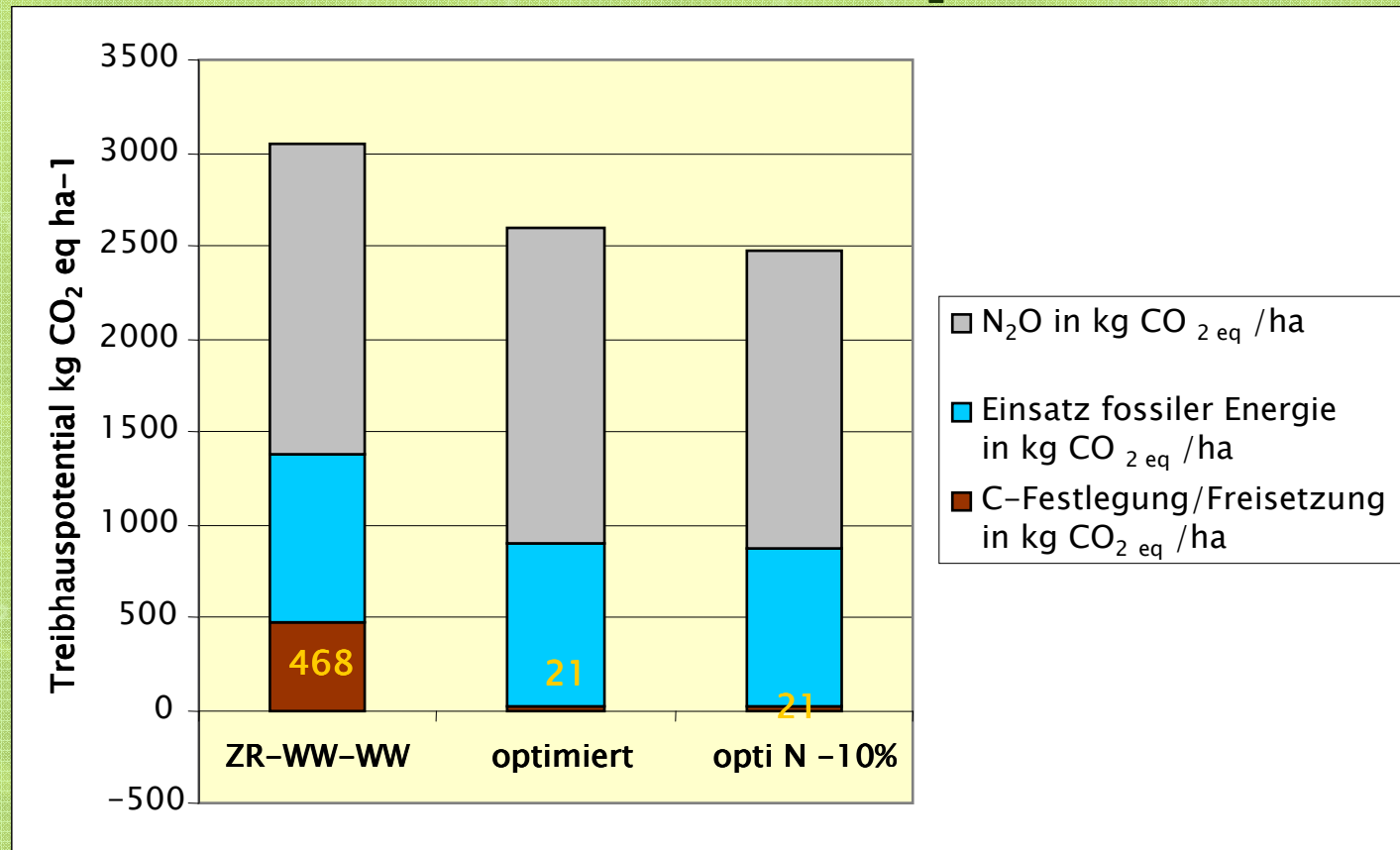


# Bioethanol - Zuckerrüben- und Getreideproduktion Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

## Optimierungsszenario - Zuckerrübe

### Ergebnisse der Optimierung

#### Auswirkung der Optimierung auf das CO<sub>2</sub> - Treibhauspotential



# Bioethanol – Zuckerrüben- und Getreideproduktion Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

## Optimierungsszenario – Zuckerrübe Ergebnisse der Optimierung

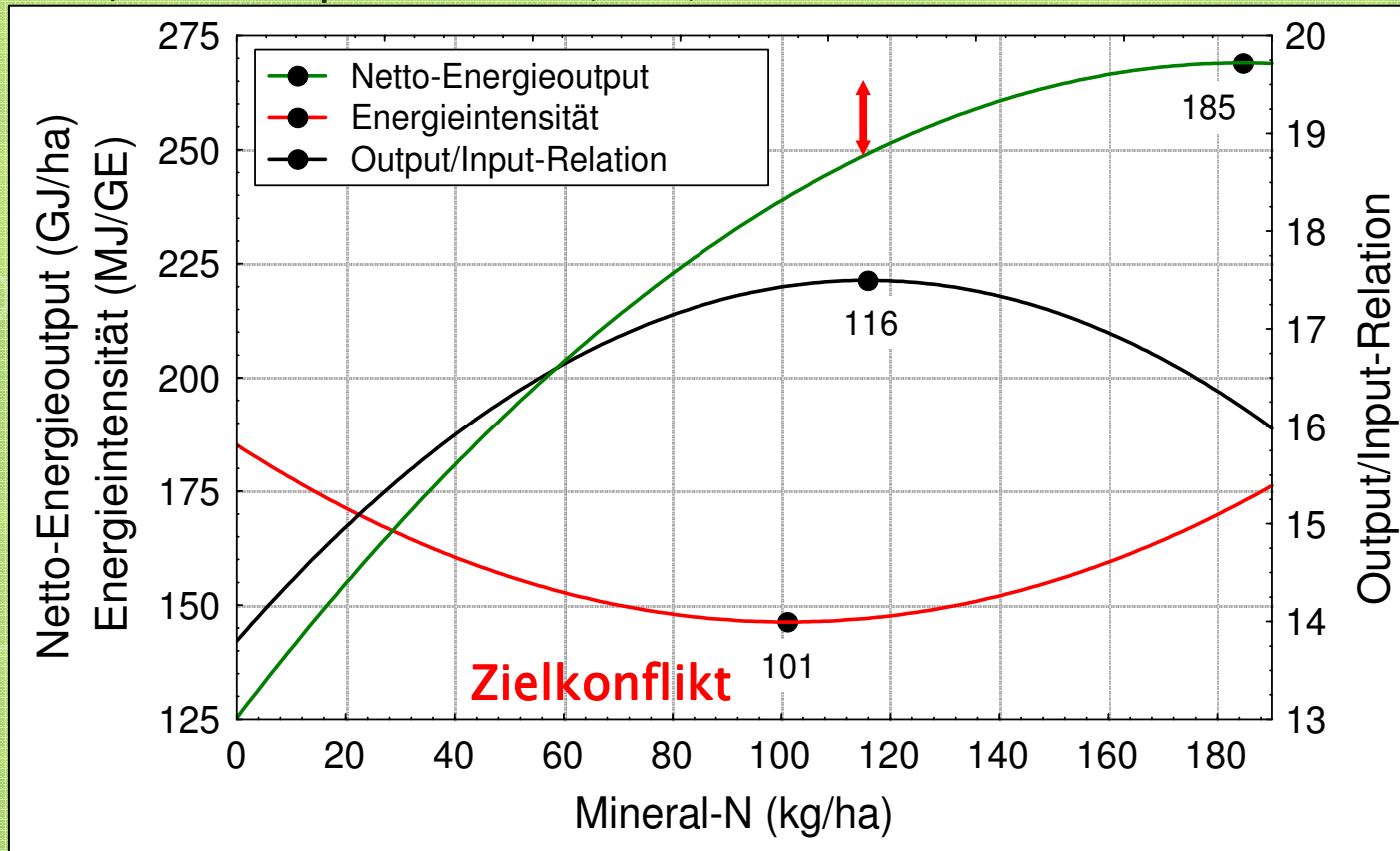
### Auswirkung der Optimierung

	FF 2	FF 2 opti	FF 2 opti (-10% N)
Emissionen [kg CO <sub>2</sub> ]	3015,54	2592,00	2437,00
<i>je Liter Ethanol</i>	0,67	0,58	0,54
<i>je GE</i>	17,18	14,77	13,88
<i>je GJ</i>	26,05	22,39	21,05



# Bioethanol - Zuckerrüben- und Getreideproduktion Status Quo und Optimierungspotentiale ?!

## Energieeffizienz in Abhängigkeit vom Mineral-N-Einsatz, Winterweizen Korn, mit Nebenprodukt Stroh (2000)



Netto-Energieoutput:  $B = 0,88^+$   $s_R = 15,4$       Energieintensität:  $B = 0,84^+$   $s_R = 9,4$   
 Output/Input-Relation:  $B = 0,67^+$   $s_R = 1,05$



## Fazit – I

1. Es gibt geeignete und **anwendbare Methoden** um die CO<sub>2</sub> Emissionen von Fruchtarten sowie ganzer Agrarökosysteme zu bilanzieren → Systemgrenze Rohstoffanbau
2. **Datenverfügbarkeit** der zur Bilanzierung notwendigen betrieblichen Daten ist durch die Aufzeichnungs- und **Dokumentationspflicht** der Landbewirtschaftler gegeben
3. Eine **Fruchtartenbezogene Bilanzierung**, wie es die Nachhaltigkeitsverordnung vorsieht, ist zu überdenken → **Fruchtfolgebilanzierung (Humusausgleich)**
4. **N-Effizienz** der Fruchtarten innerhalb unterschiedlicher Fruchtfolgen gilt es zu verbessern
5. **Standortbezogene Produktionsoptimierung** entscheidet über die Höhe der Emissionen „**optimale spezielle Intensität**“ (N- und Energieeffizienz)



## Fazit – II

6. Zielkonflikt: höchstmögliche Erträge und Klimaschutz
7. Nachhaltige Pflanzliche Produktion akzeptiert geringere (Optimalertrag und Maximalertrag) Erträge pro Flächeneinheit → teilweise Kompensation durch geringere Betriebsmittelkosten bei gleichzeitiger Umsetzung der Klimaschutzziele
8. **Schlüsselfunktion → Pflanzenbauliche Beratung** (Bsp.: betriebliche Horizontalvergleiche)
9. Nachhaltige Landwirtschaftliche Primärproduktion ist unabhängig von der Verwertungsline zu betrachten [Food (konv. o. Bio.) sowie NonFood]
10. Klimaschutz und Nachhaltigkeit sind auch in der Primärproduktion heute und in Zukunft nicht gratis!





## Ausblick

- *Aktuell besteht die Möglichkeit Nachhaltigkeit in der Landwirtschaftlichen Produktion zu messen (zu bilanzieren) und zu bewerten*
- *Bsp.: DLG Nachhaltigkeitsstandard (Drei-Säulen der starken Nachhaltigkeit auf Ebene des Gesamtbetriebes)*

[www.nachhaltige.Landwirtschaft.info](http://www.nachhaltige.Landwirtschaft.info)



- *Weiterhin besteht die Möglichkeit einzelne Indikatoren/ Indikatorensets mit der Software REPRO zu berechnen (Erzeugergemeinschaften; landwirtschaftliche Produktion innerhalb unterschiedlicher Wertschöpfungsketten: Öl; Ethanol; Zucker; Stärke)*



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

