

# Humus

## Humusgehalte

### Humusbilanzierung

08.02.2013

**Dr. Johannes Heyn, ehemals LLH FG 33, Kassel**





## **Inhalt:**

- **Allgemeines zu Humus**
- **Häufige Humusgehalte**
- **Entwicklung von Humusgehalten**
- **Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften**
- **Humusuntersuchung im Boden**
- **Humusbilanzierung**
- **Beispiele**
- **Fazit**



## Inhalt:

- **Allgemeines zu Humus**
- Häufige Humusgehalte
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- Fazit

***Bodenkundliche Definition:***

Organische Bodensubstanz (OBS) ist die im Boden integriert lebende und abgestorbene organische Substanz

***Bodenkundliche Definition:***

Humus ist die abgestorbene organische Substanz im Boden

***Auszug aus VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“:***

Unter „Humus“ wird die in den Boden integrierte organische Bodensubstanz (OBS) verstanden,  
die durch Bodenprobenahme und Untersuchung des Gehaltes  
an organischem Kohlenstoff im Boden ( $C_{org}$ ) nach VDLUFA-Methodenbuch  
nachweisbar ist.

Dabei gilt:  $C_{org}$  -Gehalt x 1,724 = Humusgehalt

## Organische Ausgangssubstanzen für die Humusbildung:

- Wurzelmasse
- Erntereste
- Organische Dünger

*Also:  
Das stammt aus  
der  
Bewirtschaftung.  
Sonst sind da  
noch die Boden-  
Lebewesen zu  
nennen, die auch  
einen Beitrag  
leisten können.*

### Inhaltsstoffe der Ausgangssubstanzen:

- Wasser
- Mineralstoffe
- Organische Verbindungen:
  - Kohlenhydrate(Zucker, Stärke, Pektin, Zellulose, Hemizellulose)  
meist > 50 % der OTS
  - Lignin  
ca. 10 – 40 % der OTS
  - N-haltige Verbindungen (Proteine, Proteide, Nukleinsäuren)  
< 20 % der OTS
  - Fette, Wachse, Harze, Gerbstoffe, Farbstoffe  
< 10 % der OTS

### Chemische Zusammensetzung stark variierend, im Mittel:

C = 47; O = 44; H = 7; N = 2, jeweils % von OTS



## Umwandlungsprozesse im Boden:

### 1. Verwesung

- Biochemische Initialphase
- Phase der mechanischen Zerkleinerung
- Phase des mikrobiellen Abbaues

Mikrobieller Abbau = biotische Oxidation = Atmung  
= Abbau organischer Substanz zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$   
unter Freisetzung von Energie,  $\text{NH}_4$  und Mineralstoffen

### 2. Humifizierung

- a) Durch Umwandlung von organischen Ausgangssubstanzen
- b) Durch Neubildung aus Abbauprodukten entweder
  - chemisch oder
  - biotisch

Humifizierung = Aufbau von Huminstoffen

**Huminstoffe:** Amorphe organische Makromoleküle, große aktive Oberfläche, dadurch hohes Wasserhalte- und Adsorptionsvermögen, dunkle Farbe  
**Humus im Boden:** Gemisch aus mehr oder weniger unzersetzter organischer Ausgangssubstanz und Huminstoffen

Praxisübliche Unterteilung:

- **Nährhumus (= umsetzbarer Kohlenstoff, =  $\text{C}_{\text{hwl}}$ )**
- **Dauerhumus (= inerte Kohlenstoff)**

## Humuswirkungen:

### Physikalisch:

Verbessert Bodenstruktur: Lockerung, Stabilisierung der Aggregate, indirekt:

Verringerung der Erosions- und Schadverdichtungsgefahr

Steigert Wasserkapazität: direkt durch Bindung, indirekt durch Strukturverbesserung

Erhöht Bodentemperatur: direkt durch dunklere Farbe, indirekt durch

Strukturverbesserung

### Chemisch:

Liefert Nährstoffe / kann Nährstoffe festlegen

Speichert Nährstoffe / kann Nährstoffdynamik fördern

Kann Wirkung von PSM oder Schadstoffen mindern

Kann möglicherweise enthaltene Wirk- und/oder Hemmstoffe freisetzen

Puffert saure Bodenreaktion

### Biologisch:

Liefert Substrat für Bodenorganismen



## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- **Häufige Humusgehalte**
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- Fazit

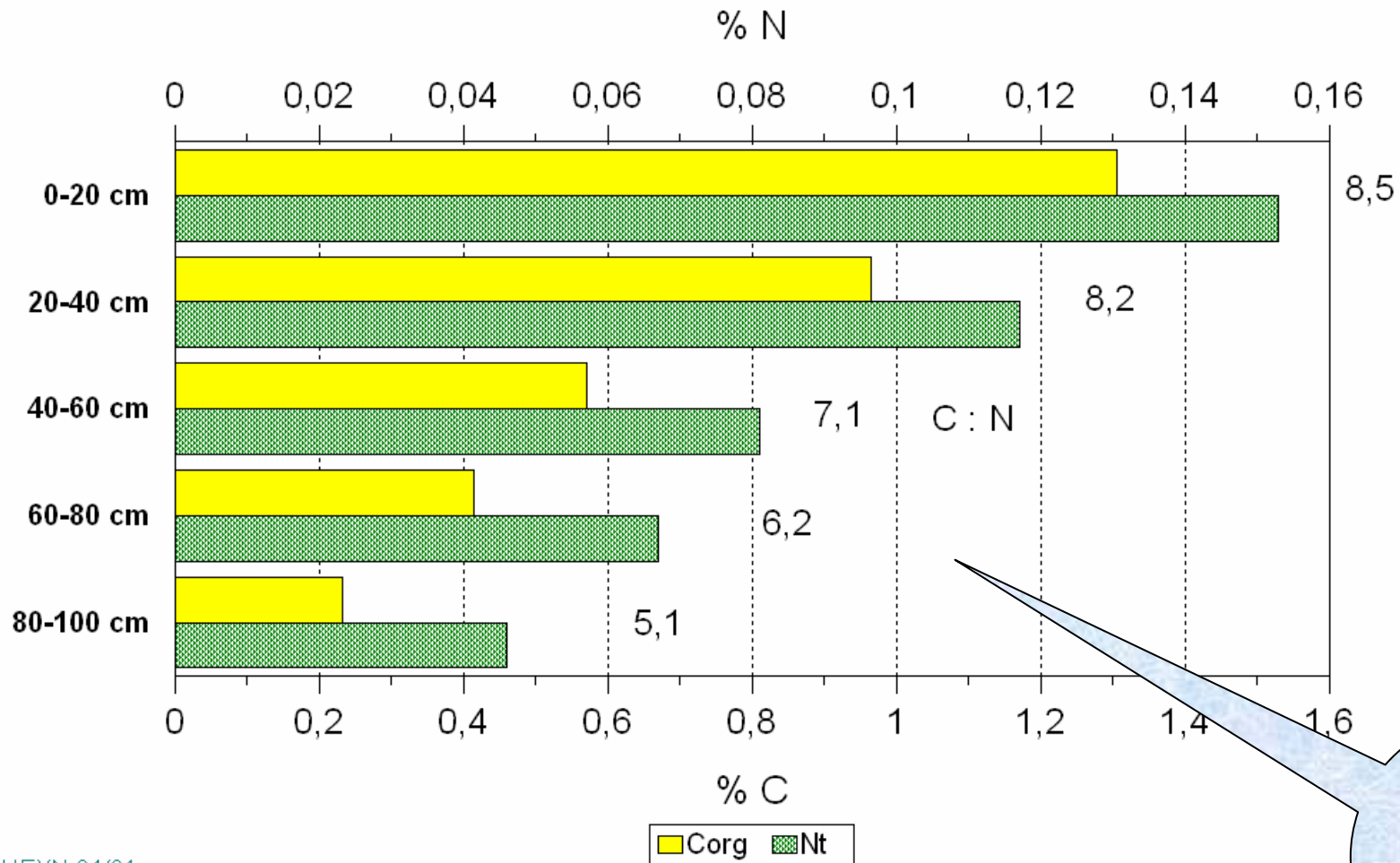


Einfluss der Nutzung auf den Kohlenstoffgehalt (unter vergleichbaren Standortbedingungen) (SCHRÖDER):

Eiche/Hainbuche	2,5 % C = 4,3 % Humus in 0-25 cm
Weide	4,1 % C = 7,1 % Humus in 0-25 cm
Acker	1,2 % C = 2,1 % Humus in 0-25 cm

*Also:  
Das ist nur  
die „Grob-  
einteilung“*

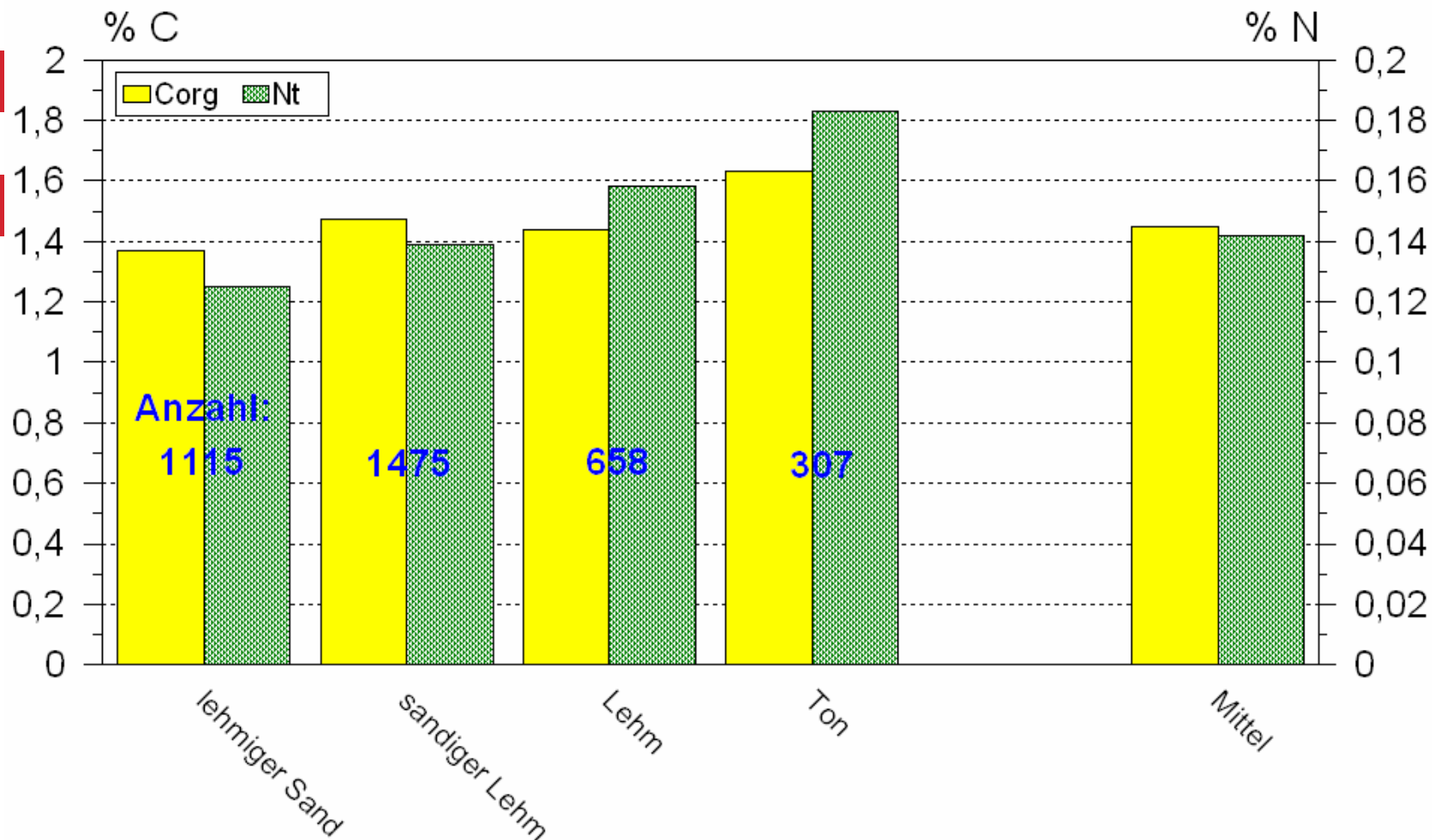
## C<sub>org</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalte im Mittel von 9 Standortaufnahmen



*Also:  
Humus  
gibt es  
nicht nur  
in der  
Krume*

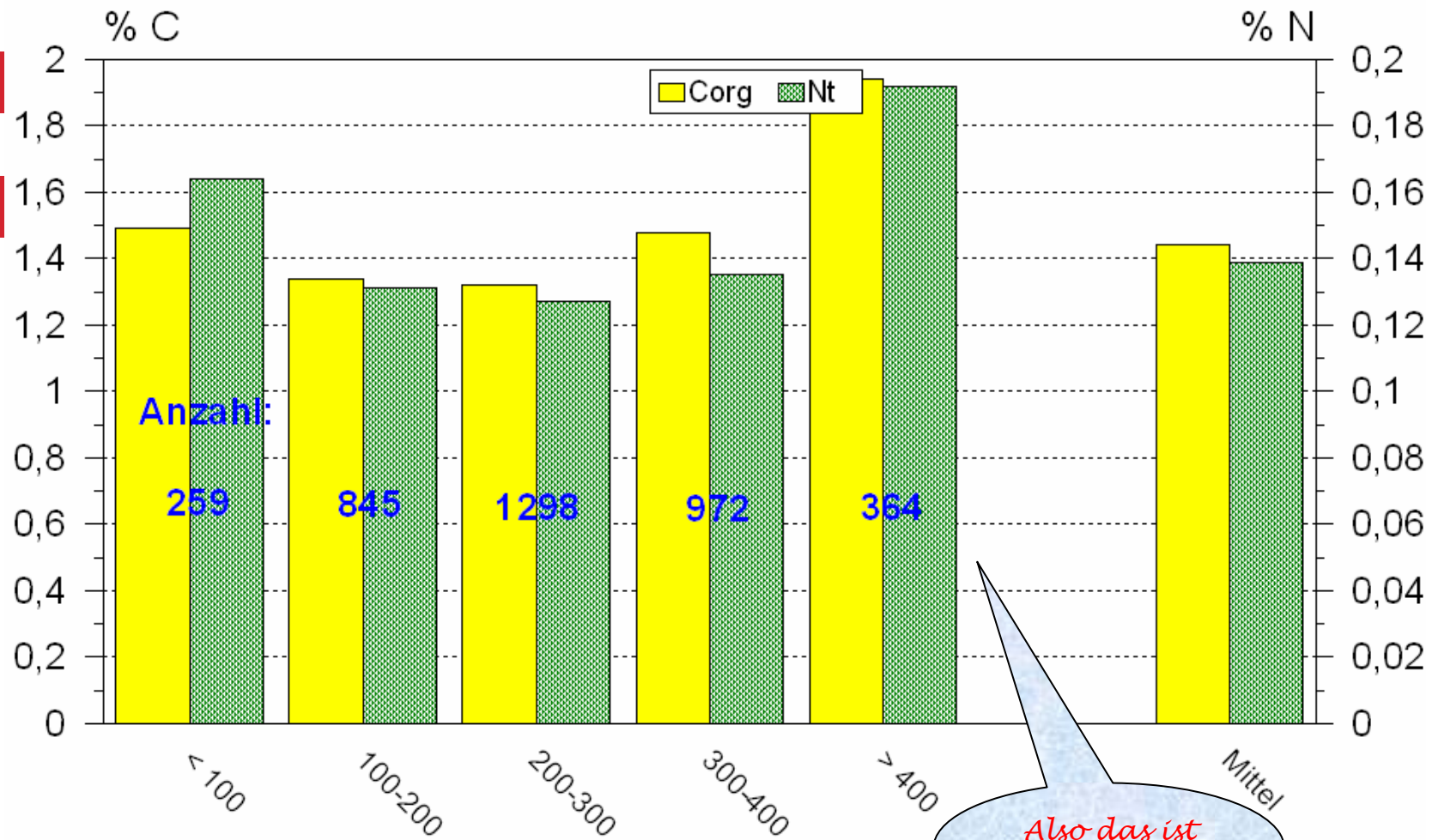
HABIS 1972-78, 3555 Schläge (WW, RW, Ha, GS):

## C<sub>org</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalte in Abhängigkeit von der Bodenart



HABIS 1972-78, 3738 Schläge (WW, RW, Ha, GS):

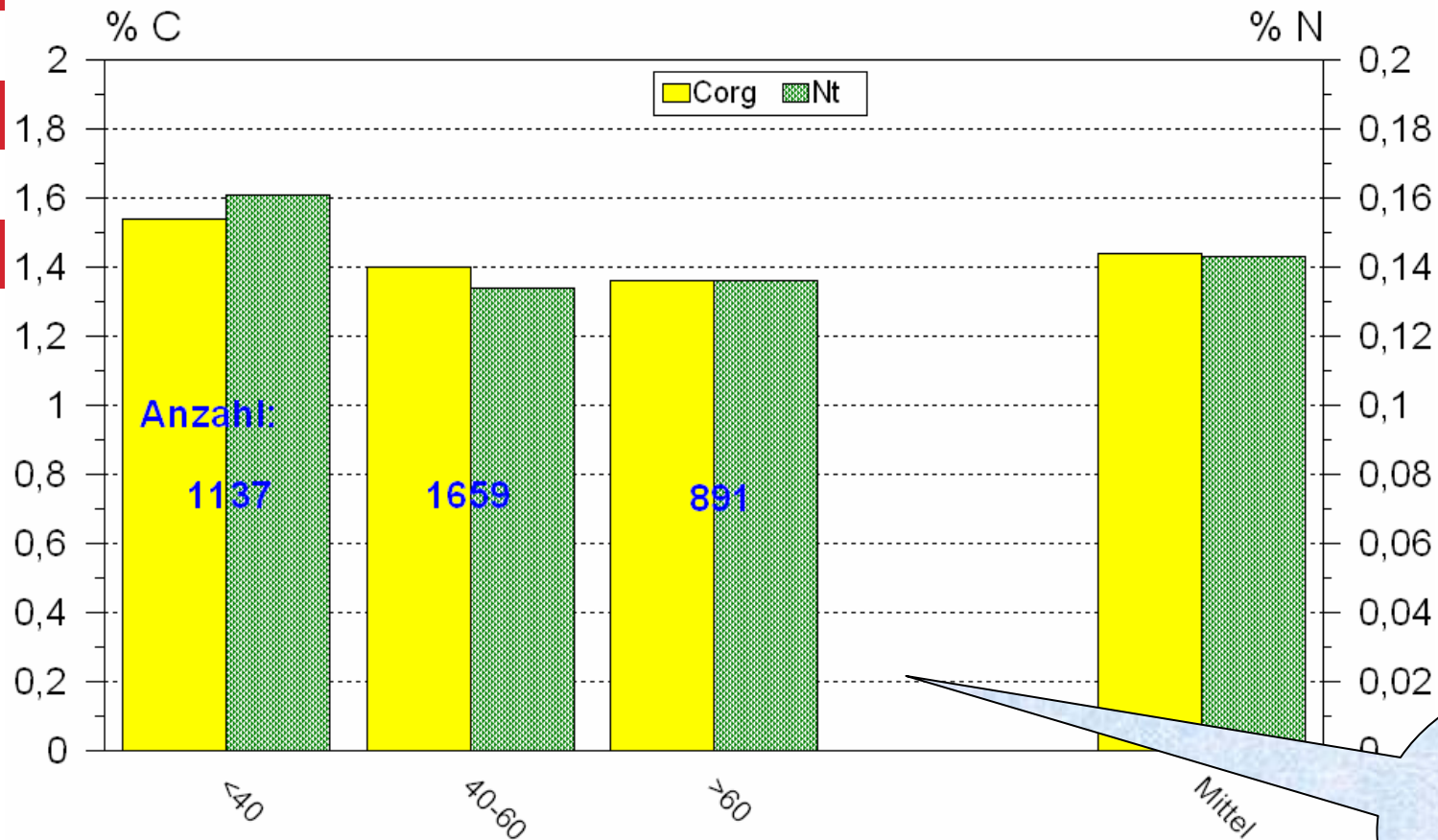
## C<sub>org</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalte in Abhängigkeit von der Höhenlage



*Also das ist klimabedingt*

HABIS 1972-78, 3687 Schläge (WW, RW, Ha, GS):

### C<sub>org</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalte in Abhängigkeit von der Ackerzahl

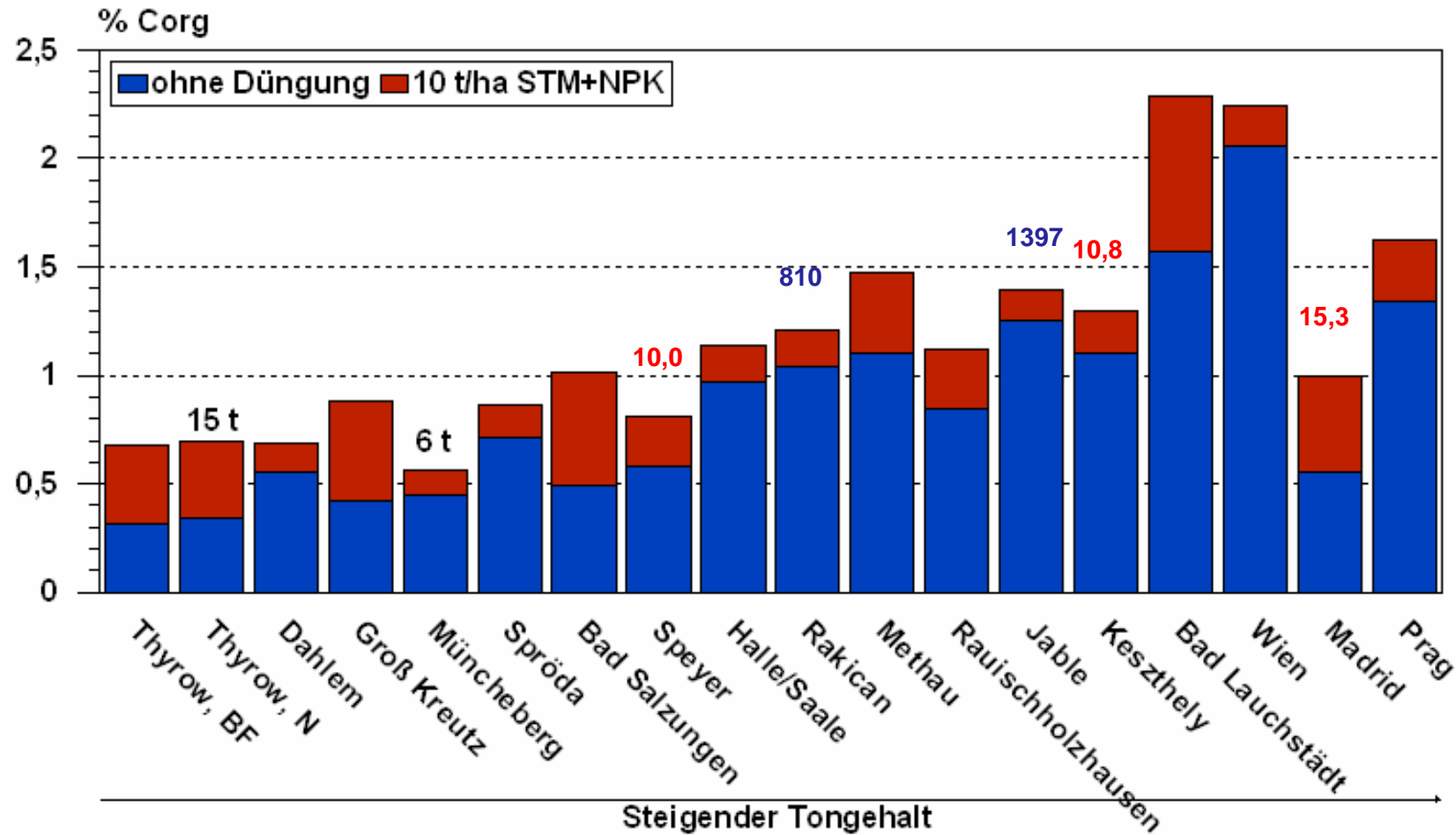


LLH Fg 25 11/09

*Also:  
Die besten  
Böden haben  
nicht die  
höchsten  
Humusgehalte*



## Gehalt an $C_{org}$ (0 - 30 cm) in 18 europäischen Dauerfeldversuchen, Ergebnisse aus 2000 bis 2010 (Körschens et al. 2012)



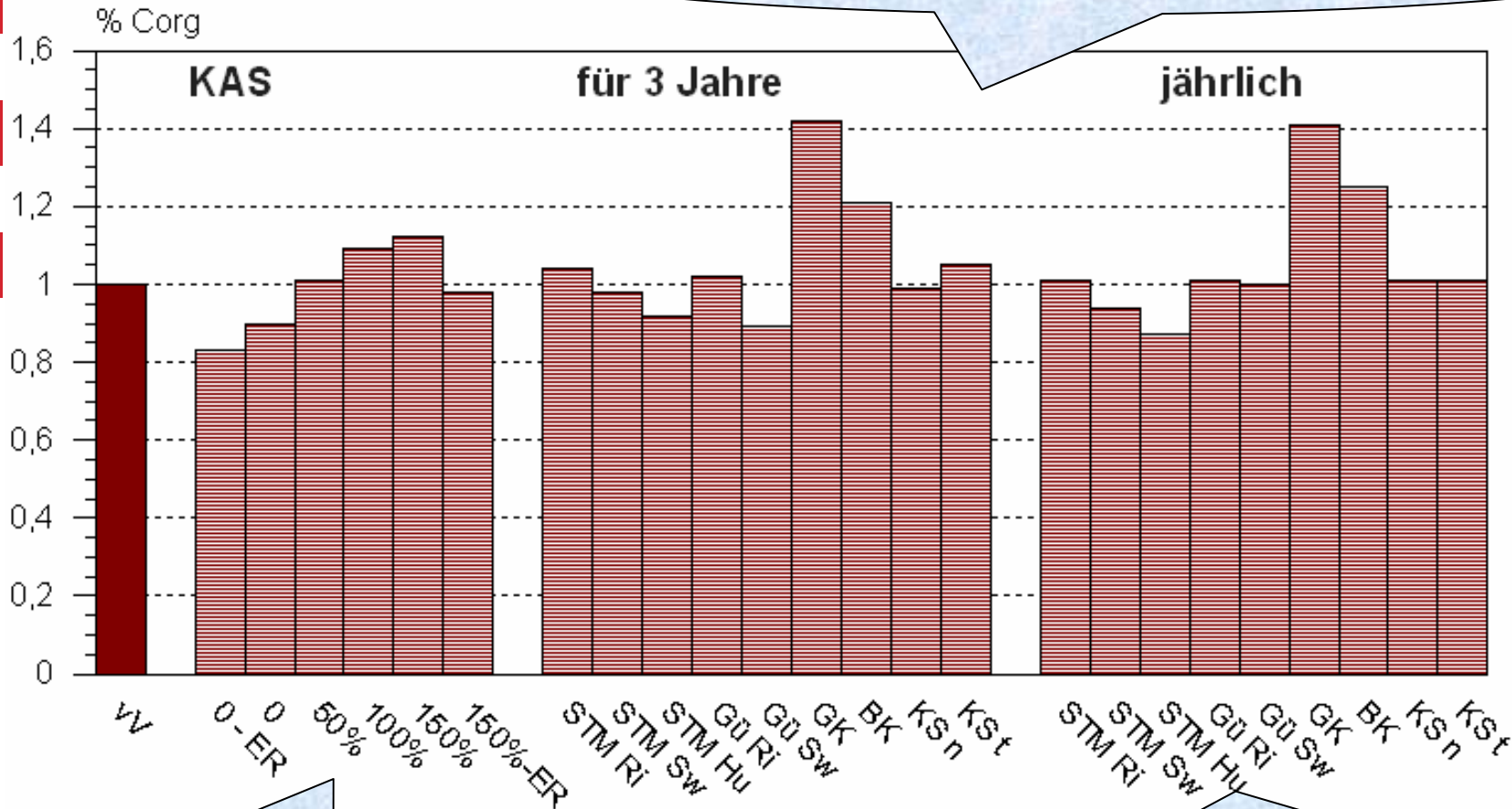
*Also:  
Standortunterschiede und Bewirtschaftung  
spielen die entscheidende Rolle*

Kastenversuch Harleshausen nach 18 Versuchsjahren

C<sub>org</sub>-Gehalt im Boden nach unterschiedlicher Düngung



*In diesen Varianten wurde ausschließlich mit OD gedüngt, ohne mineralische Ergänzung*

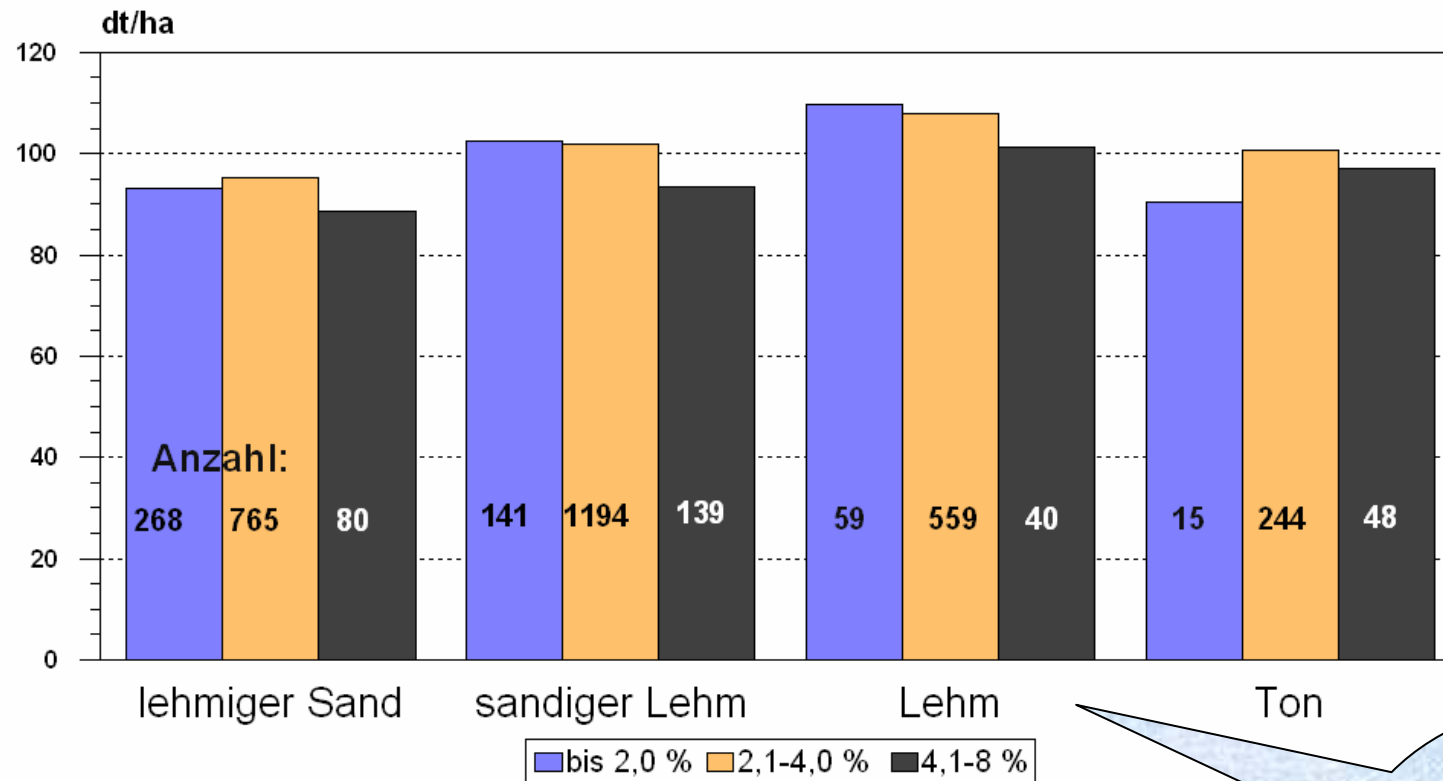


*Also:  
Hier die KAS-  
Steigerung spiegelt  
sich gut im  
Humusgehalt*

*Hier bei den organischen  
Düngern wird es  
schwieriger. Immerhin:  
die Kompostvarianten  
werden gut erkannt*

BEE Hessen 1972-1978

## Relativer Ertrag von WW, RW, Ha und GS in Abhängigkeit von Bodenart und Corg-Gehalt des Bodens (aus: HABIS 1980)



LLH Fg 25 11/09

*Aber:  
Hohe  
Humusgehalte  
sind nicht  
gleichbedeutend  
mit hohen  
Erträgen*





## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- Häufige Humusgehalte
- **Entwicklung von Humusgehalten**
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- Fazit

STURM, BUCHNER, ZERULLA: „Das Märchen vom Humusschwund“  
(„Gezielte Düngen“, 1994)

*„Der Humusgehalt unserer Ackerböden war noch nie so hoch“.*

Ursachen:

- WD-Anfall höher und nährstoffreicher
- Erntemengen höher und dadurch mehr Wurzelmasse und Erntereste
- Anteil humuszehrender Hackfrüchte in den FF geringer
- Chemischer Pflanzenschutz statt mechanischer Bearbeitung
- ZF-Gründung und Strohverbleib häufiger als früher
- Bessere Versorgung mit N, P, K, Kalk usw. fördert stabile Humusformen

*Also:  
Das ist Meinung 1,  
aber es gibt auch  
Meinung 2, siehe  
nächste Folie*

## Projekt „Carbo Europe“:

Pressemitteilung des vTI vom 20. Januar 2011:

### „Humusreiche Ackerböden verlieren Kohlenstoff“

Kontinuierliche Messung von CO<sub>2</sub>-Entgasung, Erfassung von organischer Düngung und Ernte.

9 Standorte in Europa untersucht, dabei festgestellt:

Im Mittel der 9 Standorte jährlicher Verlust von 950 kg C/ha, obwohl nach Bilanzierung Zufuhr ausreichend.

In Deutschland 2 Standorte untersucht, davon eine Schwarzerde mit sehr hohem C-Ausgangsgehalt.

Forschungsprojekt ist „Anfang einer wissenschaftlichen Reise“

*Wenn das erst  
der Reisebeginn  
ist, woher kennt  
man dann schon  
die Schlagzeile?*

## Klimaveränderung und Humusgehalt

(n. MÜLLER u. SCHULZ, 2007)

### Mögliche Entwicklungen:

#### Steigender CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre:

- Pflanzliche Primärproduktion nimmt zu (sofern H<sub>2</sub>O ausreicht)
- C/N-Verhältnis im Aufwuchs ändert sich zugunsten von C
- Wassernutzungseffizienz verbessert
- N-Dynamik intensiviert (Mineralisation / Denitrifikation)

#### Temperaturanstieg:

- Umsetzungsrate der OS gesteigert
- Fruchtfolgeänderung mit höherer Biomasseproduktion

#### Trockenere Sommer:

- Pflanzliche Primärproduktion nimmt ab
- Abbau der OS verlangsamt
- Abbau der OS in Feuchtgebieten intensiviert

#### Häufigere Starkregenereignisse:

- Erosion nimmt zu

### Humusgehalt:

steigt →  
steigt →  
indifferent →  
indifferent →

sinkt →  
steigt →

sinkt →  
steigt →  
sinkt →

sinkt →

*Also:  
Wenn die  
Klimaforscher nicht so  
genau wissen, was  
kommt, woher sollen es  
die Humusforscher  
wissen?*

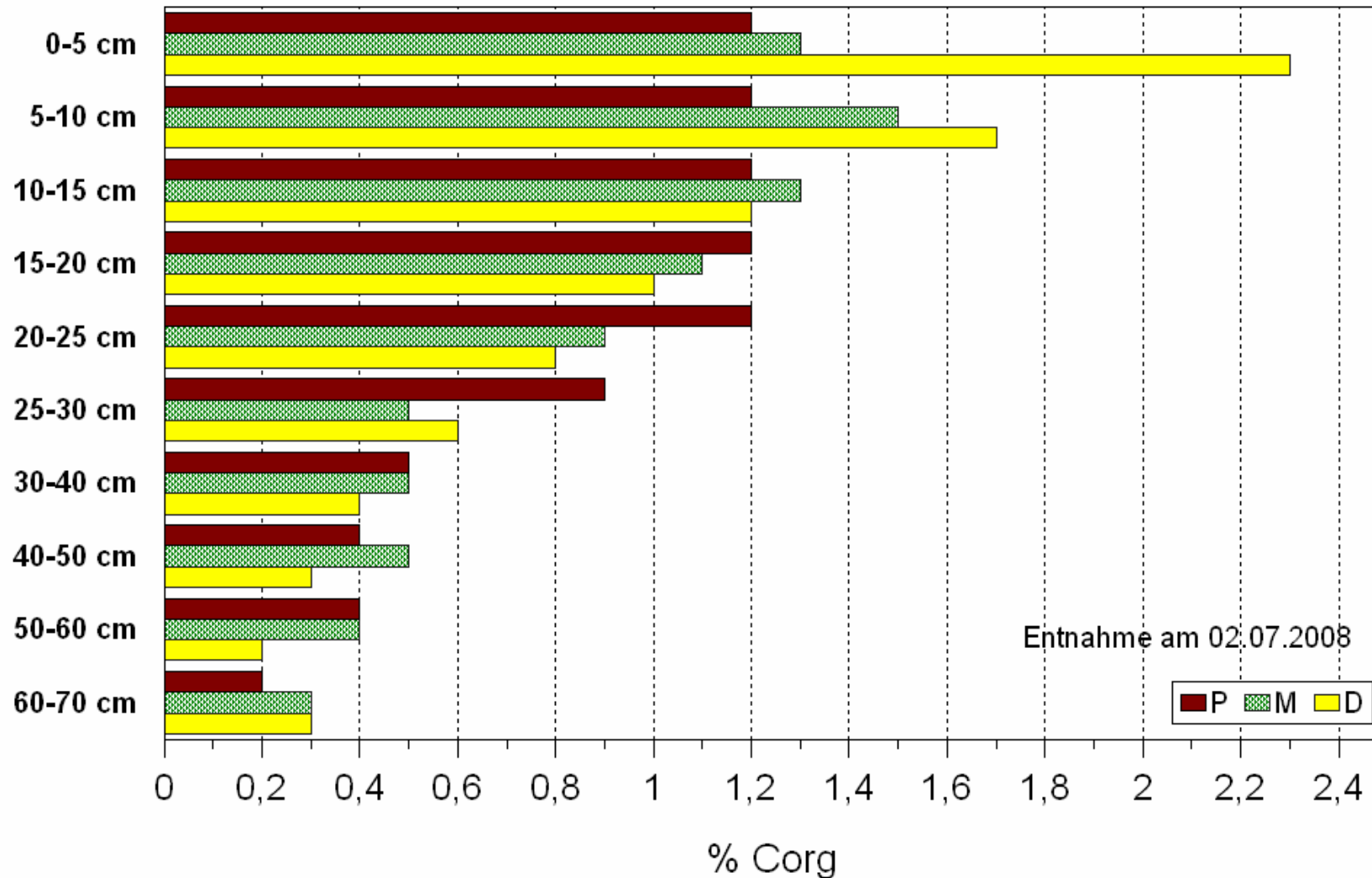


## Bodenbearbeitung und Humusgehalt

Bodenbearbeitungsversuch Hassenhausen:

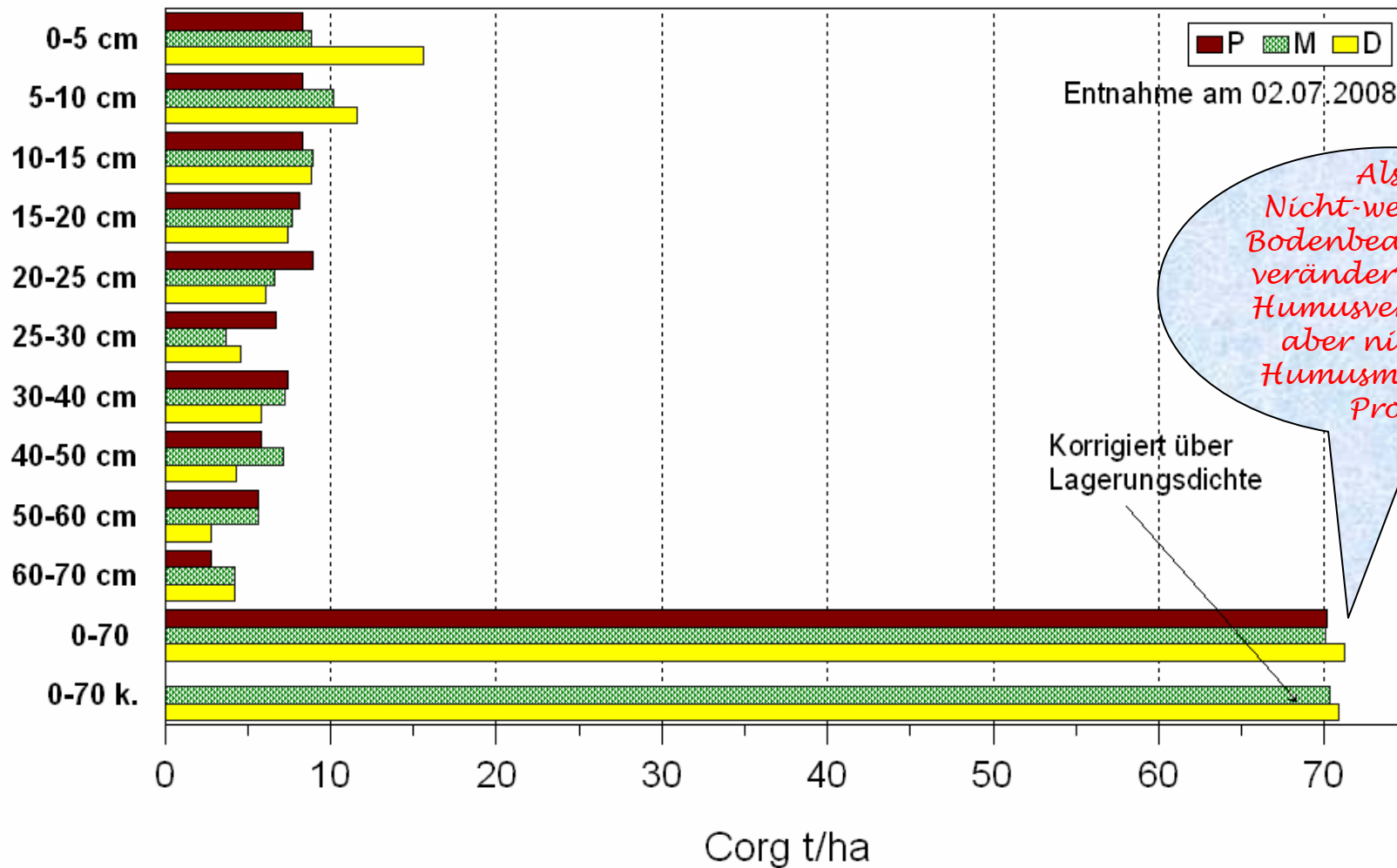
*Also:  
Das ist einer  
der uralten  
Bodenbearbei-  
tungsversuche  
der Uni Giessen*

### C<sub>org</sub>-Gehalt bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung



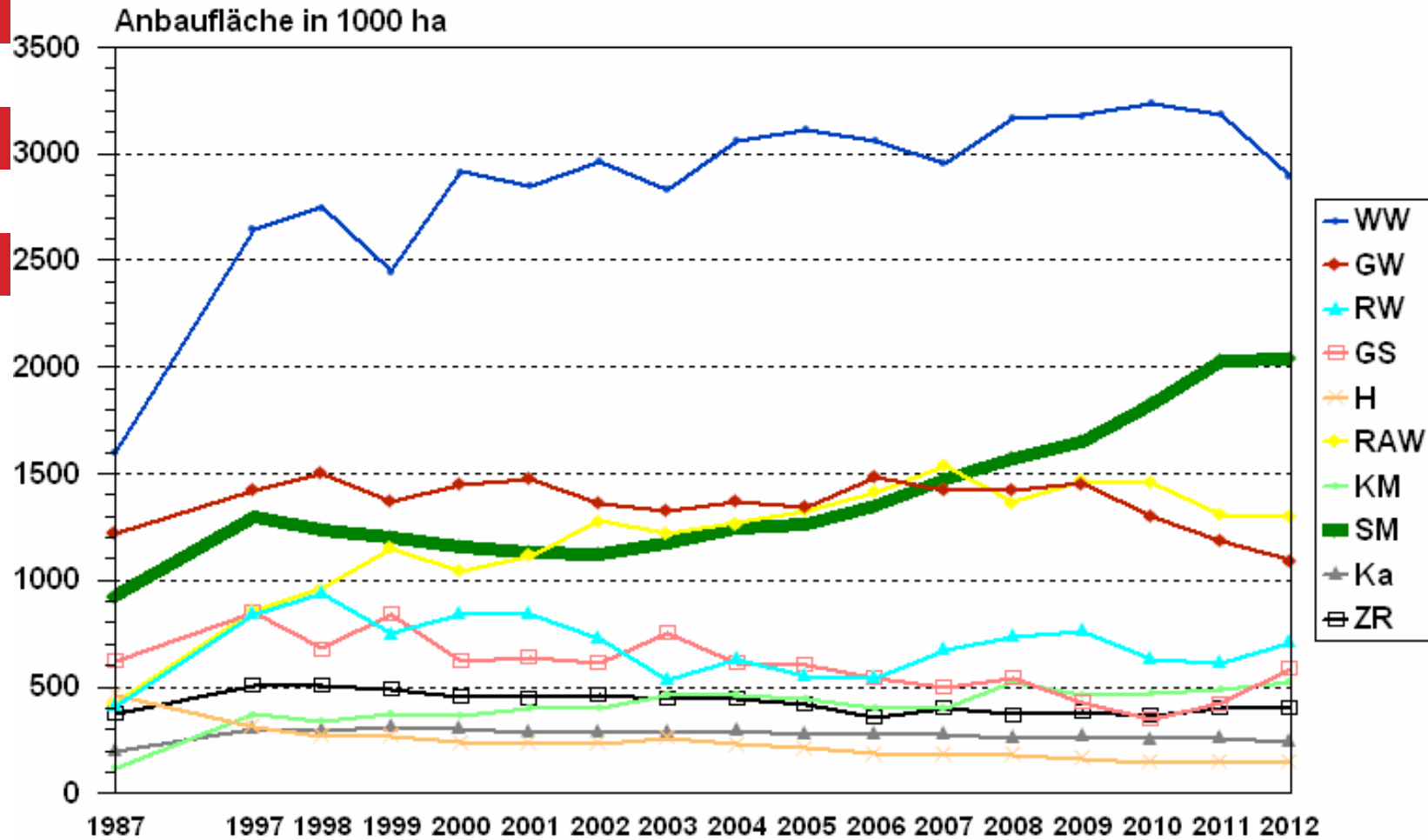
Bodenbearbeitungsversuch Hassenhausen:

# C<sub>org</sub>-Mengen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung



## Zunehmender Maisanbau und Humusgehalt

### Entwicklung der Anbauflächen in Deutschland



## Zur Humuswirkung von Mais-Biogäresten:

Methanisierungsrate von Maisganzpflanzen und Humusreproduktionsleistung der Gärreste (REINHOLD, 2008)

Methanisierung von Input- $C_{org}$ in %	Anlagenbewertung	Humus-C in % von Gärrest- $C_{org}$
90	Entwicklungsziel	33,2
80	Stand der Technik	31,1
70		28,9
60	tolerierbare Praxiswerte	26,8
50		24,7
40	unzureichende Vergärung	22,7

Mit höherer Methanausbeute nimmt die  $C_{org}$ -Menge entsprechend ab, aber die Abbaustabilität der Gärreste steigt.

Es gibt allerdings auch einige neuere Ergebnisse die eine überraschend schnellere Abbaubarkeit der Gärreste zeigen. Die Ursache könnte in dem Wechsel von anaeroben zu aeroben Verhältnissen liegen. (DOMINIK, 2010)

*Also:  
Zur Humuswirkung  
der Gärreste gibt es  
noch viel  
Forschungsbedarf*





## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- Häufige Humusgehalte
- Entwicklung von Humusgehalten
- **Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften**
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- Fazit



**Schätzung und Bewertung des Gehaltes an organischer Substanz in europäischen Ackerböden nach einem Bericht der Forschungsstelle der EU-Kommission (MONTANARELLA, 2002)**

Gew.% C <sub>org</sub>	Klasse	Hektar in EU	in %
< 1	sehr gering	66 558 238	13
1 - 2	gering	163 967 166	32
2 - 6	mittel	232 325 106	45
> 6	hoch	22 173 470	5

Die Bericht nimmt als **kritische Grenze den Wert 2** an und beklagt, dass in Gesamt-Europa 45 % der Böden darunter liegen, in Südeuropa ca. 75 %.

**Das wird als Abnahme infolge intensiver Bodennutzung und als Prozess der Bodendegradierung gewertet.**

*Also:  
So streng sieht  
das die EU. Wie  
wir es in  
Deutschland  
sehen siehe  
nächste Folie*

**Einteilung der Böden nach dem Gehalt an organischem Kohlenstoff**  
 (nach KA 4, 1996, MONTARANELLA, 2002, und DirektZahlVerpfIV, 2004)

1 % Humus →  
 1,5 % Humus ↗

% C <sub>org</sub>		Bezeichnung	
K4	EU	EU	K4
0	0		humusfrei
< 0,58	0,58 bei <13 % Ton	1	sehr gering
			sehr schwach humos
1,16	0,87 bei >13 % Ton	2	gering
			schwach humos
2,33			mittel humos
			stark humos
4,65			mittel
			sehr stark humos
8,72			hoch
			etxrem humos
17,44			

## Humusuntersuchung und -bilanzierung vor dem Hintergrund von:

Bundes-Bodenschutzgesetz, § 17 (2), Nr.7:  
... **der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten wird.**„

VO (EG) Nr. 73 / 2009, Artikel 6:  
Direktzahlungen geknüpft an Erhaltung in „gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“  
„**Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden durch geeignete Praktiken.**“

Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung, Änderung in Kraft seit 08.02.2010, § 3,  
**Erhalt der organischen Substanz im Boden und Schutz der Bodenstruktur**

VDLUF-  
Standpunkt  
„Humus-  
bilanzierung“

Bodenuntersuchung auf Humusgehalt nach CC

Humusbilanz nach CC  
= Betriebsbezogen,  
horizontal

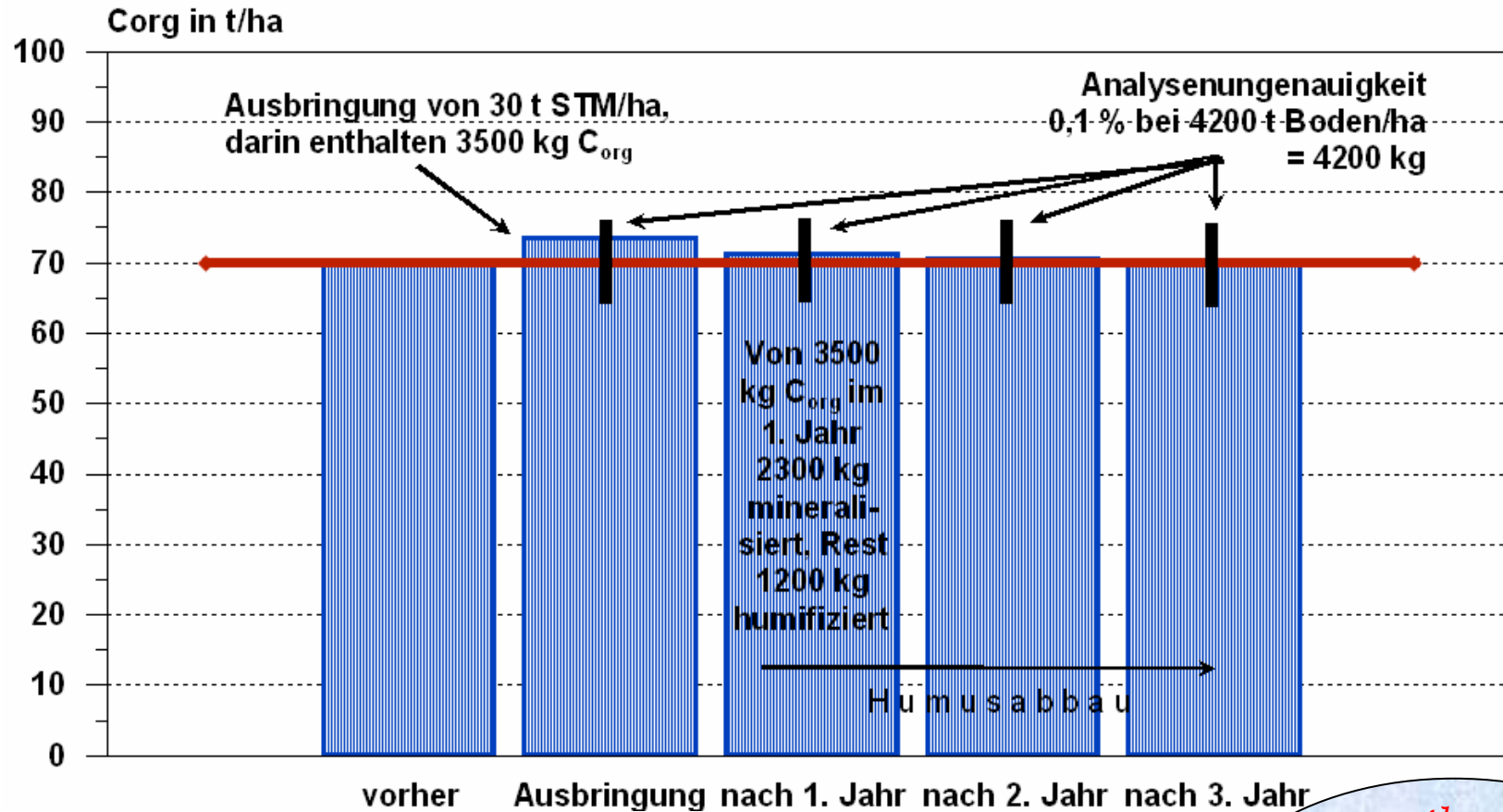
Humusbilanz  
= Schlagbezogen,  
vertikal



## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- Häufige Humusgehalte
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- **Humusuntersuchung im Boden**
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- Fazit

## Modellbeispiel: Humuswirkung und Analysenungenauigkeit (n. REINHOLD 2010)



*Also:  
Angesichts der Ungenauigkeit der Analysen können nur starke Änderungen des Humusgehaltes erfasst werden*

## Heterogenität bei $C_{org}$ -Gehalten

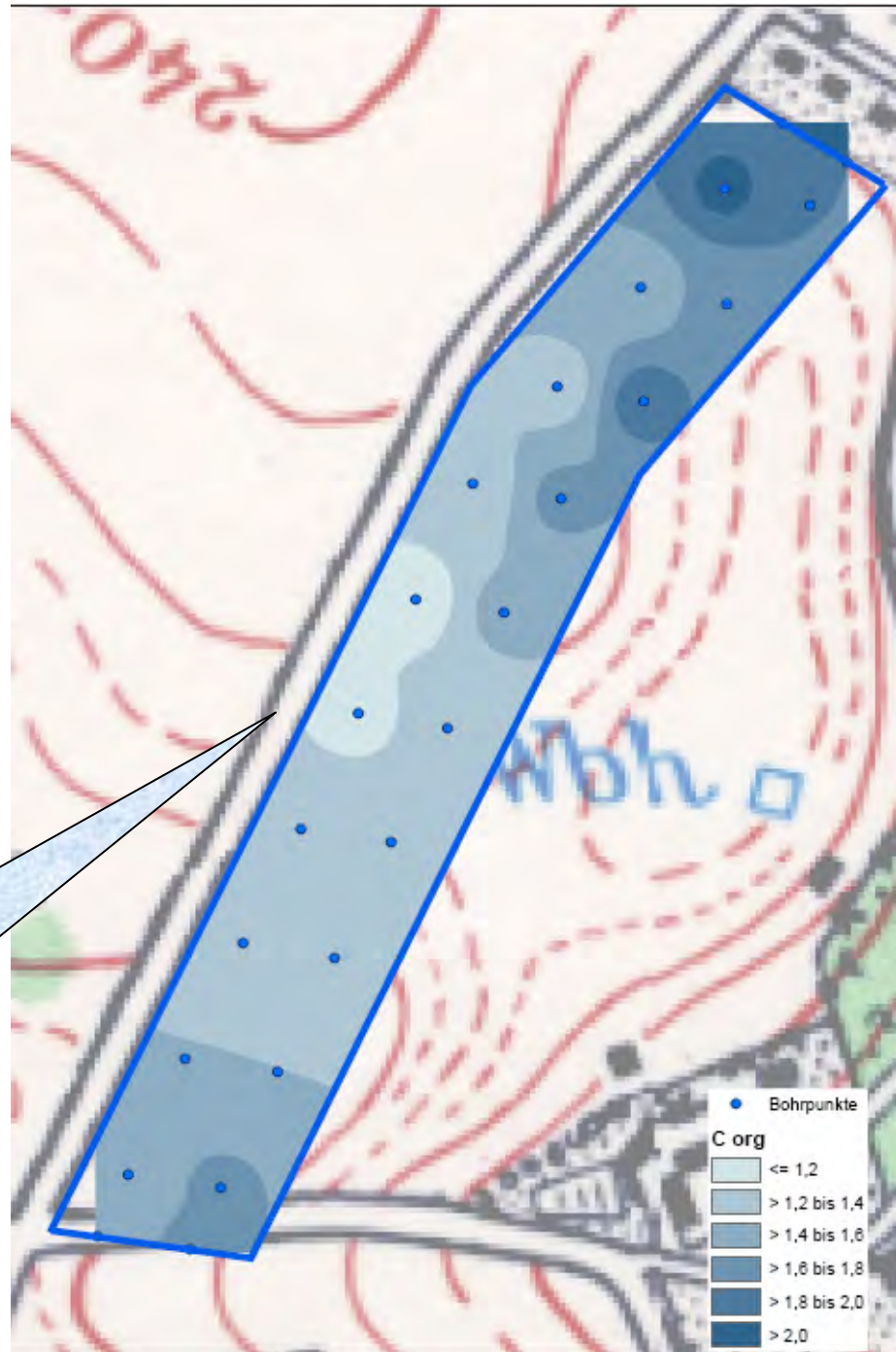
Rauischholzhausen

Schlag

„Am Walzenberg“

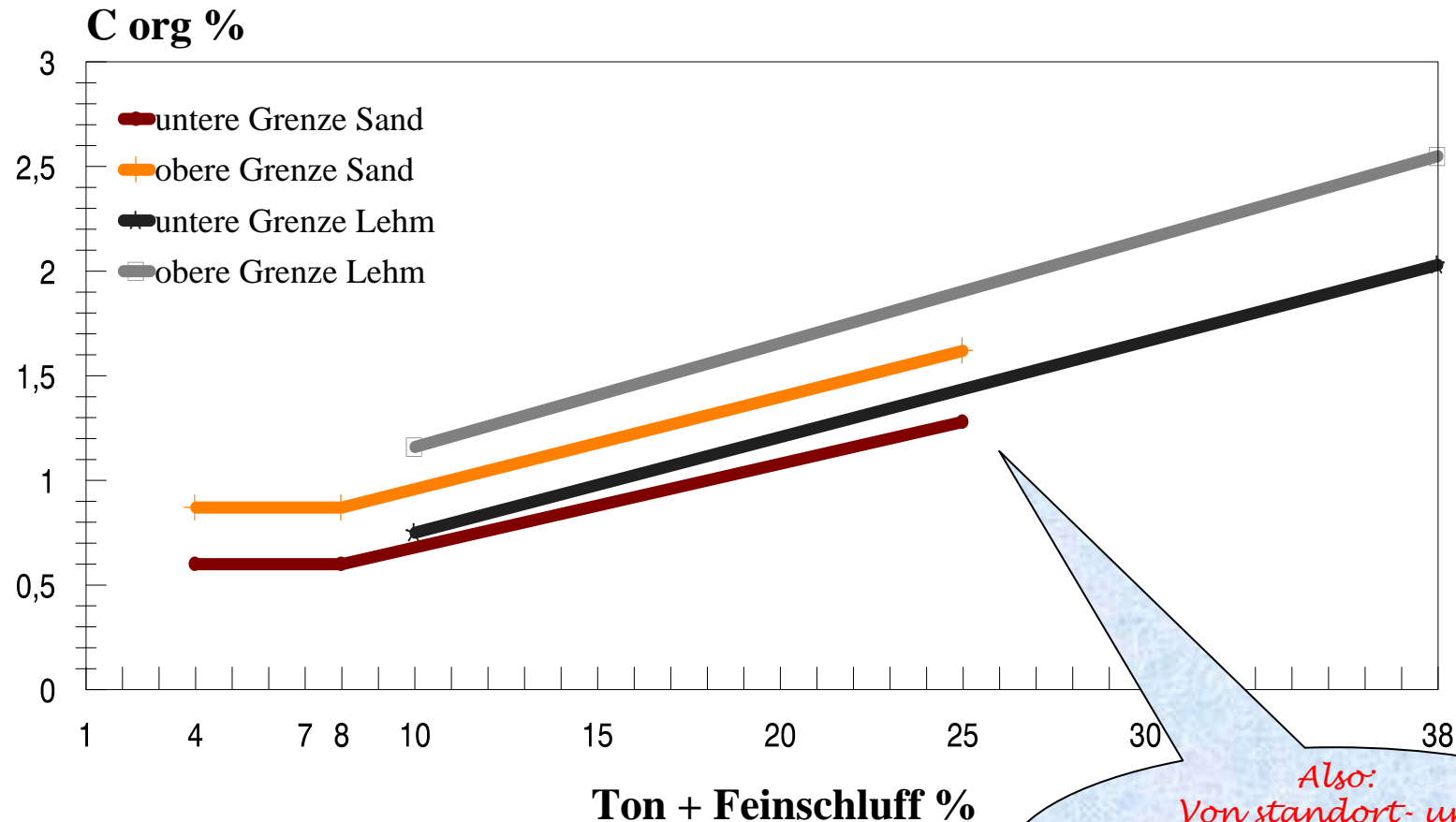
Beprobung am  
09.12.2004

*Also:  
So stark kann der  
Humusgehalt auf  
engsten Raum  
schwanken. Daher  
Beprobung nur auf  
exakt definierten  
Flächenausschnitten,  
ca. 5 x 5 m*





## Orientierungswerte für den $C_{org}$ -Gehalt grundwasserferner Sand- und Lehmböden in Abhängigkeit vom Ton- und Feinschluffgehalt (KÖRSCHENS, 2003)



*Also:  
Von standort- und  
bewirtschaftungstypischen  
Richtwerten sind wir  
damit noch weit entfernt*



## Rückblick auf Boden-Humusuntersuchung:

### Schwierigkeiten:

1. Humusgehaltsanalyse so grob, dass nur langfristige Veränderungen erfasst werden können
2. Uneinheitlichkeit der Flächen
3. Keine ausreichend zuverlässigen standort- und bewirtschaftungsbedingten Richtwerte (solche wären vor allem für die erstmalige Bestimmung wichtig)



## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- Häufige Humusgehalte
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- **Humusbilanzierung**
- Beispiele
- Fazit

## Gemessene Strohernte- und Kohlenstoffmenge und Humusreproduktionsleistung nach VDLUFA-Methode (SÜNDER, SCHÄFER u. MOESER, 2010)

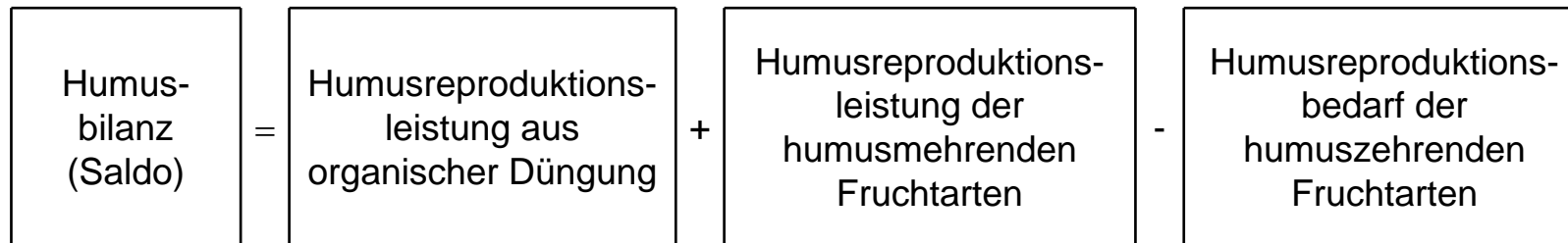
WW-Sorte Hymack	Erntemenge t/ha	C-Gehalt	C-Menge kg/ha	Humus-Äq. kg/ha
Abgefahrenes Stroh	4,9	48,8	2390	466
Kurzstroh + Spreu	5,0	42,5	2130	(400)
Stoppel mit Wurzel	2,6	43,6	1130	(210)

$4,9 \times 95 = 466$

*Also:  
Ein typisches Beispiel  
für die Verwechslung  
von C-Bilanzierung  
und Humusbilanz*

Wird nach  
VDLUFA nicht  
gesondert als  
Zufuhr  
angerechnet

Grundschemata der VDLUFA-Humusbilanzierung:



Daneben gibt es noch andere Methoden zur Humusbilanzierung, z. B. die „standortangepasste Humusbilanzierung“ nach KOLBE (2012)

oder  
HUMOD nach BROCK et al. (2008)

oder  
C-Modellierungsverfahren, z. B. CANDY CARBON BALANCE (CCB) nach FRANKO (2010)



## Experimentell ermittelter und bilanzierter Humusbedarf für die Optimalvarianten in Dauerfeldversuchen

Versuchsort	Anlagejahr	Humusbedarf in t/ha/a Stallung-Rottemist	
		experimentell ermittelt	bilanziert
Bad Lauchstädt	1902/1978	10	13
Methau	1966	10	13
Spröda	1966	10	13
Müncheberg	1962	8	13
Braunschweig	1952	10	13
Groß Kreuz	1967	10 – 15	13
Thyrow	1938	10	10,2
Speyer	1958/83	15	12,7
<b>Mittel</b>		<b>10,7</b>	<b>12,6</b>

VDLUFA-Standpunkt 2004

*Also:  
Bei der Ableitung der  
Humuskennziffern ging  
man von dem optimalen  
Ertrag in  
Dauerversuchsvarianten  
aus*



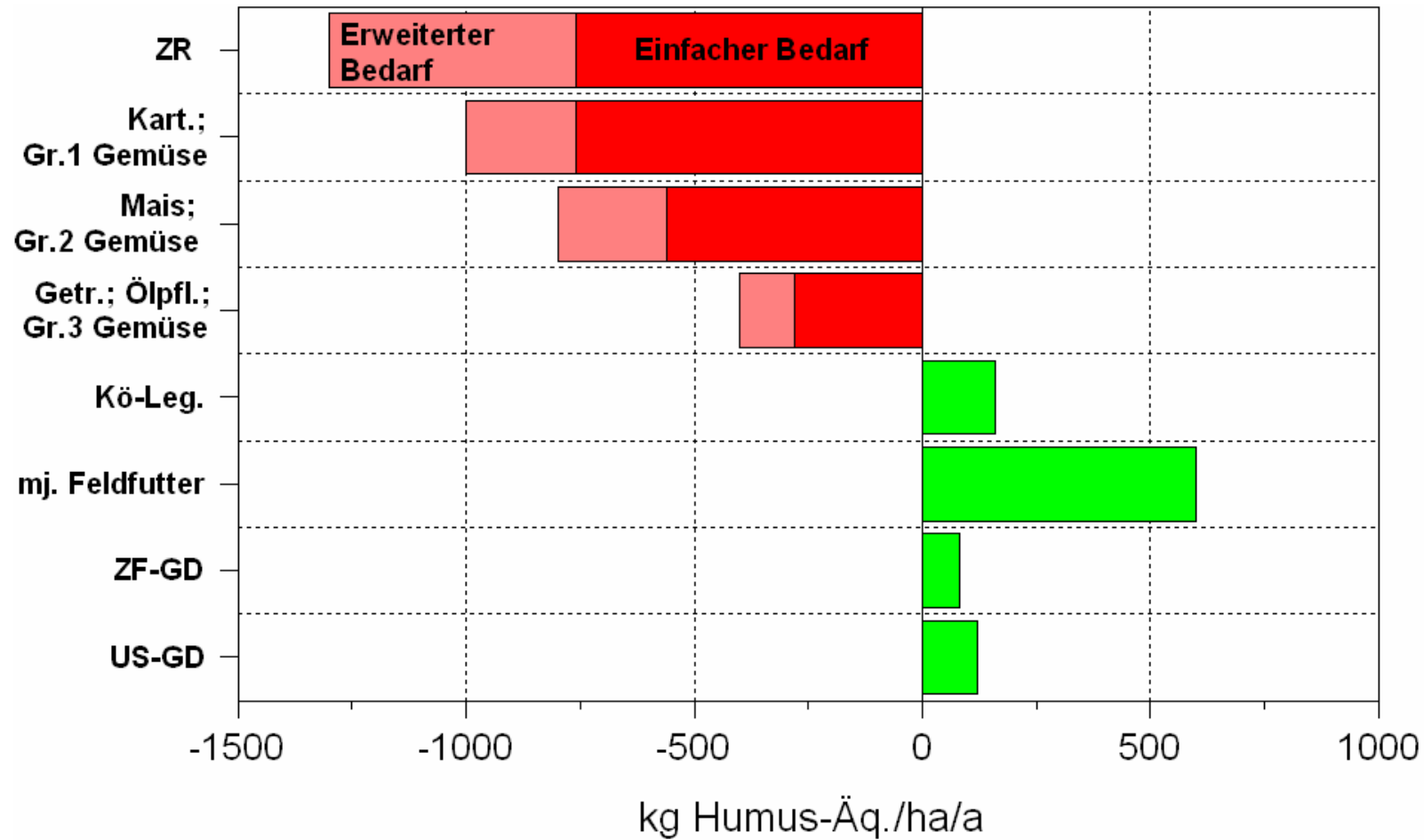
**VDLUFA-  
Humusbilanzierung,  
Ausschnitt aus:**

**Richtwerte für die  
anbauspezifische  
Veränderung der  
Humusvorräte  
von Böden in  
Humusäquivalenten (kg  
Humus-Äq./ha/a**  
(Negative Werte zeigen den  
erforderlichen Humusbedarf. )

Hauptfruchtarten	kg Humus-Äq./ha	
	untere Werte	obere Werte
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger	- 760	- 1300
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen (siehe Zusatztabelle)	- 760	- 1000
Silomais, Körnermais und 2. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen (siehe Zusatztabelle)	- 560	- 800
Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse / Gewürz- u. Heilpflanzen (siehe Zusatztabelle)	- 280	- 400
Kleingemüse, Leguminosen	160	240
Bedarfsfaktoren für Zucker- und Futterrüben, Getreide, Körnermais und Ölfrüchte ohne Berücksichtigung der Humusersatzleistung der Nebenernteprodukte; bei den restlichen Fruchtarten ist diese bereits im Humusbedarf berücksichtigt.		
Mehrjähriges Feldfutter		
Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung und 4. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen (siehe Zusatztabelle)		
•je Hauptnutzungsjahr	600	800
•im Ansaatjahr		
als Frühjahrsblanksaat	400	500
bei Gründekfrucht	300	400
als Untersaat	200	300
als Sommerblanksaat	100	150

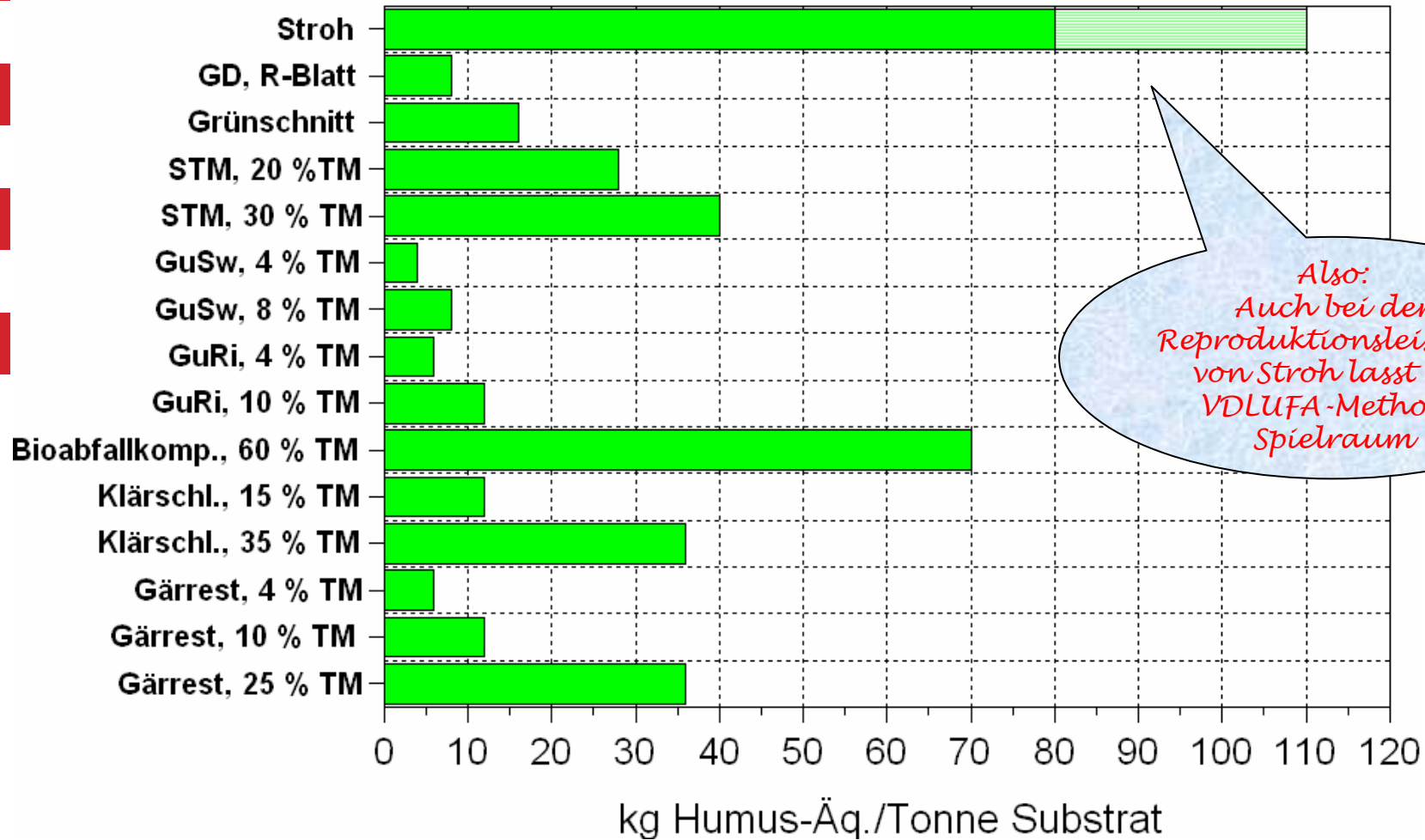
*Also:  
Die VDLUFA-  
Methode lässt  
einen Spielraum  
bei den  
Bedarfswerten*

**Richtwerte für die zu erwartende anbauspezifische Veränderung des Humusvorrates von Böden in Humusäquivalenten (kg Humus-Äq.) ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> \***  
(Negative Werte zeigen den erforderlichen Humusbedarf.)





Richtwerte für die zu erwartende Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Materialien in Humusäquivalenten (kg Humus-Äq. / Tonne Substrat)



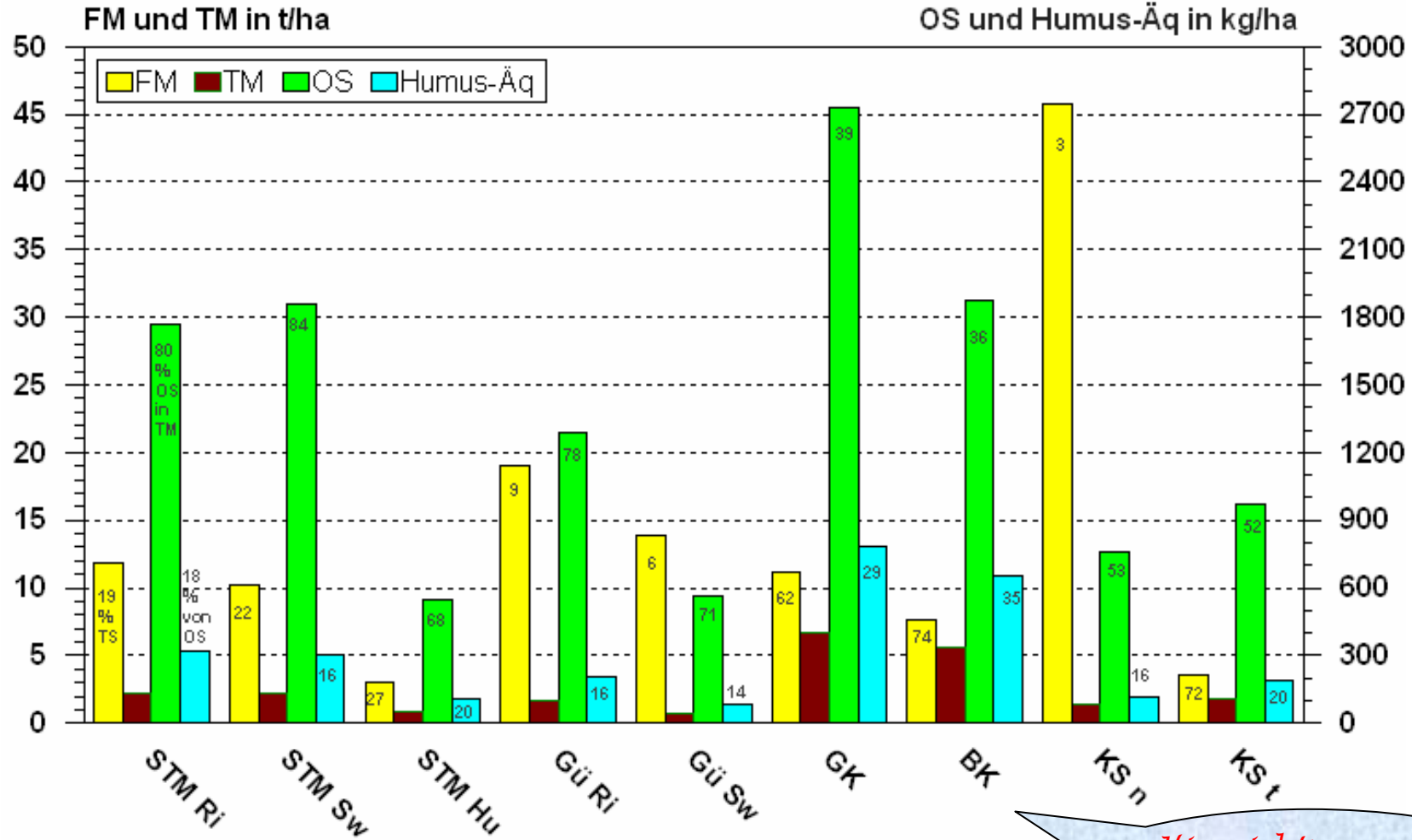
Also:  
Auch bei der  
Reproduktionsleistung  
von Stroh lässt die  
VDLUFA-Methode  
Spielraum





Betonkastenversuch K4 1994-2011

**Mittlere jährliche Ausbringung von organischen Düngemitteln  
bei Normierung auf 67 kg Ges. N/ha/a.**



*Hier sieht man mal die Unterschiedlichkeit der Parameter*

**Humuswirkung von Schweinegülle**  
**17-jähriger Güllendüngungsversuch mit 0, 30, 60 und 90 m<sup>3</sup>/ha und Jahr Gülle**  
**Ausbringung im Herbst auf einem lehmigen Sandboden (STEFFENS)**

	Differenz kg C (zur 0-Parz.)	m <sup>3</sup> Gülle	kg C/m <sup>3</sup>
30 m <sup>3</sup> S-Gülle	4.800	510	9,4 kg C/m <sup>3</sup>
60 m <sup>3</sup> S-Gülle	7.680	1.020	7,5 kg C/m <sup>3</sup>
90 m <sup>3</sup> S-Gülle	11.520	1.530	7,5 kg C/m <sup>3</sup>

VDLUFA-Methode:

10 % TS 10 kg Humus-Äq./m<sup>3</sup>  
 8 % TS 8 kg Humus-Äq./m<sup>3</sup>  
 6 % TS 6 kg Humus-Äq./m<sup>3</sup>

*Also:  
 In der  
 Größenordnung  
 stimmen die  
 VDLUFA-Werte für  
 Gülle*



VDLUFA-  
Humusbilanzierung:

**Bewertung der Humussalden (n. VDLUFA)**

Humussaldo		Bewertung
kg Humus- Äq.ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Gruppe	
< -200	<b>A</b> sehr niedrig	<b>ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung</b>
-200 bis - 76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
<b>-75 bis 100</b>	<b>C</b> optimal	<b>optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko langfristig Einstellung standortangepasster Humusgehalte</b>
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
> 300	<b>E</b> sehr hoch	<b>erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige N-Effizienz</b>

*Also:  
Eine  
Unterversorgung  
ist schlecht*

**Untergrenze nach  
CC = - 75** →

**Obergrenze nach  
CC = + 125** →

*und eine  
Übersorgung  
ebenso*

## Zum Zusammenhang zwischen Humusgehalt und Humusbilanzierung:

### Was passiert wenn:

Humusgehalt	Saldo		Humusgehalt
Hoch	Hoch	—————>	Bleibt
Hoch	Ausgeglichen	—————>	<b>Sinkt</b>
Hoch	Niedrig	—————>	Sinkt
„Richtig“	Hoch	—————>	Steigt
„Richtig“	Ausgeglichen	—————>	<b>Bleibt</b>
„Richtig“	Niedrig	—————>	Sinkt
Niedrig	Hoch	—————>	Steigt
Niedrig	Ausgeglichen	—————>	<b>Steigt</b>
Niedrig	Niedrig	—————>	Bleibt

*Also:  
Es gibt keine feste Beziehung zwischen  
Bilanzsaldo und Gehaltsentwicklung.  
Entscheidend ist der Ausgangsgehalt*



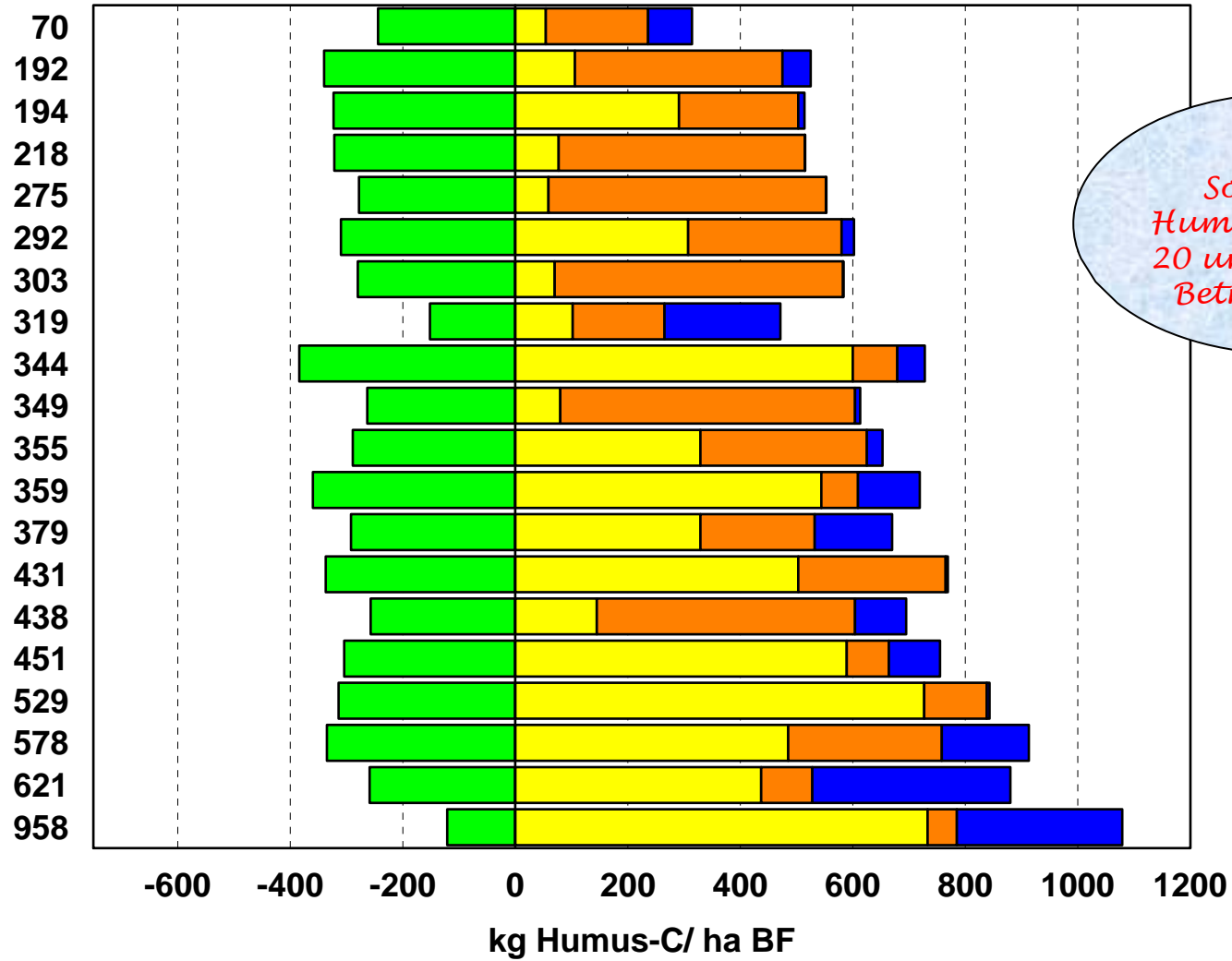
## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- Häufige Humusgehalte
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- **Beispiele**
- Fazit



# Erhebungsuntersuchung "Antrifftal": Humusbilanz

Saldo in  
kg Humus-C /ha

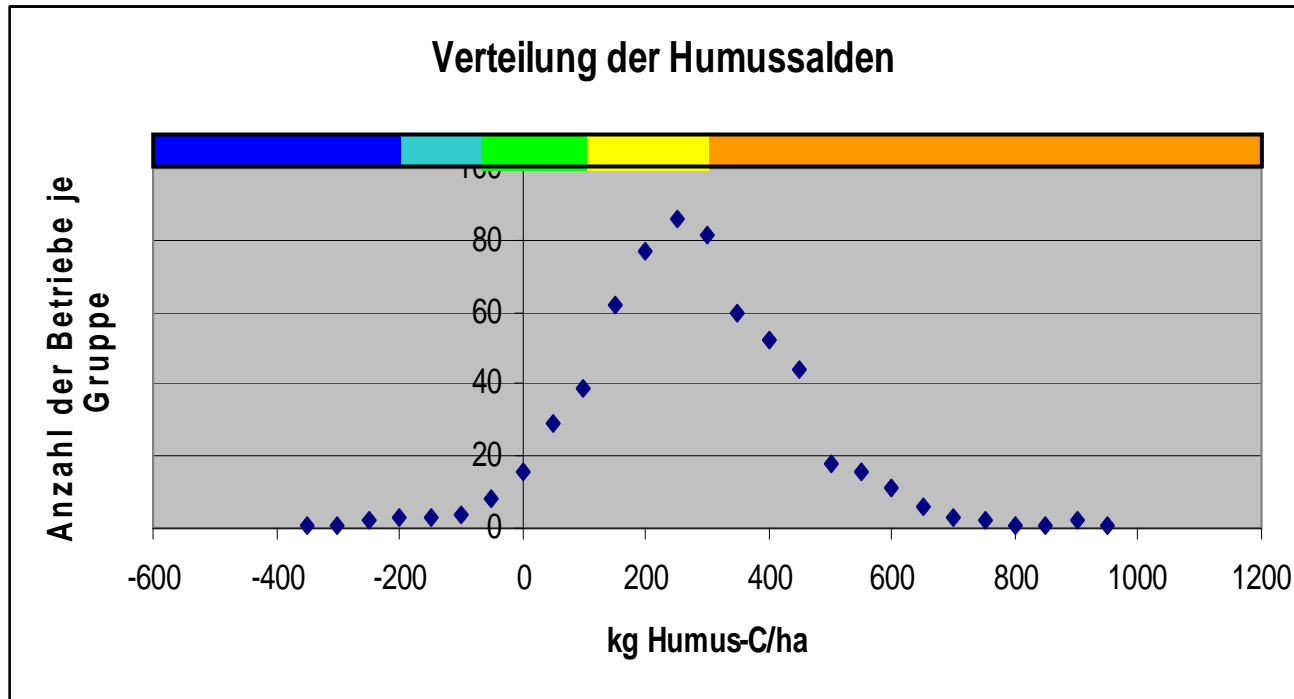


*Also:  
So sah die  
Humusbilanz in  
20 untersuchten  
Betrieben aus*

■ Humuszehrer ■ Organische Düngung ■ Erntereste ■ Humusmehrer



Verteilung der Humussalden nach VDLUFA-Methode in 629 landwirtschaftlichen Betrieben (BREITSCHUH + GERNAND, 2010)



*Und so die Salden in 629 Betrieben*





**Beispiel einer jährlichen, betriebsbezogenen Humusbilanz nach DirektZahlVerpflV:**

Humusbedarf:

Fruchtart	ha	Humuswirkung kg Humus-C ha <sup>-1</sup>	Humuswirkung kg Humus-C auf Betriebsfläche
1. Kartoffeln	10	- 760	- 7 600
2. Winterweizen	30	- 280	- 8 400
3. Brache (Selbstbegrünung ab Herbst)	4	+ 180	+ 720
<b>Summe Humusbedarf</b>	<b>44</b>		<b>- 15 280</b>

Humusreproduktion  
durch Neben-  
ernteerzeugnisse:

Fruchtart	Ertrag t/ha	HP-/NP- Verhältnis (Tab.3)	NP- Ertrag t/ha	kg Humus-C (t Substrat) <sup>-1</sup> (Tab.2)	kg Humus-C ha <sup>-1</sup>	kg Humus-C Gesamtfläche <sup>-1</sup>
1. Kartoffeln	40	-	-	-	-	-
2. Winterweizen	8,5	0,8	6,8	100	680	+ 13 600 *
<b>Summe</b>						<b>+ 13 600</b>

\* Strohverkauf von 10 ha, daher nur 20 ha bei Reproduktion angerechnet

Saldo:

Summe Humusbedarf	<b>- 15 280</b>
Summe Humusreproduktion durch Nebenernteerzeugnisse	<b>+ 13 600</b>
Summe Humusreproduktion durch organische Dünger	<b>0</b>
Gesamt-Saldo	<b>- 1 680</b>
<b>Saldo je Hektar</b>	<b>- 38</b>

§ 3 Abs. 4 und 5 und Anlage  
DirektZahlVerpflV:

**"Der Humusbilanzsaldo soll im  
Bereich zwischen - 75 kg C/ha/a und  
+ 125 kg C/ha/a liegen und darf den  
Wert von - 75 kg C/ha/a nicht  
unterschreiten."**





**Beispiel einer mehrjährigen, schlagbezogenen Humusbilanz nach VDLUFA-Methode:**

Humusbedarf:

Fruchtart	Humusbedarf kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1. Kartoffeln	- 760
2. Winterweizen	- 280
3. Wintergerste	- 280
4. Erbsen	+ 160
5. Winterroggen	- 280
+ (Untersaat)	+ 200
6. Klee gras	+ 600
<b>Humusbedarf gesamt</b>	<b>- 640</b>

*Also:  
Das ist nur ein Beispiel.  
Aber mal ehrlich: wo gibt es noch eine solche Fruchtfolge?*

Humusreproduktion durch OD und Neben-ernte produkte:

Fruchtart	Organische Dünger		Humusreproduktion	
	Art	Menge t ha <sup>-1</sup>	kg Humus-Äq. (t Substrat) <sup>-1</sup>	kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1. Kartoffeln	Rottemist (25%TS)	20	40	+ 800
2. Winterweizen	Stroh	6	80	+ 480
3. Wintergerste	Stroh	abgefahren		
4. Erbsen				
5. Winterroggen	Stroh	abgefahren		
+ (Untersaat)				
6. Klee gras				
<b>Summe</b>				<b>+ 1 280</b>

Vergleich:

Humusbedarf	Humus-reproduktion	Humussaldo	
		im Zeitraum	im Jahr
- 640	+ 1 280	+ 640	+ 107

**Beispiel einer mehrjährigen, schlagbezogenen Humusbilanz nach VDLUFA-Methode, Ackerbaubetrieb:**

Humusbedarf:

Fruchtart	Humusbedarf kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1. Raps	- 280
2. Winterweizen	- 280
3. Wintergerste	- 280
<b>Humusbedarf gesamt</b>	<b>- 840</b>

*Also:  
Diese  
Fruchtfolge  
ist schon  
eher real*

$45 \times 1,7 = 77$

$90 \times 0,8 = 72$

$80 \times 0,7 = 56$

Humusreproduktion  
durch Neben-  
ernteerzeugnisse:

Fruchtart	Organische Dünger		Humusreproduktion	
	Art	Menge t ha <sup>-1</sup>	kg Humus-Äq. (t Substrat) <sup>-1</sup>	kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1 Raps	Stroh	7,5	80	+ 600
2. Winterweizen	Stroh	7	80	+ 560
3. Wintergerste	Stroh	5,5	80	+ 440
<b>Summe</b>				<b>+ 1 600</b>

Vergleich:

Humusbedarf	Humus- reproduktion	Humussaldo	
		im Zeitraum	im Jahr
- 840	+ 1 600	+760	+ 253

**Bei Verkauf des Getreidestrohs:  
Bedarf = - 840  
Zufuhr = + 600  
Saldo p.a. = - 80**

**Auf abbauintensiven Standorten oder ökologischem Anbau Humusbedarf von Raps und Getreide bei - 400**

**Beispiel einer mehrjährigen, schlagbezogenen Humusbilanz nach VDLUFA-Methode, Ackerbaubetrieb:**

Humusbedarf:

Fruchtart	Humusbedarf kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1. Zu-Rübe	- 760
2. Winterweizen	- 280
3. Wintergerste	- 280
<b>Humusbedarf gesamt</b>	<b>- 1320</b>

*Und hier mal mit einer Hackfrucht*

$600 \times 0,7 = 420$

$90 \times 0,8 = 72$

$80 \times 0,7 = 56$

Humusreproduktion durch Neben-ernteerzeugnisse:

Fruchtart	Organische Dünger		Humusreproduktion	
	Art	Menge t ha <sup>-1</sup>	kg Humus-Äq. (t Substrat) <sup>-1</sup>	kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1 Zu-Rübe	Blatt	42	10	+ 420
2. Winterweizen	Stroh	7	80	+ 560
3. Wintergerste	Stroh	5,5	80	+ 440
<b>Summe</b>				<b>+ 1 420</b>

Vergleich:

Humusbedarf	Humus-reproduktion	Humussaldo	
		im Zeitraum	im Jahr
- 1320	+ 1 420	+100	<b>+ 33</b>

**Bei Verkauf des Getreidestrohs:  
Bedarf = - 1320  
Zufuhr = + 420  
Saldo p.a. = - 300**

**Auf abbauintensiven Standorten oder ökologischem Anbau Humusbedarf von ZR bei -1300 und von Getr. bei -400**

**Beispiel einer mehrjährigen, schlagbezogenen Humusbilanz nach VDLUFA-Methode, Ackerbaubetrieb:**

Humusbedarf:

Fruchtart	Humusbedarf kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1. Si-Mais	- 560
2. Winterweizen	- 280
3. Wintergerste	- 280
<b>Humusbedarf gesamt</b>	<b>- 1120</b>

60 m<sup>3</sup> Silage ; 700 kg/m<sup>3</sup>;  
60% Methanisierung

*Und hier mit Silomais für Biogasanlagen*

90 x 0,8 = 72

80 x 0,7 = 56

Bei 20 % TS

Humusreproduktion durch Neben-ernteerzeugnisse:

Fruchtart	Organische Dünger Art	Menge t ha <sup>-1</sup>	Humusreproduktion	
			kg Humus-Äq. (t Substrat) <sup>1</sup>	kg Humus-Äq. ha <sup>-1</sup>
1 Si-Mais	Gärrest	30	30	+ 900
2. Winterweizen	Stroh	7	80	+ 560
3. Wintergerste	Stroh	5,5	80	+ 440
<b>Summe</b>				<b>+ 1900</b>

Vergleich:

Humusbedarf	Humus- reproduktion	Humussaldo	
		im Zeitraum	im Jahr
- 1120	+ 1900	+780	+ 260

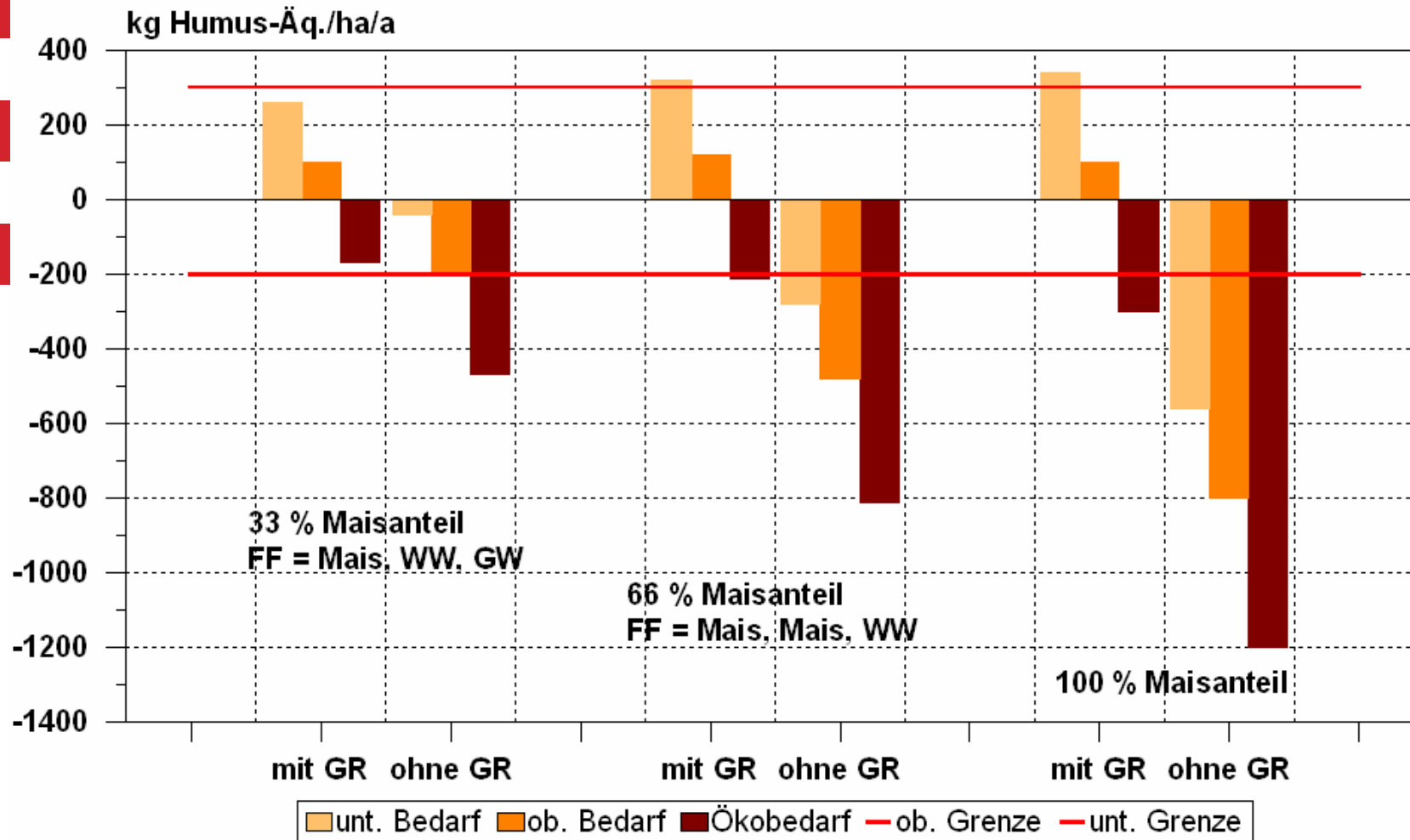
**Bei Nichtrück-  
lieferung des  
Gärrestes:  
Bedarf = - 1120  
Zufuhr = + 1000  
Saldo p.a. = - 40**

**Auf abbauintensiven Standorten oder ökologischem Anbau Humusbedarf von Si-Mais bei - 800.**

**Bei Limitierung auf DüV-N-Saldo + 60 kg/ha Gärrest-Rückführung deutlich niedriger zulässig;  
z. B. bei + 300 Gesamtzufuhr = 1300 Saldo = + 180 : 3 = + 60 kg/Jahr**

# Beispiele für Humusbilanzsaldo im Maisanbau

Mit und ohne Gärrestrücklieferung



## Rückblick auf Beispiele:

1. Bei Zugrundelegung der unteren Bedarfswerte sind die Salden meist positiv.
2. Die oberen Bedarfswerte sollten bei sehr umsetzungsaktiven Standorten, bei gewollter Humusanreicherung ausgehagerter Flächen oder im ökologischen Landbau verwendet werden. Dann können die Salden schnell anders aussehen.
3. In reinen Körnerfruchtfolgen ist Strohverkauf hin und wieder möglich, in Fruchtfolgen mit Hackfruchtanteilen eher nicht.
4. Silomaisanbau ist dann in der Regel unproblematisch, wenn die damit erzeugten Wirtschaftsdünger oder Gärreste wieder auf die Fläche zurück kommen. Werden diese Mengen durch andere Vorschriften (z. B. N-Saldo nach DüV) begrenzt, so kann der Humussaldo schnell negativ werden.
5. Bei Mono-Maisanbau ohne ausreichende Gärrestrückführung hilft nur die Zufuhr von organischen Düngern (Wirtschaftsdünger (auch betriebsfremd), Kompost, Klärschlamm)



## Inhalt:

- Allgemeines zu Humus
- Häufige Humusgehalte
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- **Fazit**

## Fazit:

- Humus ist ein wichtiger Bodenbestandteil, der viele Bodeneigenschaften positiv beeinflusst
- Humusgehalte werden durch Nutzung, Standorteigenschaften und Bewirtschaftung geprägt. Sie können lokal deutlich variieren, zeitlich sind sie nur längerfristig veränderbar
- Deutlich zu niedrige oder zu hohe Humusgehalte bergen ein Gefahrenpotenzial für Bodenfruchtbarkeit und Umwelt
- Die Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Humusgehalte sind noch nicht exakt vorhersehbar, vermutlich wird es zu einem verstärkten Abbau kommen
- Durch Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung kommt es zu einer Humusanreicherung im obersten Bodenbereich, die Gesamthumusmenge lässt sich nicht vermehren
- In zahlreichen gesetzlichen Vorschriften wird die Beibehaltung des standörtlich „richtigen“ Humusgehaltes oder die Humusbilanzierung gefordert (CC-relevant)
- Eine Bodenhumusuntersuchung hat nur Sinn, wenn sie auf klar definierten kleinen Flächenausschnitten durchgeführt wird. Angesichts der Analysenungenauigkeit sind Veränderungen nur langfristig zu erkennen



## Fazit:

- Nach CC-Regelung ist für bestimmte Fälle eine einjährige Betriebsbilanzierung vorgeschrieben. Im Gegensatz dazu wird zu betriebsinternen Zwecken eine mehrjährige Schlagbilanzierung empfohlen
- Die Humusbilanzierung ist keine Kohlenstoffbilanzierung
- Die Humusbilanzierung ist ein einfaches Hilfsmittel zur kurz- und mittelfristigen Beurteilung der Bewirtschaftung
- Sie kann längerfristig durch die Bodenhumusuntersuchung sinnvoll ergänzt werden
- Eine ausgeglichene Humusbilanz führt mittelfristig zu einem standort- und bewirtschaftungsbedingt angemessenen Humusgehalt
- In Beispielen wird gezeigt, dass in reinen Körnerfruchtfolgen Strohverkauf hin und wieder möglich ist, bei Hackfruchtanbau dagegen kaum
- In Bioenergie-Mais- Flächen sind in den meisten Fällen keine negativen Bilanzen zu erwarten, wenn sichergestellt ist, dass der Gärrest auf seine Produktionsfläche zurückgeliefert wird. Einige Autoren sehen das kritischer
- In den allermeisten Betrieben dürfte die Humusversorgung keine Probleme bereiten. Sie sollte allerdings stärker beachtet werden
- Die Bilanzierungsmethode muss weiter verbessert werden

- Ahl, C., Lange, M. u. Henke, S.: Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus zur Biogaserzeugung auf die Humuswirtschaft. Schriftliche Ausarbeitung, 2009
- Asmus, F., Herrmann, V., 1977: Reproduktion der organischen Substanz des Bodens. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, Bd. 15, Heft 11.
- Autorenkollektiv, 1977: Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. – Hrsg.: Akademie d. Landwirtschaftswissenschaften der DDR, agrarbuch, Leipzig, 6.
- Bellamy, P. H., Loveland, P. J., Bradley, R. I., Lark, R. M., Kirk, G. J.: Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. doi: 10.1038/nature 04038, Vol. 437/8, Sept. 2005
- BMELV: Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung, DirektZahlVerpflV) vom 04.11.2004, zuletzt geändert am 20.04.2010
- Breitschuh, T. u. Gernand, U.: Bewertung der Humusbilanzierung in landwirtschaftlichen Betrieben und insbesondere beim Energiepflanzenanbau. Teilaufgaben 7 und 8 im VDLUFA-F&E-Bericht „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkung“. BLE-Forschungsprojekt Az.: 514-06.01-2808HS016, Sep. 2010
- Brock, C., Hoyer, U., Leithold, G., Hülsbergen, K.-J., 2008: Entwicklung einer praxisanwendbaren Methode zur Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Abschlussbericht zum Projekt 03OE084 (Bundesprogramm Ökologischer Landbau). Eigenverlag Bundesanstalt f. Landwirtschaft und Ernährung, Bonn. Giessener Schriften zum Ökologischen Landbau 1. Verlag Dr. Köster, Berlin, (Download unter <http://www.orgprints.org/16447/> )
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes. Merkblatt DWA-M 907, April 2010
- Engels, Ch., Reinhold, J., Ebertseder, T., Heyn, J.: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Flächen – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen“. BLE-Forschungsprojekt AZ 514-06.01-2808 HS 016, 2010
- FNR e. V. (Projektträger): Gärrückstände als Dünger aus der Biogaserzeugung mit Energiepflanzen. Forschungsbericht der Humboldt-Universität Berlin, März 2009, unter: [www.fnr.de](http://www.fnr.de)
- Franko, U., Thiel, E. (2010): CCB. Anwenderhandbuch. Version 2010.1.2.14. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ.
- Hülsbergen, K. J.: C-Sequestrierung in landwirtschaftlich genutzten Böden. H&K aktuell, 1/2, S. 1-4, 2011
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI): Landwirtschaftliche Böden im Fokus der Forschung - Befund: Humusreiche Ackerböden verlieren Kohlenstoff. Pressemitteilung vom 20.Jan. 2011

- Körschens, Martin, Erhard Albert, Martin Armbruster, Dietmar Barkusky, Michael Baumecker, Lothar Behle-Schalk, Reiner Bischoff, Zoran Čergan, Frank Ellmer, Friedhelm Herbst, Sandor Hoffmann, Bodo Hofmann, Tamas Kismanyoky, Jaromir Kubat, Eva Kunzova, Christina Lopez-Fando, Ines Merbach, Wolfgang Merbach, Maria Teresa Pardor, Jutta Rogasik, Jörg Rühlmann, Heide Spiegel, Elke Schulz, Anton Tajnsek, Zoltan Toth, Hans Wegener & Wilfried Zorn (2012):  
Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European longterm field experiments of the twenty-first century, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI:10.1080/03650340.2012.704548
- Kolbe, H. (2012): Zusammenführende Untersuchungen zur Genauigkeit und Anwendung von Methoden der Humusbilanzierung im konventionellen und ökologischen Landbau. Bilanzierungsmethoden und Versorgungsniveau für Humus. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 19.
- Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Veröffentlichung Umweltbundesamt, April 2008
- Leithold, G., Hülsbergen, K.-J., Michel, D., Schönmeier, H., 1997: Humusbilanz – Methoden und Anwendung als Agrar-Umwelt-Indikator, In: Initiativen zum Umweltschutz, Bd. 5, 43-54, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, Zeller-Verlag.
- Montanarella et al.: Schätzung und Bewertung des Gehaltes an organischer Substanz in europäischen Ackerböden. Bericht der Forschungsstelle der EU-Kommission, 2002
- Müller, M., Schafflützel, R., Chervet, A., Sturny, G., Zihlmann, U. u. Weisskopf, P.: Humusgehalte stiegen nicht wie erwartet. Landwirtschaft ohne Pflug, Nr.7, S. 29-33, 2009
- Müller, T. u. Schulz, R.: Böden und Bodenfruchtbarkeit. Landinfo 5, S. 54-57, 2007
- Reinhold, J.: Die Humusreproduktionsleistung von Biogasgärresten aus der Ganzpflanzenvergärung von Mais. Schriftliche Ausarbeitung, November 2008
- Sturm, H., Buchner, A. u. Zerulla, W.: Gezielter Düngen. 3. Auflage, DLG-Verlag, ISBN 3-7690-0518-X, 1994
- Sünder, A., Schäfer, B. C. u. Moeser, J.: Zwei Drittel bleiben auf dem Feld. Praxisnah 4, S.2-4, 2010
- VDLUFA: Humusbilanzierung – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerböden. VDLUFA-Standpunkt, April 2004

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen

HESSEN



Ich danke Ihnen, dass Sie sich diese Präsentation angesehen haben.  
Falls Sie dazu noch Fragen haben, rufen Sie mich an (05661-53239)  
oder schicken Sie eine E-Mail ([johannes.heyn@buengerpost.net](mailto:johannes.heyn@buengerpost.net))

