



Bauhaus-Universität
Weimar
Professur
Siedlungswasserwirtschaft



Bildungs- und Demonstrati-
ons-zentrum für dezentrale
Abwasserbehandlung e.V.



Stadtverband Leipzig der
Kleingärtner e.V.

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt:

Möglichkeiten zur Schaffung eines hygienisch einwandfreien, um- weltverträglichen und nachhaltigen Umgangs mit Fäkalien in Kleingärten

Machbarkeitsstudie am Beispiel Leipzig

Auftraggeber:



Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. J. Londong
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Siedlungswasserwirtschaft

Projektpartner: Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasser-
behandlung e.V.

Stadtverband Leipzig der Kleingärtner e.V.

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. J. Alexeeva-Steiniger Bauhaus-Universität Weimar

Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt



AZ	28834	Referat	23	Fördersumme	53227,00 €
----	--------------	---------	-----------	-------------	-------------------

Antragstitel Möglichkeiten zur Schaffung eines hygienisch einwandfreien, umweltverträglichen und nachhaltigen Umgangs mit Fäkalien in Kleingärten (Machbarkeitsstudie am Beispiel Leipzig)

Stichworte Kleingärten, Entsorgungskonzepte, Fäkalien

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
12 Monate	01.04.2011	31.03.2012	1

Bewilligungsempfänger	Bauhaus-Universität Weimar	Tel:03643 / 584615
	Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft	Fax:03643 / 584648
	Coudraystr. 7	Projektleitung
	99423 Weimar	Herr Prof. Londong
		Bearbeiter
		J.Alexeeva-Steiniger

Kooperationspartner **Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung e.V. (BDZ)**
An der Luppe 2
04178 Leipzig
Stadtverband Leipzig der Kleingärtner e.V.
Zschochersche Str. 62
04229 Leipzig

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

In Deutschland stellen Kleingärten einen festen Bestandteil des urbanen Lebensraums dar und erfüllen städtebauliche, soziale und ökologische Funktionen. Bundesweit gibt es ca. 1,3 Millionen Kleingärten, die insgesamt ca. 50 Tsd. ha umfassen. Die letzte bundesweite Bestandserfassung zur Situation im Kleingartenwesen hat demonstriert, dass gesellschaftliche, wirtschaftliche und soziale Veränderungen auch im Kleingartenwesen einen Wandel bewirken im Sinne, dass die Anforderungen nach mehr Komfort bestehen. Im bundesweiten Mittel verfügen 88% der Kleingärten über einen Wasseranschluss, 33% über eine Wasserspültoilette (Tendenz steigend) und 34% über eine Trockentoilette (Tendenz sinkend).

Die Studie widmet sich der Problematik der Fäkalienentsorgung aus den Kleingärten. Das Oberziel des Vorhabens ist, die nachhaltige Nutzung von Kleingärten zu befördern, indem das Kleingartenwesen unter Beachtung der Regelungen des Kleingartengesetzes modernisiert und attraktiver gemacht wird. Im Einzelnen sind die technisch möglichen Fäkalienentsorgungskonzepte zu eruieren und hinsichtlich ihrer rechtlichen Konformität (v.a. BkleingG), ihrer Umweltverträglichkeit (Reduzierung der Emissionen, Hygienische Unbedenklichkeit) und ihrer ökonomischen Tragbarkeit (Kosten der Umsetzung) zu beurteilen. Die Hindernisse und Hemmnisse zur Umsetzung technischer Konzepte sind zu identifizieren und auf deren Basis der Demonstrationsbedarf zu ermitteln.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Auf Basis der Auswertung vorhandener Studien zur sanitären Situation in Kleingärten und einer Vor-Ort-Erhebung (Fragebogenaktion, Workshop mit Kleingärtnern) wurden Handlungsschwerpunkte identifiziert und Anforderungen der Nutzer an ein Fäkalienentsorgungskonzept ermittelt. Die enge Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Stadtverband Leipzig der Kleingärtner e.V. und dem Kleingartenverein „Seilbahn“ e.V. half die Untersuchung möglichst praxisorientiert zu durchführen. Mit Hilfe von BDZ wurden Kontakte zur Stadtverwaltung Leipzig (Verkehrs- und Tiefbauamt, Sachgebiete Abwasserbeseitigung und Abfall) sowie zum Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Freistaat Sachsen geknüpft, um zum einen rechtlichen Rahmen bezüglich Abwasser- / Fäkalienbeseitigung in Kleingartenanlagen zu klären, zum anderen die Anforderungen seitens der Behörden an ein Entsorgungskonzept zu erfassen.

Auf Grundlage einer umfassenden Literatur- und Internetrecherche wurden verfahrenstechnische Konzepte zur Fäkalienentsorgung aus Kleingartenanlagen formuliert und allgemeingültige Kostenaufstellungen zu jedem Konzept ausgearbeitet. Unter Berücksichtigung der erfassten sowie ermittelten Anforderungen der Endnutzer und der Behörden an ein Entsorgungskonzept in Kleingartenanlagen und unter der Beachtung der Projektziele (v.a. die Umweltverträglichkeit) wurde eine Kriterienmatrix zur Bewertung der ausgewählten Konzepte erarbeitet und angewandt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Vorhabens wurden Wasser verwendende und wasserlose Entsorgungskonzepte betrachtet. Die Konzepte mit der Behandlung der Abwässer in einer Kleingartenanlage wurde aufgrund Besonderheiten der Kleingartennutzung (starke hydraulische Schwankungen, hoher Urinanteil im Abwasser, keine fachliche Betreuung möglich, die Zuständigkeit aufgrund freizeitlichen Nutzung der Kleingärten schwierig) bei der Vorauswahl aus der Betrachtung ausgeschlossen. Bei wasserlosen Konzepten wurde die Betrachtung auf Urin separierende Erfassungssysteme (Trockentrenntoiletten) begrenzt, da diese eine bessere Handhabung (Geruchsfreiheit) und Vorteile für anschließende Behandlung und Verwertung bieten.

Nach der Vorauswahl konzentrierte sich die Betrachtung auf vier Entsorgungskonzepten: innere Erschließung und Anschluss an Kanal; Sammelgruben auf einzelnen Parzellen, Erfassung mittels Trockentrenntoiletten mit interner Behandlung und Verwertung der Fäkalien im Kleingarten (Behandlungsvarianten: Heißkompostierung, Wurmkompostierung, Terra Preta); Erfassung mittels Trockentrenntoiletten mit Abfuhr zur zentralen Entsorgung.

Alle betrachteten Entsorgungskonzepte tragen (durch Elimination der Nährstoffe oder ihre stoffliche Verwertung zur Düngung) zur Reduktion der Emissionen in die Gewässer bei. Anhand der Kalkulation des Düngemittelbedarfes eines durchschnittlichen Kleingartens wurde belegt, dass im Kleingarten anfallende Fäkalien im Rahmen einer sachgemäßen Düngung restlos aufgebracht werden können. Das Erreichen der hygienischen Unbedenklichkeit der Fäkalikomposte ist auch bei kleinskaliger Behandlung möglich (Heißkompostierung mit Zusatz von Industriezucker; Kaltrotte, Wurmkompostierung und Terra Preta - Behandlungsdauer >1,5a).

Die technische Realisierbarkeit der Konzepte unter der Bedingung vertretbarer Kosten ist unterschiedlich. Das Konzept „Kanalanschluss“ ist technisch realisierbar und ökonomisch tragbar unter der Bedingung der günstigen Topografie des Standortes. Das Konzept „Sammelgruben“ erfordert Standortvoraussetzungen wie die Zufahrtmöglichkeit für das Entsorgungsfahrzeug und maximaler Grundwasserstand nach Herstellerangaben. Die wasserlosen Entsorgungskonzepte mit interner Verwertung sind in ihrer Realisierung an keine Standortbedingungen geknüpft.

Ein genereller Kostenvergleich aller Konzepte ist nicht möglich. Die vorliegenden Kostenbetrachtungen der oben benannten Entsorgungskonzepte erlauben jedoch die Aussage, dass die sachgemäße Errichtung der Sammelgruben (mit DIBT-Zulassung und regelmäßigem Dichtigkeitsnachweis) die mit Abstand kostenintensivste Entsorgungsvariante darstellt. Bei wasserlosen Konzepten mit interner Verwertung der Fäkalien bietet die gemeinschaftliche Behandlung der Fäkalien in Vereinseigenen Anlagen verfahrenstechnische und finanzielle Vorteile (Einsparpotential). Während bei Konzepten „Kanalanschluss“ und „Sammelgrube“ finanzielle Mittel langfristig gebunden werden (überwiegend einmalige Errichtungskosten), fallen bei wasserlosen Entsorgungskonzepten häufigere aber bedeutend niedrigere (Re)Investitionen an. Aus dieser Hinsicht erscheinen sie flexibler bezüglich der Problematik wachsender Leerstände.

Die Nachteile der Entsorgungskonzepte mit interner Verwertung liegen seitens der Nutzer in der niedrigen Akzeptanz der wasserlosen Erfassungssysteme und dem Unwillen, sich mit der Fäkalienbehandlung zu befassen, seitens der Behörden in der fehlenden rechtlichen Regelung der Zuständigkeiten sowie in der schlechten Praktikabilität der Kontrolle der sachgemäßen Konzeptumsetzung in einzelnen Kleingartenanlagen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Im Rahmen des Projektes wurde ein Workshop im Kleingartenverein „Seilbahn“ in Leipzig (Projektpartner) durchgeführt. Die Mitglieder des Vereines wurden über allgemeine Entsorgungsproblematik in Kleingärten informiert sowie die Ziele und Inhalte des Projektes erläutert. Die Zwischenergebnisse wurden in regelmäßigen Projekttreffen sowie auf der jährlichen Veranstaltung der Kleingartenfachberater am 27.10.2011 in Leipzig präsentiert.

Zusammenfassung

Die Studie widmete sich der Problematik der Fäkalienentsorgung aus den Kleingärten. Das Oberziel des Vorhabens war, technisch mögliche Fäkalienentsorgungskonzepte zu beschreiben und diese mit besonderem Augenmerk auf ihre Realisierbarkeit in Kleingartenanlagen und ihre Umweltverträglichkeit zu bewerten. Für die Erarbeitung der Bewertungskriterien wurden die Vorgaben der Kleingärtner als Endnutzer der Konzepte und die Anforderungen der Vollzugsbehörden ermittelt und berücksichtigt. Als wichtige Anforderungen seitens der Nutzer wurden „Erhöhung des Komforts im Sinne der Toilette auf eigener Parzelle“, „Geruchsfreiheit“ und „einfache Handhabung“ ermittelt. Für die Behörden haben rechtliche Konformität, technische Reife (Stand der Technik) und gute Kontrollierbarkeit der Konzepte eine ausschlaggebende Bedeutung.

Auf Grundlage bisheriger Studien bezüglich der Abwasserproblematik in Kleingartenanlagen wurde eine Vorauswahl der Konzepte zur Fäkalienentsorgung aus Kleingartenanlagen getroffen: innere Erschließung und Anschluss an Kanal; Sammelgruben auf einzelnen Parzellen, Erfassung mittels Trockentrenntoiletten mit interner Behandlung und Verwertung der Fäkalien im Kleingarten (Behandlungsvarianten: Heißkompostierung, Wurmkompostierung, Terra Preta); Erfassung mittels Trockentrenntoiletten mit Abfuhr zur zentralen Entsorgung (Kläranlage).

Die technische Realisierung der Konzepte „Kanalanschluss“, „Sammelgruben“ und „NASS – zentrale Verwertung“ (Variante „getrennte Speicherung in Gruben auf Einzelparzellen“) ist stark von den Standortbedingungen abhängig. Das Konzept „NASS – interne Verwertung“ ist unabhängig von den Standortbedingungen realisierbar.

Ein allgemein gültiger Kostenvergleich der Konzepte ist aus verschiedenen Gründen (vorliegende Standortbedingungen, lokale Nachfrage bzw. Angebot für Materialien und Leistungen, Größe des KGV) nicht möglich. Dem Bericht liegt ein EXEL-Tool zur überschlägigen Berechnung der Kosten für vier betrachtete Entsorgungskonzepte auf der Ebene eines KGV bei.

Durch einmalige hohe Investitionen und lange Lebensdauer der Anlagen sind die Konzepte „Kanalanschluss“ und „Sammelgruben“ im Hinblick auf wachsende Leerstände in Kleingartenanlagen unflexibel und mit Risiko verbunden. Das Konzept „NASS – interne Verwertung“ ist aufgrund kürzerer Reinvestitionsperioden und insgesamt niedrigerer (Re-)Investitionshöhen flexibler bei Zunahme von Leerständen.

Die Umweltverträglichkeit bezieht sich in der vorliegenden Studie auf sachgemäße Elimination bzw. sachgemäße stoffliche Verwertung der Nährstoffe aus Fäkalien sowie auf ausreichende Reduzierung des gesundheitlichen Risikos. In dieser Hinsicht sind alle betrachteten Entsorgungskonzepte als umweltverträglich zu bewerten. Die Ressourceneffizienz wird nur im Konzept „NASS- interne Verwertung“ erreicht.

Im Gegensatz zu Konzepten mit zentraler Behandlung ist die umweltverträgliche Umsetzung des Konzeptes „NASS – interne Verwertung“ behördlich nur schwer kontrollierbar. Es gibt keine gesetzlichen Vorgaben für Kleingärten, die die Modalitäten der Kontrolle (Zuständigkeit, Art der Kontrolle, Grenzwerte, Häufigkeit, etc.) regeln. Ein weiterer Nachteil dieses Entsorgungskonzeptes ist nach wie vor die niedrige Akzeptanz durch die Endnutzer. Diese betrifft zum einen die Trockentoilette als Sammelsystem, zum anderen spielt bei vielen Nutzern der nicht zu vermeidende Kontakt mit den Exkrementen bei der Behandlung und der Ausbringung eine negative Rolle.

Daher wird es empfohlen an mehreren Standorten (bundesweit) Demonstrationsanlagen in Kleingartenanlagen zu errichten, anhand derer heute noch nicht übliche, aber aussichtsreiche Konzepte vorgestellt und weiter untersucht werden. Der größte Bedarf hierfür wird für die Konzepte „NASS – semizentrale Behandlung und interne Verwertung in Kleingartenanlagen“ und „NASS – zentrale Verwertung“ (mit Einbindung in ein größeres Biomasse-Verwertungskonzept) gesehen.

Das vorliegende Projekt mit dem Aktenzeichen 28834 wird unterstützt von dem BDZ – Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung – e.V. sowie dem Stadtverband Leipzig der Kleingärtner e.V. Die Fördermittel wurden freundlicherweise von der DBU – Deutschen Bundesstiftung Umwelt – zur Verfügung gestellt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Begründung der Problematik	2
3	Bestandserfassung.....	4
3.1	Kleingartenwesen: IST-Situation	5
3.2	Ermittlung der Zielvorgaben.....	8
3.2.1	Vorgaben der Behörden	8
3.2.2	Vorgaben der Endnutzer	9
4	Technische Konzepte.....	13
4.1	Systematisierung der Fäkalienentsorgungskonzepte in Kleingärten	13
4.2	Betrachtungsgrenzen: Vorauswahl der Konzepte	13
4.2.1	Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoilette mit anschließender stofflichen Verwertung in zentralen Anlagen	15
4.3	Verfahrenstechnische Beschreibung der ausgewählten Entsorgungskonzepte	17
4.3.1	Konzept 1: Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation.....	17
4.3.2	Konzept 2: Sammlung der Fäkalien in abflusslosen Sammelgruben auf den Kleingartenparzellen mit anschließender Abfuhr zur Kläranlage.....	21
4.3.3	Konzept 3: Getrennte Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten mit anschließender interner Behandlung und Verwertung zur Düngung	25
4.3.4	Konzept 4: Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoilette, semizentrale Lagerung mit anschließender Abfuhr zur zentralen Behandlung.....	34
4.4	Bewertung der Konzepte.....	37
4.4.1	Erfassung	37
4.4.2	Transport	37
4.4.3	Behandlung.....	38
4.4.4	Gesamtkonzeptbetrachtung.....	43
5	Demonstration	51
6	Fazit	55
7	Literaturverzeichnis.....	59
Anhang 1:	Zusätzliche Erläuterungen zu technischen Beschreibungen der Fäkalienentsorgungskonzepte.....	A-2
Anhang 1.1:	Konzept „Kanalanschluss“	A-2
Anhang 1.2:	Konzept „NASS – interne Verwertung“	A-4
Anhang 2:	Kostenvergleichsrechnung für einen Muster-KGV.....	A-7
Anhang 3:	Marktanalyse.....	A-24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Parzellengröße nach Angaben der Pächter (Quelle: Buhtz et al., 2008)	5
Abbildung 2: Ver- und Entsorgung in Einzelgärten nach Angaben der Pächter (Quelle: Buhtz et al., 2008)	6
Abbildung 3: Art der Abwasserentsorgung in Kleingärten in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006)	7
Abbildung 4: Häufigkeit und Art der Toilettennutzung im Kleingarten, eigene Erhebungen im KGV „Seilbahn“ (Leipzig)	8
Abbildung 5: Flipcharts vom Workshop im KGV „Seilbahn“: Priorisierung der Anforderungen der Nutzer an ein Entsorgungskonzept für Kleingarten	11
Abbildung 6: Auswertung der Ergebnisse des Workshops im KGV „Seilbahn“: Priorisierung der Anforderungen der Nutzer an ein Entsorgungskonzept für Kleingarten	11
Abbildung 7: Systematisierung der Konzepte zur Entsorgung der Fäkalien in Kleingärten	13
Abbildung 8: Systematisierung der Trockentoilettensysteme mit Modellbeispielen	14
Abbildung 9: Konzept „Innere Erschließung, Anschluss an Kanal“	17
Abbildung 10: Prinzip der Anordnung einer Revisionsöffnung (Quelle: Fa. Fabekun)	19
Abbildung 11: Konzept „Abflusslose Sammelgruben“	21
Abbildung 12: Konzept 3: „NASS - interne Behandlung und Verwertung“	25
Abbildung 13: Heißkompostierung der Fäkalien in Kleinmengen (Eigene Darstellung nach www.ecovia.ch)	27
Abbildung 14: Konzept 4 „NASS – zentrale Entsorgung“, Variante A	34
Abbildung 15: Konzept 4 „NASS – zentrale Entsorgung“, Variante B	35
Abbildung 16: Goldgrube Kunststoff, Modell K-KK (Quelle: Holzapfel & Konsorten)	35
Abbildung 18: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei dem Konzept „Kanalanschluss“	47
Abbildung 19: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei dem Konzept „Abflusslose Sammelgruben“	47
Abbildung 20: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei den Konzeptvarianten „NASS + interne Verwertung im KG“	47
Abbildung 20: Vergleich der Projektbarwerte (Balken – Mittelwerte, Spanne Min/Max-Werte) verschiedener Entsorgungskonzepte für einen Muster-KGV (nicht übertragbar, Erläuterungen im Anhang 2)	49
Abbildung 21: Summe der Ausgaben pro KG-Parzelle für die Realisierung verschiedener Entsorgungskonzepte über den Bewertungszeitraum von 50 a, Beispielhafte Berechnung für ein Muster-KGV (nicht übertragbar, Erläuterungen im Anhang 2)	49
Abbildung 23: integrierter Demonstrationsansatz: Schaugärten + öffentlichen Toilettenanlage	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien zur Bewertung technischer Entsorgungskonzepte	12
Tabelle 2: Investitionskosten (Material und Errichtung), laufende und wiederkehrende Kosten für das Konzept „Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation“	20
Tabelle 3: Anforderungen an die Zugängigkeit verschiedener Sammelgrubentypen	22
Tabelle 4: Investitionskosten (Material und Errichtung), laufende und wiederkehrende Kosten für das Konzept „Abflusslose Sammelgruben“	24
Tabelle 5: Empfehlungen zu Aufbringungsmengen des Fäzeskompostes und des Urins unter Berücksichtigung unterschiedlichen Nährstoffbedarfs der Gartenkulturen (Zusammenfassung aus Müller, 2012)	32
Tabelle 6: Erforderliche Mengen an Fäzeskompost und Urin zur P- und N-Düngung in Kleingärten	32
Tabelle 7: Investitionskosten (Material und Errichtung) und laufende Kosten für das Konzept „NASS – interne Verwertung im Kleingarten“	33
Tabelle 8: Investitionskosten (Material und Errichtung) und laufende Kosten für das Konzept „NASS – zentrale Entsorgung“	36
Tabelle 9: Zeiträume für 90%ige Reduktion ausgewählter Pathogenen bei der Lagerung der Fäzes, T 20°C (Quellen: Kowal, 1985, zit. in Schönning and Stenström, 2004, Arnbjerg-Nielsen et al. 2005, zit. in Schönning and Stenström, 2007)	40
Tabelle 10: Empfehlungen für Lagerung trockener Exkremente und Fäkalschlamm bei kleinskaliger Behandlung (Einzelhaushalte) (WHO, 2006, Kap. 4.4.3.)	40
Tabelle 11: Veränderung ausgewählter mikrobiologischer Parameter während der Kompostierung (schwarz) bzw. Wurmkompostierung (grün) der Fäzes haltiger Substrate (Literaturdaten, eigene Zusammensetzung)	41
Tabelle 12: Bewertung der Konzeptkomponenten „Erfassung“, „Transport“ und Behandlung“	42
Tabelle 13: Gegenüberstellung der Schwermetallgehalte in rohen Fäzes bzw. Fäkalkomposten den Grenzwerten nach BioAbfV und AbfKlärV	44
Tabelle 14: Angaben zu durchschnittlicher Nutzungsdauer der Anlagen für die Entsorgungskonzepte aus den Kleingartenanlagen	46
Tabelle 15: Bewertung der Gesamtkonzepte	50
Tabelle 16: Kostenplan für die Errichtung der Demonstrationsanlage	53
Tabelle 17: Untersuchungsprogramm im Rahmen der Schaugarten-Demonstration, Entwurf	54

Abkürzungsverzeichnis

BDG	Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V.
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BKleingG	Bundeskleingartengesetz
BMVBS	Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
C	Kohlenstoff
d	Tag
DN	Diameter nominal
DüngG	Düngegesetz
DüngMV	Düngemittelverordnung
DüV	Düngeverordnung
EG	Einwohnergleichwerte
FM	Frischmasse
h	Stunde
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
i.d.R.	In der Regel
K	Kalium
KGA	Kleingartenanlage
KGV	Kleingartenverein
KrW/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz Gesetz
KWL	Kommunalen Wasserwerken Leipzig GmbH
N	Stickstoff
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
NH ₄ ⁺	Ammonium
NH ₃	Ammoniak
NO ₂ ⁻	Nitrit
oTR	Organischer Trockenrückstand
P	Phosphor
T	Temperatur
TASi	Technischen Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen
TC	Trockentoilette
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff
TR	Trockenrückstand
TS	Trockensubstanz
TTC	Trockentrenntoilette
WC	Wassertoilette
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

1 Einleitung

Der Umgang mit Fäkalien und Abwässer in Kleingärten ist Teil der komplexen Problematik des Kleingartenwesens in Deutschland und der Änderungen im Bundeskleingartengesetzes. Der Wandel der Zeit äußert sich in verändertem Nutzungscharakter und in neuen Anforderungen seitens der Nutzer an die Ausstattung der Kleingärten. Der Trend zu steigenden Standards bei der Ausstattung der Gartenlauben ist ungebrochen. Nach der letzten bundesweiten Bestanderfassung der Situation im Kleingartenwesen verfügen 88% der Kleingärten über einen Wasseranschluss. Die Abwasserentsorgung aus Kleingärten gewinnt neben der reinen Fäkalienentsorgung an Bedeutung. Der rechtliche Handlungsbedarf in dieser Hinsicht wird aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 2009) abgeleitet. Das WHG fordert die Minderung des Schadstoffeintrages aus Abwasser entsprechend dem Stand der Technik. Die Einleitung von ungereinigtem Abwassers in ein Oberflächengewässer oder das Grundwasser ist untersagt.

Die technischen Möglichkeiten zur Behandlung von Abwasser in Kleingärten sind vielfältig und wurden bereits in mehreren Studien beschrieben. Ihre Umweltverträglichkeit und Eignung zur Umsetzung der Ziele des Wasserhaushaltsgesetzes ist jedoch immer an bestimmte Randbedingungen geknüpft. Auch der Anschluss an einen Kanal ist z.B. nur dann emissionsreduzierend, wenn die Abwasserleitungen nachweislich dicht sind und am Ende des Kanals tatsächlich eine Abwasserreinigung nach dem Stand der Technik erfolgt.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, die technischen Konzepte in ihrer Umsetzbarkeit unter Beachtung der Besonderheiten der Kleingartennutzung (Freizeit, kurze Aufenthalte) und des Kleingartenwesens (äußerst geringe Kosten, Trend zum Erbringen von Facharbeiten in Eigenleistung, stark begrenzte Kontrollierbarkeit der Einzelgärten) zu bewerten und die Schlüsselbedingungen für ihre gute Umweltverträglichkeit zu ermitteln und hervorzuheben. Das Ziel ist nicht ein optimales Konzept zu finden, sondern das vorhandene Wissen zusammenzutragen um im Prozess der Entscheidungsfindung die Behörden einerseits und die Kleingärtner andererseits kompetent mit Informationen zu unterstützen.

Die Studie gliedert sich in vier Teile: (A) Ermittlung der Grundlagen, wobei die Ermittlung der Anforderungen seitens der Endnutzer und seitens der Behörden eine zentrale Stelle einnehmen (Kapitel 2 und 3); (B) Vorauswahl der technisch möglichen Entsorgungskonzepte (Kapitel 4.1 und 4.2) und detaillierte Beschreibung ausgewählter Konzepte (Kapitel 4.3); (C) Bewertung ausgewählter Konzepte nach verschiedenen Kriterien (Kapitel 4.4) und schließlich (D) Ableitungen von Empfehlungen für Demonstrationsanlagen (Kapitel 5).

Jedes technische Konzept ist mit Kosten verbunden. Für die meisten Kleingärtner sind diese nicht abschätzbar: Ein wesentlicher Grund, warum sie nicht bereit sind, sich mit Lösungen zur ordnungsgemäßen Fäkalien- und Abwasserentsorgung zu befassen und behördlichen Forderungen mit Unverständnis und Ablehnung begegnen. Daher nimmt die Kostenermittlung für verschiedene Entsorgungskonzepte einen wesentlichen Teil in dieser Studie ein. Ein allgemeingültiger Vergleich aller Varianten ist jedoch nicht möglich, da die Kosten immer von konkreten Modalitäten und lokalen Nachfrage- /Angebot-Verhältnissen abhängen.

Aus der Konzeptbewertung werden die Schlussfolgerungen bezüglich des Demonstrationsbedarfs einzelner Konzepte gezogen und ein Vorschlag für eine Demonstrationsanlage (inklusive des Kostenplans und des begleitenden Untersuchungsprogramms) unterbreitet (Kapitel 4.4).

2 Begründung der Problematik

Die Problematik der Abwasser- bzw. Fäkalienentsorgung in Kleingärten ist seit Jahren in unterschiedlichsten Zusammenhängen ein Diskussionsobjekt. Dementsprechend wurden in unterschiedlichen Bundesländern (Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern) in letzten Jahren Studien in Auftrag gegeben, technische Möglichkeiten für diese Problematik zu eruieren und auszuwerten. Trotz aller Bemühungen bleibt die Problematik weiterhin ein offenes Feld. Warum?

Die Gründe sind so zahlreich wie unterschiedlich. Im Folgenden sollen die wichtigsten identifiziert und systematisiert werden.

Die Basis für viele Handlungen bei unterschiedlichsten Problemstellungen bildet der **gesetzliche Rahmen**. Bezüglich der benannten Problematik der Fäkalienentsorgung aus den Kleingärten geht der gesetzlich verankerte Handlungsdruck vom Bundeswasserhaushaltsgesetz (WHG, 2009) aus. Hier wird als allgemeiner Grundsatz formuliert, dass „jede Person verpflichtet ist, <...> eine nachhaltige Veränderung der Gewässereigenschaften zu vermeiden“ (WHG §5 Abs. 1 Nr. 1). Des Weiteren wird hier das Einbringen und Einleiten von Stoffen ins Gewässer, z.B. das Einbringen von Abwasser in den Untergrund, als Benutzung eines Gewässers definiert, die erlaubnispflichtig ist (§§8 bzw. 9 WHG). Die Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser darf nur erteilt werden, wenn dessen Schädlichkeit durch ein in Betracht kommendes **Verfahren nach dem Stand der Technik** auf ein Minimum reduziert wird (WHG §57 Abs. 1 Nr.1). Dem entsprechend wird das Einleiten von unbehandeltem Abwasser in ein Gewässer durch das WHG untersagt.

Mit Ausnahme der Postulierung der generellen Zielstellung – die Gewässer sollen nicht verunreinigt werden und alles Abwasser muss nach den Regeln der Technik behandelt werden – ist die rechtliche Situation bezüglich der Fäkalienentsorgung aus Kleingärten, insbesondere **die Zuständigkeit für den Vollzug und für die Kontrolle**, wenig klar. Es fängt mit der Definition menschlicher Ausscheidungen an, die von der Erfassungsart der Fäkalien abhängt: Wird bei der Erfassung und dem Transport Wasser als Transportmedium verwendet, so obliegt die Zuständigkeit dem Wasserrecht. Das anfallende Gemisch aus Wasser, Urin und Fäzes lässt sich als „das durch häusliches <...> oder sonstiges Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser“ nach §54 Abs. 1 WHG unter den Begriff **Abwasser** einordnen. Erfolgt die Erfassung ohne Gebrauch von Wasser, so lassen sich menschliche Ausscheidungen als „bewegliche Sachen, <...> deren sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“ unter den Begriff **Abfälle** im Sinne des §3 Abs.1 KrW/AbfG einordnen und fallen in den Geltungsbereich des Abfallrechts. Diese allgemeine Definition finden bezogen auf menschliche Ausscheidungen als besondere Abfallart bis heute keine untergesetzlichen Konkretisierungen. Fäkalien werden nicht explizit im Anhang 1 zur BioAbfV aufgelistet. In der Technischen Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TASi, 1993) werden Fäkalien abweichend von Bioabfällen als gesonderter Begriff definiert. Die TASi schreibt für Fäkalien sowie Fäkal-schlämme ausdrücklich die Behandlung in zentralen, ausreichend ausgerüsteten Abwasserbehandlungsanlagen mit ausreichenden Kapazitäten vor (Punkt 5.2.8) und lenkt somit die Fäkalienproblematik in gewohnte abwasserrechtliche Schiene. Des Weiteren nimmt die BioAbfV die Haus-, Nutz- und Kleingärten ausdrücklich aus ihrem Geltungsbereich (BioAbfV §1 Abs. 3 Nr.1).

Der besondere Status der Kleingärten verkompliziert die rechtliche Situation zusätzlich. Das Bundeskleingartengesetz definiert einen Kleingarten als Garten, der (1) dem Nutzer zur nichterwerbsmäßigen gärtnerischen Nutzung, insbesondere zur Gewinnung von Gartenbauerzeugnissen für den Eigenbedarf, und zur Erholung dient und (2) in einer Anlage liegt (BKleingG §1 Abs. 1, Stand 2006). Die Gartenlaube ist entsprechend dieser Nutzungsprävalenz in ihrer Einrichtung und Ausstattung nicht zum dauerhaften Wohnen geeignet (BKleingG §3 Abs.2). Diese Bestimmungen werden dahingehend

interpretiert, dass ein Kleingarten einem Haushalt nicht gleichzustellen ist. Dies bestätigt sich auch durch die für das Kleingartenwesen üblichen Eigentumsverhältnisse: die Kleingärtner sind ausnahmslos Pächter der Grundstücke, keine Besitzer.

In diesem Sinne kann der Benutzungszwang und der Anschlusszwang im wasserwirtschaftlichen wie im abfallwirtschaftlichen Sinne für Kleingärten nicht angewendet werden. Die Aufgabenpflicht bezüglich Abwasserentsorgung (falls Fäkalien als Abwasser definiert würden) bzw. Abfallentsorgung (falls Fäkalien als Abfall definiert würden), die bei Haushalten in Obhut der Kommune als Träger der Aufgaben der Daseinsvorsorge fällt, bleibt rechtlich unklar.

Würde seitens der Wasserbehörden der Vollzugszwang gemäß dem geltenden Wasserhaushaltsgesetz ausgeübt, so wären die Kleingartenvereine nur auf sich gestellt, inklusive Planung, Umsetzung der Maßnahmen, Betriebsorganisation und **vor allem der Kosten**. Der verwaltungstechnische Aufwand für die Kontrolle des Vollzugs durch die Wasserbehörde wäre enorm.

Eine zwingende rechtliche oder auch freiwillige Übernahme der Entsorgungspflichten durch die Kommune muss dringend im Grundsatz oder im Einzelfall geklärt werden: evtl. Annahme der Trockentoiletteninhalte, evtl. Annahme des Fäkalkompostes an der Kompostierungsanlage.

In der beschriebenen Situation stellen sich für alle Beteiligten die **Kosten** als wunder Punkt heraus. Steigende Kosten im Kleingartenverein führen zur Erhöhung der Pachtpreise, was hinsichtlich der sozialen Verträglichkeit des Kleingartenwesens im Gegensatz zu den Zielen des Bundeskleingartengesetzes steht. Den Unwillen lassen die betroffenen Bürger auch deutlich spüren (Fall Mecklenburg-Vorpommern). Die Beteiligung der Kommune bei den Kosten ist in der Situation der ohnehin stark strapazierten kommunalen Haushalte nicht gewollt. Des Weiteren erforderte die Übernahme der Entsorgungspflichten durch die Kommunen in jedem einzelnen Fall eine Anpassung des Kommunalrechtes (Abwassersatzungen, Abfallsatzungen) sowie einen organisatorischen, logistischen und betrieblichen Aufwand. Die treibende Kraft wäre in diesem Fall einzig der eigene Wille der Kommune, kein rechtlicher Zwang. Dies ist an persönliche Motivation und Engagement geknüpft.

Die dritte Komponente trägt einen sozio-kulturellen Charakter. Historisch bedingt wird die Entsorgung der Fäkalien durch eine Schwemmkanalisation realisiert, welche Komfort für den Nutzer bietet. Betriebliche und für die Umwelt relevante Nachteile sind oft nicht bewusst, was sich immer wieder im Unverständnis der „hohen Abwasserpreise“ äußert. Die Gewohnheit und das Empfinden dieser Gewohnheit als Komfort ist oft der Grund, warum kostengünstigere technische Konzepte (z.B. mit Trockentoiletten) für die Fäkalienentsorgung in Kleingärten wenig Akzeptanz finden. Möglicherweise spielt hier auch das durchschnittliche Alter der Kleingärtner eine Rolle, das vielerorts über 50 Jahre liegt. Denn ältere Leute sind oft weniger flexibel in ihren Gewohnheiten und weniger offen gegenüber Erneuerungen. Oft erweisen sich auch alte Erfahrungen als hindernd, wie z.B. Ablehnung der Trockentoiletten als „Plumpsklos“. Des Weiteren erfordern übliche in Studien vorgeschlagene dezentrale Entsorgungskonzepte (Eigenkompostierung der Fäkalien, Terra Preta Herstellung aus Fäkalien) ein eigenes Zutun der Endnutzer, also einen Umgang mit den Fäkalien (Entleerung der Behälter, Kompostumsetzung, Einarbeitung des Fertigkompostes), was von vielen Nutzern abgelehnt wird.

Wasserlose Konzepte, die gleichen Entsorgungskomfort bieten wie die Schwemmkanalisation im Sinne, dass sich der Nutzer mit der Behandlung und der Verwertung der Fäkalien nicht befasst, sind möglich. Die ökologisch sinnvollen (auf die Ressourcennutzung orientierten) Konzepte wie z.B. die Produktion von Düngemitteln aus Urin (verschiedene Verfahren) befinden sich im urbanen Kontext momentan in der Entwicklungsphase und haben den **Status „allgemein anerkannte Regel der Technik“ noch nicht erreicht**. Außerdem ist zu beachten, dass die Realisierung dieser Konzepte aufgrund

ihrer Kostenintensität (technische Großanlagen erforderlich) nur zentral möglich ist, was wiederum die Beteiligung der Kommune impliziert. Der Umsetzung zentraler Konzepte stünde dann ein weiteres rechtliches Hindernis im Wege: seitens Kommune kann auf die Kleingärtner zur Zeit (noch) kein rechtlicher Zwang zum Überlassen der Fäkalien (und zwar zweckmäßig getrennt erfasst) ausgeübt werden. Ohne diesen Zwang wäre der kontinuierliche Betrieb einer zentralen Anlage jedoch problematisch und die Investition in eine solche Anlage unsicher.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Randbedingungen, die dazu führen, dass die Entsorgung der Fäkalien aus den Kleingärten immer noch ein ungelöstes Problem bleibt:

- Die Kleingärtner können nach dem Verursacherprinzip durch das WHG zur Entsorgung des in Kleingärten anfallenden Abwassers bzw. der Fäkalien verpflichtet werden. Für die Kommune besteht keine Entsorgungspflicht mit der Begründung des besonderen Statuses der Kleingärten (keine Haushalte).
- Die Beteiligung der Kommune bei der Problemlösung ist freiwillig (keine hochheitliche Pflicht). Dabei stehen ihr mehrere rechtliche Unsicherheiten im Wege: das Fehlen einer rechtlich klaren Definition menschlicher Ausscheidungen und die damit verbundene Regelung der Zuständigkeit zwischen Abwasser- und Abfallrecht sowie der Zuständigkeit entsprechender Verwaltungsstrukturen in der Kommune.
- Wegen der vielen technischen Alternativen und aufgrund der Verschiedenheit der Prioritäten bei den Beteiligten gestaltet sich der Entscheidungsprozess, selbst bei vorhandenem Willen aller Beteiligten, äußerst schwierig. Manche technische Konzepte (v.a. wasserlose) genießen aus verschiedenen Gründen eine sehr niedrige Akzeptanz der Nutzer.
- Die Umsetzung eines jeden Entsorgungskonzeptes ist mit Kosten verbunden, was von Kleingärtnern nur schwer akzeptiert wird. Die Forderung – die Entsorgung in Kleingartenanlagen rechtskonform zu gestalten – wird als übertrieben und relationsfremd (z.B. gegenüber der Problematik der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft) empfunden. Die Kleingärtner fühlen sich mit dem Problem allein gelassen.

3 Bestandserfassung

Die Bestandserfassung orientiert sich vor allem auf die Entsorgungssituation in Kleingärten und auf die Faktoren, die in diesem Zusammenhang relevant sein können. Sie beinhaltet folgende Aspekte:

- Allgemeine Informationen: Größe und Ausstattung einer durchschnittlichen Kleingartenparzelle bzw. der Laube, Flächennutzung
- Nutzungsfrequenz, Abwasser- bzw. Fäkalienanfallmengen im Kleingarten pro Saison,
- Anforderungen der Nutzer bezüglich Entsorgungsmodalitäten

Als Basis für die Zustandserfassung dienen

- 1) die Studie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung „Städtebauliche, ökologische und soziale Bedeutung des Kleingartenwesens“ (BMVBS-Studie, Buhtz et al., 2008);
- 2) die Studie „Umgang mit Abwasser aus Kleingartenanlagen“ an der Universität Rostock im Auftrag des Umweltministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006);
- 3) die Studie „Abwasservermeidung und –entsorgung in Kleingärten“ vom Unabhängigen Institut für Umweltfragen im Auftrag der Stadt Halle (Meister et al., 2004);

- 4) die Doktorarbeit von Fr. Dr. I. Naudascher „Kompostierung menschlicher Ausscheidungen durch Verwendung biologischer Trockentoiletten – mit besonderer Berücksichtigung des Kleingartenbereichs“ (Naudascher, 2001);
- 5) sowie eigene Erhebungen im Projekt.

3.1 Kleingartenwesen: IST-Situation

Größe der Parzellen, Flächennutzung

Nach Festlegungen des BKleingG darf eine Kleingartenparzelle eine maximale Fläche von 400 m² nicht überschreiten. Die durchschnittliche Parzellengröße umfasst nach Auswertungen der BMVBS-Studie 366 m². Parzellen mit Flächen unter 200 m² sind eher Ausnahme und machen lediglich 4% der erfassten Kleingärten aus (Buhtz et al., 2008).

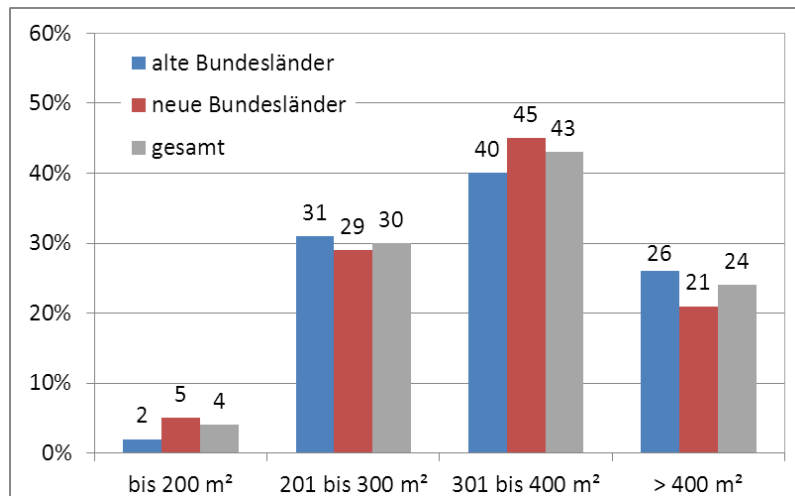


Abbildung 1: Parzellengröße nach Angaben der Pächter (Quelle: Buhtz et al., 2008)

Die Flächennutzung in Kleingärten teilt sich wie folgt auf: Obst- und Gemüseanbau 36%, Rasen 24%, Zierpflanzen und Blumenbeete 22%. Tendenziell wurde in der BMVBS-Studie ein Zusammenhang zwischen der Größe der Stadt und dem Anbauanteil festgestellt: je kleiner die Stadt ist, desto größer fällt die durchschnittliche Anbaufläche aus (in Großstädten ca. 30%, in Kleinstädten 42%) (Buhtz et al., 2008).

Nutzungsdauer

Nach der Erfassung der Universität Rostock werden die meisten Kleingärten nur saisonal betrieben: 53% ca. 6 Monate oder weniger; 22% etwas mehr als 6 Monate. Nur 17% der befragten Kleingärtner gaben an Kleingärten ganzjährig zu benutzen. Da das Trinkwasser in meisten KGA in Frostperioden abgestellt wird, handelt es sich bei ganzjähriger Nutzung in der Regel nicht um eine aktive Nutzung, sondern um ein gelegentliches „Nach-dem-Rechten-Schauen“ (Barjenbruch, Wrige-Bechtold, 2006).

Ausstattung der Laube

Nach Angaben der BMVBS-Studie verfügen ca. 45% der Gartenlauben über eine Toilette (57% in den östlichen und 34% in den westlichen Bundesländern). 13% der Lauben haben eine Küche bzw. eine Küchenecke (Buhtz et al., 2008). Da die Formulierungen des BKleingG bezüglich der Ausstattung der Lauben nach wie vor unpräzise und interpretationsbedürftig bleiben („die Laube ist nicht zum dauerhaften Wohnen bestimmt“, „ihre Ausstattung und Bauweise sollen einfach sein“), stellt die Problematik der Ver- bzw. Entsorgung der Einzelgärten einen Brennpunkt der Diskussion dar. Der GALK-Arbeitskreis (Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag) vertritt die Mei-

nung, dass die Wasser- und Stromversorgung zwar für die Bewirtschaftung der Parzellen erforderlich sind, nicht jedoch für die Nutzung der Lauben. Die Abwasserentsorgung ist für die Erfüllung der Funktionen eines Kleingartens ebenfalls nicht zwingend notwendig. Die Argumentation dieser Stellungnahme bezieht sich vor allem auf die Bewahrung sozialer Verträglichkeit des Kleingartenwesens im Sinne niedriger Pacht- und Bewirtschaftungskosten (Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag, 2005, zit. in Buhtz et al., 2008). Die Bestandsaufnahme in der BMVBS-Studie bezeugt jedoch deutlich, dass ungeachtet dieser Vorgaben die Ausstattung der Gartenlauben in der Praxis einen Trend zu höheren Standards aufweist. Der Anteil von Gärten und Lauben ohne Strom und Wasser beläuft sich lediglich auf 2%. In 71% der befragten Kleingartenanlagen sind Strom- und Wasseranschluss in Einzelgärten bereits vorhanden. 88% der erfassten Kleingärten besitzen einen Wasseranschluss auf der Parzelle, 37% direkt in der Laube. 33% der Kleingärten verfügen über eine Wassertoilette (8% mehr gegenüber der Bestandsaufnahme 1997), wobei die meisten Toiletten (29%) in Lauben installiert sind. Der Anteil der Trockentoiletten beträgt 34% (13% weniger gegenüber der Bestandsaufnahme 1997). Der Anschluss an die Kanalisation ist in 9% der Kleingartenanlagen realisiert worden, was 7% mehr ist als 1997 (Buhtz et al., 2008).

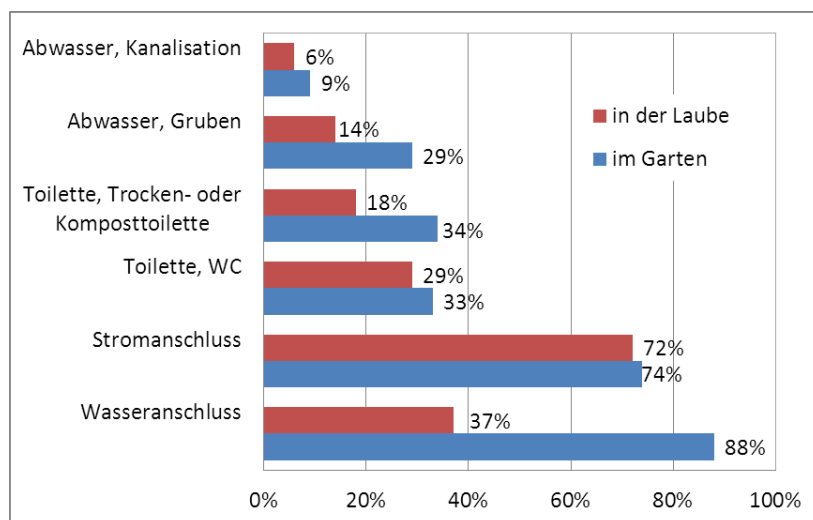


Abbildung 2: Ver- und Entsorgung in Einzelgärten nach Angaben der Pächter (Quelle: Buhtz et al., 2008)

Die Erhebungen der Universität Rostock ergaben in Mecklenburg-Vorpommern weit höhere Standards der Ausstattung von Gartenlauben: 92% der Lauben sind mit Toiletten ausgestattet, 61% haben ein Spülbecken, 23% eine Dusche, 1% verfügt über eine Waschmaschine oder Geschirrspüler. Unter den Toiletten betrug der Anteil der Spültoiletten 64% (vgl. 33%, BMVBS), Komposttoiletten wurden in 23% und die Chemietoiletten in 5% der Gärten benutzt (Barjenbruch, Wrige-Bechtold, 2006).

Nach Angaben der BMVBS-Studie erfolgt die Abwassererfassung in 29% der Kleingärten über Abwassergruben (siehe Abbildung 2). Der Anteil der abflusslosen Gruben, die regelmäßig entleert und deren Inhalt auf einer Kläranlage behandelt werden, ist in der Studie nicht präzisiert. Eine Handhabung wie Versickerung des unbehandelten Abwassers in Sickergruben oder individuelle Entleerung unmittelbar auf Anbauflächen im Kleingarten ist Praxis, jedoch durch das Wasserhaushaltsgesetz verboten. Entsprechend wird es in den Rahmenkleingartenordnungen untersagt (z.B. Rahmenkleingartenordnung des LV Sachsen, Nr. 6.2).

In der Studie der Universität Rostock wurden detaillierte Daten zur Erfassung und Behandlung des Abwassers in Kleingärten erhoben. Hiernach wurde in 59% der erfassten Gärten das Abwasser in Abwassergruben gesammelt (siehe Abbildung 3). In 41% der Kleingärten war keine Anlage vorhan-

den oder es wurden keine Angaben gemacht. Nach den Angaben der Wasserverbräuche aus einer Mustergartenanlage wurde ein durchschnittlicher Abwasseranfall von 2,9 m³/a ermittelt (Min 2,0 m³/a, Max 3,9 m³/a). ¹Die Größe der Gruben variierte zwischen 0,2 und 10 m³ und betrug im Mittel 2 m³. Ein Drittel der Gruben war an eine Versickerung angeschlossen. Die Angaben zur Entleerungshäufigkeit schwankten zwischen einmal und 3-4-mal pro Jahr. Nach Auswertungen der Autoren ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Teil des Abwassers nicht fachgerecht entsorgt wird, sondern der kleingärtnerischen „Nutzung“ zugeführt wird (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006).

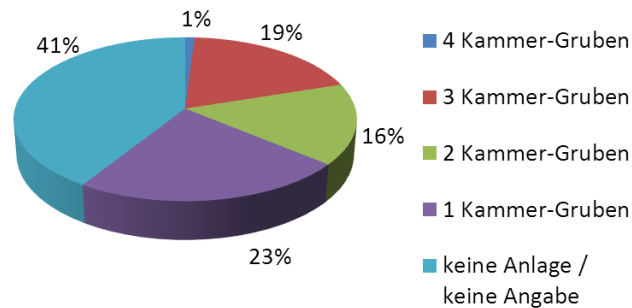


Abbildung 3: Art der Abwasserentsorgung in Kleingärten in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006)

Gleichzeitig ergaben stichprobenartige Untersuchungen von mechanisch gereinigtem Abwasser (Ablauf aus der letzten Kammer verschiedener Mehrkammergruben) hinsichtlich hygienischer Parameter, dass der Ablauf einer Mehrkammergrube weder die Grenzwerte der EU-Badegewässerrichtlinie (900 E.coli/100 ml für ausreichende Qualität, 2006/7/EG, Anhang 1) noch die Richtwerte für Bewässerungswasser (200 E. coli/100 ml für Freiland und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr, DIN 19650 (1999)) einhalten kann. Der Grenzwert bezüglich der fäkalcoliformen Keime nach DIN 19650 wurde in untersuchten Kleingärten im Mittel um das 200-fache überschritten. Somit sind **aus hygienischen Gründen weder das rohe Abwasser (Ablauf einer Einkammergrube) noch das mechanisch gereinigte Abwasser (Ablauf einer Mehrkammergrube) für Bewässerungszwecke im Kleingarten geeignet** (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006).

Fäkalienanfall in Kleingärten

Die Befragungen von Naudascher (2001) zu Art und der Häufigkeit der Toilettennutzung in einem Muster-KGV (61 befragte Parzellen, 86 Personen) ergab, dass die Nutzung der Toilette zum Defäkieren im Kleingarten eher selten ist: mehr als die Hälfte befragter Frauen (54%) und 38% befragter Männer gaben an, sie benutzen die Toilette nur fürs „kleine Geschäft“. Bei 39% der Frauen und 49% der Männer lag die Häufigkeit der Toilettennutzung zum Defäkieren 1-2 mal pro Woche oder weniger. Die Häufigkeit der Toilettennutzung zum Urinieren war bei Frauen höher: 36,5% - 3 bis 7 mal pro Woche, 39% - > 7 mal pro Woche. Unter befragten Männern gaben 31% an, sie benutzen die Toilette auch zum Urinieren nicht. Jeweils 26,6% schätzten die Häufigkeit mit 3 bis 7 mal pro Woche und > 7 mal pro Woche.

Eigene Erhebungen im Muster-KGV „Seilbahn“ (Leipzig) sind in Abbildung 4 zusammengefasst. Auf Grundlage erhobener Daten erscheint die Annahme folgender Häufigkeiten der Toilettennutzung für eine übliche Wochenendnutzung eines Kleingartens durch 2 Personen realistisch: Urinieren 10 mal/Woche*Parzelle, Defäkieren 3 mal/Woche*Parzelle. Unter Berücksichtigung üblicher Anfall-

¹ Hierbei wurden 40% des verbrauchten Trinkwassers als Abwasser angesetzt, die restlichen 60% wurden als Bewässerungswasser verwendet (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006).

mengen von 0,2 l Urin / Toilettennutzung und 0,14 l Fäzes / Toilettennutzung (DWA, 2008) ergeben sich für eine halbjährige Gartensaison (26 Wochen) folgende Mengen: 52 l Urin/Parzelle, 11 l Fäzes/Parzelle.

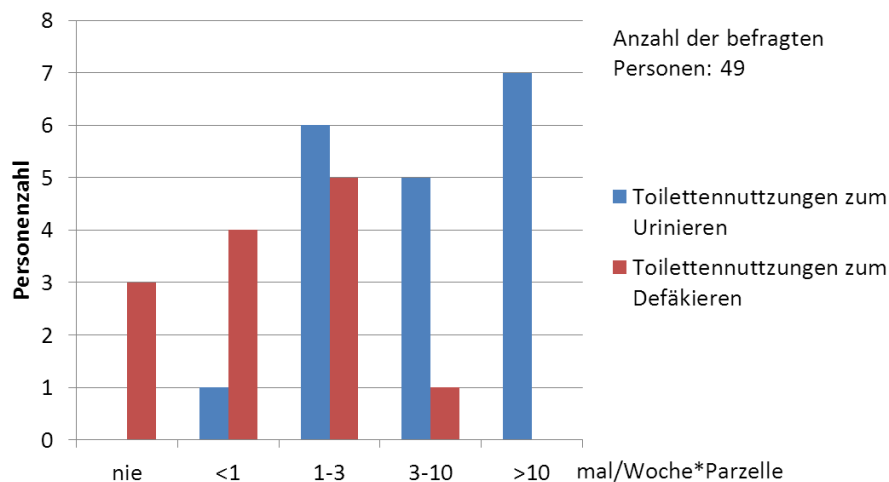


Abbildung 4: Häufigkeit und Art der Toilettennutzung im Kleingarten, eigene Erhebungen im KGV „Seilbahn“ (Leipzig)

3.2 Ermittlung der Zielvorgaben

Die Problematik der Fäkalienentsorgung in Kleingärten ist nur zu einem geringen Anteil technischer bzw. verfahrenstechnischer Natur. In den Prozess der Lösungsfindung sind stets mehrere Akteure involviert, zu denen Kleingärtner als Endnutzer, administrative Strukturen des Kleingartenwesens (Stadt-, Kreis-, Landverbände), zuständige kommunale Verwaltungsstrukturen, nationale und kommunale Politik gehören. Dabei spielt die Motivation aller Akteure eine Schlüsselrolle: **Wird das Problem von den Entscheidungsträgern als solches erkannt?** Ist dies nicht der Fall, oder steht das Problem bei den Prioritäten weit unten, so sind die Schwierigkeiten bei der Umsetzung jedes technischen Konzeptes vorprogrammiert. Wird das Problem erkannt bzw. anerkannt, so ist die wichtigste Voraussetzung – der Wille der Beteiligten das Problem zu lösen – vorhanden. Für den weiteren Schritt – die Ausarbeitung und die Priorisierung technischer Konzepte – ist die Identifizierung der Anforderungen und Erwartungen beteiligter Akteure an die gesuchte technische Lösung von besonderer Bedeutung. Jedes technische Konzept ist zum Misserfolg verurteilt, wenn es nicht die Akzeptanz der Akteure hat. An dieser Stelle soll der Frage nachgegangen werden, welche Anforderungen für ein Entsorgungskonzept in Kleingärten seitens der Kleingärtner als Endnutzer und seitens kommunaler Behörden als Vollzugsorgane des geltenden Rechtes vorgegeben werden.

3.2.1 Vorgaben der Behörden

Bevor die Problematik der Fäkalienentsorgung diskutiert wird, soll die Stellung des Kleingartenwesens in der kommunalen Verwaltung bzw. Politik verdeutlicht werden. Entsprechend der BMVBS-Studie konzentriert sich die kommunale Verwaltung (unter anderem auch aufgrund personell schwacher Besetzung) in kleineren Kommunen mit weniger als 20000 Einwohnern auf einige wenige Aufgaben wie den planerischen Umgang mit den Kleingartenflächen oder den Abschluss der Pachtverträge. Mitunter spielt das Kleingartenwesen bei kleinen Kommunen kaum eine Rolle in der kommunalen Politik. Mit wachsender Größe der Kommune nehmen die Belange des Kleingartenwesens unter den Handlungsfeldern kommunaler Verwaltung an Bedeutung zu. In 25 großen Kommunen in Deutschland existieren Ämter (Gartenamt, Grünflächenamt), die für das Kleingartenwesen zuständig sind. In der BMVBS-Studie wurde das Kleingartenwesen an sich in 90% der 69 befragten städtischen

Kommunen in den kommunalen Handlungsfeldern mehr oder weniger berücksichtigt. Die Belange der Ver- und Entsorgung der Kleingärten gehörten jedoch in weniger als einem Drittel der befragten Kommunen zu den Handlungsfeldern der Kommune (Buhtz et al., 2008).

Im Rahmen des Projektes wurde ein Gespräch mit den Vertretern des Verkehrs- und Tiefbauamtes der Stadtverwaltung Leipzig (Sachgebiete Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung sowie Abfall) geführt, um die Anforderungen aus der Sicht der Behörde an ein Entsorgungskonzept in Kleingärten zu identifizieren. Als besonders wichtig wurde dabei die **Gewährleistung der Kontrollierbarkeit eines Konzeptes** genannt. In diesem Sinne sind Entsorgungskonzepte mit dezentraler Sammlung, Behandlung und Verwertung der Fäkalien in Kleingärten mit der Schwierigkeit verbunden, eine sachgerechte Handhabung und Qualität zu überwachen, an die die Nachhaltigkeit jedes Konzeptes, insbesondere die ökologische Tragbarkeit der stofflichen Verwertung menschlicher Ausscheidungen, direkt gebunden ist. Aus dieser Sicht bieten Konzepte mit zentraler Behandlung /Entsorgung (in der zentralen Kläranlage bzw. Schlammfäulung oder zentralen Kompostierungsanlage) den Vorteil, dass eine sachgemäße Prozessführung sowie die Qualität der Behandlung bzw. der erzeugten Produkte durch reglementierte Kontrollen, die durch entsprechende gesetzliche Normen (z.B. Abwasserverordnungen, Bioabfallverordnung) festgeschrieben werden, gewährleistet werden. Weiterhin ist für die Behörde die **rechtliche Konformität eines Konzeptes** in seiner Gesamtheit obligatorisch. In diesem Sinn wurden zwei Punkte identifiziert, die wiederum bei zentralen Entsorgungskonzepten zu berücksichtigen sind:

- Die Kleingärten sind nach Definition des BKleingG keine Haushalte und in diesem Sinne von dem Benutzungszwang ausgeschlossen. Diese Regelung kann dahingehend interpretiert werden, dass die Kleingärtner nicht verpflichtet sind, menschliche Ausscheidungen, welche in Kleingärten anfallen, den kommunalen Entsorgern zu überlassen. In diesem Sinne fehlt der Kommune eine rechtliche Befugnis, die Kleingartenanlagen zur zentralen Entsorgung zu zwingen. Der rechtliche Zwang kann, wenn überhaupt, nur in Rahmen von Kleingartensatzungen aufgebaut werden.
- Die Entsorgungskonzepte dürfen nur solche technische Verfahren enthalten, welche den Stand der Technik erreicht haben.

3.2.2 Vorgaben der Endnutzer

Die Schwierigkeit, die Vorgaben der Nutzer zusammenzutragen, besteht darin, dass **die Kleingärtner in ihrer Masse sehr heterogen sind**. Ihre Motivation einen Kleingarten zu pachten, ihr Alter, ihr Umweltbewusstsein, ihre politische Meinung (vor allem kommunale Politik), ihre finanziellen Möglichkeiten, ihre kulturellen Hintergründe, persönlichen Vorlieben/Abneigungen, Geschmack, Gewohnheiten und ihre hygienischen Empfindlichkeiten sind sehr verschieden. Zugleich spielen gerade diese Faktoren eine entscheidende Rolle bei der Akzeptanz eines Entsorgungskonzeptes durch Nutzer. Daher werden die Anforderungen der Nutzer an ein Entsorgungskonzept sehr unterschiedlich ausfallen. Im Folgenden wird ein Versuch unternommen, aus vorliegenden Studien (Naudascher, 2001, Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006) und eigenen Erfassungen einige wenige Kriterien herauszufiltern, die für die Endnutzer bezüglich der Entsorgungsproblematik in Kleingärten allgemein gültig sind. Einen für alle geltenden gemeinsamen Nenner zu finden ist nicht möglich. Zu beachten ist, dass die nachfolgenden Ausführungen nicht statistisch abgesichert sind und nur orientierenden Charakter tragen.

Entsprechend der Studie der Universität Rostock hängen die Ansprüche an die Ausstattung bzw. die Entsorgung eines Kleingartens im hohen Masse von der Entfernung des Kleingartens von der

Wohnstätte des jeweiligen Pächters ab. Bei großer Entfernung (>20 km) wird ein Kleingarten ähnlich einem Wochenendhaus genutzt. Entsprechend sind hier höhere Standards der Ausstattung (Spüle, Dusche, andere Wasser verbrauchende Haushaltsgeräte) vorzufinden. Bei einer Musteranlage mit entsprechender Entfernung wurden die Pächter nach ihren Vorstellungen bezüglich der Abwasserentsorgung befragt. 50% haben sich für einen Anschluss an einen zentralen Kanal, 45% für die Abwasserbehandlung in einer dezentralen Kleinkläranlage ausgesprochen. Lediglich 5% der Befragten wären bereit, auf gehobene sanitäre Ausstattung zu verzichten. In einer anderen Musteranlage mit einer Entfernung < 10 km vom Wohnort besaßen 85% der Parzellen eine Spültoilette und immerhin 15% eine Komposttoilette. Unabhängig von der Ausstattung wurde der Wunsch geäußert, den gegenwärtigen Zustand der Entsorgung beizubehalten (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006).

In Naudascher (2001) findet sich eine detaillierte Analyse der Faktoren, die die Akzeptanz der Erfassungssysteme durch die Nutzer beeinflussen. Zu beachten ist, dass die Evaluation mittlerweile mehr als 10 Jahre zurückliegt und sich auf die Nutzung eines bestimmten Erfassungssystems (urindrainierende Trockentoilette Sawi biocom) begrenzte.

Ihre Erhebung ergab, dass benutzungsrelevante Beschaffenheiten eines Erfassungssystems wie „einfache Handhabung“ und „Benutzerfreundlichkeit“ nur bedingt einen Einfluss auf die Gesamtakzeptanz der Nutzer haben. Während mehr als zwei Drittel der von Naudascher befragten Personen die Entleerung und Reinigung der Fäzesbehälter als einfach bewertet haben (67% und 72% entsprechend), hat nur ein Drittel der Befragten bei der „Angenehmheit der Benutzung“ positive Antworten gegeben. In Gärten, wo keine Betriebsprobleme (v. a. Fliegenbefall und Geruch) gemeldet wurden, haben 52% der Befragten die Benutzung der Toilette trotzdem als „sehr unangenehm“ oder „eher unangenehm“ bezeichnet. In Gärten mit einem oder mehreren Problemen waren lediglich 21% der Befragten mit dem Erfassungssystem allgemein zufrieden. 25% der Befragten haben angegeben, nach der Einführung der Trockentoilette weniger Besuch zu haben (Grund: die Pächter sprechen weniger Einladungen aus), 61% der Befragten empfanden es als unangenehm, den Gästen die Benutzung der Toilette zu erläutern.

Die Ursache der Unzufriedenheit kann eventuell in den Vorurteilen der Nutzer gegenüber der getesteten Toilette begründet sein. Schon vor der Benutzung der Trockentoilette waren 48% der Befragten (64% bei Frauen und 35% bei Männern) negativ und 17% (19% bei Frauen und 15% bei Männern) zum Teil negativ eingestellt. Praktische Erfahrungen mit biologischen Trockentoiletten waren nicht vorhanden. 35% der Befragten hatten vor dem Beginn der Evaluierung eine Spültoilette im Garten.

Den eigenen Erfassungen liegen die Ergebnisse eines Workshops im Kleingartenverein „Seilbahn“ in Leipzig (Projektpartner) zugrunde. Im Rahmen des Workshops wurden den Mitgliedern des Vereines allgemeine Inhalte des Projektes und seine Ziele präsentiert. Es wurde versucht die Entsorgungsproblematik in Kleingärten bzw. ihre Aktualität den Teilnehmern des Workshops nahe zu bringen. Im praktischen Teil des Workshops wurden die Teilnehmer aufgefordert ihre Vorstellungen und Anforderungen an ein Entsorgungskonzept für einen Kleingartenverein auszuformulieren. Die Schwierigkeit bestand darin, die Teilnehmer dazu zu bewegen, sich von ihrer eigenen Kleingartenanlage mit ihren konkreten Randbedingungen (Lage, Wege, vorhandene sanitäre Infrastruktur usw.) zu lösen. Die Anforderungen, die von verschiedenen Personen vorgeschlagen wurden, wurden auf Flipcharts festgehalten. Anschließend bekam jeder der Anwesenden drei Punkte, mit denen er / sie seine / ihre prioritären Anforderungen kennzeichnen konnten. Insgesamt haben 53 Teilnehmer die Priorisierung durchgeführt (siehe Abbildung 5).

Die Auswertung des Workshops zeigt das Diagramm in der Abbildung 6. Auch hier wird deutlich, dass die Nutzer unabhängig vom Gesamtkonzept, welches die Komponenten „Erfassung“, „Transport / Lagerung“, „Behandlung“, „Verwertung / Entsorgung“ beinhaltet, vor allem die Erfassung im Fokus haben. Dies erscheint als verständlich, denn die Nutzer kommen gerade mit dem Erfassungssystem physisch und emotional in Berührung. Als besonders wichtig wurde das Komfortkriterium „Toilette auf eigener Parzelle“ hervorgehoben (24%). Die Kriterien „Geruchsfreiheit“ und „einfache Handhabung“ wurden von jeweils 20% und 22% als ebenfalls sehr wichtig bewertet. Dagegen war die Verwertung der Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen für die Befragten weniger wichtig (11% allgemein und 4% „Verwertung auf eigener Parzelle“). Interessant zu bemerken, dass nur für 2,6% der Befragten die Motivation zur Umsetzung eines Entsorgungskonzeptes durch die Erwartung des Vollzugs gesetzlicher Normen (Vorgaben des WHG) begründet war. Eine Ablehnung der Trockentoiletten wurde nur von 1,9% der Befragten signalisiert.

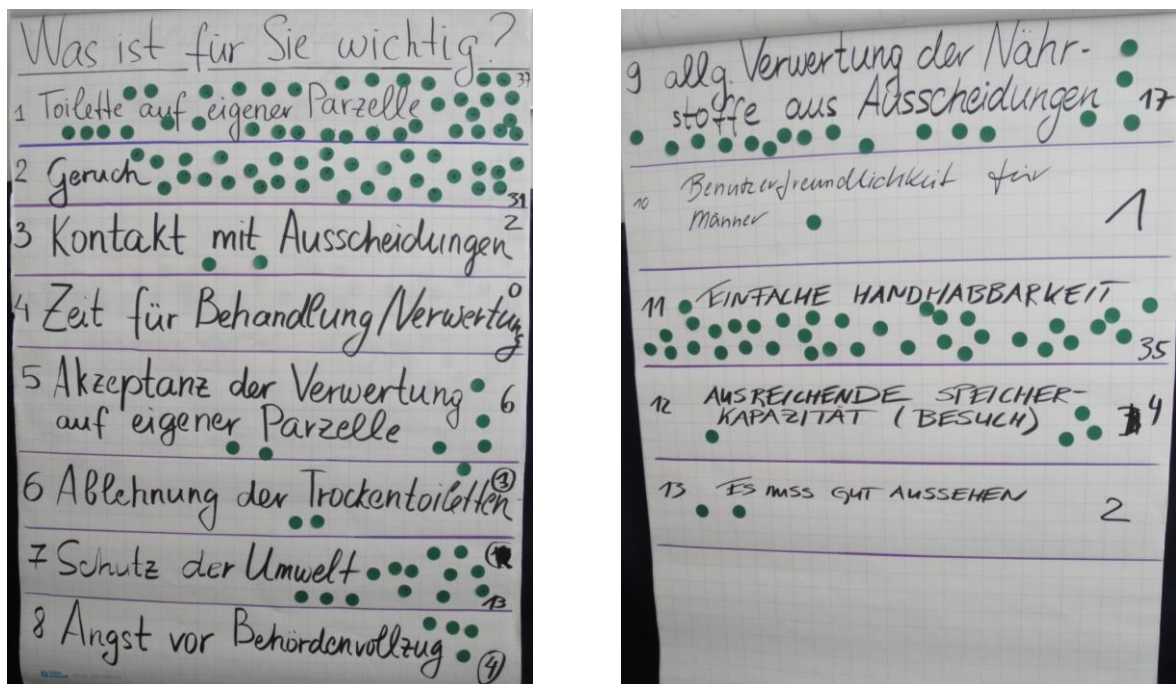


Abbildung 5: Flipcharts vom Workshop im KGV „Seilbahn“: Priorisierung der Anforderungen der Nutzer an ein Entsorgungskonzept für Kleingarten

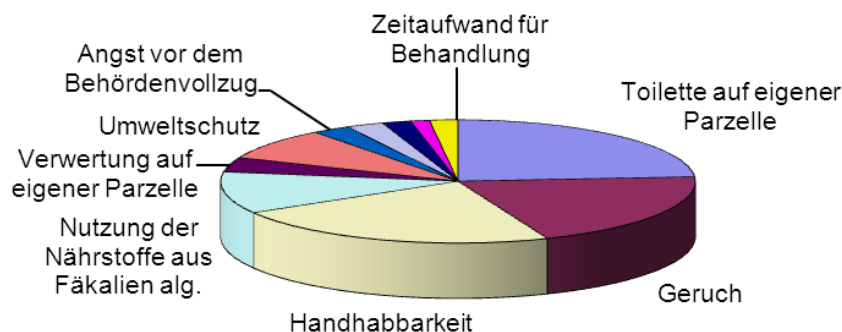


Abbildung 6: Auswertung der Ergebnisse des Workshops im KGV „Seilbahn“: Priorisierung der Anforderungen der Nutzer an ein Entsorgungskonzept für Kleingarten

Aus diesen beispielhaften Erfassungen lassen sich folgende Anhaltspunkte zusammenfassen:

1. Die hauptsächliche Motivation der Nutzer bei der Umsetzung eines Entsorgungskonzeptes liegt weder in ökologischen Gedanken noch in der Angst vor dem Behördenvollzug begründet, sondern im Anspruch auf mehr Komfort. Der Komfort wird von den Nutzern nicht zwingend als „Spültoilette“, sondern allgemein als „Toilette auf eigener Kleingartenparzelle“ verstanden.
2. Die Nutzer, die bereits über eine sanitäre Einrichtung verfügen (unabhängig von der Art), wollen diese generell beibehalten. Daraus ergeben sich Schwierigkeiten zur Einführung der Trockentoilette gerade in den Kleingartenvereinen, wo bereits Spültoiletten vorhanden sind.
3. Die technische Ausgereiftheit eines Erfassungssystems ist eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz des Gesamtkonzeptes bei Nutzern. Die „Einfachheit der Handhabung“ und „Geruchsfreiheit“ haben für Nutzer eine ausschlaggebende Bedeutung.
4. Die Nutzer, die praktische Erfahrungen mit wasserlosen Erfassungssystemen gemacht haben, unterscheiden mehr Kriterien bei der Nutzung (z.B. Angenehmheit der Entleerung, der Reinigung, Umgang mit der Toilette durch Gartengäste), die erfüllt sein müssen, damit die Toilettenbenutzung als zufriedenstellend bewertet wird.
5. Das reibungslose Funktionieren des Erfassungssystems allein ist nicht ausreichend für die gute Akzeptanz des Erfassungssystems. Welche Faktoren konkret hier eine Rolle spielen, wurde bis jetzt wenig untersucht. Die Voreinstellung scheint dabei eine Rolle zu spielen. In diesem Sinne ist die Verbesserung des Images von Trockentoiletten für die Steigerung ihrer Akzeptanz in breiter Öffentlichkeit von allgemeiner Bedeutung. Hier können entsprechende Demonstrationsanlagen einen besonderen Nutzen erweisen.
6. Aus der Sicht der Vollzugsbehörden ist das Kriterium „Gewährleistung der Kontrollierbarkeit eines Konzeptes“ besonders relevant. Es handelt sich dabei um Kontrolle der sachgerechten Behandlung und der Produktqualität, die wichtige Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit eines Entsorgungskonzeptes darstellen.
7. Des Weiteren ist aus der Sicht der Vollzugsbehörde die rechtliche Konformität eines jeden Entsorgungskonzeptes als die Hauptvoraussetzung für seine praktische Umsetzbarkeit unabdingbar.

Aus den ermittelten Vorgaben der Nutzer und der Behörden sowie aus eigenen Überlegungen wurden die Kriterien für die Bewertung technischer Entsorgungskonzepte formuliert (siehe Tabelle 1). Die Kriterien wurden dabei nach einzelnen Konzeptkomponenten Erfassung, Transport und Behandlung differenziert. Die Komponente „Verwertung der Produkte“ wird in zweifacher Nennung (möglich / nicht möglich) als eins der Kriterien in der Konzeptgesamtbewertung miterfasst.

Tabelle 1: Kriterien zur Bewertung technischer Entsorgungskonzepte

Erfassung	Transport	Behandlung	Gesamtkonzept
Anfälligkeit bezüglich Betriebsproblemen	Benutzerfreundlichkeit	Anlagentechnischer Aufwand	Kosten
Handhabung	Zeitaufwand für Endnutzer	Technische Ausgereiftheit	Umweltverträglichkeit
Hygienische Unbedenklichkeit	Anfälligkeit bezüglich Betriebsproblemen	Zeitaufwand für Endnutzer	Ressourceneffizienz
Akzeptanz	Hygienische Unbedenklichkeit	Hygienische Unbedenklichkeit der Produkte	Rechtliche Konformität
			Möglichkeit behördlicher Kontrolle
			Standortabhängigkeit

4 Technische Konzepte

4.1 Systematisierung der Fäkalienentsorgungskonzepte in Kleingärten

Im Folgenden werden allgemein technisch mögliche Konzepte zur Entsorgung der Fäkalien aus Kleingärten schematisch dargestellt und kurz beschrieben. Jedes Konzept beinhaltet als einzelne Komponenten Erfassung, Lagerung, Transport, Behandlung, Entsorgung der Reststoffe bzw. Verwertung der Produkte. Zur Systematisierung wurde im ersten Schritt das Merkmal „Wassereinsatz“ herangezogen, welches sich insbesondere auf die jeweiligen Erfassungssysteme (Toilettensysteme) bezieht. Im zweiten Schritt erfolgt die Untergliederung nach Behandlungsverfahren. Die Problematik der Grauwasserentsorgung wird bei dieser Betrachtung ausgeklammert. In der Abbildung 7 ist die Übersicht der Entsorgungskonzepte gegeben.

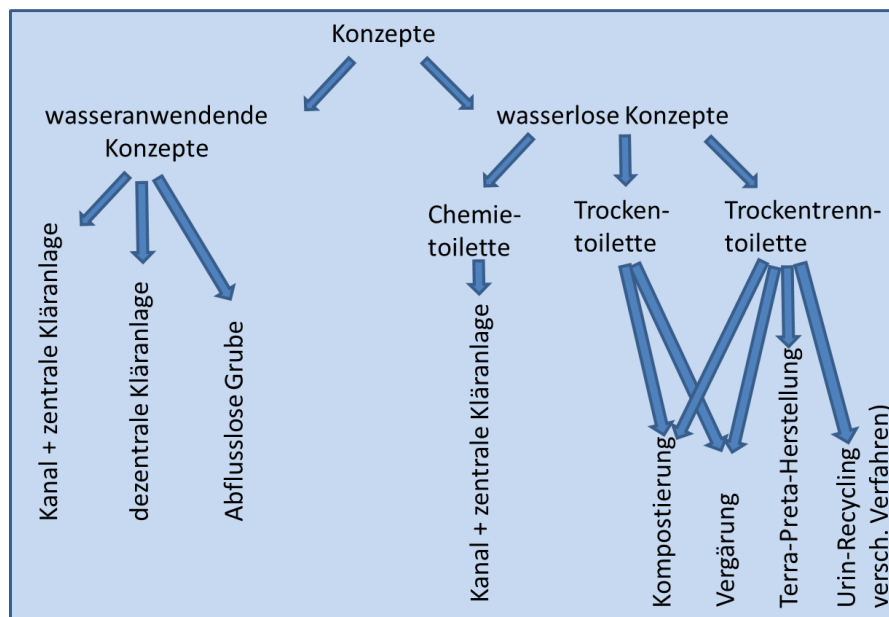


Abbildung 7: Systematisierung der Konzepte zur Entsorgung der Fäkalien in Kleingärten

4.2 Betrachtungsgrenzen: Vorauswahl der Konzepte

Das Konzept der Abwasserableitung aus Kleingärten über das kommunale Kanalnetz mit anschließender Behandlung in der Kläranlage entspricht theoretisch dem heutigen Stand der Technik. Abgesehen von der rechtlichen Problematik (BKleingG) und erwartungsgemäß höheren Kosten hat dieses Konzept bei vielen Endnutzern (Kleingartenpächtern) einen hohen Stellenwert. Aus diesem Grund wird dieses Konzept in den weiteren Betrachtungen miteinbezogen.

Das Konzept der Fäkalienerfassung mit konventionellen Wasserspültoiletten und ihrer Lagerung in einer abflusslosen Grube mit anschließender Abfuhr zur Kläranlage entspricht ebenfalls dem Stand der Technik, unter der Bedingung der nachgewiesenen Dichtheit der Sammelgrube. Dieses Konzept ist deshalb von Interesse, da die Sammelgruben traditionell in vielen Kleingärten bereits bestehen und das Erfassungssystem (WC) eine hohe Akzeptanz bei den Endverbrauchern genießt.

Das Konzept der inneren Erschließung mit anschließender Abwasserbehandlung in einer oder mehreren Kleinkläranlagen scheint dagegen für die Anwendung in Kleingärten aus folgenden Gründen weniger geeignet zu sein:

Besonderheiten stofflicher und hydraulischer Belastung: Die zeitliche Kleingartennutzung ist saisonal und innerhalb der Saison unregelmäßig (vorwiegend Wochenendnutzung). Unabhängig vom Verfah-

ren funktionieren vollbiologische Kläranlagen bei gleichmäßiger Beschickung am besten. Bei ständigem Wechsel zwischen Unterlast- und Überlastbetrieb ist mit der Beeinträchtigung bis zum vollständigen Versagen des Reinigungsprozesses zu rechnen. Mit Hinblick auf die rechtlichen Vorgaben (BKleingG: einfache Ausstattung der Laube, „nicht zum dauerhaften Wohnen“ bestimmt) verbieten die meisten Vereinssatzungen den Einsatz wasserverbrauchender Hausgeräte in Kleingärten. In diesem Zusammenhang fällt nur wenig Abwasser mit einem überproportionalen Anteil an Urin (hohe N- und P-Frachten) an (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006). Verfahrenstechnisch sind beide Faktoren – ungleichmäßige hydraulische Belastung und die hohen Nährstofffrachten – problematisch. Zu ihrer Beherrschung sind erhöhter Technisierungsgrad der Kläranlage sowie die Betreuung durch fachkundiges Personal unverzichtbar.

Eigenkontrolle, Wartung und Betrieb: Entsprechend dem geltenden Recht (WHG §61, Sächsische Kleinkläranlagenverordnung §4, Abwassersatzung der Stadt Leipzig §10) ist der Grundstücksbesitzer und der Nutzer der Kleinkläranlage für ihren störungsfreien Betrieb, die Überwachung, die Eigenkontrolle sowie für die Durchführung der Wartung der Anlage verantwortlich. Dies erfordert gewisse fachliche Kompetenz, persönliche Motivation und ist mit einem organisatorischen und zeitlichen Aufwand verbunden, selbst wenn die Wartung von einer Fachfirma übernommen wird. In Kleingartenanlagen ist die Frage der Zuständigkeit aufgrund besonderer Eigentumsverhältnisse (der Besitzer der Kleinkläranlage ist der Kleingartenverein) und aufgrund besonderer Nutzung (Freizeit und Erholung) sehr oft schwer zu klären. In diesem Sinne sind der Betrieb und die Überwachung der KKA unsicher.

Bei wasserlosen Konzepten ist es sinnvoll, eine interne Differenzierung der Erfassungssysteme vorzunehmen (siehe Abbildung 8).

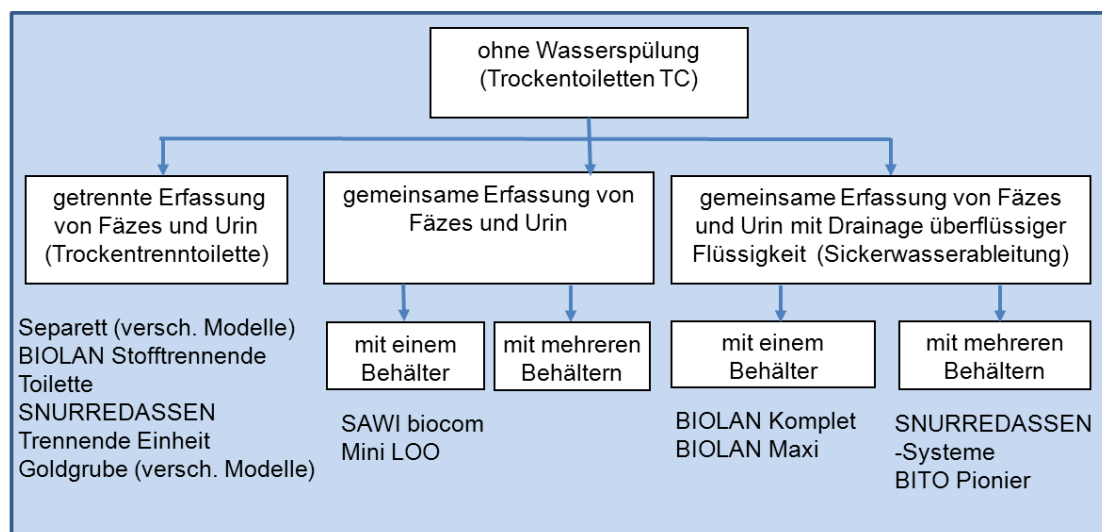


Abbildung 8: Systematisierung der Trockentoilettensysteme mit Modellbeispielen

Die Besonderheit der Kleingartennutzung besteht darin, dass hier hauptsächlich Urin anfällt. (Naudascher, 2001, eigene Ermittlungen). Unter Berücksichtigung dieser Tatsache erscheinen Trockentoiletten mit gemeinsamer Erfassung von Fäzes und Urin für den Einsatz in Kleingärten als nicht vorteilhaft. Entweder ist mit Hinblick auf eine anschließende Behandlung (z.B. Kompostierung) die Zugabe bedeutender Mengen an Zuschlagstoffen (Rinderschrot, Sägespäne) erforderlich, um einen optimalen Wassergehalt und eine günstige Struktur zu erreichen. Oder der Urin wird als Sickerwasser aufgefangen (urindrainierende Toiletten), wobei er durch Kontakt mit Fäzes mit Keimen (auch pathogenen) angereichert wird und somit ein höheres Gesundheitsrisiko bei der Verwertung als Dünger dar-

stellt. Wird der Wassergehalt durch Zuschlagstoffe nicht genügend reduziert, entwickeln sich anaerobe Verhältnisse im Sammelbehälter, die zur Bildung organischer Säuren und anschließender Methan- und Schwefelwasserstoffbildung führen können. Dies sind bekannte Verursacher der Geruchsproblematik, die wiederum zum Fliegenbefall führen kann (Naudascher, 2001). Aus diesen Gründen wird im Folgenden die Betrachtung nur auf die Konzepte mit **urinseparierenden Trockentrenntoiletten** begrenzt.

Die wasserlosen Konzepte können des Weiteren nach dem Kriterium der Zentralität der Behandlung unterteilt werden: mit interner Behandlung und Verwertung (auf einer Einzelparzelle oder im Rahmen eines Kleingartenverein) und mit zentraler Behandlung / Verwertung bzw. Entsorgung. Die Option der stofflichen Verwertung der Fäkalien in zentralen Anlagen wird im vorliegenden Bericht nicht weiter betrachtet, obgleich sie am besten den Vorstellungen der Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz entspricht und als sehr erstrebenswert erscheint. Die Gründe dafür werden ausführlich im folgenden Unterkapitel dargelegt.

4.2.1 Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoilette mit anschließender stofflichen Verwertung in zentralen Anlagen

Das Konzept der zentralen Behandlung von Teilströmen menschlicher Ausscheidungen verfolgt das Ziel der maximal möglichen stofflichen Verwertung enthaltener Nährstoffe. Der Stoffstrom Urin ist der mit Abstand am höchsten mit Nährstoffen beladene Abwasserteilstrom im häuslichen Abwasser. Nach Otterpohl und Oldenburg (2002) entfallen auf Urin 87% der gesamten N-Fracht, 50% der gesamten P-Fracht und 54% der gesamten K-Fracht des häuslichen Abwassers. Zur Rückgewinnung der Nährstoffe (N, P) aus Urin wurden verschiedene Verfahren entwickelt und erprobt: P-Fällung (als Magnesium-Ammonium-Phosphat oder als Ca-Phosphate), Ammoniakstrippung, Ionenaustausch (z.B. an Zeolithen), Elektrodialyse, Nanofiltration. Eine Übersicht und technische Beschreibung dieser Verfahren ist in (DWA, 2008) zu finden.

Zur Behandlung der Fäzes eignen sich sowohl zentrale Kompostierung als auch anaerobe Behandlung zur Biogasgewinnung. Die Vorteile einer zentralen Kompostierung liegen vor allem darin, dass in technischen Anlagen durch die kontrollierte Prozessführung und durch die Überwachung der Kompostqualität eine Hygienisierung sichergestellt werden kann.

Bei der anaeroben Behandlung steht die Produktion des Biogases als erneuerbaren Energieträgers im Vordergrund. Hier sind theoretisch zwei Optionen denkbar: die Co-Vergärung in der Faulung einer kommunalen Kläranlage oder Co-Vergärung in einer Biogasanlage. Für das Verfahren der nassen Vergärung, das in der Klärschlammfaulung und in den meisten Biogasanlagen angewandt wird, ist eine Voraufbereitung der Fäzes (Annahme, Zerkleinerung, Homogenisierung) erforderlich. Diese stellt aus Erfahrungen der Pilotversuche aufgrund der Anfälligkeit gegenüber den Störstoffen eine Schwachstelle des Verfahrens dar. Auch die Zugabe von Zuschlagstoffen wie Rindschrot oder Holzspäne bei der Erfassung kann für die Nassvergärung nachteilig sein (Verschlammung der Reaktoren, Verschleiß der Rührtechnik, Minderung des Gasbildungspotentials). Zur Umgehung dieser Schwierigkeiten wäre die Trockenvergärung (speziell Perkulationsverfahren) vorteilhafter. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für schwer pumpfähige, aber stapelbare Substrate (Weiland, 2006). Getrennt erfasste Fäzes insbesondere bei Zugabe schwer abbaubarer ligninhaltiger Zuschlagstoffe wie Rindschrot entsprechen weitestgehend diesen Anforderungen.

Die Hygienisierung der Fäzes bleibt auch hier eine wichtige Anforderung. Bei der nassen Vergärung soll das Substrat analog zu biologischen Abfallstoffen vor der Vergärung hygienisiert werden (z.B. Erhitzung auf >70°C über 1 h). Bei der Trockenvergärung kann die Hygienisierung durch eine nachgeschaltete Kompostierung der Gärrückstände erreicht werden.

Generell sind bei der Umsetzung des Konzeptes mit zentraler Behandlung und Verwertung der Fäkalienteilströme folgende Probleme zu nennen:

1. Bei der zentralen Umsetzung ist die rechtliche Zuordnung der Substrate dem Abwasserrecht oder dem Abfallrecht von besonderer Bedeutung. Hierdurch werden gleichzeitig die Zuständigkeiten geregelt. Bis jetzt ist die rechtliche Definition menschlicher Ausscheidungen nicht gegeben.
2. Die landwirtschaftliche Verwertung der Produkte aus zentraler Behandlung des Urins ist nur für einige Produkte möglich: So können z.B. Ammoniumsulfatlösung aus der Urinstrippung (DüngMV Anlage 2 Tabelle 6.1 Nr. 6.1.4), oder Phosphatdünger aus der Phosphatfällung mit Calcium oder Magnesium (DüngMV, Anlage 2 Tabelle 6.2 Nr. 6.2.4) typisiert werden. Da menschliche Fäkalien im geltenden Düngegesetz (2009) nicht mehr als Düngemittel definiert werden, bleibt unklar, ob Komposte oder Gärreste mit Fäkalienanteil landwirtschaftlich verwertbar sind.
3. Die aufgelisteten Verfahren zur zentralen Behandlung von Urin und Fäzes stellen aktuell den Stand der Wissenschaft dar. Ihre Umsetzung trägt bis dato einen Prototypencharakter (z.B. MAP-Reaktor zur Behandlung von Gelbwasser im GIZ-Quartier in Eschborn; Projekt Saniresch; URL-1) oder befindet sich erst im Stadium der Pilotversuche (z.B. Versuchsanlage zur Urinstrippung an der TUHH, Tettenborn et al., 2007, Versuche zur Nassvergärung der Fäkalien an der Bauhaus-Universität Weimar, Projekt MoMo, unveröffentlicht). Über Versuchsanlagen zur Trockenvergärung menschlicher Fäkalien wird in der Literatur nicht berichtet. Mit anderen Worten, es besteht keine Infrastruktur in Form von funktionstüchtigen zentralen Anlagen, welche von Kleingartenanlagen in Anspruch genommen werden könnten.

Trotz aller Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Entsorgungskonzepte mit zentraler Behandlung und Verwertung der Fäkalienteilströme sollen an dieser Stelle die Vorteile genannt werden:

- diese Konzepte ermöglichen es die Wertstoffe aus menschlichen Ausscheidungen (insbesondere N und P) als Ressource zurückzugewinnen ;
- die Behandlung selbst und die Qualität der Produkte (insbesondere hinsichtlich hygienischer Aspekte) kann besser kontrolliert werden;
- die zentrale Behandlung impliziert die Erstellung eines Konzeptes zur Verwertung der menschlichen Ausscheidungen als biogener Reststoffe und ersetzt somit die Notwendigkeit der Konzepterstellung seitens einzelner Kleingartenvereine (Synergieeffekte, höhere fachliche Kompetenz der Planung).

Die zukünftige Entwicklung der oben genannten Verfahren, deren Erprobung und rechtliche Umsetzung bleibt abzuwarten. Die Konzepte mit zentraler Behandlung und Verwertung von Fäkalienteilströmen werden im vorliegenden Bericht nicht weiter verfolgt.

Dadurch reduziert sich die Anzahl der Entsorgungskonzepte, welche in dieser Studie erläutert und ausgewertet werden, auf folgende Vier:

1. Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation;
2. Sammlung der Fäkalien in abflusslosen Sammelgruben auf Kleingartenparzellen mit anschließender Abfuhr zur Kläranlage;
3. getrennte Erfassung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten mit anschließender Behandlung und Verwertung in Grenzen eines Kleingartenvereins. Als Untervarianten:
 - Kompostierung auf Einzelparzellen,
 - Semizentrale Kompostierung im Kleingartenverein,
 - Terra Preta-Herstellung auf Einzelparzellen;

4. getrennte Erfassung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten mit anschließender zentraler Entsorgung (Kläranlage, zentrale Kompostierung). Als Untervarianten:
 - getrennte Erfassung der Fäkalien in speziellen Gruben mit anschließender Abfuhr von Einzelparzellen (Abholsystem);
 - getrennte Erfassung in kleinräumigen Trockentrenntoiletten, Zwischenlagerung in dezentralen Anlagen (Urinsammelstelle, Komposter) mit anschließender Abfuhr zu zentraler Entsorgung (partiell Bring-Abhol-System).

Aus Gründen, dass der große Anteil der Endnutzer den Anspruch „Toilette auf eigener Parzelle“ als prioritäre Vorgabe für Entsorgungskonzepte identifiziert hat (siehe Kapitel 3.2.2), beschränken sich folgende Betrachtungen auf Konzepte mit individueller Erfassung. Die Gruppenlösungen als Untervarianten formulierter Konzepte sind jedoch ebenfalls möglich und weisen erwartungsgemäß einen geringeren Kostenaufwand auf (Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006).

4.3 Verfahrenstechnische Beschreibung der ausgewählten Entsorgungskonzepte

4.3.1 Konzept 1: Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation

Das verfahrenstechnische Prinzip des Konzeptes „Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation“ ist in der Abbildung 9 dargestellt. Der Anschluss einer Kleingartenanlage an die öffentliche Kanalisation bietet eine komfortable Lösung für die Entsorgung der entstehenden Abwässer. Hierbei werden anfallende Abwässer über den öffentlichen Kanal zu einer zentralen Kläranlage geleitet und dort entsprechend den gesetzlichen Anforderungen behandelt.

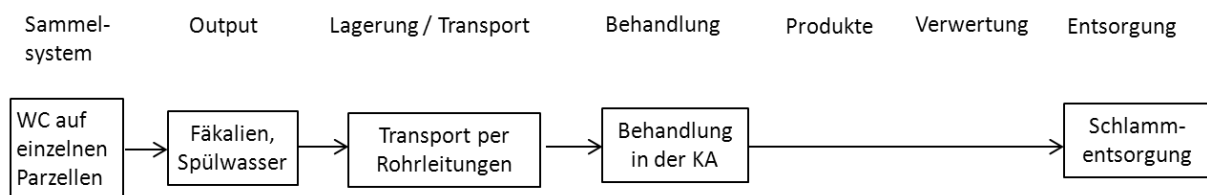


Abbildung 9: Konzept „Innere Erschließung, Anschluss an Kanal“

4.3.1.1 Technische Randbedingungen

Die grundlegenden Randbedingungen für eine wirtschaftlich tragbare Umsetzung dieses Konzeptes sind:

- ein öffentlicher Kanal in vertretbarer Nähe der Kleingartenanlage;
- Zustimmung des Abwasserbeseitigungspflichtigen zum Kanalanschluss (Abschluss des Anschlussvertrages);
- Günstige topografische Verhältnisse: ein geländeparalleles Kanalgefälle von 1:DN [cm] (1:150 bis 1:100) ist möglich, so dass die Schwerkraftentwässerung auch bei flacher Verlegung der Rohrleitungen sicher gewährleistet wird.

Die innere Erschließung der Kleingartenanlage, die das Konzept „Kanalanschluss“ impliziert, wird als Errichtung einer Grundstücksentwässerungsanlage verstanden. Hierzu sind folgende technische Normen anzuwenden: DIN 1986-100, DIN EN 12056, DIN EN 752, DIN EN 1610 sowie die zugehörigen DWA Regelwerke.

Das innere Erschließungssystem kann in Einzelanschlussleitungen (Leitungen auf einzelnen Parzellen) und Sammelleitungen gegliedert werden. Bei einer Laubenausstattung, bestehend aus Handwasch-

becken, Küchenspüle und Spültoilette ist für die Bemessung der Einzelanschlussleitung der Anschlusswert der Spültoilette (Spülung mit 6 l, 2 l/s)² maßgebend. Nach DIN EN 12056-2 ergibt sich der erforderliche Mindestrohrdurchmesser DN 80. Unter der Annahme des Anschlusses weiterer wasser-verbrauchender Einrichtungsgegenstände an die Einzelanschlussleitung wird mindestens DN 100 empfohlen (Kommentare zur Dimensionierung der Einzelanschlussleitungen im Anhang 1.1).

Es ist davon auszugehen, dass bei einer Länge der Einzelanschlussleitung von weniger als 30 m die Installation eines Revisionsschachtes bzw. einer Revisionsöffnung entfallen kann. Im Fall der Verstopfung einer Parzellenleitung können moderne Reinigungsgeräte über Installationen (Toilette) die Rohrleitungen von Verstopfungen problemlos befreien. Bei Leitungslänge über 30 m empfiehlt sich zur besseren Instandhaltung die Installation eines Inspektionsschachtes (z.B. Kunststoff, DN 400) oder einer Revisionsöffnung auf der Parzelle (siehe Abbildung 10).

Aufgrund von erwartungsgemäß geringen hydraulischen Lasten können für gemeinschaftliche Sammelleitungen gegenüber einem öffentlichen Kanal reduzierte Nennweiten gewählt werden. Nach (Barjenbruch & Wriege-Bechtold, 2006) ist die Nennweite von DN 150 für die Anwendung im Kleingartenbereich ausreichend. Je nach Größe der Kleingartenanlage können die gemeinschaftlichen Sammelleitungen mehrere Hunderte Meter betragen. Zur Inspektion und Wartung der Rohrleitungen sind in regelmäßigen Abständen Kontrollschächte zu installieren. Für den allgemeinen Verwendungsbereich der Grundstücksentwässerung sind nach DIN 1986-100 Tabelle 3 bei der Einbautiefe unter 1,5 m nicht besteigbare Inspektionsöffnungen (Kontrollschächte) DN 300 bis DN 400 erlaubt. Die Kontrollschächte sollten an allen Endpunkten, Richtungsänderungen sowie bei Gefällewechsel eingebaut werden. Der in DIN 1986-100 empfohlene Schachtabstand für Rohrleitungen DN 150 beträgt 40 m. Mit neuester Reinigungs- und Inspektionstechnologie ist es heute allerdings möglich Rohrlängen von bis zu 200 m zu warten (Bosseler&Schlütter, 2005). Unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Kleingartenanlagen (geringe hydraulische Belastung, gelegentliche Nutzung der Anlage) kann der Schachtabstand auf 80 bis 100 m vergrößert werden (Barjenbruch & Wriege-Bechtold, 2006). Bei der Zusammenführung von mehreren Sammelleitungen oder einer Verlegetiefe >1,25 m sind zur besseren Wartung und Kontrolle begehbare Schächte (z.B. gelegentlich besteigbare Schächte nach DIN EN 476, Einbautiefe bis 3 m, DN 800 bis DN 1000) zu empfehlen. Der Übergabeschacht von Sammelleitung der Kleingartenanlage zum öffentlichen Kanal soll nach DIN 1986-100 ebenfalls als ein begehbare Schacht (DN 1000) ausgeführt werden. Die empfohlenen Angaben über Schachtabstände und Weiten sind im Einzelfall mit ortsansässigen Kanalinspektionsfirmen abzuklären.

Mit der Voraussetzung einer vorliegenden Machbarkeitsstudie bezüglich der Standortstopografie kann das Ausheben des Grabens unter Umständen in Eigenleistung erfolgen. Die Grabentiefe richtet sich nach dem erforderlichen Kanalsohlengefälle. Bei ganzjährig betriebenen Kleingartenanlagen sollen die Rohrleitungen frostsicher (mind. 0,8m Überdeckung) verlegt werden. Die Mindestbreite des Grabens berechnet sich in Abhängigkeit von der Nennweite sowie von der Grabentiefe (DIN EN 1610). Für Grabentiefen größer 1,0 m und kleiner 1,75m beträgt die Mindestbreite unabhängig von der Rohrnennweite 0,8m. Das Verlegen der Rohrleitungen einschließlich der Herstellung der Bettung und der Verfüllung soll fachkundigen Firmen überlassen werden. Diese Anforderung ist oft auch in kommunalen Abwassersatzungen festgeschrieben.

² Anschlusswerte entnommen aus DIN EN 12056-2 Tabelle 2 für System I (Deutsches Institut für Normung, 2001)



Abbildung 10: Prinzip der Anordnung einer Revisionsöffnung (links, Quelle: Fa. Fabekun), Kontrollschacht Varios 400 (rechts, Quelle: Fa. PipeLife)

4.3.1.2 Orientierende Kosten

Hier und in weiteren Kapiteln aufgeführte Kostenaufstellungen sind Ergebnis einer stichpunktartigen Recherche (Befragungen einzelner Firmen, Literaturangaben sowie Internetrecherche). Daher tragen sie nur einen orientierenden Charakter und müssen für jede konkrete Anwendung überprüft werden. Nichts desto trotz sind die Kostenstellen unabhängig vom Standortbedingungen und der Größe jeweiliger Kleingartenanlage allgemein gültig.

Die Investitionskosten setzen sich zusammen aus Materialkosten (Toilette, Rohrleitungen, Schächte etc.), Errichtungskosten (Zukauf von Leistungen wie Bodenaushub und Verfüllen, Verlegearbeiten oder Gerätemiete) und Entsorgungskosten (hier z.B. Entsorgung des Bodenaushubes). Die Personalkosten, welche z.B. bei der Inanspruchnahme der Leistungen einer Fachfirma entstehen, sind stets in angegebenen Preisen der Leistungen inbegriffen. Die Eigenleistung der Kleingärtner wird in vorliegenden Kostenaufstellungen generell nicht monetär ausgedrückt.

Bei der Umsetzung des Konzeptes „Kanalanschluss“ kann die Verlegung der Rohrleitungen auf Parzellen in Eigenleistung erfolgen. Bei der Verlegung gemeinschaftlicher Sammelleitungen sollen geltenden Anforderungen kommunaler Abwassersatzungen berücksichtigt werden, wonach **die Errichtung einer Grundstücksentwässerungsanlage oft nur durch eine Fachfirma zugelassen ist**. Die Bodenarbeiten (Aushub, Verfüllen) können dagegen in Eigenleistung oder durch Fachfirma ausgeführt werden (siehe Varianten in der Berechnung). Bei der Berechnung erforderlicher Mietdauer für Minibagger kann die Stundenleistung mit $15,9 \text{ m}^3/\text{h}$ angenommen werden. Dies entspricht einer halbierten Aushubleistung nach (Günthert, 2001) von $31,8 \text{ m}^3/\text{h}$ für einen Minibagger und 3 Personen (Mittelwert aus mehreren Bauprojekten), und soll die Unerfahrenheit der Ausführenden annähernd berücksichtigen. Zum Erstellen der Rohrbettung sind nach (Böhm, 2002) für das Rohraufleger 10 bis 25 cm und für die Leitungszone bis zu 30 cm über Rohrscheitel einzuplanen. Entsprechend neuen Erkenntnissen von IGBE (Hannover) kann die Überdeckung der Rohrleitungen auf 10 cm vermindert werden (Mischke et al., 2005).

Der zum Verfüllen nicht verbrauchte Bodenaushub bedarf einer sachmäßigen Entsorgung. Bei der Entsorgung größerer Mengen Bodenaushub können besondere Konditionen mit dem jeweiligen Entsorger ausgehandelt werden. Die Preisspanne ist groß und hängt von lokal verfügbaren Optionen der Entsorgung (Deponie / Verwertung) ab. Die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Preise gelten

für die Option des Recyclings des Bodenaushubs z.B. im Landschaftsbau und beinhalten zugleich den Aushub und die Entsorgung.

Die laufenden Kosten des Konzeptes „Kanalanschluss“ umfassen im Wesentlichen die Abwasserentsorgungskosten und sind von der Gebührenhöhe des lokalen Abwasserentsorgers abhängig. Als wiederkehrende Kosten sind die Kosten für die periodische Durchführung der Dichtheitsprüfung einzukalkulieren. Der angegeben Meterpreis von 13,49€/m beinhaltet TV-Inspektion inkl. Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse und ist ein durchschnittlicher Preis, der von der Fa. Kanalcheck 7 (URL-3) im Auftrag des Verbandes der Rohr- und Kanaltechnik-Unternehmen e.V. als Ergebnis der Umfrage von 96 Unternehmen ermittelt wurde.

In Tabelle 2 werden die wichtigsten Kostenstellen (als Preisspannen) bei der Realisierung der inneren Erschließung mit anschließendem Kanalanschluss zusammengetragen. Des Weiteren ist im Anhang 2 eine beispielhafte Kostenrechnung für einen Muster-KGV mit Berücksichtigung konkreter Modalitäten (Rohrleitungslängen, Anzahl der Parzellen im KGV) und unter Voraussetzung günstiger topografischer Verhältnisse aufgeführt.

Tabelle 2: Investitionskosten (Material und Errichtung), laufende und wiederkehrende Kosten für das Konzept „Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation“

Investitionskosten	Min	Max	
Rohre DN 100, Rohrleitungen auf Einzelparzellen	3,7 ¹⁾	9,35 ¹⁾	€/Lm
Rohre DN 150, gemeinschaftliche Rohrleitungen			
Bettungs- und Verfüllmaterial, Kies/ Sand, 0/4 mm, Preis	8,9 ²⁾	12,8 ²⁾	€/t
DN 100	0,25		m³/Lm
	4	5,76	€/Lm
DN 150	0,3		m³/Lm
	4,81	6,91	€/Lm
Bodenaushub + Wiederverfüllen + Entsorgung (Fachfirma)	15 ³⁾	30 ³⁾	€/m³
DN 100: (Überdeckung 0,8 m; Grabenbreite 0,8 m)	0,888		m³/Lm
	13,32	26,64	€/Lm
DN 150 (Überdeckung 0,8 m; Grabenbreite 0,8m)	1,2		m³/Lm
	18	36	€/Lm
Minibagger, Mietspreis	90 ⁴⁾	130 ⁴⁾	€/d
Erdaushubleistung	15,9		m³/h
für DN 100	0,63	0,91	€/Lm
für DN 150	0,85	1,23	€/Lm
Verlegearbeiten (durch Fachfirma)	7,5 ⁵⁾	25 ⁵⁾	€/Lm
SUMME (Erd- u. Verlegearbeiten durch Fachfirma), DN100	28,52	66,75	€/Lm
SUMME (Erdarbeiten u. Verlegung in Eigenleistung), DN100	8,33	16,02	€/Lm
SUMME (Erd- u. Verlegearbeiten durch Fachfirma), DN150	39,21	86,31	€/Lm
SUMME (Erdarbeiten in Eigenleistung, Verlegung durch Fachfirma), DN 150	22,06	51,54	€/Lm
Revisionsschacht auf Parzelle, DN 400, optional		105 ⁶⁾	€/Stück
Abzweige, 45°, DN150/DN100 (Anbindung der Parzellenleitungen an die gemeinschaftliche Leitungen)	8,4 ⁸⁾	20,5 ⁸⁾	€/Stück
Schächte in gemeinschaftlichen Leitungen:			
Revisionsschacht, DN 400, nicht besteigbar	110 ⁹⁾	200 ⁹⁾	€/Stück
Übergabeschacht DN 1000, besteigbar, mit Steighilfen	512 ¹⁰⁾	620 ¹⁰⁾	€/Stück

Anschluss an Kanal	1000 ¹¹⁾	2000 ¹¹⁾	€
--------------------	---------------------	---------------------	---

laufende Kosten

Abwasserentsorgungskosten	Bei lokalem Abwasserentsorger nachfragen
---------------------------	--

wiederkehrende Kosten

Dichtheitsprüfung, Meterpreis	13,49 ¹²⁾	€/Lm
-------------------------------	----------------------	------

¹⁾ www.techboerse.de; www.hoba-baustoffe.com PP mit Steckmuffen, oder KG Rohe, 2 bzw. 5 m Länge (DN 100 3,70 – 4,00€/m); muffenrohr-click2print.de PE-HD-Rohre aus PE 80 für Freispiegelkanal (DN 100, 9,35€/m)

²⁾ www.glueck-kies.de (8,90€/t); www.sand-kies-verfüllungen.isarkies.de Natursand 0/8 mm (12,80€/t)

³⁾ Ingenieurbüro Temann & Schöpe Leipzig, Erfahrungswerte aus Bauprojekten letzter zwei Jahre

⁴⁾ www.mini-bagger-vermietung.de (Bagger 90€/d.); www.baumaschinen-vermietung.com (Bagger 130€/d)

⁵⁾ Doring und Seidel, 7,5€/m; Wema GmbH Erfurt 8...14€/m; Umwelttechnik und Wasserbau, 25€/m

⁶⁾ www.techboerse.de Kunststoff-Durchlaufschacht für DN100, Einbautiefe ca. 1,0 m, Abdeckung aus Kunststoff, nur begebar

⁷⁾ www.techboerse.de PP mit Steckmuffen, 2m Länge (DN150, 8,9 €/m); muffenrohr-click2print.de PE-HD-Rohre aus PE 80 für Freispiegelkanal (DN150, 18,4€/m)

⁸⁾ www.techboerse.de KG-Abwasserrohre (DN 100/150; 8,40€/St.); www.techboerse.de PP Rohre (DN100/150; 20,5€/St.)

⁹⁾ www.techboerse.de Kunststoffschacht mit 3 Zuläufen, Verlegetiefe ca. 1,0m (110€/St.), Verlegetiefe 1,5m (200€/St.); Schachtabdeckung nur begebar

¹⁰⁾ www.wegmann-huglfing.de Betonschachtboden m. zwei Zuläufen, Gesamtpreis ab Werk 512€/St.; Betonwerk Kühne Gesamtpreis 620 €/St.

¹¹⁾ Auskunft KWL, Stand 2012

¹²⁾ durchschnittlicher Meterpreis, Ergebnis der Umfrage von VDRK, 96 Unternehmen, Stand 2012

4.3.2 Konzept 2: Sammlung der Fäkalien in abflusslosen Sammelgruben auf den Kleingartenparzellen mit anschließender Abfuhr zur Kläranlage

Das verfahrenstechnische Prinzip des Konzeptes „Sammlung der Fäkalien in abflusslosen Sammelgruben auf den Kleingartenparzellen mit anschließender Abfuhr zur Kläranlage“ ist in der Abbildung 11 dargestellt.

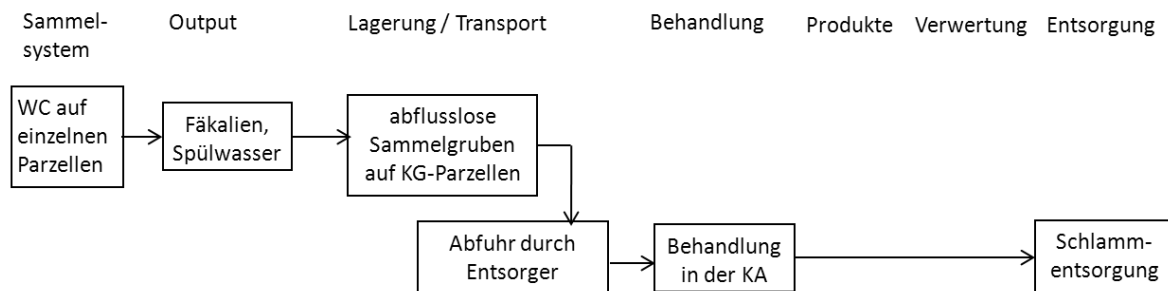


Abbildung 11: Konzept „Abflusslose Sammelgruben“

Abflusslose Gruben sind Anlagen zur dezentralen Erfassung des Abwassers (SachsWG, §63 Ziffer 2). Die Anforderungen an abflusslose Gruben werden auf Landesebene geregelt (z.B. §63 SachsWG) und orientieren sich an den technischen Normen DIN 1986-100, DIN 4261-1, DIN EN 12566-1. Die Anforderungen der Sächsischen Bauordnung (§44 SächsBauO, 28.05.2004) beziehen sich vor allem auf die Dichtheit der Anlagen. Ähnliche Regelungen finden sich auch in anderen Bundesländern (§ 43 BauO LSA, 2006; § 42 ThürBO, 2004; § 42 HBauO, 2010, § 45 BauO Bln, 2010).

4.3.2.1 Technische Randbedingungen

Das Spektrum der auf dem Markt gehandelten Sammelgruben ist ausgesprochen breit. Die Auswahl bezieht sich in erster Linie auf die voraussichtliche Abwassermenge. Entsprechend der Bestandserfassung (Kapitel 3.1) liegt der durchschnittliche Wasserverbrauch in Kleingärten zwischen 2 und 6 m³

pro Jahr. Höherer Wasserverbrauch ist i.d.R. mit der Nutzung eines Swimmingpools verbunden. Aus diesen Überlegungen erscheinen vor allem **kleinere Sammelgruben mit dem Fassungsvermögen von 2 bis 3 m³** für die Anwendung im Kleingarten geeignet zu sein.

Tabelle 3: Anforderungen an die Zugänglichkeit verschiedener Sammelgrubentypen

Betonbehälter		Kunststoffbehälter
Ringbauweise	Monolithische Bauweise	
Mittlere Anforderungen: einzelne Betonringe können von einem Bagger versetzt und kurze Strecken befördert werden.	Hohe Anforderungen: für die Anlieferung zur Baustelle ist ein LKW inkl. hydraulischen Ladekran erforderlich; eine befestigte, ungehinderte Zufahrt (mind. 3,7m) zu gewährleisten. Ein Abstützen der LKW-Kraneinrichtung (ca. 5,25m) soll möglich sein.	Geringe Anforderungen: aufgrund des geringen Gewichtes können „von Hand“ versetzt werden; kein Kran erforderlich.

Die wichtigste Voraussetzung für die Realisierbarkeit des Konzeptes „Abflusslose Sammelgruben“ ist die **Gewährleistung der Zugänglichkeit des Grundstücks** für den Transport der Sammelgrube (insbesondere bei Betonbehältern) sowie für die Abfuhr des Grubeninhaltes. In der Tabelle 3 sind die Anforderungen an die Zugänglichkeit verschiedener Sammelgrubentypen (nach dem Werkstoffmaterial) zusammengefasst.

Die Kunststoffsammelgruben bieten solche Vorteile wie einfacher Transport, schneller Einbau ohne Kraneinsatz bei ausreichender Standsicherheit und Formstabilität. Auch aus der Sicht des guten Korrosionsverhaltens ist Kunststoff vorteilhaft. Bei der Auswahl sind die Abmessungen des Behälters von Bedeutung, insbesondere die Höhe des Behälters mit dem Schachtdom, die zusammen mit der erforderlichen Überdeckung und unter der Berücksichtigung der erforderlichen Bettung (mindestens 10 cm, Herstellerangaben beachten) die Tiefe der Baugrube bestimmt. Die Höhe der Überdeckung hängt von mehreren Faktoren ab: zu erwartende Belastung (begehrbar / befahrbar), Frostsicherheit, maximaler Grundwasserstand. Als Mindestmaß werden zum Schutz erdverlegter Rohrleitungen bei der Gartenarbeit 25 cm Erdüberdeckung empfohlen (REWATEC, URL-4).

Aus den Gründen der Auftriebssicherheit und der Verformbarkeit sind bei der Auswahl der Modelle (Kunststoff wie Beton) immer die am Standort vorherrschenden **Grundwasserverhältnisse** (der maximale Grundwasserstand) zu berücksichtigen.

Bei der Herstellung der Baugrube in Eigenleistung soll berücksichtigt werden, dass der ordnungsgemäße Zustand der Baugrube und der Bettung sowie der ordnungsgemäße Einbau von einem Sachkundigen zu prüfen und zu bescheinigen sind (Kosten). Bei Baugruben mit Tiefe > 1,75 m in „stichfesten“ Böden bzw. > 1,25 m in lockeren Böden sind Böschungen nach DIN 4124 anzulegen und Arbeitsraum von mindestens 0,5 m vorzusehen (zusätzlicher Erdaushub, Kosten). Der Abstand der Baugrube von Bauwerken soll i.d.R. 1,2 m nicht unterschreiten (Herstellerangaben beachten). Vor dem Einbau ist die Dichtheit des Behälters von einem Sachkundigen nachzuweisen und zu bescheinigen (Kosten). **Beim Einbau der Kunststoffsammelgruben eignet sich der Erdaushub nicht zur Verfüllung!** Hierzu ist ein spezielles Verfüllungsmaterial (Rundkornkiese, frei von spitzen Gegenständen, Körnungen je nach Hersteller 8/16 bis 0/32) zu besorgen.

Die Entsorgung der Sammelgruben erfolgt durch den Abtransport des Grubeninhaltes mittels Saugfahrzeugen des lokalen Abwasserentsorgers (max. Schlauchlänge 30 m, Vakuumpumpe). Dabei sind zu beachten

- Regelungen der kommunalen Abwassersatzung über die Übernahmestelle (z.B. in Braunschweig werden nur die zentrale Sammelgrube im Kleingartenverein oder ein Übergabeschacht als solche definiert)
- lokale Randbedingungen wie Wegbreiten, Befahrbarkeit der Wege (z.B. aufgrund von flach verlegten Rohrleitungen) für die Gewährleistung der Erreichbarkeit der Sammelgrube.

Für die Entsorgung ist eine Gebühr an den Entsorger zu entrichten. Anhand der Entsorgungsnachweise oder Rechnungen der Entsorger kann die sachgemäße Entsorgung kontrolliert werden.

4.3.2.2 Orientierende Kosten

Bei der Kostenermittlung für eine Sammelgrube ist stets darauf zu achten, ob im Preis das unabdingbare Zubehör wie z.B. Schachtdom, ggf. Schachtverlängerung, Schachtabdeckung, Absaugvorrichtung inbegriffen sind (versteckte Kosten!). Als nützliches Zubehör ist ein Füllstandanzeiger (mechanisch od. elektrisch) zu empfehlen.

Die Einbaukosten (Aushub, Verfüllung, Kosten für das Verfüllungsmaterial und die Entsorgung des Bodenaushubes) hängen von der Größe der Baugrube ab. Diese berechnet sich ausgehend von den Abmessungen der Sammelgrube zuzüglich der Bettung (0,2 m), der erforderlichen Überdeckung, des Arbeitsraumes (i.d.R. 0,5 m) und evtl. der Böschungen nach der Pyramidenstumpf-Formel:

$$\frac{G_1 + G_2}{2} \cdot h$$

G_1 - Grundfläche der Baugrube,

G_2 - Grubenfläche an der GOK,

h – Baugrubentiefe

Daher ist die Sammelgrube nach Möglichkeit klein, insbesondere flach, zu halten. Bei flachen, unsteigbaren Baugruben (< 1,75 m) können Abböschungen vermieden werden und der Arbeitsraum auf 0,2 m reduziert werden. Dadurch wird das Aushubvolumen reduziert, was gleichzeitig den Arbeitsaufwand und die Entsorgungskosten vermindert. Bei Betonruben kann der anfallende Bodenaushub zum Verfüllen wiederverwendet werden. Somit reduziert sich auch der Bodenaushub zur Entsorgung auf ein Mindestmaß. Bei Kunststoffbehältern ist zur Verfüllung (bis 20 cm über dem Grubenscheitel oder nach Herstellerangaben) spezielles Verfüllungsmaterial zuzukaufen. Der anfallende Erdaushub ist zu entsorgen. Die Kosten für die Miete der Baumaschinen werden stark durch die spezifische Arbeitsleistung beeinflusst. Die plausiblen Annahmen der Arbeitsleistung des ungeübten Bedienungs-personals sind analog dem Kapitel 4.3.1.2 anzunehmen. Die Preise für die Entsorgung des Erdaushubes sind von lokal verfügbaren Optionen der Entsorgung abhängig. In der Tabelle 4 sind die Preise für das Recycling des Bodenaushubs angegeben (z.B. im Landschaftsbau). Bei der Entsorgung des Bodenaushubs auf einer Deponie sind höhere Preise (ca. 60 €/m³) anzunehmen.

Laufende Kosten umfassen im Wesentlichen die Abwasserentsorgungskosten und sind vom Gebührenmodell des lokalen Abwasserentsorgers abhängig. Sie können sich anteilig aus den Transportkosten (entfernungsabhängig oder pauschal) und mengenabhängigen Behandlungskosten zusammensetzen. In Leipzig gliedern sich die Entsorgungskosten in einen fixen Anteil (Basispreis + Bereitstellungspreis + Servicekosten) und einen mengenabhängigen Anteil. In diesem Sinne unterscheiden sich die Entsorgungskosten für einen Sammelgrubenbesitzer nicht von denen des Kanalanschlussbesitzers und sind von der Entleerungshäufigkeit der Sammelgrube unabhängig.

Als wiederkehrende Kosten sind die Kosten für die Durchführung der Dichtheitsprüfung zu berücksichtigen, wobei die Pflicht und die Häufigkeit der Dichtheitsprüfung noch nicht überall geregelt sind. Entsprechend dem Leitfaden der Arbeitsgruppe Abwasser des Landesverbandes der Gartenfreunde

Mecklenburg und Vorpommern e.V. ist die Dichtheit der vorhandenen Sammel- und Klärgruben nach einem vereinfachten Verfahren alle 10 Jahre nachzuweisen (Landesverband der Gartenfreunde Mecklenburg und Vorpommern e.V., 2011).

In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Kostengrößen (als Preisspannen) im Konzept „Sammelgruben“ zusammengetragen. Die angegebenen Preise sollen nur als grobe Orientierung verstanden werden, da die Kosten für Baumaterialien, Gerätemiete, die Entsorgung des Bodenmaterials, sowie die Abwasserkosten zum Teil sehr ortspezifisch sind. Des Weiteren ist im Anhang 2 die Kostenrechnung für jeweils zwei Beton- und zwei Kunststoffsammlgruben für einen Muster-KGV aufgeführt.

Tabelle 4: Investitionskosten (Material und Errichtung), laufende und wiederkehrende Kosten für das Konzept „Abflusslose Sammelgruben“

Investitionskosten	Max	Min	
WC Komplettsset	60	100	€/Stück
abflusslose Sammelgrube, Beton	1030 ¹⁾	1295 ¹⁾	€/Stück
Zubehör	247 ²⁾	585 ²⁾	€
Transport, Abladen und Versetzen	400 ³⁾	0 ³⁾	€
abflusslose Sammelgrube, Kunststoff (mit DIBT-Zulassung)	950 ⁴⁾	1365 ⁴⁾	€
Zubehör	190 ⁵⁾	582 ⁵⁾	€
Transport, Abladen und Versetzen	0 ⁶⁾	100 ⁶⁾	€
Rohre für Zuleitung, DN 100	3,7 ⁷⁾	9,35 ⁷⁾	€/m
Mietspreis für Minibagger	90 ⁸⁾	130 ⁸⁾	€/d
Mietspreis für Rüttelplatte/Stampfer	30 ⁸⁾	38 ⁸⁾	€/d
Kies für Bettung und Verfüllung, max. 16 mm	8,9 ⁹⁾	11 ⁹⁾	€/t
Entsorgungspreis pro m ³ Bodenaushub	15 ¹⁰⁾	30 ¹⁰⁾	€/m ³

laufende Kosten

Abwasserentsorgungskosten	Bei lokalem Abwasserentsorger nachfragen
---------------------------	--

wiederkehrende Ausgaben

Dichtheitsprüfung, Komplettpreis	150 ¹¹⁾	240 ¹¹⁾	€/Parzelle
----------------------------------	--------------------	--------------------	------------

¹⁾ www.hibewa.de: HIBEWA 3000I 1030€; www.umweltfuxx.de: Aqua GRANDE Sammelgrube 5600I 1240€

²⁾ Rewatec Prospekt: Pegelanzeige 99 €; Füllstandsanzeige, elektrisch, 139€; Schachtverlängerung 60 cm, 199€; Schachtabdeckung, begehbar, 99€; Absaugset 148€

³⁾ www.hibewa.de: Transport u. Versetzen 400€; www.umweltfuxx.de: Transport + 30 min Kranentladezeit kostenfrei, bei längerem Kraneinsatz bzw. Wartezeiten 29,75€/15 min

⁴⁾ www.regenwasser.erdinershops.de: Sammelgrube Herkules 3,2m³ (Fa. GRAF), 899€; www.rostockerumweltservice.de: Abwassertank Tubus 3m³, 950€; Abwasser/Fäkaliengrube 3m³, Fa. GRAF 1250 €; www.bausep.de: F-Line Erdtank, 3 m³ Fa. REWATEC 1365 €

⁵⁾ www.bausep.de: Tankabdeckung 99€, Schachtverlängerung 0,6m 209€, Wanddurchführungsset DN 100 129€, Überfüllmelder, 139€; Entlüftungsanschluss 49€

⁶⁾ www.bausep.de: Lieferkosten abh. von der PLZ; unter Umständen Lieferung frei Haus

⁷⁾ www.techboerse.de; www.hoba-baustoffe.com PP mit Steckmuffen, oder KG Rohe; muffenrohr-click2print.de PE-HD-Rohre aus PE 80 für Freispiegelkanal

⁸⁾ www.mini-bagger-vermietung.de (Bagger 90€/d, Rüttelplatte 30€/d); www.baumaschinen-vermietung.com (Bagger 130€/d, Rüttelplatte 38€/d)

⁹⁾ www.glueck-kies.de (8,9 €/t); www.sand-kies-verfüllungen.isarkies.de Kies, gewaschen 8/16 mm, 9 bis 11€/t

¹⁰⁾ Ingenieurbüro Temann & Schöpe Leipzig, Erfahrungswerte aus Bauprojekten letzter zwei Jahre

¹¹⁾ Fa. Ziegler Bauservice(150€); Uniror Leipzig (240€)

4.3.3 Konzept 3: Getrennte Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten mit anschließender interner Behandlung und Verwertung zur Düngung

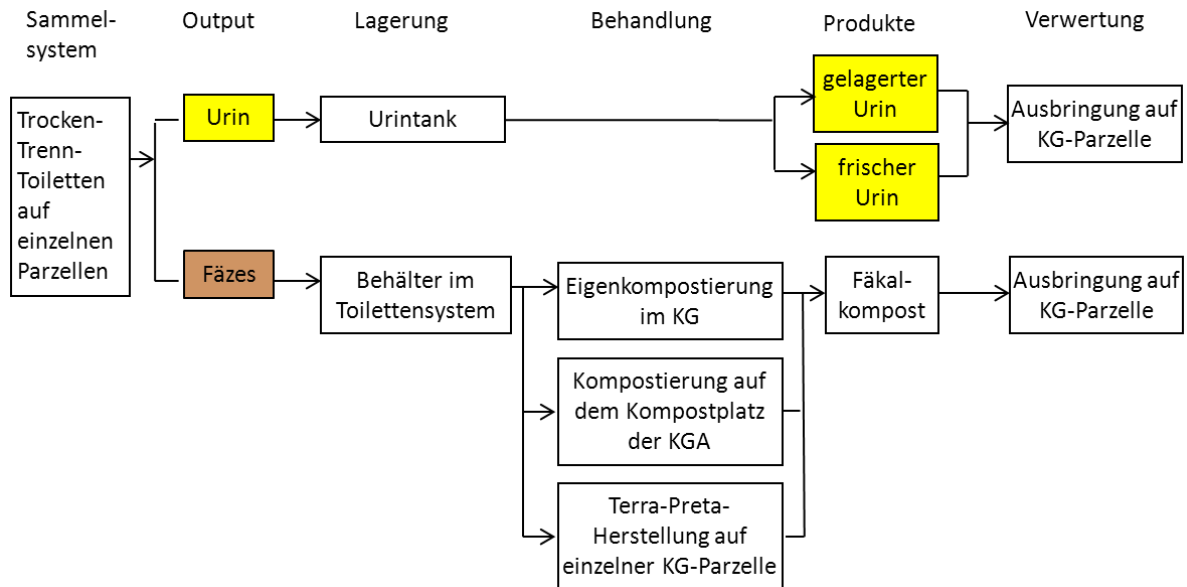


Abbildung 12: Konzept 3: „NASS - interne Behandlung und Verwertung“

Die schematische Darstellung des Konzeptes mit der Behandlung und stofflicher Verwertung der getrennt gesammelten Fäkalien vor Ort ist der Abbildung 12 zu entnehmen. In die Umsetzung des Konzeptes angefangen von der Errichtung der Anlagen über die Erfassung, Sammlung, Behandlung bis zur Verwertung der Produkte sind die Kleingärten im hohen Maße involviert. Das Ziel dieses Kapitels ist, das vorhandene kompetente Wissen zu jeder Einzelkomponente des Konzeptes für die Kleingärtner zusammenzufassen.

4.3.3.1 Erfassungssysteme

Die Erfassung der Fäkalien erfolgt in diesem Konzept mit Trockentoiletten, speziell mit Trockentrenntoiletten (Begründung im Kapitel 4.2). Das Gemeinsame für alle Sammelsysteme mit Urinabtrennung ist ein spezifischer Toilettenstuhl, welcher im vorderen Teil Urin und im hinteren Teil feste Fäzes ableitet. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass die Urinschläuche dicht an die Separationseinheit und den Speicherbehälter angebracht sind, über genügend Gefälle verfügen und keine Knicke aufweisen. Die getrennte Erfassung führt dazu, dass der Urin (ordnungsgemäße Funktion des Toiletten-sitzes vorausgesetzt) nicht in Berührung mit Fäzes kommt und somit keimarm bleibt. Dies erleichtert die Lagerung und die Nutzung des Urins als Düngers. Andererseits wird die Konsistenz der Fäzes nicht verflüssigt, Zuschlagstoffe sind für den Fall der Kompostierung hauptsächlich für die Einstellung des C/N-Verhältnisses erforderlich (niedrigerer Verbrauch). Durch Abtrennung des Urins ist die Geruchsbildung von vornherein reduziert, da die Ammoniakausgasung aus dem geschlossenen Urintank auf sein Minimum reduziert wird.

Ebenfalls zur Vermeidung der Geruchsentwicklung und der Fliegenproblematik ist die Entlüftung des Toilettensystems unverzichtbar. Diese kann passiv (Kamineffekt) oder aktiv (mit Windrad oder mit einem Ventilator) gestaltet werden. Die Effektivität einer passiven Entlüftung ist überprüfungswürdig. Der Ventilator als aktive Entlüftung erzeugt einen Unterdruck im Toilettenbehälter und vermeidet nachweislich (Herstellerangaben, eigene Erfahrungen, Befragung von Nutzern) das Entweichen der Gerüche, welche Insekten anlocken können. Der Ventilator soll permanent im Betrieb sein, so-

lange der Behälter mit Fäzes gefüllt ist. Bei preisintensiveren Modellen ist ein Sichtschutz vorhanden, der den Einblick in den Sammelbehälter verhindert und durch einen einfachen Mechanismus bei der Belastung der Klobrille geöffnet wird.

Die Untersuchungen von Naudascher (2001) zur Vorkompostierung der Fäzes in Kleinkammer-Trockentoiletten ergaben, dass **unabhängig von der Art und Menge der Zuschlagstoffe und der Nutzungsfrequenz der Toilette innerhalb der maximal möglichen Lagerungsdauer von 3 bis 4 Monaten keine vollständige Kompostierung der Fäzes gewährleistet werden kann**. Bei der Überprüfung der Selbsterhitzung gemäß den Anforderungen der Bundesgütegemeinschaft Kompost wiesen die Toiletteninhalte in Versuchen von Naudascher (2001) Rottegrad I bis II auf und sind dem entsprechend als Kompostrohstoff oder als Frischkompost zu bezeichnen. Zur Erreichung der Stabilisierung (bezüglich C-Abbau) sowie der Hygienisierung ist eine Nachkompostierung unabdingbar.

4.3.3.2 Behandlungsvarianten

Die getrennt erfassten Fäkalien (Fäzes + Urin) werden separat behandelt. Im Folgenden werden die Behandlungsmöglichkeiten als Untervarianten des Konzeptes 3erläutert.

Kompostierung

Unter Kompostierung wird eine Gruppe zusammenhängender biologischer Abbau- bzw. Umbauprozesse organischer Ausgangssubstanz verstanden, die unter Luftzufuhr (aerob) und unter Beteiligung von Bodenfauna und -flora (überwiegend Bakterien und einzelligen Pilze) stattfinden. Die Fäkalien bestehen aus mikrobiell abbaubaren organischen Verbindungen und eignen sich demnach gut für biologische Behandlung wie die Kompostierung (Bidlingmaier, 2008).

Die wichtigsten Voraussetzungen für die Kompostierung bilden ausreichende Sauerstoffversorgung, optimaler Wassergehalt und ein ausreichend hohes C/N-Verhältnis. Das Optimum des Wassergehaltes liegt bei 65%. Bei den Wassergehalten < 25% ist der Stoffwechsel kaum möglich, da die Bakterien Wasser für die Nahrungsaufnahme benötigen. Die höchsten Abbauraten wurden bei m C/N-Verhältnis zwischen 20 und 30 festgestellt (Bidlingmaier, 2008).

Bei der Fäkalienkompostierung werden Strukturmaterialanteile von 40 bis 50 Gew.-% empfohlen (Bidlingmaier, 2008). Laut Naudascher (2001) wäre eine ausgewogene Mischung aus groben und feineren Stoffen (eine bis zwei Handvoll nach jeder Toilettenbenutzung) für erfolgreiche Fäzeskompostierung optimal. Die Zugabe von groben Zuschlagstoffen (Rindenschrot, Hobelspäne) hat ihren primären Zweck im Aufbau stabiler poröser Struktur (günstig für Sauerstoffversorgung des Kompostwerkes). Feinkörnige Materialien (z.B. Strohmehl, Toilettenpapier) saugen die Flüssigkeit auf und erhöhen das C/N-Verhältnis von Fäzes (Beschleunigung des Stabilisierungsprozesses). Im Anhang 1.2 findet sich ein Überblick über verschiedene Zuschlagstoffe bei der Fäkalienkompostierung und ihre Auswirkung auf den Rotteprozess.

Kaltrotte

Als typisches Verfahren für die Nachkompostierung der Fäzes im eigenen Garten gilt die langsame Rotte (auch Kaltrotte genannt). Für die Fäkalienkompostierung sind geschlossene Komposter zu wählen. Die offenen Varianten - Mieten oder Kompostsilos - sind hinsichtlich der Vernässung durch Niederschläge und vor allem hinsichtlich schädlicher Umwelteinwirkungen (Verschleppung des seuchenrelevanten Materials durch Tiere oder Verwehungen, Auswaschen in das Erdreich) nachteilig.

Heißkompostierung

Im Gegensatz zur Kaltrotte kommt es bei der Heißkompostierung zur Selbsterhitzung des Materials infolge rascher biologischer exothermer Abbauprozesse auf 50 bis 70°C. Nach Angaben von Berger (2008) ist die Heißkompostierung erst ab 1 m³ Material durchführbar. Im Folgenden wird der Ablauf der Heißkompostierung getrennt erfasster Fäzes nach den Erfahrungen des Ökozentrums ecovia in der Schweiz beschrieben (URL-5):

Die Fäkalien werden im Komposter zwischengelagert, bis die Mindestmenge von 0,5 m³ erreicht wird. Die Thermophase soll bei Außentemperaturen > 15°C durchgeführt werden. Für die bequeme Umschichtung des Materials während der Kompostierung sind zwei Komposter von Vorteil. Zum Beginn der Thermophase werden die Fäzes mit einem frischen, C-reichen Substrat (z.B. frischer Grasschnitt) und eventuell 5 kg gelöster Industriezucker (10 kg/1m³ Fäzes) vermengt. Die Menge von Zuschlagstoffen soll ca. ⅓ der gesamten Kompostiermasse betragen. Die Schichtung ist der Abbildung 13 zu entnehmen. Nach 6 Tagen wird die Kompostmasse zum ersten Mal umgesetzt, indem die obere Schicht der Zuschlagstoffe auf neue Häckselschicht und darauf der Rest, gut vermischt, aufgetragen wird. Nach weiteren 20 Tagen erfolgt die 2. Umsetzung unter der Zugabe von 5% Erde. Nach weiteren 2 bis 3 Monaten wird die Kompostmasse zum letzten Mal umgesetzt. Die heiß kompostierte Masse soll danach für 1 Jahr nachkompostiert werden.

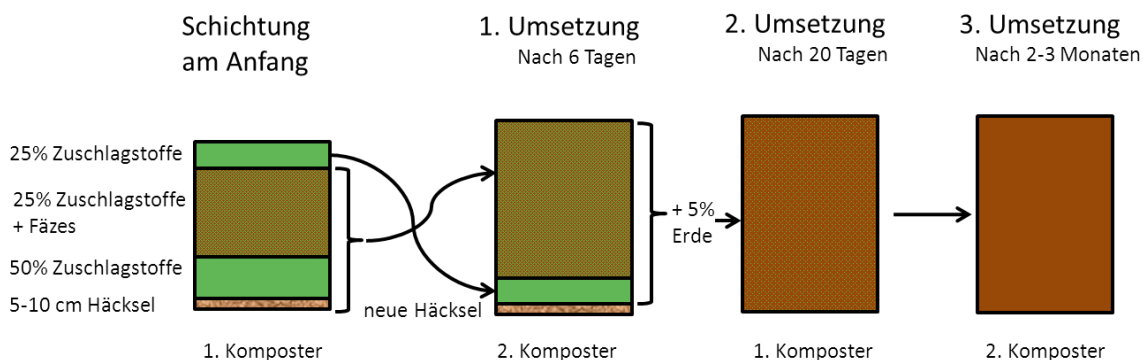


Abbildung 13: Heißkompostierung der Fäkalien in Kleinmengen (Eigene Darstellung nach www.ecovia.ch)

Wurmkompostierung

Die Wurmkompostierung ist eine aerobe Behandlung der organischen Substrate mit der Beteiligung von Erdwürmern. Hier bewegt sich die Temperatur entsprechend der Physiologie der Erdwürmer im mesophilen Bereich, ähnlich wie bei der Kalten Rotte. Für mäßige Klimabedingungen, die in Deutschland vorherrschen, eignet sich als Kompostwurm vor allem *Eisenia Fetida*. Diese Art ist auch auf natürliche Weise in Deutschland beheimatet. Sie toleriert breiten Temperaturbereich zwischen 0 und 35°C, wobei der Wachstum und die Fortpflanzung bei Temperaturen unter 10°C nahezu eingestellt werden. Sie erträgt auch einen breiten pH-Bereich zwischen 4,0 und 9,0 und toleriert Wassergehalte zwischen 50% und 90%. Bei optimalen Bedingungen erreichen die Würmer nach 7-8 Wochen die sexuelle Reife und können 15 bis 20 Jungtiere pro Woche erzeugen (Edwards et al., 1984).

Bis dato sind in der Literatur nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen zur Wurmkompostierung menschlicher Fäzes zu finden (Buzie-Fru, 2010; Shalabi, 2006; Simons et al., 2005).

In Untersuchungen von Buzie-Fru (2010) stellte sich ein Wassergehalt von 70% als optimal heraus. Bei diesem Wassergehalt wurden die höchsten Abbauraten (34,7% oTR-Reduktion bzw. 57,8% TOC-Reduktion nach 100 d) festgestellt. Bei Wassergehalten über 85% ist die Unterversorgung der Würmer mit Sauerstoff zu befürchten. Gleichzeitig ist mit zum Teil anaeroben Bedingungen im Kompostkörper (Bildung organischer Säuren, pH-Wert-Abfall) zu rechnen (Shalabi, 2006).

Die Salzgehalte zwischen 3 und 8 g pro kg TS wurden von Buzie-Fru (2010) als nicht toxisch für *E.foetida* identifiziert. Allerdings bedürfen die hohen Salzgehalte im Substrat einer Adaptation der Kompostwürmer. Bei der Einbringung von Kompostwürmern (*E. foetida*) auf das frische Fäzessubstrat mit der Leitfähigkeit von ca. 2.8mS/cm und einem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt von $>1 \text{ mg/g}$ wurde schon nach 2 h eine 100%ige Mortalität der Würmer festgestellt. Zur Adaptation benutzte Buzie-Fru ein Gemisch aus geschreddertem Stroh und fertigem Wurmkompost (2:3), auf das die Kompostwürmer und eine geringe Menge von Fäzesmaterial (500g) aufgebracht wurden. Die Schicht aus Stroh/Wurmkompost konnte durch Würmer zum Rückziehen genutzt werden. Nach 3 d migrierten die Würmer dicht unter die Oberfläche und nach wenigen Tagen wurde der gesamte Reaktorraum von Würmern besetzt.

Bei der Beschickung ist darauf zu achten, dass es durch zu große Zugabemengen nicht zur Hitzeentwicklung kommt ($T > 35^\circ\text{C}$ ist tödlich für *E.foetida*). Aus den Versuchen von Buzie-Fru (2010) mit verschiedenen Wurmdichten und Beschickungsregimen wurde die Beschickungsmenge von $10 \text{ kg FM/m}^2\cdot\text{d}$ bei der Wurmdichte von $2,33 \text{ kg/m}^2$ (oder $1,2 \text{ kg Substrat FM / kg Wurm}\cdot\text{d}$) als optimal für die Wurmkompostierung menschlicher Fäzes identifiziert. Die Steigerung der Wurmdichte brachte keine Verbesserung in den Abbauraten mit sich.

Der erforderliche Stabilisierungsgrad (gemessen als oTR-Abbau) konnte nach 100 bzw. 140 Tagen der Wurmkompostierung selbst bei hohen Wurmdichten nur in Ausnahmefällen erreicht werden. Da der Kompostierungsprozess bei realen Bedingungen im Kleingarten durch Messungen nicht kontrolliert wird, empfiehlt es sich, zur sicheren Stabilisierung des Fäkalkompostes eine Mindestdauer von 6 Monaten nicht zu unterschreiten (weitere Bemerkungen im Kapitel 4.4.3.1).

Terra Preta

Die sich als Terra Preta bezeichnenden Behandlungsverfahren von biogenen Reststoffen berufen sich auf die „Schwarze Erde“ in Zentral-Amazonien (Terra Preta de indigo). Zahlreiche Studien beschäftigten sich damit, aus der Zusammensetzung der Terra Preta-Erden das Verfahren ihrer Entstehung bzw. ihrer Herstellung abzuleiten. Obgleich die Frage der Herstellung der Amazona Schwarzerden nicht endgültig beantwortet ist, haben sich aus (zum Teil widersprüchlichen) Erkenntnissen wissenschaftlicher Untersuchungen und praktischer Versuche zwei generelle Behandlungstypen herauskristallisiert: Zugabe von Biokohle (Biochars) zu einem organischen Substrat mit anschließender Kompostierung (Biocharskompost) und die Terra Preta-Herstellung.

Die Terra Preta-Herstellung umfasst zwei Phasen: Laktosefermentation und Nachkompostierung, auch Vererdung genannt (Pieplow, 2008).

Laktosefermentation: Unter Abschluss von Sauerstoff beginnt automatisch die anaerobe Hydrolyse vom leicht abbaubarem Kohlenstoff. Die Produkte der Hydrolyse (mehrheitlich organische Säuren) führen zur pH-Wert-Absenkung. Bei pH-Werten $< 5,0$ ergeben sich optimale Bedingungen für die Entwicklung von Lactobazillen (Milchsäurebakterien) und die eigentliche Laktosefermentation wird eingeleitet. Zur Ankurbelung dieses Prozess kann die natürliche Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation durch Zugabe von speziell selektierten und gezüchteten Mikroorganismen (Effektiven Mikroorganismen – EM), beeinflusst werden. Als kostengünstigere Alternative zu kommerziell vertriebenen EM wird in der Literatur Sauerkrautsaft vorgeschlagen, in dem die Milchsäurebakterien auf natürliche Art akkumuliert sind (Factura et al., 2010).

Die fortwährende Milchsäureproduktion führt autonom zum anhaltenden pH-Wert-Abfall. Im pH-Wert-Bereich zwischen 3,4 und 4,2 stellt sich jegliche mikrobiologische Aktivität ein. In dieser konservierten Form kann fermentiertes Substrat über längere Zeiträume ohne nennenswerte C-Verluste gelagert werden, bis die zweite Phase eingeleitet wird.

Zur Beurteilung des Fermentationserfolges wird üblich der pH-Wert herangezogen (Scheinemann, Krüger, 2010, Fatura et al. 2010). In Anlehnung an die Bewertung der Silagen nach DLG-Schlüssel (DLG, 2006) spielen außer dem pH-Wert die unerwünschten Stoffabbauprodukte Butter- und Essigsäure bei der Bewertung der Qualität des Gärprozesses eine wichtige Rolle. Hiernach wird die gute Qualität der Silierung erreicht, wenn Buttersäure³ 0 bis 0,4 % TM und Essigsäure⁴ 0 bis 3% TM nicht überschreiten. Mit steigenden Gehalten an Butter- und Essigsäuren nimmt die Silagequalität ab. Die Parameter zur Beurteilung des Reifegrades nach der Laktosefermentation im Tera Preta Prozess sind noch nicht festgelegt und charakterisiert. Hier besteht ein weiterer Forschungsbedarf.

Die wissenschaftliche Bestätigung der Wirksamkeit des Sauerkrautsaftes steht bis jetzt aus. Die fördernde Wirkung von EM für die Fermentation (Beurteilung anhand der Säuremuster bzw. der pH-Wert-Dynamik) wurde in Versuchen von Scheinemann, Krüger (2010) nicht bestätigt. Die prioritäre Bildung der Milchsäure konnte durch die Animpfung der Substrate mit „effektiven Mikroorganismen“ oder anderen Quellen der Milchsäurebakterien (z.B. Fermentgetreide) nicht erreicht werden. Nach Presser, et al. (1998, zit. in Scheinemann, Krüger, 2010) reagiert die Milchsäurebildung gegenüber der Essig- bzw. Buttersäurebildung sehr empfindlich auf wechselnde äußere Randbedingungen wie z.B. Temperaturschwankungen im Tagesverlauf. Die erreichte pH-Wert-Absenkung auf ca. 5 ging mehrheitlich auf Essig- und Buttersäurebildung zurück.

Zu den Zielen der ersten Phase der Terra Preta-Herstellung Fermentation zählen

- die zwischenzeitliche Konservierung des organischen Substrates;
- die Aufspaltung der organischen Materie und die Bildung des schnell verfügbaren Humus (sogenannter Nährhumus);
- die Überführung organisch gebundener Nährstoffe und Mikroelemente in pflanzenverfügbare Form sowie
- die Reduzierung der Krankheitserreger im Originalsubstrat (siehe Kapitel 4.4.3.1).

Schon bei der Erfassung der Fäkalien bzw. anderer organischer Substrate für die Terra Preta-Herstellung werden verschiedene Zusätze (Biochars, Gesteinsmehl, Tonmineralien) dem Substrat beigemischt. Die Rolle der Biochars in der Terra Preta-Herstellung wird in der Literatur wie folgend beschrieben, wobei sich nicht alle Forscher über die ausschlaggebende Bedeutung von Biochars einig sind (Glaser, 2011, Kammann, 2010):

- Förderung der Ausbildung des aggregatstabilen Humus (sogenannten Dauerhumus) (Zimmermann, 2011);
- Verbesserung der Feldkapazität des Bodens durch mikroporöse Struktur von Biocharts (Schmidt, 2011);
- Förderung mikrobieller Besiedlung (Bakterien, Pilze, Protozoen) des Bodens durch geeignete Aufwuchsfläche bzw. physikalisch geschützten Raum (Schmidt, 2011);
- Verbesserung der Pflanzenversorgung mit Mikroelementen durch Erhöhung der Kationenaustauschkapazität (Schmidt, 2011).

Die Zugabe von Biochars schon bei der Erfassung führt zur „Erschöpfung“ ihrer Adsorptionskapazität und zur „Aufladung“ der Biokohle mit Nährstoffen. Generell erscheint die Zugabe von Biochars vor

³ Buttersäuregehalt = Summe aus i-Buttersäure, n-Buttersäure, i-Valeriansäure, n-Valeriansäure, n-Caprionsäure (DLG, 2006)

⁴ Essigsäuregehalt = Essigsäure + Propionsäure (DLG, 2006)

allem bei nährstoffarmen, stark verdichteten oder degradierten Böden als sinnvoll (Steiner et al., 2007, Glaser, 2011). Bei Böden, die reich an organischem Kohlenstoff sind, bringt die Zugabe von Biochars kaum eine signifikante Verbesserung. Beim Vergleich verschiedener Komposte mit und ohne Zugabe von Biokohle kam Kammann (2010) zum Ergebnis, dass die Qualität der Komposte für die Ertragssteigerung eine höhere Relevanz hat als die Zugabe von Biochars.

Die **Nachkompostierung** kann bei Terra Preta-Herstellung aus Fäkalien auf verschiedene Weise erfolgen: auf dem Komposthaufen, durch die Aufbringung auf die künftige Anbaufläche oder im gleichen Fermentationsbehälter (aber offen), jeweils mit oder ohne Zugabe von Regenwürmern.

Die ersten Versuche mit der Terra Preta-Herstellung aus menschlichen Fäkalien an der TUHH haben gezeigt, dass sich die Wurmkompostierung nach der Laktosefermentation schwierig gestaltet. Der niedrige pH-Wert, ein hoher Wassergehalt, anaerobe Verhältnisse und hoher NH_4/NH_3 -Gehalt nach der Fermentation können toxisch auf die Regenwürmer wirken. In Versuchen von Factura (2010) betrug die Mortalität der Regenwürmer schon nach 24 h nahezu 100%. Als Verbesserung wird vorgeschlagen, die fermentierten Fäkalien in dünnen Schichten auf Kompost aufzubringen, so dass eine Durchlüftung und eine Trocknung des fermentierten Substrats ermöglicht werden. Erst dann sollen die Würmer zugegeben werden bzw. sie wandern aus tieferen Kompostschichten zu. Die gleichen Ergebnisse bringt eine direkte Ausbringung des Fermentationsgutes auf die Anbauflächen (Factura, 2010), was jedoch aus hygienischen Gründen im Kleingarten (unbehandelte Fäkalien) nicht tragbar ist. Zur pH-Wert-Korrektur nach der Fermentation wurde in Versuchen⁵ von Scheinmann, Krüger (2010) Gesteinsmehl ($1,5 \text{ kg/m}^2$) zugegeben.

Bis jetzt gibt es zur Terra Preta-Herstellung allgemein und zur Terra Preta-Herstellung aus menschlichen Fäkalien speziell nur einige wenige wissenschaftliche Untersuchungen (Factura et al., 2010, Kammann, 2010, Scheinmann, Krüger, 2010). Die pH-Messungen (in Versuchen von Factura et al., 2010 und Krüger et al., 2010) und das Säurescreening (in Versuchen von Krüger et al., 2010) haben keinen eindeutigen Beweis für stattfindende Laktosefermentation erbringen können. Obgleich die wissenschaftliche Evaluierung der Terra Preta-Technologie zur Behandlung organischer Reststoffe nicht abgeschlossen ist, verbreiten sich auf dem Markt die Anbieter diverser Produkte zur Eigenherstellung der Terra Preta (Christoph Fischer GmbH (EM-Hersteller), Triaterra, Palaterra®, Terra Preta®). Der von diesen Anbietern empfohlene Ablauf zur Eigenherstellung von Terra Preta ist im Anhang 1.2 dargestellt (informativ). In Anbetracht der hygienischen Risiken beim Umgang mit den menschlichen Ausscheidungen wird ausdrücklich empfohlen, die Nachkompostierungsdauer von 6 Monaten auf mindestens 1 Jahr zu verlängern (siehe dazu Kapitel 4.4.3.1).

4.3.3.3 Verwertung

Verwertung des unbehandelten Urins auf eigener Parzelle als Dünger

Im Folgenden wird der Stand des Wissens über die Düngewirkung des unbehandelten Urins zusammengetragen, der eine Grundlage zur Urinnutzung im Kleingarten als Dünger darstellt.

Die Freilandversuche am Institut für Pflanzenernährung der Universität Bonn (Simons et al., 2003, 2008) bestätigten, dass die Düngewirkung von Urin (gelagert, pH 9 oder angesäuert) gemessen als Ertrag oder N-Entzug der Wirkung von Kalkammonsalpeter gleich ist (bei Winterweizen) oder geringfügig höher liegt (bei Weidelgras). Die Urindüngung zeichnet sich gegenüber der Gülledüngung durch niedrigere N-Verluste bei der Applikation aus: 33% bei der Gülleapplizierung (Simons, 2008); 0,5 ...

⁵ Terra-Preta-Herstellung aus tierischen Exkrementen

9,7% bei der Urindüngung (Simons, 2008, Johansson, 2000). Die N-Verluste können durch spezielle Applikationstechniken, geeignete Ausbringungszeit (früher Morgen, später Abend, windstille Witterung, kühler Tag) und vor allem durch die Ansäuerung des Urins weiter minimiert werden. Die Ansäuerung des Urins bringt zusätzliche Vorteile hinsichtlich der Beeinflussung des Boden- pH-Werts. Die Säure verbraucht die Pufferkapazität des Urins im Vorfeld, so dass trotz der Applikation vom Urin die Wasserstoffionen in der Bodenlösung nicht gebunden werden. Der pH-Wert des Bodens bleibt stabil (Simons, 2008).

Zu berücksichtigen ist, dass bei der Urindüngung Salze in den Boden eingetragen werden. Aus diesem Grund ist die Urindüngung für salzempfindliche Arten (z.B. Kartoffeln, viele Obstsorten) nicht zu empfehlen (Simons et al., 2003). Die Urindapplikation im Kleingarten kann mit einer Gießkanne (Verdünnung 1:5 bis 1:7 mit Wasser) oder mit einem Ejektortank erfolgen. Hierzu wird der Urin beim Anschließen des Ejektortanks an eine Wasserleitung (Minstdruck 2,5 bar) nach dem Prinzip der Wasserstrahlpumpe angesaugt, verdünnt und versprüht (Separett, URL-6).

Verwertung behandelter Fäzes im Kleingarten

Für die Anwendung der Fäzeskomposte gibt es folgende Randbedingungen. Unreife Komposte haben aufgrund nicht vollendeten C-Abbaus eine anhaltend hohe Sauerstoffzerrung. Durch den Sauerstoffentzug aus der Bodenluft entstehen anoxische oder anaerobe Verhältnisse im Boden. Unter diesen Bedingungen werden reduzierte Verbindungen wie H_2S oder NO_2^- produziert. Beide Verbindungen üben eine phytotoxische Wirkung aus. Weiterhin enthalten unreife Komposte Ammoniak, der in Mengen $> 0,1 \mu\text{g NH}_3\text{-N / g TS}$ die Pflanzenwurzeln schädigen kann. Doch die Hauptursache der Phytotoxizität unreifer Komposte lässt sich auf hohe Anteile an organischen Säuren als Zwischenprodukte des C-Abbaus zurückführen. Sie sind für die Verlangsamung des Keimungsprozesses, für die Beeinträchtigung der Wurzelbildung und für allgemeine Wachstumsdepression ausgedrückt in niedrigen Biomasseerträgen verantwortlich (Mathur et al., 1993). In diesem Sinn ist es unabhängig von der Behandlungsmethode wichtig, dass vor der Ausbringung der Fäzes die Stabilisierung des organischen Materials abgeschlossen ist.

Des Weiteren können hohe Salzgehalte, insbesondere bei Komposten aus nicht urinseparierenden Trockentoiletten, keimhemmend wirken (Kalkoffen, 1998, zit. in Naudascher, 2001). Bei Komposten aus urinseparierenden Trockentoiletten wurde dagegen eine gute Pflanzenverträglichkeit nachgewiesen. Die eventuell erhöhten Salzgehalte können durch die Vermengung mit anderen kompostierten Materialien (1:1) relativiert werden (Simons et al., 2005; Morgan, 2003, zit. in Jönsson et al., 2004).

Zu Aufbringungsmengen des Kompost-Fäzeskompost-Gemisches gibt Germer (2008) folgende Empfehlungen: für die meisten Gemüsepflanzen, Sträucher und Obstgehölze einmalig $2-4 \text{ l / m}^2$ (dünne Schicht von 2-4 mm); für stark N-zehrenden Pflanzen (Lauch, Blumenkohl, Rosenkohl, Sellerie) zwei Gaben erforderlich; für Rasen $2-3 \text{ l / m}^2$. Müller (2012) hat anhand von Literaturwerten eine überschlägige Berechnung der Düngungsmengen an Urin und Fäzeskompost durchgeführt. Als Grundlage wurden die Düngempfehlungen (für P, N, K) nach (LTZ, 2010) für verschiedene kleingärtnerische Kulturen (Schwach-, Mittel und Starkzehrer) angewendet. Das Nährstoffdargebot wurde ausgehend von Nährstoffgehalten (N, P, K) frischer Fäkalien (Mittelwerte aus der Literaturübersicht) unter der Berücksichtigung der Verluste während der Lagerung, Behandlung und Ausbringung ermittelt. Die

Tabelle 5 fasst die empfohlenen Zugabemengen für Zierpflanzen und Rasenflächen zusammen. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen: der P-Bedarf bei Zierpflanzen wird vollständig durch die Kompostgaben gedeckt, die Urindüngung wird zur Deckung des Rest-N-Bedarfes angewendet. Die Versorgung der Pflanzen mit Kalium wird durch beide Substrate nur teilweise gewährleistet. Folglich

ist zusätzliche K-Düngung erforderlich. Die Rasendüngung erfolgt nur mit Urin, die Zusatzdüngung zur vollständigen P- und K-Versorgung ist erforderlich.

Tabelle 5: Empfehlungen zu Aufbringungsmengen des Fäzeskompostes und des Urins unter Berücksichtigung unterschiedlichen Nährstoffbedarfs der Gartenkulturen (Zusammenfassung aus Müller, 2012)

	Zierpflanzen		
	Starkzehrer	Mittelzehrer	Schwachzehrer
Fäzeskompostgabe (ohne Zuschlagstoffen) zur Deckung des P-Bedarfs	0,3 l/m ²	0,15 l/m ²	0,09 l/m ²
Fäzeskompostgabe (mit Zuschlagstoffen) zur Deckung des P-Bedarfs	2,0 l/m ²	1,2 l/m ²	0,6 l/m ²
Erf. Uringabe zur Deckung des N-Bedarfs	3,0 l/m ²	1,9 l/m ²	1,1 l/m ²
zusätzlicher K ₂ O-Bedarf	17,6 g/m ²	7,9 g/m ²	5,9 g/m ²
Gartenkompostgabe zur Deckung des P-Bedarfs	3,0 l/m ²	1,8 l/m ²	0,9 l/m ²
Erf. Uringabe zur Deckung des N-Bedarfs	2,9 l/m ²	1,8 l/m ²	1,1 l/m ²
zusätzlicher K ₂ O-Bedarf	12,8 g/m ²	4,5 g/m ²	4,4 g/m ²
Rasenflächen (extensive Nutzung)			
Gartenkompost- /Fäzeskompostgabe	/		
Erf. Uringabe zur Deckung des N-Bedarfs	1,6 l/m ²		
Zusätzlicher P ₂ O ₅ -Bedarf	2,8 g/m ²		
Zusätzlicher K ₂ O-Bedarf	6,5 g/m ²		

Ausgehend von den empfohlenen Zugabemengen und den Angaben zur durchschnittlichen Flächennutzung in Kleingärten (siehe Kapitel 3.1) sind in der Tabelle 6 erforderliche Mengen an Urin bzw. Fäzeskompost zur Düngung von Zierpflanzen und vom Rasen für verschiedene Parzellengrößen überschlägig berechnet. Der Vergleich mit den anfallenden Mengen (52 l Urin /Parzelle *a, 11 l Fäzes/Parzelle*a bzw. 3,3 l Fäzeskompost /Parzelle*a nach der Kompostierung, siehe Müller, 2012, Tab. 8-7) zeigt deutlich, dass in einem durchschnittlichen Kleingarten anfallende Fäkalien entsprechend den Düngeempfehlungen nach (LTZ, 2010) restlos aufgebracht werden können.

Tabelle 6: Erforderliche Mengen an Fäzeskompost und Urin zur P- und N-Düngung in Kleingärten

Parzellenfläche		Zierpflanzen			Rasen
		Starkzehrer	Mittelzehrer	Schwachzehrer	
200 m ²	Fäzeskompostgabe (ohne Zuschlagstoffe), l/a	13,2	6,6	3,96	x
	Urin, l/a	132	83,6	48,4	76,8
300 m ²	Fäzeskompostgabe (ohne Zuschlagstoffe), l/a	19,8	9,9	5,94	x
	Urin, l/a	198	125,4	72,6	115,2
400 m ²	Fäzeskompostgabe (ohne Zuschlagstoffe), l/a	26,4	13,2	7,92	x
	Urin, l/a	264	167,2	96,8	153,6

4.3.3.4 Orientierende Kosten

Die Tabelle 7 fasst die wichtigsten Kostenstellen für drei Behandlungsvarianten des Konzeptes 3 (Wurmkompostierung auf Einzelparzelle, Heißkompostierung auf dem zentralen Kompostplatz der Gartenanlage, Terra Preta-Herstellung auf Einzelparzelle) als Preisspanne zusammen. Die Kosten sind auf eine Parzelle bezogen.

Die erforderlichen Investitionskosten hängen erheblich von der Auswahl des Modells der Trenntoilette ab. Die Spanne reicht hier von ca. 150 € bei selbstgebaute Variante bis mehr als 1000 € für luxuriöse Modelle. Der Anhang 1.2 liefert einen Überblick über einige auf dem Markt verfügbare

Modelle der Trockentrenntoiletten. In der Tabelle 7 entspricht der minimale Preis bei der Toilette dem Selbstbauset, der maximale Preis dem Sparpaket eines gebrauchsfertigen Modells mit gehobenem Komfort Villa Separett (inkl. des gesamten Zubehörs). Des Weiteren verfügt die Variante „Heißkompostierung auf dem zentralen Kompostplatz der Gartenanlage“ über ein bedeutendes Einsparpotential gegenüber individueller Kompostierung auf einzelnen Parzellen (siehe Berechnungsbeispiel, Anhang 2). Zum Nachvollziehen einzelner Kostenstellen bei verschiedenen Behandlungsvarianten (Heißkompostierung, Wurmkompostierung, Terra Preta-Herstellung) wird auf die technische Beschreibung der Konzepte verwiesen (siehe Kapitel 4.3.3). Im Anhang 2 ist eine beispielhafte Kosten schätzung aller drei Varianten des Konzeptes „NASS-interne Verwertung“ für eine Muster-Kleingartenanlage zu finden.

Tabelle 7: Investitionskosten (Material und Errichtung) und laufende Kosten für das Konzept „NASS – interne Verwertung im Kleingarten“

Errichtungskosten	Max	Min	
Toilette	120 ¹⁾	803 ¹⁾	€/Stück
Zubehör: Entlüftungsrohr, Dachabdichtung	80 ¹⁾	Inkl.	€
Urinkanister	19 ²⁾	65,9 ²⁾	€/Stück
Toilettensitz, Material zum Selbstbau	40 ³⁾	Inkl.	€/Stück
Wurmkompostierung auf eigenen Parzelle			
Komposter Neudorff Handy 230 L	69,99 ⁴⁾	99,99 ⁵⁾	€/Stück
Zubehör: Mäusegitter	15 ⁴⁾		€/Stück
Fermentation			
Fermentationsbehälter, luftdicht mit Deckel	20 ⁶⁾	25 ⁶⁾	€/Stück
heiße Kompostierung, semizentral			
KOMP 1050 (Kapazität ca. 1000 L)	188 ¹⁾		€/Stück
anfallende Menge an Fäzes	11 ⁷⁾	36 ⁷⁾	l/Parzelle*a
Kapazität eines Komposters reicht für mehrere Parzellen aus, die Anschaffungskosten für den Komposter werden auf mehrere Parteien geteilt. Unter der Berücksichtigung der Menge von Zuschlagstoffen von mind. 0,5 m ³ errechnet sich die Anzahl der Parzellen pro Komposter nach der Formel:			
$N = \frac{1}{2} V_{\text{Komposter}} / V_{\text{Fäzes pro Parzelle}}$			
Laufende Kosten			
kompostierbare Tüten (10 St)	6,9	10,8	€/10 Stück
Rindenschrot	0,34	0,5	€/L
Rindenschrotverbrauch	0 bis 25		L/Parzelle*a
	2,35	5,40	€/Parzelle*a
Kompostwürmer (ca. 1000)	21	35	€/ca. 1000 Stück
Energieverbrauch, Ventilator	0	0,396	kWh/24h
Energiepreis	0,227		€/kWh
Energiekosten	0,00	0,09	€/Parzelle*d
Zuckerrohrmelasse (10 L pro 1m ³)	23,1	27,9	€/10 L

¹⁾ www.berger-biotechnik.de

²⁾ www.tcstattwc.de;

³⁾ Eigene Ermittlungen (Baumärkte TOOM, OBI)

⁴⁾ www.amazon.de;

⁵⁾ Eigene Ermittlungen, Baumarkt TOOM

⁶⁾ kanister.eshop.t-online.de; www.certeo.de/tonnen-faesser-und-fasszubehoer

⁷⁾ Eigene Ermittlungen: 11 kg/Parzelle*a - ohne Zuschlagstoffe, 36 kg/Parzelle*a - mit Zuschlagstoffen

Marktpotential

Insgesamt gibt es in Deutschland ca. 1 Mio. Kleingärten, die von rund 5 Mio. Gartenfreunden genutzt werden (Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V. - BDG). In ca. 67 % der Kleingärten gibt es eine sanitäre Ausstattung (WC oder TC). Die Situation in den Kleingärten ist dabei sehr unterschiedlich. Von den insgesamt 67 % sind ca. 33 % der Gärten mit Wassertoiletten ausgestattet und ca. 34 % mit Trocken- oder Komposttoiletten inkl. der Chemietoiletten. Würde man die verbleibenden 33% (330.000) Kleingärten, die ohne sanitäre Versorgungseinrichtung sind mit Trockentoiletten ausstatten, ergäbe sich ein Marktpotenzial von min. 25 Mio. € (für die einfachste Lösung mit einer Eimertoilette) bis max. 230 Mio. € (für eine Trenntoilette).

4.3.4 Konzept 4: Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoilette, semizentrale Lagerung mit anschließender Abfuhr zur zentralen Behandlung

Dieses Konzept stellt eine Abwandlung des Konzeptes „NASS – interne Verwertung“ dar, wenn die interne Verwertung der Fäkalien in Kleingartenanlagen aus objektiven (z.B. die KG-Anlage liegt im Trinkwasserschutzgebiet) oder subjektiven Gründen (Ablehnung der Düngung mit Fäkalienprodukten) nicht möglich ist. Gleichzeitig ist dieses Konzept ein gelungener Übergang von der Elimination zur zentralen stofflichen Nutzung der Wertstoffe aus Fäkalien, denn es schafft als Vorbereitung die erforderliche Infrastruktur der getrennten Fäkalienfassung.

4.3.4.1 Technische Randbedingungen

Im Folgenden werden zwei Varianten dieses Konzeptes nach (Holzapfel, 2011⁶) geschildert.

Variante A: Hier werden die auf Einzelparzellen getrennt erfassten Fäkalienteilströme durch den Nutzer zu semizentralen Sammelpunkten innerhalb des Kleingartenvereins gebracht und von dort periodisch durch den zentralen Entsorger abgeholt und zur kommunalen Kläranlage gebracht - partielles Bring-Hol-System (Abbildung 14).

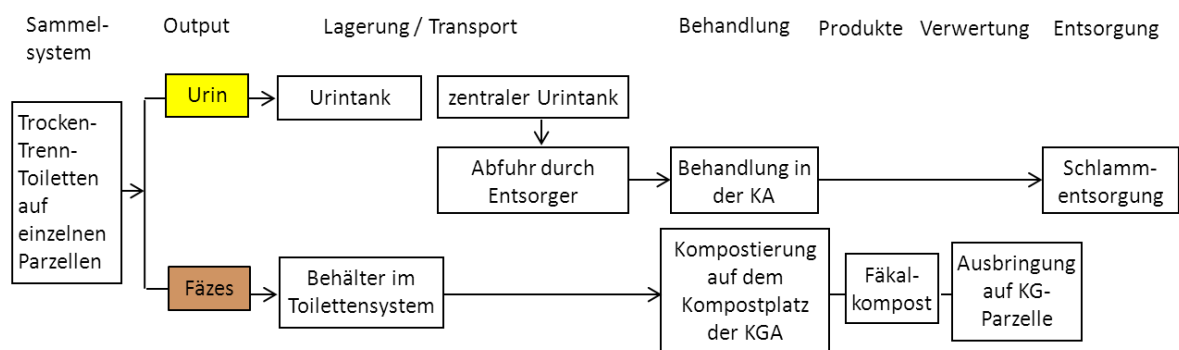


Abbildung 14: Konzept 4 „NASS – zentrale Entsorgung“, Variante A

Bei der Variante A wird eine semizentrale abflusslose Sammelgrube angelegt, welche als Urinlagerbehälter genutzt wird. Beim Fassungsvermögen von mind. 5m³ reicht die Kapazität der Grube für ca. 100 KG-Parzellen und eine Gartensaison aus (Berechnung der anfallenden Urinmengen siehe Kapitel 3.1). Andernfalls muss die Grube mehrmals pro Saison entleert werden. Zur Lagerung der Fäzes können wie im Konzept mit interner Verwertung die zentral im KGV angelegten Komposter dienen. Durch diese Art der Zwischenlagerung kann das Volumen der Fäzes schon während der Gartensaison reduziert werden. Zur Minimierung des Arbeitsaufwandes können Kompostwürmer zur Umwälzung des Substrates genutzt werden. Am Ende der Saison werden die Komposter zur kommunalen Kom-

⁶ Persönliches Gespräch

postierungsanlage gebracht, wo die Fäzesvorkomposte weiterbehandelt werden. Bei der Selbstanlieferung und kleinen Mengen ($< 2\text{m}^3$) fallen i.d.R. keine Kosten an. Die Annahme der Fäzesvorkomposte und sonstige Modalitäten (z.B. Möglichkeit der Abholung oder Containertransport) sollen in jedem konkreten Fall mit dem lokalen Abfallentsorger geregelt werden.

Variante B: Die Fäkalien werden mit einer Trockentrenntoilette auf Einzelparzellen erfasst und in einem speziellen Sammelbehälter (z.B. Goldgrube) während der ganzen Gartensaison bzw. bei häufiger Kleingartennutzung bis zur Vollfüllung gelagert. Anschließend werden die Stoffe durch einen Saugfahrzeug abgepumpt und zu einer Kläranlage angeliefert (Abbildung 15).

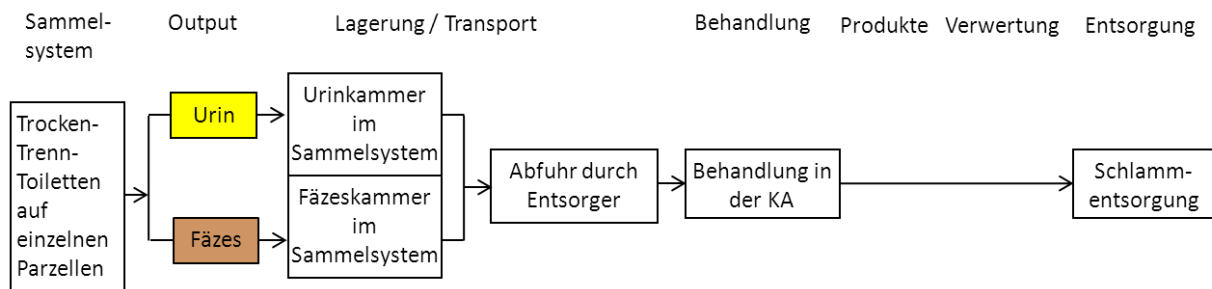


Abbildung 15: Konzept 4 „NASS – zentrale Entsorgung“, Variante B



Abbildung 16: Goldgrube Kunststoff, Modell K-KK (Quelle: Holzapfel & Konsorten)

Bei dem Erfassungssystem Goldgrube (Fa. Holzapfel + Konsorten) wird der Toilettenstuhl (Trockentrenntoilette aus Keramik oder beschichtetem Kunststoff) durch ein Fallrohr bzw. Urinablauf mit dem Sammelbehälter verbunden. Der Sammelbehälter besitzt getrennte Kammer für Urin und Fäzes. Den Fäzes werden keine Zuschlagstoffe zugegeben. Dadurch soll flüssige Konsistenz beibehalten werden, das Substrat bleibt pumpfähig. Die Entleerung erfolgt mit einem Pumpfahrzeug. Als Verwertung eignet sich die Biogasgewinnung. Der Urin kann ganz unproblematisch abgesaugt werden. Die Geruchsentwicklung wird durch aktive Entlüftung mit einem Ventilator unterbunden (URL-2).

Je nach Baugröße kann das System Goldgrube für eine Gruppenlösung oder als eine individuelle Lösung angewendet werden. Für individuelle Erfassung auf Einzelparzellen eignet sich die kleinste Ausführung der Goldgrube in Kunststoff (Modell K-KK, Abbildung 16) am besten. Ihr Fassungsvermögen teilt sich in 100 l für Fäzes und ca. 550 l für Urin. Bei der Wochenendnutzung eines Kleingartens und zwei Personen reicht dieses Volumen für die gesamte Gartensaison aus. Das Model ist für den Erdeinbau zugelassen. Es ist ca. 0,8 m hoch, so dass die Baugrube flach und ohne Böschungen ausgeführt werden kann. Aufgrund des geringen Gewichtes (70 kg) kann die Goldgrube mit einem Handwagen transportiert werden. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Goldgrube bei bestehenden Gartenlauben nur als separates Toilettenhäuschen realisierbar ist. Konstruktionsbedingt soll sich die Goldgrube

direkt unter dem Toilettensitz befinden, was bei einer bestehenden Laube das Aufbrechen des Fundaments erfordern würde. Als Randbedingung zur technischen Realisierbarkeit des Konzeptes ist analog zu abflusslosen Sammelgruben die Gewährung der Zufahrt für das Entsorgungsfahrzeug (Wegbreite) zu nennen. Das Absaugen erfolgt bei dem aktuell auf dem Markt verfügbaren Modell über den Toilettensitz.

Die Vorteile der Erfassung der Fäkalien mit einer Goldgrube sind:

- Die Fäkalien werden wasserlos gesammelt, das Lagerungsvolumen ist gegenüber den konventionellen abflusslosen Gruben kleiner. Die Entleerung ist bei zwei Personen und halbjähriger Gartennutzung nur einmal pro Saison erforderlich.
- Die Nutzer haben keinen Umgang mit den Fäkalien (keine Entleerung, kein Transport, keine Säuberung der Behälter), nur eine übliche Pflege des Toilettenstuhls ist ab und zu fällig.

4.3.4.2 Orientierende Kosten

Im Folgenden werden die wichtigsten Kostengrößen für die Realisierung des Konzeptes „NASS - zentraler Entsorgung“ zusammengetragen. Im Anhang 2 ist die Kostenschätzung für einen Mustergartenverein dargestellt. Die meisten Erläuterungen und Quellenangaben sind in entsprechenden Kapiteln zur Kostenaufstellung in Konzepten „NASS - Interne Verwertung“ und „Sammelgruben“ zu finden. In der Tabelle 8 werden nur abweichende Kostenstellen kommentiert. Die Entsorgungskosten für Urin müssen vom den lokalen Abwasserentsorger erfragt werden. Sie berechnen sich aufgrund abweichender Zusammensetzung des Urins gegenüber dem Abwasser (insbesondere hohe N-Konzentrationen) unter Berücksichtigung der Starkverschmutzungszuschläge. Eine beispielhafte Kalkulation der Entsorgungskosten für die Stadt Leipzig wurde von den Kommunalen Wasserwerken Leipzig GmbH (KWL) durchgeführt und ist im Anhang 2 zu finden.

Tabelle 8: Investitionskosten (Material und Errichtung) und laufende Kosten für das Konzept „NASS – zentrale Entsorgung“

Errichtungskosten auf Einzelparzellen		Min	Max	
Trockentrenntoilette:	siehe Angaben im Konzept „NASS – interne Verwertung“			
Goldgrube (ohne Toilettenstuhl, ohne Häuschen)	900 ¹⁾	3400 ¹⁾	€	
Transport		1,70 ¹⁾	€/km	
Versetzen	nicht erf.	60 ¹⁾	€/h	
gemeinschaftliche Errichtungskosten				
Thermokomposter:	siehe Angaben im Konzept „NASS – interne Verwertung“			
Urinsammelstelle				
Sammelgrube, Beton od. Kunststoff , V = ca. 5m³	1295 ²⁾	2000 ²⁾	€	
Zubehör	425 ³⁾	730 ³⁾	€	
Transport, Abladen und Versetzen	0	100	€	
Rohre (Zuleitung Annahmestelle /Grube), DN 100	3,7	9,35	€/m	
Baugrube				
Minibagger, Mietspreis	90	130	€/d	
Rüttelplatte/Stampfer, Mietspreis	38		€/d	
Kies für Bettung und Verfüllung, max. 16 mm, Preis	8,9	11	€/t	
Menge an Kies hängt von Abmessungen der Sammelgrube sowie vom Baumaterial der Grube (Beton oder Kunststoff) ab.				
Laufende Kosten				
kompostierbare Tüten (10 St)	6,9	10,8	€/10 Stück	

Zuschlagstoffe , Preis	0,34	0,5	€/L
Zuschlagstoffverbrauch	0	25	L/Parzelle*a
Kompostwürmer (ca. 1000 für 1 Komposter)	21	35	€/Komposter*a
Energiekosten (Berechnung analog zu „NASS – interne Verwertung“)	0	0,09	€/Parzelle*d
Urinentsorgungskosten	Bei lokalem Abwasserentsorger nachfragen.		

wiederkehrende Ausgaben

Dichtheitsprüfung, Komplettpreis (alle 25 Jahre)	150	240	€/Sammelgrube
--	-----	-----	---------------

¹⁾ Holzapfel+Konsorten, persönliche Auskunft: Goldgrube K-KK (950€), Goldgrube B-K (3400€), Preisangaben zum Transport und Versetzen, Stand 2012

²⁾ www.umweltfuxx.de Aqua GRANDE, Beton-Sammelgrube (5600l) 1240€; www.bausep.de F-Line Erdtank, 5 m³, Fa. REWATEC 1999 € (bei Vorkasse Rabbat möglich)

³⁾ www.hibewa.de Füllstandanzeige, elektrisch, 345€; Schachtabdeckung Kl.B (befahrbar), 80€; www.bausep.de Tankabdeckung 99€, Schachtverlängerung 0,6m 209€, Absaugset 148€, Wanddurchführungsset DN 100 129€, Überfüllmelder, 139€

4.4 Bewertung der Konzepte

Im Folgenden werden die oben beschriebenen technischen Konzepte in einzelnen Teilkomponenten „Erfassung“, „Transport“, Behandlung“ „Gesamtkonzept“ entsprechend den im Kapitel 3.2 aufgestellten Kriterien bewertet.

4.4.1 Erfassung

Das Erfassungssystem bei beiden Wasser verwendenden Konzepten **„Kanalanschluss“** und **„Abflusslose Sammelgruben“** ist die konventionelle Spültoilette. Diese genießt eine unangefochtene Akzeptanz bei den Benutzern und wird als ästhetisch und hygienisch von ihnen bewertet.

Das Erfassungssystem bei den hier betrachteten **NASS-Konzepten** stellt die neuartige Trockentrenntoilette dar. Nach den Herstellerangaben bietet dieses Erfassungssystem einen vergleichbaren Benutzerkomfort wie die Wasserspültoilette, ordnungsgemäße Installation und der Betrieb vorausgesetzt. Bei der aktiven Entlüftung mit einem Ventilator ist die Geruchsfreiheit sicher gewährleistet. Gleichzeitig verhindert der erzeugte Unterdruck die Verbreitung von Keimen aus dem Fäzessammelbehälter. Die Handhabung im Sinne der Einfachheit und der Bequemlichkeit der Benutzung sowie der Reinigung ist als positiv zu bewerten (eigene Erfahrungen, Nutzerbefragungen).

4.4.2 Transport

Der Transport der Fäkalien erfolgt im Konzept **„Kanalanschluss“** per Rohrleitungen. Wie im Kapitel 4.3.1 detailliert beschrieben, ist hier ein hoher Arbeitsaufwand zur Herstellung der Infrastruktur (Verlegung der Rohrleitungen) notwendig. Bei einigen großen Kleingartenanlagen können die Leitungslängen in Summe mehrere Kilometer betragen. Zu berücksichtigen ist, dass in vielen Kommunen (darunter in Leipzig) die Abwassersatzungen die Errichtung der Grundstücksentwässerungsanlagen nur durch Fachfirmen erlauben. Die wichtigste Voraussetzung ist hierbei die topografische Machbarkeit um bei relativ geringen Grabentiefen (<1,5 m) das erforderliche Gefälle für die Abwasserableitung per Schwerkraft zu gewährleisten. Die für den Kleingartenbetrieb typische schwache und unregelmäßige hydraulische Belastung kann zu Betriebsproblemen (insbesondere Verstopfungen) führen.

Der Transport der Fäkalien im Konzept **„Abflusslose Sammelgrubn“** beinhaltet die Zuleitung des Abwassers vom Erfassungssystem zur abflusslosen Sammelgrube sowie den Abtransport des Grubeninhaltes zur Kläranlage. Selbst bei kleineren abflusslosen Sammelgruben ($V < 3 \text{ m}^3$) erfordert die **sachgemäße** Errichtung der Anlagen einen erheblichen finanziellen und Arbeitsaufwand (siehe dazu Kapitel 4.3.2). Beim Abtransport des Grubeninhaltes soll die Zugänglichkeit der Parzelle für Pumpfahrzeu-

ge gewährleistet werden. Hierzu ist ggf. die Festlegung des Übergabeorts in der jeweiligen kommunalen Abwassersatzung zu beachten. In manchen Kommunen werden speziell bei Kleingartenanlagen nur zentrale Sammelgruben abgefahren (Bsp. Abwassersatzung der Stadt Braunschweig, §14 Abs. 1).

Im Konzept „**NASS – interne Verwertung im Kleingarten**“ stellen der Transport der Fäkalien und die Entleerung der Behälter ein schwaches Glied des Konzeptes dar. Aufgrund der anlagentechnischen Einfachheit des Erfassungssystems ist hier mit Betriebsproblemen nicht zu rechnen. Gelegentlich (z.B. einmal pro Gartensaison) sollen die Urinschläuche mit Essigsäurelösung gegen Ablagerungen gespült werden. Die Umfragen (Naudascher, 2001, eigene Erfassungen) zeigen jedoch, dass der Kontakt mit Exkrementen (bei der Entleerung und der Reinigung der Behälter) die Akzeptanz der Trockentrenntoiletten sowie des gesamten Konzeptes stark beeinträchtigen. In Erhebungen von Naudascher (2001) haben unter den Befragten 61% Frauen und 84% Männer die Entleerung der Rindenschrottoilette als „eher unangenehm“ oder „sehr unangenehm“ bezeichnet.

Hinsichtlich der hygienischen Unbedenklichkeit ist die Komponente „Transport“ in diesem Konzept ebenfalls als unsicher zu bewerten. Die Untersuchungen von (Schönning et al., 2007) bestätigen, dass der direkte Umgang mit unbehandelten Fäzes das höchste gesundheitliche Risiko birgt. Um die Ansteckungsgefahr vor allem bei viralen Infekten und parasitischen Würmern zu dämmen, sind weitere Schutzmaßnahmen erforderlich: z.B. Gummihandschuhe und Atemschutz bei der Entleerung der Sammelbehälter bzw. Ausbringung des Materials im Garten.

Beim Konzept „**NASS – zentrale Entsorgung**“ **Variante A** (partiell Bring- und Abholssystem) ist der Transport der Fäkalien von den Kleinkammertoiletten auf den Einzelparzellen bis zur Sammelstelle mit dem Transport im Konzept „NASS – interne Verwertung im KG“ identisch. Der Unterschied besteht darin, dass die nachfolgende Behandlung und die Verwertung der Fäkalien für den Kleingärtner entfallen. Als problematisch könnten sich dennoch die Pflege und die Sauberhaltung der semizentralen Sammelstellen erweisen. Hierzu ist eine zuständige Person erforderlich.

Beim Konzept „**NASS – zentrale Entsorgung**“ **Variante B** (Abholssystem) ist die Lagerung / der Transport mit dem Konzept „Sammelgrube“ vergleichbar. Anstatt einer herkömmlichen abflusslosen Sammelgrube wird hier ein Sammelsystem zur getrennten Erfassung von Urin und Fäzes (z.B. Goldgrube) installiert. Auch hier ist die Gewährleistung der Zugänglichkeit für die Entsorgungsfahrzeuge eine wichtige Voraussetzung für die Realisierbarkeit des Konzeptes. Als Standortbedingung gilt ebenfalls, dass die Grube nur bei der Neuerrichtung einer Laube oder nachträglich als separates Toilettenhaus installiert werden kann (Erläuterungen im Kapitel 4.3.4, Variante B).

4.4.3 Behandlung

In den Konzepten „**Kanalanschluss**“ und „**Abflusslose Sammelgruben**“ wird die zentrale technische Infrastruktur der kommunalen Abwasserentsorgung in Anspruch genommen (öffentlicher Kanal, kommunale Kläranlage). Dementsprechend fällt bei der Behandlung der Fäkalien kein Arbeitsaufwand für die Kleingärtner mehr an. Die zentralen Anlagen besitzen gegenüber den technisch einfachen Behandlungsverfahren, wie Kaltrotte ein hohes Niveau der Technisierung und erfordern eine fachmännische Betreuung. Dies fällt jedoch nicht ins Gewicht, da die Anlagen nur „mitbenutzt“ werden. Die Verfahren der Abwasserbehandlung in kommunalen Kläranlagen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik. Die technische Ausgereiftheit der Verfahren ist somit vollständig gegeben.

Die humanpathogenen Keime werden in herkömmlichen kommunalen Kläranlagen ohne Hygienisierungsstufe nur teilweise eliminiert. Da Abwasser aus den Kleingärten nur einen kleinen Anteil am Gesamtabwasserzufluss zur zentralen Anlage hat, wird das Kriterium „hygienische Unbedenklichkeit“ hier für den Kleingartenanlagenkontext als nicht relevant betrachtet.

Im Konzept „**NASS – interne Verwertung im Kleingarten**“ werden die Behandlung von Urin und die Behandlung von Fäzes getrennt bewertet. Die Behandlung des Urins besteht lediglich in der Lagerung in einem geschlossenen Behälter. Der anlagentechnische Aufwand kann somit als sehr niedrig bewertet werden. Auch die Benutzerfreundlichkeit, insbesondere bei der Urinapplikation mit einem Ejektortank (siehe Kapitel 4.3.3.3) ist gewährleistet. Der Zeitaufwand ist als niedrig einzuschätzen.

Bei der Fäzesbehandlung sollen hier drei Untervarianten – Heißkompostierung, Vermikompostierung, Terra Preta-Herstellung – unterschieden werden. Das erforderliche technische Equipment für alle drei Behandlungsvarianten ist überschaubar (siehe Kapitel 4.3.3.2). Die technische Ausgereiftheit des Verfahrens „Terra Preta-Herstellung aus getrennt erfassten Fäzes“ ist als unzureichend zu bewerten. Dieses Verfahren stellt keinen Stand der Technik dar (siehe Kapitel 4.3.3.2). Auch wissenschaftlich dokumentierte Versuche zur kleinräumigen Heißkompostierung mit kontrollierter Prozessführung (mit Temperaturnachweis) konnten im Rahmen der Literaturrecherche nicht gefunden werden.

Wie es der technischen Beschreibung der Konzeptvarianten zu entnehmen ist, stellen die Wurmkompostierung und die kalte Rotte die Behandlungsvarianten mit dem geringsten Arbeitsaufwand seitens der Nutzer dar. Der Arbeitsaufwand beschränkt sich hier auf gelegentliche Umsetzung (z.B. einmal pro Jahr) des Kompostes und seine Siebung bzw. Ausbringung nach 2-jähriger Behandlungsdauer. Bei der Terra Preta-Herstellung ist der Arbeitsaufwand ebenso als gering zu bewerten. Zusätzlich zu Aufwendungen wie bei der Wurmkompostierung fällt hier die Schichtung der Fäzes mit Zusatzstoffen in einen Fermenter an. Bei der Heißkompostierung ist entsprechend der technischen Beschreibung (siehe Abbildung 13: Heißkompostierung der Fäkalien in Kleinmengen (Eigene Darstellung nach www.ecovia.ch)) ein relativ hoher Arbeitsaufwand zu erwarten: anfängliche Schichtung und 3 nachträgliche Umschichtungen erforderlich.

Das Bewertungskriterium „Hygienische Unbedenklichkeit der Produkte“ spielt eine Schlüsselrolle, da es gleichzeitig das Gefährdungspotential der jeweiligen Konzeptvariante wiedergibt. Aus diesem Grund wird dieses Thema etwas ausführlicher beleuchtet.

4.4.3.1 *Hygenisierende Wirkung der Fäzes-Behandlungsverfahren*

Für die gärtnerische Verwertung der Fäkalkomposte spielen nicht die Kompostreife hinsichtlich des Abbaus organischer Substanz, sondern die hygienischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle. Die meisten Pathogene werden mit Fäzes ausgeschieden und die Infektion erfolgt auf fäkal-oralem Wege oder durch den Konsum von fäkal verunreinigten Lebensmitteln oder Wasser.

Die hygenisierende Wirkung der **Heißkompostierung** beruht vor allem auf der Prozesswärmentwicklung, die ein Nebenprodukt aerober exothermer Prozesse ist. Nach Feachem et al. (1983, zit. in: Schönning, Stenström, 2004) werden bei Temperaturen über 55 °C nach einer Woche die meisten Pathogene mit Sicherheit inaktiviert. In Anlehnung an diese Untersuchungen erfolgt die Kontrolle der seuchen- und phytohygienischen Unbedenklichkeit von technisch hergestellten Komposten gemäß der **BioAbfV** (Anhang 2) über den Nachweis der Temperatur >55°C über einen Zeitraum von mind. 2 Wochen (indirekte Prozessprüfung). Schönning und Stenström (2004) weisen darauf hin, dass die Temperaturmessung höhere Sicherheit beim Monitoring des Kompostierungsprozesses bietet als Indikatorkeime wie Salmonellen oder E.coli.

Bei der **Kaltrotte** werden die hohen Temperaturen in der Regel nicht erreicht bzw. über längere Zeit gehalten. Zur Inaktivierung von Krankheitskeimen tragen hier andere Prozesse bei: natürliches Absterben, Antibiose, biologische Antagonisten, äußere Randbedingungen (pH-Wert, Wassergehalt).

Die Tabelle 9 gibt einen Überblick über Zeiträume nach Arnbjerg-Nelsen et al. (zit. in Schönning and Stenström, 2007), die bei der Lagerung der Fäzes unter atmosphärischen Bedingungen oder im Boden ohne andere Behandlung erforderlich sind, um eine Reduktion um 90% zu erreichen. Die Zeiträume nach Kowal (1985, zit. in Schönning and Stenström, 2004) entsprechen der maximalen Überlebensdauer der Mikroorganismen, auch bei stets ungünstigen Umständen wie z.B. durchgehend niedrige Temperaturen.

Die Tabelle 10 fasst die von der WHO (2006) empfohlenen Zeiträume für Fäzesbehandlung zusammen, die in kleinskaligen Systemen (Haushalte) ohne Prozessmonitoring einzuhalten sind, um das Gesundheitsrisiko auf ein akzeptables Niveau zu reduzieren.

Tabelle 9: Zeiträume für 90%ige Reduktion ausgewählter Pathogenen bei der Lagerung der Fäzes, T 20°C (Quellen: Kowal, 1985, zit. in Schönning and Stenström, 2004, Arnbjerg-Nielsen et al. 2005, zit. in Schönning and Stenström, 2007)

Mikroorganismus	Max. Überlebensdauer im Boden ¹⁾	Überlebensdauer in Fäzes ²⁾ [d]	Überlebensdauer im Boden ²⁾ [d]
Fäkale Coliformen	Bakterien:		
Salmonella	2 – 12 Monate	30 ± 8	35 ± 6
Rotavirus	Viren:	60 ± 16	30 ± 8
Hepatitis A	3 – 36 Monate	55 ± 18	75 ± 10
Giardia	Protozoen:	28 ± 9	30 ± 4
Cryptosporidium	? – 2 Monate	70 ± 20	495 ± 182
Spulwurmeier	2 – 7 Jahre	125 ± 30	625 ± 150

¹⁾ Kowal, 1985, zit. in: Schönning and Stenström, 2004

²⁾ Arnbjerg-Nielsen, zit. in Schönning et al., 2007

Tabelle 10: Empfehlungen für Lagerung trockener Exkremente und Fäkalschlamm bei kleinskaliger Behandlung (Einzelhaushalte) (WHO, 2006, Kap. 4.4.3.)

Behandlung	Kriterien	Bemerkungen
Lagerung unter atmosphärischen Bedingungen, T = 2-20°C	1.5 – 2 Jahre	Reduktion von bakterieller Pathogenen, Viren und Parasiten unter das Niveau von akzeptablem Risiko; nach der Wiederbefeuchtung Wachstum von E. coli und Salmonellen möglich
Lagerung unter atmosphärischen Bedingungen, T = 20-35°C	> 1 Jahr	Totale Inaktivierung von Viren, Bakterien und Protozoen, Inaktivierung von Schistosoma-Eiern nach < 1 Monat; Inaktivierung von Nematodeneiern, Hackenwürmern, Peitschenwürmern; mehr oder weniger komplette Inaktivierung von Spulwurmeiern
Alkalische Behandlung	pH > 9 für > 6 Monate	Temperatur > 35°C und/oder Wassergehalt < 25%; bei niedrigeren pH-Werten bzw. höheren Wassergehalten längere Behandlungsdauer

Einen Überblick über hygienische Beschaffenheit der Fäkalkomposte in wissenschaftlichen Untersuchungen gibt die Tabelle 11 (Reichenburg, 2005, Buzie-Fru, 2010, Naudascher, 2001). Beim Vergleich ist zu beachten, dass die Autoren unterschiedliche Indikatororganismen und unterschiedliche Bezugsgrößen (g⁻¹ Frischmasse oder g⁻¹ Trockenrückstand) verwendet haben.

Die Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Der von der WHO empfohlene Grenzwert für E.coli von 10³ /g FM konnte nach 9 Monaten Kompostierung der Rottesackinhalten bzw. nach 1jähriger Kompostierung der Fäkalkomposte eingehalten werden;

- die Salmonellen konnten nach 9-monatiger Kompostierung nicht mit Sicherheit eliminiert werden, so dass die Anforderungen nach BioAbfV (Anhang 2) nicht erfüllt werden konnten;
- die Anforderungen der US-amerikanischen National Sanitation Foundation von max. 200 Fäkalcoliforme pro g FM (US-EPA, 2003) konnten nach 1-jähriger Lagerung der Fäkalkomposte in Untersuchungen von Naudascher (2001) mit hoher Sicherheit eingehalten werden, nicht jedoch die Anforderungen des Nordischen Ökolabels von 2 Fäkalcoliformen pro g FM (Nordic Ecolabelling, 2000, zit. in Naudascher, 2001);
- der zweite Indikatorparameter nach WHO (2006) - die Spulwurmeier - wurde in den benannten Literaturquellen nicht erfasst.

Tabelle 11: Veränderung ausgewählter mikrobiologischer Parameter während der Kompostierung (schwarz) bzw. Wurmkompostierung (grün) der Fäzes haltiger Substrate (Literaturdaten, eigene Zusammensetzung)

Mikroorganismen	Rechenburg (2005)	Naudascher (2001)	Eastman et al. (2001) ²⁾		Buzie-Fru (2010) ³⁾	
	nach 9 Monaten g ⁻¹ FM	¹⁾ g ⁻¹ FM	nach 7 d	Reduktion log-Stufen	nach 58 d g ⁻¹ TR	Reduktion log-Stufen
Fäkalcoliforme		n.n.– 2,3E+02	3,4 E+03 8,33 E+07	6,4 1,6	2,0 E+02 9,58 E+06	5,0 0,29
Salmonella spp.	z.T. positiv	n.n.	12,66 5,66 E+04	8,6 4,9	1,88 E+03 1,78 E+08	5,58 0,59
Enterovirus			5 2,66 E+03	4,6 1,8		
Helminiteneier			9,33 E+03 2,16 E+05	1,9 0,6		
E. coli	40	n.n. – 14			3,4 E+03 9,62 E+06	3,74 0,26
Enterobacter		3,8 E+03 – 2,3 E+05			1,58 E+03 4,06 E+06	3,77 0,36

¹⁾ Proben von realen Komposten aus verschiedenen Kleingärten im KGV Köln-Auweilerweg, in der Tabelle nur Komposte nach Kompostierungszeit von 10 bis 12 Monaten zusammengefasst.

²⁾ Behandlung der biosilids (15 – 20% TR) aus der Abwasserreinigung, Feldversuche, Dauer 7 d, Animpfung mit Testorganismen, die Wurmmenge wurde ausgehend von einer 7-tägigen Umsetzungsdauer und mit der Annahme eines Umsatzes von 1,5g oTR/ g Wurm*d ermittelt.

³⁾ Laborversuche, Fäzesmaterial aus der Ökosiedlung Allermöhe, Hamburg, ohne Urin, Wassergehalt 70%, Temperatur 25 °C, Wurmdichte nicht berichtet.

Die Literaturwerte (Eastman et al., 2001, Buzie-Fru, 2010, Tabelle 11, grün) belegen, dass die **Wurmkompostierung** den Prozess der Inaktivierung menschlicher Pathogene beschleunigt. Die vorliegenden Literaturquellen sind jedoch unzureichend, um die Behandlungsdauer für das sichere Abtöten der resistenten Spulwurmeier in Fäkalvermikomposten abzuschätzen. Die Anforderungen der Bio-AbfV (salmonellenfreie Komposte) konnten in dokumentierten Behandlungszeiträumen (2 Monate in Buzie-Fru, 2010) nicht erreicht werden.

Die hygienisierende Wirkung der **Terra Preta**-Behandlung wurde bis jetzt erst in einer Studie an der Universität Leipzig systematisch untersucht (Scheinemann, Krüger, 2010). Hierfür wurde allerdings nicht mit menschlichen, sondern mit tierischen Fäkalien (Kuhdung) verfahren. Die Analysen in Laborversuchen ergaben eine Reduktion aller angeimpften vegetativen bakteriellen Erreger (unter anderem E. coli, Salmonella Senftenberg) unter die Nachweisgrenze von 10³ schon nach 3 Tagen. Bei viralen Erregern (ECBO-Viren) erreichte die Reduktion nach 14 Tagen ebenfalls die Nachweisgrenze von

1-log PbE/ml (Plaque bildenden Einheiten). Die Embrionisierungsrate der Spulwurmeier sank nach 8 Wochen Fermentation von 96,8% auf 0%. Die sporenbildende Bakterien (z.B. *Clostridium perfringens*) überstanden jedoch den Fermentationsprozess (Scheinemann, Krüger, 2010, Krüger et al., 2011).

In Feldversuchen zur Terra Preta-Behandlung wurde nach 4 Wochen Fermentation ebenfalls ein ausgeprägter Rückgang der Bakterienzahlen dokumentiert (aerobe mesophile Gesamtzahlen, gram-negative aerobe Gesamtzahlen inkl. Coliforme, anaerobe mesophile Gesamtzahlen, Enterokokken). Nach 10 Wochen Nachbehandlung (von den Autoren als „Vererdung“ bezeichnet) stiegen allerdings bei fast allen Parametern die Keimzahlen wieder an, wobei bis auf einige Ausnahmefälle ein Netto-Zuwachs gegenüber dem Anfangszustand erreicht wurde. Exemplarisch sind die beschriebenen Zusammenhänge im Anhang 1.2 dargestellt. Anhand der Versuche von Scheinemann, Krüger (2010) kann die hygienisierende Wirkung der Behandlungskombination Fermentation (4 Wo) / Nachkompostierung (10 Wo) nicht als sicher bewertet werden. Zur sicheren Hygienisierung wird empfohlen die Nachkompostierungsdauer von mind. 1 Jahr nicht zu unterschreiten, besser die Behandlungsdauer nach WHO-Empfehlungen von 1.5 – 2 Jahren einzuhalten.

Entsprechend oben aufgeführten Erläuterungen werden in Tabelle 12 die Bewertungen der Konzeptkomponenten „Erfassung“, „Transport“ und Behandlung“ zusammengefasst. Die Bewertung erfolgt anhand eines sehr groben Rasters: sehr positiv (++), weniger positiv (+), neutral (o), teilweise negativ(-), negativ (--).

Tabelle 12: Bewertung der Konzeptkomponenten „Erfassung“, „Transport“ und Behandlung“

	Wasserkonzepte		Wasserlose Konzepte				
	Kanalanschluss	Sammelgrube	NASS – interne Verwertung im KG			NASS – zentrale Entsorgung	
			Heißkompostierung	Kaltrotte, Wurmkompostierung	Terra-Preta	Variante A (Parzielles Bring- und Holsystem)	Variante B (Holsystem)
Erfassung							
Anfälligkeit bzgl. Betriebsproblemen	++	++	++	++	++	++	++
Handhabung	++	++	++	++	++	++	++
Hygienische Unbedenklichkeit	++	++	++	++	++	++	++
Transport							
Installationsaufwand	--	-	++	++	++	+	-
Anfälligkeit bzgl. Betriebsproblemen	-	++	++	++	++	++	++
Handhabung	++	++	--	--	--	--	++
Zeitaufwand für Endnutzer	++	++	-	-	-	-	++
Hygienische Unbedenklichkeit	++	++	-	-	-	-	++
Behandlung							
Anlagentechnischer Aufwand	++	++	++	++	++	0	-
Technische Ausgereiftheit	++	++	+	+	--	0	0
Zeitaufwand für Endnutzer	++	++	-	+	+	+	++
Hygienische Unbedenklichkeit	++	++	++	+ ¹⁾	+ ¹⁾	++	++

¹⁾ Die Behandlungsdauer nach WHO-Empfehlungen von 1.5 – 2 Jahren vorausgesetzt

4.4.4 Gesamtkonzeptbetrachtung

Das Ziel der Studie besteht darin verschiedene Optionen zur umweltverträglichen Entsorgung / Verwertung der Fäkalien aus Kleingartenanlagen zu eruieren und für eine Demonstrationsanlage auszuwählen. Dem Kriterium „Umweltverträglichkeit“ kommt somit bei der Bewertung der Entsorgungskonzepte eine besondere Bedeutung zu. Der Umfang des Begriffes „Umweltverträglichkeit“ wird in vorliegender Studie folgendermaßen begrenzt:

Im Hinblick auf den im Wasserhaushaltsgesetz verankerten Gewässerschutz werden insbesondere diese Belange berücksichtigt. Die Auswirkungen jedes Konzeptes auf Gewässer werden hierbei anhand der zu erwartenden Belastungen mit organischen Stoffen (O_2 -Zehrung) und Nährstoffen (N, P) beurteilt. Der Eintrag von Spurenstoffen (wie z.B. Arzneimittelrückstände) bleibt außer Betracht. Des Weiteren werden die Auswirkungen auf den Boden qualitativ berücksichtigt.

Umweltverträglichkeit, Ressourceneffizienz

Beide Wasser verwendende Konzepte „**Kanalanschluss**“ und „**Abflusslose Sammelgruben**“ sowie „**NASS- zentrale Entsorgung**“ sehen eine Behandlung der Fäkalien in zentralen kommunalen Kläranlagen vor. Hierbei werden die organischen Verschmutzungen und die Nährstoffe (C, N, P) mindestens auf das gesetzlich vorgeschriebene Niveau reduziert. Ihre schädlichen Auswirkungen auf Gewässer (insbesondere Eutrophierung) werden entsprechend dem heutigen Stand der Technik minimiert. Herkömmliche kommunale Kläranlagen (ohne Hygienisierungsstufe) können nur eine partielle Keimreduktion gewährleisten. Die Mikroschadstoffe (wie Arzneimittel, endokrin wirksame Substanzen) werden in Kläranlagen ebenfalls nur teilweise eliminiert und gelangen ins Gewässer. Insgesamt entspricht die Behandlung dem heutigen Stand der Technik und wird demnach als umweltverträglich bewertet.

Beim Konzept „NASS – interne Verwertung“ erfolgt die Bewertung der Umweltverträglichkeit unter Annahme

- einer sachgemäßen Behandlung: bei Wurmkompostierung / kalter Rotte insbesondere Einhaltung der empfohlenen Behandlungsdauer, bei Heißkompostierung mit Temperaturkontrolle;
- einer Begrenzung der Nährstoffeintrages: empfohlene Ausbringmengen der Produkte (Urin, Fäkalikompost, Terra Preta-Substrat) werden eingehalten, mittels Bodenanalysen (z.B. jährlich oder alle 2 Jahre) wird der Düngebedarf ermittelt und die Ausbringmengen angepasst.

Unter diesen Voraussetzungen ist die Wahrscheinlichkeit, dass die in menschlichen Ausscheidungen enthaltenen organischen Verschmutzungen und Nährstoffe (N, P, K) für die Pflanzenversorgung stofflich verwertet werden, sehr hoch. Aus überschlägigen Berechnungen im Kapitel 4.3.3.3 sowie in Müller (2012) geht hervor, dass die in einem durchschnittlichen Kleingarten anfallenden Mengen an Urin und Fäzeskompost auf Zierpflanzen- und Rasenflächen restlos aufgebracht werden können, ohne dass durch die Überdüngung der Nährstoffeintrag in Gewässer (insbesondere ins Grundwasser) zu befürchten wäre.

Des Weiteren sind beim Konzept „NASS – interne Verwertung“ die Auswirkungen auf den Boden zu beachten. Diesbezüglich ist vor allem der Eintrag von Schadstoffen (Schwermetallen, organischen Spurenstoffen) von Belang. Die Schwermetalle werden nach Jönsson et al. (2004) sehr langsam ausgeschieden. Daher sind die Schwermetallgehalte in Urin und Fäzes in der Regel niedrig. Die Tabelle 13 zeigt deutlich, dass die Anforderungen der Bioabfallverordnung (§4) bezüglich der Schwermetallgehalte in Bioabfallkomposten (mit zwei Ausnahmen in Laborversuchen) durch Fäkalikomposte eingehalten werden.

Tabelle 13: Gegenüberstellung der Schwermetallgehalte in rohen Fäzes bzw. Fäkalkomposten den Grenzwerten nach BioAbfV und AbfKlärV

		BioAbfV ¹⁾	AbfKlärV	Rohe Fäzes	Vermikompostierung		Kompostierung
				Vinnerås, 2002 ¹⁾	Buzie-Fru, 2010	Simons et al., 2005	Naudascher (2001) ²⁾
Pb	mg/kgTR	150	900	0,664	2,3	74 – 76	24,25 – 46,95
Cd	mg/kgTR	1,5	10	0,336	0,2	1,6 – 2,4	0,14 – 0,37
Ni	mg/kgTR	50	200	2,455	81,7	42 – 44	11,26 – 15,16
Cu	mg/kgTR	100	800	36,36	38,7	118 – 131	5,55 – 43,68
Zn	mg/kgTR	400	2500	354,55	102,1	248 - 265	90 – 180
Hg	mg/kgTR	1		0,3			k.A.
Cr	mg/kgTR	100		0,664			16,95 – 40,11

¹⁾ Eigene Umrechnung der Daten aus Vinnerås (2002)

²⁾ Untersuchung der Kompostproben aus Karlsruher Kleingärten, unterschiedliche Zuschlagstoffe, Behandlungsdauer zwischen 3 Monaten und 2 Jahren

Eine weitere Problematik, die zur Zeit besonderes Interesse der Öffentlichkeit erweckt, ist der Eintrag von Mikroverunreinigungen wie z.B. Medikamentenrückstände in den Boden sowie ihre Aufnahme in die Pflanzen bei der Verwertung der NASS-Produkte zur Düngung. Aufgrund ihrer verschiedenen chemischen Struktur unterscheidet sich das Verhalten der Arzneimittelrückstände in der Umwelt – ihre Fähigkeit zum biologischen Abbau, zur Adsorption an der Bodenmatrix, zur Auswaschung mit dem Sickerwasser – erheblich. Mehrere Untersuchungen haben bestätigt, dass einige Arzneimittelwirkstoffe (insbesondere polare) zum einen im erheblichen Maße ausgewaschen, zum anderen mit der Bodenlösung in die Pflanzen aufgenommen werden können. In Versuchen von Schneider (2005, welsches Weidelgras) lagen die Aufnahmemengen zwischen 15 und 30% des aufgetragenen Wirkstoffes (Sulfadimidin, Sulfamethoxazol, Diclofenac). Winker (2009) berichtet von der Aufnahme von Carbamacepin in Wurzeln (0,2%) und Grünteilen der Roggenpflanze (30% der aufgetragenen Dosis). Ein wissenschaftlicher Beleg, dass die in Pflanzen aufgenommenen Pharmaka eine für Menschen schädliche Wirkung entfalten können, liegt bis dato nicht vor (Winker, 2009).

Beim Aufbringen von Urin bzw. Fäkalkomposte auf Zierpflanzenbeete sowie auf Rasen (keine Pflanzen zum Verzehr) kann diese Problematik umgangen werden. Nicht desto trotz wird es empfohlen, bei Kleingärten in Trinkwasserschutzgebieten auf die Urindüngung zu verzichten (Gefahr der Auswaschung der Pharmakarückstände ins Grundwasser).

Hinsichtlich des Kriteriums „Ressourceneffizienz“ bietet das Konzept „NASS – interne Verwertung“ als einziges eine Möglichkeit, Wertstoffe (C, N, P, K) aus menschlichen Ausscheidungen zu nutzen.

Rechtliche Konformität

Die rechtliche Problematik bei den Wasser verwendenden Konzepten „Kanalanschluss“ und „Abflusslosen Sammelgruben“ fußt auf dem Bundeskleingartengesetz. Der Grundgedanke des 2006 zuletzt geänderten Bundeskleingartengesetzes bleibt immer noch die Schaffung eines Ausgleichs zwischen Sozialverpflichtung der Flächeneigentümer und Nutzungsberechtigung der Pächter. Die zum obersten Ziel postulierte soziale Verträglichkeit des Kleingartenwesens ist vor allem an niedrige Pachtzinsen geknüpft. Diese wiederum werden gerade damit begründet, dass Kleingärten mangels umfassender Erschließung durch Elektrizität, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung keine „kleinen Eigenheime“ seien (BVerfG, Entscheidung vom 25.02.1998 (Az. 1 BvR 207/97) zur Pachtzinsbegrenzung, zit. in Meister et al., 2004). Die Festlegung, dass der Kleingarten und die Laube „nicht zum dauerhaften Wohnen bestimmt sind“ wird immer noch dahingehend interpretiert, dass (ausgenommen Bestand-

schutz) die Neuerrichtung der Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen in Lauben nicht gestattet ist (Schmidt-Rose, 2010). Die Rückständigkeit dieser Regelungen zeigt sich schon dadurch, dass immer mehr Kommunen (Berlin, Hamburg, Düsseldorf, Bochum, Rostock) abweichende Einzelregelungen mit örtlichen Kleingartenverbänden treffen (Schmidt-Rose, 2010, Buhtz et al., 2008). Im Düsseldorfer Stadtrecht sind sogar Anschlüsse einzelner Parzellen an das Kanalnetz erlaubt. Gleichzeitig wird der Status der „Dauerkleingartenanlagen“ (trotz des Kanalanschlusses) durch den Vertrag der Stadt Düsseldorf mit den Zwischenpächtern aufrechterhalten (Schmidt-Rose, 2010, URL-7).

Die **NASS-Konzepte** mit Trockentoiletten stellen aus der Sicht des Bundesverbandes Deutscher Gartenfreunde e.V. eine prioritäre Lösung dar. Die Installation einer Kleinkammertoilette in der Laube bzw. außerhalb bedarf keiner bauordnungsrechtlichen Genehmigung. Die Behandlung und die Verwertung auf der eigenen Parzelle sind aus rechtlicher Sicht unproblematisch. Urin- und Fäkalkompostausbringung im Kleingarten können als Einbringen von Abwasser im Rahmen landbaulicher Bodenbehandlung betrachtet werden. Eine solche liegt vor, wenn „das Abwasser zweckgerichtet eingesetzt wird, um die Bodenbeschaffenheit in bestimmter Weise für die Zwecke landbaulicher Bodennutzung zu beeinflussen und daher wechselnd nach Nutzungsart und Witterungsverhältnissen eingebracht wird“ (OVG Münster ZfW 24 <1985>S. 193f., zit. in: Trepte, 2005). Als Abfall definiert unterliegt ihre landbauliche Verwertung zwar dem Abfallrecht. Gleichzeitig nimmt die Bioabfallverordnung die Kleingärten aus ihrem Anwendungsbereich heraus (§1 Abs. 3 Nr. 1). Zudem wird ein Stoff erst dadurch zum Abfall, dass ein Entledigungswille besteht.

Nach §1 Nr.2a Düngemittelgesetz (DüngMG) waren Abwässer, Fäkalien, Klärschlamm und ähnliche Stoffe als Sekundärrohstoffdünger definiert und durften gemäß § 1a Abs. 1 DüngMG (1977) nach guter fachlicher Praxis angewandt werden. Mit Inkrafttreten des Düngegesetzes (2009), welches das Düngemittelgesetz ersetzt hat, gehören menschliche Fäkalien nicht mehr zu den düngerechtlich zugelassenen Ausgangsstoffen, obgleich sie sinnesgemäß der Begriffsbestimmung von Düngemittel entsprechen würden: „Düngemittel sind Stoffe, (...) die dazu bestimmt sind, Nutzpflanzen Nährstoffe zuzuführen, um ihr Wachstum zu fördern, ihren Ertrag zu erhöhen oder ihre Qualität zu verbessern“ (§2 Nr. 1 DüngG). Dies bedeutet ein Verbot für die Anwendung der menschlichen Fäkalien zu Düngezwecken auf Flächen zur landwirtschaftlichen Produktion.

Die kleingärtnerische Nutzung kann jedoch unter den Begriff „landwirtschaftlich genutzte Fläche“ nicht subsummiert werden (§ 2 Nr. 1 DüV), daher ist das Düngerecht hier nicht anwendbar. Somit ist **die Ausbringung menschlicher Fäkalien auf eigenen Flächen zur Pflanzenproduktion für den eigenen Bedarf rechtlich nicht verboten.**

Möglichkeit behördlicher Kontrolle

Die Qualität der Behandlung wird in Konzepten mit zentraler Behandlung - „**Kanalanschluss**“, „**Sammelgrube**“, „**NASS – zentrale Entsorgung**“ - durch gesetzliche Grenzwerte (Abwasserverordnung) festgelegt und durch regelmäßige Kontrollen nachgewiesen. Demzufolge ist hier eine gute Kontrollierbarkeit für Behörden gegeben.

Beim Konzept „**NASS – interne Verwertung**“ ist die Möglichkeit einer behördlichen Kontrolle der Behandlungsqualität sowie der Produkte und ihrer Verwertung schwierig (keine gesetzlichen Regelungen zu Grenzwerten, der Art der Kontrolle, den Kontrollverfahren, der Zuständigkeit der Durchführung, etc.). Abgesehen davon würde eine solche Kontrolle einen hohen Betreuungsaufwand seitens der Behörden erfordern, was angesichts der oft personell schwachen Besetzung kommunaler Verwaltungen (siehe Kapitel 3.2.1) schwer realisierbar wäre.

Standortabhängigkeit

Die Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten ist beim Konzept „**Kanalanschluss**“ am stärksten: Nähe des öffentlichen Kanals, dessen verfügbare Aufnahmekapazität, günstigen topografische Verhältnisse (siehe Kapitel 4.3.1.1 und 4.4.2). Bei dem Konzept „**Abflusslose Sammelgruben**“ ist die Problematik der Grundwasserstände zu beachten. Des Weiteren ist die Zufahrt für die Abfuhr des Grubeninhaltes durch ein Saugfahrzeug zu sichern. Selbst bei kleineren Entsorgungsfahrzeugen (Typ Multicar) ist eine Wegbreite von ca. 2 m erforderlich. Gleiche Bemerkungen betreffen das Konzept „**NASS – zentrale Entsorgung**“ Variante B (Gruben zur getrennten Fäzes/Urin-Erfassung).

Die technische Realisierung des Konzeptes „**NASS – interne Verwertung**“ ist dagegen von den Standortbedingungen unabhängig. Die Trockentrenntoiletten als Kleinkammertoiletten können ohne umfangreiche bauliche Maßnahmen in Lauben oder separaten Toilettenhäuschen (nach)installiert werden. Ggf. kann die Verwertung der Produkte durch bestimmte örtliche Bedingungen begrenzt bzw. untersagt werden (z.B. ein empfindliches Gewässer grenzt an die KGA).

Kosten (Vorgehensweise der Kostenvergleichsrechnung nach LAWA)

Der kostenmäßige Vergleich hat bei der Konzeptbewertung stets eine große Bedeutung. Jedoch muss an dieser Stelle betont werden, dass die Kosten immer an konkrete Randbedingungen (Größe der KGA, örtliche Randbedingungen, aktuelle Preise örtlicher Anbieter und Entsorger, Verhandlungsmodalitäten) geknüpft sind. Daher ist an dieser Stelle ein allgemeiner Kostenvergleich verschiedener Entsorgungskonzepte nicht möglich. Es wird jedoch eine Vorgehensweise zum kostenmäßigen Vergleich in Anlehnung an die „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) aufgeführt.

Für einen aussagekräftigen Kostenvergleich verschiedener Alternativen ist es wichtig, nicht nur die Kosten zur Errichtung notwendiger Anlagen zu Beginn der Maßnahme (hier Konzeptumsetzung) zu berücksichtigen, sondern alle Kosten – laufende Betriebskosten, (Re-)Investitionen zu verschiedenen Zeitpunkten, wiederkehrende Betriebskosten – über die gesamte Nutzungsdauer des Konzeptes einzubeziehen.

Tabelle 14: Angaben zu durchschnittlicher Nutzungsdauer der Anlagen für die Entsorgungskonzepte aus den Kleingartenanlagen

Art der Anlage	Nutzungsdauer [a]	Quelle	Bemerkungen
Spültoilette	25	eigene Schätzung	
Trockentrenntoilette	25	eigene Schätzung	Nach Auskunft von Hr.Berger, begründet durch das hochwertige Kunststoffmaterial der Toiletten und die Belastbarkeit bis 150 kg (Modelle Separat, Herstellerangaben)
Thermokomposter	10	eigene Schätzung	Durch UV-Einstrahlung, Temperaturschwankungen und normale Alterungsvorgänge wird Kunststoff spröde.
Sammelgruben Beton	25	LAWA	
Sammelgruben, Kunststoff	25	eigene Schätzung	In Orientierung auf die Garantieangaben der Hersteller
Grundstückskanäle, Kanalisationsschächte	50	LAWA	

Die Nutzungsdauer eines Konzeptes (oder individueller Untersuchungszeitraum) orientiert sich auf die längste durchschnittliche Lebensdauer der Anlagen bzw. Anlageteilen im Konzept. Durchschnittliche Lebensdauer ist für größere wasserbauliche Anlagen durch LAWA (KVR-Leitlinien, 2004, Anlage 2.0) vorgegeben. Die Angaben zur Nutzungsdauer der Anlagen, die in den KVR-Leitlinien nicht enthalten sind, werden in Tabelle 14 geschätzt und begründet.

Eine wesentliche Voraussetzung für den kostenmäßigen Vergleich der zu betrachtenden Entsorgungskonzepte ist die Bedingung, dass die vorgesehene Leistung von allen Alternativen über die gleiche Zeitspanne erbracht wird. Bei unterschiedlichen individuellen Untersuchungszeiträumen der zu vergleichenden Alternativen wird bei der Festlegung des Zeitraumes für die Kostenvergleichsrechnung die mit dem längsten Untersuchungszeitraum angesetzt. Die Abbildung 17 bis Abbildung 19 zeigen schematisch den zeitlichen Anfall von Investitions-, Reinvestitions- und laufenden Kosten bei verschiedenen Entsorgungskonzepten für einen Kleingartenverein. Hier wird ersichtlich, dass die längste Nutzungsdauer die Abwasserkanäle aufweisen. Dementsprechend wird der allgemeine Untersuchungszeitraum für die Kostenvergleichsrechnung mit 50 a festgelegt.

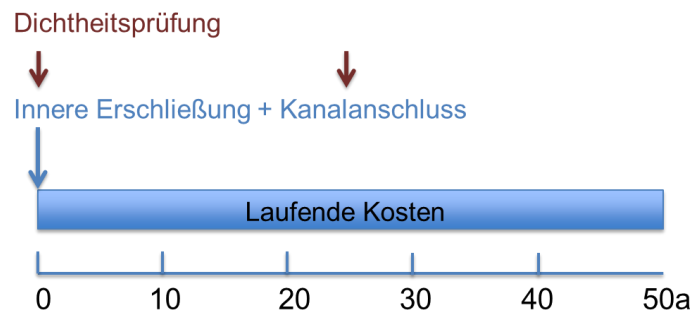


Abbildung 17: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei dem Konzept „Kanalanschluss“

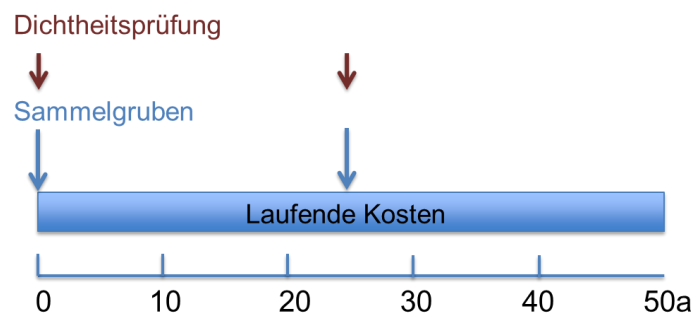


Abbildung 18: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei dem Konzept „Abflusslose Sammelgruben“

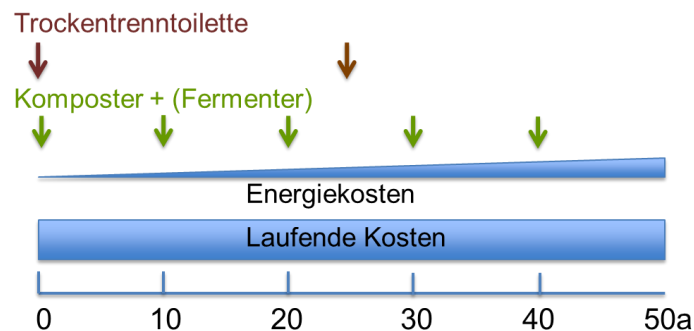


Abbildung 19: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei den Konzeptvarianten „NASS + interne Verwertung im KG“

Für einen wertrichtigen Kostenvergleich empfehlen die KVR-Leitlinien folgende Methoden:

1. Berechnung und Vergleich der **Projektkostenbarwerte**: alle über den Untersuchungszeitraum verteilten Kosten werden auf einen Bezugszeitpunkt finanzmathematisch umgerechnet und aufsummiert.
2. Berechnung und Vergleich der **Jahreskosten des Projektes**: alle Kosten (auch Einzelkosten) werden in durchschnittliche jährliche Kosten über den gewählten Untersuchungszeitraum umgerechnet und aufsummiert.

Eine beispielhafte Durchführung einer Kostenvergleichsrechnung anhand von Projektkostenbarwerten für einen Muster-Kleingartenverein in Leipzig ist in der Anlage 2 gegeben. Die Ergebnisse können jedoch nicht ohne weiteres auf einen anderen KGV übertragen werden.

Die berechneten Projektbarwerte (beispielhaft in der Abbildung 20 dargestellt) geben einen Überblick über die gesamten Kosten der Konzepte über den ganzen Bewertungszeitraum, einschließlich nötige Reinvestitionen und laufende Kosten, umgerechnet in Nominalwerte zum Bezugszeitpunkt (im Beispiel: 2012). Da die Kostengrößen (vor allem bei den Investitionen) bei verschiedenen Konzepten unterschiedlich hoch sind und unterschiedlich oft anfallen, ist es wichtig auch den zeitlichen Verlauf fälliger Zahlungen zu berücksichtigen. Diese Information kann unter anderem für die Überlegungen zur Möglichkeiten der Konzeptfinanzierung hilfreich sein. Denn bei langfristigen Investitionen wie Kanalverlegung sollen hohe Investitionen einmalig bei der Errichtung gewährleistet werden, was einer Zustimmung aller Mitglieder des jeweiligen KGV bedarf. Die Möglichkeit der Finanzierung über einen Kredit und Umlegung der Kosten auf jährliche Beiträge erscheint angesichts der Unsicherheit der Refinanzierung seitens des KGVs (freiwillige Mitgliedschaft, rückgängige Mitgliederanzahl bei vielen Vereinen, Rentneralter der meisten Mitglieder) als unwahrscheinlich.

Die wasserlosen Konzepte sind dagegen günstiger bezüglich der Finanzierungsoptionen, da die Reinvestitionskosten zwar wiederholt anfallen, aber niedriger sind. Über jährliche Beiträge können somit nötige Rücklagen gebildet werden, aus denen die Reinvestitionen gedeckt werden. Unter den Investitionskosten haben die Kosten für die Trockentrenntoilette das größte Gewicht, dementsprechend lassen sich an dieser Stelle durch Auswahl entsprechender Modelle oder Selbstbau die Kosten stark reduzieren. Hier lassen sich außerdem die Unterschiede in persönlichen Komfortansprüchen und finanziellen Möglichkeiten am besten berücksichtigen. Unter den laufenden Kosten bilden die Energiekosten (aktiven Entlüftung) einen schwer kalkulierbaren Anteil, der in Abhängigkeit von der künftigen Entwicklung der Energiepreise (in der Beispielrechnung jährliche Preissteigerung von 5% angenommen) besonders hoch ausfallen und die Konzeptkosten ungünstig beeinflussen kann.

Die Abbildung 20 gibt eine Vorstellung von den Ergebnissen der Kostenvergleichsrechnung anhand der Projektbarwerte nach LAWA. Die Abbildung 21 stellt beispielhaft einen Vergleich der summierten Ausgaben pro KG-Parzelle für verschiedene Entsorgungskonzepte für einen Musterverein dar (Erläuterungen im Anhang 2). Die summierten Ausgaben wurden hier als Summe der Nominalwerte zum jeweiligen Zeitpunkt der Zahlung mit Berücksichtigung einer jährlichen Inflationsrate von 3% berechnet. Bei den laufenden Kosten wurde nur für die Energiekosten eine zur Inflation zusätzliche Preissteigerung von 2%/a (also insgesamt 5%/a analog zur Berechnung der Projektbarwerte) angenommen. Die Linien gleicher Farbe widergeben die Preisspanne (Min – Max) für das jeweilige Konzept.

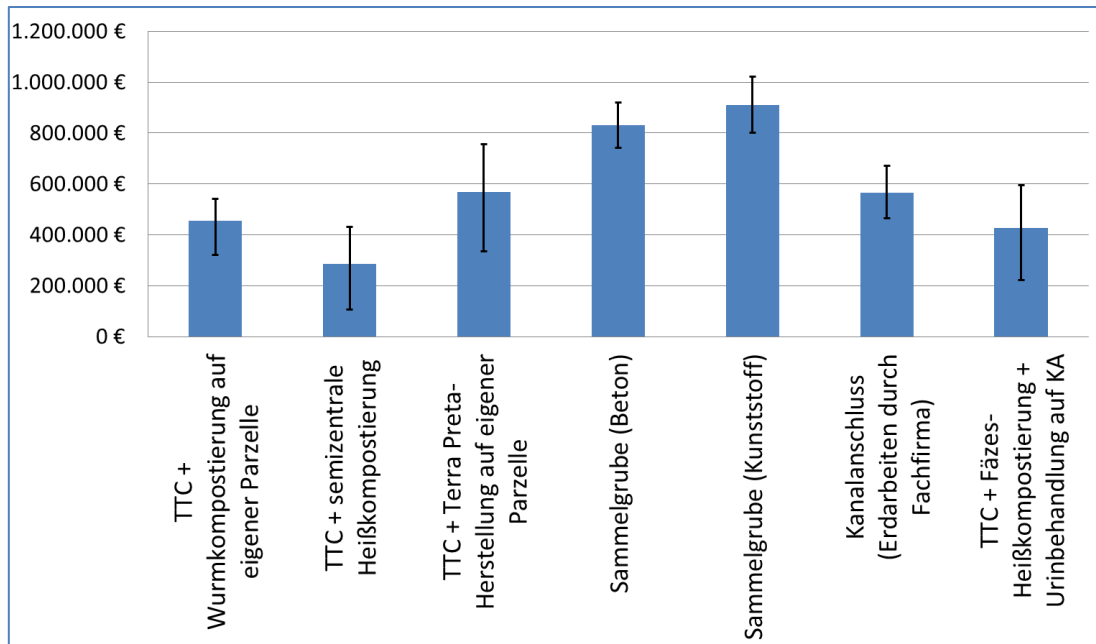


Abbildung 20: Vergleich der Projektbarwerte (Balken – Mittelwerte, Spanne Min/Max-Werte) verschiedener Entsorgungskonzepte für einen Muster-KGV (nicht übertragbar, Erläuterungen im Anhang 2)

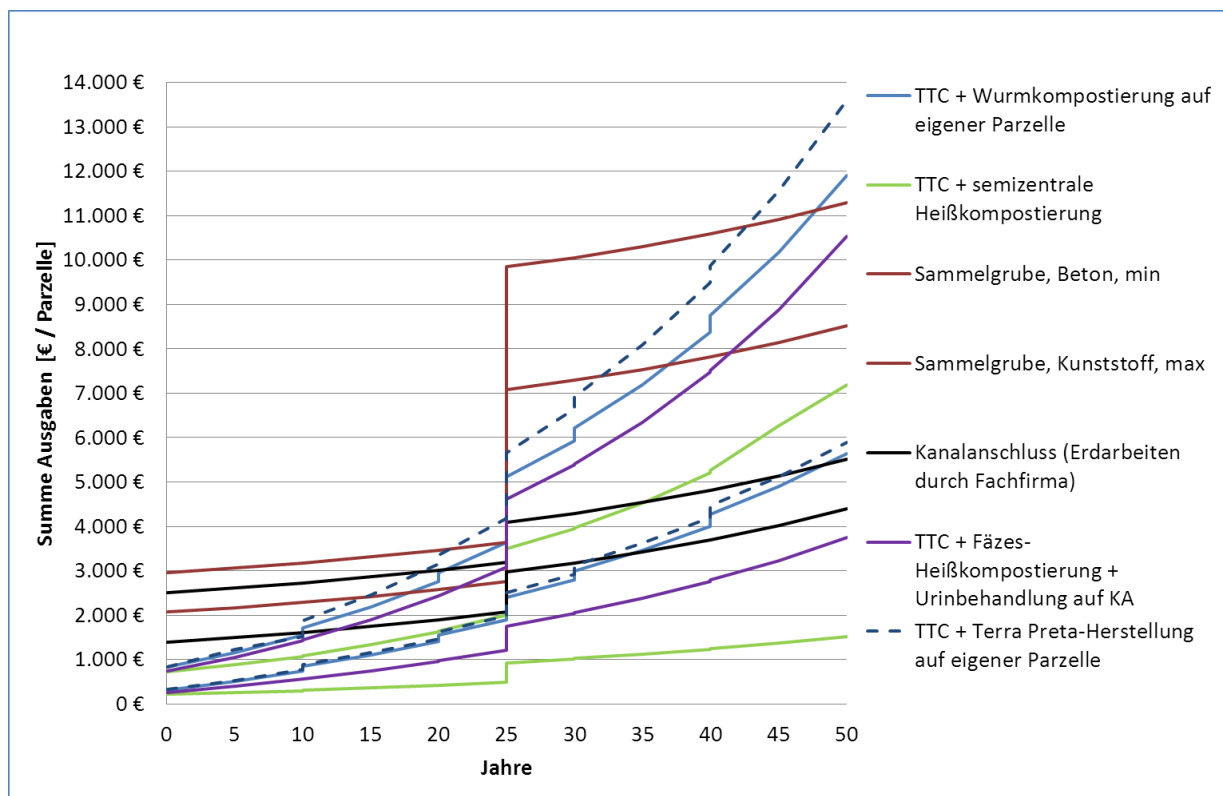


Abbildung 21: Summe der Ausgaben pro KG-Parzelle für die Realisierung verschiedener Entsorgungskonzepte über den Bewertungszeitraum von 50 a, beispielhafte Berechnung für einen Muster-KGV (nicht übertragbar, Erläuterungen im Anhang 2)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bewertung der Gesamtkonzepte zusammengefasst:

Tabelle 15: Bewertung der Gesamtkonzepte

Gesamtkonzept							
	Wasserkonzepte		Wasserlose Konzepte				
	Kanalanschluss	Sammelgrube	NASS – interne Verwertung im KG			NASS – zentrale Entsorgung	
			Heiß-kompostierung	Kalte Rotte, Wurm-kompostierung	Terra-Preta	Variante A (parzielles Bring-Holsystem)	Variante B (Holsystem)
Umweltverträglichkeit	++	++	++	++	++	++	++
Ressourceneffizienz	--	--	++	++	++	--	--
Möglichkeit behördlicher Kontrolle	++	++	--	--	--	++	++
Rechtliche Konformität	-	-	0	0	0	0	0
Abhängigkeit von Standortbedingungen	--	--	++	++	++	+	--
Kosten	-	--	++	-	-	-	--

5 Demonstration

Für die Umsetzung einer umweltpolitischen Maßnahme spielt in Deutschland insbesondere der rechtliche Zwang (Umsetzung von EU- bzw. Bundesrechts) eine Schlüsselrolle. Der rechtliche Handlungsbedarf ist bei der Problematik der Fäkalienentsorgung aus Kleingärten auf die Wasserrahmenrichtlinie und das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes zurückzuführen. Gleichzeitig ist anzumerken, dass bei zu hohem politischen Druck die Gefahr besteht, dass anstelle der Etablierung neuer nachhaltiger Technologien zu schnell auf alte etablierte Lösungen zurückgegriffen wird (Edler, 2006). Dauerhafter Erfolg regulativer Politik setzt gesellschaftliche Akzeptanz der Maßnahmen an sich voraus. Gerade dieser Punkt stellt eine schwache und sehr sensible Stelle bei der Problematik der Abwasser- bzw. Fäkalienentsorgung aus Kleingärten dar. Des Weiteren wird die Situation dadurch erschwert, dass sich die Problematik nicht nur im Bereich des Öffentlichen, sondern im Bereich des Privaten abspielt. Die Lösungsfindung erfordert somit einen Konsens von einer Vielzahl von Individuen. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass regulatorischer Zwang nicht ausreicht, um eine Eigendynamik unter Kleingärtnern zu erzeugen. Die Gründe dafür sind:

- Hohe zu erwartende Kosten für die Umsetzung;
- Mangel an Informationen und / oder Bewusstsein,

insbesondere bei neuartigen Entsorgungskonzepten:

- Allgemeine Ablehnung „fremdartiger“ Systeme;
- mangelnde Anwendungskompetenz; Unsicherheit der Endnutzer hinsichtlich der Sicherheit und der Qualität innovativer Technologien;
- „Lock-in-Effekte“: Alte Pfade aufzubrechen bedarf außer dem Bewusstsein auch der Bereitstellung neuer Infrastruktur. Durch Fehlen oder Mangel an spezifischen Schnittstellen (neuer Infrastruktur) wird der Technologiewechsel erschwert.

Gerade an diesen Stellen soll die Demonstration ansetzen. Die Ziele der Demonstration sollen sein:

1. Informationsgrundlage bei den Endnutzern bezüglich der Problematik allgemein (Akzeptanz der Maßnahme) und bezüglich verschiedenen Möglichkeiten der Umsetzung verbessern;
2. Bewusstseinsbildung;
3. Abbau kognitiver sowie psychologischer Hürden und Hemmnisse, insbesondere in Bezug auf neue Technologien;
4. Erhöhung der Anwendungskompetenz bezüglich neuer Technologien;
5. Unterstützung von freiwilligen Labels (vertrauensbildende Maßnahme) und Induktion der Eigendynamik (Mundpropaganda).

Von den in vorgehenden Kapiteln beschriebenen Konzepten zur Fäkalienentsorgung aus Kleingärten (unabhängig von der Bewertung, die unter anderem mit vorliegenden Standortbedingungen und persönlichen Einstellungen der Betroffenen zusammenhängt) erscheinen die wasserlosen Konzepte (NASS) besonders demonstrationsbedürftig. Allgemein spielt die niedrige Akzeptanz der Erfassungssysteme (Trockentoiletten) nach wie vor eine bedeutende Rolle. Trotz technischer Verbesserungen der Modelle seitens der Hersteller in den letzten Jahren sowie trotz der ausdrücklichen Empfehlungen des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR, 1998) die Nutzung der Trockentoiletten in Kleingärten zu priorisieren, ist der Anteil der Kleingärten mit Trockentoiletten von 1997 bis 2008 um 13% zurückgegangen, während die Ausstattung mit WC um 8% gestiegen ist (Buhtz et al., 2008).

Die Demonstration der NASS-Konzepte mit zentraler Verwertung der Fäkalien ist auf Grund vorliegender rechtlicher Hürden und „Lock-in-Effekte“ (vor Ort keine Anlagen zur zentralen Verwertung

vorhanden) derzeit nicht möglich. Die NASS-Konzepte mit interner Behandlung und Verwertung eignen sich dagegen hervorragend für die Demonstration. Weitere Gründe für die Auswahl dieser Konzepte zur Demonstration sind:

- Entsprechen am besten den Vorgaben des BKleingG;
- Entsprechen den Anforderungen der Nutzer „eigene Toilette auf der Gartenparzelle“;
- Realisierbar im Rahmen aktuell geltender Rechtsnormen;
- Im Gegensatz zu „Wasser verwendenden Konzepten“ in ihrer technischen Realisierung und Kosten unabhängig von Standortbedingungen;
- Umweltverträglich und ressourcenschonend (bei der Einhaltung empfohlener Zugabemengen zur Düngung).

Hierbei sind als Demonstrationssysteme Schaugärten und öffentliche Demonstrationsanlagen denkbar.

Schaugärten: Realisierung des Gesamtkonzeptes (Erfassung, Behandlung, Verwertung) in einzelnen Kleingärten engagierter Freiwilliger. Diese Variante bildet am ehesten die Bedingungen praktischer Umsetzung ab. Sie bietet eine Möglichkeit zur praxisnahen Erfassung der Anfallmengen an Fäkalien im Kleingarten, Sammlung von Betriebserfahrungen und Erfassung möglicher Betriebsprobleme und Untersuchung relevanter Faktoren für die Verbesserung der Akzeptanz. Die Schaugärten eignen sich hervorragend für die Anregung einer Eigendynamik im Sinne des Erfahrungsaustausches und Bildung von Netzwerken.

Öffentliche Demonstrationsanlagen: Der Vorteil dieser Demonstrationsart ist, dass mit relativ geringen Kosten und Arbeitsaufwand eine breitere Öffentlichkeit Erfahrungen sammeln kann. Der Nachteil besteht darin, dass wie bei jeder Gruppenlösung die Zuständigkeiten für die Pflege und die Betreuung aller Anlagen (zur Erfassung und Behandlung) geregelt werden müssen. Laut Aussagen des Projektpartners Standverbandes Leipzig der Kleingärtner e.V. ist die Beauftragung der Kleingärtner mit derartigen Aufgaben mit der freizeitlichen Nutzung der Kleingärten nicht konform und daher sehr problematisch. Gleichzeitig ist der Erfolg der Demonstration ganz erheblich an den guten Zustand und die sachgemäße Betreuung der Anlagenkomponenten geknüpft. Die Erfahrungen, die bei öffentlichen Demonstrationsanlagen gesammelt werden, sind übertragbar auf die Realisierung der Gruppenlösungen, entsprechen jedoch nicht der Vorgabe der Nutzer „Toilette auf eigener Parzelle“.

Unabhängig von dem Typ der Demonstrationsanlage soll die Demonstration durch die Beratung, Aufklärung der Schaugärtner bzw. interessierten Kleingärtner (Fachberater), Interviews zur Datenerfassung tangiert werden. Durch begleitende wissenschaftliche Betreuung der Anlagen (v.a. Kontrolle der Behandlungsprozesse und der Qualität der Produkte, evtl. Bodenanalysen) kann bzw. soll der Nachweis für die Nachhaltigkeit und die hygienische Unbedenklichkeit der Konzepte unter realen Bedingungen erbracht werden.

Planung einer Demonstrationsanlage

Ausgehend von den Überlegungen wird vorgeschlagen für die Erreichung einer besonders großen Resonanz unter den Endnutzern einen integrierten Ansatz zu verfolgen im Sinne der Kombination der Schaugärten mit einer öffentlichen Demonstrationsanlage. Wie in Abbildung 22 dargestellt, kann die Erfassung mit Trockentrenntoiletten in Schaugärten und in einem zentralen Toilettenhäuschen erfolgen. Der getrennt gesammelte Urin wird von den Schaugärtnern zur Düngung der Rasenflächen und Zierpflanzen genutzt. Die Fäzes aus den Schaugärten und aus der öffentlichen Toilettenanlage werden anschließend der Behandlung auf dem Kompostplatz der KGA (bei wenigen Schaugärten ist aufgrund der geringen Anfallmengen nur Wurmkompostierung realisierbar) unterzogen. Urin aus der

öffentlichen Toilettenanlage kann für die Grünschnittkompostierung zur Verbesserung des C/N-Verhältnisses verwendet werden. Bei zu hohen zu erwartenden Urinmengen aus der öffentlichen Toilettenanlage soll der Abtransport zur Kläranlage gesichert werden. Falls die Verwertung der Fäkalkomposte nach dem Abschluss der Behandlung unerwünscht ist, soll die Annahme an der kommunalen Kompostierungsanlage im Vorfeld geregelt werden.

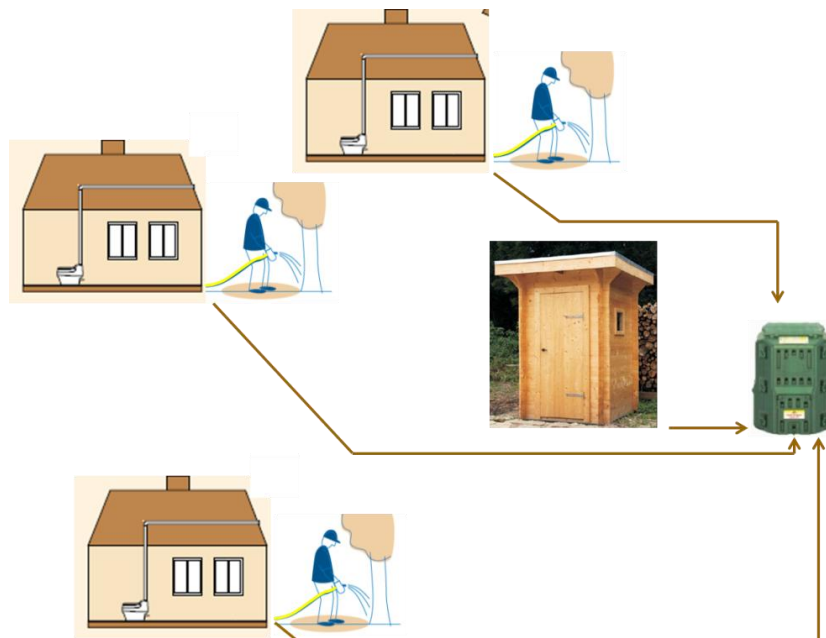


Abbildung 22: integrierter Demonstrationsansatz: Schaugärten + öffentlichen Toilettenanlage

Tabelle 16: Kostenplan für die Errichtung der Demonstrationsanlage

Errichtungskosten pro Schaugarten

Trockentretoilette		
• Villa Separet, inkl. Zubehör	803	€/Stück
• TTC, Massivholz, inkl. Zubehör (Holzapfel+ Konsorten)	450	€/Stück
Urinkanister	26-66	€/Stück
Laufende Kosten		
kompostierbare Tüten (10 St)	6,9-10,8	€/10 St.
Rindenschrot	0,34-0,5	€/L
	8,5 – 12,5	€/Parzelle*a
Kompostwürmer (ca. 1000)	21-35	€/ca.1000 St.
Energiekosten Ventilator	16,36 ⁷	€/Parzelle*a

Errichtungskosten für öffentliches Toilettenhaus

Toilettenhaus	600 - 2500	€
Trockentretoilette		
• Villa Separet, inkl. Zubehör	803	€
• Holzapfel + Konsorten, Toilettenstuhl, Massivholz inkl. Zubehör	450	€
Handwaschbecken	90-120	€

⁷ Energiepreis 0,227 €/kWh

Behandlung: Wurmkompostierung auf dem Kompostplatz der KGA

Komposter Neudorff Handy 230 L	70-100	€/St.
Zubehör: Mäusegitter	15	€/St.

Untersuchungsprogramm

Ein wesentlicher Bestandteil der Demonstration ist ein begleitendes wissenschaftliches Untersuchungsprogramm, welches zum Ziel hat, die auf Grundlage der Literaturrecherche und eigenen Berechnungen postulierte These der guten Umweltverträglichkeit und der Ressourceneffizienz des Konzeptes „NASS-interne Verwertung“ zu demonstrieren.

Tabelle 17: Untersuchungsprogramm im Rahmen der Schaugarten-Demonstration, Entwurf

Untersuchungen der Fäzes	<p>während der Behandlung:</p> <p>Temperaturverlauf (Heißkompostierung)</p> <p>Wassergehalt: Heißkompostierung - nach jeder Umschichtung, Wurmkompostierung – in regelmäßigen Abständen</p> <p>Nach einer 1-jährigen Behandlung (Heißkompostierung, Wurmkompostierung):</p> <p>Bestimmung des Rotegrades und Nährstoffgehalte (N, P),</p> <p>Hygienische Parameter (z.B. Salmonellen, Fäkalcoliforme, Rotavirus, Helmininteneier)</p>
Untersuchungen des Urins	Nährstoffgehalte (N, P) vor und nach der Lagerung
Kontrolle der Verwertung	Bodenanalysen vor und nach der Ausbringung des Kompostes bzw. des Urins, in regelmäßigen Abständen während der Vegetationsperiode, nach der Vegetationsperiode, nach der Winterpause.
	Analyse des Sickerwassers (falls möglich) auf N.

Bei der Planung einer Demonstrationsanlage ist zu berücksichtigen, dass ein Stadtverband der Kleingärtner über keine rechtlichen Beziehungen zu einzelnen Kleingärtnern verfügt. Im Fall einer Demonstrationsanlage bestehend aus einzelnen Schaugärten, sollen Kooperationsverträge mit den Freiwilligen abgeschlossen werden. Im Fall einer zentralen Demonstrationsanlage in einem Kleingartenverein muss ein entsprechender Vertrag mit dem betreffenden KGV abgeschlossen werden. Die Kooperationsverträge sollen die Rechte und Pflichten beteiligten Seiten festhalten und sicherstellen, dass die Demonstration in einem bestimmten von beiden Seiten akzeptiertem Umfang und unter festgelegten Konditionen durchgeführt wird.

Der Projektpartner Standverband Leipzig der Kleingärtner e.V. favorisiert vor allem aus finanziellen Gründen (Anschaffungspreis) eine rein gemeinschaftliche Demonstrationsanlage, welche einem größeren Personenkreis zugänglich ist. Der Vorsitzende des KGV „Seilbahn“ e. V., Herr Lars Fach erklärte seine Bereitschaft, für das Demonstrationssystem einen Schaugarten zur Verfügung zu stellen. Durch entsprechendes Informationsmaterial und Beratung vor Ort soll eine Akzeptanzsteigerung für unterschiedliche Systeme bewirkt werden (Förderung durch Mundpropaganda). Die Möglichkeit zur gemeinschaftlichen Behandlung der Fäzes wie z.B. Heißkompostierung (Kompostierungsplatz des KGV) ist im besagten Kleingartenverein „Seilbahn“ e.V. vorhanden. Die Finanzierung des Demonstrationssystems spielt für Standverband Leipzig der Kleingärtner e.V. die Hauptrolle. Die Möglichkeiten des Sponsorings Dritter sollen überprüft werden.

6 Fazit

Die Ziele des Forschungsvorhabens waren

- technisch mögliche Konzepte zur Fäkalienentsorgung aus Kleingartenanlagen zu beschreiben,
- diese Konzepte mit besonderem Augenmerk auf ihre Realisierbarkeit und Umweltverträglichkeit unter besonderen Bedingungen des Kleingartenwesens zu vergleichen und
- für als besonders geeignete Entsorgungskonzepte Demonstrationsbedarf zu ermitteln sowie Vorschläge zur Demonstration zu erarbeiten.

Bei der Auswahl und der Bewertung der Entsorgungskonzepte sollten die Anforderungen der Kleingärtner als Nutzer mitberücksichtigt werden. Auf Vorschlag des Stadtverbandes der Kleingärten Leipzig e.V. (Projektpartner) sollte ein besonders aktiver Kleingartenverein („Seilbahn“, Stadt Leipzig) im Projekt mitwirken und die Meinung der Kleingärtner vertreten. Im Rahmen eines Workshops wurden die Anforderungen der Kleingärtner an ein Entsorgungskonzept erfasst und priorisiert. Als besonders wichtig wurden folgende Kriterien identifiziert: Wunsch nach einer Toilette auf eigener Parzelle (24%), Geruchsfreiheit (20%) und einfache bzw. akzeptable Handhabbarkeit (22%).

Des Weiteren wurde ein Gespräch mit den Vertretern der Stadtverwaltung Leipzig (Verkehrs- und Tiefbauamt, Sachgebiete Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung sowie Abfall) geführt, um ebenfalls die Anforderungen an ein Entsorgungskonzept in Kleingärten seitens der Behörde aufzunehmen. Dabei konnten wichtige Hemmnisse zur Umsetzung eines Entsorgungskonzeptes in Kleingärten aufgedeckt werden. Aus der Sicht der Behörde hängt die Nachhaltigkeit jedes Konzeptes von der Gewährleistung der Kontrolle der Behandlung sowie der Verwertung der Produkte ab. Insbesondere bei dezentralen Konzepten ist erwartungsgemäß die Kontrollierbarkeit der nachhaltigen Umsetzung eines Konzeptes aus mehreren Gründen schwierig:

- Es gibt keine gesetzlichen Vorgaben für Kleingärten, die die Modalitäten der Kontrolle (Zuständigkeit, Art der Kontrolle, Grenzwerte, Häufigkeit, etc.) regeln.
- Die Gewährleistung einer Kontrolle würde einen enormen administrativen und organisatorischen behördlichen Aufwand (Zuständigkeit im heutigen Recht nicht geklärt) und für beide Seiten (Kleingärtner sowie Behörde) zusätzliche finanzielle Belastungen bedeuten.

Auf Grundlage der Literatursauswertung und unter Berücksichtigung der Studien, die bis jetzt zu der Problematik der Abwasserentsorgung in Kleingärten angefertigt wurden (v.a. Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006; Meister et al., 2004) wurde eine Vorauswahl der Konzepte zur Fäkalienentsorgung aus Kleingartenanlagen getroffen (Kapitel 4.2). Im Weiteren wurden folgende Konzepte betrachtet und ausgewertet:

1. Innere Erschließung mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation
2. Sammlung der Fäkalien in abflusslosen Sammelgruben auf den Kleingartenparzellen mit anschließender Abfuhr zur Kläranlage
3. Getrennte Sammlung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten mit anschließender Behandlung und Verwertung auf Einzelparzellen. Als Untervarianten:
 - Kompostierung auf Einzelparzellen (Kaltrotte, Wurmkompostierung)
 - Semizentrale Kompostierung im Kleingartenverein (Heißkompostierung)
 - Terra-Preta-Herstellung auf Einzelparzellen
4. Getrennte Sammlung von Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten mit anschließender Behandlung auf der Kläranlage bzw. in der zentralen Kompostierung.

In Betracht der hohen Wichtung der Nutzervorgabe „Toilette auf eigene Parzelle“ wurden die Gruppenlösungen als Varianten der genannten Konzepte in vorliegender Studie nicht berücksichtigt. Die

technischen Beschreibungen inkl. Kostenbetrachtung und ausführlicher Auswertung der Konzepte nach einzelnen Komponenten (Erfassung, Transport/Lagerung, Behandlung, Entsorgung/Verwertung) sind in den Kapiteln 4.3 und 4.4 enthalten. Hier werden wichtigsten Schlussfolgerungen zusammengefasst.

Die technische Realisierbarkeit der Konzepte „Kanalanschluss“, „Sammelgruben“ und „NASS – zentrale Entsorgung“ ist stark an Standortbedingungen geknüpft. Für einen Kanalanschluss muss ein öffentlicher Kanal mit vorhandener Kapazität für die Aufnahme des zusätzlichen Abwassers vorhanden sein. Für die innere Erschließung der Kleingartenanlage ist geeignete Geländetopographie vorteilhaft. Die beiden anderen Konzepte setzen die Gewährleistung einer Zufahrt für Entsorgungsfahrzeuge voraus. Bei dem Konzept „Sammelgruben“ sind außerdem die Grundwasserstände als Standortbedingung von besonderer Relevanz. Die wasserlosen Konzepte (Fäkalienfassung mit einer Trockentrenntoilette) mit interner Behandlung / Verwertung in Kleingärten sind unabhängig von Standortbedingungen realisierbar.

Ein allgemein gültiger Kostenvergleich der Konzepte ist aus verschiedenen Gründen (vorliegende Standortbedingungen für ein Konzept, lokale Nachfrage bzw. Angebot für Materialien und Leistungen, Größe der jeweiligen Kleingartenanlage) nicht möglich. Wichtig ist bei der Durchführung einer Kostenvergleichsrechnung, dass nicht nur die Anfangskosten für die Errichtung der notwendigen Anlagen, sondern sämtliche Kosten über den gesamten Nutzungszeitraum des Konzeptes (laufende oder Betriebskosten sowie Reinvestitionen) berücksichtigt werden. Ein derartiger Vergleich der Gesamtkosten ausgewählter Entsorgungskonzepte wurde mittels Projektbarwert -Verfahren nach LAWA für einen Muster-KGV durchgeführt (Anlage 2). Wie es aus dem Berechnungsbeispiel hervorgeht, kann das Konzept „Kanalanschluss“ bei besonders günstigen Randbedingungen (v.a. günstige Geländetopographie, flache Verlegung der Rohrleitungen) durchaus finanziell tragbar sein. Das Konzept „Sammelgruben“ erfordert bei sachgemäßer Errichtung und Betrieb aller Anlagen (Sammelgrube mit DiBT-Zulassung, Einbau nach Angaben der Hersteller, regelmäßige Durchführung der Dichtheitsprüfung) den höchsten finanziellen Aufwand. Bei den Konzepten mit interner Verwertung weist die gemeinschaftliche Behandlung der Fäkalien unabhängig vom Behandlungsverfahren (Kompostierungsverfahren oder Terra Preta) ein bedeutendes Einsparpotential gegenüber der individuellen Behandlung auf Einzelparzellen auf.

Der Vergleich der Gesamtkosten ist jedoch für Auswahl der Konzepte nicht ausreichend, sondern liefert nur die ersten Anhaltspunkte. Des Weiteren soll für die Umsetzung eines jeden Entsorgungskonzeptes ein Finanzierungsplan aufgestellt werden. Dabei spielen die zeitliche Fälligkeit einzelner Kosten sowie deren absolute Höhe zum Zeitpunkt der Zahlung eine Hauptrolle. Beim Konzept „Kanalanschluss“, welches die längste Nutzungsdauer aufweist, wird das Kapital langfristig gebunden. Die Investitionen für die Errichtung erforderlicher Anlagen (innere Erschließung und Kanalanschluss) stellen einmalige aber wesentliche Kostengröße des Konzeptes dar. Da die Möglichkeit der Finanzierung über einen Kredit und Umlegung der Kosten auf jährliche Beiträge angesichts der Unsicherheit der Refinanzierung seitens des KGVs (freiwillige Mitgliedschaft, rückgängige Mitgliederanzahl bei vielen Vereinen, Rentneralter der meisten Mitglieder) als unwahrscheinlich erscheint, müssen diese Kosten durch die Mitglieder des jeweiligen KGV zum Zeitpunkt der Errichtung beglichen werden. Die Berücksichtigung des Restwertes bei der Übergabe einer Parzelle an einen neuen Besitzer kann anhand jährlicher Abschreibungen erfolgen. Das große Risiko entsteht bei steigendem Leerstand von Parzellen in einer Kleingartenanlage. Für diesbezügliche Veränderungen ist das Konzept unflexibel.

Beim Konzept „Sammelgruben“ ist die Realisierung auch auf individueller Ebene möglich. Die Umsetzung des Konzeptes im Rahmen eines gesamten Kleingartenvereins bietet Vorteile wie Rabatte beim

Einkauf einer größeren Anzahl von Anlagen bzw. besondere Konditionen bei Vergabe der Leistungen mit größerem Umfang (z.B. Erdarbeiten, Entsorgung des Bodenmaterials). Ähnlich wie beim Kanalanschluss gestaltet sich die Berücksichtigung des Restwertes der Entsorgungsinfrastruktur bei der Parzellenübergabe schwierig. Im Hinblick auf wachsende Leerstände in Kleingartenanlagen ist das Konzept ebenfalls nicht flexibel.

Bei wasserlosen Konzepten mit interner Behandlung / Verwertung ist die Umsetzung auf individueller Ebene möglich. Bei den Investitionskosten haben die Kosten für die Trockentrenntoilette den größten Anteil. Dementsprechend lassen sich an dieser Stelle durch entsprechende Auswahl der Modelle oder Selbstbau die Kosten stark reduzieren. Auch individuelle Unterschiede in persönlichen Komfortansprüchen und finanziellen Möglichkeiten können auf diese Art und Weise Berücksichtigung finden. Für das Finanzierungskonzept ist es wichtig, dass hier Reinvestitionskosten zwar häufiger anfallen, aber niedriger sind. Über jährliche Beiträge könnten nötige Rücklagen gebildet werden, aus denen die Reinvestitionen gedeckt werden. Aufgrund kürzerer Reinvestitionsperioden ist das Konzept flexibler bei Zunahme von Leerständen. Die Höhe des Restwertes bei der Rückgabe der Parzelle an den Verein ist erwartungsgemäß niedriger als bei Wasserkonzepten.

Die Prüfung der Umweltverträglichkeit umfasst in der vorliegenden Studie insbesondere die sachgemäße Elimination bzw. sachgemäße stoffliche Verwertung der Nährstoffe aus menschlichen Fäkalien sowie die ausreichende Reduktion des gesundheitlichen Risikos.

Die Behandlung der Fäkalien in den Konzepten „Kanalanschluss“, „Sammelgruben“ und „NASS – zentrale Entsorgung“ erfolgt in einer zentralen Kläranlage. Demnach entsprechen diese Konzepte bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit dem heutigen Stand der Technik bei der Abwasserbehandlung. Die Umweltverträglichkeit des Konzeptes „NASS – interne Verwertung“ und dessen Varianten ist an die Einhaltung der Empfehlungen zur sachgemäßen Behandlung sowie zur sachgemäßen Verwertung geknüpft. Die umweltverträgliche Umsetzung des Konzeptes „NASS – interne Verwertung“ kann behördlich nur schwer kontrolliert werden, was aus behördlicher Sicht den wesentlichen Nachteil dieses Konzeptes darstellt.

Ein weiterer Nachteil wasserloser Entsorgungskonzepte ist nach wie vor die niedrige Akzeptanz durch die Endnutzer. Diese betrifft zum einen die Trockentoilette als Sammelsystem, zum anderen spielt bei vielen Nutzern der nicht zu vermeidende Kontakt mit den Exkrementen bei der Behälterentleerung, der Behandlung und der Ausbringung eine negative Rolle. Der letztere Nachteil soll beim Konzept „NASS – zentrale Entsorgung“ Variante B (mit getrennter Erfassung in Gruben) überwunden werden.

Das Konzept „NASS – zentrale Verwertung“ hat das Ziel eine maximal mögliche stoffliche Verwertung der Nährstoffe aus den Fäkalien zu erreichen (Ressourceneffizienz). Momentan ist die Realisierung dieses Konzeptes aus mehreren Gründen nicht möglich:

- rechtliche Zuständigkeit für die Entsorgung der wasserlos erfassten Fäkalien ist nicht geregelt;
- technische Reife des Konzeptes noch nicht erreicht;
- technische Infrastruktur (zentrale Großanlagen) noch nicht vorhanden;
- Verwertung der Produkte aus menschlichen Ausscheidungen rechtlich zur Zeit nur für wenige Stoffe erlaubt.

Gleichzeitig bietet dieses Konzept die erheblichen Vorteile Ressourceneffizienz, kontrollierbare Nachhaltigkeit der Behandlung und abgesicherte Qualität der Produkte.

Die zentrale Behandlung impliziert die Erstellung eines zentralen Konzeptes zur Nutzung diverser biogener Reststoffe. Es obliegt der Kommune zu beurteilen, welchen Nutzen sie daraus ziehen kann. Angesichts aktueller Ziele der Umweltpolitik (Unterstützung erneuerbarer Energien) und der Forschungspolitik (hohe Priorität der Forschungsvorhaben für Ressourceneffizienz, Wertstoffrückgewinnung und geschlossener Kreisläufe) scheinen die Entwicklung entsprechender Technologien und ihre großtechnische Umsetzung in der nächsten Zukunft erreichbar. Aus dieser Sicht kann durch Aufbau eines zu hohen gesetzlichen Zwangs (z.B. Umsetzung nachhaltiger und WHG-konformer Entsorgungskonzepte in Kleingartenanlagen bis 2013) eine ungünstige Tendenz in Gang gesetzt werden, wobei die etablierten Konzepte angesichts der ungenügender Kompetenz der Entscheidungsträger einen Vorrang bekommen, obgleich sie aus wissenschaftlicher Sicht bereits als überholt gelten.

Daher wird empfohlen an mehreren Standorten (bundesweit) Demonstrationsanlagen in Kleingartenanlagen zu errichten, anhand derer heute noch nicht übliche, aber aussichtsreiche Konzepte vorgestellt und weiter untersucht werden. Der größte Bedarf hierfür wird für die Konzepte

- Trockentrenntoilette mit semizentraler Behandlung in Kleingartenanlagen und
- Trockentrenntoilette mit Einbindung in ein größeres Biomasse-Verwertungskonzept

gesehen.

7 Literaturverzeichnis

Gesetzliche Regelungen

2006/7/EG: EU-BadegewRL. Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG.

BioAbfV, 2010: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden, vom 21. September 1998 (BGBl. I 1998 S. 2955), letzte Fassung 2010.

BKleingG: Bundeskleingartengesetz. Vom 28. Februar 1983 (BGBl. I S. 210), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 19.09.2006 (BGBl. I S. 2146).

DüngG, 2009: Düngegesetz. Vom 9. Januar 2009 (BGBl. I Nr. 4 vom 23.01.2009 S. 54).

DüMV, 2009: Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln, vom 16. Dezember 2008 (BGBl. I Nr. 60 vom 19.12.2008 S. 2524), letzte Novellierung 14.12.2009.

DüV, 2007: Düngeverordnung. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. Vom 27. Februar 2007 (BGBl. Nr. 7 vom 05.03.2007 S. 221).

KrW/AbfG, 2010: Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen, vom 27. September 1994, letzte Novellierung 2010.

SachsWG: SächsWG - Sächsisches Wassergesetz. Vom 18. Oktober 2004 (GVBl. 2004 S. 482), letzte Novellierung 2012.

Sächsische Kleinkläranlagenverordnung: Verordnung des Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft zu den Anforderungen an Kleinkläranlagen und abflusslose Gruben, über deren Eigenkontrolle und Wartung sowie deren Überwachung. Letzte Novellierung 2007 (SächsGVBl. S. 102, 108).

US-EPA: Environmental Regulations and Technology: Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, 2003. <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r92013/625R92013.pdf>

WHG, 2009: Wasserhaushaltsgesetz. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes. Vom 31. Juli 2009 (BGBl. I Nr. 51 vom 06.08.2009 S. 2585). Gültig ab 1.03.2010.

WHO, 2006: WHO Guidelines for the safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume IV: Excreta and Greywater Use in Agriculture. World Health Organisation, 2006.

Technische Normen

DIN 1986-100: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Teil 100: Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056. Beuth Verlag GmbH, Berlin, März 2002.

DIN EN 12056: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 12056 Teil 1 bis 5: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Januar 2001.

DIN EN 752: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 1 bis 5. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1996-1997.

DIN EN 1610: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 1610: Technische Regeln für die Bauausführung (Verlegung und Prüfung) von Abwasserleitungen und –kanälen. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Oktober 1997.

DIN EN 476: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und –leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme. Beuth Verlag GmbH, Berlin, August 1997.

DIN 4261-1: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 4261-1: Kleinkläranlagen, Teil 1: Anlagen zur Abwasservorbehandlung. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Dezember 2002.

DIN EN 12566-1: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 12566 Teil 1: Kleinkläranlagen für bis zu 50 EW: Werkmäßig hergestellte Faulgruben. Änderung A1 Deutsche Fassung EN 12566 Teil 1, Januar 2002.

DIN 19650: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 19650: Bewässerung – hygienische Belange von Bewässerungswasser, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1999.

DIN 4124: Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Oktober 2002.

Literaturquellen

Barjenbruch, Wrigge-Bechtold, 2006: Barjenbruch, M., Wrigge-Bechtold, A.: Umgang mit Abwasser aus Kleingartenanlagen - Möglichkeiten der Abwasserentsorgung. Studie im Auftrag des Umweltministeriums des Landes Mecklenburg-Vorpommern und Landesverbands der Gartenfreunde Mecklenburg Vorpommern e.V., Universität Rostock, 2006.

Bidlingmaier, 2008: Bidlingmaier, W.: Der Prozess der Kompostierung. In: Komposttoiletten Sanitärtechnik ohne Wasser. Hrsg.: Berger, W., Lorenz-Ladener, C., Ökobuch, Staufen bei Freiburg, 2008.

Böhm, 2002: Böhm, A.: Abwasserrohrleitungen und -rohrnetze (Betrieb, Erneuerung, Instandhaltung). Vulkan Verlag GmbH, Essen, 2002.

Bossele & Schlütter, 2005: Bosseler, B., Schlüter, M. (2005). *Kanalreinigung (Düsen, Drücke, Hochdruckstrahlen)*. Geselnkirchen: IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur, 2005.

Buhtz et al., 2008: Buhtz, D. M., Lindner, D. M., & Gerth, D. H.: Städtebauliche, ökologische und soziale Bedeutung des Kleingartenwesens. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 2008.

http://www.bbsr.bund.de/nn_187666/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Forschungen/2008/Heft133.html

Buzie-Fru, Ah. A.: Development of a continuous single chamber vermicomposting toilet with urine diversion for one-site application. Dissertation, TUHH, Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 76, 2010.

DLG, 2006: Grobfutterbewertung. Teil B – DLG-Schlüssel zur Bewertung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Information 2/2006. http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grobfutterbewertung_B.pdf

DWA, 2008: DWA-Themenband Neuartige Sanitärsysteme. Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfälle e.V., Hennef, 2008.

Edler, 2006: Edler, J.: Nachfrageorientierte Innovationspolitik. Politikbenchmarking. Arbeitsbericht Nr.99. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), 2006. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab099.pdf>

Edwards et al., 1984: Edwards, C.A., Burrows, I., Fletcher, K. E., Jones, B. A.: The use of earthworms for composting farm wastes. Symposium "Composting of agricultural and other wastes", Brasenose College, Oxford, 19-22 1984.

Germer, 2008: Germer, J.: Urin und Fäzes als Quelle von Pflanzennährstoffen. In: Komposttoiletten Sanitärtechnik ohne Wasser. Hrsg.: Berger, W., Lorenz-Ladener, C., Ökobuch, Staufen bei Freiburg, 2008.

Glaser, 2011: Glaser, B.: Steigerung des Pflanzenwachstums durch Anwendung des Wissens der Terra Preta. Vortrag auf der Fachtagung „Terra Preta – Chancen für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft“ in BDZ, 31.05.2011, Leipzig.

Günthert, 2001: Günthert, F. W.: Beiträge zum Bau von Abwasserleitungen - zeitaufwand, Kosten und Verlegeverfahren. Mitteilungen der Universität der Bundeswehr München Institut für Wasserwesen, Kommissionsverlag Oldenbourg Industrieverlag GmbH, 2001.

Factura et al., 2010: Factura, H.; Bettendorf, T.; Buzie, C.; Pieplow, H. Recin, J.; Otterpohl, R.: Terra Preta Sanitation: re-discovered from an ancient Amazonian civilisation – integrating sanitation, bio-waste management and agriculture. Accepted for Water Science and Technology, 2010.

Heise, 2010: Heise, B.: Abwasserbehandlung in Kleingärten – Technische Möglichkeiten. Vortrag, StAUN Neubrandenburg, Jan. 2010.

Jönsson et al., 2004: Jönsson, H., Stinzing, A. R., Vinneråa, B., Salomon, E.: Guidelines on the use of urine and faeces in crop production. EcoSanRes-Publications Series. Report 2004-2.

Kammann et al., 2010: Kammann, C., Kühnel, Y., von Bredow, Ch., Gößling, J.: C-Sequestierungspotential und Eignung von Torfersatzstoffen, hergestellt aus Produkten der Landschaftspflege und Biochar. Abschlussbericht des Projektes im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbiologie, 2010.

Krüger et al., 2011: Krüger, M., Scheinemann, H., Neuhaus, J.: Hygienisierung tierischer Fäkalien mittels Terra Preta Technologie. Vortrag auf der Fachtagung „Terra Preta – Chancen für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft“ in BDZ, 31.05.2011, Leipzig.

Landesverband der Gartenfreunde Mecklenburg und Vorpommern e.V., 2011: Aktualisierter Leitfaden der AG Abwasser des Landesverbandes Mecklenburg und Vorpommern e.V. zur Lösung der Abwasserproblematik in Mecklenburg und Vorpommern in den Kleingärten des Landesverbandes. 10.03.2011. www.gartenfreunde-mv.de

LAWA, 2004: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 2004.

LTZ, 2010: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg: Erläuterungen der anliegenden Bodenuntersuchungsergebnisse und Hinweise zur Düngung im Haus-(Klein-, Hobby-, Schreber-) garten, 2010.

Meister et al., 2004: Meister, G., Steininger, M., Voigt, S., Winkler, M.: Abwasservermeidung und –entsorgung in Kleingärten. Studie im Auftrag der Stadt Halle, Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU e.V.), Halle (Saale), 2004.

Mischke et al., 2005: Mischke, M., Achmus, M., Weidlich, I.: Rohrbettung – Wie viel Sand muss sein? Energie/Wasserpraxis, 5/2005, S. 28-30.

Müller, 2012: Müller, S.: Eruiierung der Nachhaltigkeit der Fäkalienverwertung als Dünger auf einem Kleingartenstück anhand der Stickstoffbilanzen. Masterarbeit, Bauhaus-Universität Weimar, Professur Siedlungswasserwirtschaft, Weimar, 2012, unveröffentlicht.

Naudascher, 2001: Naudascher I.: Kompostierung menschlicher Ausscheidungen durch Verwendung biologischer Trockentoiletten – mit besonderer Berücksichtigung des Kleingartenbereichs, Dissertation, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, 2001.

Otterpohl und Oldenburg, 2002: Otterpohl, R., Oldenburg, M.: Innovative Technologien zur dezentralen Abwasserbehandlung in urbanen Gebieten. KA – Abwasser, Abfall. 49 (10), 1364 – 1371, 2002.

Pieplow, 2008: Pieplow, H.: Terra Preta: Ein Model für regionales Stoffmanagement. Band 215, 2. Aachener Kongress „Dezentrale Infrastruktur Wasser, Energie, Abfall“, GFA an der TRWH Aachen, 2008.

Rechenburg, 2005: Rechenburg, A.: Hygieneuntersuchungen von Fäkalkomposten. In: Nährstofftrennung und –verwertung in der Abwassertechnik am Beispiel der Lambertmühle. Universität Bonn, Institut für Pflanzenernährung, Bonner Agrikulturchemische Reihe, Band 21, 2005.

Scheinemann, Krüger, 2010: Labor- und Felduntersuchung zur Abfall-/Klärschlammverwertung aus dezentralen Abwasserbehandlungen für die Herstellung hochwertiger Schwarzerdeböden (Terra Preta), Band 1, *Stufe 1.: Dekontamination von fäkalen Klinikabfällen*. Zwischenbericht zum DBU-Projekt Az 27937, Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, 2010.

Schmidt, 2011: Schmidt, H.P.: Verfahren zur biologischen Aufladung von Biokohle und deren großflächiger Einsatz. Vortrag auf der Fachtagung „Terra Preta – Chancen für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft“, BDZ Leipzig, 31.05.2011.

Schmidt-Rose, 2010: Schmidt-Rose, Ch.: Rechtliche Situation im Kleingarten – obergerichtliche Urteile. Referat zum Tag der offenen Tür, LVG Erfurt, 28.08.2010. http://www.thueringen.de/imperia/md/content/lvg/gbneu/datenpflege/veroeffentlichung_rechtliche_situation_im_kleingarten_endfassung.pdf

Schneider, 2005: Schneider R.J.: Pharmaka im Urin: Abbau und Versickerung vs. Pflanzenaufnahme. In: Nährstofftrennung und –verwertung in der Abwassertechnik am Beispiel der Lambertmühle. Universität Bonn, Institut für Pflanzenernährung, Bonner Agrikulturchemische Reihe, Band 21, 2005.

Schönning, Stenström, 2004: Schönning, C., Stenström, Th.A.: Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems. EcoSanRes-Publications Series. Report 2004-1.

Schönning et al., 2007: Schönning C., Westrell, Th., Stenström, Th.A., Arnbjerg-Nelsen, K., Hasling, A.B., Hoibye, L., Carlsen, A.: Microbial risk assessment of local handling and use of human faeces. IWA Publishing 2007, Journal of Water and Health, 05.01.2007, pp. 117-128.

Shalabi, M.: Vermicomposting of faecal matter as a component of source control sanitation. Doktorarbeit, TUHH, Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 55, 2006.

Simons et al., 2003: Simons, J., Goldbach, H., Schürmer, G., Thuir, H., Clemens, J.: Verwertungsmöglichkeiten separierter Nährstoffe in der Landwirtschaft. In: Projekt Lamberts-mühle: Zukunftsfähige Abwassermanagement im ländlichen Raum? Hrsg. Wuppertalverband, Burscheid, 2003.

Simons et al., 2005: Simons, J., Clemens J., Kaub, M.: Biologische Behandlung der Fäkalien. In: Nährstofftrennung und –verwertung in der Abwassertechnik am Beispiel der Lamberts-mühle. Universität Bonn, Institut für Pflanzenernährung, Bonner Agrikulturchemische Reihe, Band 21, 2005.

Simons, 2008: Simons, J.: Eignung nährstoffreicher Substrate aus zentraler & dezentraler Abwasserbehandlung als Düngemittel. Doktorarbeit. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, Fachbereich Pflanzenernährung, 2008.

Tettenborn et al., 2007: Tettenborn, F., Behrend, J., Otterpohl, R.: Ressource recovery and removal of pharmaceutical residues treatment of separate collected urine. Final report for task 7 of the demonstration project “Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater” (SCST), TUHH, Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz, 2008.

Trepte, 2005: Trepte, R.: Heranziehen von Kleingartenanlagen zu Abwasserabgaben. Argumentation Nr. 5, 2005. www.teritorialverband-kamenz.de/doku/Teil%204/AG%2005.pdf (Stand 11.04.11)

Vinneras, 2002: Vinneras, B.: Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2002.

Warnock, 2007: Warnock, D.; Lehmann, J.; Kuyper Th.W.; Rilling M.C.: Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. Plant Soil (2007), 300:9, pp. 9-20.

Weiland P., 2006: Weiland Peter: Stand der Technik bei der Trockenfermentation – Aktuelle Entwicklungen. In: Trockenfermentation – Stand der Entwicklungen und weiterer F+E-Bedarf, Gülzower Fachgespräche, Band 24, FNR, 2006.

Winker, 2009: Winker, M.: Pharmaceutical Residues in urine and potential risks related to usage as fertiliser in agriculture. Doktorarbeit, TUHH, Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 67, 2009.

Zimmermann, 2011: Zimmermann R.: Theoretische und praktische Erfahrungen mit Biokohle, Bokashi und EM. Vortrag auf dem „Internationalen Kongress für Biokohle und Humuswirtschaft unter Mitwirkung von EM“, 24.07.2010, www.osiba-vitalsystem.de/index.php/seminare/kongress (Stand 28.09.11)

Internetadressen

URL-1: www.saniresch.de

URL-2: <http://holzapfel-konsorten.de>

URL-3: Kanalcheck7, Ergebnisse der Umfrage. <http://www.kanalcheck7.de/umfrage-106.html> (04/2012)

URL-4: http://www.rewatec.de/m4_userdateien/PDF/Sammelgruben/Kataloge/SG-Prospekt-2012.pdf (05/2012)

URL-5: <http://www.ecovia.ch/wasser/komposttoiletten.html> (10/2011)

URL-6: <http://www.separett.de/default.asp?id=2279>(04/2012)

URL-7: Vertrag zwischen dem Stadtverband der Kleingärtner e.V. und der Landeshauptstadt Düsseldorf http://www.duesseldorf.de/stadtrecht/6/68/68_302_1.shtml (06/2012)

Verzeichnis der Anhänge:

Anhang A-1: Zusätzliche Erläuterungen zu technischen Beschreibungen der Fäkalient-sorgungskonzept	A-2
Anhang 1.1: Konzept „Kanalanschluss“	A-2
Anhang 1.2: Konzept „NASS – interne Verwertung“	A-4
Anhang 2: Kostenvergleichsrechnung für einen Muster-KGV	A-7
Anhang 3: Marktanalyse	A-24

Anhang 1: Zusätzliche Erläuterungen zu technischen Beschreibungen der Fäkalienentsorgungskonzepte

Anhang 1.1: Konzept „Kanalanschluss“

Dimensionierung der Einzelanschlussleitungen (Leitungen auf einzelnen Parzellen)

Der Mindestrohrdurchmesser für die Abwasserleitungen auf Einzelparzellen erfolgt nach DIN EN 12056-2.

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{DU} \quad (DU)$$

Q_{ww} Schmutzwasserabfluss [l/s]

K Abflusskennzahl

DU Anschlusswerte [l/s]

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p$$

Q_{tot} Gesamtschmutzwasserabfluss [l/s]

Q_c Dauerabfluss [l/s]

Q_p Pumpenförderstrom [l/s]

Q_{max} zulässiger Schmutzwasserabfluss [l/s]

bei dem zulässigen Schmutzwasserabfluss handelt es sich um

- den berechneten Schmutzwasserabfluss oder dem Gesamtschmutzwasserabfluss oder
- den Schmutzwasserabfluss des Entwässerungsgegenstandes mit dem größten Anschlusswert.

1. Ermittlung der Anschlusskennzahl K

Tabelle A-1: typische Abflusskennzahlen nach DIN EN 12056-2 Tabelle 3 (Deutsches Institut für Normung, 2001)

Gebäudeart	K
unregelmäßige Benutzung, z. B. in Wohnhäusern, Pensionen, Büros	0,5
regelmäßige Benutzung, z. B. in Krankenhäusern, Schulen, Restaurants, Hotels	0,7
häufige Benutzung, z. B. in öffentlichen Toiletten und/oder Duschen	1,0
spezielle Benutzung, z. B. Labor	1,2

2. Ermittlung der Anschlusswerte (DU) nach DIN EN 12056-2

Die Anschlusswerte sind für das System I (Einzelfallleitungsanlagen mit teilbefüllten Anschlussleitungen mit einem Füllgrad von 0,5) (Geberit, 1998) angegeben.

Tabelle A-2: Anschlusswerte für System I nach DIN EN 12056-2 Tabelle 2 (Deutsches Institut für Normung, 2001)

Einrichtungsgegenstand	Anschlusswert DU [l/s]
Toilette mit Wasserspülung (6l)	2,0
Handwaschbecken	0,5
Küchenspüle	0,8
Σ	3,3

3. Berechnung des Schmutzwasserabflusses (Q_{ww})

$$Q_{ww} = 0,5 \cdot \sqrt{3,3} = 0,9083 \text{ l/s}$$

4. Berechnung Gesamtschmutzwasserabflusses (Q_{tot})

Annahmen: Dauerabfluss $Q_c = 0 \text{ l/s}$; Pumpenförderstrom $Q_p = 0 \text{ l/s}$;

$$Q_{tot} = Q_{WW} = 0.9038 \text{ l/s}$$

5. Ermittlung des zulässigen Schmutzwasserabflusses (Q_{max})

Bei der Ermittlung des zulässigen Schmutzwasserabflusses werden die einzelnen Anschlusswerte mit dem Gesamtschmutzwasserabfluss verglichen. In diesem Fall ist zu erkennen, dass der Anschlusswert der Spültoilette mit $2,0 \text{ l/s}$ deutlich über dem berechneten Gesamtschmutzwasserabfluss von 0.9083 l/s liegt. Daraus ergibt sich als maßgebende Größe:

$$Q_{max} = 2,0 \text{ l/s}$$

6. Die erforderliche Mindestnennweite für die Parzellenleitungen wird entsprechend den Empfehlungen aus DIN EN 12056-2 festgelegt:

Tabelle A-3: Übersicht min. Nennweiten nach DIN EN 12056-2 Tabelle 4 für System I (Deutsches Institut für Normung, 2001)

Einrichtungsgegenstand	Abflusswert	min DN nach DIN EN 12056-2 Tabelle 4
Waschbecken	0,5 l/s	40
Toilette mit Wasserspülung (6l)	2,0 l/s	80
Küchenspüle	0,8 l/s	50
Zulässiger Gesamtabfluss	2,0 l/s	80

Unter der Annahme des Anschlusses weiterer wasserverbrauchender Einrichtungsgegenstände an die Einzelsammelleitung wird mindestens DN 100 empfohlen.

Die Tabelle A-4 enthält weitere Anwendungsgrenzen für gewähltes System I (Einzelfallleitungsanlagen mit teil gefüllten Anschlussleitungen mit einem Füllungsgrad von 0,5) (Gebert, 1998).

Tabelle A-4: Anwendungsgrenzen des System I für unbelüftete Leitung nach DIN 12056-2 Tabelle 5

Anwendungsgrenzen	
Maximale Rohrlänge	4,0 m
Maximale Anzahl von 90° Bögen (Anschlussbogen nicht eingeschlossen)	3
Maximale Absturzhöhe (mit 45° oder mehr Neigung)	1,0 m
Mindestgefälle	1 %

Anhang 1.2: Konzept „NASS – interne Verwertung“

Tabelle A-5: Ergebnisse der Marktanalyse zum Angebot an Trockentrenntoiletten

Komposttoiletten / Trenntoiletten / Sammelbehälter		Preis in €
Berger Biotechnik	TerraNova* aus GFK	5.100,00
	TerraNova* aus PE	4.600,00
	Urinus	98,00 - 190,00
	SAWI biocom	450,00 - 510,00
	SEP-Einsatz	80,00 - 150,00
Holzapfel + Konsorten	TTC Holz mit Urintank und Fäzesfaß	724,00
	TTC Separett mit Urintank und Fäzesfaß	1.034,00
	TTC Mineral mit Goldgrube® K-KK	1.800,00
Andere Systeme	SEPARETT Villa	700,00 - 740,00
	SEPARETT Villa Comfort	780,00 - 820,00
	TOA LUXUS	120,00 - 160,00
	Sani TOA (MAXI)	206,00 - 250,00
	TOA MINI	82,00 - 125,00
	TOA Standard	50,00 - 100,00
	TORP Weekend	520,00 - 580,00

* TerraNova Komposttoilette für 1 bis 3 Einwohner, komplett mit Kompostbehälter, Toilette, Abluftset etc. (ohne Transport- und Einbaukosten)

Tabelle A-6: Substrate und Zuschlagstoffe für die Fäkalienkompostierung (Quelle: Berger, 2008)

Material	C/N	Absorptions- vermögen	Geruchsbindung	Strukturbildung	Rotteförderung	Verfügbarkeit	Kosten
Biogene Reststoffe							
Essensreste	k.A.	-	-	-	+	+	+
Küchenabfälle	20-25	-	-	+	+	+	+
Kleintierstreu	k.A.	-	+	+	+	+	+
Papier/Pappe	150-1000	+	-	+	-	+	+
Rasenschnitt	15-20	-	+	+	+	+	+
Laub	40-70	+	+	+	+	+	+
Baum- u. Strauchschnitt	70-150	+	+	+	+	+	+
Schreddermaterial	100-230	+	+	+	+	+	-
Zuschlagstoffe							
Rindenmulch	100-130	+	+	+	-	+	-
Rindenschrott	50	+	+	+	-	-	-
Sägemehl / Hobelspäne	100-500	+	+	+	+	+	-
Holzhäcksel	100-500	+	+	+	+	-	-
Strohhäcksel	50-150	+	+	+	+	-	-
Gartenerde	10-15	+	+	-	+	+	+

Terra Preta-Herstellung

Die „Rezepte“ zur Terra Preta-Herstellung sind bei allen Anbietern der Terra Preta-Produkte (Christoph Fischer GmbH (EM-Hersteller), Triaterra, Palaterra®, Terra Preta®) nahezu identisch und beinhalten die Phasen Vermischung, Fermentation und Nachkompostierung bzw. Vererdung (siehe Abbildung A-1). Zur Gewährleistung anaerober Verhältnisse soll die Fermentation in geschlossenen Behältern erfolgen. Zum gleichen Zweck sollen Substrate vor der Fermentation festgepresst werden, um nach Möglichkeit die Lufteinschlüsse in dem Material zu minimieren. Die Vererdung soll im direkten Kontakt mit dem Boden (Animpfung des Materials mit Bodenmikroorganismen) geschehen, aber die Durchnässung aufgrund von Niederschlägen soll vermieden werden (Regenabdeckung!).



Abbildung A-1: Schematische Anleitung zur selbständigen Herstellung von Terra Preta aus organischen Abfällen (eigene Zusammenfassung aus <http://www.em-chiemgau.de/pdf/pdf605.pdf> und <http://www.triaterra.de/>)

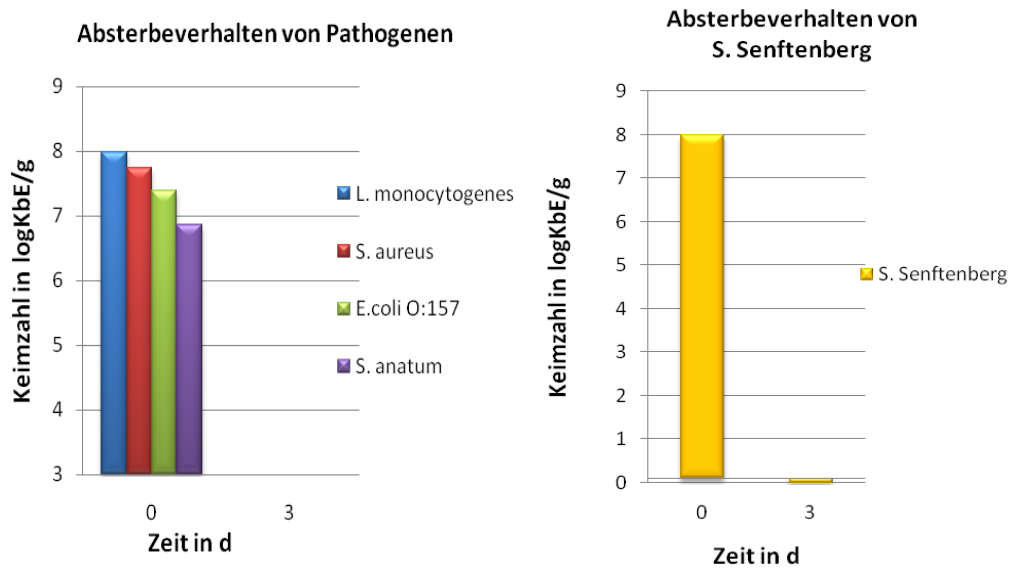


Abbildung A-2: Absterbeverhalten von bakteriellen Pathogenen im Zeitverlauf, Laborversuche zur Fermentationsphase der Terra Preta-Herstellung (Quelle: Scheinemann, Krüger, 2010)

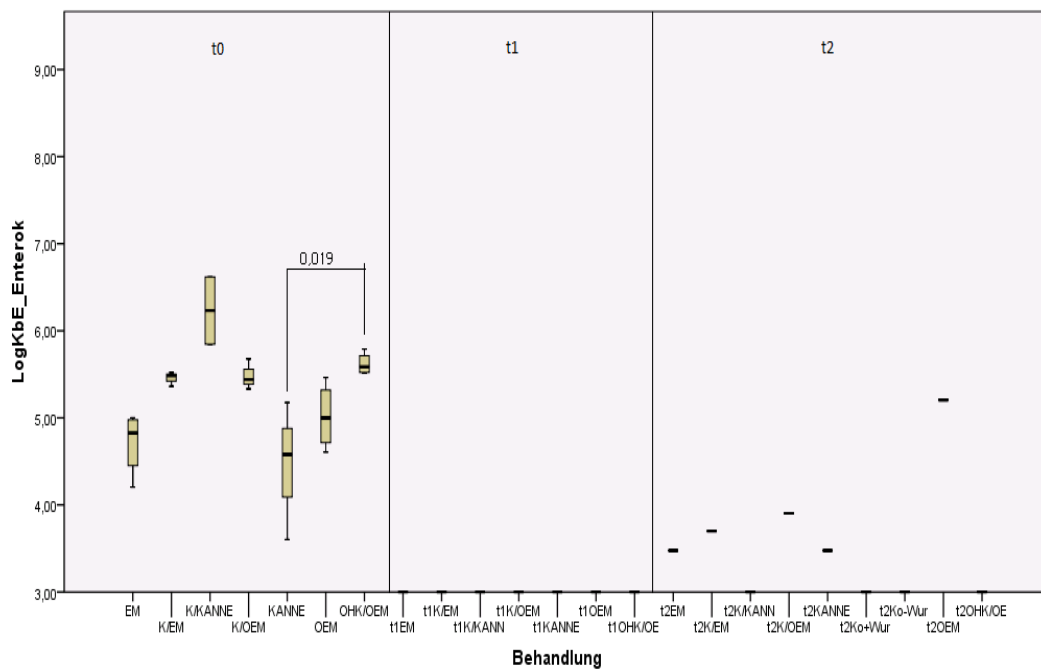


Abbildung A-3: Dynamik der Enterokokkenzahlen im Feldversuch: t1 – Versuchsbeginn; t2 – nach Abschluss der Fermentation (4 Wochen); t3 – nach der Vererdung (10 Wochen) (Quelle: Scheinemann, Krüger, 2010)

Anhang 2: Kostenvergleichsrechnung für einen Muster-KGV

Im Folgenden wird als Beispiel eine Kostenvergleichsrechnung auf der Basis der Kostenschätzungen für verschiedene Entsorgungskonzepte für die Fäkalien aus Kleingartenanlagen durchgeführt. Zur Steigerung der Genauigkeit und der Aussagekraft der Kostenvergleichsrechnung ist es essenziell die Kostenschätzungen der Varianten auf der Basis der Grundlagenermittlung für ein konkretes Objekt (hier Kleingartenanlage) zu stützen. Die genauen Angaben, wie Anzahl der Parzellen, Länge der Rohrleitungen, Ermittlung der Materialpreise, Kosten für Bauleistungen, Entsorgungskosten bei regionalen Anbietern sind unabdingbar, um zuversichtlichen Vergleich und eine Vorauswahl der Alternativen durchführen zu können.

Das vorliegende Beispiel demonstriert die Kostenvergleichsrechnung für einen Kleingartenverein in Leipzig. Die Kosten sind stets für einen ganzen Verein ermittelt. Die wichtigste Vorgabe war entsprechend der Nutzerbefragung (siehe Kapitel 3.2.2), dass jede Einzelparzelle mit einer Toilette ausgestattet wird.

Der Verein umfasst 210 Parzellen je 300m². Alle Gartenparzellen verfügen über den Stromanschluss bzw. den Trinkwasseranschluss. Die Leitungen verlaufen unter dem Hauptweg in der Mitte der Anlage. Laut Äußerungen vom Vorstandsvorsitzenden beträgt die Verlegungstiefe bei Trinkwasserleitungen 0,80m (Frostschutz). Die Trinkwasserleitungen wurden Ende 90er Jahren verlegt, wobei die Aushubarbeiten in Eigenleistung erledigt wurden, um Kosten zu sparen. Die Verlegearbeiten wurden jedoch von einer Fachfirma übernommen. Die einzelnen Parzellen verfügen gemäß gesetzlichen Vorgaben keine sanitären Einrichtungen. Die Besonderheit der Anlage bildet der gemeinschaftliche Kompostierungsplatz. Er umfasst ca. 1000m², liegt abseits der Gartenparzellen und ist umzäunt und abgeschlossen. Hier können alle Vereinsmitglieder ihre Gartenabfälle abladen. Nach Bedarf wird der Grünschnitt gehäckselt (Serviceleistung der Stadtreinigung Leipzig, 20€/h). Die Kompostierung erfolgt in offenen Mieten, wobei diese während der ganzen Kompostierung nicht umgesetzt werden. Der Fertigkompost kann von den Vereinsmitgliedern für einen niedrigen Preis (1€ pro Schubkarre Kompost) für ihre Parzellen bezogen werden.



Abbildung A-4: Luftbild des Musterkleingartenvereins (Quelle: Google Earth)

Die Kostenvergleichsrechnung wird in Anlehnung an die „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)“ (LAWA, 2004) vorgenommen. Um Kostengrößen wert-richtig gegenüberstellen zu können, werden in KVR-Leitlinien zwei Möglichkeiten benannt:

1. Berechnung und Vergleich der **Projektkostenbarwerte**: dabei werden alle über den Untersu-
chungszeitraum verteilten Kosten auf einen Bezugszeitpunkt finanzmathematisch umgerech-
net und aufsummiert.
2. Berechnung und Vergleich der **Jahreskosten des Projektes**: dabei werden alle Kosten (auch
Einzelkosten) in durchschnittliche jährliche Kosten über den gewählten Untersuchszeit-
raum umgerechnet und aufsummiert.

Die vorliegende Kostenvergleichsrechnung wird anhand Projektkostenbarwerte durchgeführt. Die Kostengrößen, welche vor dem Bezugszeitpunkt anfallen, werden akkumuliert (aufgezinst), die Kos-
tengrößen, welche nach dem festgelegten Bezugszeitpunkt anfallen (verschiedene Reinvestitionen
sowie gleichmäßige und progressive Kostenreihen, wie z.B. laufende Kosten und Energiekosten),
werden diskontiert, um ihren nominalen Wert im Bezugszeitpunkt zu ermitteln. Die vorliegende Kos-
tenvergleichsrechnung geht davon aus, dass keine Preissteigerungen sowohl bei laufenden Kosten als
auch bei den Reinvestitionen über den ganzen Untersuchungszeitraum erfolgen. Da es hier um die
Abschätzung der langfristigen Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen geht, sind die kurzfristigen Preis-
schwankungen nicht von Interesse. Die Ausnahme stellen die Energiekosten dar. Auf der Basis der
Auswertung der Energiepreise in Jahren 1991 – 2010 (BMW, 2010) wurde eine durchschnittliche
jährliche Preissteigerung von 5,4% in diesem Zeitraum ermittelt. Mit diesem Hintergrund kann für
Berechnungen die Preissteigerung für Energie mit nominal 5% (2% Preissteigerung + 3% Inflation)
angenommen werden. Die jährliche Inflation wird durch den Zinssatz von real 3% pro Jahr (KVR-
Standardwert) berücksichtigt. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse kann der Zinssatz von 2 bis maxi-
mal 5% variiert werden, bzw. Kostenvergleichsrechnung unter Annahmen der Preissteigerungen zwi-
schen 0,5 und 1,5% vorgenommen werden – Sensitivitätsanalyse. Sie ist in dieser Kostenrechnung
jedoch nicht enthalten.

Die Umrechnung der künftig anfallenden Kostengrößen z.B. in Projektbarwerte erfolgt nach allge-
meinen Formeln:

$$IKR_n BW_0 = IKR_0 \cdot DFAKE(i; n)$$

$$LKBW_0 = LK_0 \cdot DFAK(P)R(r; i; n)$$

IKR_n – Reinvestitionskosten in n Jahren

IKR_0 – Reinvestitionskosten zum Zeitpunkt 0

$LKBW_0$ – Barwert der laufenden Kosten über n Jahren mit Zinssatz von i% und ggf. Preissteige-
rungsrate von r%

Die Diskontierungsfaktoren für einmalige Kosten ($DFAKE(i; n)$) und für Kostenreihen ($DFAKR(i; n)$ –
ohne Preissteigerung; $DFAKPR(r; i; n)$ – für progressive Kostenreihen) sind den KVR-Leitlinien (LAWA,
2004, Anlage 2) zu entnehmen. Der Untersuchungszeitraum für die Entsorgungskonzepte wurde mit
50 Jahren angenommen. Die Nutzungsdauern wesentlicher Anlagen in durchgerechneten Konzepten
sind in der Tabelle A-7 angegeben.

Tabelle A-7: Übersicht angenommener Nutzungsdauer für verschiedene Anlagen in Entsorgungskonzepten

Art der Anlagen	Nutzungsdauer	Art der Anlagen	Nutzungsdauer
Spültoilette	25 a	Komposter	10 a
Trockentrenntoilette	25 a	Grundstücksentwässerungskanäle	50 a
Sammelgruben	25 a	Kanalisationsschächte	50 a

Konzept 1: getrennte Erfassung + interne Verwertung der Fäkalien auf Einzelparzelle

Die Angaben der minimalen Preise bei der Erfassung entsprechen dem Selbstbauset ohne Ventilator, die maximalen Preise entsprechen dem Sparpaket des Komfortmodells Villa Separet 9000 mit maximalem Energieverbrauch (Ventilator, 2. Stufe). Weitere Erläuterungen sind entsprechenden Kapiteln mit Kostenaufstellungen für einzelne Konzepte zu entnehmen.

Variante A: Erfassung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten auf Einzelparzellen mit anschließender Wurmkompostierung der Fäzes und der Verwertung des Fäzeskompostes sowie des Urins auf eigener Parzelle

Kostenschätzung für Einzelparzelle

Errichtungskosten	Min	Max	Mittelwert	
Toilette				
Toilette	120	803	461,5	€
Zubehör: Entlüftungsrohr, Dachabdichtung	77,5		77,5	€
Urinkanister	19,9	65,9	42,9	€
Toilettensitz, Material zum Selbstbau	30		30	€
Wurmkompostierung auf eigenen Parzelle				
Komposter Neudorff Handy 230 L	69,99	99,99	84,99	€
Zubehör: Mäusegitter	15	15	15	€
Laufende Kosten				
kompostierbare Tüten (10 St)	6,9	10,8	8,85	€/10 Stück*a
Rindenschrot	0,34	0,5	0,42	€/L
Rindenschrotverbrauch	25	0	12,5	L/a
	2,35	5,40	3,72	€/a
Kompostwürmer (ca. 1000)	21	35	28	€/1000 Stück
Energieverbrauch, Ventilator	0	0,396	0,198	kWh/24h
	0	72,07	36,04	kWh/a
Energiepreis	0,227	0,227	0,227	€/kWh
Energiekosten(0,227 C/kWh)	0,00	16,36	8,18	€/a

Kostenschätzung für den gesamten Kleingartenverein

Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	Parzellen
Besondere Konditionen				
Rabat für Toilette (Selbstbauset)	10	20	15	%
Rabat für Komposter	5		5	%

Investitionskosten Toilette	49434,00	148743,00	113961,75	€/KGV
Investitionskosten Komposter	17113,01	24147,90	20105,51	€/KGV
Laufende Kosten	7644,00	9618,00	8841,00	€/KGV*a
Energiekosten	0,00	3435,67	1717,84	€/KGV*a

Variante B: Erfassung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten auf Einzelparzellen mit anschließender Heißkompostierung der Fäzes auf dem Kompostplatz der Gartenanlage mit anschließender Verwertung des Fäzeskompostes sowie des Urins auf einzelnen Parzellen

Kostenschätzung für Einzelparzelle

Errichtungskosten	Min	Max	Mittelwert	
Toilette				
Toilette	120	803	461,5	€
Zubehör: Entlüftungsrohr, Dachabdichtung	80		80	€
Urinkanister	19	65,9	42,45	€
Toilettensitz, Material zum Selbstbau	40		40	€
heiße Kompostierung, semizentral				
KOMP 1050 (Kapazität ca. 1000 L)	188	188	188	€
anfallende Menge an Fäzes	11	36	23,5	l/Parzelle*a
Kapazität des Komposters reicht für	46	14	22	Parzellen
Preis pro Parzelle	4,09	13,43	8,76	€/Parzelle

Laufende Kosten

Energieverbrauch, Ventilator	0	0,396	0,198	kWh/24h
Energieverbrauch	0	72,07	36,04	kWh/a
Energiepreis	0,227	0,227	0,227	€/kWh
Energiekosten	0,00	16,36	8,18	€/Parzelle*a
kompostierbare Tüten (10 St)	6,9	10,7	8,8	€/a
Zuckerrohrmelasse (10 L pro 1m³)	23,1	27,9	25,5	€/10 L
	0,50	1,99	1,16	€/Parzelle*a

Kostenschätzung für Kleingartenverein

Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	Parzellen
-----------------------------	-----	-----	-----	-----------

Besondere Konditionen

Rabat für Toilette (Selbstbauset)	10	20	15	%
erforderliche Anzahl von Kompostern	5	15	10	Stück
Rabat für Komposter	5	0	2,5	%

Investitionskosten Toilette	43470,00	148743,00	108092,25	€/KGV
Investitionskosten Komposter	893,00	2820,00	1833,00	€/KGV
Laufende Kosten	1554,46	2665,50	2091,41	€/KGV*a
Energiekosten	0,00	3435,67	1717,84	€/KGV*a

Konzept 2: getrennte Erfassung mittels Trockentrenntoiletten auf Einzelparzellen mit anschließender Terra Preta-Herstellung aus Fäzes und der Verwertung des Terra Preta-Substrats sowie des Urins auf eigener Parzelle.

Kostenschätzung für Einzelparzelle

Errichtungskosten	Min	Max	Mittelwert	
Toilette				
Toilette	120	803	461,5	€
Zubehör: Entlüftungsrohr, Dachabdichtung	80	Inkl.	80	€
Urinkanister	19	65,9	42,45	€
Toilettensitz, Material zum Selbstbau	40	Inkl.	40	€
Fermentation				
Fermentationsbehälter, luftdicht mit Deckel	20	25	22,5	€/Stück
Wurmkompostierung auf eigenen Parzelle				
Komposter Neudorff Handy 230 L	70	100	85	€/Stück
Zubehör: Mäusegitter	15	15	15	€/Stück

Laufende Kosten				
geschätzte Menge an Fäzes pro KG und Jahr	11	36	23,5	kg/Parzelle*a
kompostierbare Tüten (10 St)	6,9	10,8	8,85	€/10 Stück
Zuschlagstoffe , Preis	0,34	0,5	0,42	€/L
Zuschlagstoffverbrauch	25	0	12,5	L
Terra Preta Streu, Preis	1,8	4	2,9	€/kg
Terra Preta-Streu, Verbrauch (10% vom Fäzessubstrat)	1,1	3,6	2,35	kg/Parzelle*a
Gesteinsmehl, Preis	0	1,4	0,7	€/kg
Gesteinsmehl, Verbrauch (100g/10 kg Fäzessubstrat)	0,11	0,36	0,235	kg/Parzelle*a
Kompostwürmer (ca. 1000)	21	35	28	€/1000 Stück
Energieverbrauch, Ventilator	0	0,396	0,198	kWh/24h
	0	72,07	36,04	kWh/a
Energiepreis	0,227	0,227	0,227	€/kWh
Energiekosten(0,227 C/kWh)	0,00	16,36	8,18	€/Parzelle*a

Kostenschätzung für den gesamten Kleingartenverein

Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	
-----------------------------	-----	-----	-----	--

Besondere Konditionen

Rabat für Toilette (Selbstbauset)	10	20	15	%
Rabat für Fermentationsbehälter	0	15	7,5	%
Rabat für Komposter	5	0	2,5	%

Investitionskosten Toilette	51870,00	148743,00	116492,25	€/KGV
Investitionskosten Fermentation/Kompostierung	17115,00	24150,00	20553,75	€/KGV
Laufende Kosten	8059,80	12747,84	10306,70	€/KGV*a
Energiekosten	0,00	3435,67	1717,84	€/KGV*a

Die Abbildung A-5 zeigt Schematisch den zeitlichen Anfall der Kosten für die Konzepte 1 und 2: gleichbleibende Betriebskosten, Energiekosten getrennt, mit 5%-Preissteigerung, (Re-) Investitionskosten für Erfassungs- und Behandlungsanlagen.

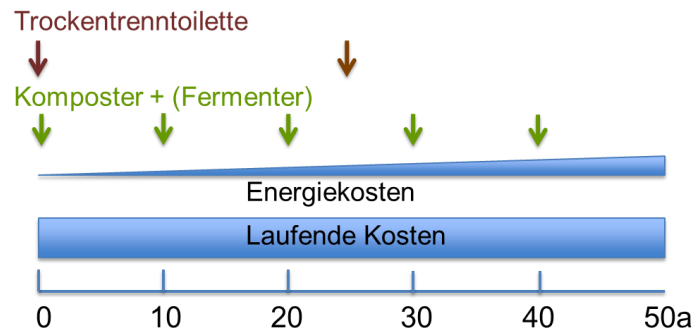


Abbildung A-5: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen bei den Entsorgungskonzepten 1 und 2

Konzept 3: Erfassung der Fäkalien mittels Wasserspültoiletten in einer Sammelgrube auf Einzelparzellen mit anschließendem Abtransport zur Kläranlage

Die wichtigste Voraussetzung für die Realisierbarkeit dieses Konzeptes ist die Sicherstellung der Zufahrt für das Transport und Versetzen der Baugruben (bei monolithischen Betongruben ist zum Abstützen der LKW-Kraneinrichtung eine Stützenbreite von ca. 5,25 m erforderlich) und zur Abfuhr des Grubeninhaltes (abhängig vom Entsorgungsfahrzeug, bei üblichen Lkw-Saugfahrzeugen mind. 3,7m).

Die Kostenschätzungen für die Errichtung der Sammelgruben sind abhängig von dem Nutzungsvolumen und Abmessungen der Sammelgrube. Im Folgenden werden für jede Variante (Betongrube, Kunststoffgrube) jeweils für zwei verschiedene Modelle die Kosten aufgestellt. Des Weiteren kann bei der Errichtung von Kunststoffgruben die Entsorgung vom anfallenden Bodenaushub eine bedeutende Kostenstelle darstellen. Bei den wiederkehrenden Ausgaben spielt die Dichtheitsprüfung eine entscheidende Rolle. Die Regelungen dazu sind noch nicht in allen Bundesländern getroffen. Üblich wird die Wiederholungshäufigkeit mit 10 Jahren festgelegt. In der vorliegenden Rechnung wird abweichend angenommen, dass für die Kleingartenanlagen eine Sonderregelung vorliegt, so dass die Dichtheitsprüfung alle 25 a wiederholt werden muss.

Variante A: Betonsammelgruben

Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	Parzellen
	HIBEWA	Aqua GRANDE	Mittelwert	
Errichtungskosten				
abflusslose Sammelgrube, Beton	1030	1295	1162,5	€/Stück
Zubehör	247	585	416	€
Transport, Abladen und Versetzen	400	0	200	€
WC Komplettsset	60	100	80	€/Stück
Rohre für Zuleitung, DN 100	18,5	46,75	32,63	€/Parzelle
Rohre, Preis	3,7	9,35	6,53	€/m
Rohrleitungslänge	5	5	5	m
Baugrube				
Volumeninhalt der Sammelgrube	3	5,6		m ³
Breite der Sammelgrube	2	2,5		m

Anhang 2: Kostenvergleichsrechnung für einen Muster-KGV

Länge der Sammelgrube	2	2,5		m
Höhe der Sammelgrube	1,8	2,2		m
Arbeitsraum (um die Sammelgrube)	0,5	0,5		m
Bettung	0,2	0,2		m
Böschungswinkel	90,0	60,0		°
Baugrubentiefe gesamt	2,0	2,4		m
Bodenaushub	18,0	60,6		m ³
Minibagger	45	65	55	€/Parzelle
Mietspreis	90	130	110	€/d
Mietsdauer für Minibagger (Aushub + Verfüllen)	0,5	0,5	0,5	d
Rüttelplatte/Stampfer	15	19	17	€/Parzelle
Mietspreis	30	38	34	€/d
Mietsdauer für die Rüttelplatte	0,5	0,5	0,5	d
Kies für Bettung, max. 16 mm	28,8	48,5	38,7	€/Parzelle
Preis	8,9	11	9,95	€/t
Volumen	1,8	2,45		m ³
	3,24	4,41		t
Entsorgungskosten für Bodenaushub	72	241,5	156,75	€/Parzelle
Bodenaushub zur Entsorgung	4,8	8,1		m ³
Entsorgungspreis pro m ³ Bodenaushub	15	30	22,5	€/m ³

laufende Kosten

Abwasserentsorgungskosten	18,79	18,79	18,79	€/Parzelle*a
Wasserverbrauch	3	3	3	m ³ /Parzelle*a
Grundgebühr (für zentralen Wasserzählers des KGV)	265,90	265,90	265,90	€/Monat
	3190,80	3190,80	3190,80	€/KGV*a
	15,19	15,19	15,19	€/Parzelle*a
Mengenpreis	1,20	1,20	1,20	€/m ³

wiederkehrende Ausgaben

Dichtheitsprüfung, Komplettpreis (alle 25 Jahre)	150	240	195	€/Parzelle
--	-----	-----	-----	------------

Besondere Konditionen

Sammelgruben Rabat auf Stückpreis	0	0	0	%
-----------------------------------	---	---	---	---

Summe Investitionskosten	402430,56	504159,60	453295,08	€/KGV
Summe laufende Kosten	3946,80	3946,80	3946,80	€/KGV
Summe wiederkehrende Ausgaben (alle 25 Jahre)	31500,00	50400,00	40950,00	€/KGV*25a

Variante B: Kunststoffsammelgruben

Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	Parzellen
	TUBUS (GRAF)	F-Line (Rewatec)	Mittelwert	
Errichtungskosten				
abflusslose Sammelgrube, Kunststoff	950	1365	1157,5	€
Zubehör	190	582	386	€
Transport, Abladen und Versetzen	0	100	50	€
WC Komplettsset	60	100	80	€/Stück
Rohre für Zuleitung, DN 100	18,5	46,75	32,63	€/Parzelle
Rohre, Preis	3,7	9,35	6,53	€/m
Rohrleitungslänge	5	5	5	m
Baugrube				
Volumeninhalt der Sammelgrube	3	3		m ³
Breite der Sammelgrube	1,37	2,4		m
Länge der Sammelgrube	2,45	2,4		m
Höhe der Sammelgrube (max Abmessung)	1,37	0,94		m
Arbeitsraum (um die Sammelgrube)	0,5	0,2		m
Bettung	0,2	0,2		m
Überdeckung gesamt	0,8	0,8		m
Böschungswinkel	60	90		°
Baugrubentiefe gesamt (inkl. Bettung + Überdeckung)	2,37	1,94		m
Bodenaushub	47,13	15,21		m ³
Minibagger	45	65	55	€/Parzelle
Mietspreis	90	130	110	€/d
Mietsdauer für Minibagger (Aushub + Verfüllen)	0,5	0,5	0,5	d
Kies (max. 16 mm), Kosten	411,66	148,61	280,13	€/Parzelle
Überdeckung mit Verfüllmaterial	0,2	0,2	0,2	m
Preis	8,9	11	9,95	€/t
Volumen	25,70	7,51		m ³
	46,25	13,51		t
Entsorgungskosten für Bodenaushub	430,44	315,17	372,81	€/Parzelle
Bodenaushub zur Entsorgung	28,70	10,51		m ³
Entsorgungspreis pro m ³ Bodenaushub	15	30	22,5	€/m ³

laufende Kosten

Abwasserentsorgungskosten	18,79	18,79	18,79	€/Parzelle*a
	Berechnung analog der Variante mit Betsammelgrube, Wasserverbrauch 3 m ³ , angenommen			

wiederkehrende Ausgaben

Dichtheitsprüfung, Komplettpreis (alle 25 Jahre)	150	240	195	€/Parzelle
--	-----	-----	-----	------------

Besondere Konditionen

Sammelgruben Rabat auf Stückpreis	0	0	0	%
-----------------------------------	---	---	---	---

Summe Investitionskosten	442176,04	571731,06	506953,55	€/KGV
Summe laufende Kosten	3946,80	3946,80	3946,80	€/KGV
Summe wiederkehrende Ausgaben (alle 25 Jahre)	31500,00	50400,00	40950,00	€/KGV*25a

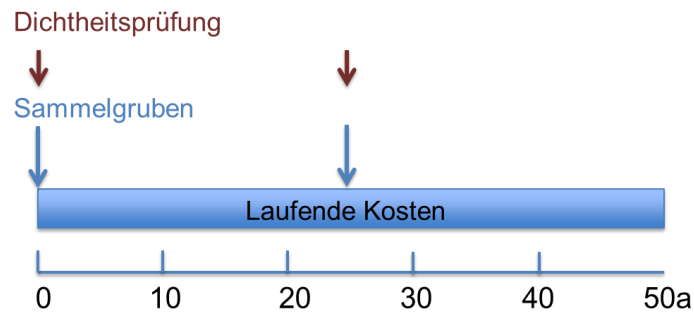


Abbildung A-6: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen des Entsorgungskonzepts 3

Konzept 4: Innere Erschließung des Kleingartenvereins mit anschließendem Kanalanschluss

Die wichtigsten Voraussetzungen für die Realisierung dieses Konzeptes sind:

- Genehmigung des Kanalanschlusses seitens kommunalen Abwasserentsorgers;
- Vorliegende Machbarkeitsstudie bezüglich der Topografie, welche bestätigt, dass das erforderliche Gefälle für die Schwerkraftentwässerung von 1/DN, d.h. 1/150 bis 1/100 bei geringen Kanaltiefen (z.B. zwischen 1,25 und 1,5m) realisiert werden kann.

Die folgende Kostenrechnung basiert auf den Annahmen: Rohrleitungstiefe auf Einzelparzellen <1,25m; Rohrleitungstiefe bei gemeinschaftlichen Rohrleitungen <1,5 m; Erdarbeiten (Aushub, Verfüllung, Entsorgung des Bauaushubs) durch Fachfirma; Verlegearbeiten auf Einzelparzellen in Eigenleistung, auf Gemeinschaftsflächen durch Fachfirma. Die überschlägige Länge der gemeinschaftlichen Rohrleitungen wurde mit Google Earth auf 2400 m geschätzt.

	Min	Max	Mittelwert	
Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	Parzellen

Errichtungskosten

auf Einzelparzellen

Rohrleitungslänge auf Parzelle	20	20	20	m
Rohre DN 100	3,7	9,35	6,525	€/m
	74	187	130,5	€/Parzelle
Bettungs- und Vefüllmaterial, Kies/Sand, 0/4 mm	0,4	0,4	0,4	m³/Lm
	8	8	8	m³/Parzelle
	14,4	14,4	14,4	t/Parzelle
Bettungs- und Verfüllmaterial, Preis	8,9	12,8	10,85	€/t
	128,16	184,32	156,24	€/Parzelle
Erdarbeiten, Erdaushub				
Überdeckung	0,8	0,8	0,8	m

Anhang 2: Kostenvergleichsrechnung für einen Muster-KGV

Grabentiefe	1,11	1,11	1,11	m
Grabenbreite (1,00 m< Grabentiefe < 1,75m)	0,8	0,8	0,8	m
Bodenaushub	0,888	0,888	0,888	m³/Lm
	17,76	17,76	17,76	m³/Parzelle
Bodenaushub + Wiederverfüllen+Entsorgung (Fachfirma)	15	30	22,5	€/m³
	266,4	532,8	399,6	€/Parzelle
Minibagger	20,11	29,04	24,57	€/Parzelle
Mietspreis	90	130	110	€/d
Erdaushubleistung	15,9	15,9	15,9	m³/h
Mietsdauer für Minibagger	2,2	2,2	2,2	h/Parzelle
Bodenaushub zur Entsorgung	0,4	0,4	0,4	m³/Lm
	8	8	8	m³/Parzelle
	14,4	14,4	14,4	t/Parzelle
Entsorgungspreis	Konnte nicht ermittelt werden			
Entsorgungskosten				
Durchlaufschacht als Revisionsschacht DN400, optional	keine	105	105	€/Stück
SUMME (Erdarbeiten durch Fachfirma)	468,56	1009,12	791,34	€/Parzelle
SUMME (Erdarbeiten in Eigenleistung)	222,27	505,36	416,31	€/Parzelle

gemeinschaftliche Rohrleitungen

Anschluss an Kanal	1000	2000	1500	€
Rohrleitungslänge im ges. KGV	2400	2400	2400	m
Grabentiefe	1,5	1,5	1,5	m
Grabenbreite (1,00 m< Grabentiefe < 1,75m)	0,8	0,8	0,8	m
Rohre DN 150	8,9	18,4	13,65	€/Lm
	21360	44160	32760	€/KGV
Abzweige, 45°, DN150/DN100	8,4	20,5	14,45	€/Stück
Anzahl der Abzweige	210	210	210	Stück
	1764	4305	3034,5	€/KGV
Schächte, Kosten	2712	4620	3666	€/KGV
Revisionsschacht, DN 400, nicht besteigbar	110	200	155	€/Stück
Anzahl der Revisionsschächte	20	20	20	Stück
Übergabeschacht DN 1000, besteigbar, mit Steighilfen	512	620	566	€/Stück
Bettungs- und Vefüllmaterial, Kies/ Sand, 0/4 mm	0,45	0,45	0,45	m³/Lm
	0,81	0,81	0,81	t/Lm
Bettungs- und Verfüllmaterial, Preis	8,9	12,8	10,85	€/t
	7,21	10,37	8,79	€/Lm
	17301,60	24883,20	21092,40	€/KGV
Bodenaushub	1,2	1,2	1,2	m³/Lm
	2880	2880	2880	m³/KGV

Bodenaushub + Wiederverfüllen+Entsorgung (Fachfirma)	15	30	22,5	€/m ³
	43200	86400	64800	€/KGV
Verlegearbeiten durch Fachfirma	7,5	25	16,25	€/Lm
	18000	60000	39000	€/KGV
Bodenaushub zur Entsorgung	0,45	0,45	0,45	m ³ /Lm
	1080	1080	1080	m ³ /KGV
	1944	1944	1944	t/KGV
SUMME (Erdarbeiten durch Fachfirma)	105337,60	226368,20	165852,90	

laufende Kosten

Abwasserentsorgungskosten	3946,8	3946,8	3946,8	€/KGV
Wasserverbrauch	630	630	630	m ³ /KGV*a
Grundgebühr (für zentralen Wasserzählers des KGV)	265,9	265,9	265,9	€/Monat
	3190,8	3190,8	3190,8	€/KGV*a
Mengenpreis	1,2	1,2	1,2	€/m ³
	756	756	756	€/KGV*a

wiederkehrende Ausgaben

Dichtheitsprüfung, alle 25 Jahre	89034,00	89034,00	89034,00	€/KGV
Komplettpreis	konnte nicht ermittelt werden			€/KGV
Meterpreis	13,49	13,49	13,49	€/Lm
	89034,00	89034,00	89034,00	€/KGV

Summe Investitionskosten (Erdarbeiten durch Fachfirma)	203735,20	438283,40	332034,30	€/KGV
	970,17	2087,06	1581,12	€/Parzelle
Summe laufende Kosten	3946,80	3946,80	3946,80	€/KGV*a
	18,79	18,79	18,79	€/Parzelle*a
Summe wiederkehrende Ausgaben (alle 25 Jahre)	89034,00	89034,00	89034,00	€/KGV*25a
	423,97	423,97	423,97	€/Parzelle*25a

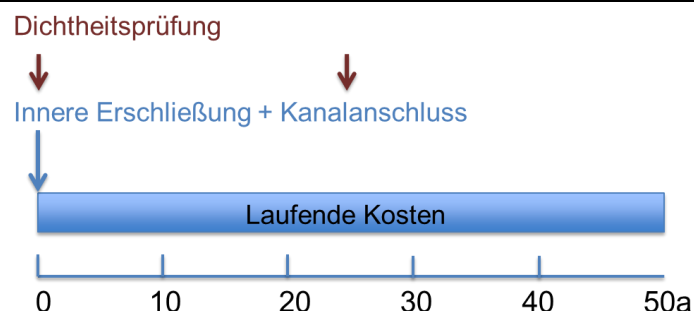


Abbildung A-7: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen des Entsorgungskonzepts 4

Konzept 5: Getrennte Erfassung der Fäkalien mittels Trockentrenntoiletten (wasserlos), semizentrale Speicherung (Urinsammelgrube + Termokomposter auf KGV-Kompostplatz) mit anschließendem Abtransport zur zentralen Behandlung

Bei folgender Kostenrechnung wird angenommen, dass die Fäkalien auf Einzelparzellen analog zum Konzept 1 getrennt gesammelt werden. Der Transport der Fäkalien zu Sammelstellen im KGV wird durch Kleingärtner übernommen. Die Fäzes werden in Thermokompostern zwischengespeichert, ihre Menge wird durch Vorkompostierung etwas reduziert. Am Ende der Saison erfolgt der Abtransport zur zentralen Kompostierungsanlage. Die Annahme des Fäzesvorkompostes muss mit dem Abfallsorger im Voraus geregelt werden. In dieser Kostenrechnung wurde angenommen, dass kleinere Mengen an Kompoststoffen bei der Selbstanlieferung kostenneutral angenommen werden. Der Urin wird in einer abflusslosen Grube (Nutzinhalt ca. 5m³) zwischengelagert. Bei Min-Angaben wurden die Kosten für eine Sammelgrube aus Beton (5,6m³), bei Max-Angaben die Kosten für eine Kunststoff-sammelgrube (5m³, befahrbar) durchgerechnet. Die Erdarbeiten erfolgen in Eigenleistung (Miete der Baumaschinen berücksichtigt). Als zentrale Entsorgung des Urins wird der Abtransport und die Behandlung auf einer kommunalen Kläranlage angenommen (zur Zeit einzige verfügbare Alternative). Die Entsorgungskosten wurden vom kommunalen Abwasserentsorger (KWL) mit Berücksichtigung der Starkverschmutzungszuschläge kalkuliert (Stand 2012).

Anzahl der Parzellen im KGV	210	210	210	Parzellen
-----------------------------	-----	-----	-----	-----------

Errichtungskosten auf Einzelparzellen

	Min	Max	Mittelwert	
Toilette	120	803	461,5	€
Zubehör: Entlüftungsrrohr, Dachabdichtung	80		80	€
Urinkanister	19	65,9	42,45	€
Toilettensitz, Material zum Selbstbau	40		40	€

gemeinschaftliche Errichtungskosten

Thermokomposter				
KOMP 1050 (Kapazität ca. 1000 L)	188	188	188	€
Kapazität des Komposters	1000	1000	1000	l
geschätzte Menge an Fäzes	11	36	23,5	kg/Parzelle*a
	2310	7560	4935	kg/KGV*a
erforderlich Anzahl an Kompostern	3	8	5	Stück
Urinsammelstelle				
Sammelgrube, Beton(Min) / Kunststoff(Max)	1295	2000	1647,5	€
Zubehör	425	730	577,5	€
Transport, Abladen und Versetzen	0	100	50	€
Rohre für Zuleitung, DN 100	7,4	18,7	13,05	€
Rohre, Preis	3,7	9,35	6,53	€/m
Rohrleitungslänge	2	2	2	m
Baugrube				
Volumeninhalt der Sammelgrube	5,6	5		m ³
Breite der Sammelgrube	2,5	2,2		m
Länge der Sammelgrube	2,5	2,96		m
Höhe der Sammelgrube	2,2	1,16		m
Arbeitsraum (um die Sammelgrube)	0,5	0,5		m
Grundfläche der Baugrube	12,3	12,672		m ²
Bettung	0,2	0,2		m
Überdeckung gesamt	inkl.	0,8		m

Anhang 2: Kostenvergleichsrechnung für einen Muster-KGV

Böschungswinkel	60	60		°
Gesamthöhe der Baugrube	2,4	2,16		m
Baugrubenvergrößerung aufgrund der Böschung	1,4	1,25		m
Baugrubenfläche GOK	38,9	36,75		m ²
Bodenaushub	60,6	53,38		m ³
Minibagger	90	130	110	€
Mietspreis	90	130	110	€/d
Mietsdauer für Minibagger (Aushub + Verfüllen)	1	1	1	d
Rüttelplatte/Stampfer	19		19	€
Mietspreis	38			€/d
Mietsdauer für die Rüttelplatte	0,5			d
Kies für Bettung und Verfüllung, max. 16 mm	39,25	541,72	290,48	€
Überdeckung mit Verfüllmaterial	entfällt	0,2		m
Preis	8,9	11	9,95	€/t
Volumen	2,45	27,36		m ³
	4,41	49,25		t
Entsorgungskosten für Bodenaushub	120,75	970,78	545,77	€
Bodenaushub zur Entsorgung	8,1	32,36		m ³
Entsorgungspreis pro m ³ Bodenaushub	15	30	22,5	€/m ³

Laufende Kosten

kompostierbare Tüten (10 St)	6,9	10,8	8,85	€/10 Stück
Zuschlagstoffe , Preis	0,34	0,5	0,42	€/L
Zuschlagstoffverbrauch	0	25	12,5	L/Parzelle*a
Zwischensumme (ohne Energie)	6,9	23,3	14,1	€/Parzelle*a
Energieverbrauch, Ventilator	0	0,396	0,198	kWh/24h
	0	72,07	36,04	kWh/a
Energiepreis	0,227	0,227	0,227	€/kWh
Energiekosten	0,00	16,36	8,18	€/Parzelle*a
Kompostwürmer, Kosten	63	280	140	€/KGV*a
Preis (ca. 1000/für 1 Komposter)	21	35	28	€/Komposter*a
Anzahl der Komposter	3	8	5	Stück/KGV
Urinentsorgungskosten	3761,14	3761,14	3761,14	€/KGV*a
Grundgebühr (nach der Größe des KGV-Wasserzählers)	261,5	261,5	261,5	€/KGV*Monat
	3138	3138	3138	€/KGV*a
Mengenpreis (für Behandlung von 1m ³ Urin)	57,73	57,73	57,73	€/m ³
geschätzte Menge an Urin	51,4	51,4	51,4	l/Parzelle*a
	10,794	10,794	10,794	m ³ /KGV*a

wiederkehrende Ausgaben

Dichtheitsprüfung, Komplettpreis (alle 25 Jahre)	150	240	195	€
--	-----	-----	-----	---

Besondere Konditionen

Rabat für Toilette (Selbstbauset)	10	20	15	%
Rabat für Komposter	5		5	%

Investitionskosten Toiletten + Sammelstelle	53441,40	152404,20	119118,05	€/KGV
Investitionskosten Komposter	535,80	1504,00	893,00	€/KGV
wiederkehrende Ausgaben	150	240	195	€/KGV
Laufende Kosten	5273,14	8934,14	6862,14	€/KGV*a
Energiekosten	0,00	3435,67	1717,84	€/KGV*a

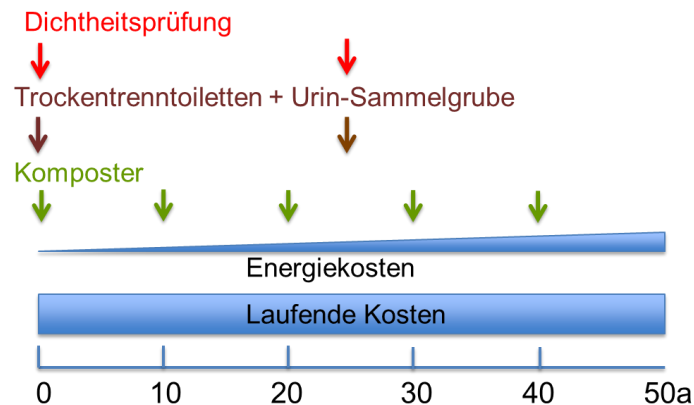


Abbildung A-8: Veranschaulichung des zeitlichen Anfalls von wesentlichen Kostengrößen des Entsorgungskonzepts 5

Eine wesentliche Voraussetzung für den kostenmäßigen Vergleich der geschilderten Entsorgungskonzepte ist die Bedingung, dass die vorgesehene Leistung von allen Alternativen über die gleiche Zeitspanne erbracht wird. In vorliegender Kostenvergleichsrechnung wird angenommen, dass die Umsetzung aller Alternativen zum gleichen Zeitpunkt gestartet wird (2012, Standpunkt der Preisermittlung), die Zeitspanne der Auswertung beträgt 50 Jahre. Alle Kostengrößen, die nach dem festgelegten Bezugszeitpunkt anfallen (verschiedene Reinvestitionen sowie gleichmäßige und progressive Kostenreihen, wie z.B. laufende Kosten und Energiekosten), wurden diskontiert, um ihren nominalen Wert im Bezugszeitpunkt (hier 2012) zu ermitteln (Diskontierungsfaktoren sind der e berechneten Projektbarwerte.

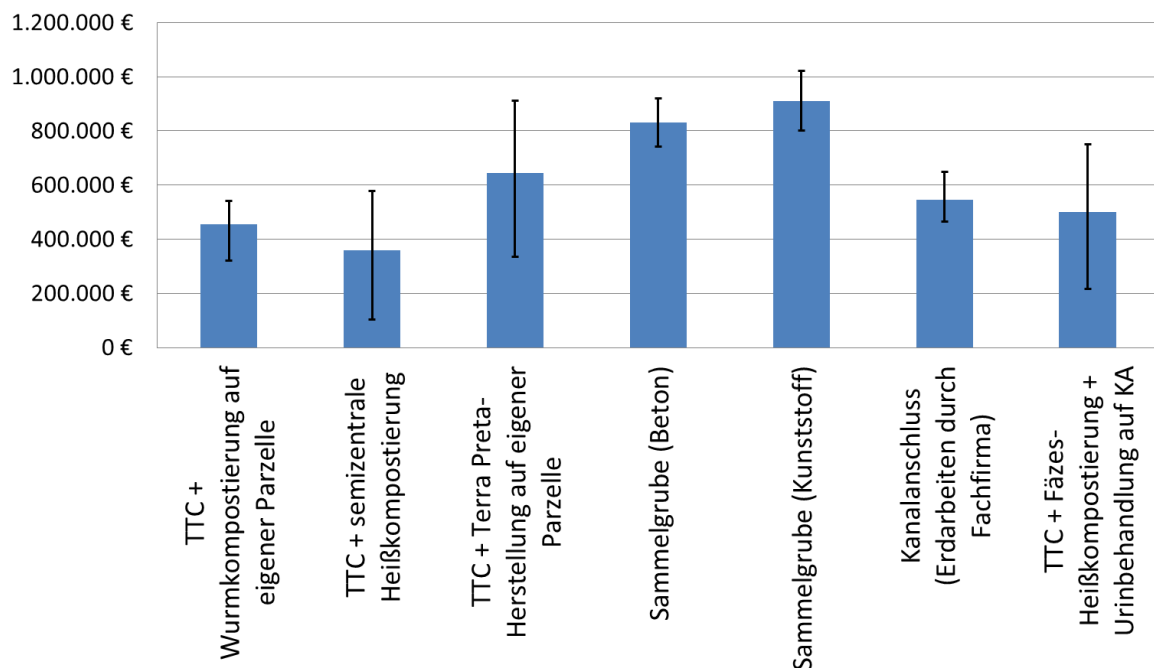
Tabelle A-8 zu entnehmen, weitere Erläuterungen im Kapitel 4.4.4). Durch die Addition aller auf den Bezugszeitpunkt umgerechneten Kostengrößen wurde für jedes Entsorgungskonzept sein Projektbarwert berechnet. Die Abbildung A-9 zeigt grafisch die berechneten Projektbarwerte.

Tabelle A-8: Diskontierungsfaktoren für finanzmathematische Aufbereitung der Kosten nach KVR-Leitlinien (2003)

Diskontierungsfaktoren für einmalige Zahlungen	DFAK (3%; 10a)	0,74409
	DFAKE(3%;20a)	0,55368
	DFAKE(3%;25a)	0,47761
	DFAKE(3%;30a)	0,41199
	DFAKE(3%;40a)	0,30656
Diskontierungsfaktor für eine gleichmäßige jährliche Zahlungsreihe	DFAKR (3%; 50a)	25,7298
Diskontierungsfaktor für eine Zahlungsreihe mit progressiver Steigerung	DFAKRP (5%; 3%; 50a)	84,829

Tabelle A-9: Projektbarwerte (Mittel-, Min- und Max-Werte) verschiedener Entsorgungskonzepte

	Barwert [€]		
	min	max	Mittelwert
TTC + Wurmkompostierung auf eigener Parzelle	321341,06	540091,15	456512,82
TTC + semizentrale Heißkompostierung	104501,93	578964,15	358957,90
TTC + Terra Preta-Herstellung auf eigener Parzelle	335644,99	912072,29	645038,32
Sammelgrube (Beton)	742730,51	920973,19	831851,85
Sammelgrube (Kunststoff)	801458,82	1020817,46	911138,14
Kanalanschluss (Erdarbeiten durch Fachfirma)	466215,81	648581,70	545807,50
TTC + Fäzes-Heißkompostierung + Urinbehandlung auf KA	216480,11	751403,35	501275,47


Abbildung A-9: Vergleich der Projektbarwerte (Mittelwert bzw. Min-Max-Spanne) verschiedener Entsorgungskonzepte für den Muster-KGV

Abschließend soll nochmals betont werden, dass ein kostenmäßiger Vergleich der Alternativen damit noch nicht abgeschlossen ist. An dieser Stelle soll eine Empfindlichkeitsanalyse folgen, um Unsicherheiten bei der Kalkulation zu reduzieren. Dabei werden die Barwerte unter geänderten Randbedingungen wie z.B. Preissteigerungen bei allen oder ausgewählten Kostengrößen oder veränderter Zinssatz berechnet und gegenübergestellt (Sensitivitätsanalyse).

Die berechneten Projektbarwerte geben einen Überblick über die gesamten Kosten der Konzepte über den ganzen Bewertungszeitraum, einschließlich nötige Reinvestitionen und laufende Kosten, umgerechnet in Nominalwerte zum Bezugszeitpunkt (im vorliegenden Beispiel 2012). Da die Kostengrößen (vor allem bei den Investitionen) bei verschiedenen Konzepten unterschiedlich hoch sind und unterschiedlich oft anfallen, ist es wichtig auch den zeitlichen Verlauf fälliger Zahlungen zu berücksichtigen. Diese Information kann unter anderem für die Überlegungen zur Möglichkeiten der Konzeptfinanzierung hilfreich sein.

Die Abbildung A-10 gibt eine Vorstellung vom Vergleich der summierten Ausgaben pro KG-Parzelle für verschiedene Entsorgungskonzepte für den KGV „Seilbahn“ (Leipzig). Die summierten Ausgaben wurden als Summe der Nominalwerte zum jeweiligen Zeitpunkt der Zahlung mit der Berücksichtigung der jährlichen Inflationsrate von 3% berechnet. Bei laufenden Kosten wurde die Preissteigerung bei Energiepreisen von nominal 5%/a (analog zur Berechnung der Projektbarwerte) angenommen.

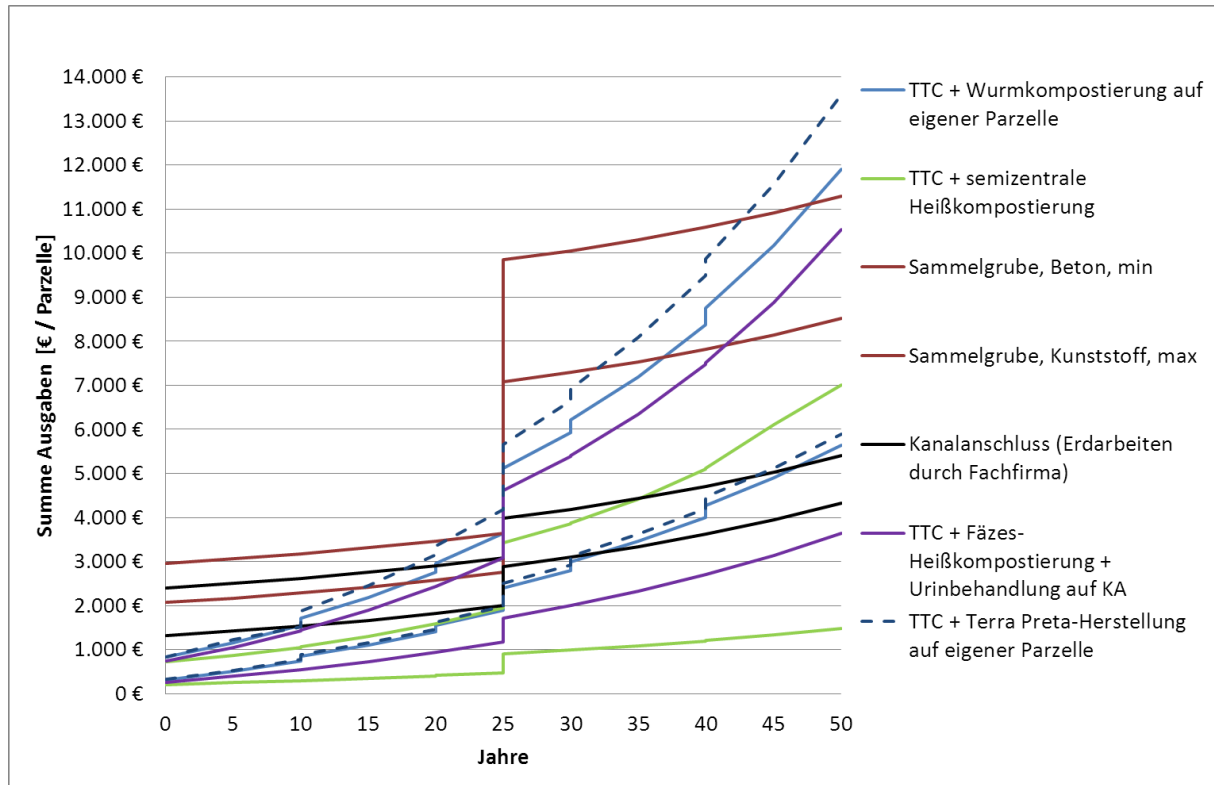


Abbildung A-10: Summe der Ausgaben pro KG-Parzelle für die Realisierung verschiedener Entsorgungskonzepte über den Bewertungszeitraum von 50 a, Beispielhafte Berechnung für KGV „Seilbahn“

Aus der Abbildung A-10 kann man Folgendes ablesen:

- Aufgrund von hohen Materialkosten (Sammelgrube mit Zubehör) unabhängig vom Werkstoff (Beton oder Kunststoff) und bei der Errichtung genau nach Vorgaben der Hersteller ist der finanzieller Aufwand für die Errichtung der Sammelgruben auf Einzelparzellen auffällig hoch.
- Bei Konzepten „Sammelgrube“ und „Kanalanschluss“ fällt hoher finanzieller Aufwand einmalig (beim Kanalanschluss einmal in 50 Jahren, bei Sammelgruben einmal in 25 Jahren) an. Die Möglichkeit der Finanzierung über einen Kredit und Umlegung der Kosten auf jährliche Beiträge erscheint angesichts der Unsicherheit der Refinanzierung seitens des KGVs (freiwillige Mitgliedschaft, rückgängige Mitgliederanzahl bei vielen Vereinen, Rentneralter der meisten Mitglieder) als unwahrscheinlich. Daher sollen die Kosten durch die aktuell angemeldeten Vereinsmitglieder getragen werden. Die Zustimmung aller Mitglieder des jeweiligen KLV ist für die Umsetzung dieses Konzeptes obligatorisch.
- Die wasserlosen Konzepte sind dagegen günstiger bezüglich Finanzierungsoptionen, da die Reinvestitionskosten zwar öfters anfallen, aber niedriger sind. Über jährliche Beiträge können somit nötige Rücklagen gebildet werden, aus denen die Reinvestitionen gedeckt werden. Unter Investitionskosten haben die Kosten für die Trockentrenntoilette das größte Gewicht, dementsprechend lassen sich an dieser Stelle durch Auswahl entsprechender Modelle oder Selbstbau die Kosten stark reduzieren.

- Bei den Konzepten mit interner Verwertung weist die gemeinschaftliche Behandlung der Fäkalien unabhängig vom Behandlungsverfahren (Kompostierungsverfahren oder Terra Preta) ein bedeutendes Einsparpotential gegenüber der individuellen Behandlung auf Einzelparzellen auf.
- Unter den laufenden Kosten bilden die Energiekosten (bei Anwendung des elektrischen Ventilators zur aktiven Entlüftung) einen unbestimmten Anteil, der in Abhängigkeit von der künftigen Entwicklung der Energiepreise (in der Beispielrechnung jährliche Preissteigerung von 5% angenommen) die Konzeptkosten positiv oder negativ beeinflussen kann.

Anhang 3: Marktanalyse



Insgesamt gibt es in Deutschland ca. 1 Mio. Kleingärten, die von rund 5 Mio. Gartenfreunden genutzt werden (Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V. - BDG). In ca. 67 % der Kleingärten gibt es eine sanitäre Ausstattung (WC oder TC). Die Situation in den Kleingärten ist dabei sehr unterschiedlich. Von den insgesamt 67 % sind ca. 33 % der Gärten mit Wassertoiletten ausgestattet und ca. 34 % mit Trocken- oder Komposttoiletten inkl. der Chemietoiletten. Einige wenige Kleingärten besitzen eine Abwassersammelgrube (Buhtz et al., 2008).

Trocken- oder Komposttoiletten:

Wer eine Trockentoilette nutzt, lebt gesundheitsbewusster und spart Kosten, da Wasser und Chemikalien nur minimal benötigt werden. Im Sinne der Umwelt handelt er umweltbewusster und nachhaltiger.

Bei einer Komposttoilette werden die Fäkalien in einem Behälter gesammelt, welcher mit Rindenmulch oder anderem Streumaterial gefüllt ist. Durch eine fachgerechte Kompostierung des gesamten Inhalts der Toilette kann dieser Dünger im Garten wieder eingesetzt werden (in Abhängigkeit der länderspezifischen Gesetzgebung).

Die Aufstellung und der Betrieb sind relativ einfach. In Abhängigkeit vom Modell gibt es mehrere Einzelteile, die zusammengesteckt werden müssen. Mögliche Entlüftungsrohre oder Urinableitungen werden verklebt oder mit Silikon abgedichtet. Für die Kompostierung der Feststoffe in der Parzelle benötigt man mindestens einen Thermokomposter. Ein Thermokomposter kostet zwischen 70 und 170 Euro.

Man unterscheidet folgende Systeme (Berger Biotechnik, URL-11):

- **Eimertoiletten** (Mobilitoiletten) sammeln Fäkalien / Urin ohne Zusatzstoffe oder Trennung der Fest-/Flüssigbestandteile in einem Eimer. Durch Zugabe von Erde, Sägespäne oder Rindenschrot bindet man einen Teil der Gerüche und der Flüssigkeit. Der Inhalt muss täglich auf den Kompost geleert werden. Eimertoiletten kosten zwischen 50 und 100 Euro.
- **Rindenschrottoiletten** bestehen aus einem speziellen Behälter, der durch einen Siebboden in eine obere Feststoffkammer (Fäkalien, Papierreste) und eine untere Feinstoffkammer (Urin) unterteilt ist. Beide Kammern sind mit Rindenmulch gefüllt, um Gerüche zu binden. Die Toilette wird zusätzlich über ein Abluftrohr, das über das Dach nach oben geführt wird, belüftet. Rindenschrottoiletten kosten zwischen 340 und 400 Euro.
- **Trenntoiletten** sammeln Fäkalien und Urin in separaten Behältern. Dabei wird der Urin durch ein in der Toilette integriertes Urinal abgeleitet und in einem Sammelkanister gespeichert. Durch die Abtrennung des Urins werden Faulprozesse verhindert und es kann weitgehend auf Einstreu verzichtet werden. Für eine geruchsfreie Toilette kann bei Bedarf ein Ventilator zugeschaltet werden. Eine Trenntoilette kostet ca. 700 Euro.
- **Trockenurinal** dient zur Sammlung von Urin mittels eines Sammelbehälters. Ein einfaches Trockenurinal mit Schlauch kostet ca. 50 Euro.

Würde man die verbleibenden 33% (330.000) Kleingärten, die ohne sanitäre Versorgungseinrichtung sind mit Komposttoiletten ausstatten, ergäbe sich ein Marktpotenzial von min. 25 Mio. € (für die einfachste Lösung mit einer Eimertoilette) bis max. 230 Mio. € (für eine Trenntoilette).

Berechnung: Eimertoiletten (MW 75 €) 24.750.000 €, Rindenschrottoiletten (MW 370 €) 122.100.000 €, Trenntoiletten 231.000.000

Einzuhaltende gesetzliche Verpflichtungen:

Bundesweit ist der Umgang mit Wasser und Abwasser durch das Wasserhaushaltsgesetz geregelt. Kleingärten unterliegen zusätzlich dem Bundeskleingartengesetz (BKleingG), welches seit 1983 in Kraft ist. Das Wasserhaushaltsgesetz schreibt vor, dass in seinem ursprünglichen Zustand verändertes bzw. verschmutztes Wasser einer ordnungsgemäßen Abwasserreinigung zugeführt werden muss. Als Abwasserreinigungseinrichtungen gelten das Sammeln in zugelassenen wasserdichten Gruben mit Abfuhr in eine Kläranlage, das Einleiten in biologische Kleinkläranlagen mit Überlauf und das Einleiten in die öffentliche Kanalisation mit Anschluss an eine Kläranlage (Quelle: Dipl.-Ing. Wolfgang Berger: Toiletten im Kleingarten – entsorgen oder verwerten?)

Sofern Abwasser im Garten anfällt, unterliegt dieses (soweit eine Gewässereinleitung wasserrechtlich nicht erlaubt ist) der Abwasserbeseitigungspflicht durch die Gemeinden oder Verbände (länderspezifischen Regelungen). Die Erlaubnis für die Einleitung von Abwasser aus Kleinkläranlagen ist grundsätzlich nur zu erteilen, wenn Sie die allgemein anerkannten Regeln der Technik erfüllen. (Heise, 2010)

Genauere Angaben bzw. Handlungsempfehlungen mit dem Umgang von Abwasser aus Kleingärten findet man in der aktuellen Gesetzgebung jedoch nicht. Eine Novellierung des BKleingG ist ebenso nicht absehbar. In einigen Bundesländern (Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt) haben sich Vertreter von Kleingartenverbänden und Behörden zusammengesetzt um Lösungen zu dieser Problematik zu finden. In Hamburger Kleingartenvereinen wurden in den letzten Jahren Abkippstationen für Chemietoiletten neu errichtet. Diese Stationen sollen eine Verbesserung der Entsorgung der Inhalte von Chemietoiletten ermöglichen. Der Landesbund der Gartenfreunde Hamburg hat dazu ein Förderprogramm entwickelt, an dem sich jeder Verein in Hamburg beteiligen kann.

Da die Entsorgung der chemikalienhaltigen Abwässer aus Kleingärten mit großem Aufwand und hohen Kosten verbunden sind, werden immer häufiger Komposttoiletten als Alternative eingebaut. Die Anschaffungskosten sind vergleichbar mit den Kosten einer Chemietoilette, der Transport und die Umsetzung der Restprodukte erfordert nur kurze Wege. Von großem Vorteil ist die Rückführung der gewonnenen Komposterde auf Flächen, die nicht für Gemüse und Obst genutzt werden (Blumen, Büsche, Zierpflanzen).

In Deutschland gibt es einen Hersteller (Berger Biotechnik) von Komposttoiletten. Die Firma Holzapfel + Konsorten bietet ein Trockentrennsystem (TTC) mit Sammelbehälter für Urin und Fäzes an. Die Fest- und Feinstoffe werden extern durch ein Entsorgungsunternehmen abgeholt. Bei diesem Modell fällt kein Kompost an.

Alle u.a. Vertriebspartner aus Deutschland verkaufen Modelle aus Skandinavien. Die Liste der Wiederverkäufer ist nicht vollständig.

Hersteller von Komposttoiletten / Trenntoiletten / Sammelbehälter:

- **Berger Biotechnik GmbH** mit den Produkten:
 - TerraNova (Komposttoilette)
 - Urinus (Trockenurinal)
 - SAWI biocom (Streutoiletten)
 - SEP (Urintrenneinsatz für Trockentoiletten)
- **Holzapfel und Konsorten GmbH & Co. KG** mit den Produkten:

- Trockentrenntoilette (TTC) mit Goldgrube ® K-KK (Sammelbehälter)
- Trockentrenntoilette (TTC) aus Holz mit Urintank und Fäzesfaß
- Trockentrenntoilette (TTC) Modell SEPARETT mit Urintank und Fäzesfaß

Wiederverkäufer / Händler von Komposttoiletten in Deutschland (Quelle: Berger Biotechnik)

Liste nicht vollständig!

- Firma Armin Müller (Humustoilette LOCUS in verschiedenen Bauvarianten)
www.locus-toilette.de
- Naturbauhof Elisabeth Seyfferth (Komposttoiletten als Selbstbausatz, SaniToa, Separett, Biolan, Goldgrube, Aquatron)
www.naturbauhof.de
- VivaVerde Naturwaren GmbH (MiniLoo, SAWI biocom, Biolet)
www.humustoiletten.de
- Wasserkontor Sachse (u.a. TORP Trenntoilette, Separett, SAWI biocom)
www.wasserkontor.de
- Öko-Energie (alle bekannten Systeme)
www.oeko-energie.de

Die in der Tabelle A-10 angegebenen Preise beziehen sich auf die Modelle inkl. Mehrwertsteuer, ohne Transport - und Einbaukosten (außer das Modell TerraNova). Der Mindestpreis beinhaltet nur die Kosten für das System ohne Zubehör wie Abluftset, Ventilator, Kompostbeutel, Geruchsverschluss, Sichtschutz, Sammelbehälter etc. Der Maximalpreis ist ein sogenannter Paketpreis, d.h. Toilette inkl. notwendigen Zubehörs.

Tabelle A-10: Trenntoilettensysteme im Überblick

Komposttoiletten / Trenntoiletten / Sammelbehälter		Preis in € (min. - max.)
Berger Biotechnik	TerraNova* aus GFK	5.100,00
	TerraNova* aus PE	4.600,00
	Urinus	98,00 - 190,00
	SAWI biocom	450,00 - 510,00
	SEP-Einsatz	80,00 - 150,00
Holzapfel + Konsorten	TTC Holz mit Urintank und Fäzesfaß	724,00
	TTC Separett mit Urintank und Fäzesfaß	1.034,00
	TTC Mineral mit Goldgrube ® K-KK	1.800,00
Andere Systeme	SEPARETT Villa	700,00 - 740,00
	SEPARETT Villa Comfort	780,00 - 820,00
	TOA LUXUS	120,00 - 160,00
	Sani TOA (MAXI)	206,00 - 250,00
	TOA MINI	82,00 - 125,00
	TOA Standard	50,00 - 100,00
	TORP Weekend	520,00 - 580,00

* TerraNova Komposttoilette für 1 bis 3 Einwohner, komplett mit Kompostbehälter, Toilette, Abluftset etc. (ohne Transport- und Einbaukosten)

Das meist verkaufte System der Firma Berger Biotechnik für Kleingärten ist das Modell SAWI biocom. Seit 1985 wurden mehr als 20.000 Stück verkauft. Da es bis jetzt keine gesetzlichen Vorgaben zum Bau einer Komposttoilette in Kleingärten gibt, kann der Markt sehr schwer eingeschätzt werden und unterliegt starken Schwankungen.

Varianten und Investkosten für verschiedene Abwasserentsorgungskonzepte in Kleingärten (Barjenbruch, Wriege-Bechtold; 2006)

Je nach Lage der Kleingartenvereine ergibt sich bezüglich der Sanitärausstattung ein stark differenziertes Bild. Man kann aber davon ausgehen, wenn ein Wasseranschluß vorhanden ist, dass auch Abwasser anfällt. Grundsätzlich muss dann das Abwasser auch ordnungsgemäß gereinigt und entsorgt werden.

Folgende Varianten der Abwasserentsorgung in Kleingärten können unterschieden werden:

Niedriger Sanitärstandard (kein Trinkwasseranschluss etc.)

- Komposttoilette pro Parzelle
- zentrale Toilette / Sammelkomposttoilette z.B. am Vereinsheim (Entsorgung über abflusslose Sammelruben oder Anschluss ans öffentliche Netz)

Mittlerer bis hoher Sanitärstandard (Ausstattung mit Spültoilette, Spüle, (Dusche))

- Anschluss an eine öffentliche Abwasserbehandlungsanlage
- Anschluss an zentrale Kleinkläranlage im Verein (Gruppenlösung)
- Kleinkläranlage pro Parzelle oder Kleinkläranlage für mehrere Parzellen
- abflusslose Sammelgrube auf jeder Parzelle mit Abfuhr
- zentrale abflusslose Sammelgrube mit Abfuhr

Kosten

Die in der Tabelle A-11 aufgeführten Kosten geben einen Überblick über die verschiedenen Abwasserentsorgungsmöglichkeiten in Kleingärten.

Ist kein Trinkwasseranschluss im Garten vorhanden fällt kein Abwasser durch Toilettenspülung an. Hier bietet sich der Bau einer Komposttoilette an. Die Preise in der Tabelle beziehen sich nur auf die Toilettenslösungen (bei Bedarf inkl. Be- und Entlüftung). Bei Komposttoiletten muss zusätzlich noch genügend Platz für einen Thermokomposter vorhanden sein. Eine weitere Möglichkeit ist eine sogenannte Gemeinschaftskomposttoilette innerhalb der Gartenanlage bzw. der Zusammenschluss mehrerer Parzellen zu einer „Toilettengemeinschaft“. Die Kosten für eine Gemeinschaftstoilette sind abhängig von den bereits vorhandenen örtlichen Gegebenheiten, den Eigenleistungen sowie der Einbaugröße (EW) und kann pauschal nicht beziffert werden.

In Gärten mit mittlerem bis hohem Sanitärstandard fällt Abwasser durch Toilettenspülung und Grauwasser durch Spüle und Dusche an. Das Abwasser unterliegt bestimmten gesetzlichen Bestimmungen und muss nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik durch z.B. eine vollbiologische Kleinkläranlage gereinigt werden. Da Kleingärten aber nur saisonal bewohnt sind, die Abwassermenge sehr gering ausfällt, der Platzbedarf und die Wartungskosten für eine Anlage dafür aber sehr hoch sind, wird von einer technischen Einzellösung (Kleinkläranlage pro Parzelle) abgeraten. Eine Alternative dazu ist eine zentrale Kleinkläranlage für mehrere Parzellen oder für den gesamten Kleingartenverein. Voraussetzung ist jedoch genügend Platz für die Anlage auf dem Vereinsgelände, eine innere Erschließung der Kleingärten sowie die Zuwegung für das Schlammentsorgungsunternehmen und die

Wartungsfirma. Weiterhin muss die Einleitung des gereinigten Abwassers bzw. eine Versickerung vor Ort gewährleistet sein. Günstig ist die Aufteilung der Investitions- und Betriebskosten auf alle angeschlossenen Parzellen.

Da eine ordnungsgemäße Reinigung bei einer Kleinkläranlage durch den saisonalen Betrieb nicht sichergestellt werden kann, ist eine abflusslose Sammelgrube eine Alternative. Hier muss jedoch auf eine regelmäßige Abfuhr geachtet werden. Auf dem Markt gibt es unterschiedliche Einbaugrößen. Wenn man davon ausgeht, dass in einem Zeitraum von 4 bis 5 Monaten das Abwasser (auch Grauwasser) von zwei Personen (durchschnittlicher Abwasseranfall von ca. 50 l pro Person) in der Sammelgrube gespeichert werden soll, sollte die Grube eine Größe von mindestens 2 m³ haben. Die genaue Größe der Grube sollte bei der Planung an die Menge des tatsächlichen Abwasseranfalls gekoppelt werden. Eine Abfuhr sollte nicht mehr als 1 bis 2 mal im Jahr stattfinden. Eine zentrale Sammelgrube besteht meistens aus zwei oder mehreren nacheinander geschalteten Behältern. Die Einbaugröße richtet sich nach den angeschlossenen Parzellen. In der Tabelle sind als Richtwert die Kosten für eine 6 m³ Grube mit angegeben.

Bei einem Anschluss an eine öffentliche Abwasserbehandlungsanlage müssen bestimmte topographische Voraussetzungen vorhanden sein. Neben den technischen Randbedingungen spielen auch ökonomische Kriterien (Kosten für die innere Erschließung) eine große Rolle.

Tabelle A-11: Kosten für verschiedene Abwasserentsorgungsmöglichkeiten in Kleingärten im Überblick

Varianten der Abwasserentsorgung	Modelle (Komplettpreise)	Preis in €
Komposttoilette pro Parzelle	TOA Standard (einfachste Lösung)	100,-
	SAWI biocom (meistverkaufte Modell der Firma Berger Biotechnik)	510,-
Kleinkläranlage pro Parzelle* ¹	Naturnahes System (PKA) für 4 EW	6.400 – 6.700,-
	Technisches System für 4 EW	3.100 – 5.300,-
Kleinkläranlage f. mehrere Parzellen* ¹	Naturnahes System (PKA) für 20 EW	13.000 – 15.600,-
	Technisches System für 20 EW	5.900 -16.800,-
Abflusslose Sammelgrube p. Parzelle	Sammelgrube (PE) 2 m ³	798 – 998,-
Abflusslose zentrale Sammelgrube* ²	Sammelgrube (PE) 6 m ³	1.790 - 2.155,-
Anschluss an öffentliche Abwasserbehandlungsanlage* ³	Kosten pro Parzelle / bei idealen Bedingungen	ab 3.500,-

*¹ Die Kosten beinhalten Behälter mit Technik und Fracht max. 100 km ab Werk (Neubau), ohne Anschlusskosten, ohne Zu- und Ablaufleitungen, mit Einbau in vorgefertigte Baugrube, Montage und Inbetriebnahme. Dazu kommen noch die Betriebskosten wie Strom, Wartung und Schlamm Entsorgung.

*² Es sind nur die Kosten für einen 6 m³ Kunststoffbehälter angegeben, ohne Zubehör wie Absaugvorrichtung, Füllstandsanzeiger, Be- und Entlüftungsrohre und ohne Tiefbauarbeiten.

*³ Ideale Bedingungen sind günstige topographische Verhältnisse (freies Gefälle) und Übergabeschacht in erreichbarer Nähe.

Fortbildungsbedarf

Das BDZ bietet sich ideal als Schulungsstandort an. Auf dem Gelände könnten die Techniken und Betriebsweisen von Trocken- und Komposttoiletten anschaulich vermittelt und anhand von Modellanlagen demonstriert werden. Zur Vermittlung von Grundlagenwissen für Verbände, Behörden und Verbandsvorsitzende von Kleingärten ist ein Tagesseminar konzipiert worden. Die Teilnehmer erhal-

ten einen Überblick über die rechtlichen und technischen Grundlagen von neuartigen Sanitärsystemen. Ziel ist es, die Vorurteile gegenüber NASS-Produkte zu verringern und deren Vorteile aufzuzeigen.

Für Firmen und Ingenieurbüros, die zukünftig in diesem Bereich arbeiten möchten, ist ein mehrtägiger Lehrgang vorgesehen. Neben theoretischen und praxisorientierten Schulungsthemen werden die einzelnen technischen Lösungen vorgestellt und demonstriert.

Zielgruppe: Planungs- und Ingenieurbüros, Mitarbeiter von Verbänden und Behörden,
Verbandsvorsitzende von Kleingärten, Entsorgungsunternehmen, Fachfirmen

Dauer: Tagesseminar (105 €⁸)
Mehrtägiger Lehrgang (3d, 375 €⁸)

Abschluss Teilnahmebescheinigung

Inhalte:

Tagesseminar (8 h) „Rechtliche und technische Grundlagen von neuartigen Sanitärsystemen“

- Was sind Neuartige Sanitärsysteme?
- Rechtliche Grundlagen (WHG, KrW-/AbfG, BKleingG ...)
- Vorstellung der verschiedenen Modelle
- Aufbau und Funktionsweise
- Einsatzmöglichkeiten und Beispiele

Lehrgang (3d)

- 1 Tag:**
- Grundlagen der Abwasserreinigung (3h)
Zusammensetzung des Abwassers, Vergleich WC / TC,
Vergleich Mengen und Inhaltsstoffe (Urin und Fäzes)
 - Rechtliche und technische Grundlagen (3h)
Gesetze und Vorschriften, Bemessungsgrundlagen
 - Überblick über alle marktgängigen Modelle (2h)
- 2 Tag:**
- Aufbau und Funktionsweise (4h)
 - Sammlung und Kompostierung (2h)
 - Wartung und Instandhaltung (1h)
 - Investitions- und Betriebskosten (1h)
- 3 Tag:**
- Praxistag (Besichtigung verschiedener Anlagen) (8h)

Ausblick

„NASS entsprechen in Deutschland derzeit noch nicht der etablierten konventionellen Technik; Anwendungen finden sich nur vereinzelt, meist in Pilotprojekten oft mit wissenschaftlicher Begleitung. NASS entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Lehre, bisweilen dem Stand der Technik. Daher

⁸ inkl. Schulungsunterlagen, Verpflegung und Teilnahmebescheinigung

ist es wichtig, weitere Erfahrungen zu sammeln und Systemkomponenten anzupassen und neue zu entwickeln.“ (Quelle: DWA Themenband „NASS“)

Langfristige Erfahrungen mit NASS (Betriebserfahrung, Wartung, Instandhaltung) unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Nutzeranforderungen fehlen noch.

Durch Pilotprojekte kann die Akzeptanz von Komposttoiletten in Kleingärten erhöht werden. Die Nutzer bekommen die Möglichkeit, neuartige Sanitärsysteme auszuprobieren. Sie lernen sparsamer mit der Ressource Wasser umzugehen und wichtige Stoffe aus dem Abwasser wiederzuverwenden.

Wichtige zukünftige Themen / Anforderungen an Komposttoiletten:

- Verfahrensoptimierung / Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Komposttoiletten,
- Bessere Vermarktung (Demonstration),
- Innovative Ideen für die Sammlung / den Transport der Feststoffe .