



Fachliche Grundlagen für den Einsatz von Gütesicherten Komposten in Wasserschutzgebieten

EINSATZMÖGLICHKEITEN
UND GRENZEN



BGK

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.
Von-der-Wettern-Straße 25, 51149 Köln
E-Mail: info@kompost.de
Internet: www.kompost.de

Redaktion

Dr. Bertram Kehres,
Dipl.-Ing. agr. Karin Luyten-Naujoks

Druck

msk marketingservice köln GmbH

Ausgabe

6. Auflage, Oktober 2019

Autoren/Fachliche Beratung

Dipl.-Ing. agr. Birgit Apel (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn)

Dipl.-Geol. Angela Herzberg (ehem. Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr)

Dipl.-Geol. Christian Skark (ehem. Institut für Wasserforschung GmbH ifw, Dortmund)

Dr. Irmgard Leifert,
Dipl.-Ing. agr. Michael Schneider (Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V., Aachen)

Dipl.-Ing. agr. Georg Werres (ehem. GEOLOG Beratungsbüro für Umwelt und Landwirtschaft, Brühl)

Prof. Dr. Stefan Wohnlich (Ruhr-Universität Bochum)

VORWORT

Diese Informationsschrift enthält fachliche Grundlagen zu Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Kompostanwendung in Wasserschutzgebieten.

Sie richtet sich an Fachbehörden, Beratungseinrichtungen der Landwirtschaft, Landwirte und Wasserversorgungsunternehmen.

Im Vordergrund stehen Kriterien des vorsorgenden Gewässerschutzes, des Nutzens und der Risiken der Kompostanwendung sowie der Qualität dieser organischen Dünger.

Entsprechend der besonderen Schutzbedürftigkeit von Wasserschutzgebieten werden an Komposte zur Anwendung in diesen Gebieten besondere Anforderungen gestellt. Im Folgenden wird ein gütegesicherter Kompost definiert, der nach einer Einzelfallprüfung in Wasserschutzgebieten zum Einsatz kommen kann.

Die Arbeitsgruppe der Autoren besteht aus Vertretern der Wissenschaft, der Wasserversorger, der Landwirtschaftsberatung, der Kompostwirtschaft sowie der Gütesicherung von Kompostprodukten.



Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.

Die BGK (Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.) ist die von RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.) anerkannte Organisation zur Durchführung der Gütesicherung der Warengruppen Kompost und Gärprodukte in Deutschland.

Die BGK ist allein der Gütesicherung sowie der Förderung der guten fachlichen Praxis der Anwendung der gütegesicherten Erzeugnisse verpflichtet.

Empfehlungen zur guten fachlichen Praxis, wie die hier vorliegende Schrift, werden gemeinsam mit den tangierten Fachkreisen erstellt.

Die fachliche Abstimmung erfolgte mit dem DVGW – Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches e. V.

INHALTSVERZEICHNIS

Impressum	2
Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
Zusammenfassung	6
1. Schutz der Trinkwasserressourcen	8
1.1 Ziele des Gewässerschutzes	8
1.2 Ziele des Bodenschutzes	8
1.3 Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten	9
1.4 Freiwilliger kooperativer Gewässerschutz	9
2. Rechtsbestimmungen	10
2.1 Wasserrecht.....	10
2.2 Düngerecht	12
2.3 Abfallrecht	12
2.4 Bodenschutzrecht	12
3. Charakterisierung von Kompost	13
3.1 Ausgangsstoffe	13
3.2 Behandlung	13
3.3 Kompostprodukte	14
3.4 Eigenschaften und Inhaltsstoffe	15
3.5 Risiken.....	16
4. Standortanalyse	19

5.	Nutzen- und Bedarfsanalyse.....	20
5.1	Humusbedarf	21
5.2	Kalkbedarf	23
5.3	Nährstoffbedarf	24
6.	Kompost für Wasserschutzgebiete.....	27
7.	Entscheidungsfindung zum Einsatz in Wasserschutzgebieten	29
	Literatur.....	30
	Bildnachweis.....	33
	Anhang	33

ZUSAMMENFASSUNG

Gewässerschutz

Gewässerschutz kann im Rahmen eines umfassenden Flächenmanagements realisiert werden. Eine Umsetzung erfolgt im Zusammenwirken von Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Beratung.

Einzelfallprüfung

Der einzelnen Kompostanwendung geht stets eine Standort- und Bedarfsanalyse voraus. Die Standortanalyse berücksichtigt die naturräumlichen Gegebenheiten. Die Bedarfsermittlung erfolgt nach den Grundsätzen der Düngeverordnung.

Besondere Vorsorge

Zur Reduktion von Restrisiken durch unbekanntes Spurenstoffe oder hygienische Belastungen wird eine über die Rechtsbestimmungen hinausgehende Einschränkung der bei der Kompostierung verwendeten Ausgangsstoffe vorgenommen (keine Abfälle aus Industrie und Gewerbe).

Schutz von Trinkwasserressourcen

Trinkwasser untersteht als eines unserer wertvollsten Lebensmittel einem besonderen Schutz. Ein großer Teil der Wasserschutzgebiete wird landwirtschaftlich genutzt. In diesen Gebieten werden an die Bewirtschaftung Anforderungen gestellt, die oft über den allgemeinen Gewässerschutz hinaus gehen.

Hinsichtlich des Einsatzes organischer Dünger werden in den Schutzzonen II und III Gefährdungspotentiale mit Prüfungsbedarf gesehen. Bei der Festlegung von Beschränkungen und Verboten ist jedoch von pauschalen Vorgaben abzusehen. Stattdessen ist zu prüfen, ob von einer Maßnahme wie der Düngung mit Kompost in der jeweiligen Schutzzone eine Gefährdung ausgeht und ob unter Beachtung der naturräumlichen Bedingungen und des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes besondere Regelungen notwendig sind.

Rahmenbedingungen

Grundlage des Einsatzes von Kompost ist zunächst die Einhaltung der allgemeinen Rechtsbestimmungen, v. a. der Düngemittelverordnung (DüMV) und der Düngeverordnung (DüV) sowie der Bioabfallverordnung (BioAbfV). Darüber hinaus sind die jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen mit ihren Regelungen für die Nutzung der Flächen zu beachten. Bei der Formulierung der Schutzgebietsvorschriften ist den Wasserbehörden ein Ermessensspielraum gegeben, der sich an der natürlichen Schutzfunktion der grundwasserüberdeckenden Schichten und den bereits vorhandenen Nutzungen orientiert.

Flächenmanagement

Gewässerschutz kann sehr effektiv und effizient im Rahmen eines umfassenden Flächenmanagements realisiert werden. Dabei sind standortspezifische Gegebenheiten und mögliche Beeinträchtigungen aus der Landbewirtschaftung zu analysieren sowie Maßnahmen zur gewässerschützenden Landbewirtschaftung festzulegen. Dies gilt auch für die Anwendung von Kompost und anderen

organischen Düngern. Jeder Anwendung geht eine Einzelfallprüfung mit Standort- und Bedarfsanalyse voraus.

Nutzwerte erschließen

Die Erhaltung des Bodens in einem guten ökologischen Zustand setzt u. a. eine ausreichende Versorgung mit Humus voraus. Natürliche Schutzfunktionen des Bodens, wie eine gute Bodenstruktur mit hoher Infiltrationsrate und hohem Wasserhaltevermögen, eine gute Bindung von Nährstoffen und eine ausgeprägte Sorptionsfähigkeit, sind auch für den Gewässerschutz relevant und langfristig an eine ausgeglichene Humusreproduktion gebunden. Diese kann für die jeweilige Fruchtfolge ebenso berechnet werden, wie die Düngung mit Pflanzennährstoffen. Im Vergleich zu vielen Ernterückständen und Wirtschaftsdüngern weisen Komposte bei der Humusreproduktion eine besonders hohe Wirksamkeit auf.

Kompost ist im landwirtschaftlichen Sinne ein „Grunddünger“. Dies bedeutet, dass mit üblichen Aufwandmengen der Bedarf der Grundnährstoffe Phosphor und Kalium in der Fruchtfolge weitgehend bis vollständig abgedeckt werden kann. Darüber hinaus wirken die in Kompost enthaltenen basisch wirksamen Stoffe der Bodenversauerung entgegen und ersetzen die in der Landwirtschaft übliche Erhaltungskalkung des Bodens. Auch diese Wirkung ist für den Schutz des Trinkwassers relevant.

Risiken minimieren

Als Risiken des Einsatzes von Kompost in Wasserschutzgebieten gelten v. a. die Freisetzung von Stickstoff aus der Mineralisation der organischen Substanz, der Eintrag von bekannten und unbekanntem Schadstoffen sowie hygienische Aspekte.

Die bei einmaliger bzw. bei regelmäßiger Kompostanwendung zu erwartenden Mengen an anrechenbarem Stickstoff aus der Mineralisation der organischen Substanz sind im jeweiligen Prüfzeugnis der RAL-Gütesicherung ausgewiesen. Bei der Ermittlung des Düngedarfs sind diese Mengen anzurechnen.

Eine Begrenzung des Risikos des Eintrages von Schadstoffen und von pathogenen Mikroorganismen erfolgt zum Einen über die in den Rechtsbestimmungen festgelegten Behandlungs- bzw. Untersuchungspflichten sowie über geltende Grenzwerte.

Für die Anwendung in Wasserschutzgebieten wird darüber hinaus empfohlen, das verbleibende Restrisiko durch Einschränkungen der zulässigen Ausgangsstoffe weiter zu minimieren (keine Abfälle aus Gewerbe und Industrie). In Wasserschutzzone II kommen nur Komposte aus Garten- und Parkabfällen, in Wasserschutzzone III nur diese sowie Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen (Biotonne) zum Einsatz.

Gütesicherter Kompost

Die BGK (Bundesgütegemeinschaft Kompost) und der DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) haben die Anforderungen an gütegesicherte Komposte für die Ausbringung in Wasserschutzgebieten abgestimmt und vereinbart, dass diese in den Prüfzeugnissen der Gütesicherung wie folgt gekennzeichnet werden:

- „Geeignet für WSZ III“ bzw.
- „Geeignet für WSZ II“

Die Ausweisung setzt neben der vorgenannten Einschränkung der zulässigen Ausgangsstoffe voraus, dass nur beprobte Einzelchargen zur Anwendung kommen. Tabelle 6.1 dieser Schrift enthält die festgelegten Kriterien.

Anwendung in Wasserschutzgebieten

Neben den Anforderungen an Komposte enthält diese Schrift auch Vorgaben zur sachgerechten Anwendung in Wasserschutzgebieten (gute fachliche Praxis). Die Anwendung von Kompost erfolgt in Abstimmung mit den Beteiligten nach Einzelfallprüfung. Bei der Bestimmung von Aufwandmengen sind die im jeweiligen Prüfzeugnis der Gütesicherung ausgewiesenen Gehalte und Verfügbarkeiten an Pflanzennährstoffen zu Grunde zu legen (keine Schätzwerte).

i

Gütesicherung

In Wasserschutzgebieten sollen grundsätzlich nur gütegesicherte Komposte zum Einsatz kommen.

Die spezifische Eignung dieser Komposte ist in den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung ausgewiesen.

Dort finden sich auch Angaben über Eigenschaften und Inhaltsstoffe, die für eine fachgerechte Anwendung heranzuziehen sind.



1. SCHUTZ DER TRINKWASSERRESSOURCEN

1.1 Ziele des Gewässerschutzes

Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Zum Wohl der Allgemeinheit und im Interesse der Gesundheit der Bevölkerung ist das Grundwasser vor Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen zu schützen. In Einzugsgebieten von Wassergewinnungsanlagen sind über den allgemeinen Gewässerschutz hinausgehende Maßnahmen, Nutzungsbeschränkungen und Verbote erforderlich. Nach dem Wasserhaushaltsgesetz können aus diesem Grund Trinkwasserschutzgebiete festgesetzt werden. Mit der Regelung in Trinkwasserschutzgebieten werden u. a. folgende Ziele verfolgt:

- Minimierung des Eintrags von Stoffen und Organismen, welche die Beschaffenheit der Gewässer beeinträchtigen können (z. B. gesundheitsgefährdende Stoffe und Organismen).
- Abwehr neuer Gefährdungspotenziale in den Wassereinzugsgebieten.
- Überwachung der Trinkwasserressource für die öffentliche Wasserversorgung.
- Aufgrund ausgeprägter Sorptionsfähigkeit können einige anthropogen eingetragene Schadstoffe in Abhängigkeit von ihren chemisch/physikalischen Eigenschaften zurückgehalten werden.
- Aktives Bodenleben fördert die Pflanzengesundheit und erhöht die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber bodenbürtigen Pflanzenkrankheitserregern.
- Hohes Wasserhaltevermögen (nutzbare Feldkapazität) führt zu verbesserter Pflanzenversorgung und verminderter Austragsgefahr für Nähr- und Schadstoffe sowie von Mikroorganismen.

1.2 Ziele des Bodenschutzes

Der Boden dient durch seine Filter-, Puffer- und Umwandlungseigenschaften dem Schutz des Grundwassers in besonderer Weise. Der Erhalt wichtiger Bodenfunktionen ist daher auch ein wesentliches Ziel des Gewässerschutzes.

Die Erhaltung des Bodens in einem guten ökologischen Zustand setzt eine ausreichende Versorgung mit Humus voraus. Die Bewahrung standorttypischer Humusgehalte ist somit eine wichtige Voraussetzung für den Erhalt der Bodenfunktionen und der Bodenfruchtbarkeit.

Standorte mit guter Schutzfunktion

- Eine gute Bodenstruktur führt zu hohen Infiltrationsraten und vermindertem Oberflächenabfluss.
- Hohes Nährstoffbindungsvermögen hält Nährstoffe in der oberen Bodenschicht zurück und hält sie für die Pflanze verfügbar.

DVGW Arbeitsblätter W101, W102 und W104

Die technischen Regeln der deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) – Arbeitsblätter W 101 [1], 102 [2] und W 104 [3] – sind fachliche Richtlinien für die Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten durch die Fachbehörden (siehe Kapitel 2.1)



Abb.1.1
Boden mit guter
Schutzfunktion



Abb.1.2
Boden mit geringer
Schutzfunktion aufgrund
von Fahrspurverdichtung
mit verminderter
Wasserinfiltration

1.3 Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten

Der Großteil der Wasserschutzgebiete ist land- und forstwirtschaftlich genutzt. Dabei muss ein besonderes Augenmerk auf den Umgang mit Produktionsmitteln sowie den damit verbundenen potenziellen Einträgen von Nähr- und Schadstoffen sowie von Mikroorganismen gelegt werden.

Zum Schutz der Trinkwasserressourcen werden in Wasserschutzgebietsverordnungen für die jeweiligen Schutzzonen Regelungen (Nutzungsbeschränkungen, Verbote, Gebote), zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung gestellt, die oft über die allgemeinen Vorsorgepflichten (Düngeverordnung, Pflanzenschutzverordnung u. a.) hinaus gehen:

- Hinsichtlich des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern und Sekundärrohstoffdüngern sehen LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) und DVGW ein sehr hohes Gefährdungspotential in der Schutzzone II und ein hohes Gefährdungspotential in der Schutzzone III bzw. IIIB/IIIA mit Prüfungsbedarf durch die das Wasserschutzgebiet festsetzende Behörde [1].
- Bei der Formulierung der Schutzgebietsverordnungen ist ein Ermessensspielraum gegeben, der sich an der natürlichen Schutzfunktion der Deckschichten über dem Grundwasserleiter und den bereits vorhandenen Nutzungen orientiert. Es ist zu prüfen, ob von der geplanten Handlung in der jeweiligen Schutzzone eine Gefährdung ausgeht und ob unter Beachtung der naturräumlichen Bedingungen und des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes Regelungen notwendig sind.
- Bei der Festlegung von Nutzungsaufgaben für die Land- und Forstwirtschaft ist von pauschalen Vorgaben für Anbau- oder Bewirtschaftungsverfahren in der Schutzgebietsverordnung abzusehen. Stattdessen sind nutzungsbezogene Regelungen im Hinblick auf die Erreichung eines bestmöglichen Gewässerschutzes festzulegen [3].

- Die regelmäßige Überwachung des Trinkwasserschutzgebietes durch die zuständige Behörde dient der Einhaltung der Schutzgebietsverordnung sowie der Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen. Sie ermöglicht eine Früherkennung nachteiliger Veränderungen und die Einleitung von Gegenmaßnahmen.

1.4 Freiwilliger kooperativer Gewässerschutz

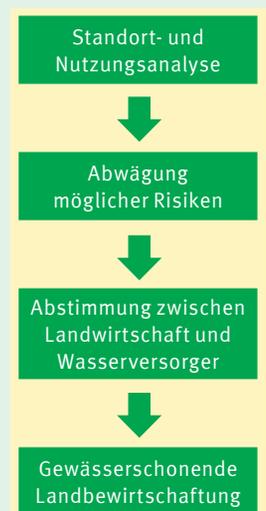
Gewässerschutz ist nur im Rahmen eines umfassenden Flächenmanagements zu realisieren. Dabei sind standortspezifische Gegebenheiten und mögliche Beeinträchtigungen aus der Landbewirtschaftung zu analysieren und Maßnahmen zur gewässerschützenden Landbewirtschaftung gegenseitig abzuwägen bzw. aufeinander abzustimmen. Diese Vorgehensweise wird in Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft (z. B. in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen) mit Erfolg umgesetzt. In solchen Flächenmanagementsystemen spielt auch die Anwendung organischer Dünger eine Rolle. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf folgenden Punkten:

- Minimierung unerwünschter Einträge von Stoffen und Mikroorganismen in die Gewässer durch Optimierung des Düngemittelesatzes.
- Bewertung der Gehalte an Pflanzennährstoffen, insbesondere von Stickstoff und Mineralisation von organisch gebundenem Stickstoff.
- Nachweis der Qualitätseigenschaften der verwendeten organischen Dünger sowie detaillierte Produktdeklaration mit Angaben zur fachgerechten Anwendung.

Wasserschutzgebietsverordnungen

Der Erlass von Trinkwasserschutzgebietsverordnungen, die Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten und der Vollzug liegen bei den jeweils nach Landesrecht zuständigen Behörden.

Abb. 1.3 Flächenmanagement im kooperativen Gewässerschutz



2. RECHTSBESTIMMUNGEN

Abb. 2.2 Rechtsbereiche zur organischen Düngung in Wasserschutzgebieten

Wasserrecht
<ul style="list-style-type: none"> • EG-Nitrat-Richtlinie • EG-Grundwasser-richtlinie • Wasserhaushaltsgesetz • Landeswassergesetze • Schutzgebietsverordnungen
Düngerecht
<ul style="list-style-type: none"> • Düngegesetz • Düngemittelverordnung • Düngeverordnung • Stoffstrombilanzverordnung
Abfallrecht
<ul style="list-style-type: none"> • Kreislaufwirtschaftsgesetz • Bioabfallverordnung
Bodenschutz
<ul style="list-style-type: none"> • Bodenschutzgesetz • Bodenschutzverordnung

Trinkwasserschutzgebietsverordnung

Trinkwasserschutzgebietsverordnungen können Vorgaben zur Anwendung von organischen Düngern enthalten, z. B. zu Anwendungszeitpunkten und Zulässigkeiten.

Nachfolgende Übersicht veranschaulicht die unterschiedlichen Rechtsbestimmungen, die bei der Anwendung von Komposten in Wasserschutzgebieten zu berücksichtigen sind.

2.1 Wasserrecht

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie [4] bildet den Ordnungsrahmen zum Schutz der Gewässer (Grundwasser und Oberflächengewässer) in der europäischen Gemeinschaft. Sie legt die grundsätzlichen Ziele (guter chemischer Zustand, guter mengenmäßiger Zustand, guter ökologischer Zustand) fest. Die Grundwasserrichtlinie regelt als Tochterrichtlinie zur EG-Wasserrahmenrichtlinie den Schutz des Grundwassers im Speziellen und legt u. a. für Nitrat einen Grenzwert von 50 mg/l für den guten chemischen Zustand des Trinkwassers fest.

Bei Überschreiten des Nitratgrenzwertes von 50 mg/l bzw. beim Erreichen von 75% des Grenzwertes sind Maßnahmen zur Trendumkehr erforderlich. [5]

Der Grenzwert von 50 mg Nitrat/l Grundwasser ist auch in der EG-Nitratrichtlinie [6] festgelegt.

Gemäß Wasserhaushaltsgesetz sind schädliche bzw. nachteilige Änderungen von Gewässern zu vermeiden. In den jeweiligen Landeswassergesetzen sind die Rechtsbestimmungen konkretisiert. [7]

Wasserschutzgebietsverordnungen beziehen sich auf Einzugsgebiete von Trinkwassergewinnungsanlagen. Sie enthalten u. a. Regelungen für die Nutzung der Flächen in den einzelnen Schutzzonen.

Schutzgebiete werden von den nach Landesrecht zuständigen Behörden ausgewiesen und überwacht.

Abb. 2.1 – Schutzzonenkonzept nach DVGW Arbeitsblatt W 101 [1]

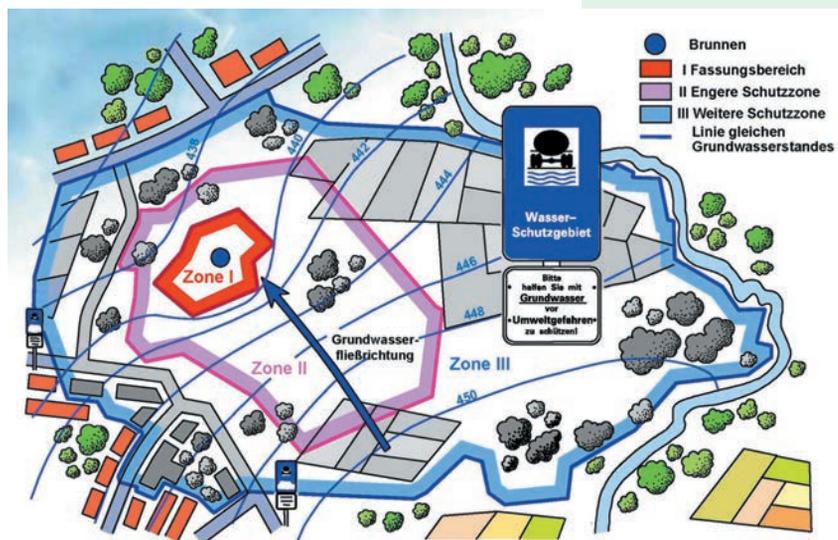
	Zone I Fassungsbereich	Zone II Engere Schutzzone	Zone III Weitere Schutzzone
Ziel	Schutz der Trinkwassergewinnungsanlagen und ihrer unmittelbaren Umgebung vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen	Schutz vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Viren und Wurmeier), die bei geringer Fließdauer und -strecke zur Trinkwassergewinnungsanlage gefährlich sind	Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder nur schwer abbaubaren chemischen oder radioaktiven Verunreinigungen
Definition	Mindestens 10 m allseitig um einen Brunnen, bei Quellen mindestens 20 m in Richtung des ankommenden Grundwassers, bei Karstgrundwasser mindestens 30m	Von der Grenze der Zone I bis zu einer Linie, von der aus das genutzte Grundwasser eine Verweildauer im Untergrund von mindestens 50 Tagen bis zum Eintreffen in der Trinkwassergewinnungsanlage hat	Von der Grenze der Zone II bis zur Grenze des unterirdischen Einzugsgebietes der Fassungsanlage (In großen Einzugsgebieten wird die Zone III nochmals in IIIA und IIIB unterteilt, wobei IIIA maximal 2 km von der Fassungsanlage entfernt liegt und daher einen höheren Schutzbedarf hat als IIIB.)

Talsperren

Der für die Wasserbeschaffenheit in Talsperren entscheidende Stoffeintrag geschieht vor allem über die oberirdischen Zuflüsse. Mögliche Einträge von Stoffen und Organismen erfolgen durch oberirdischen Abfluss der angrenzenden Flächen, durch den oberflächennahen Zwischenabfluss (Interflow) und den Grundwasserzustrom. Die jeweiligen Anteile dieser Verlagerungspfade hängen von den lokalen Standortbedingungen ab. Beim oberirdischen Abfluss erfolgt der Eintrag ohne Bodenpassage und damit auch ohne die Möglichkeit zum Rückhalt oder Abbau von Stoffen und Organismen. Der Zwischenabfluss erfolgt in der Regel hangparallel und oberflächennah über wasserstauenden Bodenhorizonten und erreicht häufig hohe Geschwindigkeiten, so dass auch hier mit nur einem geringen Rückhalt von Stoffen und Organismen zu rechnen ist. Die Filter- und Pufferleistung der Bodenpassage bei der Grundwasserneubildung hängt von den jeweiligen Standortbedingungen ab. [21]

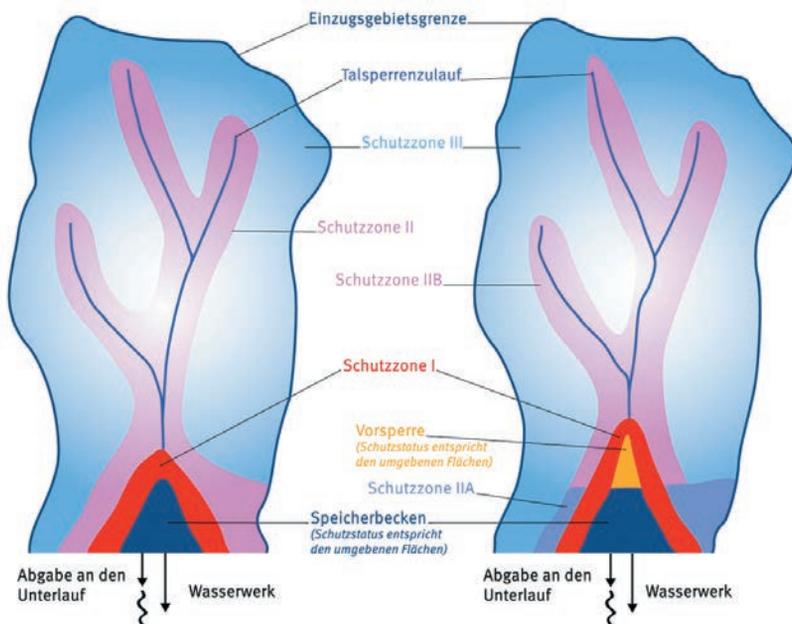
Die Lagerung und die Ausbringung von organischen Düngern sind auf diese besonderen Gefährdungspotentiale abzustimmen.

Abb. 2.3 – Ausweisung von Schutzzonen bei der Trinkwassergewinnung aus Grundwasser [36]



Sinnvoll bemessene und betriebene Vorsperren können den Eintrag in die Hauptsperre vermindern [2, 21]. Im Stausee ist ebenfalls im begrenzten Umfang ein Rückhalt bzw. Abbau von Stoffen und Organismen möglich.

Abb. 2.4 – Ausweisung von Schutzzonen bei der Trinkwassergewinnung aus Talsperren [2]



Europäische Agrarpolitik

Im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik der Gemeinschaft (GAP) werden u. a. Anforderungen an den Erhalt des Bodens in einem guten ökologischen Zustand gestellt. Verankert ist dies in den Bestimmungen zu Cross Compliance, die eine Vielzahl von Voraussetzungen für die Agrarausgleichszahlungen enthalten.

2.2 Düngerecht

Die Düngemittelverordnung (DüMV) [10] enthält die zugelassenen Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate, Pflanzenhilfsmittel und Wirtschaftsdünger, die in Verkehr gebracht werden dürfen. Sie bestimmt Anforderungen an Ausgangsstoffe, die Eigenschaften der Produkte sowie Vorgaben zu deren Kennzeichnung.

Komposte sind i.d.R. dem Düngemitteltyp „Organischer NPK-Dünger“ zuzuordnen. In Abhängigkeit von den Nährstoffgehalten können sie auch als „Organischer PK-Dünger“ oder als „Bodenhilfsstoff“ gekennzeichnet sein.

Die Düngeverordnung (DüV) [11] beschreibt die gute fachliche Praxis der Düngung. Sie gilt sowohl für mineralische als auch für organische Dünger. Zur guten fachlichen Praxis gehört, dass die Versorgung des Bodens mit Pflanzennährstoffen, Kalk und organischer Substanz am jeweiligen Bedarf der Pflanzen und des Bodens ausgerichtet ist.

Bei der Bedarfsbestimmung sind v. a. folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Nährstoffbedarf des Pflanzenbestandes und der Fruchtfolge,
- jährliche Ermittlung des verfügbaren Stickstoffs, Bodenuntersuchung auf Phosphat (mind. alle 6 Jahre), Bodengehalte an weiteren Nährstoffen, Kalk und Humus,
- Bewirtschaftung und Anbaubedingungen,
- Nährstoffgehalte in organischen Düngemitteln und deren Verfügbarkeit.

Grundsätzlich wird darauf verwiesen, dass wasserrechtliche Abstands- und Bewirtschaftungsregeln durch die Vorgaben der Düngeverordnung nicht berührt werden.

2.3 Abfallrecht

Die Bioabfallverordnung (BioAbfV) [12] gilt, wenn Dünger (auch in geringen Anteilen) als Ausgangsstoff Bioabfälle enthalten. Zu den Bioabfällen zählen organische Küchen- und Gartenabfälle aus der getrennten Sammlung, Garten- und Parkabfälle (Grünabfälle) sowie sonstige Bioabfälle aus Handel, Gewerbe und Industrie (z. B. Marktabfälle), die für eine Verwertung auf Flächen geeignet und zugelassen sind.

Die Verordnung enthält Anforderungen an die Hygienisierung bzw. Keimreduzierung, Grenzwerte für potentielle Schadstoffe, Untersuchungspflichten und Beschränkungen der Anwendung sowie Nachweise der ordnungsgemäßen Verwertung (Lieferscheinverfahren), der Dokumentation und Berichtspflichten gegenüber zuständigen Behörden. Komposte unterliegen der Bioabfallverordnung.

2.4 Bodenschutzrecht

Die Bundesbodenschutz und Altlastenverordnung (BBodSchV) [13] verweist im Zusammenhang mit den hier behandelten Fragestellungen v. a. auf den Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen. Dabei wird u. a. auf die Notwendigkeit des Erhaltes eines standorttypisch ausreichenden Humusgehaltes verwiesen (§ 17 Absatz 2 BBodSchV). Im Übrigen wird bestimmt, dass organische Dünger, die der BioAbfV unterliegen, die dort genannten Grenzwerte auch dann einhalten müssen, wenn eine Anwendung auf Flächen außerhalb des Geltungsbereiches der Bioabfallverordnung d.h. außerhalb der Landwirtschaft, dem Produktionsgartenbau und der Forstwirtschaft erfolgt.

3. CHARAKTERISIERUNG VON KOMPOST

3.1 Ausgangsstoffe

Komposte werden aus Bioabfällen hergestellt. Aus Gründen der Sortenreinheit werden diese getrennt von anderen Abfällen erfasst und über die Kompostierung zu organischen Düngemitteln aufbereitet.

Geeignete und zulässige Ausgangsmaterialien sind in der Bioabfallverordnung [BioAbfV, 12] und in der Düngemittelverordnung [DüMV, 10] aufgeführt.

Komposte werden als zugelassene Düngemittel oder als Bodenhilfsstoffe in Verkehr gebracht.

Bei Komposten mit RAL-Gütesicherung müssen die Hersteller für bestimmte Anwendungsbereiche noch weitergehende Anforderungen an die Ausgangsstoffe beachten.

Die Herkunft der Ausgangsstoffe ist folgenden Bereichen zuzuordnen:

- Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen: Mit der Biotonne erfasste Bioabfälle enthalten im Mittel 30 % Küchenabfälle (z. B. Restabfälle von Gemüse und Salat, Kaffeefilter, Speisereste) und 70 % Gartenabfälle.
- Garten- und Parkabfälle (Grünabfälle): Hierunter fallen alle an eine Kompostierungsanlage separat angelieferten Pflanzenabfälle aus Bündelsammlungen von Strauchschnitt oder Anlieferungen von Hausgartenbesitzern sowie aus der kommunalen und gewerblichen Landschaftspflege.
- Bioabfälle aus Gewerbe und Industrie: Für eine stoffliche Verwertung grundsätzlich geeignete organische Stoffe, die in Kompostierungsanlagen eingesetzt werden können (z. B. Rückstände aus der Lebens-, Genuss- und Futtermittelherstellung oder -verarbeitung, Wirtschaftsdünger pflanzlicher oder tierischer Herkunft, Rückstände aus der Verarbeitung landwirtschaftlicher Rohstoffe, u. a.).

Eingangskontrolle

Die angelieferten Ausgangsstoffe unterliegen vor der Kompostierung einer Eingangskontrolle. Hier wird geprüft, ob es sich um zulässige und qualitativ geeignete Stoffe handelt.

Abb. 3.1 – Ausgangsstoffe zur Kompostierung



3.2 Behandlung

Die Behandlung der Kompostrohstoffe erfolgt im Wesentlichen mit zwei Zielstellungen:

- Hygienisierende Behandlung
- Stabilisierende Behandlung.

Die Begrifflichkeiten folgen der Terminologie der Bioabfallverordnung.

Die „Hygienisierende Behandlung“ dient der Gewährleistung der seuchen- und phytohygienischen Unbedenklichkeit.

Ziel der „Behandlung zur Hygienisierung“ im Sinne der Bioabfallverordnung ist es daher nicht, das Material keimfrei zu machen. Aufgrund der langen Einwirkung hoher Temperaturen kommt es jedoch zu einer Reduktion von Keimen auf ein Niveau, welches im Sinne der Bioabfallverordnung als unbedenklich eingestuft wird.

Die biologisch stabilisierende Behandlung dient dem Reifungsprozess des Kompostes. In der RAL-Gütesicherung wird der Reifungsprozess durch „Rottegrade“ von I bis V gekennzeichnet.

Hygienisierende Behandlung (nach BioAbfV)

Einwirkung einer Temperatur von mindestens 55°C über einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen oder Einwirkung einer Temperatur von mindestens 65 °C über einen Zeitraum von mindestens einer Woche.

3.3 Kompostprodukte

In der RAL-Gütesicherung werden Frisch- und Fertigungskomposte unterschieden.

Frischkompost ist hygienisierter, in intensiver Rotte befindlicher Kompost mit Rottegrad II oder III.

Fertigungskompost ist hygienisierter und biologisch stabiler Kompost mit Rottegrad IV oder V.

In den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung sind die Qualitätsmerkmale der jeweiligen Komposte ausgewiesen. Das Prüfzeugnis enthält u. a. auch die verbindliche Warendeklaration.

Die Warendeklaration gütegesicherter Komposte umfasst folgende Angaben:

- Ordnungsgemäße düngemittelrechtliche Kennzeichnung inkl. Ausweisung der Übereinstimmung mit zutreffenden Rechtsbestimmungen (DüMV, DüV, BioAbfV, BBodSchV),
- Warendeklaration der wesentlichen Eigenschaften und Inhaltsstoffe,
- Daten zur Berechnung bedarfsgerechter Aufwandmengen und Anwendungsempfehlungen nach guter fachlicher Praxis, die aus den jeweiligen Untersuchungen abgeleitet sind,
- Angaben zur Eignung für Anwendungsbereiche, in denen gegenüber den allgemeinen Rechtsbestimmungen hinausgehende Anforderungen gestellt werden (z. B. Wasserschutzgebiete, Ökolandbau), sind in den Prüfdokumenten ebenfalls enthalten.

Komposte mit RAL-Gütezeichen

Komposte mit RAL-Gütezeichen unterliegen einer unabhängigen Fremdüberwachung.

Die Produkte werden regelmäßig untersucht und die Ergebnisse in Prüfzeugnissen der Gütesicherung ausgewiesen.



i

Körnungen

Komposte werden in folgenden Körnungen angeboten:

„fein“ (0 bis max. 12 mm)

„mittel“ (0 bis max. 25 mm)

„grob“ (0 bis max. 40 mm)

Die Körnung wird zusammen mit der Produktbezeichnung deklariert.

3.4 Eigenschaften und Inhaltsstoffe

Wertgebende Stoffe im Kompost sind v. a. Pflanzennährstoffe, die organische Substanz sowie basisch wirksame Stoffe.

Bei den Pflanzennährstoffen können Phosphat und Kalium in der Düngeplanung zu 100 % angerechnet werden und sind mit einer mineralischen Düngung vergleichbar.

Stickstoff ist überwiegend organisch gebunden. Basierend auf Ergebnissen eines langjährigen Kompostdüngungsversuches [8] ist bei einer regelmäßigen Anwendung (ab 2. Fruchtfolgerotation) im Zeitraum von 3 Jahren mit einer Verfügbarkeit von im Mittel 15–35 % der organischen Stickstoffzufuhr einer Kompostgabe zu rechnen (jährlich 5–12 %).

Für die erstmalige Anwendung werden 5 % des organischen Stickstoffs zuzüglich des löslichen Stickstoffs angerechnet. Diese Werte werden durch zahlreiche Versuche bestätigt (Anhang Tabelle 11) [9]. Standortliche Besonderheiten sind dabei stets zu berücksichtigen.

Die organische Substanz wird als Glühverlust ermittelt und angegeben. Als „Humus-C“ wird der für die Humusreproduktion anrechenbare abbaustabile Anteil des Kohlenstoffs der organischen Substanz bezeichnet.

Basisch wirksame Stoffe werden in CaO-Äquivalenten angegeben und können als solche angerechnet werden.

Abb. 3.2 – Eigenschaften und Inhaltsstoffe von Fertigkompost [15]

Parameter	Einheit	Gehalt	Spannen
Pflanzennährstoffe			
Stickstoff gesamt (N-ges.)	% TM	1,3	0,9–1,9
Stickstoff löslich (N-lösl.)	% TM	0,05	0,0–0,14
Phosphat (P ₂ O ₅)	% TM	0,64	0,4–1,0
Kaliumoxid (K ₂ O)	% TM	1,1	0,6–1,9
Bodenverbesserung			
Organische Substanz	% TM	37	25–48
Humus-C	% TM	11	7–14
Basische Stoffe (CaO)	% TM	3,9	2,0–9,5
Sonstige Eigenschaften			
Volumengewicht	kg/m ³	680	510–848
Trockenmasse	% FM	62	51–76
Salzgehalt	g/l	3,6	1,7–7,4
pH-Wert ¹⁾	–	8,4	7,4–9,0
Pflanzenverträglichkeit	%	100	
Keimfähige Samen	Anzahl/l	0,0	
Fremdstoffe	% TM	0,03	0,00–0,19

Medianwerte gütegesicherte Fertigkomposte, n=2.333, Spannenangaben, gerundet: 10 % bis 90 % Perzentil

¹⁾ Gemessen in Wasser Suspension

Abb. 3.3 – Bereiche für düngewirksame N-Anteile aus Kompost [8]

Bereiche für düngewirksame N-Anteile aus Komposten (Kompostgaben von 20 bis max. 30 t TM/ha im 3-jährigen Turnus)		
Jährliche Gesamtzufuhr absolut [kg/ha]		
	Mittel	90 bis 130 kg N
	Spannweite	50 bis 180 kg N
Jährlich anrechenbarer N-Anteil in der Düngebilanz (% N-Gesamtzufuhr)		
- kurzfristig (1. Fruchtfolge)	Mitte	0 bis 3 %
	Spannweite	-5 bis 10 %
- mittelfristig (2. Fruchtfolge)	Mittel	5 bis 12 %
	Spannweite	0 bis 20 %

Untere Werte: Komposte mit niedrigem löslichen N-Anteil (Regelfall Grünkomposte, Frischkomposte) und Fruchtfolgen mit geringen/mittleren N-Entzügen (z. B. Getreidearten).

Obere Werte: Komposte mit hohem löslichen N-Anteil (Regelfall Biokomposte, Fertigkomposte) und Fruchtfolgen mit hohen N-Entzügen bzw. langer Vegetationszeit (z. B. Silomais).



3.5 Risiken

Nährstoffe

Um Stoffeinträge in Gewässer durch die Düngung mit Kompost zu vermeiden, sind der Versorgungszustand des Bodens, die Verfügbarkeit der Nährstoffe, der Nährstoffbedarf der Kulturpflanzen und die standörtlichen Gegebenheiten (Flächenneigung, Gewässerabstand) zu berücksichtigen.

Stickstoff

Ist ein wichtiger Pflanzennährstoff. Durch unsachgemäßen Einsatz stickstoffhaltiger Dünger kann es zu erhöhten Nitrat-Einträgen in Gewässer kommen. Diese sind insbesondere in Wasserschutzgebieten zu vermeiden.

In organischen Düngern liegt Stickstoff sowohl in löslicher Form als auch in organischer Bindung vor. Bei der Ermittlung des Düngedarfs ist der lösliche Anteil vollständig anzurechnen. Vom organisch gebundenen Anteil wird ein Teil erst im Verlauf der Vegetationsperiode und der Fruchtfolge mineralisiert und damit pflanzenverfügbar (Abb. 3.4).

Der schwer abbaubare Anteil dient vorwiegend der Humusreproduktion im Boden und wird erst über lange Zeiträume abgebaut. Dies muss in den Folgejahren berücksichtigt werden.

Die Düngeverordnung

unterscheidet u. a. Dünger mit und ohne wesentliche Gehalte an Pflanzennährstoffen sowie mit und ohne wesentliche Gehalte an verfügbarem Stickstoff.

Komposte weisen häufig einen wesentlichen Gehalt an Pflanzennährstoffen auf (d. h. > 1,5 % Gesamtstickstoff oder > 0,5 % Gesamtphosphat i. d. Trockenmasse), jedoch keine wesentlichen Gehalte an verfügbarem Stickstoff (d. h. weniger als 10 % vom Gesamtstickstoff).

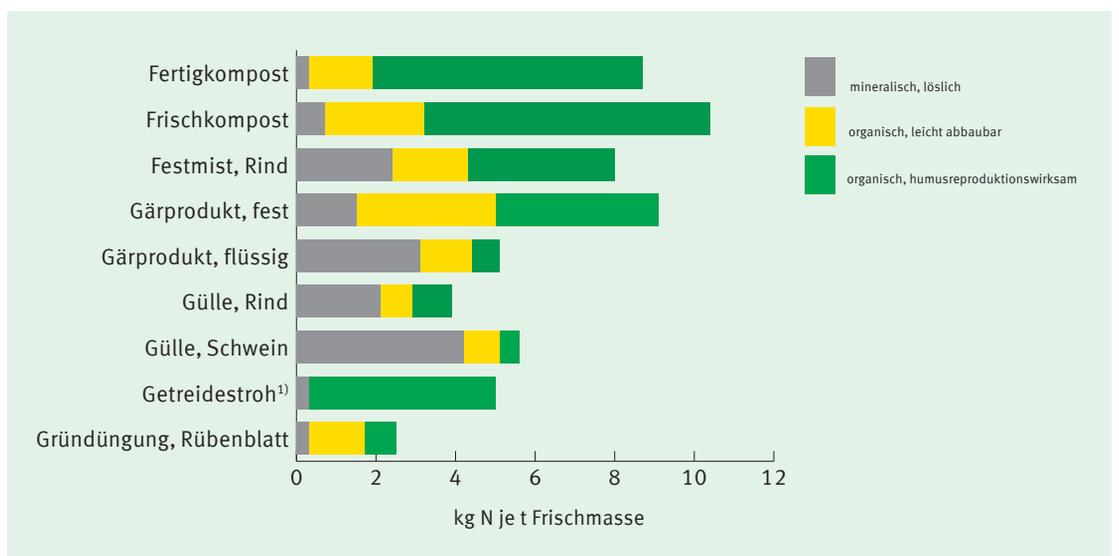
Letzteres ergibt sich aufgrund der geringen löslichen N-Anteile von im Mittel 3 bis 5 % des Gesamtstickstoffgehaltes.

Phosphat und Kalium

Eine Zufuhr dieser Nährstoffe darf – auch mit Kompost – nicht erfolgen, wenn der Boden eine Überversorgung aufweist.

Bei Versorgungsstufe D ist die Menge des jeweiligen Nährstoffes zu halbieren, bei Versorgungsstufe C wird dem Erhaltungsbedarf (Entzug) entsprechend gedüngt (siehe Abb. 5.8).

Abb. 3.4 – Stickstoffgehalte in organischen Düngern [14]



Bei Trinkwassertalsperren sind die Risiken des oberflächlichen Eintrags in das Gewässer zu berücksichtigen.

Potentielle Schadstoffe

Das für den allgemeinen Gewässer- und Bodenschutz geltende Gebot der Minimierung von Schadstoffeinträgen gilt für Wasserschutzgebiete in besonderer Weise.

Düngemittel können neben wichtigen Inhaltsstoffen auch kritische Spurenstoffe (z. B. Schwermetalle, organische Schadstoffe) enthalten. Eine Anreicherung ist v. a. in empfindlichen Gebieten zu vermeiden. Abbildung 3.5 und Tabelle 14 (Anhang) enthalten Untersuchungsergebnisse zu Schwermetallen und organischen Schadstoffen.

Da naturgemäß jedoch nicht alle denkbaren bzw. möglichen Risiken erfasst oder bewertet werden können, kommt der Begrenzung von Ausgangsstoffen eine besondere Bedeutung zu.

Aus Vorsorge vor unbekanntem Risiken oder Spurenstoffen in wasserwirtschaftlich empfindlichen Gebieten wird daher eine Einengung zulässiger Ausgangsstoffe für Komposte empfohlen.

Schwermetalle

In der Bioabfallverordnung sind in Abhängigkeit von der zulässigen Aufwandmenge zwei Grenzwertgruppen für Schwermetalle festgelegt. Die niedrigeren Grenzwerte gelten für Aufwandmengen bis zu 30t Kompost/ha (Trockenmasse) innerhalb von 3 Jahren. Die höheren Werte gelten für Aufwandmengen bis zu 20t Trockenmasse in 3 Jahren (siehe Abb. 3.5).

Organische Schadstoffe

Einträge von organischen Schadstoffen können über verschiedene Wege erfolgen. Kompostrohstoffe wie Strauch- und Baumschnitt können durch atmosphärische Deposition ubiquitär vorhandene Schadstoffe mit sich bringen. Neben Polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) und Polychlorierten Biphenylen (PCB) sind Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phthalate wie Diethylhexylphthalat (DEHP) sowie verschiedene Pflanzenschutzmittel näher zu betrach-

ten. Daneben können auch Duftstoffe, wie polycyclische Moschusverbindungen oder zinnorganische Verbindungen von Bedeutung sein. Stoffgehalte zu diesen Substanzen sind im Anhang Tabelle 14 zusammengestellt.

Untersuchungen zu organischen Schadstoffen in Komposten zeigen, dass die Gehalte mit denen in anderen Umweltmedien (Pflanzen, Böden) vergleichbar sind. [Anhang Tab. 14]

Hygienische Aspekte

Organische Düngemittel, die in Wasserschutzgebieten zur Anwendung kommen, müssen im Hinblick auf den Eintrag von Krankheitserregern unbedenklich sein.

Beim Prozess der Kompostierung werden pathogene Keime durch zeitlich definierte Temperatureinwirkungen abgetötet oder stark reduziert [16] (Anhang, Tabellen 1-4).

Untersuchungen zeigen, dass z. B. Fäkalstrep-tokokken um 5 Zehnerpotenzen vermindert werden (Anhang, Tab. 1). Escherichia coli reduzieren sich von 10^3 auf 10^1 KBE/g.

Im Vergleich dazu liegt der EU Grenzwert für vorzerkleinertes Obst und Gemüse (verzehrfertig) bei 10^3 [35] (Anhang Tab. 2).

Abb. 3.5 – Gehalte an Schwermetallen in Kompost und Grenzwerte der Bioabfallverordnung [15]

Parameter	Gehalte		Grenzwerte BioAbfV	
	Mittelwerte ¹⁾ mg/kg TM	Spannen ¹⁾ mg/kg TM	§ 4 (3) 2 mg/kg TM	§ 4 (3) 1 mg/kg TM
Blei (Pb)	27	17–45	100	150
Cadmium (Cd)	0,4	0,3–0,7	1,0	1,5
Chrom (Cr)	21	12–35	70	100
Kupfer (Cu)	37	24–59	70	100
Nickel (Ni)	12	6–22	35	50
Quecksilber (Hg)	0,1	0,05–0,2	0,7	1,0
Zink (Zn)	157	118–220	300	400

¹⁾Medianwerte gütegesicherte Fertigkomposte, n=2.333 [15], Spannenangaben, gerundet: 10 % bis 90 % Perzentil.

Die Gütesicherung

von Kompost erhöht neben der Qualitätssicherheit auch die Akzeptanz bei den Beteiligten und der Öffentlichkeit.

Kompost mit hygienisierender Behandlung

Organische Dünger werden sowohl unbehandelt als auch in behandelte Form eingesetzt. Bei Komposten ist eine hygienisierende Behandlung nach der Bioabfallverordnung vorgeschrieben und wird durch die Gütesicherung überwacht.

Die Konzentration der ubiquitär vorhandenen sulfitreduzierenden Clostridien liegt im gleichen Bereich bzw. unterhalb der Konzentration dieser Bakterien im Darm von Mensch und Tier (Anhang Tab. 4) [16].

Die Überprüfung der hygienisierenden Behandlung erfolgt durch:

- Prüfung des Kompostierungsverfahrens
- Messung, Dokumentation und Überprüfung der Temperatureinwirkung (Einhaltung vorgegebener Zeit-/Temperatureinwirkung)
- Produktuntersuchungen (Salmonellen)

Neben der erheblichen Keimreduzierung durch die Kompostierung kann ein Restrisiko, das durch persistente Mikroorganismen wie Parasiten bestehen kann, durch die Einschränkung der Ausgangsmaterialien weiter minimiert werden.

Akzeptanz

Die Anwendung organischer Dünger in Wasserschutzgebieten hängt nicht nur von Kriterien wie Qualität, Anwendung und Standorteigenschaften ab, sondern auch von der Akzeptanz der Beteiligten.

Die Akzeptanz bezüglich organischer Dünger wird nicht zuletzt von sensorischen Merkmalen wie Geruch und Aussehen bestimmt. Solche äußeren Merkmale prägen insbesondere die Anschauung von Bürgern, denen eine weitergehende fachliche Bewertung nicht zugänglich ist.

Entsprechend der Sensibilität, die mit Stoffeinträgen in Wasserschutzgebieten einhergeht, müssen Komposte auch bezüglich des Geruches und des Aussehens (Homogenität, Sauberkeit) hohen Anforderungen genügen. Neben den Prüfzeugnissen, die Auskunft über die Qualität geben, können Landwirte auch die Produktionsstätten der Komposte in Augenschein nehmen und vor Ort entscheiden, ob die Erzeugnisse ihren Anforderungen genügen.



Kompost geeignet für Wasserschutzgebiete

Aus Gründen der besonderen Vorsorge wird eine Begrenzung der Ausgangsstoffe vorgenommen.

Für die WSG-Zone II werden die Ausgangsstoffe auf Garten- und Parkabfälle beschränkt.

Für die WSG-Zone III sind neben Garten- und Parkabfällen nur Bioabfälle aus der getrennten Erfassung (Biotonne) vorgesehen.

Zudem werden die niedrigeren Schwermetallgrenzwerte gemäß §4 Absatz 3 Satz 2 der BioAbfV vorausgesetzt.

4. STANDORTANALYSE

Wichtig für die gewässerschützende Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen ist die Berücksichtigung geogener Gegebenheiten, insbesondere bei den empfindlichen Standorten. Wasserschutzgebiete sind immer als empfindliche Standorte zu betrachten [3].

Empfindliche Standorte

Neben Wasserschutzgebieten sind Karst- und Kluftgrundwasserleiter, Gebiete mit geringer Grundwasserüberdeckung (in Abhängigkeit vom Material der Grundwasserüberdeckung) sowie Gewässerrandstreifen als empfindlich anzusehen.

Bei der Standortanalyse sind, bezogen auf den Schutz von Oberflächengewässern, vor allem

- die Hangneigung,
- die Dränung und
- die Überschwemmungsgefährdung zu betrachten.

Beim Schutz der Grundwasservorkommen müssen neben der Mächtigkeit der grundwasserüberdeckenden Schichten auch deren Eigenschaften betrachtet werden:

- Austauschhäufigkeit des Bodenwassers im effektiven Wurzelraum,
- Verlagerungsgeschwindigkeit in der Bodenmatrix,
- Grundwasserflurabstand,
- Gehalt an organischer Substanz (N-Mineralisationspotenzial),
- Steinanteil (Makroporenfluss),
- Tonanteil (Schrumpfrissbildung).

Abgerundet wird die Standortanalyse durch die Betrachtung von Bewirtschaftung und Bewuchs der zu bewertenden Fläche sowie dem Abstand zur Wassergewinnungsanlage.

Die gelisteten Punkte sind dem „Kriterienkatalog zur Ermittlung empfindlicher Standorte aus Sicht des Gewässerschutzes“ entnommen [48]. Der Katalog enthält als Arbeitshilfe Vorschläge zur Definition solcher Standorte

und nennt Zahlenwerte, z. B. zu mittleren Flurabständen oder Verlagerungsgeschwindigkeiten, die empfindliche Standorte kennzeichnen.

Es ist zu beachten, dass aufgrund der spezifischen Stoffeigenschaften von potenziellen Schadstoffen (z. B. ihrer Löslichkeit) die Betrachtung weiterer bodenkundlicher und hydrogeologischer Parameter erforderlich sein kann.

Die Bewirtschaftung solcher empfindlicher Standorte muss gemeinsam mit den Flächennutzern mit Hilfe sorgfältig ausgearbeiteter Bewirtschaftungspläne so gestaltet werden, dass Stoffeinträge in die Gewässer so weit wie möglich minimiert werden.

So ist auch die Anwendung von Kompost oder anderen organischen Düngern im Einzelfall von den Ergebnissen der Standortanalyse abhängig zu machen. Für Einzelfallentscheidungen sowie Ausnahmeregelungen von den Vorgaben einer Schutzgebietsverordnung wird unter Betrachtung der naturräumlichen Gegebenheiten (z. B. unterhalb des üblichen Maßstabes von Bodenkarten) der informelle Austausch der landwirtschaftlichen Beratungsstellen mit den unteren Wasserbehörden und/oder den betroffenen Wasserversorgern empfohlen.

Der kooperative Gewässerschutz

ist eine geeignete Maßnahme, um zwischen den Beteiligten das erforderliche Vertrauen zu bilden und zu festigen. (Kapitel 1.4)

5. NUTZEN- UND BEDARFSANALYSE

Dokumentation

Eine umfassende Datensammlung zur Nutzen- und Bedarfsanalyse organischer Dünger ist im Anhang (Tabellen 5–10) dokumentiert.

Vor einer ackerbaulichen Maßnahme steht eine entsprechende Bedarfsanalyse. Hier werden der Nährstoff- und Humusbedarf der Fruchtfolge sowie der Versorgungszustand des Bodens ermittelt.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausgangsstoffe unterscheiden sich organische Dünger

in ihren Eigenschaften hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung und -verfügbarkeit, sowie ihrer Humusgehalte. Den ackerbaulichen Bedarf und den Nutzen durch die Anwendung der organischen Dünger gilt es aufeinander abzustimmen.

Abb. 5.1 – Nutzenaspekte der Kompostanwendung



Abb. 5.2 – Beispiel für Inhaltsstoffe organischer Dünger in der Frischmasse [15, 17, 19]

Organische Dünger ¹⁾	N-ges. kg/t, m ³	N-anr. ²⁾ kg/t, m ³	P ₂ O ₅ kg/t, m ³	K ₂ O kg/t, m ³	CaO kg/t, m ³	organische Substanz kg/t, m ³
Fertigkompost ³⁾	8,2 (5,2–12,5)	0,73 (0,35–1,44)	4,0 (2,2–6,8)	7,2 (3,9–11,7)	27,2 (12,3–58,3)	218 (155–301)
Frischkompost ³⁾	9,4 (5,7–13,9)	0,98 (0,37–1,77)	4,30 (2,5–7,1)	7,9 (4,6–12,1)	25,8 (13,2–45,8)	268 (193–356)
Festmist, Rind	4,2 (3,4–5,0)	0,7 (0,37–1,05)	5,5 (2,8–8,2)	6,6 (4,2–8,9)	k. A.	122 (96–147)
Gülle (Rind)	3,9 (3,2–4,8)	2,3 (0,2,0–5,2)	1,8 (1,4–2,1)	4,6 (4,0–5,2)	k. A.	79 (59–99)
Gülle (Schwein)	5,4 (6,5–4,3)	4,3 (3,7–4,9)	2,8 (1,7–3,9)	4,0 (3,4–4,5)	k. A.	39 (23–54)

¹⁾ Trockensubstanzgehalte: Fertigkompost: 62 % (Median), Frischkompost: 63 % (Median), Angaben in Klammern: Spanne 10/90 %-Perzentil, Festmist (Rind): 24 % (Mittelwert der Spanne 23 bis 25), Gülle (Rind): 8,0 % (Mittelwert der Spanne 6 bis 10 % TS), Gülle (Schwein): 5,0 % (Mittelwert der Spanne 3 bis 7 % TS).

²⁾ N-anrechenbar aus Kompost: N-löslich zzgl. 5 % von N-organisch

³⁾ Fertigkompost (Rottegrade IV und V), Frischkompost (Rottegrad III).

Keine Faustzahlen

Die Spannen der einzelnen Parameter können erheblich sein, daher ist für die Nutzen- bzw. die Bedarfsanalyse für den jeweiligen Dünger eine aktuelle Analyse notwendig.

5.1 Humusbedarf

Humusgehalte des Bodens

Bei der Humusversorgung des Bodens wird unterschieden:

- Humusgehalt des Bodens (Gehalt an C-org. x 1,72),
- Humusversorgung der Fruchtfolge (mit Humus-C).

Mittlere Humusgehalte von Böden sind in Abb. 5.3 angeführt. Die Spanne der Werte resultiert aus den unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen und der Bewirtschaftung. Optimale Gehalte sind für eine Bodenart nicht pauschal, sondern nur unter Einbeziehung konkreter Standortbedingungen zu bestimmen.

Sofern die Nutzen- und Bedarfsanalyse ergibt, dass eine Erhöhung der Humusgehalte erforderlich ist, sind entsprechende Maßnahmen durchzuführen. Neben der Änderung der Fruchtfolge bietet sich dabei der Einsatz organischer Dünger an.

In Wasserschutzgebieten sollten dabei vorzugsweise Dünger mit hohen Anteilen an humusreproduktionswirksamer organischer Substanz und geringen Anteilen an leicht abbaubarem organischem Stickstoff eingesetzt werden.

Erfolgt keine angepasste Humuswirtschaft, treten Humusdefizite auf, die langfristig mit dem sukzessiven Verlust wichtiger Boden- bzw. Schutzfunktionen (z. B. Sorptionsfähigkeit, stabile Bodenstruktur) einhergehen.

Abb. 5.3 – Mittlere Humusgehalte in Böden

	Mittlere Humusgehalte im Boden ¹⁾
Sande	1–3,1 %
Lehm/Schluff	1,7–3,5 %
Schluff	2,5–4,8 %

¹⁾ nach [14, 18, 19]

Was ist „Humus-C“?

„Humus-C“ ist der für die Humusreproduktion im Boden anrechenbare Kohlenstoff.

In organischen Düngern wird Humus-C aus der organischen Substanz und dem substratspezifischen Faktor für die Reproduktionswirksamkeit (Anteil Humus-C) ermittelt (siehe Anhang Tabellen 9 und 10).

Was ist ein Humusäquivalent?

Ein Humusäquivalent entspricht einem Kilogramm Kohlenstoff (C) der humifizierten organischen Masse des Bodens.

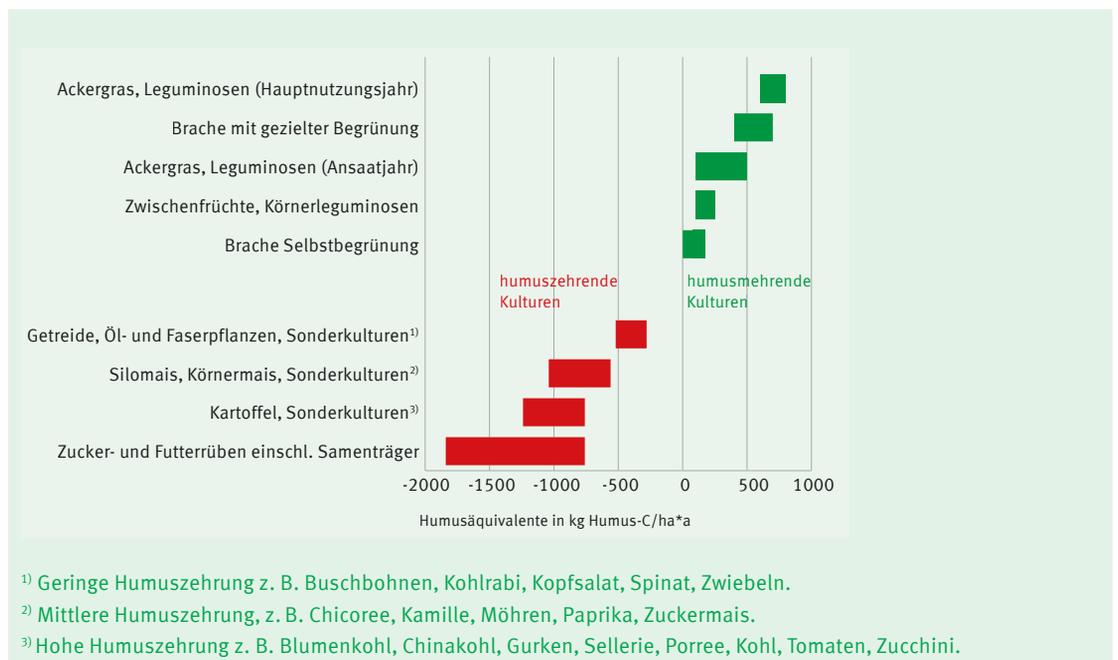
Es ist ein Maßstab für die Menge an Humus-C, die im Boden nutzungsbedingt durch Abbau verloren geht und durch Zufuhr organischer Substanz (kg Humus-C/ha*a) ausgeglichen werden muss.

Humusbedarf nach der Fruchtfolge

Der Anbau humuszehrender Kulturen wie Gemüse- und Hackfrüchte ist mit Humusverlusten des Bodens verbunden. Eine intensive Bodenbearbeitung fördert den Humusabbau zusätzlich. Um Bodenfunktionen auf Dauer zu erhalten, sind diese Verluste auszugleichen.

Der Ausgleich von Humusverlusten in der Fruchtfolge erfolgt durch humusmehrnde Kulturen (z. B. Ackergras, Leguminosen), Ernterückstände oder Wirtschaftsdünger (z. B. Stroh, Stallmist). Darüber hinaus können Komposte aus der überbetrieblichen Kreislaufwirtschaft eingesetzt werden.

Abb. 5.4 – Wirkung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Kulturen auf die Humusversorgung des Bodens [14, 20]



Humusersatz durch organische Dünger

Die Wirksamkeit von Humus-C in organischen Düngern wird durch deren stoffliche Zusammensetzung, die Behandlung (Kompostierung, Vergärung) sowie die Aufwandmenge bestimmt. Kompost weist bezüglich der Humusreproduktion eine vergleichsweise hohe Wirksamkeit auf. Da Wirtschaftsdünger aufgrund ihrer hohen Nährstoffgehalte nur in vergleichsweise niedrigen Aufwandmengen eingesetzt werden können, werden auch nur vergleichsweise geringe Mengen humusreproduktiven Kohlenstoffs ausgebracht.

Bei der Humusbilanz werden Zufuhr und Abbau von Humus-C in der Fruchtfolge des jeweiligen Schlages saldiert. Abb. 5.5 zeigt das

Beispiel einer Hackfrucht betonten Fruchtfolge. Weitere Beispiele sind im Anhang (Tabelle 13) dokumentiert.

Bei der Abwägung des Einsatzes organischer Dünger unter dem Aspekt der Humuswirtschaft sind folgende Parameter zu berücksichtigen und zu gewichten:

- Sensibilität des Standortes aus Sicht des Gewässerschutzes,
- Bodenzustand,
- Humusbilanz der Fruchtfolge,
- Anbautechnische Möglichkeiten und Nutzung von Ernterückständen.

Abb. 5.5 – Humusbilanz eines Marktfruchtbetriebes (Beispiel)

Humusverbrauch/-gewinn	kg-Humus.C/ha ¹⁾
Zuckerrüben	-1.840
Winterweizen ²⁾	-280 bis -520
Wintergerste ²⁾	-280 bis -520
Zwischenfrucht	+140
Humusverbrauch gesamt	-1.180 bis -2.740
Humuszufuhr ³⁾	kg Humus-C/ha
60 t Rübenblatt	+480
Humusbilanz der Fruchtfolge	-700 bis – 2.260

¹⁾ Untere Verbrauchswerte beziehen sich auf gut mit Humus versorgte Böden, obere Werte auf schlecht mit Humus versorgte Böden [20],

²⁾ Strohverkauf, daher keine Humuszufuhr über Stroh.

³⁾ Humusersatzleistung der Ernterückstände (ausgenommen Rübenblatt) ist im Humusbedarf bereits berücksichtigt [20].

Geringe Humuswirkung

Entgegen der üblichen Annahme weisen Zwischenfrüchte, Ernterückstände und Wirtschaftsdünger (außer Stroh und Stallmist) aufgrund der niedrigen Gehalte an stabiler organischer Substanz eine geringe Humusreproduktionswirksamkeit auf.

Basisch wirksame Stoffe

In Kompost und anderen organischen Düngern enthaltene basisch wirksame Stoffe sind im Anhang dokumentiert (Tabellen 5,6,7).

Sie können für die Kalkung zu 100 % angerechnet werden.

Kompost: Bemessung der Aufwandmenge

Bei der Kompostdüngung erfolgt die Bemessung der Aufwandmenge i.d.R. nach dem Phosphat- und Kaliumbedarf der Fruchtfolge unter Berücksichtigung des Versorgungszustandes des Bodens mit diesen Nährstoffen.

Die Ausbringung soll in Abhängigkeit von der Befahrbarkeit des Bodens und der Witterung erfolgen.

5.2 Kalkbedarf

Komposte weisen einen neutralen bis basischen pH-Wert auf. Die enthaltenen basisch wirksamen Stoffe sind im Untersuchungsbericht der RAL-Gütesicherung als CaO ausgewiesen und zu 100 % anrechenbar. Bei praxisüblicher Aufwandmenge leistet Kompost mit rund 1.000 kg CaO/ha einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltungskalkung [17].

Abb. 5.6 – Ziel-pH-Werte auf Ackerland und Erhaltungskalkung mit Kompost [54]

Bodenarten	Ziel-pH-Werte	Erhaltungskalkung ¹⁾ CaO kg/ha
Sand	5,6	600
Lehmige Sande bis Schluffe	6,0	900
Stark sandige Lehme bis lehmige Schluffe	6,4	1.100
Sandige, schluffige Lehme bis Lehme	6,8	1.300
Schluffig-tonige Lehme, tonige Lehme bis Tone	7,0	1.600
Geltungsbereich Böden	Humusgehalt bis 4 % humusarm bis humos	

Abb. 5.7 Bodenschonende Kompostausbringung



5.3 Nährstoffbedarf

Bei der Anwendung organischer Dünger sind folgende Grundsätze der guten fachlichen Praxis zu beachten:

- Zeitlich optimierter Einsatz der Dünger sowie effiziente Stickstoffnutzung durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung,
- Berücksichtigung des aktuellen Bodenzustandes (z. B. Gehalte organischer Substanz und Pflanzennährstoffe),
- Kenntnis und Berücksichtigung von Nährstoffgehalten organischer Dünger und deren Verfügbarkeit.

In den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung Kompost sind die Gesamtgehalte sowie die für die Düngung anrechenbaren Gehalte an Pflanzennährstoffen angegeben. Die Angaben erlauben eine genaue Kalkulation der Düngung.

Abb. 5.8 – Düngung mit Kompost am Beispiel einer 3-gliedrigen Fruchtfolge [11, 15]

Fruchtfolge	N kg/ha ⁵⁾	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Raps ¹⁾	180	72	40
Winterweizen ²⁾	185	64	48
Wintergerste ³⁾	160	77	161
Summe Bedarf	525	213	249
Bodengehalt ⁴⁾		Klasse D	Klasse C
Summe Düngbedarf	525	106	249
Organische Düngung			
Fertigkompost (27 t FM/ha)	26	106	210
Verbleibender Bedarf	499	0	39

¹⁾ Raps, Ertragserwartung 40 dt/ha, ohne Abfuhr der Erntereste.

²⁾ Winterweizen, Ertragserwartung 80 dt/ha, ohne Strohabfuhr.

³⁾ Wintergerste, Ertragserwartung 60 dt/ha, mit Strohabfuhr.

⁴⁾ Klasse C Erhaltungsdüngung, Klasse D Reduktion der Erhaltungsdüngung um 50%.

⁵⁾ Bedarfsangaben für Stickstoff der angeführten Kulturen nach Düngerverordnung unter Berücksichtigung von Nmin.

⁶⁾ Stickstofflieferung aus Kompost kalkuliert aus dem löslichen Anteil zzgl. 5 % des organisch gebundenen Stickstoffs.

N im Nährstoffvergleich

Die Anwendung von festen organischen Düngern wie Stallmist oder Kompost führt in Verbindung mit der N-Ergänzungsdüngung beim Nährstoffvergleich stets zu einem Überhang an Stickstoff. Dieser ist unvermeidlich, da der überwiegende Anteil organisch gebunden und für die Humusproduktion anzurechnen ist.

Bei der Mineralisation organischer Substanz freiwerdender Stickstoff wird nach Düngerverordnung durch die Folgewirkungen und durch die Berücksichtigung der Nmin-Untersuchungen in der Düngbedarfsermittlung berücksichtigt.

Nmin im Frühjahr

Bodenuntersuchungen auf mineralischen Stickstoff (Nmin) im Frühjahr geben Aufschluss über die im Boden aktuell verfügbare Menge an Stickstoff, der in die Düngplanung einbezogen werden kann. Bei regelmäßiger Düngung mit Kompost sind die im Frühjahr gemessenen Gehalte an Nmin etwa 5 bis 15 kg N/ha höher als in Varianten ohne Kompostdüngung. [8]

6. KOMPOST FÜR WASSERSCHUTZGEBIETE

Bezugsquellen

Kompostanlagen, die das RAL-Gütezeichen führen, können über eine Suchmaske auf der Internetseite der BGK gefunden werden.

www.kompost.de

In den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung Kompost sind die Gesamtgehalte sowie die nach Düngerverordnung anrechenbaren Gehalte für Stickstoff und Phosphat angegeben.

Bei der Anwendung von Kompost in Wasserschutzgebieten werden an die Produkte Anforderungen gestellt, die über die allgemeinen Rechtsbestimmungen hinausgehen.

Untersuchte Chargen

Für Wasserschutzgebiete geeignete Komposte werden in der Kompostanlage getrennt hergestellt und gelagert. Zur Anwendung kommen ausschließlich untersuchte Chargen.

Niedrige Schadstoffgehalte

Es werden die nach Bioabfallverordnung strengeren Grenzwerte des § 4 Abs. 3 Satz 2 BioAbfV zugrunde gelegt.

Begrenzung der Ausgangsstoffe

Zur Minimierung von Risiken durch unbekannte Spurenstoffe sind Ausgangsmaterialien der Kompostierung aus Gewerbe und Industrie vorsorglich ausgeschlossen.

Nur gütegesicherte Komposte

Es sollen nach der Einzelfallprüfung ausschließlich Komposte zum Einsatz kommen, die einer Fremdüberwachung unterliegen.

Nur für Wasserschutzgebiete geeignete Komposte

Die spezifische Eignung von Komposten für Wasserschutzgebiete ist in den Prüfzeugnissen der Gütesicherung ausgewiesen. Die Anforderungen an Kompost für Wasserschutzgebiete sind in Abbildung 6.1 zusammengefasst.



Kennzeichnung geeigneter Komposte

Für die Anwendung in Wasserschutzgebieten weisen Komposte mit RAL-Gütezeichen besondere Eigenschaften auf.

In den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung sind diese Komposte wie folgt ausgewiesen:

„geeignet für WSZ II“ bzw.
„geeignet für WSZ III“

Abb. 6.1 – Kriterien für die Eignung und Anwendung von Kompost in Wasserschutzgebieten

Kriterien	Kompost für die Schutzzone II	Kompost für die Schutzzone III
Ausgangsstoffe	<ul style="list-style-type: none"> ausschließlich Garten- und Parkabfälle gemäß Bioabfallverordnung (BioAbfV) 	<ul style="list-style-type: none"> ausschließlich Garten- und Parkabfälle sowie Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen gem. Bioabfallverordnung
Rottegrad	<ul style="list-style-type: none"> Rottegrade IV bis V nach RAL-Gütesicherung 	<ul style="list-style-type: none"> Rottegrade III bis V nach RAL-Gütesicherung
Schwermetalle	<ul style="list-style-type: none"> Grenzwerte gemäß § 4 Absatz 3 Satz 2 BioAbfV (niedrigere Werte) 	<ul style="list-style-type: none"> Grenzwerte gemäß § 4 Absatz 3 Satz 2 BioAbfV (niedrigere Werte)
Fremdstoffe	<ul style="list-style-type: none"> gemäß Bioabfallverordnung Flächensumme: < 15 cm²/l 	<ul style="list-style-type: none"> gemäß Bioabfallverordnung Flächensumme: < 15 cm²/l
Stickstoff	<ul style="list-style-type: none"> Düngebedarfsermittlung und Düngebilanzierung auf Grundlage der Warendeklaration der Gütesicherung (keine Faustzahlen) Anrechenbarkeit von Stickstoff wird in der Warendeklaration ausgewiesen (N-löslich zzgl. 5 % von N-organisch) Bei regelmäßiger Anwendung (ab zweite Fruchtfolgerotation) Anrechnung von 15–35 % der N-Zufuhr einer Kompostgabe in drei Jahren 	<ul style="list-style-type: none"> Düngebedarfsermittlung und Düngebilanzierung auf Grundlage der Warendeklaration der Gütesicherung (keine Faustzahlen) Anrechenbarkeit von Stickstoff wird in der Warendeklaration ausgewiesen (N-löslich zzgl. 5 % von N-organisch) Bei regelmäßiger Anwendung (ab zweite Fruchtfolgerotation) Anrechnung von 15–35 % der N-Zufuhr einer Kompostgabe in drei Jahren
Gütesicherung	<ul style="list-style-type: none"> nur mit Gütezeichen chargenbezogene Prüfungen mit Prüfzeugnissen Deklaration der Eignung für WSZ II im Prüfdokument der Gütesicherung 	<ul style="list-style-type: none"> nur mit Gütezeichen chargenbezogene Prüfungen mit Prüfzeugnissen Deklaration der Eignung für WSZ III im Prüfdokument der Gütesicherung
Hygiene	<ul style="list-style-type: none"> Behandlung zur Hygienisierung gemäß Bioabfallverordnung (Keimreduzierung) ohne wesentliche Geruchsemissionen 	<ul style="list-style-type: none"> Behandlung zur Hygienisierung gemäß Bioabfallverordnung (Keimreduzierung) ohne wesentliche Geruchsemissionen
Ausbringung	<ul style="list-style-type: none"> Die Regelungen der jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen sind zu beachten Anwendungen in WSG Zone II bedürfen der besonderen Zustimmung der Überwachungsbehörde und des Wasserversorgers. (Einzelfallprüfung) Vorgaben der Wasserschutzgebietsverordnung Keine Herbstausbringung (Berücksichtigung der Grundwasserneubildung) 	<ul style="list-style-type: none"> Die Regelungen der jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnung sind zu beachten Einzelfallprüfung zwischen Berater, Landwirt, Wasserversorger und erforderlichenfalls Behörde Vorgaben der Wasserschutzgebietsverordnung und der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft sind zu berücksichtigen Anwendung im Herbst nur bei nennenswertem N-Bedarf zur Gewährleistung der Aufnahme von verfügbarem N durch die angebaute Frucht (Berücksichtigung der Grundwasserneubildung)

7. ENTSCHEIDUNGSFINDUNG ZUM EINSATZ IN WASSERSCHUTZGEBIETEN

Wasserschutz- gebietsverordnungen

Grundlage von Entscheidungen ist stets die jeweilige Schutzgebietsverordnung. Auf dieser Basis werden Anwendungen nach Maßgabe der Versorgungszustände des Bodens und dem Düngbedarf im Einzelfall bestimmt.

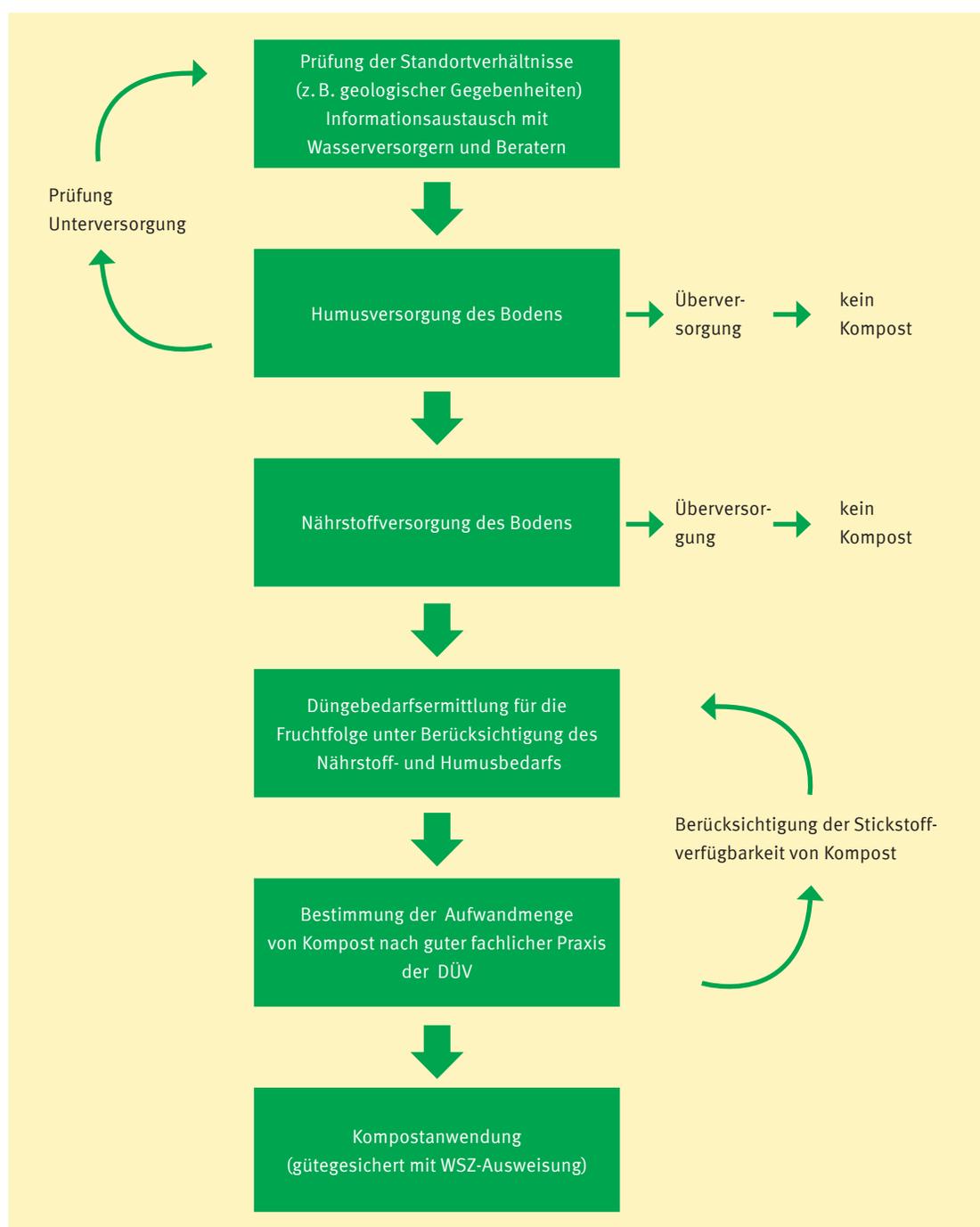
Bei der Prüfung der Anwendbarkeit von Kompost in Wasserschutzgebieten sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Feststellung der geologischen/naturräumlichen Gegebenheiten und daraus resultierender Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes organischer Dünger (v. a. in WSZ II).

- Standortspezifische Bedarfsanalyse mit Feststellung von Mangel-, Normal- und Überversorgung für die einzelnen Schutz-zonen (Nährstoffbedarf, Kalkbedarf, Humusgehalte des Bodens, Humusreproduktion der Fruchtfolge).

- Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Kompost (Bedingungen für Regelent-scheidungen und Einzelfallentscheidungen).

Abb. 7.1 – Entscheidungsfindung zum Einsatz von Kompost in Wasserschutzgebieten



LITERATUR

- [1] Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. – DVGW: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil Schutzgebiete für Grundwasser, Technische Regel, Arbeitsblatt W101, Bonn Juni 2006, tabellarische Darstellung des Schutzzonenkonzeptes: www.bmu.de/gewaesserschutz
- [2] Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. – DVGW: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren, Technische Regel, Arbeitsblatt W102, Bonn Juni 2002
- [3] Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. – DVGW: Grundsätze und Maßnahmen einer gewässerschützenden Landwirtschaft, Technische Regel, Arbeitsblatt W104, Bonn Oktober 2004
- [4] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik – Wasser-Rahmen-Richtlinie – (ABl. Nr. L 327 vom 22.12.2000 S. 1; 2455/2001/EG - ABl. Nr. L 331 vom 15.12.2001 S. 1; geändert durch Beitrittsakte 2003)
- [5] Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch-Trinkwasser-Richtlinie- (ABl. Nr. L 330 vom 5.12. 1998 S. 32, ber. ABl. Nr. L 45 vom 19.2. 1999 S. 55; Anforderung gemäß Beitrittsakte 2003 VO (EG) 1882/2003 - (ABl. Nr. L 284 vom: 31.10.2003 S. 1)
- [6] Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (ABl. Nr. L 375 vom 31.12. 1991 S. 1; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom: 31.10.2003 S.1)
- [7] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts WHG – Wasserhaushaltsgesetz vom 19. August 2002 (BGBl. I Nr. 59 vom 23.8.2002 S. 3245; 6.1.2004 S. 2; 3.5.2005 S. 1224; 21.6.2005 S. 1666; 25.6.2005 S. 1746; 10.5.2007 S. 666) Gl.-Nr.: 753-1
- [8] Haber, N.; Kluge, R.; Deller, B.; Flaig, F.; Schulz, E.; Reinhold, R.: Nachhaltige Kompostanwendung in der Landwirtschaft, Nachfolgeprojekt des DBU Verbundforschungsprojektes AZ 08931, Hrsg.: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe LTZ Augustenberg, Januar 2008
- [9] Amlinger, F.; Peyr, S.; Dreher, P.: Kenntnisstand zur Frage des Stickstoffaustrags in Kompostdüngungssystemen, Hrsg.: Lebensministerium Österreich, ZL 34 2500/48-III/4/99, Endbericht Dezember 2003, lebensministerium.at
- [10] Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln, DüMV – Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. Nr. 58 vom 13.12.2012 S. 2482; 27.05.2015 S. 886 12.04.2017 S. 842; 05.05.2017 S. 1068; 26.05.2017 S. 1305) Gl.-Nr.: 7820-15-2
- [11] Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen DüV – Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. Nr. 32 vom 01.06.2017 S. 1305) Gl.-Nr.: 7820-15-3
- [12] Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden, BioAbfV- Bioabfallverordnung vom 4. April 2013 (BGBl. I Nr. 16 vom 08.04.2013 S. 658; 05.12.2013 S. 4043; 27.09.2017 S. 3465) Gl.-Nr.: 2129-27-2-11
- [13] Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung, BBodSchV – Bodenschutzverordnung vom 12.07.1999, Bundesgesetzblatt Jahrgang 1000 Teil I Nr. 36, vom 16.06.1999, Bundesgesetzblatt Jahrgang 1999 Teil I Nr. 36 vom 16.07.1999, Seiten 1554-1582
- [14] Schrötter, S., Reinhold, J. in: Organische Düngung – Grundlagen der guten fachlichen Praxis (Auszug) Hrsg.: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Köln. 2016

- [15] Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Auswertung der Untersuchungsergebnisse von RAL-gütesichertem Kompost (RAL GZ-251), Köln 2018
- [16] Marciniszyn, E.: Überprüfung der seuchen- und phytohygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses unter festgelegten Temperaturbedingungen – Entwurf – in der Bundesgütegemeinschaft zur Arbeit der AG „Kompost und Wasserschutzgebiete“, Köln 2007
- [17] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, mittlere Nährstoffgehalte organischer Dünger, www.landwirtschaftskammer.de, Januar 2014
- [18] Wessolek, G. et al.: Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) BBodSchG, Umweltbundesamt Berlin, UFO-PLAN 202 71 264, Abschlussbericht, Januar 2004, unveröffentlicht
- [19] Leibnizinstitut für Gemüse und Zierpflanzenbau Großbeeren (IGZ), Nährstoffgehalte und N-Mineralisierung organischer Düngemittel, 03.05.2017
- [20] Verband Deutsche Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, VDLUFA; Standpunkt Humusbilanzierung, Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland, Speyer März 2014, www.vdlufa.de
- [21] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Merkblatt DWA-M 605 Wirkung, Bemessung und Betrieb von Vorsperren zur Verminderung von Stoffeinträgen in Talsperren, Hennef 2005
- [22] Marciniszyn, E., Heckmann, J., Klages, S., Schwab, M., Philipp, W.: Optimierung der Anaerob-Technik zur Behandlung von Bioabfällen aus Sicht der Hygiene sowie Erarbeitung eines Hygiene-Prüfsystems für Anaerob-Anlagen, Abschlussbericht des F&E Vorhabens der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU Az. 15008, November 2003
- [23] Hartung M. (Hrsg.) (1998): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 1996. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer. Berlin. (Bg-VV-Hefte 09/1998)
- [24] Hartung, M. (Hrsg.) (1999a): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 1997. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer. Berlin. (Bg-VV-Hefte 06/1999)
- [25] Hartung, M. (Hrsg.) (1999b): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 1998. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer. Berlin. (Bg-VV-Hefte 20/1999)
- [26] Hartung, M. (Hrsg.) (2000): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 1999. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer. Berlin. (Bg-VV-Hefte 08/2000)
- [27] Kördel, W.: Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft bei Düngung und Abfallverwertung, Hrsg. Umweltbundesamt Texte 30/07, ISSN 1862-4804, Dessau, Juli 2007 www.umweltbundesamt.de
- [28] Kuch, B., Rupp, S., Firscher, K. Kranert, M., Metzger, J.W.: Untersuchungen von Komposten und Gärsubstraten auf organische Schadstoffe in Baden-Württemberg, Universität Stuttgart, Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Förderkennzeichen BWR 24026, Stuttgart, Februar 2007
- [29] Bayrisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Verwertung biogener Abfälle: Rückstände, Schadstoffgehalte und Hygieneparameter, Augsburg 2015, www.bestellen.bayern.de
- [30] Zwiener, C.; Merel, S.: Schadstoff-Screening in Kompost und Gärresten, Universität Tübingen, Juni 2017
- [31] Freudenschuß, A.; Obersteiner, E.; Uhl, M.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden, Umweltbundesamt, Wien 2008

- [32] Güte- und Prüfbestimmungen RAL-Gütesicherung Kompost, RAL GZ-251, St. Augustin Juli 2016, www.gz-kompost.de
- [33] Artikelnummer: Methodenbuch zur Analyse organischer Düngemittel, Bodenverbesserungsmittel und Substrate, Loseblattsammlung im Ringordner (A5) Best.Nr. 220 bei der BGK, Köln, www.kompost.de
- [34] Phthalat-Belastung der Bevölkerung in Deutschland: Expositionsrelevante Quellen, Aufnahmepfade und Toxikokinetik am Beispiel von DEHP und DINP, Band 1, Umweltbundesamt 01/2012
- [35] Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005, über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel, erichtigung, ABl. L 278 vom 10.10.2006, S. 32 (2073/2005)
- [36] Ausweisung von Schutzzonen bei der Trinkwassergewinnung aus Grundwasser, Zeichnung (Abb.2.3): Zweckverband Landeswasserversorgung, Stuttgart
- [37] Aufbau und Funktion der RAL-Gütesicherungen, Best.Nr. 220 bei der BGK Köln, www.kompost.de
- [38] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Bisphenol A (BPA) Stoffinformation, 2012
- [39] Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I Nr. 4 vom 23.01.2009 S. 54, ber. S. 136; 17.06.2009 S. 1284 ; 31.07.2009 S. 2539; 21.07.2010 S. 952; 09.12.2010 S. 1934; 22.12.2011 S. 3044; 06.02.2012 S. 148; 15.03.2012 S. 481; 31.08.2015 S. 1474; 05.05.2017 S. 1068) Gl.-Nr.: 7820-15
- [40] Böhm, R., Philipp, W., Marciszyn, E.: Human- und Veterinärhygiene der Kompostierung, Projekt der Deutsche Bundes Umweltstiftung, DBU-Vorhaben 01764, Stuttgart 1998
- [41] Peretzki, F., 1994. Nährstoffwirkung und -anrechnung von Kompost. SuB 03,III-10 - III-12
- [42] Döhler, H. 1996. Landbauliche Verwertung stickstoffreicher Abfallstoffe, Komposte und Wirtschaftsdünger; in: Wasser & Boden 48. Jahrg., 11/1996
- [43] Gutser, R., 1996. Klärschlamm und Bio-kompost als Sekundärrohstoffdünger. VDLU-FA (Ed.), Sekundärrohstoffdünger im Stoffkreislauf der Landwirtschaft, Kongressband Trier 1006, 29-43
- [44] Berner, A., 1999. Berechnung der N-Effizienz von Mist, Mistkompost und Grünabfallkompost anhand von zwei Feldversuchen. „Runder Tisch Kompost – RTK“, Wien 29. und 30.09.1998. Hrsg. F. Amlinger, UBA Wien, S. 37-38
- [45] Aichberger, K., Wimmer, J., 1999. Auswirkungen einer mehrjährigen Kompostdüngung auf Bodenkenndaten und Pflanzenertrag. In: Amlinger, F. und Götz, B. (Ed.) Stickstoff in Bioabfall- und Grünschnittkompost – Bewertung von Bindungsdynamik und Düngewert. Runder Tisch Kompost – RTK. UBA-BE-148, Wien 86-87
- [46] Dreher, P.; Gäth, S., Weinfurter, K., 2001. Auswirkungen der Anwendung von Klärschlämmen und anderen organischen Abfällen auf die Nährstoffbilanz landwirtschaftlich genutzter Böden. UBA-Vorhaben FKZ297 21 182. 231 S.
- [47] Veröffentlichung mikrobiologischer Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln. Eine Empfehlung der Fachgruppe Lebensmittelmikrobiologie und -hygiene der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM), Stand 2007
- [48] Drechsler, H., Scheffer, B. (2008): Kriterienkatalog zur Ermittlung „empfindlicher Standorte“ aus der Sicht des Gewässerschutzes (Diskussionsbeitrag), Korrespondenz Wasserwirtschaft 1. Jahrgang, Nr. 10, S. 543-545, Oktober 2008
- [49] Schinner, F.; Sonnleinter, R.: Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik, Band III, Springer Verlag, 1997
- [50] Landwirtschaftskammer NRW und Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt NRW 2008, www.nmin.de

[51] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Faustzahlen für die Landwirtschaft, Darmstadt, 2005

[52] Dinkelberg, W., Lantzsich, P., Datenblätter zur stofflichen Verwertung von Bioabfällen, Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg – Titelreihe Nr. 36, 1998

[53] Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Auswertung der Untersuchungsergebnisse von RAL-gütesichertem Kompost (RAL GZ-251), Köln 2007

[54] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, mittlere Nährstoffgehalte organischer Dünger, Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung, Düngung, www.landwirtschaftskammer.de

[55] Reinhold, J.: Nutzen und Grenzen der Anwendung von organischen Reststoffen zur Humusanreicherung in landwirtschaftlichen Böden, Experten-Workshop „Ableitung von Möglichkeiten und Grenzen der C-Sequestrierung in Böden Deutschlands“, Mai 2007, Umweltbundesamt, Berlin

Bildnachweis

aid infodienst Verbraucherschutz Ernährung Landwirtschaft e. V. (Seite 8, Abb. 1.1), Bielefeld (Seite 7), www.fotolia.de (Titelbild, Seite 8, Seite 7, Abb. 1.2), Volker Max, Schwerte (Seite 24).

Anhang

Tabelle 1

Ergebnisse der Untersuchungen zur seuchenhygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses auf Fäkalstreptokokken und Werte unbehandelter organischer Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft.

Tabelle 2

Ergebnisse der Untersuchungen zur seuchenhygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses auf E. coli und Grenz-

werte der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel

Tabelle 3

Nachweis von Salmonellen in Düngemitteln und Boden

Tabelle 4

Ergebnisse der Untersuchungen zur seuchenhygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses auf sulfidreduzierende Clostridien und der Richt- und Warnwerte der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM)

Tabelle 5

Nährstoffgehalte und Trockenmasse (TM) organischer Dünger

Tabelle 6

Inhaltsstoffe organischer Dünger in der Frischmasse

Tabelle 7

Basisch wirksame Stoffe in Kompost (als CaO)

Tabelle 8

Menge ausgebrachter Inhaltsstoffe bei praxisüblichen Aufwandmengen

Tabelle 9

Anteil stabiler Humusformen in organischen Düngern

Tabelle 10

Humus-C-Gehalt organischer Dünger

Tabelle 11

Düngewirksamer Stickstoff aus Kompost in % der Gesamt-Stickstoffzufuhr

Tabelle 12

Humusbedarf einzelner Kulturen nach VDLUFA

Tabelle 13

Beispiele für Humusbilanzen

Tabelle 14

Untersuchungswerte zu organischen Schadstoffen in Komposten

Tabelle 1: Ergebnisse der Untersuchungen zur seuchenhygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses auf Fäkalstreptokokken und Werte unbehandelter organischer Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft [16, 22, 40]

	Fäkalstreptokokken KBE/g
Schweinegülle (Einzelwerte aus [22])	$4,3 \times 10^3 - 9,3 \times 10^3$
Rindergülle (Einzelwerte aus [22])	$2,1 \times 10^4 - 2,1 \times 10^6$
Hühnergülle (Einzelwerte aus [22])	$9,3 \times 10^3 - 4,3 \times 10^6$
Gartenabfälle n=2 [16]	$4,8 \times 10^4$
Bioabfall n=3 [16]	$2,9 \times 10^7$
Bioabfall n=30 [40]	$1,5 \times 10^6$ (Median)
Rottegut nach sechs Tagen n=2 [16] (Ausgangsmaterial Biotonne)	$2,4 \times 10^4$
Rottegut nach sechs Tagen n=30 [40] (Ausgangsmaterial Biotonne)	$1,5 \times 10^4$ (Median)
Frischkompost nach 4 Wochen n=2 [16] (Ausgangsmaterial Biotonne)	$2,0 \times 10^3$
Fertigkompost nach 10 Wochen n=2 [16] (Ausgangsmaterial Biotonne)	$9,2 \times 10^2$

Tabelle 2: Ergebnisse der Untersuchungen zur seuchenhygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses auf Escherichia coli sowie coliforme Keime und Grenzwerte der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel [16, 35, 40], KBE: koloniebildende Einheit

	Escherichia coli KBE/g	Grenzwertelerläuterung	coliforme Keime KBE/g
2.5.1 Vorzerkleinertes Obst und Gemüse (verzehrfertig) [35]	10^3	Maximal zulässiger E. coli Befund (zulässig in 2 von 5 Proben).	
2.2.2 Käse aus Milch oder Molke, die einer Wärmebehandlung unterzogen wurden [35]	10^3	Maximal zulässiger Befund (zulässig in 2 von 5 Proben). E. coli wird hier als Hygieneindikator verwendet.	
2.1.8. Fleischzubereitung, Ende des Herstellungsprozesses [35]	5×10^3	Maximal zulässiger Befund (zulässig in 2 von 5 Proben). E. coli wird hier als Indikator für fäkale Kontaminationen verwendet.	
Gartenabfälle n=2 [16]	$< 1,0 \times 10^4$		$2,3 \times 10^3$
Bioabfall n=3 [16]	$7,0 \times 10^3$		$7,2 \times 10^6$
Bioabfall n=30 [40]	$2,3 \times 10^3$ (Median)		$1,5 \times 10^6$
Rottegut nach sechs Tagen n=2 [16] (Material Biotonne)	$1,4 \times 10^3$		$2,6 \times 10^4$
Rottegut nach sechs Tagen n=30 [40]	$3,3 \times 10^2$ (Median)		$1,3 \times 10^4$
Frischkompost, 4 Wochen n=2 [16] (Material Biotonne)	$4,7 \times 10^2$		$8,4 \times 10^3$
Fertigkompost, 10 Wochen n=2 [16] (Material Biotonne)	$6,0 \times 10^1$		$8,7 \times 10^2$

Coliforme Keime sind im menschlichen und tierischen Darm lebende spezifische Bakterien bzw. eine Bakteriengruppe, welche die Coliformen, Faecalcoliformen und Escherichia coli (E. coli) umfasst.

Tabelle 3: Nachweis von Salmonellen in Düngemitteln und Boden [23, 24, 25, 26, 53]

	Probenzahl	positive Proben	Anteil positiver Proben
Düngemittel tierischer Herkunft, Durchschnittswerte von 1996-1999 [23,24,25,26]	178	37	20,8 %
Düngemittel pflanzlicher Herkunft, Durchschnittswerte von 1996-1998 [23,24,25,26]	119	7	5,8 %
Boden, Durchschnittswerte von 1996-1999 [23,24,25,26]	591	53	9,0 %
RAL-Frischkompost [53]	753	10	1,3 %
RAL-Fertigkompost[53]	1.939	9	0,46 %

Tabelle 4: Ergebnisse der Untersuchungen zur seuchenhygienischen Wirkungsweise des Kompostierungsprozesses auf sulfitreduzierende Clostridien und die Richt- und Warnwerte der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) [16, 40, 47]

	Clostridien KBE/g	Richtwert Warnwert
Rohe, getrocknete Teigwaren [47]	10 ³ 10 ⁴	Richtwert Warnwert
Gewürze, die zur Abgabe an den Verbraucher bestimmt sind [47]	10 ³ 10 ⁴	Richtwert Warnwert
Darm von Mensch und Tieren [16]	10 ³ bis 10 ⁴	
Gartenabfälle n=2 [16]	3,0 x 10 ⁴	
Bioabfall n=3 [16]	6,7 x 10 ⁴	
Bioabfall n=30 [40]	3,5 x 10 ³	
Rottegut nach sechs Tagen n=2 [16] (Ausgangsmaterial Biotonne)	3,9 x 10 ³ (Median)	
Rottegut nach sechs Tagen n=30 [40]	4,0 x 10 ³	
Frischkompost nach 4 Wochen n=2 [16] (Ausgangsmaterial Biotonne)	6,0 x 10 ³	

Tabelle 5: Beispielhafte Nährstoff- und Trockenmassegehalte (TM) organischer Dünger [14, 51, 52, 53, 54]

	N-gesamt % TM	P ₂ O ₅ % TM	K ₂ O % TM	CaO % TM	organische Substanz % TM	Trockenmasse %
Fertigkompost	1,3	0,64	1,1	3,9	36,5	62
Frischkompost (Rottegrad 3)	1,5	0,72	1,3	4,0	42,4	61
Gärprodukt fest	2,6	2,0	1,0	10,3	51	38
Gärprodukt flüssig	9,4	3,9	5,9	6,0	63	5,5
Festmist (Rind)	2,4	1,4	3,9	1,8	80	23
Gülle (Rind)	4,9	2,13	6,1	1,8	79	8,0
Gülle (Schwein)	11,2	5,6	7,6	3,4	76	5,0
Hühnertrockenkot	14,3	21,5	10	28	k. A.	50
Stroh	0,6	0,34	1,6	0,4	85	87
Gründüngung	2,3	0,6	5,9	k. A.	90	11
Champagnererde	2,8	1,6	2,0	10	65	30

Tabelle 6: Beispielhafte Inhaltsstoffe organischer Dünger in der Frischmasse¹⁾ [14, 51, 52, 53, 54]

	N-ges. kg/t, m ³	N-anr. ²⁾ kg/t, m ³	P ₂ O ₅ kg/t, m ³	K ₂ O kg/t, m ³	CaO kg/t, m ³	Humus-C kg/t, m ³
Fertigkompost	8,1	0,8	3,9	6,9	24	74
Frischkompost (RG 3)	9,0	1,1	4,5	7,9	25	64
Gärprodukt fest	8,8	3,1	7,7	3,9	23	40
Gärprodukt flüssig	5,2	4,0	2,1	3,3	3,3	6
Festmist (Rind)	5,5	1,1	3,1	9,2	4,2	37
Gülle (Rind)	3,9	2,2	1,7	4,9	1,5	10
Gülle (Schwein)	5,6	4,2	2,8	3,8	1,7	5
Hühnertrockenkot	28	14	23	20	56	42
Stroh	5,0	0,2	3,0	14	3,2	90
Gründüngung	2,5	1,0	0,7	6,5	k. A.	8
Champagnererde	8,2	k. A.	4,7	6,0	30	54

¹⁾ Unterstellte Trockensubstanzgehalte: Fertigkompost 62 %, Frischkompost 61 %, Gärprodukt fest 38 %, Gärprodukt flüssig 5,5 %, Festmist (Rind) 23 %, Gülle (Rind) 8,0 %, Gülle (Schwein) 5,0 %, Hühnertrockenkot 50 %, Stroh 87 %, Gründüngung/Rübenblatt 11 %, Champagnererde (Champost) 30 %.

²⁾ N-anr.: Bei Düngebedarfsermittlung anrechenbarer Stickstoff aus Kompost: N-löslich zzgl. 5 % von N-org. bei Hühnertrockenkot: 50 % von N_{ges}.

k. A. keine Angabe

Tabelle 7: Beispielhafte Gehalte an basisch wirksame Stoffe in organischer Düngern (als CaO) (Abweichungen je nach Herkunft/Ausgangsmaterial) [14, 51, 52, 53, 54]

	Gehalt CaO kg/t FM	Düngung CaO kg/ha ¹⁾
Fertigkompost	24	780
Frischkompost	25	830
Gärprodukt fest	23	460
Gärprodukt flüssig	3,3	90
Festmist (Rind)	4,2	140
Gülle (Rind)	1,5	80
Gülle (Schwein)	1,7	50
Stroh (Getreide)	3,2	20
Hühnertrockenkot	56	672
Champagnererde	30	900

¹⁾ Bei mittleren Aufwandmengen (siehe Fußnoten Tabelle 8)

Tabelle 8: Beispielhafte Mengenermittlung ausgebrachter Inhaltsstoffe bei praxisüblichen Aufwandmengen¹⁾ [14, 51, 52, 53, 54]

	Düngung N-anr. ²⁾ kg/ha	Düngung P ₂ O ₅ kg/ha	Düngung K ₂ O kg/ha	Düngung CaO kg/ha	Düngung Humus-C kg/ha
Fertigkompost	26	126	223	782	2.377
Frischkompost	36	148	259	830	2.083
Gärprodukt fest	60	150	75	460	800
Gärprodukt flüssig	108	60	90	90	170
Festmist (Rind)	35	102	293	140	1.200
Gülle (Rind)	125	100	280	80	600
Gülle (Schwein)	125	80	110	50	150
Hühnertrockenkot	134	207	180	504	378
Stroh	2	20	100	20	600
Gründüngung	60	40	390	k. A.	500
Champagnererde	k. A.	188	240	1200	2160

¹⁾ Mittlere Aufwandmengen: (TM: Trockenmasse, FM: Frischmasse) Fertigkompost: 20 t TM (32,3 t FM) alle drei Jahre, Frischkompost: 20 t TM (32,8 t FM) alle drei Jahre Gärprodukte fest: 7,5 t TM (20 t FM) alle drei Jahre, Gärprodukte flüssig: 1,5 t TM (27 t FM) jährlich, Festmist (Rind): 7,5 t TM (32 t FM) alle drei Jahre, Gülle Rind: 4,5 t TM (60 m³ FM) alle zwei Jahre, Gülle Schwein: 1,5 t TM (30 m³ FM) alle zwei Jahre, Hühnertrockenkot: 4 t TM (9 t FM) in drei Jahren, Stroh: 6 t TM (7 t FM), jährlich Gründüngung/Rübenblatt: 6,6 t TM (60 t FM), Champagnererde: 12 t TM (40 t FM) in drei Jahren,

²⁾ N-anr.: Anrechenbarer Stickstoff aus Kompost: N-löslich zzgl. 5 % von N-org., Hühnertrockenkot: 50 % von Nges. im ersten Jahr

Tabelle 9: Anteil stabiler Humusformen in organischen Düngern [14]

Gründüngung, Rübenblatt, Grünschnitt	< 15 %
Gülle, Stroh, Gärprodukt flüssig	20 – 30 %
Frischkompost, Festmist, Gärprodukt fest	35 – 40 %
Fertigkompost	> 50 %

Tabelle 10: Humus-C-Gehalt organischer Dünger [14]

	Organische Substanz ¹⁾	Organischer Kohlenstoff ²⁾	Anteil Humus-C ³⁾	Humus-C Reproduktion ⁴⁾
Fertigkompost	36 %	21 %	51 %	2,3 t/ha
Gülle (Schwein)	75 %	43 %	21 %	0,1 t/ha
Stroh (Getreide)	85 %	49 %	21 %	0,6 t/ha
Gründüngung, Rübenblatt	90 %	52 %	14 %	0,5 t/ha

¹⁾ Glühverlust in % der Trockenmasse (organische Trockensubstanz)

²⁾ Organisch gebundener Kohlenstoff in % der Trockenmasse (rechnerisch aus Glühverlust x 0,58)

³⁾ Anteil an wirksamem Humus-C am organisch gebundenen Kohlenstoff

⁴⁾ Humusreproduktion bei mittleren Aufwandmengen von Fertigkompost: 32,3 t FM alle 3 Jahre, Schweinegülle 30 m³ alle zwei Jahre, Stroh 7 t, Gründüngung, Rübenblatt 60 t

**Tabelle 11: Düngewirksamer Stickstoff aus Kompost in % der Gesamt-Stickstoffzufuhr
Literaturzusammenstellung im Vergleich, nach [9], geändert**

	Anwendungs- jahr	2. Jahr	3. Jahr	Weitere Jahre (max. 10 Jahre)	Autor
	Anrechenbarer Stickstoff in % der Gesamtzufuhr				
Kompost allg.	10	2-3	2-3	2-3	Peretzki, 1994 [41]
Kompost allg.		2-5	2-5	2-5	Döhler, 1995 [42]
Kompost allg.	0–10	3,5	3,5	3,5	Gutser, 1996 [43]
	Zeitspannen				
Verschiedene Komposte	Insgesamt 12–20 % nach etwa 8 Jahren				Berner, 1999 [44]
Verschiedene Komposte	Insgesamt 12–20 % nach etwa 8 Jahren				Aichberger & Wimmer, 1999 [45]
Bioabfallkompost	0,3–14 % im Durchschnitt von 6 Jahren bei jährlicher Kompostanwendung (Gesamtmittel: 7 %)				Dreher et al., 2001 [46]
Bioabfall- und Grüngutkomposte	kurzfristig (erstmalig bzw. bis zu 3 Jahren) 3–5 % p.a.	bei regelmäßiger Anwendung 20–35 % aus gesamt N			Haber, Kluge et al. [8]

**Tabelle 12 a und b: Humusreproduktionsbedarf humuszehrender und humusmehrender Früchte
Richtwerte in Humusäquivalenten (Häq) je ha Ackerfläche und Jahr für verschiedene
Bewirtschaftungstypen [20]**

Tabelle 12 a: Humusreproduktionsbedarf humuszehrender Früchte

Fruchtarten	Humusreproduktionsbedarf (Häq pro ha und Jahr)		
	Untere Werte	Mittlere Werte	Obere Werte
Hauptfrüchte			
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger	-760	-1.300	-1.840
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse/Gewürz- und Heilpflanzen (siehe Zusatztable [20])	-760	-1.000	-1.240
Silomais, Körnermais und 2. Gruppe Gemüse/ Gewürz/Heilpflanzen (siehe Zusatztable [20])	-560	-800	-1.040
Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse/Gewürz- und Heilpflanzen (siehe Zusatztable [20])	-280	-400	-520

Bedarfsfaktoren für Zucker- und Futterrüben, Getreide, Silo-/Körnermais, Öl- und Faserpflanzen ohne Koppelprodukte; bei den restlichen Fruchtarten ist die Humusersatzleistung der Koppelprodukte im Humusbedarf berücksichtigt.

Tabelle 12 b: Humusreproduktionsleistung humusmehrender Früchte

Fruchtarten	Humusreproduktionsbedarf (Häq pro ha und Jahr)	
	Niedriges Ertragsniveau	hohes Ertragsniveau
Hauptfrüchte		
Körnerleguminosen (incl. Koppelprodukte)	160	
Mehrjähriges Feldfutter		
Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung (siehe Zusatztable [20])) g und 4. Gruppe Gemüse/Gewürz/Heilpflanzen		
Je Hauptnutzungsjahr	600	800
Im Ansaatjahr		
als Frühjahrsblanksaat	400	500
bei Gründeckfrucht	300	400
als Untersaat	200	300
als Sommerblanksaat	100	110
Zwischenfrüchte		
Winterzwischenfrüchte	140	
Stoppelfrüchte	100	
Untersaaten	250	
Brache		
Selbstbegrünung		
ab Herbst	180	
ab Frühjahr des Brachejahres	80	
Gezielte Begrünung ab Sommer der Brachlegung inkl. des folgenden Brachejahres	700	
ab Frühjahr des Brachejahres	400	

Tabelle 13: Beispiele für Humusbilanzen [20]

Humusverbrauch ¹⁾	kg Humus-C/ha ¹⁾
Blumenkohl ²⁾	-760 bis -1.240
Porree ²⁾	-760 bis -1.240
Feldsalat ²⁾	-280 bis -520
Gurke ²⁾	-760 bis -1.240
Gesamt	-2.560 bis -4.240
Humuszufuhr	kg Humus-C/ha
32 t Fertigkompost i.d. FM	+2.370
Humusbilanz der Fruchtfolge	-190 bis -1.870

Humusverbrauch ¹⁾	kg Humus-C/ha ¹⁾
Zuckerrüben	-760 bis -1.840
Winterweizen	-280 bis -520
Wintergerste ³⁾	-280 bis -520
Gesamt	-1.320 bis -2.880
Humuszufuhr	kg Humus-C/ha
Stroh (Wintergerste) ⁴⁾	+650
Zwischenfrucht (Senf)	+140
Gesamt	+790
Humusbilanz der Fruchtfolge	-530 bis -2.090

Humusverbrauch ¹⁾	kg Humus-C/ha ¹⁾
Triticale (Ganzpflanzenernte)	-280 bis -520
Silomais ²⁾	-560 bis -1.040
Silomais	-560 bis -1.040
Gesamt	-1.400 bis -2.600
Humuszufuhr	kg Humus-C/ha
Zwischenfrucht	+140
Humusbilanz der Fruchtfolge	-1.260 bis -2.460

Humusverbrauch ¹⁾	kg Humus-C/ha ¹⁾
Raps ²⁾	-280 bis -520
Winterweizen	-280 bis -520
Winterweizen	-280 bis -520
Wintergerste ³⁾	-280 bis -520
Gesamt	-1.120 bis -2.080
Humuszufuhr	kg Humus-C/ha
Stroh (Weizen, Gerste) ⁴⁾	+1.300
Humusbilanz der Fruchtfolge	+180 bis -780

¹⁾ Untere Werte: Böden im guten Kulturzustand, Beratungsempfehlung für ertragsschwache Standorte.
Obere Werte: Böden im schlechten Kulturzustand oder ökologischer Landbau.

²⁾ Humusersatzleistung der Ernterückstände (ausgenommen Stroh und Rübenblatt) ist im Humusbedarf bereits berücksichtigt. [20],

³⁾ Strohverkauf,

⁴⁾ 6,5 t Stroh 100 kg Humus-C/t Substrat

Tabelle 14: Untersuchungswerte zu organischen Schadstoffen in Komposten

Stoff	Herkunft	Werte aus Kompostuntersuchungen ^{1), 2), 3)}
		Bioabfallkompost
Organische Halogenverbindungen		
Dioxine und Furane PCDD/F + dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle dl PCB	unvollständige Verbrennungsprozesse in Gegenwart von Chlor	5,41 ng/kg TM + 2,04 ng/kg TM ¹⁾
Polychlorierte Biphenyle PCB ₆	vielfältige Anwendung (Getriebeöl, Klebstoff, Flammschutzmittel)	0,017 mg/kg TM ¹⁾ 0,035 mg/kg TM ²⁾
Hexachlorbenzol		1,13 µg/kg TM ¹⁾ 0,13 µg/kg TM ²⁾
Triclosan	Desinfektionsmittel z. B. in Zahnpasta	< 3–8 µg/kg TM ¹⁾ < 1,5–11,6 µg/kg TM ²⁾ (in 4 von 19 Proben nachgewiesen) 2,65 µg/kg TM ³⁾
Polybromierte Diphenylether PBDE	Flammhemmender Zusatz von Produkten z. B. Computer, Fernseher, ...	12,3 µg/kg TM ¹⁾ 13,6 µg/kg TM ²⁾
Perfluorooctansulfonat PFOS + Perfluorooctansäure PFOA		< BG (2 µg/kg TM) ¹⁾ 8,7 µg/kg TM ³⁾
Polyfluorierte Chemikalien Summe PFC		< BG (10 Verbindungen wurden untersucht) ¹⁾ 9,52 µg/kg TM (15 Verbindungen) ³⁾
Aromaten		
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK ₁₆	Produkt unvollständiger Verbrennungsprozesse	2,44 mg/kg TM ¹⁾ 2,4 mg/kg TM ²⁾ 1,45 mg/kg TM ³⁾
Diethylhexylphthalat DEHP	Weichmacher für Kunststoffe	3,3 mg/kg TM ¹⁾ 1,4 mg/kg TM ²⁾ 1,58 mg/kg TM ³⁾
Bisphenol-A	Herstellung von Polycarbonaten	< 0,01–0,143 mg/kg TM ¹⁾
Tetrabrombisphenol A	Flammschutzmittel in vielen Kunststoffen	1,3 µg/kg TM ²⁾
Nonylphenol NP	Reinigungsmittel, Dispersionsfarbe, Lebensmittel	< 0,1–0,16 mg/kg TM ¹⁾ 0,822 mg/kg TM ²⁾
Lineare Alkylbenzolsulfonate LAS	Reinigungsmittel	< 0,05–1,2 mg/kg TM (3 von 11 über BG) ¹⁾ 18 mg/kg TS ⁶⁾
Biphenyl	Konservierungsmittel auf Schalen von Zitrusfrüchten	< BG (10 µg/kg TM) ¹⁾
Sonstige		
Moschusverbindungen	Kosmetika, Körperpflegemittel, Reinigungsmittel, synthetische Duftstoffe	< 3–30 µg/kg TM ¹⁾ Tonalid (AHTN): 23 µg/kg TS ²⁾
Zinnorganische Verbindungen	Bakterizide, Antifoulingmittel, Pestizide, Stabilisatoren in Kunststoffen	Monobutylzinn: < 1–13 µg/kg TM Monooktylzinn: < 1–20 µg/kg TM ¹⁾

¹⁾ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Verwertung biogener Abfälle: Rückstände, Schadstoffgehalte und Hygieneparameter, September 2015 (n: Biogutkompost: 7, Grüngutkompost: 10, Mittelwerte) [29]

²⁾ Kuch, B.; Rupp, S.; Fischer, K.; Kranert, M.; Metzger, J.W.: Forschungsbericht FZKA-BWPLUS Untersuchungen von Komposten auf organische Schadstoffe in Baden-Württemberg, Februar 2007 (n: Biogutkompost: 19, Grüngutkompost: 5) [28]

³⁾ Zwiener, C.; Merel, S.: Schadstoff-Screening in Kompost und Gärresten, Juni 2017 (n: Biogutkompost: 4, Grüngutkompost: 4) [30]

⁴⁾ DüMV – Düngemittelverordnung – Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln, 5. Dezember 2012 (BGBl. Nr. 58 vom 13.12.2012 S. 2482; 27.05.2015 S. 886; 12.04.2017 S. 842; 05.05.2017 S. 1068; 26.05.2017 S. 1305) [10]

⁵⁾ Schinner, F.; Sonnleitner, R.: Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik, Band III, Springer Verlag, 1997 [49]

	Werte aus Kompostuntersuchungen ^{1), 2), 3)}	Bemerkungen
	Grünabfallkompost	
	4,48 ng/kg TM + 2,3 ng/kg TM ¹⁾	Grenzwert Düngemittelverordnung 30 ng/kg TM, bei Anwendung auf Grünland und Ackerfutterflächen: 8 ng/kg TM (WHO-TEQ 2005) ⁴⁾
	0,015 mg/kg TM ¹⁾ 0,022 mg/kg TM ²⁾	Konzentrationsrückgang bei Biogutkomposten (Mittelwert von 2013/14 gegenüber dem Jahr 2000: -73 %) deutlicher ausgeprägt als bei Grüngutkompost (-51 %) ¹⁾
	1,19 µg/kg TS ¹⁾ 0,06 µg/kg TS ²⁾	Altstoff, kommt noch atmosphärisch vor
	< BG (3 µg/kg TM) ¹⁾ n. n. ²⁾ < BG (1,3 µg/kg TM) ³⁾	mittlere Konzentration in Klärschlämmen von 742 µg/kg TS ³⁾
	10,1 µg/kg TM ¹⁾ 7,4 µg/kg TM ²⁾	
	< 2–2,4 µg/kg TM ¹⁾ 7,1 µg/kg TM ³⁾	Grenzwert der Düngemittelverordnung (2012): 100 µg/kg TM ⁴⁾
	von 10 untersuchten Verbindungen ein Befund von 2,4 µg/kg TM (EW) ¹⁾ 4,45 µg/kg TM (15 Verbindungen) ³⁾	
	2,09 mg/kg TS ¹⁾ 2,17 mg/kg TS ²⁾ 2,45 mg/kg TM ³⁾	unbeeinflusste Ackerböden: < 1 mg/kg TM ^{2), 5)} Böden in Ballungsgebieten: 1-5 mg/kg TM ^{2), 5)} Belastete Böden: > 100 mg/kg TM ⁵⁾
	1,9 mg/kg TM ¹⁾ 1,5 mg/kg TM ²⁾ 0,25 mg/kg TM ³⁾	Böden 0,3–0,7 mg/kg TM (atmosphärischer Eintrag) ⁶⁾ Haustaub (Median): 416–740 mg/kg TM ⁸⁾
	< 0,01–0,167 mg/kg TM ¹⁾	endokrin wirksam, Abbau unter aeroben Bedingungen (2–7 Tage) ⁹⁾
	< 0,7–1,9 µg/kg TM ²⁾	Kompost Schweden: < 15–18,5 µg/kg TM, n=5 ¹⁰⁾ Kompost Schweiz: 0,51 µg/kg TM, Median, n=18 ¹⁰⁾
	0,13 mg/kg TS ¹⁾ 0,132 mg/kg TS ²⁾	Minderungspotenzial ist weiter auszuschöpfen, es besteht kein gesetzlicher Grenzwert, Grenzwertvorschlag: 50–100 mg/kg TS ⁶⁾
	< 0,05 mg/kg TM ¹⁾	Substitution durch besser abbaubare Substanzen, Abbau unter aeroben Bedingungen
	< BG (10 µg/kg TM) ¹⁾	wurde aus der Liste zulässiger Oberflächenbehandlungsmittel gestrichen, als Schädlingsbekämpfungsmittel in der EU nicht zulässig
	< BG (3 µg/kg TM) ¹⁾ Tonalid (AHTN): n. n. ²⁾	für Bioabfälle nicht relevant, sehr variierendes Auftreten
	Monobutylzinn: < 1–6,4 µg/kg TM Monooktylzinn: < BG (1 µg/kg TM) ¹⁾	stark unterschiedliche Toxizität, Eintragspfad auch über Elution aus Kunststoffen

⁶⁾ UBA Studie: Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft bei Düngung und Abfallverwertung, Umweltbundesamt, Dessau, 2007 [27]

⁷⁾ Freudenschuß, A.; Obersteiner, E.; Uhl, M.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden, Umweltbundesamt, Wien, 2008 [31]

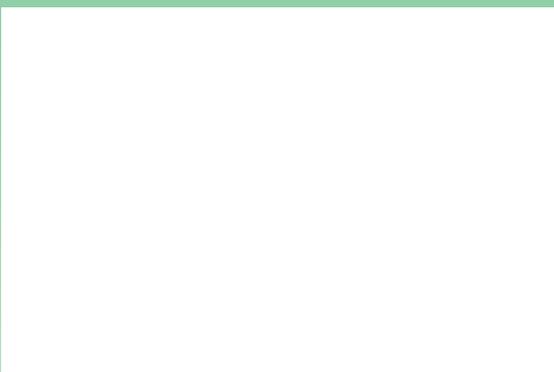
⁸⁾ Umweltbundesamt: Phthalat-Belastung der Bevölkerung in Deutschland: expositionsrelevante Quellen, Aufnahmepfade und Toxikokinetik am Beispiel von DEHP und DINP, Band 1, 01/2012 [34]

⁹⁾ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Bisphenol-A (BPA) Stoffinformation, 2012 [38]

¹⁰⁾ Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Biokompost n = 19, Grüngutkompost n = 5 [28]
TM: Trockensubstanz, BG: Bestimmungsgrenze, n. n.: nicht nachgewiesen

www.kompost.de

Überreicht durch:



Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.
Von-der-Wettern-Straße 25
51149 Köln

Tel.: 0 22 03/358 37-0
Fax: 0 22 03/358 37-12
Email: info@kompost.de
Internet: www.kompost.de