

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 \times 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 CO_2 und H_2O
unter Freisetzung von Energie, 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, = C_{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:

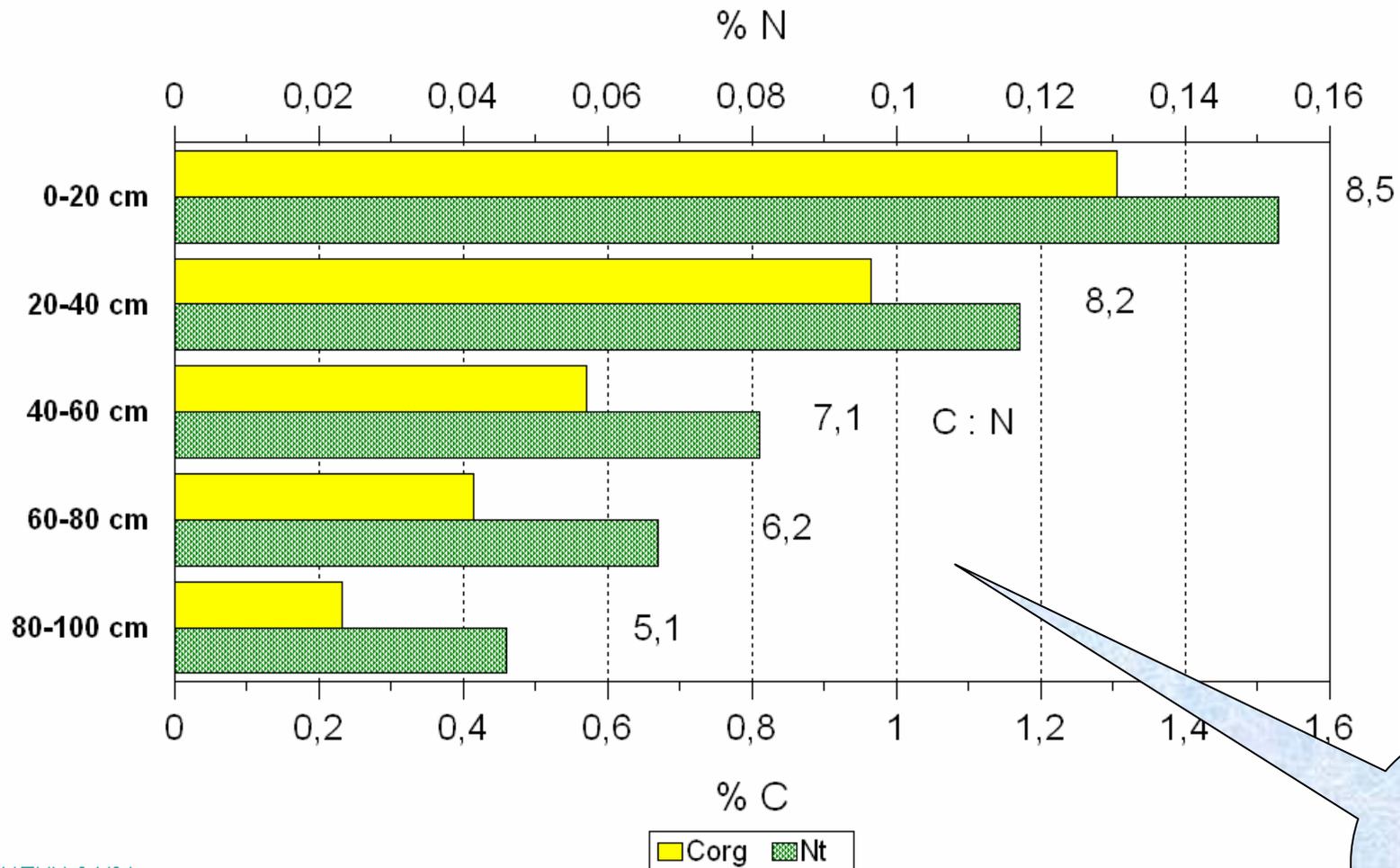
- Allgemeines zu Humus
- **Häufige Humusgehalte**
- Entwicklung von Humusgehalten
- Humusgehalt und gesetzliche Vorschriften
- Humusuntersuchung im Boden
- Humusbilanzierung
- Beispiele
- Fazit

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“*

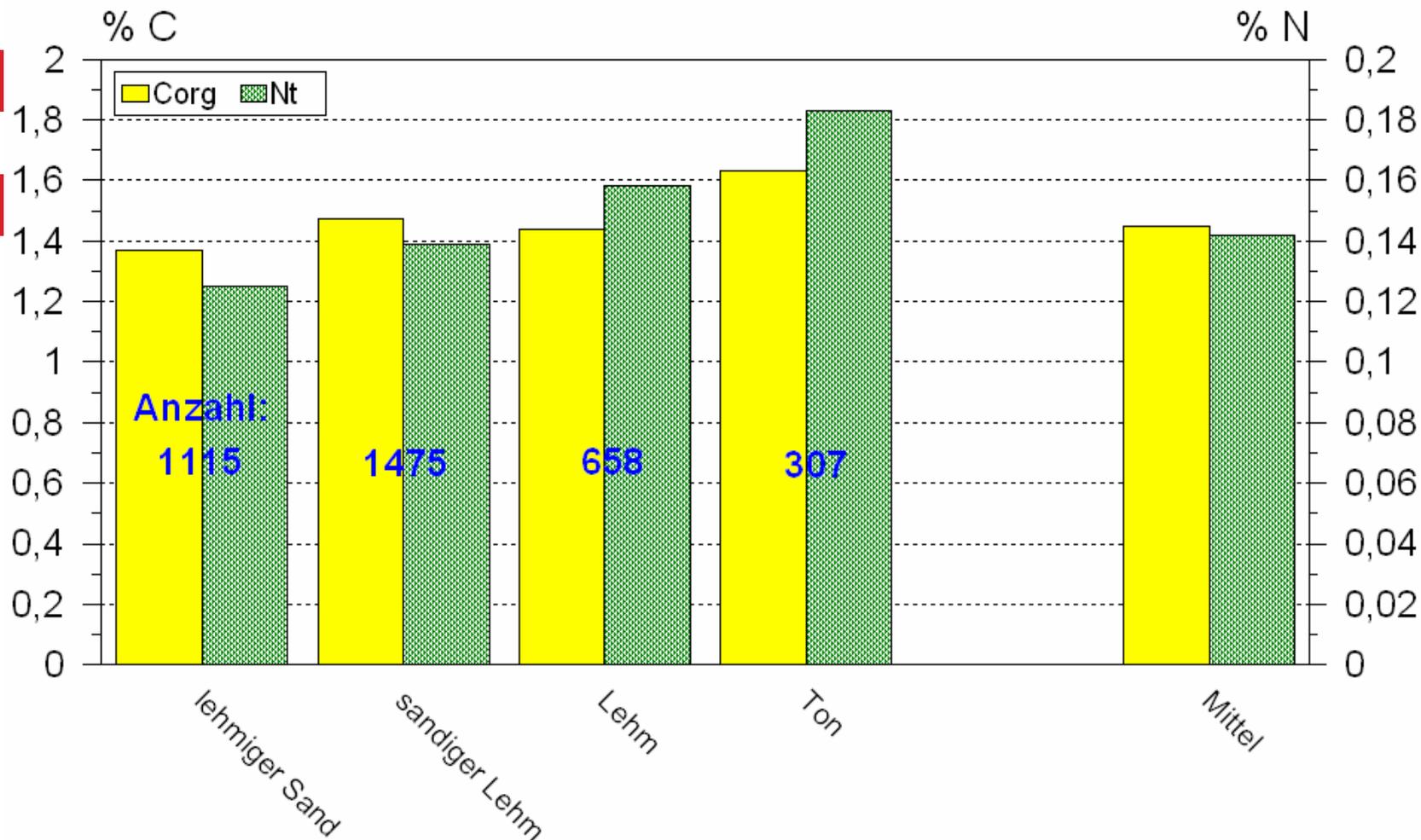
C_{org}- und N_t-Gehalte im Mittel von 9 Standortaufnahmen



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

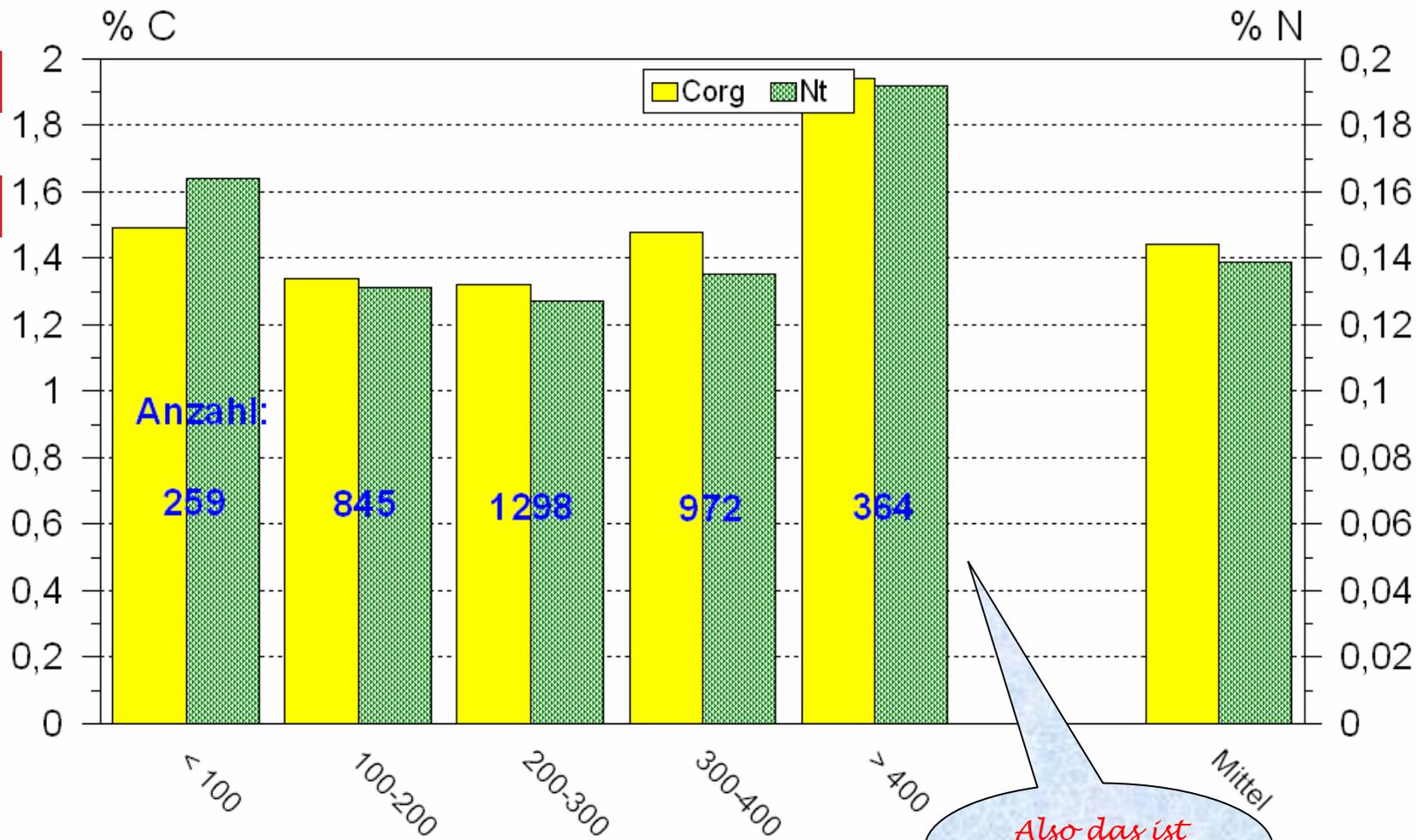
HABIS 1972-78, 3555 Schläge (WW, RW, Ha, GS):

C_{org} - und N_t -Gehalte in Abhängigkeit von der Bodenart



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

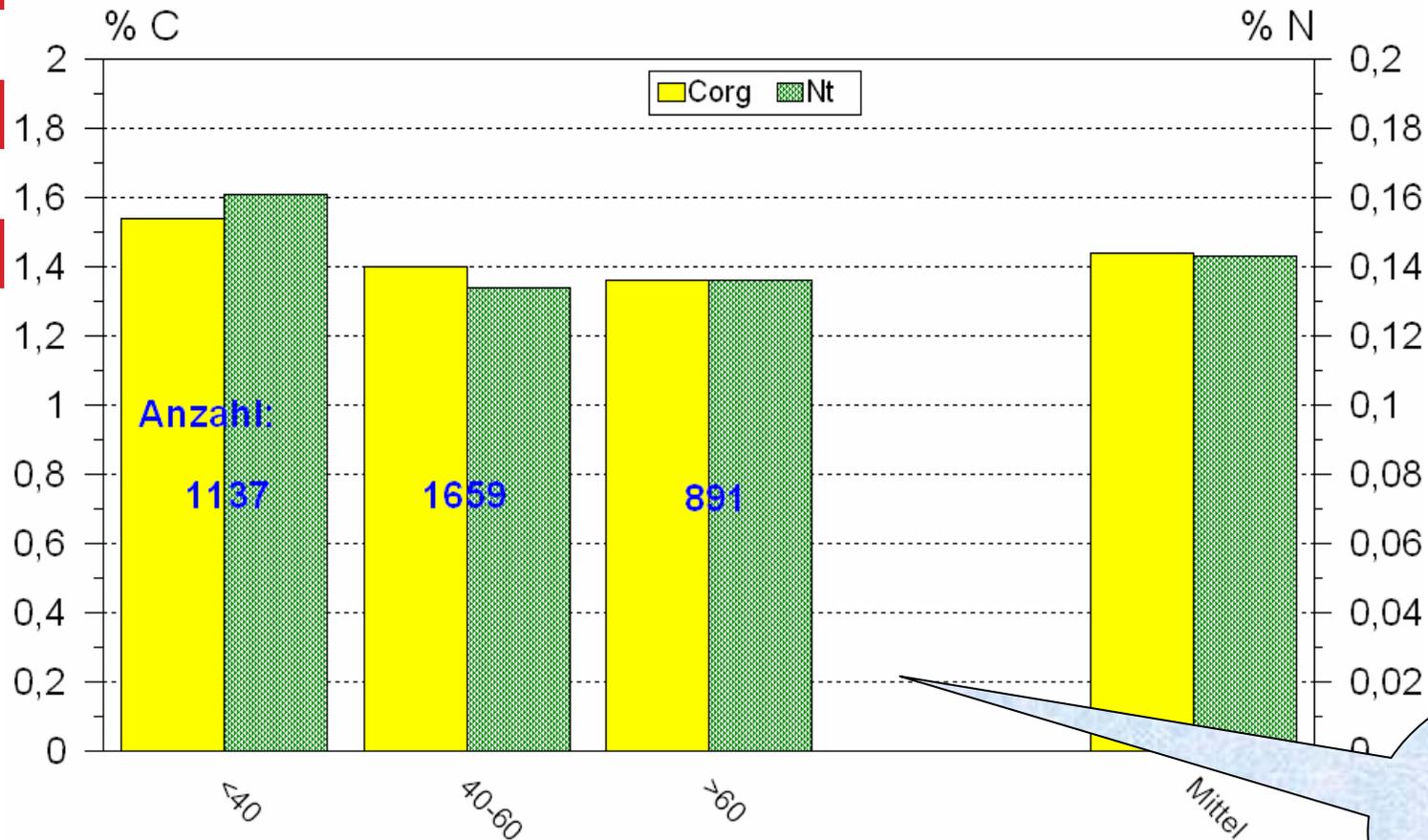
C_{org}- und N_t-Gehalte in Abhängigkeit von der Höhenlage



Also das ist klimabedingt

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

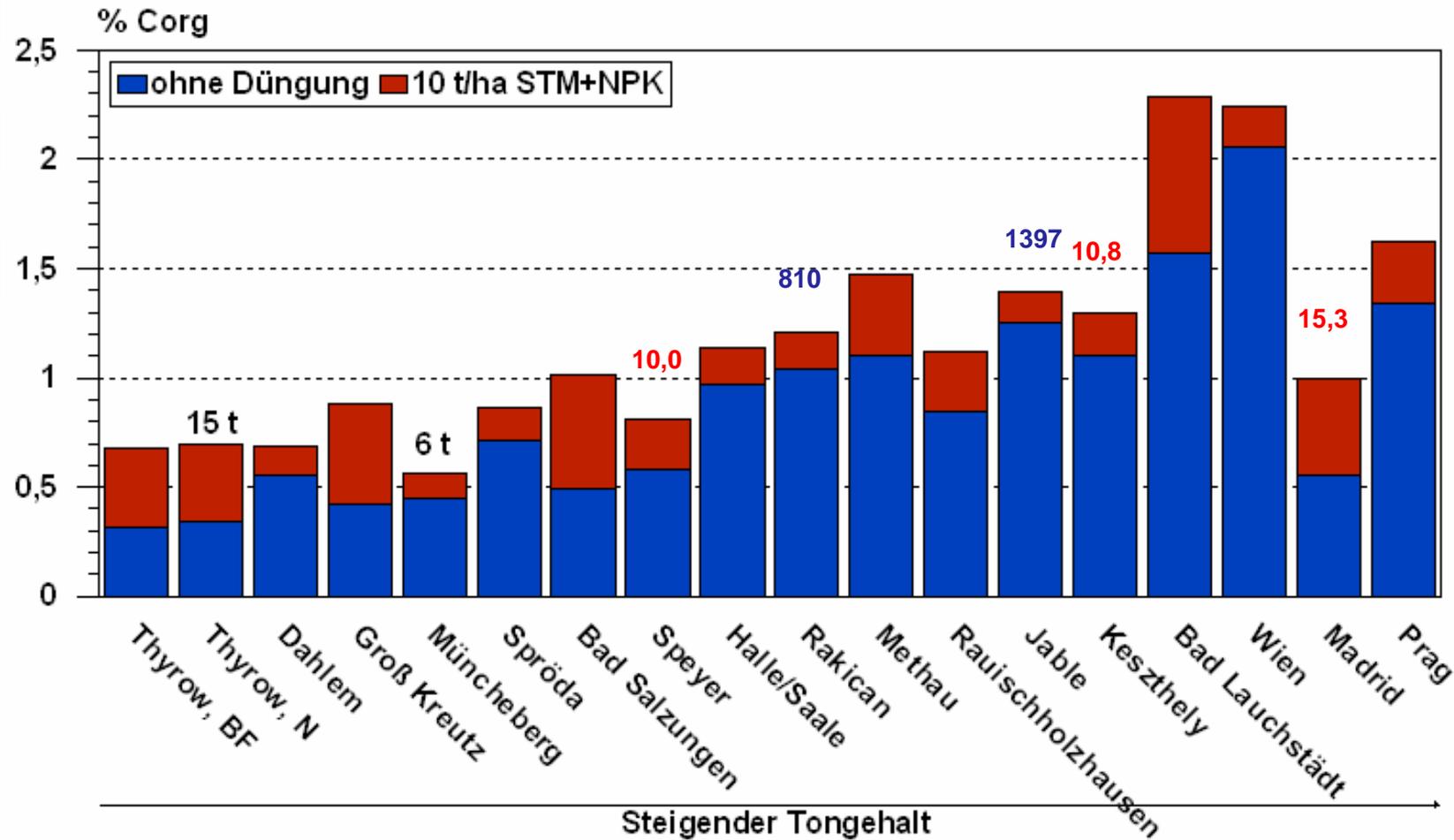
C_{org}- und N_t-Gehalte in Abhängigkeit von der Ackerzahl



LLH Fg 25 11/09

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

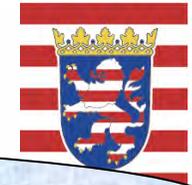
Gehalt an C_{org} (0 - 30 cm) in 18 europäischen Dauerfeldversuchen, Ergebnisse aus 2000 bis 2010 (Körschens et al. 2012)



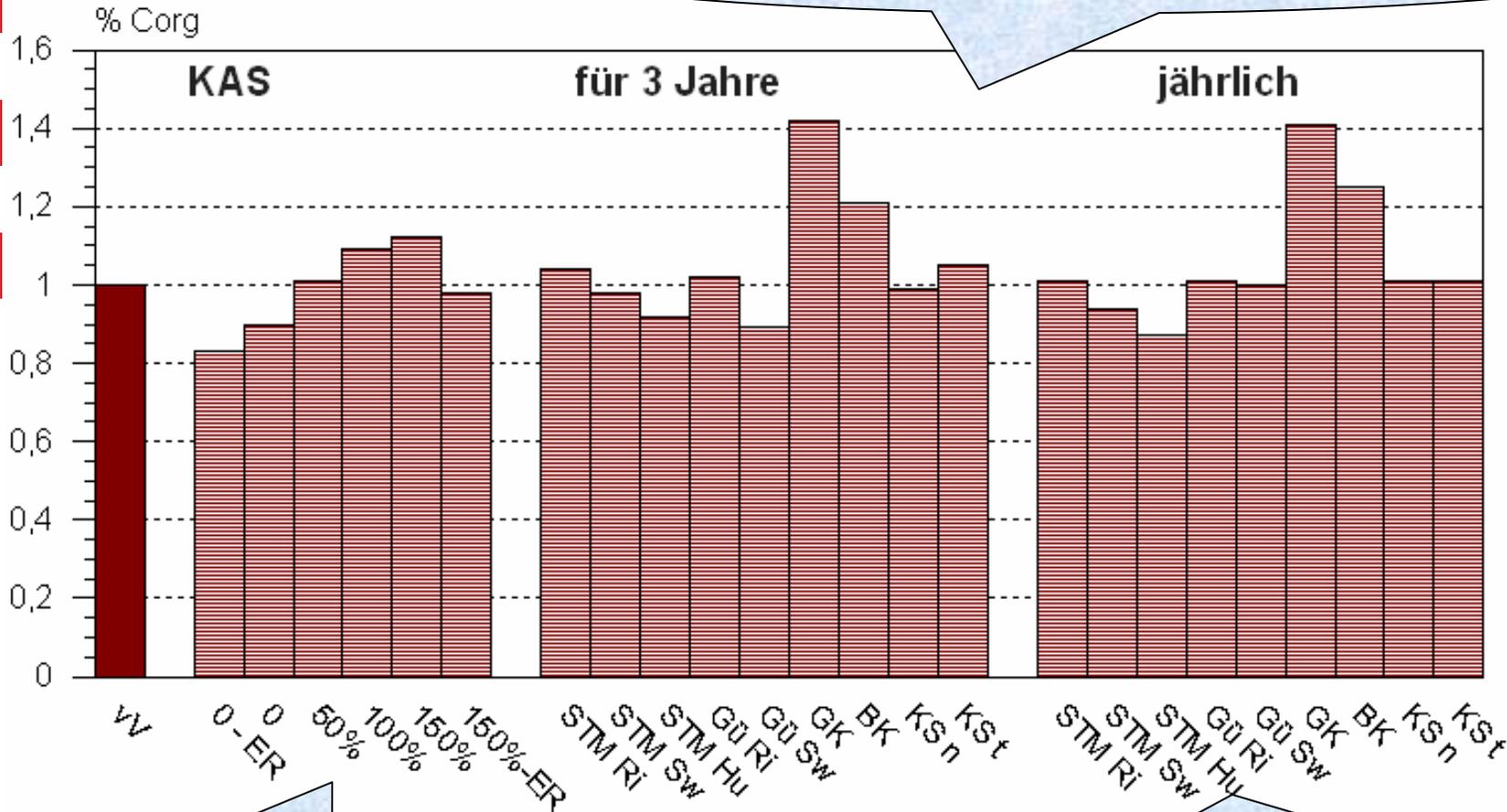
*Also:
Standortunterschiede und Bewirtschaftung
spielen die entscheidende Rolle*

Kastenversuch Harleshausen nach 18 Versuchsjahren

C_{org}-Gehalt im Boden nach unterschiedlicher Düngung



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

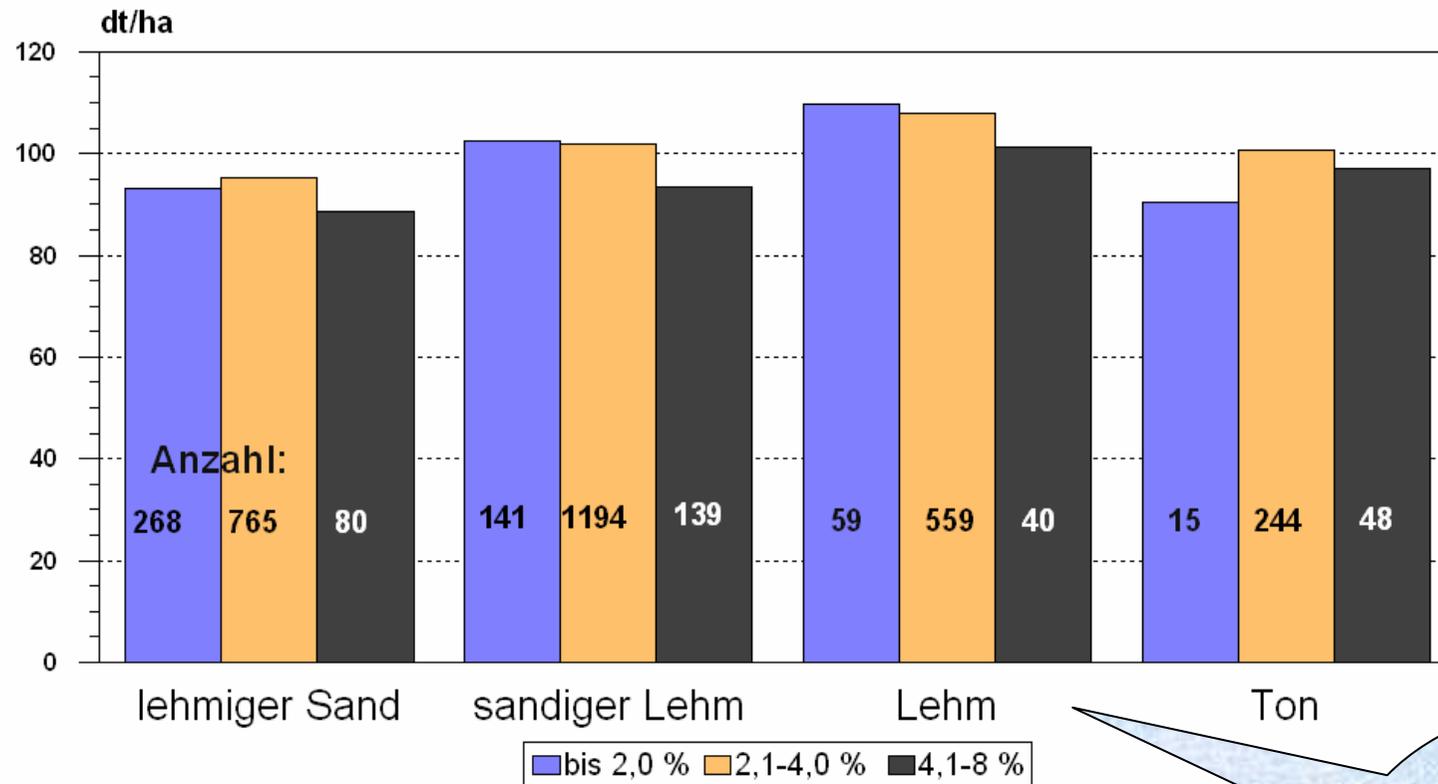


*Also:
Hier die KAS-
Steigerung spiegelt
sich gut im
Humusgehalt*

*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“
(„Gezielter 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 CO₂-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 CO₂-Gehalt in der Atmosphäre:

- Pflanzliche Primärproduktion nimmt zu (sofern H₂O 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?*

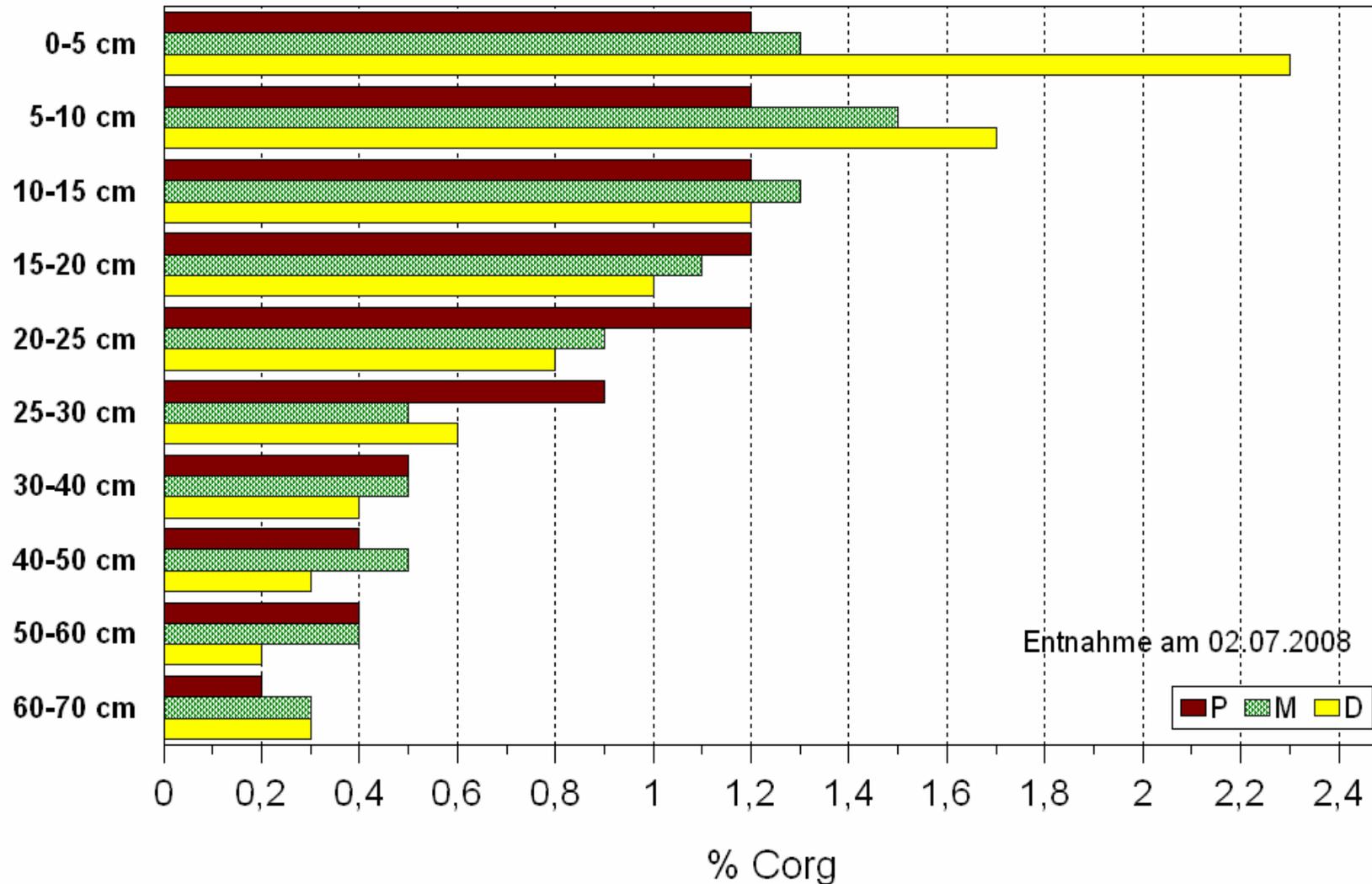


Bodenbearbeitung und Humusgehalt

Bodenbearbeitungsversuch Hassenhausen:

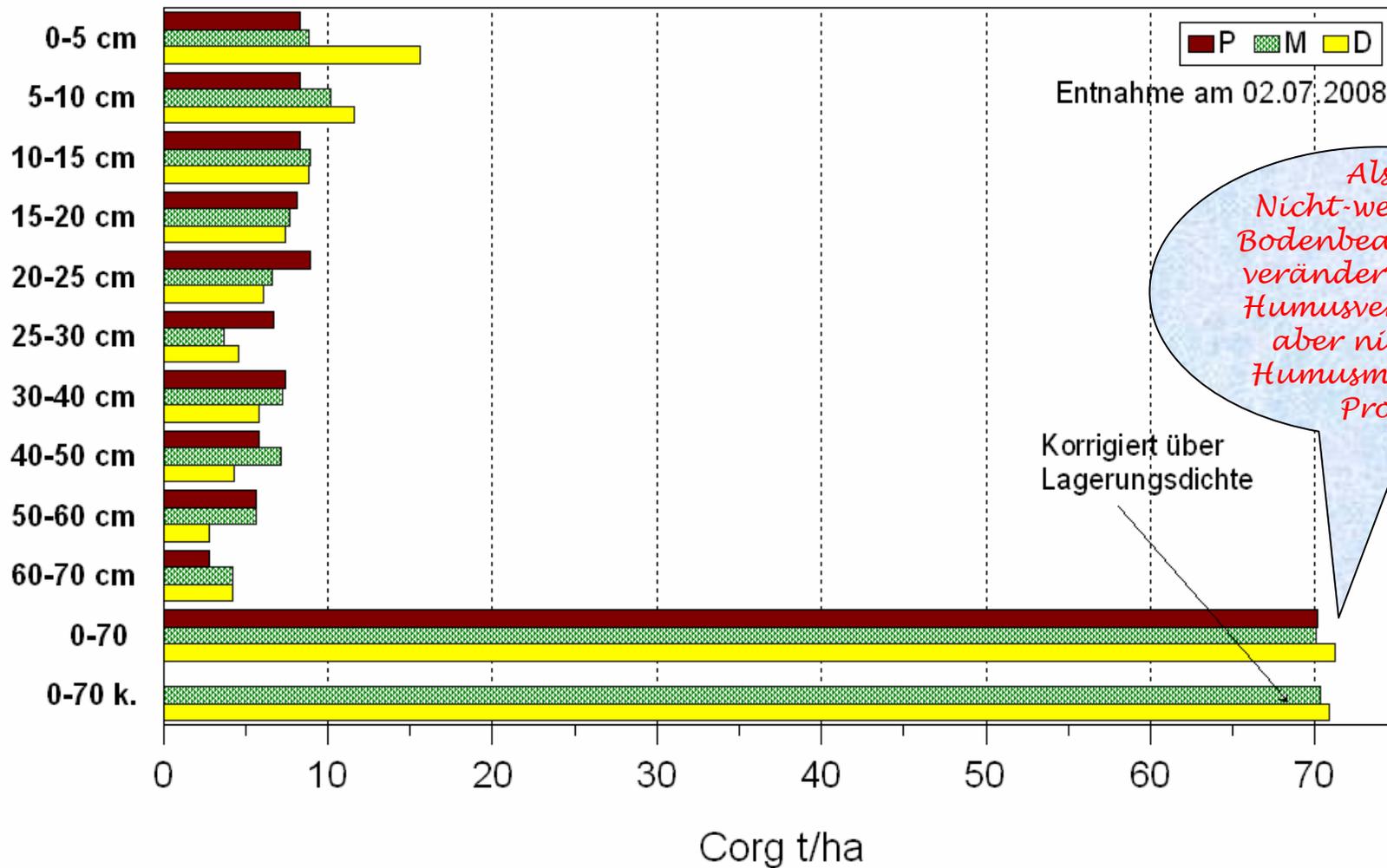
*Also:
Das ist einer
der uralten
Bodenbearbei-
tungsversuche
der Uni Giessen*

C_{org}-Gehalt bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung



Bodenbearbeitungsversuch Hassenhausen:

C_{org}-Mengen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung



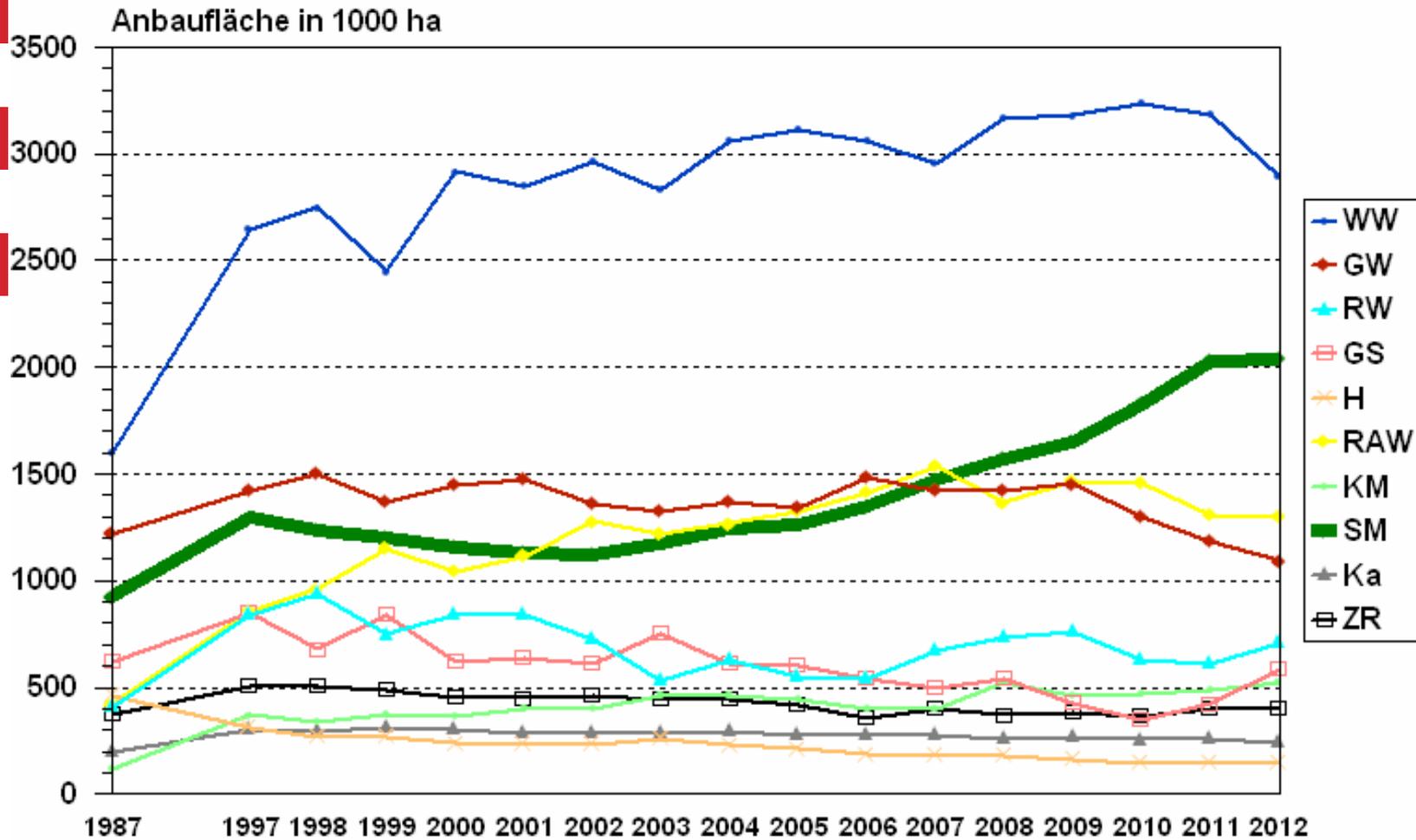
Entnahme am 02.07.2008

Korrigiert über Lagerungsdichte

*Also:
Nicht-wendende
Bodenbearbeitung
verändert nur die
Humusverteilung,
aber nicht die
Humusmenge im
Profil*

Zunehmender Maisanbau und Humusgehalt

Entwicklung der Anbauflächen in Deutschland



Zur Humuswirkung von Mais-Biogasgäresten:

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 _{org} | 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 _{org} | | 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

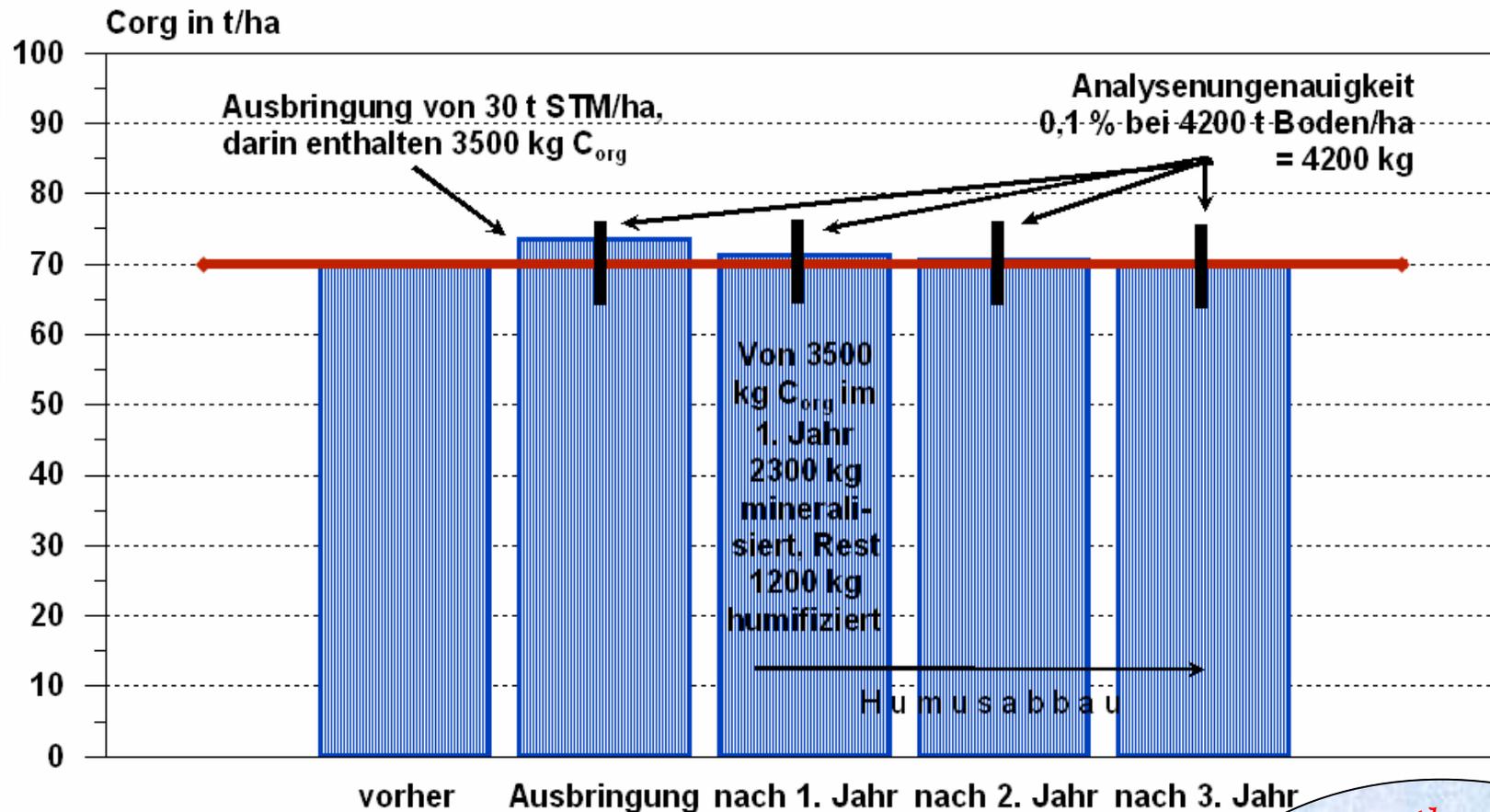
Humusbilanz
= Schlagbezogen,
vertikal



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

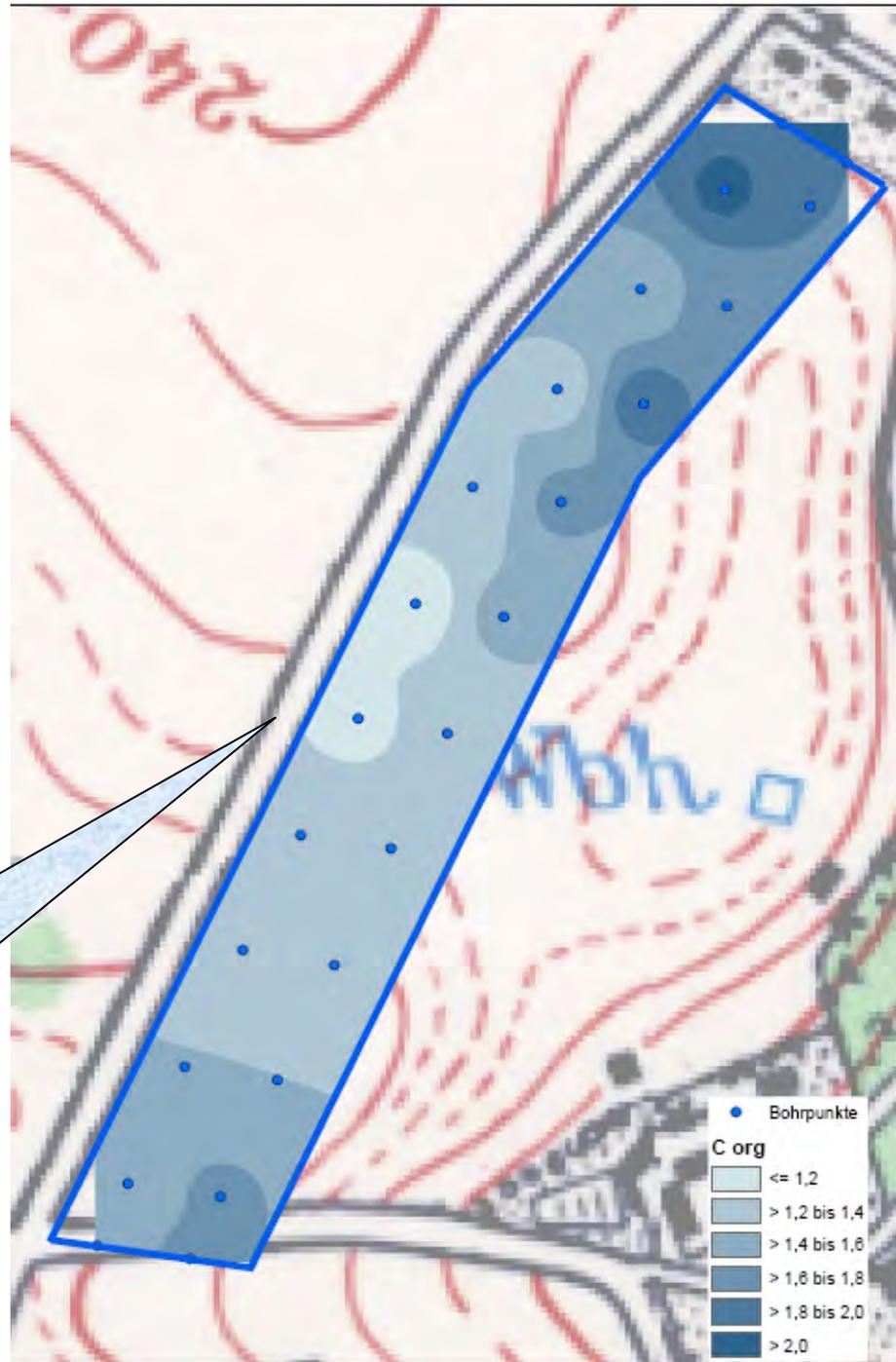
Rauischholzhausen

Schlag

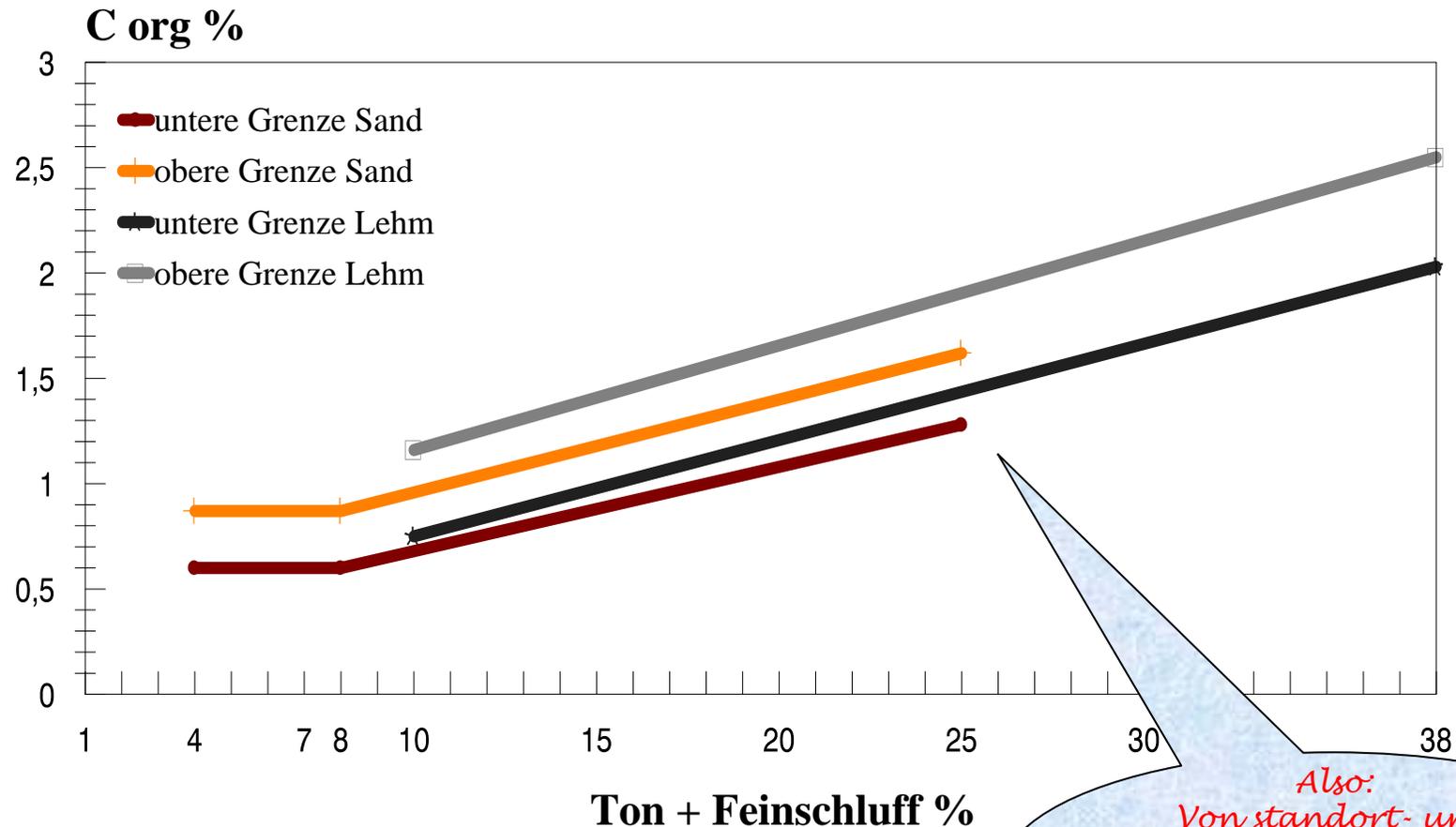
„Am Walzenberg“

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)

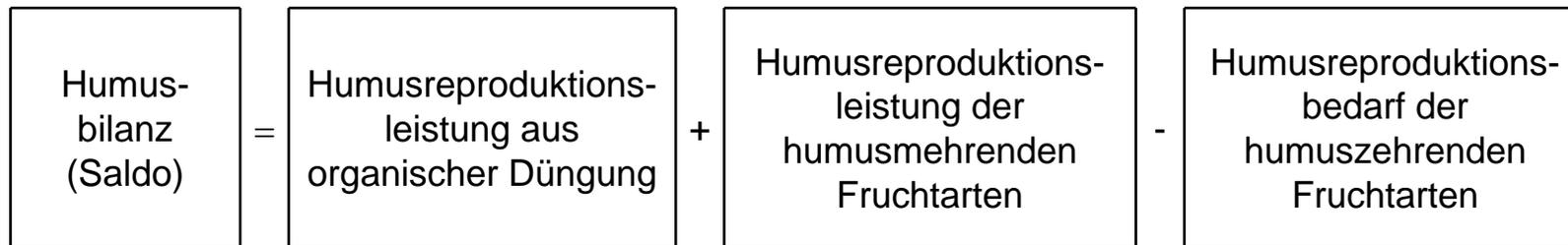
| WW-Sorte Hymack | Erntemenge t/ha | C-Gehalt | C-Menge kg/ha | Humus-Äq. kg/ha |
|-----------------------|--------------------|----------|------------------|--------------------|
| Abgefahrenes Stroh | 4,9 | 48,8 | 2390 | 466 |
| Kurzstroh + Spreu | 5,0 | 42,5 | 2130 | (400) |
| Stoppel mit Wurzel | 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 |
| Mittel | | 10,7 | 12,6 |

VDLUFA-Standpunkt 2004

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

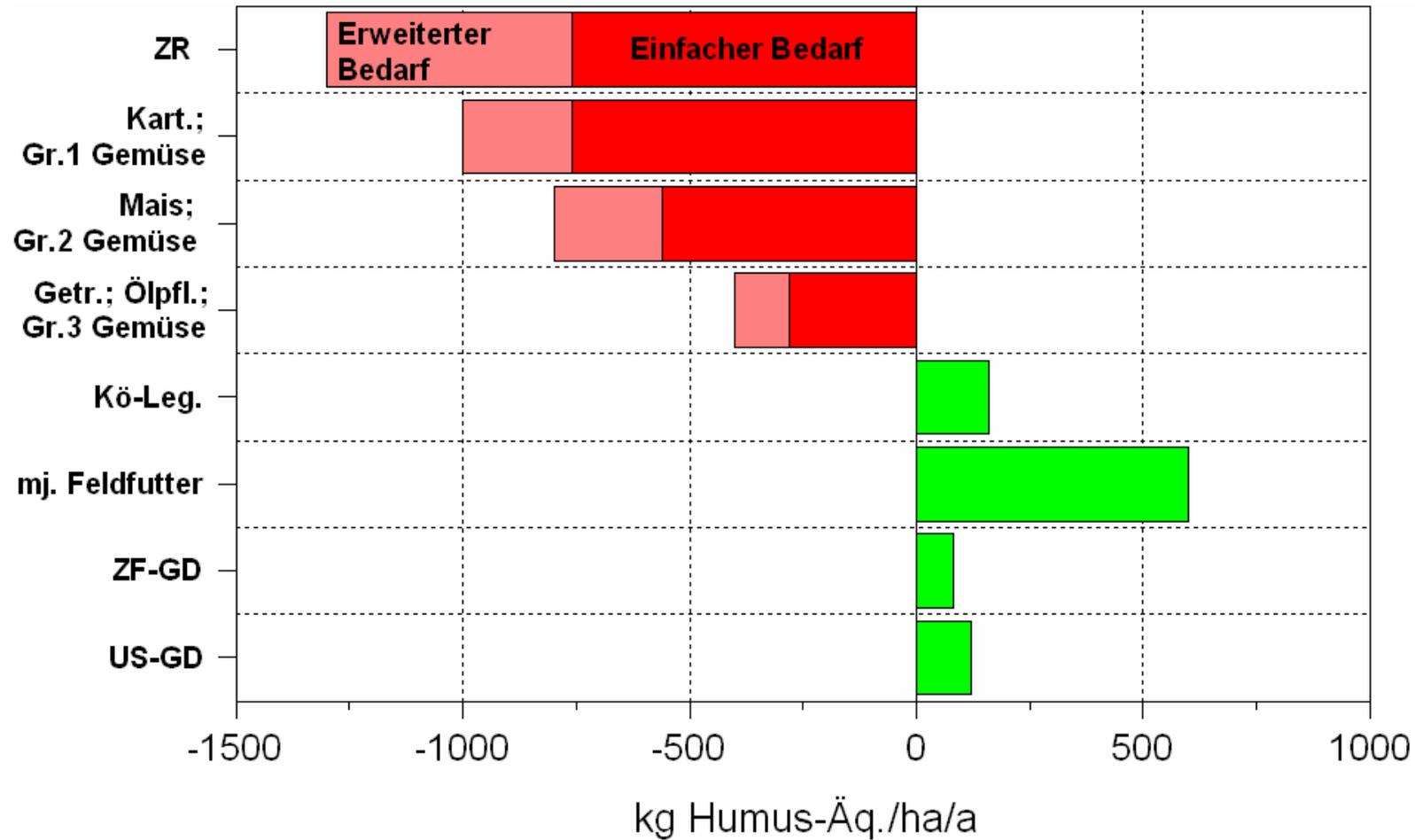
**VDLUFA-
Humusbilanzierung,
Ausschnitt aus:**

**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 Gründeckfrucht | 300 | 400 |
| als Untersaat | 200 | 300 |
| als Sommerblanksaat | 100 | 150 |

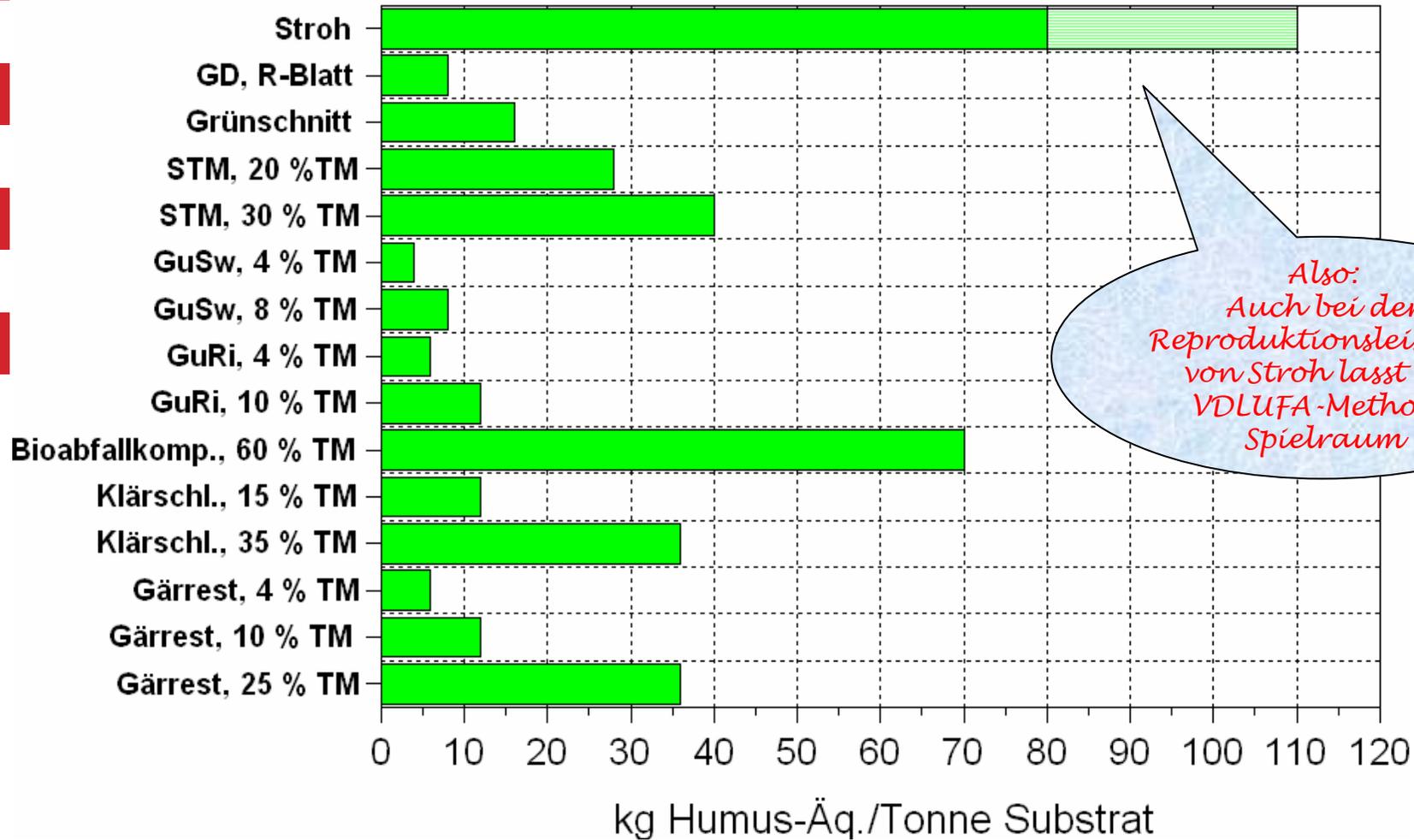
*Also:
Die VDLUFA-
Methode lässt
einen Spielraum
bei den
Bedarfswerten*

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





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

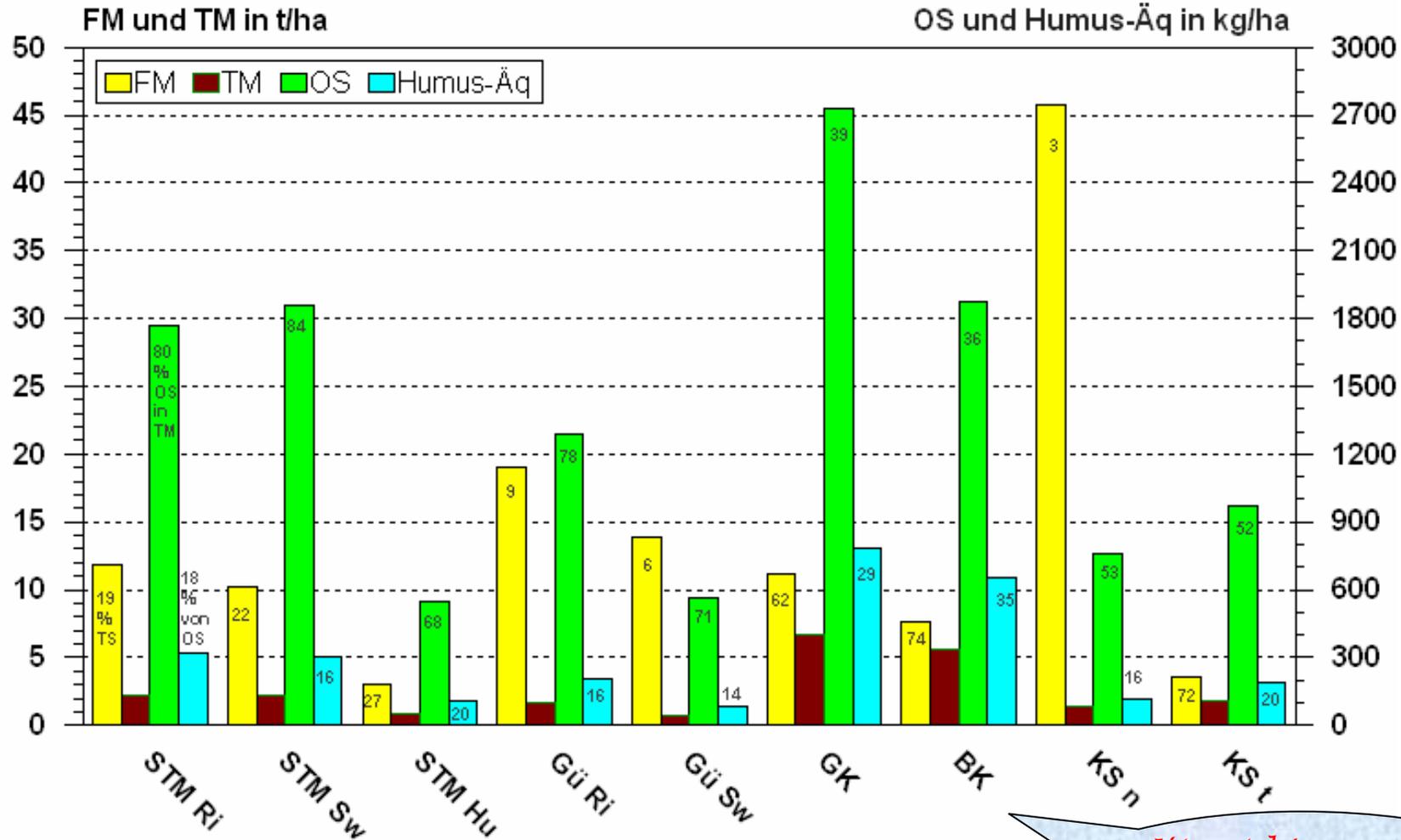


Also:
Auch bei der
Reproduktionsleistung
von Stroh lässt die
VDLUFA-Methode
Spielraum



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 Gülledüngungsversuch mit 0, 30, 60 und 90 m³/ha und Jahr Gülle
Ausbringung im Herbst auf einem lehmigen Sandboden (STEFFENS)

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

VDLUFA-Methode:

10 % TS 10 kg Humus-Äq./m³
 8 % TS 8 kg Humus-Äq./m³
 6 % TS 6 kg Humus-Äq./m³

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



VDLUFA-
Humusbilanzierung:

Bewertung der Humussalden (n. VDLUFA)

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

*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 | —————> | Sinkt |
| Hoch | Niedrig | —————> | Sinkt |
| „Richtig“ | Hoch | —————> | Steigt |
| „Richtig“ | Ausgeglichen | —————> | Bleibt |
| „Richtig“ | Niedrig | —————> | Sinkt |
| Niedrig | Hoch | —————> | Steigt |
| Niedrig | Ausgeglichen | —————> | Steigt |
| Niedrig | Niedrig | —————> | Bleibt |

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

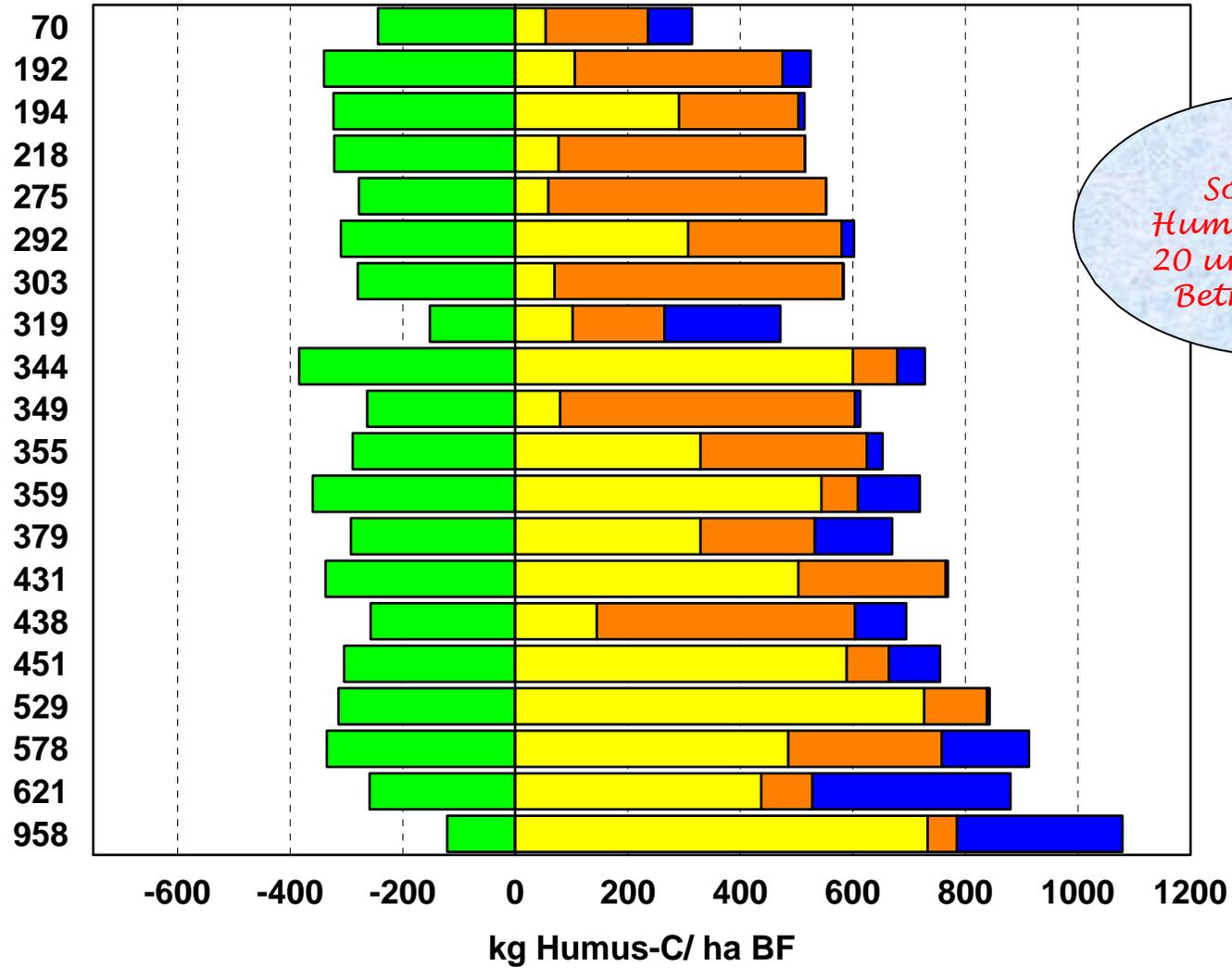


Inhalt:

- 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

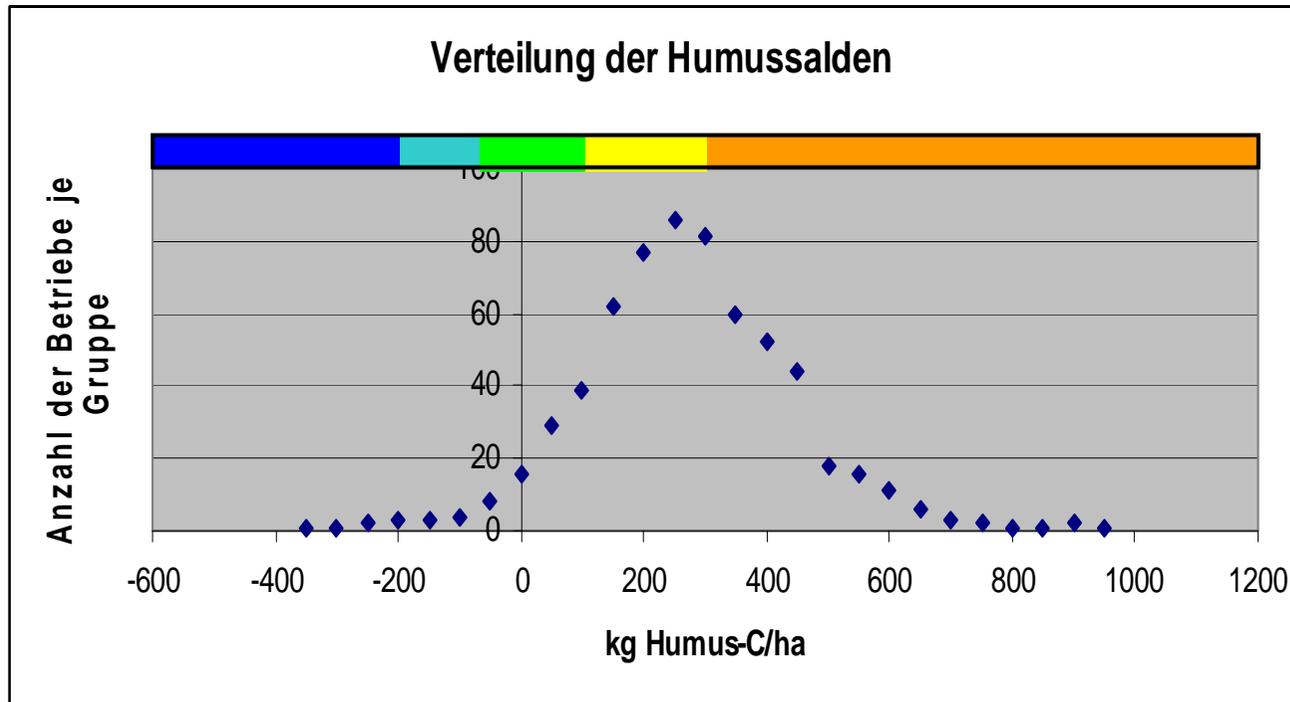


*Also:
So sah die
Humusbilanz in
20 untersuchten
Betrieben aus*

■ 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 DirektZahlVerpfIV:

Humusbedarf:

| Fruchtart | ha | Humuswirkung kg Humus-C ha ⁻¹ | 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 |
| Summe Humusbedarf | 44 | | - 15 280 |

Humusreproduktion
durch Neben-
ernteerzeugnisse:

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

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

Saldo:

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

§ 3 Abs. 4 und 5 und Anlage
DirektZahlVerpfIV:

**"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 ⁻¹ |
|---------------------------|--|
| 1. Kartoffeln | - 760 |
| 2. Winterweizen | - 280 |
| 3. Wintergerste | - 280 |
| 4. Erbsen | + 160 |
| 5. Winterroggen | - 280 |
| + (Untersaat) | + 200 |
| 6. Klee gras | + 600 |
| Humusbedarf gesamt | - 640 |

*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 ⁻¹ | kg Humus-Äq. (t Substrat) ⁻¹ | kg Humus-Äq. ha ⁻¹ |
| 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 | | | | |
| Summe | | | | + 1 280 |

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 ⁻¹ |
|---------------------------|--|
| 1. Raps | - 280 |
| 2. Winterweizen | - 280 |
| 3. Wintergerste | - 280 |
| Humusbedarf gesamt | - 840 |

*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 ⁻¹ | kg Humus-Äq. (t Substrat) ⁻¹ | kg Humus-Äq. ha ⁻¹ |
| 1 Raps | Stroh | 7,5 | 80 | + 600 |
| 2. Winterweizen | Stroh | 7 | 80 | + 560 |
| 3. Wintergerste | Stroh | 5,5 | 80 | + 440 |
| Summe | | | | + 1 600 |

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 ⁻¹ |
|---------------------------|--|
| 1. Zu-Rübe | - 760 |
| 2. Winterweizen | - 280 |
| 3. Wintergerste | - 280 |
| Humusbedarf gesamt | - 1320 |

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 Art | Menge t ha ⁻¹ | Humusreproduktion | |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|
| | | | kg Humus-Äq. (t Substrat) ⁻¹ | kg Humus-Äq. ha ⁻¹ |
| 1 Zu-Rübe | Blatt | 42 | 10 | + 420 |
| 2. Winterweizen | Stroh | 7 | 80 | + 560 |
| 3. Wintergerste | Stroh | 5,5 | 80 | + 440 |
| Summe | | | | + 1 420 |

Vergleich:

| Humusbedarf | Humus-reproduktion | Humussaldo | |
|-------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | im Zeitraum | im Jahr |
| - 1320 | + 1 420 | +100 | + 33 |

**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 ⁻¹ |
|---------------------------|--|
| 1. Si-Mais | - 560 |
| 2. Winterweizen | - 280 |
| 3. Wintergerste | - 280 |
| Humusbedarf gesamt | - 1120 |

60 m³ Silage ; 700 kg/m³;
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 ⁻¹ | Humusreproduktion | |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|---|----------------------------------|
| | | | kg Humus-Äq. (t Substrat) ¹ | kg Humus-Äq. ha ⁻¹ |
| 1 Si-Mais | Gärrest | 30 | 30 | + 900 |
| 2. Winterweizen | Stroh | 7 | 80 | + 560 |
| 3. Wintergerste | Stroh | 5,5 | 80 | + 440 |
| Summe | | | | + 1900 |

Vergleich:

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

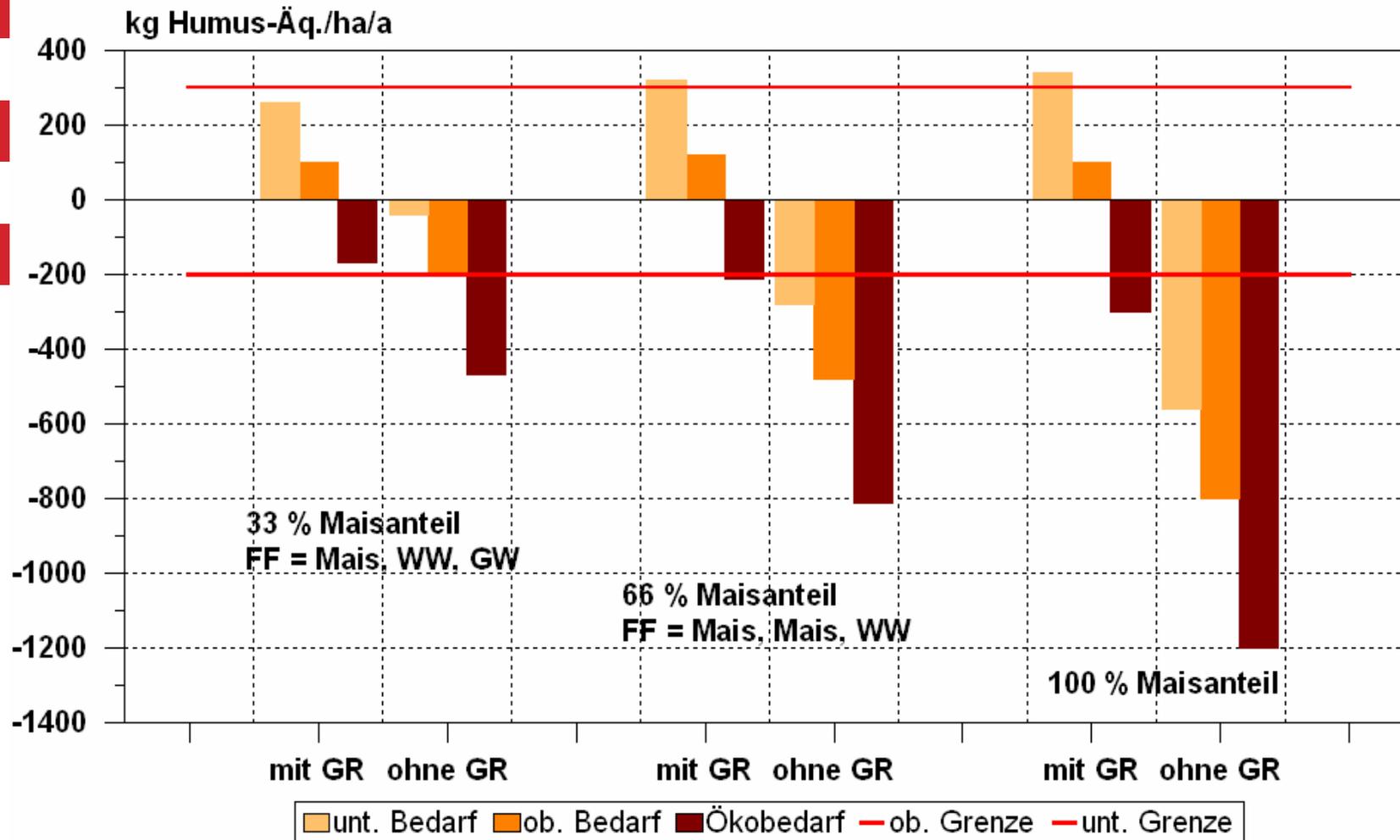
**Bei Nichtrück-
lieferung des
Gärrestes:
Bedarf = - 1120
Zufuhr = + 1000
Saldo p.a. = - 40**

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
- 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@buergerpost.net)

