

Forschung Kompost und Kaliversorgung

Düngungsstrategie zur Verbesserung des Nährstoff- und Humusstatus im biodynamischen Anbau mit Einsatz von Grünschnitt-Kompost und Kali

Dr. habil. Hartmut Spieß



Christoph Matthes,



Forschung und Züchtung

Dottenfelderhof,

Dottenfelderhof,

61118 Bad Vilbel

und

Dr. Hartmut Horst,

Dr. Harald Schaaf,

Landesbetrieb Hessisches

Landeslabor, Kassel

Der Biologisch-Dynamische Landbau ist von seiner Entstehungsgeschichte her auf die Erzeugung qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel als eine seiner Grundsäulen ausgerichtet. Dies setzt voraus, dass eine Vielzahl landwirtschaftlicher Faktoren positiv zusammen wirken. Dazu zählen in Abhängigkeit von den Standort- und Klimafaktoren, die Bewirtschaftungsmaßnahmen Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung einschließlich Biodynamischer Präparate sowie die Tierhaltung und die Betriebswirtschaft. Für die Sicherung der Produktqualität spielt die ausreichende Versorgung von Boden und Pflanze mit Makro- und Mikronährstoffen eine herausragende Rolle.

In der Vergangenheit ist man davon ausgegangen, dass diese weitgehend über die organischen Hofdünger und die ‚aktive Nährstoffmobilisierung‘ aus dem Bodenvorrat ge-

währleistet sei. Nicht wenige Beispiele – vor allem von langjährig ökologisch bewirtschafteten Marktfruchtbetrieben – zeigen jedoch, dass bei jährlich negativen Hoftorbilanzen eine Unterversorgung vor allem mit Kalium und Phosphor, inzwischen auch mit Schwefel gegeben ist (Spieß 2008; Spieß et al. 2011; Kolbe 2016). Diese Situation hat aktuell Wissenschaftler, Berater und Praktiker in einem Workshop des „Verbund Ökologische Praxisforschung“ (VÖP) beschäftigt, wo folgende Fragen diskutiert wurden:

- Wie können Nährstoffdefizite im Ökolandbau analysiert und bewertet werden?
- Welche Maßnahmen eignen sich, um Nährstoffdefiziten entgegenzuwirken?
- Welche „neuen“ Nährstoffkreisläufe sind sinnvoll und im Einklang mit den Prinzipien des Ökolandbaus?

Versuche zur Kaliversorgung auf fixierendem Boden

Diesen Fragen widmet sich bereits seit Anfang der 1990er-Jahre die Forschungsabteilung auf dem seit 1968 biologisch-dynamisch bewirtschafteten Dottenfelderhof in Bad Vilbel. Auf den ursprünglich fruchtbaren Böden am Rande der Wetterau war durch die vorherige Bewirtschaftung mit intensivem Zuckerrübenanbau bei einem Viehbesatz von nur 0,5 GVE Raubbau an Humus und Nährstoffen betrieben worden. Die Böden sind mit 0,8 bis 0,9% C_{org} als humusarm eingestuft. Die Kalium-Gehalte lagen nahezu flächendeckend mit 4 bis 6 mg K_2O (CAL) in der niedrigsten Versorgungsstufe A. Hinzu kommt, dass die schweren Böden je nach Genese (Auenlehm, degradierter Löss) mehr oder weniger Kalium fixieren. Eine zweimal sechsgliedrige Fruchtfolge enthält ein Drittel Feldfutter mit Klee- und Luzernegras im Wechsel. Es wird davon ausgegangen, dass die negative N-Bilanz durch die N-Fixierung der Leguminosen gedeckt wird.

Unter diesen Bedingungen wurde 1997 ein Langzeitversuch mit dem Gesichtspunkt der Gesundungsdüngung im Hinblick auf Kalium angelegt. Verglichen wurden Gaben von Kalimagnesia mit den Gesteinsmehlen Basalt und Orthoklas bei vergleichender Anwendung des von Rudolf Steiner empfohlenen Fingerhut-Extraktes (*Digitalis purpurea*) zum mineralischen Dünger (Spieß 2003). Der hier festgestellte Verlauf des K_2O -Gehaltes im Boden in Ab-

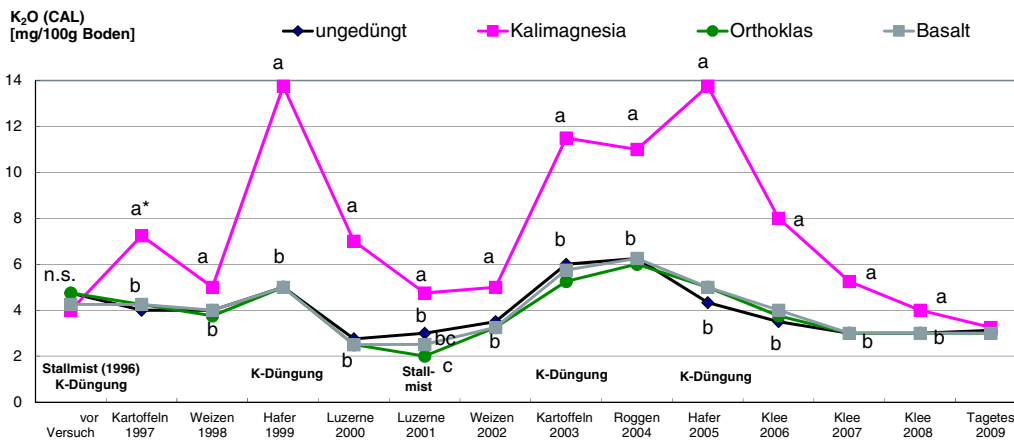


Abb. 1: Auf kalifizierendem Boden führte nur Kalimagnesia zum Anstieg von K im Boden. Verlauf der pflanzenverfügbaren Kaliumgehalte im Boden in Abhängigkeit von der Düngung mit Kalimagnesia, Basaltmehl und Orthoklas. Dottenfelderhof 1997–2009.

*) ungleiche Buchstaben unterscheiden sich signifikant: Tukey α 0.05 (Quelle: Spieß et al. 2011)

bildung 1 zeigte, dass einzig Kali-magnesiadüngung die Versorgung der Pflanzen mit Kalium erhöhte und zu enormen Ertragssteigerungen führte. Beim Feldfutter stieg zudem die N-Aufnahme von Klee und Luzerne stark an (+80kg N/ha/a zur Kontrolle). Sämtliche Qualitätsparameter wie Gesundheit, Haltbarkeit, sekundäre Pflanzenstoffe, Nährstoffgehalte sowie die Vital- und Bildekräftequalität zeigten sich – insbesondere mit zusätzlicher *Digitalis*-Behandlung – verbessert. In der Folge betrug die Mehrerlöse bei Kartoffeln 840 €/ha, Luzernegras 500 €/ha und bei der Nachfrucht Weizen 360 €/ha. Die Gesteinsmehl-Düngung blieb weitgehend ohne Wirksamkeit und verursachte generell Mehrkosten.

Mit dem durch K-Düngung gesteigerten Pflanzenwachstum wurde eine Verbesserung des Wurzelwachstums und damit ein verstärkter Aufschluss von Kalium aus den Bodenmineralen erwartet. Gleichzeitig wurde eine Anreicherung mit organischer Substanz durch die Wurzelrückstände angenommen (Rutt et al. 2006). Beides ließ sich jedoch in der relativ kurzen Versuchszeit weder in den K-Bilanzen noch in den C_{org} -Werten nachweisen. Für eine aktive Nährstoffmineralisation aus dem Boden, insbesondere aus den tieferen Schichten, spielt jedoch der Gehalt an organischer Substanz als Indikator für die Bodenfruchtbarkeit eine herausragende Rolle. Wie aufgezeigt, vermochte die nahezu 50-jährige biodynamische Bewirtschaftung des Dottenfelderhofes nicht die Humusgehalte der Böden zu erhöhen, was sich mit dem anfänglich niedrigen Tierbesatz und der hohen Umsatzintensität der Böden begründen lässt. Um dies nachhaltig zu verändern und eine Alternative zur mineralischen K-Dün-



FZD

gung zu entwickeln, wurde 1997 begonnen, Spezialkomposte aus Heckenschnitt und Grüngut herzustellen (Becher 2014). Parallel dazu wurde der Langzeitdüngungsversuch 2010 modifiziert und die ineffektiven Gesteinsmehle wurden durch Varianten mit diesem Kompost ersetzt.

Nachstehend sind die Hauptgesichtspunkte für die Einführung der zusätzlichen Düngung mit Grüngut-Kompost genannt:

- Humuswirkung: Zusätzliche Kompostgaben sollen Parameter der Bodenfruchtbarkeit so verbessern, dass die Nährstoffmineralisation gefördert wird.
- Nährstoffsubstituierung: Ausgleich negativer Hoftorbilanzen in Bezug auf alle Nährelemente.
- Verbesserung der pflanzlichen Qualität: Förderung der Pflanzengesundheit und wertgebender Inhaltsstoffe der Pflanzen.
- Rückstandsproblematik: Untersuchung der Einträge an Schwermetallen und der Akkumulation im Boden.
- Präparatwirksamkeit: Verstärkte Wirkung der Kompostpräparate durch erhöhte Anzahl an Düngungsgaben von Kompost.

Versuchsbeschreibung

Der Feldversuch ist als lateinisches Quadrat mit vier Düngervarianten und vier Wiederholungen in Parzellen von 48 m² angelegt. Seit 2010 läuft der Versuch mit den Varianten: (1) Kontrolle, Hof-üblich ohne Kompost; (2) Kalisulfat; (3) Grüngutkompost (GK); (4) Kombination: GK+Kali. Die zusätzliche Düngung erhalten in der Regel nur die Hackfrüchte und das Feldfutter Klee- bzw. Luzernegras. Die Grunddüngung mit Stallmist in Höhe von 300 bis 400 dt/ha erfolgt betriebsüblich auf den gesamten Versuch. Das Düngungsregime ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Es kommen nur zertifizierte Komposte nach EU-Ökoverordnung [VO(EG) Nr. 889/2008, Anhang 1] zum Einsatz. Die Bemessungsgrundlage für die Kompostgabe wurde auf Basis des Stickstoffgehaltes vorgenommen, um den Rahmen der Düngeverordnung im Ökolandbau einzuhalten. Wenn auch mit der Ausbringung von 300 dt/ha Kompost-Frischmasse (FM) höhere Mengen an Nährstoffen ausgebracht werden, sind diese nicht sofort verfügbar. Die Feuchte des Kompostes kann beträchtlich zwischen 40 und 50 % schwanken, so dass die ausgebrachte Trockenmas-

Was kann Grüngutkompost zur Nährstoffversorgung beitragen?

Für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeiten danken die Autoren der Software AG-Stiftung, Darmstadt, der Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Bochum und dem Rudolf Steiner-Fonds, Nürnberg.



Versuchsfeld mit unterschiedlichen Düngungsvarianten

se (TM) 120 bis 150 dt/ha betragen kann. Im Versuch wurden im Durchschnitt mit 300 dt/ha Frischmasse folgende Nährstoffmengen gedüngt: 107kg N, 155 kg K, 38 kg P, 90 kg Mg, 302 kg Ca und 22 kg S. Bei einer Freisetzungsrate von rd. 5% im ersten Jahr würde lediglich eine marginale Menge von 7,5 kg N/ha den Pflanzen zur Verfügung stehen. Demgegenüber wird für Kalium eine höhere Verfügbarkeit von 40 % im Anwendungsjahr angenommen, wobei die Gesamtausnutzung sehr hoch ist (Gottschall 2015).

Kompostbereitung

2015 wurde eine Umstellung der Kompostbereitung vorgenommen

und kein Holzhäcksel mehr verwendet, weil dieses Material nicht schnell genug verrottet. Für die Kompostmiete wurden folgende Komponenten verwendet (Anteile in Prozent): 85–90 % Grünguthäcksel, 5–8 % Stallmist, 5–7 % Erde.

Die Umsetzung des Materials soll in einer Kompostierungszeit von einem halben Jahr abgeschlossen sein. Um dies zu gewährleisten, werden nach Aufschichtung der einzelnen Bestandteile diese innerhalb einer Woche täglich umgesetzt, um sie intensiv zu vermischen. In dieser Zeit wird der Komposthaufen mit dem biologisch-dynamischen Fladenpräparat behandelt. Danach wird der in Trapezform aufgesetzte Kompost das

erste Mal mit den einzelnen biodynamischen Kompostpräparaten behandelt. Nur bei genügender Feuchtigkeit kommt die Rotte schnell in Gang, weshalb die Miete regelmäßige Gaben von Molke aus der eigenen Käseerei bzw. verdünnte Jauche oder Wasser erhält. Um eine Überhitzung des Kompostes zu vermeiden, die erhebliche Verluste an organischer Substanz und an Stickstoff zur Folge hätte, wird darauf geachtet, dass der Wassergehalt nicht unter 60 % fällt. Während der gesamten Rottephase wird die Miete drei- bis viermal umgesetzt. Die Abdeckung mit Gärtnervlies soll die Auswaschung von Nährstoffen wie Kalium verhindern. Nach einem viertel Jahr wird ein zweites Mal die biodynamische Präparierung des Kompostes vorgenommen.

Ergebnisse Pflanze

Bisher liegen sechs Versuchsjahre mit den Früchten Kartoffeln, Hafer, Klee gras, Weizen und Mais vor. Schäden durch Auswinterung und Trockenheit im Jahr 2012 machten es notwendig, den Klee grasbestand durch Einsaat im Frühjahr 2013 neu zu etablieren. In Abweichung von der Fruchtfolge des Dottenfelderhofes wurde 2015 anstatt Roggen der entzugsintensive Mais im Versuch gebaut, um stärkere Differenzierungen zu erhalten.

Nach Abbildung 2 führten die Düngungsmaßnahmen bei allen Früchten mit einer Ausnahme zu Mehrererträgen. Am differenziertesten reagierte die Kartoffel. Hier war es insbesondere die Kalidüngung, welche den Reinertrag um rel. 18 % anob. Aber auch die Kompostdüngung führte zu signifikant höheren Erträgen. In der Kombination beider Dünger blieb jedoch die Düngewirkung begrenzt.

Bei Hafer, der die Düngung für die Klee graseinsaat erhielt, lagen zwar

Fruchtfolgeglieder der Dottenfelderhof	Versuchsjahr	Versuchsf Frucht	Stallmist (dt/ha)	Grü ngutkompost (dt/ha)	Kalisulfat	Kompost + Kalisulfat GK-Kali (kg K/ha)	Kalisulfat (kg K/ha)
4 Roggen	2009	vor Versuch	400				
5 Hackfrucht	2010	Kartoffeln		300 ¹	400	127	273
6 Hafer	2011	Hafer		150	400	62	348
7 Klee gras	2012	Klee gras					
8 Klee gras	2013	Klee gras		300 ²			
9 Weizen	2014	Weizen					
10 Roggen	2015	Mais		300	300	310	150

Tab. 1: Versuchsplan zur Stallmist-, Kali- und Grü ngutkompostdü ngung. Dottenfelderhof 2009–2015

Fruchtfolgeglieder 1–3 (das waren zweijähriges Luzerne gras und dann Weizen) ohne Dü ngung

1) Kompostgabe zu Versuchsbeginn; 2) Gabe zum Klee grasumbruch

Düngeeffekte bis maximal 10 % beim Korn vor, die allerdings nicht statistisch gesichert waren und zu Lasten der Stroherträge gingen. Interessant ist die signifikante Steigerung der Bestockungsrate um signifikant rel. 12 %, was zur höchsten Bestandesdichte führte. Es bestätigte sich, dass Getreide auf eine Kalidüngung aufgrund ihres geringen Bedarfes und der hohen Aneignungskraft wenig reagieren.

Die Kleegraserträge spiegeln im ersten Nutzungsjahr dessen hohen Bedarf an Kali und Schwefel wider. Wenn auch der Mehrertrag von 9 % bei reiner Kalisulfatdüngung nicht abgesichert ist, bewirkt die kombinierte Düngung gesteigerte TM-Erträge von 16 %. Wie oben geschildert, konnte die neue Kleegrasansaat den Ertrag nicht voll ausschöpfen und erreichte nur die Hälfte der Vorjahresernte. Düngungseffekte blieben unter den gegebenen Bedingungen im Bereich des Versuchsfehlers.

Dennoch zeigte sich in der Nachwirkung der Düngung am Vorfruchtwert des Kleegrases eine starke Differenzierung beim nachfolgenden Weizen. Sowohl die Kali- als auch die kombinierte Düngervariante wiesen Ertragssteigerungen von 21 bzw. 23 % beim Korn und 16 bzw. 19 % beim Stroh auf. Im Gesamtertrag unterschieden sich alle Düngervarianten signifikant von der Kontrolle, so auch der reine Kompost mit +10 %. Diese positive Vorfruchtwirkung bestätigt die vorliegenden Erfahrungen, dass eine ausreichende Nährstoffversorgung insbesondere mit Kalium, aber auch mit Schwefel die Stickstofffixierungsleistung fördert (Becker et al. o.J.).

Der Starkzehrer Mais reagierte auf die Düngung mit 300 kg K/ha und 300 dt/ha Kompost (Frischmasse) mit sehr deutlichen Differenzierungen. In den Frischmasseerträgen

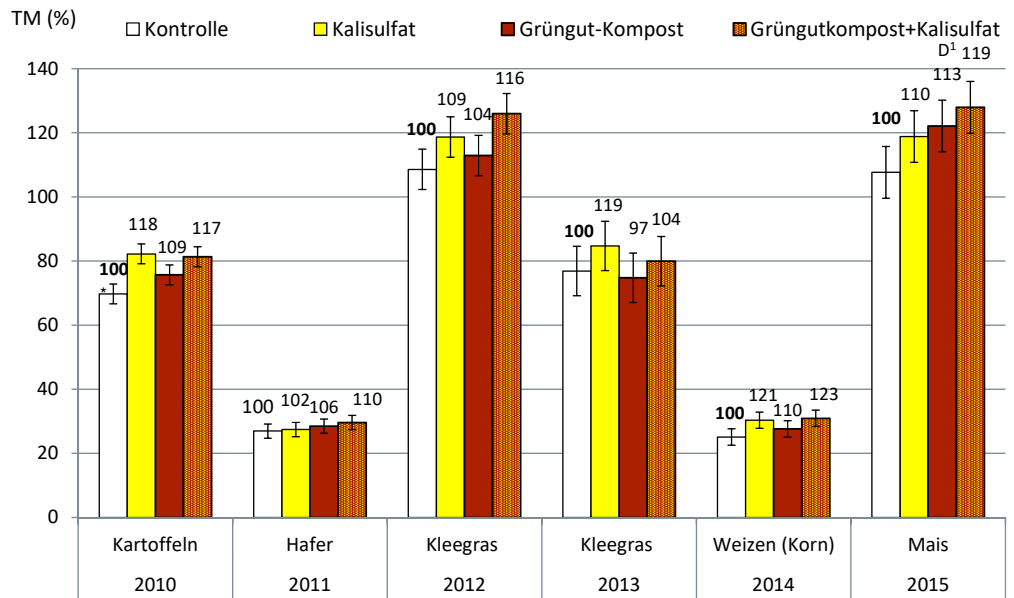


Abb. 2: Grüngutkompost verbessert die Erträge auf Kalimangelböden, am besten kombiniert mit Kalisulfat. Einfluss der Düngung mit Kaliumsulfat und Grüngut-Kompost auf die Trockenmasse-Erträge des Erntegutes. Dfh 2010–12. *) Tukey α 0.05; D1) im Dunnett-Test signifikant verschieden von der ungedüngten Kontrolle α 5%

unterschieden sich alle Düngervarianten signifikant von der Kontrolle: Kalisulfat mit + 11 %, Kompost mit + 16 % und Kompost + Kali mit + 22 %. In der Trockenmasse nivellierte sich dies, wie aus Abbildung 2 hervorgeht. Hier waren die Effekte der kombinierten und der reinen Kompostdüngung statistisch abgesichert.

Ergebnisse Boden

In Abbildung 3 wird zunächst der Verlauf der pflanzenverfügbaren Kaliumgehalte des Bodens seit Beginn des Kompost-Versuches gezeigt. Erwartungsgemäß führt die mineralische K-Düngung zu Kartoffeln und zu Hafer mit Untersaat Klee zu starken Anstiegen der K_2O -Gehalte mit Änderung der Gehaltsstufen von A in B bzw. zu C. Durch die Entzüge des Kleegrases sinken jedoch die Gehalte nahezu auf das Niveau der Ausgangswerte ab, wenn auch die Nachwirkung der Düngergaben durch teils signifikant höhere Gehalte nachweisbar bleibt. Eine erneute Kompostdüngung zum Kleeumbruch

verändert das verfügbare Kali nicht. Erwartungsgemäß steigt durch die Kalidüngung zum Starkzehrer Mais das Bodenkali, so dass im Gegensatz zur Kontrolle die dort beobachteten Kalimangelschäden nicht auftraten. Aber auch durch die reine Kompostdüngung war eine Anhebung von 4 auf 6 mg $K_2O/100$ g Boden feststellbar. Als weiteres Untersuchungsergebnis wird hier lediglich genannt, dass sich durch die permanente Kalisulfatdüngung die Kalifixierung signifikant verminderte, so dass die Kalidüngung inzwischen für die Pflanzen zumindest in der Krume voll nutzbar ist.

Wie oben dargestellt, war das wesentliche Kriterium der Kompostdüngung, dass die Bodenfruchtbarkeit mit all ihren physikalischen, chemischen und biologischen Parametern durch erhöhte Zufuhr organischer Substanz erhöht werden sollte. In Abbildung 4 sind dazu die C-Gehalte an organischer Substanz in Abhängigkeit von der Düngung ab Versuchsbeginn über sechs Jahre dargestellt. Erwartungsgemäß steigen die Gehalte zunächst durch

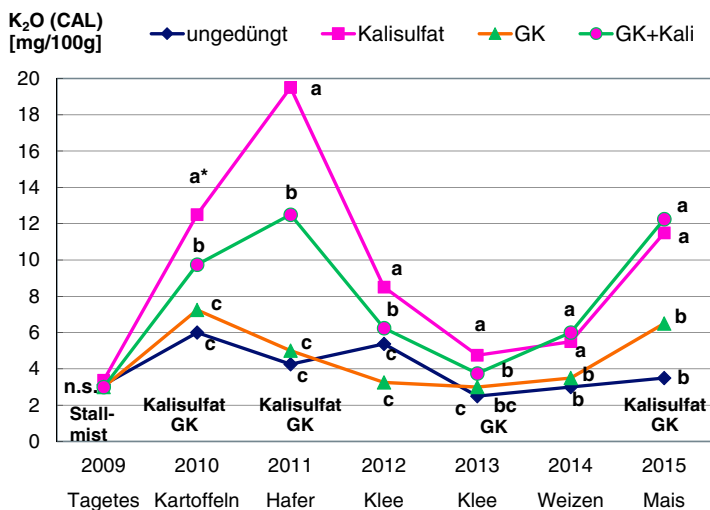


Abb. 3: Einfluss der Düngung mit Kaliumsulfat und Grüngut-Kompost auf den pflanzenverfügbaren Kaliumgehalt in der Bodenkrume (0–25 cm), Dfhof 2009–2015; *) ungleiche Buchstaben unterscheiden sich signifikant: Tukey α 5%

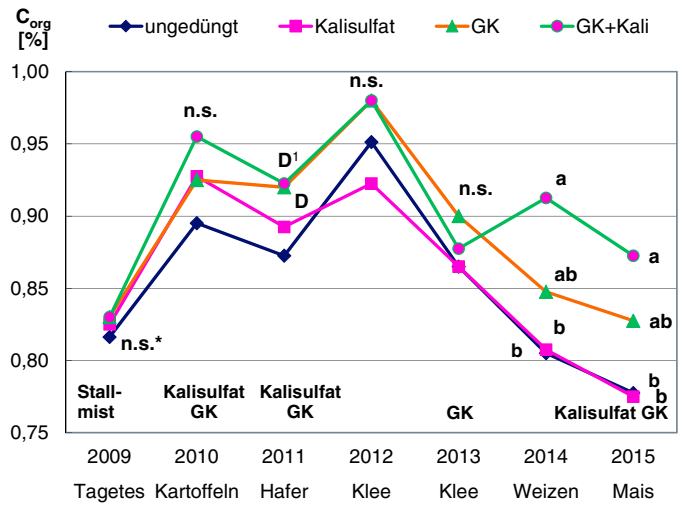


Abb. 4: Einfluss der Düngung mit Kaliumsulfat und Grüngut-Kompost auf den organischen Kohlenstoffgehalt in der Bodenkrume (0–25 cm), Dfhof 2009–2015

*) ungleiche Buchstaben unterscheiden sich signifikant: Tukey α 5%, D¹: im Dunnett-Test signifikant gegenüber der Kontrolle α 5%

die Stallmistgrunddüngung einschließlich der ersten Grüngutkompostdüngung auf ein deutlich höheres Niveau, ohne dass die auftretenden Unterschiede Signifikanz aufweisen. Die folgende Kompostgabe, erneut von 300 dt FM/ha, führt zu einer signifikanten Differenzierung zwischen den mit Kompost gedüngten Varianten und der Kontrolle. Die Bodenprobe im Klee gras zu Vegetationsende 2012 führt erwartungsgemäß zu höheren C-Werten bei ähnlicher Abstufung, um nach dem zweiten Klee grasjahr stärker abzusinken. In den beiden folgenden Jahren fallen die C-Gehalte in der Kontrolle und der Kalivariante ohne organische Substanzzufuhr noch unter die Ausgangswerte. Die Kompostgaben zum Klee grasumbruch und zu Mais verlangsamen den organischen Substanzabbau. Die kombinierte Düngung erreicht mit plus 0,1% C gegenüber der Kontrolle und Kali den signifikant höchsten Gehalt. Es ist zu vermuten, dass durch die höch-

ten Maiserträge in dieser Variante auch die höchste Wurzelmasse gebildet wurde, was die relative Humusanreicherung in der Krume erklären könnte. Es bleibt abzuwarten, ob es sich um eine Momentaufnahme handelt, oder ob sich eine Anreicherung der organischen Substanz dauerhaft abzeichnet. Das erfordert allerdings eine konsequente Beibehaltung der Kompostdüngung.

Fazit: Kompost erhöht die Nährstoffeffizienz

Auch wenn die reine Kompostdüngung zunehmende Ertragseffekte bei einem moderaten Anstieg der Kaliumaufnahme aufwies, zeichnet sich unter den gegebenen Standortbedingungen die Kombinationsdüngung aus Grüngutkompost und Kali gegenüber der reinen Kaliumsulfatdüngung durch eine erhöhte Ertragseffizienz, einen signifikanten Anstieg der Stickstoffaufnah-

me, Qualitätsverbesserungen sowie durch eine relative Stabilisierung des Humusgehaltes in der Bodenkrume aus. Bisher erzielte Ergebnisse zur Kalidüngung finden sich bestätigt, wobei der Versorgung mit Schwefel durch den Kalidünger sowie derjenigen mit Phosphor mit dem Kompost eine erhebliche Bedeutung zukommt. Besonders im Trockenjahr 2015 war der positive Effekt der Kompostdüngung auf die Resilienz des Mais offensichtlich. Der Langzeitversuch soll über die volle Fruchtfolge von 12 Jahren auf dem Dottenfelderhof fortgeführt werden und durch die Anlage eines in der Fragestellung erweiterten Parallelversuches auf dem Standort Oberfeld, Darmstadt in der Betreuung durch den Forschungsring e. V. ausgebaut werden. ●

Literatur:
 BECHER T. 2014: Kompostierung: Weniger Wertvolles veredeln. *Leb. Erde* 3, 36–37 • BECKER K., RIFFEL A., SCHMIDTKE K., FISCHINGER S.A. ohne Jg.: Schwefeldüngung zu Futter- und Körnerleguminosen. Hrsg.: BLE, Deichmannsaue, 53179 Bonn • GOTTSCHALL R. 2015: Nährstoffe und Humus aus dem Kompost. *Bioland* 12, 12–15 • KOLBE H. 2016: Fruchtbarkeit von Bioböden nimmt ab. *Ökol. & Landbau* 3, 32–35 • RUTT K., GRANSEE A., CHRISTEN O. 2006: Long-term effects of potassium on parameters of the soil water balance. *Advances in Geoecology* 38, 181–188. • SPIESS H. 2003: Fingerhut verbessert Kaliwirkung. Zur Anwendung von Rotem Fingerhut (*Digitalis purpurea*) im Biologisch-Dynamischen Landbau. *Leb. Erde* 1, 44–49 • SPIESS H. 2008: Auf die Kaliversorgung achten! *Leb. Erde* 5, 38–42 • SPIESS H., MATTHES C., HORST H., SCHAFF H. 2011: Wirkung von Kali- und Gesteinsmehldüngung in Abhängigkeit von *Digitalis purpurea*-Behandlungen auf Pflanze und Boden bei langjährig bio-dynamischer Bewirtschaftung. In: Leithold G. et al. (Hg): *Beitr. 11. Wiss. tag. Öko-Landbau, Gießen*, Bd. 1, S. 54–57. Verlag Dr. Köster, Berlin