

Grundsätze der Humuswirtschaft

zur guten fachlichen Praxis der ackerbaulichen Bodennutzung
(§ 17 BBodSchG)

Humus, Humusgehalt



Im Verbund der Landesanstalten und
Landesämter für Landwirtschaft

Was ist Humus?

Der Begriff Humus wird als Synonym für die Gesamtheit der abgestorbenen organischen Substanz im Boden verwendet. Humus ist ein komplexes Stoffgemisch pflanzlicher, tierischer und mikrobieller Herkunft, das permanenten Ab- und Umbauprozessen unterliegt. Der Begriff ‚Humus‘ ist kein geschützter Markenname und wird oft und kreativ als Handels-(bei)name im Düngemittelhandel genutzt.

Bodenumus wird traditionell in Dauer- und Nährhumus unterteilt. Dauerhumus ist an mineralische Bodenpartikel (Feinanteil = Ton + Schlufffraktionen) gebunden und wird nur sehr langsam umgesetzt. Diese weitgehend stabile Humusfraktion wird primär durch das Ausgangssubstrat der Bodenbildung sowie die natürlichen Standortbedingungen (Bodenart, Klima, Grundwasser) geprägt. Der umsetzbare Anteil des Bodenumus wird als Nährhumus bezeichnet. Dieser Humusfraktion werden die leicht abbaubaren organischen Materialien aus pflanzlichen Ernte- und Wurzelrückständen, Wirtschaftsdüngern und mikrobieller Biomasse zugerechnet. Nährhumus kann direkt durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (organisch-mineralische Düngung, Fruchtart, Bodenbearbeitung) beeinflusst werden.

Beide Humusfraktionen sind nicht scharf voneinander trennbar; ihre Übergänge sind fließend. Es gibt Ansätze, die Fraktionen getrennt voneinander analytisch abzuschätzen. Zudem kann aus Dauerfeldversuchen im Ergebnis von langjährigem Düngungsverzicht auf den Dauerhumusvorrat und im Vergleich zu zum Beispiel langjähriger standortoptimaler organisch-mineralischer Düngung auf den Nährhumusvorrat geschlossen werden (Abb. 1).

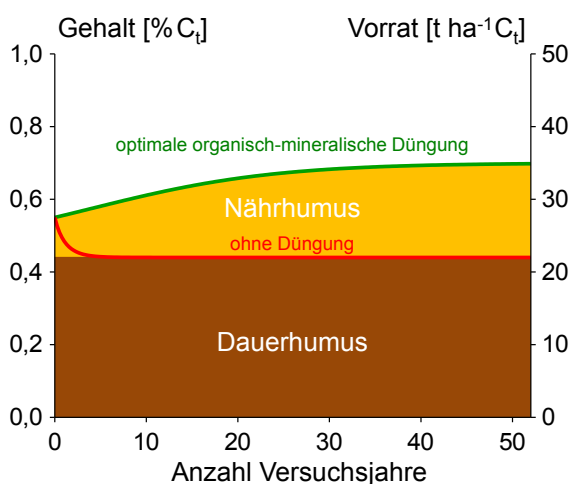


Abbildung 1:
Entwicklung von Dauer- und Nährhumus in der Ackerkrume eines grundwasserfernen, schwach lehmigen diluvialen Sandbodens (Groß Kreutz/ Brandenburg, 1967-2018)

Humus und Bodenfruchtbarkeit

Die Humusversorgung des Bodens ist ein übergeordnetes Bodenfruchtbarkeitsmerkmal, da sie neben der unmittelbaren Ertragswirkung eine Vielzahl wichtiger physikalischer (Abb. 2), chemischer und biologischer Bodeneigenschaften sowie den Kohlen- und Stickstoffkreislauf des Bodens direkt oder indirekt positiv beeinflusst.

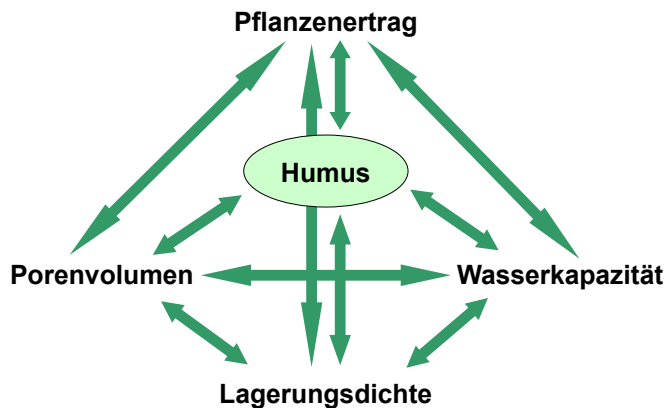


Abbildung 2:
Einfluss von Humusversorgung und physikalischen Bodeneigenschaften in der Ackerkrume auf den Ertrag (KOLBE & ZIMMER 2015)

Die Humusreproduktion ist Indikator und Bewertungskriterium der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung und damit wesentliches Kriterium einer nachhaltigen Sicherung der Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürliche Ressource (§ 17 BBodSchG).

Die Einschätzung der Humusversorgung kann anhand von Bodenuntersuchungen und Humusbilanzierungen vorgenommen werden.

Humusgehalt

Die Bestimmung des Humusgehaltes erfolgt durch die Entnahme von Bodenproben und deren Untersuchung im Labor. Labormethoden sind die Elementaranalyse (DIN EN 15936) sowie die Bestimmung des Glühverlustes (DIN EN 15935).

Organischer Kohlenstoff (C_{org}) ist der wichtigste Bestandteil der organischen Bodensubstanz. Im Boden kommt Kohlenstoff auch in anorganischer Form als Carbonat ($C_{Carbonat}$) vor. Im Labor wird der Gesamt-Kohlenstoffgehalt (C_t) und bei carbonathaltigen Böden ($CaCO_3 > 3\%$) zusätzlich der $C_{Carbonat}$ -Gehalt (DIN EN ISO 10693) bestimmt. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff wird dann per Differenzbildung berechnet ($C_{org} = C_t - C_{Carbonat}$). Für kalkfreie Böden wird vereinfacht unterstellt, dass der C_t -Gehalt dem C_{org} -Gehalt entspricht ($C_t = C_{org}$).

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass der Kohlenstoffanteil im Humus ca. 58 % beträgt und mit einem Faktor von 1,72 berechnet werden kann ($\text{Humusgehalt} = C_{org} \times 1,72$). Angaben in der Literatur weisen jedoch auf einen enormen Schwankungsbereich dieses Faktors hin (u.a. PRYBIL 2010), weshalb seine praktische Nutzung zur Umsetzung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung (§ 17 BBodSchG) nicht empfohlen werden kann (ZIMMER ET AL. 2015). Vorzugsweise sollten Humusuntersuchungen entweder direkt den organischen Kohlenstoff (C_{org}) oder bei kalkfreien Böden den Gesamt-Kohlenstoff (C_t) bestimmen und angeben. Alternativ kann bei sandigen Böden und Moorböden mit niedrigen Tongehalten der Gehalt an organischer Bodensubstanz (OBS) durch Bestimmung des Glühverlustes abgeschätzt werden. Auf Grund der besseren Vergleichbarkeit zu früheren Untersuchungen ist dies insbesondere bei Standorten sinnvoll, für die bereits langjährige Untersuchungszeitreihen vorliegen.

In Ackerböden sind sehr unterschiedliche Gehalte an organischem Kohlenstoff anzutreffen (Tab. 1). Diese Variation ist das Ergebnis der Wirkung einer Vielzahl von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren. Hierzu zählen:

- das geologische Ausgangssubstrat der Bodenbildung
- die Bodentextur (Feinanteil $< 6\ \mu\text{m}$)
- das Klima

- das Grund- und Stauwasser
- das Anbauverhältnis der Kulturarten (Fruchtfolge)
- die Art und Intensität der Bewirtschaftung (Düngung, Kalkung, Bodenbearbeitung etc.).

Tabelle 1: C_{org}-Gehalte in der Ackerkrume von Ackerböden in Deutschland (KOLBE & ZIMMER 2015)

| Bodengruppe | Bodenart | Tongehalt [%] | C _{org} -Gehalt MW [%] | Min-Max |
|-------------|----------------|------------------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | S | < 5 | 1,3 | 0,2 - 7,6 |
| 2 | l'S | 5 - 12 | 1,2 | 0,4 - 3,8 |
| 3 | IS | 12 - 17 | 1,5 | 0,7 - 3,8 |
| 4 | sL, uL | 17 - 25 | 1,5 | 0,6 - 4,6 |
| 5 | t'L, tL, IT, T | > 25 | 1,9 | 0,7 - 5,1 |

In Auswertung von ca. 240 mitteleuropäischen Dauerversuchen nimmt KOLBE (2012) die folgende Gewichtung der Einflussfaktoren vor:

- Klima: > 50 %
- Bodeneigenschaften: 20 - 30 %
- Bodenbewirtschaftung (Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung etc.): 5 - 30 %.

Darüber hinaus beeinflussen kleinräumige Bodenunterschiede, Schwankungen während der Vegetationszeit und zwischen den Jahren sowie Labor- und Probenahmefehler die Variation gemessener Humusgehalte beträchtlich. Diese Streuungen können bis zu 30 % betragen. Hinzu kommt, dass sich auch jahrzehntelang zurückliegende nicht ackerbauliche Bodennutzungen (Wald, Grünland), Entwässerungsmaßnahmen (Drainierung) und andere Vorbewirtschaftungsänderungen im Humusgehalt wiederfinden.

Die Wirkung ackerbaulicher Maßnahmen ist begrenzt. Die jährlich zu erwartenden Änderungen betragen weniger als 0,1 % C_{org}. Veränderungen des Humusgehaltes sind mit nur einer Bodenuntersuchung weder mess- noch bewertbar. Auch bei jährlich wiederholten Beprobungen kann auf Grund der beträchtlichen Variation und Schwankungsbreite ein Trend erst nach mindestens zehn Jahren und bei vierjährigem Untersuchungsturnus erst nach mindestens zwanzig Jahren einigermaßen sicher erkannt werden (KOLBE & ZIMMER 2015). Andernfalls besteht ein hohes Risiko zur Fehlinterpretation (siehe rote Pfeilmarkierungen in Abb. 3).

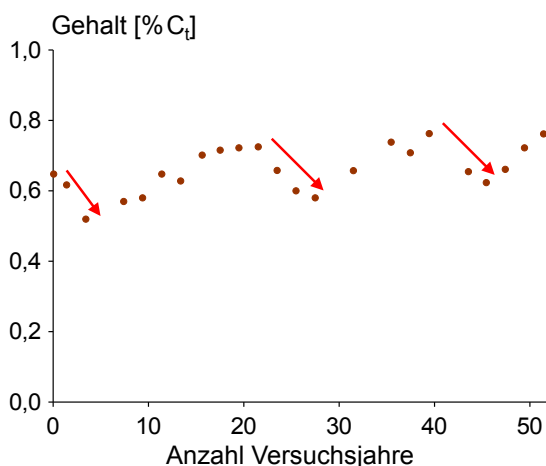


Abbildung 3: Entwicklung des Humusgehalts in der Ackerkrume eines grundwasserfernen, schwach lehmigen diluvialen Sandbodens (Groß Kreutz/ Brandenburg, 1967-2018)

Der Einfluss ackerbaulicher Bewirtschaftung auf die Humusversorgung kann nicht direkt aus Bodenuntersuchungen und Richtwerten abgeleitet werden. Hierzu sind geeignete Humusbilanzmethoden erforderlich, da sie im Vergleich zur Bodenuntersuchung den Einfluss der Bewirtschaftung deutlich sensibler abbilden (KÖRSCHENS 2010). Dennoch ist die Kenntnis der Humusgehalte wichtig (Tab. 2), um in Kombination mit der Humusbilanzierung beurteilen zu können, welche konkreten Maßnahmen und Verfahren der ackerbaulichen Bodennutzung zu empfehlen sind.

Tabelle 2: Standorttypischer Humusgehalt in der Ackerkrume von Ackerböden in Süd- und Ostdeutschland (Orientierungswerte nach KÖRSCHENS & SCHULZ 1999 sowie CAPRIEL 2012, ergänzt und aktualisiert)

| Bodengruppe | Bodenart | Tongehalt [%] | C _{org} -Gehalt [%] | OBS-Gehalt [%] |
|-----------------------------------|----------------|---------------|------------------------------|----------------|
| <i>Höhenlage: < 350 mm NHN</i> | | | | |
| 1 | S | < 5 | 0,5 - 0,7 | 1,7 - 2,0 |
| | | 5 - 12 | 0,7 - 1,4 | 2,0 - 3,5 |
| 2 | l'S | < 8 | 0,5 - 0,9 | 1,7 - 2,5 |
| | | 8 - 17 | 0,7 - 1,4 | 2,0 - 3,5 |
| 3 | IS | 8 - 17 | 0,7 - 1,4 | 2,0 - 3,5 |
| | | 17 - 25 | 1,3 - 1,6 | 3,3 - 3,9 |
| 4 | sL, uL | < 8 | 0,5 - 0,9 | 1,7 - 2,5 |
| | | 8 - 17 | 0,7 - 1,3 | 2,0 - 3,0 |
| | | 17 - 25 | 1,3 - 1,6 | 3,0 - 3,9 |
| 5 | t'L, tL, IT, T | > 25 | 1,6 - 2,1 | 3,9 - 5,0 |
| <i>Höhenlage: 350-550 mm NHN</i> | | | | |
| 1, 2 | S, l'S | ≤ 12 | 0,8 - 1,6 | 2,2 - 3,9 |
| 3, 4 | IS, sL, | 12 - 25 | 1,1 - 2,1 | 2,9 - 5,0 |
| 5 | t'L, tL, IT, T | > 25 | 1,3 - 2,6 | 3,3 - 6,0 |
| <i>Höhenlage: > 550 mm NHN</i> | | | | |
| 3, 4 | IS, sL, | 12 - 25 | 1,5 - 2,6 | 3,7 - 6,0 |
| 5 | t'L, tL, IT, T | > 25 | 2,3 - 3,8 | 5,4 - 8,5 |

Problematisch ist die Einschätzung von Bewirtschaftungseinflüssen auf grundwasser- und staunäsebeeinflusste Ackerböden, da hierzu kaum Versuchsergebnisse vorliegen. Auf einem stark grundwasserbeeinflussten mittel-humosen Staugley in Kittendorf (Mecklenburg-Vorpommern) blieben zum Beispiel extrem unterschiedliche Fruchtfolgen ohne Auswirkungen auf den Humusgehalt in der Ackerkrume.

Für quantitative Aussagen zu Humusveränderungen ist es zudem erforderlich, Humusvorräte zu berechnen. Dies setzt die Bestimmung der Bodenlagerungsdichte voraus (DIN 18121-2). Hierzu nachfolgendes Berechnungsbeispiel für den Humusvorrat in der Ackerkrume (0-30 cm):

Tiefe der Bodenprobenahme: 30 cm
Humusgehalt: 1,2 % C_{org}
Lagerungsdichte: 1,57 g/cm³
Humusvorrat = 30 x 1,2 x 1,57 = 56,5 t C_{org}/ha

Zu berücksichtigen ist, dass auch die Bodenlagerungsdichte kleinräumig enormen Schwankungen unterliegen kann.

Literatur

BBODSCHG: Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998. BGBl. I S. 502. Zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 3 V v. 27.09.2017 I 3465.

CAPRIEL P. (2012): Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe LfL Bayern 05/2010. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.). 3 Auflage 2012. 45 S.

DIN 18121-2 (2012): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt – Teil 2: Bestimmung durch Schnellverfahren. Beuth Verlag. Berlin.

DIN EN 15935 (2012): Schlamm, behandelter Bioabfall, Boden und Abfall - Bestimmung des Glühverlusts. Beuth Verlag. Berlin.

DIN EN 15936 (2012): Schlamm, behandelter Bioabfall, Boden und Abfall - Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) mittels trockener Verbrennung. Beuth Verlag. Berlin.

DIN EN ISO 10693 (2014): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Carbonatgehaltes - Volumetrisches Verfahren. Beuth Verlag. Berlin.

KOLBE H. (2012): Bilanzierungsmethoden und Versorgungsniveau für Humus. Schriftenreihe LfULG Sachsen 19/2012. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.). 85 S.

KOLBE H. & J. ZIMMER (2015): Leitfaden zur Humusversorgung - Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.). Dresden. 60 S.

KÖRSCHENS M. (2010): Der organische Kohlenstoff im Boden (C_{org}) - Bedeutung, Bestimmung, Bewertung. Arch. Agron. Soil Sci. 56: 375-392

KÖRSCHENS M. & E. SCHULZ (1999): Die organische Bodensubstanz, Dynamik-Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. UZF-Bericht 13/1999. Leipzig-Halle. 46 S.

PRYBIL D.W. (2010): A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. Geoderma 156: 75-83

ZIMMER J., A. BAURIEGEL & B. KROSCHEWSKI (2015): Kohlenstoff * 1,72 = Humus? VDLUFA-Schriftenreihe 71/2015. VDLUFA-Verlag. Darmstadt: 266-273

Impressum

Arbeitsfeld „Pflanzenbauliche Aspekte der Humusreproduktion“ im Verbund der Landesanstalten und Landesämter für Landwirtschaft

Herausgeber: Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
Naumburger Straße 98 | 07743 Jena
Telefon: 0361 574041-000
E-Mail: postmaster@tlllr.thueringen.de

Redaktion: LELF Brandenburg, Referat Ackerbau, Grünland
Autor: Jörg Zimmer (LELF Brandenburg)

Unter Mitwirkung von:

Dr. Ines Bull (LFA Mecklenburg-Vorpommern), Dr. Holger Flaig (LTZ Baden-Württemberg), Dr. Martin Wiesmeier (LfL Bayern), Dierk Koch (LLH Hessen), Hubert Schröter (TLLLR Thüringen), Dr. Ulrich von Wulffen (LLG Sachsen-Anhalt), Dr. Dan Zederer (LfULG Sachsen)

Redaktionsschluss 2. Auflage: 31.12.2020