

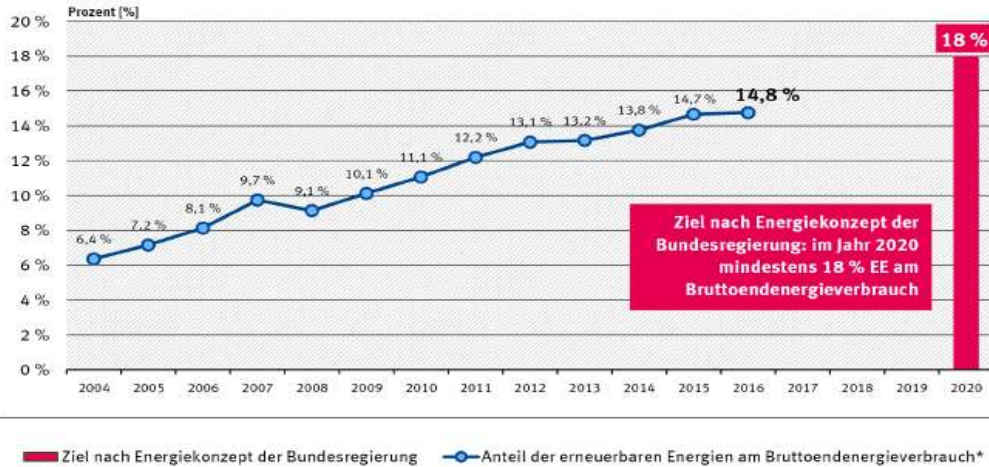
Kohlenstoffflüsse in Energiepflanzenanbausystemen zur
Biogasgewinnung

Bessler H, Höcker S, Mewes P, Engels C
Fachgebiet Pflanzenernährung und Düngung
Humboldt-Universität zu Berlin

Hintergrund

Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch*

Vergleich der Entwicklung der erneuerbaren Energien (nach Energiekonzept) mit dem Ziel der Bundesregierung



* nach Energiekonzept der Bundesregierung

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat Stand 12/2017

Ziel der Bundesregierung:
Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch u.a. durch Biomassenutzung

Weltklimakonferenz 2015 in Paris:

Jährliche Steigerung des Vorrates an organischem C im Boden um 4 Promille, um die anthropogenen CO₂-Emissionen auszugleichen

8.9 giga tonne C

Annual Global CO₂ emissions from fossil fuels



2400 giga tonne C

Organic carbon stored in the soil globally (up to 2 m)



$$\frac{8.9}{2400} = 4\text{‰}$$

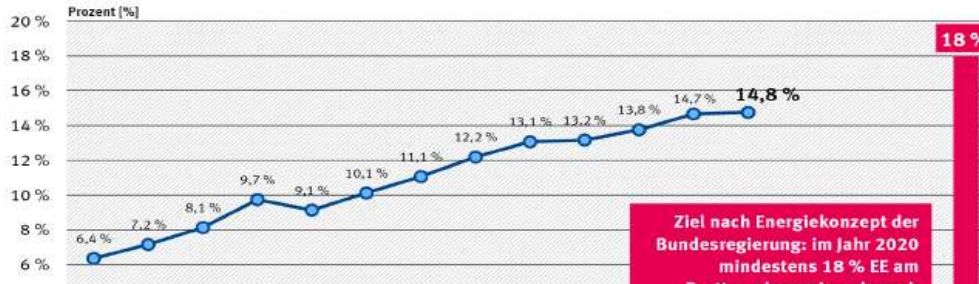


Amount of C stock increase needed to offset CO₂ emission

Fragestellung

Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch*

Vergleich der Entwicklung der erneuerbaren Energien (nach Energiekonzept) mit dem Ziel der Bundesregierung



Ziel der Bundesregierung:

Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch u.a. durch Biomassenutzung

Sind diese Ziele kompatibel?

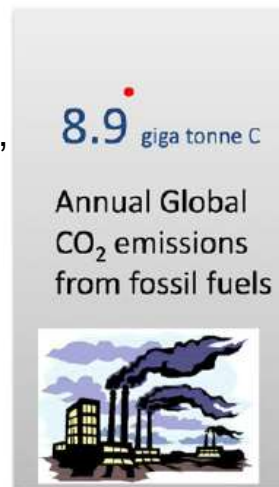
Wie wirkt sich Pflanzenbau zur Biogasgewinnung auf die Versorgung des Bodens mit organischem C aus?

* nach

Stand 12/2017

Weltklimakonferenz 2015 in Paris:

Jährliche Steigerung des Vorrates an organischem C im Boden um 4 Promille, um die anthropogenen CO₂-Emissionen auszugleichen



$$8.9 / 2400 = 4\text{‰}$$

Amount of C stock increase needed to offset CO₂ emission

Wie wirkt sich Pflanzenbau zur Biogasgewinnung auf die Versorgung des Bodens mit organischem C aus?

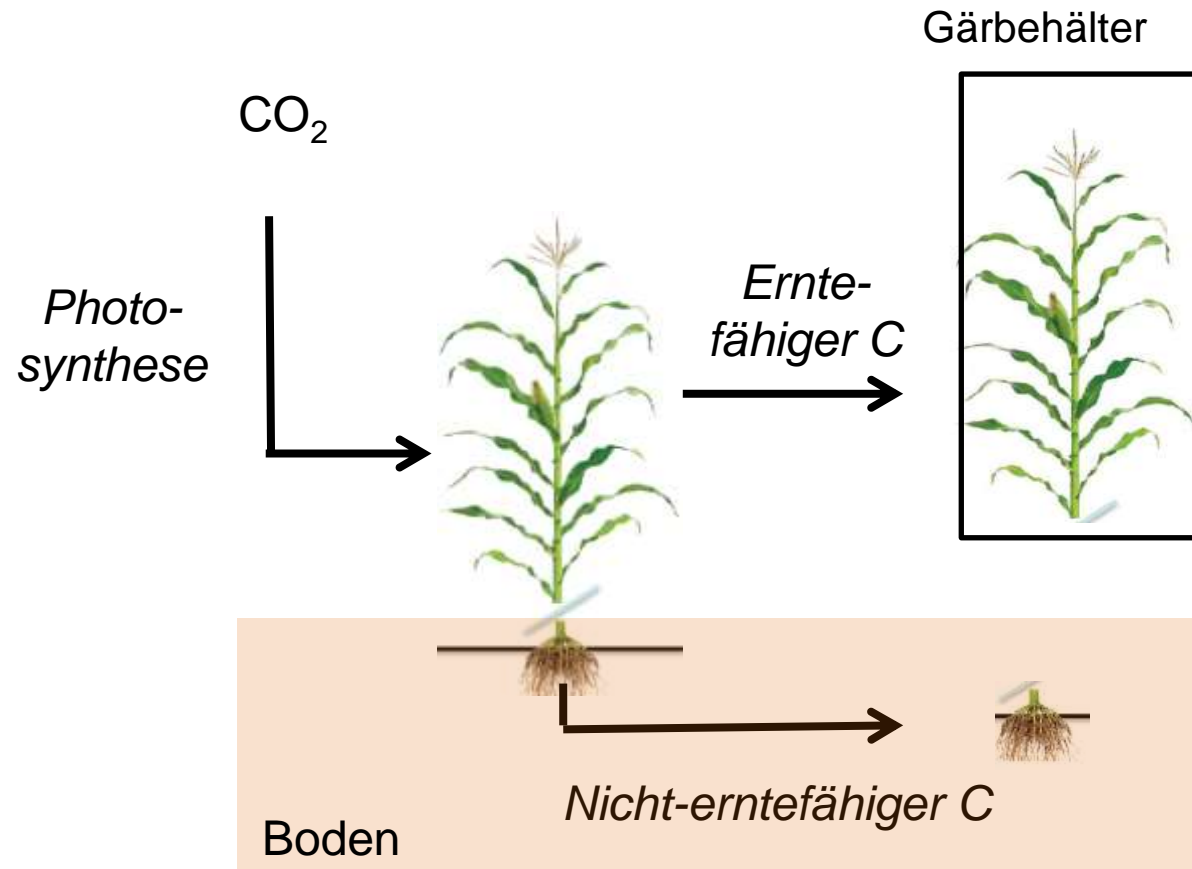
Mögliche Vorgehensweisen zur Beantwortung dieser Frage:

- Messung der Veränderung der Boden-C-Gehalte in Dauerversuchen

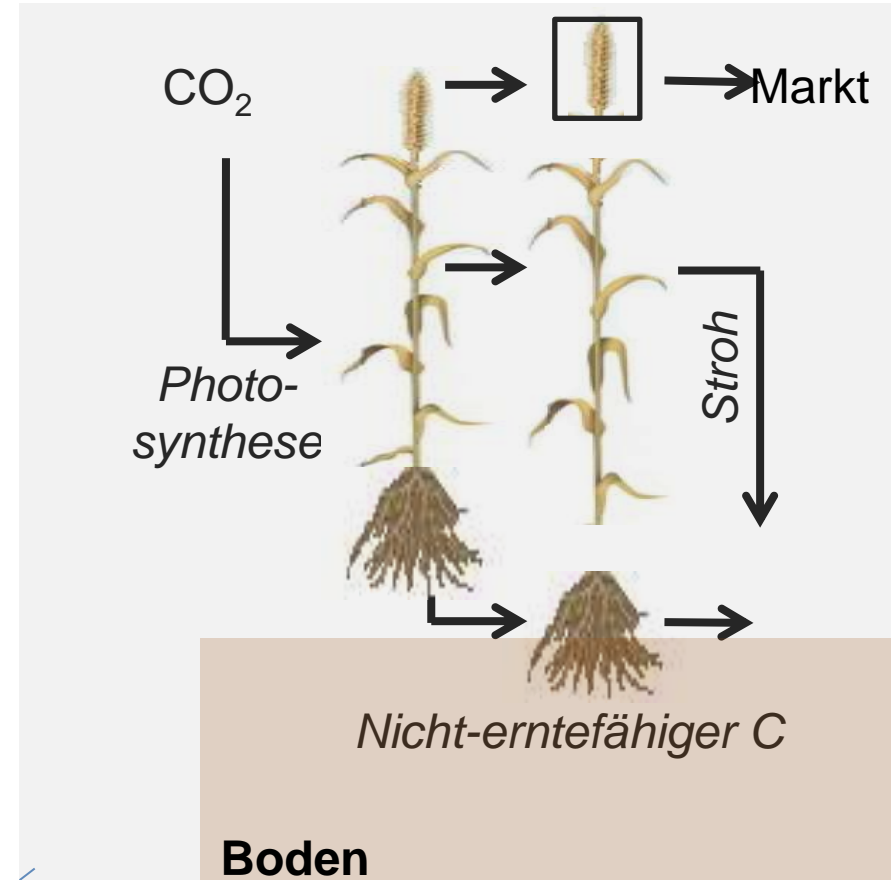
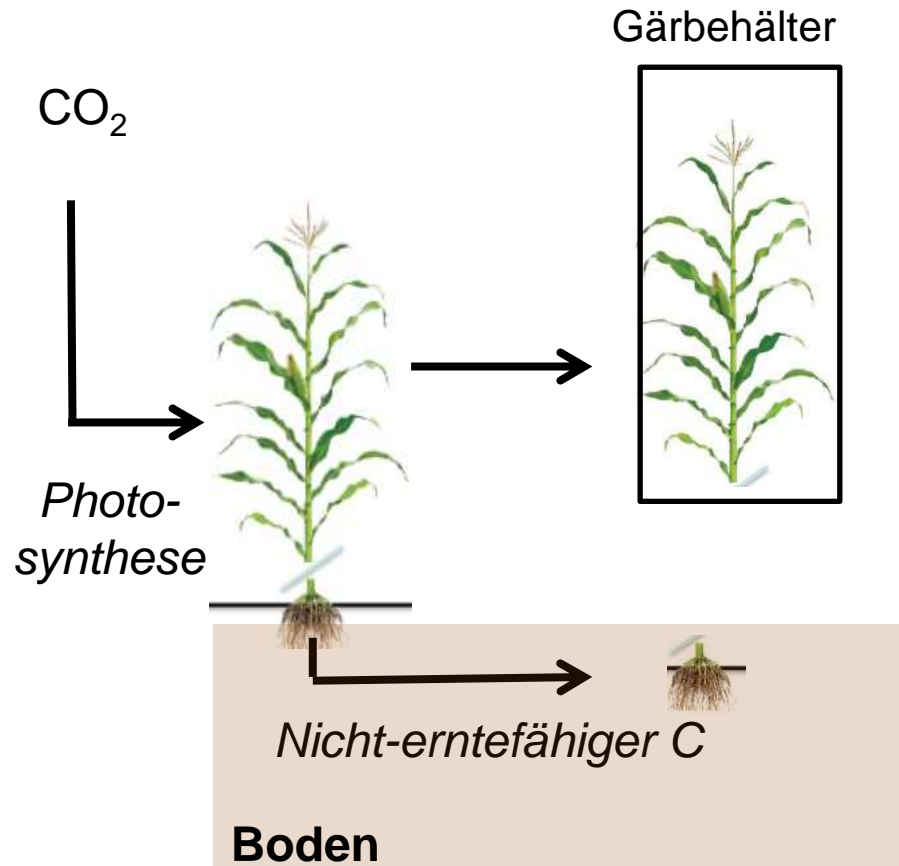
Wie wirkt sich Pflanzenbau zur Biogasgewinnung auf die Versorgung des Bodens mit organischem C aus?

Mögliche Vorgehensweisen zur Beantwortung dieser Frage:

- Messung der Veränderung der Boden-C-Gehalte in Dauerversuchen
- Messung der wichtigsten C-Flüsse



C-Flüsse in einem Biogasanbausystem (links) und einem Marktfruchtanbausystem (rechts)



Versuchsansatz:

Direkte Messung der Flüsse in Feldversuchen in Berlin, Müncheberg, Gießen (2012-2017)



Kulturarten für Biogasproduktion

- Mais
- Sorghumhirse
- Sudangras
- Mischfrucht Mais/Sorghumhirse
- Grünroggen

Markfrucht

- Wintergetreide (Weizen, Roggen)



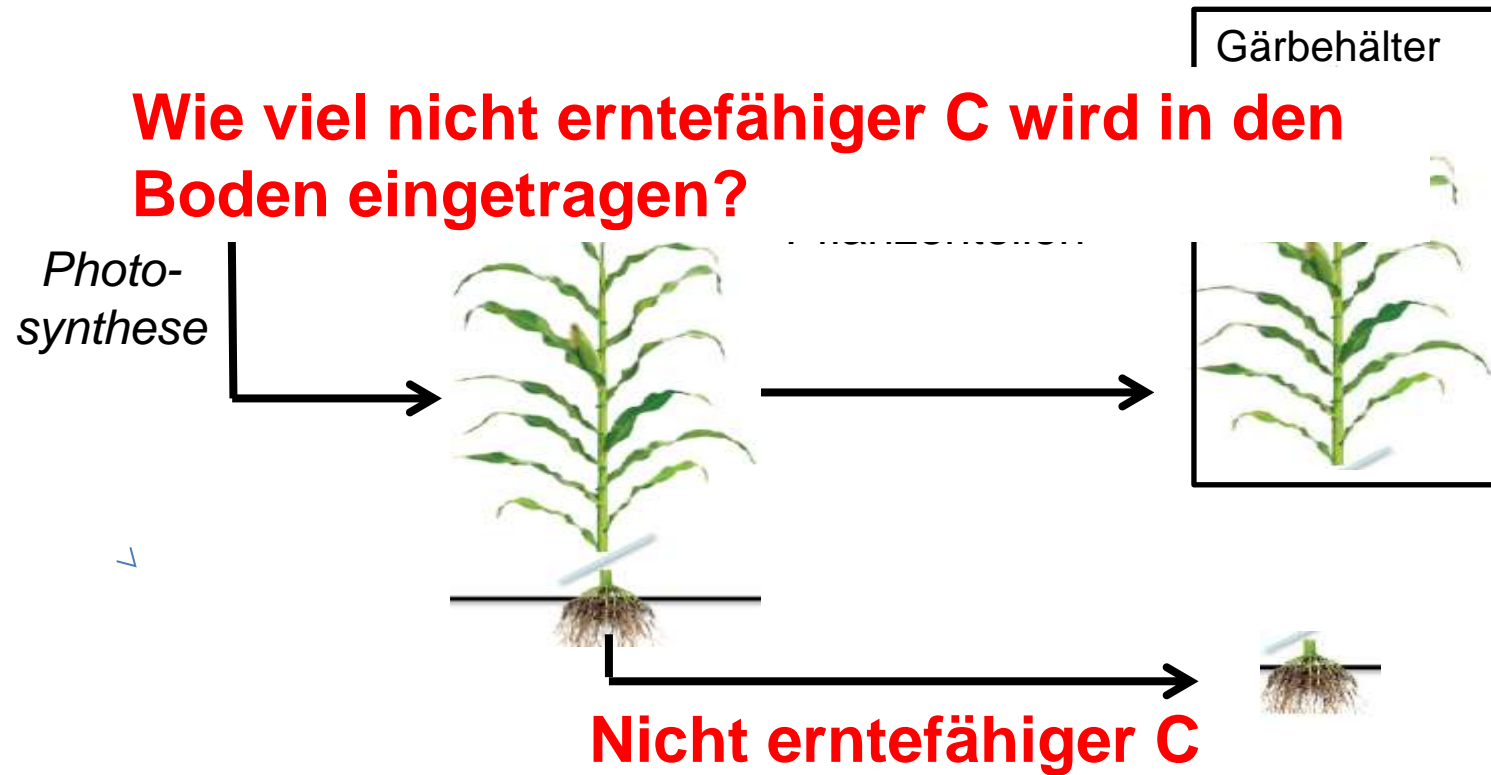
Durchschnittliche Erträge (dt Trockenmasse pro ha)

Kulturarten für Biogasproduktion

- Mais 198 ± 44
- Sorghumhirse 192 ± 46
- Sudangras 152 ± 27
- Mischfrucht Mais/Sorgh. 203 ± 49
- Grünroggen 92 ± 12

Marktfrucht

- Wintergetreide $70 \pm 12 + 55 \pm 10$ Korn + Stroh



während der Vegetationsperiode

- Bestandesabfall (Streu)
- Wurzelumsatz

zur Ernte

- oberirdische Ernterückstände (Stoppeln)
- Grobwurzeln
- Feinwurzeln

C-Eintrag in den Boden ($10^2 \text{ kg C ha}^{-1}$)

- **Streu** (z.B. abgestorbene Blätter)



Mais

$0,7 \pm 0,2$

**Winter-
getreide**

$1,6 \pm 0,5$

C-Eintrag in den Boden ($10^2 \text{ kg C ha}^{-1}$)

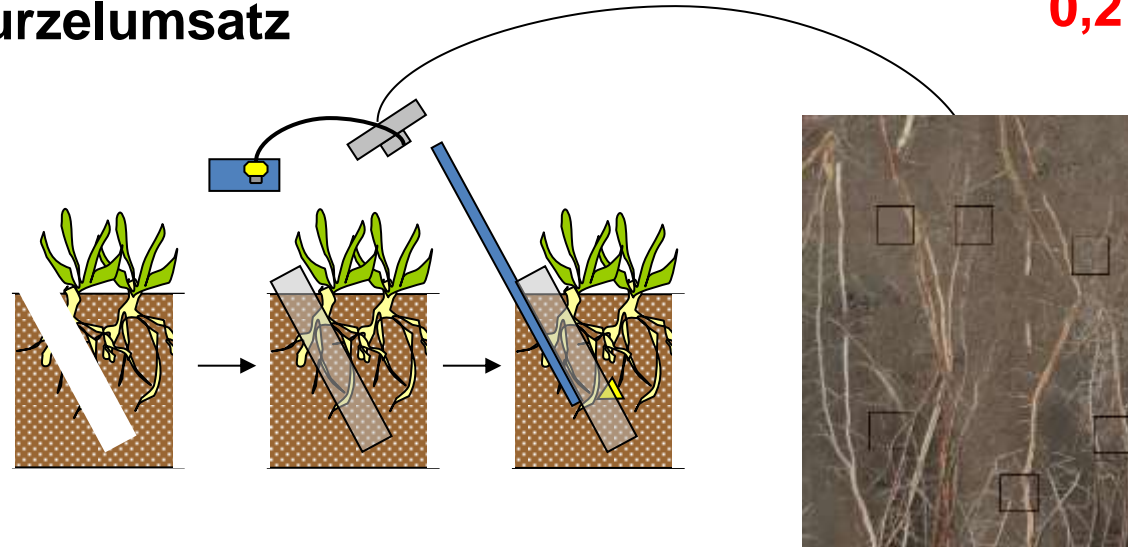
Mais

**Winter-
getreide**

- Wurzelumsatz**

$0,2 \pm 0,2$

$1,4 \pm 0,9$



18.06.2014

09.07.2014

17.07.2014

25.07.2014

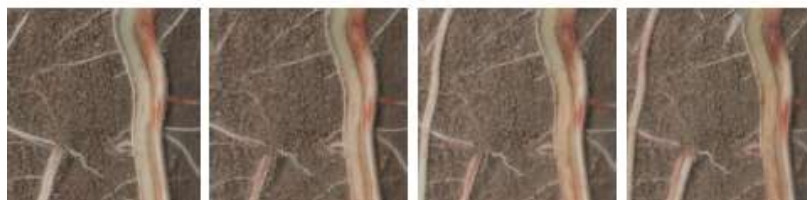


05.08.2014

15.08.2014

27.08.2014

05.09.2014



C-Eintrag in den Boden ($10^2 \text{ kg C ha}^{-1}$)

Mais

**Winter-
getreide**

- **Stoppeln**
- **Grobwurzeln**
- **Feinwurzeln**

5,4 ± 1,9

1,9 ± 0,3

3,9 ± 2,0

3,0 ± 0,6

2,4 ± 0,9

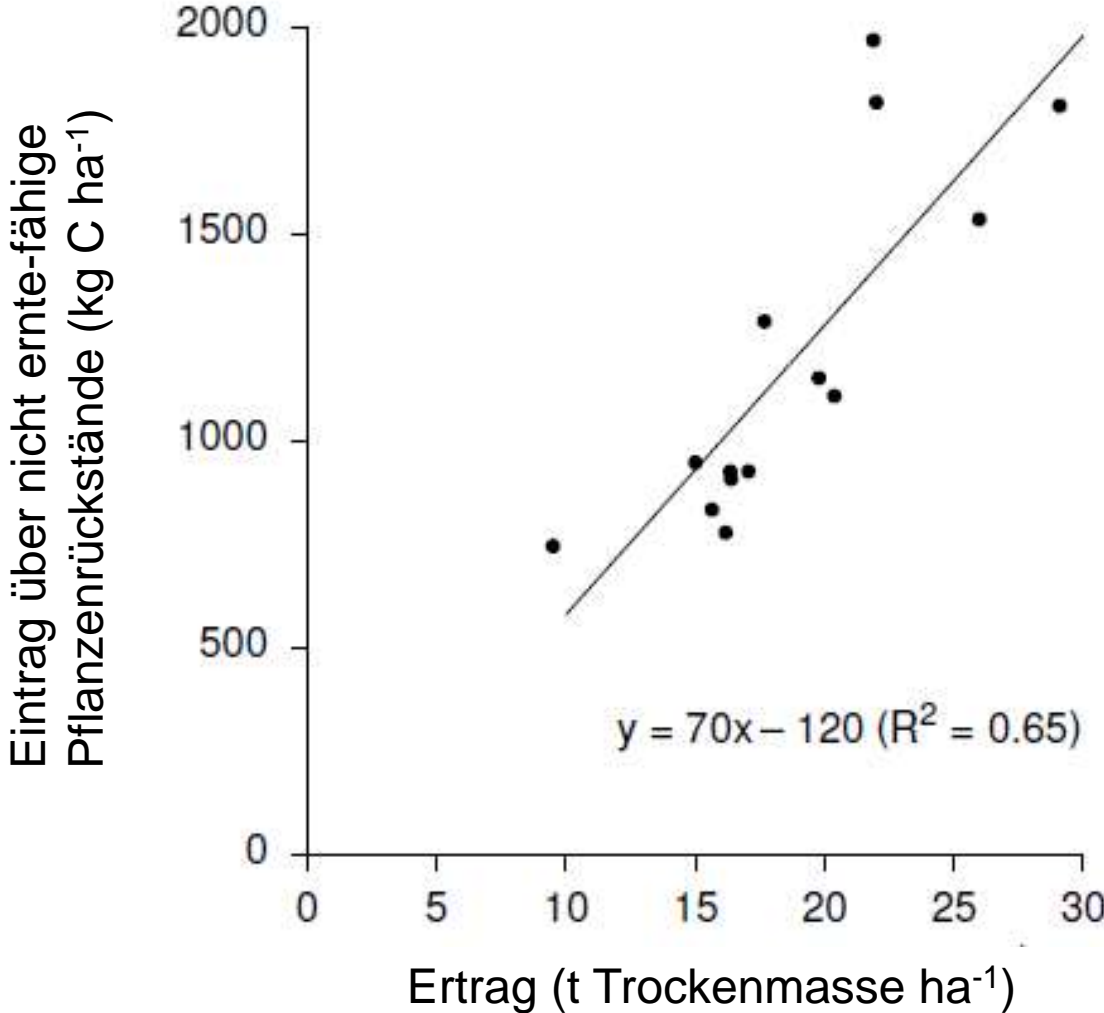
3,0 ± 1,6



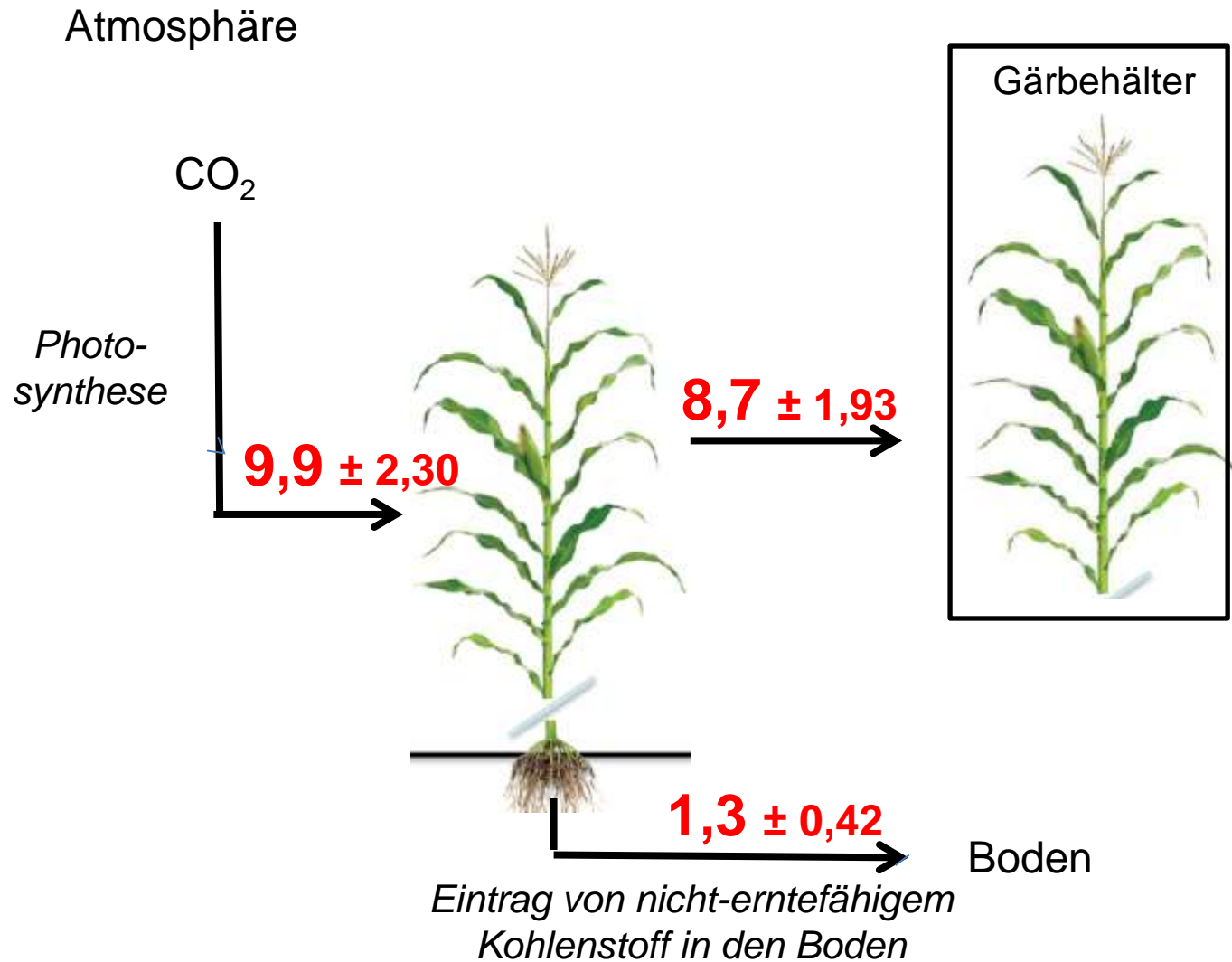
Eintrag von nicht erntefähigem C in den Boden

Quelle	C-Eintrag in den Boden (10 ² kg C ha ⁻¹)	
	Mais	Wintergetreide
Streu	0,7 ± 0,2	1,6 ± 0,5
Wurzelumsatz	0,2 ± 0,2	1,4 ± 0,9
Stoppeln	5,4 ± 1,9	1,9 ± 0,3
Grobwurzeln	3,9 ± 2,0	3,0 ± 0,6
Feinwurzeln	2,4 ± 0,9	3,0 ± 1,6
Summe Eintrag	12,6 ± 4,2	10,9 ± 2,9

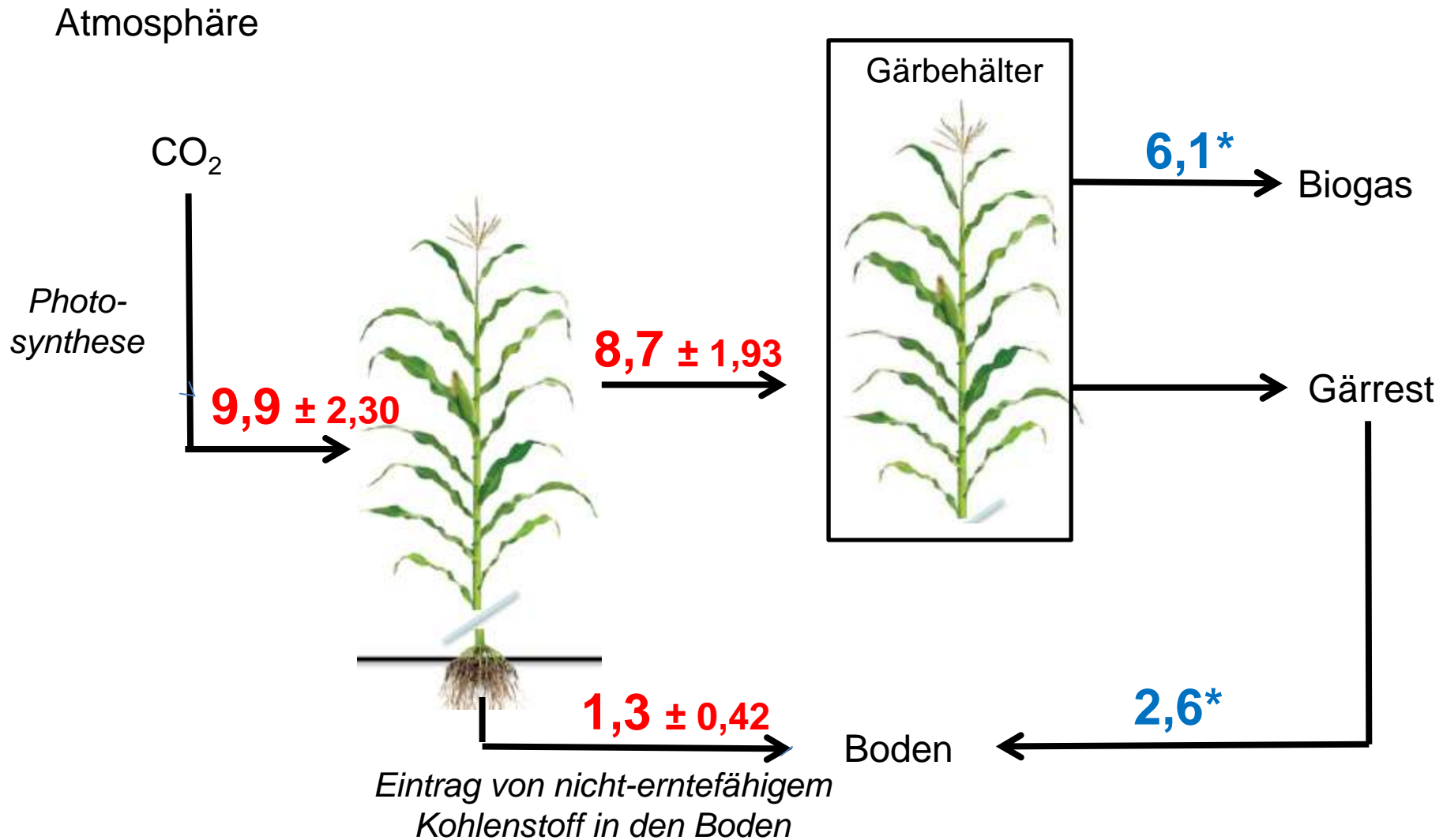
Beziehung zwischen dem Maisertrag und dem C-Eintrag über nicht erntefähige Pflanzenrückstände



Kohlenstoffflüsse in einem Biogasanbausystem **Bsp. Mais** ($10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$)

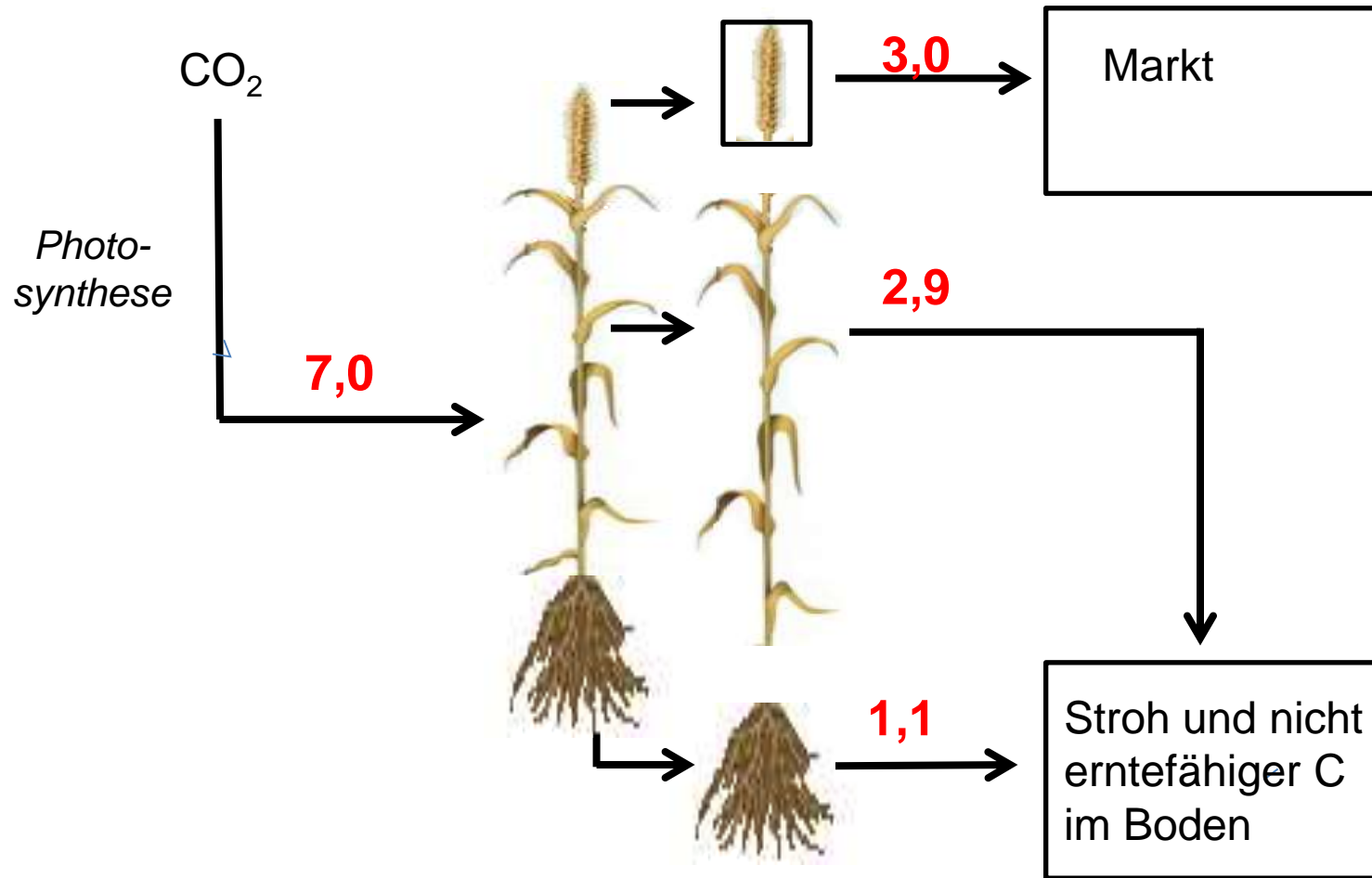


Kohlenstoffflüsse in einem Biogasanbausystem **Bsp. Mais** ($10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$)



* Annahme: 70% des C wird in Biogas umgewandelt, 30% sind noch im Gärrest vorhanden

Kohlenstoffflüsse in einem Marktfruchtsystem (Bsp. Getreide)
(10³ kg C ha⁻¹)



Vergleich C-Flüsse Mais (Biogas) - Wintergetreide (Marktfrucht)

C-Fluss	Wi.getreide	Mais
	$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$	
C-Assimilation (Nettoprimärproduktion)	7,0	9,9

Vergleich C-Flüsse Mais (Biogas) - Wintergetreide (Marktfrucht)

C-Fluss	Wi.getreide	Mais
	$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$	
C-Assimilation (Nettoprimärproduktion)	7,0	9,9
<i>davon in den Boden in Form von</i>		
nicht erntefähigen Rückstände	1,1	1,3
Stroh / Gärrest	2,9	2,6
Gesamt in den Boden	4,0	3,9

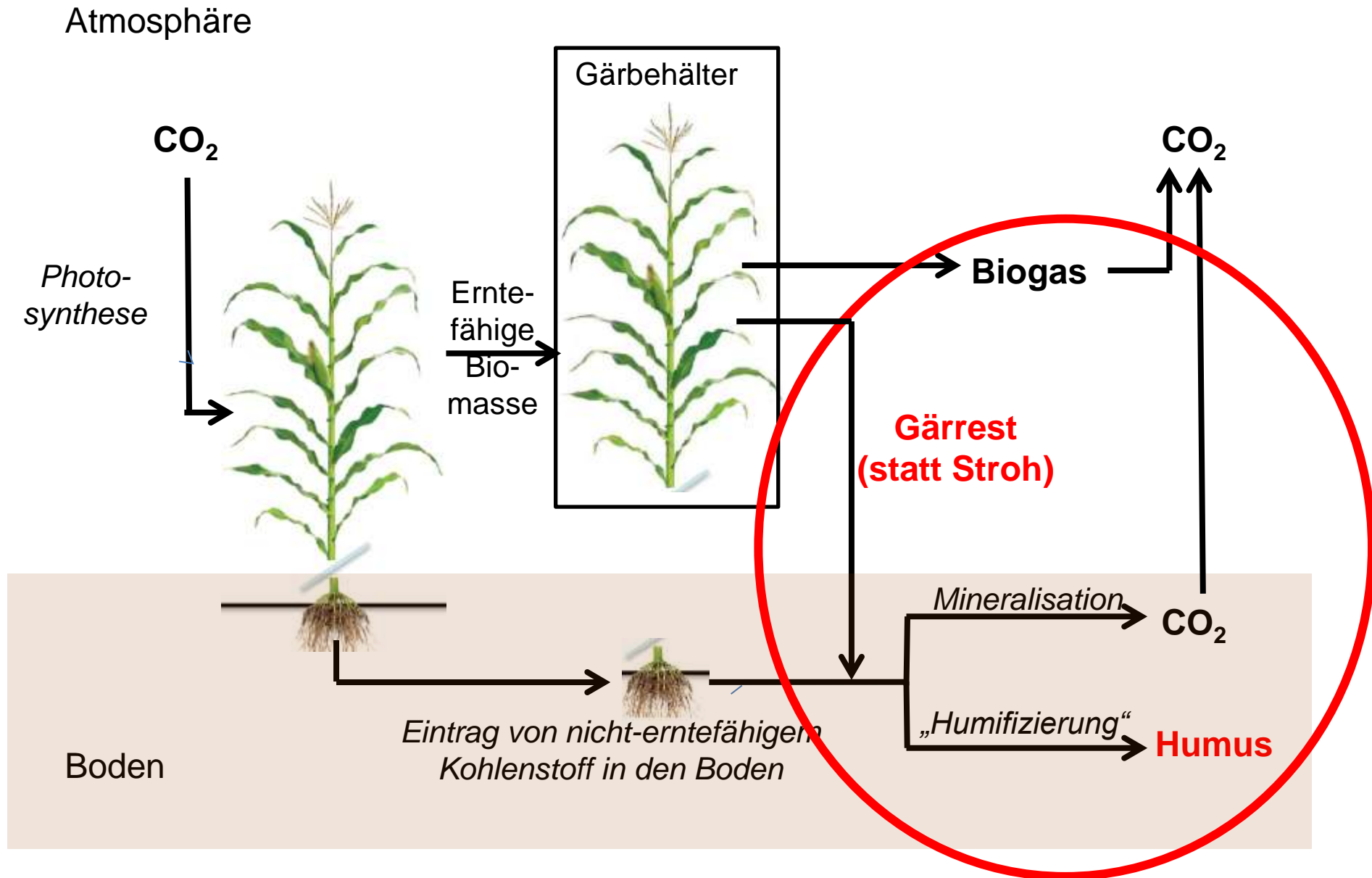
Wie hoch sind die C-Flüsse bei Anbau von Hirse oder Sudangras im Vergleich zu Mais und Wintergetreide?

C-Fluss	Wigettr.	Mais	Hirse	Sudang.
		$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$		
C-Assimilation (Nettoprimärprod.)	7,0	9,9	10,8	9,0

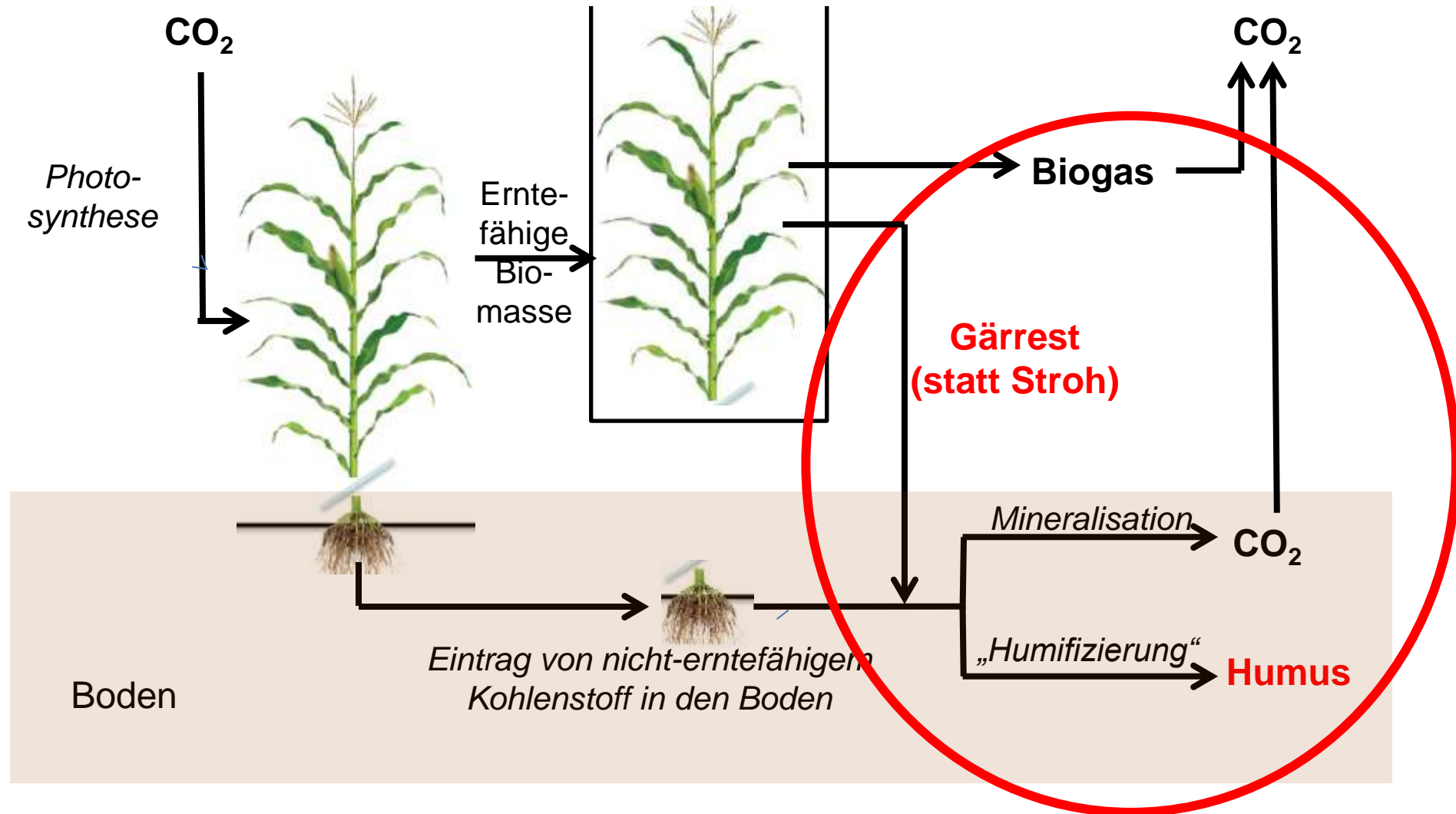
Wie hoch sind die C-Flüsse bei Anbau von Hirse oder Sudangras im Vergleich zu Mais und Wintergetreide?

C-Fluss	Wigettr.	Mais	Hirse	Sudang.
		$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$		
C-Assimilation (Nettoprimärprod.)	7,0	9,9	10,8	9,0
<i>davon in den Boden in Form von</i>				
nicht erntef. Rückstände	1,1	1,3	2,3	2,3
Stroh / Gärrest	2,8	2,6	3,2	2,5
Gesamt in den Boden	4,0	3,9	5,5	4,8

Kohlenstoffflüsse in einem Biogasanbausystem

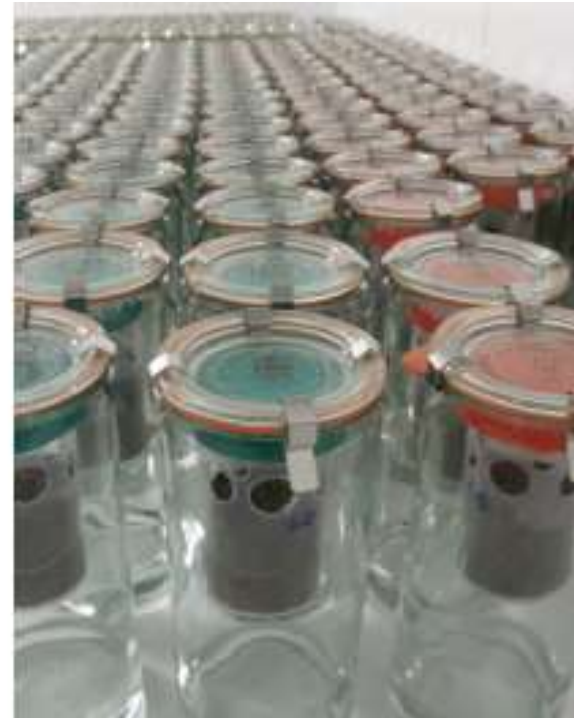


Welche Humuswirkung haben nicht erntefähige Rückstände, Stroh, Gärreste?

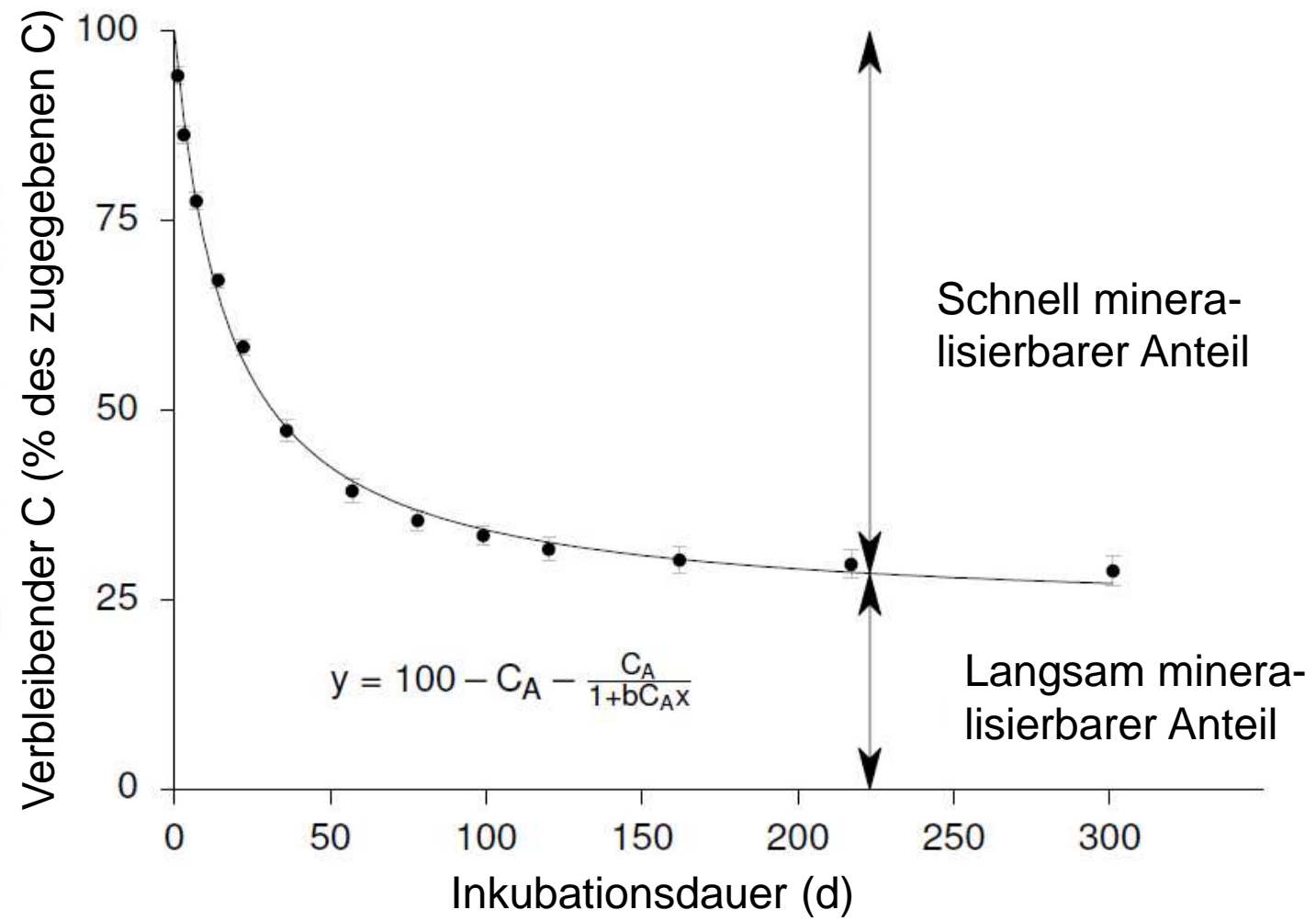


Ermittlung der Humuswirkung des in den Boden eingetragenen C

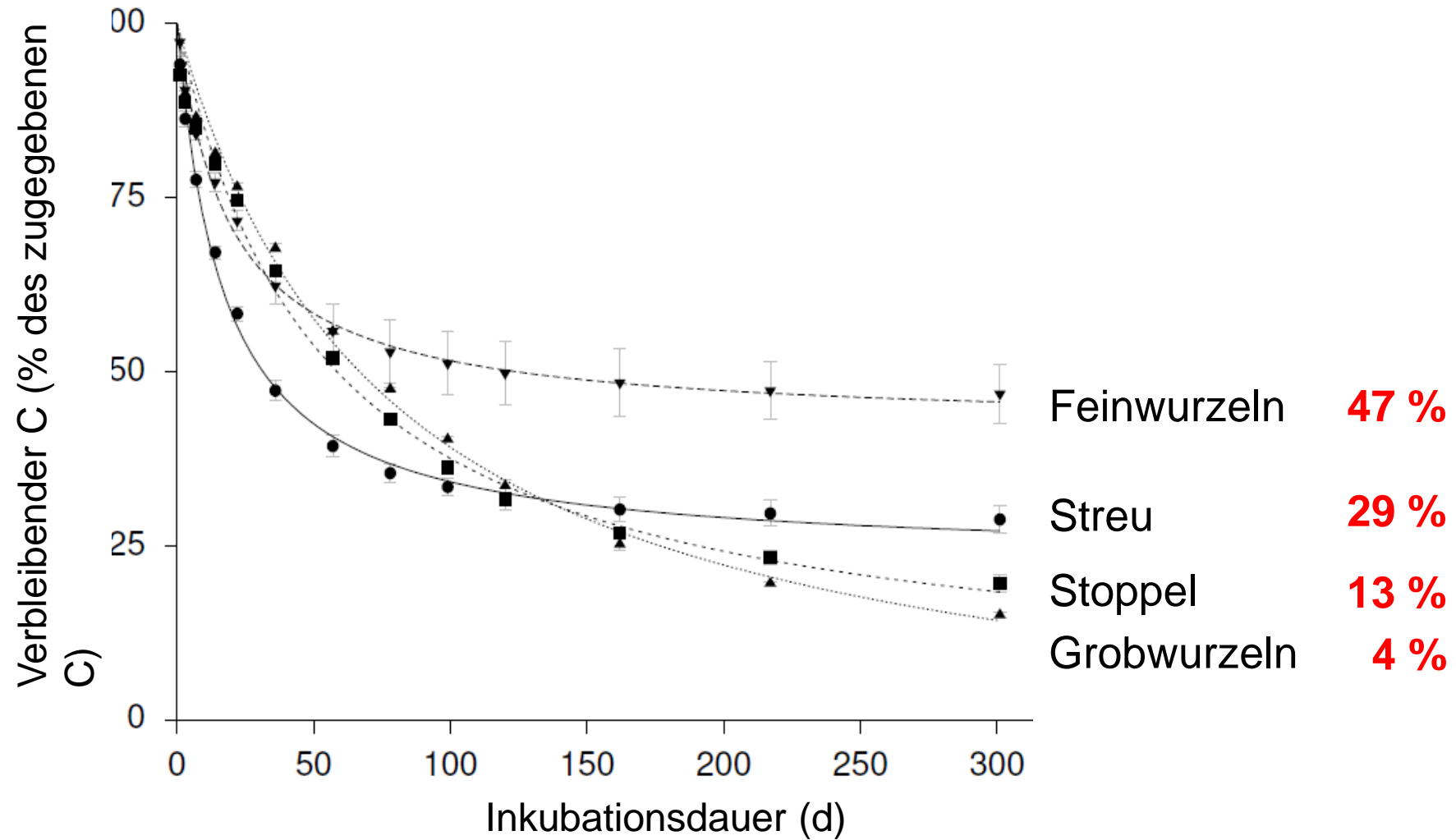
Inkubationsversuche unter standardisierten Bedingungen, bei denen die durch Einmischen von Reststoffen induzierte CO₂-Freisetzung aus dem Boden gemessen und daraus der im Boden verbleibende organische C ermittelt wird.



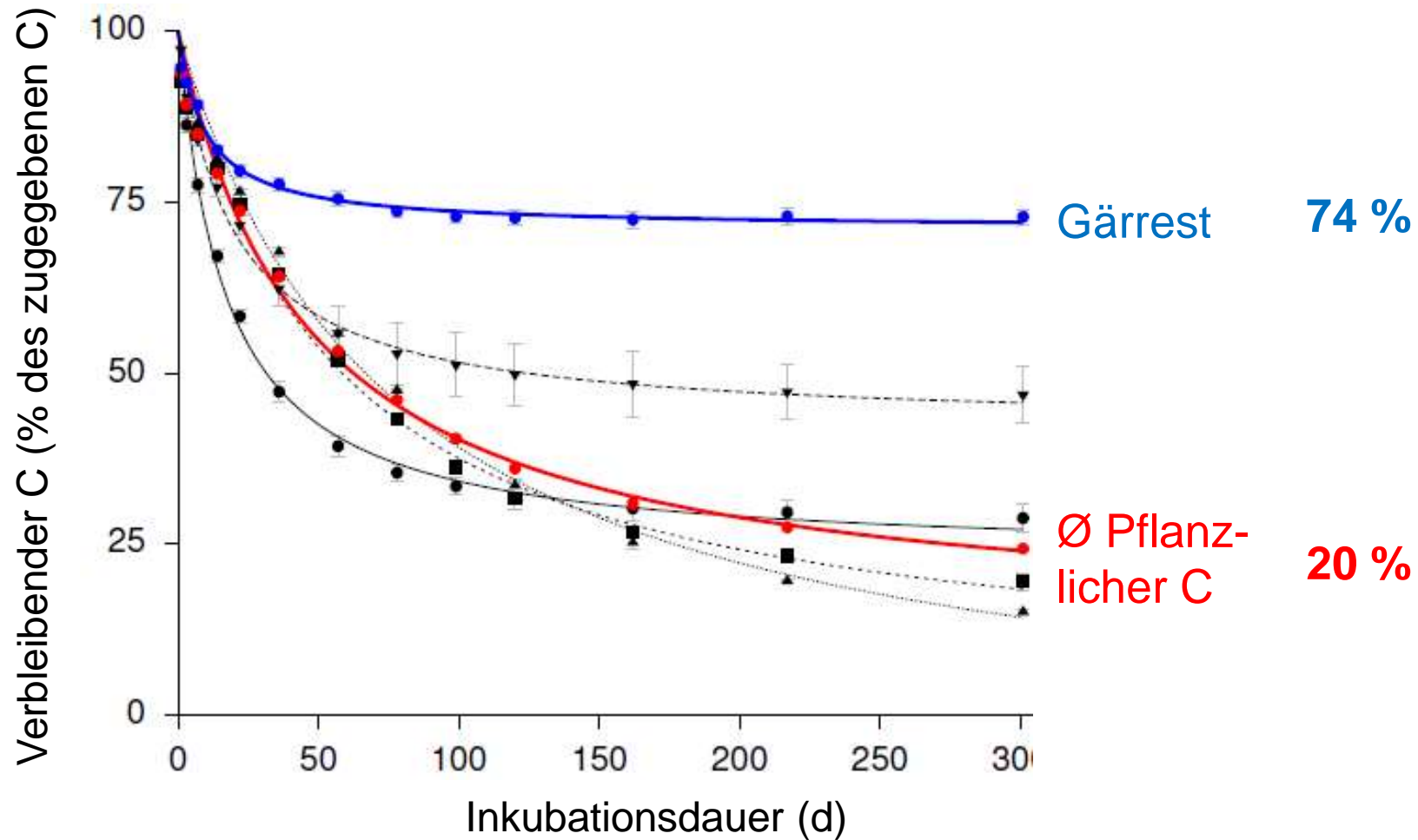
Zeitlicher Verlauf der Mineralsierung von organischem C im Inkubationsversuch



Zeitlicher Verlauf der Mineralsierung von unterschiedlichen organischen C-Quellen und daraus ermittelter **Anteil an Humus-C**



Zeitlicher Verlauf der Mineralsierung von unterschiedlichen organischen C-Quellen und daraus ermittelter Anteil an Humus-C



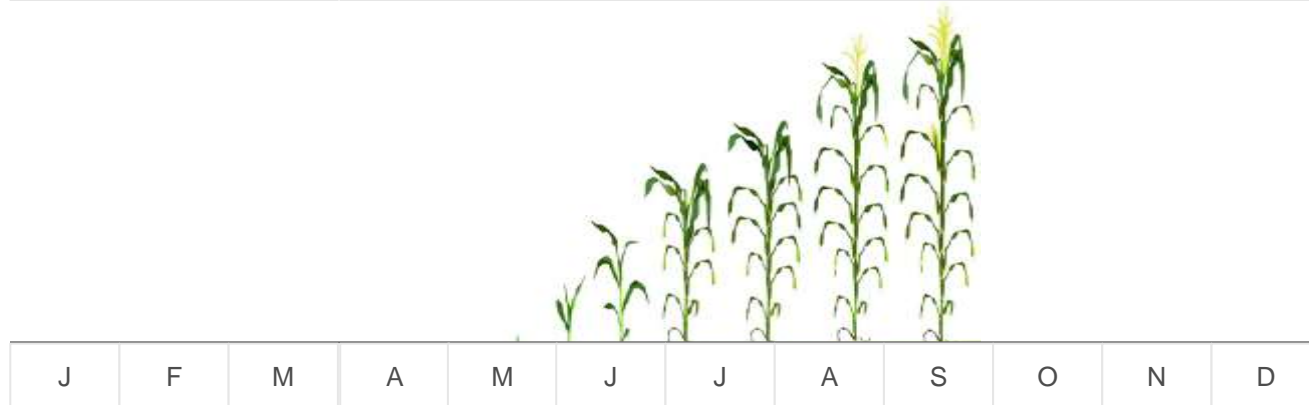
Vergleich C-Flüsse Wintergetreide (Marktfrucht) – Mais (Biogas)

C-Fluss	Weizen	Mais
	$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$	
Gesamt in den Boden	4,0	3,9
<i>davon in den „Humusvorrat“ über</i>		
nicht erntefähigen C	0,3	0,3
Stroh / Gärrest	0,6	1,9
Gesamt in den „Humusvorrat“	0,9	2,2

Kulturdauer



Wintergetreide

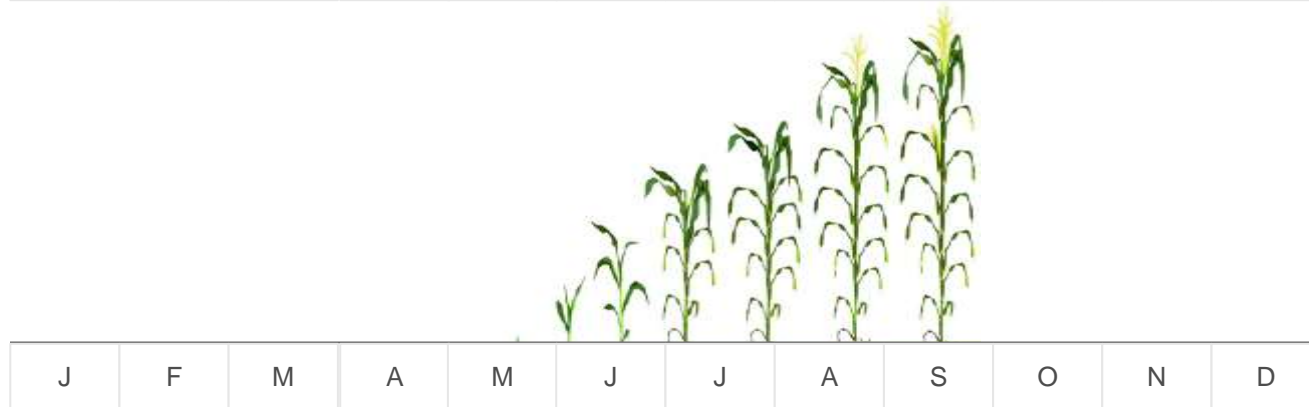


Mais, Hirse,
Sudangras

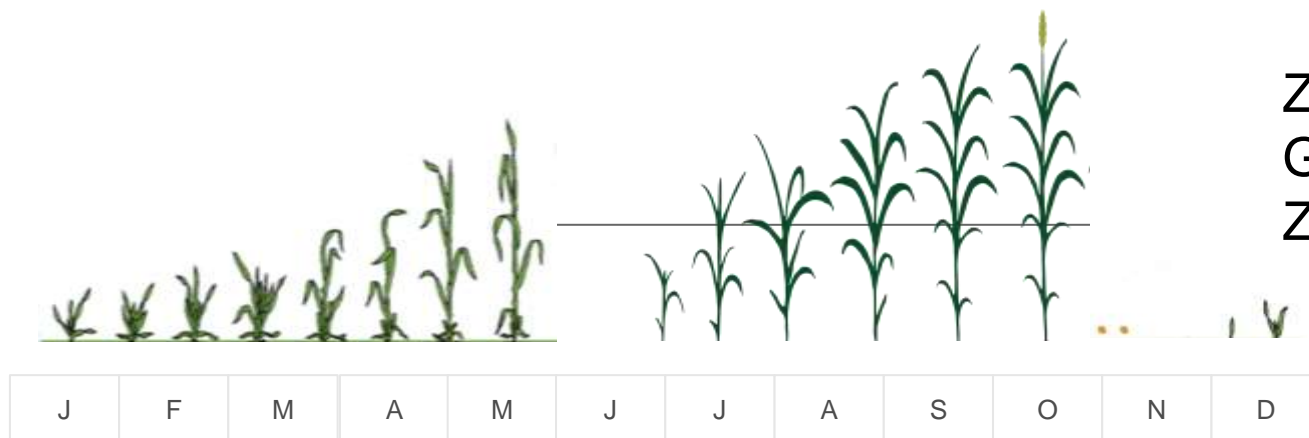
Kulturdauer



Wintergetreide



Mais, Hirse,
Sudangras in
Hauptfrucht-
stellung



Zweikultursystem, z.B.
Grünroggen – Hirse in
Zweitfruchtstellung

Vergleich C-Flüsse Wintergetreide – Mais (Hauptfrucht) –
Zweikultursystem (Grünroggen + Hirse in Zweitfruchtstellung)

C-Fluss	Winter- getreide	Mais	Grünr. + Hirse
	$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$		
Nettoprimärproduktion	6,7	9,9	13,0

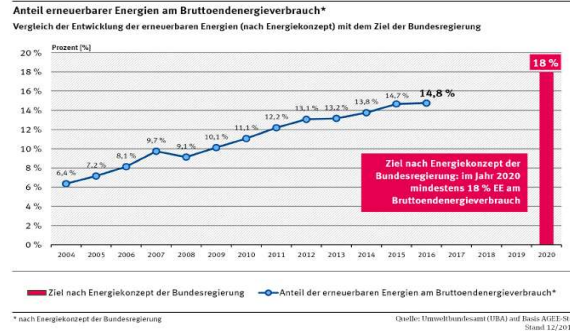
Vergleich C-Flüsse Wintergetreide – Mais (Hauptfrucht) –
Zweikultursystem (Grünroggen + Hirse in Zweitfruchtstellung)

C-Fluss	Winter- getreide	Mais	Grünr. + Hirse
	$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$		
Nettoprimärproduktion	6,7	9,9	13,0
<i>davon in den Boden in Form von</i>			
nicht erntefähigen Rückstände	1,1	1,3	3,3
Stroh / Gärrest	2,9	2,6	3,5
Gesamt in den Boden	4,0	3,9	6,8

Vergleich C-Flüsse Wintergetreide – Mais (Hauptfrucht) –
Zweikultursystem (Grünroggen + Hirse in Zweitfruchtstellung)

C-Fluss	Winter- getreide	Mais	Grünr. + Hirse
	$10^3 \text{ kg C ha}^{-1}$		
Nettoprimärproduktion	6,7	9,9	13,0
<i>davon in den Boden in Form von</i>			
nicht erntefähigen Rückstände	1,1	1,3	3,3
Stroh / Gärrest	2,9	2,6	3,5
Gesamt in den Boden	4,0	3,9	6,8
<i>davon in den „Humusvorrat“ über</i>			
nicht erntefähige Rückstände	0,3	0,3	0,9
Stroh / Gärrest	0,6	1,9	2,6
Gesamt in den „Humusvorrat“	0,9	2,2	3,5

Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie



Jährliche Erhöhung des Boden-C-Vorrates um 4‰



$$\frac{8.9}{2400} = 4\text{‰}$$



Sind diese Ziele kompatibel? **Ja**

Wie wirkt sich Pflanzenbau zur Biogasgewinnung auf die Versorgung des Bodens mit organischem C aus?

Bei optimaler Nutzung der Möglichkeiten („neue“ Kulturarten, Zweikultursysteme) kann die Versorgung des Bodens mit organischem C im Vergleich zu Marktfruchtsystemen erhöht werden.

Die Arbeitsgruppe wurde finanziell durch die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe unterstützt (FKZ 22401112 „Ermittlung von Humusbedarfskoeffizienten für Energiepflanzenarten und Energiepflanzenproduktionssysteme“).



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages
