

Postervorstellung A der Kommission I,  
Jahrestagung der DBG, 7.-12.  
September 2013, Rostock,  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Einfluss von Klimawandel und Bewirtschaftung auf Umsatzprozesse und Wasserhaushalt sandiger Ackerböden**

Karin Schmelmer<sup>1</sup>, Brigitte Urban<sup>1</sup>

**Schlüsselwörter:** Klimawandel, Bodenhydrologie, Landwirtschaft, Kohlenstoffhaushalt, Modellierung, Bandbreiten

### **Motivation / Einleitung**

Der Klimawandel macht Prognosen zur Entwicklung des Bodenwasserhaushaltes ackerbaulich genutzter Böden erforderlich. Dies betrifft einerseits die künftige Beregnungsbedürftigkeit von Feldfrüchten und andererseits die Grundwassernutzung für die Feldberegnung. Die in Nordost-Niedersachsen weit verbreiteten Sandböden sind aufgrund ihres geringen Wasserspeichervermögens von der zu erwartenden zunehmenden Sommertrockenheit besonders betroffen. Der Indikator für die Beregnungsbedürftigkeit ist hier ein Bodenwassergehalt unterhalb von 50% der nutzbaren Feldkapazität (nFK). Mittels Computersimulation und Klimaprojektionsdaten erfolgt die Abschätzung der mittleren Anzahl von Tagen pro Jahr mit Bodenwassergehalten < 50% nFK bis zum Jahr 2100. Außerdem wird die Entwicklung der Sickerwassermengen geschätzt.

Eine weitere Folge des Klimawandels kann ein zunehmend beschleunigter Abbau von organischer Bodensubstanz sein. Daher werden, ebenfalls mittels Computersimulation, die Wirkung der Klimaerwärmung und auch der Einfluss der Fruchtfolge auf den Kohlenstoffumsatz im Boden geschätzt. Ziel ist die Ableitung von Klimaanpassungsmaßnahmen.

<sup>1</sup> Leuphana Universität Lüneburg, Scharnhorststr. 1, 21335 Lüneburg,  
karin.schmelmer@uni.leuphana.de,  
KSchmelmer@aol.com

### **Methoden**

Für die Simulation des Bodenwasserhaushaltes wurde das Modell CANDY (CARbon and Nitrogen DYnamics, Franko et al., 1995), zur Schätzung der C<sub>org</sub>-Gehaltsentwicklung das Praxismodell CANDY-Carbon-Balance (CCB, Franko et al., 2011) eingesetzt. Für die Projektionszeiträume 2036-2065 und 2071-2100 wurden Klimadaten der Simulation REMO/ECHAM5-MPIOM, Szenario A1B\_1, für die Referenzperiode 1971-2000 Daten der REMO-Simulation C20\_1 genutzt (Jacob et al., 2008). Für den Zeitraum 1971-2010 wurden auch Messwerte genutzt. Zur Abschätzung des Einflusses der Bewirtschaftung auf die Entwicklung der C<sub>org</sub>-Gehalte wurde die reine Getreidefruchtfolge eines Feldversuchs im Landkreis Uelzen (Schmelmer et al., 2011) mit verschiedenen Anteilen an Energiemais modifiziert. Anhand der bodenphysikalischen Daten von insgesamt zehn ackerbaulich genutzten Sandböden wurden Bandbreiten bodenhydrologischer Kenngrößen für die Tiefe 0-100 cm errechnet. Für die Simulationen zur C<sub>org</sub>-Gehaltsentwicklung dienten die Daten von 27 Oberböden der Texturen Ss, Su2, Sl2 und Sl3 (ebd.).

### **Ergebnisse: Bodenwasser**

Die Feldkapazität (FK) der untersuchten Böden beträgt 140-210 mm in 0-100 cm Tiefe; die nFK 104-172 mm. Das projizierte Klima ist wie folgt charakterisiert: Die Niederschläge werden künftig verstärkt im Winterhalbjahr fallen, die Sommer werden trockener. Kontinuierlich steigende Temperaturen betreffen besonders die Monate Oktober - April. Die Werte der klimatischen Wasserbilanz sinken entsprechend im Sommer und steigen im Winter. Da für die Mitte des Jahrhunderts insgesamt höhere Niederschläge projiziert werden, errechnet CANDY für den Zeitraum 2036-2065 für alle Bodenprofile steigende Sickerwassermengen im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 (Abb. 1). Auch 2071-2100 liegen die mittleren jährlichen Niederschläge etwas über denen des Referenzzeitraums; für die Reinsande errechnet CANDY folglich um bis zu 4,2% höhere mittlere jährliche Sickerwassermengen. Bei den feinkörnigeren Böden

hingegen steigt die Evapotranspiration mit der Klimaerwärmung stärker als bei den Reinsanden, sodass die Sickerwasserbildung um ca. 11% niedriger sein kann im Vergleich zu 1971-2000. Insgesamt ist mit einem geringfügigen Rückgang zu rechnen. Für das Ende des Jahrhunderts werden bis in den Herbst reichende Perioden ohne Sickerwasserbildung prognostiziert.

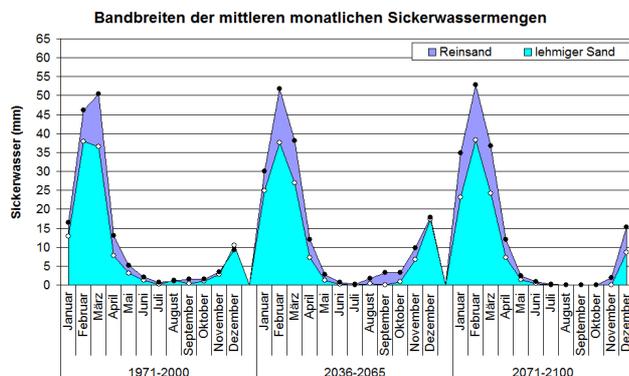


Abb. 1: Entwicklung der Sickerwassermengen in Sandböden, CANDY-Simulation

Die maximale monatliche Sickerwassermengendifferenz zwischen dem Boden mit der höchsten und demjenigen mit der geringsten mittleren jährlichen Spende beträgt etwa 15 mm und tritt in den Monaten Februar und März auf.

Den Simulationsergebnissen zufolge steigt die mittlere Anzahl der Tage mit  $nFK < 50\%$  in allen Monaten zum Ende des Jahrhunderts an (Abb. 2). Besonders betroffen ist der Spätsommer, und dies ist kongruent mit dem projizierten Rückgang der Sickerwassermengen. Eine solche Entwicklung kann für den Anbau von Wintergetreide und Zwischenfrüchten bedeutsam werden.

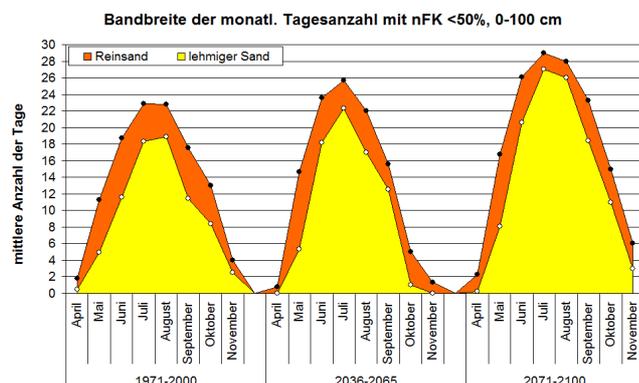


Abb. 2: Entwicklung der Beregnungsbedürftigkeit von Sandböden, CANDY-Simulation

Im Projektionszeitraum 2036-2065 ist die Gesamtzahl pro Jahr so hoch wie in der Referenzperiode 1971-2000. Juni und Juli sind jedoch stärker betroffen als das Frühjahr und der Herbst.

Bei den Reinsanden liegt diese Zahl im Mai, Juni sowie August oder September aller Betrachtungszeiträume um fünf bis neun Tage höher als bei den schluffigen und lehmigen Sanden; im Mittel beträgt der Unterschied etwa 4,5 Tage pro Monat.

Ein interessantes Ergebnis zeigt der Vergleich zwischen Oberboden (0-30 cm) und dem gesamten Tiefenbereich von 0-100 cm, der dem effektiven Wurzelraum entspricht: Während die mittlere jährliche Anzahl der Tage mit  $nFK < 50\%$  im Oberboden zunächst abnimmt und 2071-2100 um 11% ansteigt, ist dieser Anstieg für den Bereich 0-100 cm mit  $> 30\%$  erheblich größer (Abb. 3). Als Ursache für die wachsende Bedeutung der Unterbodentrockenheit können vermehrt auftretende kleinere Niederschlagsereignisse betrachtet werden, die zwar den Oberboden befeuchten, den Unterboden jedoch nicht erreichen.

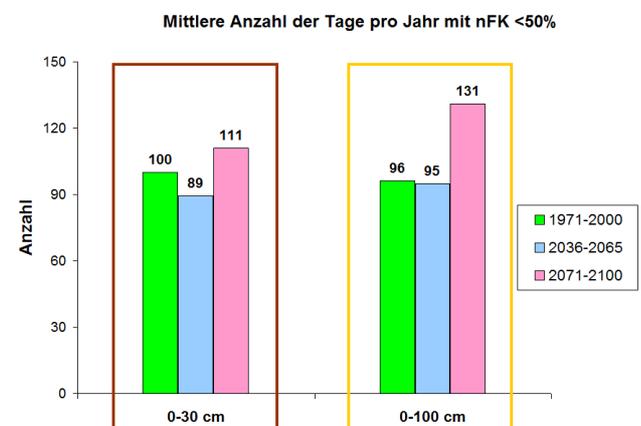


Abb. 3: Bodentrockenheit in 0-30 cm und in 0-100 cm Tiefe, CANDY-Simulation

### Ergebnisse: Kohlenstoffhaushalt

CANDY/CCB berechnen die  $C_{org}$ -Gehalte in starker Abhängigkeit vom Tongehalt und von der Temperatur. Eine Sensitivitätsanalyse nach McCuen & Snyder (1986) ergab einen fast gleich großen Einfluss beider Faktoren, wobei der Tongehalt die  $C_{org}$ -Akkumulation fördert und die Temperatur aufgrund erhöhter Mineralisation negativ wirkt (Abb. 4). Andere Faktoren wie Stein-

und Schluffgehalt zeigten einen sehr geringen Einfluss. Eine Sonderstellung nimmt die Niederschlagshöhe ein. Für den relevanten Bereich von 615 bis 815 mm Jahresniederschlag wurde ein Sensitivitätsparameter von nur -0,027 erreicht. Dabei gilt, dass bis 705 mm die simulierten  $C_{org}$ -Werte geringfügig zurückgingen und bei weiter steigender Niederschlagssumme stagnierten. Für den Wertebereich 600 bis 705 mm gilt daher der etwas höhere SP-Wert von -0,052.

$$SP = \frac{A_2 - A_1}{A_{av}} * \frac{E_{av}}{E_2 - E_1}$$

- SP = Sensitivitätsparameter
- $A_{av}$  = mittlerer Simulationswert
- $E_{av}$  = mittlerer Eingabewert
- $E_1$  = größter Eingabewert
- $E_2$  = kleinster Eingabewert
- $A_1$  =  $E_1$  entsprechender Simulationswert
- $A_2$  =  $E_2$  entsprechender Simulationswert

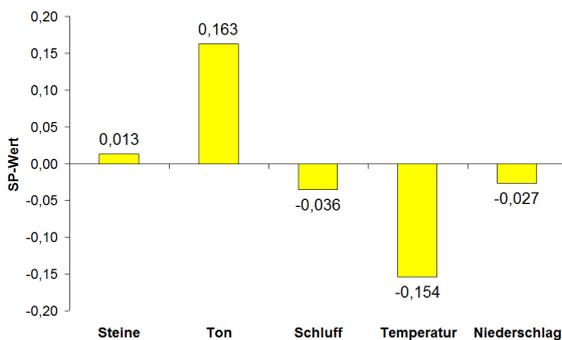


Abb. 4: Sensitivitätsparameter

Da Mikroorganismen für den Abbau organischer Substanz Wasser benötigen, ist der Einfluss des Niederschlags positiv, solange kein Sauerstoffmangel im Boden besteht (Abb. 5, Schmelmer & Urban, 2013).

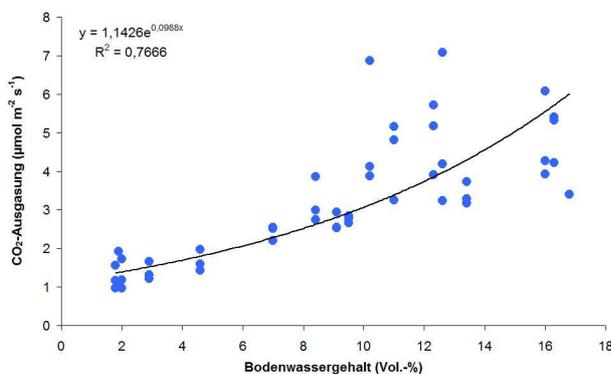


Abb. 5: Positiver Einfluss des Bodenwassergehaltes auf die  $CO_2$ -Ausgasung bis zum Erreichen der Feldkapazität (hier 18 Vol.-%)

Die von der Menge abhängige Wirkung des Niederschlags wird in CANDY/CCB bei der Modellierung des Umwelteinflusses auf den Kohlenstoffumsatz im Boden durch entsprechende Reduktionskoeffizienten berücksichtigt (Franko & Oelschlägel, 1995).

Die Simulationen zur Entwicklung des  $C_{org}$ -Gehaltes basieren auf dem Klima des Zeitraums 1978-2010 und einer reinen Getreidefruchtfolge, wobei das gesamte anfallende Stroh (Koppelprodukt) nach der Ernte auf dem Feld verbleiben soll. Bei einem Startwert von 0,94%  $C_{org}$  in 2010, einem mittleren Wert des Probenkollektivs, liegen die simulierten Werte für 2050 zwischen 0,86% u. 1,07% (Abb. 6). Wie die Abbildung zeigt, steigen bzw. fallen die Werte auch nach 2050 weiter. Das Fließgleichgewicht für den tonärmsten Boden liegt bei 0,82%  $C_{org}$ , für den tonreichsten bei 1,16%  $C_{org}$ .

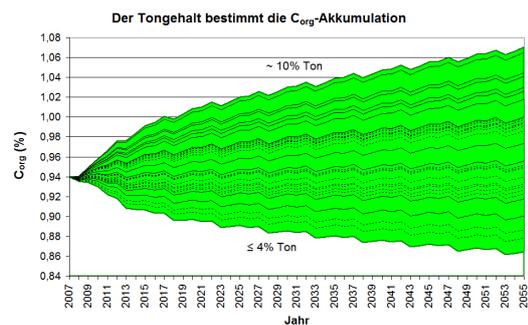


Abb. 6: Bandbreite der  $C_{org}$ -Gehaltsentwicklung in Abhängigkeit vom Tongehalt, CCB

Für ein Klima entsprechend dem IPCC-Szenario A1B errechnet CCB bis 2050 eine Abnahme der  $C_{org}$ -Gehalte um 0,03% (1,3 t/ha, Schmelmer et al., 2013). Vorausgesetzt ist dabei ein gleich bleibendes Ertragsniveau, erzielt z.B. durch Beregnung.

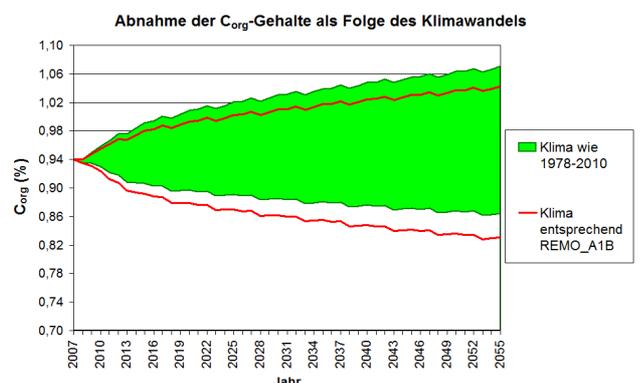


Abb. 7: Bandbreiten der  $C_{org}$ -Gehaltsentwicklung in Abhängigkeit vom Klima, CCB

Die Werte des Fließgleichgewichtes liegen hier bei 0,77% bzw. 1,11%.

Energiefruchtfolgen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Das Abfahren aller pflanzlichen Reste nach der Ernte bewirkt aber einen Rückgang der organischen Bodensubstanz. Im Vergleich zur reinen Getreidefruchtfolge sinkt der  $C_{org}$ -Gehalt bei 50% Energiemais an der Fruchtfolge bis 2050 um 0,05 % (2,2 t/ha). Werden auch die Koppelprodukte der übrigen Fruchtfolgeglieder nach der Ernte vom Acker abgefahren, sinkt der  $C_{org}$ -Gehalt um rund 5t/ha gegenüber der reinen Getreidefruchtfolge (Abb. 8). In diesem letzten Fall sinkt auch der  $C_{org}$ -Gehalt der tonreicheren Sandböden (Abb. 8 unten).

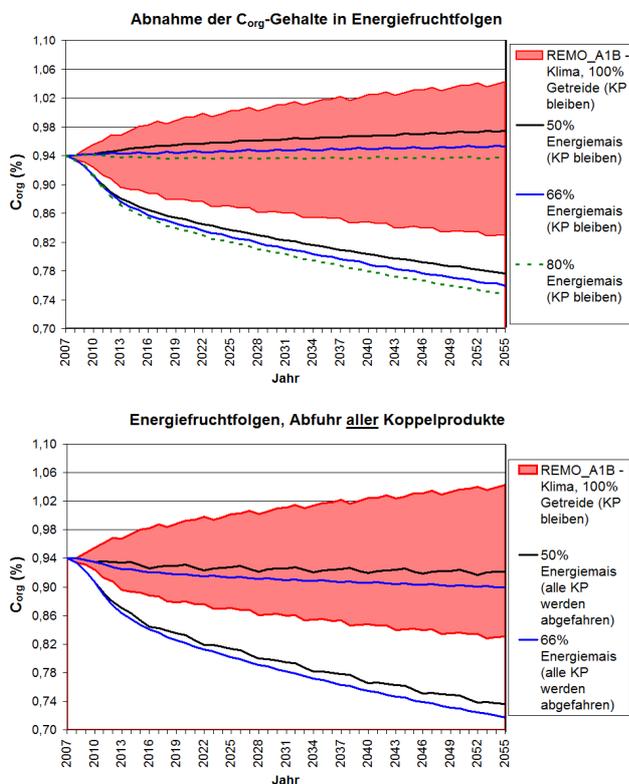


Abb. 8: Bandbreiten der  $C_{org}$ -Gehaltsentwicklung in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung (KP: Koppelprodukte)

## Fazit

Nach 2050 ist mit einer im Durchschnitt geringfügigen Abnahme der jährlichen Sickerwasserbildung sandiger Ackerböden der Ostheide zu rechnen. Die Beregnungsbedürftigkeit in der Landwirtschaft wird zunehmen. Tage mit  $n_{FK} < 50\%$  im effektiven Wurzelraum können pro Jahr um bis zu mehr als 30% zunehmen. Anpassungsmaßnahmen werden die erhöhte Mineralisierung organischer Bodensubs-

tanz aufgrund der Klimaerwärmung sowie eine bewirtschaftungsbedingte Humuszehnung ausgleichen müssen.

## Danksagung

Diese Arbeit ist im Rahmen von KLIMZUG-NORD (<http://klimzug-nord.de>) entstanden, einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt. Ich danke B. Urban für die Möglichkeit zur eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen von KLIMZUG-NORD.

## Literatur

**FRANKO, U., B. OELSCHLÄGEL (1995):** Einfluss von Klima und Textur auf die biologische Aktivität beim Umsatz der organischen Bodensubstanz. Arch. Acker- Pfl. Boden., Vol. 39, S. 155-163.

**FRANKO, U., B. OELSCHLÄGEL, S. SCHENK (1995):** Simulation of temperature-, water- and nitrogen dynamics using the model CANDY. Ecological modelling 81, 213-222.

**FRANKO, U., H. KOLBE, E. THIEL (2011):** Modellierung der Kohlenstoffdynamik mit dem Modell CCB. In: Leithold, G.; Becker, K.; Brock, C.; Fischinger, S.; Spiegel, A.-K.; Spory, K.; Wilbois, K.-P. und Williges, U. (Hrsg.) (2011): Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Band 1, S. 155-158.

**JACOB, D., H. GÖTTEL, S. KOTLARSKI, P. LORENZ, K. SIECK (2008):** Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland mit dem Klimamodell REMO. Forschungsbericht 204 41 138 Teil 2, i.A. des UBA Dessau

**MCCUEN, R.H., W.M. SNYDER (1986):** Hydrologic Modelling: Statistical Methods and Applications. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

**SCHMELMER, K., B. URBAN (2011):** Humusgehalte ackerbaulich genutzter Sandböden im Klimawandel – Experimente und Modellierung. Berichte der DBG, <http://eprints.dbges.de/view/year/2011.html>

**SCHMELMER, K., B. URBAN (2013):** Kohlenstoffdynamik und organische Substanz in Ackerböden. In: KLIMZUG-NORD, Modellgebietsbericht Lüneburger Heide, Kapitel 4.2.1, S. 52-58, TuTech-Verlag Hamburg (in Vorbereitung)

**SCHMELMER, K., A. MENSCHING-BUHR, B. URBAN (2013):** Landwirtschaftliche Beratung mit dem Modell Candy-Carbon Balance. In: KLIMZUG-NORD, Modellgebietsbericht Lüneburger Heide, Kapitel 4.2.2, S. 59-63, TuTech-Verlag Hamburg (in Vorbereitung)