

Nährstoffkreisläufe schließen durch Kompostierung

Nicht nur Garten- und Küchenabfälle, sondern auch die gesammelten Fäzes aus Komposttoiletten können wir in wertvollen Kompost verwandeln. Dabei sind verschiedene Faktoren wichtig, um letztlich ein hochwertiges und „sauberes“ Produkt zu erhalten. Wir schauen uns deshalb Nährstoffkreisläufe an, geben einen Überblick über verschiedene Hygienisierungsverfahren und nehmen uns Zeit, Fragen zu diskutieren.

Kontakt:

Michael Krack
michael.krack@vitopia.de

Vitopia-Gemeinschaftsgarten
<https://vitopia.de/verein>

Textauszüge und Grafiken entstammen größtenteils der Masterarbeit von Bo Willem Friedrichsen: „Grundlagen und Bewertung der Hygienisierung menschlicher Fäzes sowie Entwicklung eines lokalen Verwertungskonzeptes“ (2022)

AGENDA

- **Kurze Vorstellungsrunde**
- **Kompostklos**
- **Nährstoffkreisläufe**
- **Schadstoffe, Risikoabschätzung und Hygienisierungsverfahren**
- **Individuelles Konzept: Anforderungsanalyse, Kompostmengen, Kompostplatz**

Kompostklos

- Vorteile
- Aufbau
- Verwendung

Nährstoffkreisläufe

Entscheidend für eine gartenbauliche Eignung sind v.A. die Makronährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K). Auch Mikronährstoffe wie Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) tragen zu einem gesunden Pflanzenwachstum bei.

Pro Jahr scheidet ein Mensch ca. 500 Liter Urin aus, dies entspricht der 10-fachen Menge anfallender Fäzes. Entsprechend enthält der Urin 90% des Stickstoffs, 50–65% des Phosphors und 50–80% des Kaliums der menschlichen Ausscheidungen.

Fäzes weisen jedoch, bezogen auf die anfallende Frischmasse (FM), eine höhere Nährstoffdichte auf. Insbesondere der wichtige Pflanzennährstoff Phosphor ist in Fäzes mit einem Anteil von bis zu 50% der gesamten in Fäkalien enthaltenen Phosphormenge besonders konzentriert. Menschliche Fäzes bergen daher ein großes Potential als Langzeitdünger. *Komposte aus Bio- oder Gartenabfällen weisen deutlich geringere Nährstoffgehalte auf.*

Tabelle 2: Nährstoffkonzentration in menschlichen Exkrementen, anderen Abfallströmen und Recyclingdüngern
Werte in g/kg TM, außer Urin g/L FM. Mittelwerte±Standardfehler. k.A. = keine Angaben

Stoffstrom	N	NH ₄ ⁺ -N	P	K	Mg	Ca
Urin (g/l FM)	7,1±0,8	0,58±0,20	0,8±0,2	1,5±0,2	0,06±0,02	0,10±0,04
Fäzes (g/kg TM)	28,2±0,1	k.A.	7,8±0,4	10,3±0,4	3,4±0,4	17,7±0,5
Klärschlamm	48,7±4,9	11	26,4±3,3	3,0±0,4	4,3	38,6
Rindergülle	43,8±3,8	25,6	7,9±0,8	48,7±3,0	4,8	12,8
Schweine- gülle	82,8±10,8	62,5	23,2±1,2	43,7±7,1	8,4	12
Bioabfall- kompost	10,0±3,5	1,1±0,2	3,0±1,0	7,9±3,2	5,8±4,2	90
Gartenabfall- kompost	10,7±1,0	0,22±0,10	2,3±0,3	8,0±0,7	5,3±0,9	25,3±12,3

Quelle: In Anlehnung an (Krause et al. 2021a)

Weitere Faktoren, welche die Eignung als Düngeprodukt bestimmen, sind die Pflanzenverfügbarkeit der in menschlichen Fäzes enthaltenen Nährstoffe sowie die Verhältnisse der Stoffe zueinander,

beschrieben als NPK- und C/N-Verhältnis. Der hohe Anteil organischer Stoffe unterstützt den Humusaufbau und trägt so zur Verbesserung der Bodengesundheit bei.

Das NPK-Verhältnis von menschlichem Fäzes ist mit 3:1:1 ausgeglichener als das von Urin (18:2:5 = viel Stickstoff). Überhöhte Anteile mineralisierten Stickstoffs können keimhemmend und negativ auf das Wachstum von Jungpflanzen wirken sowie das Bodenleben beeinträchtigen.

Ein für die Kompostierung optimales C/N-Verhältnis von ca. 25:1 fördert die Bildung von Huminstoffen. Fäzes weisen im Vergleich zu Urin einen hohen Kohlenstoffanteil von 8:1 auf. Die Nutzung kohlenstoffhaltiger Zuschlagsstoffe wie Toilettenpapier verschiebt dieses weiter in Richtung des optimalen Bereiches und erleichtert somit eine Umsetzung der Fäzes zu Kompostsubstraten.

Rechtliche Rahmenbedingungen: Leider weder Bewertung als Abfall noch auf Positivliste für Düngemittel. Aktuell geregelt durch Wasserrecht.

Für den Nachweis, dass von ordnungsgemäß behandelten, trocken gesammelten Fäkalien keine Gefahr für Mensch, Tier und Umwelt ausgeht, haben die NetSan-Partner des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), der Goldeimer GmbH und der Finizio – Future Sanitation GmbH (Finizio GmbH) in Kooperation mit dem Deutschen Institut für Normung die technische Regel DIN SPEC 91421:202015 erarbeitet. Dieser Produktstandard für vermarktungsfähige und qualitätsgesicherte Recyclingprodukte aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft kann die Vorstufe zu einer vollwertigen DIN-Norm darstellen und definiert erstmalig Grenzwerte für Schadstoffe, Krankheitserreger und Mindestgehalte an Nährstoffen in Düngeprodukten aus menschlichen Fäkalien.

Im Mai 2021 startete außerdem das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt zirkulierBAR. Das Forschungskonsortium besteht aus 11 Mitgliedern aus Praxis und Forschung, die vom IGZ koordiniert werden. Im Lauf des Projektes sollen die auf dem Gelände der Finizio GmbH erzeugten Fäkalkomposte in ausführlichen Versuchsreihen auf beschriebene Hygieneparameter untersucht werden.

Fäzes: Fäzes bestehen aus unverdauten Nahrungsbestandteilen wie Fetten, Ballaststoffen und Stärke sowie Wasser und großen Mengen bakterieller Biomasse. Außerdem verschiedene körpereigene Substanzen, die u.a. Färbung und Geruch beeinflussen.

Das größte Gesundheitsrisiko menschlicher Fäzes geht von der Belastung mit pathogenen Mikroorganismen aus.

Entsprechend sollte die effektive Eliminierung enthaltener Krankheitserreger im Fokus möglicher Behandlungsverfahren stehen.

Schadstoffe und Risikoabschätzung

Schwermetalle (gering) werden primär über Fäzes ausgeschieden.

Die Cadmiumkonzentration (Zusatzstoff in Kunststoffen oder Akkumulation in Tabak) übersteigt den Grenzwert der DüMV, was ein unverdünntes Ausbringen der getrockneten Fäzes verhindert. Für ein aus Fäzes erzeugtes Kompostprodukt lässt sich allerdings davon ausgehen, dass die Vermischung mit anderen Zuschlagsstoffen zu einem Einhalten der Grenzwerte führt. Außerdem im Vergleich zu anderen Eintragspfaden unbedeutend.

Alle weiteren Schwermetallkonzentrationen in Fäzes liegen im Rahmen der von der DüMV vorgegebenen Grenzwerte und sind auch im Vergleich mit anderen Düngemitteln sehr niedrig.

Das Risiko für umweltschädliche Schwermetalleinträge in Boden und Gewässer durch die Verwendung von Fäzes ist daher gering

Plastik (gering): Insbesondere Mikroplastikpartikel, d.h. Partikel < 5 mm, gelangen aufgrund ihrer geringen Größe in verschiedene Nahrungsmittelkreisläufe. Die Belastung von Fäzes verglichen mit anderen Stoffströmen, wie z.B. Kompost aus Bioabfällen, ist deutlich geringer.

Pharmazeutika (erhöht): Die Aufnahme von Pharmazeutika durch Pflanzenteile und deren Verwendung als Nahrungsmittel bestimmen hauptsächlich das humantoxikologische Risiko von Arzneimittelrückständen in Fäzes. Die Menge an belastetem Gemüse, die eine Person zu sich nehmen müsste, um toxische Grenzwerte zu erreichen, wird als nicht realistisch betrachtet. Das Risiko pharmazeutischer Rückstände in menschlichen Exkrementen wird durch die Betrachtung bereits etablierter bzw. traditioneller Recyclingprodukte wie Wirtschaftsdüngern und Klärschlamm zusätzlich relativiert. Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass pharmazeutische Rückstände in Böden und Komposten besser verstoffwechselt werden als in Frischwasserökosystemen. Dennoch besteht Umweltgefährdungspotenzial.

Krankheitserreger (sehr hohes Risiko): Das höchste Risiko menschlicher Fäzes geht von der Belastung mit Krankheitserregern aus. Die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation–WHO) unterscheidet die über menschliche Fäzes ausgeschiedenen Krankheitserreger nach ihrer seuchenhygienischen Bedeutung (hoch–gering). Die hohe Anzahl unterschiedlicher Krankheitserreger und deren z.T. hohe seuchenhygienische Bedeutung erfordern besondere Vorsicht im Umgang mit Fäzes.

Fazit: Die effektive Elimination enthaltener Krankheitserreger sollte höchste Priorität bei der Wahl eines geeigneten Behandlungsverfahrens haben.

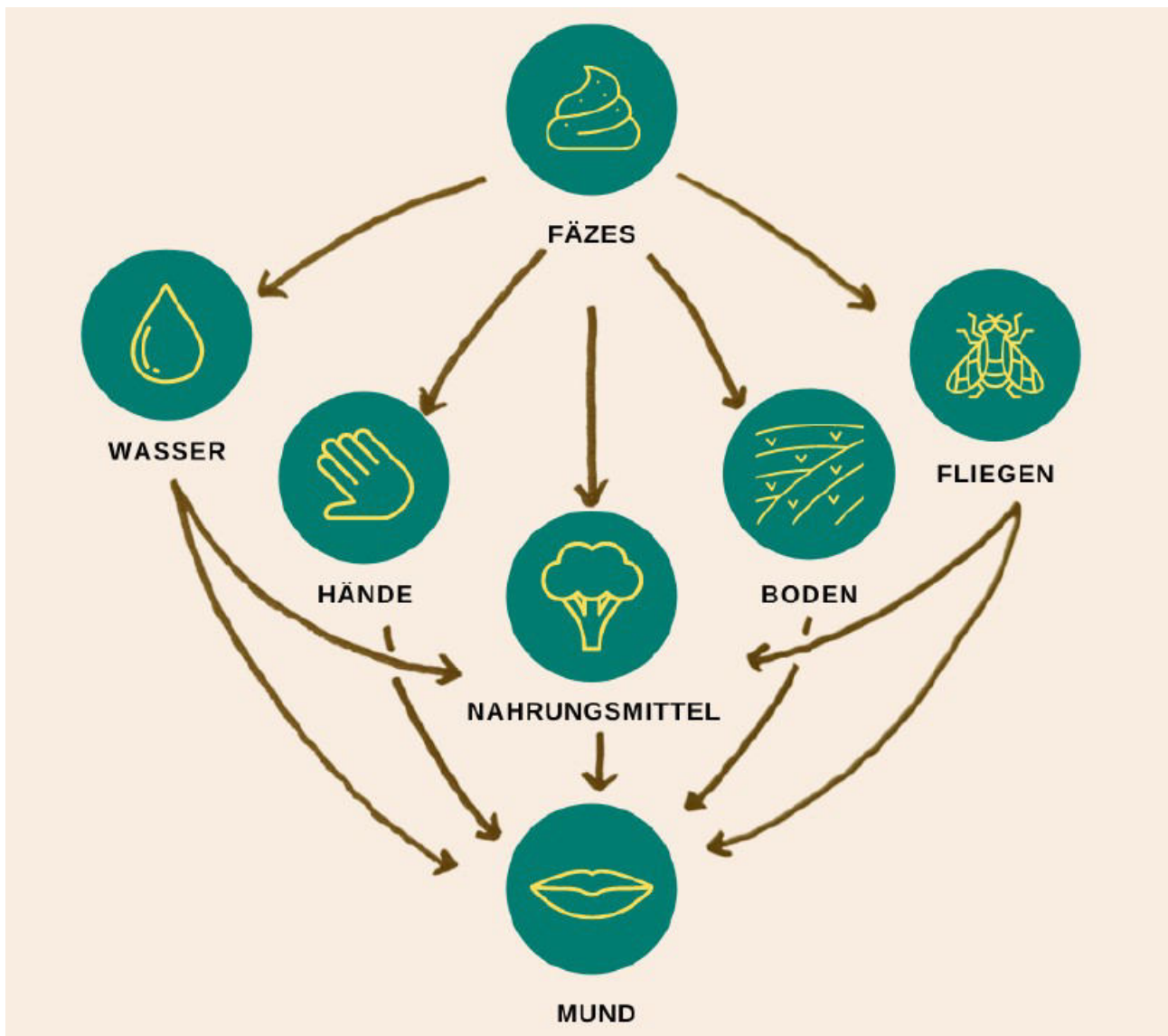
Hygienisierungsverfahren

Hygienisierung bedeutet nicht immer die vollständige Eliminierung vorhandener Schadstoffe, sondern die Reduktion auf ein Niveau, von dem keine Gefahr für Mensch, Tier und Umwelt ausgeht.

Technische Prozesse sind nicht der einzige Weg zur Reduktion des Gefährdungspotentials menschlicher Fäzes. Verschiedene einfache Hygienemaßnahmen können ohne großen Aufwand die Übertragungswege von Krankheiten unterbrechen. Getrennt gesammelte Fäzes sind hier von Vorteil, da bedenkliche Stoffströme wie z.B. Krankenhaus- und Industrieabwässer nicht vermischt werden und die Sammlung meist über weniger Nutzer erfolgt.

Welche Faktoren spielen eine Rolle?

Übertragungswege:

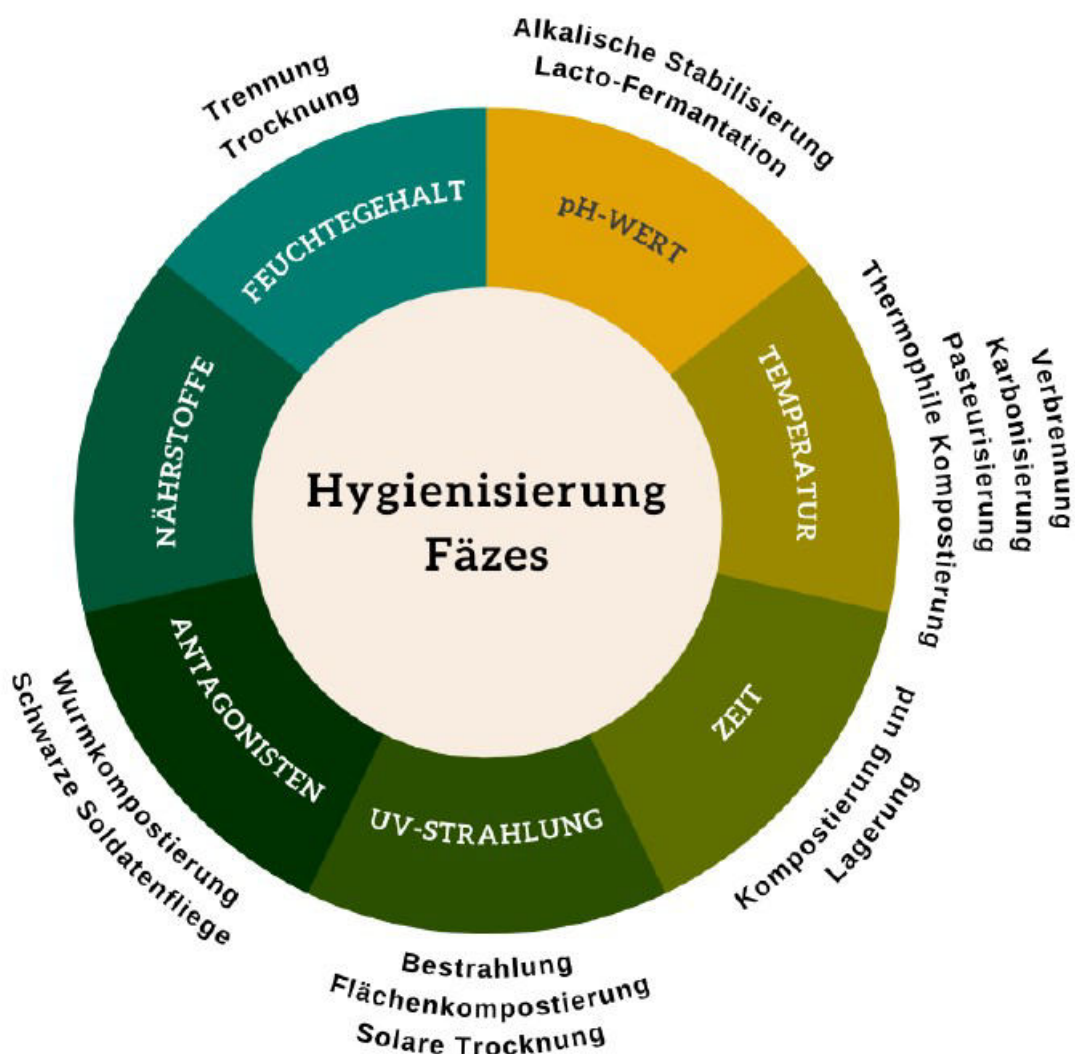


Überlebenszeiten der Krankheitserregern

Die Überlebenszeiten stellen nur eine erste Orientierung dar und sind für die Vielzahl diverser Erreger nicht als allgemeingültig zu betrachten. Insbesondere in Umgebungen, die ihrem ursprünglichen Biotop stark ähneln, finden Krankheitserreger passende Lebensbedingungen und können deutlich länger überleben.

Die Überlebenszeiten werden von der WHO aufgegriffen und daraus folgernd wird bei Temperaturen von 2–20°C, eine Lagerdauer für trocken gesammelte Fäzes von mindestens 1,5–2 Jahren bis zur weiteren Verwendung empfohlen. Dieser Zeitraum führt zu einer Eliminierung pathogener Bakterien und Viren. Die resistenten Überdauerungsformen von Bakterien (Sporen) und Helminthen (Eier) werden nach Einschätzung der WHO nicht vollständig inaktiviert, aber auf ein unbedenkliches Level reduziert.

Wirkfaktoren: Wirken in Verbindung miteinander. Daraus lassen sich verschiedene Hygienisierungsverfahren ableiten.



Wirkfaktor und notwendige Ausprägung		Beschreibung
Antagonisten	+	Enterale Mikroorganismen sind an das Milieu im Darm angepasst. Außerhalb dieses Systems konkurrieren sie mit Organismen, die in der Umwelt widerstandsfähiger und konkurrenzstärker sind. Pathogene unterliegen Prädation und Nährstoffkonkurrenz.
Feuchtegehalt	-	Eine feuchte Umgebung ähnelt den Bedingungen im Darm. Durch eine Reduktion des Wassergehalts können Krankheitserreger reduziert werden.
Nährstoffe	-	Die verringerte Verfügbarkeit von Nährstoffen außerhalb des Darms und die Konkurrenz um diese schränkt das Wachstum und die Überlebensfähigkeit pathogener Mikroorganismen ein.
pH-Wert	+ / -	Sehr saure oder alkalische Bedingungen können viele Krankheitserreger abtöten, die an einen neutralen pH-Wert angepasst sind
Temperatur	+	Niedrige Temperaturen (>5°C) erhöhen die Überlebensdauer von Mikroorganismen stark, während höhere Temperaturen (>50°C) zum Absterben führen. Je höher die Temperatur, desto kürzer die Zeit bis zur sicheren Eliminierung (Augustin 2016).
UV-Strahlung	+	UV-Strahlung eliminiert Krankheitserreger. Je größer die Oberfläche, desto größer der Effekt (Krause und Jacobsen 2011). Künstliche UV-Bestrahlung wird in einigen Kläranlagen bereits zur Hygienisierung verwendet.
Zeit	+	Je länger Fäzes lagern, desto mehr Zeit haben andere Wirkfaktoren wie (Nährstoff)Konkurrenz zu wirken. Außerdem verlieren Überdauerungsformen wie bspw. Helmintheneier nach längerer Zeit unter ungünstigen Bedingungen, wie Saatgut, ihre Keimfähigkeit (World Health Organization 2006).

Quelle: In Anlehnung an (World Health Organization 2018)

Tabelle 13: Mögliche Verfahren zur Inaktivierung pathogener Mikroorganismen in menschlichen Fäzes

Verfahren	Beschreibung
Lagerung	Lange Lagerdauer inaktiviert Krankheitserreger. Reduktionserfolg abhängig von Lagerdauer, Feuchtegehalt, Lagertemperatur, Art der Lagerung und Antagonisten. Lagerdauer nach World Health Organization (2006) bei 2–20°C min. 1,5–2 Jahre.
Trocknung	Aktive Reduktion des Wassergehaltes. Max. Wassergehalt 5% für die Inaktivierung resistenter Krankheitserreger notwendig. Vorsicht vor Überdauerungsformen pathogener Mikroorganismen.
Solare Trocknung	Zusätzlich hygienisierende Wirkung von UV-Strahlung. Aktive Durchmischung notwendig, damit alle Schichten UV-Licht ausgesetzt werden.
Thermophile Kompostierung	Aerobe Zersetzung organischer Stoffe durch Bodenlebewesen. Erhöhte mikrobielle Aktivität resultiert in thermophilen Temperaturen > 50 °C, die hygienisierend wirken.
Wurmkompostierung	Aerobe Zersetzung organischer Stoffe durch das Zusammenspiel von Regenwürmern und Mikroorganismen. Hygienisierende Wirkung durch Antagonisten, Prädation und Veränderung der Umweltbedingungen durch Abbau der Fäzes.
Behandlung mittels schwarzer Soldatenfliege	Aerobe Zersetzung durch Larven der schwarzen Soldatenfliege Larven können bspw. als Tierfutter geerntet werden. Zu hohe Wassergehalte können den Prozess hemmen. Hygienisierende Wirkung durch Antagonisten, Prädation und Veränderung der Umweltbedingungen durch Abbau der Fäzes.
Lacto-Fermentation	Anaerober Fermentationsprozess durch die Zugabe von Milchsäurebakterien. Reduktion pH- Wert auf < 4 und Antagonisten reduzieren Krankheitserreger.
Anaerobe Behandlung	Anaerober Abbau enthaltener Biomasse und Produktion von Biogas. Reduktionserfolg abhängig von Prozesstemperatur.
Ammonium Behandlung	Zugabe von Ammoniak (NH ₃), meist über Urease, wirkt toxisch und eliminiert Krankheitserreger. Geschlossene Behandlung notwendig.
Alkalische Stabilisierung	Durch die Zugabe alkalischer Stoffe bspw. Kalk wirkt der stark erhöhte pH-Wert hygienisierend.
Pasteurisierung	Temporäre Erhitzung der Fäzes auf über 70°C eliminiert Krankheitserreger. Bspw. als Behandlung von Gärresten.
Karbonisierung	Produktion von Biokohlenstoff durch Verbrennung von in Fäzes enthaltener organischer Stoffe unter Ausschluss von Sauerstoff. Organische Stoffe und Nährstoffe sind in Kohle gebunden. Erfordert stark reduzierten Wassergehalt.
Verbrennung	Verbrennen organischer Stoffe in Fäzes unter Anwesenheit von Sauerstoff. Erfordert stark reduzierten Wassergehalt. Schwermetalle und Nährstoffe bleiben in Asche erhalten.

Quelle: In Anlehnung an (McConville et al. 2020; Harder et al. 2019)

Verfahren 1: (thermophile) Kompostierung

Kompostierung bezeichnet dabei den Abbau organischer Substanz durch ein breites Artenspektrum aerober Bodenlebewesen. Die Verstoffwechslung von Kohlenstoff und Sauerstoff lässt CO₂ und Wasser entstehen. Zusätzlich wird durch die mikrobielle Aktivität Wärme freigesetzt. Je optimaler die Prozessparameter sind, desto höher ist die Aktivität der Bodenlebewesen.

Eine neue aufgesetzte Kompostmiete durchläuft drei Phasen, die von unterschiedlichen Organismen dominiert werden. Je nach Phase herrschen unterschiedliche Temperaturniveaus. Bei 75°C erreicht der Kompostierungsprozess ein selbstlimitierendes Temperaturniveau, über dem Eiweiße denaturieren und biologische Prozesse zum Erliegen kommen. In der anschließenden Umbauphase sinkt die Temperatur erneut in den mesophilen Bereich ab, zugehörige Mikroorganismen besiedeln das Substrat und beginnen höher molekulare Verbindungen zu verstoffwechseln. Die anschließende Aufbauphase stellt das letzte Rottestadium dar. Das Temperaturniveau sinkt auf Umgebungstemperatur, und humifizierende Organismen wie Pilze und Kompostwürmer besiedeln vermehrt das Substrat.

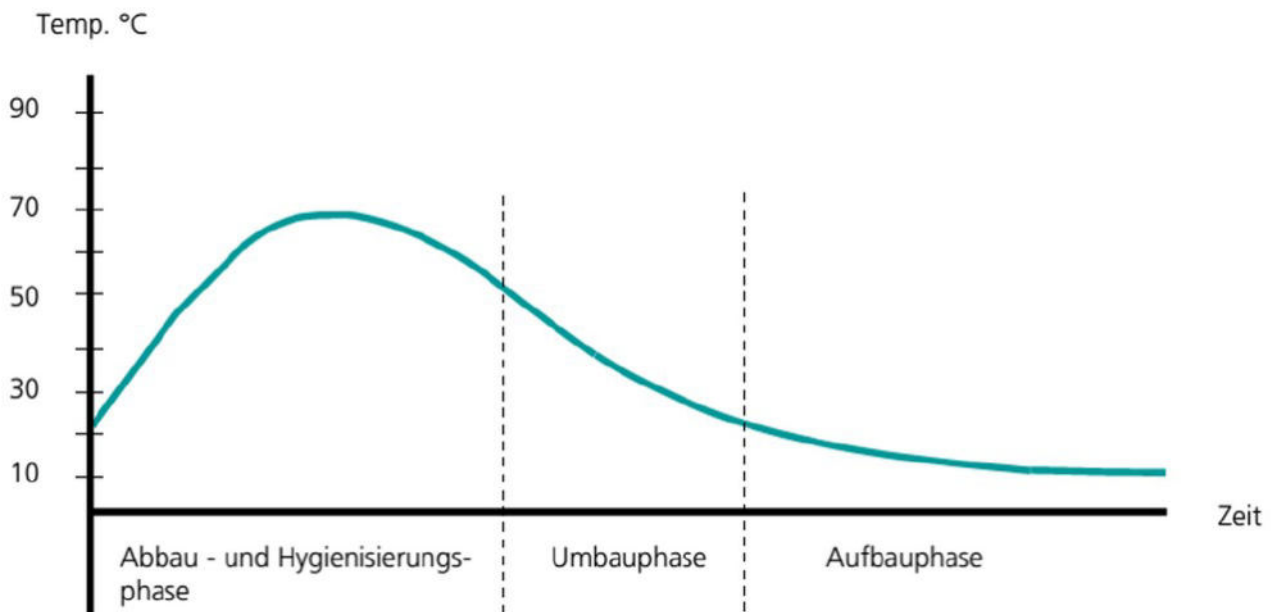


Abbildung 8: Phasen der Kompostierung und zugehöriges Temperaturniveau (LogiDataTech GmbH)

Die thermophile Kompostierung, auch Heißrotte genannt, optimiert beschriebene Prozessparameter und erreicht durch eine hohe mikrobielle Aktivität Temperaturen, die Krankheitserreger abtöten. Der Prozess funktioniert ohne die Zugabe externer Wärmeenergie und kann bei ausreichender Pflege über mehrere Wochen Temperaturen > 55°C halten.

Voraussetzungen: Optimale Prozessbedingungen für das Erreichen der thermophilen Temperaturen sind

- Wassergehalt, abhängig von der Struktur des Rottegutes von 45–65 %
- Luftporenvolumen zwischen 30–50%, Nachströmen von ausreichend Sauerstoff
- pH-Wert zwischen 7–9
- C/N-Verhältnis zwischen 20:1–25:1
- Mischung aus leichtverfügbaren Kohlenhydraten und holzigem Strukturmaterial

Das Wenden der Miete bringt Sauerstoff in den Kompost und fördert frisches Substrat in die Mitte. Die Temperaturen steigen erneut in den thermophilen Bereich.

Aber: Damit der Prozess der thermophilen Kompostierung optimal ablaufen kann, werden ausreichende Substratmengen benötigt. Insbesondere kleine Kompostierungen haben Schwierigkeiten die beschriebenen Kenngrößen einzuhalten.

Verfahren 2: Wurmkompostierung

Der aerobe Abbau organischer Substanz durch den gezielten Einsatz von Würmern wird als Wurmkompostierung bezeichnet. Kompostwürmer nehmen täglich bis zu 50 % ihres Körpergewichtes an Nahrung auf. Nur 5–10 % davon nutzen sie für die eigene Ernährung, der Rest wird halbverdaut als Wurmkompost ausgeschieden. Die Verdauung der organischen Stoffe erhöht deren Oberfläche und bietet Mikroorganismen eine größere Angriffsfläche. Zugleich wird das Substrat im Darm des Wurms mit Mikroorganismen angereichert. Die Bewegung der Würmer durch den Kompost durchmischt und belüftet diesen zusätzlich. Vor der Aufnahme durch die Würmer muss das Material allerdings mikrobiell aufgeschlossen werden. Der Großteil des Abbauprozesses erfolgt durch Mikroorganismen.

Im Gegensatz zur thermophilen Kompostierung wird das Substrat während der Wurmkompostierung weder aktiv belüftet noch gewendet. Die Ansprüche an Sauerstoffgehalt, strukturgebendes Material und Wassergehalt sind geringer. Der Prozess der Wurmkompostierung verläuft weniger dynamisch als die thermophile Kompostierung und das behandelte Substrat erhitzt sich entsprechend kaum über das Temperaturniveau der Umgebung.

Verschiedene Wurmkompostierungsversuche mit menschlichen Fäzes konnten nachweisen, dass die Zahl pathogener Mikroorganismen durch den Prozess signifikant reduziert wird. Die Hygienisierungsleistung untersuchter Wurmkompostierungen führt allerdings in keinem betrachteten Fall zu einer vollumfänglichen Inaktivierung pathogener Bakterien. Eine ausreichende Hygienisierung auf ein unbedenkliches Niveau ist fraglich. Zusätzlich ist die Wirkung der Wurmkompostierung auf widerstandsfähige Viren und Helminthen umstritten.

Die Kompostierung menschlicher Fäzes mithilfe von Kompostwürmern stellt einen geeigneten sekundären Behandlungsschritt dar, um das Substrat zu stabilisieren und nachteilige biologische Abbauaktivität zum falschen Zeitpunkt zu verhindern. Eine vorgeschaltete Behandlung bspw. mittels thermophiler Kompostierung oder eine verlängerte Lagerdauer von mindestens 1,5 Jahren kann eine sinnvolle Kombination zur Hygienisierung der Fäzes darstellen

Verfahren 3: Pasteurisierung, Druck-Sterilisation

Die notwendige Verweilzeit kann durch eine Erhöhung der Temperatur und des Drucks reduziert werden. Drucksterilisation erfolgt bei einem Druck von 3 bar und einer Temperatur von 133°C für einen Zeitraum von 20 Minuten. Die Temperatur muss ausreichend lange gehalten werden, um jeden Teil des Substrats zu erreichen. Mittels dieses Verfahrens werden bedenkliche Schlachtabfälle hygienisiert und auch medizinische Geräte sterilisiert. Es ist effektiv, erfordert jedoch einen hohen Energieaufwand

Verfahren 4: Beeinflussung pH-Wert: basische Behandlung und Lacto-Fermentation

Die auf die Milieubedingungen des Darms angepassten pathogenen Mikroorganismen finden in einem neutralen pH-Bereich von ca. 7 sowie einem gewissen Toleranzbereich geeignete Lebensbedingungen. Ändert sich der pH-Wert in Richtung eines sauren Milieus < 5 oder eines basischen Milieus > 9 , kommt es zu einem Absterben der Krankheitserreger.

Die Erhöhung des pH-Wertes durch den Einsatz basischer Zuschlagsstoffe stellt ein ehemals gängiges Hygienisierungsverfahren dar. Bspw. wurde Klärschlamm durch die Zugabe von Calciumhydroxid bzw. Kalkhydrat behandelt. Substrate, die nach der Behandlung einen pH-Wert von 12,8 aufweisen, können anschließend allerdings nur schwer vererdet werden und benötigen eine Beimischung anderer Stoffe, um den pH-Wert zu senken. Ein Risiko der basischen Behandlung ist eine unzureichende Durchmischung.

Vorteile der Lacto-Fermentation menschlicher Fäzes sind ein geringer notwendiger Technologisierungsgrad, eine weitgehende Unterdrückung unangenehmer Gerüche und die effiziente Konservierung von Organik und Nährstoffen.

Die Fermentation erfolgt durch anaerobe homo- und heterofermentative²³ Milchsäurebakterien, die gelöste leicht verfügbare Kohlenhydrate zu Milchsäure, Ethanol, CO₂ und Acetaldehyd umsetzen. Die starke Bildung von Milchsäure führt zu einem Absinken des pH-Wertes < 4 , der das Substrat konvertiert. Ein pH-Wert von 3,5–4,2 wirkt in Verbindung mit der freigewordenen Säure hygienisierend

Für eine effektive Fermentation müssen den Fäzes Kohlenhydrate und Milchsäurebakterien zugesetzt werden

Anforderungsanalyse

Sicherheit, Produktqualität, Ressourcenaufwand

1. Sicherheit

Das Konzept gewährleistet eine Reduktion der vorhergehend betrachteten Krankheitserreger auf ein unbedenkliches Niveau. Dies beinhaltet auch den äußerst widerstandsfähigen Spulwurm der Gattung *Ascaris*. Weitere Schadstoffe werden bestmöglich abgebaut und unterschreiten nach Abschluss der Weiterbearbeitung die relevanten Grenzwerte. Vorbeikommende Passanten nehmen keine Geruchsemissionen wahr. Das Konzept ist so erstellt, dass es einer externen Überprüfung standhält.

2. Ressourcenaufwand

Der Platzbedarf des Konzeptes ist limitiert durch den auf dem Grundstück verfügbaren Raum für die Weiterbearbeitung von ca. 60 m². Der regelmäßige Arbeitsaufwand ist im Rahmen der zweiwöchentlich stattfindenden Projekttag händelbar. Die regelmäßigen Kosten des Systems für Verbrauchsmaterial sind geringer als die jährliche Kostenersparnis durch die Reduktion der Trinkwassernutzung von ca. 160 m³ bzw. 550 € 32. Das Konzept setzt möglichst auf regional verfügbare Ressourcen und schließt so lokale Nährstoffkreisläufe.

3. Produktqualität

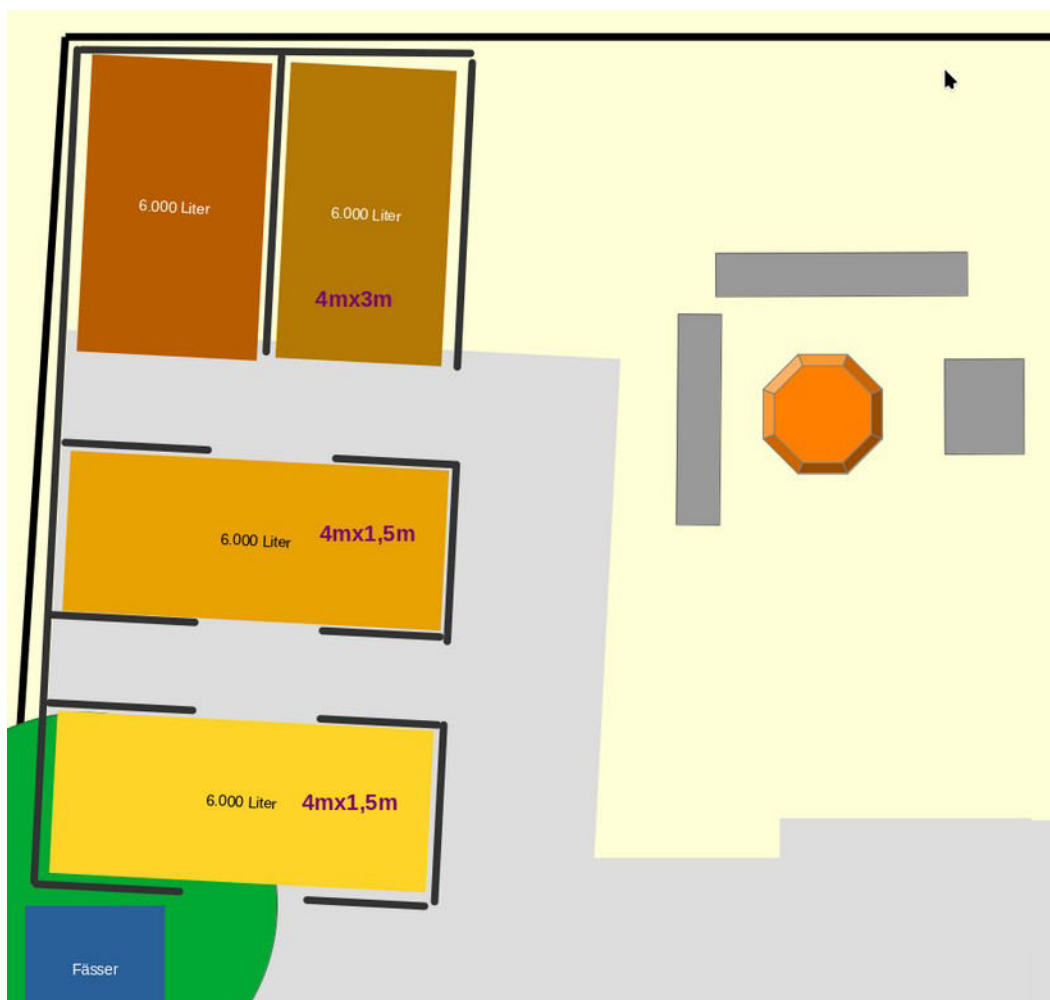
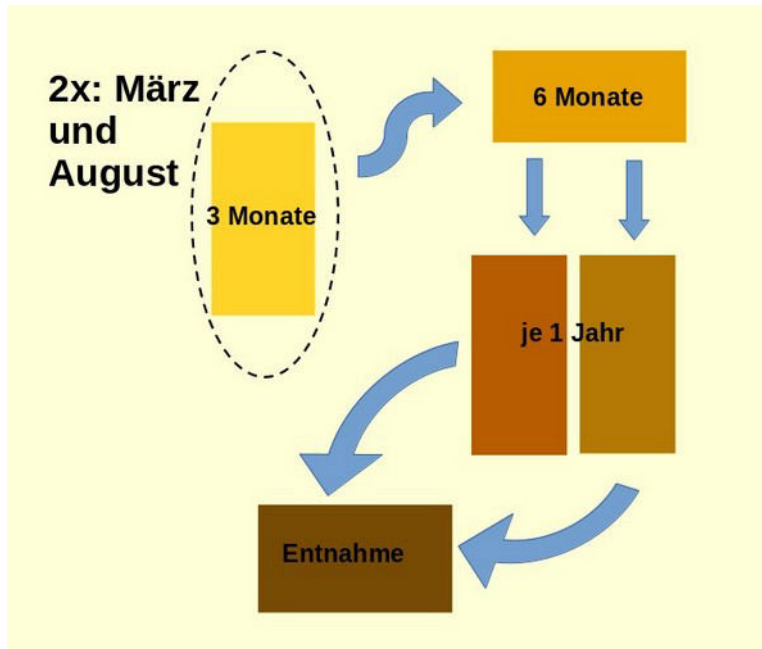
Das hygienisierte und vererdete Düngemittel ist von hoher Qualität. Es ist unbedenklich in der Anwendung und hat positive Auswirkungen auf den Boden und die Pflanzenernährung. Das Produkt soll für Zierpflanzen und Gehölze auf dem Grundstück der Genossenschaft genutzt werden. Bei günstiger Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen ist eine lokale Weitergabe bspw. An Pflanzungsprojekte denkbar. Eine Anwendung im Gemüsebau ist zunächst nicht vorgesehen.

Kalkulation der Kompostmengen

Etwa 50 l Volumen / Jahr / Erwachsenen – abhängig von Ernährungsgewohnheiten.
Wassergehalt 75%

HERZAHLEN EINGEBEN																																																																																																																																																																				
Anzahl Erwachsene	Anzahl Kinder (50%)	Durchschnittliche Anwesenheit	Fäzes (L/p./Tag)	Verhältnis Zuschlagsstoffe zu Flüssigkeit	Zuschlagsstoffe	Gesamtmenge Erwachsener	Gesamtmenge Kinder	Volumen pro Tag in Litern	Gesamtvolumen Fäzes pro Jahr in Litern	Fässer à 105 Liter pro Jahr	Zuschlag für Kompost ansetzen:		Geschätztes Volumen Kompost pro Jahr	Gesamtvolumen Kompost pro Jahr																																																																																																																																																						
15	4	80,00 %	0,20	2,25	0,45	0,65	0,55	9,56	3,489	33,23	1	1	10,468	11,515																																																																																																																																																						
C und N Holz, Laub, C																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="15">Thermokomposter</th> </tr> <tr> <th colspan="15">Min. 3 Monate</th> </tr> <tr> <th>Monat</th> <th>Januar</th> <th>Februar</th> <th>März</th> <th>April</th> <th>Mai</th> <th>Juni</th> <th>Juli</th> <th>August</th> <th>September</th> <th>Oktober</th> <th>November</th> <th>Dezember</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> </tr> </tbody> </table>															Thermokomposter															Min. 3 Monate															Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember			Volumen	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758																																																																																										
Thermokomposter																																																																																																																																																																				
Min. 3 Monate																																																																																																																																																																				
Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember																																																																																																																																																								
Volumen	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="15">Frischkompost</th> </tr> <tr> <th colspan="15">Min. 6 Monate</th> </tr> <tr> <th>Monat</th> <th>Januar</th> <th>Februar</th> <th>März</th> <th>April</th> <th>Mai</th> <th>Juni</th> <th>Juli</th> <th>August</th> <th>September</th> <th>Oktober</th> <th>November</th> <th>Dezember</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> </tr> </tbody> </table>															Frischkompost															Min. 6 Monate															Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember			Volumen	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758																																																																																										
Frischkompost																																																																																																																																																																				
Min. 6 Monate																																																																																																																																																																				
Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember																																																																																																																																																								
Volumen	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="15">Einjährige Lagerung</th> </tr> <tr> <th>Monat</th> <th>Januar</th> <th>Februar</th> <th>März</th> <th>April</th> <th>Mai</th> <th>Juni</th> <th>Juli</th> <th>August</th> <th>September</th> <th>Oktober</th> <th>November</th> <th>Dezember</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen 1</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> </tr> <tr> <td>Volumen 2</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> <td>5,758</td> </tr> <tr> <td>Gesamtvolume</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> <td>11,515</td> </tr> </tbody> </table>															Einjährige Lagerung															Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember			Volumen 1	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	Volumen 2	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	Gesamtvolume	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515																																																																											
Einjährige Lagerung																																																																																																																																																																				
Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember																																																																																																																																																								
Volumen 1	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758																																																																																																																																																						
Volumen 2	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758	5,758																																																																																																																																																						
Gesamtvolume	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515	11,515																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="15">Kompostentnahme</th> </tr> <tr> <th>Monat</th> <th>Januar</th> <th>Februar</th> <th>März</th> <th>April</th> <th>Mai</th> <th>Juni</th> <th>Juli</th> <th>August</th> <th>September</th> <th>Oktober</th> <th>November</th> <th>Dezember</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5,758</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5,758</td> <td>11,515</td> </tr> </tbody> </table>															Kompostentnahme															Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember			Volumen						5,758							5,758	11,515																																																																																																									
Kompostentnahme																																																																																																																																																																				
Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember																																																																																																																																																								
Volumen						5,758							5,758	11,515																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="15">Zu bewegende Liter:</th> </tr> <tr> <th>Insgesamt:</th> <th colspan="14">Geplant:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>46.060</td> <td colspan="14">17.273</td> </tr> <tr> <td colspan="15">verringert sich auf 50-70%</td> </tr> </tbody> </table>															Zu bewegende Liter:															Insgesamt:	Geplant:														46.060	17.273														verringert sich auf 50-70%																																																																																																								
Zu bewegende Liter:																																																																																																																																																																				
Insgesamt:	Geplant:																																																																																																																																																																			
46.060	17.273																																																																																																																																																																			
verringert sich auf 50-70%																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="15">Bendigte Kapazität</th> </tr> <tr> <th colspan="15">1 Komposter 2x 3+ Monate</th> </tr> <tr> <th colspan="15">1 Komposter Alle 6 Monate</th> </tr> <tr> <th colspan="15">2 Komposter 2x 1 Jahr</th> </tr> <tr> <th colspan="15">1 Lagerbox</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5,758</td> <td colspan="14">6,000</td> </tr> <tr> <td>5,758</td> <td colspan="14">6,000</td> </tr> <tr> <td>11,515</td> <td colspan="14">12,000</td> </tr> <tr> <td>23,030</td> <td colspan="14">24,000</td> </tr> <tr> <td colspan="15">das sind 104,21 % (der Rest wird abgepumpt)</td> </tr> </tbody> </table>															Bendigte Kapazität															1 Komposter 2x 3+ Monate															1 Komposter Alle 6 Monate															2 Komposter 2x 1 Jahr															1 Lagerbox															5,758	6,000														5,758	6,000														11,515	12,000														23,030	24,000														das sind 104,21 % (der Rest wird abgepumpt)														
Bendigte Kapazität																																																																																																																																																																				
1 Komposter 2x 3+ Monate																																																																																																																																																																				
1 Komposter Alle 6 Monate																																																																																																																																																																				
2 Komposter 2x 1 Jahr																																																																																																																																																																				
1 Lagerbox																																																																																																																																																																				
5,758	6,000																																																																																																																																																																			
5,758	6,000																																																																																																																																																																			
11,515	12,000																																																																																																																																																																			
23,030	24,000																																																																																																																																																																			
das sind 104,21 % (der Rest wird abgepumpt)																																																																																																																																																																				

Aufbau Kompostplatz



Stand: Februar 2023

SO KOMPOSTIEREN WIR!

Dank unserer Komposttoiletten können wir unsere Fäzes in wertvollen Kompost verwandeln. Dabei sind verschiedene Faktoren wichtig, um letztlich ein hochwertiges und „sauberes“ Produkt zu erhalten. Mit Strukturmaterialien wird der Haufen lockerer und die Sauerstoffzufuhr sichergestellt, denn wir brauchen Lebensraum für Würmer & Co. statt Fäulnisprozesse. Auch sollte das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältnis (C/N) und der Feuchtigkeitsgehalt beachtet werden. Mit unserem Verfahren können wir eine hohe hygienische Sicherheit gewährleisten: Der Kompost wird über zwei Jahre abgelagert, was der WHO-Empfehlung entspricht. Zusätzlich versuchen wir im ersten Schritt (Thermokomposter) hohe Temperaturen von bis zu 70°C zu erreichen. An Zuschlagsstoffen wird vorrangig organisches Material verwendet, das bei uns selbst anfällt, insbesondere Küchenabfälle und Grünschnitt. Unseren „Müll“ können wir dadurch deutlich reduzieren. Der Kompost kann anschließend zur Düngung von Bäumen und anderen Pflanzen verwendet werden. Er wirkt außerdem positiv auf das Bodenleben, speichert CO₂ und hilft dabei, Kreisläufe zu schließen!

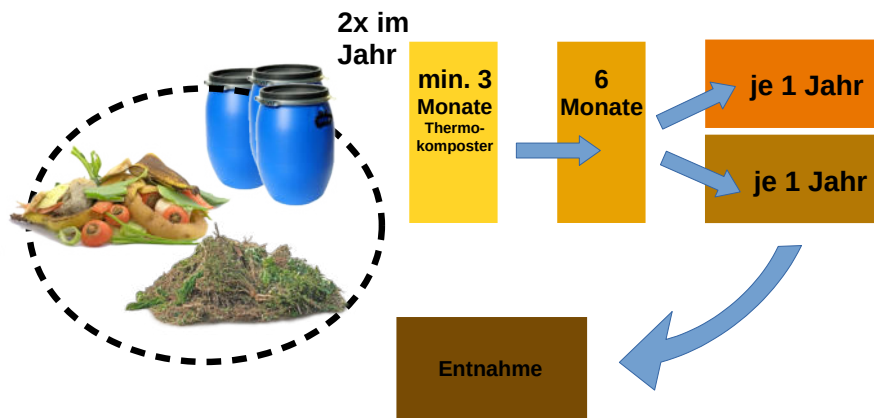
UNSER VERFAHREN:

Zweimal im Jahr – im März und August – setzen wir bis zu 16 Fässer mit Fäzes als Kompost an. Dafür verwenden wir als weitere Zuschlagsstoffe Küchen- und Gartenabfälle sowie gehäckselten Grünschnitt und Streumaterial, die in der Zwischenzeit gesammelt wurden. Es braucht etwa ein Drittel für jede Kategorie. Durch die zeitliche Abfolge können an nur zwei Terminen alle notwendigen Schritte getan werden.

DIE EINZELNEN SCHRITTE:

1. Den fertigen Kompost aus der 1-jährigen Lagerung in die Entnahmestation bringen.
2. Den Kompost aus der 6-monatigen Lagerung in die nun freie Box umsichten und dabei gut durchmischen.
3. Den Thermokomposter in die 6-monatige Lagerung umsichten und dabei gut durchmischen.
4. Einen neuen Thermokomposter mit Fäzes ansetzen und dabei auf die Mischverhältnisse, gute Durchmischung und Lockerheit achten. Beim Umgang mit Fäzes Handschuhe tragen!

Hinweis: Als unterste Schicht – insbesondere beim neu angesetzten Thermokomposter – immer eine dicke Mischung aus Strukturmaterial und saugfähigem Streu (Stroh oder ähnliches) herrichten. So wird überschüssige Feuchtigkeit aufgefangen und die Sickerung in den Boden verhindert!



DAS DARF ALLES IN DEN KOMPOSTER:

- 1/3 Küchenabfälle: Gemüseschalen, Obstreste, Eierschalen, Teebeutel, Kaffeesatz – aber nichts Verarbeitetes.
Reste aus den Gemüsebeeten wie z.B. Tomatenpflanzen, die noch kleingeschnitten werden.
- Rasenschnitt: Frischer Rasenschnitt fault sehr schnell. Wenn überhaupt, dann sollte er vorher leicht angetrocknet sein und auch nur in kleinen Mengen hinzugegeben werden.
- Laub von Obstbäumen oder Büschen.
- 1/3 Fäzes – bis zu 16 große Fässer. Darin enthalten sind im Einstreu Pflanzenfasern, Pflanzenkohle und EMs.
- 1/3 Strukturmaterial wie kleine Äste oder Wein-Rückschnitt – muss vorher zerkleinert werden. Bei Bedarf mineralische Stoffe wie Gesteinsmehl.



