
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

Unter Mitwirkung von:

Dr. Th. Ebertseder, Freising

Dr. R. Gutser, Freising

Dr. J. Heyn, Kassel

Prof. Dr. D. Sauerbeck, Braunschweig

Bonn, den 30. April 2004

Impressum

Standpunkt des VDLUFA, 30. April 2004

Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und
Forschungsanstalten (VDLUFA)
Siebengebirgsstraße 200, 53229 Bonn
Tel.: 0228-434 2511; Fax: 0228-434 2474
E-Mail: info@vdlufa.de
Internet: <http://www.VDLUFA.de>

Präsident: Prof. Dr. V. Potthast

Stellungnahmen von: Anonym, Freising; Dr. R. Bischoff, Speyer; Dr. B. Boelcke, Güstrow;
Prof. Dr. G. Breitschuh, Jena; Dr. Th. Ebertseder, Freising; Dr. habil. H.
Eckert, Jena; Dr. F. Fürstenfeld, Ochsenfurt; Prof. Dr. M. Frielinghaus,
Müncheberg; Dr. J. Gerendas, Kiel; Dr. P. Gullich, Jena; Dr. R. Gutser,
Freising; Prof. Dr. Ch. Hecht-Buchholz, Berlin; U. Hege, Freising; Dr. F.
Herbst, Halle/S.; Dr. L. Herold, Jena; Dr. J. Heyn, Kassel; Prof. Dr. G.
Hoffmann, Freising; Dr. H. Isermann, Hanhofen; G. Jacobs, Münster;
Dr. H.-E. Kape, Rostock; Dr. M. Kleemisch, Veitshöchheim; Dr. M.
Kerschberger, Weimar; Dr. S. Knappe, Halle/S.; Dr. H.-J. Koch,
Göttingen; Dr. V. König, Jena; Dr. W. Krainer, Graz; Dr. K. Kummer,
Limburgerhof; B. Lambert, Sinsheims-Steinsfurt; Dr. D. Laves, Leipzig;
Prof. Dr. M. G. Lindhauer, Detmold; Prof. Dr. W. Merbach, Halle/S.;
Dr. H. Munk, Heiligenhaus; Dr. M. Munzert, Freising; Dr. L. Nätscher,
Freising; Dr. K. Orlovius, Kassel; Dr. W. Richter, Leipzig; Dr. R.
Roschke, Güterfelde; Prof. Dr. Dr. h. c. D. Sauerbeck, Braunschweig;
Prof. Dr. K. Schenkel, Stuttgart; Prof. Dr. G. Schilling, Halle/S.; A.
Schramm, Trier; Dr. M. Schrödter, Bernburg; Dr. K. Seibert, Speyer; Dr.
F. Stadelmann, Reckenholz, Schweiz; H. J. Unger, Freising; Dr. D.
Witzel, Kassel

Gesamtherstellung: VDLUFA, Selbstverlag
Endredaktion: Dr. H.-G. Brod

Humusbilanzierung

- Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland

1 Einführung

Nachfolgend wird unter „Humus“ die gesamte organische Bodensubstanz (OBS) verstanden. Die Bedeutung des Humus liegt in der Verbesserung nahezu aller Bodeneigenschaften. Eine ausreichende Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden dient daher der nachhaltigen Sicherung ihrer Produktivität. Humus beeinflusst die physikalischen, chemischen und biologischen Bodenfunktionen, insbesondere

- die Speicherung von Nährstoffen und Wasser,
- das Filter- und Puffervermögen,
- die biologische Aktivität
- das Bodengefüge (Aggregatstabilität, Luft- und Wasserhaushalt, Schutz vor Schadverdichtung und Erosion).

Die Erhaltung standort- und bewirtschaftungsadäquater Humusgehalte ist deshalb ein wesentlicher Grundsatz der guten fachlichen Praxis.

Unnötig hohe Humusgehalte können allerdings in Folge des hohen Mineralisierungspotenzials Ursache für vermeidbare Stickstoff-Austräge in die Hydro- und Atmosphäre sein. Deshalb werden zur Beurteilung und Sicherstellung einer für Produktion und Umweltschutz optimalen Versorgung der Böden mit Humus aussagekräftige, einfach und damit breit anwendbare Methoden benötigt.

Die analytische Erfassung von kurzfristigen, aber im Vergleich zur Gesamtmenge nur relativ geringen Veränderungen der Humusvorräte zwecks Ableitung von Bewirtschaftungsempfehlungen ist kaum praktikabel. Ein rein rechnerisches, auf langjährigen Versuchsergebnissen und den Bewirtschaftungsdaten der Betriebe basierendes Bilanzierungsverfahren liefert dagegen auf einfache Weise Informationen für eine aus der Sicht der Bodenfruchtbarkeit und des Umweltschutzes anzustrebende Versorgung der Ackerböden mit organischer Substanz.

Die nachfolgend beschriebene Humusbilanzierung ist ein praktisch nutzbares Verfahren zur Beurteilung des Humushaushaltes ackerbaulich genutzter Böden. Der Humussaldo erlaubt eine quantitative Abschätzung der Humusreproduktion in Abhängigkeit von der jeweiligen Bodenbewirtschaftung.

2 Ziele und Anwendungsbereich

Ziel der Humusbilanzierung ist es, auf Schlag-, Fruchtfolge- oder Betriebsebene die bewirtschaftungsbedingt zu erwartenden Veränderungen der Humusvorräte acker- und gartenbaulich genutzter Böden abzuschätzen und mit der organischen Düngung entsprechend zu reagieren. Die Methode ist aufgrund der gegebenen Datenbasis für integriert wirtschaftende Betriebe konzipiert, für den ökologischen Landbau ist aus Gründen der Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff eine entsprechend höhere Zufuhr organischer Substanzen erforderlich. Vorstellungen dazu wurden von LEITHOLD und HÜLSBERGEN (1998) veröffentlicht.

Aus den Bilanzsalden ist abzuleiten, inwieweit Änderungen in der Bewirtschaftung notwendig sind, um eine standortangepasste Humusversorgung der Böden zu erhalten. Damit wird die Nachhaltigkeit der Produktion gesichert und das Verlustpotenzial für Stickstoff begrenzt.

Die Kenntnis der Humusbilanz (Ab- bzw. Aufbau) informiert zudem über die Veränderungen der Stickstoffvorräte der Böden. Sie ist somit Voraussetzung, um aufgrund schlag- oder betriebsbezogener Stickstoffsalden (Input - Output) die aktuelle Gefahr von N-Verlusten zu beurteilen.

3 Prinzip der Humusbilanzierung

Die Humusbilanzierung zielt darauf ab, Veränderungen der Humusvorräte abzuschätzen, die durch die jeweiligen Kulturpflanzen bzw. deren Fruchtfolge und die Zufuhr organischer Materialien verursacht werden. Die angebauten Pflanzen beeinflussen einerseits über ihr Wurzelsystem (Wurzelmasse, Rhizodeposition) und andererseits durch ihre spezifischen Anforderungen an die Bodenbearbeitung (Intensität, Bodenruhe) den Netto-Zuwachs oder -Verlust an Humus im Boden. Aus Menge und Qualität der zugeführten Ernterückstände und organischen Dünger lässt sich deren unterschiedliche Fähigkeit zur Humusreproduktion ermitteln. Der Humussaldo errechnet sich demnach aus der Humuszufuhr durch die organischen Dünger (Ernterückstände, Stallmist, Gülle, Kompost etc.) auf der einen und der anbauspezifischen Veränderung des Humusvorrates (Humusbedarf) auf der anderen Seite:

$$\boxed{\text{Humussaldo}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{Humuszufuhr} \\ \text{Reproduktionsleistung} \\ \text{organischer Materialien} \end{array}} \text{ minus } \boxed{\begin{array}{c} \text{Humusbedarf} \\ \text{anbauspezifisch} \end{array}}$$

Wenn die Zufuhr organischer Substanzen den bewirtschaftungsabhängigen Humusbedarf wesentlich unter- oder auch überschreitet, können sich schwer wiegende Probleme ergeben.

Für die Berechnung der Humusbilanz werden nur relativ leicht zu erhebende Bewirtschaftungsdaten benötigt, die in gut geführten landwirtschaftlichen Betrieben verfügbar sind.

4 Wissenschaftliche Grundlagen

In den letzten Jahrzehnten wurden verschiedene Bilanzierungsmethoden erarbeitet, die sowohl den anbauspezifischen Humusbedarf als auch die Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Substanzen (Stalldung, Gülle, Stroh, Gründüngung etc.) quantifizieren. Die Parameter für diese Humusbilanzierung wurden aus langjährigen Feldversuchen mit mineralischer und organischer Düngung auf unterschiedlichen Böden und zu verschiedenen Fruchtfolgen abgeleitet (Autorenkollektiv, 1977, Körschens u. Schulz, 1999, Leithold et al., 1997).

Bei unterschiedlicher Bewirtschaftung stellen sich im Laufe der Zeit jeweils charakteristische und anschließend praktisch konstante Gehalte an Humus im Boden ein. Diese Tatsache wurde in vielen Versuchen durch entsprechende C- und N-Untersuchungen der Böden verifiziert. Der bei den jeweils günstigsten Versuchsvarianten (bestimmt nach Ertragssicherheit, hoher N-Effizienz und ausgewogenen N-Salden) erforderliche Humusbedarf ist demnach auch die optimale Humusmenge, die durch organische Düngung bereit gestellt werden sollte.

Beispielhaft für die beschriebene Vorgehensweise ist in Tabelle 1 die in langjährigen Feldversuchen für deren jeweilige Optimalvarianten erforderliche organische Düngung in $\text{t ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ Rottemist dargestellt. Als „optimal“ wurde die Versuchsvariante bezeichnet, bei der in Kombination mit Mineraldüngung durch eine höhere Zufuhr an organischer Substanz keine weitere Ertragssteigerung mehr erzielt und die höchste Effizienz der N-Düngung erreicht wurde.

Tabelle 1: Experimentell ermittelter und bilanzierter Humusbedarf für die Optimalvarianten von Dauerfeldversuchen mit kombiniert mineralisch-organischer Düngung

Versuchsort	Anlagejahr	Humusbedarf [t ha ⁻¹ a ⁻¹ Stallung-Rottemist]	
		experimentell ermittelt	bilanziert
Bad Lauchstädt ¹⁾	1902/1978	10	13
Methau ²⁾	1966	10	13
Spröda ²⁾	1966	10	13
Müncheberg ³⁾	1962	8	13
Braunschweig ³⁾	1952	10	13
Groß Kreutz ^{4) 5) 6)}	1967	10-15	13
Thyrow ⁷⁾	1938	10	10,2
Speyer ⁸⁾	1958/1983	15	12,7
Mittel		10,7	12,6 ^{*)}
In Bad Lauchstädt und Speyer jeweils 2 Versuche			
¹⁾ Körschens et al., 1994, ²⁾ Albert, 1999, ³⁾ Rogasik, 2003, ⁴⁾ Asmus, 1995, ⁵⁾ Zimmer u. Prystav, 2003,			
⁶⁾ Zimmer u. Roschke, 2001, ⁷⁾ Lettau u. Ellmer, 1997, ⁸⁾ Bischoff u. Emmerling, 2003			
*) 12,6 t entsprechen dem Stallmistanfall von etwas mehr als einer Großvieheinheit.			

Diesem experimentell ermittelten Humusbedarf ist der über die Bilanzierungsmethode (untere Werte der Tab.2) errechnete Bedarf an organischer Masse in Rottemist-Äquivalenten gegenüber gestellt. Die hierfür verwendeten Bedarfs- und Reproduktionsfaktoren (s. Tabellen 2 und 3) wurden aus langjährigen Fruchtfolge-Düngungsversuchen anhand der Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im Boden abgeleitet. Im Durchschnitt wurde der tatsächliche Bedarf bei dieser rechnerischen Bilanzierung um etwa 20 Prozent überschritten. (Einzelheiten zu der Berechnungsweise s. Abschnitt 5). Insgesamt zeigt dieser Vergleich trotz unterschiedlicher Standorte und Böden eine relativ gute Übereinstimmung.

Die durch den Anbau bestimmter Fruchtarten verursachte Humusabnahme oder -zunahme sowie die durch die Humusersatzleistung verschiedener organischer Dünger bewirkte Humus-Anreicherung werden bislang beide durch die Einheit "Reproduktionswirksame organische Substanz" (ROS, ausgedrückt in Äquivalenz zur Vergleichssubstanz organische Stallungstrockenmasse) (Asmus und Herrmann, 1977) quantifiziert. Teilweise wird auch in „Humuseinheiten“ gerechnet (HE, ausgedrückt in Äquivalenten zur organischen Bodensubstanz) (Leithold et al., 1997). Beide Größen lassen sich ineinander umrechnen (1 t ROS = 0,35 HE, 1 HE = 2,8 t ROS).

Da es hier um die Quantifizierung des nutzungsabhängigen Humushaushaltes im Boden und um die Humusersatzleistung verschiedener organischer Substanzen geht, wurde neuerdings als Grundlage einer vereinheitlichten Humusbilanzierung für beides der Begriff „Humusäquivalente“ (Häq) vorgeschlagen. Das sind Richtwerte für diejenigen Humusmengen (ausgedrückt als kg C ha⁻¹), die im Boden nutzungsbedingt durch Abbau verloren gehen und durch organische Düngung ersetzt werden sollten (anbauspezifischer Humusbedarf, Tab. 2). Dem steht bei der Bilanzierung die sehr unterschiedliche Humusreproduktion durch verschiedene organische Substanzen gegenüber, die deshalb ebenfalls in Humusäquivalenten, d.h. in kg des daraus durch Humifizierung entstehenden Boden-C je Tonne des betreffenden Substrats (Humuszufuhr, Tab. 3) ausgedrückt wird.

Zum Vergleich:

1 Humusäquivalent (Häq) entspricht 1 kg C in der humifizierte organischen Masse des Bodens.

1 t ROS entspricht der Humusersatzleistung von 1 t Rottemist-Trockenmasse, aus der nach der Humifizierung ca. 200 kg C im Boden verbleiben.

1 HE entspricht 1 t Humus-Trockenmasse, die etwa 580 kg C enthält.

5 Humusbedarf und Humuszufuhr

Richtwerte für die anbau- bzw. fruchtartenspezifische Veränderung der organischen Bodensubstanz sind in Tabelle 2 aufgeführt. Da der Humusumsatz im Boden von den Standortbedingungen und der Nutzungsweise (z.B. Bodenbearbeitung, Ertragsleistung und Menge der Ernterückstände) beeinflusst wird, werden für die einzelnen Kulturen Bereiche angegeben. Die unteren Richtwerte sind vorzugsweise bei Böden in gutem Kulturzustand mit optimaler mineralischer N-Düngung, die oberen Richtwerte für bereits längere Zeit mit Humus unterversorgte Böden anzuwenden. Da im Ökologischen Landbau eine mineralische Stickstoffdüngung entfällt, ist der N-Bedarf der Kulturpflanzen nur über höhere Gaben an organischer Masse zu gewährleisten.

Bestimmende Faktoren für die Humusakkumulation (positive Werte) beim Anbau mehrjähriger Futterpflanzen sind die großen Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen sowie die während der Nutzungsdauer bestehende Bodenruhe.

Die Humus-Reproduktionsleistung organischer Düngestoffe (Richtwerte in Tabelle 3), ausgedrückt in kg Humus-C je t Substrat, ist abhängig von deren stofflicher Zusammensetzung, welche den Abbau und die Humifizierung im Boden maßgeblich bestimmt. Entsprechend ist die Humusersatzleistung auch abhängig vom Rottegrad des Festmistes (Frischmist, Rottemist, Mistkompost), von der Tierart (Gülle) und vom Wassergehalt (Klärschlamm). Die für Stroh angegebene Humusproduktion von 80 bis 110 kg C je t entspricht der in Dauerversuchen je nach Umsatzaktivität der Böden festgestellten unterschiedlichen Humifizierung.

Die Humusbilanz sollte stets eine ganze Fruchtfolge erfassen. Sofern keine Fruchtfolgen ausgewiesen sind, empfiehlt sich eine schlagspezifische Humusbilanz der letzten 5 bis 10 Jahre. Zur vergleichenden Bewertung von Bewirtschaftungssystemen ist auch eine Humusbilanz auf Betriebsebene geeignet. Ein Anwendungsbeispiel ist in Tabelle 4 gegeben.

6 Bewertung der Humusversorgung

Zur Bewertung der Humusversorgung auf Basis der Humussalden wird die Auswirkung sowohl auf die Ertragssicherheit als auch auf das Verlustpotenzial für Stickstoff berücksichtigt. Sie erfolgt anhand von Saldengruppen¹ gemäß Tabelle 5. Zwischen der Gruppe C (optimal) und den sehr ungünstig bewerteten Gruppen A (sehr niedrig) und E (sehr hoch) wurden mit den Gruppen B und D Bereiche für Humussalden angesprochen, bei denen zumindest mittelfristig eine Überprüfung der bestehenden Humuswirtschaft erfolgen sollte.

Die Einhaltung der für organische Materialien geltenden Mengenbegrenzungen nach Abfallrecht, Düngerecht und/oder Bodenschutzrecht ist unabhängig von der Humusbilanz zu prüfen und zu gewährleisten.

7 Weiterer Forschungsbedarf

Die Humusbilanzierung sollte in allen landwirtschaftlichen Betrieben als integraler Indikator für die Gewährleistung von Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der Agrarproduktion angewendet werden. Dennoch bedarf diese Bilanzierungsmethode einer weiteren Absicherung für unterschiedliche Standortbedingungen, Klimaräume und Böden.

¹ Da die Einteilung in die Bereiche A bis E auf Bilanzgrößen und nicht wie bei der Bodenuntersuchung auf Messgrößen basiert, wird hier in Gruppen und nicht in Klassen eingeteilt.

1. Zur weiteren Differenzierung für verschiedene Standortbedingungen und Bewirtschaftungssysteme sind Langzeitexperimente erforderlich. Zusätzlich sollten Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen und Modellbetrieben sowie Simulations- und Bodenprozess-Modelle mit einbezogen werden.
2. Der Kenntnisstand über den bewirtschaftungsspezifischen Humusbedarf moderner Anbausysteme muss verbessert werden. Die Bedarfsfaktoren sind insbesondere auf ihre Richtigkeit z. B. bei Boden konservierender pflugloser Bewirtschaftung zu überprüfen. Ebenso ist der Einfluss des Produktionsniveaus in Abhängigkeit von der mineralischen N-Düngung zu berücksichtigen.
3. Die Humus-Reproduktionsleistung von Stroh in Abhängigkeit von Standort, Bodenbearbeitung und N-Status der Böden bedarf einer kurzfristigen Präzisierung.
4. Für den ökologischen Landbau ist eine Präzisierung des Humusbedarfes erforderlich.

Das vorgestellte Verfahren zur Humusbilanzierung bedarf demnach einer weiteren Validierung und einer laufenden Anpassung an den verfügbaren Kenntnisstand. Dies gilt auch für die derzeitige Gruppenzuordnung (A – E) der Humussalden.

Literatur

- ALBERT, E. 1999: Wirkung einer langjährig differenzierten mineralisch-organischen Düngung auf Ertragsleistung, Humusgehalte und N-Bilanz, UFZ-Bericht Nr. 24/1999 Internationales Symposium „Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen“ vom 03.06. – 05.06.99 in Halle, 59-62.
- ASMUS, F. 1995: Ergebnisse aus einem langjährigen Dauerversuch zur organisch-mineralischen Düngung auf Tieflehm-Fahlerde. Arch. Acker- Pfl. Boden., Berlin, 39, 359-367.
- 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.: Akad. d. Landw.-Wissensch. der DDR, agrarbuch, Leipzig, 6.
- BISCHOFF, R., EMMERLING, R. 2004: Auswirkungen differenzierter organischer und mineralischer Düngung auf die Nährstoffsalden und Bodengehalte – Ergebnisse langjähriger Dauerversuche. VDLUFA-Schriftenreihe, 59/2004, Kongressband 2003 Saarbrücken, Im Druck.
- KÖRSCHENS, M., STEGEMANN, K., PFEFFERKORN, A., WEISE, V., MÜLLER, A. 1994: Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart-Leipzig.
- KÖRSCHENS, M., SCHULZ, E. 1999: Die organische Bodensubstanz- Dynamik – Reproduktion – Ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte UFZ – Bericht 13/1999, ISSN 0948-9452, 1 –46.
- 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
- LEITHOLD, G., HÜLSBERGEN, K.-J. 1998: Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 105, 32-35.
- LETTAU, T., ELLMER, F. 1997: Kohlenstoffgehalte und -bilanzen nach langjährig differenzierter Düngung eines Sandbodens - Ergebnisse aus einem Dauerfeldversuch. VDLUFA-Schriftenreihe 46/1997 Kongressband 1997 Leipzig, S. 99.
- ROGASIK, J., SCHROETTER, S., FUNDER, U., SCHNUG, E., KURTINECZ, P. 2003: Long-term fertilizer experiments as a data base for calculating the carbon sink potential of arable soils. International Workshop “Practical solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils. Prague. In press.
- ZIMMER, J., PRYSTAV, W. 2003: Persönliche Mitteilungen.
- ZIMMER, J., ROSCHKE, M. 2001: Einfache Reproduktion der organischen Bodensubstanz auf Sandstandorten - Erfahrungen aus Dauerversuchen im Land Brandenburg. VDLUFA-Schriftenreihe 57/2001, Kongressband Berlin 2001, Teil II, CD-ROM, 481-489.

Tabelle 2: 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 (+)	
	untere Werte	obere Werte
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger	- 760	- 1300
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>	- 760	- 1000
Silomais, Körnermais und 2. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>	- 560	- 800
Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse / Gewürz- u. Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>	- 280	- 400
Körnerleguminosen	160	240
Bedarfsfaktoren für Zucker- und Futterrüben, Getreide einschließlich Körnermais und Ölfrüchten ohne Koppelprodukte; bei den restlichen Fruchtarten ist die Humusersatzleistung der Koppelprodukte im Humusbedarf berücksichtigt.		
Mehrjähriges Feldfutter		
Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung und 4. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen <small>siehe Zusatztabelle)</small>		
• je Hauptnutzungsjahr	600	800
• im Ansaatjahr		
als Frühjahrsblanksaat	400	500
bei Gründeckfrucht	300	400
als Untersaat	200	300
als Sommerblanksaat	100	150
Zwischenfrüchte (Aufwuchs abgefahren ^{***)}		
Winterzwischenfrüchte	120	160
Stoppelfrüchte	80	120
Untersaaten	200	300
Brache		
Selbstbegrünung		
• Ab Herbst	180	
• ab Frühjahr des Brachejahres	80	
Gezielte Begrünung		
• ab Sommer der Brachlegung incl. des folgenden Brachejahres **)	700	
• ab Frühjahr des Brachejahres	400	

*) Umrechnungsfaktoren: 1 t ROS ~ ca. 200 kg Humus-C 1 HE ~ ca. 580 kg Humus-C

**) gilt auch für nachfolgende Jahre

***) Bei Verbleib des Aufwuchses als Gründüngung Grünmassezufuhr zusätzlich nach Tab. 3 berechnen.

Zusatztable zu Tabelle 2: Gruppierung von Gemüse-, Duft-, Gewürz- und Heilpflanzen nach ihrer Humusbedürftigkeit

Gruppe 1	Blumenkohl, Brokkoli, Chinakohl, Fingerhut, Gurke, Knollensellerie, Kürbis, Porree, Rhabarber, Rotkohl, Stabtomate, Stangensellerie, Weißkohl, Wirsingkohl, Zucchini, Zuckermelone
Gruppe 2	Aubergine, Chicoree (Wurzel), Goldlack, Kamille, Knoblauch, Kohlrübe, Malve, Möhre, Meerrettich, Paprika, Pastinake, Ringelblume, Schöllkraut, Schwarzwurzel, Sonnenhut, Zuckermais
Gruppe 3	Ackerschachtelhalm, Alant, Arzneifenchel, Baldrian, Bergamika, Bergbohnenkraut, Bibernelle, Blattpetersilie, Bohnenkraut, Borretsch, Brennnessel, Buschbohne, Drachenkopf, Dill, Dost, Eibisch, Eichblattsalat, Eisbergsalat, Endivie, Engelswurz, Estragon, Faserpflanzen, Feldsalat, Fenchel (großfrüchtig), Goldrute, Grünerbse, Grünkohl, Hopfen, Johanniskraut, Kohlrabi, Kopfsalat, Kornblume, Kümmel, Lollo, Liebstöckel, Majoran, Mangold, Mutterkraut, Nachtkerze, Öfrüchte, Pfefferminze, Radicchio, Radies, Rettich, Romana, Rote Rübe, Salbei, Schafgarbe, Schnittlauch, Spinat, Spitzwegerich, Stangenbohne, Tabak, Thymian, Wurzelpetersilie, Zitronenmelisse, Zwiebel
Gruppe 4	Bockshornklee, Schabziegerklee, Steinklee

Tabelle 3: Richtwerte für die Humus-Reproduktionsleistung verschiedener organischer Materialien in Humusäquivalenten (kg Humus-C) je t Substrat ^{*)}

Material		TM %	Humus-Reproduktion
			kg Humus-C (t Substrat) ⁻¹
Pflanzenmaterial	Stroh ¹⁾	86	80 bis 110
	Gründüngung, Rübenblatt, Marktabfälle, Grünschnitt	10 20	8 16
	Stallmist	frisch	20
		30	40
	verrottet (auch Feststoff aus Gülleseparierung)	25	40
		35	56
	kompostiert	35	62
		55	96
Gülle	Schwein	4	4
		8	8
		4	6
	Rind	7	9
		10	12
		15	12
	Geflügel (Kot)	25	22
		35	30
		45	38
Bioabfall	nicht verrottet	20	30
		40	62
	Frischkompost	30	40
		50	66
	Fertigkompost	40	46
		50	58
	60	70	
Klärschlamm	ausgefaut, unbehandelt	10	8
		15	12
		25	28
		35	40
		45	52
	kalkstabilisiert	20	16
		25	20
		35	36
		45	46
	55	56	
Gärrückstände	flüssig	4	6
		7	9
		10	12
	fest	25	36
		35	50
	Kompost	30	40
		60	70
Sonstiges	Rindenkompost	30	60
		50	100
	See- und Teichschlamm	10	10
		40	40

¹⁾ für abbauintensive Standorte den niedrigeren Richtwert verwenden

^{*)} Umrechnungsfaktoren: 1 t ROS ~ ca. 200 kg Humus-C 1 HE ~ ca. 580 kg Humus-C

Tabelle 4: Anwendungsbeispiel zur Humusbilanzierung

a) Humusbedarf der Fruchtarten/Fruchtfolge

Fruchtart	Humusbedarf kg Humus-C ha ⁻¹
1. Kartoffeln	-760
2. Winterweizen	-280
3. Wintergerste	-280
4. Erbsen	160
5. Winterroggen/ (Untersaat)	-280 200
6. Klee gras	600
Humusbedarf	-640

b) Humusreproduktion der zugeführten organischen Dünger

Fruchtart	Organische Dünger		Humusreproduktion	
	Art	Menge t ha ⁻¹	kg Humus-C (t Substrat) ⁻¹	kg Humus-C ha ⁻¹
1. Kartoffeln	Rottemist (25% TM)	20	40	800
2. Winterweizen	Stroh	3	110	330
3. Wintergerste				
4. Erbsen				
5. Winterroggen/ (Untersaat)				
6. Klee gras				
Summe				1130

c) Humussaldo der Fruchtfolge in Humusäquivalenten (kg Humus-C) ha⁻¹

Humusbedarf	Humusreproduktion	Humussaldo	
		je Fruchtfolge	je Jahr
-640	1130	490	82

Tabelle 5: Bewertung der Humussalden

Humussaldo		Bewertung
kg Humus-C 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

*) Umrechnungsfaktoren: 1 t ROS ~ ca. 200 kg Humus-C 1 HE ~ ca. 580 kg Humus-C

Für das in Tabelle 4 angeführte Anwendungsbeispiel ergibt sich folgende Bewertung:

Der Humussaldo von 82 kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹ entspricht einer Zuordnung zu Gruppe C (optimal).