

SCHRIFTENREIHE

des Bauhaus-Instituts für
zukunftsweisende
Infrastruktursysteme (b.is)

34

Herausgeber

Bauhaus-Universität Weimar

Fakultät Bauingenieurwesen

Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)

Coudraystraße 7, D-99423 Weimar

RHOMBOS-VERLAG • BERLIN

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über <http://dnb.d-nb.de>

© 2016 RHOMBOS-VERLAG, Berlin
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Impressum

Schriftenreihe des Bauhaus-Instituts für zukunftsweisende
Infrastruktursysteme an der Bauhaus-Universität Weimar (b.is)
16. Jahrgang 2016

Herausgeber der Schriftenreihe

Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen,
Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infratstruktursysteme (b.is)
Coudraystraße 7, D-99423 Weimar

Verlag

RHOMBOS-VERLAG
Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik
Kurfürstenstr. 15/16, 10785 Berlin
Internet: www.rhombos.de
eMail: verlag@rhombos.de
VK-Nr. 13597

Druck

PRINT GROUP Sp. z o.o.
Printed in Poland

Papier: Munken Print White ist alterungsbeständig, mit dem EU Ecolabel ausgezeichnet und FSC™ sowie PEFC zertifiziert.

ISBN 978-3-944101-60-6

ISSN 1862-1406

**Bauhaus-Institut für
zukunftsweisende Infrastruktursysteme
(b.is)**



Das Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is) verfolgt das Ziel, die Kooperation der derzeit beteiligten Professuren Siedlungswasserwirtschaft, Biotechnologie in der Ressourcenwirtschaft und Urban Energy Systems zu intensivieren sowie die Honorarprofessur Urbanes Infrastrukturmanagement, um Lehr-, Forschungs- und Beratungsaufgaben auszubauen. So werden beispielsweise die Weiterentwicklung von Studiengängen, gemeinsame Doktorandenkolloquien oder gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaufgaben durchgeführt.

Das b.is will sich deutlich sichtbar im Bereich der Infrastrukturforschung aufstellen. Die Forschung und Lehre in diesem Bereich orientiert sich am medienübergreifenden Modell der nachhaltigen Gestaltung von Stoff- und Energieflüssen sowie ressourcenökonomisch ausgerichteten Systemen, die verbindendes Konzept der Kernprofessuren des Instituts sind. Die Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen ist mit dem b.is assoziiert.

**Bauhaus-Institute for
Infrastructure Solutions
(b.is)**



The Bauhaus-Institute for Infrastructure Solutions (b.is) aims to strengthen the cooperation of the university's research teams in Urban Water Management and Sanitation, Biotechnology in Resources Management and Urban Energy Systems in the areas of teaching, research and consultancy work. This encompasses the further development of degree programmes, joint doctorate colloquia and joint research and development activities.

Currently the chair of urban water management and sanitation, the chair of biotechnology in resources management and the chair of urban energy systems as well as the honorary professorship for urban infrastructure management are members of the institute. The chair of construction economics is associated with the institute.

The b.is will increase its visibility in infrastructure research. Education and research are geared to the comprehensive model of sustainable material and energy flows and resource economy oriented systems, which are the linkage of the institute's chairs.

**Implementierungsanalyse der technischen Konzepte zur
nachhaltigen Fäkalienentsorgung
im kleingärtnerischen Bereich:
Entwicklung und Anwendung der Methode**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
an der Fakultät Bauingenieurwesen
der Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Julia Alexeeva-Steiniger
aus Volgograd (Russland)

Gutachter:

1. Univ. Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong (BUW)
2. Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch (TU Berlin)
3. Prof. Dr. Ulrike Weiland (UFZ Leipzig)

Tag der Disputation: 12.12.2015

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Bei der Auswahl und Auswertung folgenden Materials haben mir die nachstehend aufgeführten Personen in der jeweils beschriebenen Weise unentgeltlich geholfen:

1. Simone Müller hat im Rahmen ihrer von mir betreuten Masterarbeit „Eruierung der Nachhaltigkeit der Fäkalienverwertung als Dünger auf einem Kleingartenstück anhand der Stickstoffbilanzen“ die Luftbilder ausgewählter Kleingartenanlagen in Leipzig in Bezug auf ihren Nutzungscharakter ausgewertet und die Berechnung der spezifischen Zugabemengen der Substrate Urin und Fäzeskompost für kleingärtnerische Kulturen durchgeführt.
2. Katrin Kästner hat im Rahmen ihrer von mir betreuten Masterarbeit „Regulierungsmechanismen bei der Umsetzung der Maßnahmen zur Abwasserentsorgung aus Kleingärten: Theorie und Praxis“ die Befragung der ausgewählten Kommunen in Bezug auf die Praxis der behördlichen Kontrolle der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben in Kleingartenanlagen durchgeführt und ausgewertet.

Weitere Personen waren an der inhaltlich-materiellen Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt.

Insbesondere habe ich hierfür nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit gesagt und nichts verschwiegen habe.

Leipzig, den 20.01.2015

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	V
Verzeichnis der verwendeten Rechtsvorschriften	VII
Verzeichnis der Abkürzungen	IX
1 Einleitung und Herangehensweise.....	1
2 Technische Konzepte	6
2.1 Betrachtungsgrenzen: Vorauswahl der Konzepte	6
2.2 Konzept „Kanalanschluss“	8
2.3 Konzept „Abflusslose Sammelgruben“	13
2.4 Konzept „NASS – interne Verwertung“	15
2.4.1 Erfassung	15
2.4.2 Behandlung.....	17
2.4.3 Verwertung.....	24
2.5 Konzept „NASS – zentrale Entsorgung“	34
2.6 Technologischer Vergleich der Konzepte.....	37
2.6.1 Hygienische Sicherheit bei der Verwertung der Substrate aus menschlichen Fäkalien	37
2.6.2 Risikoabschätzung bezüglich des Schadstoffeintrages	44
3 Ansätze zur Entwicklung einer neuen Methode	47
3.1 Einleitung	47
3.2 Nachhaltigkeit: Merkmale und Prinzipien.....	48
3.3 Nachhaltigkeitsansätze in der Wasserwirtschaft	52
3.4 Ansätze zum neuen Konzept – Implementierungsanalyse	55
4 Problemanalyse.....	59
4.1 Einleitung	59
4.2 Analyse des objektiven Problemkerns	60
4.3 Analyse des sozialen Problemumfeldes	66
4.3.1 Methodischer Ansatz: Konstellationsanalyse	66
4.3.2 Konstellationsanalyse versus Stakeholder-Analyse	71
4.3.3 Konstellationsanalyse der Problematik der Abwasser- und Fäkalienentsorgung im kleingärtnerischen Bereich	72
4.3.4 Entwurf der Konstellation „Status Quo der Fäkalienentsorgung im kleingärtnerischen Bereich“	80
4.4 Zusammenfassung.....	83

5 Implementierungsanalyse der Entsorgungskonzepte für den kleingärtnerischen Bereich.....	84
5.1 Einleitung	84
5.2 Technische Reife.....	85
5.3 Genehmigungspraxis.....	90
5.4 Rechtliche Legitimität der Kontrolle	95
5.5 Praktizierte Kontrolle sachgemäßer Umsetzung.....	102
5.6 Akzeptanz technischer Lösungen.....	107
5.7 Gesellschaftlich-kultureller Kontext	111
5.8 Kartierung der Konstellation "Entsorgungskonzepte im kleingärtnerischen Bereich" und Zusammenfassung	113
6 Konzeption der Steuerungsstrategie	118
6.1 Einleitung: Ergebnisse der Problemanalyse und der Implementierungsanalyse	118
6.2 Steuerung und Steuerungsstrategie.....	119
6.2.1 Formulierung des Hauptziels der Steuerung.....	121
6.2.2 Konkretisierung des Hauptziels durch operationelle Ziele.....	122
6.2.3 Festlegung der steuernden Subjekte	123
6.2.4 Entwicklung des generellen Steuerungsplans	129
6.2.5 Auswahl der Steuerungsinstrumente.....	134
6.3 Zusammenfassung.....	159
7 Zusammenfassung der Arbeit	163
Literaturverzeichnis	178
Internetquellen.....	188
Anhang 1: Dynamik mikrobiologischer Parameter im Prozess der Terra Preta-Herstellung.....	189
Anhang 2: Ergebnisse der Kommunenbefragung über die Praxis der Überwachung der sachgemäßen Fäkalienentsorgung in Kleingartenanlagen	191

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Systematisierung der Konzepte zur Entsorgung der Fäkalien in Kleingärten	6
Abb.2: Konzept „Kanalanschluss“	9
Abb.3: Kanalanschluss – Entwässerung im freien Gefälle, Prinzipskizze	9
Abb. 4: Kanalanschluss – Druckentwässerung, Prinzipskizze	11
Abb. 5: Konzept „Abflusslose Sammelgruben“	13
Abb. 6: Konzept „NASS - interne Verwertung“	15
Abb. 7: Systematisierung der Trockentoilettensysteme mit Modellbeispielen	16
Abb. 8: Heißkompostierung der Fäkalien in Kleinmengen (Eigene Darstellung nach www.ecovia.ch)	19
Abb.9: Flächennutzung in Kleingärten: BBR-Studie [Butz et al., 2008:43] - links; Auswertung der Luftbilder von Müller [2012:109] - rechts.....	33
Abb.10: Konzept „NASS – zentrale Behandlung“, Variante A	35
Abb.11: Konzept 4 „NASS – zentrale Entsorgung“, Variante B.....	35
Abb.12: Goldgrube Kunststoff, Modell K-KK (Quelle: Holzapfel & Konsorten)	36
Abb.13: Die Nachhaltigkeitsmatrix [Grambow, 2013:77]	49
Abb.14: Hauptkomponenten des HCES-Ansatzes: das fördernde Umfeld und der 10-Schritte-Prozess (Quelle: Morel et al., 2003)	53
Abb.15: Open Planning of Sanitation Systems-Konzept (eigene Darstellung nach Kvarnström & Petersens, 2004)	54
Abb.16: Konzept der Implementierungsanalyse – schematische Darstellung	57
Abb.17: Problemorientierter Steuerungsansatz nach Dose[2008:429], schematische Darstellung der Vorgehensweise	61
Abb.18: schematische Darstellung des Verlaufs der Konstellationsanalyse	70
Abb.19: Hierarchische Struktur des deutschen Kleingartenwesens und die ihr zugeordneten Verwaltungsstrukturen auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene	75
Abb.20: Kartierung der Konstellation „Status Quo der Fäkalienentsorgung im kleingärtnerischen Bereich“ – Entwurf.....	81

Abb.21: Ergebnisse der BUW-Befragung: Übersicht über die Regelungsart der Abwasser- bzw. Fäkalienentsorgung in Kleingartenanlagen	104
Abb.22: Ergebnisse der BUW-Befragung: Übersicht zur Praxis der Kontrolle sachgemäßer Abwasser- bzw. Fäkalienentsorgung in Kleingartenanlagen	104
Abb.23: Ergebnisse der BUW-Befragung, Regelung der Abwasserentsorgung nach Vorgaben des BkleingG	105
Abb.24: Ergebnisse der BUW-Befragung: Regelungen der Abwasserentsorgung bei Zulassung von WCs auf Parzellen	106
Abb.25: Priorisierung der Nutzeranforderungen an ein Entsorgungskonzept für Kleingarten (Ergebnisse des Workshops im Leipziger KGV „Seilbahn“)	110
Abb.26: Elemente der Konstellation „Implementierung der Konzepte zur Fäkalienentsorgung im kleingärtnerischen Bereich“	114
Abb.27: Konstellation "Entsorgungskonzepte im kleingärtnerischen Bereich"	115
Abb.28: Beispiel für eine differenzierte Analyse einer Steuerungskonzeption [Dose, 2008 : 129]	130
Abb.29: Steuerungshypothese:1. Entwurf (eigene Darstellung)	130
Abb.30: Ver- und Entsorgung in Einzelgärten nach Angaben der Pächter [Buhtz et al., 2008:46]	132
Abb.31: Steuerungshypothese: 2. Entwurf (eigene Darstellung)	134
Abb.32: Konzept der erweiterten Implementierungsanalyse	164
Abb.33: Konstellation "Blockierung der wasserlosen Entsorgungskonzepte im kleingärtnerischen Bereich"	170
Abb.34: Entwurf einer Steuerungshypothese für die Problematik der Fäkalienentsorgung im kleingärtnerischen Bereich	174

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anforderungen an die Zugänglichkeit für verschiedene Sammelgruben	14
Tab. 2: Übersicht zu oTR-Reduktionsraten in Versuchen zu Wurmkompostierung menschlicher Fäzes, eigene Zusammenfassung der Literaturwerte	21
Tab.3: Nährstoffgehalte im frischen Urin (nach DWA, 2008:13) sowie pflanzenverfügbare Nährstoffgehalte im gelagerten Urin (kalkulierte Werte)	27
Tab.4: Ermittlung der Nährstoffgehalte im reifen Fäzeskompost (für kalte Rote bzw. Wurmkompostierung)	29
Tab.5: Nährstoffbedarf der Gartenkulturen nach LTZ [2002:7 f.] und erforderliche Urinmengen zur Deckung des N-Bedarfs	30
Tab.6: Zugabemengen an Fäzeskompost zur Deckung des P-Bedarfs nach Fischer & Jauch [1999:50 ff.].....	31
Tab.7: Spezifischer Flächenbedarf für die Urinverwertung (60 l/Person · Saison) zur Düngung der Rasenflächen	32
Tab.8: Spezifischer Flächenbedarf für die Fäzeskompostverwertung (22 l/Person · Saison) zur Düngung der Zierpflanzen und Ziergehölze	32
Tab.9: Technologischer Vergleich der Konzepte	38
Tab.10: Zeiträume für 90%ige Reduktion ausgewählter Pathogene bei der Lagerung der Fäzes, T 20°C (Quellen: Schönning & Stenström, 2004 und 2007)	41
Tab.11: WHO-Empfehlungen für Lagerung trockener Exkrememente und Fäkalschlamm bei kleinskaliger Behandlung [WHO, 2006, Kap. 4.4.3.]	41
Tab.12: mikrobiologische Parameter nach der Kompostierung der Substrate fäkalen Ursprungs (Literaturdaten, eigene Zusammenstellung)	42
Tab.13: mikrobiologische Parameter nach der Wurmkompostierung der Substrate fäkalen Ursprungs (Literaturdaten, eigene Zusammensetzung)	42
Tab.14: Schwermetallgehalte in rohen Fäzes bzw. Fäkalkomposten	45
Tab.15: Kriterien der Nachhaltigkeit nach Kahlenborn & Kraemer [1999] und Grambow [2013]	50

Tab.16: Analytische Problemkategorien und die jeweiligen ursachen- adäquaten Instrumente [Dose, 2008:409]	62
Tab.17: Kosten- und Nutzenverteilung der vermuteten Wirkungen einer Maßnahme bezüglich der Interessenwahrnehmung und der Organisierbarkeit der Interessen [in Anlehnung an Wilson, 1980]	65
Tab.18: Konstellationsanalyse: Grundelementtypen für die grafischen Kartierung der Konstellationen (eigene Zusammenstellung nach [Schön et al., 2010:18])	68
Tab.19: Konstellationsanalyse: Relationstypen für die grafischen Kartierung der Konstellationen (eigene Zusammenstellung nach Schön et al. [2010:20])	69
Tab.20: Zusammenfassung der Voraussetzungen für die Gewährleistung der ökologischen Nachhaltigkeit von Entsorgungskonzepten im kleingärtnerischen Bereich	96
Tab.21: Rechtsnormen zur Konkretisierung des WHG in Bezug auf die Dichtheitsprüfungspflicht nicht-öffentlicher Abwasserleitungen	98
Tab.22: Vorschläge für die rechtliche Zuordnung von menschlichen Fäkalien in Abhängigkeit von der Erfassungsart	140
Tab.23: Anforderungen an Entsorgungsanlagen zur Erteilung der Anlagengenehmigung – Entwurf	146
Tab.24: Sinus-Milieus in Deutschland (nach Sinus Soziovision, 2007, zit. in Kleinhüchelkotten & Wegner, 2010:20).....	150
Tab.25: Profile der SINUS-Milieus im Kleingartenwesen hinsichtlich der Nachhaltigkeitskommunikation (eigene Zusammenstellung in Anlehnung an Kleinhüchelkotten & Wegner [2010]).....	152

Verzeichnis der verwendeten Rechtsvorschriften

AbfklärV	Klärschlammverordnung, Fassung vom 24.02.1012
AbfRRL	Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle (Abfallrahmenrichtlinie), Fassung vom 19.11.2008
AbfVV	Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen, Fassung vom 13.12.2013
BauO Bln	Bauordnung für Berlin, Fassung vom 29.06.2011
BauO LSA	Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt, Fassung vom 10.09.2013
BioAbfV	Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden, Fassung vom 04.04.2013
BKleingG	Bundeskleingartengesetz, Fassung vom 19.09.2006
BRRG	Rahmengesetz zur Vereinheitlichung des Beamtenrechts (Beamtenrechtsrahmengesetz), Fassung vom 05.02.2009
DüMV	Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln, Fassung vom 05.12.2012
HBauO	Hamburgische Bauordnung, Fassung vom 28.01.2014
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz), Fassung vom 01.06.2012
LWG Baden-Württemberg	Wassergesetz für Baden-Württemberg, Fassung vom 3.12.2013
LWG MV	Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Fassung vom 4. Juli 2011

LWG NRW	Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, Fassung vom 05.03.2013
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz, Fassung vom 19.02.2010
SächsWG	Sächsisches Wassergesetz, Fassung vom 12.07.2013
SächsBauO	Sächsische Bauordnung, Fassung vom 28.05.2004
TASi	Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, 1993, aufgehoben 2007
ThürBO	Thüringer Bauordnung, Fassung vom 13.03.2014
ThürKO	Thüringer Gemeinde- und Landkreisordnung (Thüringer Kommunalordnung), Fassung vom 20.03.2014
ThürWG	Thüringer Wassergesetz, Fassung vom 17.12.2004
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), Fassung vom 31.07.2009

Verzeichnis der Abkürzungen

a.a.R.d.T	allgemein anerkannte Regel der Technik
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BDG	Bundesverband Deutscher Gartenfreunde
BGH	Bundesgerichtshof
BUW	Bauhaus-Universität Weimar
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVerwGE	Bundesverwaltungsgerichts
DE	Druckentwässerung
DES	Druckentwässerungssystem
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DN	(franz. Diamètre Nominal), Durchmesser eines Rohres
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EG	Europäische Gemeinschaft
EM	Effektive Mikroorganismen

EN	Europäische Norm
FM	Frischmasse
GALK	Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz
GEA	Grundstücksentwässerungsanlage
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GG	Grundgesetz
GWP	Global Water Partnership
HCES	Household-Centred Environmental Sanitation
IKT	Institut für unterirdische Infrastruktur
IWRM	Integrierte Wasserressourcen-Management
KA	Kläranlage
KG	Kleingarten
KGV	Kleingartenverein
KKA	Kleinkläranlagen
MLUV MV	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg und Vorpommern
MPN	most probable number
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
NGO	non-governmental organization
OPSS	Open Planning of Sanitation Systems
oTR	Organischer Trockenrückstand
PE-HD	Polyethen high density
PFU	plaque forming units

SH-Analyse	Stakeholderanalyse
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
TC	Trockentoilette
TOC	total organic carbon
TS	Trockensubstanz
TTC	Trockentrenntoilette
TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VDGN	Verband Deutscher Grundstücksnutzer
WC	water closet
WG	Wassergesetz
WHO	World Health Organization