

Integration spektroskopischer Daten zur Abschätzung des Humuszustandes von Ackerböden

Vytas Huth, Nauaf Mansur, Görres Grenzdörffer, Peter Leinweber

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock
vytas.huth@uni-rostock.de, nauaf.mansur@uni-rostock.de, goerres.grenzdorffer@uni-rostock.de, peter.leinweber@uni-rostock.de

Abstract: Zusammenhänge zwischen spektralen Eigenschaften der Böden und ihren Gehalten an organischem Kohlenstoff (C_{org}) wurden mit vier Methoden untersucht. Messungen im Labor (Chromameter von Konica-Minolta, 400-700 nm) und im Feld (HandySpec Field, Tec5 AG, 360–1.000 nm) ergaben Korrelationen mit $R^2 = 0,63^{***}$ bzw. $0,52^{***}$ ($n = 133$). Aus Grauwerten eines hochauflösenden Luftbildes wurde eine engere Korrelation ($R^2 = 0,88^{***}$) abgeleitet, allerdings nur an einer Catena mit $n = 22$ Meßpunkten, Jedoch bestätigten Auswertungen der Reflexion im Bereich von 520 - 600 nm aus ASTER-Daten ($R^2 = 0,61^{***}$) an dem gleichen Probensatz wie die o.g. Labor- und Feldmessungen die gute Eignung von Fernerkundungsmethoden zur Schätzung der C_{org} -Gehalte im Feldmaßstab. Dabei war die gute Eignung der ASTER-Daten teilweise mit der gleichmäßigen Abtrocknung der Böden nach einer langen niederschlagsfreien Periode im Frühjahr 2007 zu erklären.

1 Einleitung

Die Erfassung des Humuszustandes (Menge, Qualität und räumliche Verteilung der organischen Bodensubstanzen) in Ackerflächen ist aufgrund der agronomischen Bedeutung und der Klimarelevanz nach wie vor eine wissenschaftliche Herausforderung. Die traditionelle Entnahme von Bodenproben und chemisch-analytische Bestimmung der Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff (C_{org}) durch Verbrennung stößt aufgrund des Arbeitsaufwandes an Grenzen, wenn Aussagen für ganze Ackerschläge oder Regionen zu treffen sind. Da Huminstoffe, die den Hauptanteil des C_{org} ausmachen, zu einer dunklen Färbung der Oberböden beitragen, wird in jüngerer Zeit verstärkt erforscht, mit welcher Genauigkeit die C_{org} -Gehalte durch spektroskopische Messungen mit einfachen Kolorimetern (Konen et al. 2003, Spielvogel et al. 2004) bzw. mit Reflektionsspektrometrie im sichtbaren bis mittleren Infrarotbereich (McCarthy et al. 2002, Ludwig and Khanna 2001) erfaßt können. Wenn dies mit hinreichender Genauigkeit möglich ist, können größerer Flächeneinheiten mit flugzeug- (Stevens et al. 2006, 2008) und satellitenbasierter Fernerkundung (Gomez et al. 2008) untersucht werden.

Ziel unserer Forschung war es daher, die Qualität der Datenkorrelation zwischen den C_{org} -Gehalten und spektralen Daten aus vier unterschiedlichen Meßverfahren zu bestimmen.

2 Material und Methoden

Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden an einem Testfeld bei Demmin (Vorherrschender Bodentyp Sandbraunerde im ebenen Grundmoränengebiet, etwa 10 km östlich der Stadt Demmin) durchgeführt. Dort wurden Bodenproben einmal im Juni 2007 entlang einer Trasse ($n = 22$) und ein zweites Mal im April 2008 im Raster von 25×25 m ($n = 133$) entnommen und auf C_{org} -Gehalte untersucht.

Reflektionsspektroskopische Messungen wurden im Labor mit dem Chromameter CR410 (Konica Minolta; Xenon-Strahlen-Lichtquelle, 400–700 nm, Meßwertausgabe im L^*a^*b -Farbsystem, je 3 Doppelmessungen, Mittelwertberechnung). Dabei ist nach Erfahrungen aus umfangreichen vorherigen Messungen nur der L^* -Wert (lightness = Helligkeit) von Aussagewert für die Schätzung des C_{org} -Gehaltes. Im Feld wurden am 15.4.2008 Spektralmessungen mit dem tragbaren HandySpec Field (Tec5 AG, Oberursel; 360–1.000 nm, 1 m Höhe, 25° Öffnungswinkel des Empfängers) durchgeführt. Zur quantitativen Auswertung wurden die gemessenen Reflektionswerte nach der Kubelka-Munk-Gleichung umgerechnet: $f(R) = 0,5 \times (1 - R)^2 / R$. Der Wert $f(R)$ beschreibt eine konzentrationsabhängige Lichtabsorption, die mit Zunahme dunkler Bestandteile wie Humus bzw. organische Bodensubstanzen zunimmt. Begleitend zu den Spektralmessungen wurden Bodenproben des Oberbodens zur C_{org} -Bestimmung im Labor entnommen. Da es in den Tagen vor der Spektralmessung mehrfach geregnet hat, ist Feldkapazität anzunehmen.

Zur Fernerkundung des Testfeldes stand (1) ein hochaufgelöstes Farbluftbild vom 6.5.2007 mit einer Bodenauflösung von 20 cm zur Verfügung. Das Bild wurde mit dem System PFIFF (Grenzdörffer, 2006) und einer digitalen Mittelformatkamera Rolleiflex AIC45 aufgenommen. Das orthorektifizierte Farbluftbild wurde in Grauwerte umgerechnet, die mit den an georeferenzierten Proben gemessenen C_{org} -Gehalten korreliert wurden.

Des Weiteren wurde (2) eine ASTER (Advanced Spaceborne and Thermal Emission and Reflection Radiometer)-Szene des NASA-Satelliten Terra vom 05.05.2007 beschafft. Die Daten wurden mit der Software Erdas IMAGINE in geringem Umfang geometrisch und radiometrisch vorprozessiert. Zur Korrelation wurden die drei hochaufgelösten Kanäle im VNIR-Bereich 520-860 nm mit 15 m Auflösung getestet, wobei der Kanal 1 (520 - 600 nm) die beste Korrelation erbrachte.

3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt, dass mit allen vier Untersuchungsmethoden sehr hoch signifikante Korrelationen zwischen den optischen Eigenschaften und den C_{org} -Gehalten nachgewiesen wurden.

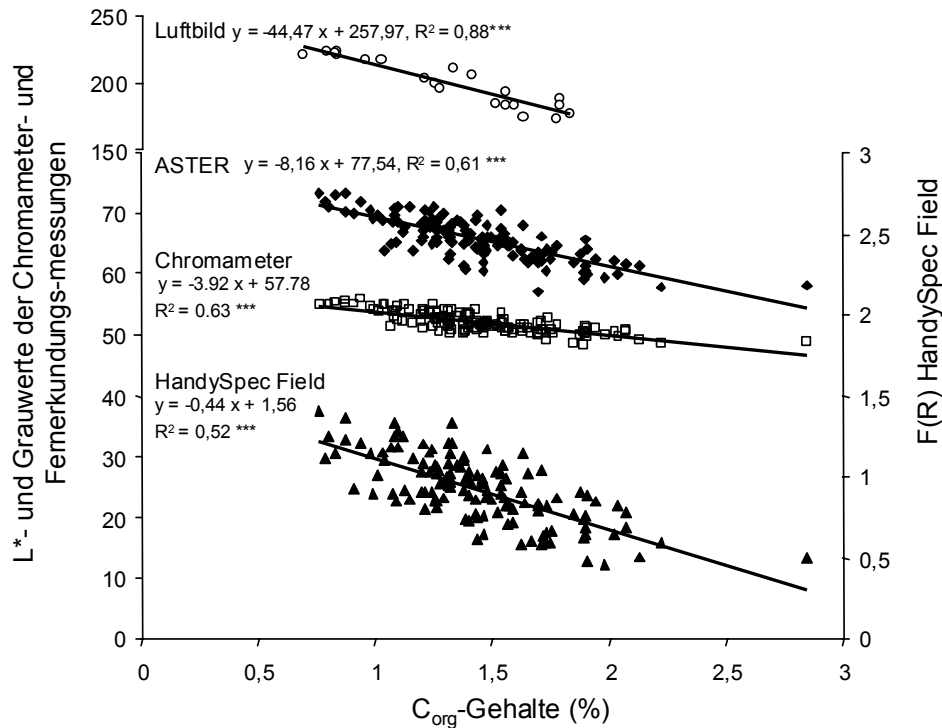


Abbildung 1: Abhängigkeit der optischen Parameter (L^* -Werte aus Chromameter-Messungen, Grauwerte aus Luftbild- und aus ASTER-Daten, $f(R)$ nach Kubelka-Munk aus HandySpec Field-Messungen) von den C_{org} -Gehalten auf dem Testfeld Demmin

Die Korrelationen werden durch lineare und logarithmische Funktionen gleichermaßen gut beschrieben. Bei den ASTER-Aufnahmen erwies sich Kanal 1 (520–600 nm) am sensitivsten für die Detektion von Unterschieden in den C_{org} -Gehalten; in den mit HandySpec Field am Boden aufgenommenen Spektren war dies die Reflektion bei 700 nm. Der Vergleich der unterschiedlichen Methoden zeigt die engste Korrelation für die Grauwerte aus dem Luftbild. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dieser Datensatz aus einer Beprobung im Jahre 2007 stammt, bei der lediglich eine Catena mit 22 Punkten beprobt wurde. Innerhalb der anderen drei Datensätze ergaben die aus den ASTER-Spektren abgeleiteten Grauwerte und die Helligkeitswerte aus der Messung mit Chromameter einen etwa gleichartig engen Zusammenhang. Dies ist erstaunlich, da die ASTER-Daten lediglich mit einer räumlichen Auflösung von 15 m vorlagen, und die Übereinstimmung dieses Pixels mit dem Ort der Probenahme und C_{org} -Bestimmung weniger

gut abgesichert werden konnte als bei den Messungen am Boden. Dem gegenüber wurden die reflektionspektrometrischen Messungen (Konika-Minolta und HandySpec Field) und die C_{org} -Bestimmungen exakt an der gleichen Probe durchgeführt. Allerdings war die Zeitperiode vor der Aufnahme der Luftbilder und der ASTER-Daten durch eine lang andauernde Trockenheit gekennzeichnet, so dass störende Einflüsse unterschiedlicher Bodenfeuchteverteilung im Feld nicht vorlagen. Die aus den ASTER-Daten und den HandySpec Field-Daten abgeleiteten Korrelationen wurden genutzt, um für 3 Catenen auf dem Testfeld die C_{org} -Gehalte abzuschätzen. Die Korrelationen zwischen geschätzten und gemessenen C_{org} -Gehalten hatten Bestimmtheitsmaße von $R^2 = 0,52^{***}$ bis $0,53^{***}$ (Handy Spec Field) bzw. $0,60^{***}$ bis $0,62^{***}$ (ASTER).

Im Vergleich zu entsprechenden Korrelationen aus Chromameter-Messungen sind die in Abbildung 1 dargestellten Korrelationen durchweg enger als an Böden in Süddeutschland (Spielvogel et al. 2004) und in der Nord-Türkei in (Gunal et al. 2008), jedoch etwas weiter als an Böden aus Iowa (Konen et al. 2003) gemessen. Anders als Stevens et al. (2006, 2008) fanden wir keine größere Prognosegenauigkeit der Feldspektrometer im Vergleich zu Fernerkundungsmethoden. Die Korrelationen zwischen gemessenen und geschätzten C_{org} -Gehalten erreichen fast die Güte der besten von Gomez et al. (2008) mit aufwendigeren mathematischen Verfahren berechneten Prognosen der C_{org} -Gehalte aus Satellitendaten in Australien.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ein Vergleich dreier spektroskopischer Meßverfahren zur Abschätzung der C_{org} -Gehalte ergab bei durchweg sehr hoch signifikanten Bestimmtheitsmaßen von $R^2 = 0,52$ bis $0,63$ die Rangfolge Chromameter > ASTER > HandySpec Field. Die überraschend guten Ergebnisse für die ASTER-Daten sind durch die Minimierung störender Einflüsse wie insbesondere Bodenfeuchte durch Auswahl von Aufnahmen nach einer langen Trockenperiode im Frühjahr 2007 zu erklären. Da die vorliegende ASTER-Szene eine Fläche von 70×70 km umfaßt, ergibt sich somit die Möglichkeit, systematische weitere Flächen, die verschiedene Bodengesellschaften in Mecklenburg-Vorpommern repräsentieren, auf die räumliche Verteilung der C_{org} -Gehalte zu untersuchen. In den neueren Untersuchungen (Gomez et al. 2008, Stevens et al. 2006, 2008) wurden die Spektren durchweg mit Partial Least Square Regressions (PLSR) bearbeitet. Es ist deshalb zu vermuten, dass mit einer aufwändigeren Datenbearbeitung eine noch höhere Prognosegenauigkeit der Fernerkundungsdaten zu erzielen ist.

Literaturverzeichnis

- Gomez, C.; Viscarra Rossel, R.A.; McBratney, B. (2008): Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field vis-NIR spectroscopy: An Australian case study. *Geoderma* 146, 403-411.
- Grenzdörffer, G. (2006): Praktische Erfahrungen mit dem digitalen Bildflugsystem PFIFF und einer Rolle AIC-45 CIR.- DGPF Jahrestagung 11.-13.9.2006, Berlin, (= Publikationen der DGPF Band 15): S. 335 – 342
- Gunal, H.; Ersahin, S.; Yetgin, B.; Kutlu, T. (2008): Use of chromameter-measured color parameters in estimating color-related soil variables. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 395, 726 - 740.

- Konen M.E.; Burras, C. L.; Sandor, J. A. (2003): Organic carbon, texture, and quantitative color measurement relationships for cultivated soils in North Central Iowa. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, 1823–1830.
- Ludwig, B.; Khanna, P.K. (2001): Use of near infrared spectroscopy to determine inorganic and organic carbon fractions in soil and litter. In: Lal, R. et al. (ed) *Assessment Methods for Soil Carbon*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- McCarthy, G.W.; Reeves, J.B.; Reeves, V.B.; Follett, R.F.; Kimble, J.M. (2002): Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon measurement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 640-646.
- Spielvogel, S.; Knicker, H.; Kögel-Knabner, I. (2004): Soil organic matter composition and soil lightness. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, 545-555.
- Stevens, A., Van Wesemael, B., Vandenschrack, G., Touré, S., Tychon, B. (2006): Detection of carbon stock change in agricultural soils using spectroscopic techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 844-850.
- Stevens, A.; van Wesemael, B.; Bartholomeus, H.; Rosillon, D.; Tychon, B.; Ben-Dor, E. (2008): Laboratory, field and airborne spectroscopy for monitoring organic carbon content in agricultural soils. *Geoderma*, 144, 395-404.