

9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.  
Beitrag archiviert unter <http://orprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>

## Organische Substanz in ökologisch bewirtschafteten Böden, Quantität, Qualität und ihr Einfluss auf Getreideerträge

### Organic matter in organic managed soils quantity, quality and the effect on cereal yields

H. Schmidt<sup>1</sup>, C. Schüler<sup>2</sup> und R. G. Jörgensen<sup>3</sup>

**Keywords:** soil fertility, soil biology, crop farming, plant nutrition

**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Bodenbiologie, Pflanzenbau, Pflanzenernährung

#### Abstract:

*In an on-farm investigation a total of 39 fields of 9 organic managed farms (main crop winter cereals) were sampled in the years 2005 and 2006. Several soil variables were evaluated as well as crop yield, weather data and the field history. Results of statistical analyses (mean, range, standard deviation, correlation and multiple linear regression) are presented. Comparable to physical and chemical variables certain fields were also characterised by soil biological variables. Main factors of cereal N-yield were pre crop, crop rotation, soil type and soil organic matter content (SOM). Soil biological variables had only a low influence. Nitrogen availability was affected by physical and biological soil factors, the weather and management measures as straw fertilization and pre crop. Negative correlations between SOM and yield or N-availability were probably caused by the connection of SOM and environmental factors.*

#### Einleitung und Zielsetzung:

Im Rahmen des Projekts „Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe“ (gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau) wird unter anderem die Problematik sinkender oder vergleichsweise geringerer Getreideerträge auf einzelnen Betrieben untersucht. Beobachtungen der betreffenden Praktiker und einzelne Bodenuntersuchungsergebnisse weisen auf eine geringe N-Nachlieferung aus der organischen Substanz im Boden (OS) als eine mögliche Ursache hin. Zur Analyse des Problems wurden in zwei Jahren gezielt ausgewählte Praxisflächen untersucht. Die Ziele der Untersuchung sind (i) die Beschreibung von Quantität und Qualität der OS auf Schlägen mit unterschiedlichem Ertragsniveau, (ii) Identifizierung und Gewichtung von OS beeinflussenden Faktoren und (iii) Ermittlung des Einflusses der OS auf den Getreideertrag. Als erster Schritt in der Analyse der Untersuchungsergebnisse und der evaluierten Praxiserfahrungen werden hier die erfassten Daten mit statistischen Verfahren auf Aussagefähigkeit und Zusammenhänge geprüft.

#### Methoden:

In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf neun Betrieben mit langjährig ökologischer Bewirtschaftung insgesamt 39 Flächen (Hauptfrucht Wintergetreide) untersucht (Tab. 1), je Betrieb möglichst Schläge mit Leguminosen- und mit Getreidevorfrucht. Die numerische Bewertung der Vorfrucht basiert auf Quantität und Qualität der Leguminosen (z.B. Getreide<Erbsen<Klee gras). Im Zeitraum März/April erfolgte die Entnahme

---

<sup>1</sup>Stiftung Ökologie und Landbau, Modellprojekt Öko-Ackerbau, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler, Deutschland, [schmidt@soel.de](mailto:schmidt@soel.de)

<sup>2</sup>Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland, [schueler@wiz.uni-kassel.de](mailto:schueler@wiz.uni-kassel.de)

<sup>3</sup>Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland, [joerge@wiz.uni-kassel.de](mailto:joerge@wiz.uni-kassel.de)

von Bodenproben an drei Messpunkten je Schlag (15 m Abstand) aus der Schicht 0-20 cm (8 Einstiche auf 16 m<sup>2</sup>) und an zwei der Punkte aus den Schichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm (3 Einstiche auf 16 m<sup>2</sup>). Die analysierten biologischen, chemischen und physikalischen Bodenparameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Der Getreideertrag wurde durch Beerntung von 4 x 1 m Drillreihe je Messpunkt ermittelt. Angaben der Betriebsleiter dienen zur Bewertung der Vorfrüchte und zur Berechnung von Humus-(VDLUF 2004) und N-Bilanzwerten. Kurzfristige Witterungsdaten und langfristige Klimaangaben wurden von den nächstgelegenen Wetterstationen verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS.

Tab. 1: Betriebsübersicht und ermittelte Parameter (in Klammern: Methode).

<b>Betriebsübersicht</b>	
<b>Bundesland</b>	3 x Niedersachsen; 1 x Hessen; 4 x Bayern; 1 x Baden-Württemberg
<b>Höhe ü. NN</b>	3 x 0-100 m; 2 x 200-300 m; 4 x 500-700 m
<b>GV/ha</b>	2 x 0 GV/ha; 2 x 0,2-0,3 GV/ha; 3 x 0,4-0,5 GV/ha; 2 x 0,7-1 GV/ha
<b>Ø Ertragsniveau</b>	(in kg N/ha im Korn) 4 x 50-60 kg N/ha; 5 x 80-100 kg N/ha
<b>Parameter</b>	
<b>Boden 0-20 cm</b>	C <sub>org</sub> , N <sub>t</sub> , pH, P, K, Mg, Korngrößen (LUFA-Methodik) C und N in mikrobieller Biomasse: C <sub>mik</sub> , N <sub>mik</sub> (Fumigation/Extraktion) Basalatmung: CO <sub>2</sub> (ISERMEYER 1952) Ergosterol: Erg (DJAJAKIRANA et al. 1996)
<b>Boden 0-90 cm</b>	Wasser: H <sub>2</sub> O & Nitrat- & Ammonium-N: N <sub>min</sub> (LUFA-Methodik)
<b>Getreidekorn</b>	% N (C/N-Analysator); N x Ertrag= N im Korn je ha: GN
<b>Betrieb</b>	Fruchtfolge, Düngung: in Humus- und N-Bilanz berücksichtigt; Vorfrucht klassifiziert: Getreide 1, Körnerleguminosen bzw. Getreide in weiter Reihe mit Untersaat 2, Klee gras o. Leguminosengründung (Hauptfrucht) 3

### Ergebnisse und Diskussion:

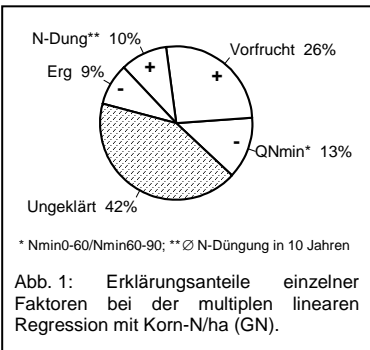
Wie die großen Unterschiede in Lage und System der Betriebe erwarten lassen, weisen sowohl die Standort- und Managementparameter als auch die quantitativen und qualitativen OS-Parameter eine große Spannweite auf (Tab. 2). Niedrige Werte beim Verhältnis von mittlerer Standardabweichungen (SA) je Schlag zur gesamten SA (SA%) lassen auf eine hohe Differenzierung zwischen den einzelnen Schlägen schließen. Parameter mit hohen SA%-Werten wie C/N<sub>mik</sub> können wahrscheinlich hingegen nur wenig zur Charakterisierung einzelner Schläge beitragen. Zwei Schläge wurden aufgrund extremer Ausreißer durch hohe Tongehalte (50%) nicht mit ausgewertet.

Tab. 2: Mittelwerte, Minimum und Maximum ausgewählter Parameter sowie das Verhältnis von mittlerer Standardabweichungen je Schlag zur gesamten Standardabweichung (SA%).

<b>OS-Parameter</b>					<b>andere Parameter</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Mittel</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>SA%</b>	<b>Parameter</b>	<b>Mittel</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>SA%</b>
<b>Corg</b> [%]	1,75	0,84	3,79	13	<b>Steine</b> [%]	12,2	0,0	48,5	9
<b>Nt</b> [%]	0,18	0,10	0,39	13	<b>Sand</b> [%]	35,8	1,6	84,0	10
<b>C/N</b>	9,79	7,32	12,76	22	<b>Schluff</b> [%]	46,3	10,6	83,2	13
<b>Cmik</b> [µg/g]	264	76	693	24	<b>Ton</b> [%]	17,4	2,9	61,6	22
<b>Nmik</b> [µg/g]	45,2	11,3	114,5	20	<b>pH</b>	6,07	5,10	7,30	23
<b>C/Nmik</b>	5,94	3,47	8,87	50	<b>P</b> [mg/100g]	5,15	0,44	14,85	20
<b>QCmik</b> [% Corg]	1,51	0,69	2,85	36	<b>K</b> [mg/100g]	13,5	5,0	39,2	29
<b>QNmik</b> [% Nt]	2,48	1,03	5,01	34	<b>Nmin</b> [kg/ha]	69,2	24	138	36
<b>Erg</b> [µg/g]	0,80	0,11	3,89	24	<b>H2O</b> [%]	16,9	10,7	28	22
<b>QErg</b> [% Cmik]	0,31	0,09	0,99	42	<b>Ertrag</b> [dt TM/ha]	41,8	15,3	85,1	21
<b>CO<sub>2</sub></b> [µg/g/d]	19,0	3,4	60,4	20	<b>GN</b> [kg/ha]	73,1	20,13	153,3	20
<b>qCO<sub>2</sub></b> [mgCO <sub>2</sub> /gCmik/d]	75,3	11,9	196,9	37	<b>GN-Nmin</b> [kg/ha]	4,2	-56,2	102,1	28

Viele Parameter der OS korrelieren positiv und relativ hoch mit dem Gehalt an  $C_{org}$ , so z.B. die Bodengehalte an  $N_t$  ( $r$  0,94),  $C_{mik}$  ( $r$  0,68),  $N_{mik}$  ( $r$  0,66) und Erg ( $r$  0,84). Andere Parameter, vor allem die Quotienten (z.B. C/N), weisen jedoch nur geringe direkte Zusammenhänge mit dem Gehalt an OS auf (Ergebnisse nicht dargestellt). Besonders diese Größen lassen einen, über die Quantität der OS hinaus gehenden, Informationswert zur Qualität der OS erwarten.

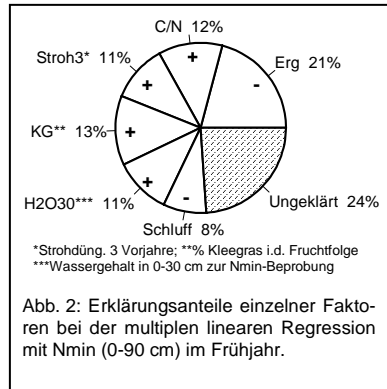
Bei der Korrelationsanalyse der OS-Menge ( $C_{org}$ ) mit sechzehn möglichen Standort- und Managementfaktoren ergeben nur die Standortparameter (i) mittlere Jahrestemperatur ( $r$  -0,84), (ii) Frosttage (Frost,  $r$  0,81), (iii) durchschnittliche Sommerniederschläge (Mai-September;  $r$  0,76), und (iiii) Schluffgehalt ( $r$  = -0,58) signifikante Korrelationen mit einem Koeffizienten über 0,5. In der multiplen linearen Regression (schrittweise) können mit den Faktoren Jahrestemperatur, Sommerniederschläge und Schluffanteil 84% der Varianz von  $C_{org}$  erklärt werden. Auch die meisten anderen OS-Parameter werden vor allem durch Standortfaktoren beeinflusst. Die Quotienten C/N,  $QC_{mik}$ ,  $QN_{mik}$  und  $QErg$  weisen jedoch auch hohe Korrelationskoeffizienten in Verbindung mit Managementfaktoren auf (z.B. Klee grasanteil in der Fruchtfolge, Umfang der Strohdüngung, Humusbilanz der letzten 3 Jahre).



Zur Prüfung der Erträge der unterschiedlichen Getreidearten und -sorten dient als Messgröße der N-Entzug mit dem Korn (GN). Die verschiedenen Bodenparameter wurden unter Berücksichtigung des Steinanteils und der Bodendichte auf Volumengehalte umgerechnet, um die auf dem Feld absolut vorhandenen Mengen abzubilden. Die Korrelationsanalyse von GN mit Bewirtschaftungs-Parametern ergibt signifikante Koeffizienten für die Vorfrucht ( $r=0,58$ ) und die N-Bilanz des Vorjahres ( $r=0,42$ ), den Getreide- ( $r=-0,48$ ) und den Klee grasanteil ( $r=0,41$ ) in der Fruchtfolge sowie die Strohdüngung (3 Vorjahre,  $r=-0,48$ ). Deutliche

Korrelationen mit OS-Parametern treten mit  $QErg$  ( $r=-0,39$ ),  $C_{org}$  ( $r=-0,33$ ), und C/N ( $r=-0,3$ ) auf. Auch der Schluffanteil ( $r$  0,37) und die nutzbare Feldkapazität ( $r$  0,39) weisen hohe Koeffizienten auf. Die multiple lineare Regression (schrittweise) weist auf weitere Faktoren hin, die in einer einfachen Korrelationsanalyse überlagert sein können (Abb. 1), hier die N-Düngung und die  $N_{min}$ -Tiefenverteilung ( $QN_{min}$ ). Der negative Zusammenhang von GN und  $C_{org}$  lässt darauf schließen, dass  $C_{org}$  in diesem Fall vor allem die unterschiedlichen Standorteinflüsse (Klima, Bodenphysik) widerspiegelt.

Die höchsten Korrelationskoeffizienten von  $N_{min}$ -Werten mit physikalischen oder chemischen Standort- und Managementparametern ergeben die Pflugtiefe ( $r$  0,57), der Tonanteil ( $r=-0,52$ ), der Sandanteil ( $r$  0,35) und der Bewuchs über Winter



(Monate ohne Bewuchs,  $r=-0,34$ ), bekanntermaßen ein wichtiger Faktor der Nitratverlagerung und damit der  $N_{\min}$ -Menge im Frühjahr. Hohe Korrelationskoeffizienten mit  $N_{\min}$  ergeben auch die bodenbiologischen Messgrößen  $QN_{\text{mik}}$  ( $r=-0,50$ ),  $qCO_2$  ( $r=-0,46$ ) und  $C/N_{\text{mik}}$  ( $r=0,42$ ). Die multiple lineare Regression (schrittweise, Abb. 2) weist sowohl auf OS-Parameter (Erg & C/N) als auch auf die Bewirtschaftung (% Klee gras in der Fruchtfolge & Strohdüngung) und auf physikalische Bodeneigenschaften (Schluffanteil, Wasserhaltefähigkeit) als relevante Faktoren hin. Wasserhaushalt und Bodenart spielen erfahrungsgemäß sowohl bei der N-Mineralisation als auch bei der Nitratverlagerung eine große Rolle.

Als ein Anhaltspunkt für die N-Mineralisation in der Vegetationsperiode dient die Differenz von Korn-N-Menge und  $N_{\min}$  im Frühjahr ( $GN-N_{\min}$ ). Die höchsten Korrelationskoeffizienten werden bei den Parametern Sand ( $r=0,48$ ), Ton ( $r=0,55$ ), Schluff ( $r=0,5$ ), pH ( $r=0,49$ ), Strohdüngung ( $r=-0,59$ ), Getreideanteil ( $r=-0,45$ ) und C/N ( $r=-0,45$ ) ermittelt. Die multiple lineare Regression (schrittweise) weist zusätzlich auf Zusammenhänge mit der Niederschlagshöhe und der Basalatmung ( $CO_2$ ) hin (Abb. 3). Witterung, Bodenart und Vorfrucht sind bekannte Faktoren der N-Mineralisation. Inwieweit, in dem sich abzeichnenden Zusammenhang zwischen Strohdüngung, OS-Qualität und N-Mineralisation, die Strohdüngung nur den eng mit ihr verbundenen Getreideanteil in der Fruchtfolge widerspiegelt wird weiter geprüft.

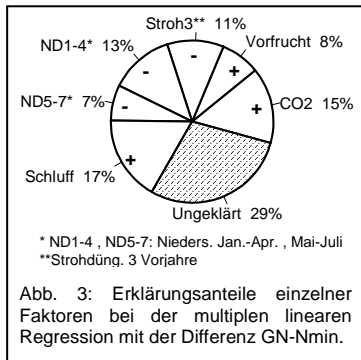


Abb. 3: Erklärungsanteile einzelner Faktoren bei der multiplen linearen Regression mit der Differenz  $GN-N_{\min}$ .

### Schlussfolgerungen:

Die bisher durchgeführte Auswertung des umfangreichen Datenmaterials lässt folgende Schlussfolgerungen zu: (1) bodenbiologische Parameter können, wie physikalische und chemische Bodeneigenschaften, in der Praxis für einzelne Schläge charakteristische Werte aufweisen; (2) trotz großer Auswirkungen der stark variierenden Standortbedingungen sind Managementeinflüsse auf Ertrag und N-Versorgung nachweisbar; (3) die Auswirkungen der Qualität organischer Bodensubstanz zeigt sich vor allem im Zusammenhang von Quotienten bodenbiologischer Kenngrößen und der N-Versorgung; (4) die Strohdüngung und/oder der Getreideanteil in der Fruchtfolge scheinen die N-Mineralisationseigenschaften des Boden deutlich zu beeinflussen; (5) ein Grund für die z. T. auftretenden negativen Korrelationen von Humusgehalt ( $C_{\text{org}}$ ) und Ertrag bzw. N-Versorgung ist wahrscheinlich auf den Zusammenhang von  $C_{\text{org}}$  und Standortfaktoren zurückzuführen, da für das Wachstum ungünstige Bedingungen (niedrige Temperaturen, Trockenheit, Nässe, Bodenverdichtungen) durch den resultierenden niedrigen mikrobiellen Umsatz zu hohen  $C_{\text{org}}$ -Gehalten führen können, günstige Auswirkungen hoher Humusgehalte werden so überdeckt.

### Literatur:

Djajakirana G., Joergensen R. G., Meyer B. (1996): Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biol Fert Soils*(22): 299-304.

Isermeyer H. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. *Z Pflanz Bodenkunde*(56): 25-38.

VDLUFA (2004): VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA Selbstverlag, Bonn.

9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.  
Beitrag archiviert unter <http://orqprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>

Archived at <http://orqprints.org/9581/>