

Postervorstellung A der Kommission IV,
Jahrestagung der DBG, 3.-9.
September 2011, Berlin,
Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Humusgehalte ackerbaulich genutzter Sandböden im Klimawandel – Experimente und Modellierung

Karin Schmelmer¹ & Brigitte Urban¹

Keywords: Kohlenstoffhaushalt, Ackerbau, Klimawandel, Feldversuche, Modellierung

Fragestellung / Untersuchungsgebiet

Die Bedeutung der organischen Substanz für das Wasserspeichervermögen und das Angebot an Pflanzennährstoffen ist für sandige Böden besonders groß. Gleichzeitig sind leichte Böden in fröhsummerlichen Trockenperioden besonders stark von Winderosion und damit vom Verlust organischer Substanz betroffen. Eine Temperaturerhöhung wirkt sich aufgrund der guten Durchlüftung besonders in Sandböden verstärkend auf Mineralisierungsprozesse aus. In bisherigen Versuchen zur Wirkung einer erhöhten CO₂-Konzentration auf Getreide zeigte sich eine Zunahme der ober- und unterirdischen Biomasse, ein höherer Ertrag sowie eine Aufweitung des C/N-Verhältnisses im Pflanzengewebe (u. a. FACE (Free Air Carbon dioxide Enrichment)-Versuche des vTI, Braunschweig). Im Rahmen des Verbundprojektes KLIM-ZUG-NORD werden die Auswirkungen des Klimawandels auf

Veränderungen der Humusgehalte von sandigen Ackerböden in Nordost-Niedersachsen untersucht.

Methoden

Untersuchung von Oberboden-Humusgehalten

Um einen möglicherweise bereits vorhandenen Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung der Kohlenstoffgehalte von Ackerböden mit Hilfe von Computermodellen einschätzen zu können, erfolgte im Fröhsummer 2010 die Untersuchung der C_{org}-Gehalte 27 sandiger Ackerflächen, die sich auf neun landwirtschaftliche Betriebe verteilen, und der Vergleich mit Messwerten aus dem Jahr 1978, die im Rahmen einer Diplomarbeit erhoben worden waren (Thimm 1979). (Abb. 1).



Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen

Klimakammer-Freilandversuch

In Experimenten auf dem Versuchsfeld der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Hamerstorf wird in zwei Gewächshäusern der kombinierte Effekt einer erhöhten Lufttemperatur und eines erhöhten CO₂-Partialdruckes der Luft auf die Entwicklung von Wintergetreide untersucht. Gegenstand der Untersuchungen sind darüber hinaus die Pflanzenreaktionen bei den Düngungsvarianten CULTAN und konventionelle NPK-Gabe und ihr Vergleich mit den Freilandvarianten. Die Steuerung der CO₂-Zufuhr erfolgt mittels Sensoren und einer Intervallschaltung. Bei einem

¹ LEUPHANA Universität Lüneburg, Institut für Ökologie, Fachgebiet Landschaftswandel, Herbert-Meyer-Str. 7, D 29556 Suderburg; karin.schmelmer@uni.leuphana.de, b.urban@uni.leuphana.de

Messwert <550 ppm strömt CO_2 durch Öffnen der Magnetventile in die Klimahäuser. Bei einem Messwert größer oder gleich 550 ppm bleiben die Magnetventile geschlossen. Das Kohlendioxid wird über einen Schlauch in die Gewächshäuser geleitet, der in dem Abschnitt, der sich innerhalb der Häuser befindet, perforiert ist. Die Luftzirkulation wird durch seitlich angebrachte Lamellen- sowie durch Dachfenster gewährleistet (Abb. 2).

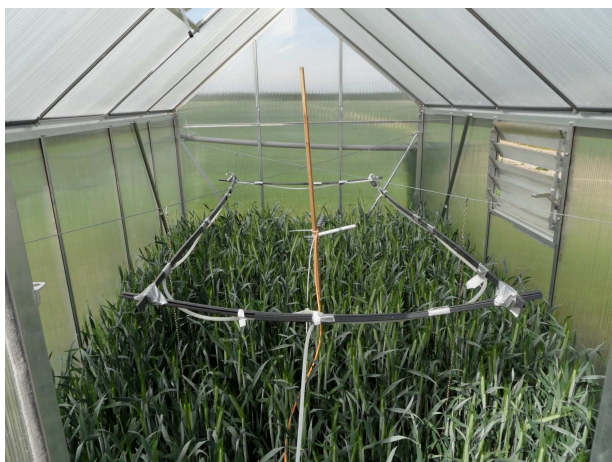


Abb. 2: Zur Klimakammer ausgebautes Gewächshaus mit Sensoren und CO_2 – Begasungsschlauch

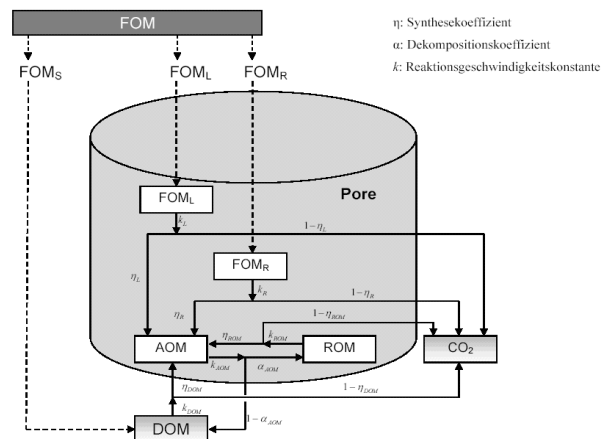
Die Klimahäuser stehen seit Ende März 2011 und seit dem 2. April werden, zusätzlich zu Bodenwassergehalt und –temperatur, in 10 Minuten-Intervallen Messwerte der Temperatur, Feuchtigkeit und CO_2 -Konzentration der Luft aufgezeichnet. Außerdem werden folgende Parameter der C-Dynamik erfasst: C_{org} -Gehalt, CO_2 -Ausgasung des Bodens, mikrobielle Aktivität, substratinduzierte Respiration (SIR).

Computersimulationen

Zur Modellierung werden u.a. die Modelle **CANDY** (Carbon and Nitrogen DYnamics) und **CCB** (CANDY Carbon-Balance (Franco et al. 1995, Kuka 2005)) eingesetzt. Während CANDY prozessorientiert und in Tagesschritten rechnet, dient CCB einer überschlägigen Abbildung des Kohlenstoffhaushaltes mit der Berechnung in Jahresschritten. Das CCB-Modell wurde

aus einem Teilmodell von CANDY für die Humusbilanzierung in der landwirtschaftlichen Praxis entwickelt.

Die Modelle rechnen mit mehreren Kohlenstoff-Pools, die sich durch eine unterschiedliche Abbaubarkeit mit entsprechenden Umsatzparametern unterscheiden (Abb. 3).



- AOM = active organic matter
- DOM = dissolved organic matter
- FOM = fresh organic matter
- FOML = fresh organic matter, labile
- FOMR = fresh organic matter, resistant
- FOMS = fresh organic matter, soluble
- ROM = resistant organic matter

Abb. 3: Das C-Pool-Konzept von CANDY

Die Umwelt- und Standorteigenschaften, welche die Umsatzgeschwindigkeit der organischen Substanz bestimmen, werden im Modell durch die wirksame Mineralisierungszeit (WMZ), als BAT (Biological Active Time) bezeichnet, berücksichtigt. Als ein Bruchteil der Kalenderzeit ist die BAT die Zeit, die unter optimalen Bedingungen im Labor notwendig wäre, um die im Freiland tatsächlich stattfindende Umsatzleistung zu erzielen. Die BAT ist eine Funktion von Bodenfeuchte, Bodentemperatur, der Boden-Belüftungsverhältnisse und ist damit von bodenphysikalischen und klimatischen Kenngrößen abhängig.

In die Computermodelle finden neben Bodendaten die schlagbezogenen Bewirtschaftungsdaten sowie Klimadaten Ein-

gang. Für den Zeitraum 1978 – 2010 wurden Messdaten des Deutschen Wetterdienstes verwendet. Mittels Erstellung von Bewirtschaftungsszenarien und mit Klimaprojektionsdaten des regionalen Klimamodells REMO, Szenario A1B, wird die künftige Entwicklung der Humusgehalte unter dem Einfluss des Klimawandels abgeschätzt.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Untersuchung von Oberboden-Humusgehalten

In jeweils 37% der untersuchten Fälle nahm der Gehalt des Oberbodens an organischer Substanz zwischen 1978 und 2010 um bis zu 0,4 M.-% zu oder blieb nahezu konstant. Nur sechs der 27 Ackerflächen (26%) weisen heute einen um ebenfalls bis zu 0,4 M.-% geringeren Gehalt an organischer Bodensubstanz auf. Dies sind teilweise Flächen, deren Nutzung erst in den 1930er bis 1950er Jahren von Heide- oder Wald- auf Ackernutzung umgestellt worden war. Bei diesen Flächen zeigt der Vergleich der C/N-Verhältnisse von 1978 und 2010 eine besonders starke Verengung bis zum heutigen Zeitpunkt. Dies legt den Schluss nahe, dass die Abnahme der organischen Bodensubstanz hauptsächlich durch die Nutzungsänderung und die Bewirtschaftung zu erklären sind.

Klimakammer-Freilandversuch

Zum Klima und zur C-Dynamik in den Klimahäusern können folgende Aussagen gemacht werden: Die Lufttemperatur lag durchschnittlich um 3,1°C höher als draußen. In der Zeit geringer Bodenbedeckung erreichte die Bodentemperatur um 2-5°C höhere Werte im Vergleich zum freien Feld. Die oberflächennah um wenige Vol.-% höhere Bodenfeuchte war nicht signifikant verschieden von der des freien Feldes. Im Frühsommer wurde ein erhöhter C_{org} -Gehalt des Oberbodens von

0,97% gegenüber 0,87% im freien Feld gemessen. Die Auswertung der Bodenatmungsdaten ergab einen im Gewächshaus um durchschnittlich 9,5% stärkeren CO_2 -Flux aus dem Boden im Vergleich zum freien Feld ($1166 \text{ g C ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$; $1065 \text{ g C ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Die Termine mit deutlich stärkerer Bodenatmung auf der Fläche des Gewächshauses fallen in die Zeit nach dem Abbau der Häuser (zum Zweck der Ernte, Ende Juli – August). Dies ist mit der vermehrten Pflanzenmasse zu erklären, die sich unter den Gewächshausbedingungen gebildet hat:

Der CO_2 -Düngeeffekt wirkte sich besonders nach CULTAN-Düngung auf die Zunahme der Pflanzenmasse aus. Das in Abbildung 4 dargestellte Verhältnis der Längenangaben für Spross und Wurzel für die vier Versuchsvarianten gilt für die pflanzliche Biomasse nahezu analog.

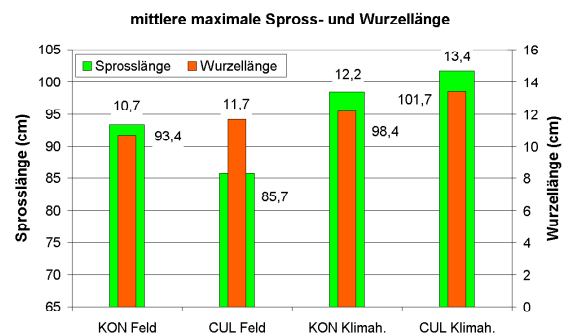


Abb. 4: Mittelwerte der Spross- und Wurzellängen

Bei der Darstellung der Biomasse pro Fläche (Abb. 5) fällt der im Gegensatz zu Abbildung 4 geringe Wert für die Variante „Klimahaus, konventionell gedüngt“ auf. Grund ist eine vergleichsweise geringe Bestandsdichte, deren Ursachen bisher unklar sind, die aber zufällig sein kann. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf.

Im Gegensatz zu FACE-Versuchen (Manderscheid et al. 2010) wiesen die Klimahauspflanzen dieses Versuchs mit $C/N =$

28,6 ein um etwa 50% engeres C/N-Verhältnis auf als die Freilandpflanzen mit C/N=60,0. Die oberirdische Pflanzenmasse enthielt ca. 8,5% weniger Kohlenstoff als im freien Feld (42,2%; 46,1%). Demgegenüber enthielt sie 82% mehr Stickstoff (1,55%; 0,85%). Die CULTAN-gedüngten Pflanzen enthielten wenige Prozent mehr C als die Nitrat-gedüngten Pflanzen; ihr C/N-Verhältnis war weiter.

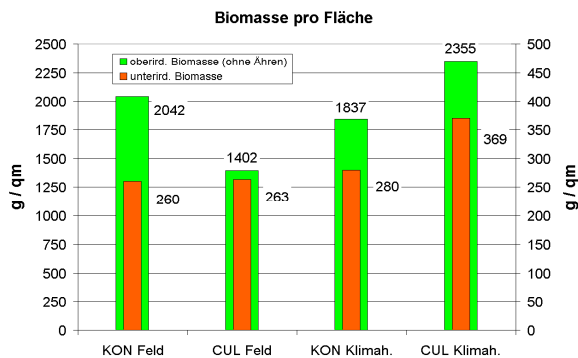


Abb. 5: mittlere Biomasse pro Fläche

Computersimulationen

Für den Zeitraum von heute bis zum Jahr 2100 errechnet CANDY eine geringfügige Abnahme des C_{org} -Gehaltes: Aufgrund der höheren Lufttemperaturen des REMO-Modells werden höhere Werte für die BAT kalkuliert und damit eine Abnahme der Humusreproduktion simuliert (Abb. 6).

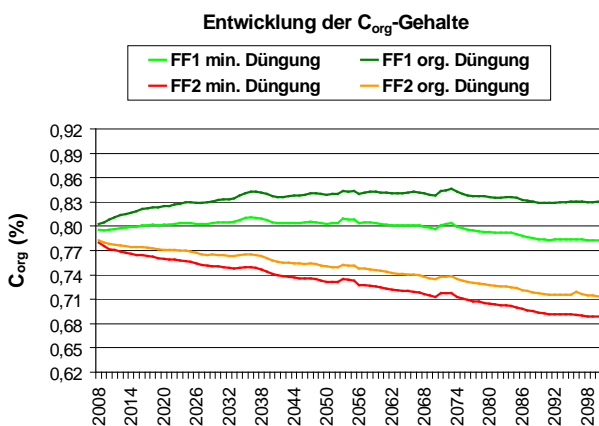


Abb. 6: Fruchtfolge 1 (FF1): Zuckerrübe, Winterweizen, Kartoffel; Fruchtfolge 2 (FF2): Kartoffel, Winterweizen, Silomais

Selbst für die Fruchtfolge 1 mit günstigerer Humusbilanz und mit organischer Düngung errechnet das Modell daher für den Zeitraum nach 2070 geringfügig abnehmende C_{org} -Werte.

Weitere Analysen der Bewirtschaftungsdaten und die Abschätzung der Klimaänderungswirkung auf den Humusgehalt der Böden durch Computersimulationen stehen noch aus. Dies gilt auch für die Analysen zur Zusammensetzung des Pflanzenmaterials. Es sind Modellierungen zur Wirkung erhöhter CO_2 -Konzentration der Atmosphäre und veränderter Klimaparameter auf Nutzpflanzen, Bodenwasserhaushalt und C-Dynamik geplant.

Literatur

Franko, U., Oelschlägel, B., Schenk, S. (1995): Simulation of temperature-, water- and nitrogen dynamics using the model CANDY. Ecological modelling 81, 213-222.

Kuka, K. (2005): Modellierung des Kohlenstoffhaushaltes in Ackerböden auf der Grundlage bodenstrukturabhängiger Umsatzprozesse. Diss., UFZ-Bericht 18/2005.

Manderscheid, R., Pacholski, A., Weigel, H.J. (2010): Effect of free air carbon dioxide enrichment combined with two nitrogen levels on growth, yield and yield quality of sugar beet: Evidence for a sink limitation of beet growth under elevated CO_2 . Europ. J. Agronomy 32, 228-239.

Thimm, C. (1979): Humusgehalte und -mengen in den Ap-Horizonten ostniedersächsischer Sandbodentypen in Abhängigkeit von Standortfaktoren und Nutzungsbedingungen, Diplomarbeit, Universität Göttingen.