

ICS 13.030.50; 65.080

Qualitätssicherung von Recyclingprodukten aus Trockentoiletten zur Anwendung im Gartenbau

Quality assurance of recycling products from dry toilets for use in horticulture

Assurance qualité du recyclage des produits des toilettes sèches pour l'horticulture

Gesamtumfang 50 Seiten

Dieses Dokument wurde durch die im Vorwort genannten Verfasser erarbeitet und verabschiedet.

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	12
4 Anforderungen	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Relevante Anforderungskategorien	15
4.2.1 Seuchenhygiene bzw. Infektionsschutz.....	15
4.2.2 Phytohygiene.....	15
4.2.3 Schadstoffarmut.....	15
4.2.4 Gartenbauliche Eignung	15
4.2.5 Sonstiges	16
4.3 Erfüllung der Anforderungen.....	16
4.4 Durchzuführende Analysen	16
Anhang A (normativ) Grenzwerte, Kennzeichnungsschwellen und Mindestgehalte bei Recyclingdüngern aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft.....	18
Anhang B (informativ) Hinweise zur Probenahme für Analysen der Recyclingdünger	33
Anhang C (informativ) Offene Liste möglicher Labore	37
Anhang D (informativ) Mögliche Abweichungen der Analysen.....	39
Anhang E (informativ) Praktische Anwendungsempfehlungen.....	40
E.1 Allgemeines	40
E.2 Gartenbauliche Anwendungsempfehlungen zur Düngung	40
E.3 Technische Anwendungsempfehlungen zur Behandlung von Inhalten aus Trockentoiletten	41
E.4 Technische Anwendungsempfehlungen zum Betrieb von Trockentoiletten	42
Anhang F (informativ) Darstellung der Gesetze und Verordnungen	44
Anhang G (informativ) Ergebnisse der Proof-of-Concept-Versuche.....	47
Literaturhinweise.....	49

Vorwort

Diese DIN SPEC wurde nach dem PAS-Verfahren erarbeitet. Die Erarbeitung von DIN SPEC nach dem PAS-Verfahren erfolgt in DIN SPEC (PAS)-Konsortien und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

Die Erarbeitung und Verabschiedung des Dokuments erfolgten durch die nachfolgend genannten Initiator*innen und Verfasser*innen:

- Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau e. V. (IGZ)
Dr.-Ing. Ariane Krause
Franziska Häfner
Emma Harlow
- FINIZIO GmbH
Florian Augustin
- Goldeimer gGmbH
Enno Schröder
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ)
Dipl.-Ing. Tobias Hübner
- Kollektiv für angepasste Technik (KanTe)
Lisa Häfner
- Fachverband Pflanzenkohle e. V.
Malte Kraus
- Eawag, das Wasserforschungsinstitut im ETH-Bereich
Prof. Dr. Kai Udert
- Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e. V. (BDE)
Kathrin Brand
Sandra Giern
- Netzwerk für nachhaltige Sanitärsysteme (NetSan e. V.)
Isabelle Fischer
Tobias Hofmann
- Holzapfel + Konsorten GmbH & Co. KG
Karsten Holzapfel
- Technische Universität (TU) Berlin, Fachgebiet Kreislaufwirtschaft und Recyclingtechnologie
Janine Korduan
- DYCLE c/o Zukunft Pflanzen e. V.
Christian Schloh
- LotusConsulting
Dr.-Ing. Jürgen Stäudel

Für dieses Thema bestehen derzeit keine Normen im Deutschen Normenwerk.

DIN SPEC (PAS) sind nicht Teil des Deutschen Normenwerks.

Für diese DIN SPEC (PAS) wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann das DIN SPEC (PAS)-Konsortium weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Anwendung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass das DIN SPEC (PAS)-Konsortium für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden DIN SPEC (PAS) entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dem Anwender dieses Dokuments ist unbeschadet der Rechte des DIN e.V. an der Gesamtheit des Dokuments die Vervielfältigung der Vorlage in Anhang B gestattet.

Die kostenfreie Bereitstellung dieses Dokuments als PDF-Version über den Beuth WebShop wurde im Vorfeld finanziert.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Einleitung

Fachlicher Hintergrund

Menschliche Fäkalien werden in Ländern wie Deutschland, Österreich oder der Schweiz fast ausschließlich in Abwässer eingeleitet und nicht weiter stofflich verwertet. Während tierische Ausscheidungen fester Bestandteil der Düngung sind, werden die Stoffe menschlicher Herkunft nicht rezykliert, obwohl ein deutliches Düngepotential besteht. Menschliche Ausscheidungen enthalten essentielle Pflanzennährstoffe und sind oftmals weniger belastet als andere Abfälle, die zur Herstellung von Recyclingdüngern verwendet werden. Laut der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) könnten Recyclingdünger aus menschlichen Ausscheidungen, je nach Makroelement, 17 % bis 25 % der in Deutschland eingesetzten synthetischen Mineraldünger substituieren und damit einen wichtigen Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz leisten (DWA, 2015).

Technische Systeme, die eine dezentrale Sammlung, Behandlung und Verwertung der Stoffströme Urin und Fäzes sowie ein kreislauforientiertes Nährstoff-Recycling zum Ziel haben, werden im deutsch-sprachigen Raum auch unter dem Begriff „Neuartige Sanitärsysteme“ (kurz: NASS) zusammengefasst. Neuartige Sanitärsysteme sind in Deutschland etabliert und stellen eine notwendige Komplementierung der konventionellen Techniken wie Wassertoilette, Kanalisation und zentrale Kläranlage dar. NASS entsprechen dem Stand der Technik und Wissenschaft.

Technologisch basieren NASS auf kreislauf-orientierten, also „erneuerbaren“ Technologien, die (i) die Verwendung von Frischwasser als Spülwasser weitestgehend vermeiden, (ii) die Rückgewinnung von Nährstoffen ermöglichen und (iii) Stoffströme nach Möglichkeit getrennt erfassen. Diese zuletzt genannte „Stoffstromtrennung“ ermöglicht eine genaue Analyse der Frachten an Nährstoffen, Krankheitserregern oder Schadstoffen (z. B. Schwermetalle oder organischen Mikroschadstoffe wie Arzneimittelrückständen) sowie eine spezifische Behandlung der unverdünnten Stoffströme. Ziel der Behandlung ist es, Krankheitserreger zu inaktivieren („Hygienisierung“) und Schadstoffe zu eliminieren, um letztlich die zurückbleibenden Nährstoffe sicher zu rezyklieren. Zur Stoffstromtrennung „an der Quelle“, werden häufig Trockentoiletten verwendet, in denen menschliche Fäkalien ohne Wasserspülung gesammelt werden. Diese NASS-Technik ist dezentral, modular und flexibel einsetzbar und bildet ein wichtiges Kernelement einer zukunftsfähigen, nachhaltigen und global-verfügbaren Sanitärtechnik.

Bedarf für die vorliegende Spezifikation

Bisher ist der Bekanntheitsgrad von NASS in der Öffentlichkeit in Deutschland, Österreich und der Schweiz eher gering. In den letzten 5 Jahren hat sich jedoch im Bereich der mobilen Trockentoiletten für Veranstaltungen sowie für stationäre/eingebaute Trockentoiletten für Gartenlauben und Wohnmobile ein neuer Markt entwickelt. Nachhaltigkeitsleitbild ist die Transformation der Sanitärversorgung von einem entsorgungs- zu einem verwertungs-orientierten Sektor sowie der Verzicht auf umweltschädliche Chemikalien, die sonst häufig bei nicht-kanalisationsgebundener Sanitärversorgung eingesetzt werden. Der Aufbau der jungen Trockentoiletten-Branche wird aktuell durch eine Reihe administrativer, juristischer und wirtschaftlicher Unsicherheiten bei der verwertungsorientierten, bodenbezogenen Behandlung sowie bzgl. der Absatzmöglichkeiten der Recyclingprodukte gehemmt.

Besonders rechtliche Rahmenbedingungen für das Inverkehrbringen von Düngemitteln stellen derzeit eine Hürde dar, Rohstoffe anthropogenen Ursprungs für die Düngung nutzbar zu machen. Existierende Gesetze, Normen und Standards gelten bisher ausschließlich für Recyclingdünger, die aus Ausgangssubstraten pflanzlicher oder tierischer Herkunft hergestellt werden; nicht aber aus anthropogenen Ausgangssubstraten. Auch auf europäischer Ebene fehlen normative oder gesetzliche Regelungen für Recyclingprodukte aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft. In der Konsequenz befindet sich auf dem deutschen oder österreichischen Markt derzeit kein solcher Recyclingdünger. Die weltweit erste Zulassung eines Düngers aus menschlichem Urin erfolgte 2018 in der Schweiz.

In der Debatte um die Nutzung menschlicher Ausscheidungen als Ressource zur Herstellung von Recyclingdüngern für die landwirtschaftliche und/oder gartenbauliche Anwendung spielt besonders die Qualitätssicherung eine zentrale Rolle. Die vorliegende Produktspezifikation legt Qualitätsanforderungen an Recyclingdünger aus menschlichen Ausscheidungen fest. Er soll als Maßstab dienen, um die Qualität verschiedener Recyclingdünger kontrollieren und vergleichen zu können. Diese DIN SPEC dient zur Unterstützung um (i) existierende Unsicherheiten bei der Vermarktung von Recyclingdüngern aus menschlichen Ausscheidungen abzubauen, (ii) den Dialog mit der Politik zu fördern und (iii) nachhaltige, kreislaforientierte Sanitärsysteme und Dünger-Alternativen zu etablieren.

Ziel der Spezifikation

Die vorliegende Produktspezifikation legt **Qualitätskriterien und Anforderungen für vermarktungsfähige und qualitätsgesicherte Recyclingprodukte aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft zur Anwendung als Dünger im Gartenbau** fest. Besonders beachtet wird dabei die Sicherstellung der seuchenhygienischen Unbedenklichkeit sowie eine hinreichende Qualität der Recyclingdünger in Bezug auf Schadstoffarmut und Nährstoffverfügbarkeit. Der Standard orientiert sich dabei an der deutschen sowie der europäischen Gesetzgebung für Düngemittel bzw. Recyclingdünger.

Die Produktspezifikation soll direkt die Vermarktungsfähigkeit der Recyclingprodukte auf dem deutschen sowie dem europäischen Markt verbessern und somit den Branchenaufbau erleichtern. Übergeordnet soll damit auch ein Nachhaltigkeitsbeitrag zur Etablierung *integrierter* Kreislaufwirtschaften – mit Nährstoff-Recycling durch die Kopplung von Sanitärversorgung und Nahrungsproduktion – geleistet werden, in dem die praktische Anwendung von Recyclingdüngern im Gartenbau gefördert wird.

Vorgehensweise bei der Erarbeitung der Spezifikation

Die vorliegende DIN SPEC wurde in insgesamt fünf Schritten erarbeitet:

1) *Definition des Betrachtungsgegenstands*

„Inhalte aus Trockentoiletten“ wurden in drei wesentliche Stoffgruppen kategorisiert:

- **menschliche Ausscheidungen:** Urin, Fäzes, Blut, Erbrochenes;
- **betriebsübliche Zuschlagstoffe:** (i) toilettenbezogene Zuschlagstoffe (Toilettenpapier, Einstreumaterial, Reinigungsmittel) und (ii) verwertungsbedingte Zuschlagstoffe (z. B. für die Kompostierung oder die Aufbereitung von Urin);
- **Störstoffe:** Abfälle wie Hygieneartikel, Verpackungsmüll oder Glas und Inhalte aus Chemietoiletten.

2) *Durchführung einer Risikoanalyse*

Laut Deutschem Düngerecht muss die Qualitätssicherung die sachgerechte Anwendung eines Düngeprodukts sicherstellen, sodass die Bodenfruchtbarkeit, Pflanzengesundheit und Umwelt, aber auch die Gesundheit von Mensch und Tier nicht beeinträchtigt oder gefährdet wird. Aus dieser Forderung lassen sich konkrete Anforderungen an Merkmale und Eigenschaften der Recyclingdünger ableiten. Um diese genauer festzulegen, wurde im Rahmen dieser DIN SPEC eine Risikoanalyse angefertigt. Dabei wurden zunächst folgende Risikokategorien festgelegt; anschließend wurde die Relevanz dieser Risikokategorien für alle unter 1) genannten Stoffgruppen systematisch betrachtet und eingeordnet (Krause et al., 2020).

- **Seuchenhygiene bzw. Infektionsschutz,** betrifft die Sicherstellung der „seuchenhygienischen Unbedenklichkeit“, die durch Hygiene-Maßnahmen, also durch die Eliminierung bzw. Inaktivierung von Pathogenen, erreicht wird.

- **Phytohygiene**, betrifft die Herstellung und Verwendung keimfreier Substrate, was durch eine Behandlungsmethode zur Abtötung von Schaderregern und Unkrautsamen erreicht wird, die insbesondere durch pflanzliches Material eingebracht werden.
- **Schadstoffarmut**, betrifft die Vermeidung einer übermäßigen Belastung der Umwelt (z. B. Boden und Gewässer) mit Substanzen in kritischen Konzentrationen, wie z. B. Schwermetalle, Mikroplastik oder organischen Spurenstoffen, wie z. B. pharmazeutische Rückstände (Medikamente und Hormone).
- **Gartenbauliche Eignung** der Recyclingprodukte für die Verwendung als Dünger im Gartenbau, betrifft z. B. Nährstoffgehalte, die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe (d. h. Nährstoff-Löslichkeit), den Nachweis einer Düngewirkung, oder eine ausreichende Homogenität und Handhabbarkeit des Produkts.

Die **wichtigsten Ergebnisse** der Risikoanalyse, die in die Definition der Kriterien bzw. der zu analysierenden Parameter integriert wurden, sind in **Abschnitt 4 „Anforderungen“** zusammengefasst. Die komplette Risikoanalyse (verfasst in deutscher Sprache) ist auf der Seite des Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e. V. frei zum Download verfügbar (Krause et al., 2020).

3) Durchführung einer Metaanalyse und umfassende Darstellung der Grenzwerte und Mindestgehalte

Zur Qualitätssicherung bei der Anwendung von Recyclingdüngern im Gartenbau ist neben einer sachgerechten Behandlung auch die Einhaltung des Abfall- und Düngerechts notwendig. Ziel der Metaanalyse war es, ein Verständnis für die bestehenden Gesetze, Verordnungen und Normen zu gewinnen und daraus zu betrachtende Grenzwerte und Mindestgehalte zur Qualitätssicherung von Recyclingprodukten aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft abzuleiten¹. Durchgeführte Aufgaben umfassten daher die Sichtung, Auswertung und zielorientiert-strukturierte Aufbereitung vorhandener gesetzlicher und normativer Texte und wissenschaftlicher Studien, sowie die Zusammenfassung relevanter Grenzwerte und Mindestgehalte zur Spezifizierung von Kriterien für die Qualitätssicherung.

In Deutschland ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) die Grundlage des **Abfallrechts**. Es wird durch verschiedene Verordnungen ergänzt und konkretisiert; diese sind jedoch nur einschlägig für die Ausgangsstoffe Bioabfälle, Klärschlamm oder tierische Gülle. Der Umgang mit menschlichen Fäzes und Urin, wenn diese nicht mit Wasser vermischt, sondern getrennt gesammelt werden, ist in der deutschen Rechtsprechung nicht geregelt. Neben dem Abfallrecht werden Recyclingdünger auch vom **Düngerecht** reguliert. Das produktbezogene Düngemittelrecht beinhaltet die nationalen Anforderungen an das Inverkehrbringen von „Nicht-EG-Düngemitteln“². Die gesetzliche Grundlage für die Herstellung und das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Pflanzenhilfsmitteln und Kultursubstraten sind das Düngegesetz (DüngG) und die Düngemittelverordnung (DüMV). Letztere beinhaltet eine abschließende Liste von zulässigen Ausgangsstoffen für Düngemittel, zu denen menschliche Fäzes und Urin nicht zählen.

Um ein Verständnis für die Wertschöpfung im Fall von Recyclingdüngern aus menschlichen Fäkalien zu bekommen, wurden zunächst, entlang der jeweiligen Wertschöpfungsketten der drei Ausgangsstoffe Bioabfall, Klärschlamm und Gülle, die jeweils geltenden rechtlichen Regelungen nachvollzogen. Die relevanten Verordnungen für die Recycling-orientierte Verwertung von fäkalien-ähnlichen Stoffen sind die Bioabfallverordnung (BioAbfV), die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) und die DüMV. Gülle (bzw. „tierische Wirtschaftsdünger“) unterliegt den Vorschriften des Tierhygiene- und Düngemittelrechts und wird u. a. in der Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung (TierNebV) beachtet. Die genannten

¹ Es wurde im DIN SPEC-Konsortium beschlossen, vorrangig die deutsche Rechtslage zu betrachten, da das Ziel der Aktivitäten zunächst dazu dient Anforderungen für vermarktungsfähige und qualitätsgesicherte Recyclingprodukte aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft zur Anwendung als Dünger im Gartenbau in Deutschland zu definieren. In einem späteren Schritt könnte hierdurch ebenfalls eine Etablierung von Recyclingdüngern aus menschlichen Fäkalien auf europäischer oder internationaler Ebene ermöglicht werden.

² Diese Bezeichnung beinhaltet alle Düngemittel, die nicht auf Basis der EU-Verordnung über Düngemittel [(EG) Nr. 2003/2003] in den Verkehr gebracht wurden.

Verordnungen beziehen sich zum Teil aufeinander und greifen ineinander. Während beispielsweise die BioAbfV die Sammlung und Behandlung von Bioabfällen reguliert, greift – sobald eine Vermarktung eines aus Bioabfall erzeugten Kompostes angestrebt wird – die DüMV. **Anhang F stellt diese Zusammenhänge dar.**

4) *Synthese der Erkenntnisse*

Diese DIN SPEC ist eine Produktspezifikation und hat die Vermarktung von Düngern zum Ziel. Somit wurde sich bei der Auswahl der qualitätssichernden Parameter, die ein Recyclingdünger aus Fäzes und Urin nach diesem Dokument zu erfüllen hat, hauptsächlich an der DüMV orientiert. Ergänzt wurde die Liste durch weitere Parameter, die wegen des spezifischen Risikos der Ausgangsstoffe dieser Recyclingdünger relevant sein können. Beispielsweise sind für eine gartenbauliche Anwendung von Recyclingprodukten aus Inhalten aus Trockentoiletten besonders die seuchenhygienische Unbedenklichkeit sowie die Schadstofffreiheit relevant.

Folgende Parametergruppen wurden für die durchzuführenden Analysen definiert:

Bestimmte **Standardparameter** (wie z. B. pH-Wert, Trockensubstanz) sind vorrangig informativ anzugeben. Für **Nährstoffe** gelten teilweise Mindestgehalte, die eingehalten werden müssen, um einem bestimmten Düngemitteltyp zugeordnet werden zu können sowie Kennzeichnungsschwellwerte, ab denen Gehalte deklariert werden müssen. Für **Fremdstoffe** (wie z. B. Steine, Glas, Kunststoff), **Schadstoffe** (wie z. B. organische Schadstoffe, Schwermetalle und pharmazeutische Rückstände) und **Hygieneparameter** (wie z. B. Salmonellen, *E. coli*, Enterokokken) gelten meist Grenzwerte, die zur Erfüllung der Qualitätskriterien nicht überschritten werden dürfen; allerdings wurde im geltenden Recht nicht für alle Parameter Grenzwerte gefunden. Letzteres gilt insbesondere für pharmazeutische Rückstände.

Für die detaillierte Auflistung aller Parameter, siehe Abschnitt 4. Für die umfassende Auflistung der Parameter einschließlich der zugeordneten Grenzwerte und Mindestgehalte, siehe Anhang A.

5) *Proof-of-Concept*

Um letztlich einen prinzipiellen Beleg für die Anwendbarkeit dieser DIN SPEC sowie der Durchführbarkeit/praktischen Machbarkeit der darin für die Qualitätssicherung geforderten Analysen zu erreichen, wurde abschließend eine erste „**Proof-of-Concept**“-Studie durchgeführt. Hierzu wurde eine geeignete Stichprobe von Recyclingdüngern ausgewählt und die Proben entsprechend den Empfehlungen aus Anhang B genommen. Diese Proben wurden entsprechend den nach diesem Dokument geforderten Qualitätsanforderungen sowie den vorgeschriebenen Methoden und Verfahren analysiert und hinsichtlich der Erreichung der angestrebten Qualitätssicherung – also der Einhaltung von den in der Spezifikation geforderten Mindestgehalte und Grenzwerte – bewertet.

Für weiterführende Erläuterungen zur Durchführung und einer Kurzdarstellung der Ergebnisse des Proof-of-Concept wird auf Anhang G verwiesen. Eine wissenschaftliche Veröffentlichung der Ergebnisse inklusive Daten ist in Bearbeitung (Hübner et al., 2020).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an die Qualität und die Unbedenklichkeit von Recyclingprodukten aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft zur Nutzung als Düngemittel bzw. zur Bodenverbesserung im Gartenbau fest. Zu den Produkten, die aus Inhalten aus Trockentoiletten hergestellt werden können, gehören u. a. aufbereiteter Urin (z. B. NH_3 -hygienisierter Urin, Struvit, Aurin, ammoniumsulfat-entfrachteter Urin), Kompost oder Gärprodukte aus menschlichen Fäzes mit definierten Zuschlagstoffen, oder pelletierte bzw. karbonisierte Fäzes.

Diese DIN SPEC ist insbesondere anzuwenden für:

- Start-Ups und KMUs auf dem innovativen Markt der neuartigen Sanitärsysteme;
- Verwertungsunternehmen, die Recyclingprodukte aus Trockentoiletten-Inhalten herstellen und vertreiben wollen;
- Multiplikator*innen, die an der Steuerung des Aufbaus regionaler Kreislaufwirtschaften sowie der Transformation des Sanitärsektors arbeiten;
- Entscheidungsträger*innen in Politik und Verwaltung; sowie
- Konsument*innen, die Recyclingdünger im Gartenbau nutzen.

Dieses Dokument kann auch als Orientierungshilfe für Eigenanwender*innen dienen, die Recyclingdünger selbst herstellen und deren Qualität überprüfen wollen.

Diese DIN SPEC umfasst keine Prozessvorgaben und/oder Behandlungsverfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 30762, *Vorgefertigte Sanitärsysteme ohne Anschluss an Wasserversorgung und Kanalisation* — Anforderungen und Produktmerkmale³

DIN 38405-24:1987-05, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Photometrische Bestimmung von Chrom(VI) mittels 1,5-Diphenylcarbazon (D 24)*

DIN 38414-14:2011-08, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Schlamm und Sedimente (Gruppe S) — Teil 14: Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Schlamm, Kompost und Boden — Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) (S 14)*

DIN EN 12880:2001-02, *Charakterisierung von Schlämmen* — Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehalts; Deutsche Fassung EN 12880:2000

DIN EN 15527:2008-09, *Charakterisierung von Abfällen* — Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Abfall mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC/MS); Deutsche Fassung EN 15527:2008

³ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments befindet sich DIN 30762 in Erarbeitung.

DIN EN 16170:2017-01, *Schlamm, behandelter Bioabfall und Boden — Bestimmung von Elementen mittels optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES); Deutsche Fassung EN 16170:2016*

DIN EN 16181:2019-08, *Boden, behandelter Bioabfall und Schlamm — Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) mittels Gaschromatographie (GC) und Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC); Deutsche Fassung EN 16181:2018*

DIN EN 16190:2019-10, *Boden, behandelter Bioabfall und Schlamm — Bestimmung von Dioxinen und Furanen sowie Dioxin-vergleichbaren polychlorierten Biphenylen mittels Gaschromatographie und hochauflösender massenspektrometrischer Detektion (HR GC-MS); Deutsche Fassung EN 16190:2018*

DIN EN ISO 12846:2012-08, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von Quecksilber — Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) mit und ohne Anreicherung (ISO 12846:2012); Deutsche Fassung EN ISO 12846:2012*

DIN EN ISO 10705-2:2002-01, *Wasserbeschaffenheit — Nachweis und Zählung von Bakteriophagen — Teil 2: Zählung von somatischen Coliphagen (ISO 10705-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 10705-2:2001*

DIN EN ISO 11885:2009-09, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von ausgewählten Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ICP-OES) (ISO 11885:2007); Deutsche Fassung EN ISO 11885:2009*

DIN ISO 18287:2006-05, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) — Gaschromatographisches Verfahren mit Nachweis durch Massenspektrometrie (GC-MS) (ISO 18287:2006)*

BGK Kapitel III, C1.1 2013-05, *Bestimmung des pH-Wertes*⁴

BGK Kapitel III, C2.1 2013-05, *Bestimmung des Salzgehaltes (wässriger Extrakt)*

BGK Kapitel II, C1 2006-09, *Bestimmung des Fremdstoffgehaltes*

BGK Kapitel II, C2 2013-05, *Bestimmung des Steingehaltes*

BGK Kapitel IV, C1 2013-05, *Produktprüfung auf Salmonellen*

BGK Kapitel IV, C3 2006-09, *Bestimmung von Escherichia coli (E. coli)*

BGK Kapitel IV, C4 2006-09, *Bestimmung der Enterokokken*

BVL L 00.00-57:2006-12, *Untersuchung von Lebensmitteln — Verfahren zur Zählung von Clostridium perfringens in Lebensmitteln — Koloniezählverfahren*⁵

DüMV, *Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung — DüMV)*. Ausfertigungsdatum: 05.12.2012; Stand 02.10.2019⁶

⁴ Alle hier aufgelisteten BGK Publikationen beziehen sich auf das Methodenbuch 2006 inklusiver erweiterter Ergänzungslieferungen (letzte Ergänzung 2015): BGK, 2006, Methodenbuch zur Analyse organischer Düngemittel, Bodenverbesserungsmittel und Substrate, 5. Auflage September 2006 inklusiver Ergänzungen (4. Ergänzung 2015), Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) e. V., ISBN: 978-3-939790-00-6.

⁵ Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/bvl-l-00-00-57/96445450>

⁶ Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/

- VDLUFA I, 2.4.3.1:1991, *Bestimmung von Schwermetallen im Aufschluss mit Königswasser*⁷
- VDLUFA II.1, 3.4.2:1995, *Bestimmung von Nitrat-Stickstoff, Photometrische Bestimmung mit 24-Dimethylphenol*
- VDLUFA II.1, 3.5.2.7:1995, *Bestimmung von Gesamtstickstoff*
- VDLUFA II.1, 3.6:2004, *Cyanamidstickstoff*
- VDLUFA II.1, 3.8:1995, *Harnstoffstickstoff*
- VDLUFA II.1, 3.9.2:1995, *Bestimmung von Biuret, HPLC-Methode*
- VDLUFA II.1, 3.10.2:1995, *Bestimmung von Acetylendiharnstoff (ADH) neben Harnstoff in Düngemitteln, HPLC-Methode*
- VDLUFA II.1, 4.1.1.1:1995, *Bestimmung des mineralsäurelöslichen Phosphats, Nassaufschluss mit Schwefelsäure*
- VDLUFA II.1, 4.1.1.2:1995, *Bestimmung des mineralsäurelöslichen Phosphats, Nassaufschluss mit Schwefelsäure, Salpetersäure und Kupfersulfat in Gegenwart organischer Substanz*
- VDLUFA II.1, 4.1.1.3:1995, *Bestimmung des mineralsäurelöslichen Phosphats, Nassaufschluss mit Schwefelsäure und Kupfersulfat in Gegenwart organischer Substanz zur Bestimmung von Phosphat und Stickstoff aus derselben Ausschlusslösung*
- VDLUFA II.1, 4.1.1.4:1995, *Bestimmung des mineralsäurelöslichen Phosphats, Gesamtphosphat, trockener Aufschluss und Lösen mit Salpetersäure*
- VDLUFA II.1, 4.1.2:2004, *Bestimmung des ameisensäurelöslichen Phosphats, Extraktion*
- VDLUFA II.1, 4.1.3:1995, *Bestimmung des citronensäurelöslichen Phosphats, Extraktion*
- VDLUFA II.1, 4.1.4:1995, *Bestimmung des wasser- und neutralammoniumcitratlöslichen Phosphats nach FRESENIUS-NEUBAUER, Extraktion*
- VDLUFA II.1, 4.1.5:1995, *Bestimmung des alkalisch-ammoniumcitratlöslichen Phosphats nach PETERMANN, Extraktion*
- VDLUFA II.1, 4.1.7:1995, *Bestimmung des wasserlöslichen Phosphats, Extraktion*
- VDLUFA II.1, 6.3:1995, *Calcium — Bestimmung der basisch wirksamen Bestandteile*
- VDLUFA II.1, 8.10:2007, *Spurennährstoff — Bestimmung von Mikronährstoffen in Düngemittlextrakten, ICP-OES-Methode*
- VDLUFA II.1, 9.8.2:2008, *Potentiometrische Bestimmung von Chlorid*
- VDLUFA II.1, 10.1:2014, *Bestimmung und Bewertung der organischen Substanz — Bestimmung des Glühverlustes*

⁷ Alle VDLUFA Publikationen sind verfügbar unter: <https://www.vdlufa.de/Methodenbuch/index.php?lang=de>

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Behandlung

biologische, physikalische oder chemische Verfahren, die die Beschaffenheit des zu behandelnden Gutes verändern, um ihre schädlichen Eigenschaften oder ihr Volumen zu verringern, ihre Handhabung zu erleichtern oder ihre Verwertung zu begünstigen

[QUELLE: DIN EN 13965-2:2011-01, 3.52, modifiziert – Definition umformuliert und ergänzt]

3.2

betriebsübliche Zuschlagstoffe

Stoffe, die nach erfolgter menschlicher Ausscheidung in eine Trockentoilette gegeben werden, um bestimmte Zwecke zu erfüllen

BEISPIEL Toilettenpapier oder Einstreumaterial zur optischen Überdeckung, Desodorierung und Verbesserung der Verwertbarkeit z. B. durch Kompostierung (z. B. Hobelspäne, Strohmehl, Pflanzenkohle, Gesteinsmehl, Asche, Kompost).

3.3

Einzelprobe

Teilmenge einer Partie, die durch einen Entnahmevorgang gebildet wird

3.4

Endprobe

Teilmenge einer Sammelprobe, der für die Untersuchung bestimmt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Endprobe wird häufig auch als Originalprobe bezeichnet.

3.5

gartenbauliche Eignung

Merkmale und Eigenschaften eines Produktes, die eine gewünschte gärtnerische Anwendung ermöglichen

BEISPIEL Anwendbarkeit bestimmter Dünger (Aggregatzustand/Applizierbarkeit, Salzgehalt, (Wasser-) Löslichkeit/Wirkdauer).

3.6

Hygienisierung

Abtötung von Pathogenen/Krankheitserregern

3.7

Inhalte aus Trockentoiletten

unterschiedliche Auswahl an getrennt oder zusammen erfassten Stoffen, die aus menschlichen Ausscheidungen, sowie betriebsüblichen Zuschlagstoffen und Störstoffen zusammengesetzt sein können

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Auswahl unterscheidet sich je nach Art der Trockentoilette.

BEISPIEL Hauptausgangsstoffe für Inhalte aus Trockentoiletten sind menschliche Ausscheidungen (Urin, Fäzes, Blut, Erbrochenes), betriebsübliche Zuschlagstoffe (Toilettenpapier, Einstreumaterial, Reinigungsmittel), verwertungsbedingte Zuschlagstoffe (z. B. bei Kompostierung und Aufbereitung von Urin) und Störstoffe (Hygieneartikel, Verpackungsmüll, Glas, Inhalte aus Chemietoiletten).

3.8

Kompostierung

vom Menschen gesteuerter biologischer Prozess, bei dem organisches Material unter Einfluss von Luftsauerstoff und unter Wärmeentwicklung abgebaut wird

[QUELLE: US Composting Council]

3.9

menschliche Ausscheidung

Urin, Fäzes, Blut und Erbrochenes menschlichen Ursprungs

3.10

neuartiges Sanitärsystem

kreislaforientiertes Sanitärsystem, mit dem Ziel der Wiederverwendung von Wasser, Nährstoffen und anderen Ressourcen

3.11

Pathogen

Krankheitserreger

3.12

Pflanzenkohle

Substrat, das durch Pyrolyse aus pflanzlichem Material hergestellt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu pflanzlichem Material zählen u. a. Holz, Grünschnitt und Erntereste.

3.13

pharmazeutischer Rückstand

Spur eines Medikamentes, welches durch einen Menschen aufgenommen worden ist und mit den Ausscheidungen in die Umwelt gelangt

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei den Spuren eines Medikamentes kann es sich um Abbauprodukte oder Ursprungsformen handeln.

3.14

Partie

Menge eines Stoffes, die sich nach ihrer äußeren Beschaffenheit, Kennzeichnung und räumlichen Zuordnung als Einheit darstellt

3.15

Phytohygiene

Bestrebungen und Maßnahmen zur Verhütung von Pflanzenkrankheiten

3.16

Phytopathogen

Organismus, der Krankheiten bei Pflanzen verursacht

3.17

Recyclingprodukte aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft

Produkte, die nach entsprechenden Behandlungsprozessen aus menschlichen Ausscheidungen bzw. Inhalten aus Trockentoiletten gewonnen werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser DIN SPEC wird Recyclingprodukt und Recyclingdünger synonym verwendet.

3.18

Risikoanalyse

systematische Auswertung verfügbarer Informationen, um Gefährdungen zu identifizieren und Risiken abzuschätzen

[QUELLE: DIN 820-12:2014-06, 3.10, modifiziert - "einzuschätzen" wurde in "abzuschätzen" geändert]

3.19

Sanitärsystem

System für Erfassung, Sammlung, Transport und Behandlung von menschlichen Ausscheidungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Sanitärsystem verhindert die Verunreinigung der Umwelt durch die Vermeidung der Verbreitung von menschlichen Ausscheidungen und dient dem Schutz der Gesundheit.

3.20

Schadstoff

Stoff, der entweder selbst oder im Zusammenwirken mit anderen Stoffen oder durch seine Abbauprodukte oder Emissionen Mensch oder Umwelt schädigen oder beeinträchtigen kann

3.21

Sammelprobe

Gesamtmenge der einer Partie entnommenen Einzelproben

3.22

Seuchenhygiene

Bestrebungen und Maßnahmen zur Verhütung von Krankheiten und Gesundheitsschäden beim Menschen

3.23

Stoffstromtrennung

Prinzip der separaten Erfassung und Ableitung von Stoffströmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ziel ist die getrennte, spezifische Behandlung bzw. Nutzung einzelner oder aller spezifischer Stoffströme.

BEISPIEL Trockentrenntoilette (Ziel ist die getrennte und spezifische Behandlung bzw. Nutzung von Urin und Fäzes/Toilettenpapier), NoMix Toilette (Ziel ist die getrennte und spezifische Behandlung bzw. Nutzung von Urin und Fäzes/Toilettenpapier/Spülwasser), Abfallwirtschaft (Ziel ist die getrennte und spezifische Behandlung bzw. Nutzung von Altglas, Altpapier, Verpackungen, Biotonne und Restabfall)

3.24

Störstoff

Stoff, der weder als menschliche Ausscheidung, noch als betriebsüblicher Zuschlagstoff eingestuft werden kann und der sowohl die Behandlung und Verwertung behindert, wie auch die gartenbauliche Eignung verschlechtert

BEISPIEL Kunststoff, Glas, Metall, Inhalte aus Chemietoiletten

3.25

Trockentoilette

Vorrichtung, um menschliche Ausscheidungen wie Urin und Fäzes aufzunehmen, ohne diese zu Transportzwecken mit Wasser zu vermischen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Trockentoilette ist in der Formgebung vergleichbar mit konventionellen Toiletten ausgeführt (Hock, Sitz- und Steh-toiletten).

BEISPIEL Streutoilette (mit/ohne Urindrainage), Urin-Trenn-Trockentoilette, wasserloses Urinal

3.26**Düngemittel****Dünger**

organischer, mineralischer oder organisch-mineralischer Stoff, der in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau dazu benutzt wird, die angebauten Kulturpflanzen mit Nährstoffen zu versorgen, bzw. das Nährstoffangebot zu ergänzen, um so das Pflanzenwachstum zu fördern

3.27**Kennzeichnungsschwelle**

festgelegter Wert, ab dem ein bestimmter Parameter deklariert werden muss

4 Anforderungen**4.1 Allgemeines**

Eine Anwendung von Recyclingdüngern aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft als Düngemittel im Gartenbau setzt das Beachten der DüMV voraus. Laut DüMV dürfen nur Düngemittel in Verkehr gebracht werden, die einem Düngemitteltyp entsprechen und die Grenzwerte für Schadstoffe, Phyto- und Seuchenhygiene einhalten. Von Düngemitteln darf keine Gefahr für die Gesundheit von Menschen, Tieren und Nutzpflanzen ausgehen und eine Bodenkontamination muss vermieden werden, damit Bodenfruchtbarkeit, Pflanzengesundheit oder Umwelt nicht negativ beeinträchtigt oder gefährdet werden. Vor diesem Hintergrund sind vor allem die im Folgenden genannten fünf Anforderungskategorien (Seuchenhygiene, Phytohygiene, Schadstoffarmut, Eignung, Sonstiges) relevant.

4.2 Relevante Anforderungskategorien**4.2.1 Seuchenhygiene bzw. Infektionsschutz**

Menschliche Ausscheidungen können Pathogene enthalten. Eine unsachgemäße Behandlung menschlicher Ausscheidungen birgt somit ein seuchenhygienisches Risiko. Pathogene müssen aus diesem Grund in der Aufbereitung von Inhalten aus Trockentoiletten durch eine angemessene Behandlung eliminiert werden. Um zu verhindern, dass Krankheiten übertragen werden können, müssen Produkte die als Recyclingdünger im Gartenbau zur Anwendung kommen, seuchenhygienisch unbedenklich sein. Um diesen Nachweis zu erbringen, wird das Produkt auf eine Auswahl an „Indikator-Organismen“ analysiert.

4.2.2 Phytohygiene

Bei Verwendung von *pflanzlichen* Zuschlagstoffen für die Behandlung (z. B. Grünschnitt bei Kompostierung) muss das Behandlungsverfahren die Elimination von Unkrautsamen und die Abtötung von Phytopathogenen sicherstellen.

4.2.3 Schadstoffarmut

Bei der Schadstofffreiheit sind bei Recyclingdüngern aus Inhalten aus Trockentoiletten vor allem organische Spurenstoffe wie Pharmazeutika und Hormone relevant; Schwermetalle und Mikroplastik in menschlichen Ausscheidungen stellen kein bedeutendes Risiko dar. Außerdem muss der Eintrag von Schadstoffen durch toiletten- und/oder verwertungsbezogenen Zuschlagstoffe vermieden werden (siehe Anhang E).

4.2.4 Gartenbauliche Eignung

Die gartenbauliche Eignung ist entsprechend der in Urin und Fäzes enthaltenen Nährstoffe gegeben. Die Düngewirkung richtet sich nach Nährstoffgehalt und Verfügbarkeit (z. B. Nährstoffform und Wasserlöslichkeit) als auch dem gesamten Nährstoffangebot der Recyclingdünger (siehe Anhang A). Je nach Gehalt der Hauptnährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) oder Kalium (K) und deren Verhältnisse zu einander, können bestimmte Düngemitteltypen zugeordnet werden z. B. NPK-, PK-, NK-Dünger. Außerdem unterscheiden sich die Dünger hinsichtlich ihrer Eignung als Dünger mit Kurzzeit- oder Langzeitwirkung.