

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der
DBG, Kommission IV
Titel der Tagung: Böden –
Lebensgrundlage und Verantwortung
Veranstalter: DBG, 07.–12.09.2013,
Rostock
Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation), <http://www.dbges.de>

C- Speicherung und N-Bilanz im effektiven Wurzelraum in sandigen Ackerböden nach langjährig differenzierter Düngung

Kathlin Schweitzer und Jörg Zimmer

Zusammenfassung

In Dauerdüngungsversuchen (Groß Kreutz, Brandenburg) auf typischen Ackerböden der sickerwasserbestimmten, sandigen Grundmoränenstandorte wurde über mehr als 40 Jahre unterschiedlich mineralisch und/oder organisch gedüngt. Bei Gesamt-N-Gaben von 0-150 kg ha⁻¹ a⁻¹ haben sich der C- und N-Vorrat im Ober- wie im Unterboden deutlich differenziert. Zum Untersuchungszeitpunkt hatten sich im Boden bis in 70 cm Tiefe 32 - 50 t ha⁻¹ C_{org} und 2,1 – 5,5 t ha⁻¹ N_t akkumuliert. Im Mittel der Prüfglieder befanden sich bis zu 37 % des C_{org}- und 32 % des N_t-Vorrates im Unterboden.

Die Pflanzenwurzel muss einen bedeutenden Anteil an der C-Speicherung im Unterboden haben, da bei steigender Mineraldüngung und steigenden Erträgen der C-Vorrat nicht nur im Oberboden sondern auch im Unterboden zunimmt.

Die N-Bilanz des Bodens verbessert sich nicht, wenn zusätzlich zum auswaschungsgefährdeten Oberboden auch der Unterboden (bis 70 cm) berücksichtigt wird. Um Unterboden ist die Beziehung zwischen C- und N-Vorrat deutlich schwächer als im Oberboden.

Keywords: soil organic carbon, carbon stocks, nitrogen stocks, fertilisation, long term field experiment

1. Einführung

Ein großer Teil der Ackerstandorte Brandenburgs weisen Ackerzahlen von < 30-50 auf. Dazu gehören die sickerwasserbestimmten Standorte der Grundmoränen, meist Braunerden aus Sand und Fahlerden aus Lehmsand über Lehm. Ihr Oberboden hat aufgrund der geringen Ton- und Humusgehalte (< 5 % bzw. < 2 %) sehr schlechte physikalische und chemische Eigenschaften. Zusammen mit schlechter Bodenstruktur und geringem Wasserhaltevermögen besitzt er ein geringes Potenzial zur C-Sequestrierung und Nährstoffspeicherung und ist durch ein hohes Auswaschungsrisiko gefährdet. Deshalb stellt sich die Frage, welche Funktion der Unterboden im System Boden-Pflanze übernimmt. Er wird in Abhängigkeit von Bodenstruktur, angebauten Kulturpflanzen und Sorten durch das Wurzelsystem unterschiedlich tief und intensiv erschlossen.

Ziel der im folgenden dargestellten Untersuchungen war zu klären, wie hoch das Potenzial der C- und N-Akkumulation dieser Böden bei unterschiedlich mineralisch und/oder organischer Düngung ist und welchen Anteil daran der Unterboden hat.

Schweitzer, Kathlin | Humboldt-Universität zu Berlin | Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät | Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin | kathlin.schweitzer@agrar.hu-berlin.de

Zimmer, Jörg | Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg | Abt. Landwirtschaft und Gartenbau | Stahnsdorfer Damm 1, 14532 Stahnsdorf
Joerg.Zimmer@LELF.Brandenburg.de

2. Methodik

Untersuchungsgrundlage sind die Dauerdüngungsversuche des LELF Brandenburg M4 (Stickstoffkombinationsversuch, Fruchtfolge: Silomais / Winterroggen) und P60 (Kombinationsversuch organisch-mineralische Düngung, Fruchtfolge: Silomais / Winterroggen / Winterroggen) am Versuchsstandort Groß Kreuz. Versuchsdesign und -ablauf sind in Zimmer & Roschke (2009) ausführlich beschrieben.

Der Versuchsstandort Groß Kreuz repräsentiert für Brandenburg typische sickerwasserbestimmte, sandige Ackerböden der wechsellagernden Grundmoränenstandorte. Insgesamt sind die Bodenbedingungen für den M4 (Ackerzahl 47, Tongehalt im Ap 6%) besser einzuschätzen als für den P60 (Ackerzahl 31, Tongehalt im Ap 3%).

Für die Untersuchungen wurden Prüfglieder ausgewählt, für welche die Gesamt-N-Zufuhr im Bereich des Ertragsanstiegs liegt (max. 150 kg ha⁻¹ a⁻¹ N). Die höchste organische Düngung betrug 27 t ha⁻¹ a⁻¹ (FM). Die N-Salden lagen zwischen -5 und +83 kg ha⁻¹ a⁻¹ (Zimmer & Roschke, 2009)

Die Bodenbeprobung erfolgte nach 40 (M4) bzw. 48 (P60) Versuchsjahren im Herbst 2008 und 2010 aus dem Ap-Horizont. 2008 wurde gleichzeitig die Beprobung des Unterbodens in zusätzlichen 3 Tiefenstufen unter Beachtung des Horizont- und Substratwechsels vorgenommen. Die Proben wurden luftgetrocknet und auf 2 mm gesiebt. Die C_t- und N_t-Bestimmung erfolgte durch trockene Oxidation bei 900°C (VarioMax, Fa. Elementar). C_t- und C_{org}-Gehalt sind identisch, da die Böden karbonatfrei sind.

Der C- und N-Vorrat (kg ha⁻¹) wurde aus den schichtbezogenen C_{org}- und N_t-

Gehalten, der Schichtmächtigkeit und der Trockenrohdichte berechnet. Für die Trockenrohdichte ρ_t gilt (LBGR in Zimmer, 2013):

$$(1) \text{ Ap: } \rho_t = 1,628 e^{-0,084 \cdot Ct}$$
$$(2) \text{ Unterboden: } \rho_t = 1,73 \text{ g cm}^{-3}.$$

3. Ergebnisse

Langjährig unterlassene N- und organische Düngung führte zu geringsten C_{org}- und N_t-Gehalten im Boden von 0,41 % C_{org} bzw. 0,025-0,028 % N_t im Ap (Tab. 1). Mit organischer Düngung werden 0,88 % C_{org} und 0,076 % N_t nicht überschritten. Die C_{org}-Gehalte nehmen mit zunehmender Tiefe kontinuierlich ab, während der Tiefengradient der N_t-Gehalte im Unterboden gering ist. Das C:N-Verhältnis ist im Unterboden deutlich stärker differenziert als im Oberboden. Hohe Werte von >30 weisen einen ungünstigen Zustand aus. Sie können aus dem weiten C:N-Verhältnis von wenig umgesetztem Pflanzenmaterial speziell der Getreidewurzeln resultieren.

Tab. 1: Differenzierung von C_{org}, N_t und C:N nach langjährig unterschiedlicher mineralisch und / oder organischer Düngung (Perzentile, P05...P95)

Tiefe (cm)	Versuch	C _{org} (%)	N _t (%)	C:N
0-30	M4	0,41...0,88	0,028...0,076	9...18
	P60	0,41...0,69	0,025...0,062	10...17
30-50	M4	0,11...0,31	0,004...0,023	11...31
	P60	0,11...0,36	0,003...0,018	13...73
50-70	M4	0,10...0,25	0,003...0,021	11...30
	P60	0,06...0,27	0,001...0,016	11...36

Der nach langjährig unterschiedlicher Düngung im Boden akkumulierte C-Vorrat ist in Abb. 1 dargestellt. Erwartungsgemäß wirkt sich organische Düngung positiv auf den C-Vorrat aus. Der Einfluss steigender Stallungsgaben beschränkt sich auf den

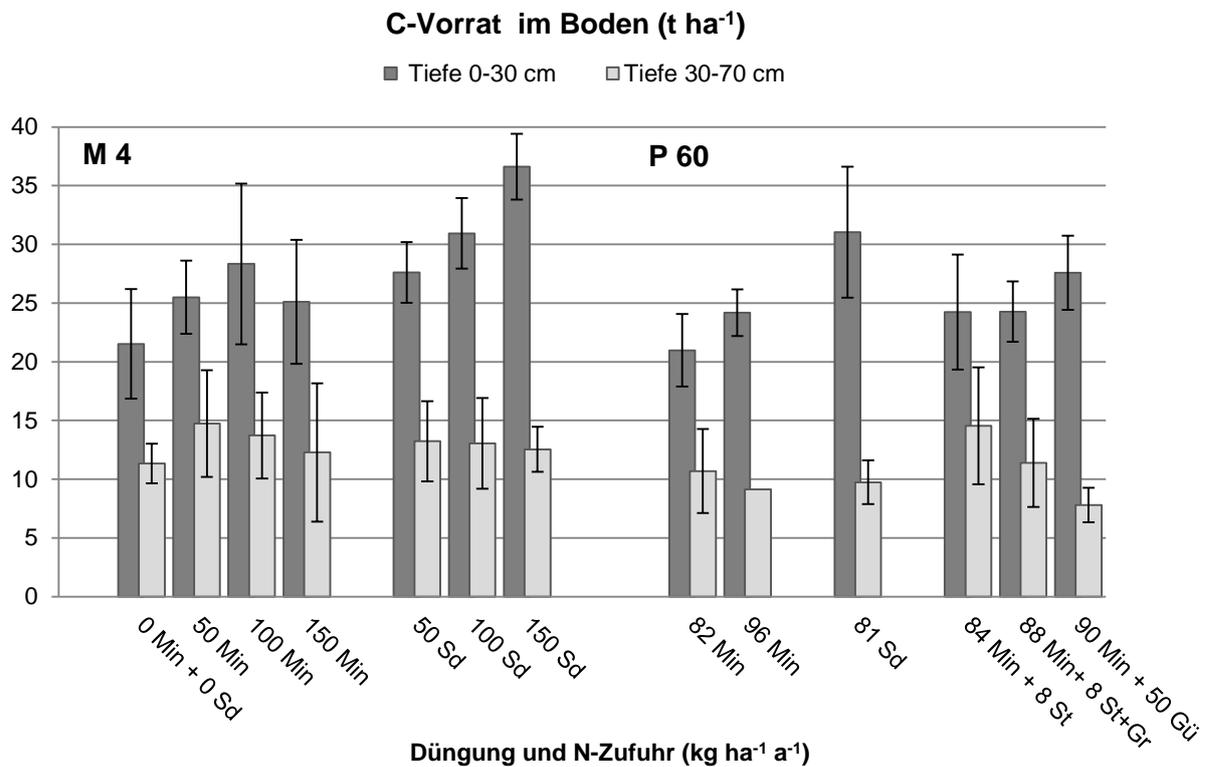


Abb. 1: Langjährig im Ober- und Unterboden akkumulierter C-Vorrat bei unterschiedlicher mineralischer (Min), organischer oder kombinierter organisch-mineralischer Düngung (Sd ... Stalldung, St ... Stroh, Gr ... Gründüngung, Gü ... Gülle; Fehlerbalken: Standardabweichung). 100 kg Stalldung-N entsprechen im Jahresdurchschnitt einer Zufuhr von 18 t ha⁻¹ a⁻¹ Stalldung-Frischmasse, 8 kg Stroh-N einer Zufuhr von 1,6 t ha⁻¹ a⁻¹ Stroh.

Oberboden. Der höchste C-Vorrat von 36,6 t ha⁻¹ (SD = 2,8 t ha⁻¹) entspricht einer Stalldünggabe von 26 t ha⁻¹ a⁻¹ FM und einer N-Zufuhr von 150 kg ha⁻¹ a⁻¹. Auf diesem Niveau werden 80 % des im Versuch erreichten Maximalertrages erzielt. Das N-Saldo beträgt 74 kg ha⁻¹ a⁻¹ (vgl. Zimmer & Roschke, 2009). Im Unterboden ist der C-Vorrat für alle Stufen der Stallmisdüngung gleich (13,5 / 13,1 / 12,5 t ha⁻¹).

Ausschließliche Mineraldüngung erhöht in Abhängigkeit von der Höhe der N-Zufuhr den C-Vorrat im Oberboden beider Versuche, im M4 auch im Unterboden. Im Oberboden des M4 sind bis zu einer N-Zufuhr von 100 kg ha⁻¹ a⁻¹ reine Mineraldüngung und Stallmisdüngung in ihrer Wirkung auf die C-Speicherung gleichwertig (Differenzen von 2,1 bzw. 2,6 t ha⁻¹ nicht signifikant für $\alpha < 0,05$). Die Wirkung der Mineraldüngung sinkt mit

steigender N-Zufuhr bis sie bei hoher N-Zufuhr negativ wird (Abb. 1).

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die Höhe der N-Zufuhr über ihren Einfluss auf die Biomasseproduktion, auf die Verteilung der Wurzelmasse im Ober- und Unterboden wie auch auf Mineralisationsprozesse die C-Akkumulation im Boden beeinflusst. Abb. 2 (f.S.) zeigt bei steigender mineralischer N-Düngung den relativen Ertragsanstieg im Verhältnis zur relativen C-Anreicherung im Boden. Mit steigender N-Zufuhr und steigendem N-Saldo verschiebt sich das Verhältnis zwischen Ertrag und C-Speicherung im Boden zugunsten des Ertrages.

Der maximale C-Vorrat im Wurzelraum (0-70 cm) von 50 t ha⁻¹ wird im M4 bei kombinierter Stallmist - Mineraldüngung erzielt, im P60 bei Stallmisdüngung und bei Mineraldüngung kombiniert mit Stroh

(40 bzw. 39 t ha⁻¹). Über alle geprüften Düngungsvarianten befinden sich mit 22-37 % erhebliche C-Mengen im Unterboden (30-70 cm). Bei ausschließlicher oder dominierender mineralischen N-Zufuhr und N-Salden von < 50 kg ha⁻¹ N werden im Unterboden absolut höhere oder der Stallmistdüngung gleichwertige C-Mengen gespeichert (Abb. 1).

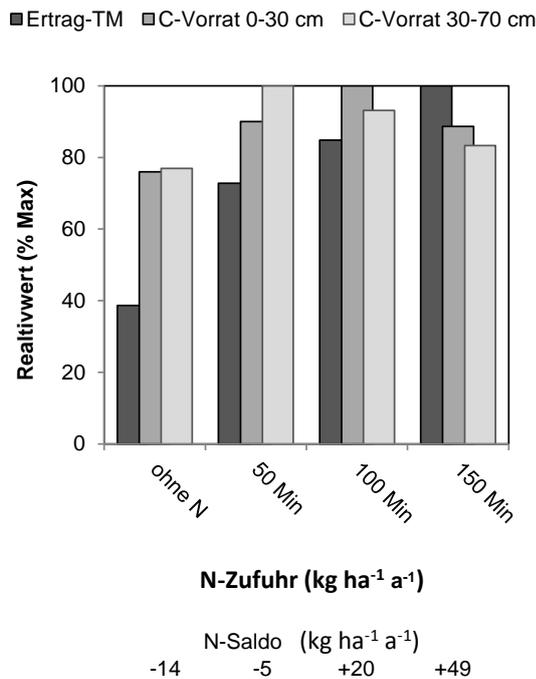


Abb. 2: Relative Unterschiede des Ertrages im Vergleich zu Unterschieden des C-Vorrates im Ober- und Unterboden bei ausschließlicher Mineraldüngung im M4 (Erträge und N-Salden: Zimmer, 2009)

In Sandböden wird Stickstoff nur in der organischen Bodensubstanz gespeichert. Zu prüfen war deshalb, wie sich durch die C-Akkumulation im Unterboden die N-Speicherung erhöht.

Insgesamt werden im Boden (0-70 cm) 1,82 - 3,52 t ha⁻¹ N gespeichert, davon 11 bis 32 % im Unterboden. Während im Oberboden eine sehr enge Beziehung zwischen C- und N-Vorrat besteht (Gl.3) und im Durchschnitt über alle untersuchten Teilstücke je 1 t C_{org} 0,09 t N_t gespeichert werden (C:N = 11,1), ist dieser

Zusammenhang im Unterboden deutlich schwächer (Gl. 4).

$$(3) \quad y = 0,0897x - 0,312 \quad r^2=0,828$$

$$(4) \quad y = 0,0575x + 0,020 \quad r^2=0,345$$

mit $y \dots$ N-Vorrat (t ha⁻¹)

$x \dots$ C-Vorrat (t ha⁻¹)

Die N-Bilanz unter Berücksichtigung der N-Akkumulation im Boden wird bei Gesamtbetrachtung des Wurzelraumes nicht verbessert. Der über den gesamten Versuchszeitraum kumulierte N-Saldo beträgt -200 bis 2760 kg ha⁻¹ im M4 bzw. 0 bis 3984 kg ha⁻¹ im P60. Im Oberboden werden im M4 je 1 kg ha⁻¹ N-Saldo 0,38 kg ha⁻¹ N, im P60 0,22 kg ha⁻¹ N gespeichert, im gesamten Wurzelraum 0,36 bzw. 0,22 kg ha⁻¹ N (vgl. Regressionsgleichungen in Tab. 2). D.h. im Durchschnitt der Prüfglieder geht im Oberboden nicht gespeicherter Stickstoff aus dem Wurzelraum vollständig verloren.

Tab. 2: Änderung des N-Vorrates (y) im Oberboden (0-30 cm) und im Wurzelraum (0-70 cm) in Abhängigkeit vom langjährig kumulierten N-Saldo (x) (N-Vorrat, N-Saldo in kg ha⁻¹)

Versuch	Tiefe	n	Gleichung	r ²
M4	0-30	11	y = 0,38x + 1869	0,37
M4	0-70	11	y = 0,36x + 2770	0,27
P60	0-30	7	y = 0,22x + 1544	0,59
P60	0-70	7	y = 0,22x + 1945	0,52

Literatur:

Zimmer, J.; Roschke, M. (2009) in MLUV Brandenburg (2009): Dauerfeldversuche in Brandenburg und Berlin. Beiträge für eine nachhaltige landwirtschaftliche Bodenbenutzung. 86-102.

Zimmer (2013): Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden im Land Brandenburg. Diss. (in Vorbereitung)