

Regulierung der Kohlhernie an Kohlrabi durch Applikation verschiedener basisch wirkender Stoffe

Einleitung

Kohlhernie ist im Ökologischen Landbau eine der wichtigsten Krankheiten im Kohlanbau, welche präventiv durch eine weite Fruchtfolgegestaltung eingedämmt werden kann. Bei weiten Fruchtfolgen ist die Gefahr einer großflächigen, ertragsgefährdenden Ausbreitung gering (HALLMANN, et al., 2009). Sobald die Anbauintensität von *Kreuzblütlern* steigt und die empfohlenen Anbauabstände von mindestens 4 Jahren nicht mehr eingehalten werden, muss mit einer Ausbreitung gerechnet werden. Ist ein Schlag befallen, kann die Verseuchung über mehrere Jahrzehnte anhalten (GEORGE & EGHBAL, 2003).

In Versuchen mit im Ökologischen Landbau nicht zugelassenen, schnell wirksamen Branntkalk konnte WEBER (1990) zeigen, dass durch eine deutliche Erhöhung des pH-Wertes in den neutralen bis schwach alkalischen Bereich den Befall mit Kohlhernie deutlich bis fast vollständig reduziert werden konnte.

Im Leitbetriebeprojekt werden aktuell nach EG-Öko-Basisverordnung zugelassene Mittel auf ihre pH-Wirkung und damit auf ihre Fähigkeit zur Reduzierung des Kohlherniebefalls unter ökologischen Anbaubedingungen im Vergleich zu Branntkalk als Referenz getestet.

Hypothesen

- Die Regulierung der Kohlhernie an Kohlrabi ist im Ökologischen Landbau durch Applikation basisch wirkender Stoffe möglich.
- Branntkalk, Holzasche und CiniCal wirken durch den hohen Anteil Calciumoxid schnell pH-Wert erhöhend, während Kohlensäurer Kalk und Carbokalk langsamer wirken.
- Kompost hat nur eine geringe pH-Wirksamkeit, wirkt sich aber positiv auf das Bodengefüge aus und kann somit auch einem Befall mit *P. brassicae* vorbeugen.

Material und Methoden

Feldversuch

Standort

Der Versuchsstandort Lammertzhof liegt auf 40 m über dem Meeresspiegel nördlich von Büttgen (51°20,6' N 6°60,1' E). Die Jahresdurchschnittstemperatur am Standort beträgt 10,1 °C, während der Jahresniederschlag bei 800 mm liegt. Die Bodenart ist sandiger Lehm/Löß/Lehm (sL, uL, L) mit einem Bodenschätzwert von 76 Bodenpunkten. Seit 2013 war die Fruchtfolge: Luzerne/Rotklee – Rosenkohl – Sommerweizen – Blumenkohl – Luzerne/Rotklee.

Während des Wachstums der Kohlrabi lag die mittlere Tagestemperatur bei 16,5 °C, der Niederschlag bei insgesamt 211 mm. Die höchsten Niederschläge traten im Juni auf.

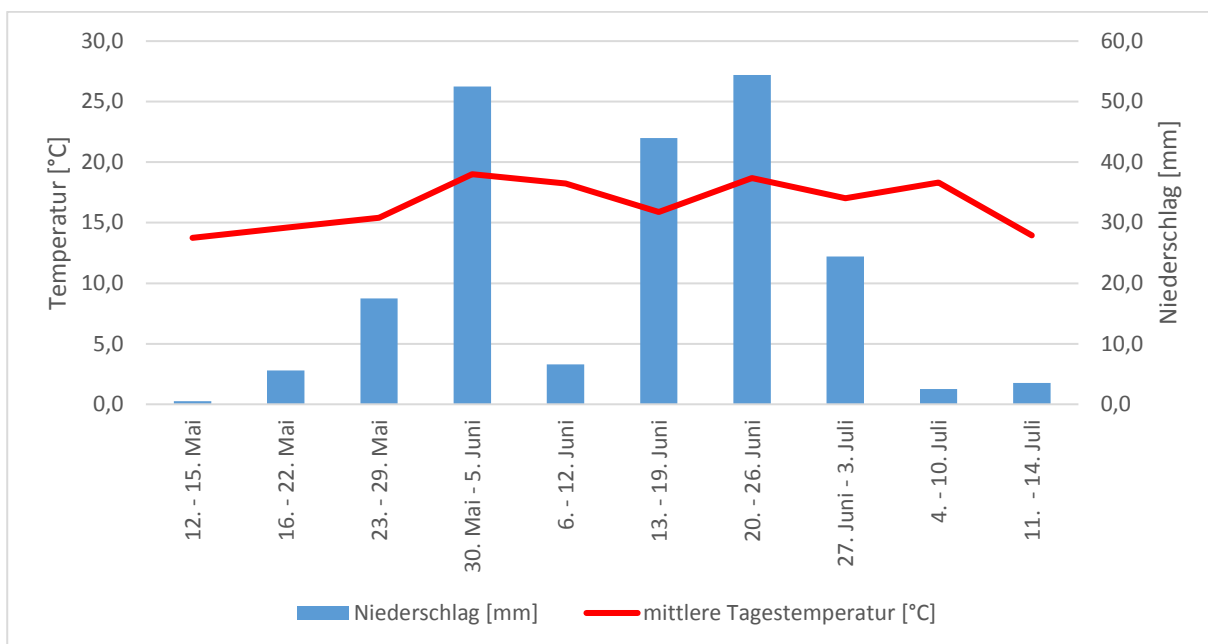


Abb. 1: Witterungsverlauf 2016 während der Vegetationszeit im Feldversuch auf dem Versuchsstandort Lammertzhof bei Büttgen. Werte sind wöchentlich zusammengefasst. Die Temperatur ist als mittlere Tagestemperatur angegeben. Niederschlag [mm], Temperatur [°C]

Versuchsaufbau

Im Feldversuch wurde die Wirkung der pH-Wert-Änderung auf das Wachstum von Kohlrabi (*Korist BV*) und den Befall der Kohlrabiwurzeln mit *P. brassicae* getestet. Der Feldversuch wurde als einfaktorielle Blockanlage mit sieben Varianten (1. Kompost, 2. CiniCal, 3. Holzasche, 4. Kohlensaurer Kalk, 5. Carbokalk, 6. Branntkalk, 7. Kontrolle) und vier Wiederholungen durchgeführt. Die Maße des Versuchs waren 35 m x 14m = 490 m². Die Parzellengröße war 2 m x 8 m = 16 m². Zwischen den Blöcken wurde jeweils ein 1 m breiter Weg gelassen um Verschleppungseinflüsse zu vermeiden. In jeder Parzelle wurden drei Reihen Kohlrabi als Jungpflanzen mit Erdpresstöpfen gesetzt. Der Reihenabstand betrug 50 cm. Die Pflanzung geschah mit einer Pflanzmaschine mit Handeinlage. Es wurden 5,625 Kohlrabi m⁻² gepflanzt. Um die Kohlrabi vor Schädlingen, wie der Kohlflye, der Kohldrehherzgallmücke oder Kaninchen zu schützen, wurde das Versuchsfeld mit Netzen abgedeckt.

Tab. 1: Verwendete Dünger und ihre Aufwandmengen im Feldversuch.

Kontrolle	-
Kompost	106 t ha ⁻¹
CiniCal	6,9 t ha ⁻¹
Holzasche	9,3 t ha ⁻¹
Kohlensaurer Kalk	4,7 t ha ⁻¹
Carbokalk	10 t ha ⁻¹
Branntkalk	3,3 t ha ⁻¹

Versuchsvarianten

Variante 1 - **Kompost** stellt einen organischen Dünger dar, der die Bildung von Ton-Humuskomplexen unterstützt. Durch eine verbesserte Bodenstruktur drainiert der Boden besser und es entsteht weniger Staunässe.

Variante 2 - **CiniCal**. Es handelt sich um einen neuen Kalk-Dünger bestehend aus 70 % Holzasche und 30 % Kohlensaurem-Magnesium-Kalk. Er wird mit einem Neutralisationswert von 33 % CaO bewertet. In der Aschefraktion liegt reines Calciumoxid (CaO) vor, dieses wirkt mit Wasser sofort basisch. Durch den Anteil an kohlensaurem Magnesiumkalk wirkt CiniCal auch langfristig.

Variante 3 - **Holzasche** entsteht bei der Verbrennung von holziger Biomasse in Heizkraftwerken. Die für den Versuch verwendete Holzasche ist Rostasche aus dem Holzheizkraftwerk der Stadtwerke Ludwigsburg.

Variante 4 - **Kohlensaurer Kalk** ist ein unveränderter Kalk, der aus Kalkstein, Dolomit oder Kreide durch Aufmahlung gewonnen wird. Der Kalk liegt in Form von Calciumkarbonat (CaCO_3) und in einem geringen Anteil als Magnesiumkarbonat (MgCO_3) vor. Kohlensaurer Kalk wird im Regelfall zur Erhaltungskalkung eingesetzt, da er langsam und andauernd wirkt. Neutralisationswert zwischen 42 und 53 %.

Variante 5 - **Carbokalk** wird bei der Zuckerproduktion während der Reinigung des Zuckerrübenrohsaftes gewonnen. Durch Zugabe von gelöschtem Kalk (Ca(OH)_2) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) zum Zuckerrübenrohsaft fällt Calciumcarbonat (CaCO_3) aus. Übrig bleibt zunächst flüssiger Carbokalk. In diesem sind noch gelöschter Kalk und sonstige Calciumsalze enthalten. Erst nach der Abpressung der Flüssigkeit liegt ein streufähiger Carbokalk vor. Allgemein wird Carbokalk mit einem Neutralisationswert zwischen 30 und 32 % angegeben.

Variante 6 - **Branntkalk** hat von allen Varianten die höchste Neutralisationswirkung. Er wird aus gebranntem Kalkstein gewonnen. Durch das Erhitzen des Gesteins wird Calciumcarbonat (CaCO_3) zu Calciumoxid (CaO), das heißt Kohlenstoffdioxid (CO_2) wird freigesetzt. Calciumoxid reagiert mit Wasser zu einer starken Lauge, welche Säuren neutralisiert und den Boden-pH-Wert anhebt.

Variante 7 - Die **Kontrollvariante** wurde nicht gedüngt.

Versuchsdurchführung

Am 16. Februar 2016 wurde zunächst mittels „Leica GPS System 900“ der für den Feldversuch benötigte Bereich des Schlags „Vor´m Hof“ auf dem Lammerzhof eingemessen. Am selben Tag wurden Bodenmischproben aus 0 – 10 cm und aus 10 - 30 cm Tiefe von je acht Einstichen pro Parzelle zur pH-Wert Bestimmung entnommen. Außerdem wurden drei Mischproben zur N_{min} -Analyse aus den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm entnommen. Es folgte zunächst am 5. April 2016, nach vorheriger Grundbodenbearbeitung durch Wendepflug und Beetfräse, die Ausbringung der langsam wirkenden Varianten Kompost, Carbokalk und Kohlensaurer Kalk.

Tab. 2: Zeitlicher Ablauf der Arbeiten im Feldversuch auf dem Versuchsstandort Lammertzhof 2016

16.02.	Bodenentnahme für Gefäßversuch, Mischproben bis 30 cm (8 Einstiche pro Parzelle), Mischproben 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm
05.04.	Ausbringung: Kompost, Carbokalk, Kohlensaurer Kalk
08.05.	Ausbringung: CiniCal, Branntkalk, Holzasche
12.05.	Mischproben bis 30 cm (8 Einstiche pro Parzelle), Pflanzung der Kohlrabi
23.05.	Manuelle Unkrautkontrolle
11.06.	Unkrautkontrolle, Hacken (mechanisch), Schuffeln
14.07	Mischproben bis 30 cm (8 Einstiche pro Parzelle), Ernte der Kohlrabi

Am 08.05.16, wurden die potentiell schneller wirkenden Varianten CiniCal, Branntkalk und Holzasche ausgebracht. Nach jeder Ausbringung wurden alle Beete flach (< 10 cm), mit einer Beetfräse bearbeitet. Vier Tage später wurde Kohlrabi der Sorte Korist (BV) gepflanzt. Am selben Tag wurden Bodenproben aus 0-30 cm von je 8 Einstichen pro Parzelle zur pH-Wert Bestimmung entnommen. Während des Wachstums der Kohlrabi wurde zwei Mal manuell Unkraut entfernt und einmal maschinell gehackt. Geerntet wurde am 14.07.16. Die Ernte erfolgte manuell. Wieder wurden Mischbodenproben aus 0-30 cm von je acht Einstichen pro Parzelle zur pH-Wert Bestimmung entnommen.

Tab. 3: Erstellte Boniturskala zur Bewertung des Kohlherniebefalls an den Wurzeln der Kohlrabi

Boniturnote	Beschreibung	maximaler Durchmesser der Gallen [mm]
0	<i>kein Befall</i>	0
1	<i>gerade eben erkennbarer Befall</i>	< 5
2	<i>deutlich erkennbarer Befall</i>	> 5 < 10
3	<i>mittlerer Befall</i>	>10 < 15
4	<i>starker Befall</i>	> 15 < 20
5	<i>sehr starker Befall</i>	> 20

Bonitur

Um den Kohlherniebefall an den Kohlrabi zu bestimmen, wurde eine sechs-gliedrige Boniturskala erstellt (Tab. 3), von 0 (kein Befall) bis 5 (sehr starker Befall).

Frischmasse von Sprossknollen und Wurzeln

Die Frischmasse (g) wurde anhand des Einzelgewichtes der Sprossknollen gemessen. Die Anzahl der gewogenen Sprossknollen pro Parzelle wurde bestimmt. Es wurden die mittlere Frischmasse aller Sprossknollen, die mittlere Frischmasse der mit Wurzel geernteten Sprossknollen sowie die mittlere Frischmasse der ohne Wurzel geernteten Sprossknollen der jeweiligen Parzelle ermittelt. Um die Wurzelfrischmasse (g) zu messen, wurde die Wurzel unterhalb der Sprossknolle mit einer Gartenschere abgetrennt und einzeln gewogen.

Gefäßversuch

Versuchsaufbau

Der einfaktorielle Gefäßversuch mit sechs Varianten (1. Carbokalk, 2. CiniCal, 3. Kohlensäurer Kalk, 4. Branntkalk, 5. Kompost, 6. Holzasche) und sechs Wiederholungen wurde auf dem Versuchsbetrieb für Organischen Landbau Wiesengut in Hennef mit derselben Düngerdosierung wie im Feldversuch durchgeführt.

Versuchsdurchführung

Für die Befüllung der Gefäße wurde Boden vom Schlag des Feldversuchs verwendet und durch Sieben homogen aufbereitet, so dass Pflanzenmaterial und grobe Kluten sowie Steine entfernt waren. In jedes der 36 Gefäße wurden 3500 g Boden, gemischt mit der jeweiligen Menge der 6 verschiedenen basisch wirkenden Stoffe gefüllt. Die Wassersättigung wurde über die gesamte Laufzeit des Versuches bei 50 % gehalten. Die Lagerungsdichte des Bodens lag bei $1,25 \text{ g cm}^{-3}$. Die Probenentnahme zur Bestimmung des pH-Wertes erfolgte zu acht Terminen mit einem Laborlöffel aus drei Tiefen des Gefäßes (oben, mittig, unten).

Ergebnisse

Feldversuch

Ergebnisse der Wurzelbonitur

Die Wurzelbonitur zeigte, dass in der Kontrollvariante (Boniturnote 2,8) ein höherer Befall mit *P. brassicae* vorlag als in den anderen Varianten. Die Variante Holzasche (Boniturnote 2,1) hatte den geringsten Befall. Signifikante Unterschiede wurden jedoch nicht gefunden.

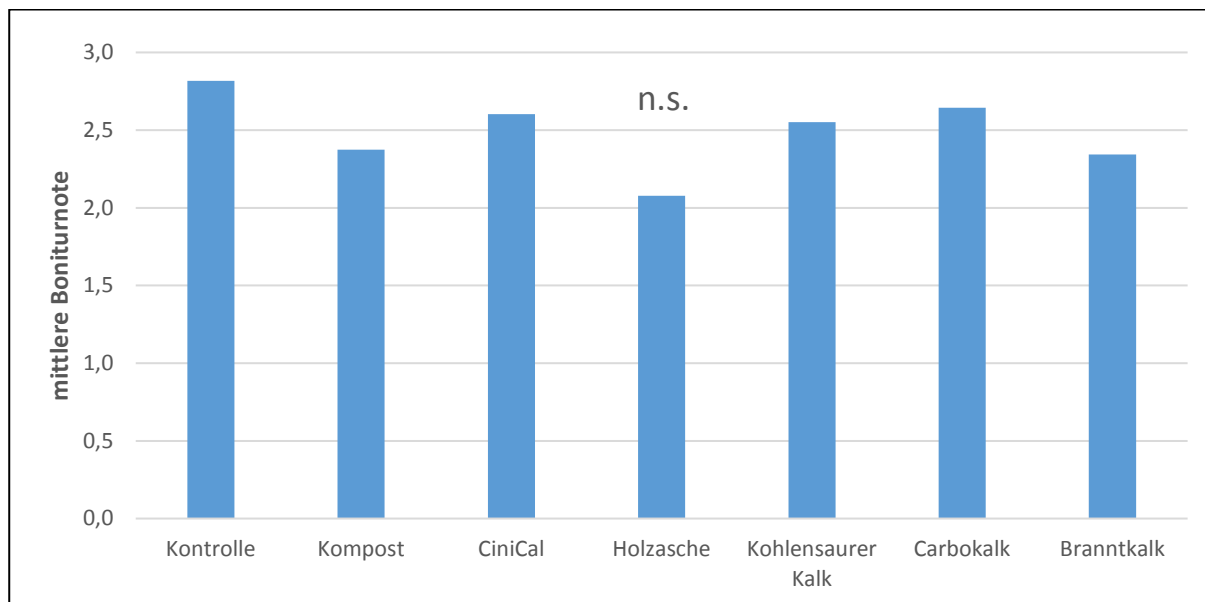


Abb. 2: Ergebnisse der Bonitur auf Kohlhernie nach der Ernte am 14.07.2016 (Tuckey-Test, $\alpha = 0,05$).

Fast alle Pflanzen waren mit *P. brassicae* infiziert, nur ganz vereinzelt traten gesunde Pflanzen auf. Dies deutet darauf hin, dass im Boden des Feldversuches eine hohe Erregerzahl vorlag. Diese Annahme kann mit Blick auf die Fruchtfolge unterstützt werden, da auf dem betroffenen Schlag zuvor Kohl und Rotklee standen und in großem Maße Hederich als kreuzblütiges Unkraut auftrat. Alle genannten Arten sind potentielle Wirte von *P. brassicae* und trugen wahrscheinlich zur Populationsentwicklung bei.

Mittlere Sprossknollengewichte

Die mittleren Sprossknollengewichte (Abb. 3) zeigen Unterschiede zwischen den getesteten Varianten. In der Kontrollvariante blieben die Sprossknollen sehr klein, was sich in den Ergebnissen der mittleren Sprossknollengewichte niederschlägt. Obwohl die Boniturwerte für die Variante Holzasche (2,1) am niedrigsten waren, konnte sich im Mittel pro Sprossknolle nur eine Frischmasse von 124 g bilden. Die Branntkalk-Variante erzielte das größte Sprossknollengewicht (222 g), gefolgt von Carbokalk und Kompost.

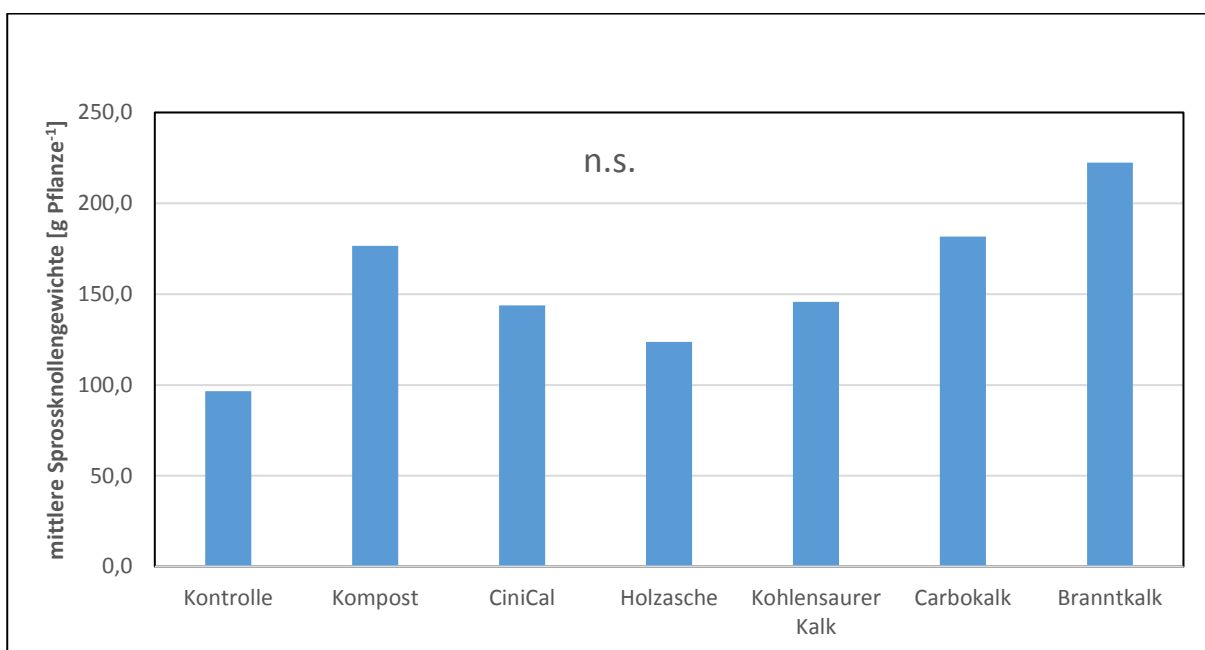


Abb. 3: Einfluss der Dünger auf die mittleren Knollengewichte der Kohlrabi [g Pflanze⁻¹] nach der Ernte am 14.07.2016 (Tuckey-Test, $\alpha = 0,05$).

pH-Werte des Oberbodens (0-30 cm)

Die in Abb. 4 aufgeführten Daten zeigen die pH-Wert-Entwicklung der sieben Varianten des Feldversuchs. Alle pH-Werte der gedüngten Parzellen konnten erhöht werden. Vor allem die pH-Wert-Wirksamkeit von Carbokalk und Branntkalk ist deutlich. Zu Termin 2 war der pH-Wert in der Variante Carbokalk signifikant höher als die Kontrolle.

Der pH-Wert im Feldversuch konnte jedoch in keiner Variante auf Werte > 7 gesteigert werden. Es ist möglich, dass durch die hohen Niederschläge im Juni 2016 (154,5 mm) pH-wirksame Ionen aus dem Oberboden in tiefere Bodenschichten verlagert wurden.

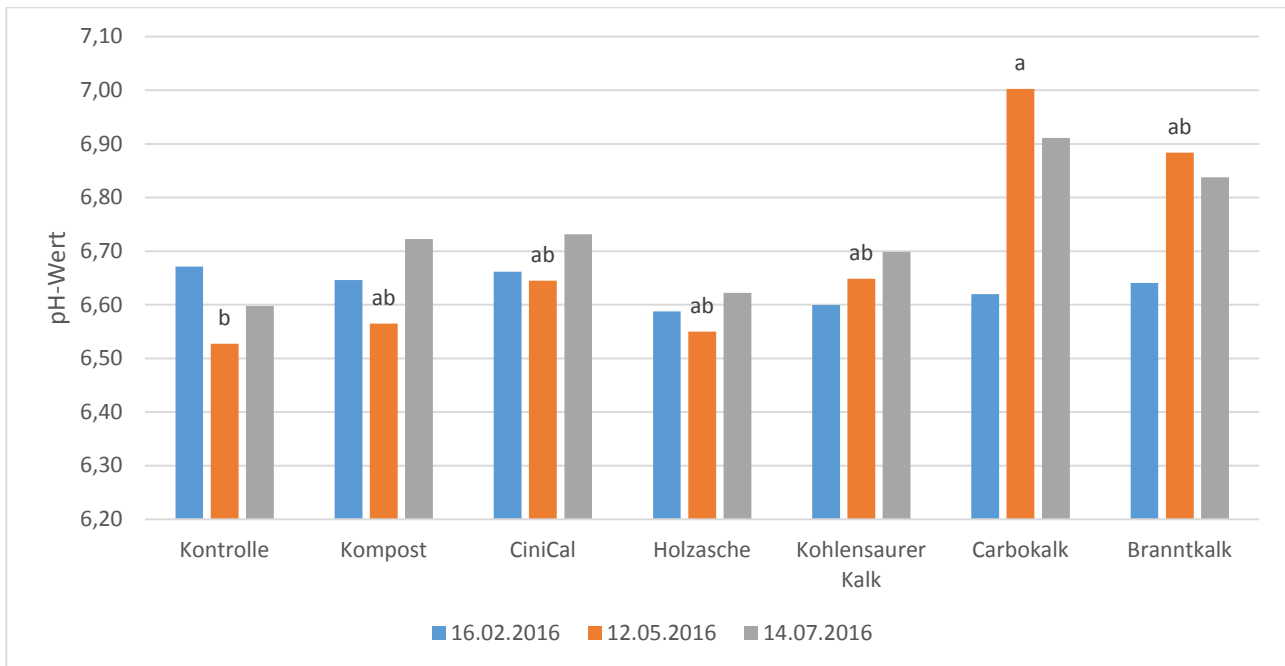


Abb. 4: Mittlere pH-Werte der jeweiligen Varianten des Feldversuchs. Messtermine: 16.02.16, 12.05.16 und 14.07.16. Termine mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (Tuckey-Test, $\alpha = 0,05$)

Gefäßversuch

pH-Wert Entwicklung

Alle im Gefäßversuch getesteten Varianten wirkten basisch. Die Messreihe (Tab. 4) hat die Annahme, dass Holzasche und Branntkalk schnell basisch wirksam werden bestätigt. Kompost hatte wie vermutet nur eine geringe pH-Wirkung. Auffällig ist, dass die pH-Werte schon bei der ersten Messung fast ihr Maximum erreichten. Nur bei der Varianten CiniCal, Kohlensäurer Kalk und Kompost änderte sich der pH-Wert über die Zeit marginal.

**Tab. 4: Einfluss der Dünger auf die mittleren pH-Werte der einzelnen Mess-
termine (03.06. – 11.07.2016).** Werte einer Variante mit unterschiedlichen
Buchstaben unterscheiden sich signifikant (Tuckey-Test, $\alpha = 0,05$).

	Carbokalk	CiniCal	Kohlensaurer Kalk	Brantkalk	Holzasche	Kompost
T 0: 01.06.16			6,63			
T 1: 03.06.16	7,72 b	6,89 cd	7,16 cd	7,99 a	7,20 abc	6,77 f
T 2: 06.06.16	7,48 e	6,79 e	7,13 de	8,07 a	7,10 bc	6,73 f
T 3: 09.06.16	7,62 e	6,86 de	7,04 e	7,89 a	7,14 abc	6,88 de
T 4: 13.06.16	7,75 a	7,04 ab	7,32 ab	8,09 a	7,07 c	6,86 e
T 5: 20.06.16	7,66 c	7,03 ab	7,24 bc	7,89 a	7,32 a	6,98 ab
T 6: 27.06.16	7,69 cb	6,98 bc	7,33 ab	7,84 a	7,31 ab	7,00 a
T 7: 04.07.16	7,71 b	7,04 ab	7,35 ab	7,86 a	7,26 abc	6,94 ab
T 8: 11.07.16	7,71 b	7,09 a	7,36 a	7,78 a	7,24 abc	6,90 cd

Zusammenfassung

Carbokalk, als im Ökologischen Landbau zugelassener Dünger, konnte sowohl im Gefäßversuch als und im Freiland den pH-Wert signifikant erhöhen. Seine Wirkung war mit der von Brantkalk vergleichbar und im Feldversuch diesem sogar tendenziell überlegen. Allerdings blieb eine signifikante Reduzierung der Kohlhernie durch Brantkalk und Carbokalk im Felde aus. Tendenziell waren jedoch die Sprossknollengewichte in der Brantkalkvariante am höchsten, gefolgt von Carbokalk und Kompost.

Die folgenden Untersuchungen sollten sich auf die Wirksamkeit von Carbokalk konzentrieren, da sich mit diesem eine Möglichkeit für den Ökologischen Landbau bieten könnte, ergänzend zur Fruchtfolgegestaltung, die Kohlhernie mit direkten Maßnahmen wirkungsvoll zu reduzieren.

Die im Bericht zitierte Literatur ist beim Autor auf Anfrage erhältlich.