

**Tagungsbeitrag zu:**  
Jahrestagung der DBG, Kommission VI

**Titel der Tagung:**  
„Unsere Böden – Unser Leben“

**Veranstalter:**  
DBG

**Termin und Ort:**  
05. – 10.09.2015 in München

**Berichte der DBG**  
(nicht begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Humusstabilität in urbanen Unterböden – Konsequenzen für deren Umlagerung**

Lehmann, A.<sup>1)</sup>, Billen, N.<sup>2)</sup>, Lange, F.-M.<sup>3)</sup>, Willbold, S.<sup>4)</sup>, Höke, S.<sup>5)</sup>, Hädicke, A.<sup>6)</sup>

### **Schlüsselwörter**

Humusstabilität, Unterböden, anthropogene Böden, Bodenumlagerung

### **Hintergrund und Untersuchungsziel**

Die organische Substanz im Unterboden ist eine wichtige Senke und im ungünstigen Fall eine bedeutende Quelle für klimarelevanten Kohlenstoff (Eswaran et al. 1999). Große Mengen von humosem Bodenmaterial fallen bei Erdbaumaßnahmen an, die beim Deponieren oder Wiedereinbau von Bodenmaterial Schäden durch die Freisetzung von Gasen bewirken können. Dies findet in der aktuell im dritten Arbeitsentwurf vom 23. Juli 2015 vorliegenden Mantelverordnung zur Harmonisierung und Novellierung der Verordnungen

für Grundwasser, Bodenschutz und Deponien Berücksichtigung: „Bei Umlagerung und Wiedereinbau von Materialien mit mehr als 1 Masseprozent organischen Kohlenstoffs ist sicherzustellen, dass eine Zersetzung der organischen Bestandteile so weit möglich vermieden wird“. Das Zersetzungsrisiko ist aber reduziert bei Böden mit technogenen Beimengungen wie z.B. inertem Ruß oder Verbrennungsschlacken, so dass von solchen Substraten bei einer Umlagerung keine zusätzliche Schädigung erwartet wird.

Mit den Aussagen der Mantelverordnung zum Umgang mit humosem Unterboden war deshalb die Frage nach unterschiedlicher Labilität der organischen Substanz im Unterboden zu klären. Dies sollte insbesondere mit Blick auf anthropogen überformte Böden mit technogenen Beimengungen erfolgen.

### **Material und Methoden**

Mit einer Literaturrecherche wurde der Stand des Wissens zur Differenzierung von labilem und stabilem Kohlenstoff dargestellt. Außerdem war ein Probenkollektiv mit 208 Horizont-Proben von 140 Standorten aus Deutschland verfügbar. Etwa 65 % aller Proben waren anthropogen überformt und enthielten technogene Bestandteile. Bei dem Probenkollektiv wurden Kohlenstofffraktionen mit einer temperaturabhängigen Differenzierung des Gesamtkohlenstoffs („Gradientenverfahren“ nach DIN-Entwurf 19539 bei 400°C, 600°C, 900°C) und der organische Kohlenstoff nach DIN 13137 analysiert. Die Messungen erfolgten am Forschungszentrum Jülich und im Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW. Umfang und Qualität ergänzender Boden- und Standortbeschreibungen variierten aufgrund der großen Probenehmerzahl in einem breiten Rahmen. Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der temperaturabhängigen Differenzierung des Gesamtkohlenstoffs und von Standorteigenschaften der Böden und ihrer geografischen Lage wurde mit statistischen und deskriptiven Methoden hergestellt.

---

1) Freier Bodenkundler, Stuttgart, [as\\_freiebodenkundler@web.de](mailto:as_freiebodenkundler@web.de),

2) bodengut – büro für nachhaltige Bodennutzung, Stuttgart, 3) terra fusca Ingenieure, Stuttgart,

4) FZ Jülich - Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik, 5) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit - Referat WR III 2 / Bodenschutz und Altlasten, Bonn, 6) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW - Fachbereich 32: Bodenschutz, Altlasten, Ökotoxikologie, Recklinghausen

Die Akzeptanz von Maßnahmen des vorsorgenden Bodenschutzes, insbesondere im Zusammenhang mit dem Verbringen von Unterbodenmaterial mit erhöhten Gehalten an organischem Kohlenstoff, wurde mit einer Befragung bei 215 Baubürgermeister/innen und Bodenschutzbehörden in Baden-Württemberg ermittelt.

In einem zusammenfassenden Fazit wird ein abschließender Ausblick zum Umgang mit Unterbodenmaterialien gegeben, die einen erhöhten TOC-Gehalt aufweisen.

## Ergebnisse

Die Literaturrecherche ergab, dass in naturnahen Böden nicht die strukturbedingte Oxidierbarkeit bei 400°C primär die Beständigkeit des organischen Kohlenstoffs im Unterboden bestimmt, sondern das ökosystemar gesteuerte Bodenmilieu die C-Stabilität regelt (Kögel-Knabner & Amelung 2014, Schmidt et al. 2011). Rückschlüsse auf das Bodenmilieu wie z.B. pH-Wert oder Hydromorphie erlauben Beschreibungen nach feldbodenkundlichen Vorgehensweisen.

Generell sind Beziehungen zwischen TOC400 - Werten und Parametern, die Rückschlüsse auf die Stabilität des untersuchten Humus in Unterböden zulassen, nur bei einer Differenzierung in wenige Klassen bedingt erkennbar. Signifikante Regressionen zwischen TOC400 - Werten und Bodenparametern lassen sich nicht berechnen. Dies ist einerseits mit der begrenzten Anzahl an Wertepaaren aus dem äußerst heterogenen Probenkollektiv, aber auch mit der sehr unterschiedlichen Qualität der Angaben zu Bodenparametern begründbar.

Bei einer entsprechend das Bodenmilieu widerspiegelnden Klassifikation von typischen Mustersubstraten sind bei den (feldbodenkundlich erfassbaren) organischen Substraten (z.B. Braunkohle, Torf, Klärschlamm) und hydromorph geprägten Böden (z.B. von Pseudogley, Gley) die C-Verbindungen eher als labil zu bezeichnen, indiziert durch einen TOC400 - Anteil über 50 % am TC. Bei steinkohleagepräg-

ten Substraten liegt der Anteil hingegen unter 50 %, bei tonigen Substraten ist ohne weitere Kenntnisse, wie z.B. der Tonmineralogie keine Tendenz erkennbar (siehe Abbildung 1).

Beim Vergleich von TOC400 Werten gemäß DIN-Entwurf 19539 mit den klassischen TOC - Werten gemäß DIN 13137 unterschreiten die TOC400 - Werte mit einer Ausnahme die TOC - Werte (siehe Abbildung 2).

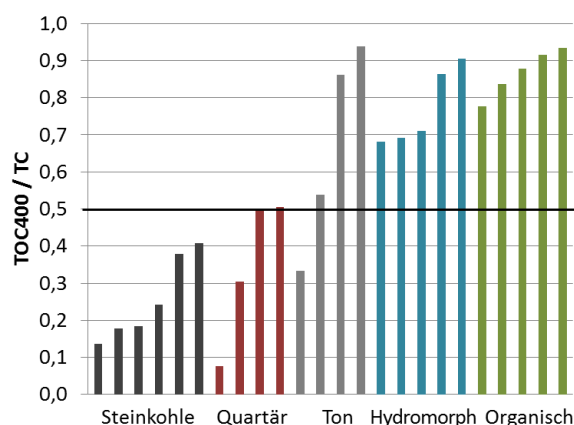


Abbildung 1: Anteil von TOC400 an TC als „Stabilitätsindex“ von unterschiedlichen Herkunfts-/Substrattypen, die auf einer expertenbasierten Auswahl typischer „Mustersubstrate“ basieren (Unterböden mit >1% TOC)

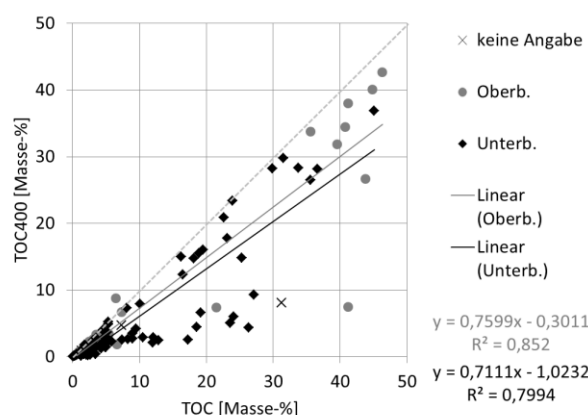


Abbildung 2: Beziehung zwischen TOC400 und TOC n. DIN 13137

Dabei beträgt bei natürlich geprägtem Bodenmaterial der TOC400 – Gehalt im Median 70 % und bei anthropogen

geprägtem Material im Median 40 % des TOC – Gehaltes (siehe Abbildung 3). Dieser Wert wird bei Substraten wie Bauschutt, (Kohle-) Haldenmaterial oder Schlacke in der Regel noch unterschritten. Entsprechend liegt in den dichtbesiedelten, kreisfreien Städten der TOC400 – Wert häufig unter 50 % des TOC - Wertes, in den übrigen Kreistypen darüber (siehe Abbildung 4)

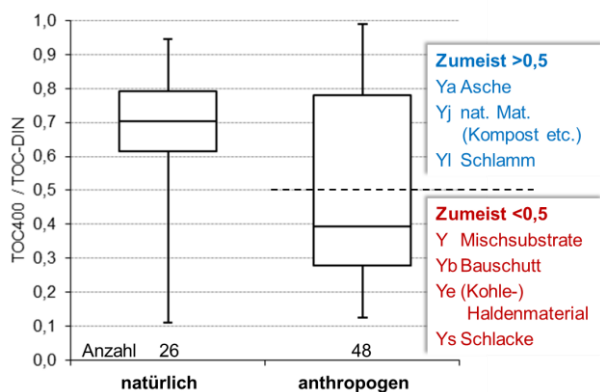


Abbildung 3: Abhängigkeit der TOC400 / TOC Analysedifferenzen von natürlichen und anthropogenen Substraten für Unterböden  $\geq 1$  % TOC (Boxplot mit Maximum, 75. Perzentil, Median, 25. Perzentil., Minimum)

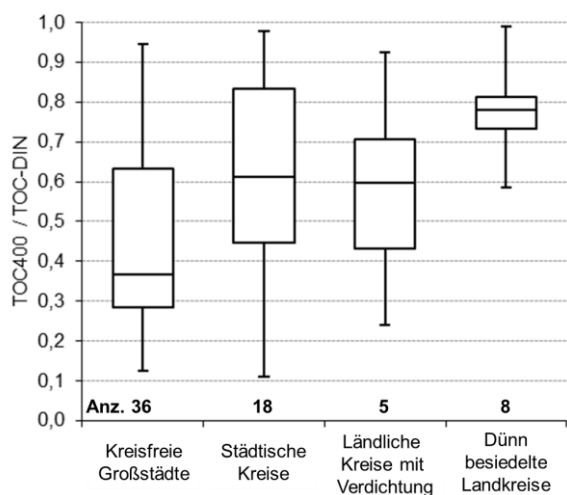


Abbildung 4: Abhängigkeit der TOC400 / TOC – Analysedifferenzen von der siedlungsstrukturellen Herkunft des Bodenprobenmaterials (Boxplot mit Maximum, 75. Perzentil, Median, 25. Perzentil, Minimum)

Die Befragung ergab, dass bei der öffentlichen Hand eine Akzeptanz von Maßnahmen des vorsorgenden Bodenschutzes zum sorgsamem Umgang mit humosem Unterbodenmaterial zu ca. 50 % gegeben ist, sowohl im Bereich des Bodenschutzes als auch in der Raumplanung und bei Bauherren (siehe Abbildung 5). Dies stellt sicherlich einen Fortschritt gegenüber der Situation der zurückliegenden Jahrzehnte dar. Dennoch besteht durch die immer noch rasch fortschreitende Inanspruchnahme der Böden weiterhin Informationsbedarf, der durch eine kontinuierliche Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit abgedeckt werden sollte.

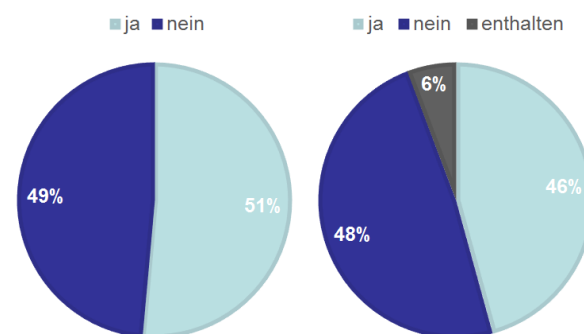


Abbildung 5: Antworten auf die Frage: „Besteht aus ihrer Sicht eine Akzeptanz für den vorsorgenden Bodenschutz a) bei den Bauherren?“ (links) und „b) bei den Ausführenden?“ (rechts)

### Fazit und Ausblick

Eine generelle Empfehlung kann beim vorliegenden Daten- und Kenntnisstand nicht abgegeben werden. Es ist zu diskutieren, ob ein allein auf Prozentangaben bezogener Grenzwert für die Umlagerung von humosem Unterboden zielführend ist. Denkbar wären Mengenangaben für zulassungsfreie Umlagerung. An Stelle einer Prozentangabe könnte eine TOC - Bagatellmenge fachgerecht und praktikabel umsetzbar sein. Zum Prüfen dieses Vorschlags sind praxisnahe Szenarien zu untersuchen. Hierzu können die TOC400 - Menge mit feldbodenkundlich erhebbaren Bodenparametern wie Substrattyp, Hydromorphie u.a. in Verbindung gebracht werden. Diese Vorgehensweise ist mit einer im Vergleich zur TOC400 -

Bestimmung aufwändigeren Analysetechnik, wie z.B. C - Bebrütungsversuchen zu überprüfen, bzw. sind so entsprechende Korrekturfaktoren zu ermitteln. Damit ist zu erwarten, dass Hinweise zur Deponierungstechnik, bzw. zur Wiederverwertung gegeben werden können. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, Schnellmethoden zur Bestimmung labiler Kohlenstoffanteile weiterzuentwickeln (z.B. Test mit Methylblau, vgl. Wu et al., 1997).

### **Danksagung**

Die Arbeiten wurden dankenswerterweise unterstützt im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2014. Weiterhin geht ein besonderer Dank an die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der mitwirkenden Bundes-/Landesanstalten, Hochschulinstitute und Ingenieurbüros für das Bereitstellen der Bodenproben.

### **Referenzen**

Eswaran, H., P.F. Reich, J.M. Kimble, F.H. Beinroth, E. Padmanabhan, P. Moncharoen (1999): Global carbon stocks. In: Lal, R (ed): Global climate change and pedogenic carbonates, Lewis, Boca Raton (Florida), 305.

Kögel-Knabner, I, W. Amelung (2014): Dynamics, Chemistry, and Preservation of Organic Matter in Soils. 157-215. In: H Holland, Turekian: Treatise on Geochemistry, 2nd edition. Elsevier, Amsterdam, 454.

Schmidt, M.W.I., M.S. Torn, S. Abiven, T. Dittmar, G. Guggenberger, I.A. Janssens, M. Kleber, I. Kögel-Knabner, J. Lehmann, D.A.C. Manning, P. Nannipieri, D.P. Rasse, S. Weiner, S.E. Trumbore (2011): Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478: 49–56.

Wu, Q., H.-P. Blume, U. Schleuss (1997): Humuskörper, 22-31. In: H.-P. Blume, W. Schleuss: Bewertung anthropogener Stadtböden – Abschlussbericht des BMBF-Verbundvorhabens der Universitäten Berlin (TU), Halle-Wittenberg, Hohenheim, Kiel und Rostock sowie des 'büro für bodenbewertung' Kiel. Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Universität Kiel, 38, 346.