

Anforderungen an die Humusproduktion zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit



Günter Leithold
Justus-Liebig-Universität Gießen
Groitzsch, am 25.02.2011

1. Bedeutung der Humusreproduktion zur nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit unter Beachtung des Klimawandels

- **Humusproduktion:**

- **Ersatz des bewirtschaftungsbedingten Humusverlustes über die Rückführung ausreichender Mengen an organischen Düngern sowie von Ernte- und Wurzelrückständen.**

Humus spielt eine zentrale Rolle bei der Ausprägung der maßgeblichen Bodenfunktionen!



Spröda

Methau

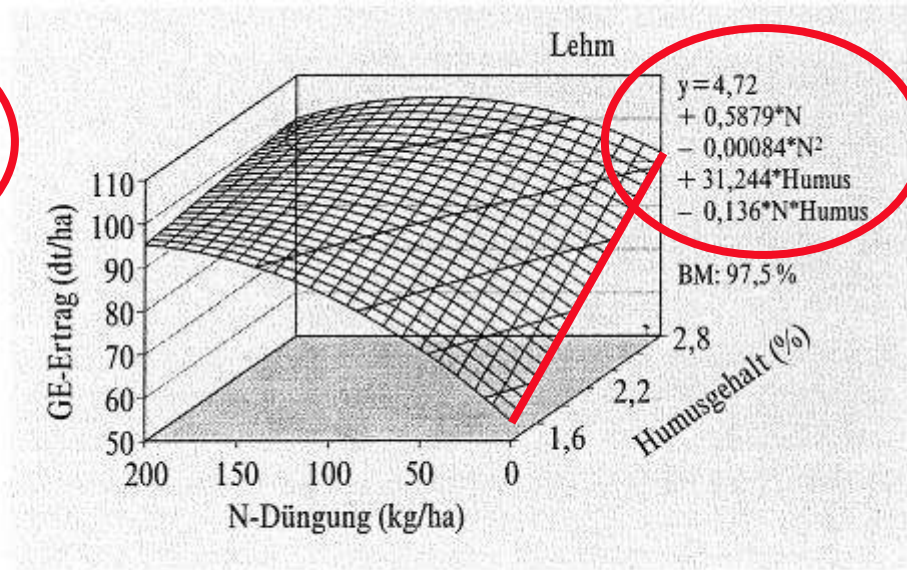
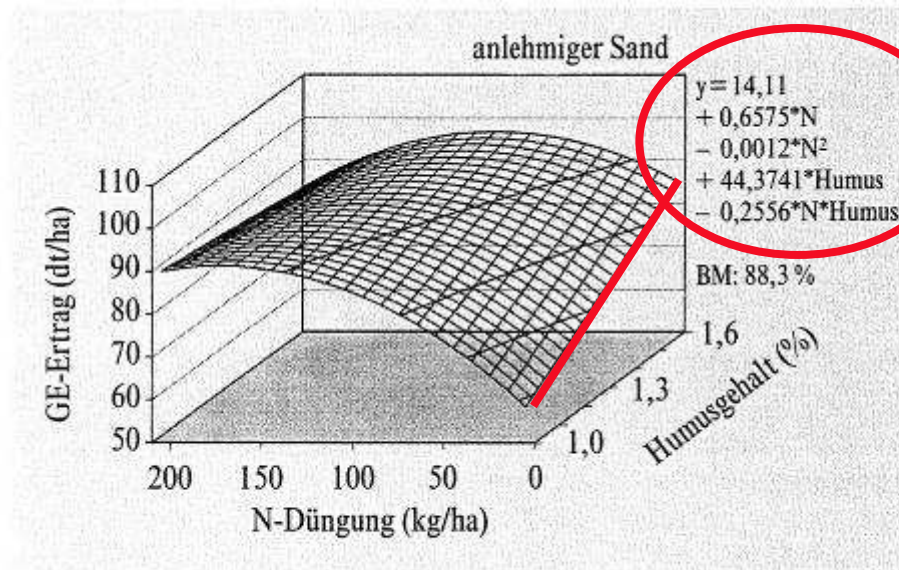


Abbildung 1: Einfluss von N-Düngung und Humusgehalt auf den GE-Ertrag der Rotation 1994 bis 1997

Dr. E. Albert
Neue Landwirtschaft
3/2001 S.30-33

Humus und Klimawandel

Übersicht potenzieller C-Speicherungsmöglichkeiten im Boden lt. European Climate Change Program (2003)

Technische Maßnahme	Speicherungs- potenzial pro Flächeneinheit (t CO ₂ ha ⁻¹ a ⁻¹)	Potenzial in EU-15 während der ersten Verpflich- tungsperiode (Mio. t CO ₂ a ⁻¹)
Förderung des organischen Inputs auf Ackerland/ (Pflanzenrückstände, Zwischenfrüchte, Stallmist, Kompost, Klärschlamm)	1-3	20
Dauerhafte Begrünung von Ackerflächen (z.B. durch Aufforstung oder Extensivierung der Ackerproduktion durch die Einführung mehrjähriger Komponenten)	2-7	15
Bio-Kraftstoffproduktion aus Niederwaldpflanzungen und mehrjährigen Gräsern	2-7	15
Förderung des ökologischen Landbaus	>0-2	14
Förderung permanent flacher Grundwasserstände in Mooren	5-15	15
Konservierende Bodenbearbeitung	>0-3	<9

- **Potenzial der zusätzlichen CO₂-Speicherung in landwirtschaftlich genutzten Böden der EU(15):**

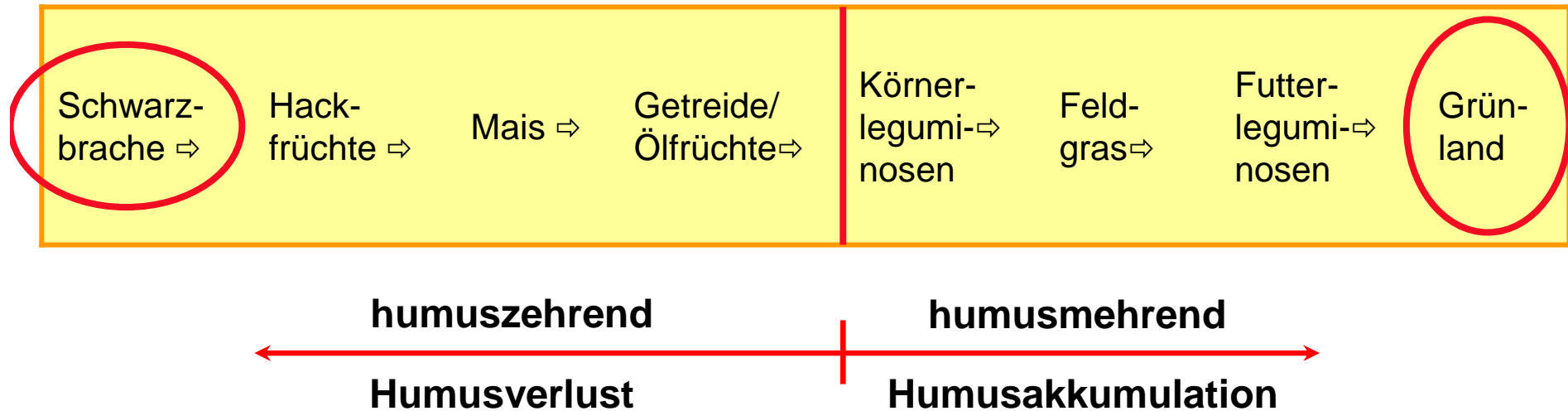
60 – 70 Mio. t pro Jahr

**Aus ackerbaulicher Sicht sowie aus Sicht einer nachhaltigen Bodennutzung ist diese C-Sequestrierung auf jeden Fall vorteilhaft!
Eine Senkensättigung beendet allerdings die C-Speicherung nach 10 -20 Jahren.**

2. Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Humushaushalt

- **Fruchtartenwahl und Fruchtfolge**
- **Bodenbearbeitung**
- **Organische und mineralische Düngung**

Einfluss unterschiedlicher Fruchtarten-Gruppen auf den Humushaushalt



↘ vgl. Humusbilanzkoeffizienten

**Ausdehnung des Anbauumfangs
humuszehrender Fruchtarten im Zug der
Erweiterung des Energiepflanzenanbaus**

Anbau 2010: Getreide, Ölsaaten und Mais



Aussaatflächen im April 2010 für die Ernte 2010 in Deutschland
 in Millionen Hektar (Veränderung gegenüber Anbaufläche im Mai 2009 in Prozent)



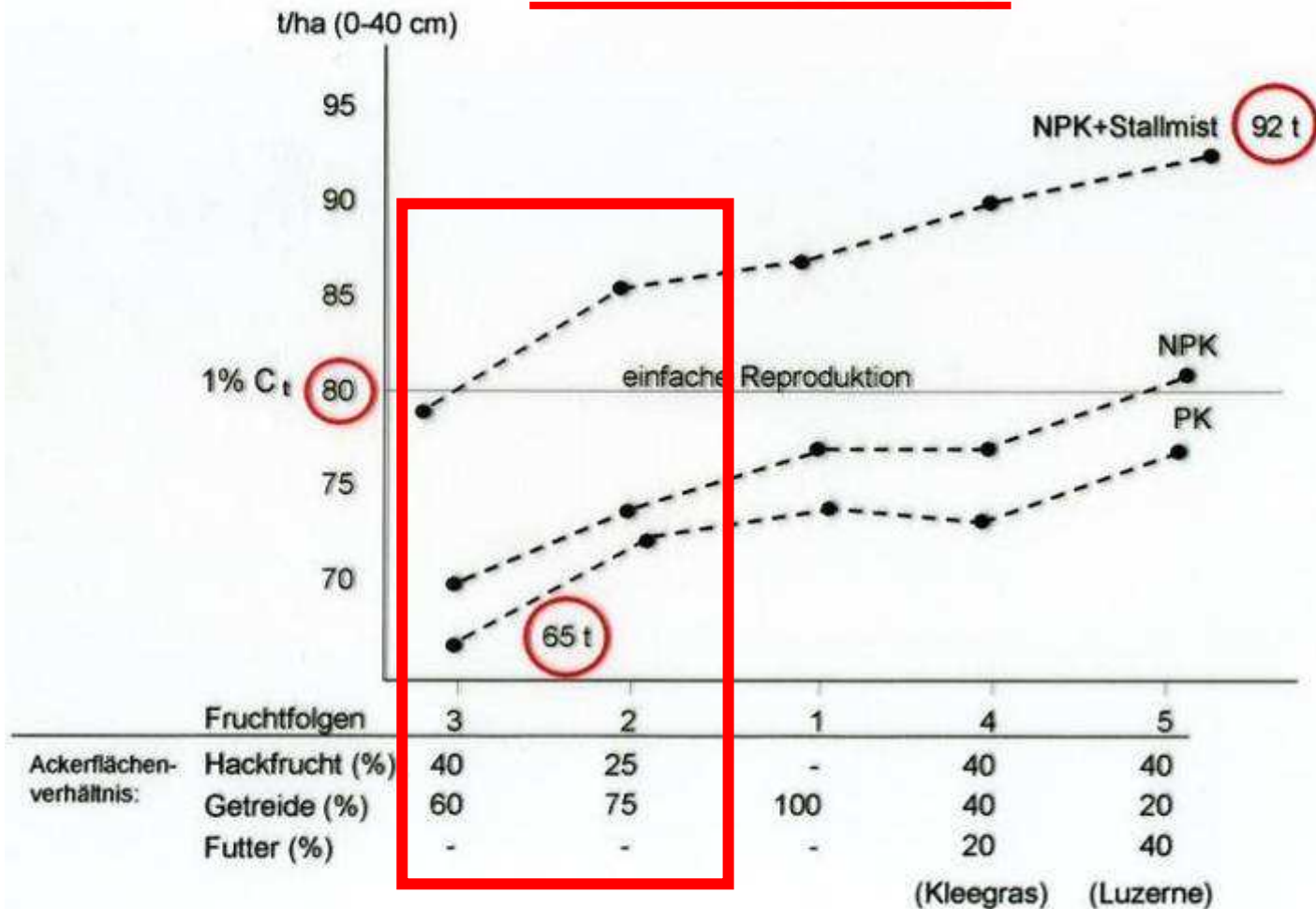
© AMI – marktundpreis.de 2010/220g

*Einschließlich Dinkel

Quelle: Statistisches Bundesamt

Zunahme: Winterweizen, Mais und Ölfrüchte

Humusgehalt im Fruchtfolge-Düngungsversuch Seehausen 25 Jahre nach Versuchsanlage



**Ein zunehmender Anteil von Hackfrüchten
und Getreide in der Fruchtfolge senkt den Humusvorrat.**

Quelle: Leithold, Rauhe, Urban;
Wiss.Z.Univ.Halle, 1986 H.4 S. 13-20

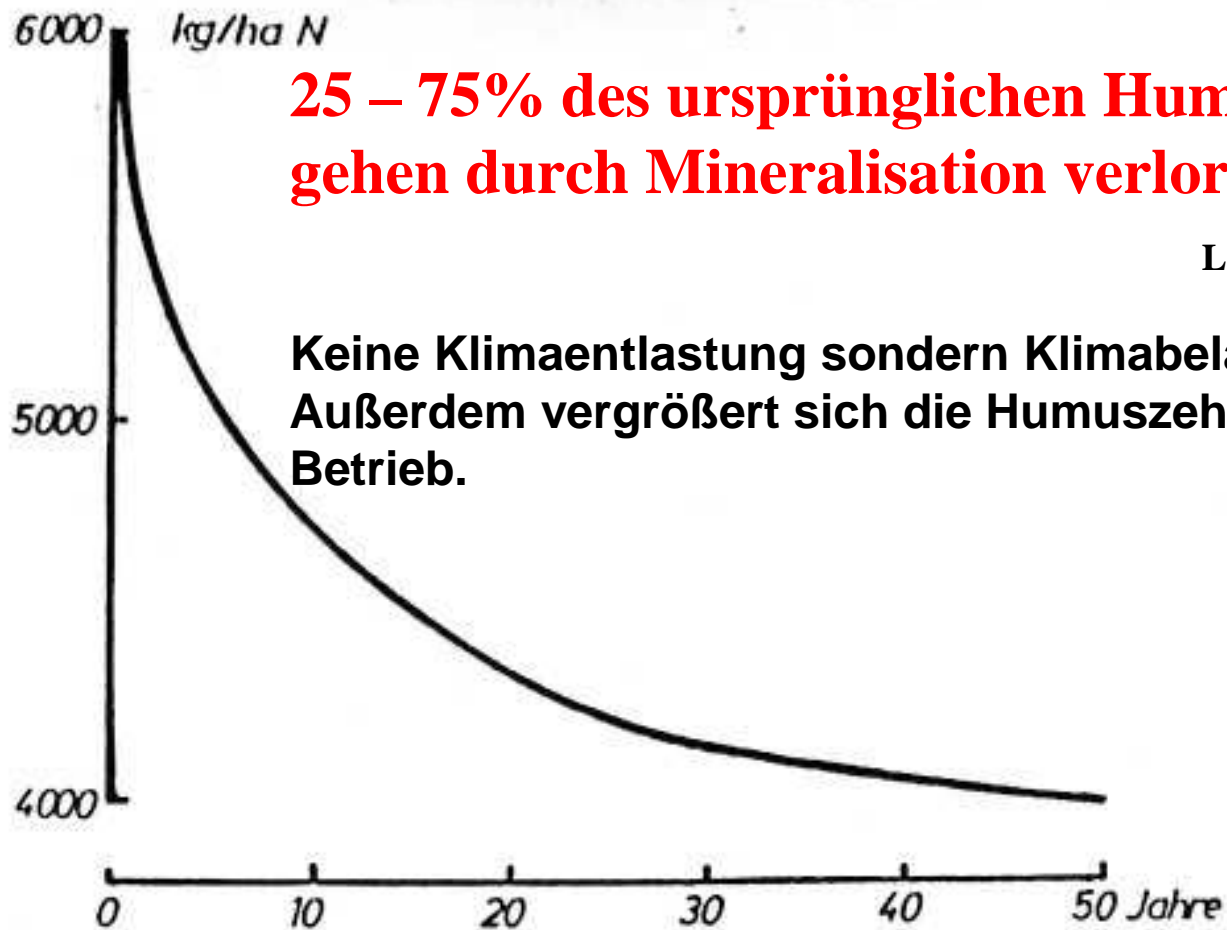
Humusverlust durch Umwandlung von Grünland in Ackerland im Zuge eines verstärkten Anbaus von Energiepflanzen, insb. Silomais

*Abb. 1: Grün-
landumbruch in
der Kyllaue im
FFH-Gebiet
„Obere Kyll und
Kalkmulden der
Nordeifel“. Foto:
G. Ostermann/
NABU*





*Abb. 3: Grünland-
umbruch und
Maisansaat im
Halbtrockenrasen
des FFH-Gebiets
„Gerolsteiner
Kalkeifel“. Foto: G.
Ostermann/ NABU*



25 – 75% des ursprünglichen Humusvorrates gehen durch Mineralisation verloren!

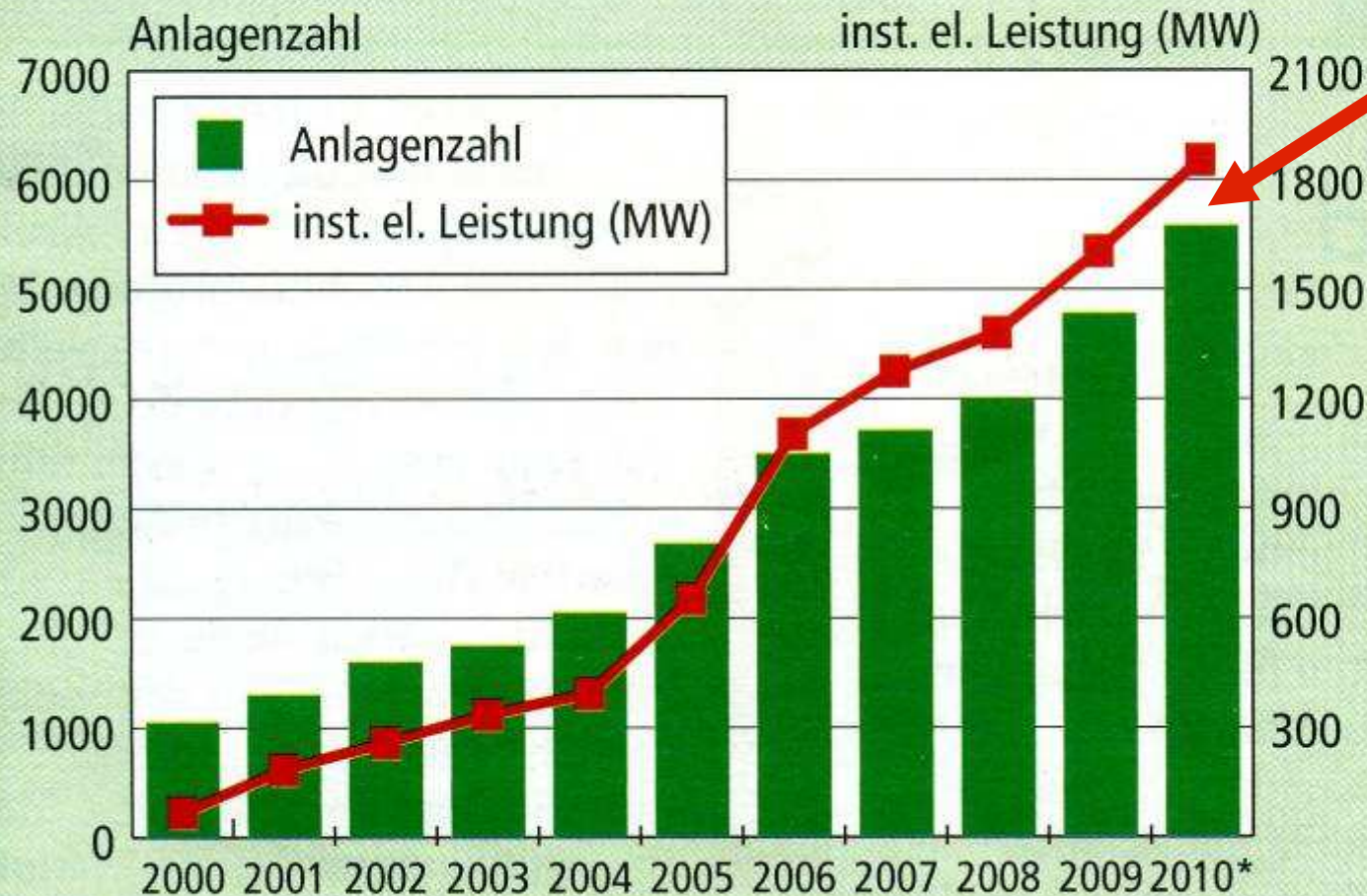
Lal, R. (2007)

**Keine Klimaentlastung sondern Klimabelastung!
Außerdem vergrößert sich die Humuszehrerfläche im Betrieb.**

Abnahme der Stickstoffgehalte in der Krume
nach Grünlandumbruch (Vetter 1980)

Biogas und Humusproduktion

Übersicht 1: Die Zahl der Biogasanlagen steigt sprunghaft



**ca. 5600 Stück
Ende 2010**

Die Zahl der Biogasanlagen wird in diesem Jahr voraussichtlich um 20% zunehmen.

*) Schätzung

Quelle: Fachverband Biogas e.V.

*Grafiken:
Driemer*

■ Einsatzhäufigkeit (%) ■ Ø Masse-Anteil (%)

n = 48 Anlagen

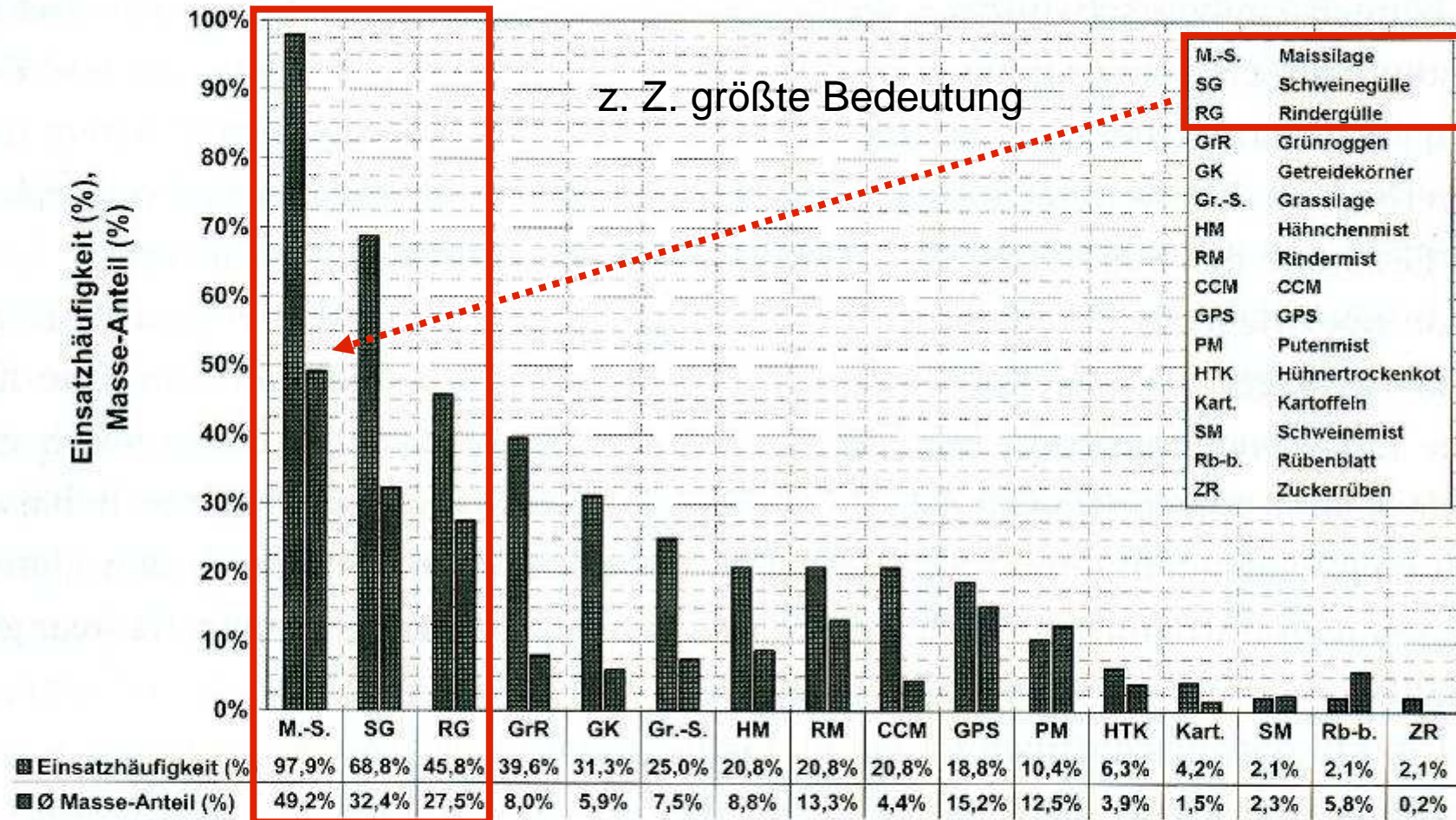


Abb. 1: Substrateinsatz in Biogasanlagen NRW

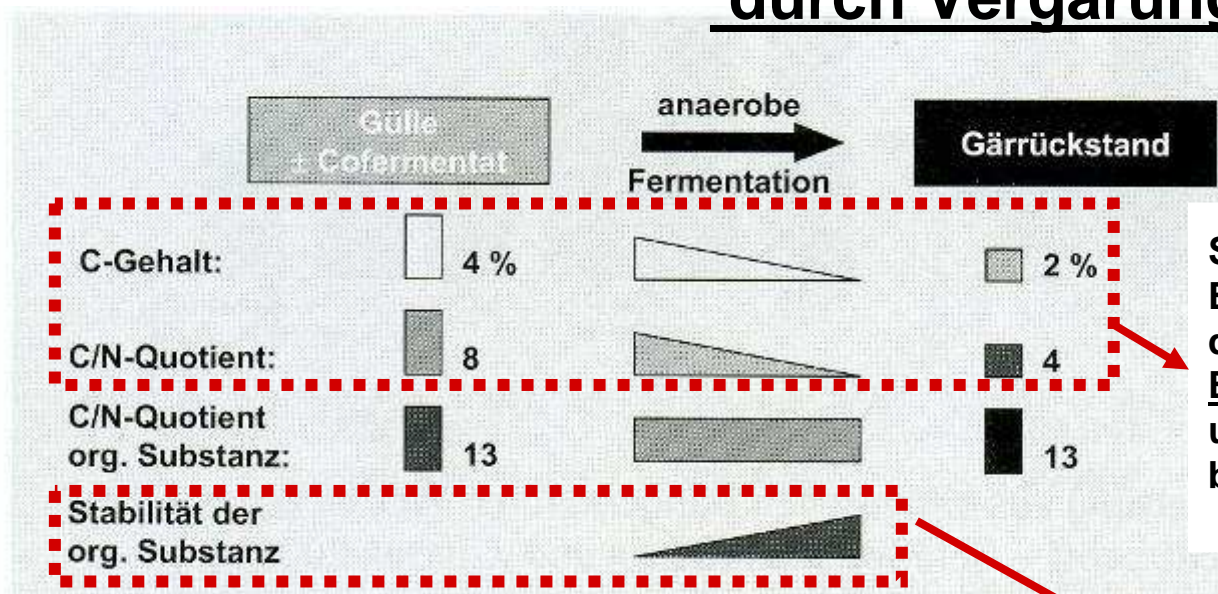
Silomais und Gülle: die maßgeblichen Rohstoffe für Biogasanlagen!

Kolbe, H. in top agrar 11/2008, 54-62

Verspielen wir mit einseitigen Fruchtfolgen und kompletter Abfuhr des Aufwuchses (Stroh, Biogas-substrat) die Fruchtbarkeit unserer Böden? Mit der Humusbilanz decken Sie Probleme auf.



Veränderung der Kohlenstoffparameter von Gülle durch Vergärung



Senkung der **C-Gehalte** und Einengung des **C/N-Quotienten** durch mikrobiellen Abbau von Eiweiß, Zellulose, Hemizellulose und flüchtigen Fettsäuren. Lignin bleibt erhalten.

Höhere mikrobielle Abbaustabilität der Biogäsgülle im Boden im Vergleich zur Rohgülle

(also höhere Humusersatzleistung)

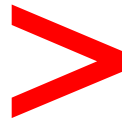
Annahme (?)

**C-Verluste durch
Vergärung in der
Biogasanlage**



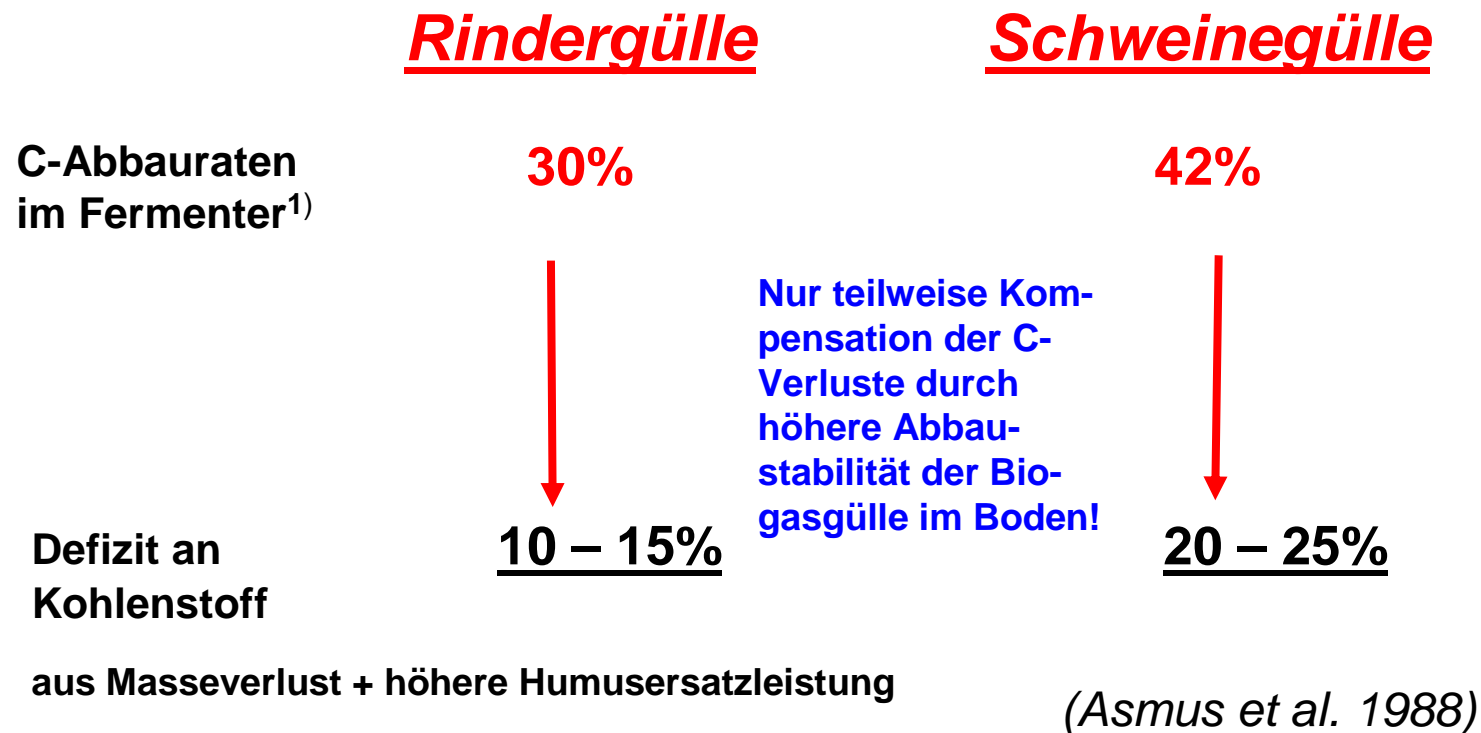
**Zunahme der
Humusersatzleistung der
Biogasgülle gegenüber
der Vollgülle**

**C-Verluste durch
Vergärung in der
Biogasanlage**



**Zunahme der
Humusersatzleistung der
Biogasgülle gegenüber
der Vollgülle**

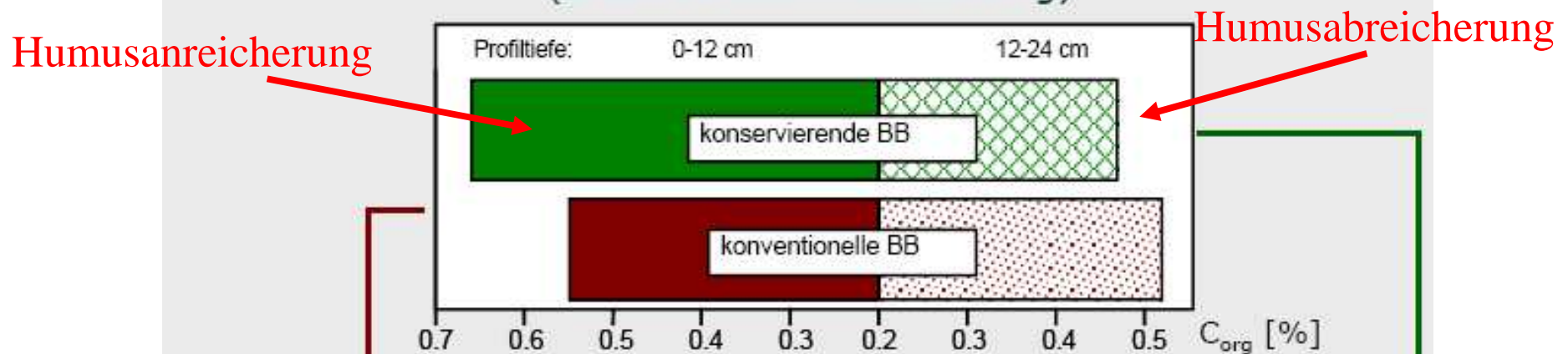
C-Verluste durch Vergärung in der Biogasanlage > **Zunahme der Humusersatzleistung der Biogasgülle gegenüber der Vollgülle**



¹⁾ nach Frick (1983) bis zu 50 % realistisch

Konservierende Bodenbearbeitung und Humusproduktion

Einfluss der Bodenbearbeitungsintensität auf den Gehalt des Bodens an organischem Kohlenstoff (Dauerversuch Müncheberg)



Humusmenge im Bereich der ehemaligen Ackerkrume bleibt etwa gleich, nur andere Verteilung!
Daher keine Berücksichtigung in der Humusbilanz.



3. Anforderungen an die Humusreproduktion aus ackerbaulicher Sicht

- **Die Humusbilanzierung bietet eine Möglichkeit, die Anforderungen an die Humusreproduktion auf dem Ackerland darzustellen und im Management zu berücksichtigen!**

Geschichte der Humusbilanzierung

1. Humuseinheiten(HE)-Methode von Rauhe und Schönmeier (1966)
2. ROS-Methode (einfache Reproduktion) der AdL (1977)
3. ROS-Methode (erweiterte Reproduktion) von Kundler, Eich, Liste und Rauhe (1981)
4. Modernisierte statische Humuseinheiten(HE)-Methode (differenziert für den KLB und ÖLB) von Leithold, Hülsbergen, Michel und Schönmeier (1997)
5. Dynamisierte Humuseinheiten-Methode (standort- und ertragsabhängige Bedarfsberechnung; Repro-Bestandteil) von Hülsbergen (2003)
6. **VDLUFA-Humusbilanzmethodik (2004)**
7. Standortangepasste Methode zur Bilanzierung der organischen Bodensubstanz (BEFU-Bestandteil) von Kolbe (2010)

Die Anforderungen an die Humusreproduktion des Ackerlandes werden maßgeblich von der Höhe der Humus-Bedarfskoeffizienten der Humuszehrer (Hackfrüchte, Mais, Getreide, Ölrüchte ...) sowie von deren Anbauumfang im Betrieb bzw. in der Fruchtfolge bestimmt!

Prinzip der HUMUS - Bilanzierung



Anbau
Humuszehrer

Anbau Humusmehrer +
Einsatz organischer Dünger

Gibt Orientierung
darüber, ob die
Ackerböden
ausreichend mit OS
Versorgt sind.

Grundlage: vorgegebene Bilanzkoeffizienten!

**Anwendung
der VDLUFA-Humusbilanzmethode (2004)
und bestehende Probleme**

Standpunkt

Humusbilanzierung

Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland.

Zuständige Fachgruppen:

- I Bodenkunde, Pflanzenernährung und Düngung
- II Bodenuntersuchung
- X Bodenfruchtbarkeit und Agrarökologie

Projektgruppe zur Erarbeitung des Standpunktes:

Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Körschens, Bad Lauchstädt

Mitglieder: Dr. J. Rogasik, Braunschweig

Dr. E. Schulz, Halle/S.

Dr. H. Böning, Bad Lauchstädt

Prof. Dr. D. Eich, Bad Lauchstädt.

Prof. Dr. R. Ellerbrock, Müncheberg

Dr. U. Franko, Halle/S.

Prof. Dr. K.-J. Hülsbergen, Freising

Prof. Dr. D. Köppen, Rostock

Dr. H. Kolbe, Leipzig

Prof. Dr. G. Leithold, Giessen

Prof. Dr. I. Merbach, Halle/S.

Prof. Dr. Dr. h. c. H. Peschke, Berlin

W. Prystav, Potsdam

Dr. J. Reinhold, Kleinmachnow

J. Zimmer, Güterfelde



Anbauspezifische **Veränderung** der **Humusvorräte** von Böden in Humusäquivalenten [kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

Hauptfruchtarten	GL: HE-Schlüssel (1997) GL: ROS-Bilanz (1977)	Humus-C (kg ha⁻¹)	
		Verlust (-) oder Gewinn (+)	
		untere Werte	obere Werte
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger		-760	-1300
<p>Es ist nicht eindeutig definiert, unter welchen Standort- und Anbau- bedingungen welche Koeffizientengruppe zur Anwendung kommen sollen!</p>			
Gewürz / Heilpflanzen*)			
Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse / Gewürz- u. Heilpflanzen*)		-280	-400
Körnerleguminosen		160	240

Bedarfsfaktoren für Zucker- und Futterrüben, Getreide einschließlich Körnermais und Ölfrüchten ohne Koppel(Nebenernte)produkte; bei den restlichen Fruchtarten ist die Humusersatzleistung der Koppelprodukte in den Bedarfsfaktoren berücksichtigt.

Verschiedene Werte liefern verschiedene Ergebnisse,
d.h. Methoden nicht eindeutig anwendbar

Tab. 1: Wüchsiger Standort, nach: VDLUFA

Jahr	Fruchtfolgeglied	Nutzung	Ertrag dt/ha	Humus-C kg/ha/a	
				Untere Werte	Obere Werte
1	Mais msp	GPS	160	-560	-800
2	WiRoggen	GPS	130	-280	-400
	Klee gras - US	GPS	40	200	300
3	Winterweizen	Korn	90	-280	-400
	Weizenstroh	Düng.	72	720	490
4	Rapskorn	Korn	45	-280	-400
	Rapsstroh	Düng.	78	780	560
	Phacelia	Düng.	20	160	160
5	Mais mfr	GPS	150	-560	-800
	Gras - US	Düng.	10	80	120
	Gärrest*	Düng.		1140	1140
Humusbilanz				+ 224	- 6

* 80 % Substanzabbau



Böse, S.: Stimmt die Humusbilanz? In: *praxisnah* 1/2007

Einschätzung der Tauglichkeit

- Im Rahmen der Direktzahlungs-Verpflichtungs-Verordnung (Cross Compliance) ist die Anwendung der unteren VDLUFA-Bedarfskoeffizienten vorgeschrieben, um zu überprüfen, ob die Anforderungen an die Humusreproduktion erfüllt werden.
- Studien zeigen, dass damit offensichtlich die Anforderungen an die Humusreproduktion in der Praxis zu niedrig ausgewiesen werden (TLL Jena, 629 Betriebe)
- Nahezu alle Betriebe würden demnach erhebliche Humusbilanzüberschüsse besitzen. Nicht plausibel!

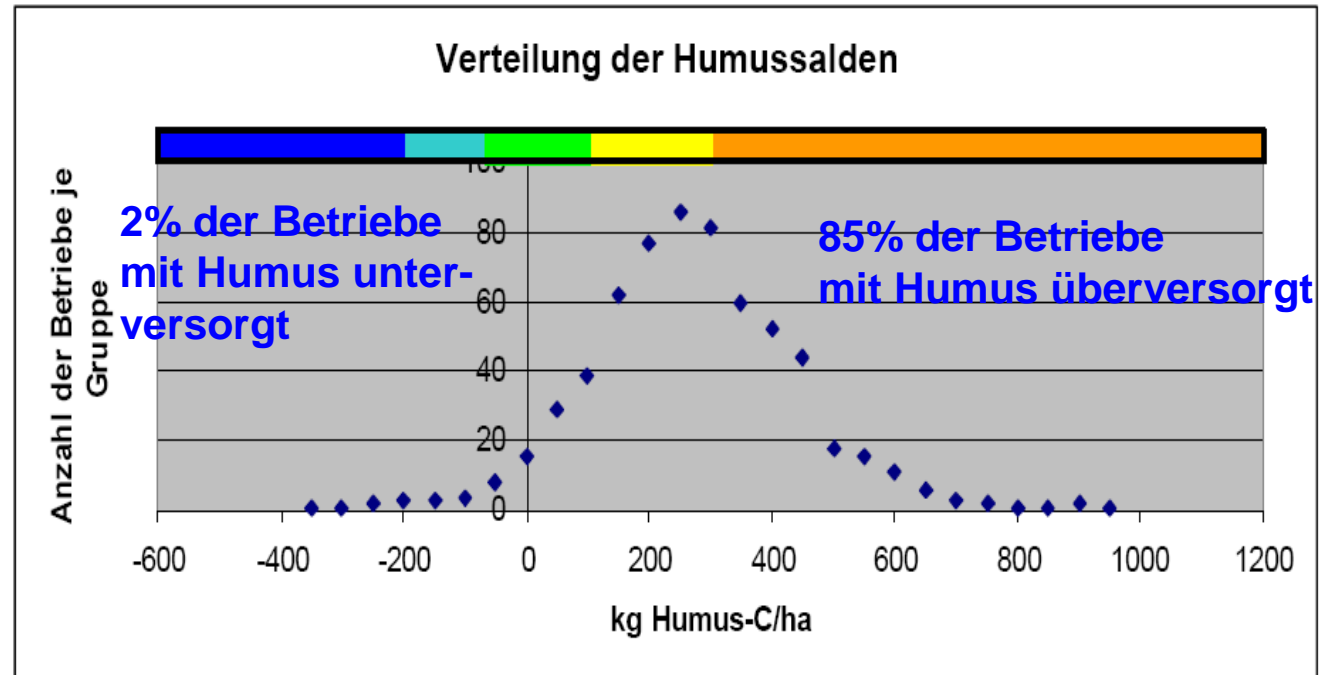
Humusbilanzierung in landwirtschaftlichen Betrieben

Bericht zur Teilaufgabe 7 für den VDLUFA-F&E-Bericht „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen“

Thorsten Breitschuh¹, Ulrich Gernand¹

¹ Verband für Agrarforschung und Bildung (VAFB) e.V., Jena

Abb. a: Verteilung der Humussalden von 629 landwirtschaftlichen Betrieben in Gruppen



Legende für die Einteilung der Salden in Saldengruppen:

Bewertung der Salden anhand der Bewertungstabelle für Saldengruppen:



Gruppe E: 42 % haben einen Saldo von > 300 kg (erhöhte Humusversorgung)

Gruppe D: 45% liegen zwischen 101 und 300 kg (mittelfristig tolerierbare Überversorgung)

Gruppe C: 11% befinden sich im anzustrebenden Optimalbereich (-75 bis 100)

Gruppe B: 1% zeigen einen nur mittelfristig tolerierbaren negativen Saldo (-200 bis -76)

Gruppe A: 1% sind deutlich unterversorgt (< -200)



Gefahr falscher Managemententscheidungen aufgrund vermeintlicher hoher Humusbilanzüberschüsse:

- **z.B. verstärkter Energiemaisanbau ...**
- **z.B. Strohverkauf zur energetischen Verwertung ...**

Außerdem: Gefahr einer falschen Bewertung der Umweltverträglichkeit des Betriebssystems!

Wissenschaftlicher Befund des europäischen Forschungsverbundes CARBO EUROP:

- Humuszehrung von ca. 95g C pro m² Jahr (ca. 1 t/ha/a) auf allen bisher untersuchten europäischen Standorten

„Bemerkenswert ist dieser Kohlenstoffverlust, weil viele Standorte nach guter fachlicher Praxis bewirtschaftet wurden und die Mengen an Kohlenstoff, die dem Boden zugeführt wurden, durchaus den aktuellen Empfehlungen (z.B. der VDLUFA) entsprechen.“



Agriculture, Ecosystems and the Environment

Volume 139, Issue 3, Pages 293-454 (15 November 2010)

The carbon balance of European croplands

Edited by Pete Smith, Mike Jones, Bruce Osborne and Martin Wattenbach

Vorschlag zur Neugestaltung der Richtwerttabelle und Änderung der Anwendungsempfehlung

Tabelle 8: Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte von Böden in Humus-äquivalenten (kg Humus-C) ha⁻¹a^{-1*})

(Negative Werte zeigen den erforderlichen Humusbedarf. In Fruchtfolgen können sich positive und negative Veränderungen ganz oder teilweise kompensieren.)

Hauptfruchtarten	kg Humus-C ha ⁻¹ Verlust (-) oder Gewinn (+)		
	Mindestanforderung (Cross Compliance)	Beratungsempfehlungen Integrierter Landbau	Ökologischer Landbau
<u>Zucker- und Futterrübe</u> , einschließlich Samenträger	-760	-1300	-2000
<u>Kartoffeln</u> und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>	-760	-1000	-1500
<u>Silomais</u> , Körnermais und 2. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>	-560	-800	-1200
<u>Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen</u> , Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse / Gewürz- u. Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>	-280	-400	-600

Vorschlag zur Neugestaltung der Richtwerttabelle und Änderung der Anwendungsempfehlung

Tabelle 8: Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte von Böden in Humusäquivalenten (kg Humus-C) ha⁻¹a^{-1*})

(Negative Werte zeigen den erforderlichen Humusbedarf. In Fruchtfolgen können sich positive und negative Veränderungen ganz oder teilweise kompensieren.)

Hauptfruchtarten	kg Humus-C ha ⁻¹ Verlust (-) oder Gewinn (+)		
	Mindestanforderung (Cross Compliance)	Beratungsempfehlungen	
		Integrierter Landbau	Ökologischer Landbau
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger	-760	-1300	-2000
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle</small>	-760	-1000	-1500
Gruppe Gemüse / Gewürz- u. Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle</small>	-560	-800	-1200
	-280	-400	-600

Definition der bisherigen unteren VDLUFA-Bedarfswerte als Minimalanforderung an die Humusreproduktion!

Vorschlag zur Neugestaltung der Richtwerttabelle und Änderung der Anwendungsempfehlung

Tabelle 8: Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte von Böden in Humus-äquivalenten (kg Humus-C) ha⁻¹a^{-1*})
(Negative Werte zeigen den erforderlichen Humusbedarf. In Fruchtfolgen können sich positive und negative Veränderungen ganz oder teilweise kompensieren.)

Hauptfruchtarten	kg Humus-C ha ⁻¹ Verlust (-) oder Gewinn (+)		
	Mindestanforderung (Cross Compliance)	Beratungsempfehlungen	
		Integrierter Landbau	Ökologischer Landbau
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger	-760	-1300	-2000
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen <small>siehe Zusatztable</small>)	-760	-1000	-1500
	-560	-800	-1200
	-280	-400	-600
u. Heilpflanzen			

**Definition der bisherigen
oberen VDLUFA Bedarfswerte
als Beratungsempfehlung
für die Praxis (KLB/ILB)!**



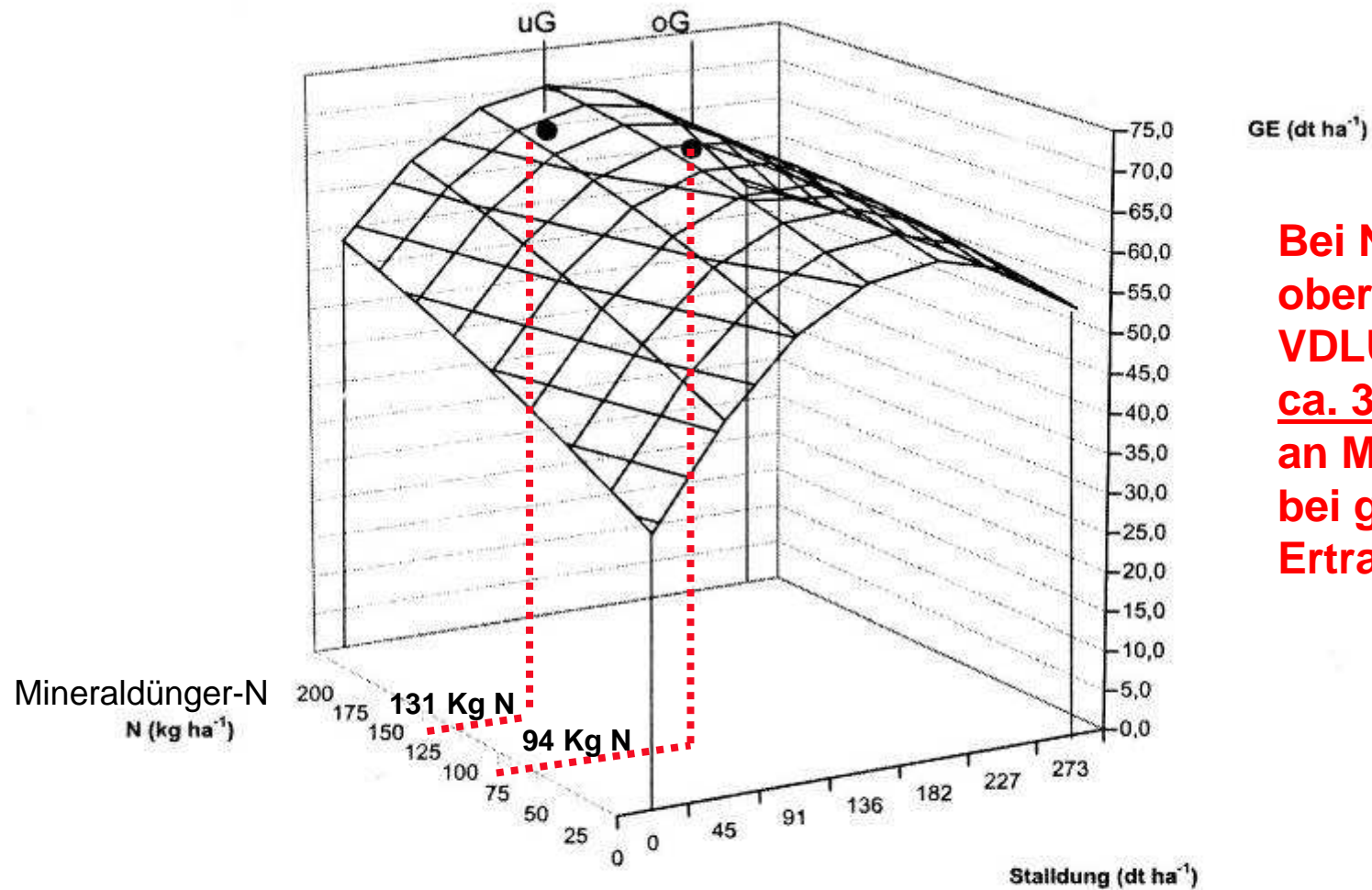
1. Humuswirkung der angebauten Früchte

<http://www.lfl.bayern.de/iab/bodenschutz/12458/index.php?context=/lfl/iab>

> **Humusfaktoren** für Zucker- und Futterrüben, Getreide einschließlich Körnermais und Ölfrüchten ohne Koppelprodukte; bei den restlichen Fruchtarten ist die Humusersatzleistung der Koppelprodukte im Humusfaktor berücksichtigt

obere VDLUFA-Werte

Name der Ackerfläche		betrachte	
		von	
		bis einschließlich	
Fruchtart	Früchte in der Fruchtfolge	Humusfaktor kg Humus-C / ha Jahr	fruchtartspezifische Veränderung der Humusvorräte kg Humus-C / ha
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger			
	Gehaltsrüben	-1300	
	Massenrüben	-1300	
	Zuckerrüben	-1300	
Kartoffeln			
		-1000	
Mais			
	Körnermais	-800	
	Silomais	-800	
Getreide, Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen			
	Braugerste	-400	
Körnerleguminosen			
		240	
Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung			
	je Hauptnutzungsjahr	800	
	im Ansaatjahr als Frühjahrsblanksaat	500	
	im Ansaatjahr bei Gründeckfrucht	400	
	im Ansaatjahr als Untersaat	300	
	im Ansaatjahr als Sommerblanksaat	150	



Bei Nutzung der oberen VDLUFA-Werte ca. 30% Einsparung an Mineralstickstoff bei gleicher Ertragserwartung!

Abbildung 6. Einfluss steigender Gaben an N-Mineraldüngung und Stallung auf den Ertrag an Getreideeinheiten, sowie berechnetes Ertragsniveau der uG- und oG-Optimalvarianten am Beispiel des Versuches aus Groß Kreutz in Brandenburg.

Figure 6. Effect of increasing amounts of mineral N and stable manure on yields (grain equivalents) and calculated yield levels for optimal uG and oG trial versions in a field trial conducted at Groß Kreutz, state of Brandenburg/Germany.

Vorschlag zur Neugestaltung der Richtwerttabelle und Änderung der Anwendungsempfehlung

Tabelle 8: Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte von Böden in Humus-äquivalenten (kg Humus-C) ha⁻¹a^{-1*})

(Negative Werte zeigen den erforderlichen Humusbedarf. In Fruchtfolgen können sich positive und negative Veränderungen ganz oder teilweise kompensieren.)

Hauptfruchtarten	kg Humus-C ha ⁻¹ Verlust (-) oder Gewinn (+)		
	Mindestanforderung (Cross Compliance)	Beratungsempfehlungen	
		Integrierter Landbau	Ökologischer Landbau
Zucker- und Futterrübe, einschließlich	-760	-1300	-2000
Erweiterung der Methodik um Bedarkkoeffizienten für Betriebe des ÖLB! Im ÖLB sind höhere Anforderungen an die Boden- funktionen als im KLB/ILB zu erfüllen.	-760	-1000	-1500
	-560	-800	-1200
	-280	-400	-600

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

