

Einfache Verfahren zur Berechnung der Humusbilanz für konventionelle und ökologische Anbaubedingungen

Dr. Hartmut Kolbe

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig, Gustav-Kühn-Straße 8, 04159 Leipzig, E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de

Einleitung

Bei der Humusbilanzierung wird der anbauspezifische **Bedarf der Kulturarten** der **Humuszufuhr über organische Materialien** gegenübergestellt, um so eine Veränderung der Humusvorräte im Boden zu ermitteln. Das **Bilanzierungsprinzip** lässt sich folgendermaßen darstellen:

Humuszufuhr	—	Humusabbau	=	Humussaldo
Reproduktionsleistung organischer Materialien (Ernte- und Wurzelrückstände, organische Dünger).		Wirkung von Bodenart, Klima und Anbauverfahren.		Veränderung der Humusvorräte des Bodens.

Die Humusbilanz wird auf Basis der Daten einer Schlagbilanz berechnet und kann in zwei Fassungen ausgeführt werden. Die VDLUFA-Methode als Kurzfassung, die auch den gesetzlichen Mindestanforderungen entspricht und einer genaueren Methode, die die Humusreproduktionsleistung unter Beachtung von Standortfaktoren bewertet. Beide Versionen können „von Hand“ oder unter Nutzung eines PC-Programms gerechnet werden.

Kurzfassungen

Bei der **VDLUFA-Methode** wird ein Saldo aus dem Humusverlust (Anbau humuszehrender Kulturarten) und der Humuszufuhr (Anbau humusmehrender Kulturarten, organische Düngung) errechnet. Die Humuswirkung der angebauten Fruchtarten und der zugeführten organischen Dünger werden in Form von **Koeffizienten** erfasst. Dabei spiegeln die Koeffizienten die Menge des im Humus gebundenen Kohlenstoffs (in Humusäquivalenten [HÄQ]) wider (Tab. 1.: **Fruchtartenkoeffizienten untere und obere Werte**, Tab. 2: Reproduktionskoeffizienten der organischen Materialien der VDLUFA-Methode). Es kann je nach Wunsch mit den unteren oder/und oberen Werten der Methode gerechnet werden. Folgende **Auswahlkriterien** können zur Nutzung der **VDLUFA-Fruchtartenkoeffizienten** herangezogen werden:

Untere Werte („einfache Reproduktion“)
<ul style="list-style-type: none"> - Cross Compliance - Böden in gutem Kulturzustand - Flächen mit hoher Nährstoffzufuhr (N) - Standorte mit geringem Humusabbau (niedrige Durchschnittstemperaturen und hohe Niederschläge, Bergstandorte, grundwasserbeeinflusste Moorböden).
Obere Werte („erweiterte Reproduktion“)
<ul style="list-style-type: none"> - mit Humus unversorgte Böden - Flächen mit niedrigerer Nährstoffversorgung (N) - Anbauverfahren mit höherem Bedarf an organischer Substanz - Standorte mit hohem Humusabbau (hohe Durchschnittstemperaturen, sehr aktive Lehmböden, grundwasserferne Moorböden).

Mit der VDLUFA-Methode werden orientierende Ergebnisse über die Versorgung mit organischer Substanz erlangt. Eine Aussage zur Veränderung der Humusgehalte des Bodens ist nicht möglich. Die **Bewertung der Humussalden** wird nach Abbildung 1 vorgenommen.

Tabelle1: Anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte der Böden in Humusäquivalenten (kg C/ha u. Jahr) nach der VDLUFA- und der standortangepassten Methode

	VDLUFA-Methode		Standortangepasste Methode					
	Untere Werte	Obere Werte	Standortgruppe					
			1	2	3	4	5	6
Hauptfruchtarten								
Hackfrüchte: Rüben*	-760	-1300	-510	-610	-710	-660	-760	-900
Kartoffeln, Gruppe 1	-760	-1000	-510	-610	-710	-660	-760	-900
Mais: Silo- u. Körnermais*, Gruppe 2	-560	-800	-310	-410	-510	-460	-560	-700
Getreide*: einschließl. Öl- u. Faserpflanzen, So.-Blume, Gruppe 3	-280	-400	-30	-130	-230	-180	-280	-420
Körnerleguminosen	160	240	410	310	210	260	160	20
Mehrj. Feldfutter*								
Ackergras, Leguminosen, Leg.-Gras, Gemenge, Vermehrung, Gruppe 4								
je Hauptnutzungsjahr	600	800	850	750	650	700	600	460
im Ansaatjahr als Frühj.-Blanksaat	400	500	650	550	450	500	400	260
bei Gründedeckfrucht	300	400	550	450	350	400	300	160
als Untersaat	200	300	450	350	250	300	200	60
als Sommerblanksaat	100	150	350	250	150	200	100	-40
Zwischenfrüchte*								
Winterzwischenfrüchte	120	160	370	270	170	220	120	-20
Stoppelfrüchte	80	120	330	230	130	180	80	-60
Untersaat	200	300	450	350	250	300	200	60
Brache								
Selbstbegrünung								
ab Herbst	180	180	430	330	230	280	180	40
ab Frühjahr des Brachejahres	80	80	330	230	130	180	80	-60
Gezielte Begrünung								
ab Sommer f. folgende Brachejahre	700	700	950	850	750	800	700	560
ab Frühjahr des Brachejahres	400	400	650	550	450	500	400	260
Gemüse- und Heilpflanzen								
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, Arzneifenichel, Baldrian, Bergarnika, Bergbohnenkraut, Bibernelle, Blattpetersilie, Bohnenkraut, Borretsch, 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, Ölfrüchte, Pfefferminze, Radicchio, Radies, Rettich, Romana, Rote Rübe, Salbei, Schafgarbe, Schnittlauch, Spinat, Spitzwegerich, Stangenbohne, Tabak, Thymian, Wurzelpetersilie, Zitronenmelisse, Zwiebel							
Gruppe 4	Bockshornklee, Schabziegerklee, Steinklee							

* Koppelprodukt bzw. Aufwuchs abgefahren

Tabelle 2: Reproduktionskoeffizienten der organischen Materialien in Humusäquivalenten (kg C/t Substrat) nach der VDLUFA- und der standortangepassten Methode

Methode:		VDLUFA-Methode	Standortangepasste Methode		
Zufuhrhöhe:			niedrig	mittel	hoch
Stroh (t/ha u. J.):			bis 3	3 bis 6	über 6
Gründüngg., Stalldg., Komp. (t/ha u. J.)			bis 10	10 bis 20	über 20
Gülle (m³/ha u. J.): (% TM)			bis 25	25 bis 50	über 50
Pflanzenmaterial (Berechnung siehe Tab. 3)					
Stroh	86	80 – 110	83,4	67,9	41,3
Gründüngung, Rübenblatt, Marktabfälle	10	8	5,5	3,2	1,0
Grünschnitt	20	16	11,0	6,4	2,0
Stallmist					
frisch	20	28	25,0	21,0	19,0
	30	40	37,5	31,5	28,5
verrottet (auch Festst. a. Güllesepar.)	25	40	33,0	28,0	24,0
	35	56	46,2	39,2	33,6
kompostiert	35	62	58,5	47,3	37,1
	55	96	91,9	74,3	58,3
Gülle					
Schwein	4	4	3,2	2,9	2,9
	8	8	6,5	5,8	5,8
Rind	4	6	4,9	4,6	4,6
	7	9	8,6	8,1	8,1
Geflügel(kot)	10	12	12,3	11,6	11,6
	15	12	12,0	11,3	10,5
	25	22	20,0	18,8	17,5
	35	30	28,0	26,3	24,5
	45	38	36,0	33,8	31,5
Bioabfall					
nicht verrottet	20	30	20,0	16,0	12,0
	40	62	40,0	32,0	24,0
Frischkompost	30	40	39,6	33,6	28,8
	50	66	66,0	56,0	48,0
Fertigkompost	40	46	60,0	50,0	40,0
	50	58	75,0	62,5	50,0
	60	70	90,0	75,0	60,0
Klärschlamm					
ausgefäult, unbehandelt	10	8	11,5	10,0	10,0
	15	12	17,3	15,0	15,0
	25	28	28,8	25,0	20,0
	35	40	40,3	35,0	28,0
	45	52	51,8	45,0	36,0
kalkstabilisiert	20	16	20,0	18,0	16,0
	25	20	25,0	22,5	20,0
	35	36	35,0	31,5	28,0
	45	46	45,0	40,5	36,0
	55	56	55,0	49,5	44,0

Tabelle 2: (Fortsetzung)

Methode:		VDLUFA-Methode	Standortangepasste Methode		
Zufuhrhöhe:			niedrig	mittel	hoch
Stroh (t/ha u. J.):			bis 3	3 bis 6	über 6
Gründüngg., Stalldg., Komp. (t/ha u. J.)			bis 10	10 bis 20	über 20
Gülle (m³/ha u. J.): (% TM)			bis 25	25 bis 50	über 50
Gärrückstände					
flüssig	4	6	6,0	5,6	5,6
	7	9	8,8	8,1	8,1
	10	12	12,0	11,0	11,0
fest	25	36	33,0	28,0	24,0
	35	50	46,2	39,2	33,6
kompostiert	30	40	45,0	37,5	30,0
	60	70	90,0	75,0	60,0
Sonstiges					
Rindenkompost	30	60	57,0	51,0	48,0
	50	100	95,0	85,0	80,0
See- u. Teichschlamm	10	10	10,0	9,0	9,0
	40	40	40,0	36,0	36,0

Tabelle 3: Richtwerte für das Verhältnis von Hauptprodukt zu Nebenprodukt (Korn/Stroh- bzw. Wurzel/Laub-Verhältnis) im konventionellen (Kon) und ökologischen (Öko) Landbau

Fruchtart	Kon	Öko	Fruchtart	Kon	Öko	Fruchtart	Kon	Öko
Braugerste	0,7	1,0	Massenrübe	0,4	0,4	Winterraps, Winterrübsen	1,7	2,0
Dinkel	1,0	1,1	Öllein	1,5	1,5	Winterroggen	0,9	1,3
Durum	0,8	1,0	So.-Futtergerste	0,8	1,0	Wintertriticale	0,9	1,2
Gehaltsrübe	0,4	0,4	Sommerraps	1,7	2,0	Winterweizen	0,8	1,1
Hafer	1,1	1,1	Sonnenblume	2,0	2,0	Zuckerrübe	0,7	0,7
Körnermais	1,0	0,8	Wintergerste	0,7	1,1			
Beispiel:								
Winterweizen (Kon), 6,0 t/ha Kornertrag, Korn/Stroh-Verhältnis 0,8: 6,0 t x 0,8 = 4,8 t/ha Stroh								

Nach den **CC-Regelungen** kann die Erstellung einer jährlichen betrieblichen **Humusbilanz** durch die unteren Werte der Fruchtartenkoeffizienten der VDLUFA-Methode notwendig werden. Dabei soll der Humussaldo als Ergebnis (im Mittel von 3 Jahren) zwischen -75 und +125 kg Humus-C je ha und Jahr liegen (Versorgungsgruppe C) und darf den Saldengrenzwert von -75 kg Humus-C je ha und Jahr nicht unterschreiten.

Anstelle der Humusbilanz kann auch eine **Bodenuntersuchung** zu den Humusgehalten durchgeführt werden, die wiederum alle 6 Jahre zu erfolgen hat. Folgende Grenzwerte sind dabei einzuhalten:

- Ton < 13 % : Humusgehalt > 1 Prozent
- Ton > 13 % : Humusgehalt > 1,5 Prozent.

Erweiterte Fassungen

Diese Form der schlagbezogenen Humusbilanz basiert auf einer weitergehenden Differenzierung der Humuskoeffizienten nach **Standortfaktoren**, die die Humusreproduktionsleistung beeinflussen. Dabei wird im Wesentlichen die unterschiedliche Wirkung von Bodenart, Feinanteil, C/N-Verhältnis, Temperatur und Niederschlag auf die Humifizierung berücksichtigt. Diese Parameter wurden in 6 Gruppen ähnlich wirkender Standortfaktoren zusammengefasst und ausgewiesen. Somit wird die standortspezifische Veränderung der Humusvorräte je nach **Kulturart** auf dem entsprechenden Schlag angesetzt (Tab. 1: Standortgruppen). Diese **Standortgruppen** müssen je Schlag zugewiesen werden. Als Hilfestellung kann über die Tabelle 4 eine Auswahl der Standortgruppen erfolgen.

Tabelle 4: Standortgruppen zur Humusbilanzierung

Standortgruppe	Bodenart, Bodentyp	Feinanteil (%) des Bodens *	C/N-Verhältnis des Bodens	Durchschnittstemperatur (°C)	Niederschläge (mm je Jahr)
1	- Sand (u.a. Nord-West-D) - Schwarzerde - Ton - stark überversorgte Böden - stark grundwasserbeeinflusste anmoorige und Moor-Böden	≤ 8 ca.17 – 30 ≥ 38 - -	≥ ca. 14 - - - -	- - - - -	- - Bergregion ≥ 700, Flachland ≥ 800 - -
2	- Sand, anlehmiger Sand, lehmiger Sand - lehmiger Ton, Ton	≤ 13 ≥ 28	- - -	≤ 8,5 -	- -
3	- Sand, anlehmiger Sand, lehmiger Sand	≤ 13	-	≥ 8,5	-
4	- stark lehmiger Sand, sandiger Lehm	14 – 21	-	≤ 8,5	-
5	- stark lehmiger Sand, sandiger Lehm - Lehm	14 – 21 22 – 27	- ≥ 9	≥ 8,5 -	- -
6	- Lehm (umsetzungsaktiv) - stark unterversorgte Böden, Meliorationsböden - grundwasserferne anmoorige und Moor-Böden	22 – 27 - -	≤ 9 - -	- - -	- - -

* Feinanteil = Ton + Feinschluff

Da die Umsetzungsaktivität von den über einen längeren Zeitraum gegebenen Mengen an organischen Materialien beeinflusst wird, werden die **Reproduktionskoeffizienten der organischen Materialien** in die Stufen „gering“, „mittel“ und „hoch“ differenziert (siehe Tab. 2). Für die Auswahl der zutreffenden Koeffizienten sollten für jede Art an organischen Materialien die Gaben über 5 - 10 Jahre bzw. ein bis zwei Fruchtfolgen betrachtet werden, um entsprechende mittlere Werte zu ermitteln.

Die **Bewertung** der Ergebnisse der Humusbilanzierung wird nach Abbildung 1 vorgenommen. Auf Grund der fehlenden mineralischen N-Düngung kann im ökologischen Landbau der Grenzbereich zur Humusgruppe D - E wesentlich weiter gefasst werden. Die untere Grenze zwischen den Stufen C und B ist für alle Anbausysteme gleich hoch angesetzt. Bei einem Absinken in Versorgungsgruppe B - A kann die Aufrechterhaltung standorttypischer Humusgehalte und damit die Nachhaltigkeit des Betriebes nicht mehr gewährleistet werden.

Ziel für den Landwirt muss es sein, im Durchschnitt der Fruchtfolgen eine optimale Humusversorgung seiner bewirtschafteten Böden zu gewährleisten (angestrebter Humussaldo: Versorgungsgruppe C). Bei einem ausgeglichenen Saldo (0 kg HÄQ je ha u. Jahr) kann die **Einhaltung eines standort- und**

bewirtschaftungstypischen Humusgehaltes des Bodens gewährleistet werden. Darüber hinaus kann eine Anreicherung der Humusgehalte einschließlich der Versorgungsgruppe D auf Grund weiterer Nutzungsalternativen für einen Betrieb von Bedeutung sein.

Mit der standortangepassten Humusbilanzierung wird eine genauere Abschätzung des Versorgungsgrades mit organischer Substanz erlangt, die auch eine Aussage über die zu erwartenden Auswirkungen auf die Humusgehalte des Bodens erlaubt. Tabelle 5 zeigt ein Beispiel einer standortangepassten Humusbilanz für einen ökologisch wirtschaftenden Betrieb.

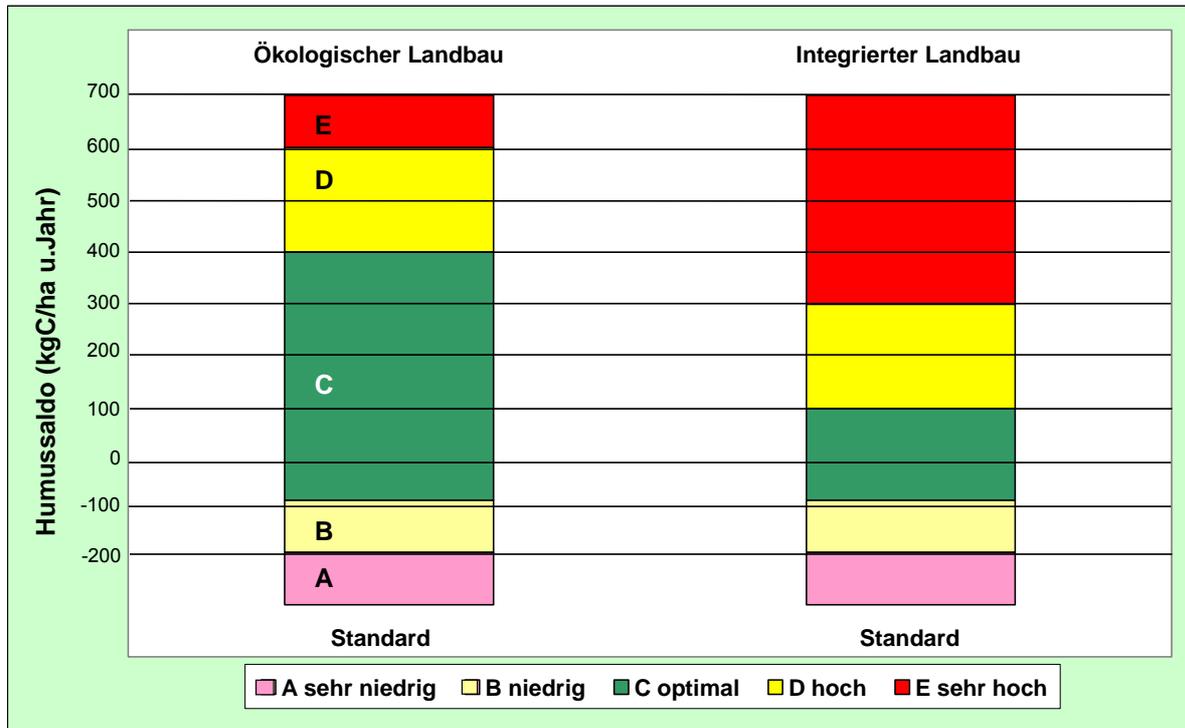


Abbildung 1: Versorgungsgruppen für Humus

Tabelle 5: Beispiel für eine standortangepasste Humusbilanz

Ökologischer Landbau, Schlaggröße: 10 ha; sechsgliedrige Fruchtfolge, Bodenart: sandiger Lehm, Temperatur > 8,5 °C = Standortgruppe 5 (SG 5), organische Düngung auf dem Schlag in der Fruchtfolge über 6 Jahre: Stallmist 33 t, Stroh (Weizen, Hafer-Erbesen-Gemenge): 15 t, Gülle: 50 m ³ .				
Berechnung der Humusbilanz:				
I. Humusbedarf der Fruchtarten (siehe Tab. 1):				
Anbaujahr	Fruchtart (Schlag 1)	Anbau (ha/Jahr)	Reproduktionskoeffizient der Fruchtart (SG 5) (kg HÄQ/ha)	Summen (kg HÄQ) (+/-)
1	Kleegrass	10	+ 600	+ 6000
2	Kleegrass	10	+ 600	+ 6000
3	Winterweizen	10	- 280	- 2800
4	Kartoffeln	10	- 760	- 7600
5	Hafer/Erbesen-Gemenge	10	- 120	- 1200
6	Wintergerste	10	- 280	- 2800
Gesamt/Schlag je Fruchtfolge				- 2400
Gesamt/Schlag je Jahr				- 400
II. Reproduktionsleistung der organischen Materialien (siehe Tab. 2):				
organisches Material	Menge (t,m ³ /Schlag)	Reproduktionskoeffizient (kg HÄQ/ha)	Summen (kg HÄQ)	
Stroh (W.-Weizen)	8,3 t	84	697	
Stroh (Hafer/Erbesen-Gemenge)	6,3 t	84	532	
Stallmist	33 t	32	1056	
Gülle	50 m ³	9,8	490	
Gesamt/Schlag je Jahr			+ 2775	
III. Humussaldo (I - II):				
kg HÄQ/Schlag			2375	
kg HÄQ/ha je Jahr			+ 238	
Dieses Beispiel ergibt für den Schlag einen durchschnittlichen Humussaldo von 238 kg HÄQ/ha und Jahr und liegt in der Humusgruppe C.				

Programme bei Nutzung des Personalcomputers

Neben einer manuellen Berechnung von Humusbilanzen steht heute die Nutzung des Personalcomputers im Vordergrund. Die beschriebenen Verfahren zur Humusbilanzierung können mit dem Kalkulationsprogramm BEFU gerechnet werden. Dieses Programm kann über das Internet heruntergeladen und auf dem eigenen PC installiert werden: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfi/befu/>. Weiteres Informationsmaterial zur Humusbilanzierung kann dem Internet entnommen werden: http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/5_1911.htm.