

# **Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft**

**Fachbereich Pflanzliche Erzeugung**

Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen

Internet: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl>

---

Bearbeiter: Dr. Hartmut Kolbe

E-Mail: Hartmut.Kolbe@smul.sachsen.de

Tel.: 0341 / 9174-149

## **Vergleich von Bilanzierungsmethoden für Humus an Hand langjähriger Dauerversuche**

1	Zielstellung	2
2	Material und Methoden	2
3	Ergebnisse	2
4	Schlussfolgerungen	6
5	Literatur	7

## Zielstellung

Es wurden verschiedene Methoden zur Beurteilung der Humusreproduktion auf ihre Genauigkeit und Praxistauglichkeit untersucht. Die Überprüfung der Verfahren erfolgte an Hand von Ergebnissen aus Dauerfeldversuchen. Den mit den Verfahren errechneten Werten bezüglich der Kohlenstoffentwicklung im Boden wurden die experimentell ermittelten Werte gegenüber gestellt.

## 1 Material und Methoden

Von einer Projektgruppe wurde ein VDLUFA-Entwurf zur Humusbilanzierung erarbeitet (KÖRSCHENS et al., 2004) in dem die HE-Methode (HumusEinheit) (LEITHOLD et al., 1997) und die ROS-Methode (Reproduktionswirksame Organische Substanz) (AUTORENKOLLEKTIV, 1977; KÖRSCHENS & SCHULZ, 1999) integriert worden sind. Bei der Humusbilanzierung wird der Humussaldo aus dem Humusverlust (Anbau Humus zehrender Kulturpflanzen) und der Humuszufuhr (Anbau Humus mehrender Kulturpflanzen, organische Düngung) errechnet. Über den Humussaldo können Aussagen zu dem Humusreproduktionsvermögen des betrachteten Anbausystems gemacht werden und somit Empfehlungen für die Versorgung mit organischer Substanz gegeben werden.

Von den Simulationsverfahren zur C-Dynamik wurde das Teilmodell CANDY-Carbon Balance (CCB) des Modells CANDY (CARbon and Nitrogen DYnamics) ausgewählt. Mit dem CCB-Verfahren wird der zeitliche Verlauf der Akkumulation bzw. des Abbaus des umsetzbaren organischen Kohlenstoffs im Boden in Jahresschritten unter bestimmten Standortbedingungen und in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung dargestellt (FRANKO, 1996, 1997).

Für die Berechnungen stand eine Datensammlung von über 200 Feldversuchen zur Verfügung (KOLBE, 2003). Bei der Auswahl der Versuche wurde Wert darauf gelegt, möglichst viele Einflussfaktoren (Klimaräume, Bodenarten, Bewirtschaftungssysteme) auf den Humusgehalt zu erfassen. Auf Grund des Mangels an repräsentativen Versuchen in einigen Regionen Westdeutschlands liegt der Schwerpunkt der Untersuchungen auf dem Standort- und Klimaraum der ostdeutschen Bundesländer. Es wurden Versuche mit einer Mindestlaufzeit von 10 Jahren ausgewählt.

## 2 Ergebnisse

VDLUFA-Verfahren (HE und ROS) Als Zielgröße wurde die Einhaltung standorttypischer C org -Gehalte geprüft indem die berechneten C org -Veränderungen bei 100%iger Bedarfsdeckung anorganischer Substanz den Ausgangsgehalten im Versuch gegenüber gestellt worden sind. Bei 100%iger Bedarfsdeckung erfolgt im Durchschnitt der Versuche bei Anwendung des ROS-Verfahrens eine etwas geringere Anhebung der Corg-Werte als bei Anwendung des HE-Verfahrens (Abb. 1). Die Streubreite der erlangten Ergebnisse ist erheblich. Ursache hierfür ist eine stark unterschiedliche Rechengenauigkeit auf den geprüften Standorten und Bodenarten (Tab. 1). Bei den mittleren Böden (SL, sL) des mehr kontinentalen Klimabereiches Ostdeutschlands betrug die Überbewertung nur 8 %, d. h. der Humusgehalt wird im Durchschnitt der Standortgruppe nur geringfügig angehoben, ein standorttypischer Humusgehalt kann im Durchschnitt der Standortgruppe gewährleistet werden. Auf diesen Böden können daher die ROS-Koeffizienten der VDLUFA-Methode zur Absicherung der Humusgehalte empfohlen werden.

Bei den sehr leichten Böden (S, Sl, IS) betrug die durchschnittliche Anhebung bereits 12 % im kontinentalen Klimabereich. Auch die Humusgehalte der sehr schweren Böden (T) werden mit der ROS-Methode bei 100 % Bedarfsdeckung mit 7 – 23 % und die Schwarzerden mit 6 – 15 % überschätzt. Auf diesen Bodengruppen erfolgt eine z. T. deutliche Anhebung der Humusgehalte. Aus diesen Gründen könnten die Humifizierungskoeffizienten noch etwas unter die der ROS-Methode abgesenkt werden, ohne dass zu befürchten ist, dass der standorttypische Humusgehalt absinkt. Bei Anwendung der HE-Methode werden die Humusgehalte demgegenüber auf die-

sen Standorten noch wesentlich deutlicher angehoben, so dass die HE-Methode nicht empfohlen werden kann, wenn lediglich eine Aufrechterhaltung der Humusgehalte angestrebt wird.

Für die Lehmböden reichen dagegen die ROS-Koeffizienten nicht aus, um den standorttypischen Humusgehalt aufrecht zu erhalten. Es würde ein Abfall um durchschnittlich 7 % eintreten. Die Humusgehalte dieser umsetzungsintensiven Böden (Lö- und V- Standorte) können demgegenüber bei Verwendung der Koeffizienten der HE-Methode abgesichert werden (Durchschnitt +2 %). Mit dieser Methoden könnten ebenfalls die leichten und mittleren Böden des mehr humiden Klimabereiches Nordwest- und Süddeutschlands bilanziert werden. Diese Böden sind gekennzeichnet durch standorttypisch relativ hohe C org -Gehalte. Zur Aufrechterhaltung dieser Humusgehalte bedarf es anscheinend einer höheren Zufuhr an organischer Substanz.

### **CCB- CCB-Verfahren Verfahren**

Unter Einbeziehung aller Versuche wird eine sehr hohe Streubreite der Ergebnisse sichtbar, so dass ein genereller Einsatz des Verfahrens bisher nicht möglich erscheint (Abb. 2). Die erlangten Ergebnisse weisen allerdings für einige Standorte und Böden eine hohe Rechengenauigkeit auf (Tab. 1). Es besteht eine gute Übereinstimmung zwischen berechneten und experimentell ermittelten Corg-Gehalten auf den leichten (- 6 %) und mittleren Böden (+ 2 %) sowie den Schwarzerden (- 3 %) des ost-deutschen Gebietes.

Für einen sinnvollen Einsatz auf anderen Standorten ist das Verfahren bisher nicht geeignet, da hohe Abweichungen im Vergleich zu den Felddaten der Versuche berechnet werden. Hierzu zählen vor allen Dingen die Lehmböden (+ 27 %). Auf Grund der verhältnismäßig niedrigen C org -Gehalte dieser Böden erfolgt eine starke Überschätzung der Anbaureaktionen auf die Humusgehalte. Weiterhin zählen hierzu die leichten und mittleren Böden in den deutlicher humiden Einflussbereichen West-deutschlands. Diese Böden weisen standorttypisch relativ hohe Corg-Gehalte auf und es erfolgt eine z. T. starke Unterbewertung der zu erwartenden Reaktion der Corg-Gehalte auf Anbauveränderungen.

**Tabelle 1- Einfluss Bedarfsdeckung**

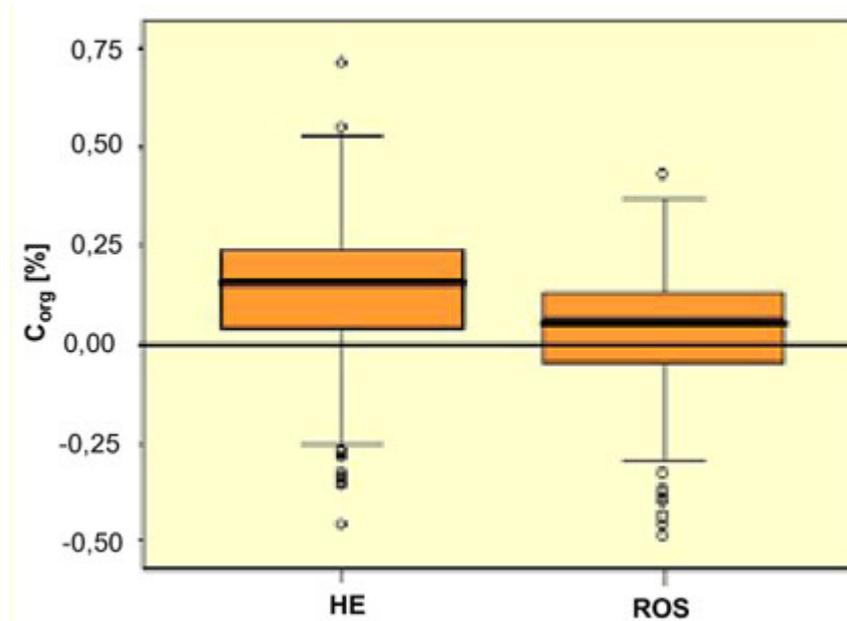
Einfluss einer 100%igen Bedarfsdeckung mit organischer Substanz auf die Gehalte an Corg im Vergleich zum Versuchsbeginn bei Anwendung der HE. Und ROS-Methode sowie Abweichung zwischen im Feld gemessenen Corg-Werten am Versuchsende und den mit dem CCB-Verfahren ermittelten Werten (0 % Corg = 100 %) im Durchschnitt von 39 Versuchen.

Versuchsort/LAND	HE		ROS		CCB	
	C <sub>org</sub> [%]	C <sub>org</sub> rel. [%]	C <sub>org</sub> [%]	C <sub>org</sub> rel. [%]	C <sub>org</sub> [%]	C <sub>org</sub> rel. [%]
<b>Sand</b>						
Dahlem, BER	0,24	136	0,15	122	-0,14	83
Groß Kreutz, BB	0,17	126	0,04	106	-0,04	95
Darmstadt (Öko), RP	0,04	105	-0,04	97	-0,04	95
Niederlande	0,04	101	-0,05	99	-1,42	54
Lentföhrden, SH	0,39	109	0,29	106	-2,29	54
Dülmen, NRW	0,09	107	0,02	101	-0,08	94
<b>anlehmiger Sand</b>						
Thyrow, BB	0,18	134	0,08	114	-0,06	86
Thyrow, BB	0,22	136	0,12	118	-0,10	83
Thyrow, BB	0,21	133	0,10	117	-0,05	91
Müncheberg, BB	0,24	142	0,09	116	0,02	103
Müncheberg, BB	0,19	137	0,07	115	0,10	121
Völkensrode, NI	0,26	132	0,11	113	-0,06	93
Spröda, SN	0,21	125	0,11	113	-0,01	99
<b>lehmiger Sand</b>						
Speyer, RP	0,28	133	0,13	115	-0,08	91
Niederlande	-0,36	90	-0,45	86	-1,70	39
<b>Mittelwerte leichte Böden (S, SI, IS)</b>						
	0,20	125	0,09	111	-0,40	85
Anzahl der Versuche	15	15	15	15	15	15
<b>Mittelwerte leichte Böden (ohne hohe C<sub>org</sub>-Gehalte)</b>						
	0,19	129	0,08	112	-0,05	94
Anzahl der Versuche	12	12	12	12	12	12
<b>stark sandiger Lehm</b>						
Puch, BY	0,05	103	-0,05	98	-0,39	80
Halle, SA	0,25	118	0,08	106	-0,04	97
<b>sandiger Lehm</b>						
Seehausen, SN	0,05	105	0,01	101	0,04	104
Seehausen, SN	0,09	109	0,00	100	-0,03	97
Seehausen, SN	0,39	143	0,24	127	0,03	103
Seehausen, SN	0,23	124	0,04	104	0,06	108
Dikopshof, NRW	0,18	118	0,09	109	0,07	108
Schädtk. SH	0,25	121	0,14	111	-0,08	94
<b>Mittelwerte mittlere Böden (SL, sL)</b>						
	0,19	118	0,07	107	-0,04	99
Anzahl der Versuche	8	8	8	8	8	8
<b>Mittelwerte mittlere Böden (ohne hohe C<sub>org</sub>-Gehalte)</b>						
	0,20	120	0,08	108	0,01	102
Anzahl der Versuche	6	6	6	6	6	6
<b>Lehm</b>						
Meckenheim, NRW	-0,09	92	-0,16	86	0,32	132
Gießen, HE	0,10	110	-0,05	93	0,38	147
Gießen, HE	-0,17	84	-0,22	79	0,53	157
Gießen, HE	-0,03	97	-0,15	86	0,29	129
Gießen, HE	-0,06	95	-0,17	85	0,32	134
Methau, SN	0,01	101	-0,14	90	0,37	136
Göttingen, NI	0,26	122	0,20	117	0,27	122
Puch, BY	0,11	110	0,01	100	0,19	118
Schweiz (Öko)	-0,29	83	-0,32	81	0,35	130
Puch, BY	0,12	109	-0,02	99	0,08	106
Belgien	0,19	121	0,08	109	0,28	128
Lauterbach, SN	-0,08	96	-0,16	95	-0,25	91
<b>Mittelwerte schwere Böden (L)</b>						
	0,01	102	-0,09	93	0,26	127
Anzahl der Versuche	12	12	12	12	12	12
<b>toniger Lehm, Ton</b>						
Niederlande	0,45	134	0,30	123	0,14	110
Schweden (Öko)	0,31	112	0,18	107	-0,07	98
<b>Mittelwerte schwere Böden (tL, T)</b>						
	0,38	123	0,24	115	0,04	104
Anzahl der Versuche	2	2	2	2	2	2
<b>Schwarzerde</b>						
Bad Lauchstädt, SA	0,28	114	0,13	107	-0,09	95
Bad Lauchstädt, SA	0,43	122	0,30	115	0,01	100
Halle, SA	0,25	118	0,08	106	-0,04	97
<b>Mittelwerte Schwarzerde</b>						
	0,32	118	0,17	109	-0,04	97
Anzahl der Versuche	3	3	3	3	3	3
<b>Mittelwerte Standorte</b>						
	0,14	115	0,03	104	-0,08	103
Anzahl der Versuche	39	39	39	39	39	39

## Abbildung 1 und 2 - Streubereiche

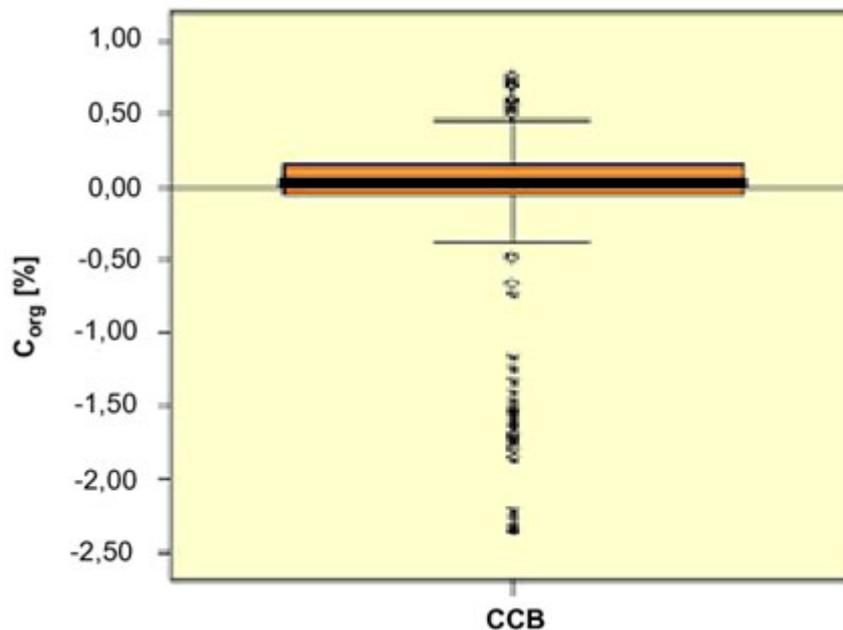
### Abbildung 1

Median und Streubereiche in den berechneten  $C_{org}$ -Gehalten [%] der HE- und ROS- Methode unter Einbeziehung aller praxisrelevanten Versuchsvarianten im Vergleich zu den jeweiligen Felddaten am Versuchsbeginn (= 0,0 %)



**Abbildung 2**

Median und Streubereiche in den berechneten C<sub>org</sub>-Gehalten [%] des CCB-Verfahrens unter Einbeziehung aller praxisrelevanten Versuchsvarianten im Vergleich zu den jeweiligen Felddaten am Versuchsbeginn (= 0,0 %)



### 3 Schlussfolgerungen

Die Anwendung der ROS- und HE- Methode (VDLUFA-Entwurf) ist mit einem minimalen Einsatz an Eingabemerkmale verbunden. So sind die Kalkulationen ohne Kenntnis der Anfangsgehalte an Humus sowie ohne Kenntnis der erlangten Erträge der Kulturarten der Fruchtfolge möglich. Dieses ist ein großer Vorteil beim praktischen Einsatz. Einfache Angaben aus der Schlagkartei genügen für die Durchführung der Berechnungen, wozu nicht unbedingt ein PC erforderlich ist.

Die Berechnungen haben ergeben, dass deutlich unterschiedlich genaue Ergebnisse erlangt werden, die in hohem Maße von bestimmten Standortgruppen abhängen. Für leichte und mittlere Böden Ostdeutschlands eignet sich das ROS-Verfahren am besten, um einen standorttypischen Corg-Gehalt aufrecht zu erhalten. Für Lehmböden sollte dagegen das HE-Verfahren angewendet werden.

Zur Anwendung der CCB-Methode ist ein etwas höherer Aufwand an Eingabemerkmale erforderlich. Hierzu zählen Angaben über den Ausgangsgehalt an Corg, den Feinanteil des Bodens, die Pflugtiefe, die Durchschnittstemperaturen und die Summe der Jahresniederschläge des Standortes sowie auch die Erntehöhe der Kulturarten. Dieser höhere Aufwand ist unter praktischen Gesichtspunkten und der heute üblichen Anwendung von PC-Modellen tragbar und zu verantworten.

Das Verfahren ist insbesondere dafür geeignet, die Veränderung des Corg-Gehaltes zu erfassen und in Abhängigkeit von verschiedenen nicht nur bewirtschaftungsbedingten sondern auch bodenbürtigen und klimatischen Einflussgrößen zu berechnen. Das CCB-Verfahren eignet sich besonders für leichte und mittlere Böden sowie für Schwarzerden Ostdeutschlands. Für Lehmböden ist es bisher nicht geeignet. Weitere Ergebnisse und Hinweise für den praktischen Einsatz können bei KOLBE & PRUTZER (2004) eingesehen werden.

#### 4 Literatur

AUTORENKOLLEKTIV (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Akademie der Landwirtschaftswissenschaft der DDR, Agrarbuch, Leipzig

FRANKO, U. (1996): Simulation der Kohlenstoff-Stickstoff-Dynamik in Agrarlandschaften. Landbauforschung Völkenrode, Heft 3, 114-120

FRANKO, U. (1997): Modellierung des Umsatzes der organischen Bodensubstanz. Arch. Acker- Pfl. Boden., 41, 527-547

KOLBE, H. (2003): Aufnahme und Auswertung von Dauerfeldversuchen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig

KOLBE, H. & I. PRUTZER (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus und Stickstoff an Hand von Daten aus Langzeitversuchen zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Produktqualität. F/E-Abschlussbericht. Sächsische Landesanstalt für

Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. Internet:

[www.landwirtschaft.sachsen.de/lfi](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfi)

KÖRSCHENS, M. & E. SCHULZ (1999): Die Organische Bodensubstanz, Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. UFZ-Bericht Nr. 13, UFZ Leipzig-Halle, Halle

KÖRSCHENS, M. et al. (2004): Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA-Entwurf, 12 Seiten, VDLUFA, Bonn

LEITHOLD, G., K.-J. HÜLSBERGEN, D. MICHEL & H. SCHÖNMEIER (1997): Humusbilanz – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Initiativen zum Umweltschutz 5, 43 – 54, Zeller Verlag, Osnabrück