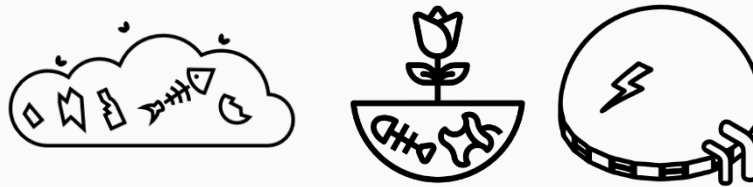




Hochschule
Zittau/Görlitz
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Biologische Behandlungsverfahren für getrennt erfasste organische Abfallstoffe

- ▶ Prof. Dr.-Ing. Jakob Hildebrandt
Professur für betrieblichen Umweltschutz und Nachhaltigkeit
Hochschule Zittau/Görlitz University

STUDIERN_OHNE_GRENZEN



Gliederung des Vortrags

- I. Generelle Fraktionen im kommunalen Bioabfall
- II. Aufkommen an organischen Abfallfraktionen
- III. Erfassungssysteme und Bioabfallumschlag
- IV. Störstoffe und Vorbehandlungsverfahren
- V. Auslegung von Kompostierungs- und Bioabfallvergärungsanlagen
- VI. Verwertungspfade für Biogas- und Biomethan
- VII. Aufbereitung von Rohkompost und Siebresteverwertung
- VIII. Vermarktung von Kompostsubstraten
- IX. Fazit und Empfehlungen

Mengenaufkommen von biogenen Abfallfraktionen in Deutschland

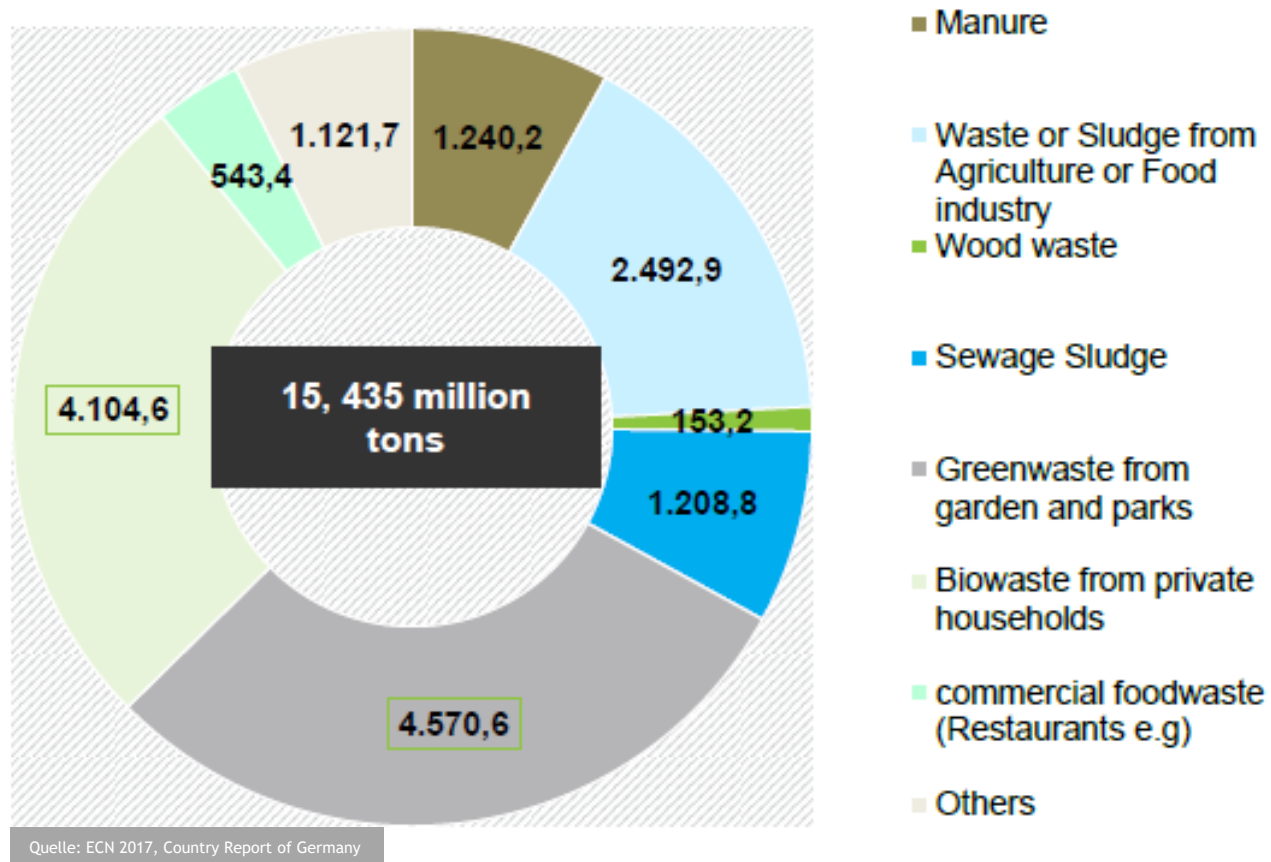
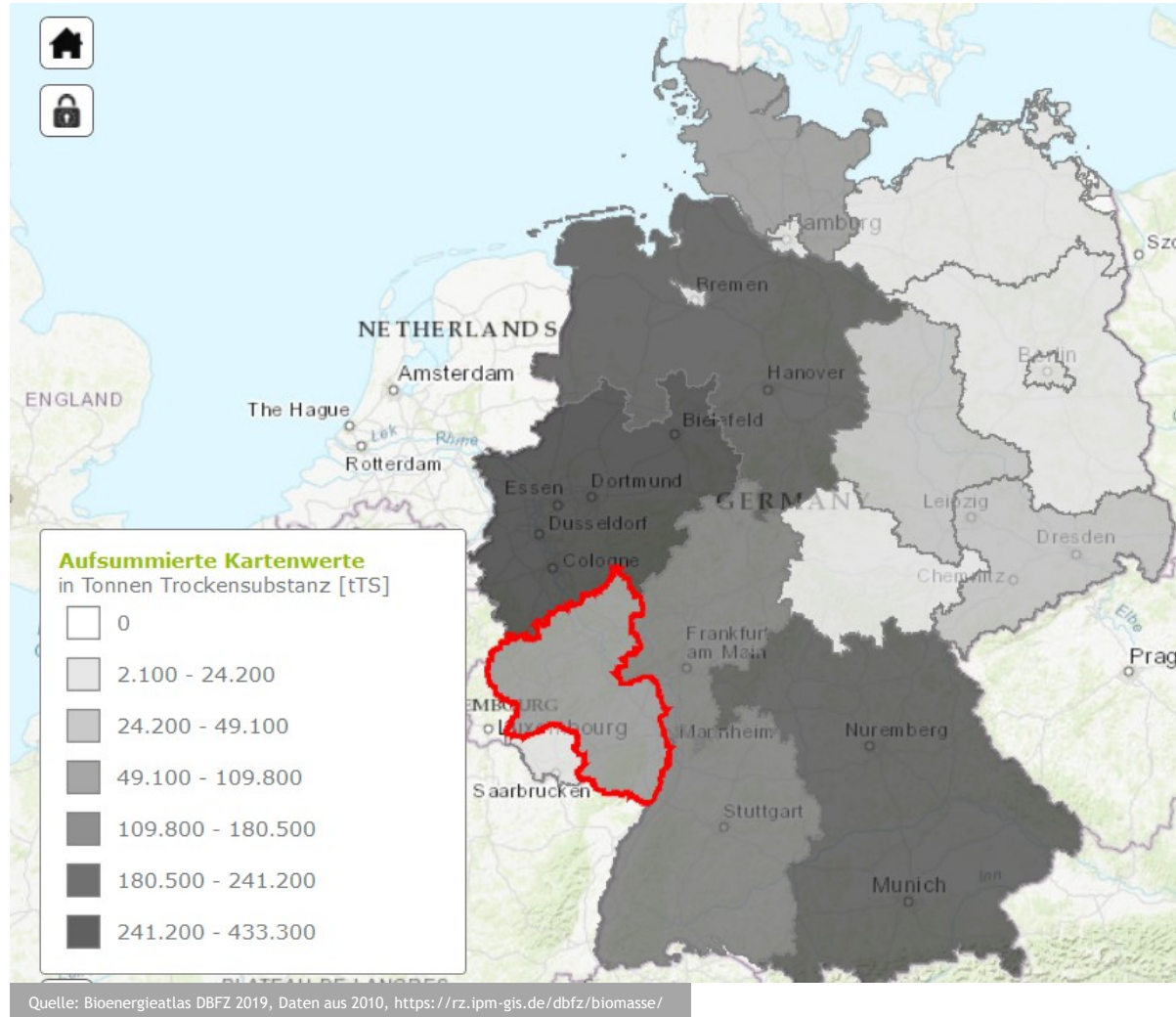


Figure 2: Composition of organic waste supplied to treatment plants (published by UBA [12](#), data DESTATIS [1](#))

Aufkommen an Bioabfällen (ohne Grüngut) in den einzelnen Bundesländern





Teilfraktionen der kommunalen Bioabfallsammlung



Quelle: Verband der Humus- und Erdenwirtschaft (VHE)

I. Strauch- und Baumschnitt als holzige Fraktion im Grüngut:
Holziger Anteil wird in der Überkornfraktion
häufig in Biomasse-Heizkraftwerken zur Strom-
und Wärmeerzeugung verwertet



Quelle: Verband der Humus- und Erdenwirtschaft (VHE)

II. Krautige Fraktion im Grüngut (nicht-holzig, z.B. Rasen,
Unkraut, Heckenschnitt)



Bildnachweis: Hildebrandt 2018 at
KOMPOTEC GmbH

III. Stickstoffreiche biogene Abfälle im Biogut:
z.B. Gemüseputzreste, Zubereitungsreste, Speiseabfälle
und entpackte, überlagerte Lebensmittel sowie
z.B. abgestorbene Topfpflanzen u.ä.



Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV-Schlüssel) und Positivkatalog in der Annahme

20	Siedlungsabfälle (Haushaltsabfälle und ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle sowie Abfälle aus Einrichtungen), einschließlich getrennt gesammelter Fraktionen
20 01	Getrennt gesammelte Fraktionen (außer 15 01)
20 01 08	biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle
20 02	Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle)
20 02 01	biologisch abbaubare Abfälle
20 03	Andere Siedlungsabfälle
20 03 01	gemischte Siedlungsabfälle
20 03 02	Marktabfälle



Abbildung 2: Bewertung von Fehlwürfen. (Quelle: Petra Hoeß/Umweltbüro FABION GbR, Blickpunkt, Ausgabe 20, S. 17)

Quelle: H&K Q1 2019, verfügbar auf www.kompost.de

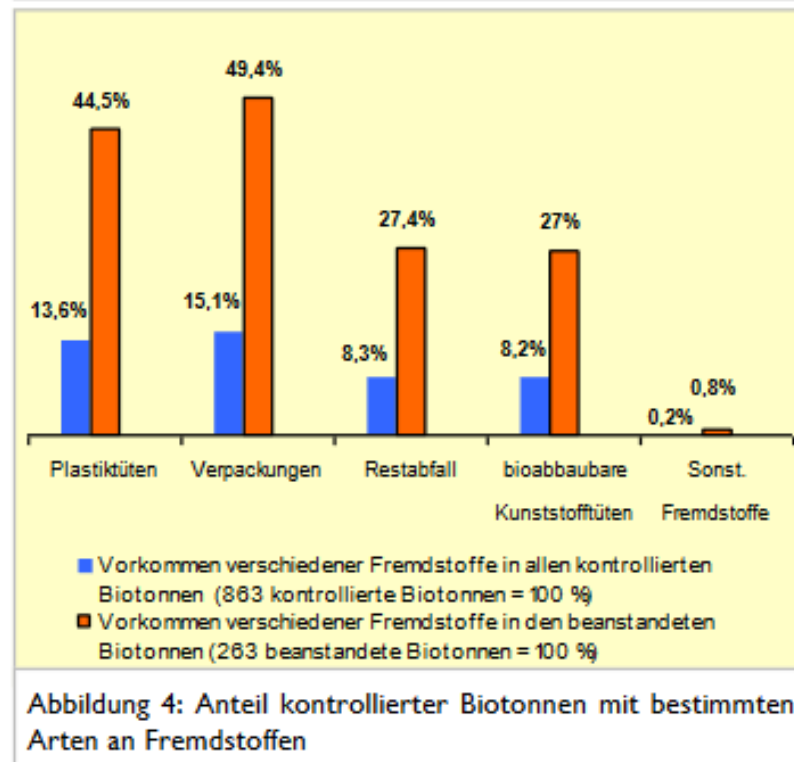


Abbildung 4: Anteil kontrollierter Biotonnen mit bestimmten Arten an Fremdstoffen

Quelle: H&K Q1 2019, verfügbar auf www.kompost.de



Eingesetzte Sammelfahrzeuge in der Kommunalen Sammlung

Bei Tonnenabfuhr in Deutschland üblicherweise
grundsätzliche Unterscheidung in

- ▶ Pressschildfahrzeuge und Drehtrommelfahrzeuge
- ▶ Seitenlader und Hecklader

Typische Ladungsmenge

- ▶ 6 Mg bis 9 Mg pro Anliefer tour



Quelle: Public Domain, Wikipedia

Bei Bioabfallumschlag

- ▶ Teleskopkipper, Rollcontainerzüge und
Muldenfahrzeuge

Typische Ladungsmenge

- ▶ 18 Mg bis 25 Mg pro Umschlag tour



Quelle: ACTS-Verladung, Public Domain, Wikipedia

Getrennt erfasste kommunale Bioabfälle mit Biogut und Grüngutfraktionen



Bildnachweis: Hildebrandt 2018 at KOMPOTEC GmbH

- Biogut aus kommunaler Sammlung (Biotonne)**
- Eintrag in Bioabfallvergärung
 - Hoher Wassergehalt > 65%
 - Hohe Biogausbeute ca. 90 m³/t
 - Hoher Anteil Küchenabfälle
 - Hoher Anteil Störstoffe (Glas und Kunststoff)



Bildnachweis: Hildebrandt 2018 at KOMPOTEC GmbH

- Grüngut aus kommunaler Sammlung (Garten und Parkabfälle)**
- Eintrag in Kompostierung als Strukturgut
 - Geringerer Wassergehalt > 45%
 - Schwerer abbaubare Lignocellulose, daher primäre nicht für Vergärung geeignet



Aufbereitung von Strukturgut für die Kompostierungsbeimischung

Feinanteil in Strukturgut fördert:

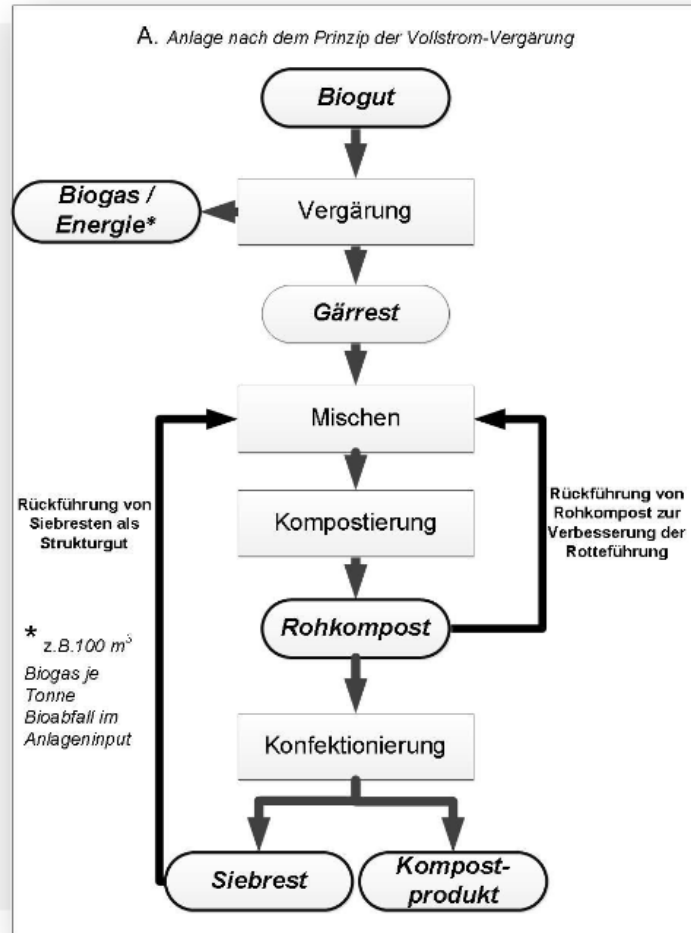
- Bessere Entwässerbarkeit des Rotteguts
- Bessere Belüftbarkeit des Rotteguts
- Ausgeglichenes C/N-Verhältnis im Rotteprozess



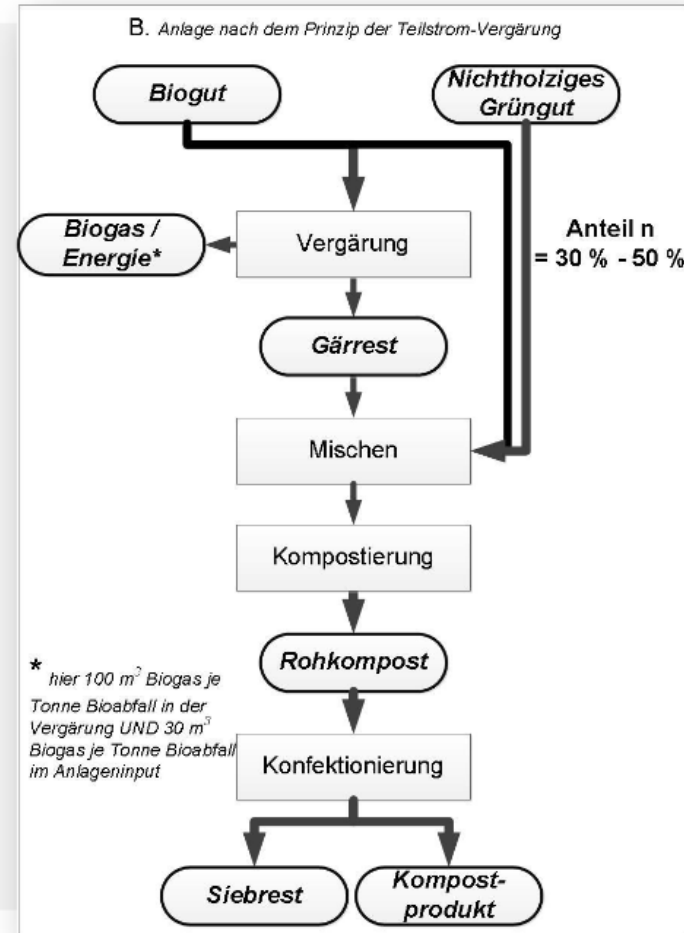
Bildnachweis: Hildebrandt 2018 at KOMPOTEC GmbH



Konzepte der Bioabfallkompostierung mit vorgeschalteter Vergärungsstufe

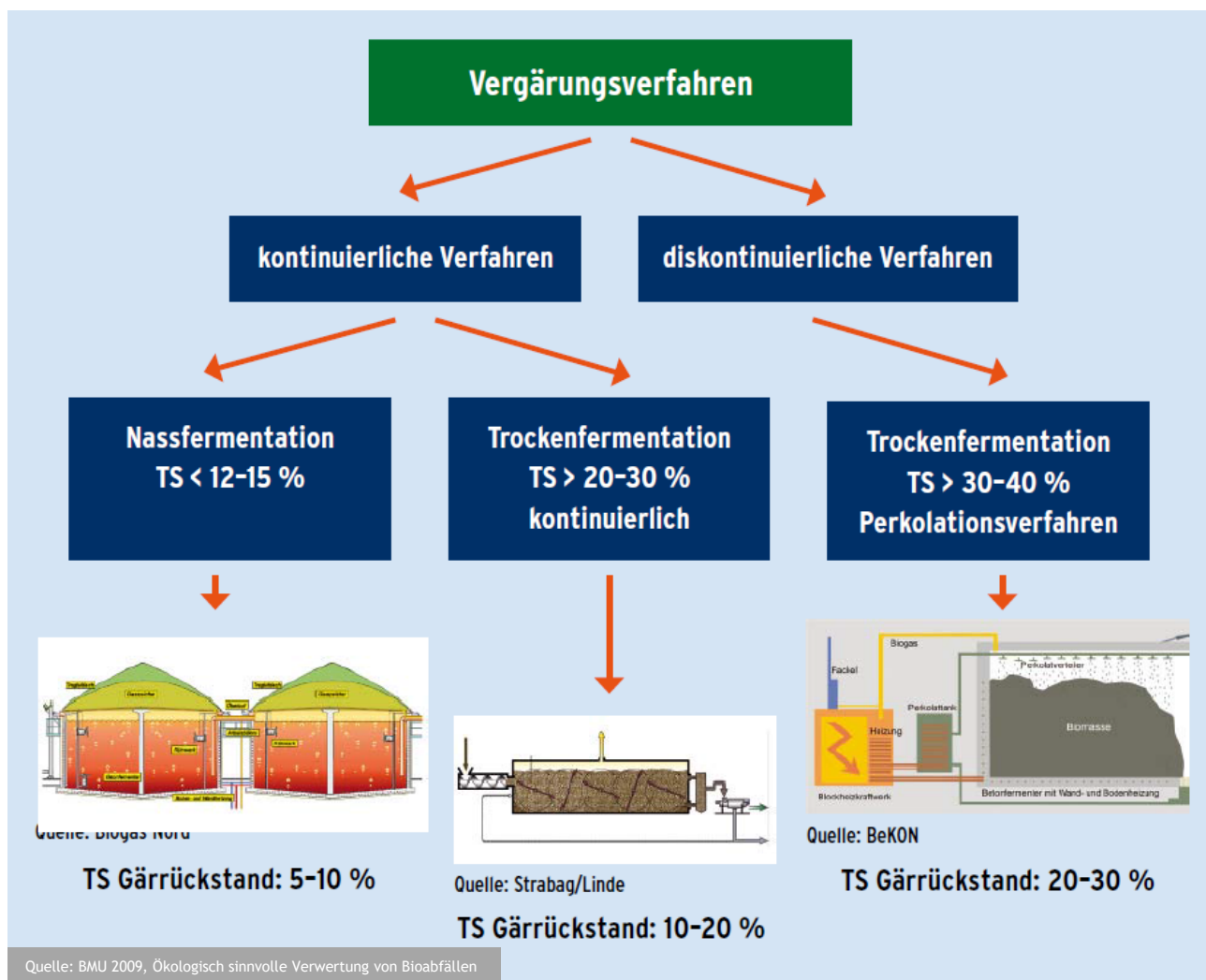


Quelle: Hildebrandt 2017, für KOMPOTEC GmbH 2019



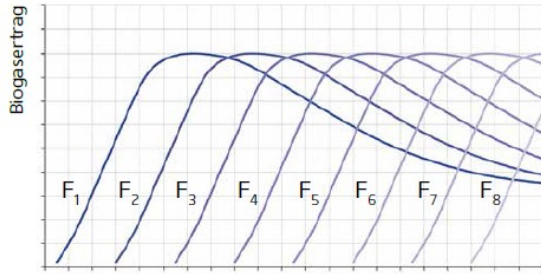
Quelle: Hildebrandt 2017, für KOMPOTEC GmbH 2019

Kurzer Überblick über verfügbare Technologien zur Bioabfallvergärung



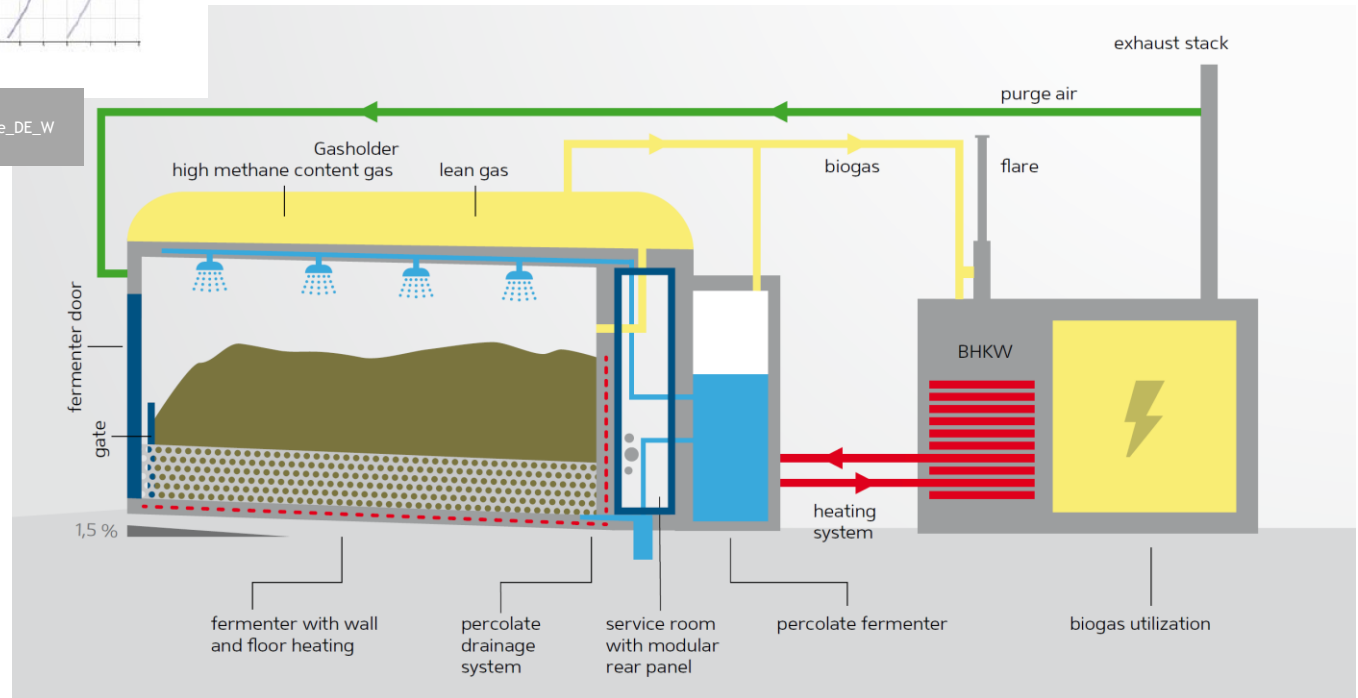
Trockenfermentation im Batch-Verfahren

Kontinuierliche Biogaserträge im Batch-Betrieb



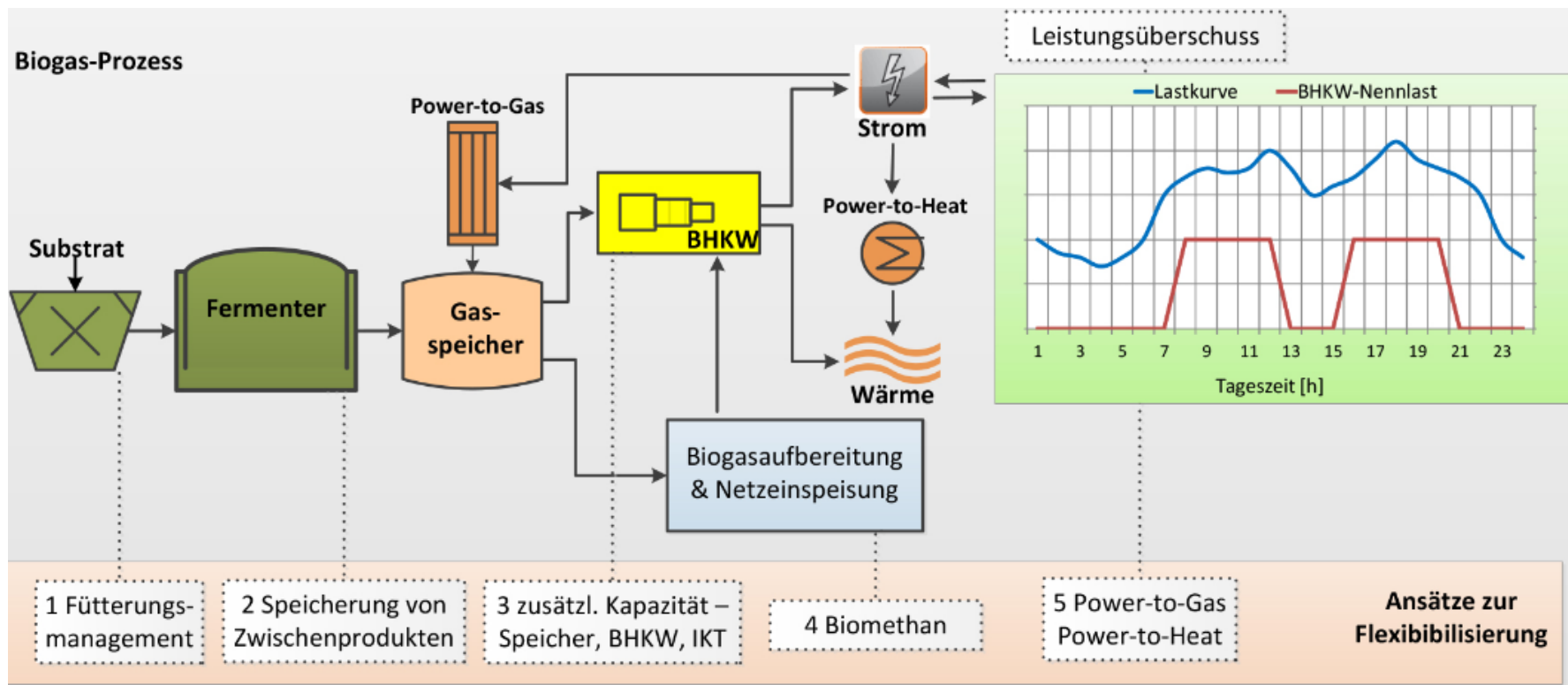
Prozessdauer

Quelle: https://www.bekon.eu/wp-content/uploads/2017/08/BEKON_Brosch%C3%BCre_DE_W eb.pdf



Quelle: <https://www.bekon.eu/wp-content/uploads/2016/10/Brochure-BEKON-MINI-EN.pdf>

Verwertung und Systemdienstleistungen im Strommarkt

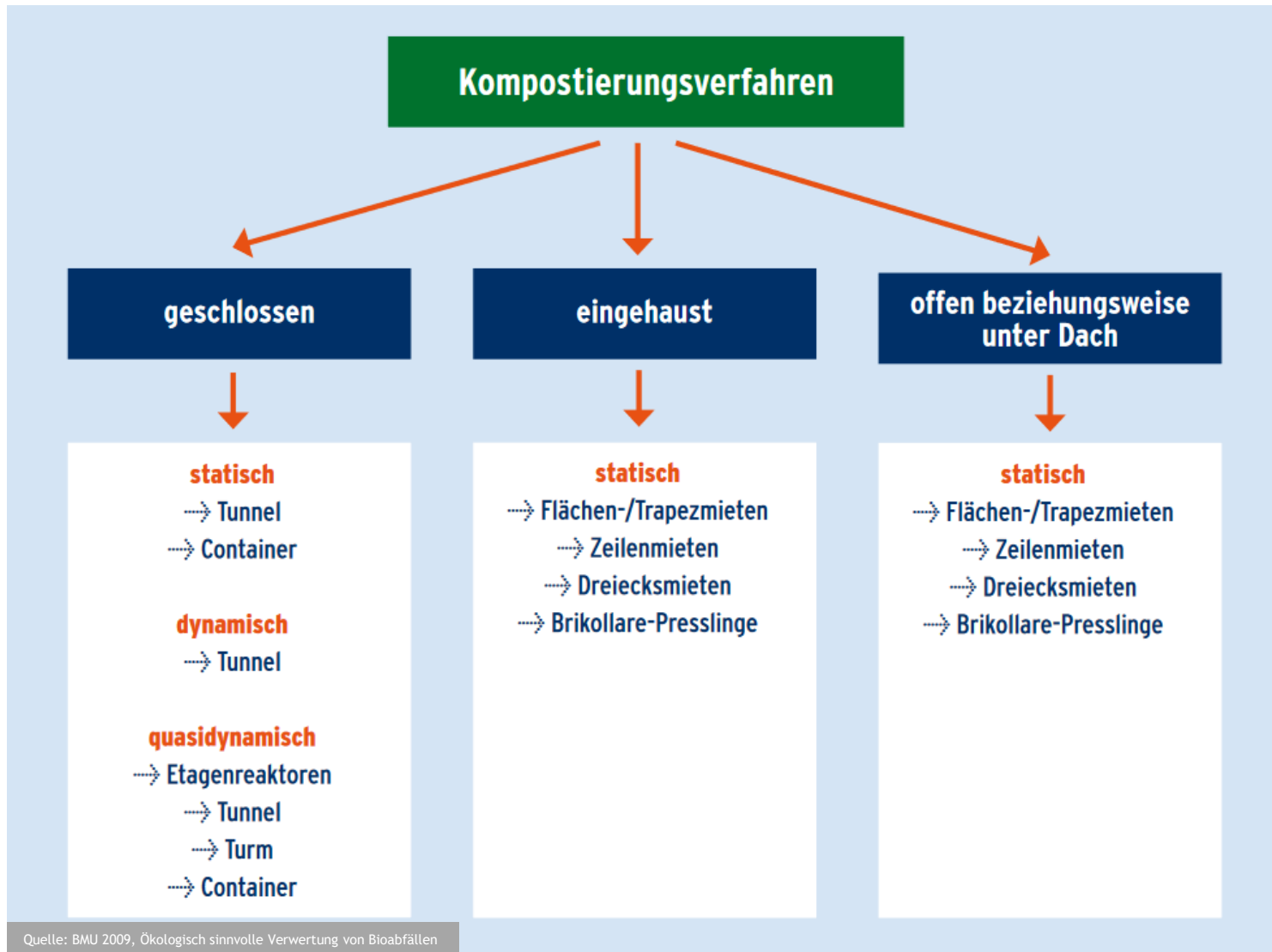


Quelle: Kranert 2016, https://bioabfallforum.files.wordpress.com/2016/09/kranert_auswirkungen_bioabfforum_2016_v.pdf

Quelle: DBFZ



Rottetechnologien in der industriellen Kompostierung von Bioabfällen





Gekapselte Intensivrotte mit Druckbelüftung vs. Membranfolien-Kompostierung unter Dach



Intensivrottetunnel:

Kontrollierte Prozessbedingungen
wie Steuerung auf Atmungsaktivität
mittel FU-gesteuerter Ventilatoren
Sowie Sauerstoffsensoren,
Drucksensoren
und Temperatur-Sensoren



Mietenkompostierung:

Prozesssteuerung rein über
Temperaturprotokoll sowie Umsetzungsvorgänge
möglich
Abluftbehandlung nicht gerichtet,
daher höhere diffuse Emissionen möglich

Prozessprüfungen und Endproduktprüfungen als Hygienisierungsnachweise

Abbildung 2: Anforderungen der Bioabfallverordnung (BioAbfV) bezüglich der Hygiene von behandelten Bioabfällen und daraus hergestellten Produkten

(BioAbfV)	Art der Prüfung	Nachweis
§ 3 Abs.4 Nr. 1	Direkte Prozessprüfung oder Konformitätsprüfung*	Nachweis der hygienischen Wirksamkeit des Behandlungsverfahrens (einmalig)
§ 3 Abs.4 Nr. 2	Indirekte Prozessprüfung	Nachweis über Höhe und Dauer der für das Behandlungsverfahren erforderlichen Temperaturen (kontinuierlich)
§ 3 Abs.4 Nr. 3	Endproduktprüfungen	Untersuchungen auf Salmonellen sowie keimfähige Samen und austriebfähige Pflanzenteile (kontinuierlich)

* Konformitätsprüfungen sind unter bestimmten Voraussetzungen als Alternative zu direkten Prozessprüfungen zulässig.

Quelle: BGK 2010, https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Guetesicherung/Dokumente_Kompost/HBPS.pdf



Abluftbehandlung zur Geruchsminderung und Ammoniakabreinigung



Bildnachweis: Hildebrandt 2018 at KOMPOTEC GmbH

- ▶ Gleichmäßigkeit der Rohgaskdurchströmung

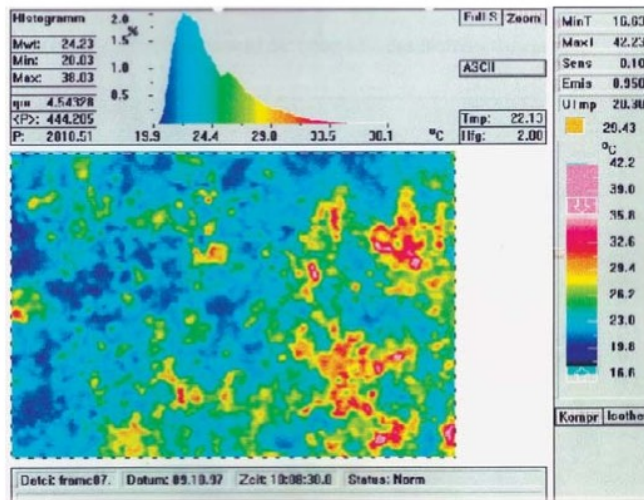


Abb. 5. Biofilter 3 mit gleichmäßiger Rohgaskdurchströmung.

Quelle: HLNUG Hessen,
https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/abfall/bioabfallkompostierung_neu.pdf

- ▶ Einhaltung der Reingaskonzentrationen von < 500 Geruchseinheiten GE/cbm

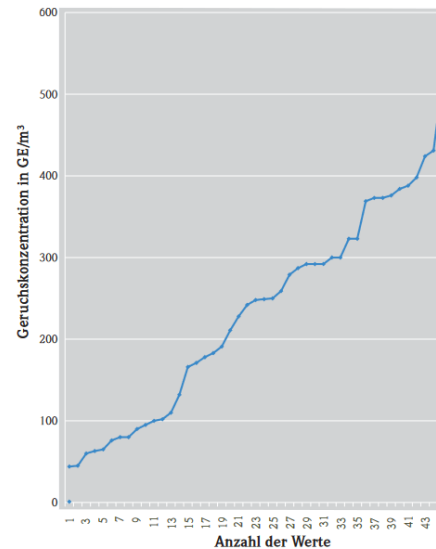


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung Reingaskonzentration Biofilter (HLUG).



Tab. 1: Auswahl der Baumustertypen mit Prozessbeschreibung (BGK 2010)

Baumustertyp	Rottezeit	Umsetzung	Belüftung	Befeuchtung
1.1 HerHof – Boxen	7 Tage	Entfällt	Druck-/ Saugbelüftung	Prozesswasser Brauchwasser
3.6 Horstmann WTT – Tunnel	7 Tage	Entfällt	Druckbelüftung Druck-/ Saugbelüftung	Prozesswasser Brauchwasser
5.2 Bühler Wendelin – Tafelmiere eingehaust	9 Wochen	≥ 9 x	Druckbelüftung Druck-/ Saugbelüftung	Brauchwasser Prozesswasser bis zu 4,5 Wo.
6.2 Dreiecksmiete offen	6 Wochen	≥ 1 x spätest. nach 4 Wo.	Entfällt	Bei Bedarf während dem Umsetzen. Brauch- und Prozessw. bis zu 3 Wo.
6.3 Tafelmiere offen (I)	5 Wochen	≥ 4 x	Entfällt	Bei Bedarf während dem Umsetzen. Brauch- und Prozessw. bis zu 2,5 Wo.
6.8 Dreiecksmiete überdacht	4 Wochen	Radlader od. Mietenumsetzer ≥ 1 x	Entfällt	Bei Bedarf während dem Umsetzen. Brauch- und Prozessw. bis zu 2 Wo.

Quelle: C.A.R.M.E.N.-Studie: Praxiserfahrungen zum Abbau kompostierbarer Bioabfallsäcke auf verschiedenen Kompostanlagen in Deutschland (2012) Dipl.-Ing. Andreas Ziermann, Dr. Bettina Schmidt

Siebreste aus der Feinaufbereitung und deren energetische Verwertung



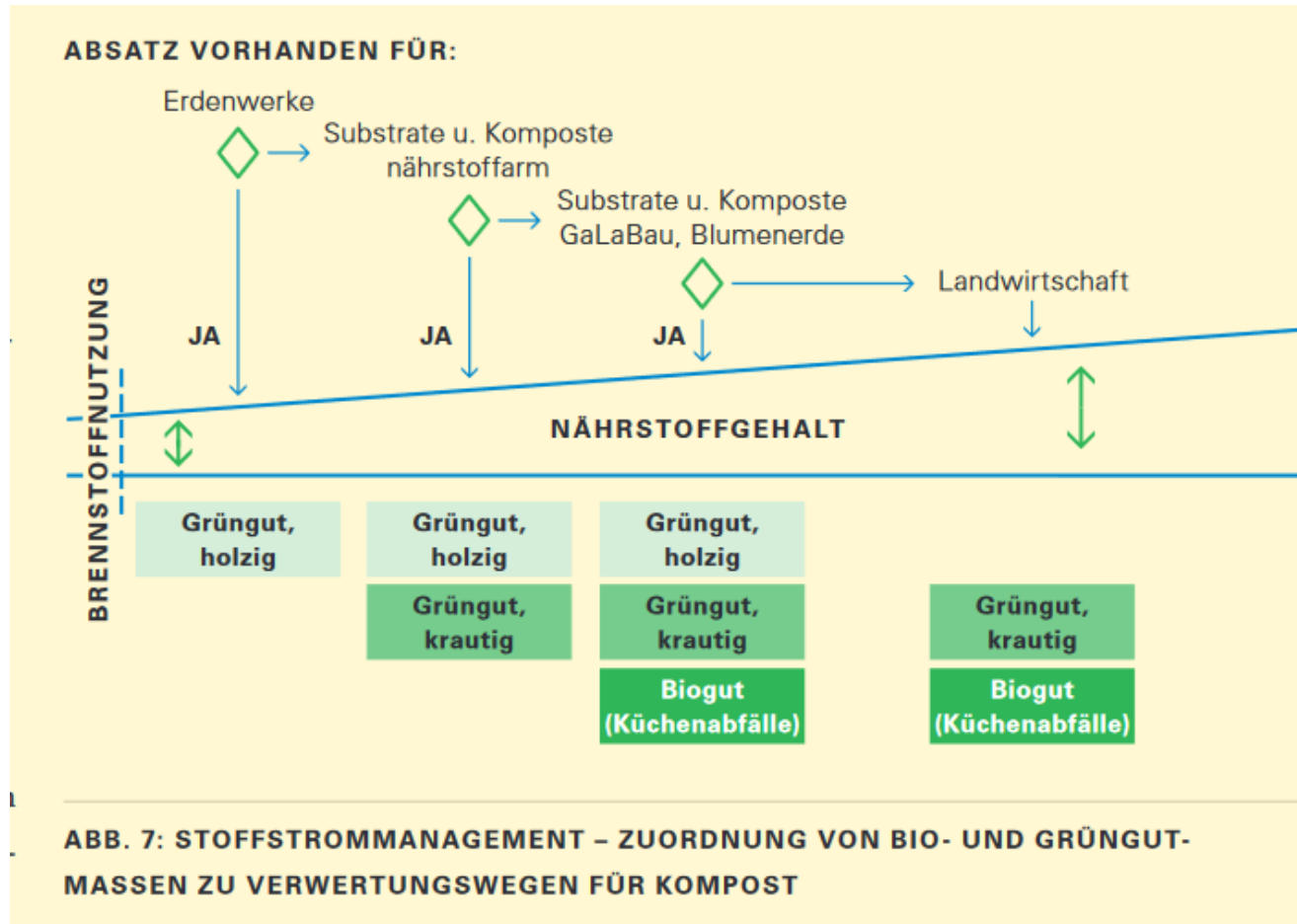
Bildnachweis: Hildebrandt 2018 at KOMPOTEC GmbH

Verschiedene Aufbereitungsschritte zur Einhaltung von Qualitätsanforderungen

Parameter	Anforderung	Möglichkeiten	Maßnahmen
Heizwert (mind. 11.000 KJ/kg)	Erhöhung	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des Wassergehaltes - Abtrennung des Feianteils 	<ul style="list-style-type: none"> - Trocknung - Feinabsiebung
Aschegehalt	Reduktion	<ul style="list-style-type: none"> - Abtrennung des Feianteils - Abtrennung des Inertanteils 	<ul style="list-style-type: none"> - Trocknung - Feinabsiebung - Ballistik Separator
Störstoffe	Reduktion	<ul style="list-style-type: none"> - Generell Annahme vom qualitativ guten weitestgehend störstofffreien Bioabfällen - Abtrennung von Störstoffen vor der Rotte - Abtrennung von Störstoffen nach der Rotte 	<ul style="list-style-type: none"> - Grobabsiebung - Händische Sortierung - Metallabscheider - Windsichter - Ballistik Separator
Korngröße	kraftwerkabhängig	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion der Korngröße - Konditionierung der Siebreste 	<ul style="list-style-type: none"> - Zerkleinerung - Absiebung

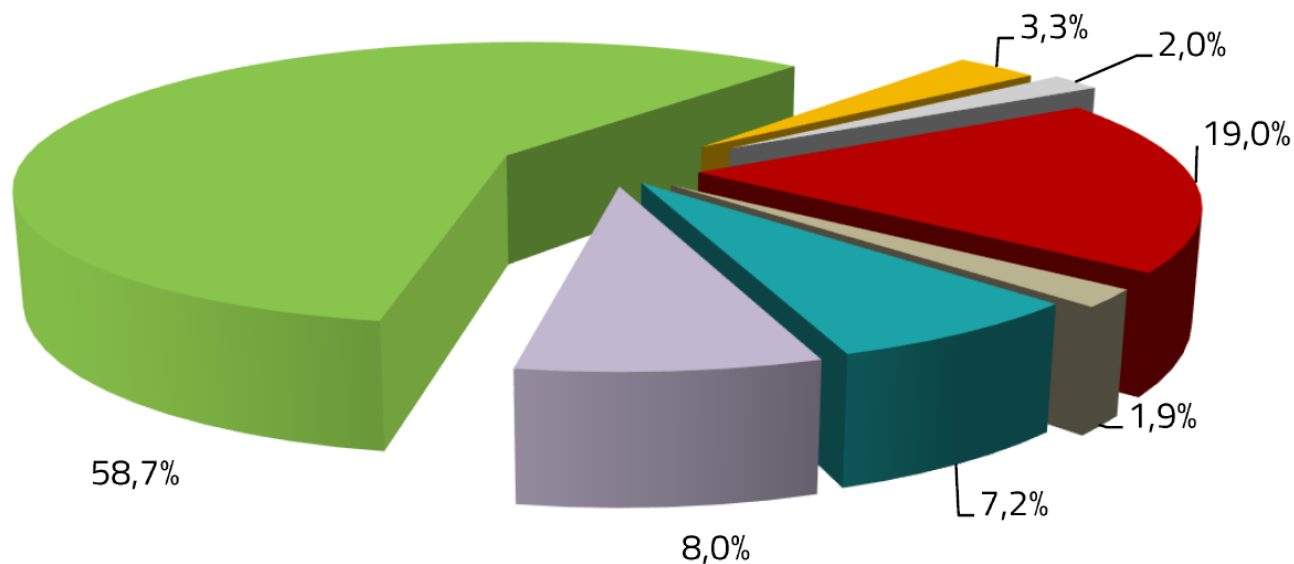
Quelle: Franke, BEM
Umweltservice, Humustag 2007,
https://www.kompost.de/fileadmin/news_import/Vortrag-Franke.pdf

Mischungsanteil von Strukturgut und Biogut bestimmt bereits maßgeblich den Absatzweg



Quelle: LUBW Leitfaden 2015,
https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_and_Service/Publikationen/Umwelt/Leitfaden_Bioabfall.pdf

Kompostvermarktung in der Landwirtschaft und im GaLa-Bau

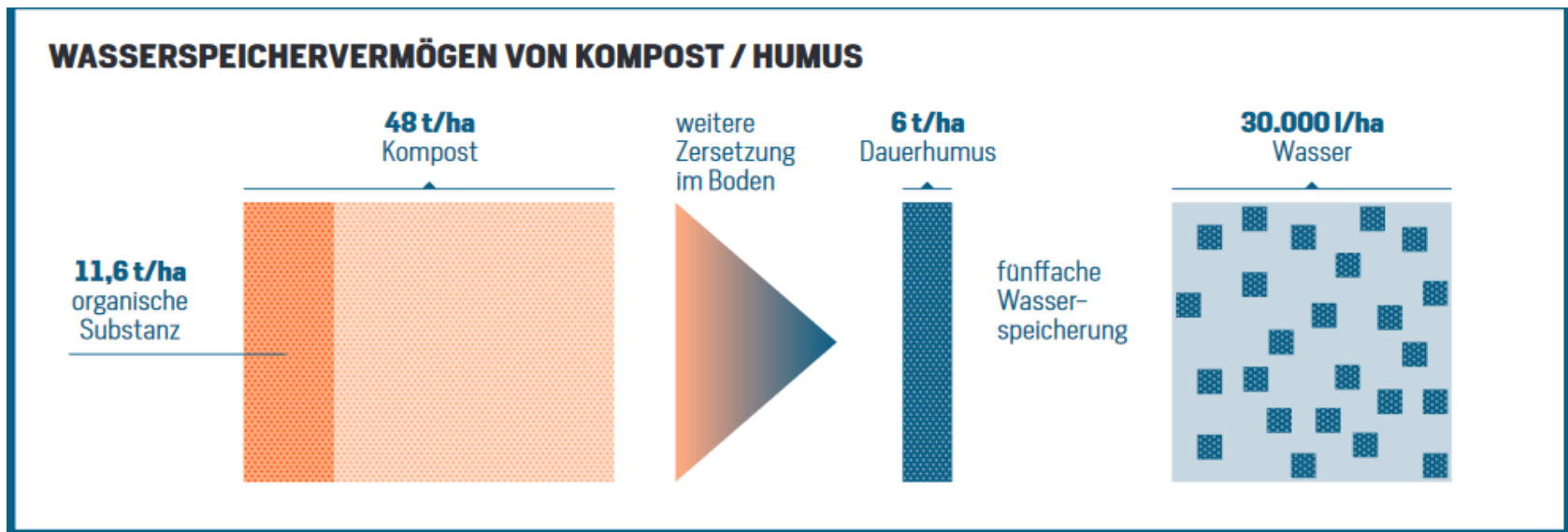


- Soil manufactory
- Hobbygardening
- Agriculture
- Others
- Profigardening
- Landscaping/recultivation
- Specific crops

Quelle: ECN 2017, Country Report of Germany



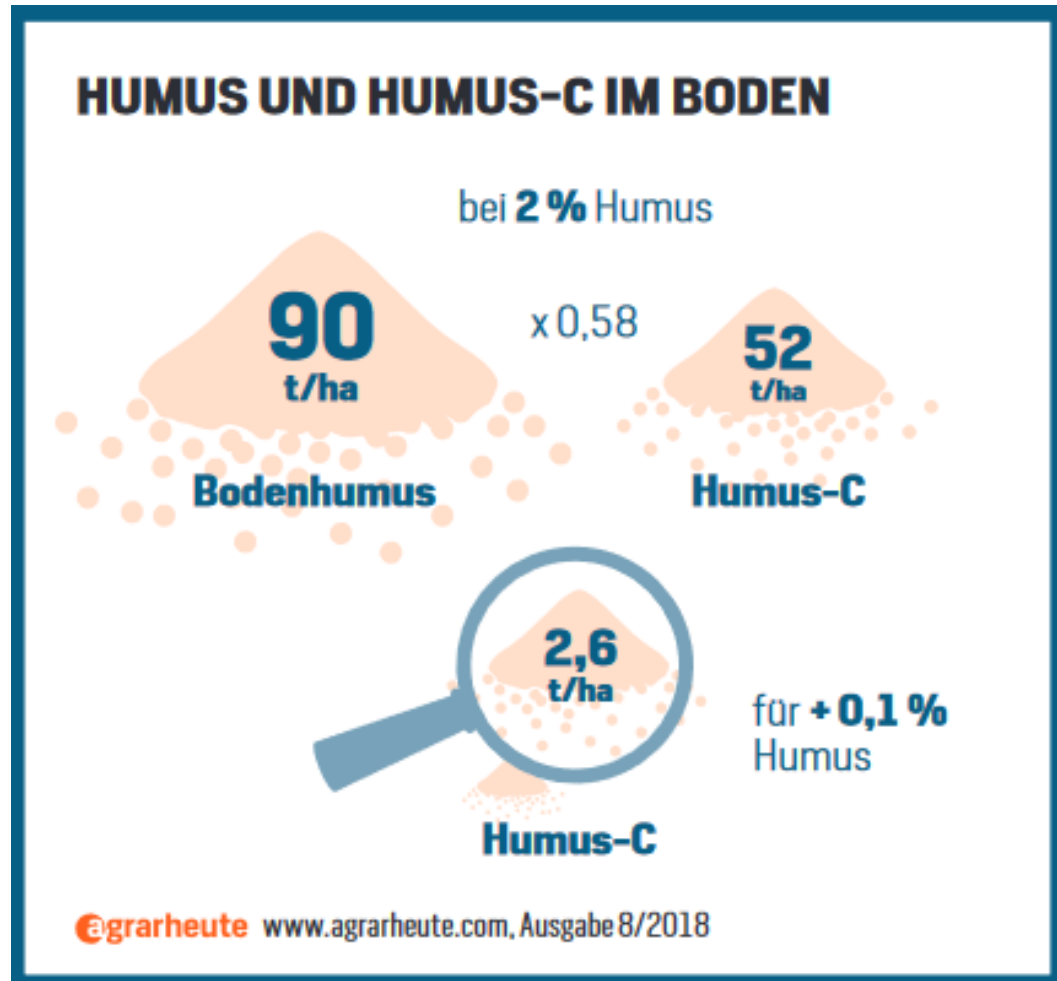
Wasserspeichervermögen im Kompost als Marketingargument in Dürrephasen



www.agrarheute.com, Ausgabe 8/2018



Der Boden als C-Senke: Kohlenstoffspeicherung in Nährhumus- und Dauerhumusverbindungen





Parameter	Einheit	Grüngut- Kompost ³⁾ (Ø RAL)	Biogut- Kompost ⁴⁾ (Ø RAL)	BioAbfV / RAL-GZ 251	EU- Ökolandbau Verordnung ⁶⁾	Bioland/ Naturland ²⁾
Fremdstoffe > 2 mm	% TM	0,04	0,14	0,50	k. G. ¹⁾	0,30
Flächensummen- index (FSI)	cm ² /l FM	2,1	7,1	25 ⁵⁾	k. G. ¹⁾	15
Blei (Pb)	mg/kg TM	29	32	150	45	45
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	0,42	0,41	1,5	0,70	0,70
Chrom (Cr) ⁷⁾	mg/kg TM	20	21	100	70	70
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	33	45	100	70	70
Nickel (Ni)	mg/kg TM	13	13	50	25	25
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	0,10	0,11	1,0	0,40	0,40
Zink (Zn)	mg/kg TM	147	171	400	200	200

Angaben als arithm. Mittel

¹⁾ k. G. = kein Grenzwert

⁴⁾ n = 1.857 für Fremdstoffe und Schwermetalle

⁷⁾ Gesamtgehalte; Cr VI nicht bestimmbar

²⁾ Anforderungen nach Richtlinienänderung 5/14 bzw. 11/14

⁵⁾ nur im RAL-GZ 251

³⁾ n = 1.488 für Fremdstoffe und Schwermetalle

⁶⁾ VO (EG) 834/2007 bzw. 889/2008

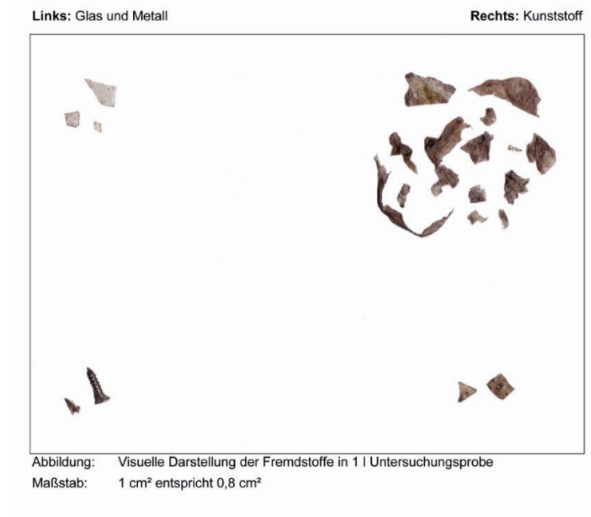
Quelle: ISA, Gottschall 2018, VHE Nord, Lüneburg 2018, Vortrag im Rahmen der Fachveranstaltung „Kompost - die Chance für den Ökolandbau“ des VHE Nord, 13.06.2018, Lüneburg

Senkung der zulässigen Fremdstoff-anteile im Kompostprodukt

Abbildung 1: Beispiel ausgelesener Fremdstoffe aus einem Liter Prüfsubstrat.
Gehalt an Gesamtfremdstoffen: 0,43 Gew.-%, Flächensumme: 22 cm²/l FM



Abbildung 2: Beispiel ausgelesener Fremdstoffe aus einem Liter Prüfsubstrat.
Gehalt an Gesamtfremdstoffen: 0,22 Gew.-%, Flächensumme: 14 cm²/l FM



Quelle: Bertram Kehres, BGK 2018,
https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Themen/Methoden/Kehres_Textbeitrag_Bioabfallforum_2018.pdf



Zusammenfassung und Fazit

- ▶ Deutschland hat bereits ein ausgereiftes System der Erfassung und Behandlung von Bioabfällen, es kann aber noch eine Zusatzmobilisierung von 15-25% erfolgen
- ▶ Die Abtrennung von Störstoffen wie Kunststofffragmenten und Glasscherben ist weiterhin eine substantielle Herausforderung für Separationstechnik, Verwaltungsvollzug und Bewusstseinsbildung
- ▶ Das Mikroplastik-Thema drängt sich derzeit stark in den Vordergrund, derzeit laufen eine Vielzahl von Studien zur Wirkung und Verteilung in den verschiedenen Umweltkompartimenten, abschließende Aussagen noch nicht möglich
- ▶ Humusaufbau und Düngersubstitution stellen wichtige Beiträge zum Klimaschutz und Ressourcenschutz dar
- ▶ Der Boden ist eine sehr wichtige Kohlenstoffsенке und Biogutkompost leistet hier einen wichtigen Beitrag im Konzert der organischen Dünger und Bodenverbesserer
- ▶ Qualitätssicherung steht ganz oben auf der Prioritätenliste und muss von allen Akteuren getragen und verstanden werden
- ▶ Vermeidung des Eintrages „xenobiotischer“ Substanzen ist ein Thema was nach dem Verursacher Prinzip auch jeden Bürger etwas angehen sollte