

## Untersuchungen zur Stabilität der organischen Bodensubstanz in agrarisch genutzten Niedermoorfolgeböden

Heller, C. und Lammel, M.  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften  
Invalidenstraße 42, 10115 Berlin  
[christian.heller@agrار.hu-berlin.de](mailto:christian.heller@agrار.hu-berlin.de)

### Einleitung und Problemstellung

Durch landwirtschaftliche Nutzung werden Moorböden entwässert und damit verstärkt belüftet. Dadurch kommt es zur sog. ‚sekundären Bodenbildung‘, die Prozesse der Torfzersetzung, Mineralisation, Schrumpfung, Segregation und Aggregatbildung und einen deutlichen Verlust an organischer Bodensubstanz beinhaltet (Zeitzy und Veltzy 2002, Heller und Zeitzy 2012). Dabei verlieren insbesondere flachgründige Moorböden ihre natürlichen chemisch-physikalischen und ökologischen Eigenschaften und entwickeln sich zu Moorfolgeböden (MFB) mit geringeren Humusgehalten bzw. Torfmächtigkeiten (e.g. Kalbitz 2001, Schleier 2008). Das deutsche bodenkundliche Klassifikationssystem bezeichnet solche Böden mit Humusgehalten < 30 Masse-% bzw. Torfmächtigkeiten < 30 cm nicht mehr als Moorboden im eigentlichen Sinne (Ad hoc AG Boden 2005). Damit stehen MFB an der Grenze zwischen organischen Böden und Mineralböden und sind oft mit diesen vergesellschaftet.

Vergleicht man die jeweilige Bodenentwicklung von MFB und Mineralböden, so unterschieden sich diese allerdings grundsätzlich voneinander. Im Gegensatz zu Mineralböden, bei denen die organische Bodensubstanz (OBS) als Funktion der Zeit im Allgemeinen von der initialen Bodenentwicklung hin zu einem Gleichgewichtszustand (‚steady-state‘) stabilisiert wird und dabei ansteigt, nimmt der Gehalt an OBS in MFB im Laufe der Entwässerung und Bodenentwicklung vom Moorboden zum MFB zunächst rapide ab (Armentano und Menges 1986). Neben dem Input an „neuer“, aus Ernte- oder Wurzelrückständen zusammengesetzter OBS enthalten MFB zusätzlich also einen gewissen Anteil an „alter“ OBS, der aus der Zeit der Moorbildung resultiert (‚relict peat‘).

Nach aktuellen Kartierungen nehmen MFB mit Gehalten an OBS zwischen 15 und 30 Masse-% deutschlandweit eine Fläche von über 2.800 km<sup>2</sup> ein (Roßkopf *et al.* 2015). Diese MFB genießen grundsätzlich keinen besonderen Schutzstatus. Eine Ackernutzung (z.B. durch Grünlandumbruch) widerspricht nicht den Regeln der guten fachlichen Praxis. Für Landnutzer ergeben sich daher erweiterte Möglichkeiten als Pflanzenstandort. Dabei erwiesen sich diese Böden nicht zuletzt durch ihre vergleichsweise günstige hydrologische Situation und Durchwurzelbarkeit zunächst als produktive und ertragsstabilisierende Mais- oder Rapsstandorte (Schalitz und Behrendt 2009). Auf Grund der derzeitigen Preispolitik und der resultierenden Flächenverknappung stehen sie heute mehr denn je unter enormen Nutzungsdruck.

Je nach Standortbedingungen existieren große Unterschiede in den chemischen und physikalischen Eigenschaften verschiedener MFB (Tabelle 1).

Da MFB im Vergleich zu Mineralböden hohe Mengen an Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) enthalten, können diese bei nicht standortgerechter Nutzung in erheblichem Maße abgebaut und freigesetzt werden. Teilweise überschreiten diese Verluste und Austräge auch das Niveau von Moorböden (Pohl *et al.* 2015).

Trotz dieser hohen Austräge enthalten MFB aber auch nach langjähriger, intensiver Nutzung und Entwässerung immer noch beachtliche Anteile an organischer Bodensubstanz, die oft deutlich höher als in benachbarten Mineralböden sind (e.g. Schleier und Behrendt 2000, Meissner *et al.* 2003). Diese Tatsache spricht für eine Stabilisierung der OBS in MFB. Während dieser Prozesse kann es durch Wechselwirkungen mit der mineralischen Phase einerseits zur Okklusion der OBS in mineralische Aggregate (oPOM) sowie zur Bildung von organo-mineralischen Assoziationen kommen (mOM) (Christensen 2001, Six *et al.* 2004). Diese Wechselwirkungen hemmen den mikrobiellen Abbau und damit eine rasche Umsetzung und Mineralisierung der OBS.

Tabelle 1: Ausgewählte chemisch-physikalische Parameter landwirtschaftlich genutzter Niedermoorfolgeböden mit Humusgehalten < 30 %

Parameter	Spanne	Quelle
Organischer C	20–130 g*kg <sup>-1</sup>	Uggla <i>et al.</i> 1964, Sparling <i>et al.</i> 1998, Schleier 2008,
Heißwasserextrahierbarer C	0,4–9 g*kg <sup>-1</sup>	Sparling <i>et al.</i> 1998, Meissner <i>et al.</i> 2003, eigene unveröff. Daten.
Gesamt-N	0,1–0,9 % (w/w)	Uggla <i>et al.</i> 1964, Schleier 2008
OBS/Organischer C	1,7–3,3	Klingenuß <i>et al.</i> 2014
Gelöster organischer C	0,02–0,64 mg*g <sup>-1</sup>	Kalbitz <i>et al.</i> 2003
Trockenrohichte	0,7–1,2 g*cm <sup>-3</sup>	Schleier und Behrendt 2000
Kationen-Austauschkapazität (C <sub>pot</sub> )	30–73 meq*100 g <sup>-1</sup>	Schleier und Behrendt 2000

Deshalb besitzt die okkludierte (oPOM) und mineralassoziierte (mOM) OBS im Allgemeinen deutlich geringere durchschnittliche Umsatzzeiten und damit höhere Verweilzeiten als die „freie“, bzw. „partikuläre“ OBS (fPOM), die zu einem großen Anteil aus Detritus (z.B. zerkleinerte Ernterückstände) besteht (v. Lütow *et al.* 2006). Die Trennung der OBS in diese drei Fraktionen bzw. Pools unterschiedlicher Stabilität (active pool, intermediate pool, passive pool) gibt Aufschluss über die jeweilige Dynamik und den Umsatz der OBS, da die durchschnittlichen Umsatz- bzw. Verweilzeiten in diesen Fraktionen sehr unterschiedlich sind. Sie reichen in der Regel von weniger als 1 Jahr in der fPOM über mehrere Jahrzehnte hin bis zu mehreren Jahrhunderten oder sogar darüber hinaus in der oPOM und der mOM (Torn 2009).

Unklar ist in diesem Zusammenhang, wie die OBS in MFB im Zusammenspiel mit der mineralischen Phase umgesetzt bzw. stabilisiert wird. Die Annahme, dass hier ähnliche Prozesse wie in Mineralböden ablaufen ist bisher nur sehr hypothetisch.

### Material und Methoden

Beprobt wurde ein Oberboden (0–30 cm) mit 7 % organischem Kohlenstoff aus einem Ackerstandort in Paulinenaue. Der Boden wurde luftgetrocknet und gesiebt (< 2mm). Um die Prozesse der Stabilisierung durch die Wechselwirkung mit der mineralischen Phase zu untersuchen, wurde der Gesamtboden mittels Schwerelösung (1,8 g\*cm<sup>-3</sup>), Ultraschallenergie (200 J\*ml<sup>-1</sup>), und Nasssiebung (20 µm) in 4 Fraktionen unterschiedlicher Stabilität und Verweildauer (fPOM + oPOM + mOM > 20 µm + mOM < 20 µm) separiert (vgl. Christensen 1992, Golchin *et al.* 1994). Danach erfolgte eine Bestimmung des organischen C für jede Fraktion.

### Erste Ergebnisse und Diskussion

Über 87 % des gesamten Bodens lag in Form der mOM Fraktion vor (mOM > 20 µm + mOM < 20 µm, Abbildung 1).

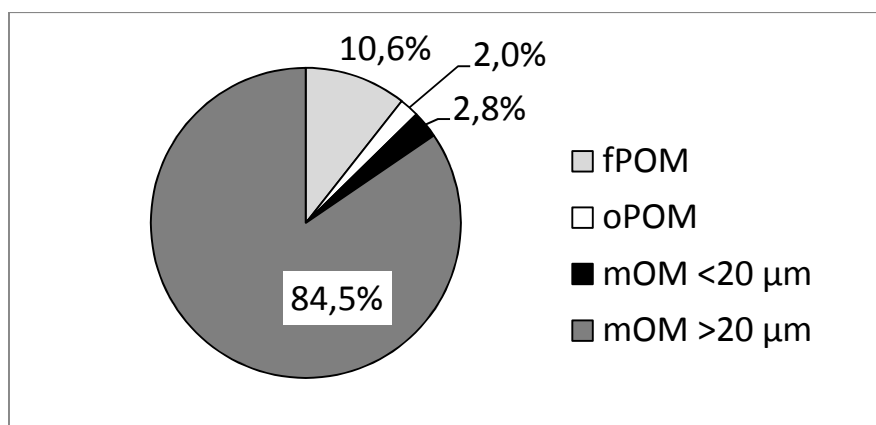


Abbildung 1: Massenverhältnisse in verschiedenen Fraktionen eines Moorfolgebodens

Allerdings enthält diese Fraktion nur knapp 2 % des gesamten C (Abbildung 2). Die Fraktion mOM < 20 µm enthält Mittel- und Feinschluff, sowie Tonpartikel und spielt bei der Bindung und Stabilisierung von organischer Substanz offensichtlich die weitaus größere Rolle als die Fraktion mOM > 20 µm, die arm an OBS ist und den Grobschluff sowie den Sandanteil repräsentiert.

Mehr als 80 % des gesamten C befindet sich in der fPOM Fraktion und wird somit nicht durch die mineralische Phase stabilisiert.

Der restliche C repräsentiert die intermediäre Fraktion. Sie liegt in okkludierter, ebenfalls stabilisierter Form vor und ist durch den Einschluss in stabile Mikroaggregate räumlich vor dem mikrobiellen Abbau geschützt.

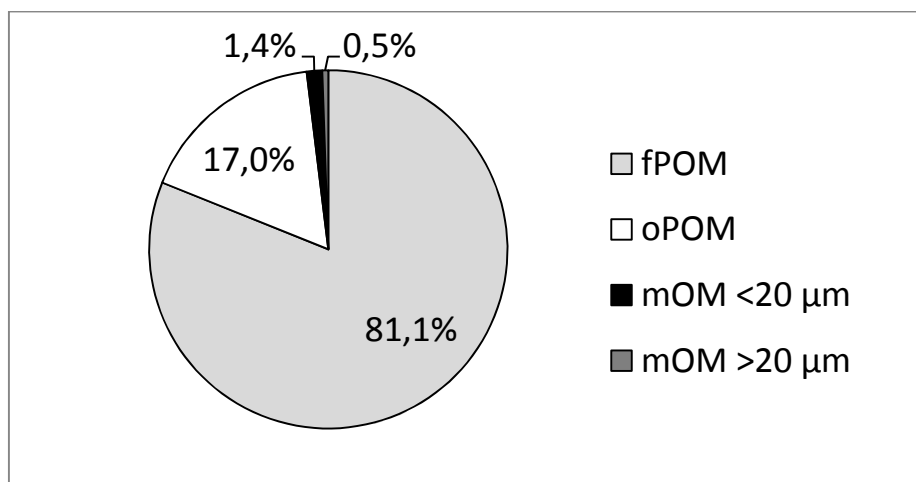


Abbildung 2: Prozentuale Verteilung des organischen Kohlenstoffs in verschiedenen Fraktionen eines Moorfolgebodens

### Schlussfolgerungen

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Stabilisierungsprozesse der organischen Bodensubstanz, die in Mineralböden bekannt sind, auch in Moorfolgeböden ablaufen. Aufgrund der fortschreitenden Bodenentwicklung und des steigenden Einflusses der mineralischen Phase kommt es zu Stabilisierung der OBS durch Einschluss in stabile Aggregate und zu Mineralassoziationen. Der im Vergleich zu Mineralböden hohe Anteil an fPOM in diesem MFB wirft die Frage auf, wie viel moorbürtiger Kohlenstoff hier noch vorhanden ist und ob sich dieser auf die Abbaubarkeit der OBS auswirkt. Derzeit laufen dazu weitere Untersuchungen.

### Danksagung

Diese Studie wurde finanziert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (HE 7800/1-1).

### Literatur

- Ad-Hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Auflage, Hannover.
- Armentano, T.V und Menges, E.S. (1986): Patterns of change in the carbon balance of organic soil – wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74: 755–774.
- Christensen, B.T. (1992): Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science* 20, 1–92.
- Christensen, B.T. (2001): Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science* 52, 345–353.
- Golchin, A., Oades, J.M., Skjemstad, J.O. und Clarke, P. (1994): Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid-state <sup>13</sup>C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. *Australian Journal of Soil Research* 32, 285–309.

- Heller, C., und Zeitz, J. (2012): Stability of soil organic matter in two northeastern German fen soils: The influence of site and soil development. *Journal of Soils and Sediments* 12 (8): 1231–40. doi:10.1007/s11368-012-0500-6.
- Kalbitz, K. (2001): Properties of organic matter in soil solution in a German fen area as dependent on land use and depth. *Geoderma* 104, 203–214.
- Kalbitz, K., Schmerwitz, J., Schwesig, D. und Matzner, E. (2003): Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties. *Geoderma* 113, 273–291.
- Klingenfuß, C., Roßkopf, N., Walter, J., Heller, C. und Zeitz, J. (2014): Soil organic matter to soil organic carbon ratios of peatland soil substrates. *Geoderma* 235–236, 410–417.
- Meissner, R., Rupp, H. und Leinweber, P. (2003): Re-wetting offen soils and changes in water quality – experimental results and further research needs. *Journal of water and land development* 7, 75–91.
- Pohl, M., Hoffmann, M., Hagemann, G., Giebels, M., Albiac Borraz, E., Sommer, M. und Augustin, J. (2015): Dynamic C and N stocks – key factors controlling the C gas exchange of maize in heterogenous peatland. *Biogeosciences* 12, 2737–2752.
- Roßkopf, N., Fell, H. und Zeitz, J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena* 133, 175–170.
- Schalitz, A. und Behrendt, G. (2009): Zum Rapsanbau auf Niedermoor-Folgeböden in Nordostdeutschland. *Archives of Agronomy and Soil Science* 55:5, 493–506
- Schleier, C. und Behrendt, A. (2000): Kennzeichnung von Eigenschaften der Folgeböden Nordostdeutscher Niedermoore Characterisation of the Properties of Post Fen Soils in North-eastern Germany. *Archives of Agronomy and Soil Science* 45:3, 207–221, DOI: 10.1080/03650340009366123 (in German).
- Schleier, C. (2008): Die Folgeböden landwirtschaftlich genutzter nordostdeutscher Niedermoore. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Six, J.H., Bossuyt, H., Degryze, S. und Dene, K. (2004): A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research* 79(1), 7–31.
- Sparling, G., Vojvodic-Vukovic, M. und Schipper, L.A. (1998): Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: The relationship with microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 30, 1469–72. doi:10.1016/S0038-0717(98)00040-6.
- Torn, M.S., Swanston, C.W., Castanha, C. und Trumbore, S.E. (2009): Storage and turnover of organic matter in soil. In: Senesi, N., Xing, B. und Huang, P.M. [Ed]: *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*. Wiley, Hoboken, 219–272.
- Uggla, H., Mirowski, Z., Piaścik, H. und Rytelowski, J. (1964): Dunkle Humose Böden der Sandergebiete. *Roczniki Gleboznawcze* 14, (259–276).
- von Lützow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. und Flessa, H. (2006): Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions – A review. *European Journal of Soil Science* 57 (4), 426–45. doi:10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x.
- Zeitz, J. und Velty, S. (2002): Soil properties of drained and rewetted fen soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 618–26.