

Dokumentation

Berechnungstool zur Quantifizierung der Kohlenstoffbindung durch die Ausbringung von Komposten auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Für:
RETERRA Service GmbH
Seestraße 2a
50374 Erftstadt

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Institutsteil Sulzbach-Rosenberg
An der Maxhütte 1
92237 Sulzbach-Rosenberg

Tel.: +49 (0)9661 8155-400
Fax: +49 (0)9661 8155-469
E-Mail: info-suro@umsicht.fraunhofer.de
Web: www.umsicht-suro.fraunhofer.de

Leitung
Prof. Dr. Andreas Hornung
An der Maxhütte 1
92237 Sulzbach-Rosenberg

Ausführende Abteilung:
Kreislaufwirtschaft
Hon. Prof. Dr.-Ing. Matthias Franke

Im Unterauftrag:
RSL Recycling Solutions GmbH
Schöneberger Str. 8, 59510 Lippetal
Prof. Dr. Peter Hense
p.hense@rsl-recycling.de

Sulzbach-Rosenberg, den 17. März 2021

Inhalt

1	Einführung	3
2	Methodik zur Berechnung von Humusbilanzen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.....	5
	2.1 Allgemeine Grundlagen	5
	2.2 Die standortangepasste Bilanzierungsmethode (STAND-Methode) .	6
3	Berechnung von Humusbilanzen im erstellten Excel-Tool.....	12
	3.1 Berechnung von Humusäquivalenten.....	12
	3.2 Aufstellung Humus- und Kohlenstoffbilanz.....	13
4	Literatur.....	16
5	Anhang.....	17

Hinweis: Aus Gründen der Lesbarkeit wurde im Text die männliche Form gewählt, nichtsdestoweniger beziehen sich die Angaben auf Angehörige aller Geschlechter.

1 Einführung

Die RETERRA GmbH ist ein Spezialist für die Verwertung biologischer Rohstoffe und verwertet deutschlandweit organische Abfälle, um daraus hochwertige Produkte wie Komposte, Substrate, Bodendecker und Holzbrennstoff zu erzeugen. Die Ausbringung von Komposten beispielsweise auf landwirtschaftlichen Nutzflächen bewirkt nicht nur eine Ausbringung von Dünger bzw. Nährstoffen, sondern auch Humus. Humus wird durch den Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) als „die in den Boden integrierte organische Bodensubstanz (OBS) verstanden, die durch Bodenprobenahme und Untersuchung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff im Boden (C_{org}) [...] nachweisbar ist“ [VDLUFA 2014].

Dieser organische Kohlenstoff (C_{org}) entstammt der Photosynthese der zuvor lebenden Pflanzen und wurde der Atmosphäre während des Pflanzenwachstums in Form entsprechender Mengen Kohlendioxid (CO_2) entzogen. Entscheidend für einen mittel- und langfristigen Aufbau und damit die Speicherung von Kohlenstoff in Böden durch die Ausbringung von Komposten respektive Humus ist dabei der Abbau von C_{org} . Dieser Abbau ist insbesondere von Bodenart / -typ, der Bewirtschaftungsform / Fruchtart und der organischen Düngung abhängig.

Mit Hilfe eines auf Microsoft®-Excel basierenden Tools kann der Aufbau bzw. die Bindung von Kohlenstoff durch Kompostausbringung berechnet werden. In Abhängigkeit von substratspezifischen Analysenergebnissen der durch die RETERRA ausgelieferten Komposte sowie der wichtigsten, standortspezifischen Parameter zum Humusaufbau und -abbau werden die entsprechenden CO_2 -Mengen über die Dauer einer Fruchtfolge berechnet.

Das Berechnungstool liefert darüber hinaus folgende Ergebnisse:

- Humusbilanz über bis zu 10 Jahre, inkl. Einzelauflistung der Einflüsse von Hauptfruchtarten, dem Verbleib von Stroh / Blattwerk auf dem Feld, Düngungen, Zwischenfrüchten, Brachen und Kompostgaben (in Humusäquivalent, HÄQ, als $kg C_{org}/ha$)
- Humusbilanz über die Dauer der Fruchtfolge (in HÄQ/ha) und als Durchschnitt pro Jahr (in HÄQ/ha*a)
- Bilanz von fixiertem CO_2 über die Dauer der Fruchtfolge (in kg/ha) und als Durchschnitt pro Jahr (in $kg/ha*a$)

Es handelt sich bei diesem von Fraunhofer UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg, erstellten Berechnungstool um eine im Umfang reduzierte Systembeurteilung mit dem Schwerpunkt auf der Kohlenstoffbindung durch die Ausbringung von Komposten respektive dem Humusaufbau und -abbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Die Systemgrenze beschränkt sich auf ausgebrachten Kompost. Die Aufbereitung von Bio- und Grünabfällen zu Komposten sowie der Transport und die Ausbringung der Substrate auf den landwirtschaftlichen Flächen findet keinen Eingang in die Bilanz, da sie der Verwertung der Bio- und Grünabfälle zugerechnet wird.

2 Methodik zur Berechnung von Humusbilanzen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

2.1 Allgemeine Grundlagen

Hinsichtlich der Betrachtung von Humus ist zunächst zwischen dem langfristig stabilen / passiven Anteil (über Jahrhunderte bis Jahrtausende) und dem aktiven Anteil zu differenzieren. Während der passive Teil (Dauerhumus) rund 50 % in leichten Böden und bis über 80 % des Gesamthumus in den schweren Böden ausmacht, beläuft sich der aktive Teil (Nährhumus) auf ca. 20 - 50 %. Biochemisch sowie durch Bodenlebewesen als Nahrungs- und Energiequelle genutzt und dabei zu Kohlendioxid (CO₂) oxidierte organische Substanz wirkt dabei nur auf den Anteil des Nährhumus. Die Geschwindigkeit dieses Abbaus hängt insbesondere vom C/N-Verhältnis und Ligningehalt ab: Bei engen C/N-Verhältnissen und geringen Ligningehalten findet ein rascher, umgekehrt ein langsamer Abbau statt. In Abhängigkeit von der Geschwindigkeit dieses Abbaus und der Zufuhr neuer organischer Substanz (durch Pflanzen oder durch Ausbringung organischer Substanz) findet ein ständiger Abbau-, Umbau- und Aufbauprozess statt, so dass die geschilderten Fraktionen mit umsetzbarer, labiler bzw. mit weitgehend stabiler organischer Substanz nicht scharf voneinander trennbar.

Die Ab- bzw. Aufbaugeschwindigkeit wird v.a. durch folgende Randbedingungen beeinflusst:

- Biochemische Zusammensetzung und Abbaustabilität der organischen Substanz
- Nährstoffverfügbarkeit für die Bodenlebewesen
- Chemische und physikalische Stabilisierungsprozesse des Bodens (Bindung zwischen organischen und mineralischen Bestandteilen, Einschluss in Bodenaggregate, Sauerstoffgehalt u. a. Faktoren)
- Klimatische und hydrologische Einflussgrößen des Standortes (Temperatur, Niederschlag bzw. Bodenwassergehalt).

Zur Berechnung der Abbaugeschwindigkeiten bzw. der nach einem fixen Zeitraum, z.B. 1 Jahr, abgebauten respektive umgesetzten Substratmengen werden durch wissenschaftliche Einrichtungen wie den VDLUFA substratspezifische Abbaukonstanten ausgegeben. Neben den substratspezifischen Eigenschaften hängt der Abbau insbesondere auch von äußeren Bedingungen ab, die sich in Mitteleuropa wie folgt verteilen (Ergebnis aus 240 Dauerversuchen):

- Klima / Witterung: >50 %
- Bodeneigenschaften: 20 - 30 %
- Bewirtschaftung: 5 - 30 %

Hinsichtlich der Bewirtschaftung, also den einzigen durch den Landwirt aktiv und stetig beeinflussbaren Faktor, reichen die Anreicherungen durch Hauptfruchtarten (gemessen in Humusäquivalent, HÄQ, in kg C_{org}/ha und Jahr) von -900 kg/ha*a für Hackfrüchte wie Kartoffeln und Rüben bis zu +850 kg/ha*a für Feldfutter wie Leguminosen oder Ackergras. Entstehende Ungleichgewichte – ausschließlich bezogen auf den Humusgehalt von Böden – können dabei durch Düngungen erfolgen. Diese reichen von +2 kg/t Frischmasse bei Gründüngung bis zu über 90 kg/t bei Fertig- und Rindenkompost. [TLL 2016]

2.2 Die standortangepasste Bilanzierungsmethode (STAND-Methode)

Um standort- und bewirtschaftungsspezifisch alle Einflussfaktoren auf den Humusabbau und -aufbau berechnen zu können, wurden in den letzten Jahren verschiedene Methoden entwickelt, die von einer nicht-quantitativen Genauigkeiten über halb-quantitative Aussagen bis zu quantitativen Genauigkeiten reichen.

Für das im Rahmen dieses Projektes erstellte Berechnungstool wurde die s.g. standortangepasste Bilanzierungsmethode (STAND-Methode), eine Weiterentwicklung der VDLUFA-Methode des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), genutzt. Hauptaspekt dieser Wahl war, dass die Humuskoeffizienten differenziert auf Standortfaktoren basieren, welche die Humusreproduktionsleistung beeinflussen. Die STAND-Methode unterteilt die zu betrachtenden Standorte dabei in sechs Standortgruppen (STG). Die Bestimmung dieser STG erfolgt über die in Tabelle 1 gezeigten Auswahlmöglichkeiten bzgl. Bodenart / -typ, Feinanteil des Bodens, C/N-Verhältnis und der jährlichen Durchschnittstemperatur.

Tabelle 1: Auswahlmöglichkeiten zur Bestimmung der Standortgruppe [Kolbe 2008]

Bodenart / -typ	Feinanteil des Bodens	C/N-Verhältnis	Durchschnittstemperatur
Ton	≤8 %	≤9	≤8,5 °C
Lehmiger Ton	≤13 %	≥9	≥8,5 °C
Lehm	14-21 %	≥14	
Lehm (umsetzungsaktiv)	17-30 %		
Stark lehmiger Sand, sandiger Lehm	22-27 %		
Sand, anlehmiger Sand, lehmiger Sand	≥28 %		
Sand	≥38 %		
Schwarzerde			
Stark überversorgter Boden			
Stark unterversorgter Boden, Meliorationsboden			
Stark grundwasserbeeinflusster anmooriger und Moor-Boden			
Grundwasserferner anmooriger und Moor-Boden			

Die STG werden dabei wie in Tabelle 2 gezeigt gebildet. Hierbei zeigt sich, dass die Standortbetrachtung die Randbereiche ackerbaulich genutzter Landwirtschaftsflächen einschließt (z.B. Moorböden, stark überversorgte Böden), aber insbesondere in den deutschlandweit intensiv kultivierten Bodenarten (Lehm + Sand) eine differenzierte Auswahl ermöglicht.

Tabelle 2: Eingliederung von Standorten zu Standortgruppen (STG) nach der STAND-Methode [TLL 2016]

STG	Bodenart, -typ	Feinanteil ¹ (%)	C/N-Verhältnis	Temperatur ² (°C)	Niederschlag (mm/a)
1	Sand	≤8	≥ 14	-	-
	Schwarzerde	17 - 30	-	-	-
	Ton	≥38	-	-	≥700; ≥800 ³
	Stark überversorgte Böden	-	-	-	-
	stark grundwasserbeeinflusste anmoorige und Moor-Böden	-	-	-	-
2	Sand, anlehmiger Sand, lehmiger Sand	≤ 13	-	≤ 8,5	-
	Lehmiger Ton, Ton	≥ 28	-	-	-
3	Sand, anlehmiger Sand, lehmiger Sand	≤ 13	-	≥ 8,5	-
4	Stark lehmiger Sand, sandiger Lehm	14 - 21	-	≤ 8,5	-
5	Stark lehmiger Sand, sandiger Lehm	14 - 21	-	≥ 8,5	-
	Lehm	22 - 27	≥ 9	-	-
6	Lehm (umsetzungsaktiv)	22 - 27	≤ 9	-	-
	Stark unterversorgte Böden, Meliorationsböden	-	-	-	-
	Grundwasserferne anmoorige und Moor-Böden	-	-	-	-

¹ Feinanteil = Ton + Feinschluff; ² Jahres-Durchschnittstemperatur; ³: Bergregion: ≥700, Flachland ≥800 mm/a

Auf Basis der gewählten STG werden alle weiteren Berechnungen nach der STAND-Methode durchgeführt. Hinsichtlich der Nutzung der STAND-Methode

mit dem erstellten Excel-Berechnungstool werden dem Nutzer dabei – nach Bestimmung / Auswahl der STG – Auswahlmenüs hinsichtlich Bewirtschaftungsmaßnahmen vorgegeben, wobei in einigen Bereichen Eingaben zu Erntemengen und/oder Ausbringungsmengen (z.B. von Düngern) gemacht werden müssen. Die standortspezifischen Berechnungen auf Basis der einmal ausgewählten STG laufen dabei im Hintergrund ab. Die Eingabeschritte beziehen sich immer auf die gesamte Fruchtfolge und sind:

- 1) Hauptfruchtarten
- 2) Düngungen und Verbleib von Stroh / Blattwerk auf dem Feld
- 3) Düngung durch Komposte.

Als **Hauptfruchtarten** stehen die in der nachfolgenden Tabelle 3 gezeigten Arten zur Verfügung.

Tabelle 3: Auswählbare Hauptfruchtarten [Kolbe 2008]

Hauptfruchtart	Details
Getreide	einschließlich Öl-, Faserpflanzen, Sonnenblume
Kartoffeln	-
Körnerleguminosen	-
Mais	Silo- und Körnermais
Mehrjähriges Feldfutter	Zusatzauswahl: Hauptnutzung, als Frühjahrs-Blanksaat im Ansaatjahr, bei Gründeckfrucht, als Untersaat, als Sommerblanksaat
Rüben	-

Hauptfruchtart	Details
Gemüse & Heilpflanzen	<p>Gruppe 1: Blumenkohl, Brokkoli, Chinakohl, Fingerhut, Gurke, Knollensellerie, Kürbis, Porree, Rhabarber, Rotkohl, Stabtomate, Stangensellerie, Weißkohl, Wirsingkohl, Zucchini, Zuckermelone</p> <p>Gruppe 2: Aubergine, Chicorée (Wurzel), Goldlack, Kamille, Knoblauch, Kohlrübe, Malve, Möhre, Meerrettich, Paprika, Pastinake, Ringelblume, Schöllkraut, Schwarzwurzel, Sonnenhut, Zuckermais</p> <p>Gruppe 3: Ackerschachtelhalm, Alant, Arzneifenchel, Baldrian, Bergarnika, Bergbohnenkraut, Bibernelle, Blattpetersilie, Bohnenkraut, Borretsch, Buschbohne, Drachenkopf, Dill, Dost, Eibisch, Eichblattsalat, Eisbergsalat, Endivie, Engelwurz, Estragon, Faserpflanzen, Feldsalat, Fenchel (großfrüchtig), Goldrute, Grünerbse, Grünkohl, Hopfen, Johanniskraut, Kohlrabi, Kopfsalat, Kornblume, Kümmel, Lollo, Liebstöckel, Majoran, Mangold, Mutterkraut, Nachtkerze, Ölfrüchte, Pfefferminze, Radicchio, Radies, Rettich, Romana, Rote Rübe, Salbei, Schafgarbe, Schnittlauch, Spinat, Spitzwegerich, Stangenbohne, Tabak, Thymian, Wurzelpetersilie, Zitronenmelisse, Zwiebel</p> <p>Gruppe 4: Bockshornklee, Schabzigerklee, Steinklee</p>

Neben den oben aufgeführten Hauptfruchtarten können die in Tabelle 4 aufgelisteten Möglichkeiten der **Düngung** (ohne Kompost) und Brache sowie Zwischenfruchttypen ausgewählt werden. Zudem ist der Verbleib von Stroh (Getreide) bzw. Blattwerk (Mais, Rüben) auf dem Feld möglich. Hinsichtlich des Verbleibs von Stroh bzw. Blattwerk auf dem Feld wird zur Bestimmung des Verhältnisses von Hauptprodukt (Körner, Rübe) zu Nebenprodukt (Stroh, Blattwerk) zwischen konventionellem und ökologischem Landbau unterschieden.

Tabelle 4: Auswahlmöglichkeiten zu Düngung (ohne Kompost), Brache und Zwischenfrucht [Kolbe 2008]

Düngung	Brache	Zwischenfrucht
Stroh	Selbstbegrünung, ab Herbst	Winterzwischenfrucht
Gründüngung, Rübenblatt, Marktabfälle	Selbstbegrünung, ab Frühjahr des Brachejahres	Stoppelfrucht
Grünschnitt	Gezielte Begrünung, ab Sommer für folgende Brachejahre	Untersaat

Düngung	Brache	Zwischenfrucht
Stallmist, frisch	Gezielte Begrünung, ab Frühjahr des Brachejahres	
Stallmist, verrottet (auch Feststoffe aus Gülleseparation)		
Stallmist, kompostiert		
Gülle, Schwein		
Gülle, Rind		
Gülle, Geflügel(kot)		
Klärschlamm, ausgefault, unbehandelt		
Klärschlamm, kalkstabilisiert		
Gärrückstände, flüssig		
Gärrückstände, fest		
Gärrückstände, kompostiert		
Rindenkompost		
See- & Teichschlamm		

Gemäß der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK) können nach dem Überwachungsverfahren RAL-GZ 251 **Frischkomposte** (Rottegrade II und III) sowie **Fertigkomposte** (Rottegrade IV und V) in den Berechnungen ausgewählt werden. Jeder ausgebrachte Kompost ist dabei in Form eines RAL-Jahreszeugnisses gütegesichert. In der Analytik zur Bestimmung der Eigenschaften und Inhaltsstoffe wird u. a. der Humus-C-Gehalt (in kg/t) zur Bezugsgröße Frischmasse (wie angeliefert) bestimmt. Der Gehalt an Humus-C ist später relevant für die Berechnung der Wirkung der Ausbringung von Kompost auf dem Humushaushalt und damit auf die Anreicherung mit Kohlenstoff im Boden (s. u.).

3 Berechnung von Humusbilanzen im erstellten Excel-Tool

Das Berechnungstool zur Quantifizierung der Kohlenstoffbindung durch die Ausbringung von Komposten auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ist ein auf Excel basierendes Anwendertool inklusive Makros. Das Tool ist dabei ausschließlich für die Bedienung durch eingewiesene Mitarbeiter der RETERRA Service GmbH ausgelegt. Dabei werden kundenspezifische Daten sowie relevante Randbedingungen vorgegeben. Zu diesen zählen:

- Kundendaten: Name, Kundennummer, Anschrift
- Daten zur Fläche: Bezeichnung und Größe des betrachteten Schlags / Flurstücks, Bewirtschaftungsform (konventionell / ökologisch)

Die Unterscheidung zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftungsform ist dabei bei einem Verbleib von Stroh bzw. Blattwerk auf dem Feld relevant, da sich das Verhältnis zwischen Hauptprodukt (z.B. Weizenkorn) und Nebenprodukt (z.B. Stroh) bei beiden Bewirtschaftungsformen unterscheidet.

3.1 Berechnung von Humusäquivalenten

Hinsichtlich der Wirkungen von Haupt- und Zwischenfruchtarten sowie Brachen auf den Humus- respektive Kohlenstoffhaushalt des Bodens kann auf Tabellenwerte nach der STAND-Methode zurückgegriffen werden, die spezifisch für jede Standortgruppe (STG) vorliegen. Bei der Wirkung von Pflanzenrückständen (Stroh bzw. Blattwerk, das auf dem Feld verbleibt) sowie Düngungen (ohne Kompost) arbeitet die STAND-Methode nicht mit den genannten sechs STG, sondern bildet drei Gruppen entsprechend der Zufuhrhöhe der auf dem Acker belassenen Pflanzenrückständen bzw. ausgebrachten Düngermengen (niedrig, mittel und hoch). Tabelle 5 zeigt die entsprechenden Zufuhrhöhen dieser Gruppen.

Tabelle 5: Zuordnung der Zufuhrhöhe von Düngungen (ohne Kompost) entsprechend der STAND-Methode [Kolbe 2008]

Düngung	Einheit	Zufuhrhöhe		
		Niedrig	Mittel	Hoch
Stroh	t/ha*a	<3	3 - 6	> 6
Gründüngung, Stalldung	t/ha*a	<10	10 - 20	> 20
Gülle	m ³ /ha*a	<25	25 - 50	> 50

Zur Berechnung der Humuswirkungen von Komposten auf landwirtschaftlichen Flächen wird die von der VDLUFA entwickelte Methode mit Reproduktionskoeffizienten genutzt. Bei dieser Methode werden HÄQ mit Hilfe von Humusreproduktionsraten bestimmt. Als relevante Größe fließt dabei der Gehalt an „dem für die Humusreproduktion im Boden anrechenbare Kohlenstoff“ (Humus-C) in die Berechnung ein [BGK 2006]. Diese kann dem jeweiligen RAL-Gütezeugnis des Komposts entnommen werden.

3.2 Aufstellung Humus- und Kohlenstoffbilanz

Zur Aufstellung der Humusbilanz über die Dauer der Fruchtfolge werden die Summen aller relevanten Abschnitte aufaddiert und der Saldo kumuliert wiedergegeben. In Summe ergeben sich die Wirkungen aus den folgenden Bewirtschaftungsmaßnahmen:

- Hauptfruchtart
- Zwischenfrucht
- Verbleib Schnittgut
- 1. Düngung
- 2. Düngung
- Kompost
- Brache

Das Ergebnis der Humusbilanz wird durch das Excel-Berechnungstool nachfolgend grafisch (s. beispielhaft Abbildung 1) sowie numerisch für jedes Jahr der Fruchtfolge dargestellt.

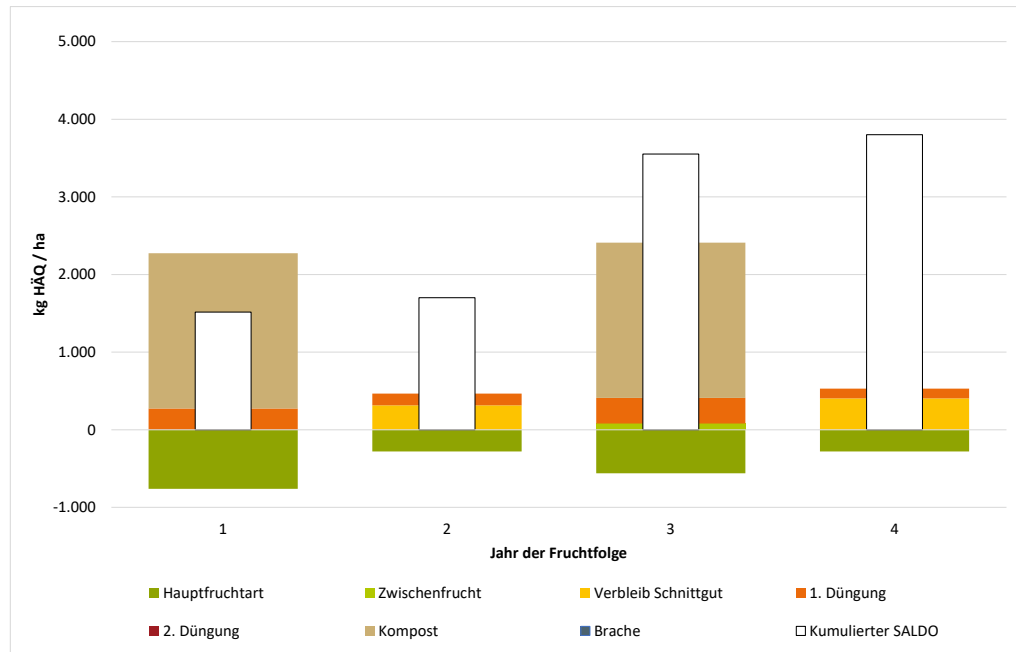


Abbildung 1: Beispiel für eine grafische Darstellung der Humusbilanz (STG: 5) mit zwei Ausbringungen von Kompost.

In einer Zusammenfassung werden final die kumulierten Werte und durchschnittlichen Jahreswerte der Humusbilanz als Humusäquivalente, HÄQ, in Form von kg C_{org} sowie CO_2 dargestellt (Tabelle 6). Die Umrechnung von C_{org} zu CO_2 ist eine stöchiometrische Umrechnung (gerundet $\times 3,66$).

Tabelle 6: Beispiel für eine Zusammenfassung der Ergebnisse (wie Abbildung 1).

Parameter	Einheit	Ergebnis		
		ohne Kompost	nur Kompost	mit Kompost
Humus (HÄQ)				
Saldo der Fruchtfolge	$\text{kg C}_{\text{org}}/\text{ha}$	-198,0	4.000,0	3.802,0
Ø Saldo p.a.	$\text{kg C}_{\text{org}}/\text{ha} \cdot \text{a}$	-49,5	1.000,0	950,5
Kohlenstoffdioxid				
Saldo der Fruchtfolge	$\text{kg CO}_2/\text{ha}$	-725,4	14.656,3	13.930,8
Ø Saldo p.a.	$\text{kg CO}_2/\text{ha} \cdot \text{a}$	-181,4	3.664,1	3.482,7

Für eine Nutzung ausgebrachter Komposte auf landwirtschaftlichen Flächen im Kontext der Kohlenstoffbindung wird, zusätzlich zur gezeigten Zusammenfassung, die Wirkung des Kompostes nach Ausgleich der Humusbilanz gezeigt. Dieser Wert ist relevant, sollte die Humusbilanz, beispielsweise durch den Anbau stark humuszehrender Fruchtarten ohne die Kompostausbringung nicht ausgeglichen sein. Für eine Nutzung des Kompostes im Kontext der Kohlenstoffbindung ist ausschließlich diese verbleibende Summe relevant.

4 Literatur

- BGK 2006 Rogasik, J.; Reinhold, J. (2006): Organische Düngung, Grundlagen der guten fachlichen Praxis, aus der Reihe „Kompost für die Landwirtschaft“. Hrsg.: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK). Köln, Juni 2006.
- Kolbe 2008 Kolbe, H. (2008): Einfache Verfahren zur Berechnung der Humusbilanz für konventionelle und ökologische Anbaubedingungen. Online verfügbar unter: <https://orgprints.org/13626/> [04.02.2020]
- TLL 2016 Kolbe, H.; Zimmer, J.: Leitfaden zur Humusversorgung, Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. In: Neues aus Untersuchung und angewandter Forschung, Berichte 2016, 1. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). Jena, Februar 2016.
- VDLUFA 2014 Ebertseder, T.; Engels, C.; Heyn, J.; Hülsbergen, K.-J.; Isermann, K.; Kolbe, H.; Leithold, G.; Reinhold, J.; Schmid, H.; Schweitzer, K.; Willms, M.; Zimmer, J.: Standpunkt: Humusbilanzierung, Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Hrsg.: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsarbeiten (VDLUFA). Speyer, März 2014.

5 Anhang



RAL-GZ 251

Jahreszeugnis 2020

PZ-Nr.: 3043-2001-001

RETERRA AktivKompost

RAL-Gütesicherung Kompost

 Jahreszeugnis 2020
 Seite 1 von 2

 Anlage VZEK
 (BGK-Nr.: 3043)

 Tonstr. 1
 50374 Erfstadt-Liblar

Rechtsbestimmungen/Regelwerke:

- Bioabfallverordnung
- Düngemittelverordnung
- Frischkompost (mittelkörnig)
Oberwachungsverfahren (RAL-GZ 251)


 Zeichengrundlage unter
www.gz-kompost.de

Die Einhaltung der jeweiligen Norm wird mit einem Häkchen ausgewiesen.

Warendeklaration der RAL-Gütesicherung¹⁾

Kennzeichnung
 gemäß Düngemittelverordnung

Eigenschaften und Inhaltsstoffe
 in der Frischmasse

Zweckbestimmung

Zur Bodenverbesserung und Düngung

 Aus Platzgründen ist die vollständige
 düngerechtliche Kennzeichnung in der
 Anlage "Kennzeichnung" zum Prüfzeugnis
 enthalten

	kg/t	kg/m ³
Stickstoff gesamt (N)	9,38	6,19
Stickstoff CaCl ₂ -löslich (N)	0,02	0,01
Stickstoff organisch (N)	9,36	6,18
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	3,73	2,46
Kaliumoxid gesamt (K ₂ O)	6,83	4,51
Magnesiumoxid ges. (MgO)	3,79	2,50
Basisch wirks. Stoffe (CaO)	27,9	18,4
pH-Wert	8,5	
Salzgehalt	5,60	g/l
C/N-Verhältnis	18	
Organische Substanz	293	kg/t
Humus-C	73	kg/t

Anwendungsbereiche

Landwirtschaft

Anwendungsempfehlungen

Landwirtschaft: siehe Anlage LW

 Hygienisierend und biologisch stabilisierend
 behandelt gem. §2 BioAbfV
 Frei von keimfähigen Samen und austriebfähigen
 Pflanzenteilen

Kömung	0-20 mm
Rohdichte	660 kg/m ³
Trockenmasse	62,1 %

Düngewert ²⁾	8,67 €/t
(im Anwendungsjahr)	5,72 €/m ³
Humuswert ³⁾	12,43 €/t
	8,20 €/m ³

 Das Erzeugnis unterliegt der
 RAL-Gütesicherung (RAL-GZ 251).
 Dieses Zeugnis wurde elektronisch
 erstellt. Es gilt ohne Unterschrift.

 Bundesgüte-
 gemeinschaft
 Kompost e.V.

 Träger der regelmäßigen Güteüberwachung
 gemäß §11 Abs. 3 BioAbfV.

Köln, den 13.01.2020

1) bei der Abgabe des Erzeugnisses verbindliche Warendeklaration der RAL-Gütesicherung. 2) Gemäß aktuellem Marktwert, ermittelt über äquivalente Kosten mineralischer Düngung nach Landhandelspreisen (Okt. - Dez. 2019) ohne MwSt. (0,76 €/kg N-löslich zzgl. 5% von N-organisch; 0,64 €/kg P₂O₅; 0,62 €/kg K₂O; 0,06 €/kg CaO). 4) Der Wert von Humus-C beträgt 0,17 €/kg Humus-C (kalkuliert auf Basis eines Strohpreises von 72,50 Euro/t).



Kennzeichnung gemäß Düngemittelverordnung

Anlage zum PZ-Nr.: 3043-2001-001
RETERRA AktivKompost



BGK-Nr.: 3043

Kennzeichnung gemäß Düngemittelverordnung

Organischer NPK-Dünger 0,93-0,37-0,68

mit Spurennährstoffen

unter Verwendung von organischen Abfällen, pflanzlichen Stoffen, tierischen Exkrementen nicht von Nutztieren

0,93 % N Gesamtstickstoff

0,37 % P₂O₅ Gesamtphosphat

0,68 % K₂O Gesamtkaliumoxid

0,62 % Fe Eisen

Nettomasse: siehe Lieferschein

Hersteller/Inverkehrbringer:

RETERRA Service GmbH
Gut Sophienwald, Seestr. 2 A
50374 Ertstadt

Ausgangsstoffe:

Bioabfälle aus getrennter Sammlung aus privaten Haushaltungen (100%), Pflanzliche Stoffe aus der Lebens-, Genuss- und Futtermittelherstellung, Tierische Exkremente nicht von Nutztieren (Zirkustiere), Pflanzliche Stoffe aus der Forstwirtschaft

Nebenbestandteile:

0,37 % MgO Gesamtmagnesiumoxid

29,3 % Organische Substanz

0,15 % Na Natrium

0,06 % Na wasserlösliches Natrium

Lagerung und Anwendung:

Eine Lagerung im Freiland ist unter Berücksichtigung anderer Rechtsbestimmungen möglich. Durchnässung, Abtragung und Auswaschung ist zu vermeiden, ansonsten trocken lagern. Wesentliche stoffliche Veränderungen sind nicht zu erwarten. Hinweise zur sachgerechten Anwendung siehe Anwendungsempfehlung. Die Empfehlungen der amtlichen Beratung sind vorrangig zu berücksichtigen. Bei einer Aufbringung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sind die Anwendungs- und Mengenbeschränkungen aus abfallrechtlichen Vorschriften (AbfKlärV, BioAbfV) zu beachten. Anwendungsvorgaben: Bei Anwendung dieses Düngemittels sind die Sperrfristen der Düngeverordnung in den Wintermonaten zu beachten. Organisches Düngemittel unter Verwendung von tierischen Nebenprodukten - Zugang für Nutztiere zu den behandelten Flächen bzw. Futtermittelgewinnung während eines Zeitraumes von 21 Tagen nach der Ausbringung verboten. Die Ausbringung auf Grünland und mehrschichtigen Feldfutterflächen ist nicht zulässig. Eine Anwendung bei Feldgemüse und Feldfutter darf nur vor dem Anbau mit anschließender Einarbeitung erfolgen.



RAL-GZ 251

Datenübersicht

PZ-Nr.: 3043-2001-001

RETERRA AktivKompost
RAL-Gütesicherung Kompost
 Jahreszeugnis 2020
 Seite 2 von 2

Anlage VZEK
 (BGK-Nr.: 3043)

 Tonstr. 1
 50374 Erfstadt-Liblar

Datengrundlage

Die aufgeführten Daten basieren auf nachfolgenden vorliegenden Chargenuntersuchungen für das Produkt Frischkompost, mittelkörnig:

Probenahme-datum	Labor (BGK-Nr.)	Probenehmer (BGK-Nr.)	Tagebuch-nummer
05.11.2019	111	824	192535/80019-124
01.10.2019	111	824	192323/80019-113
03.09.2019	111	824	192229/80019-107
02.07.2019	111	824	191894/80019-86
07.05.2019	111	824	191264/80019-47
02.04.2019	111	825	190922/80019-35
05.03.2019	111	824	190703/80019-14
05.02.2019	111	824	190501/80019-8
08.01.2019	111	824	190007/80019-3

Ausgangsstoffe¹⁾

Anteil	Bezeichnung
100%	A1 Inhalt der Biotonne
0,1%	B7a Überlagerte pflanzliche Lebens- und Genussmittel
<0,1%	E1 Rückstände aus der Verarbeitung pflanzlicher Stoffe
<0,1%	I10a Exkremente von Zirkustieren
<0,1%	G3a Sägespäne, -mehl, Holzwolle

Weitere Inputstoffe/Hilfsstoffe

Hinweise zur Datengrundlage

Das Jahreszeugnis weist die Mittelwerte (Median) der im Rahmen der Fremdüberwachung durchgeführten Chargenuntersuchungen für den Frischkompost aus. Es beschreibt somit die anzunehmende Produktqualität von Chargen, für die keine eigene Untersuchung vorliegt.

Mittelwerte (Median)

Parameter	Wert	Einheit
Pflanzennährstoffe		
Stickstoff, gesamt (N)	1,51	% TM
Phosphat, gesamt (P ₂ O ₅)	0,60	% TM
Kaliumoxid, gesamt (K ₂ O)	1,10	% TM
Magnesiumoxid, gesamt (MgO)	0,61	% TM
Ammonium CaCl ₂ -löslich (NH ₄ -N)	6	mg/l FM
Nitrat CaCl ₂ -löslich (NO ₃ -N)	7	mg/l FM
Bodenverbesserung		
Organische Substanz	47,2	% TM
Basisch wirks. Bestandteile (CaO)	4,50	% TM
Physikalische Parameter		
Rohdichte	660	g/l
Wassergehalt	37,9	% FM
Salzgehalt (Extr. 1:5)	5,60	g/l FM
pH-Wert (H ₂ O)	8,5	
Rottegrad (1-5)	4	(31,6°C)
Fremdstoffe > 2 mm gesamt	0,11	% TM
- verformbare Kunststoffe (Folien)	< 0,01	% TM
- sonstige Fremdstoffe	0,108	% TM
Verunreinigungsgrad (Flächensumme)	7,00	cm ² /l
Steine > 10 mm	0,374	% TM
Biologische Parameter/Hygiene		
Keimfähige Samen / keimf. Pflanzenteile	0	je l FM
Salmonellen	nicht nachweisbar	
Schwermetalle		
Blei (Pb)	34,0	mg/kg TM
Cadmium (Cd)	0,51	mg/kg TM
Chrom (Cr)	17,0	mg/kg TM
Kupfer (Cu)	47,0	mg/kg TM
Nickel (Ni)	12,0	mg/kg TM
Quecksilber (Hg)	0,10	mg/kg TM
Zink (Zn)	175	mg/kg TM

 Weitere Informationen zu den Untersuchungsmethoden im Merkblatt 'Untersuchungsumfang und Methodenverweise' (Dok. 251-008-1) der RAL-Gütesicherung Kompost. Download unter www.gz-kompost.de
¹⁾ Einsatzstoffe gemäß Verzeichnis zulässiger Einsatzstoffe für die Herstellung gütegesicherter Komposte und Gärprodukte (Dok. GS-007-01).



Anwendung Landwirtschaft

Anlage LW zum PZ-Nr.: 3043-2001-001

RETERRA AktivKompost

(Frischkompost mittelkörnig)



BGK-Nr.: 3043

Tabelle 1: Daten zur Düngeberechnung
 (Angaben in der Frischmasse)

Inhaltsstoff	%	kg/t	kg/m ³
Stickstoff gesamt (N)	0,04	0,38	6,19
Stickstoff löslich (N)	0,00	0,02	0,01
Stickstoff organisch (N)	0,04	0,36	6,18
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	0,37	3,73	2,46
Kaliumoxid gesamt (K ₂ O)	0,68	6,83	4,51
Magnesiumoxid gesamt (MgO)	0,38	3,79	2,50
Bas. wirks. Bestandteile (CaO)	2,79	27,9	18,4
Organische Substanz	29,3	293	193
Humus-C	7,31	73,1	48,2

Umrechnungsfaktoren Aufwandmenge

 Der Umrechnungsfaktor von Frischmasse (FM) in Trockenmasse (TM) beträgt 0,62 und von TM in FM 1,61. Der Umrechnungsfaktor von Volumen (m³) in Masse (t) beträgt 0,66 und von t in m³ FM 1,52.

Tabelle 2: Nährstoffausnutzung für Ackerland
 (Mindestanrechenbarkeit nach DüV, Angaben in der Frischmasse)

Stickstoff (N)	% von N _{ges}	kg/t	kg/m ³
Anwendungsjahr ¹⁾	5	0,47	0,31
Erstes Folgejahr ²⁾	4	0,38	0,25
Zweites Folgejahr ²⁾	3	0,28	0,19
Drittes Folgejahr ²⁾	3	0,28	0,19

Phosphat (P ₂ O ₅)	% von P _{ges}	kg/t	kg/m ³
Anwendung in der Fruchtfolge ²⁾	100	3,73	2,46

¹⁾nach § 4 Abs. 1 Nr. 5 DüV anzurechnende Folgewirkung.

Tabelle 3: Mittlerer Dünge- und Humuswert
 (am Beispiel einer dreigliedrigen Fruchtfolge)

	Produktmenge (FM)		Düngewert ^{3,5)}	Humuswert ⁴⁾
	t/ha	m ³ /ha	€/ha	€/ha
jährlich	16	24	140	200
in 3 Jahren ²⁾	48	73	419	600

 Die Tabelle zeigt ein Beispiel zur Versorgung einer dreigliedrigen Fruchtfolge. Dem Beispiel liegt eine mittlere Versorgungsstufe des Bodens und ein jährlicher Bedarf von 120 kg/ha N¹⁾, 60 kg/ha P₂O₅ und 140 kg/ha K₂O zugrunde. Im vorliegenden Fall ist Phosphat limitierend. Der Bedarf der Fruchtfolge (180 kg/ha P₂O₅) kann mit 48 t bzw. 73 m³/ha Kompost gedeckt werden.

Anrechnung von Nährstoffen und Humus

Stickstoff im Kompost liegt überwiegend in organisch gebundener Form vor. Tabelle 2 zeigt die Anrechenbarkeit nach Düngerverordnung (DüV).

Phosphat, Kaliumoxid, Magnesiumoxid sowie basisch wirksame Stoffe sind in der Fruchtfolge zu 100 % anrechenbar. Bei Aufwandmengen nach Tabelle 3 sind die Grunddüngung (P, K) und die Erhaltungskalkung (CaO) weitgehend abgedeckt.

Humus-C ist der im Rahmen der Humusbilanz nach VDLUFA anrechenbare humusproduktionswirksame Kohlenstoff (Humus-C).

Angaben nach Düngerverordnung

Nach DüV handelt es sich um ein Düngemittel

- mit wesentlichem Nährstoffgehalt (gemäß § 2, Nr. 11 DüV, >1,5 % N oder >0,5 % P₂O₅ i.d. TM)
- mit wesentlichem Gehalt an Stickstoff (gemäß § 2 Nr. 11 DüV >1,5% N)

Der Kompost unterliegt der Sperrfrist in den Wintermonaten nach § 6 Abs. 8 DüV. (i.d.R. 15.Dezember bis 15.Januar).

Beim Nährstoffvergleich werden die Gesamtgehalte an Stickstoff und Phosphat zu Grunde gelegt. Aufgrund geringer pflanzenbaulicher Verfügbarkeiten des Stickstoffs kann für den Bilanzzeitraum von drei Jahren die Stickstoffanrechnung im Nährstoffvergleich bis auf 30 % reduziert werden. Dies erfolgt nach Vorgaben oder in Abstimmung mit der nach Landesrecht zuständigen Stelle (§ 8 Abs. 5 DüV).

Zeitpunkt und Menge der Düngung sind so zu wählen, dass verfügbare oder verfügbar werdende Nährstoffe den Pflanzen zeitnah und in einer dem Bedarf der Pflanzen entsprechenden Menge zur Verfügung stehen.

Für ausgewiesene belastete Gebiete nach § 13 Abs. 2 DüV sind die Vorschriften der jeweiligen Landesregierungen zu beachten.

Anwendungsvorgaben

Zulässige Aufwandmengen sind nach guter fachlicher Praxis der Düngerverordnung zu bestimmen und dürfen gemäß Bioabfallverordnung 30 t Trockenmasse bzw. 48 t Frischmasse je Hektar in drei Jahren nicht überschreiten. Empfehlungen der amtlichen Beratung gelten vorrangig. Organisches Düngemittel unter Verwendung von tierischen Nebenprodukten - Zugang für Nutztiere zu den behandelten Flächen während eines Zeitraumes von 21 Tagen nach der Ausbringung verboten. Die Ausbringung auf Grünland und mehrschichtigen Feldfutterflächen ist nicht zulässig. Eine Anwendung bei Feldgemüse und Feldfutter darf nur vor dem Anbau mit anschließender Einarbeitung erfolgen. Keine Ausbringung auf überschwemmten, wassergesättigten oder schneebedeckten Flächen. Die Ausbringung auf gefrorenen Boden nach § 5 Abs. 1 Satz 3 DüV ist zulässig (Voraussetzung: Pflanzendecke, keine Abschwemmung, Ausbringung zur Verhinderung von Bodenverdichtung). Abstandsregelungen zu Gewässern sind zu berücksichtigen (§ 5 Abs. 2 und 3 DüV).

 Im Zeitraum von 3 Jahren dürfen auf derselben Fläche Klärschlämme nicht zusätzlich aufgebracht werden. Bei der Aufbringung auf Feldgemüse- und Feldfutterflächen oberflächlich einarbeiten. Bei der Erstanwendung der Komposte sind die Flächen durch den Bewirtschafter der zuständigen Behörde anzugeben (§ 9 Abs. 1 BioAbfV). Das BGK-Merkblatt "Dokumentations- und Meldepflichten des Landwirtes" (Dok. GS-010-1) enthält weitere Informationen⁵⁾.

1) Ermittelter Gehalt des verfügbaren Stickstoff, jedoch mindestens 5% von N-gesamt (DüV Anlage 3). 2) Bei Düngung für die gesamte Fruchtfolge (Grunddüngung) können die jährlichen Aufwandmengen für eine Bedarfsdeckung von 3 Jahren summiert werden. 3) Gemäß aktuellem Marktwert, ermittelt über äquivalente Kosten mineralischer Düngung nach mittleren Landhandelspreisen (Okt. - Dez. 2019) ohne MwSt. (0,76 €/kg N-anrechenbar, 0,64 €/kg P₂O₅, 0,62 €/kg K₂O, 0,06 €/kg CaO). 4) Der Wert von Humus-C beträgt 0,17 €/kg Humus-C (kalkuliert auf Basis eines Strohpreises von 72,50 Euro/t). 5) Abrufen unter www.kompost.de. 6) Anrechenbarer Stickstoff im Anwendungsjahr (N-Höchst zgl). 5% von N-organisch.