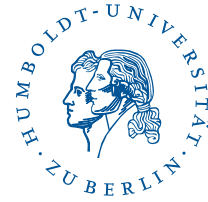


HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



Lebenswissenschaftliche Fakultät

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften

Bachelorarbeit

zum Erwerb des akademischen Grades Bachelor of Science

Rechtliche Rahmenbedingungen für die Verwendung von Ausgangssubstraten menschlichen Ursprungs in der Düngung:
Eine Literaturrecherche und ein Vergleich der Länder Deutschland, Österreich und Schweiz

Legal Background to the Production and Use of Recycling Fertilizers from Human-Based Sources: A Literature Research and a Comparison of the Countries Germany, Austria and Switzerland

vorgelegt am 23.12.2019 von

Harlow, Emma

Matrikelnummer: 573583

E-Mailadresse: emma.harlow@hu-berlin.de

Geboren am 07.04.1997 in Saarburg

Betreuerin: Dr.-Ing. Ariane Krause

Erstprüfer: Prof. Dr. habil. Eckhard George

Zweitprüferin: Dr.-Ing. Ariane Krause

Zusammenfassung

Menschliche Fäkalien werden in den hier verglichenen Ländern, Deutschland, Österreich und Schweiz, fast ausschließlich in Abwässer eingeleitet und nicht weiter verwertet. Während tierische Ausscheidungen fester Bestandteil der Düngung sind, werden die nährstoffhaltigen Stoffe menschlicher Herkunft nicht recycelt, obwohl ein großes Düngepotential besteht. Die weltweit erste Zulassung eines Düngers aus menschlichem Urin 2018 in der Schweiz bringt Aktualität in die Debatte um die landwirtschaftliche Nutzung solcher Ressourcen. Besonders rechtliche Rahmenbedingungen stellen derzeit eine Hürde dar, anthropogene Rohstoffe für die Düngung nutzbar zu machen. In dieser Arbeit werden die rechtlichen Grundlagen in Deutschland, Österreich und der Schweiz hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Düngeausgangsstoffe menschlicher Herkunft untersucht und miteinander verglichen.

Abstract

In the countries compared here, Germany, Austria and Switzerland, human excreta are almost exclusively discharged into wastewater and are not recycled. While animal excreta is an integral part of fertilization, nutrients of human origin are not recycled, although there is great fertilization potential. The world's first approval of a fertilizer from human urine in Switzerland in 2018 brings actuality to the debate on the agricultural use of such resources. In particular, the legal framework currently poses an obstacle to making anthropogenic materials usable as fertilizers. In this thesis, the legal bases in Germany, Austria and Switzerland are examined and compared with each other with regard to their applicability to fertilizer raw materials of human origin.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Motivation	1
1.2	Herangehensweise an die Literaturlauswertung	2
2	Deutsche Gesetzgebung	4
2.1	Düngemittel und deren Ausgangsstoffe betreffende Gesetze und Verordnungen	4
2.2	Düngerechtliche Vorgaben	5
2.2.1	Düngegesetz	5
2.2.2	Düngemittelverordnung	6
2.3	Abfallrechtliche Vorgaben	8
2.3.1	Kreislaufwirtschaftsgesetz	8
2.3.2	Klärschlammverordnung	10
2.3.3	Bioabfallverordnung	12
2.3.4	Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung	16
2.4	Diskussion der deutschen Gesetzgebung	18
3	Österreichische Gesetzgebung	21
3.1	Düngemittel und deren Ausgangsstoffe betreffende Gesetze und Verordnungen	21
3.2	Düngerechtliche Vorgaben	22
3.2.1	Düngemittelgesetz	22
3.2.2	Düngemittelverordnung	24
3.3	Abfallrechtliche Vorgaben	26
3.3.1	Abfallwirtschaftsgesetz	26
3.3.2	Kompostverordnung	28
3.4	Diskussion der österreichischen Gesetzgebung	30
4	Schweizerische Gesetzgebung	31
4.1	Rechtliche Ausgangslage für Dünger aus menschlichen Ausgangssubstraten	31
4.2	Rechtliche Grundlagen für die Bewilligung	31
4.2.1	Dünger-Verordnung	31
4.2.2	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung	33
4.2.3	Chemikalienverordnung	33
4.3	Diskussion der schweizerischen Gesetzgebung	34

5 Synthese	37
5.1 Vergleich der Gesetzgebung der Länder Deutschland, Österreich und Schweiz	37
5.1.1 Rechtliche Einordnung der Ausgangsstoffe	37
5.1.2 Zulassungsverfahren und -regularien	39
5.1.3 Zulassungsvoraussetzungen	41
5.1.4 Fazit des Vergleichs	46
5.2 Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick	47
Literatur	A1
Rechtsquellenverzeichnis	A4
Eigenständigkeitserklärung	A7

Tabellenverzeichnis

1	Zusätzliche Anforderungen an Dünger aus Abfällen	19
2	Grenzwerte für Schadstoffe (mg kg^{-1}) gemäß ChemRRV im Vergleich mit gemessenen Gehalten in Aurin	33
3	Grenzwerte für Schwermetallgehalte (mg kg^{-1}) im Vergleich D-A-CH . . .	42
4	Grenzwerte für Schadstoffe im Kompost (mg kg^{-1} TM) im Vergleich D-A-CH	44
5	Schadstoffgehalte in menschlichen Fäzes (mg kg^{-1})	45

Abbildungsverzeichnis

1	Wertschöpfungskette vom Rohstoff zum Dünger	3
2	Abfallhierarchie gemäß KrWG, § 6	9

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
AbfKlärV	Klärschlammverordnung
AVV _{AT}	Abfallverzeichnisverordnung (Österreich)
AVV _{DE}	Abfallverzeichnisverordnung (Deutschland)
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz (Österreich)
BAFU	Bundesamt für Umwelt (Schweiz)
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BLW	Bundesministerium für Landwirtschaft (Schweiz)
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Deutschland)
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (Schweiz)
ChemV	Chemikalien-Verordnung (Schweiz)
D-A-CH	Apronym für Deutschland, Österreich und Schweiz
DMG	Düngemittelgesetz (Österreich)
DMV	Düngemittelverordnung (Österreich)
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DüBV	Dünger-Buchverordnung (Schweiz)
DüMV	Düngemittelverordnung (Deutschland)
DüngG	Düngegesetz (Deutschland)
DüV	Dünger-Verordnung (Schweiz)
Eawag	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
E. coli	<i>Escherichia coli</i>
KompostV	Kompostverordnung (Österreich)
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz (Deutschland)
TierNebV	Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung (Deutschland)
TM	Trockenmasse

Abkürzungen chemischer Elemente und Verbindungen

Abkürzung	Beschreibung
As	Arsen
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
B(a)P	Benzo(a)pyren
Cd	Cadmium
Cs	Cäsium
CO ₂	Kohlendioxid
Cr	Chrom
Cr(VI)	Chromtrioxid
Cu	Kupfer
Hg	Quecksilber
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
Ni	Nickel
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine
PFT	Perfluorierte Tenside
Tl	Thallium
Zn	Zink

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Motivation

Das 2009 von Rockström et al. publizierte Konzept der *Planetary Boundaries* enthält neun ökologische Belastungsgrenzen, bei deren Überschreitung katastrophale Umweltauswirkungen zu erwarten seien. Drei dieser Grenzen sind derzeit schon überschritten. Dazu zählt auch der Eingriff in den Stickstoffkreislauf, woran die Herstellung und Ausbringung mineralischer Dünger einen großen Anteil haben. Im Sinne eines nachhaltigen Wirtschaftens scheint die getrennte Sammlung und das Recycling stickstoffreicher Abfälle vor dem Hintergrund, dass heute üblicherweise Stickstoff unter hohem Energieaufwand aus dem Abwasser entfernt wird und andererseits unter Entstehung hoher Mengen an klimaschädlichem CO₂ aus der Luft synthetisiert wird (Garstenauer, 2018) sinnvoll. Vorhandene Ressourcen können genutzt werden, um die Herstellung synthetischer Dünger teilweise zu substituieren. Laut DWA liegt das Potential, mineralische Düngemittel durch Produkte, die in neuartigen Sanitärsystemen gewonnen werden, in Deutschland zu 17-25 % zu substituieren, je nach Makroelement (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2008).

Unter neuartigen Sanitärsystemen werden Systeme verstanden, die noch nicht einer etablierten, konventionellen Technik entsprechen, jedoch oftmals dem Stand der Technik und Wissenschaft entsprechen und zum Ziel haben, die anfallenden Stoffströme gezielt zu behandeln (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2008). Diese Arbeit nimmt insbesondere Produkte aus Trockentrenntoiletten in den Blick. Also Urin und Fäzes, die getrennt voneinander in Toiletten ohne Wasserspülung gesammelt werden. Die so erfassten Ausscheidungen enthalten Pflanzennährstoffe und sind oftmals weniger belastet als andere Abfälle, die zur Düngerherstellung verwendet werden (Lettow, 2015).

Trotz dieser Potentiale ist in nur einem der hier verglichenen Ländern ein Dünger aus anthropogenen Ausgangsstoffen zugelassen. Während ein Urindünger in der Schweiz 2018 die Zulassung erhielt, befindet sich auf dem deutschen und österreichischen Markt derzeit kein solcher Dünger.

Die Arbeit geht der Frage nach, welche Unterschiede zwischen den Gesetzgebungen der Länder bestehen, die zu der abweichenden Zulassungssituation führen. Es wird evaluiert, welche Gesetze und Verordnungen die Herstellung und das Inverkehrbringen von Recyclingdüngern betreffen und wie menschliche Fäkalien in diesem Zusammenhang rechtlich erfasst werden.

1.2 Herangehensweise an die Literaturlauswertung

Da es sich um eine Arbeit handelt, deren Ergebnisse auf einer Literaturrecherche basieren, soll im Folgenden erläutert werden, welche Literatur im Zusammenhang mit der Rechtslage für Ausgangsstoffe menschlicher Herkunft als Substrate für Düngemittel herangezogen und nach welchen Maßstäben sie ausgewählt wurde.

Die Auswahl der Länder Deutschland, Österreich und Schweiz hat mehrere Gründe. Zum einen sind die Rechtstexte aller drei Länder offiziell in deutscher Sprache verfügbar, was den Zugang deutlich erleichtert. Zum anderen können somit zwei EU-Länder mit unterschiedlichen Regelungen und ein Nicht-EU-Land miteinander verglichen werden. Des Weiteren existiert in der Schweiz seit 2018 eine Zulassung für Aurin, den weltweit ersten zugelassenen Dünger auf Basis menschlichen Urins, was dem Vergleich zwischen der dortigen und der hiesigen Gesetzeslage zusätzliche Aktualität und Relevanz verleiht.

Hauptsächlich basieren die Ergebnisse dieser Arbeit auf der Auswertung von Rechtsquellen, die das Recycling von Abfällen und die Herstellung, Zulassung und das Inverkehrbringen von Düngern regulieren. Daher werden neben düngerechtlichen Vorschriften auch jene Gesetze und Verordnungen analysiert, die die Ausgangsstoffe für Dünger zum Gegenstand haben. Für die Analyse der schweizerischen Gesetzeslage wurden diejenigen Rechtsquellen herangezogen, die dem Gesuch für die Zulassung von Aurin zu Grunde liegen (Udert und Etter, 2017). Zur Schaffung eines Überblicks über die deutsche und österreichische Rechtslage wurde analysiert, wann welche Gesetze und Verordnungen greifen, wenn aus einem Abfall ein Dünger hergestellt werden soll. Dazu wurde zunächst eine Wertschöpfungskette visualisiert (siehe Abb. 1). Die zentrale Frage bezüglich des Rohstoffs ist: Ob, und wenn ja, wo werden menschliche Fäkalien, wenn sie nicht über das Abwasser entsorgt werden, rechtlich definiert und welchen Regularien unterliegen sie? Existieren keine rechtlichen Vorgaben für trocken und gesammelte menschliche Fäkalien, müssen Rechtsnormen, die andere Abfälle zur Herstellung von Düngern zum Gegenstand haben, herangezogen werden. Sie dienen als Orientierungsgrundlage für mögliche Verfahren für die Behandlung und Auflagen an die Verwertung von Fäkalien. Die abschließende Frage ist: Darf das Produkt aus anthropogenen Ausgangsstoffen als Dünger in Verkehr gebracht und angewendet werden? Hierzu wurden die Anforderungen an neue Dünger bzw. Düngerausgangsstoffe untersucht und auch die Zulassungsverfahren für neue Düngeprodukte.

Neben der Analyse rechtlicher Quellen sind im Zusammenhang mit der Recherche durch den Austausch mit Personen aus der beruflichen Praxis auf dem Feld der Rechtswissenschaft, dem Vertrieb von Komposttoiletten und der gartenbaulichen Forschung entstanden. So konnten zum einen fundierte rechtliche Einschätzungen zur Auslegung der Gesetzestexte eingeholt werden, insbesondere durch ein Interview mit Frau Caroline von

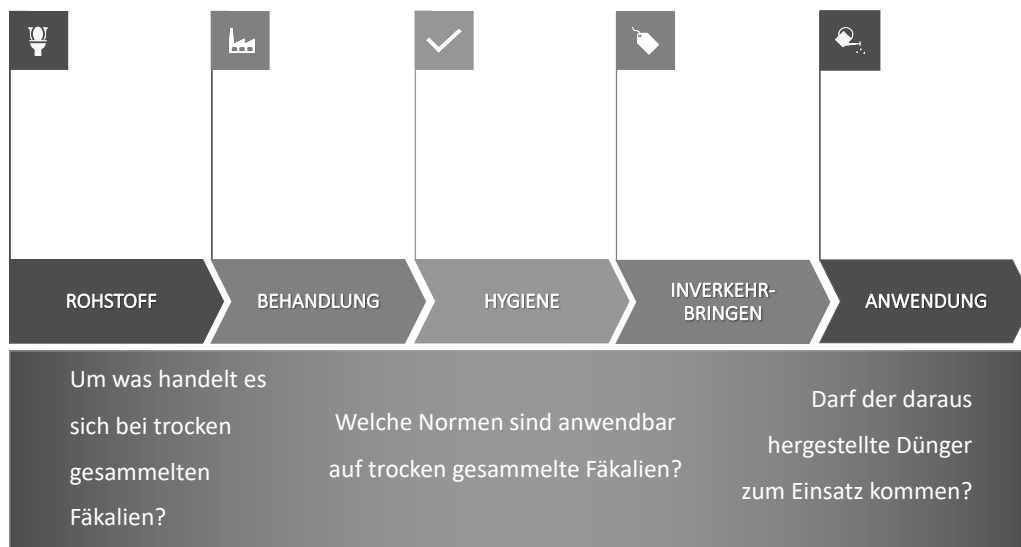


Abbildung 1: Wertschöpfungskette vom Rohstoff zum Dünger

Quelle: Eigene Darstellung

Bechtolsheim (Häfner et al., 2019), eine auf Abfallrecht spezialisierte Rechtsanwältin, welche im Rahmen der Erarbeitung einer DIN SPEC für die Qualitätssicherung von Recyclingprodukten aus Trockentoiletten für die Anwendung im Gartenbau befragt wurde. Meine Mitarbeit im Konsortium zur Erstellung dieser Richtlinie brachte mir einen regen Austausch mit Personen, die zum Teil seit Jahren in Kontakt mit Behörden stehen, um Inhalte aus Trockentoiletten verwerten zu können. Deren Erfahrung mit der Argumentation der zuständigen Behörden verschaffte mir relevante Einblicke in die Auslegung der Rechtsnormen und deren Anwendbarkeit in diesem speziellen Fall in der Praxis. Außerdem stand ich während der Erstellung dieser Arbeit in Kontakt mit Janine Korduan (TU Berlin), die aktuell im Zuge der Erstellung ihrer Masterarbeit eine Konstellationsanalyse aller relevanten Elemente zu dieser Fragestellung, die die Herstellung, Behandlung und Zulassung von Produkten aus neuartigen Sanitärsystemen betreffen, erarbeitet. Durch den Dialog mit ihr und im Konsortium erhielt ich Einblick in relevante Fachliteratur über die Verwertung von Fäkalien, die in Teilen zur Argumentationsgrundlage bei der Erstellung dieser Arbeit diente. Neben der Einholung von Expertise erlaubte mir die Mitarbeit an der Richtlinie auch die Qualitätssicherung meiner Ergebnisse durch die Vorstellung derer auf dem Kongress des Netzwerks für nachhaltige Sanitärsysteme e.V. im November 2019.

2 Deutsche Gesetzgebung

2.1 Düngemittel und deren Ausgangsstoffe betreffende Gesetze und Verordnungen

In Deutschland besteht derzeit keine Zulassung für einen Dünger, der anthropogene Ausgangsstoffe enthält. Ob, und wenn ja, welche Rechtsnormen in Deutschland auf Ausgangsstoffe menschlicher Herkunft für die Herstellung von Düngemitteln anwendbar sind, soll im Folgenden erläutert werden. In den Kapiteln 2.2 bis 2.3 wird ein Überblick über die Gesetze und Verordnungen gegeben, deren Geltungsbereiche mit den für die Herstellung von Recyclingdüngern verbundenen Anforderungen von Bedeutung sind.

Das Düngegesetz (DüngG) und die Düngemittelverordnung (DüMV) sind diejenigen Texte, die vorgeben, welche Dünger in Verkehr gebracht werden dürfen und welche Ausgangsstoffe für deren Herstellung zugelassen sind. Sie enthalten also die grundlegenden Anforderungen an Dünger, die in Deutschland vertrieben und angewendet werden dürfen. Bei der stofflichen Verwertung von Produkten, derer sich ihr Besitzer entledigen will oder muss, handelt es sich gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) um Recycling. Im Falle der Herstellung eines Recyclingdüngers müssen demnach immer auch abfallrechtliche Vorgaben über die Ausgangsstoffe herangezogen werden. Verschiedene Verordnungen regeln dem KrWG untergeordnet die Ansprüche an die Verwertung bestimmter Abfallarten. Da menschliche Fäkalien hauptsächlich über das Abwasser entsorgt werden und nach ihrer Einleitung dem Abwasserrecht unterliegen, existiert gegenwärtig keine abfallrechtliche Verordnung über Inhalte aus Trockentoiletten. Um eine Orientierungsgrundlage zu schaffen, welche Vorgaben es sind, denen andere Abfälle unterliegen, aus denen Dünger gewonnen werden, wurden diejenigen Abfallverordnungen ausgewählt, die in Deutschland Abfälle zur stofflichen Verwertung in der Landwirtschaft und dem Gartenbau regulieren. Hier ausgewählt wurde zum einen die Klärschlammverordnung (AbfKlärV), da sie als einzige deutsche Verordnung Produkte zur bodenbezogenen Verwertung behandelt, die unter anderem menschliche Fäkalien enthalten. Des weiteren wird ein Blick auf die Bioabfallverordnung (BioAbfV) geworfen, die sich mit der Behandlung von Abfällen mit hohem organischen Anteil auseinandersetzt und insbesondere Anforderungen an deren Verfahren zur Hygienisierung stellt. Die dritte Verordnung, die hier betrachtet wird, ist die Verordnung über die Beseitigung tierischer Nebenprodukte (TierNebV), welche unter anderem die Verwertung tierischer Ausscheidungen zu Düngern zum Gegenstand hat. Mit der Orientierung an anderen abfallrechtlichen Vorschriften wird schon eine Voreinschätzung darüber vorgenommen, dass eine Kategorisierung als Abfall eine Möglichkeit darstellt, die Produkte zu verwerten und danach in Düngeprodukte einzubinden. Dass die trocken gesammelten Fäkalien, die aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften für die Verwertung als Düngeausgangsstoffe in Frage kommen (Lettow, 2015) jedoch nicht über

das Abwasser entsorgt werden und somit nicht dem Abwasserrecht unterliegen und regional Ausnahmen durch die unteren Abfallwirtschaftsbehörden geschaffen werden können, die in alternativen Sanitärsystemen gesammelten Stoffe über einen existierenden Abfallschlüssel (z.B. als Klärschlamm) zu verwerten (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2008), legt diese Vorgehensweise nahe.

2.2 Düngerechtliche Vorgaben

Da diese Arbeit einen potentiellen Düngeausgangsstoff in den Blick nimmt, liegt der Fokus im Düngerecht auf denjenigen Texten, die bestimmen, welche Dünger in Deutschland in Verkehr gebracht dürfen und insbesondere woraus diese bestehen dürfen. Für die Regularien über die Zusammensetzung und das Inverkehrbringen von Düngern sind das DüngG sowie die DüMV zuständig. Nicht betrachtet wird im Folgenden die Düngeverordnung, welche die Anwendung von Düngern zum Gegenstand hat.

2.2.1 Düngegesetz

Das DüngG dient der Sicherstellung der Ernährung von Nutzpflanzen bei gleichzeitigem Schutz von Menschen, Tieren und Naturhaushalt vor gefährlichen Einwirkungen, die durch unsachgemäße Anwendung von Düngemitteln oder durch gefährliche Düngemittel entstehen können. Auch der Schutz von Ressourcen und ein nachhaltiger Umgang mit Böden sind Aufgaben des Gesetzes. Das Inverkehrbringen und die Anwendung von Düngemitteln, Kultursubstraten, Pflanzenhilfsmitteln oder Bodenhilfsstoffen, muss nach Vorgaben dieses Gesetzes und der aufgrund dessen erlassenen Verordnungen erfolgen. Da diese Arbeit sich mit Ausgangsstoffen mit wesentlichen Nährstoffgehalten beschäftigt (August et al., 2019), werden im Folgenden die Vorgaben über Pflanzenhilfsmittel und Bodenhilfsstoffe vernachlässigt.

Inverkehrbringen

Düngemittel dürfen nur im Geltungsbereich des Gesetzes nur in Verkehr gebracht werden, wenn deren Wirksamkeit und Ungefährlichkeit garantiert ist (DüngG, § 5). Dies gilt für in Deutschland hergestellte Dünger sowie für das Inverkehrbringen von Produkten aus dem Ausland. Zulässig auf dem deutschen Markt sind EG-Düngemittel, d.h. mineralische Düngemittel, die der EU-Verordnung über Düngemittel entsprechen (DüngG, § 6). Außerdem Düngemittel aus anderen EU-Ländern, der Türkei oder Staaten, die gleichzeitig Vertragspartei des Abkommens über die Gründung der Europäischen Frei-

handelsassoziation und des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum sind. Die Düngemittel müssen dort ordnungsgemäß hergestellt und in Verkehr gebracht worden sein und den hiesigen Ansprüchen an Wirksamkeit und Ungefährlichkeit entsprechen (DüngG, § 5, Abs. 1). Zudem eröffnet das DüngG davon abweichende Ausnahmeregelungen für Forschungs- und Versuchszwecke (DüngG, § 5, Abs. 5), sofern nicht davon auszugehen ist, dass dadurch negative Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt zu erwarten sind.

Das rechtmäßige Inverkehrbringen nach den Vorgaben des DüngG ist die Voraussetzung für die Anwendung von Düngern im Geltungsbereich des Gesetzes. Nicht davon betroffen sind Stoffe, die durch betriebseigene Stoffe im eigenen Betrieb des Anwendenden hergestellt werden (DüngG, § 3, Abs. 1). Dünger, die nicht für den Vertrieb hergestellt werden, z.B. Komposte in Haus- und Kleingärten und Wirtschaftsdünger, sind demnach von den Regelungen des DüngG und seiner anhängigen Verordnungen ausgenommen. Nähere Vorgaben über das Inverkehrbringen, z.B. welche Ausgangsstoffe ein Dünger enthalten darf, wie er hergestellt werden muss, etc. werden in den Verordnungen geregelt, die dem Gesetz anhängen (DüngG, § 5, Abs. 2-4). Die Ausführung der Vorgaben über das Inverkehrbringen des DüngG regelt die DüMV.

2.2.2 Düngemittelverordnung

Für die Herstellung und das Inverkehrbringen von Düngemitteln, die in Deutschland angewandt werden sollen, sind die Vorgaben der DüMV einzuhalten. Ob ein Stoff für die Produktion eines Düngers genutzt werden darf und welche Richtlinien das Erzeugnis einhalten muss, wird hier bundesweit einheitlich und abschließend geregelt.

Zugelassene Ausgangsstoffe

Grundsätzlich gilt, dass nur Düngemittel, die aus zugelassenen Ausgangsstoffen gemäß dieser Verordnung hergestellt wurden, in Verkehr gebracht werden dürfen (DüMV, § 3, Abs. 1, Nummer 2 b-f). In den Anhängen der Verordnung sind die Stoffe, die zur Herstellung von Düngern zugelassen sind, abschließend gelistet. Menschliche Fäkalien oder Substrate, die daraus hergestellt wurden, finden hier derzeit keine Erwähnung und sind somit in Deutschland nicht für die Herstellung von Düngern zugelassen. Über die Erweiterung um weitere Ausgangsstoffe berät der Wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen das zuständige Bundesministerium (DüngG, § 10), an das Anträge auf Zulassung neuer Stoffe gestellt werden können. Ein formales Antrags- bzw. Zulassungsverfahren ist im deutschen Düngerecht jedoch nicht vorgesehen (BMEL, 2019). Die Zulassung eines An-

trags erfolgt in jedem Falle nur, wenn die Anforderungen des § 3, Abs. 1, Nummer 2a der DüMV erfüllt sind. Demnach dürfen von dem Stoff keine negativen Auswirkungen auf Mensch, Tier, Nutzpflanze, Boden und Naturhaushalt ausgehen. Außerdem muss er einen pflanzenbaulichen, produktions- oder anwendungstechnischen Nutzen aufweisen und die Bodenfruchtbarkeit erhalten und fördern.

Weitere Voraussetzungen für das Inverkehrbringen

Neben dem Anspruch, dass Düngemittel nur aus von dieser Verordnung erfassten Stoffen bestehen dürfen und einem zugelassenem Düngemitteltyp gemäß Anlage 1 entsprechen müssen, gelten Vorgaben bezüglich der höchstzulässigen Schadstoffgehalte und der Seuchen- und Phytohygiene, um dem Zweck einer den Menschen und seine Umwelt nicht gefährdenden Düngegesetzgebung gerecht zu werden. Außerdem müssen Dünger Mindestgehalte an Nährstoffen aufweisen, um deren Wirksamkeit und somit die Pflanzenernährung zu gewährleisten.

Die Schadstoffgrenzwerte der Tabelle 1.4 des Anhangs 2 der DüMV sind, wenn nicht anders genannt, unabhängig vom Ausgangsstoff und Anwendungsgebiet durch jeden Dünger einzuhalten. Dass weitere oder striktere Höchstgehalte auf Recyclingdünger angewandt werden könnten, zeigen die zusätzlichen und zum Teil strengeren Grenzwerte in den Verordnungen über Abfälle zur bodenbezogenen Verwertung, die im Folgenden noch erläutert werden.

Mit der Seuchen- und Phytohygiene befasst sich § 5 der Verordnung. Er schreibt vor, dass zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier keine Salmonellen in 50 g Probe gefunden werden dürfen. Auch hier könnten auf einen Recyclingdünger aus Fäkalien strengere Vorgaben zukommen, wie es z.B. bei der Verwendung von tierischen Ausscheidungen als Ausgangsmaterial der Fall ist (siehe TierNebV). Die Vorschriften zur Phytohygiene beziehen sich nur auf Düngemittel aus pflanzlichen Ausgangsstoffen (DüMV, § 5, Abs. 2, Nummer 2) und wären somit bei der Nutzung menschlicher Fäkalien als Substrate nur von Relevanz bei einer Kompostierung oder Gemischherstellung.

Außerdem bestehen für bestimmte Ausgangsstoffe zusätzliche Anforderungen an deren stoffliche Eigenschaften und mögliche Verwertung. Diese Auflagen sind in der Tabelle über die zugelassenen Ausgangsstoffe neben dem betreffenden Stoff verzeichnet.

2.3 Abfallrechtliche Vorgaben

Da es sich bei der Herstellung von Düngern aus Fäkalien um Recycling handelt, werden nachfolgend die in Deutschland für die Abfallverwertung relevanten Rechtstexte erläutert. Übergeordnet ist das KrWG zuständig für die Regelung des Umgangs mit Abfällen, die nicht in das Abwasser eingeleitet werden. Dem untergeordnet machen einzelne abfallrechtliche Verordnungen Vorgaben, wie Abfälle im Speziellen zu verwerten sind.

2.3.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das 2012 verabschiedete KrWG dient, zum Schutz natürlicher Ressourcen, der Förderung der Bewirtschaftung von Abfällen in Deutschland unter Berücksichtigung der Ungefährlichkeit für Mensch und Umwelt. Es ist also jenes Gesetz, das das Recycling von Abfällen regelt und somit übergeordnet gilt, wenn aus einem Abfall ein marktfähiges Produkt gewonnen werden soll. Für den Fall, dass Dünger aus recycelten Fäkalien hergestellt würden, wäre das KrWG demnach zuständig für den Prozess der Verwertung.

Voraussetzungen für die Verwertung von Abfällen

Ein wichtiger Grundsatz der Kreislaufwirtschaft ist die in § 6 beschriebene Abfallhierarchie (siehe Abb. 2). Demnach sind Abfälle im Rahmen der wirtschaftlichen und technischen Möglichkeiten möglichst hochwertig zu verwerten. Abfälle sind in erster Linie zu vermeiden, die Vorbereitung zur Wiederverwertung steht an zweiter Stelle, gefolgt von Recycling. Die niedrigste Stufe vor der Beseitigung der Abfälle stellt die sonstige, z.B. energetische Verwertung, dar. Die Herstellung eines Recyclingdüngers aus Produkten der getrennten Fäkalienabfuhr bedeutete danach eine höherwertigere Verwertung im Vergleich zur gegenwärtigen Entsorgung über das Abwasser.

Der Vorrang für eine Verwertung vor der Beseitigung eines Abfalls besteht allerdings nur dann, wenn sie der Grundpflicht einer schadlosen und ordnungsgemäßen Verwertung des § 7, Abs. 3 des KrWG entspricht. Hier sei erneut anzumerken, dass menschliche Fäkalien außerhalb einer Vermischung mit Abwasser in Deutschland rechtlich nicht definiert sind. Neben einem fehlenden Abfallschlüssel für diese Stoffe in der Abfallverzeichnisverordnung (AVV_{DE}) existieren bisher keine rechtlichen Normen, wie trocken gesammelte Fäkalien zu verwerten sind. Zwar existiert ein Abfallschlüssel *Fäkalschlämme*, doch beschreibt dieser trocken gesammelte Fäkalien nicht adäquat. Zudem ist nicht davon auszugehen, dass bspw. Kompostierungswerke Abfälle dieser Art annehmen (Wagner-Cardenal und Jauch, 2017). Die einzige Erwähnung von Fäkalien innerhalb des KrWG findet sich in § 2, Abs. 2, Nummer 4: „Die Vorschriften des Gesetzes gelten nicht für Fäkalien, soweit sie nicht durch Nummer 2 erfasst sind (Anm. d. Verf.: Nummer 2 be-



Abbildung 2: Abfallhierarchie gemäß KrWG, § 6

Quelle: Eigene Darstellung

zieht sich auf tierische Nebenprodukte, die durch EG-Verordnung Nr. 1069/2009 erfasst sind), Stroh und andere natürliche, nicht gefährliche land- oder forstwirtschaftliche Materialien [...]“. Die ambivalente Satzstruktur dieser Klausel lässt die Möglichkeit offen, menschliche Fäkalien unter den Geltungsbereich des KrWG zu fassen, da es sich dabei nicht um „land- oder forstwirtschaftliche Materialien“ handelt. Ein Recycling von Produkten ist anzustreben, wenn die in KrWG, § 5 beschriebenen Voraussetzungen zum Verlust der Abfalleigenschaft erreicht werden können, um das aus dem Abfall entstandene Erzeugnis in ein marktfähiges und sicheres Produkt einbinden zu können. Die Voraussetzungen beinhalten neben Ansprüchen an die Ungefährlichkeit und Vermarktbarkeit des Produktes, dass es im Einklang mit den Rechtsvorschriften seiner Zielverordnung steht und deren Vorgaben erfüllt (KrWG, § 5, Abs. 1, Nummer 3). Im Falle der Herstellung eines Düngeausgangsstoffs aus einem Abfall müssten diese also die Vorgaben der DüMV erfüllen. Da menschliche Fäkalien gemäß dieser keinen zugelassenen Ausgangsstoff darstellen, handelte es sich bei der Verwertung folglich nicht um eine ordnungsgemäße. Bezüglich der Schadlosigkeit sagt das KrWG aus, dass diese dann gegeben ist, wenn die durch eine Verwertung zu erreichende Schonung natürlicher Ressourcen im Verhältnis zur Beseitigung nur ein vertretbares Maß an Emissionen freisetzt und die einzusetzende Energie in den Verwertungsprozess in keinem Missverhältnis zu dem Nutzen der Aufbereitung steht. Zudem muss eine Anreicherung von Schadstoffen in den Erzeugnissen und somit eine beeinträchtigende Wirkung auf Mensch und Umwelt ausgeschlossen werden.

Diese Kriterien regelt das KrWG in § 6, Abs. 2.

Es ist hierbei anzumerken, dass Komposte in Deutschland ihre Abfalleigenschaft nicht verlieren. Sie sind bis zur abgeschlossenen Ausbringung sowohl vom Dünge- als auch vom Abfallrecht betroffen. Es handelt sich bei Komposten aus Abfällen also weiterhin um Abfälle. Die Anforderungen an die Ordnungsgemäßheit der Einbindung in neue Produkte und an die Schadlosgkeit der Verwertung sind dennoch einzuhalten.

2.3.2 Klärschlammverordnung

Die AbfKlärV ist die Verordnung, die die Behandlung, Untersuchung, Abgabe und das Aufbringen von Klärschlämmen sowie Klärschlammgemischen und -komposten auf Böden regelt. Gemäß § 2, Abs. 2 fallen unter die Bezeichnung „Klärschlämme“ nur solche Abfälle, die aus der geschlossenen Behandlung in Abwasserbehandlungsanlagen stammen. Die Verordnung greift also erst da, wo Stoffe, die zuvor ins Abwasser eingeleitet wurden, in einer Abwasserbehandlungsanlage aufbereitet wurden, wodurch sie wieder Gegenstand des Abfallrechts werden. Sie ist also nicht anwendbar auf außerhalb der Vermischung mit Abwasser gesammelten Fäkalien.

Obwohl die AbfKlärV also nicht die in dieser Arbeit besprochenen Produkte betrifft, ist ein Blick in deren Bestimmungen von Interesse, da sie die derzeit einzige deutsche Rechtsverordnung darstellt, die sich mit der bodenbezogenen Verwertung von Stoffen auseinandersetzt, die menschliche Ausscheidungen enthalten. Die Anforderungen dieser Verordnung können also bzgl. der Behandlung, Verwertung und Einschränkungen als Orientierungsgrundlage dienen.

Stoffeigenschaften von Klärschlamm

Bevor auf die Anforderungen der AbfKlärV eingegangen wird, wird dargestellt, welche Stoffe mit welchen Eigenschaften von der Verordnung betroffen sind, um Unterschiede zu den in Trockentoiletten gesammelten Substraten menschlicher Herkunft aufzuzeigen. Dies ist insbesondere relevant, da die bodenbezogene Klärschlammverwertung vielen Einschränkungen unterliegt, die auf die stoffliche Zusammensetzung von Klärschlamm zurückzuführen sind.

Klärschlämme sind, wie eingangs genannt, Abfälle aus Anlagen der Abwasserbehandlung. Es handelt sich also um Schlämme, die aus der Vermischung kommunaler Abwässerströme entstehen. Diese beinhalten also nicht nur Schwarzwasser (Fäkalien mit Spülwasser), sondern auch Grauwasser, welches aus Spül- und Waschmaschinen, dem Küchenausguss, der Dusche oder Badewanne etc. stammt, sowie Regenwasser. Bereits die Prämisse, dass

die anfallenden Fäkalien mit Wasser vermischt sein müssen, um von dieser Verordnung erfasst zu werden, als auch die gemeinsame Einleitung mit diversen anderen Abwasserströmen aus Haushalten und Niederschlag, zeigt auf, dass ein großer stofflicher Unterschied zu getrennt und trocken gesammelten Fäkalien besteht. Ein besonders gewichtiger Unterschied, auch im Bezug auf die bodenbezogene Verwertung dieser Stoffe, ist die Belastung mit Schwermetallen. Vor allem Austragungen von künstlichen Oberflächen in Städten (bspw. von Stromleitungen oder Bremsbelägen), die in die Abwässer eingeleitet werden, sind für die Schwermetallbelastungen in Klärschlämmen verantwortlich (Wiechmann, B. et al., 2012). Die Schadstoffgehalte in Urin und Fäzes sind im Vergleich zu denen des Grauwassers sehr gering (Lettow, 2015).

Anforderungen an Klärschlämme zur bodenbezogenen Verwertung

Klärschlämme, die auf landwirtschaftliche oder gärtnerische Böden ausgebracht werden sollen, haben neben den Ansprüchen der DüMV die Vorgaben der AbfKlärV bzgl. ihrer Eignung für eine Verwendung als Düngemittel zu erfüllen. Anders als bei anderen abfallrechtlichen Verordnungen, gilt der Klärschlamm an sich, aufgrund dessen dass ein Abfall mit dieser Bezeichnung schon das Abwasserbehandlungsverfahren in einer Behandlungsanlage durchlaufen hat, schon als potentiell an den Nutzer abgabefähig (AbfKlärV, § 2, Abs. 10, Nummer 1), sofern die Anforderungen an einzuhaltende Schadstoffgrenzwerte eingehalten sind. In der Verordnung sind demnach keine Vorgaben enthalten, wie ein Klärschlamm, wenn er nach der Abwasserbehandlung weiterführend zu einem Kompost oder Gemisch verarbeitet werden soll, zu behandeln ist. Rohschlämme, d.h. Abwasserschlämme, die vor Beendigung des Abwasserbehandlungsverfahren aus der Anlage entnommen werden, gelten nicht als Klärschlämme und somit nicht als ausbringungsfähig (AbfKlärV, § 15, Abs. 1).

Nach welchen Parametern ein Klärschlamm zur Ausbringung untersucht werden muss, ist in § 5, Abs. 1 und Abs. 2 der Verordnung festgelegt. Die Untersuchungen sind gleichermaßen durchzuführen bei Abgabe an den Klärschlammnutzer, auf dessen Flächen der Schlamm ausgebracht wird, oder bei Abgabe an den Kompost- oder Gemischherstellende. Zusätzlich zu den Schadstoffen, auf die ein Düngemittel bzw. dessen Ausgangsstoff laut DüMV geprüft werden muss, haben Klärschlämme sowie Gemische oder Komposte daraus Grenzwerte für Zink, AOX, B(a)P und PCB einzuhalten (Anlage 1). Neben den klärschlammbezogenen Untersuchungen sind vor der erstmaligen Ausbringung auf eine Fläche bodenbezogene Untersuchungen durchzuführen (AbfKlärV, § 4). Auch eine Bodenuntersuchung gemäß BioAbfV, sofern diese nicht länger als zehn Jahre zurück liegt, kann herangezogen werden (AbfKlärV, § 4, Abs. 1).

Einschränkungen für die Ausbringung von Klärschlamm

Werden Klärschlämme zu Dünge Zwecken verwendet, gilt zu beachten, dass Einschränkungen bzgl. der Ausbringung gelten. Neben den Grenzwerten für die Belastung des Klärschlammes und des aufnehmenden Bodens regelt § 15, Abs. 5 und Abs. 6 der Verordnung, auf welche Flächen kein Klärschlamm ausgebracht werden darf. Verboten ist die Ausbringung im Biologischen Landbau, auf Grünland, im Obst- und Gemüsebau sowie im Forst; unter Auflagen bzgl. des Ausbringungszeitpunkts und der Bodenbearbeitung ist nur eine beschränkte Ausbringung in den Feldgemüsebau zulässig (Wiechmann, B. et al., 2012). Die beschränkte Auswahl an landwirtschaftlichen Flächen sowie die mit der Novellierung der DüMV verschärften Grenzwerte und die Einführung eines Richtwerts für Salmonellen (LfU Bayern, 2016) führen, neben landesrechtlichen Bestimmungen, die die Klärschlammausbringung für nicht festgesetzte Flächen gänzlich sperren (Kanzlei Gaßner, Groth, Siederer & Coll, 2018), zu der Situation, dass immer weniger Klärschlamm bodenbezogen verwertet wird (Bundesministerium für Umwelt, 2019). Maßgeblich für die Entscheidung, immer mehr Flächen von der Klärschlammverwertung auszunehmen, ist die hohe Schwermetallbelastung dieser Stoffe sowie die Belastung mit Krankheitserregern und das noch nicht abschätzbare Risiko von Arzneimittelrückständen (Wiechmann, B. et al., 2012).

2.3.3 Bioabfallverordnung

Die BioAbfV regelt die Behandlung und bodenbezogene Verwertung von Bioabfällen. Sie stellt detaillierten Anforderungen an Hygienisierungsverfahren und ergänzt die DüMV um weitere Grenzwerte für die Phytohygiene und Schadstoffbelastung hinsichtlich der Risikopotentiale der durch sie regulierten Stoffe.

Von der Bioabfallverordnung betroffene Abfälle

Bioabfälle sind laut § 2, Nummer 1 der BioAbfV „Abfälle tierischer oder pflanzlicher Herkunft oder aus Pilzmaterialien zur Verwertung, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme abgebaut werden können, einschließlich Abfälle zur Verwertung mit hohem organischen Anteil tierischer oder pflanzlicher Herkunft oder an Pilzmaterialien (...)“. Im Anhang 1 der Verordnung sind die Abfälle gemäß AVV_{DE} aufgelistet, die zu den Bioabfällen zählen. Menschliche Fäkalien können rechtlich keinem dieser Begriffe (tierisch, pflanzlich, Pilzmaterial) zugeordnet werden, weshalb die BioAbfV für Stoffe anthropogener Herkunft nicht verantwortlich ist. Da sie sich jedoch mit biologisch abbaubaren Abfällen auseinandersetzt und Prozesse und Anforderungen

für deren Hygienisierung vorschreibt, die für die Behandlung von Fäzes, ein organisches Ausgangsmaterial, in Frage kämen (Empfehlung der WHO, nach Lettow (2015)), ist Grund für die Betrachtung dieser Verordnung trotz der eindeutigen Nicht-Zuständigkeit für anthropogene Substrate.

Ansprüche an die Behandlung von Bioabfällen

Für eine Behandlung in Frage kommen nur Bioabfälle, von denen zu erwarten ist, dass sie die „Anforderungen hinsichtlich der Schadstoffe und weiterer Parameter“ (BioAbfV, § 4) nach ihrer Behandlung erfüllen. Grenzwerte für Schwermetalle existieren in der BioAbfV für Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Kupfer und Zink stellen Stoffe dar, die zusätzliche zu den Schadstoffen, die gemäß DüMV geprüft werden müssen, einen Grenzwert einhalten müssen.

Zulässige Methoden für die Behandlung von Bioabfällen sind Pasteurisierung, thermophile Kompostierung, thermophile Vergärung oder anderweitige hygienisierende Behandlungen (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 2.1), deren Wirksamkeit gleichwertig zu den explizit genannten Verfahren ist. Anderweitige Behandlungen bedürfen jedoch einer Zulassung durch die zuständige Behörde (BioAbfV, § 3, Abs. 3). Die Verordnung fordert in § 3, Abs. 4, dass der Bioabfallbehandler eine Prozessprüfung sowie eine Prozessüberwachung durchzuführen hat, um Beweise für die Wirksamkeit und die Einhaltung der Vorgaben für das Hygienisierungsverfahren zu erbringen. Damit soll sichergestellt werden, dass die seuchen- und phytohygienische Unbedenklichkeit gewährleistet ist. Für die verschiedenen Behandlungsverfahren existieren unterschiedliche Anforderungen an die Prozessüberwachung. Da für die Behandlung von Fäzes vor allem die thermophile Kompostierung interessant ist, da dies, wie bereits genannt, durch die WHO für die Behandlung dieses Stoffstroms empfohlen und die Pasteurisierung nur eine ein anderes Verfahren ergänzende Methode darstellt (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 2.2.1), wird sich im Folgenden auf die Anforderungen an diese Methode beschränkt.

Die BioAbfV fordert für die aerobe Behandlung eine Überwachung des Temperaturverlaufs und der Umsetzungszeitpunkte (BioAbfV, § 3, Abs. 6). Die einzuhaltenden Werte für die Prozessprüfung, -überwachung und die Prüfung der hygienisierten Abfälle sind in Anhang 2 der Verordnung festgelegt; für Abfälle, die kompostiert werden, finden sich die Angaben des Anhangs unter Nummer 2.2.2.

Die Prozesssteuerung der aeroben hygienisierenden Behandlung muss gemäß Anhang 2, Nummer 2.2.2.1 der BioAbfV so ablaufen, dass über mehrere Wochen ein Temperaturbereich von mindestens 55 °C eingehalten wird. Bei einer Temperatur von 60 °C verkürzt sich der Zeitraum auf 6 Tage, bei 65 °C auf 3 Tage. Während dieser Zeiträume muss die Temperatur auf das gesamte Material einwirken. Weitere Ansprüche sind ein Wasserge-

halt von mindestens 40 % und ein pH-Wert im neutralen Bereich.

Die Einhaltung dieser Vorgaben soll gewährleisten, dass vom hygienisierten Produkt keine Gefahren für Mensch, Tier und Umwelt ausgehen. Geprüft wird die Wirksamkeit des Hygienisierungsverfahrens durch die Einbringung von Testorganismen in das Rottematerial (Anhang 2, Nummer 3.1.2.1). Zur Prüfung der Seuchen- und Phytohygiene werden bei der Kompostierung Proben mit dem Testkeimen infiziert und in Behältern in das Kompostiergut eingelegt. Nach dem für die Hygienisierung relevantem Verfahrensschritt werden die Behälter entnommen und erneut auf die Organismen geprüft (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 4.2.1.2 und Anhang 2, Nummer 4.3). Die Prozessprüfung gilt als bestanden, wenn in zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungen keine seuchenhygienisch relevanten Organismen nachweisbar sind (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 4.2.1.1) und die für die Phytohygiene zu überwachenden Testorganismen die jeweiligen Grenzwerte unterschreiten (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 4.3.1.1).

Ansprüche an hygienisierte Bioabfälle

Damit ein kompostierter Bioabfall als hygienisiert gilt, als Voraussetzung für das Inverkehrbringen und die bodenbezogene Verwertung, werden nach seiner Behandlung durchmischte Sammelproben einer hygienisierend behandelten Charge auf die relevanten Prüforganismen untersucht. Die Prüfungen gelten als erfolgreich abgeschlossen, wenn die Grenzwerte für die jeweiligen Organismen nicht überschritten werden (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 3.3). Voraussetzung ist die im Vorfeld erfolgreich abgeschlossene Prozessprüfung.

Die seuchenhygienische Prüfung des abgabefertigen Materials verlangt eine Freiheit von Salmonellen in jeweils 50 g der entnommenen Sammelproben (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 4.2.2).

Die phytohygienische Prüfung verlangt, dass im abgabefertigen Material maximal 2 austirebsfähige Pflanzenteile und keimfähige Samen pro Liter Prüfsubstrat enthalten sind (BioAbfV, Anhang 2, Nummer 4.3.2).

Ausbringung von Bioabfällen

Für Bioabfälle, die zu Düngezwecken bodenbezogen verwertet werden, bestehen neben den Regeln der DüMV zusätzliche Einschränkungen für die Verwertung. Diese betreffen zum einen die Belastung der Abfälle mit Schadstoffen, zum anderen die für eine Ausbringung zulässigen Mengen, Flächen und Zeiträume.

In drei Jahren dürfen maximal 30 t ha^{-1} Bioabfälle oder Gemische auf einen Boden aufgebracht werden (BioAbfV, § 6, Abs. 1, Satz 2). Eine Ausbringung von Klärschlamm auf der selben Fläche ist innerhalb eines Zeitraums auf der selben Fläche nicht zulässig, wenn Bioabfälle dort verwertet werden (BioAbfV, § 8). Bei Ausbringungsmengen bis

20 t ha⁻¹ in drei Jahren (BioAbfV, § 6, Abs. 1, Satz 1) gelten für Chrom (gesamt) und Nickel pro kg TM in Bioabfällen zur Aufbringung strengere Grenzwerte als die der DüMV. Für höhere Ausbringungsmengen bis 30 t ha⁻¹ in drei Jahren gelten nochmals verschärfte Maximalgehalte an Schadstoffen: Alle Grenzwerte liegen unterhalb der in der DüMV zulässigen maximalen Belastung. Gleichzeitig sind nicht alle durch die DüMV geforderten Schadstoffe zur Untersuchung in der BioAbfV genannt. Diese sind bei einer Ausbringung als Dünger jedoch einzuhalten.

Beschränkungen für die Ausbringung bestehen für Flächen, die als Grünland, Feldgemüseflächen oder Feldfutterflächen bewirtschaftet werden. Auf Feldgemüse- und Feldfutterflächen muss die Einarbeitung der Bioabfälle vor dem Anbau der Feldfrüchte geschehen. Eine Beweidung auf mit Bioabfällen gedüngtem Grünland darf nur stattfinden, wenn die Bioabfälle oder Gemische keine potentiell für die Tiere gefährlichen, d.h. zu Verletzungen führenden, Gegenstände (z.B. Glas) enthalten. Sofern sie Abfälle tierischer Herkunft beinhalten, darf eine Beweidung oder der Feldfutteranbau frühestens 21 Tage nach der Ausbringung stattfinden. (BioAbfV, § 7).

Eine weitere Beschränkung für die bodenbezogene Verwertung von Bioabfällen sind die Ausgangsstoffe. Bioabfälle oder Gemische, die sich aus anderen Stoffen als jene des Anhangs 1, Nummer 1 zusammensetzen, bedürfen einer Zustimmung zur Ausbringung durch die für die Fläche zuständige Behörde (BioAbfV, § 6, Abs. 2). Wenn Bioabfälle oder Gemische zustimmungspflichtige Ausgangsstoffe enthalten, sind diese für eine Verwertung auf Freilandtomaten- und -tabakanbauflächen sowie im geschützten Gemüse- und Zierpflanzenanbau nur dann zulässig, wenn diese aerob hygienisiert wurden (BioAbfV, § 6, Abs. 2a-2b).

Zudem muss vor der erstmaligen Ausbringung von Bioabfällen oder Gemischen eine Bodenuntersuchung auf Schwermetalle und auf den pH-Wert durchgeführt werden, deren Ergebnisse zeitnah an die zuständige Behörde zu übermitteln sind (§ 9, Abs. 2). Wenn die Untersuchungsergebnisse Anhaltspunkte bieten, dass die Vorsorgewerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung überschritten werden, soll eine erneute Aufbringung von Stoffen dieser Art durch die zuständige Behörde untersagt werden. Ausnahmen auf Böden, die geogen bedingt höhere Schwermetallbelastungen aufweisen oder für Bioabfälle und Gemische, die die zulässigen Höchstgehalte für Schwermetalle weit unterschreiten, können erlassen werden (BioAbfV, § 9, Abs. 3-4).

2.3.4 Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung

Die TierNebV fußt auf der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates, die durch die Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 aufgehoben wurde. Die deutsche TierNebV bezieht sich jedoch weiter auf die Vorgängerverordnung, weshalb diese auch hier bei Bezügen herangezogen wird. Sie regelt den Umgang mit tierischen Nebenprodukten, die nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt sind. Behandelt wird unter anderem der Umgang mit Gülle, die nicht im landwirtschaftlichen Betrieb verbleibt, sondern als Düngemittel in Verkehr gebracht wird (TierNebV, § 6). Die Verordnung bietet einen Einblick in die hygienischen Anforderungen an Produkte aus tierische Fäkalien zur Verwertung und schafft somit Anhaltspunkte zur Orientierung für die Verwertung menschlicher Fäkalien.

Von der Tierischen Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung betroffene Stoffe

Die Verordnung setzt sich mit dem Umgang mit nicht zum Verzehr geeigneter Milch, Gülle (von Nutztieren stammende Exkremate und Urin, die gemäß Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 verarbeitet oder in einer Biogas- oder Kompostieranlage umgewandelt wurden, sowie Guano) und Küchen- und Speiseabfällen tierischer Herkunft auseinander (TierNebV, § 2). Einzig der Umgang mit Gülle ist als Orientierungshilfe für den potentiellen Umgang mit menschlichen Ausscheidungen relevant, weshalb im Folgenden die anderen von der Verordnung behandelten Stoffe vernachlässigt werden.

Kompostierung tierischer Nebenprodukte

Wie auch die BioAbfV erlaubt die TierNebV verschiedene Verarbeitungsmethoden für die von ihr betroffenen Abfälle. Auch hier wird sich im Folgenden auf die Behandlung in Kompostieranlagen beschränkt. Weitere Möglichkeiten zur Verarbeitung gemäß dieser Verordnung sind die Verbrennung zur Entsorgung, die Pasteurisierung und die Vergärung in Biogasanlagen (TierNebV, § 10).

Kompostierungsanlagen, in welchen nicht ausschließlich Gülle oder Gülle zusammen mit Küchen- und Speiseabfällen eingesetzt werden, müssen gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 zugelassen und als geschlossener Kompostierreaktor betrieben werden (TierNebV, § 16, Nummer 1). Die Anforderungen der EG-Verordnung an eine solche Kompostieranlage beinhaltet die Zulassung durch die zuständige Behörde. Außerdem muss eine unumgehbare Pasteurisierungs- bzw. Entseuchungsabteilung vorhanden sein, eine Prozessüberwachung bei Pasteurisierung und Kompostierung ist zwingend. Außerdem sind die Anlagen durch die Behörden regelmäßig zu kontrollieren. Sofern es sich um ein anderes Kompostiersystem als ein geschlossener Reaktor handelt, ist sicherzustellen, dass mindestens 70 °C über einen zusammenhängenden Zeitraum von mindestens 60 Minuten auf das gesamte Material einwirken und ausreichende Maßnahmen zur Un-

gezieferbekämpfung getroffen werden (TierNebV, § 16, Nummer 2).

Kompostierungsanlagen, in denen Gülle zusammen mit Küchen- und Speiseabfällen eingesetzt werden, haben die Anforderungen an die Prozessprüfung und -überwachung der BioAbfV einzuhalten (TierNebV, § 18, Abs. 2).

In Anlagen, in denen ausschließlich Gülle eingesetzt wird, darf diese, wenn sie aus unterschiedlichen Betrieben stammt, nur kompostiert werden, wenn keiner der Betriebe tierseuchenrechtlichen Maßregeln unterliegt (TierNebV, § 19, Nummer 2).

Anforderungen an die Komposte

Inverkehrbringungsfähige Komposte müssen gemäß der EG-Verordnung während der Verarbeitung über 60 Minuten lang auf mindestens 70 °C erhitzt oder gleichwertig behandelt worden sein. Zusätzlich muss eine Behandlung zur Verringerung sporenbildender Bakterien und Toxine vorgenommen worden sein.

Gülle, die den Kompostiervorgang vollständig durchlaufen hat, d.h. der fertige Kompost, der aus der Anlage entnommen wird, hat folgende Kriterien zu erfüllen, um als hygienisiert zu gelten: Die Proben des Enderzeugnisses müssen frei von Salmonellen und *Enterobacteriaceae* sein (Verordnung (EG) Nr. 1774/2002, Anhang VIII, Kapitel III, Abschnitt II, Buchstabe A). Durch die TierNebV gefordert wird eine Untersuchung im Speziellen auf die Vertreter *E. Coli* oder *Enterococcus* (TierNebV, § 21, Absatz 4, Nummer 1).

Bodenbezogene Verwertung tierischer Nebenprodukte

Komposte, die aus Anlagen stammen, welche nicht ausschließlich tierische Nebenprodukte behandeln (Anlagen gemäß TierNebV, § 18), dürfen ausgebracht werden, wenn sie gemäß Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 frei von Krankheitserregern sind und nach Entnahme aus der Anlage ordnungsgemäß verpackt wurden (TierNebV, § 23, Abs. 2). Komposte aus Anlagen, in denen Gülle zusammen mit Küchen- und Speiseabfällen verarbeitet werden, haben die Anforderungen der BioAbfV bzgl. Schadstoffen, Fremdstoffen und Gemischen einzuhalten, um ausgebracht werden zu dürfen (TierNebV, § 23, Abs. 3). Es gelten zudem die Ausbringungsbeschränkungen wie für Bioabfälle.

2.4 Diskussion der deutschen Gesetzgebung

Die Analyse der rechtlichen Vorgaben in Deutschland ergibt, dass für menschliche Fäkalien, die separat vom Abwasser erfasst werden, derzeit keine Rechtsvorschriften bestehen. Das KrWG schließt menschliche Fäkalien zwar nicht explizit von seinem Geltungsbereich aus. Diese Auffassung wird auch durch die Einschätzung der befragten Rechtsanwältin Frau von Bechtolsheim (Häfner et al., 2019) gestützt. Es existiert jedoch keine Verordnung, die auf diese Stoffe anwendbar ist. Dass keine Anforderungen definiert sind, ist jedoch nicht gleichbedeutend mit einer bedingungslosen Zulassung. So dürfen Behandlungsanlagen nur Stoffe annehmen, die rechtlich definiert sind (Abfallschlüssel gemäß AVV_{DE}) und für deren Behandlung sie zugelassen sind. Als Dünger verwendet oder in Dünger eingearbeitet dürfen des weiteren nur Stoffe, die auf der Liste zugelassener Ausgangsstoffe der DüMV stehen. Dies bedeutet, dass es derzeit in Deutschland rechtlich nicht möglich ist, menschliche Ausscheidungen, es sei denn, sie wurden zuvor durch den Abfallbehandler anders deklariert (vgl. Kapitel 2.1), als Düngeausgangsstoffe zu verwenden. Denn auch wenn eine Verwertung im Sinne des recyclingfördernden Gedanken des KrWG, § 14 ist, d.h. eine neue Verwertungsmethode (stoffliche Verwertung) Vorrang vor einer derzeit üblichen Methode (Beseitigung) hätte, von den Stoffen keine Gefahren für Mensch und Umwelt ausgingen und die zu erwartenden Emissionen bei der angestrebten Abfallverwertung in keinem Missverhältnis zu dem erwarteten Nutzen stünden, wäre eine Verwertung im Einklang mit den Zielvorgaben (DüngG und DüMV) nicht gegeben und somit nicht ordnungsgemäß. Dies bedeutet, dass die einzige Möglichkeit für eine langfristige und bundesweit einheitliche und eindeutige Regelung die Aufnahme menschlicher Fäkalien in die Tabelle 7 des Anhangs 2 der DüMV (zulässige Hauptbestandteile für Düngemittel) darstellt, wozu ein Antrag mit positivem Entscheid beim zuständigen Ministerium notwendig wäre. Wie der Rohstoff zu behandeln ist und wann er als inverkehr- und ausbringungsfähig gilt, müsste eine explizit diese Stoffe regulierende Verordnung bestimmen.

Die Recherche hat auch gezeigt, dass die Gesetzgebung bei zur bodenbezogenen Verwertung genutzten Abfällen dort zusätzliche und strengere Anforderungen an das Verfahren zur Hygienisierung und das Endprodukt stellt, wo aufgrund der Eigenschaften der verschiedenen Stoffe Risiken zu erwarten sind (siehe Tabelle 1). Ein Beispiel dafür ist die Prüfung von Klärschlämmen auf weitere, die DüMV ergänzende Schadstoffe, die aufgrund der Zusammensetzung von Klärschlämmen aus verschiedenen Abwässern zu erwarten sind. Die einzelnen Verordnungen für nach der Hygienisierung potentiell auf den Boden auszubringende Produkte aus Abfällen zeigen also ein breites Spektrum der Risikostoffe auf, die es zu vermeiden gilt, um den Zweck des DüngG - die Vorbeugung und Abwendung von Gefahren für Menschen, Nutztiere und den Naturhaushalt - zu

Tabelle 1: Zusätzliche Anforderungen an Dünger aus Abfällen

	Schadstoffe	Seuchenhygiene	Phytohygiene
DüMV	Grenzwerte für As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Tl, PFT, Dioxine, di-PCB	keine Salmonellen in 50 g Probe	keine Tombaviren, keine Schadorganismen gemäß EG 2000/29, keine widerstandsfähigen Pilzerreger
AbfKlärV	+ Zn, AOX, PCB, B(a)P		
BioAbfV	strengere Grenzwerte je nach Ausbringungsmenge		+ max. 2 keimfähige Samen oder austriebsfähige Pflanzenteile in 2 l Material
TierNebV		keine Salmonellen in 25 g Probe, + keine <i>Enterobacteriaceae</i>	

wahren. Abgeleitet aus dem risikovorbeugenden Charakter der Rechtsnormen können die bestehenden Anforderungen jedoch als Leitlinien dienen für die Ansprüche an potentielle Düngeausgangsstoffe, für die bisher keine rechtlichen Normen bestehen. Eine Zulassung neuer Ausgangsstoffe für Düngemittel kann nur möglich sein, wenn durch ein kontrolliertes Behandlungsverfahren sichergestellt wird, dass nach dessen Abschluss keine Risiken von den Stoffen bei Ausbringung auf Böden ausgehen. Bei Einhaltung der Grenzwerte für Schadstoffe, Krankheitserreger und phytohygienisch bedenkliche Organismen bei gleichzeitig vorhandener Düngewirkung der Produkte, würde eine stoffliche Verwertung menschlicher Fäkalien den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft (ressourcenschonende Abfallwirtschaft) und des Düngerechts (Sicherstellung der Pflanzenernährung bei gleichzeitiger Vorbeugung von Gefahren durch gefährliche Stoffe) gerecht.

Diese Arbeit behandelt nicht die hygienisierende Wirkung einzelner Verfahren auf menschliche Ausscheidungen. Die bestehenden Vorschriften für die Behandlung von Abfällen zur

Gewinnung von Düngern konzentrieren sich jedoch auf nur einige wenige Behandlungsverfahren, die in Frage kämen, um Pflanzennährstoffe aus menschlichen Fäkalien zu gewinnen. Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft stellt in ihrem Band „Neuartige Sanitärsysteme“ viele weitere Möglichkeiten vor, Urin und Fäzes zu behandeln, welche durch BioAbfV, AbfKlärV und TierNebV nicht explizit aufgegriffen werden. Einzig die BioAbfV lässt die Möglichkeit offen, Stoffe nach anderen Verfahren zu hygienisieren, wenn eine vergleichbare Wirkung nachgewiesen wird. Es soll auch bemerkt werden, dass alle hier analysierten Abfallverordnungen Stoffe mit höherer TM behandeln, als sie in Urin zu finden ist. Winker et al. sprechen von einem TM-Gehalt von 1,5-3 %. Für Stoffe mit dieser Eigenschaft ist die Kompostierung nicht geeignet. Somit können für die flüssigen Ausscheidungen nur die Anforderungen an die Hygiene, jedoch keines der beschriebenen Verfahren zur Orientierung dienen.

3 Österreichische Gesetzgebung

3.1 Düngemittel und deren Ausgangsstoffe betreffende Gesetze und Verordnungen

Ebenso wie in Deutschland gibt es in Österreich derzeit keinen zugelassenen Dünger aus anthropogenen Ausgangsstoffen. Ob menschliche Fäkalien, die außerhalb des Abwassers erfasst werden, einen Rechtsgegenstand darstellen und wenn ja, welchen Regularien sie unterliegen, wird in den folgenden Kapiteln erläutert. Ebenso die Frage, welche Bestimmungen für die zugelassenen Ausgangsstoffe, deren Behandlungsverfahren und für die Inverkehrbringung von Düngemitteln existieren und welche Gesetze und Verordnungen dies regeln. Bevor detailliert auf die einzelnen Rechtstexte eingegangen wird, wird hier in Kurzform dargestellt, welche Gesetze und Verordnungen analysiert wurden, um die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Herstellung und Verwendung von Düngern aus anthropogenen Ausgangssubstraten in Österreich abzubilden.

Das Düngemittelgesetz (DMG) und die Düngemittelverordnung (DMV) regeln die Zulassung und das Inverkehrbringen von Düngern und deren Ausgangsstoffen. Die Anforderungen dieser beiden Rechtstexte müssen erfüllt sein, um einen Dünger in Österreich rechtmäßig in Verkehr zu bringen.

Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) regelt die Grundsätze für eine schadlose und ressourcenschonende Abfallverwertung im Sinne des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips. Für die Herstellung eines Düngemittels sind in Österreich Abfälle nicht zugelassen, weshalb insbesondere das hier geregelte Ende der Abfalleigenschaft im Bezug auf die Herstellung von Recyclingdüngern von Interesse ist.

Daneben existiert eine Kompostverordnung (KompostV), welche die Qualitätsanforderungen an aus Abfällen hergestellten Komposten regelt. Die Anforderungen an die Qualität kompostierbarer Abfälle und deren Endprodukte werden also nicht wie in Deutschland in den einzelnen abfallrechtlichen Verordnungen gestellt, sondern in einer eigens für diese Behandlungsmethode bestehenden Vorschrift.

3.2 Düngerechtliche Vorgaben

Bevor in den Blick genommen wird, ob und wie außerhalb des Abwassers gesammelte Fäkalien in Österreich abfallrechtlich behandelt werden, werden die Ansprüche der österreichischen Düngemittelgesetzgebung an die Zusammensetzung von Düngern und die Kriterien für ein inverkehrbringungsfähiges Düngeprodukt erläutert.

3.2.1 Düngemittelgesetz

Das Gesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln stellt Ansprüche an in Österreich zugelassene Produkte zur Pflanzenernährung. Diese betreffen die Zulassung und das Inverkehrbringen der Stoffe.

Geltungsbereich

Vom Geltungsbereich ausgeschlossen sind „Abfälle gemäß dem Abfallwirtschaftsgesetz 2002 [...] sowie die Verwertung von Abwässern und Abfällen, wie Klärschlamm, Klärschlammkompost, Fäkalien und Müllkompost“ (DMG, § 4, Nummer 3). Diese Bestimmung ist in mehrfacher Hinsicht relevant: Zum einen sind Abfälle nicht für die Verwertung als Dünger zugelassen. Dies bedeutet, dass Komposte, die aus Abfällen hergestellt wurden und zu Düngezwecken ausgebracht werden, ihr Abfallende erreichen müssen (ARGE Bäuerliche Kompostierer und Biogasanlagenbetreiber OÖ, 2002). Dies wird im Zuge der Analyse des österreichischen Abfallrechts weiter behandelt. Zum anderen weist dieser Paragraph darauf hin, dass Fäkalien als Abfall verstanden werden können, was für die weitere Einordnung des Ausgangsstoffs von Bedeutung ist.

Nicht vom DMG erfasst sind des weiteren Stoffe, die zwar der Pflanzenernährung dienen, aber im Rahmen von Wissenschaft und Forschung abgegeben und verwendet werden (DMG, § 2, Nummer 4).

Im Folgenden wird betrachtet, welche Ansprüche das Gesetz an Düngemittel im Allgemeinen stellt. Da der Gesetzestext einen Antrag auf Zulassung neuer Düngemittel vorsieht, sind diese Vorgaben als Leitlinien für einen bisher nicht zugelassenen Recyclingdüngers von besonderer Bedeutung.

Zulassung neuer Dünger

Der § 6 des DMG schreibt vor, dass neue Düngertypen durch den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft per Verordnung zuzulassen sind. Die notwendigen Bedingungen für die Zulassung eines neuen Typs sind, dass dieser bei sachgerechter Anwendung in der Lage ist, das Pflanzenwachstum zu fördern oder die Qualität der gedüngten Pflanzen zu verbessern oder den Ertrag auf den gedüngten Flächen zu erhöhen (DMG, § 6, Abs. 2). Außerdem darf er nicht die Fruchtbarkeit des

Bodens, die Gesundheit von Menschen und Tieren und den Naturhaushalt gefährden (ebenda). Düngemittel, die noch nicht typenmäßig zugelassen sind, müssen durch die zuständige Behörde per Bescheid zugelassen werden (DMG, § 9a, Abs. 1). Dazu ist ein Antrag einzureichen, welcher unter anderem die Nachweise beinhaltet, dass die Wirksamkeit und Ungefährlichkeit gewährleistet ist (DMG, § 9a, Abs. 3, Nummer 5). Außerdem müssen Nachweise über die Einhaltung der Grenzwerte für Schadstoffe erbracht werden. Das DMG selber setzt keine Höchstgehalte für Schadstoffe fest. Der § 7 des Gesetzes verweist auf die zuständigen Verordnungen über Düngemittel. Daher wird auf die zulässigen Schadstoffgehalte auch erst in den Kapiteln zu den jeweiligen Verordnungen (DMV, KompostV) eingegangen. Über Neuzulassungen ist unter Berücksichtigung der Richtlinien des Fachbeirats für Bodenfruchtbarkeit und Bodenfunktionen zu entscheiden (DMG, § 5, Abs. 3). Die Antragsbearbeitenden fordern darüber hinaus nicht nur für die Aufschlüsselung der Rezeptur, sondern auch für die Offenlegung der Herkunft und Erzeugung der einzelnen Bestandteile (DMG, § 9a, Abs. 3, Nummer 4). Die gesetzgebende Instanz behält sich vor, im Zulassungsbescheid Vorgaben über Einschränkungen für die Verwendung zu machen, sofern dadurch Risiken abgewendet werden können. Außerdem kann die Zulassung nur befristet erlassen werden, wenn erwartet wird, dass aufgrund des sich entwickelnden Standes der Wissenschaft und Technik eine erneute Prüfung nach absehbarer Zeit notwendig ist. Sollte den Zulassungsvoraussetzungen nicht mehr entsprochen werden, kann der Bescheid durch die Behörde auch abgeändert oder zurückgezogen werden. (DMG, § 9a, Abs. 4-6).

Inverkehrbringen

Unter Inverkehrbringen versteht das DMG die Einfuhr, Beförderung, Bereitstellung, das Vorrätighaben zum Verkauf, den Verkauf und jedes weitere geschäftliche Überlassen (DMG, § 3). Düngemittel und andere durch das DMG erfasste Produkte dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie einem zugelassenen Düngemitteltyp gemäß DMG, § 6 entsprechen oder per Bescheid gemäß § 9a DMG zugelassen worden sind und den Richtlinien des Fachbeirats für Bodenfruchtbarkeit und Bodenfunktionen für die sachgerechte Düngung (DMG, § 5, Abs. 3) entsprechen.

Nicht zugelassen für das Inverkehrbringen sind unter anderem Dünger, die unbehandelten oder kommunalen Klärschlamm(kompost), gefährliche Abfälle oder Problemstoffe gemäß AWG enthalten (DMG, § 5, Abs. 2, Nummer 4). „Unbehandelt“ weist darauf hin, dass die Stoffe, die vom Geltungsbereich des DMG, § 2 ausgenommen wurden, solange nicht zur Verwertung in bzw. als Düngemitteln zugelassen sind, bis sie einer geeigneten Behandlung unterzogen wurden.

Düngemittel, die aus Drittländern eingeführt werden, haben den Vorschriften des DMG zu entsprechen. Bestehen Zweifel an der Sache, ist dies durch die Behörde zu prüfen

(DMG, § 10, Abs. 2). Erst nachdem eingeführte Düngemittel durch die Zollstelle in den freien Verkehr gebracht wurden, unterliegen sie den Bestimmungen des Gesetzes (DMG, § 10, Abs. 1).

Anwendung

Das DMG macht Vorgaben über die Zulassung und das Inverkehrbringen von Düngemitteln. Die Anwendung der Stoffe ist nicht Gegenstand dieses Gesetzes. Jedoch hält das DMG in § 9a, Abs. 4 fest, dass der Zulassungsbescheid für noch nicht typenmäßig zugelassene Düngemittel Auflagen an die Verwendung beinhalten kann, wenn dies der Abwendung von Gefahren dient.

3.2.2 Düngemittelverordnung

Die österreichische DMV setzt die Bestimmungen des DMG um. Sie enthält Angaben über zugelassene Düngemitteltypen, die geforderten Minimalgehalte an Nährstoffen und Höchstgehalte an Schadstoffen und zugelassene Ausgangsstoffe für deren Herstellung. Düngemittel, die dieser Verordnung nicht entsprechen, sind für den Verkehr und die Anwendung in Österreich nicht zugelassen.

Düngemitteltypen und zugelassene Ausgangsstoffe

In Anlage 1 der DMV sind diejenigen Düngemittel erfasst, die bereits typenmäßig zugelassen sind. Die Düngemitteltypen umfassen mineralische Einzelnährstoffdünger, mineralische Mehrnährstoffdünger, mineralische Spurennährstoffdünger, organische Dünger, organisch-mineralische Dünger, Biogasgülle, Kultursubstrate, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsstoffe. Laut DWA ließen sich aufgrund der Nährstoffzusammensetzung und Nährstoffverfügbarkeit aus behandeltem Urin mineralische Dünger herstellen, aus kompostierten Fäzes organische Dünger und aus Gärresten von Fäzes organisch-mineralisch Dünger (vgl. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (2008), Tabelle 7.3). Ein Typ *Recyclingdünger* existiert nicht. Düngertypen können jedoch um neue Typen ergänzt werden. Dies war unter anderem 2010 bei der Aufnahme von Biogasgülle als neuer Typ der Fall (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019).

Die zugelassenen Ausgangsstoffe sind für die jeweiligen Typen in der Anlage abschließend erfasst. Werden andere Ausgangsstoffe verwendet, müssen diese gemäß § 9a DMG zugelassen sein (DMV, Anlage 1, Abschnitt II, Nummer 3). Für keinen der bestehenden Düngemitteltypen ist ein anthropogenes Ausgangssubstrat zugelassen. Tierische Ausscheidungen sind für die Herstellung von Biogasgülle, organischen Düngern, organisch-

mineralischen Düngern, Kultursubstraten, Pflanzenhilfsmitteln und Bodenhilfsstoffen erlaubt.

Anforderungen an die Hygiene und Schadstoffgehalte der Dünger

Die *Besonderen Anforderungen* sind in der DMV in Anlage 2 geregelt. Sie beinhalten Anforderungen an Höchstgehalte der Schadstoffbelastung und an Hygieneparameter und gelten für alle Dünger der Verordnung gleichermaßen, wenn nicht anders benannt. Deren Einhaltung ist also die notwendige Bedingung für ein Produkt, welches durch Bescheid gemäß DMG als neuer Dünger zugelassen werden soll.

In Abschnitt II der Anlage 2 der DMV sind Grenzwerte für Schwermetalle, organische Schadstoffe, Radioaktivität, Rückstände, Hygieneparameter und Fremd- und Ballaststoffe verzeichnet. Bei den Höchstgehalten für Schwermetalle gelten unterschiedliche Werte für Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsmittel, für mineralische Düngemittel mit mehr als 5 % P_2O_5 und für Kultursubstrate. Gefordert wird eine Einhaltung von Grenzwerten für Arsen, Blei, Cadmium, Chrom VI, Nickel und Quecksilber. Mineralische Düngemittel mit einem Gehalt von mehr als 5 % P_2O_5 müssen zusätzlich einen Grenzwert für Vanadium einhalten. Es ist davon auszugehen, dass behandelter Urin, welcher laut DWA einen mineralischen Dünger darstellt, nicht unter diese Kategorie fiele, da Winker et al. und Jönsson et al. im Mittel einen P-Gehalt von $0,68 \text{ g kg}^{-1}$ Urin ausmachen, was, selbst wenn der gesamte Phosphor als P_2O_5 vorliegen würde, weit unter 5 % ausmachen würde. Daher sind die gesonderten Anforderungen an diese Kategorie mineralischer Dünger hier zu vernachlässigen. Die Grenzwerte für Kultursubstrate sind für Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber strenger als für Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsmittel. Ob und wie sich die Grenzwerte für Schadstoffbelastungen in den einzelnen Ländern unterscheiden wird in Kapitel 5.1 dargestellt.

Bezüglich organischer Schadstoffe und Radioaktivität verlangt die DMV eine Einhaltung von Grenzwerten für 16 PAK, Organochlorpestizide, PCB, PCDD, AOX, PFT und der Summe von ^{134}Cs und ^{137}Cs . Hierbei gelten die gleichen Grenzwerte für alle Düngemitteltypen.

Alle Düngemittel müssen, um die Anforderungen an Hygieneparameter der DMV zu erfüllen, in 50 g Probe frei von *E. Coli* (EHEC), *Salmonella sp.*, *Campylobacter sp.* und *Listeria monocytogenes* sein. Auch sind diese Anforderungen durch alle Düngertypen zu erfüllen.

Außerdem schreibt die Verordnung in Abschnitt IV des Anhangs 2 Maximalgehalte für Glas, Metalle und Kunststoffe $> 2 \text{ mm}$ vor.

3.3 Abfallrechtliche Vorgaben

Wie das DMG in den Bestimmungen zu seinem Geltungsbereich festhält, können Fäkalien in Österreich als Abfälle gelten. Daher sind die abfallrechtlichen Vorschriften im Folgenden genauer zu betrachten, um einordnen zu können, welchen Regularien getrennt vom Abwasser erfassten Fäkalien unterliegen. Außerdem wird untersucht, ob, welche und unter welchen Auflagen Ausgangsstoffe aus Abfällen für die Herstellung von Düngemitteln genutzt werden dürfen. So soll aufgezeigt werden, welche Anforderungen die Legislative allgemein an Recyclingprodukte zur bodenbezogenen Verwertung stellt.

3.3.1 Abfallwirtschaftsgesetz

Das Bundesgesetz über nachhaltige Abfallwirtschaft regelt die ressourcenschonende und nachhaltige Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung der Abwendung von Gefahren für Mensch und Umwelt. Es bestimmt, welche Abfälle wie verwertet werden dürfen und soll die Verwertung gegenüber der Beseitigung fördern. (AWG, § 1). Auch hier haben diejenigen Maßnahmen Vorrang, die in der Abfallhierarchie über der Beseitigung stehen, solange eine Verwertung im Sinne geltender Verordnungen und nicht im Missverhältnis zu ökologischen und ökonomischen Kriterien steht (AWG, § 1, Abs. 2). Im Folgenden wird darauf eingegangen, ob und wie Fäkalien vom AWG betroffen sind und wann ein behandelter Abfall die Abfalleigenschaft verliert und als Produkt wieder in den Markt eingeführt werden darf.

Fäkalien im AWG

Das AWG bestimmt Abfälle als bewegliche Stoffe, derer sich ihr Besitzer entledigt oder entledigt hat oder deren Sammlung, Beförderung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse notwendig ist (AWG, § 2, Abs. 1). Menschliche Fäkalien, zumindest solche, die nicht über das Abwasser entsorgt werden, werden vom Geltungsbereich nicht ausgeschlossen (AWG, § 3). In § 4 des AWG wird auf die Abfallverzeichnisverordnung (AVV_{AT}) verwiesen. Dort existiert eine Abfallart *Fäkalschlamm* unter der Nummer 18 02 02, welche jedoch nicht genauer erläutert wird. Ob dieser Abfallschlüssel auf Inhalte aus Trockentoiletten anwendbar ist, ist fraglich, da die getrennt erfassten Stoffströme Urin und Fäzes werden durch diesen Begriff nicht adäquat erfasst werden. So bleibt die Rechtslage dafür uneindeutig.

Ausstufung, Feststellungsbescheid und Abfallende

Da vor allem in menschlichen Fäzes eine Vielzahl an Pathogenen vorhanden sein können (August et al., 2019), ist nicht auszuschließen, dass das Kriterium H9 (infektiöser Abfall) des AWG auf separat vom Abwasser gesammelte Fäkalien Anwendung findet. Auch wenn

Abfälle nur dann als gefährlich gelten, wenn sie in Artikel 7 der Richtlinie 2008/98/EG als gefährlich definiert werden (AWG, § 4, Nummer 2), wo Fäkalien vom Geltungsbereich ausgenommen sind. Die AVV_{AT} verweist darauf, dass bei Abfällen, bei denen aufgrund ihrer Herkunft eine Kontamination mit infektiösen Keimen zu erwarten ist, eine Untersuchung durchzuführen ist, ob es sich um einen gefährlichen Abfall handelt (ebenda). In diesem Fall wäre eine Ausstufung gemäß § 7 AWG notwendig, damit der Abfall nicht weiter als gefährlich gilt und die Einschränkungen für die Verwertung gefährlicher Abfälle, insbesondere im Düngerecht, wegfallen. Dazu muss nachgewiesen werden, dass von einem Abfall keine gefahrenrelevanten Wirkungen mehr ausgehen. Dies kann zum Beispiel im Rahmen einer *Prozessausstufung* geschehen, was bedeutet, dass der Abfallerzeuger oder der Deponieinhaber nachweist, dass ein Abfall aus einem bestimmten Prozess mit gleichbleibender Qualität keine gefahrenrelevanten Eigenschaften mehr aufweist (AWG, § 7, Abs. 1, Nummer 2). Der Antrag auf Ausstufung muss nach Beurteilung durch eine externe befugte Fachperson durch den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft genehmigt werden (ebenda).

Abfälle haben ihre Abfalleigenschaft solange inne, bis sie oder Stoffe, die aus ihnen gewonnen werden, zur Substitution von Rohstoffen oder aus Primärrohstoffen gewonnenen Produkten verwendet werden (AWG, § 5, Abs. 1). Für bestimmte Abfälle können darüber hinaus per Verordnung Anforderungen festgelegt werden, wann deren Abfalleigenschaft endet. Eine solche Verordnung ist nur zu erlassen, wenn das aus dem Abfall hergestellte Produkt üblicherweise für einen bestimmten Zweck verwendet wird, dafür ein Markt existiert, es die Qualitätsanforderungen in Form technischer oder rechtlicher Anforderungen oder in Form einer Qualitätsrichtlinie bezüglich der abfallspezifischen Schadstoffe erfüllt und davon keine höhere Umweltbelastung oder -gefährdung ausgeht, als es bei einem vergleichbaren Primärrohstoff der Fall wäre (AWG, § 5, Abs. 2). Anforderungen an das hygienisierte, inverkehrbringungsfähige Produkt müssen also nicht durch eine Zielverordnung festgeschrieben sein. Es besteht die Möglichkeit, diese im Rahmen eines Qualitätsstandards oder durch technische Anforderungen zu definieren.

Es ist festzuhalten, dass nur *Fäkalschlämme* ein definierter Abfall sind. Urin und Fäzes, die getrennt von einander erfasst wurden, sind durch das Abfallrecht nicht abgedeckt und demnach eine neue Sache, die somit auch das Abfallende und damit eine Einbindung in Produkte nicht erreichen können. Für Sachen, die nach allgemeiner Verkehrsauffassung neu sind (AWG, § 2, Abs. 3, Nummer 1.), kann ein Feststellungsbescheid durch den Landeshauptmann erlassen werden, um deren Sammlung, Beförderung, Lagerung und Behandlung zu definieren. Ein Feststellungsbescheid ist zu erlassen, wenn begründete Zweifel bestehen, welcher Abfallart eine Sache zuzuordnen ist (AWG, § 6, Abs. 1, Nummer 2). Dass ein Stoff als Abfall definiert ist, ist Grundvoraussetzung zur Erlangung des Abfallendes und damit zur Verwertung des Recyclingsproduktes.

3.3.2 Kompostverordnung

Die Verordnung über die Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen regelt, welche Materialien welcher Herkunft zur Herstellung von Komposten zugelassen sind, die Inverkehrbringung, das Abfallende und Anforderungen an die Qualität von Komposten (KompostV, § 1). Die Verordnung betrifft also nur jene Komposte, die aus Abfällen hergestellt wurden (ARGE Bäuerliche Kompostierer und Biogasanlagenbetreiber OÖ, 2002). Komposte aus anderen Ausgangsmaterialien sind nicht erfasst. Vorgaben darüber, wie zu kompostieren ist und welchen Ansprüchen eine Kompostierungsanlage gerecht werden muss, beschreibt die KompostV nicht.

Im Folgenden wird erläutert, welche Ausgangsstoffe gemäß dieser Verordnung für die Kompostierung in Frage kommen und welche Anforderungen die gesetzgebende Instanz an deren Qualität und an die Qualität des Endprodukts stellt.

Zugelassene Ausgangsmaterialien

Welche Ausgangsmaterialien für Komposte zugelassen sind, macht die Verordnung abhängig von dem Anwendungsbereich des Endprodukts. Anwendungsbereiche sind die Landwirtschaft (Gartenbau eingeschlossen), Landschaftsbau und -pflege (auf Flächen, auf denen gegenwärtig und zukünftig kein Futter- und Nahrungsmittelanbau stattfindet), Rekultivierungsschichten auf Deponien, die Erdenherstellung sowie der Biofilterbau (KompostV, § 3, Nummer 14). Im Folgenden in den Blick genommen werden die Ausgangsstoffe für Komposte zur Verwendung in der Landwirtschaft, der Landschaftspflege und dem Landschaftsbau sowie der Erdenherstellung, da damit die gartenbaulich relevanten Bereiche abgedeckt sind.

Komposte für den Anwendungsbereich der Landwirtschaft, der Landschaftspflege und dem Landschaftsbau sowie der Erdenherstellung müssen aus Materialien der Anlage 1, Teil 1 oder 2 hergestellt werden (KompostV, § 5, und § 6, Abs. 1, und § 7, Abs. 1). Die Materialien der Anlage 1, Teil 1 und 2 umfassen unter anderem feste und flüssige tierische Ausscheidungen, Teil 2 erfasst zudem Klärschlämme. Anthropogene Materialien sind nicht genannt. Auch hier werden trotz dieses Umstands im weiteren Verlauf die Ansprüche an Komposte aus anderen Ausgangsmaterialien betrachtet, die die Gesetzgebenden erfüllt haben möchte.

Klärschlämme müssen, um als Ausgangsmaterial zugelassen zu sein, Grenzwerte für Schwermetalle einhalten. Sie sind auf Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink zu prüfen (KompostV, Anlage 1, Teil 2, Tabelle 2b). Verschärfte Grenzwerte gelten für Klärschlämme zur Herstellung von Qualitätsklärschlammkompost (KompostV, Anlage 1, Teil 2, Tabelle 2c).

Formale Anträge auf die Zulassung neuer Ausgangsstoffe für die Kompostherstellung sind in der Verordnung nicht vorgesehen.

Qualitätsanforderungen an das Endprodukt

Je nach Anwendungsbereich der Komposte sind verschiedene Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Allgemein sind alle Komposte auf die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom (gesamt), Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink zu prüfen. Die Grenzwerte für die Schwermetalle sind strenger, je höher die Qualitätsklasse des Komposts und somit die Möglichkeiten seiner Anwendung. Außerdem müssen, je nach Anwendungsbereich, Anforderungen bezüglich des Gehaltes an organischer Substanz, Ballaststoffen, Glas und Kunststoffen sowie an die elektrische Leitfähigkeit, Seuchen- und Phytohygiene erfüllt sein.

Komposte für die Anwendung in der Landwirtschaft müssen den Stand eines Qualitätskomposts haben, d.h., sie müssen den Anforderungen der Qualitätsklasse A entsprechen, die in Anlage 2, Teil 2 definiert sind (KompostV, § 5). Werden die Komposte im Landschaftsbau zur Pflege einer vegetationsfähigen Oberbodenschicht verwendet, müssen diese je nach Ausbringungsmenge unterschiedliche Qualitätsanforderungen erfüllen. Ab einer Ausbringungsmenge von 20 t ha^{-1} innerhalb von drei Jahren müssen die Anforderungen an die Qualitätsklasse A erfüllt sein. Ab einer Ausbringungsmenge von 40 t ha^{-1} in drei Jahren müssen die Anforderungen an die Qualitätsklasse A+ (KompostV, Anlage 2, Teil 3) erfüllt sein (KompostV, § 6, Abs. 4). Komposte, zu deren Herstellung Klärschlämme verwendet wurden, dürfen in der Landwirtschaft nur angewendet werden, wenn es sich um Qualitätsklärschlammkomposte handelt. Klärschlammkomposte für andere Anwendungsbereiche haben die Anforderungen der Anlage 2, Teil 2, Tabelle 2b einzuhalten. Komposte für die Erdenherstellung müssen die Qualitätsanforderungen für den jeweiligen Anwendungsbereich erfüllen (KompostV, § 7, Abs. 1).

Bezüglich seuchenhygienischer Parameter fordert die KompostV in Anlage 2, Teil 1, Tabelle 2a bei Sackware eine Prüfung auf pathogene *E. Coli*, *Salmonella sp.*, *Campylobacter* und *Listerien sp.*. Keiner der Erreger darf in 50 g Probe nachweisbar sein. Komposte für die Landwirtschaft müssen auf pathogene *E. Coli* und *Salmonella sp.* getestet werden. Letztere dürfen in 50 g Probe nicht nachweisbar sein. Bei Nachweis von *E. Coli* sind die Keime zu bewerten und dementsprechend Anwendungshinweise zu geben. Für den allgemeinen Landschaftsbau müssen Komposte nur auf *Salmonella sp.* getestet werden. Diese dürfen in 50 g Probe nicht nachweisbar sein. Bei Verwendung auf Sport- und Freizeitstätten gelten die Anforderungen an Komposte wie für die Sackware.

Eine phytohygienische Prüfung muss nur für Komposte als Sackware oder für den Garten- und Hobbygartenbau vorgenommen werden. Es dürfen maximal 3 Pflanzenkeime in einem Liter Substrat nachgewiesen werden.

Anwendung von Komposten

Komposte dürfen nur für solche Zwecke ausgebracht werden, die ihre Qualitätsklasse zulässt. Die Verwendung zu Dünge Zwecken in der Landwirtschaft ist auf $8 \text{ t TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

im fünfjährigen Durchschnitt zu begrenzen (KompostV, Anlage 4, Teil 2, Abschnitt II, Nummer 2).

3.4 Diskussion der österreichischen Gesetzgebung

Fäkalien gelten in Österreich als Abfälle und werden vom AWG nicht ausgeschlossen. Jedoch existiert kein adäquater Abfallschlüssel für Inhalte aus Trockentoiletten. Ob es sich um *Fäkalschlämme* gemäß AVV_{AT} handelt, ist zweifelhaft, da unter diesem Abfallschlüssel Verweise auf medizinische Abfälle und tierische Fäkalien bestehen und die getrennt gesammelten Stoffe Urin und Fäzes nicht abgebildet werden. Es sind des weiteren keine Verwertungsverfahren für anthropogene Fäkalien vorgesehen und somit auch kein Ende der Abfalleigenschaft. Dies könnte dem Umstand geschuldet sein, dass Fäkalien üblicherweise in das Abwasser eingeleitet werden und die Abwasserbehandlung dann dem Abwasserrecht unterliegt.

Das Abfallende ist jedoch Voraussetzung für eine bodenbezogene Verwertung, da das DMG die Verwertung von Abfällen als Dünger ausschließt. Komposte aus Abfällen dürfen hergestellt werden und unterliegen der KompostV. Komposte können in Österreich das Abfallende erreichen und unterliegen bei Inverkehrbringen und Ausbringung als Dünger nur den düngerechtlichen Vorgaben. Jedoch sind anthropogene Ausgangsstoffe für die Kompostherstellung derzeit nicht zugelassen und eine Erweiterung um neue Ausgangsstoffe ist in der KompostV zumindest formal nicht vorgesehen.

Für die Aufbereitung von Urin zu einem Dünger wäre diese Verordnung aufgrund des ungeeigneten Verfahrens nicht zuständig. Urin müsste demnach zunächst per Feststellungsbescheid als Abfall kategorisiert werden und ein geeignetes Aufbereitungsverfahren rechtlich, technisch oder durch Qualitätsstandards definiert werden, welches die Abfalleigenschaft enden lässt.

Die Möglichkeit, Anforderungen an das Ende der Abfalleigenschaft nicht nur rechtlich zu definieren, stellt einen wichtigen Unterschied zur deutschen Gesetzgebung dar. Die Normierung eines Prozesses zur Hygienisierung von anthropogenen Ausgangsmaterialien, z.B. durch Austrian Standards, dem österreichischen Mitglied des Europäischen Komitees für Normung (CEN), könnte ein entscheidender Schritt auf dem Weg sein, behandelte Fäkalien als Produkt in Verkehr bringen zu können. Es muss gewährleistet sein, dass die Anforderungen des AWG an ökologische und ökonomische Verhältnismäßigkeit der Verwertung eingehalten werden. Bevor das neue Produkt zu Düngezwecken verwendet werden darf, muss einem Antrag auf Zulassung des neuen Produkts als Dünger stattgegeben werden.

4 Schweizerische Gesetzgebung

4.1 Rechtliche Ausgangslage für Dünger aus menschlichen Ausgangssubstraten

In der Schweiz wurde 2018 mit Aurin weltweit der erste Dünger aus menschlichem Urin zugelassen (Bundesamt für Landwirtschaft, 2018). In den folgenden Kapiteln wird erläutert, auf welchen Rechtsgrundlagen die Bewilligung basiert und welche Anforderungen der Urindünger erfüllen muss. Außerdem wird erörtert, ob Fäzes auf dieser Grundlage ebenfalls als Ausgangsstoff für Dünger in Frage kommt.

4.2 Rechtliche Grundlagen für die Bewilligung

Die rechtlichen Grundlagen für die Bewilligung von Aurin bilden die Dünger-Verordnung (DüV), Düngerbuch-Verordnung (DüBV), Chemikalien-Verordnung (ChemV) und die Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung (ChemRRV) (Udert und Etter, 2017). Welche Bereiche diese Verordnungen im einzelnen abdecken und welche Anforderungen an Dünger jeweils gestellt werden, wird folgend für jeden dieser Rechtstexte vorgestellt.

4.2.1 Dünger-Verordnung

Die DüV regelt die Zulassung, das Inverkehrbringen, die Einfuhr und die Verwendung von Düngern (DüV, Art. 1).

Bewilligung neuer Dünger

Bevor auf die Zulassungsvoraussetzungen für einen Dünger eingegangen wird, wird zunächst erläutert, welche Dünger einer Bewilligung bedürfen. Dünger, die keinem Düngertyp der Düngerliste gemäß Art. 7 der DüV entsprechen, müssen per Bewilligungsverfahren durch das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) zugelassen werden (DüV, Art. 10, Ziffer 1). Aurin wird zwar der Kategorie der Recyclingdünger zugeordnet, doch entspricht der flüssige Stickstoff-Recyclingdünger keinem der durch die DüBV unter diese Kategorie gefassten Dünger. Daher stellte das Bewilligungsgesuch in diesem Fall den gangbaren Weg für die Zulassung dar. Kompost aus Fäzes müsste zur Zulassung die Anforderungen der DüBV an den Düngertyp Recyclingdünger Kompost erfüllen (DüV, Art. 7, Ziffer 2). Voraussetzung dafür ist, dass der Kompost frei von Pathogenen ist. Ansonsten ist auch

hierfür ein Bewilligungsverfahren notwendig (DüV, Art. 10, Ziffer 2). Eine Bewilligung wird in der Regel für zehn Jahre ausgestellt (DüV, Art. 11, Ziffer 5). Es können Auflagen an die Bewilligung gebunden werden (DüV, Art. 11, Ziffer 2). Auch provisorische Bewilligungen sind möglich (DüV, Art. 12, Ziffer 1). Voraussetzung für jede Bewilligung ist, dass der Dünger geeignet scheint und keine Gefahren für Mensch und Umwelt zu erwarten sind (ebenda). Der Ablauf des Bewilligungsverfahrens und die Auflagen im Detail werden in der Synthese besprochen.

Zulassungsvoraussetzungen für Dünger

Ein Dünger wird zugelassen, wenn er einem zugelassenen Düngertyp entspricht oder die Bewilligung für das Inverkehrbringen erteilt worden ist (DüV, Art. 2, Ziffer 2). Voraussetzung für die Zulassung ist, dass er den Anforderungen für das Inverkehrbringen entspricht (DüV, Art. 2, Nummer 1).

Die Anforderungen an zugelassene Dünger sind dem Artikel 3 der DüV zu entnehmen. Demnach dürfen Dünger nur zugelassen werden, wenn sie sich für die vorgesehene Verwendung eignen. Sind Ausgangsstoffe enthalten, die von der ChemV erfasst sind, müssen sie gemäß dieser eingestuft, beurteilt und angemeldet worden sein. Zudem muss gewährleistet sein, dass bei sachgerechter Anwendung des Düngers Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände erzeugt werden, die die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung erfüllen.

Das Bewilligungsgesuch der Vuna GmbH und Eawag gibt an, dass all diese Voraussetzungen durch Aurin erfüllt sind. Der Urindünger eignet sich aufgrund seiner Nährstoffzusammensetzung für die Verwendung als Universaldünger, seine Inhaltsstoffe wurden gemäß ChemV beurteilt und für ungefährlich befunden. Demnach sind auch die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung erfüllt und die Ungefährlichkeit für Mensch und Umwelt gegeben (Udert und Etter, 2017). Bevor Aurin 2018 seine definite Bewilligung erhielt, wurde er 2015 provisorisch zugelassen unter der Auflage, dass er nur auf Blumen, Rasen und Zierpflanzen ausgebracht werden darf (Udert und Etter, 2017).

Ein Dünger, der zugelassen werden soll, muss außerdem den Anforderungen an die Herstellung und das Inverkehrbringen genügen. Die Grenzwerte für unerwünschte Bestandteile in Düngern sind im Anhang 2.6 der Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung (ChemRRV) festgelegt (DüV, Art. 21a, Ziffer 1). Des weiteren dürfen unter anderem Klärschlämme kein Bestandteil von Düngern sein (DüV, Art. 21a, Ziffer 2).

4.2.2 Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung

Die Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen enthält unter anderem Bestimmungen für Dünger, welche in Anhang 2.6 geregelt sind. In Tabelle 2 sind die Anforderungen der ChemRRV an Dünger bezüglich ihrer Schadstoffgehalte mit den in Aurin gemessenen Gehalten an Schadstoffen verglichen.

Tabelle 2: Grenzwerte für Schadstoffe (mg kg^{-1}) gemäß ChemRRV im Vergleich mit gemessenen Gehalten in Aurin

Schadstoff	Grenzwert ChemRRV	Gehalte in Aurin
Pb	120	0,24
Cd	1	< 0,05*
Cu	100	0,47
Ni	30	< 0,1*
Hg	1	-
Zn	400	12,5

Quelle: Udert und Etter (2017)
Werte mit * unterhalb der Bestimmungsgrenze

Die Gehalte in Aurin sind allesamt weit unter den Grenzwerten. Der Dünger hält also die Anforderungen an die Schadstoffgehalte ein. Es ist nicht zu erwarten, dass bei sachgerechter Anwendung die enthaltenen Schadstoffe zu einer Belastung von Umwelt und Gesundheit führen.

4.2.3 Chemikalienverordnung

Dünger, die Ausgangsstoffe enthalten, die durch die Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (ChemV) erfasst sind, müssen gemäß dieser geprüft und für ungefährlich befunden worden sein, um in Düngern verwendet werden zu dürfen.

Beim Inverkehrbringen neuer Stoffe und Zubereitungen fordert die ChemV die Herstel-

lenden in Art. 5 dazu auf, durch eine Selbstkontrolle auszuschließen, dass das Produkt gefährliche Auswirkungen auf Menschen und Umwelt hat. Dazu sind die verwendeten Stoffe gemäß der Artikel 5, 7-13 und 15 der EU-CLP-Verordnung einzustufen (ChemV, Art. 6, Ziffer 1). Die Zubereitung ist gemäß der Artikel 6-15 der EU-CLP-Verordnung einzustufen (ChemV, Art. 7). Die Prüfung muss aufgrund anerkannter wissenschaftlicher Methoden geschehen (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Art. 5 u. 6).

Aurin wurde in einer Selbstkontrolle durch die Eawag und Vuna GmbH in Untersuchungen und Analysen geprüft. Dabei konnten keine gefährlichen Inhaltsstoffe oder gefährlichen Auswirkungen des Gemischs festgestellt werden (Udert und Etter, 2017). Die Anforderungen der ChemV gelten somit als erfüllt. Gemäß der Befunde muss Aurin mit keinem Gefahrenkennzeichen etikettiert werden.

4.3 Diskussion der schweizerischen Gesetzgebung

Die Zulassung von einem Dünger aus menschlichem Urin in der Schweiz zeigt, dass ein Bewilligungsgesuch für einen Dünger aus einem neuen Ausgangssubstrat durchaus Erfolg haben kann. Grund dafür ist unter anderem, dass in der Schweiz keine Liste über zugelassene Ausgangsstoffe für Dünger existiert. Neue Stoffe und Gemische, die als Dünger verwendet werden sollen, müssen allesamt nach den Anforderungen der ChemV geprüft werden. Priorität hat für die gesetzgebende Instanz also die Sicherheit eines Stoffs. Ist ein Stoff bei sachgerechter Anwendung nachweislich nicht in der Lage, Menschen und Umwelt zu gefährden, kommt er für das Inverkehrbringen in Frage. Daneben müssen Dünger auch die durch die Schadstoffgrenzwerte der ChemRRV einhalten, um den Minimalanforderungen einer Bewilligung gerecht zu werden. Die Nachweise über die Sicherheit von Aurin wurden durch die Herstellenden erbracht. Zudem wurden Nachweise über die Wirksamkeit erbracht. Der Dünger erfüllt demnach alle Zulassungsvoraussetzungen.

Das erste Gesuch der Herstellenden wurde durch das BLW provisorisch bewilligt. Die im März 2015 erteilte Bewilligung enthielt die Auflage, die Verwendung des Düngers auf Rasen, Blumen und Zierpflanzen zu begrenzen. Mikroverunreinigungen waren der Grund, den Dünger nicht für die Produktion von Pflanzen zur Nahrungsmittelerzeugung zuzulassen. Die Herstellenden erstatteten dem BLW daraufhin regelmäßig Bericht über Fortschritte bei der Elimination der Mikroverunreinigungen und beantragte daraufhin eine definitive Bewilligung aufgrund der Resultate, die die Filtration durch Aktivkohle, welche die Verunreinigungen auf ein zu vernachlässigendes Maß begrenzt, lieferte. Dem Gesuch wurde daraufhin uneingeschränkt stattgegeben.

Grundsätzlich ist im schweizerischen Düngerecht die Innovation und Zulassung neuer

Dünger vorgesehen. Das Verfahren ist Teil der Gesetzgebung und die Anforderungen an ein Gesuch detailliert beschrieben. Dass ein eigener Düngertyp *Recyclingdünger* besteht, zeugt davon, dass der die gesetzgebende Instanz ein ökonomisches wie ökologisches Potential in der landwirtschaftlichen Verwertung von Abfällen sieht (BAFU, 2019).

Dass Recycling die stoffliche Verwertung von Abfällen bedeutet, heißt auch, dass es sich demnach bei Urin, welcher den Ausgangsstoff von Aurin bildet, um Abfall handelt. In der VVEA, der Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen, findet sich jedoch keine Kategorie, die explizit Urin adressiert. Auch hier ist die einzige Erwähnung menschlicher Ausscheidungen als *Fäkalschlamm* zu finden. Da dieser mit Klärschlämmen zu einer Abfallkategorie zusammengefasst ist, kann separat erfasster Urin dieser Kategorie nicht zugeordnet worden sein, da eine Verwendung dessen als Dünger gemäß DüV ausgeschlossen ist. In einem Interview mit Dr. Kai Udert, Mitarbeiter der Eawag und einer der Ersteller des Bewilligungsgesuchs für Aurin, konnte mir keine Antwort darauf gegeben werden, welcher Kategorie getrennt gesammelter menschlicher Urin stattdessen zugeordnet wird. Auch in der definitiven Bewilligung des BLW aus 2018 ist unter Ausgangsmaterialien „Separat gesammelter anthropogener Urin“ verzeichnet, ohne Verweis auf eine Abfallart gemäß VVEA. Dies lässt darauf schließen, dass ein Stoff keiner bestehenden Abfallart zugeordnet werden muss, um als Ausgangsstoff für einen Recyclingdünger zulässig zu sein.

Es existiert noch kein zugelassener Dünger aus getrennt gesammelten anthropogenen Fäzes. Komposte daraus würden einem organischen Recyclingdünger entsprechen. Komposte sind in der DüV als unter Luftzufuhr verrottete pflanzliche, tierische oder mikrobielle Materialien definiert (DüV, Art. 5, Ziffer 2b, 1). Menschliche Ausgangsmaterialien sind nicht Teil der Aufzählung. Demnach entspräche Fäzeskompost keinem Düngertyp der Düngerliste. Eine rechtliche Definition, um welche Art Abfall es sich handelt, wenn die Fäzes nicht in das Abwasser eingeleitet werden, besteht, wie bei Urin, nicht. Kompostieranlagen, die jährlich mehr als 100 t Abfälle annehmen, dürfen nur biogene Abfälle kompostieren, die aufgrund ihrer Nährstoffzusammensetzung und Schadstoffgehalte für das Verfahren und die anschließende Verwendung als Dünger geeignet sind (VVEA, Art. 34, Ziffer 1). Anthropogene Materialien sind durch den Begriff *biogene Abfälle* nicht erfasst (VVEA, Art. 3). Es existiert also die Möglichkeit, menschliche Fäkalien in kleineren Anlagen zu kompostieren. Für größere Anlagen müssten die Fäzes als biogener Abfall klassifiziert werden oder den Anlagen die Annahme anthropogener Stoffe erlaubt werden.

Während für Aurin ein Bewilligungsgesuch für die Zulassung eines neuen Düngers ausreichend war, da die Eindampfung von Urin keinen abfallrechtlichen Auflagen unterliegt, muss also bei Fäzeskompost bedacht werden, dass die Kompostierung in Anlagen ab 100 t zunächst für anthropogene Substrate bewilligt werden müsste, um im Nachgang

ein Bewilligungsverfahren für den neuen Dünger zu durchlaufen. Komposte, die in kleineren Anlagen erzeugt werden, könnten das Bewilligungsgesuch für Fäzeskompost als Dünger auch zu diesem Zeitpunkt schon durchlaufen. Für eine Zulassung muss nachgewiesen werden, dass es sich um ein bei sachgerechter Anwendung für Menschen und Umwelt ungefährliches und für die Pflanzenernährung geeignetes Produkt handelt. Als Orientierung an den Anforderungen an die Ungefährlichkeit dienen hier die Grenzwerte für Schadstoffe für Kompost der ChemRRV. Die einzuhaltenden Grenzwerte für Schwermetallgehalte sind die gleichen wie für andere Recyclingdünger. Zusätzlich müssen für Komposte die Nachweise erbracht werden, dass maximal 0,4 % der TM Fremdstoffe (Glas, Metall, etc.) sind, Kunststoffe und Alufolie auf maximal 0,1 % der TM begrenzt sind und dass die Düngerqualität durch den Gehalt an Steinen > 5 mm nicht beeinträchtigt wird (ChemRRV, Anhang 2.6, Ziffer 2.2.1). Desweiteren haben Komposte Höchstgehalte für PAK, Dioxine und Furane einzuhalten (ebenda). Das Endprodukt muss, um bewilligt werden zu können, frei von Pathogenen sein. Enthält der Kompost Pathogene, muss gewährleistet sein, dass sein Inverkehrbringen Menschen, Tiere und Umwelt nicht gefährden kann (Freisetzungsverordnung, Art. 44). Da über die Fäzes der Großteil der Krankheitserreger ausgeschieden wird, ist im Falle einer Bewilligung mit Auflagen bezüglich des Kompostierungsprozesses und der Anwendungsgebiete zu rechnen, um Gefahren durch eine Nahrungsaufnahme von mit dem Fäzeskompost gedüngten Pflanzen vorzubeugen.

5 Synthese

5.1 Vergleich der Gesetzgebung der Länder Deutschland, Österreich und Schweiz

Die Analyse der Gesetzgebungen der drei Länder ergibt, dass die jeweiligen Gesetzgebenden den Gegenstand menschlicher Fäkalien nicht nur unterschiedlich auffassen. Sie setzen auch unterschiedliche Prioritäten, wenn es darum geht, neue Dünger in Verkehr zu bringen. Auch sind die Verfahren für die Zulassung neuer Dünger unterschiedlich geregelt. Ebenso weichen die Anforderungen an Dünger voneinander ab. In den nächsten Absätzen werden die Unterschiede zwischen den Gesetzgebungen gegenübergestellt. Dabei wird erörtert, welche rechtlichen Normen dazu führen, dass ein Dünger aus anthropogenem Ausgangsmaterial im Gegensatz zu Deutschland und Österreich in der Schweiz bereits zugelassen ist.

5.1.1 Rechtliche Einordnung der Ausgangsstoffe

Werden menschlichen Fäkalien nicht in das Abwasser eingeleitet, handelt es sich um Abfälle. Deutschland, Österreich und die Schweiz schließen dies jeweils in ihrem Abfallrecht nicht aus. Jedoch existiert in keinem der Verzeichnisse über Abfälle eine Abfallart, die getrennt vom Abwasser gesammelte menschliche Fäkalien erfasst. Demnach bestehen auch keine rechtlichen Anforderungen an deren Sammlung, Lagerung, Behandlung und Verwertung. Lediglich Anforderungen an andere Abfälle, aus denen Dünger hergestellt werden sowie die Vorschriften über Dünger, die aus Abfällen hergestellt werden, können als Orientierung dienen.

Urin

Das Beispiel Aurin zeigt, dass Urin, ohne dass er an anderer Stelle der Gesetzgebung rechtlich definiert wird, im Zuge der Bewilligung als *separat gesammelter anthropogener Urin* bezeichnet wird. Eine vorherige Einordnung in das Abfallrecht war in der Schweiz also nicht notwendig. Dies hängt mit mehreren Faktoren zusammen. Zunächst werden in der Schweiz Neuzulassungen für Dünger beantragt, nicht für einzelne Ausgangsstoffe. Für jeden Dünger, dessen Zulassung neu beantragt wird, müssen die Inhaltsstoffe sowie das Gemisch gemäß ChemV beurteilt werden. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um Abfälle handelt und ob die Inhaltsstoffe in einem bereits zugelassenen Dünger vorkommen. Außerdem unterliegt das verwendete Behandlungsverfahren keinen abfallrechtlichen Vorgaben.

In Deutschland dürfen nur solche Dünger in Verkehr gebracht werden, die aus Stoffen bestehen, die sich auf der Liste zugelassener Ausgangsstoffe der DüMV befinden. Dem-

nach muss vor der Verwertung zunächst ein rechtlich definierter Stoff vorliegen. Dünger, die in Deutschland aus anderen Abfällen gewonnen werden, werden zusätzlich durch abfallrechtliche Verordnungen reguliert. In keine der bestehenden Verordnungen lässt sich separat gesammelter Urin einordnen. Auch konzentrieren sich die Anforderungen an die Behandlungsverfahren für Abfälle, die bodenbezogen verwertet werden sollen, auf die Kompostierung, die für Urin nicht in Frage kommt. Urin müsste demnach zunächst in der AVV_{DE} erfasst werden und daran anschließend Anforderungen an seine Hygienisierung rechtlich bestimmt werden, damit ein schadloses Inverkehrbringen des erzeugten Produktes nach geltendem Recht möglich ist.

Das österreichische Düngerecht verbietet die Ausbringung von Abfällen als Dünger. Altstoffe (AWG, § 2, Abs. 4, Nummer 4b), die in Düngeprodukte eingebracht oder als Dünger verwertet werden, müssen also zunächst das Ende ihrer Abfalleigenschaft erreichen, um dafür zulässig zu sein. Somit ist die Feststellung, um welchen Abfall es sich handelt, notwendig, um zu definieren, wann und unter welchen Voraussetzungen das Abfallende von Urin erreicht ist, damit der Stoff zu einem Dünger weiterverarbeitet werden darf. Die Anforderungen können sowohl technisch, rechtlich als auch mittels Qualitätsstandard definiert werden.

Fäzes

Ein Dünger, welcher menschliche Fäzes enthält, ist in allen drei Ländern nicht zugelassen. Da die durch die WHO empfohlene Methode zur Hygienisierung von Fäzes die Kompostierung ist (Lettow, 2015), sind es insbesondere Regularien über Komposte, auf die dieser Umstand zurückzuführen ist. Zwar unterliegen Kompostierungsanlagen in Deutschland, Österreich und der Schweiz erst ab einer bestimmten Menge an umgesetzten Material den gesetzlichen Anforderungen. Doch sind Komposte aus nicht regulierten Kleinanlagen für das Inverkehrbringen gemäß des jeweiligen Düngerechts nicht zulässig.

Die Kompostierung in der Schweiz muss im Einklang mit der VVEA erfolgen. Anthropogene Ausgangsmaterialien sind dort für die Herstellung von Komposten nicht vorgesehen. Für eine ordnungsgemäße Kompostierung in größeren Anlagen muss eine Änderung der VVEA erfolgen, die menschliche Fäkalien als Ausgangsmaterial für Komposte mit einschließt. Anschließend an eine abfallrechtliche Gesetzesänderung würde der Kompost als Recyclingdünger gemäß DüBV gelten und müsste für das Inverkehrbringen den dort festgeschriebenen Anforderungen entsprechen.

In Deutschland ist insbesondere für kompostierbaren Stoffe die Zuständigkeit einer abfallrechtlichen Verordnung wichtig, da die Prozessanforderungen in den Verordnungen über die jeweiligen Abfälle bestimmt sind. Zudem können Komposte in Deutschland ihr Abfallende nicht erreichen. Sie unterliegen beim Inverkehrbringen und der Ausbringung

neben dem Düngerecht weiterhin dem Abfallrecht. Auch für getrennt erfasste Fäzes wäre demnach ein eigener Abfallschlüssel von Vorteil, da die Kompostierungswerke nur solche Abfälle annehmen dürfen, die einem Abfall gemäß AVV_{DE} entsprechen und für deren Behandlung die Anlage zugelassen ist. Es besteht zwar die Möglichkeit, trocken gesammelte Fäzes unter einem existierenden Schlüssel abzugeben. So nehmen regional manche Kompostierer das Material als Abfälle aus der Abwasserbehandlung an (Wagner-Cardenal und Jauch, 2017). Jedoch unterliegen die Komposte in diesem Fall den Auflagen der AbfKlärV, was große Einschränkungen für die bodenbezogene Verwertung bedeutet. Österreich verfügt für das Verfahren der Kompostierung über eine eigene Verordnung. Menschliche Ausscheidungen befinden sich nicht auf den Listen zugelassener Ausgangsmaterialien für Komposte. Auch ist eine Erweiterung dieser Listen formal nicht vorgesehen. Die Kompostierung menschlicher Fäkalien ist demnach in Anlagen gemäß KompostV nicht rechtens. Daher müssten auch hier menschliche Fäzes zunächst als eigenständiger Abfall kategorisiert werden, damit ein Antrag auf dessen Zulassung für die Herstellung von Komposten gestellt werden kann.

Für Deutschland und Österreich ergeben sich aus dem Umstand, dass kein Düngertyp *Recyclingdünger* existiert und neue Ausgangsstoffe für Dünger zunächst zugelassen werden müssen, zusätzlich rechtlich komplizierte Situationen. Im Gegensatz zum schweizerischen Kontext, in dem eine Änderung im Abfallrecht ausreichend scheint, um marktfähige Komposte aus menschlichen Fäzes herzustellen, müssen in den beiden EU-Ländern die Düngemittelverordnungen um die Komposte aus anthropogenen Ausgangsstoffe erweitert werden. Insbesondere in Österreich, wo Komposte ihr Abfallende vor dem Inverkehrbringen und der Ausbringung erreichen müssen, stellt dies eine Herausforderung dar, da das Ende der Abfalleigenschaft nur erreicht werden kann, wenn es im Einklang mit anderen Rechtsvorschriften einer Verwendung zugeführt werden kann. Zwar können die Ansprüche an die Behandlung von Abfällen und das hygienisierte Produkt in Österreich technisch oder in Form von Qualitätsstandards definiert werden. Im Gegensatz zu Deutschland, wo es rechtlichen Regularien bedarf, was die Struktur der deutschen Gesetzgebung für bisher zur bodenbezogenen Verwertung zulässige Abfälle zeigt. Jedoch sind in beiden Ländern die Ordnungsgemäßheit der Behandlung und die Ordnungsgemäßheit der Verwertung voneinander abhängig.

5.1.2 Zulassungsverfahren und -regularien

Wer neue Stoffe für die Herstellung von Düngern verwenden, bzw. einen neuartigen Dünger in Verkehr bringen möchte, muss zunächst eine Zulassung dafür erreichen. Wie das Verfahren dazu aussieht, ist in der österreichischen und schweizerischen Gesetzgebung formal vorgesehen. Das deutsche Düngerecht sieht keinen Antrag formal vor, jedoch ist auch hier eine Antragsstellung an das zuständige Ministerium möglich. Grundvoraus-

setzung ist immer, dass die Anforderungen an Wirksamkeit und Ungefährlichkeit von Düngern erfüllt werden. Dies Anforderungen an die Ungefährlichkeit werden im anschließenden Unterkapitel verglichen. Zunächst wird erörtert, welche Verfahren durchlaufen werden müssen, um ein neues Produkt für die Düngung zuzulassen und welche Auflagen ggf. auferlegt werden können.

Die schweizerische Gesetzgebung verlangt bei der Herstellung eines neuen Düngers die Beurteilung und Einstufung der Inhaltsstoffe und des Gemischs gemäß ChemV, bevor eine Bewilligung ersucht wird. Die Beweismittel über die Zusammensetzung und Eigenschaften des Düngers sind zusammen mit den Angaben über die Herstellenden, den Produktnamen und die Gebrauchsweise beim BLW einzureichen. Es werden auch Beweismittel aus dem Ausland anerkannt, wenn die dortigen Bedingungen in Bezug auf Landwirtschaft, Umwelt und Düngung sowie die Vorschriften für eine Zulassung vergleichbar mit den schweizerischen sind. Das BLW entscheidet über das Gesuch in Absprache mit anderen Bundesstellen, deren Aufgabenbereiche berührt werden. Fehlen der gesetzgebenden Instanz Erfahrungen aus der Praxis, kann ein Dünger vor seiner definitiven Zulassung provisorisch bewilligt werden. Diese Möglichkeit besteht auch, wenn der Dünger für wissenschaftliche Zwecke angewendet werden soll. Außerdem besteht die Möglichkeit, eine Bewilligung an Auflagen zu knüpfen, die zum Beispiel das Anwendungsgebiet einschränken. Im Falle von Aurin wurde der Dünger zunächst nur für den Gebrauch auf Pflanzen zugelassen, die nicht der Nahrungsmittelerzeugung dienen.

In Österreich ist das Verfahren für die Zulassung von Düngemitteln aus Ausgangsstoffen, die sich nicht auf der Liste zugelassener Ausgangsmaterialien eines Typs befinden, die Zulassung per Bescheid. Der Antrag muss unter anderem enthalten, welche Stoffe zur Erzeugung verwendet werden und woher diese stammen. Es müssen Nachweise über die Ungefährlichkeit des Stoffs beigelegt werden, wobei Untersuchungsergebnisse und auch bestehende Zulassungen aus dem Ausland berücksichtigt werden. Der Bescheid kann, wenn dem Antrag stattgegeben wird, Auflagen bezüglich der Verwendung enthalten. Außerdem kann er befristet ausgestellt werden, wenn zu erwarten ist, dass aufgrund von Entwicklungen in Wissenschaft und Technik eine erneute Prüfung in absehbarer Zeit notwendig ist. Die zugelassenen Ausgangsstoffe für bestehende Düngemitteltypen sind abschließend erfasst. Eine Zulassung neuer Ausgangsstoffe für diese Typen ist formal nicht vorgesehen. Wird ein neuer Düngemitteltyp durch den zuständigen Bundesminister zugelassen, so werden in den Anforderungen an diesen und die zulässigen Ausgangsmaterialien festgehalten. Dies ist der einzig formal vorgesehene Weg, neue Ausgangsstoffe in die österreichische Gesetzgebung aufzunehmen.

Die deutsche Legislative entscheidet über die Zulassung von Ausgangsstoffen für Dünger, nicht aber über die Zulassung von Düngern. Ein neuer Dünger sowie neue Düngemitteltypen werden nur dann zugelassen, wenn für deren Herstellung ausschließlich zugelassene

Ausgangsmaterialien verwendet werden. Daher ist auch kein Verfahren per Bescheid vorgesehen. Formal ist zwar kein Antrag auf Erweiterung der Liste zulässiger Ausgangsstoffe für Düngemittel in der DüMV vorgesehen und somit auch nicht, welche Unterlagen einzureichen sind. Doch können Anträge an das BMEL gestellt werden. Der Beirat für Düngemittelfragen beurteilt die Anträge. Die Liste zugelassener Ausgangsstoffe zeigt, dass Ausgangsstoffe mit Auflagen versehen werden können, auch was ihr Anwendungsgebiet betrifft.

Für das Inverkehrbringen von Düngern aus anthropogenen Ausgangssubstraten ergibt sich daraus, dass in Deutschland zunächst die Stoffe an sich zugelassen werden müssen, um Düngemittel daraus herstellen zu dürfen. In Österreich besteht die Möglichkeit, einen neuen Düngemitteltyp zu erlassen, z.B. analog zur Schweiz *Recyclingdünger* welcher menschliche Fäkalien als Ausgangsstoff zulässt. Außerdem kann ein Düngemittel, welches bisher nicht zugelassene Ausgangsstoffe enthält, per Bescheid zugelassen werden. Dieses Verfahren ist ebenfalls in der Schweiz vorgesehen. Es ermöglicht den Gesetzgebenden beider Länder, ohne dass ein neuer Stoff generell zugelassen werden muss, den verarbeiteten Stoff aus einem definierten Herstellungsprozess für ein bestimmtes Produkt zu genehmigen.

5.1.3 Zulassungsvoraussetzungen

Anforderungen an die Ungefährlichkeit

Alle Gesetzgebungen fordern, dass Dünger, die in ihrem Geltungsbereich in Verkehr gebracht werden, ungefährlich für Menschen und Umwelt sind. Die Anforderungen umfassen Grenzwerte für Schadstoffe, Pathogene und phytohygienisch relevante Inhaltsstoffe. Des Weiteren bestehen Anforderungen an die Wirksamkeit. Diese werden im weiteren Verlauf außer Acht gelassen, da aus Protokollen über den Austausch von Komposttoilettenbetriebern mit Behörden in Deutschland hervorgeht, dass die größere rechtliche Hürde der Zweifel an der Ungefährlichkeit anthropogener Ausgangsmaterialien darstellt (vgl. John (2017)).

Grenzwerte für Düngemittel

In diesem Abschnitt wird verglichen, inwiefern sich die Gesetzgebungen in puncto höchstzulässige Gehalte an gefährlichen Inhaltsstoffen in Düngemitteln unterscheiden. Dies dient unter anderem der Einordnung, ob Dünger, die aus menschlichem Urin bestehen, die Anforderungen an die Sicherheit erfüllen können.

Da die Zusammensetzung von Aurin bekannt ist, dienen die Schadstoffgehalte dieses Recyclingdüngers als Ausgangspunkt für die Bewertung. Die schweizerische ChemRRV fordert für Recyclingdünger, wenn es sich nicht um Komposte oder Gärgut handelt, lediglich eine Prüfung auf Schwermetalle. Zunächst werden also in Tabelle 3 die Ansprüche

an das Vorhandensein von Schwermetallen in den jeweiligen Ländern miteinander verglichen. Aurin wird in der Schweiz als flüssiger Recyclingdünger gehandelt. Da organischer Kohlenstoff enthalten ist, gilt dieser, im Gegensatz zur Einschätzung der DWA aus dem Jahr 2008 nicht als mineralischer Dünger. Dementsprechend sind die Grenzwerte für Österreich aus den Anforderungen für Düngemittel der DMV bezogen. Die deutschen Grenzwerte für Schwermetallgehalte sind den Anforderungen der DüMV entnommen.

Tabelle 3: Grenzwerte für Schwermetallgehalte (mg kg^{-1}) im Vergleich D-A-CH

Schadstoff	Deutschland	Österreich	Schweiz
As	4	40	-
Pb	150	100	120
Cd	1,5	3	1
Cr(VI)	2	2	-
Cu	-	-	100
Ni	80	100	30
Tl	1	-	-
Hg	1	1	1
Zn	-	-	400

Der Vergleich zeigt, dass national zum Teil weitere Schwermetallgrenzwerte durch Düngemittel eingehalten werden müssen. So prüft einzig die Schweiz auf Kupfer und Zink. Nur Deutschland verlangt eine Prüfung auf Thallium. Höchstgehalte für Cr(VI) und Arsen sind in der deutschen und österreichischen Gesetzgebung vorgesehen, jedoch nicht in der schweizerischen. Festzuhalten ist, dass der Dünger für diejenigen Schwermetalle, die in allen Ländern zu prüfen sind, die Grenzwerte sowohl in Deutschland, als auch in Österreich und der Schweiz weit unterschreitet (vgl. Tabelle 2). Ein Urindünger aus dem Verfahren, welches die Vuna GmbH anwendet, stellt somit aus der Sicht einer Prävention von Risiken durch die Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink im Sinne der nationalen Gesetzgebungen keine Gefährdung dar. Zu prüfen wären zusätzlich die Gehalte an Arsen, Cr(VI) und Thallium.

Die Einhaltung von Grenzwerten für organische Verbindungen muss gemäß ChemRRV für nicht-mineralische Recyclingdünger nicht erfolgen, weshalb im Gesuch keine Nachweise über deren Gehalte im Dünger vorliegen. Verboten ist gemäß dieser Verordnung jedoch generell das Inverkehrbringen aller organischer Schadstoffe nach Anhang 1.1. Demnach ist ausgeschlossen, dass diese in dem Urindünger vorkommen. Die deutsche sowie die

österreichische Düngemittelverordnung fordern auch die Einhaltung von Grenzwerten für verschiedene organische Verbindungen, die nicht durch die ChemRRV verboten sind. Dass ein Risiko von Urin für diese Schadstoffgruppe ausgeht, wird in der Risikoanalyse von August et al. (2019) nicht erwähnt. Die österreichische Gesetzgebung erhebt zusätzlich Grenzwerte für die Belastung mit den radioaktiven Stoffen ^{134}Cs und ^{137}Cs . Da diese Stoffe durch den menschlichen Organismus mit einer Halbwertszeit von durchschnittlich 110 Tagen ausgeschieden werden (FOCUS Online, 2011), ist zur einer Vorbeugung der Belastung des gesammelten Urins mit diesen Stoffen auszuschließen, dass dieser von Personen stammt, die einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt waren.

Neben der Einhaltung von Grenzwerten für Schwermetalle bestehen Anforderungen an die seuchen- und phytohygienische Sicherheit von Düngern. Dünger, die nach deutschem oder österreichischen Recht in Verkehr gebracht werden, haben Grenzwerte für Krankheitserreger und austriebsfähige Samen und Pflanzenteile einzuhalten. Da Krankheitserreger hauptsächlich über die Fäzes ausgeschieden werden und bei der Herstellung eines Urindüngers keine Zuschlagsstoffe verwendet werden, die das phytohygienische Risiko erhöhen (August et al., 2019), ist davon auszugehen, dass alle Grenzwerte eingehalten werden. Zudem verbietet die schweizerische DüV generell die Verbreitung von pathogenen Organismen, Samen und Neophyten durch die Herstellung und Anwendung von Düngern (DüV, Art. 21a, Nummer 5). Die Zulassung in der Schweiz bedeutet demnach, dass seuchen- und phytohygienisch relevante Stoffe in einem Dünger dieser Art nicht enthalten sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass aus technischer Sicht keine Risiken bestehen, Keime, Schadstoffe oder die Phytohygiene beeinträchtigende Inhaltsstoffe durch das Inverkehrbringen von einem Urindünger, der nach dem Verfahren wie für die Aurin-Herstellung erzeugt wird, zu verbreiten. Die Grenzwerte der Gesetzgebungen der verglichenen Länder werden weit unterschritten. Anforderungen, die in Deutschland und Österreich zusätzlich zu den in der Schweiz zu prüfenden Schadstoffe gestellt werden, müssen geprüft werden.

Es ist zu beachten, dass es sich bei Aurin um einen Dünger und nicht um einen Ausgangsstoff handelt. Aus der Arbeit von Lettow (2015) geht hervor, dass Urin vor der Behandlung bereits alle Grenzwerte für Schadstoffe der DüMV weit unterschreitet. Die Risikoanalyse von August et al. (2019) weist darauf hin, dass das Risiko für Schwermetallgehalte und PAKs durch Zuschlagsstoffe bei gängigen Verfahren der Urinaufbereitung erhöht werden kann. Für die Zulassung des Ausgangsstoffs muss demnach das zu durchlaufende Verfahren des Abfalls Urin vor seiner Einbringung in Düngeprodukte so definiert sein, dass die Grenzwerte allesamt eingehalten werden.

Grenzwerte für Komposte

Abfälle, aus denen ein Kompost hergestellt werden darf, sind in allen drei Ländern reguliert. Weder in Deutschland, noch in Österreich oder der Schweiz sind anthropogene Ausscheidungen für die Kompostierung in Anlagen rechtlich vorgesehen.

In Tabelle 4 werden die Grenzwerte für Schadstoffgehalte in Komposten der einzelnen Länder miteinander verglichen. Da sich die Anforderungen in Österreich nach dem Anwendungsbereich richten, sind die Ansprüche an Komposte der Qualitätsklasse A gewählt worden. Bezüglich organischer Schadstoffe sind für die Komposte der Klasse A die höchstzulässigen Gehalte für Klasse B, verringert um 50 % heranzuziehen. In Deutschland richten sich die Anforderungen in den einzelnen Abfallverordnungen nach den stoffspezifischen Risiken. Da keine Abfallverordnung für anthropogene Ausgangsmaterialien besteht, werden für den Vergleich die in den deutschen Abfallverordnungen strengsten Grenzwerte der einzelnen Verordnungen herangezogen. Die Werte, die der BioAbfV entnommen wurden, beziehen sich auf Ausbringungsmengen bis $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Die Grenzwerte für in der Schweiz hergestellte Komposte beziehen sich auf die Auflagen der ChemRRV.

Tabelle 4: Grenzwerte für Schadstoffe im Kompost ($\text{mg kg}^{-1} \text{ TM}$) im Vergleich D-A-CH

Schadstoff	Deutschland	Österreich	Schweiz
Pb	150	120	120
Cd	1,5	1	1
Cr	100	70	-
Cu	100	150	100
Ni	50	60	30
Hg	1	0,7	1
Zn	400	500	400
Dioxine u. Furane	-	0,000025	0,00002
AOX	400	250	-
PCB	0,1	0,5	-
B(a)P	1	-	-
MKW	-	1500	-
PAK	-	3	4000

In Tabelle 5 sind die stofflichen Eigenschaften für die im Kompost zu regulierenden Schadstoffe von menschlichen Fäzes, die in den Publikationen von Jönsson et al. (2004) und Rose et al. (2015) nachzulesen sind, dargestellt. So soll eingeordnet werden, ob anthropogene Ausgangsstoffen vor ihrer Behandlung den Anforderungen an die Unbedenklichkeit entsprechen. Unter Zuhilfenahme der Einschätzungen von August et al. (2019) soll eingeschätzt werden, ob die anthropogenen Materialien nach dem Kompostierungsprozess die Anforderungen einhalten können.

Tabelle 5: Schadstoffgehalte in menschlichen Fäzes (mg kg⁻¹)

Schadstoff	Jönsson et al. (2004)	Rose et al. (2015)
Pb	0,122	0,12 0,27
Cd	0,062	0,27 6,93
Cr	0,122	0,31 0,91
Cu	6,667	6,8
Ni	0,45	1,52 1,15
Hg	-	0,04
Zn	0,45	48,46 67,49

Die Werte aus den Publikationen zeigen auf, dass die Werte für Schadstoffgehalte in menschlichen Fäzes weit streuen können. Besonders starke Abweichungen sind bei den Messungen der Gehalte von Zink und Cadmium zu beobachten. Im Falle von Cadmium überschreitet einer der Werte den zulässigen Höchstgehalt aller Gesetzgebenden für diesen Stoff. Die Werte der anderen Schwermetalle, die in den hier zitierten Studien über menschliche Fäzes erhoben wurden, sind allesamt weit unter den gesetzlichen Grenzwerten. Die Risikoanalyse von August et al. (2019) sieht ebenfalls ein Risiko von Cadmiumkonzentrationen in menschlichen Ausscheidungen. Bei einem Antrag auf Zulassung muss Cadmium demnach als potentiell kritischer Stoff beachtet werden, der zu Konflikten mit

den Anforderungen an die Schadstoffgehalte führen kann.

Des Weiteren muss beachtet werden, dass im Kompostierungsprozess von Fäkalien üblicherweise große Mengen an Zuschlagsstoffen hinzugefügt werden (August et al., 2019). Daher muss beachtet werden, dass diese frei von Schadstoffen sind, insbesondere PAK und Schwermetalle, und im Kompostierungsprozess gewährleistet wird, dass Samen und austriebsfähige Pflanzenteile vernichtet werden, um einen Kompost im Sinne der Gesetzgebenden zu schaffen.

Ein besonderes Augenmerk muss auf die Einhaltung seuchenhygienischer Anforderungen gelegt werden, da menschliche Fäzes eine Vielzahl von Pathogenen enthalten kann. Der Kompostierungsprozess muss demnach so verlaufen, dass das Produkt anschließend hygienisiert ist. Deutschland und Österreich schreiben vor, dass Salmonellen in 50 g Probe nicht nachweisbar sein dürfen, wenn das Produkt auf landwirtschaftlichen Boden ausgebracht werden soll. Deutschland regelt für Komposte aus tierischen Nebenprodukten zusätzlich, dass keine *Enterobacteriaceae* vorkommen dürfen. Kommen *E. Coli* in Komposten vor, verlangt die österreichische Gesetzgebung eine Prüfung der Keime, woraus sich Anwendungshinweise ergeben. In der Schweiz dürfen Dünger keine Pathogene enthalten, die eine Gefährdung für Menschen und Umwelt darstellen. Es ist daher unabdingbar, dass bei einer Kompostierung von Fäkalien das Endprodukt überprüft wird. Zudem muss durch eine Prozessprüfung und -überwachung sichergestellt werden, dass die hygienisierende Wirkung auf die anthropogenen Materialien wirkt.

5.1.4 Fazit des Vergleichs

Der Vergleich der Rechtsvorschriften der Länder hat gezeigt, dass es vor allem rechtliche Strukturen sind, die zu einer unterschiedlichen Zulassungssituation von Düngern aus menschlichen Ausgangssubstraten führen. Um auszuschließen, dass es sich um lockerere Zulassungsbedingungen handelt, die es ermöglichen, in der Schweiz den ersten Dünger aus menschlichem Urin zuzulassen, wurden die Zulassungsbedingungen miteinander verglichen. Das Ergebnis zeigt, dass Aurin aufgrund seiner minimalen Gehalte an Schadstoffen und Freiheit von Pathogenen sowie phytohygienisch bedenklicher Inhaltstoffe auch den Ansprüchen der deutschen und österreichischen Gesetzgebenden genügt. Zumindest für solche Kriterien, die durch alle drei Länder zu regulieren sind.

So entspricht Aurin in der Schweiz einem bereits erfassten Düngemitteltyp mit definierten Anforderungen, welcher in Deutschland und Österreich noch nicht erfasst ist. Zudem existiert im Gegensatz zu den anderen Gesetzgebungen keine abschließende Liste an zugelassenen Ausgangsmaterialien für Dünger. Unabhängig davon, ob ein Stoff

für die Herstellung eines Düngemittels bereits üblich ist und ob es sich dabei um einen Rohstoff oder ein Recyclingprodukt handelt, müssen alle Stoffe gleichermaßen auf ihre Ungefährlichkeit und Eignung als Dünger überprüft werden, bevor der Antrag auf Zulassung des Düngemittels gestellt wird. Dies unterscheidet die schweizerische Gesetzgebung maßgeblich von der deutschen Gesetzgebung, die zunächst eine generelle Zulassung eines Stoffs als Ausgangsmaterial für Düngemittel fordert, bevor ein Dünger daraus hergestellt werden darf. Dies bedeutet, dass der Stoff als solcher den Anforderungen der DüMV entsprechen muss. Oder es muss eine abfallrechtliche Verordnung existieren, die die Behandlung eines Stoffes vorschreibt, bevor das Produkt aus dem definierten Prozess als Ausgangsmaterial für Dünger verwendet werden darf. Eine nochmals andere Lage stellt sich in Österreich dar, wo Abfälle niemals zur Düngung verwendet werden dürfen. Abfälle können also nicht als Ausgangsstoffe für Dünger zugelassen werden, sie müssen zunächst definierte Verfahren durchlaufen, die ihr Abfallende zum Ergebnis haben. Hier fehlt es, wie in Deutschland, an einem Abfallschlüssel, welcher Voraussetzung für eine definierte Abfallverwertung ist.

Im Falle von Urin ist eine Zulassung als Düngeausgangsstoff in Deutschland, ohne dass er ein durch abfallrechtliche Vorschriften definiertes Verfahren durchläuft, aufgrund seiner Stoffeigenschaften denkbar. Bereits eine Lagerung taugt uneingeschränkt zur Hygienisierung und die Gehalte an Schadstoffen in frischem Urin unterschreiten die Grenzwerte gemäß DüMV deutlich (Lettow, 2015). In Österreich hingegen steht die Abfalleigenschaft dem Einbringen von Urin in Dünger im Wege. Eine Definition getrennt gesammelten Urins als eigener Abfall und daran anschließender Aufbereitungsverfahren, die ein einbringungsfähiges Produkt erzeugen, sind Voraussetzung für die Beantragung der Zulassung eines Urindüngers per Bescheid.

Für Fäzes gestaltet sich die rechtliche Lage in allen drei verglichenen Ländern nochmals schwieriger. Vor allem aufgrund der seuchenhygienischen Relevanz von Keimen, die in festen Ausscheidungen von Menschen enthalten sein können. Alle Gesetzgebenden fordern die Einhaltung strenger Grenzen. Des weiteren bedarf es in allen Ländern der Änderung abfallrechtlicher Vorschriften, um Fäzes für die Erzeugung inverkehrbringungs-fähiger Komposte zuzulassen.

5.2 Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick

Für die Einordnung anthropogener Substrate als Ausgangssubstrate für die Düngung ist über die nationale Gesetzgebung hinaus für Deutschland und Österreich relevant, welche Regularien im EU-Recht für die Erzeugung und des Inverkehrbringen von Düngern

bestehen und welche Änderungen auf europäischer Ebene angestrebt werden. Aktualität hat diese Frage unter anderem deshalb, da Aurin im Mai 2019 für das Inverkehrbringen in Liechtenstein bewilligt wurde (Amt für Umwelt Fürstentum Liechtenstein, 2019), welches Vertragspartei des Abkommens über die Gründung der Euroäischen Freihandelsassoziation und Mitglied des Europäischen Wirtschaftsraums ist. Dünger aus solchen Staaten können als nicht als EG-Düngemittel bezeichnete Stoffe in Verkehr gebracht werden. Daraus ergibt sich weiter die Frage, ob die Beinhaltung eines anderen Ausgangsstoffs als derer, die im jeweiligen Importland zugelassen sind, der Klausel entgegensteht, wonach diese Dünger den gleichen Anforderungen an den Schutz vor Gefahren wie inländische Stoffe genügen müssen. Dazu ist unter anderem zu prüfen, ob der schweizerische Urindünger die von der DüMV geforderten Grenzwert für Thallium und von der DüMV und der DMV geforderten Grenzwerte für Chrom VI und Arsen einhält. Da insbesondere Zweifel seitens der Legislative daran bestehen, ob die hygienisierende Wirkung thermophiler Kompostierung auf menschliche Fäkalien ausreicht, sind die Ergebnisse, die in der Deponie Eberswalde Ostend ermittelt werden, von großer Relevanz. Dort haben Komposttoilettenbetreibende die Zulassung für eine befristete Nutzung einer Fläche zur Kompostierung der Inhalte aus Trockentoiletten erhalten (Hoffmann, 2019). Das nicht abschätzbare Risiko durch Belastungen mit pharmazeutischen Rückständen sind unter anderem Grund für eine zurückgehende Verwertung von Klärschlämmen und Diskussionsgegenstand bei der Düngung mit Gülle. Bei der Einführung eines neuen Produktes sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass damit keine Gefahren durch Arzneimittelbelastungen einhergehen. Zwar existieren bislang keine Richtwerte für pharmazeutische Rückstände in Düngern. Arzneimittel werden als Inhaltsstoff von Düngern sowohl in Österreich als auch der Schweiz untersagt, jedoch nicht Rückstände aus Pharmazeutika. Lediglich die Bestimmungen der DMV für Biogasgülle sehen vor, dass die Stoffe frei von antibiotischen Wirkstoffen sein müssen (DMV, Anlage 1, Abschnitt III, Nummer 9, Absatz 4). Es ist aufgrund aktueller Entwicklungen davon auszugehen, dass die Debatte in den kommenden Jahren mit Einführung von Grenzwerten für Medikamentenrückständen in Düngemitteln einhergeht. In welchen Mengen Arzneimittel den menschlichen Körper über die Ausscheidung von Fäkalien verlassen und welche Gefahren davon bei der Nutzung der Stoffe als ausgehen, muss herausgefunden werden. Das Risiko derartiger Einträge ist derzeit noch schwer zu bewerten (August et al., 2019). Des weiteren ist aufgrund des Geltungsbereichs des DüngG, welches von Düngern als Mittel zur Ernährung von *Nutzpflanzen* spricht, im Gegensatz zu den österreichischen und schweizerischen Gesetzen, die von *Pflanzen* sprechen, herauszufinden, ob das Inverkehrbringen eines Düngers aus anthropogenen Ausgangssubstraten, welcher ausschließlich für die Anwendung auf Zierpflanzen zulässig ist, schon derzeit möglich wäre. Wahrscheinlich ist jedoch, dass der Begriff *Nutzpflanzen* alle vom Menschen genutzten Pflanzen

einschließt und demnach keine Ausnahmen für explizite Zierpflanzendünger erlaubt. Mit der weltweit ersten Zulassung eines Urindüngers und den ersten Erfahrungen damit in der gartenbaulichen Praxis wird abzuwarten sein, wie andere Gesetzgebende auf diese Entwicklung reagieren. Auch die Versuche mit Fäkalkompost und die Erarbeitung einer Richtlinie für Produkte aus Trockentoiletten in Deutschland kann dazu beitragen, dass der Aspekt der Sicherheit solcher Produkte neu betrachtet und eventuell neu bewertet wird.

Literatur

- Amt für Umwelt Fürstentum Liechtenstein (2019). Bewilligung für das Inverkehrbringen des Düngers Aurin. Schreiben an die Vuna GmbH vom 14. Mai 2019 über die erteilte Bewilligung für das Inverkehrbringen von Aurin in Liechtenstein vom 21. März 2019.
- ARGE Bäuerliche Kompostierer und Biogasanlagenbetreiber OÖ (2002). Fachinformation zur Kompostverordnung: Leitfaden zum Herstellen, Inverkehrbringen und zur Anwendung des Produktes Kompost gemäß Kompostverordnung.
- August, F., F. Häfner und A. Krause (2019). Risikoanalyse zur Anwendung von Recyclingprodukten aus Ausgangssubstraten menschlicher Herkunft im Gartenbau. DIN SPEC 91421: Qualitätssicherung von Recyclingprodukten aus Trockentoiletten zur Anwendung im Gartenbau (in Vorbereitung).
- BAFU. Recyclingdünger. URL <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfallwegweiser--stichworte-a--z/biogene-abfaelle/recyclingduenger.html>, Zugriff: 2019-12-15.
- Bundesamt für Landwirtschaft (2018, März). Bewilligung über das Inverkehrbringen eines Düngers (Aurin).
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019). Düngemittelrecht. URL <https://www.bmnt.gv.at/land/produktion-maerkte/betriebsmittel-rechtsinfo/Duengemittel.html>, Zugriff: 2019-12-10.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019). Statistiken: Klärschlamm. URL <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/klaerschlamm/>, Zugriff: 2019-10-22.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hg.) (2008). *Neuartige Sanitärsysteme* (Dezember 2008. Aufl.). DWA-Themen. Hennef: DWA.
- FOCUS Online (2011). Cäsium 134 und Cäsium 137. URL https://www.focus.de/panorama/welt/tsunami-in-japan/wissenschaftliche-hintergruende/tid-21676/caesium-plutonium-strontium-was-radioaktive-stoffe-im-koerper-anrichten_aid_608746.html, Zugriff: 2019-12-17.
- Garstenauer, T. (2018). Bewertung von Verwertungspfaden für Stickstoff in Abwasserstoffströmen und Anwendung der Ergebnisse zur Beurteilung neuartiger Kläranlagenkonzepte. Master's thesis, TU Graz.

- Hoffmann, M. (2019, Mai). Pilotanlage zur Verwertung von Inhalten aus Trockentoiletten. Brief des brandenburgischen Landesamtes für Umwelt über die Genehmigung der Kompostierung von Inhalten aus Trockentoiletten auf den Flächen der Deponie Eberswalde Ostend.
- Häfner, F., E. Harlow und J. Korduan (2019, Oktober). Interview mit Caroline von Bechtolsheim, Rechtsanwältin.
- John, D. (2017, Dezember). KrWG - Neuzulassung von kompostierten Feststoffen aus Trockentoiletten als Düngemittel. E-Mail Verkehr zwischen Betreiber von Komposttoiletten und Mitarbeiter des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- Jönsson, H., A. Richert Stintzing, B. Vinnerås und E. Salomon (2004). *Guidelines on the use of urine and faeces in crop production*. Bd. 2004-2 in EcoSanRes Publications Series. Stockholm: Stockholm Environment Institute.
- Kanzlei Gaßner, Groth, Siederer & Coll (2018). Verwertung von Klärschlamm. URL <https://www.ggsc.de/arbeitsfelder/abfallwirtschaft-abfallrecht/newsletter/details/news/1511-verwertung-von-klärschlamm/>, Zugriff: 2019-10-22.
- Lettow, F. (2015). Urban Gardening - Hygienisierung von menschlichen Fäzes zum Nährstoffrecycling. Master's thesis, TU Berlin, Berlin.
- LfU Bayern (2016). Ausbringung von Klärschlamm in der Landwirtschaft. URL <https://www.lfu.bayern.de/abfall/klärschlamm/landwirtschaft/index.htm>, Zugriff: 2019-10-22.
- Rockström, J., Steffen, Noone, Persson, Chapin, Lambin, Lenton, Scheffer, Folke, Schellnhuber, Nykvist, de Wit, Hughes, van der Leeuw, Rodhe, Sörlin, Snyder, Costanza, Svedin, Falkenmark, Karlberg, Corell, Fabry, Hansen, Walker, Liverman, Richardson, Crutzen und Foley (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472. URL <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Rose, C., A. Parker, B. Jefferson und E. Cartmell (2015, September). The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45(17), 1827–1879. URL <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2014.1000761>, Zugriff: 2019-12-13.

Udert, K. und B. Etter (2017, September). Ergänzende Informationen zuhanden des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) als Beilage zum Gesuch um die definitive Bewilligung zur Inverkehrbringung des Düngers Aurin.

Wagner-Cardenal, K. und O. Jauch (2017, Mai). Stellungnahme zum Entsorgungskonzept der Goldeimer GmbH.

Wiechmann, B., Dienemann, Kabbe, Brandt, Vogel und Roskosch (2012). Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. URL [http://www.dwa.de/portale/bw/bw.nsf/C12572290037B981/810F55201A732EC9C1257A7100507870/\\$FILE/k1%C3%A4rschlamm Entsorgung%20uba.pdf](http://www.dwa.de/portale/bw/bw.nsf/C12572290037B981/810F55201A732EC9C1257A7100507870/$FILE/k1%C3%A4rschlamm Entsorgung%20uba.pdf), Zugriff: 2019-10-20.

Winker, M., B. Vinnerås, A. Muskolus, U. Arnold und J. Clemens (2009). Fertiliser products from new sanitation systems: Their potential values and risks. *Elsevier*.

Rechtsquellenverzeichnis Deutschland

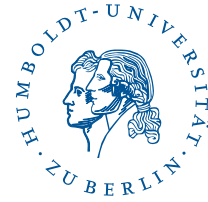
Abkürzung	Offizielle Bezeichnung
AbfKlärV	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung) vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465)
AVV _{DE}	Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung) vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), Fassung vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2644)
BioAbfV	Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen (Bioabfallverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. April 2013 (BGBl. I S. 658), Fassung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465)
DüMV	Verordnung über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung) vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), Fassung vom 2. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1414)
DüngG	Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), Fassung vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1068)
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), Fassung vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808)
TierNebV	Verordnung zur Durchführung des Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetzes (Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung) vom 27. Juli 2006 (BGBl. I S. 1735), Fassung vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254)

Rechtsquellenverzeichnis Österreich

Abkürzung	Offizielle Bezeichnung
AVV _{AT}	Abfallverzeichnisverordnung 2003 (BGBl. II Nr. 570/2003), Fassung 2008
AWG	Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002) (BGBl. Nr. 102/2002), Fassung 2019
DMG	Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelgesetz 1994) (BGBl. Nr. 513/1994), Fassung 2017
DMV	Verordnung mit der Bestimmung zur Durchführung des Düngemittelgesetzes 1994 (Düngemittelverordnung 2004) (BGBl. II Nr. 100/2004), Fassung 2019
KompostVo	Verordnung über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung 2001) (BGBl. II Nr. 292/2001)

Rechtsquellenverzeichnis Schweiz

Abkürzung	Offizielle Bezeichnung
ChemRRV	Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung) vom 5. Mai 2005 (Stand 09. Juli 2017)
ChemV	Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikalien-Verordnung) vom 5. Juni 2015 (Stand 1. Juli 2019)
DüBV	Verordnung des EVD über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung) vom 16. November 2007 (Stand 1. Januar 2019)
DüV	Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung) vom 10. Januar 2001 (Stand 1. Januar 2019)



Lebenswissenschaftliche Fakultät

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig verfasst habe und sämtliche Quellen, einschließlich Internetquellen, die unverändert oder abgewandelt wiedergegeben werden, insbesondere Quellen für Texte, Grafiken, Tabellen und Bilder, als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit noch nicht für andere Prüfungen eingereicht habe.

Mir ist bekannt, dass bei Verstößen gegen diese Grundsätze ein Verfahren wegen Täuschungsversuchs bzw. Täuschung gemäß der fachspezifischen Prüfungsordnung und/oder der Fächerübergreifenden Satzung zur Regelung von Zulassung, Studium und Prüfung der Humboldt-Universität zu Berlin (ZSP-HU) eingeleitet wird.

Ort, Datum, Unterschrift