

Tagungsbeitrag zu: Vorträge Kommission IV  
 Titel der Tagung: „Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen“  
 Veranstalter: DBG  
 Termin und Ort der Tagung: 03.-09.09.2011, Berlin  
 Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## Weniger Kohlenstoff im Boden nach langjährig pflugloser Bodenbearbeitung

*T. Appel \**

### Einleitung

Nach der Lehrmeinung steigt der Humusvorrat im Boden durch pfluglose Bodenbearbeitung an. Das ist fraglos richtig, wenn nur der obere Teil der Krume bis in ca. 20 cm Tiefe betrachtet wird, wie beispielsweise in der Arbeit von Chen et al. (2008). Nicht so eindeutig sind die Ergebnisse, wenn das gesamte Bodenprofil berücksichtigt wird und wenn außerdem der Humusvorrat auf die Bodenmasse je m<sup>2</sup> bezogen wird. Die pfluglose Bodenbearbeitung wirkt nämlich auf:

- Corg-Vorrat im Profil insgesamt
- Stratifikation des Corg im Boden
- Lagerungsdichte des Bodens.

Im Zusammenspiel dieser drei Aspekte kommt es leicht zu Fehleinschätzungen, wenn nicht tief genug beprobt wird (Ellert und Bettany 1995) und die Auswertung ohne Bezug zur Bodenmasse erfolgt (Baker et al. 2007). Untersuchungen, die beides bei der Abschätzung des Corg-Vorrats im Boden berücksichtigen sind rar, weil die Messung dadurch wesentlich erschwert wird.

---

\* Fachhochschule Bingen, Berlinstr. 109, 55411 Bingen - Prof. Dr. Thomas Appel, Tel. : 06721 409 174, Email: [appel@fh-bingen.de](mailto:appel@fh-bingen.de)

## Material und Methoden

Durch die Zusammenarbeit der Fachhochschule Bingen mit der Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz war es möglich, drei Bodenbearbeitungsversuche (Hunsrück, Eifel, Rheinhessen) bis in 60 cm Tiefe zu beproben und den Kohlenstoffvorrat im Bodenprofil mit Bezug zur Bodenmasse zu bestimmen (Appel 2011). Die Versuche sind in Form von Langparzellenanlagen eingerichtet worden und werden seit 1998 jährlich mit folgender Grundbodenbearbeitung bewirtschaftet:

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| - Pflug         | 25 cm tief |
| - Schwergrubber | 15 cm tief |
| - Scheibenegge  | 15 cm tief |
| - Mulchsaat     | 10 cm tief |
| - Direktsaat    | Säschlitz  |

In den Jahren 2008 bis 2010 wurden in den Versuchspartellen Profilgruben ausgehoben (4 je Bearbeitungsvariante) und die Kohlenstoffkonzentration sowie die Lagerungsdichte in 10 cm mächtigen Bodenschichten bis in eine Tiefe von 60 cm gemessen. Der Kohlenstoffvorrat wurde dann für jede Schicht und für das Gesamtprofil aus der C-Konzentration multipliziert mit der Trockenrohdichte ermittelt.

Mithilfe einer Modellrechnung wurde außerdem quantifiziert, wie groß die systematische Fehleinschätzung (Bias) wird, wenn zu flach beprobt wird und die Corg-Konzentration nicht auf die Bodenmasse je m<sup>2</sup> bezogen wird.

### Modellrechnung

Um die Bedeutung der Beprobungstiefe und des Massenbezugs zu quantifizieren, wurde ein Beispiel mit realistischen Zahlenwerten für die Lagerungsdichte (dB) und die Kohlenstoffkonzentrationen in den einzelnen Schichten konstruiert, wobei der C-Vorrat insgesamt bei Pflug und Direktsaat identisch ist (Abb. 1).

cm von	cm bis	dB kg/l	C g/kg		cm von	cm bis	dB kg/l	C g/kg
0	5	1,05	15		0,0	4,2	1,26	20
5	10	1,10	15		4,2	8,3	1,32	20
10	15	1,15	15		8,3	12,5	1,38	15
15	20	1,20	15		12,5	16,7	1,44	15
20	25	1,25	15		16,7	20,8	1,50	11
25	30	1,30	15		20,8	25,0	1,56	10,6
30	35	1,6	9		25	30	1,6	9
35	40	1,6	8		30	35	1,6	8
40	45	1,6	7		35	40	1,6	7
45	50	1,6	6		40	45	1,6	6
50	55	1,6	5		45	50	1,6	5
55	60	1,6	4		50	55	1,6	4
60	65	1,7	2		55	60	1,7	2
65	70	1,7	1		60	65	1,7	1
70	75	1,7	0,5		65	70	1,7	0,5
75	80	1,7	0		70	75	1,7	0

Pflug
Direktsaat

Abb. 1: Beprobungstiefen, Lagerungsdichten und Kohlenstoffkonzentrationen im Boden eines konstruierten Modells mit gleichen C-Vorräten für Pflug- und Direktsaatvariante

Wird der Kohlenstoffvorrat nicht bis in eine kohlenstofffreie Tiefe und ohne den anderenfalls unbedingt erforderlichen Massenbezug durchgeführt, dann erreicht der Bias in der Tiefe 15 bis 20 cm ein Maximum (Abb. 2). Die Überschätzung des C-Vorrats in der Direktsaat im Vergleich zur Pflugvariante ist relevant und erreicht eine Größenordnung von über 1000 g C / m<sup>2</sup>.

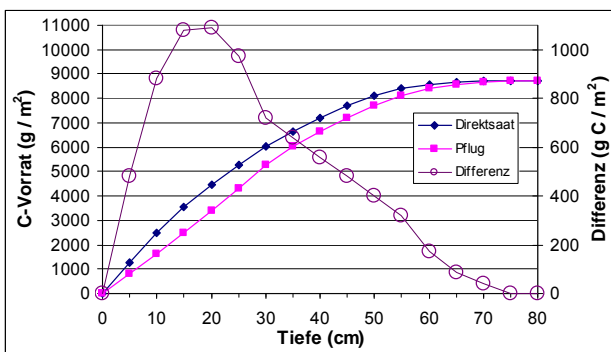


Abb. 2: Kohlenstoffvorräte im Boden und Bias (= Differenz der Vorräte zwischen Pflug und Direktsaat) im konstruierten Modellbeispiel in Abhängigkeit von der Beprobungstiefe

### Versuchsergebnisse

Die Modellrechnung wurde durch die Messungen in den Versuchen bestätigt. Abbildung 3 veranschaulicht das am Beispiel zweier Profilgruben des Standorts in der

Eifel. Das Beispiel zeigt, dass es wichtig ist, deutlich tiefer als den Ap-Horizont zu beproben und die Corg-Menge auf gleiche Bodenmassen zu beziehen. Geschieht das nicht, so haben die beiden Varianten in Abb. 3 vermeintlich gleiche Corg-Vorräte im Boden (7777 und 7775 g C / m<sup>2</sup> in 0-60 cm Tiefe). Durch die dichtere Lagerung des Bodens in der Mulchsaatvariante wurden allerdings das eine Mal 945 kg und das andere Mal 874 kg Boden berücksichtigt. Weil nicht bis in eine kohlenstofffreie Tiefe beprobt wurde, ändert sich das nur, wenn der Corg-Vorrat auf gleiche Bodenmassen referenziert wird (7806 und 7511 g C / m<sup>2</sup>). Für die Korrektur wurde in dem Beispiel eine Referenzbodenmasse definiert und von der untersten Schicht rechnerisch genau soviel „abgeschnitten“ oder dieser rechnerisch genau um so viel „verlängert“, dass die Masse des Gesamtprofils der Referenzbodenmasse entsprach.

Die Versuchsergebnisse zeigen, wenn sie wie in dem Beispiel in Abbildung 3 ausgewertet werden, dass die Humuswirkung pflugloser Bodenbearbeitung vielfach falsch eingeschätzt wird. Auf den beiden Mittelgebirgsstandorten war der Kohlenstoffvorrat im Gesamtprofil nach 9 bis 11 Jahren pflugloser Bewirtschaftung sogar geringer als auf den gepflügten Parzellen. Abbildung 4 zeigt das beispielhaft für den Standort in der Eifel. Der geringere Humusvorrat im Boden langjährig nicht gepflügter Varianten ist hier als Abbau der organischen Substanz zu interpretieren. Das ist auch durchaus plausibel, weil auf den beiden untersuchten Mittelgebirgsstandorten die pfluglose Bodenbearbeitung zu teilweise beträchtlichen Ertragseinbußen geführt hatte. Geringere Erträge bedeuten auch weniger Input von organischem C durch Wurzeln und Ernterückstände.

Pflug						Mulchsaat					
Tiefe (cm)	Corg (g/kg)	dB (kg/l)	Schichtdicke (cm)	Boden-TM (kg/m <sup>2</sup> )	Corg (g/m <sup>2</sup> )	Tiefe (cm)	Corg (g/kg)	dB (kg/l)	Schichten (cm)	Boden-TM (kg/m <sup>2</sup> )	Corg (g/m <sup>2</sup> )
0-10	16,11	1,29	10	129	2084	0-10	16,05	1,55	10	155	2496
10-20	15,83	1,43	10	143	2271	10-20	11,06	1,58	10	158	1743
20-30	9,63	1,61	10	161	1546	20-30	7,31	1,60	10	160	1167
30-40	4,98	1,49	10	149	740	30-40	5,78	1,58	10	158	916
40-50	4,15	1,44	10	144	598	40-50	5,07	1,54	10	154	780
50-60	3,62	1,49	10	149	538	50-60	4,20	1,60	10	160	673
<b>Σ 0 - 60</b>			<b>60</b>	<b>874</b>	<b>7777</b>	<b>Σ 0 - 60</b>			<b>60</b>	<b>945</b>	<b>7775</b>
50-60	3,62	1,49	<b>10,55</b>	157	567	50-60	4,20	1,60	<b>6,07</b>	97	409
<b>Σ 0 - 60,55</b>			<b>60,55</b>	<b>883</b>	<b>7806</b>	<b>Σ 0 - 56,07</b>			<b>56,07</b>	<b>883</b>	<b>7511</b>

Abb. 3: Beispiel zur Berechnung der Kohlenstoffvorräte im Boden nach Beprobung in 10 cm mächtigen Schichten bis in 60 cm Tiefe; als Referenzbodenmasse (883 kg Trockenmasse je m<sup>2</sup>) wurde die Boden-Trockenmasse in der Schicht 0 - 60 cm im Mittel der vier Profilgruben der Pflugvariante gewählt.

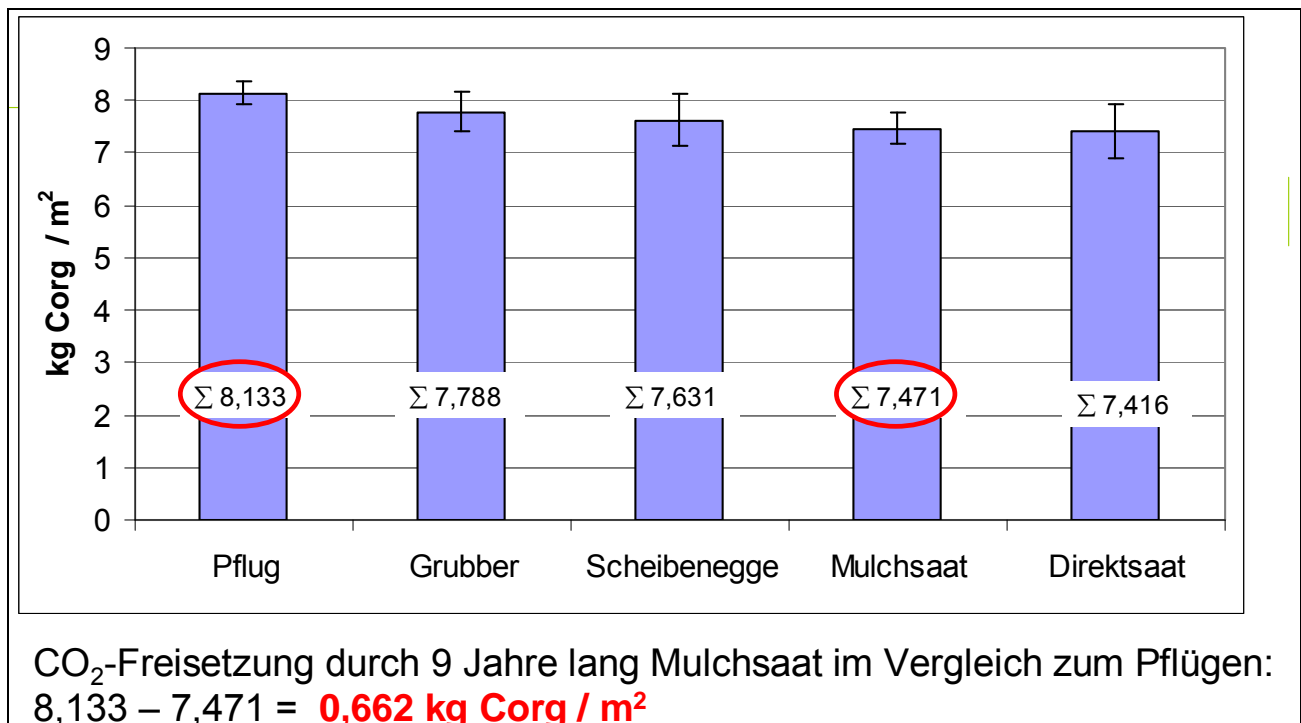
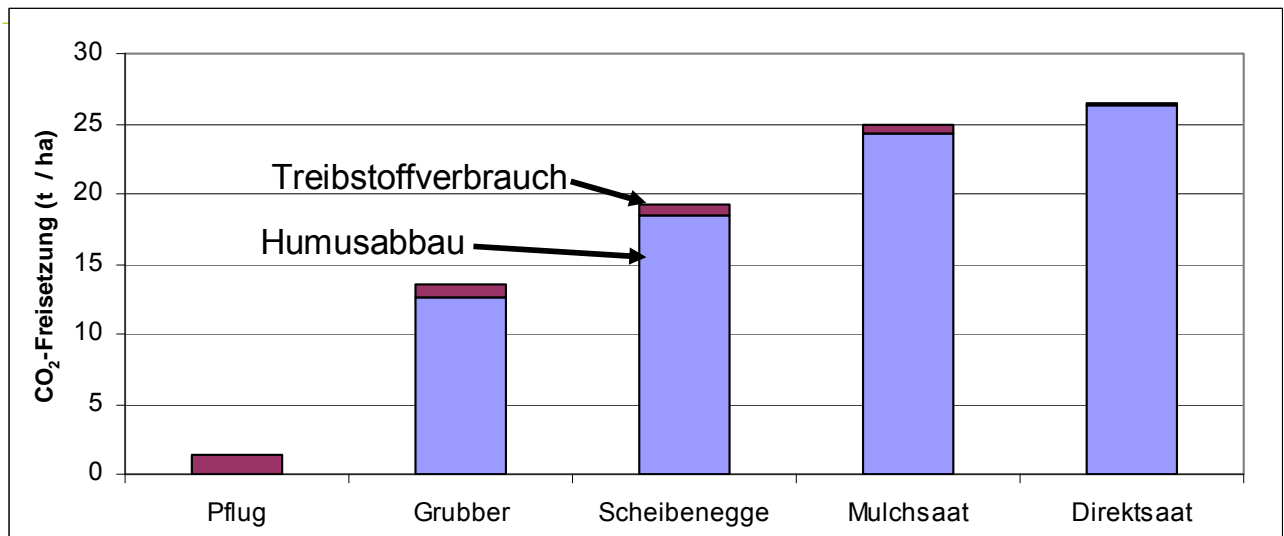


Abb. 4: Kohlenstoffvorräte im Boden nach 9 Jahren unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung; für die Kalkulation wurde die unter einem m<sup>2</sup> vorhandene Boden-Trockenmasse von 883 kg berücksichtigt. Die Fehlerbalken kennzeichnen den Standardfehler der Mittelwerte der n = 4 Profilgruben, die je Variante untersucht wurden.

Die Versuchsstandorte waren ausreichend belüftet, so dass der Humusabbau vermutlich oxidativ stattfand, also mit einer entsprechenden Freisetzung von CO<sub>2</sub> einherging. Dass dies nicht zu vernachlässigen ist, wenn die Klimarelevanz pflugloser Bo-

denbearbeitung beurteilt wird, zeigt die Kalkulation in Abb. 5. Selbst wenn man den durch das Pflügen bedingten höheren Treibstoffverbrauch mit einbezieht, war die CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch den Humusverlust in den pfluglosen Varianten beachtlich.



**Abb. 5:** CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch Humusabbau (Oxidation) und Grundbodenbearbeitung (Treibstoff) im Verlauf von 9 Jahren pflugloser Bodenbearbeitung; der Humusabbau wurde als Differenz zum Corg-Vorrat der Pflugvariante berechnet, der Dieselverbrauch wurde nach Angaben von Michael Sattler, Biomasse vom Feld, Ökozentrum Langenbruck wie folgt geschätzt (l/ha/a): Pflug 51, Mulchsaat mit Lockerung 31,6 und ohne Lockerung 21,4, Direktsaat 5,6; 1 kg Diesel entspricht 3767 g CO<sub>2</sub>; spezifische Dichte: 0,83 kg / l Diesel

## Fazit

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Lehrmeinung zum Effekt pflugloser Bodenbearbeitung auf den Kohlenstoffvorrat überdacht werden sollte, wobei für eine Beurteilung des Pflugverzichts der Unterboden einbezogen und der Kohlenstoffvorrat auf gleiche Bodenmassen pro Flächeneinheit referenziert werden muss.

Die Erwartung eines überwiegend positiven Einflusses der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Corg-Vorrat im Boden ließ sich auf den Versuchsstandorten in Rheinland-Pfalz nicht aufrechterhalten.

## Literatur

Appel, T. (2011): Bodenbearbeitungsversuche der Landwirtschaftskammer in Rheinland-Pfalz: Bodenkundliche Untersuchungen zum Gewässer- und Klimaschutz, Vortrag am 7.6.2011 auf der Tagung des Landesarbeitskreises Konservierende Bodenbearbeitung in Bingen, [Vortragsfolien](#)

Baker, J.M., Ochsner, T.E., Venterea, R.T., Griffis, T.J. (2007): Tillage and soil carbon sequestration - What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118, 1-5

Chen, H., Marhan, S., Billen, N. und Stahr, K. (2009): Soil organic-carbon and total nitrogen stocks as affected by different land uses in Baden-Württemberg (southwest Germany). *J. Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 32-42

Ellert, B.H. und Bettany, J.R. (1995): Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes, *Can. Soil Sci.* 75, 329-338