



Winterroggen im April im Nährstoffsteigerungsversuch des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (Zalf). Differenzierung in der Bestandsentwicklung bodenbedingt durch anhaltende Trockenheit und durch differenzierte Düngung
Foto: Dietmar Barkusky

Kohlenstoff im Boden binden

Humusaufbau – aber wie?

Die Aufrechterhaltung des Humusgehaltes im Boden ist für den Landwirt von großer Bedeutung, denn er muss die Fruchtbarkeit seines Bodens langfristig sichern. Die meisten Landwirte wissen das und handeln entsprechend. Die VDLufa-Humusbilanzierungsmethode (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) ermöglicht es, eine Aussage darüber zu treffen, mit welcher Form der Bewirtschaftung sich ihre Bodennutzung optimal oder gar humusmehrend gestalten lässt. Humusmehrend bedeutet meist zeitweilige Kohlenstoffbindung im Boden. Das klingt gut in Zeiten heißer Debatten über den menschengemachten Klimawandel. Dem Klimawandel entgegenwirken und Kohlenstoff im Boden speichern, das nennt sich im Fachjargon C-Sequestrierung. Welchen Beitrag kann die Landwirtschaft hier leisten? Die Autoren geben Antworten.

Im Weltagrarbericht wird darauf verwiesen, dass die Landwirtschaft die Menschen theoretisch langfristig klimaneutral ernähren könnte und eine CO₂-Bindung zum Klimaschutz möglich wäre. Realität ist, dass laut Weltklimarat 31 % des Ausstoßes klimarelevanter Gase unmittelbar durch die Landwirtschaft und eine veränderte Landnutzung, insbesondere die Umwandlung von Wald in Ackerland, verursacht werden. Das deutet darauf hin, dass die Landwirtschaft zwar Teil des Problems ist, doch dass der (oft den Landwirten zugeschriebene) Klimawandel vielmehr ein gesamtgesellschaftliches Problem ist. Und das kann nur gemeinsam von Politik, Agrarindustrie, Landwirten, Einzelhandel und den Endverbrauchern gelöst werden.

Inwiefern jedoch kann die Landwirtschaft durch Kohlenstoffbindung auf Ackerflächen zum Klimaschutz beitragen? Diesbezüglich fand die 4-‰-Initiative der französischen Regierung positiven Widerhall auch seitens der Bundesregierung. Sie verfolgt das ambitionierte Ziel einer Erhöhung der globalen Bodenkohlenstoffvorräte auf Ackerflächen von jährlich 4 ‰. Mittlerweile wird auch über den Handel von CO₂-Zertifikaten als eine zu erschließende Einnahmequelle für Landwirte diskutiert (Ketteler von 2020). Aber wie realistisch sind diese Ideen? Das vTi Braunschweig-Völkenrode, eine dem BMEL direkt unterstellte For-

schungsanstalt, begrüßte in einer Presseerklärung zwar die 4-‰-Initiative Frankreichs, versäumte es jedoch nicht, die Umsetzbarkeit des Zieles kritisch zu hinterfragen.

Von einer klimarelevanten Bindung des Gesamtkohlenstoffs (C_t) im Boden kann eigentlich nur gesprochen werden, wenn die Kulturpflanzen mit der Photosynthese mehr Kohlenstoff aus der Luft binden als durch biochemische Prozesse aus dem Boden in die Luft entweicht. Dies bedeutet, dass auf den grundwasserfernen Sandböden in Müncheberg (Brandenburg) der C_t-Gehalt in der Ackerkrume (0 bis 25 cm) innerhalb von 20 Jahren von etwa 20 t/ha auf 21,6 t/ha erhöht

werden müsste. Das klingt nicht spektakulär und kann mit der Zufuhr von organischen Düngern sowie dem Anbau humusmehrender Feldfrüchte erreicht werden. Es bedeutet nicht, dass dies großflächig umsetzbar und vor allem auch zielführend ist.

Humus mehrnen mit Fruchtarten

Humusmehrend sind vor allem Fruchtarten wie Körnerleguminosen, mehrjähriges Ackerfutter, Leguminosen-Gras-Gemenge und Zwischenfrüchte, deren Anbauumfang gesellschaftliche, ökologische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt sind. Zum einen muss ausreichend Fläche für die Produktion von Brotgetreide, Kartoffeln, Zuckerrüben, Mais und anderen für die menschliche Ernährung wichtigen Pflanzen bereitgestellt werden. Des Weiteren schränken Standortanforderungen und phytosanitäre Gründe die Anbauwürdigkeit und Anbauhäufigkeit diverser humusmehrender Fruchtarten ein. Es sind auch Grenzen gesetzt wegen mangelnder Verfügbarkeit von Wirtschaftsdüngern in vieharmen Regionen und durch Einschränkungen, die sich durchaus begründet aus der Düngeverordnung ergeben. Im Bundesland Brandenburg sank die Tierhaltung seit 1990 auf ein Niveau unter 0,5 GV (Großvieheinheiten je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche), sodass nur wenig Wirtschaftsdünger eingesetzt werden können.

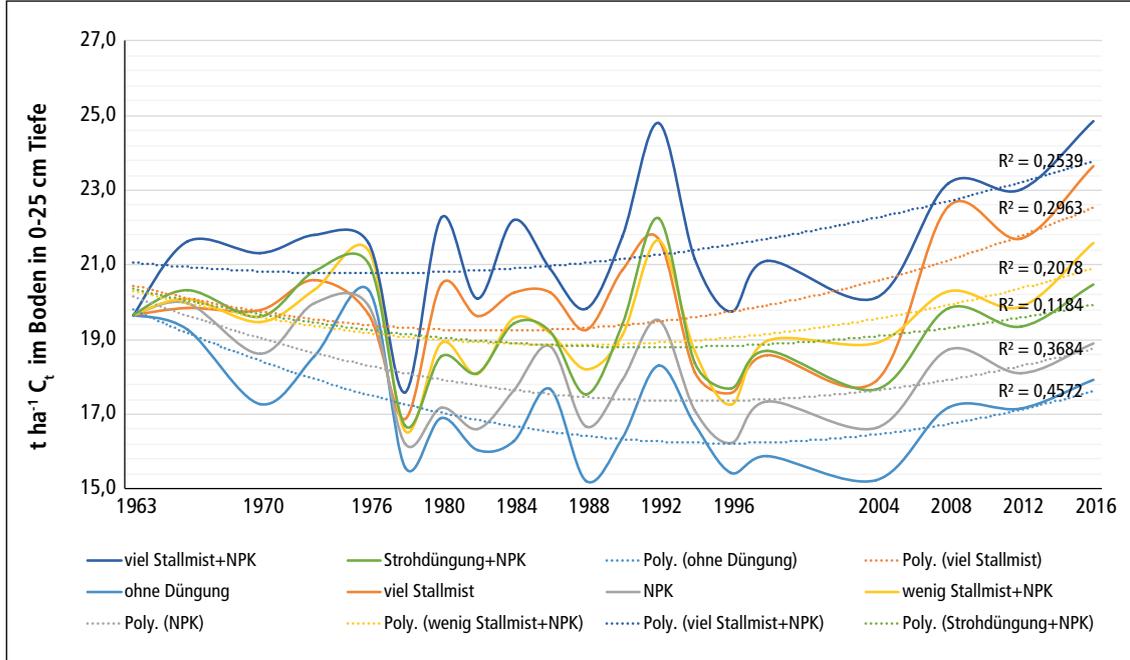
Mehr Kohlenstoff im Boden binden

Um zu klären, wie auf einer Ackerfläche Kohlenstoff (C) ange-

Tabelle 1: Varianten im Dauerfeldversuch V140/00

Düngung		N-Düngung, kg ha ⁻¹				
		Weizen	Kartoffeln Silomais	Zucker- rüben	So.- Gerste	Futtererbsen Öllein
ohne	0	0	0	0	0	0
mineralisch	1.1	35	40	50	25	20
	1.2	70	80	100	50	40
	1.3	105	120	150	75	60
	1.4	140	160	200	100	80
	1.5	175	200	250	125	100
SD1 wenig Stallmist 1 1,2 t ha ⁻¹ a ⁻¹ Trm. (0,7 GV ha ⁻¹)	2.1	35	40	50	25	20
	2.2	70	80	100	50	40
	2.3	105	120	150	75	60
	2.4	140	160	200	100	80
	2.5	175	200	250	125	100
SD 2 viel Stallmist 3,2 t ha ⁻¹ a ⁻¹ Trm. 1,8 GV ha ⁻¹	3.1	0	0	0	0	0
	3.2	35	40	50	25	20
	3.3	70	80	100	50	40
	3.4	105	120	150	75	60
	3.5	140	160	200	100	80
Strohdüngung 4,0 t ha ⁻¹ Trm.	4.1	35	40	50	25	20
	4.2	70	80	100	50	40
	4.3	105	120	150	75	60
	4.4	140	160	200	100	80
	4.5	175	200	250	125	100

Grafik 1: Zeitliche Dynamik des C_t-Gehalts in der Ackerkrume (0 bis 25 cm)



teldeutschland lassen den Schluss zu, dass vor allem die Winterniederschläge und Sommertemperaturen die Humusdynamik in den Ackerböden beeinflussen (Ebberseder, Th.; Munzert, M.; Horn, D.; Maier, H.) (2010). Welche Wirkung die Temperatur auf den C-Haushalt hat, zeigt anschaulich auch ein Vergleich zweier europäischer Versuchsstandorte (Körshens, M.; Albert, E.; Armbruster, M. u. a.) (2013) mit ähnlichem Tongehalt im Boden und gleicher organischer Düngung (zirka 10 t Stallmist je ha/a), die sich hinsichtlich der Lufttemperatur unterscheiden: In Wien ist es um 6 °C kälter als in der spanischen Hauptstadt Madrid, der C_t-Gehalt im Boden ist in Wien hingegen deutlich erhöht.

In langjährigen Datenreihen, so auch im Dauerfeldversuch (DFV) V140/00, spielen aber auch methodische Fragen der Probenahme und chemischen Analyse eine Rolle,

reichert (also akkumuliert) werden kann, sind Langzeituntersuchungen unumgänglich. Sie helfen, die Kohlenstoffdynamik im komplizierten Medium Boden zu verstehen, in Modellen abzubilden und das C-Akkumulationspotenzial von Böden abzuschätzen. Die Ergebnisse des Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuches V140/00, der schon 1963 angelegt wurde, veranschaulichen dies sehr deutlich.

Der Versuch befindet sich auf einem schluffigen Sandboden, der im Mittel 5 bis 8 % Ton und 1 % Humus in der Ackerkrume enthält. Es ist ein im Norddeutschen Tiefland und nordwestlichen Polen verbreiteter Ackerstandort. Im Mittel der Jahre fallen am Standort 555 mm Niederschlag, die mittlere Tagestemperatur liegt bei 8,9 °C. Bis 1994 dominierten in der Fruchtfolge Sommergerste und Zuckerrüben. Seit 1995 werden in der Folge Kartoffeln, Sommergerste, Futtererbsen, Winterweizen, Silomais, Winterroggen, Öllein und Winterroggen angebaut. Der Boden wird seit Versuchsbeginn jährlich gepflügt. Grunddünger wird seit 1980 einheitlich gegeben. Die Nullvariante bleibt hingegen ungedüngt, sie wird jedoch wie alle anderen Varianten regelmäßig gekalkt, um den pH-Wert auf einem optimalen Niveau zu halten.

Nach der Art der Düngung werden fünf Gruppen von Varianten verglichen: 0. Nullvariante, 1. mineralische Düngung, 2. geringe Stallmistgabe, 0,7 GV ha⁻¹, 3. hohe Stall-

mistgabe, 1,8 GV ha⁻¹, 4. Strohdüngung - 4,0 t ha⁻¹ Trockenmasse jedes zweite Jahr. Die Variantengruppen 1, 2 und 4 sind des Weiteren in fünf N-Steigerungsstufen untergliedert. Bei hoher Stallmistgabe gibt es eine Variante, die ausschließlich organisch gedüngt ist, und vier N-Steigerungsstufen. Die insgesamt 21 Varianten (Tabelle 1) bieten eine gute Grundlage für die Beurteilung des Humusreproduktionsvermögens von Stallmist, Stroh sowie Stoppel- und Wurzelrückständen.

Witterungseinfluss auf Kohlenstoffgehalte

Der Kohlenstoffvorrat im Boden, insbesondere in der Ackerkrume, unterliegt vor allem witterungs-, aber auch nutzungsbedingt einer erheblichen jährlichen Dynamik. Dies wird am Beispiel der Variante mit hoher Stallmistgabe und kombinierter mineralischer Düngung in den Jahren 1976 bis 1980 deutlich; 1978 war der C_t-Wert um mehr als 4 t ha⁻¹ C_t niedriger als 1976 beziehungsweise 1980 (Grafik 1). Das sind zirka 20 % C-Verlust. Dies hängt offensichtlich mit dem Witterungsverlauf zusammen. Die Jahre 1975 und 1976 waren sehr trocken und 1975 noch dazu sehr warm. In den Jahren 1979 und 1980 entsprach die Niederschlagsmenge etwa dem langjährigen Mittel; die mittlere Tagestemperatur lag jedoch mit weniger 8 °C deutlich unter dem Jahresdurchschnitt.

Umfangreiche Betriebsdatenauswertungen in Süd- und Mit-

YaraVita® THIOTRAC
Hilft, höhere Proteingehalte auch bei ausgereizter N-Bilanz zu erreichen.

Mehr Infos?
www.yara.de/thiotrac
Tel.: 02594 798798

YaraVita®

die zumindest zum Teil Sprünge im C_t-Gehalt im Boden erklären.

Humusbilanzierung beachten

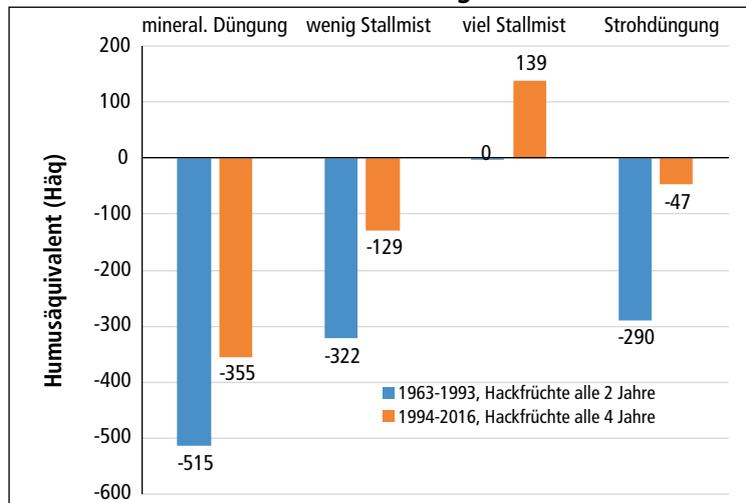
Die VDLufa-Humusbilanzierung gibt eine Erklärung dafür, weshalb die C_t-Gehalte im Boden ab Mitte der 1990er Jahre wieder etwas ansteigen (siehe Grafik 1). 1994 wurde die Fruchtfolge umgestellt. Der Anteil der als besonders humuszehrend definierten Fruchtarten wurde auf 25 % zugunsten von Öllein und Futtererbsen reduziert. Die Zuckerrübe fiel weg. Das Stroh der hinzugekommenen Druschfrüchte verbleibt auf dem Feld. Darüber hinaus kommt die positive Wirkung der Leguminose zum Tragen.

Der VDLufa-Methode folgend ist der Humussaldo über den gesamten Untersuchungszeitraum bei reiner mineralischer Düngung mit Werten kleiner 200 sehr schlecht (Grafik 2). Auch bei geringer Stallmistgabe und bei Strohdüngung sind in der bis 1994 von Hackfrüchten dominierten Fruchtfolge die Salden sehr niedrig. Eine ausgeglichene Bilanz der Humusversorgung durch abbaustabile organische Substanz wurde nach dieser Methode über alle Jahre nur mit hoher Stallmistgabe gesichert.

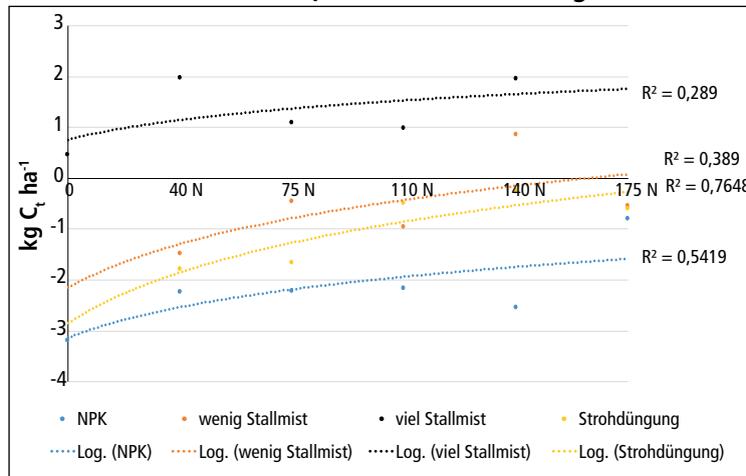
Wirkung der Düngung

1963 enthielt die Versuchsfläche in der Ackerkrume (0 bis 25 cm) im Mittel etwa 19,7 t/ha Gesamtkohlenstoff (Grafik 1). Sehr frühzeitig setzte eine Differenzierung zwischen der ungedüngten Kontrolle und den mineralisch beziehungsweise mineralisch-organisch gedüngten Varianten ein. Ohne jegliche Düngung ist der C_t-Gehalt im Krumenboden seit Versuchsbeginn gesunken. C_t-Werte konnten auf dem Niveau des Ausgangszustandes von 1963 nur mit Zufuhr von organischer Substanz und zusätzlicher mineralischer N-Düngung erreicht werden. Ein statistischer Vergleich jener Düngervarianten, die das Ertragsoptimum sicherten, unterstreicht die Bedeutung der organischen Düngung für die Aufrechterhaltung der C_t-Bodenvorräte. Signifikante Unterschiede konnten ab dem Jahr 1973 bei Grenzdifferenzen zwischen 0,38 und 0,65 g C_t/kg Boden festgestellt werden. Bei hoher Stallmistgabe war in 15 Jahren und bei geringer Stallmistgabe in sechs Jahren ein signifikant höherer C_t-Wert gegenüber reiner

Grafik 2: VDLUFA-Humusbilanzierung



Grafik 3: C_t-Bilanz – Differenz aus gemittelten C_t-Werten 1996 bis 2016 und dem C_t-Wert zu Versuchsbeginn



mineralischer Düngung nachweisbar. Die hohe Stallmistgabe war in zehn von 19 Jahren der Variante mit geringer Stallmistgabe und in sieben Jahren der Variante mit abschließlicher organischer Düngung signifikant überlegen. Die Variante mit geringer Stallmistgabe und die Strohdüngung liegen in ihrer Wirkung eng beieinander. Strohdün-

gung führte in nur zwei Jahren zu einem signifikant besseren Ergebnis als eine rein mineralische Düngung.

Die mineralische Düngung zeigte nur bei hohen N-Düngerstufen signifikant positive Auswirkungen auf den C_t-Haushalt gegenüber der Nullvariante, was auf die Wirkung der Stoppel- und Wurzelrückstän-

de der gut versorgten Pflanzenbestände zurückzuführen ist.

Organische Substanz entscheidend

Für die Quantifizierung der Wirkung der Düngung auf den Humushaushalt im Boden wurden die statistisch geschätzten C_t-Trendwerte (Grafik 1) herangezogen. Berücksichtigt wurde bei der Berechnung C_t-Menge in der Ackerkrume (0 bis 25 cm) die Lagerungsdichte; sie war in den organisch gedüngten Varianten geringer als bei ausschließlicher Mineraldüngung oder unterlassener Düngung. Im Weiteren wurde aus den C_t-Werten zu Versuchsbeginn und den gemittelten Werten von 1996 bis 2016 die Differenz gebildet, um die Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand zu quantifizieren.

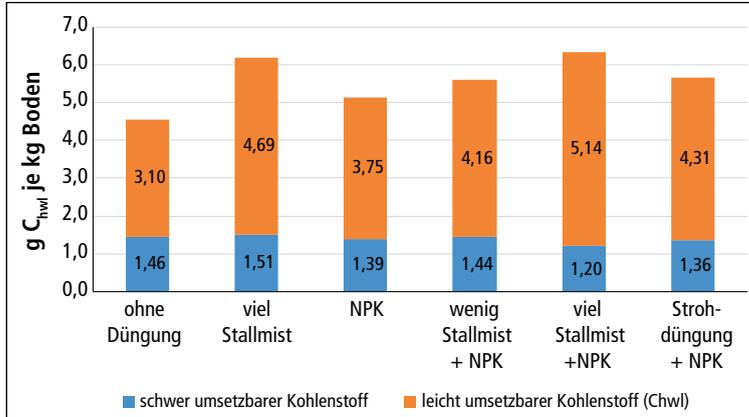
Am Verlauf der Trendlinien (Grafik 3) wird deutlich, dass weniger die mineralische Düngung als vielmehr die Zufuhr von organischer Substanz die C_t-Vorräte im Boden entscheidend beeinflusst. In der Nullvariante war der C_t-Abbau seit Versuchsbeginn mit -3,2 t/ha C_t am höchsten, das sind etwa 16 % C-Verlust. Die mineralische Düngung verbesserte die C_t-Bilanz gegenüber der Nullvariante im Mittel um 1,2 t/ha; der Ausgangswert konnte nicht gehalten werden. Kombiniert mit einer ertragsorientierten mineralischen N-Düngung reichten die Strohdüngung und die geringe Stallmistgabe (0,7 GV/ha) für eine ausgeglichene Bilanz annähernd aus. Ohne mineralische Düngung sichert die hohe Stallmistgabe (1,8 GV/ha) bereits einen Bilanzüberschuss; mit kombinierter Mineraldüngung stieg dieser bis auf 2,0 t/ha C_t an. Bei der hohen Stallmistgabe war der Einfluss der mineralischen N-Düngung auf die C_t-Bindung im Boden am geringsten.

Tabelle 2: Kohlenstoffakkumulation in der Ackerkrume (0 bis 25 cm) durch Düngung

	Nullvariante	mineralische Düngung	viel Stallmist 1,8 GV ha ⁻¹	wenig Stallmist 0,7 GV ha ⁻¹	viel Stallmist 1,8 GV ha ⁻¹	Strohdüngung
	C _t -Verlust von 1963 bis 1996/2016*	t je ha C _t -Akkumulation gegenüber Nullvariante	t je ha C _t -Akkumulation gegenüber mineralischer Düngung			
0 N	-3,177		3,635			
N1		0,950		0,755	4,199	0,449
N2		0,970		1,764	3,304	0,547
N3		1,018		1,207	3,153	1,666
N4		0,646		3,393	4,493	2,299
N5		2,380		0,251		0,209
MW C _t -Akkumulation		1,193	3,635	1,474	3,787	1,034
total C-Input Stallmist, Strohdüngung seit 1963			76 t	30 t	76 t	42 t
MW C _t -Akkumulation gegenüber total C-Input (=100 %)			4,8 %	4,9 %	5,0 %	2,5 %

*Mittelwert 1996 bis 2016

Grafik 4: Anteil des leicht umsetzbaren Kohlenstoffs (C_{hw}) am Gesamtkohlenstoff (C_t) in der Ackerkrume



(Mittelwerte der Jahre 2008, 2012 und 2016)

Um eine Aussage über die Humusreproduktionsleistung der organischen Düngung treffen zu können, wurden die errechneten Differenzwerte zwischen reiner Stallmistgabe (1,8 GV/ha) und Nullvariante sowie zwischen Stallmistbeziehungsweise Strohdüngung und reiner mineralischer Düngung bei gleichem Minerale Düngungsniveau verglichen (Tabelle 2). Der ermittelte Wert wurde dann in Beziehung zur gedüngten C-Gesamtmenge (=100 %) gesetzt. Seit 1963 wurden mit geringer Stallmistgabe insgesamt zirka 30 t/ha C_t , mit hoher Stallmistgabe 76 t/ha C_t und mit der Strohdüngung 42 t/ha C_t in den Boden eingearbeitet. Gemessen an der C_t -Akkumulation gegenüber der Nullvariante beziehungsweise den Varianten mit reiner mineralischer Düngung wurden nur etwa 5 % des mit dem Stallmist applizierten Kohlenstoffs humusmehrend wirksam; bei Strohdüngung waren es nur 2,5 %. Das ist im Vergleich zu anderen Dauerfeldversuchen in Deutschland niedrig. Im Mittel liegt die C-Akkumulationsrate von Stallmist bei 18 %; die Werte schwanken zwischen 3 und 35 %. Bei eingestelltem Fließgleichgewicht, das sich in der Regel erst bei langer Versuchsdauer einstellt, tendiert die C-Akkumulationsrate gar gegen null (Humus und Klimawandel 2014), woraus der niedrige Wert in Müncheberg für Stallmist und Stroh abgeleitet werden kann.

In der Variante mit ausschließlicher mineralischer Düngung führten die Wurzel- und Stoppelrückstände bis 2016 gegenüber der Nullvariante zu 1,2 t/ha C_t -Akkumulation. Um eine ausgeglichene C-Bilanz zu erreichen, hätten seit Versuchsbeginn jedes zweite Jahr etwa 8 t/ha Stroh auf dem Feld verbleiben müssen, was mit dem Ergebnis der Strohdüngungsvariante korrespondiert.

Für eine Erhöhung des C-Pools in der Krume um 1 % sind auf dem Sandboden, basierend auf den Ergebnissen des Dauerfeldversuches, jährlich entweder etwa 2,3 t/ha Stroh (86 % Trs.) oder 4 t/ha-Stallmist (Frm.) erforderlich. Um in der Variante mit einer moderaten Viehdichte von 0,7 GV/ha über die ausgeglichene Bilanz hinaus eine C_t -Akkumulation von 1 % zu erreichen, müssten zusätzlich jedes zweite Jahr etwa 6 bis 7 t/ha Stroh gedüngt werden.

Kohlenstoffumsatz im Boden

Der Anteil des schwer umsetzbaren Kohlenstoffs in der Ackerkrume beträgt im Mittel aller Varianten der Jahre 2008 bis 2016 weitgehend unabhängig vom Düngungsregime 1,4 g/kg (Streubreite 1,2 bis 1,5 g/kg) Boden (Grafik 4). In der Nullvariante sind demnach zirka 32 % des Gesamtkohlenstoffs leicht umsetzbar und somit dem Bodenleben als Nahrungs- und Energiequelle verfügbar. Bei dem durch die organische Düngung akkumulierten Kohlenstoff handelt es sich weitge-

hend um leicht umsetzbaren Kohlenstoff, der, wie bereits erwähnt, einer erheblichen jährlichen Dynamik unterliegt und bewirtschaftungsbedingt durch das Bodenleben wieder abgebaut werden kann. Eine nachhaltige C-Sequestrierung im Boden ist nicht garantiert.

Stickstoffbilanz beachten

C- und N-Haushalt im Boden stehen in enger Beziehung zueinander. Hoher C-Input geht mit N-Anreicherung im Boden einher. Aus diesem Grund ist bei der Frage nach einer möglichen C-Sequestrierung im Boden als einem Beitrag des Landwirts zum Klimaschutz auch die N-Bilanz zu berücksichtigen, da ein hoher N-Input N-Überschüsse verursacht, die wiederum die Umwelt gefährden können.

Eine einfache N-Bilanz errechnet sich aus der Differenz zwischen der Menge Stickstoff, die mit der geernteten Biomasse die Ackerfläche verlässt, und der Menge, die über die Düngung appliziert wurde. Für die Auswertung wurde der Zeitraum von 1984 bis 2016 gewählt. Auf den Flächen der Nullvariante sind pro Jahr im Mittel annähernd 40 kg/ha Stickstoff dem Boden entzogen worden (Grafik 5). Bei reiner Mineraldüngung wurde bei hohem Düngungsniveau, mit dem das Ertragsoptimum erreicht war, eine annähernd ausgeglichene N-Bilanz erzielt. Die Applikation von Stallmist führte zu N-Bilanzüberschüssen, ohne mineralische Düngung sind dies etwa 20 kg/ha/a. Bei mittlerer N-Düngungsstufe (N3), mit der zum einen das Ertragsoptimum und zum anderen eine ausgeglichene C-Bilanz gesichert werden konnte, entstand ein N-Überschuss von mehr als 50 kg/ha/a. Nach § 9 der Düngeverordnung darf im betrieblichen Nährstoffvergleich ein

N-Überschuss von 50 kg/ha/a nicht überschritten werden.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Düngung eine Anreicherung des gesamten N-Pools in der Ackerkrume bewirkt. Im Vergleich zur Nullvariante waren über die Beobachtungszeit von 32 Jahren bei reiner mineralischer Düngung zwischen 100 und 200 kg/ha, bei geringer Stallmistgabe zwischen 200 und 340 kg/ha, bei hoher Stallmistgabe zwischen 360 und 540 kg/ha und bei Strohdüngung zwischen 200 und 270 kg/ha mehr Stickstoff im Boden gebunden. Hohe N-Bilanzwerte bedeuten demnach nicht zwangsläufig N-Verluste durch Auswaschung und gasförmige Emissionen in die Atmosphäre. Ein höheres Gefährdungspotenzial für umweltbelastende N-Verluste ist in jedem Fall gegeben.

Dietmar Barkusky
Monika Joschko
Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung (Zalf)
Müncheberg
Tel.: 03 34 32-82-168
dbarkusky@zalf.de

Jürgen Reinhold
Förderverband Humus

FAZIT

Organische Bodensubstanz wirkt ertragsstabilisierend. Ein großer Teil des im Boden angereicherten Kohlenstoffs ist leicht umsetzbar und kann wieder verloren gehen. Die Witterung beeinflusst maßgeblich die mikrobiologischen C-Umsetzungsprozesse im Boden, weshalb die C-Werte von Jahr zu Jahr erheblich schwanken können. Entscheidend für die Akkumulation von Kohlenstoff im Boden ist die Zuführung von organischer Substanz über organische Dünger. Die C-Akkumulation durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen ist nicht zwangsläufig gleichbedeutend mit einer nachhaltigen, klimarelevanten C-Sequestrierung. Dennoch kann sie zum Klimaschutz beitragen, wenn, global betrachtet, der C-Gehalt in den Böden auf ein dem jeweiligen Standort angemessenes Niveau angehoben und gehalten werden kann. Dabei ist jedoch die N-Dynamik im Boden zu berücksichtigen. Zu hoher N-Input über organische Dünger führt zu N-Überschüssen.

Grafik 5: N-Bilanz – Entzug (mit der Ernte vom Feld) minus Zufuhr (mineralische und organische Düngung)

