

Tagungsbeitrag zu:
Jahrestagung der DBG, Kommission II
Titel der Tagung: Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen
Veranstalter: DBG
Termin und Ort: 3.-9. 9. 2011, Berlin
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

Bewirtschaftungsabhängige Verteilung und Stabilisierung von organischem Kohlenstoff innerhalb von Makroaggregaten aus Ackerböden

A. Mordhorst, S. Peth, R. Horn

Einleitung

In Ackerböden wird das das Speicherpotenzial für organischen Kohlenstoff (C_{org}) entscheidend von der Bodenbewirtschaftung beeinflusst, die direkt in Strukturbildungsprozesse eingreift und daran gekoppelte Kohlenstoffumsätze in Form von Verlusten (CO_2 -Emissionen) oder längerfristigen Einlagerungen mitsteuert. Ein hohes Speicherpotenzial steckt dabei in der physikalischen Okklusion von organischem Kohlenstoff in Mikro- (<250 μm) und Makroaggregaten (>250 μm), wenn der mikrobielle Abbau innerhalb dieser Aggregate durch räumliche Barrieren zwischen Mikroorganismen und Nährsubstrat oder eingeschränkter Sauerstoff- und Nährstoffnachlieferung gehemmt ist (BALESDENT ET AL, 2000). Wird ein

hierarchischer Strukturaufbau zugrunde gelegt, bei dem Mikroaggregate als Bestandteile von Makroaggregaten gelten (OADES 1984), nehmen die C_{org} -Konzentrationen mit steigender Aggregatgröße folglich zu (SIX ET AL., 2000, PUGET ET AL. 1999). Über die Zeit entstehen so mit einem kontinuierlichen Einschluss von organischem Substrat ins Aggregat zunehmend stabilere und C_{org} -angereicherte Aggregateinheiten, solange kein externer Eingriff durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen stattfindet (SIX ET AL. 2000). In Abhängigkeit der Bodenbewirtschaftung wurden nicht nur Unterschiede in der räumlichen C_{org} -Verteilung innerhalb von Makroaggregaten (>3mm) gefunden (SANTOS ET AL 1997, PARK & SMUCKER, 2005, URBANEK ET AL 2011), sondern auch die Bedeutung strukturbedingter Mikroporen für den diffusiven Transport von gelöstem Kohlenstoff in Aggregatinnenbereiche erkannt, der gleichermaßen eine mechanische Stabilisierung der Aggregate zur Folge hatte (PARK ET AL. 2007). Inwieweit eine solche Wechselwirkung zwischen C_{org} -Menge und mechanischer Stabilität innerhalb von Aggregaten besteht, sollte für verschiedene Größenklassen (5–20 mm) näher untersucht werden, um daraus Rückschlüsse auf das physikalische Schutzpotenzial ziehen zu können.

Material und Methoden

Beprobt wurde ein seit 2007 etablierter Parzellenversuch (DFG Forschergruppe 1320) in Klein Altendorf/Bonn (NRW) mit verschiedenen Vorfrüchten, die über 1–3 Jahre angebaut werden und eine seit 1976 biologisch-dynamisch bewirtschaftete Ackerfläche in Halendorf (S-H). Weitere Angaben

Anneka Mordhorst
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstraße 40, 24118 Kiel
a.mordhorst@soils.uni-kiel.de

zu den Versuchsvarianten und Eigenschaften der beprobten Bodentiefen sind Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Übersicht der Versuchsvarianten

Standort: Klein-Altendorf (konventionelle Bodenbearbeitung)			
Bodentyp: Norm-Parabraunerde aus Löss			
Kulturart	Beprobte Tiefe (Horizont)	C _{org} [%]	Tonanteil [%] (Bodenart)
Luzerne (2.Jahr)	10-20cm (Ap)	0,95	19 (Ut4)
Wegwarte (2.Jahr)	10-20cm (Ap)	1,00	17 (Ut4)
Rohrschwingel (2.Jahr)	10-20cm (Ap)	1,11	18 (Ut4)
Luzerne (2.Jahr)	40-50 cm (Bt)	0,71	28 (Tu4)
Rohrschwingel (3.Jahr)	40-50 cm (Bt)	0,43	24 (Ut4)
Rohrschwingel (1.Jahr)	40-50 cm (Bt)	0,54	35 (Tu3)
Wegwarte (2.Jahr)	40-50 cm (Bt)	0,54	25 (Ut4)

Standort: Halendorf (reduzierte Bodenbearbeitung)			
Bodentyp: Parabraunerde-Pseudogley aus Geschiebelehm			
Kulturart	Beprobte Tiefe (Horizont)	C _{org} [%]	Tonanteil [%] (Bodenart)
Weizen in 6-jähriger Fruchtfolge (Landsberger Gemenge)	5-15 cm (Ap)	1,17	15 (Sl4)
	20-30 cm (rAp)	1,19	15 (Sl4)

Für die Untersuchung wurden ca. 1 dm³ große ungestörte Bodenblöcke entnommen, die im Labor im feldfeuchten Zustand in die Aggregatgrößenklassen 5–8 mm, 8–12 mm und 12–20 mm aufgetrennt wurden (manuelle Fraktionierung entlang natürlicher Bruchachsen). Die weitere Unterteilung der Aggregate in 3 konzentrische Schichten gleicher Trockenmasseanteile (Abb. 1) erfolgte mittels der SAE-Methode (Soil Aggregate Erosion, PARK & SMUCKER, 2005).

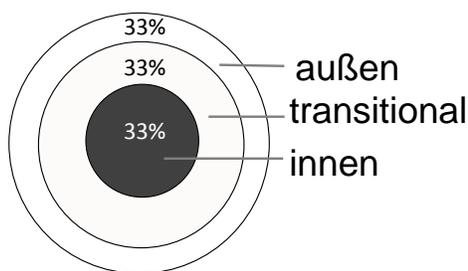


Abb.1: Separation konzentrischer Schichten gleicher %-Massenanteile im Aggregat

Hierbei werden luftgetrocknete Einzelaggregate in Erosionskammern in eine rotierende Bewegung (400 U/min) versetzt, so dass

Bodenmaterial durch die erzeugten Reibungskräfte an der Aggregatoberfläche abgetrennt wird. Es wurde der gesamte C_{org}-Gehalt (%) der erodierten Schichten, das Aggregatvolumen und -dichte vor Abtrennung einer Schicht mittels eines Pyknometers (Geopyc 1360) sowie die Erosionsstabilität anhand wirksamer Abrasionskräfte (in N⁶ pro erodierte Aggregatmasse in kg pro Zeit in s) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kohlenstoffverteilung in Aggregaten ist anhand von C_{org}-Gradienten (Differenz zwischen C_{org} innen und C_{org} außen) für Einzelaggregate verschiedener Größenklassen und Bewirtschaftungsvarianten in Abb. 2 veranschaulicht. Insgesamt erweist sich bei ca. 75% der untersuchten Aggregate der Außenbereich kohlenstoffreicher als der Innenbereich. Das trifft vorwiegend für die Vorfruchtvarianten Wegwarte und Rohrschwingel im Ober- und Unterboden zu, während unter Luzerneanbau in der Größenklasse 8-12mm ein Trend zu verstärkter Kohlenstoffanreicherung im Innenbereich der Aggregate im Ober- und Unterboden zu beobachten ist. CHENU ET AL. 2001 führten die Akkumulation organischer Substanz im Randbereich tonhaltiger Böden auf die stärkere Besiedlung von Mikroorganismen zurück, für die umgebende Interaggregatporen günstigere Lebensbedingungen sowie ein höheres Angebot an frischer organischer Substanz im Vergleich zum Intraaggregatporenraum darstellen. Im Inneren von Aggregaten gespeicherter Kohlenstoff wie unter Luzerneanbau kann im Gegensatz dazu besser vor mikrobiellen Abbau geschützt werden, die Mechanismen der C-Einlagerung bleiben allerdings noch

unverstanden. Näher erläutert wurde bereits die Bedeutung der Quellungs- und Schrumpfungintensität für die C-Dynamik (PARK ET AL. 2007) und mechanische Stabilisierung von Aggregaten in der Rhizosphäre (HORN & DEXTER, 1989), so dass auch der bekanntlich hohe Wasserentzug von Luzernewurzeln eine Rolle für die Stabilisierung von C_{org} im Aggregatinneren spielen kann und strukturbedingte konnektive Mikroporen als Diffusionspfade für die C-Einlagerung und Stabilisierung im Aggregatinneren dienen (SMUCKER ET AL 2007).

Auch bei einem Vergleich zwischen konventioneller und biologisch-dynamischer Bodenbewirtschaftung deuten sich strukturbildende Effekte auf die C-Dynamik an, indem Aggregate aus dem weniger gestörten Oberboden der biologisch-dynamischen Variante häufiger einen höheren C_{org} -Gehalt im Innen- als im Außenbereich aufweisen. Dies zeigt sich sowohl unterhalb der derzeitigen Bearbeitungsschicht (bei 8–12 mm Aggregaten) als auch bei 12–20 mm Aggregaten im Ap-Horizont (siehe Abb. 2). Hinweise auf eine Wechselwirkung zwischen

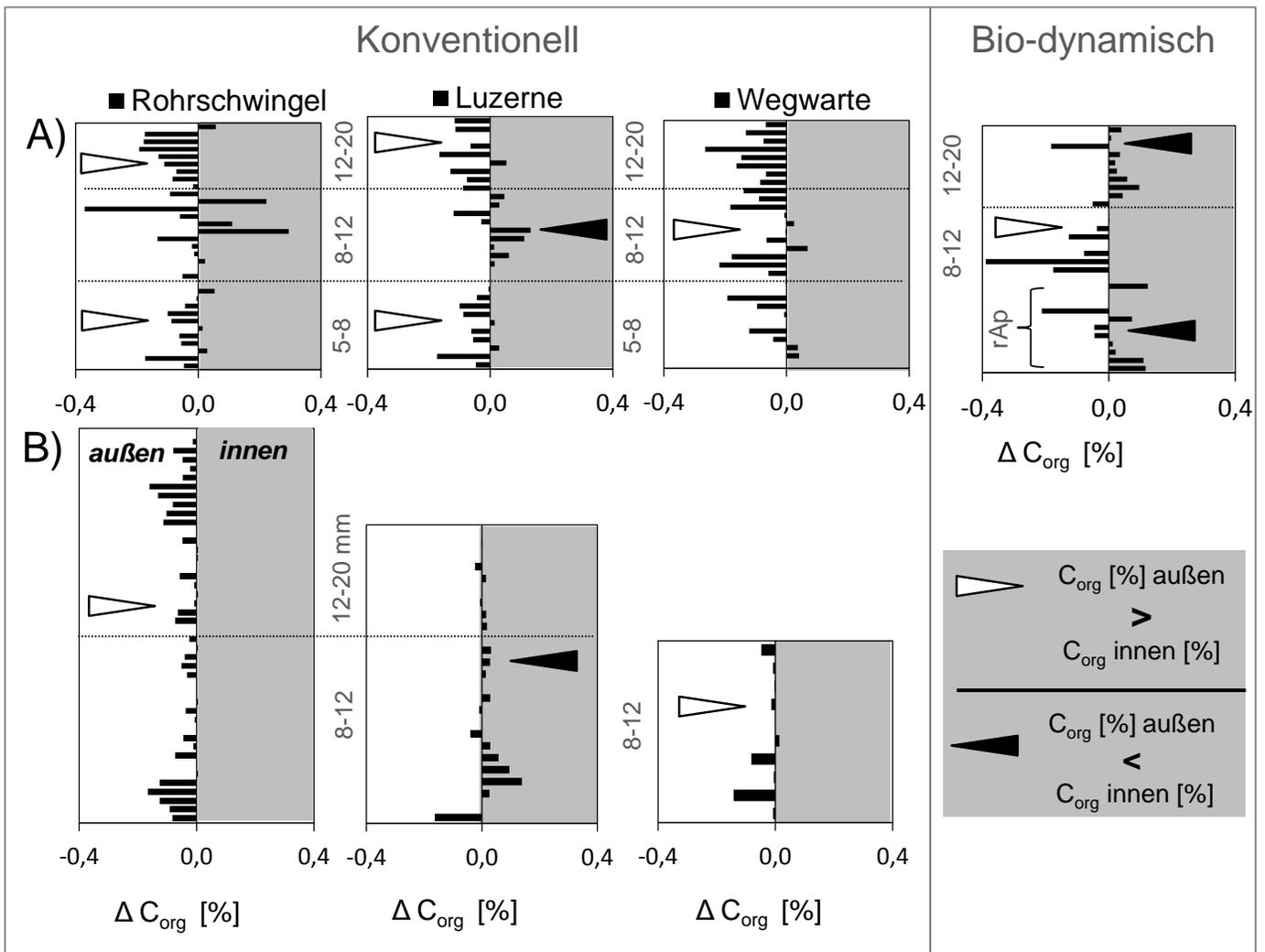


Abb. 2: C_{org} -Gradienten zwischen dem Innen- und Außenbereich von einzelnen Makroaggregaten unterschiedlicher Größenklasse (5–20mm) aus dem Ober- (A) und Unterboden (B) unterschiedlich bewirtschafteter Ackerböden, n=8–15

Menge sind nur zum Teil gegeben. So zeigen Bewirtschaftungsvarianten mit C_{org} -angereicherten Aggregatinnenbereichen auch höhere mittlere Erosionsstabilitäten wie am Beispiel von Luzerne im Vergleich zu den deutlich instabileren Aggregaten der Rohrschwingelvariante im Unterboden zu erkennen ist (Abb. 3). Für einzelne Aggregate scheint ein Zusammenhang zwischen C- und mechanischer Stabilisierung allerdings stärker von anderen Faktoren wie der stabilisierenden Wirkung des Tonanteils beeinflusst zu sein, die noch näher quantifiziert werden muss.

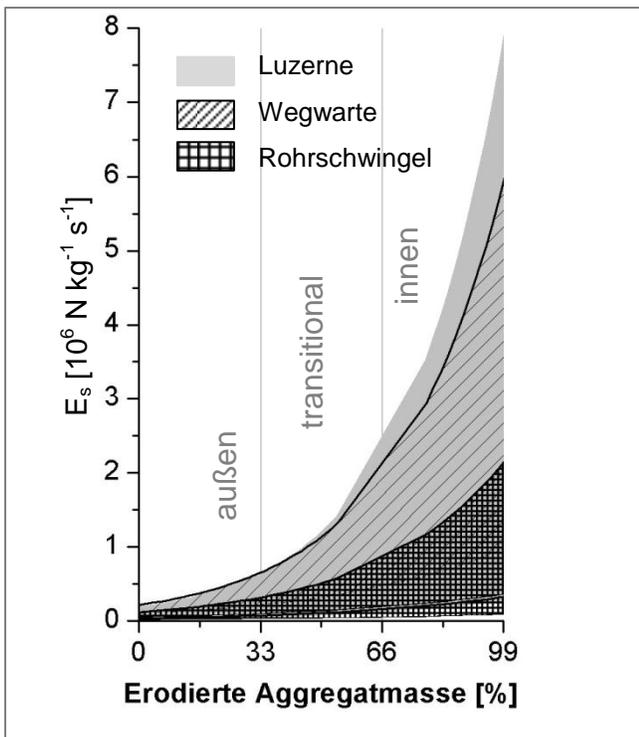


Abb. 3: Mittlere Erosionsstabilität (E_s) der separierten Aggregatschichten von 8-12 mm Aggregaten aus dem Unterboden (40–60 cm). Ausgefüllte Flächen bilden die Standardabweichung der mittleren E_s ab, die über die Kurvenparameter a und b der Exponentialfunktion $E_s = a^{b^x}$ berechnet wird, $n=10$.

Ausblick

Genauere Rückschlüsse auf das C-Stabilisierungspotenzial sollen zukünftig

detailliertere Untersuchungen mittels nicht-invasiver μ -Computertomographie ermöglichen, die weiteren Aufschluss über die räumliche Verteilung von organischem Kohlenstoff in Abhängigkeit der Struktur- und Dynamik geben soll.

Schlagworte: C_{org} -Verteilung, Makroaggregate, physikalische C-Stabilisierung

Literatur

Balesdent, J., Chenu, C., Balabane, M. (2000): Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage, *Soil and Tillage Research* 53, 215–230.

Chenu C., Hassink J., Bloem J. (2001): Short-term changes in the spatial distribution of microorganisms in soil aggregates as affected by glucose addition. *Biol. Fertil. Soils* 34: 349–356.

Horn, R., Dexter, A.R. (1989): Dynamics of soil aggregation in an irrigated desert loess. *Soil Tillage Res.* 13:253–266

Oades, J.M. (1984): Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant Soil* 76, 319-337.

Park, E.-J., Smucker, A. J. M. (2005): Erosive Strengths of Concentric Regions within Soil Macroaggregates, *Soil Science Society of America Journal* 69, 1912.

Park, E. J., Sul, W. J., Smucker, A. J. (2007): Glucose additions to aggregates subjected to drying/wetting cycles promote carbon sequestration and aggregate stability, *Soil Biology and Biochemistry* 39, 2758–2768.

Puget P., Chenu C., Balesdent J. (1995): Total and young organic-matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. *Eur. J. Soil Sci.* 46: 449–459.

Six, J., Elliott, E. T., Paustian, K. (2000): Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture, *Soil Biology and Biochemistry* 32, 2099-2103.

Smucker, A. J., Park, E. J., Dorner, J., Horn, R. (2007): Soil micropore development and contributions to soluble carbon transport within macroaggregates, *Vadose Zone Journal* 6, 282.

Urbanek, E., Smucker, A. J. M., Horn, R. (2011): Total and fresh organic carbon distribution in aggregate size classes and single aggregate regions using natural $^{13}C/^{12}C$ tracer, *Geoderma*, Volume 164, Issues 3-4, 164-171