

Simulation und Visualisierung von Stoffströmen in neuartigen Sanitärsystemen - Unterstützung der Analyse ihrer Funktion, Kosten und Ressourcen- haushalts

Kurztitel: SAMPSONS

Abschlussbericht über ein Projekt, gefördert unter dem AZ 32768/01 von der Deutschen
Bundesstiftung Umwelt

von

**Matthias Schulz, Imke Wißmann, Dr. Manfred Schütze, Dr.-Ing. Heinrich Söbke, Dr.-Ing.
Alexander Wriege-Bechtold, Tayebeh Zinati, Michael Ogurek, Dr.-Ing. Susanne Vesper,
Dr. Jens Alex, Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch, Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong**

29.03.2019

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	32768/01-23	Referat	Fördersumme		305.257,00 €
Antragstitel		Simulation und Visualisierung von Stoffströmen in neuartigen Sanitärsystemen für klima- und ressourcenschonendes Bauen			
Stichworte		Simulation, Ressourcenschutz, Klimaschutz, Nachhaltigkeitsbewertung, Neuartige Sanitärsysteme, Siedlungswasserwirtschaft, Ökobilanz, Lebenszykluskosten			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
24 + 6	01.07.2016	31.12.2018	1		
Zwischenberichte	Vorläufiger Abschlussbericht (19.12.2018)				
Bewilligungsempfänger		BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz		Tel: 07152 3311-092 Fax: 07152 3311-091	
				Projektleitung Dr. S. Vesper	
				Bearbeiter Dipl. Ök. M. Schulz	
Kooperationspartner		Technische Universität Berlin (TUB) Bauhaus Universität Weimar (BUW) ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg			
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Neuartige Sanitärsysteme (NASS) sind vor dem Hintergrund der Ressourcenverknappung, des sinkenden Wasserverbrauchs und damit einhergehender hydraulischer Probleme in unseren Abwasserkanälen sowie sich stetig ändernder Randbedingungen durch demografischen und klimatischen Wandel in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus siedlungswasserwirtschaftlicher Betrachtungen gerückt. Wesentliche Ziele von NASS sind die Wiedernutzung von Ressourcen (z.B. Nährstoffe, Wasser, Energie) sowie ein insgesamt nachhaltigeres Abwassermanagement. Das Projekt SAmPSONS hat sich zum Ziel gesetzt, durch die Entwicklung eines Simulationstools zu einer Versachlichung der Diskussionen beizutragen, die zu den NASS-Technologien oft engagiert geführt werden. Dabei bestehen vielfach Vorbehalte, die häufig auf mangelnden Kenntnissen beruhen. Trotz erfolgreicher Erprobung der NASS-Technologien ist deren gleichberechtigter Einsatz neben konventionellen Verfahren bislang nicht gegeben. Innerhalb des Projektes wurde das Simulationstool SAmPSONS entwickelt, mit dessen Hilfe sowohl NASS als auch konventionelle Abwassermanagementtechnologien hinsichtlich ihrer Stoff- und Ressourcenströme simuliert und auf Basis von diversen Indikatoren bewertet und verglichen werden können. Dabei werden folgende Kriterien berücksichtigt: Nährstoffbilanzen (v.a. Stickstoff und Phosphor), energetische Bilanzierung, Kostenbilanzen (fixe und variable Kosten sowie die gesamten Lebenszykluskosten), verschiedene Umweltindikatoren (z.B. Treibhausgasemissionen und Eutrophierungspotenzial) sowie soziale Indikatoren (z.B. Akzeptanz). Ein besonderes Augenmerk wird auf das Verhalten und die Bilanzierung von Mikroschadstoffen (organischer Spurenstoffe) in den Behandlungsszenarien anhand der Betrachtung des Stellvertreterparameters Diclofenac gelegt. So können auch Lösungswege für besondere Einleiter wie Krankenhäuser oder Pflegeheime entwickelt werden.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p><u>Arbeitspaket 1:</u> Recherche Stand der Forschung von Simulation und Visualisierung von NASS; Datenerhebung von konventionellen und NASS-Verfahrenstechniken (Erstellung von „Daten-Steckbriefen“); Konzepterstellung für den NASS-Simulator.</p> <p><u>Arbeitspaket 2:</u> Integration der Daten-Steckbriefe in SAmPSONS (Simulationstool) als Verfahrensblöcke; Tests, Verfeinerung und Optimierung der Verfahrensblöcke.</p> <p><u>Arbeitspaket 3:</u> Anwendung anhand von Fallbeispielen; Evaluierung der Simulationsergebnisse; Optimierung des Simulationstools.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich von verschiedenen Verfahren bzw. Verfahrenskombinationen für die Sanitärversorgung von kleineren und mittleren Siedlungsgebieten erfordert die Berücksichtigung mannigfaltiger Aspekte. Heutzutage sind diese nicht nur auf die Kosten zu beschränken. Immer stärker ist der Wunsch, die Nachhaltigkeitswirkungen ganzheitlich in den Untersuchungen darzustellen. Dazu wurde in SAmPSONS ein geeigneter Kriterienkatalog erstellt und in einem computergestützten Tool umgesetzt. SAmPSONS ermöglicht Nutzern wie zum Beispiel Planern, kommunalen Entscheidungsträgern, Mitarbeitern von Zweckverbänden etc., verschiedene Szenarien bei der Vorplanung von Sanitärsystemen hinsichtlich unterschiedlicher Teilziele wie Ökologie, Ökonomie und sozialer Faktoren miteinander zu vergleichen. Die Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung ermöglichen gleichzeitig eine vertiefte Bewusstseinsbildung bei den Nutzern sowie bei Multiplikatoren. Für die diversen Verfahrensschritte von Abwasseranfall bis zur finalen Behandlung wurden eine Vielzahl von Daten-Steckbriefen entwickelt, die als Verfahrensböcke in ein auf SIMBA#-basierendes Simulationstool integriert wurden. Nach weitgehender Fertigstellung von SAmPSONS und ersten Tests der Verfahrensböcke wurde eine Validierung anhand von Fallbeispielen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass SAmPSONS für viele Anwendungsgebiete plausible und mit detaillierten Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse liefert. Aufgrund der komplexen Wirklichkeit und den für SAmPSONS notwendigen Vereinfachungen, kann das ausschließliche Nutzen der in SAmPSONS hinterlegten Standard-Werte (im Folgenden: Default-Werte) aber zu Verzerrungen und Ungenauigkeiten führen. Dies ist besonders bei Kostenauswertungen zu beachten. In diesen Fällen können sich eingearbeitete Nutzer aber der Möglichkeit bedienen, die in SAmPSONS hinterlegten Defaultwerte auf spezifische Anwendungsfälle flexibel anzupassen. Ein großer Vorteil von SAmPSONS zeigt sich dann in der unmittelbaren Analyse und Ergebnisauswertung auf Basis der angepassten Werte. Die erstellten Steckbriefe mit allen Original- bzw. Default-Werten sind entsprechend aufbereitet und für SAmPSONS-Nutzer dokumentiert.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

- Schütze, M., Wriege-Bechtold, A., Söbke, H., Wißmann, I., Schulz, M., Vesper, S., Londong, J., Barjenbruch, M., Alex, J.: Simulation and Visualization of Material Flows in Sanitation Systems for Streamlined Sustainability Assessment; IWA Conference on Small Water & Wastewater Systems and Resources Oriented Sanitation; SWWS2018; Haifa, Israel, 14-18 October 2018
- Zinati Shoa, T. and Barjenbruch, M.: Nutrient recovery by source separated sanitation technologies, IWA Nutrient Removal & Recovery Conference 2018, Brisbane, Australia, 18-21 November 2018.
- Schütze, M., Wriege-Bechtold, A., Zinati, T., Söbke, H., Wißmann, I., Schulz, M., Vesper, S., Londong, J., Barjenbruch, M., Alex, J. (eingereicht): Simulation and Visualization of Material Flows in Sanitation Systems for Streamlined Sustainability Assessment; submitted to Water Science & Technology.
- Vorstellung einer Entwurfsversion von SAmPSONS auf der IFAT München, 14.-18.05.2018.
- Präsentation von SAmPSONS beim 26. SIMBA-Treffen am 14./15. Mai 2019 in Merseburg.
- Präsentation von SAmPSONS bei der DWA Arbeitsgruppensitzung (DWA-Arbeitsgruppe KA-1.1, „Technik und Bemessung“) am 28.06.2019 in Koblenz.
- Einreichung eines Kurzbeitrags zur Veröffentlichung im Tagungsband der DWA-Landesverbandstagung am 19.06.2019 in Leipzig: Schulz, M., Wißmann, I., Schütze, M., Zinati, T., Wriege-Bechtold, A., Söbke, H., Vesper, S., Londong, J., Barjenbruch, M., Alex, J.: SAmPSONS: Simulation und Visualisierung von Stoffströmen in Sanitärsystemen zur Nachhaltigkeitsbewertung.

Fazit

Es zeigte sich, dass mit SAmPSONS dem Anwender eine geeignete Möglichkeit gegeben wird, konventionelle und neuartige Sanitärsysteme vergleichend darzustellen und dabei über die gängigen Auswertungskriterien (ökonomische Parameter) hinauszugehen und ökologische und soziale Aspekte (Emissionen, Verhalten organischer Spurenstoffe, Akzeptanz etc.) in die Bewertungen miteinzubeziehen. Über die Nutzung des Simulationstools und die darin integrierten Verfahrensböcke wird die Nachhaltigkeitsbewertung unterschiedlicher Alternativen stark vereinfacht und der Zeitaufwand reduziert.

An einigen Stellen wird weiterer Arbeitsaufwand benötigt, damit SAmPSONS vollumfängliche und ausreichend gesicherte Ergebnisse liefern kann. Wichtige Ergänzungen bestehen in diesem Zusammenhang in der Überprüfung einiger ergebnisrelevanter Daten, der Integration weiterer Verfahrensböcke zur verbesserten Anpassbarkeit auf spezifische Rahmenbedingungen und der Erweiterung des Tools zur Darstellung der Rückgewinnung von Ressourcen. Es zeigte sich weiterhin, dass die Auswerteroutinen für eine nutzerfreundliche Bedienung von SAmPSONS verbessert werden sollten.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	4
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	6
TABELLENVERZEICHNIS.....	8
ANHANGVERZEICHNIS.....	9
VERZEICHNIS VON BEGRIFFEN, ABKÜRZUNGEN UND DEFINITIONEN.....	10
1 ZUSAMMENFASSUNG	13
2 EINLEITUNG	14
2.1 Problemstellung und Zielsetzung	14
2.2 Umweltrelevanz.....	15
2.2.1 Darstellung der umweltspezifischen Herausforderungen.....	15
2.2.2 Umweltrelevante Ziele (DBU-Bezug).....	16
3 HAUPTTEIL.....	17
3.1 Technologien und Behandlungsverfahren/Beschreibung der SAmPSONS-Verfahren	17
3.1.1 Mustersteckbrief	18
3.1.2 Abgrenzung des Bilanzraumes.....	19
3.1.3 Vorgehen bei der Steckbrieferstellung.....	20
3.1.4 Erhebungen der Default-Werte.....	20
3.2 Konzepterstellung und Simulation	22
3.2.1 Zielsetzung	22
3.2.2 Aufbau des Simulators.....	22
3.2.2.1 Definition der relevanten Stoffströme:	22
3.2.2.2 Definition von Auswerteindikatoren:	22
3.2.2.3 Erstellung von Auswertungsroutinen	26
3.2.2.4 Auswahl und Zusammenstellung der Umweltprofile	26
3.2.2.5 Umsetzung der Technologie-Steckbriefe in Simulationsmodule	26
3.3 Wesentliche Ergebnisse - Fallbeispiele	28
3.3.1 Fallbeispiel 1- Wohlsborn (BUW).....	28
3.3.1.1 Szenario 1: Ist-Zustand	29
3.3.1.2 Szenario 2: Konventionelles Abwassersystem.....	29
3.3.1.3 Szenario 3: NASS.....	30
3.3.1.4 Vorgehen	31
3.3.2 Fallbeispiel 2: Ergebnisse aus dem SCST-Projekt Stahnsdorf und Dissertation Remy (2010) (TUB).....	32

3.3.2.1	Darstellung des in SAmPSONS simulierten Systems.....	35
3.3.2.2	Erfassung	35
3.3.2.3	Transport und Behandlung.....	35
3.3.2.4	Vergleich der verschiedenen Parameter	36
3.3.2.5	Nährstoffe.....	37
3.3.2.6	Chemischer Sauerstoffbedarf - CSB.....	40
3.3.2.7	Energiebedarf	40
3.3.2.8	Umweltwirkungen	41
3.3.2.9	Eutrophierungspotenzial	41
3.3.2.10	Treibhauspotenzial	42
3.3.2.11	Primärenergieeinsatz.....	42
3.3.2.12	Fazit.....	42
3.3.3	Fallbeispiel 3: Neuartige Sanitärsysteme (NASS) – Eine Bilanzierung von Nährstoffen, Energieverbrauch und CO ₂ -Emission (BCE)	42
3.3.3.1	Darstellung der Systeme.....	43
3.3.3.2	Vergleich der Stickstoff-Bilanzen	45
3.3.3.3	Vergleich der Phosphor-Bilanzen	48
3.3.3.4	Vergleich der potenziellen Umweltwirkungen Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen	50
3.3.3.5	Spezifische vergleichende Analyse des Referenzsystems	51
3.3.3.6	Spezifische vergleichende Analyse des Systems 3.....	54
3.3.3.7	Fazit.....	55
3.3.4	Fallbeispiel 3: Darstellung der Diclofenac-Reinigungsleistung auf Basis des Arbeitsberichtes (BCE)	56
3.3.4.1	Vergleich der Beispiele	57
3.3.4.2	Fazit zum Vergleich.....	57
3.3.5	Fallbeispiel 4: Birkenfeld (BCE)	58
3.3.5.1	Vergleich der Investitionskosten	59
3.3.5.2	Fazit.....	61
3.4	Verbreitung der Projektergebnisse	61
4	FAZIT UND AUSBLICK.....	64
5	LITERATUR.....	66
ANHANG.....	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: In SAmPSONS vorhandene Technologien.	18
Abbildung 2: Kategorien zum Datenqualitäts-Rating	19
Abbildung 3: In SAmPSONS betrachtete Stoffströme	23
Abbildung 4: Übersicht der in SAmPSONS integrierten Auswertindikatoren.	23
Abbildung 5: Auszug aus dem Parameterdialog für den Block „Kläranlage alle Größenklassen“	27
Abbildung 6: Nutzerschnittstelle des SAmPSONS-Simulators.....	27
Abbildung 7: Ablauf von Simulation, Auswertung und Ausgabe.....	28
Abbildung 8: Wohlsborn-Szenario 1: Ist-Zustand.....	29
Abbildung 9: Wohlsborn-Szenario 2: Konventionelles Abwassersystem.....	30
Abbildung 10: Wohlsborn-Szenario 3: NASS	30
Abbildung 11: Wohlsborn-Szenario 3 (NASS): Sankey-Diagramm der Stoffströme (Einheit: m ³ /d).....	31
Abbildung 12: Darstellung des stoffstromorientierten Sanitärkonzeptes in KWB (2012)	32
Abbildung 13: Untersuchungsgebiet (Berlin Nicolassee) für verschiedene Szenarien im SCST-Projekt (Otterwasser 2007)	33
Abbildung 14: Untersuchte Verfahrenskombinationen nach REMY (2010)	34
Abbildung 15: Szenario V2 aus der Dissertation von REMY (2010)	34
Abbildung 16: in SAmPSONS erstelltes Simulationsbeispiels anhand der Verfahrenskombination Szenario V2 im SCST-Projekt (REMY (2010))	35
Abbildung 17: Sankey-Diagramm zum Stickstoff-Recycling-Potenzial [kg N/d]	37
Abbildung 18: Sankey-Diagramm zum Phosphor-Recycling-Potenzial [kg P/d]	38
Abbildung 19: Sankey-Diagramm zum Kalium-Recycling-Potenzial [kg K/d]	38
Abbildung 20: CSB-Sankey-Diagramm.....	40
Abbildung 21: Energiebedarf im Vergleich von SAmPSONS und aus dem Remybeispiel (REMY 2010)	40
Abbildung 22: Fließbild des Systems 3 (li.) und des Referenzsystems (re.) (DWA 2017).....	43
Abbildung 23: Abbildung des Referenzsystems in SAmPSONS.	44
Abbildung 24: Abbildung von System 3 in SAmPSONS.....	44
Abbildung 25: Darstellung der N-Frachten des Referenzsystems im Sankey-Diagramm [kg/d].....	45
Abbildung 26: Darstellung der N-Frachten des Referenzsystems im Sankey-Diagramm nach Anpassung der N-Reinigungsleistung und der N-Elimination [kg/d].	46
Abbildung 27: Darstellung der N-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm [kg/d].	47
Abbildung 28: Darstellung der N-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm nach Anpassung der GW- Behandlung [kg/d].	48
Abbildung 29: Darstellung der P-Frachten des Referenzsystems im Sankey-Diagramm [kg/d].	48
Abbildung 30: Darstellung der P-Frachten im Referenzsystem nach Anpassung der Reinigungsleistung [kg/d].....	49
Abbildung 31: Darstellung der P-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm [kg/d].....	49
Abbildung 32: Darstellung der P-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm nach Anpassung der GW- Reinigungsleistung [kg/d].	50
Abbildung 33: Darstellung der Diclofenac-Fracht im Referenzsystem im Sankey-Diagramm [kg/d].....	57

Abbildung 34: Darstellung der Diclofenac-Fracht in System 3 im Sankey-Diagramm [kg/d].....	57
Abbildung 35: Vergleich der Investitionskosten des UCB-Bericht mit den Ergebnissen in SAmpSONS.....	59
Abbildung 36: Verhältnis der Kosten in SAmpSONS im Vergleich zu den Kosten im UCB-Bericht für den Biogas-.....	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung des Fallbeispiels in SAmpSONS und Vergleich mit denen in SCST Bericht untersuchten Technologien.....	36
Tabelle 2: Vergleich der Nährstoffrecyclingpotenziale aus SAmpSONS und dem Remy-Beispiel (REMY (2010))	39
Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse für die Indikatoren Eutrophierungspotenzial, Treibhausgaspotenzial und Primärenergieeinsatz im Vergleich.....	41
Tabelle 4: Darstellung der Fallbeispiele in SAmpSONS und Vergleich mit den im DWA-Arbeitsbericht beschriebenen Technologien.....	43
Tabelle 5: Vergleich der N-Frachten des Referenzsystems am Ausgang der Kläranlage.	45
Tabelle 6: Vergleich der N-Frachten des Referenzsystems am Ausgang der Kläranlage nach Anpassung der N-Reinigungsleistung und der N-Elimination.....	46
Tabelle 7: Vergleich der N-Frachten von System 3 an den Senken.....	46
Tabelle 8: Vergleich der N-Frachten von System 3 an den Senken (Gewässer, Zentrat, entwässerter Schlamm) nach Anpassung der GW-Behandlung.	47
Tabelle 9: Vergleich der P-Frachten des Referenzsystems im Ausgang der Kläranlage.....	48
Tabelle 10: Vergleich der P-Frachten am Ausgang der Kläranlage.....	49
Tabelle 11: Vergleich der P-Frachten im System 3.....	49
Tabelle 12: Vergleich der P-Frachten von System 3 nach einer Anpassung der Reinigungsleistung.....	50
Tabelle 13: Vergleich potenzielle Umweltwirkungen (Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf) Referenzsystem gegenüber Auswertungen in SAmpSONS.....	53
Tabelle 14: Vergleich potenzielle Umweltwirkungen (Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf) System 3 gegenüber Auswertungen in SAmpSONS.....	55
Tabelle 15: Darstellung der im UCB-Bericht beschriebenen Technologien und deren Abbildbarkeit in SAmpSONS.	58

Anhangverzeichnis

A1	MODULBIBLIOTHEK IN SAMPSONS	I
A2	PARAMETER ZUR BERECHNUNG VON UMWELTWIRKUNGEN.....	IV
A3	BEISPIELAUSWERTUNG INVESTITIONSKOSTEN IN BEZUG AUF LEBENSDAUERN	V
A4	MUSTER DATEN-STECKBRIEF	VI
A5	DATENSTECKBRIEFE	VII

Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

Abkürzung	Bedeutung/Erläuterung
%	Prozent
a	Annus - Jahr
AO	Altort
ASH	Ash - Asche
BCE	Björnsen Consulting Engineers – Björnsen Beratende Ingenieure
BG	Biogas
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BSB	Biochemischer Sauerstoffbedarf
BUW	Bauhaus-Universität Weimar
BW	Black water, Schwarzwasser
BWA	Biowaste - Bioabfall
CAPEX	Capital Expenditure – Investitionsausgaben für längerfristige Anlagegüter
CAS	Conventional activated sludge – konventioneller Belebtschlamm
CH ₄	Methan
C-Kette	Kohlenstoffkette
CO ₂	Kohlen(stoff)dioxid
COD	Chemical oxygen demand – chemischer Sauerstoffbedarf
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
d	Day – Tag
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
€	Euro
EntwMoV	Entwässerung und Monoverbrennung
EP	Eutrophierungspotenzial
eq./äq.	Äquivalent
ESAT	Environmental Sustainability Assessment Tool
EW	Einwohner
FA	Fäzes
FauEntwTroMoV	Faulung, Entwässerung, Trocknung und Monoverbrennung
FE	Fertilizer - Dünger
FL	Flush water – Spülwasser
g	Gramm
GaBi	Software System und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung
GesN	Gesamter Stickstoff
GK 1-5	Größenklasse (Kläranlagen) 1-5
GW	Grey water - Grauwasser
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HDPE	High Densitiy Polyethylene - Polyethylen
ifak	Institut für Automation und Kommunikation e.V.
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
IWA	International Water Association
K	Kalium
KA	Korrespondenz Abwasser, Abfall der DWA

KAZ	Küchenabfallzerkleinerer
kg	Kilogramm
KKA	Kleinkläranlage
km	Kilometer
KS	Klärschlamm
KWB	KompetenzZentrumWasserBerlin
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
LCA	Life Cycle Assessment – Lebenszyklusanalyse, Ökobilanz
LCC	Life Cycle Costing - Lebenszykluskostenrechnung
LE	Leachate (Sickerwasser)
LKW	Lastkraftwagen
Lorry_22/_11	LKW mit entsprechendem Gewicht und Nutzlast
m	Meter
m ² /m ³	Quadratmeter/Kubikmeter
MAP-Fällung	Magnesium-Ammonium-Phosphat-Fällung
MBR	Membrane bioreactor - Membranbioreaktor
min	minimal
MJ	Megajoule
MWh	Megawattstunde
N	Stickstoff
N ₂ O	Distickstoffmonoxid, „Lachgas“
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
NG	Neubaugebiet
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ -N	Ammoniumstickstoff
NO ₃ -N	Nitrat-Stickstoff
NO _x	Stickoxide
NO _x -N	Stickoxide als N-Emissionen
P	Phosphor
P _{ges}	Gesamter Phosphor
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PE	Primärenergiebedarf
PKA	Pflanzenkläranlage
PO ₄	Phosphat
PP	Polypropylen
PTGW	Pre-treated greywater – vorbehandeltes Grauwasser
PTGW	Pre-treated Greywater – vorbehandeltes Grauwasser
PTWW	Pre-treated wastewater – vorbehandeltes Abwasser
PVC	Polyvinylchlorid
RW	Rainwater – Regenwasser (mit Fremdwasser)
S	Schwefel
SAmPSONS	Simulation und Visualisierung von Stoffströmen in neuartigen Sanitärsystemen
SBR	Sequencing batch reactor – Trübwasserbehandlung des Prozesswassers
SCST	EU-Demonstrationsprojekt: Sanitärkonzepte für die separate Erfassung und Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser

SIMBA#	Name eines Simulationssystems
SL	Sludge - Schlamm
SLD	Digested sludge - Faulschlamm
SLT	Treated sludge – behandelter Schlamm
SMBR	Getauchter Membranbioreaktor
SO ₂	Schwefeldioxid
t	Tonne
TGW	Treated Greywater – behandeltes Grauwasser
THG	Treibhausgasemission
TN	Total Nitrogen – Gesamt Stickstoff
TP	Total Phosphorous – Gesamt Phosphor
TUB	Technische Universität Berlin
TWIST++	Verbundprojekt Transitionswege WasserInfraStruktursysteme
TWW	Treated Wastewater – behandeltes Abwasser
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor
UCB-Bericht	Umwelt-Campus Birkenfeld, Abschlussbericht des BMBF-Vorhabens „Abwasserfreier Umwelt-Campus Birkenfeld“
UR	Urin
UV-Desinfektion	Ultraviolett-Desinfektion
WW	Waste water, Abwasser
WWC	Abwasser für Anaerobverfahren (Zentrat)
Z	Zentrat Flüssigphase

1 Zusammenfassung

Neuartige Sanitärsysteme (NASS) sind vor dem Hintergrund der Ressourcenverknappung, des sinkenden Wasserverbrauchs und damit einhergehender hydraulischer Probleme in unseren Abwasserkanälen sowie sich stetig ändernder Randbedingungen durch demografischen und klimatischen Wandel in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus siedlungswasserwirtschaftlicher Betrachtungen gerückt. Wesentliche Ziele von NASS sind die Wiedernutzung von Ressourcen (z.B. Nährstoffe, Wasser, Energie) sowie ein insgesamt nachhaltigeres Abwassermanagement. Innerhalb des Projektes wurde das Simulationstool SAmPSONS entwickelt, mit dessen Hilfe sowohl NASS als auch konventionelle Abwassermanagementtechnologien hinsichtlich ihrer Stoff- und Ressourcenströme simuliert und auf Basis von diversen (Nachhaltigkeits-) Indikatoren bewertet und verglichen werden können. Damit soll SAmPSONS zu einer Versachlichung der Diskussionen beitragen, die zu den NASS-Technologien oft kontrovers geführt werden.

SAmPSONS-Anwender sollen insbesondere bei der Grobplanung durch eine vergleichende Bewertung verschiedener Optionen hinsichtlich der integrierten Kriterien unterstützt werden. Berücksichtigt wurden für den Vergleich Nährstoffbilanzen, ökonomische Faktoren, energetische Bilanzierung, Umweltindikatoren, Flächenbedarf der Systeme, Elimination von organischen Spurenstoffen und soziale Indikatoren. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung eine vertiefte Bewusstseinsbildung bei den Nutzern (z.B. Planern, Architekten) sowie bei Multiplikatoren ermöglichen. Für die diversen Verfahrensschritte von Abwasseranfall bis zur finalen Behandlung wurden eine Vielzahl von Daten-Steckbriefen entwickelt, die als Verfahrensblöcke in ein auf SIMBA#-basierendes Simulationstool überführt wurden. Nach weitgehender Fertigstellung von SAmPSONS und ersten Tests der Verfahrensblöcke wurde eine Validierung anhand von Fallbeispielen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass SAmPSONS für viele Anwendungsgebiete plausible und mit detaillierten Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse liefert. Aufgrund der komplexen Wirklichkeit und den für SAmPSONS notwendigen Vereinfachungen, kann das ausschließliche Nutzen der in SAmPSONS hinterlegten Standard-Werte (im Folgenden auch Default-Werte) aber zu Verzerrungen und Ungenauigkeiten führen. Dies ist besonders bei Kostenauswertungen zu beachten. In diesen Fällen können sich eingearbeitete Nutzer aber der Möglichkeit bedienen, die in SAmPSONS hinterlegten Default-Werte auf spezifische Anwendungsfälle flexibel anzupassen. Ein großer Vorteil von SAmPSONS zeigt sich dann in der unmittelbaren Analyse und Ergebnisauswertung auf Basis der angepassten Werte. SAmPSONS steht zum kostenlosen Download auf der Webseite <https://www.ifak.eu/de/produkte/sampsons> zur Verfügung.

An einigen Stellen wird weiterer Arbeitsaufwand benötigt, damit SAmPSONS vollumfängliche und ausreichend gesicherte Ergebnisse liefern kann. Wichtige Ergänzungen bestehen in diesem Zusammenhang in der Überprüfung einiger ergebnisrelevanter Daten, der Integration weiterer Verfahrensblöcke zur verbesserten Anpassbarkeit auf spezifische Rahmenbedingungen und der Erweiterung des Tools zur Darstellung der Rückgewinnung von Ressourcen. Es zeigte sich weiterhin, dass die Auswerteroutinen für eine nutzerfreundliche Bedienung von SAmPSONS verbessert werden sollten.

Das Projekt wurde von der DBU (Az 32768/01-23) gefördert und von den Projektpartnern Bjørnsen Beratende Ingenieure GmbH (BCE), ifak – Institut für Automation und Kommunikation e. V., Technische Universität Berlin (TUB) und der Bauhaus-Universität Weimar (BUW) durchgeführt.

2 Einleitung

Dieser Bericht gibt einen Überblick über die Ergebnisse des Projektes SAmPSONS; welches im August 2016 begonnen, kostenneutral bis zum 31.12.2018 verlängert wurde (kostenneutrale Laufzeitverlängerung bewilligt am 13.06.2018) und damit eine Laufzeit von 28 Monaten hatte.

Am 19.12.2018 wurde bereits ein vorläufiger Abschlussbericht eingereicht. Der finale Abschlussbericht beruht auf diesem vorläufigen Abschlussbericht, enthält aber zusätzliche Projektdokumentationen. Dies sind z.B. die Dokumentation aller in SAmPSONS enthaltenen Datensteckbriefe inklusive Datenqualitätsrating sowie weitere Validierungsergebnisse (siehe Kapitel 3.3). Der Simulator SAmPSONS steht zum kostenlosen Download auf der Webseite <https://www.ifak.eu/de/produkte/sampsons> bereit.

2.1 Problemstellung und Zielsetzung

Von Seiten der Planer aber auch der Genehmigungsbehörden bestehen vielfach Vorbehalte gegenüber Neuartigen Sanitärsystemen (NASS), die häufig auf mangelnden Kenntnissen beruhen. Zwar wurden in Pilotprojekten innovative NASS-Technologien positiv erprobt, deren gleichberechtigter Einsatz neben den konventionellen Verfahren der Abwasserableitung und -behandlung ist bislang jedoch nicht gegeben. Für die Verstetigung als Stand der Technik fehlen solide Datengrundlagen, Planungswerkzeuge sowie zu einem großen Teil auch Regelwerke.

Einen Beitrag zur Lösung dieses Sachverhaltes soll das SAmPSONS-Projekt liefern. Das im Rahmen dieses Projektes erstellte Simulations-Tool (im folgenden SAmPSONS genannt) ist in der Lage, sowohl NASS als auch konventionelle Systeme in Hinblick auf verschiedene Kriterien zu analysieren und die Ergebnisse sowie die entsprechenden Stoff- und Ressourcenströme zu visualisieren. Dies gilt nicht nur in Bezug auf die einzelnen Technologien, sondern auch für das Zusammenwirken dieser im Gesamtsystem. Ziel von SAmPSONS ist es, die Vorauswahl von Entwässerungs- und Wiederverwendungstechnologien fallstudien-spezifisch zu unterstützen. Für eine anschließende Detailplanung müssten anschließend andere, in der Anwendung komplexere, Modellierungsansätze genutzt werden.

Dabei werden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Nährstoffbilanzen (v.a. CSB, Stickstoff und Phosphor)
- Energetische Bilanzierung
- Kostenbilanzen (fixe und variable Kosten sowie die gesamten Lebenszykluskosten)
- Umweltindikatoren
 - o Primärenergiebedarf
 - o Treibhausgasemissionen
 - o Eutrophierungspotenzial
- Physikalischer Fußabdruck
- Elimination von organischen Spurenstoffen (Diclofenac als Stellvertretersubstanz)
- Soziale Indikatoren (Akzeptanz und Flexibilität)

Zum einen wird der Anwender bei der Grobplanung von Sanitärsystemen durch eine vergleichende Bewertung verschiedener potenzieller Optionen hinsichtlich der genannten Kriterien unterstützt (Visualisierung).

Zum anderen sollen die Ergebnisse eine vertiefte Bewusstseinsbildung bei den o.g. Nutzern sowie bei Multiplikatoren ermöglichen.

Nutzerzielgruppen für SAmPSONS sind: Planungsbüros, Architekten, Fachbehörden, kommunale Entscheidungsträger, Hochschulen und Zweckverbände.

2.2 Umweltrelevanz

2.2.1 Darstellung der umweltspezifischen Herausforderungen

Nach wie vor herrscht große Unsicherheit bzgl. der Umweltleistung von NASS im Vergleich mit konventionellen Systemen der Abwasserleitung und –aufbereitung. In verschiedenen Fallstudien, in denen herkömmliche Abwassersysteme neuartigen gegenübergestellt wurden, sind für sehr spezifische Situationen und Technologien detaillierte Ökobilanzen angefertigt worden, um die Umweltwirkungen für einige wichtige Umweltindikatoren zu quantifizieren (z.B. Remy 2010; DWA 2017; Hiesl & Hillenbrand et al. 2010). Da die Ergebnisse dieser Einzelanalysen schwer auf andere Situationen übertragbar sind und die Analysen viel Zeit und Expertenwissen erfordern, wurde SAmPSONS mit der Zielsetzung entwickelt, diversen Anwendergruppen - ohne detaillierten Ökobilanzierungshintergrund - Aussagen über die unterschiedlichen potenziellen Umweltwirkungen verschiedener Abwasserinfrastruktursysteme unter sich ändernden Rahmenbedingungen (z.B. Anzahl angeschlossener Haushalte) zu ermöglichen.

Für die Auswertung der potenziellen Umweltwirkungen wurde in SAmPSONS auf die Methode der Ökobilanz zurückgegriffen. Die Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse ist eine systematische Evaluation der Umweltwirkungen von Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus (ISO 14040, 2006). Da eine vollumfängliche Evaluation aller Systeme, Technologien und Verfahren in unterschiedlichen Skalierungen zu aufwändig und vor dem Hintergrund der SAmPSONS-Zielsetzungen nicht sinnvoll durchzuführen ist, wurde auf eine vereinfachte Evaluierung zurückgegriffen. Dabei wurde über die Auswertung von bereits durchgeführten Studien sichergestellt, dass die die Umwelt betreffenden Haupteinflussfaktoren der Systeme, z.B. der Betrieb der Anlagen (z.B. Energieverbräuche, Verbrauch von Chemikalien), die Herstellung von Materialien für die gewählten Verfahrensblöcke (z.B. Stahlbeton, Kunststoffe, Stahl, etc.) und evtl. direkte Emissionen und Transporte erfasst wurden („Wesentlichkeitsprinzip“). Ferner wurden für die Auswertung der Umweltleistung die für die Abwasserinfrastruktur wesentlichen Umweltindikatoren ausgewählt und die dafür notwendigen Daten gesammelt. Die in SAmPSONS auswertbaren Umweltindikatoren sind:

- Treibhausgaspotenzial: Die Menge aller Treibhausgasemissionen.
Wesentliche Substanzen: CO₂, CH₄, N₂O
- Eutrophierungspotenzial: Die Menge des charakterisierten Nährstoffeintrags zu Land, Wasser und Luft.
Wesentliche Substanzen: N, P, CSB, NH₃ Emissionen
- Energieeinsatz: Angabe sowohl des Endenergiebedarfs als auch des Primärenergieeinsatzes (erneuerbar und nicht erneuerbar)

Darüber hinaus werden in SAmPSONS ökonomische (z. B. Lebenszykluskosten) und soziale (z.B. soziale Akzeptanz) Kriterien berücksichtigt. Zudem wurden für die in SAmPSONS enthaltenen Verfahrensblöcke zu unterschiedlichen Technologien auch Daten zum physikalischen Fußabdruck (Flächenbedarf des berücksichtigten Systems) und zu organischen Spurenstoffen (Abbildung der Belastung durch ökotoxikologische Stoffe über Stellvertreter-Substanz Diclofenac) zusammengestellt.

2.2.2 Umweltrelevante Ziele (DBU-Bezug)

Das Projekt trägt einer Vielzahl der Förderziele der DBU Rechnung. Vor allem werden folgende wesentliche Kernpunkte der DBU-Förderziele behandelt:

Förderziel 6 „Energie- und ressourcenschonende Quartiersentwicklung und –erneuerung“

6.1 Die modellhafte Entwicklung und Umsetzung von innovativen Konzepten für eine energie- und ressourceneffiziente Quartiersentwicklung und –erneuerung unter Berücksichtigung sozialer Auswirkungen;

6.5 Die Weiterentwicklung von Planungsmethodik, Prozessqualität und Instrumenten für eine energie- und ressourcenschonende Quartiersentwicklung;

Weiterhin lassen sich die Inhalte wie folgt in den DBU-Förderzielen wiederfinden:

Förderziel 1 „Instrumente und Kompetenzen der Nachhaltigkeitsbewertung sowie Stärkung von Nachhaltigkeitsbewusstsein und –handeln“

1.2 Entwicklung, Optimierung und Erforschung praxisingerechter Methoden und Konzepte der Nachhaltigkeitsbewertung;

1.3 Maßnahmen zur Entwicklung und Stärkung von Nachhaltigkeitskompetenzen insbesondere bei Multiplikatorinnen und Multiplikatoren;

Förderziel 9 „Kreislaufeffiziente Nutzung von Phosphor und umweltkritischen Metallen“

9.4 Projekte zur Steigerung der Phosphor-Effizienz [...];

9.5 die Entwicklung von Maßnahmen zur umweltgerechten stofflichen Nutzung von phosphorhaltigen Stoffströmen [...];

Förderziel 11 „Integrierte Konzepte und Maßnahmen zu Schutz und Bewirtschaftung von Grundwasser und Oberflächengewässern“

11.1 die Entwicklung und Anwendung beispielhafter Entscheidungshilfesysteme und Qualitäts- wie Quantitätsmodelle von der Betriebs- bis zur Einzugsgebietsebene;

11.2 Entwicklung und Erprobung modellhafter integrierter Lösungsansätze und Systeme sowie technischer Maßnahmen inklusive Weiterentwicklung der Anlagentechnik der Abwasserbehandlung zur Verbesserung der Gewässerqualität und zur Sicherung von Ökosystemleistungen;

Zusammenfassend betrachtet liefert das Projekt SAmPSONS Erkenntnisse bzgl. der Schließung von Stoffkreisläufen sowie einer werterhaltenden Ressourcennutzung und rationellen Effizienzsteigerung in der Nutzung der Wasserressourcen in Kombination mit Elementen der neuen Bioabfallverordnung. Bzgl. der Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen ermöglicht das Tool die näherungsweise quantitative Erfassung der mit einer Technologie verbundenen Emissionsmengen sowie den Vergleich mit den Emissionsmengen alternativer Technologien. Dadurch werden Aussagen über deren gezielte Verminderung ermöglicht (z.B. Reduktion bzw. energetische Nutzung von Methanemissionen im Abwasserbereich).

3 Hauptteil

3.1 Technologien und Behandlungsverfahren/Beschreibung der SAmPSONS-Verfahren

Beginnend mit der Recherche des aktuellen Standes der Forschung wurden unterschiedliche Vorarbeiten zusammengetragen (u.a. TWIST++, australisches Bewertungstool ESAT, SIMBA#, ECAM 2.0¹) und hinsichtlich der Nutzbarkeit für das Projekt analysiert. Verschiedene Ansätze zur Systembewertung von Sanitärtechnologien und -verfahren wurden identifiziert. Diese bildeten unter anderem die Grundlage für die Indikatorenenermittlung, die Auswertungsroutinen und die Ergebnisdarstellung.

Aus den Rechercheergebnissen wurden ebenfalls die zu beschreibenden Verfahren/Technologien ausgewählt, die für die erste Version von SAmPSONS berücksichtigt und für die die relevanten Daten gesammelt werden sollten. Auswahlkriterien waren neben der Nutzung in bisherig umgesetzten Modellvorhaben die Verfügbarkeit auf dem Markt. Um entsprechende Vergleiche durchführen zu können, wurden sowohl konventionelle Verfahren als auch NASS berücksichtigt.

Die Daten, die zur Charakterisierung der Technologien erhoben werden sollten, wurden im Rahmen der Konzepterstellung von SAmPSONS erarbeitet.

Die Konzepterstellung bildete für die Entwicklung von SAmPSONS einen bedeutenden Abschnitt. Folgende Fragestellungen waren zu beantworten:

- Welche Zielgruppen werden angesprochen?
- Welche Anforderungen werden von Seiten der zukünftigen Nutzer zu erwarten sein?
- Welches Wissen kann vorausgesetzt werden?
- Welche Ergebnisse wird das Tool liefern?

Die Ergebnisse der Konzeptphase sind in Kapitel 3.2 dargestellt.

Arbeitspaket 1 enthält die Erarbeitung, den Test und die Verfeinerung der Verfahrensblöcke. Die Datensammlung aus Arbeitspaket 1b bildete dazu die Grundlage. Prozesskennzahlen bzw. –gleichungen fanden Eingang in die erarbeiteten Verfahrensblöcke.

Die Arbeitspakete 2b „Test der Module“ und 2c „Verfeinerung/Optimierung der Module“ sind eng mit Arbeitspaket 3 „Anwendung anhand von Praxisbeispielen/Evaluierung/Verfeinerung“ verzahnt. Als Basis mussten alle Verfahrensblöcke in SAmPSONS übertragen werden; danach folgten Tests und Optimierungen der Verfahrensblöcke. Anschließend wurde mit der Evaluierung anhand von Praxisbeispielen begonnen. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3.3 dargestellt.

In Abbildung 1 sind die bis dato zusammengestellten Technologien, die in SAmPSONS für die Simulation genutzt werden können, dargestellt.

¹ TWIST++ (Söbke et al. 2018; Sartorius et al. 2017), australisches Bewertungstool ESAT (Schulz et al. 2012), SIMBA# (ifak e.V. 2018), ECAM 2.0 (IWA et al. 2017)

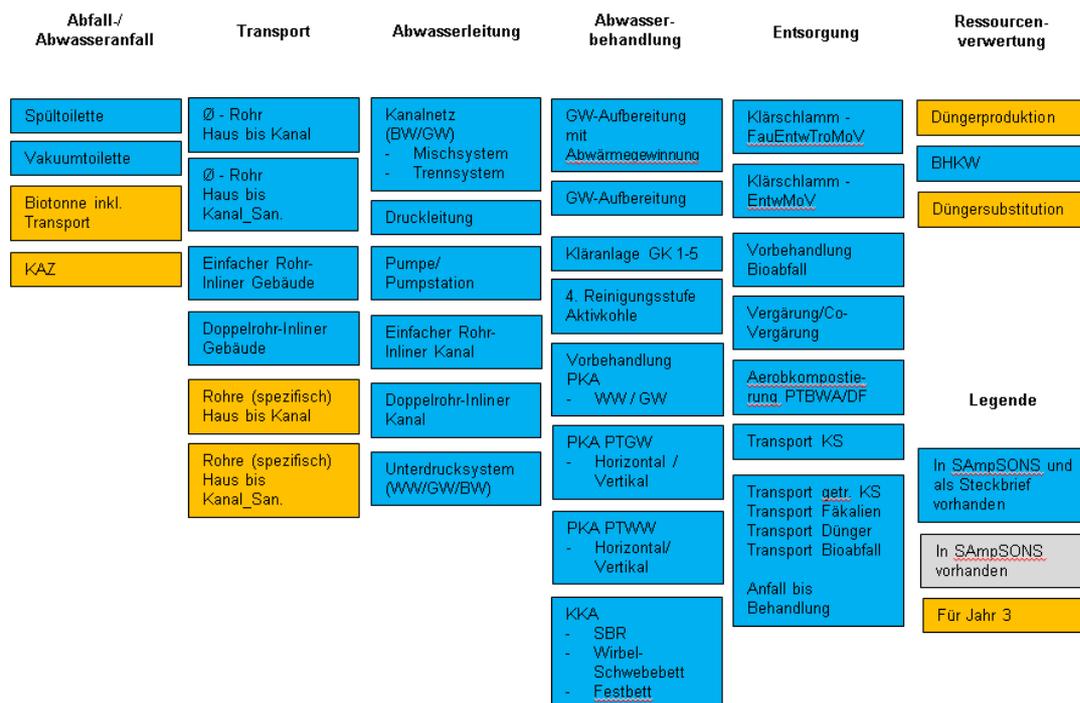


Abbildung 1: In SAmPSONS vorhandene Technologien.

3.1.1 Mustersteckbrief

Um die für SAmPSONS relevanten Informationen der Einzeltechnologien/Verfahrensblöcke erheben zu können, wurde ein Steckbrief (siehe Muster Daten-Steckbrief in Anhang A4) entwickelt.

In einem allgemeinen Teil sind der Verfahrensname, ein Kurzname, eine Verfahrensbeschreibung sowie Referenzen, weiterführende Literatur und ein Verfahrensblock-Icon² aufgeführt.

Es folgen Angaben zur Kapazität (z. B. in m³/d oder in Einwohnergleichwerten) des jeweiligen Verfahrens, zur Lebensdauer und zur Dimension bzw. zum Platzbedarf. Hierbei gilt, dass überbaubare Verfahren, wie zum Beispiel Kanäle, mit dem oberirdischen Platzbedarf = 0 m² ausgewiesen werden.

Im nächsten Teil folgt die Auflistung der Input- und der Output-Stoffströme für den jeweiligen Verfahrensblock. Im Teil Leistungsdaten werden Reinigungsleistungen, z.B. bzgl. CSB und Nährstoffe aber auch zur Elimination von Spurenstoffen erfasst. Im nächsten Abschnitt werden die wesentlichen benötigten Materialien für die Errichtung des Verfahrens angegeben. Darüber hinaus werden Verbrauchsstoffe und Energieverbräuche für den Betrieb aufgelistet. Es folgt die Angabe von Emissionen, die direkt während des Betriebes des Verfahrens abgegeben werden, wie z.B. CH₄, N₂O oder NH₃.

Für die Auswertung der Kosten werden nachfolgend vom Verfahren hervorgerufene fixe (z.B. Herstellungskosten) und variable Kosten (z.B. Betriebs- und Wartungskosten) angegeben. Im letzten Teil des Steckbrief-

² Die Verfahrensblock-Icons in den Datensteckbriefen beruhen noch auf einer älteren Version. Die finalen SAmPSONS-Icons sind in Anhang A1 abgebildet.

fes werden weiterführende Hinweise, nicht berücksichtigte Aspekte, Datenunsicherheiten, weitere Quellen etc. angegeben.

Nach abgeschlossener Datensammlung wurde für jeden Steckbrief ein sogenanntes Datenqualitäts-Rating durchgeführt. Dieses dient dazu, die gesammelten Daten bzgl. ihrer Qualität und Verlässlichkeit zu bewerten. Dabei wurden die in Abbildung 2 dargestellten Datenqualitäts-Kategorien entwickelt.

	Konstanten oder spezifische, vorgegebene Werte, z.B. geltend für die Größe oder Kapazität einer bestimmten Anlage
	verifizierter Wert, der auf Basis unterschiedlicher Quellen bestätigt wurde
	verlässlicher Wert, der aus einigen oder auch nur aus einer glaubwürdigen Quelle stammt (z.B. auch Herstellerangabe oder qualifizierte Expertenabschätzung)
	unsicherer Wert, der auf Abschätzungen oder Annahmen beruht (z.B. auch unsichere Quellen)

Abbildung 2: Kategorien zum Datenqualitäts-Rating

3.1.2 Abgrenzung des Bilanzraumes

SAmPSONS fokussiert auf Systeme der Abwasser- bzw. Bioabfallerefassung (z.B. Toiletten, Biotonne etc.), des Abwasser- und Bioabfalltransports (z.B. Rohre, Kanäle, LKW) sowie der Behandlung und Verwertung der entsprechenden Stoffströme. Wie in Kapitel 3.2 erwähnt, wird bzgl. der Systemgrenze der ökobilanzielle Ansatz verfolgt, bei dem alle umweltrelevanten Emissionen in die Luft, ins Wasser oder in die Erde von der Rohstoffgewinnung bis zur Abfallverwertung erfasst werden. Der gleiche Bilanzraum wird auch für die Kostenbetrachtung sowie die beiden sozialen Indikatoren Akzeptanz und Flexibilität gewählt. Für jeden Steckbrief, der die Datengrundlage für alle in SAmPSONS abgebildeten Technologien darstellt, sind die entsprechenden Primärdaten (z.B. Material- und Energieverbräuche) abgebildet. Diese werden mit den entsprechenden Emissionsprofilen von Hintergrunddaten kombiniert, woraus sich die Umweltwirkungen für die gewählten Indikatoren berechnen lassen. Die Hintergrunddaten wurden zum größten Teil aus der GaBi Datenbank mit geographischer Repräsentativität für Deutschland entnommen (THINKSTEP 2017). Analog sind für jeden Steckbrief auch die Kostenwerte (z.B. Investitions-, Instandhaltungs- und Betriebskosten) dargestellt. Ergaben sich bei der Datenerhebung z.B. für Materialverbräuche oder Kosten aus bestimmten Gründen Lücken (z.B. vernachlässigbare Umweltwirkung, geringe Kostenwirkung), so sind diese ebenfalls vermerkt (i.d.R. in den Kommentaren am Ende des Steckbriefes). Eine Übersicht der in SAmPSONS bereits integrierten Steckbriefe findet sich in Abbildung 1 bzw. auch gemäß der Modulbibliothek in SAmPSONS in Anhang A1.

In der derzeitigen Version von SAmPSONS sind bereits diverse Substitutionseffekte und ihre entsprechenden Umweltwirkungen berücksichtigt (z.B. Einsparung von Erdgas durch Abwärmerückgewinnung oder Einsparung von Strom und Wärme durch energetische Verwertung von Biogas). Eine für NASS-Systeme entscheidende Substitutionswirkung ist darüber hinaus die Rückgewinnung von Nährstoffen aus z.B. Gärresten oder Klärschlamm. Während das theoretische Rückgewinnungspotenzial dieser Nährstoffe (d.h. die maximale Menge an zur Rückgewinnung zur Verfügung stehenden Nährstoffen) bereits in der derzeitigen Version von SAmPSONS ausgelesen werden kann, ist die Ausweisung pflanzenverfügbarer Nährstoffe und die Substitutionsrechnung mit entsprechenden konventionellen, mineralischen Düngemitteln noch nicht

umgesetzt. Aufgrund des Aufwands bei der Datensammlung der integrierten Verfahrensblöcke sowie des noch ausstehenden Rechercheaufwandes zu relevanten Rückgewinnungstechnologien konnte diese geplante Aufgabe im Rahmen der Projektlaufzeit nicht durchgeführt werden. Dies stellt eine prioritäre Aktivität für das beantragte Verlängerungsjahr dar.

3.1.3 Vorgehen bei der Steckbrieferstellung

Die Erstellung der Steckbriefe erfolgte im Hinblick auf die gewählten Nachhaltigkeitsindikatoren. Dafür wurden Daten für Errichtung und Betrieb (z.B. Material- oder Energieverbräuche), Leistungsdaten (z.B. Reinigungseffizienzen) und Kostendaten (z.B. Investitions-, Betriebs- und Instandhaltungskosten) gesammelt. Als Ausgangspunkt für die Datensammlung diente ein Muster-Steckbrief (siehe Anhang A4), der für die unterschiedlichen Verfahrensblöcke angepasst wurde. Die Erstellung der Steckbriefe erfolgte zunächst in Tabellenform. Diese tabellarischen Steckbriefe bilden die Grundlage für die in SAmpSONS integrierten Verfahrensblöcke und sind gleichzeitig Teil der Dokumentation.

Für die Simulation von Abwasserprozessen werden i.d.R. komplexe dynamische Simulationswerkzeuge (z.B. SIMBA# und STOAT) benötigt. Der Ansatz für den Variantenvergleich in SAmpSONS ist bewusst anders gewählt worden, damit mit geringerem Aufwand (Datenbeschaffung, Rechenleistung) vertretbare Näherungen möglich sind. Hierzu wird insofern vereinfacht, dass nicht die komplexen dynamischen biochemischen Transformationsprozesse im Detail abgebildet werden, sondern zum Beispiel mit Hilfe konstanter Reinigungseffizienzfaktoren eine vereinfachte Berechnung erfolgt, die ein überschlägiges Ergebnis liefert.

3.1.4 Erhebungen der Default-Werte

Die Erhebung der Default-Werte hatte das Ziel, Daten zu ermitteln, die jeweils durchschnittliche oder repräsentative Werte von in Deutschland gebräuchlichen Technologien beschreiben. Für die Datensammlung wurden die einzelnen Technologien innerhalb des Projektkonsortiums entsprechend vorherrschender Kenntnisse und Kompetenzen verteilt. Basis der Datensammlung bildete zunächst eine umfangreiche Literaturrecherche. Neben wissenschaftlichen Publikationen und Fachliteratur dienten hier Projektberichte sowie Recherchen im Internet als Quellen. Darüber hinaus wurden Experteninterviews geführt und Daten von Herstellern und Systemanbietern gesammelt. Als Beispiel sei der Datensteckbrief für Unterdrucksysteme genannt. Auf Empfehlung eines Planungsbüros für Unterdrucksysteme wurden die oben beschriebenen Daten für zehn seit einigen Jahren im Betrieb befindliche Unterdruckentwässerungssysteme auf Fehmarn gesammelt und ausgewertet. Es handelt sich dabei somit um reale Primärdaten, die nur an einigen Stellen mithilfe von Annahmen beziehungsweise Referenzen aus der Literatur ergänzt werden mussten. Generell lag bei der Datensammlung die Priorität auf möglichst praxisnahen Werten. Diese wurden wiederum mit wissenschaftlichen Quellen (sofern verfügbar) verglichen, um sie auf ihre Plausibilität zu prüfen. Auf Grund der zeitlichen Beschränkungen wurde die Datensuche bei jedem Steckbrief in Abhängigkeit von der Komplexität nach einer bestimmten Zeit abgebrochen. In diesem Fall erfolgte eine Abschätzung des Wertes durch einen Experten. Sofern dies nicht möglich war, wurde der Wert (anhand der verfügbaren Daten) durch den Bearbeiter selbst abgeschätzt und als unsicher vermerkt. Siehe dazu auch die Ausführungen zum Datenqualitäts-Rating in Kapitel 3.1.1.

Für die Entwicklung von SAmpSONS war es notwendig, Werte für alle Datenpunkte festzulegen. Ein ganz entscheidendes Element von SAmpSONS ist die Möglichkeit, dass der Nutzer – bei genauerer Kenntnis spezifischer Daten (z.B. Energieverbrauch eines Systems oder Kosteninformationen) – diese in SAmpSONS anpassen kann. Auf diese Weise ist das Tool auch für veränderte Rahmenbedingungen nutzbar.

Im Verlauf der Datensammlung zeigte sich, dass die Definition von Default-Werten zum Teil mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden war. Der Aufwand erwies sich als deutlich höher, als im Projektantrag prognostiziert.

Die Schwierigkeiten bei der Datensammlung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In einem Datensteckbrief werden teilweise Technologien, die sehr unterschiedlich ausgestaltet sind, zusammengefasst, z.B. unterschiedliche Behandlungsverfahren in Kläranlagen. Die Schwankungsbreite der Werte ist dementsprechend erheblich. Dies stellt ein generelles Dilemma bei der Abbildung komplexer Sachverhalte dar: Nutzerfreundlichkeit und Verständlichkeit auf der einen und Genauigkeit und Detailtiefe auf der anderen Seite. Diesem Spannungsfeld soll in der zukünftigen Weiterentwicklung von SAmpSONS insofern begegnet werden, als das sowohl Nutzer als auch Systemanbieter spezifische Daten-Steckbriefe in SAmpSONS integrieren können. Dadurch lässt sich auch künftig die Datenbasis stetig erweitern und verbessern. Dieser Prozess soll in einen Qualitätssicherungsprozess eingebettet werden. Die Erarbeitung dieses Qualitätssicherungsprozesses ist für das beantragte Folgejahr geplant.
- Zum Teil bestehen noch erhebliche Datenlücken zu bestimmten Sachverhalten, zu denen noch weiterführende Forschung notwendig ist und die das Konsortium im Rahmen der Kernphase des SAmpSONS-Projektes nicht füllen konnte. Dies gilt beispielsweise für die Reinigungsleistung von Abwasserbehandlungsanlagen für organische Spurenstoffe und damit auch für die gewählte Stellvertretersubstanz Diclofenac (siehe dazu auch Kapitel 3.3.4). Der Fokus der SAmpSONS-Entwicklung lag darauf, zunächst eine funktionsfähige Version des Auswertetools zu schaffen, um den avisierten umfassenden Vergleich zwischen unterschiedlichen Technologien vorzubereiten. Sofern aktuellere Forschungsergebnisse Daten liefern, können die Default-Werte durch diese ersetzt werden.
- Abgeschätzte Werte sind mit Vorsicht zu behandeln, da sie nicht hinreichend verifiziert sind. Diese Werte wurden als unsichere Werte vermerkt. Im Zuge der weiterführenden Erprobung von SAmpSONS im Rahmen des beantragten Folgejahres soll der Einfluss dieser abgeschätzten Werte ermittelt werden, in dem sie in einem annehmbaren Rahmen (sinnvoll anzunehmende min./max.-Werte) variiert werden. Dadurch lassen sich besonders einflussreiche Werte und somit weiterer Forschungsbedarf genauer identifizieren. Ferner sind zu jedem Datenpunkt die Referenzen vermerkt, so dass der Nutzer in die Lage versetzt wird, die zugrundeliegenden Annahmen nachzuvollziehen. Auch hier gilt, dass in SAmpSONS bei Verfügbarkeit von exakteren bzw. auf die spezifische Situation passenderen Daten, die Default-Werte angepasst werden können. Generell wird für die in SAmpSONS enthaltenen Daten und für die mit SAmpSONS erzielten Ergebnisse keine Gewähr übernommen.

3.2 Konzepterstellung und Simulation

3.2.1 Zielsetzung

Als Grundlage für die Erarbeitung der Simulationsmodule diente das offene Simulationssystem für algebraische, zeitdiskrete und dynamische Systeme SIMBA# (OGUREK ET AL., 2015), welches von allen Partnern zur Erarbeitung von Modulen genutzt wurde. Hieraus wurde das eigenständige Simulationstool SAmPSONS erstellt. SAmPSONS ist ein frei verfügbares Programm, das kostenlos im Internet zum Download zur Verfügung steht.

Für das vorliegende Forschungsprojekt wurde bewusst nicht auf detaillierte Modellierungsansätze (wie z.B. die Activated Sludge Models der IWA, HENZE ET AL., 2000) zurückgegriffen, die in ihrer Komplexität und Parametervielfalt weit über dem für SAmPSONS notwendigen Detaillierungsgrad liegen. Stattdessen wurde mit stark vereinfachten Modellierungsansätzen, die ihrerseits wiederum mit Ansätzen aus der Lebenszyklusanalyse gekoppelt sind, gearbeitet. Auf erste vielversprechende Vorarbeiten konnte hierbei aufgesetzt werden (CAMPOS ET AL., 2012, ORMANDZHIEVA ET AL., 2014). Insgesamt wurden bedarfsgerechte Ansätze gewählt, die über Ansätze mit einfachen Transferkoeffizienten, wie sie in der Lebenszyklusanalyse üblich sind, weit hinausgehen, da viele Prozesse in der Abwasserreinigung nichtlinearer Natur sind.

3.2.2 Aufbau des Simulators

Für die Erarbeitung des Simulationssystems wurden folgende fünf notwendige Schritte durchgeführt:

3.2.2.1 Definition der relevanten Stoffströme:

Die Abbildung der Stoffströme dient zum einen der Veranschaulichung (z. B. Trinkwasser, Abwasser, Schlamm usw.), zum anderen auch der Vermeidung unzulässiger Kopplung von Modulen (z. B. mehrfach hintereinander geschaltete Kläranlage). Die Definition erfolgte in Anlehnung an TILLEY ET AL. (2014). Als Komponenten des Stoffstromvektors der wasserbezogenen Kriterien wurden CSB, N, P, K, S und Diclofenac identifiziert. Zusätzlich erfolgten Festlegungen für gas- und schlammbezogene Stoffströme. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über die in SAmPSONS integrierten Stoffströme.

3.2.2.2 Definition von Auswerteindikatoren:

Für die angestrebten Auswertungen wurden qualitative und quantitative Indikatoren identifiziert und in den Steckbriefen mit entsprechenden Bewertungen bzw. Berechnungsvorschriften versehen, die dann programmtechnisch umgesetzt worden sind. Eine Übersicht der in SAmPSONS integrierten Auswerteindikatoren ist in Abbildung 4 dargestellt.

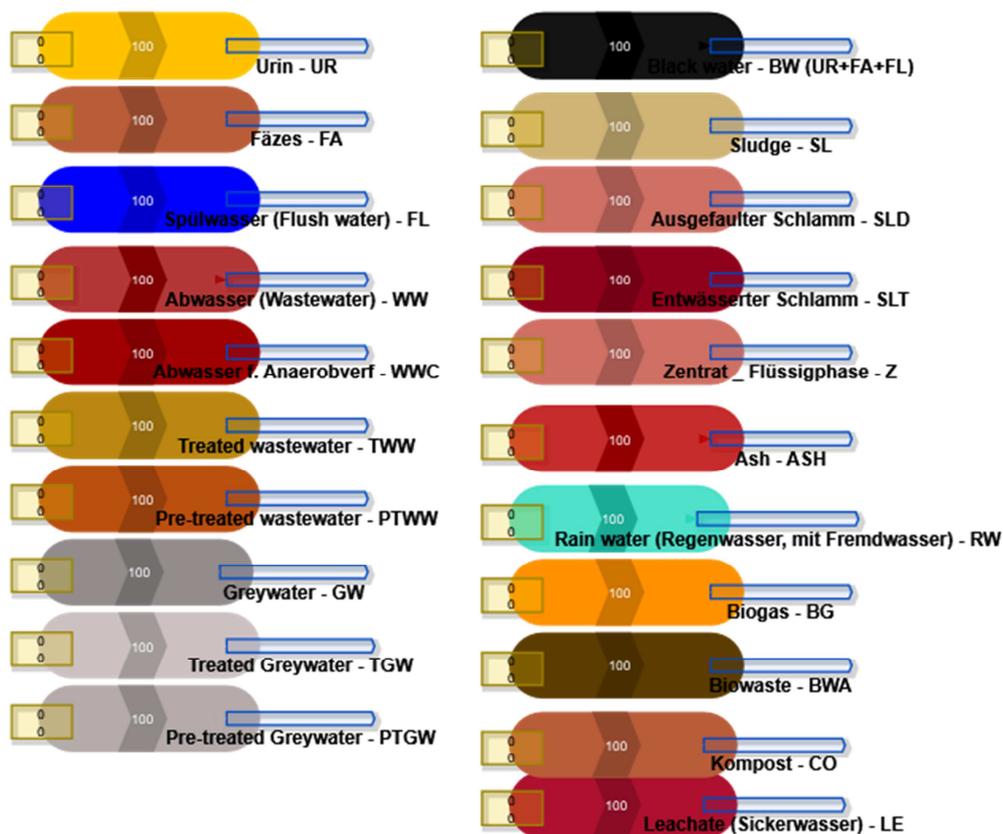


Abbildung 3: In SampSONS betrachtete Stoffströme

Nachhaltigkeitsdimension	Name Indikator	Beschreibung	Messgröße/-verfahren
Ökologie	Eutrophierungspotential (EP)	Menge des charakterisierten Nährstoffeintrags zu Land, Wasser und Luft. Wesentliche Substanzen, die zu EP beitragen: N, P, COD, NH3 Emissionen	kg PO4-Äquivalente
	Energieeinsatz	Angabe sowohl des Endenergiebedarfs als auch des Primärenergieeinsatzes	MJ
	Treibhausgasemissionen (THG)	Menge aller Treibhausgasemissionen. Wesentliche Substanzen: CO2, CH4, N2O	kg CO2-Äquivalente
	Organische Spurenstoffe / Arzneimittelrückstände	Belastung ökotoxikologischer Stoffe wird über Stellvertreter-Substanzen abgebildet. Vorschlag hier: Diclofenac	Prozentuale Eliminations- bzw. Rückhaltungswirkung
	Physikalischer Fußabdruck	Angabe des Flächenbedarfs des berücksichtigten Systems	m2
Ökonomie	Lebenszykluskosten	Ökonomische Wirkung des definierten Szenarios. Wert sollte alle Kosten und Erlöse zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfassen und bewerten.	€ als "net present value"
Soziales	Soziale Akzeptanz	Qualitativer Indikator zur Bewertung der Akzeptanz eines definierten Systems auf relevante Stakeholder. Bewertungsmethode könnte Punkte wie Komfort, Bedienbarkeit, etc. abbilden	Bewertungsskala
Technik	Flexibilität	Flexibilität hinsichtlich sich ändernder Randbedingungen	Bewertungsskala

Abbildung 4: Übersicht der in SampSONS integrierten Auswerteindikatoren.

Bei der Auswahl der Bewertungsindikatoren für SAmPSONS wurden folgende Grundprinzipien festgelegt:

- Bzgl. der Anzahl und Auswahl der Bewertungsindikatoren galt es zwei gegensätzliche Zielrichtungen zu bedienen: zum einen sollen die unterschiedlichen Nachhaltigkeitswirkungen Berücksichtigung finden, um eventuelle Zielkonflikte, z.B. zwischen Umweltwirkung und Kosten oder zwischen Menge der Treibhausgasemissionen und dem Eutrophierungspotenzial sichtbar zu machen. Zu diesem Zweck wurde eine Liste von Indikatoren erarbeitet, die die drei wesentlichen Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie und soziale Faktoren) in geeigneter Weise abbildet. Zum anderen sollte eine zu große Anzahl von Indikatoren die Bewertung der vom SAmPSONS-Nutzer definierten Szenarien nicht zu schwierig gestalten. Darüber hinaus bedeuten zusätzliche Auswerteindikatoren in den meisten Fällen auch zusätzlichen Datenbedarf und Datensammelaufwand. Daher galt folgendes Grundprinzip: „so viele Indikatoren wie nötig und so wenige Indikatoren wie möglich“.
- Bei der Auswahl der Bewertungsindikatoren galt es des Weiteren diejenigen zu definieren, die die wesentlichen Umweltwirkungen von Abwasserbehandlungssystemen widerspiegeln und die zudem die wesentlichen Unterschiede zwischen konventionellen und neuartigen Sanitärsystem aufzeigen.
- Ein weiteres Prinzip bei der Auswahl der Bewertungsindikatoren war die Quantifizierbarkeit der entsprechenden Nachhaltigkeitswirkungen. Gerade vor dem Hintergrund, dass Vertreter von neuartigen (und konventionellen) Abwasserentsorgungssystemen häufig von vermeintlichen Vorteilen sprechen, worüber es aber oft keine klaren (messbaren) Fakten gibt, soll diese „Datenlücke“ mit der Entwicklung von SAmPSONS geschlossen werden. Bei der Quantifizierbarkeit der Indikatoren innewohnenden Bewertungsmethoden wurden solche gewählt, deren Quantifizierungslogik robust und akzeptiert ist.

Im Folgenden werden die Auswerteindikatoren in SAmPSONS beschrieben:

- **Eutrophierungspotenzial (EP):** Ein wichtiger Indikator zur Beschreibung der Umweltwirkungen, insbesondere von Abwassersystemen, stellt das Eutrophierungspotenzial dar. Unter Eutrophierung bzw. Nährstoffeintrag versteht man eine Anreicherung von Nährstoffen, in erster Linie in Form von Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Das Eutrophierungspotenzial wird in Phosphat-Äquivalenten (PO_4 -äq.) angegeben. Dies bedeutet, dass alle Emissionen bezüglich ihres potenziellen Eutrophierungspotenzials zu PO_4 ins Verhältnis gesetzt werden.
- **Energieeinsatz:** Ein relevanter Indikator im Rahmen der ökologischen Bewertung von Produktsystemen stellt der Einsatz von Energie dar. Für SAmPSONS sollen zwei Indikatoren zum Energieeinsatz ausgewertet werden
 - a) Der **kumulierte Stromverbrauch** aller Verfahrensblöcke innerhalb eines vom SAmPSONS-Nutzer definierten Systems (ausgewiesen in kWh). Der Stromverbrauch gilt als wesentliche Steuerungsgröße insbesondere bei Abwasserbehandlungstechnologien.
 - b) Der **Primärenergieeinsatz:** Er beschreibt die Menge an direkt aus der Hydrosphäre, Atmosphäre oder Geosphäre entnommenen Energie oder Energieträger, die noch keiner anthropogenen Umwandlung unterworfen wurde.

Es ist zu beachten, dass der Stromverbrauch Teil des Primärenergieeinsatzes ist und nur als transparente Informations- bzw. Steuerungsgröße in SAmPSONS separat ausgewiesen wird.

- **Treibhausgasemissionen (THG):** Ein wesentlicher Indikator zur Beschreibung der Umweltwirkungen stellt das Treibhauspotenzial dar. Durch die Emissionen von Substanzen wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) oder Lachgas (N₂O) wird der natürliche Treibhauseffekt auf dem Planeten Erde verstärkt. Das Treibhauspotenzial wird in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-äq.) angegeben. Dies bedeutet, dass alle Emissionen bezüglich ihres potenziellen Treibhauseffekts zu CO₂ ins Verhältnis gesetzt werden.
- **Organische Spurenstoffe / Arzneimittelrückstände:** Spurenstoffe werden auch als Mikroverunreinigungen oder Mikroschadstoffe bezeichnet und sind im Wasser in der Luft oder anderen Stoffen in geringen Konzentrationen vorhanden. Der Bestandteil beträgt meist Mikro- oder Nanogramm (10⁻⁶ bis 10⁻⁹ Gramm). Organische Spurenstoffe sind durch eine C-Kette und i.d.R. dazugehörigen Wasserstoff gekennzeichnet. In SAmPSONS wird dieser Indikator auf Basis der Stellvertretersubstanz Diclofenac ausgewertet und beschreibt den prozentualen Anteil des in die Umwelt eingebrachten Diclofenacs im Vergleich zu den ins System eingebrachten Mengen. Mikroplastik findet derzeit noch keine Berücksichtigung in SAmPSONS, da die Datengrundlage aktuell noch zu gering ist.
- **Physikalischer Fußabdruck (Flächenbedarf):** Auf Basis dieses Indikators wird die reine Fläche berücksichtigt, die benötigt wird, um die beschriebene Technologie aufzustellen und zu betreiben. Hierzu zählen alle Bestandteile der Technologie, die für den direkten Betrieb der Anlage notwendig sind. Die Anlagen zur Erzeugung, der für den Betrieb des Verfahren benötigten Energie und Wasser, zählen (auch anteilig) nicht dazu. Lagerplätze für Betriebsmittel (z.B. Fällmittel, Flockungsmittel) vorzuhalten, zählen hingegen mit zum Flächenbedarf. Überbaubare Verfahren, wie zum Beispiel Kanäle, werden mit dem oberirdischen Flächenbedarf = 0 m² ausgewiesen.
- **Lebenszykluskosten:** Zur Bewertung der ökonomischen Dimension von konventionellen und neuartigen Abwasserentsorgungstechnologien wird der Ansatz der Lebenszykluskosten herangezogen. Der Nutzer von SAmPSONS hat darüber hinaus die Möglichkeit, schon in der Vergangenheit getätigte Investitionen zu bemessen und als „versunkene Kosten = sunk costs“ in SAmPSONS zu berücksichtigen.
- **Soziale Akzeptanz:** Der Auswerteindikator „Soziale Akzeptanz“ erfasst die Akzeptanz eines Sanitärsystems durch die Bürger. Grundsätzlich fließen in diesen Auswerteindikator Faktoren ein wie notwendige Betreuungszeit durch den Bürger, Notwendigkeit der Betreuunginitiative durch den Bürger, benutzerbezogener Platzbedarf, Ausfallanfälligkeit, subjektive Gefährdung, Umwelt-Image, Ästhetik, Geruchs-Emissionen, Geräusch-Emissionen, Bio-Emissionen, Bezahlbarkeit im Allgemeinen und Bezahlspitzen im Speziellen. Um jedoch nicht für jeden dieser möglicherweise kontextsensitiven Faktoren einen Wert bereitzustellen, werden diese Faktoren im Sinne einer Checkliste in einem vom Benutzer zu definierenden dreistufigen Wert zusammengefasst. Pro Systemkomponente muss der Benutzer zwischen 0 – Abweichung zum Negativen, 1 – keine Abweichung von der Norm und 2 – Abweichung zum Positiven wählen. Die festgelegten Werte werden gemittelt und zu einem Gesamtwert aggregiert.
- **Flexibilität:** Im Rahmen von SAmPSONS wird auf die Definition von Flexibilität als die Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umstände zurückgegriffen. Beispiele sich ändernder Umstände mit Ein-

fluss auf Sanitärsysteme sind Preisentwicklung für Energie und Rohstoffe, Demographie oder Klimaänderungen. Für den Auswerteadikator Flexibilität werden drei Faktoren in einem Berechnungsalgorithmus herangezogen:

- a) Der **Restbuchwert** ist relevant, da er aus ökonomischer Sicht ein Maß für Flexibilität ist. Hohe Restbuchwerte erschweren Systemänderungen.
- b) Das **Beeinträchtigungspotenzial** von Systemänderungen für den Nutzer ist aus sozialer Sicht ein Maß für Flexibilität. Änderungen auf der Kläranlage bleiben für den Nutzer weitestgehend ohne direkte Beeinträchtigung, während der Einbau einer Vakuumtoilette zum einen den Benutzer sowohl durch die Baumaßnahmen in der unmittelbaren Lebensumgebung beeinträchtigt als auch zum anderen als Änderung der „Nutzerschnittstelle“ des Sanitärsystems dauerhaft für den Nutzer erfahrbar bleibt.
- c) Steht der Restbuchwert für die ökonomische Flexibilität eines Systems, so kann durch den Einsatz an Material- und Energie für die Erstellung der Komponente die ökologische Flexibilität gefasst werden. In Analogie zum Restbuchwert wird die „**Rest-Graue Energie**“ genutzt, um auszudrücken, wieviel der schon aufgewendeten Grauen Energie bei einer Systemänderung „ohne Nutzung bleibt“.

3.2.2.3 Erstellung von Auswertungsroutinen

Zur Berechnung und Visualisierung der Ergebnisse bzgl. der in Kapitel 3.2.2.2 beschriebenen Indikatoren wurden geeignete, nutzerverständliche Ausgabeformate identifiziert und die entsprechenden Berechnungen und Ausgaben zu einem großen Teil umgesetzt. Neben der Anzeige der Stoffströme in Sankey-Diagrammen direkt in SAmPSONS werden separate Ergebnistabellen erstellt. Diese enthalten die Ergebnisse zu den unterschiedlichen Indikatoren jeweils für die einzelnen Technologien und für das gesamte in SAmPSONS simulierte System in aggregierter Form. Aus diesen Ergebnistabellen lassen sich in einem nächsten Schritt weitere grafische Darstellungen erstellen. In dem beantragten Folgejahr ist geplant, die grafische Erstellung der Ergebnisse aus der separaten Ergebnisdatei zu automatisieren.

3.2.2.4 Auswahl und Zusammenstellung der Umweltprofile

In die Auswertung von Technologien und Stoffströmen, beispielsweise bzgl. Treibhausgasemissionen, gehen etliche Daten und Parameter ein. Die für SAmPSONS relevanten Daten wurden im Rahmen der Datensteckbrieferstellung ermittelt und mit Hintergrunddaten aus Ökobilanzdatenbanken (wie z. B. GaBi Version 8.1) kombiniert. Diese werden von SAmPSONS auf Basis einer Tabellenkalkulationsdatei eingelesen (vgl. Anhang A2). Etwaige später notwendige Aktualisierungen (beispielsweise bei Änderungen des Umweltprofils der Zusammensetzung des deutschen Stromes – „Deutscher Strommix“) lassen sich durch Aktualisierung dieser Tabellenkalkulationsdatei einfach bewerkstelligen.

3.2.2.5 Umsetzung der Technologie-Steckbriefe in Simulationsmodule

Abbildung 1 zeigt die bereits umgesetzten und im Simulator verfügbaren Verfahrensmodule. Diese wurden auf Basis der Steckbriefe unter Verwendung eines Modelleditors erstellt, der zum einen die Definition der erforderlichen Nutzerdialoge und zum anderen eine umfassende und komfortable Dokumentation der im-

plementierten Ansätze erlaubt. In Anhang A1 ist die derzeit implementierte Modulbibliothek dargestellt. Exemplarisch zeigt Abbildung 5 einen ausgewählten Nutzerdialog des Moduls „Kläranlage (ohne Faulung) – Größenklasse 1 bis 5“. Abbildung 6 zeigt beispielhaft den Simulatoreaufbau in der Entwicklungsumgebung.

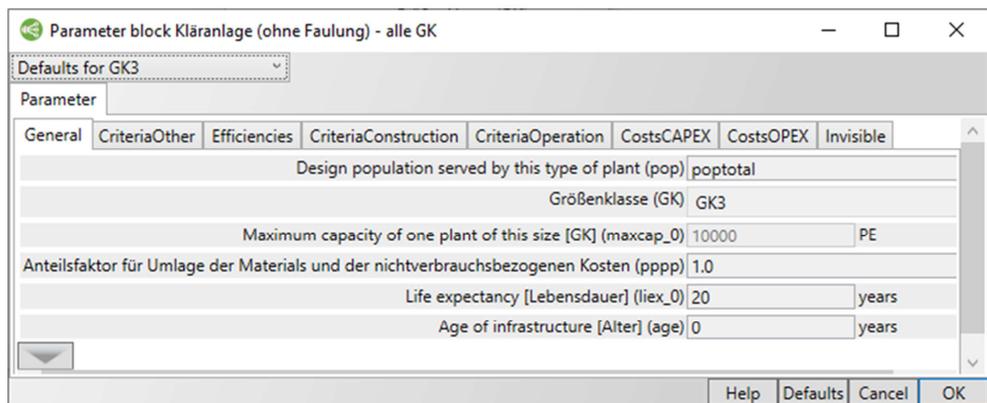


Abbildung 5: Auszug aus dem Parameterdialog für den Block „Kläranlage alle Größenklassen“

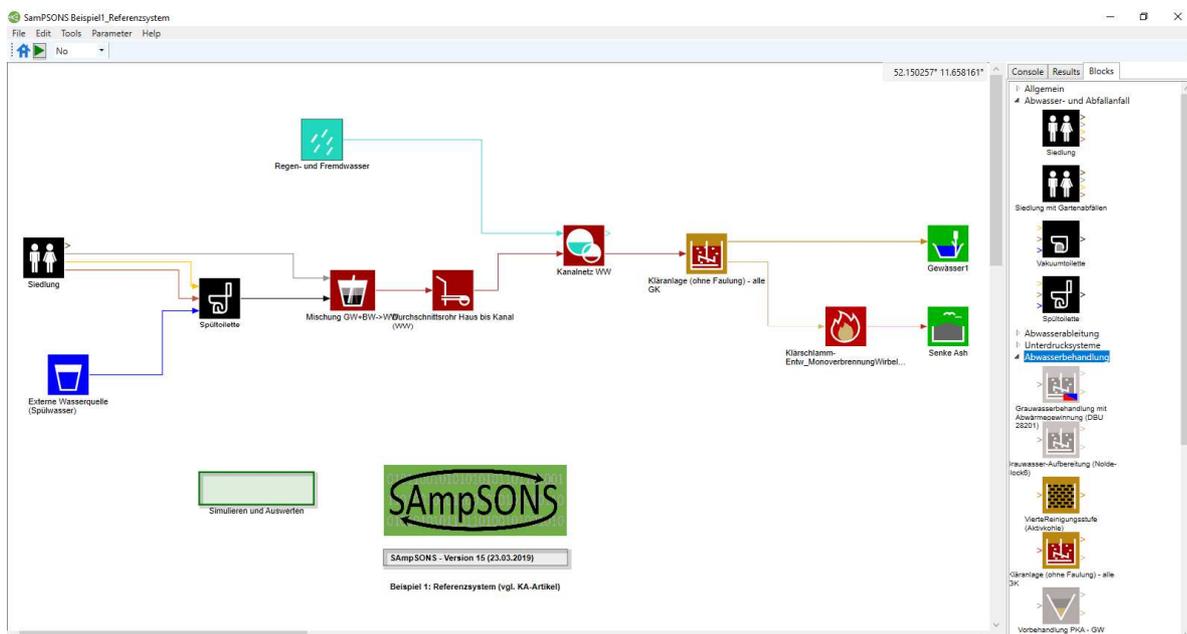


Abbildung 6: Nutzerschnittstelle des SAmPSONS-Simulators

Nach Aufbau des jeweiligen Fallstudienmodells und Parametrisierung sowie der Verknüpfung der Verfahrensblöcke lassen sich per Knopfdruck Simulation und Auswertung (Abbildung 7, grün hinterlegt) in einem Schritt durchführen.

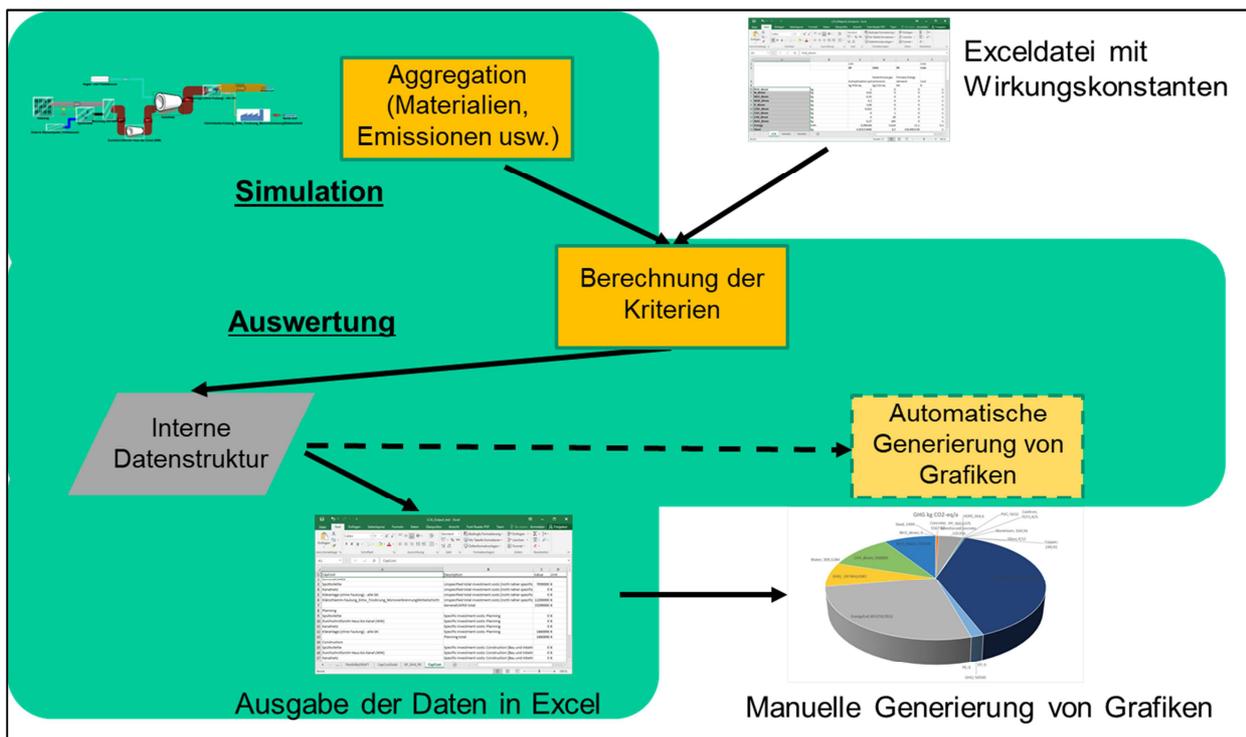


Abbildung 7: Ablauf von Simulation, Auswertung und Ausgabe

3.3 Wesentliche Ergebnisse - Fallbeispiele

Die Validierung und Illustration des Anwendungsspektrums von SAmPSONS erfolgte anhand verschiedener Fallbeispiele. Die Validierung gibt zum einen Rückmeldungen für die Entwicklung sowohl auf fachlicher (Richtigkeit der getroffenen Annahmen) als auch technischer Ebene (Korrektheit der technischen Umsetzung). Zum anderen hilft sie, die Qualität der erreichten Simulationsergebnisse zu beurteilen (Evaluierung der Simulationsergebnisse). Methodisch wurden verschiedene Fallbeispiele identifiziert, die erstens inhaltlich mit NASS verknüpft sind (z.B. durch existierende Umsetzungen oder Planungen) und für die zweitens eine gute Datengrundlage existiert. Durch den Vergleich der Simulationsergebnisse von SAmPSONS mit den vorliegenden Daten und den ermittelten Ergebnissen ergeben sich Hinweise auf die Qualität der Simulationsergebnisse und notwendige Änderungsbedarfe.

In der Entwicklung von SAmPSONS erfolgte eine Fokussierung auf bestimmte, als wesentlich angesehene Technologien. Das führt dazu, dass derzeit nicht alle Technologien, die in den Fallbeispielen dargestellt sind, in SAmPSONS zur Verfügung stehen. Hinzu kommt die unterschiedliche Ausgestaltung innerhalb der Technologien. Beispielsweise kommen in Kläranlagen sehr unterschiedliche Verfahren zur Behandlung des Abwassers zum Einsatz. In SAmPSONS kann dieser Vielfalt an Möglichkeiten sowohl an unterschiedlichen Technologien als auch an Kombinationsmöglichkeiten innerhalb einer Technologie nur bedingt Rechnung getragen werden. Während der Abbildung der Fallbeispiele zeigte sich allerdings auch, dass SAmPSONS die Möglichkeit bietet, die einzelnen Technologien auf spezifische Bedarfe anzupassen.

3.3.1 Fallbeispiel 1- Wohlsborn (BUW)

Wohlsborn ist eine 500 Einwohner-Gemeinde nördlich von Weimar in Thüringen. Neben einer Neubausiedlung gibt es einen Altort, dessen Abwasserinfrastruktur nicht mehr dem Stand der Technik entspricht und

sanierungsbedürftig ist. Die Einwohnerzahl von Altort und Neubausiedlung ist in etwa gleichverteilt, so dass für beide 250 Einwohner anzunehmen sind. Im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts TWIST++ (FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI 2016) war Wohlsborn Modellgebiet. Es existieren daher verschiedene Planungsalternativen sowohl für die Anwendung von NASS als auch für die Ertüchtigung der Wasserinfrastruktur mit konventionellen Systemalternativen, die jeweils auf Nachhaltigkeit bewertet wurden (SARTORIUS ET AL. 2017). Die Planungsalternativen wurden als Quelle verschiedener Simulationsszenarien genutzt. Dabei ist anzumerken, dass die Abwasserinfrastruktur für die Neubausiedlung im aktuellen Zustand belassen werden kann und nur für den Altort Planungsalternativen untersucht werden müssen. Ebenfalls ist die Teilortskanalisation (Teilortskanäle: Entwässerungssysteme variabler baulicher Qualitäten, die dezentral vorbehandeltes häusliches Schmutzwasser und meist auch Niederschlagswasser ohne weitere Behandlung in ein Gewässer einleiten), in allen betrachteten Simulationsszenarien enthalten. Die Vergleichswerte zur Evaluation der Simulationsergebnisse wurden über eine personell von der Entwicklungsarbeit unabhängige Datenerhebung und Modellierung bereitgestellt (STEINHAUER 2018).

Insgesamt wurden drei verschiedene Simulationsszenarien betrachtet, die im Folgenden jeweils kurz beschrieben sowie graphisch dargestellt werden.

3.3.1.1 Szenario 1: Ist-Zustand

Das Szenario Ist-Zustand (Abbildung 8) illustriert das derzeitige zweigeteilte Sanitärsystem im Ort. Im Altort gibt es mechanische Absetzgruben, die in die sogenannte Teilortskanalisation entwässern. Diese entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik und müssten bei Beibehaltung des Systems durch aktuelle Kleinkläranlagen ersetzt werden.

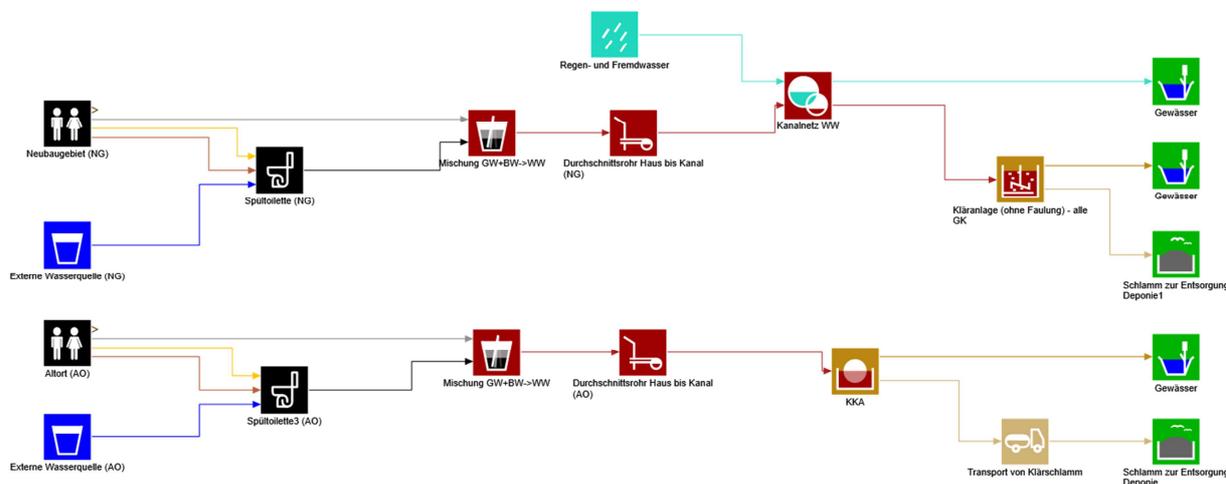


Abbildung 8: Wohlsborn-Szenario 1: Ist-Zustand

3.3.1.2 Szenario 2: Konventionelles Abwassersystem

Das Szenario „Konventionelles Abwassersystem“ (Abbildung 9) zeigt das Ergebnis der Sanierung des nicht mehr dem Stand der Technik entsprechenden Sanitärsystems nach konventionellen Lösungsansätzen. Im Einzelnen sind dies die Maßnahmen:

- Neubau von Schmutzwasserkanälen

- Überleitung des Schmutzwassers in die 3 km entfernte Kläranlage Leutenthal.

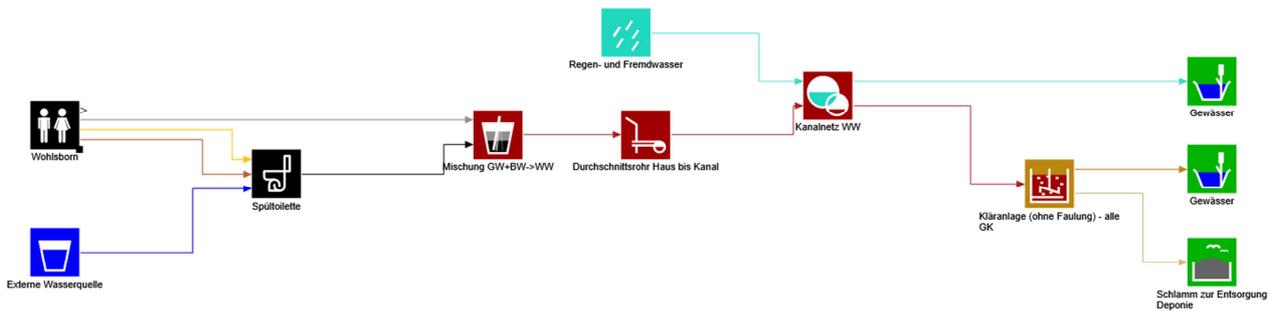


Abbildung 9: Wohlsborn-Szenario 2: Konventionelles Abwassersystem

3.3.1.3 Szenario 3: NASS

Dieses Szenario illustriert die Nutzung von NASS-Komponenten bei der Sanierung des Sanitärsystems des Altorts (Abbildung 10). Methodisch wird dabei auf die Variante NASS I der in TWIST++ betrachteten Planungsalternativen zurückgegriffen (SARTORIUS ET AL. 2017). Das Szenario zeichnet sich aus durch die folgenden Maßnahmen:

- Trennung der Ströme Schwarz- und Grauwasser durch Doppel-Inliner-Technik in Bestandsgebäuden
- Unterdruckableitung des Schwarzwassers
- Anaerobe Behandlung des Schwarzwassers in einer ortsspezifischen UASB-Anlage (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor)
- On-Site-Behandlung von Grauwasser (Submerged Biomembrane Reactor (SMBR))
- Nutzung der vorhandenen Teilortskanäle für die Regenwasserableitung

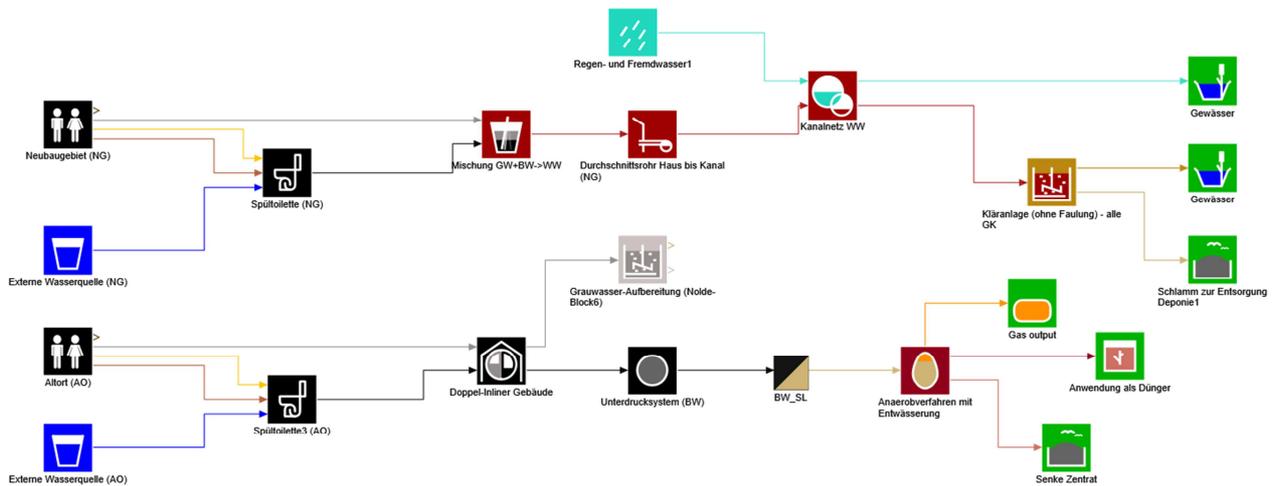


Abbildung 10: Wohlsborn-Szenario 3: NASS

Abbildung 11 zeigt die Volumen der Stoffströme des Szenarios 3.

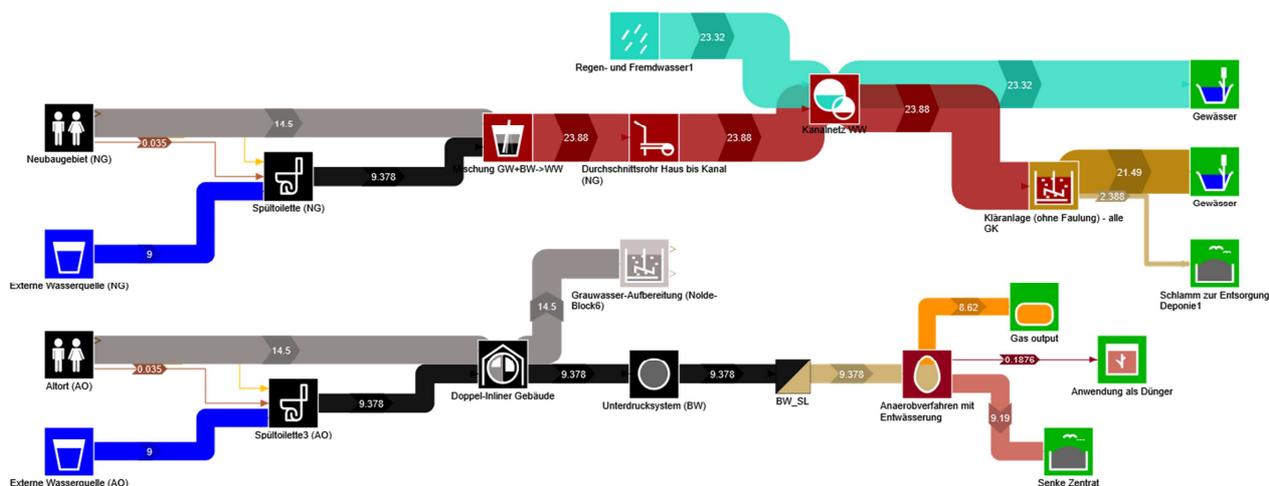


Abbildung 11: Wohlsborn-Szenario 3 (NASS): Sankey-Diagramm der Stoffströme (Einheit: m³/d)

3.3.1.4 Vorgehen

Die drei Szenarien wurden genutzt, um die Simulationsergebnisse von SAmPSONS mit den Referenzwerten aus SARTORIUS ET AL. (2017) und STEINHÄUER (2018) zu vergleichen. Insbesondere dienen diese Szenarien der vergleichenden ökonomischen Betrachtung. Beim Vergleich der beiden Szenarien 1 und 3 ergab sich beispielsweise ein Kostenvorteil von 33 % zugunsten des NASS-Szenarios. Die Werte müssen jedoch vor dem Hintergrund einer hohen Datenunsicherheit betrachtet werden, die als typisch für die Grobplanung anzusehen ist. Auch weisen verschiedene Publikationen auf diese Herausforderung hin (z.B. SCHULZ ET AL. (2012)). Zu den Unsicherheiten, mit denen die Berechnungsergebnisse behaftet sein können, zählen:

- **Nutzung von Standardwerten.** Obgleich einige Szenario-spezifische Werte ermittelt wurden, fließen in die Ergebnisse eine Vielzahl der in SAmPSONS hinterlegten Standard-Werte ein. Diese drücken zum einen die hohe Flexibilität von SAmPSONS aus, können aber im konkreten Einzelfall durch eine großzügige allgemeingültige Abschätzung zu einer hohen Abweichung führen, die oft nicht durch fallspezifische Einzelwerte verhindert werden kann. Beispiel hierfür sind die Baukosten von Kanalleitungen, die einer Vielzahl von Einflussfaktoren unterliegen, wie der notwendigen Bautiefe, der Untergrundbeschaffenheit oder der Siedlungsdichte.
- **Unterschiede in den Komponenten.** Es werden Komponenten unterschiedlicher Ausgestaltung verbaut, deren Charakteristiken sich nicht alle detailgetreu erfassen lassen. Auch konnten zum Teil nur Werte von Komponenten ermittelt werden, die nicht als repräsentativ für alle Anwendungsfälle gelten können.
- **Händelbarkeit der Modelle.** Die Erfassung aller Einflussfaktoren sprengt den Umfang von SAmPSONS und überfordert zudem den Benutzer. Aus diesem Grund wurden beispielsweise keine regionalen Unterschiede von Kostenniveaus abgebildet.
- **Keine automatische Anpassung der Kosten.** Auf eine automatische Anpassung der Kosten aus verschiedenen Jahren wird derzeit gleichfalls noch verzichtet.
- **Bezugsgröße EW.** Die Bezugsgröße EW-Gleichwerte verursacht Verzerrungen, wenn z.B. Stoffströme geteilt werden. Zudem wurde für viele Komponenten eine lineare Skalierbarkeit angenommen, die aber in der Realität so nicht vorliegt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass SAmPSONS konzeptionell in der Lage ist, Anhaltswerte für die Kosten (u.a. Betriebskosten, Fixkosten oder Investitionskosten) verschiedener Szenarien zu berechnen. Die Genauigkeit der derzeitig berechneten Werte erlaubt eine grobe Orientierung, muss aber im Einzelfall geprüft und sollte in weiteren Versionen noch gesteigert werden.

3.3.2 Fallbeispiel 2: Ergebnisse aus dem SCST-Projekt Stahnsdorf und Dissertation Remy (2010) (TUB)

Auf dem Klärwerk der Berliner Wasserbetriebe in Stahnsdorf war in einem Wohn- und einem Betriebsgebäude ein neuartiges Sanitärsystem installiert. In den Jahren von 2003 bis 2006 wurden hier im Rahmen des EU-Demonstrationsprojektes „Sanitärkonzepte für die separate Erfassung und Behandlung von Urin, Fäkalien und Grauwasser – SCST“ Untersuchungen durchgeführt. Ziel des SCST-Projektes war die Erprobung neuartiger Sanitärkonzepte (Fließbild siehe Abbildung 12). Insbesondere sollte der Fokus auf die ökologischen und ökonomischen Vorteile/Nachteile beim Einsatz von NASS gegenüber den konventionellen Sanitärsystemen mit Schwemmkanalisation und zentraler Kläranlage (end-of-pipe-System) aufgezeigt werden.

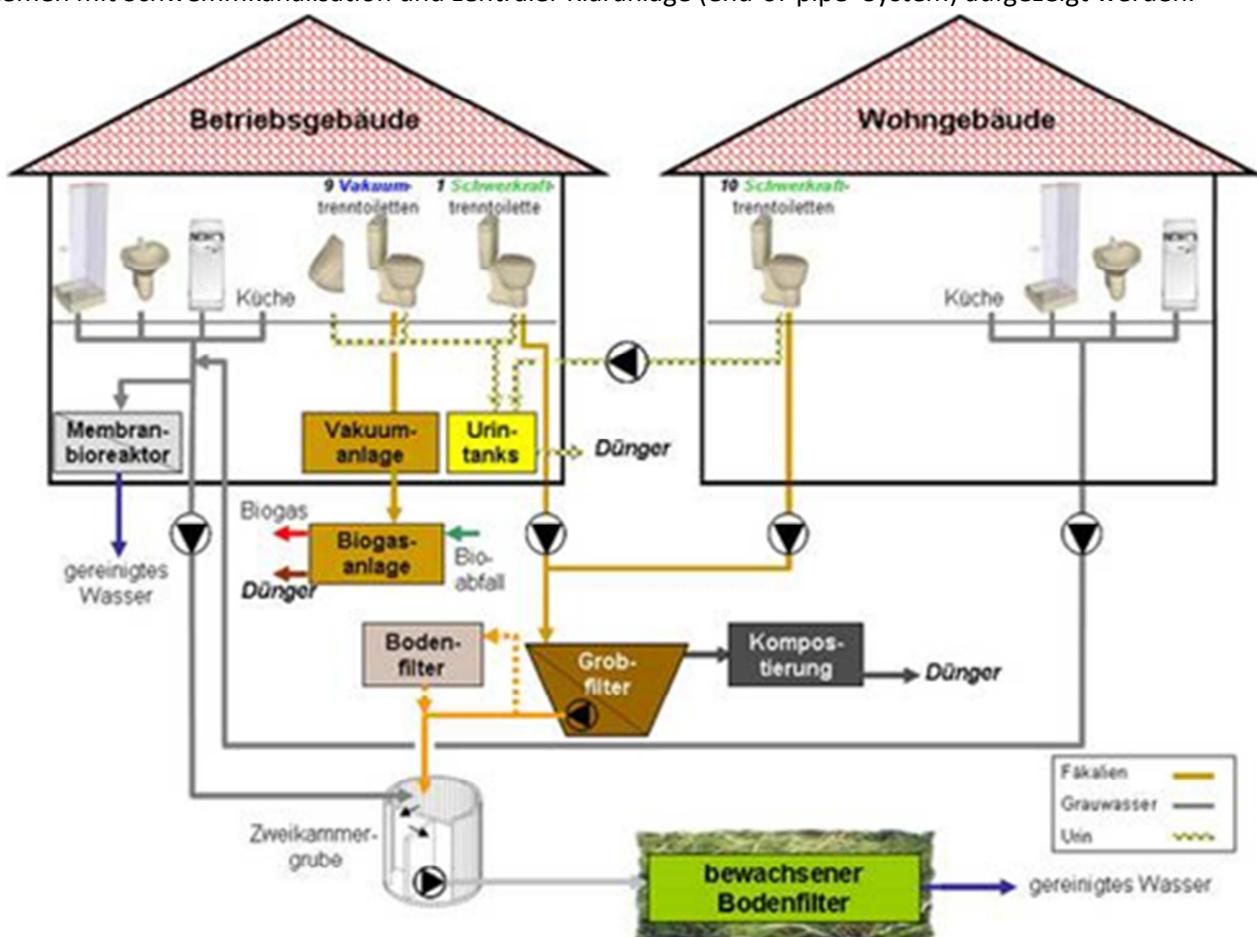


Abbildung 12: Darstellung des stoffstromorientierten Sanitärkonzeptes in KWB (2012)

Im Rahmen des SCST-Projektes wurde, um potenzielle Vor- und Nachteile gegenüber den konventionellen Sanitärsystemen abschätzen zu können, eine Kostenvergleichsrechnung sowie die Methodik des Life Cycle Assessments (LCA) für verschiedene Szenarien (siehe Abbildung 14) alternativer und konventioneller Sanitärsysteme anhand eines Baugebietes einer fiktiven mittelgroßen Siedlung im Berliner Raum (siehe Abbildung 13) mit 5.000 Einwohnern genutzt.

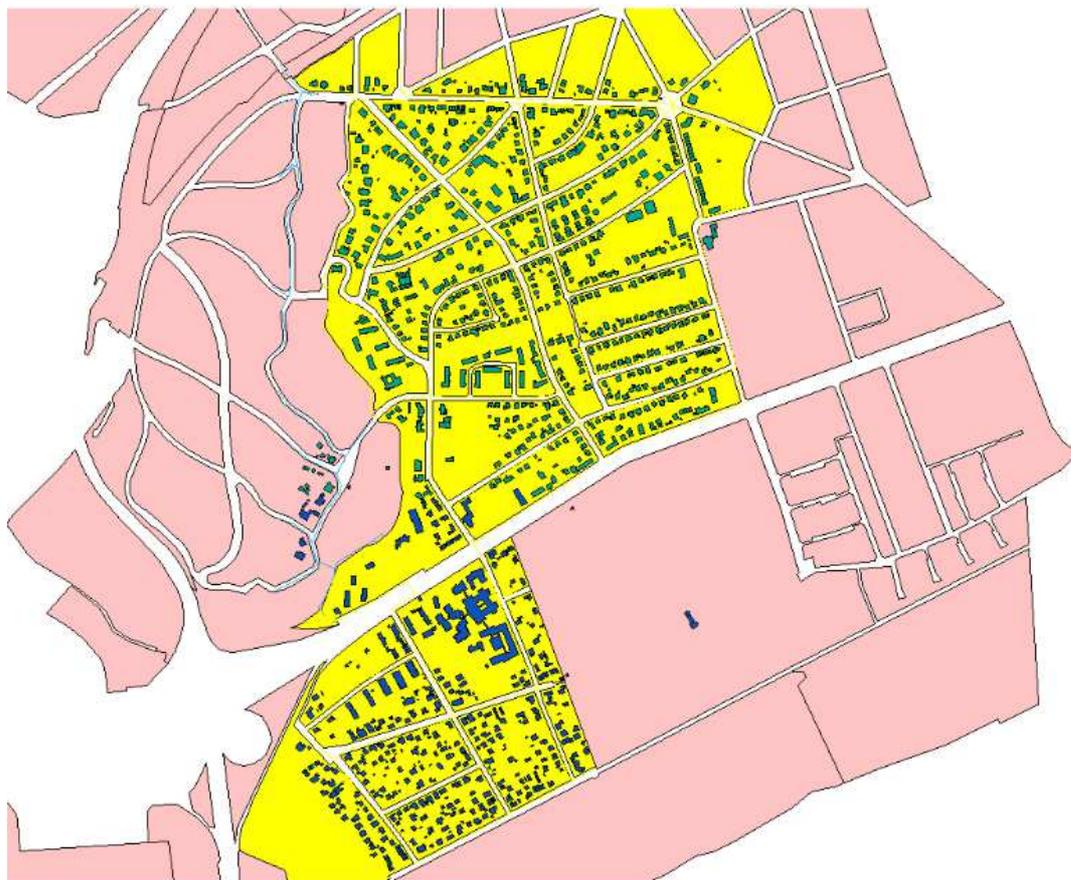


Abbildung 13: Untersuchungsgebiet (Berlin Nicolassee) für verschiedene Szenarien im SCST-Projekt (Otterwasser 2007)

Dabei wurden neben dem ökologischen Vergleich auch ökonomische Parameter (Bau der Infrastruktur) herangezogen, um deren Einfluss auf die Gesamtökobilanz darzustellen. Ein Bestandteil war der ökologische Vergleich von alternativen Verfahren der Teilstrombehandlung von Gelb-, Braun-, Schwarz- und Grauwasser sowie dazugehörend Bioabfällen über den Zeitraum von einem Jahr.

Die Ergebnisse wurden zum einen aus REMY & RUHLAND (2006) sowie aus REMY (2010) betrachtet. Insgesamt wurden untersucht:

Scenario	Urine	Faeces	Greywater	Biowaste*
R	Combined collection and treatment in CAS plant (extended nutrient removal, sludge digestion and incineration)			
R_{min}	Combined collection and treatment in CAS plant (only nitrification, aerobic sludge stabilisation and incineration)			Composting → fertilizer
R_{agri}	Combined collection and treatment in CAS plant (extended nutrient removal, sludge digestion and application in agriculture)			
V1			SBR	
V2	Vacuum drainage and digestion → energy + fertilizer		Soil filter	Digestion → energy and fertilizer
V3			MBR + reuse	
SV1			SBR	
SV2	Separate collection → fertilizer	Vacuum drainage and digestion → energy + fertilizer	Soil filter	Digestion → energy and fertilizer
SV3			MBR + reuse	
SC1			SBR	
SC2	Separate collection → fertilizer	Gravity drainage and composting → fertilizer	Soil filter	Composting → fertilizer
SC3			MBR + reuse	

* 50% of garden biowaste and 20% of kitchen biowaste is incinerated in each scenario
 CAS: conventional activated sludge
 SBR: sequencing batch reactor
 MBR: membrane bioreactor

Abbildung 14: Untersuchte Verfahrenskombinationen nach REMY (2010)

Die im SCST-Projekt ermittelten Ergebnisse wurden mit Ergebnissen einer Simulation mithilfe von SAmPSONS verglichen. Als Variante für den Vergleich wurde das Szenario V2 von REMY (2010) ausgewählt, da dieses Szenario komplett mit allen in SAmPSONS verfügbaren Blöcken abgebildet und modelliert werden konnte (Abbildung 15).

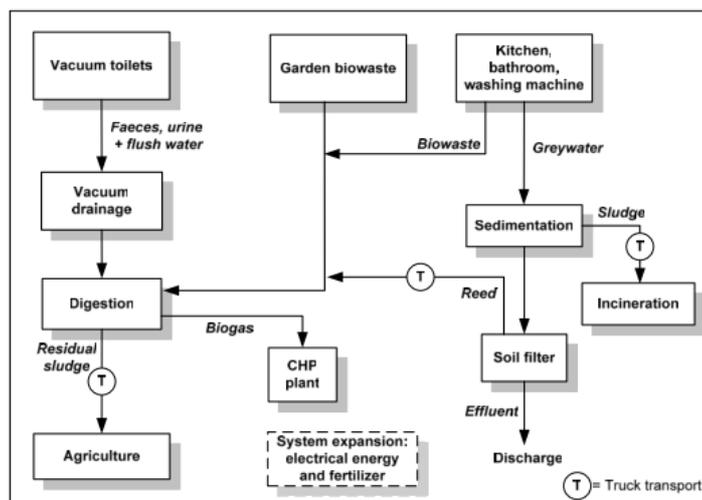


Abbildung 15: Szenario V2 aus der Dissertation von REMY (2010)

3.3.2.1 Darstellung des in SAmPSONS simulierten Systems

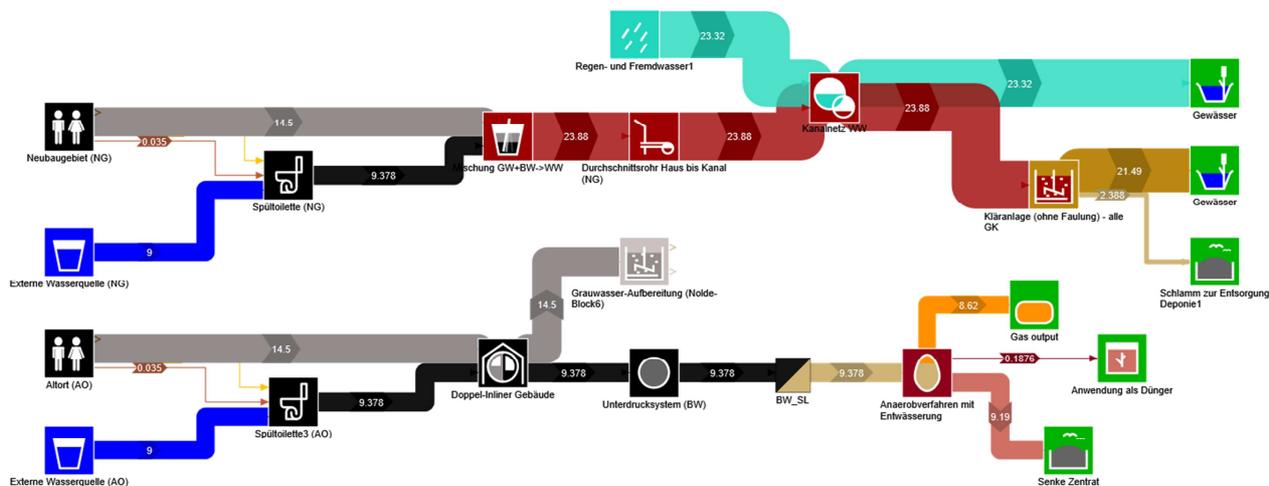


Abbildung 16: in SAmPSONS erstelltes Simulationsbeispiels anhand der Verfahrenskombination Szenario V2 im SCST-Projekt (REMY (2010))

Die Siedlungsgröße ist auf 5.000 Einwohner festgelegt worden. Dabei handelt es sich um ein reines Wohngebiet. Öffentliche Gebäude, wie Krankenhäuser, Schulen oder Kindergärten, sind nicht Bestandteil der Betrachtungen. Der Bilanzraum ist auf das Gebiet beschränkt. Transfers jeglicher Art aus oder zu Außenbereichen werden nicht berücksichtigt.

3.3.2.2 Erfassung

Die Aufteilung des Abwassers erfolgt in die Teilströme Grauwasser und Schwarzwasser. Weiterhin wird der Stoffstrom Bioabfall betrachtet. Die Erfassungsgegenstände außer den Toiletten (Duschen, Handwaschbecken etc.) werden nicht detailliert dargestellt.

3.3.2.3 Transport und Behandlung

Das Grauwasser wird in einer Dreikammergrube mechanisch vorbehandelt. Dabei erfolgt eine Abscheidung der Feststoffe. Danach wird das vorbehandelte Grauwasser (PTGW-pre-treated Greywater) in einem bewachsenen Bodenfilter (Pflanzenkläranlage-PKA) behandelt. Das gereinigte Grauwasser wird in ein Gewässer eingeleitet. Eine weitere Behandlung nach der PKA (Hygienisierung etc.) erfolgt nicht. Der Primärschlamm aus der mechanischen Vorbehandlung wird einer Monoverbrennung (Wirbelschichtverfahren) zugeführt. Die dabei entstehende Asche wird bilanziell in einer Senke (Ash) gesammelt.

Das Schwarzwasser wird aus den drei Teilströmen Urin, Fäzes und Spülwasser zusammengesetzt und in Vakuumtoiletten erfasst, abgeleitet und mit dem in den Haushalten gesammelten und vorbehandelten (zerkleinerten) Bioabfällen gemischt. Beide Teilströme werden in der Co-Vergärung (Co-Substrat: Bioabfälle) in Biogas und Schlamm transformiert. Der in der Vergärung entstehende Schlamm wird in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt. Das produzierte Biogas wird in einem Blockheizkraftwerk in elektrische und thermische Energie umgewandelt und bilanziert. Mengenmäßig sind die Stoffströme in Abbildung 16 dar-

gestellt. Tabelle 1 enthält die Komponenten des Referenzsystems und Aussagen zur Abbildbarkeit in SAmPSONS.

Tabelle 1: Darstellung des Fallbeispiels in SAmPSONS und Vergleich mit denen in SCST Bericht untersuchten Technologien

Referenzsystem	
Komponenten	abbildbar in SAmPSONS
Mengen und Frachten	ja
Vakuumtoilette	ja
Vakuumrohrleitung	ja
Vergärung	ja
Anwendung in der Landwirtschaft	ja* ¹
Mitbehandlung von Küchenbioabfall	ja* ²
Mitbehandlung von Garten-Bioabfall	ja* ²
Biogasnutzung BHKW	ja
Monoverbrennung	ja* ³
Mitbehandlung des Bewuchses des Bewachsenen Bodenfilters	nein* ⁴
Verbrennung Bewuchs	nein* ⁴

*¹ als Senke zur Bestimmung des Recyclingpotenzials ohne Emissionen etc.

*² ohne Erfassungssystem

*³ der Block Monoverbrennung enthält die Verfahren: Entwässerung, Faulung, Trocknung und Monoverbrennung in aggregierter Form

*⁴ eine Bilanzierung des Bewuchses erfolgte nicht

3.3.2.4 Vergleich der verschiedenen Parameter

Für die Validierung wurden verschiedene Parameter ausgewertet, die mit SAmPSONS bilanziert werden können. Anhand der vorliegenden Daten aus Remy (2010) wurden die Simulationsergebnisse ausgewertet und verglichen. Es wurden insbesondere die folgenden Parameter betrachtet:

- Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Kalium)
- Kohlenstoff - CSB
- Energiebedarf
- Umweltwirkungen
 - Eutrophierungspotenzial
 - Treibhausgaspotenzial

- Primärenergiebedarf

3.3.2.5 Nährstoffe

Stickstoff

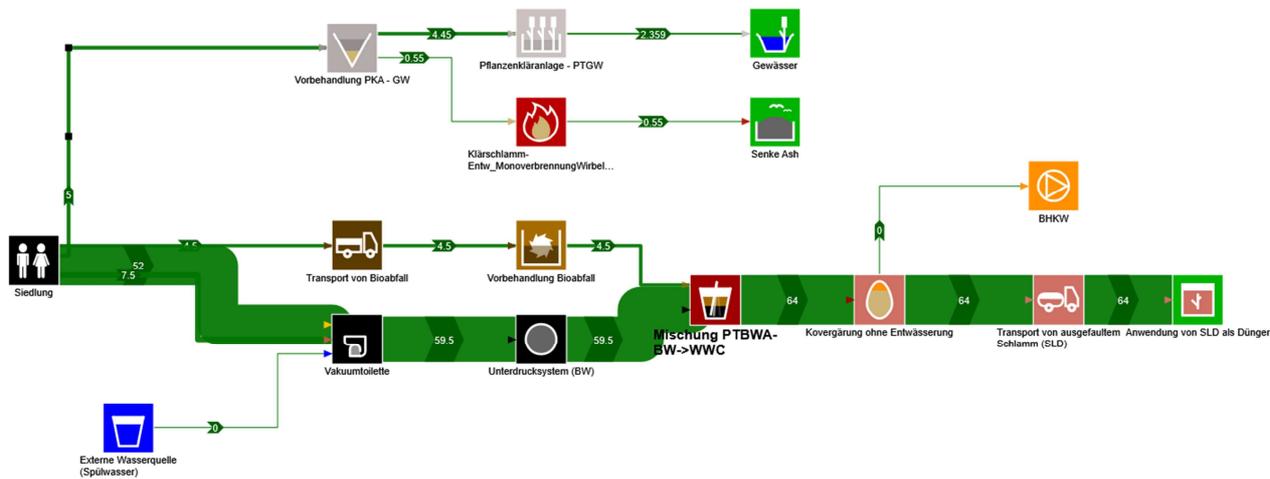


Abbildung 17: Sankey-Diagramm zum Stickstoff-Recycling-Potenzial [kg N/d]

Stickstoff ist zum größten Anteil im Teilstrom Urin und damit, nach Mischen mit Fäzes und Spülwasser, im Schwarzwasser enthalten. Eine weitere Stickstofffracht kommt aus den Bioabfällen hinzu. Der N-Anteil im Bioabfall beträgt in diesem Beispiel 7 %.

Eine Wiedernutzung kann nach Co-Vergärung in der Landwirtschaft erfolgen. Eine Entwässerung des Klärschlammes wurde in der SAmPSONS-Simulation nicht berücksichtigt. Hinsichtlich der Transportauswirkungen könnte an dieser Stelle mithilfe einer Entwässerung des Schlammes optimiert werden. Etwaige Verluste bei der Behandlung können für die Simulation in SAmPSONS erfasst werden. Bei diesem Szenario wurden keine Stickstoffverluste berücksichtigt. Der Stickstoff wird in der Landwirtschaft als Dünger genutzt.

Der N-Anteil des Grauwassers am gesamten Stickstoff im zu behandelnden Abwasser aus der Siedlung beträgt 7 %. Nach Vorbehandlung und Reinigung in der PKA gelangt der Anteil von 3,5 % vom gesamten Stickstoff in das Gewässer. Die Auswirkungen für das Nährstoffrecyclingpotenzial bei einer Rückführung von Zentrat aus dem Monoverbrennungsblock (inkl. Entwässerung, siehe Tabelle 1) wurden nicht berücksichtigt.

Phosphor

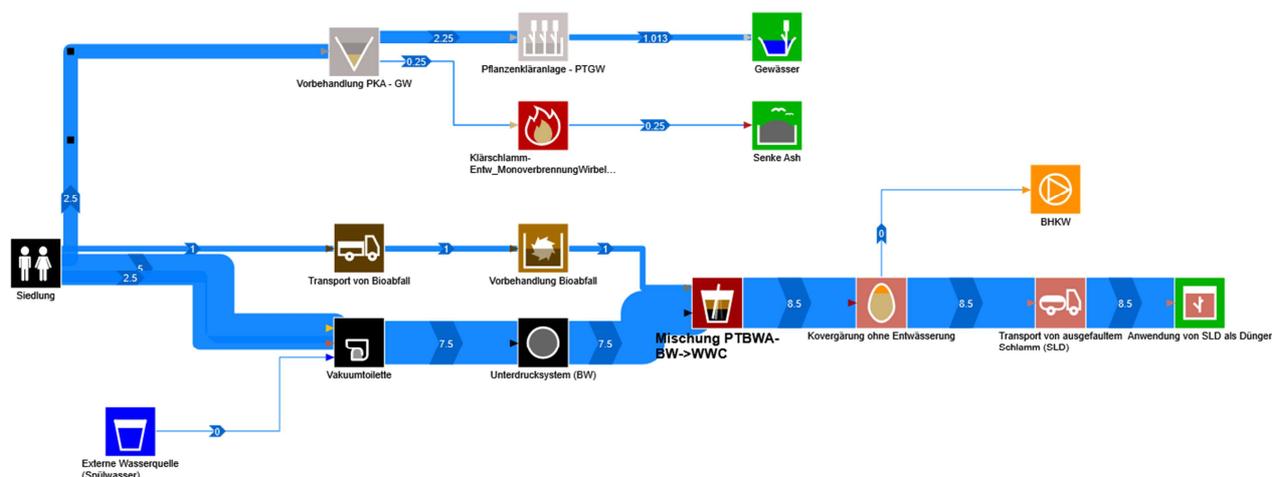


Abbildung 18: Sankey-Diagramm zum Phosphor-Recycling-Potenzial [kg P/d]

Deutlich zu erkennen ist, dass die größte P-Fracht ebenfalls im Teilstrom Urin vorhanden ist. Nach dem Mischen mit Fäzes und Spülwasser in der Vakuumtoilette sind ca. 67 % P-Anteil im Schwarzwasser und ca. 20 % im Grauwasser vorhanden. Ein geringer P-Anteil von ca. 13 % kommt aus den Bioabfällen. Die Hauptwiedernutzung kommt, wie beim Stickstoff (s.o.) nach Vergärung, aus dem Schwarzwasser (+Bioabfall). Ein kleiner P-Anteil wird nach der PKA dem Gewässer zugeführt. Eine Wiedernutzung des Phosphors aus dem Grauwasser ist bilanziell nicht berücksichtigt, da ein P-Recycling aus der Asche aufgrund des mengenmäßig zu geringen Anteils nicht sinnvoll ist.

Kalium

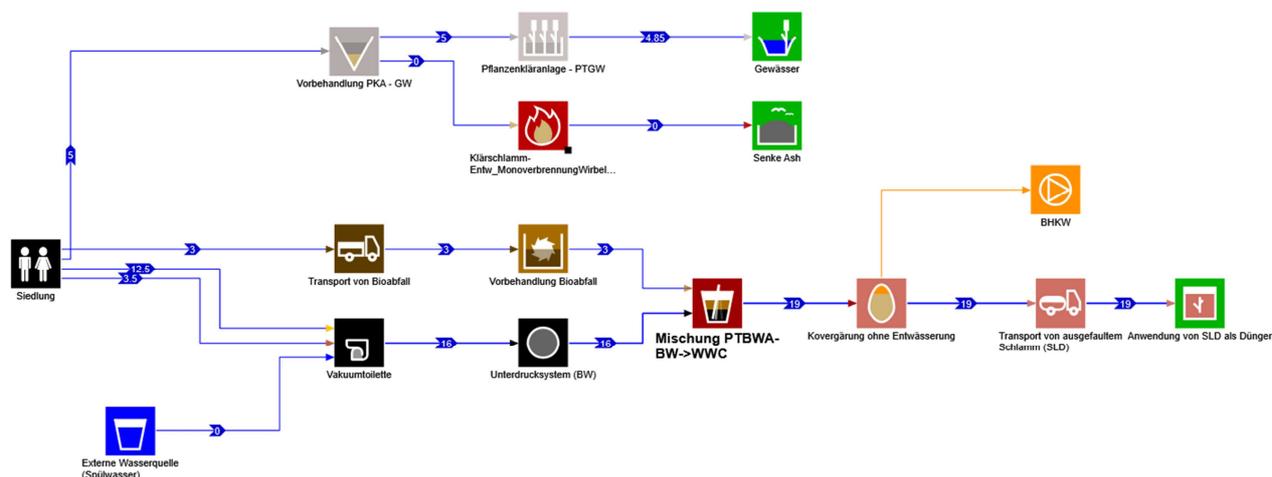


Abbildung 19: Sankey-Diagramm zum Kalium-Recycling-Potenzial [kg K/d]

Der Anteil von Kalium, der ins Gewässer gelangt, ist gegenüber dem N- und P-Anteil mit ca. 20 % deutlich höher. Für Kalium lag nur eine geringe bzw. keine Datenbasis (gerade für die Behandlungsverfahren) vor, so dass die Berechnung mit den vorliegenden Defaultwerten fehlerbehaftet ist.

Anhand der Ergebnisse aus den Sankey-Diagrammen wurden die in REMY (2010) ermittelten Ergebnisse verglichen. Zur Darstellung wurde ein Balkendiagramm erstellt.

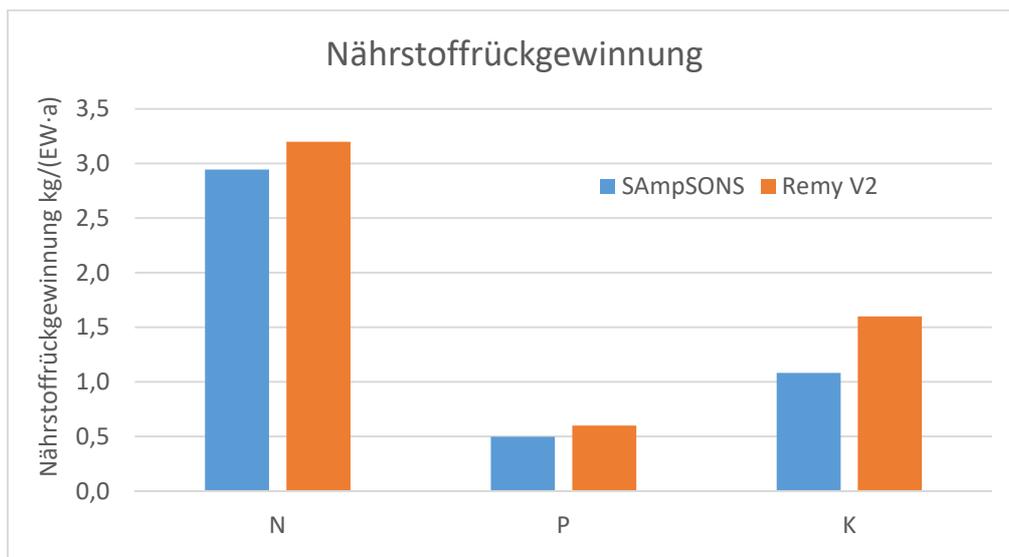


Bild 1: Nährstoffrückgewinnungspotenziale im Vergleich von SAmPSONS und Remy (2010) für das gewählte Szenario

Erkennbar ist, dass SAmPSONS die Nährstoffrückgewinnung im abgebildeten Sanitärsystem gegenüber dem Beispiel V2 von Remy in geringem, für den Vergleich jedoch tolerierbarem Maße unterbewertet. Grund hierfür ist, dass in SAmPSONS das Ergebnis für den verfügbaren Stickstoff, aber auch Phosphor und Kalium aus der Schlamm-Senke (Anwendung von SLD als Dünger) bezogen wird und dass – aufgrund unzureichend zur Verfügung stehender Information – der Parameter in SAmPSONS zum Stickstoffrückgewinnungspotenzial nicht in gleicher Weise eingestellt ist, wie in der Dissertation von Remy (2010). Während die Abweichung von 8 % beim Stickstoff im Rahmen liegt, sind die Abweichungen bei Phosphor und Kalium (siehe s.o.) verbesserungswürdig bzw. vor allem beim Phosphor durch die Nutzung aus der Klärschlammasche die in SAmPSONS nicht berücksichtigt ist, anpassbar. Mit einer zukünftigen Verbesserung der Datenbasis werden positive Veränderungen angestrebt und eine bessere Vergleichbarkeit angestrebt.

Tabelle 2: Vergleich der Nährstoffrecyclingpotenziale aus SAmPSONS und dem Remy-Beispiel (Remy (2010))

	SAmPSONS	Remy V2	Abweichung
Einheit	kg/(EW·a)	kg/(EW·a)	%
N	2,9	3,2	-8,0
P	0,5	0,6	-17,3
K	1,1	1,6	-32,4

Eine Berechnung der exakteren Nutzbarkeit des im Schlamm verfügbaren Düngers ist aktuell noch nicht möglich (siehe Anmerkungen dazu in Kapitel 3.1.2). Für die Bestimmung der Nährstoffrückgewinnung des Phosphors und Kaliums zeigt sich eine schlechtere Vergleichbarkeit, jedoch ist auch hier die Darstellung für die Verfügbarkeit in der Landwirtschaft abzuwarten. Diese Werte sind in SAmPSONS veränderbar.

3.3.2.6 Chemischer Sauerstoffbedarf - CSB

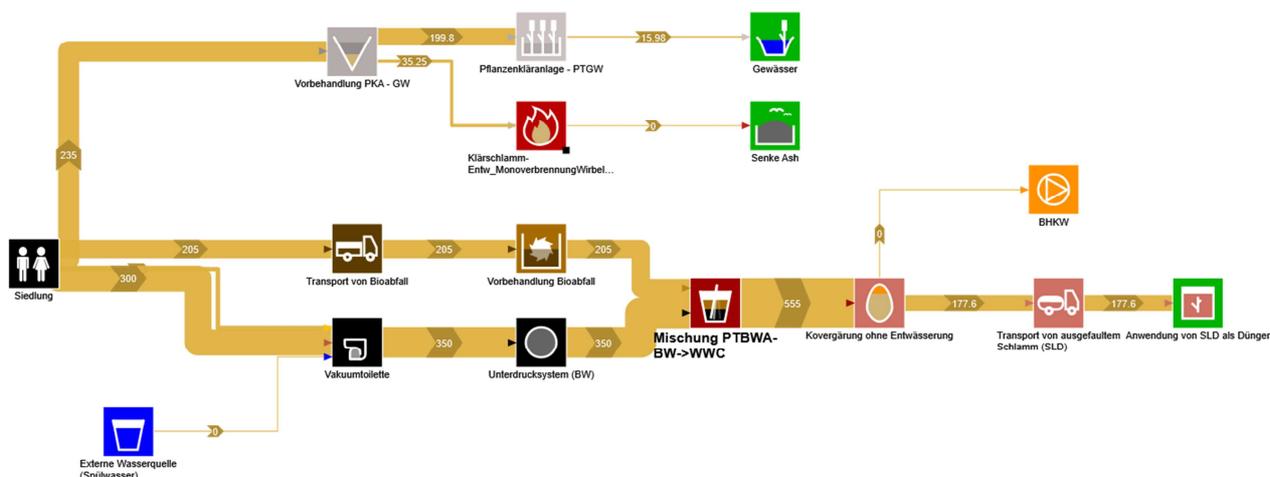


Abbildung 20: CSB-Sankey-Diagramm

Der Summenparameter CSB dient zum einen zur Beurteilung der Schadstoffe im Abwasser und zeigt auf der anderen Seite das energetische Potenzial (Kohlenstoff) des Abwassers an. 38 % des CSB sind in den Fäzes, 6 % im Urin, 30 % im Grauwasser und 26 % im Bioabfall vorhanden. Davon wird der CSB aus dem Grauwasser durch eine PKA gereinigt. Vom Gesamt-CSB werden 2 % ins Gewässer abgegeben (siehe Abbildung 20). 70 % des CSB werden in der Co-Vergärung mit dem Ziel des anaeroben Kohlenstoffabbaus behandelt. Die anaerobe Umsetzung von kohlenstoffreichen Substraten zählt in der Natur zu den wichtigsten Abbauprozessen. Der Kohlenstoffanteil, der im CSB u.a. wiedergegeben wird, macht die Umwandlung in Biogas als Behandlungsverfahren rentabel. Es wird hier also nicht nur CSB unter dem Aspekt der Reinigung abgebaut, sondern Energiegewinnung betrieben (siehe Kapitel 3.3.2.7). Durch die Mitvergärung kohlenstoffreicher Co-Substrate (Bioabfälle) wird der Energiegewinn gegenüber einer Monovergärung von Schwarzwasser deutlich erhöht. 22,5 % des gesamten CSB aus der Siedlung wird im Dünger in die Landwirtschaft gegeben. Der in Biogas umgewandelte CSB-Anteil beträgt 48 %.

3.3.2.7 Energiebedarf

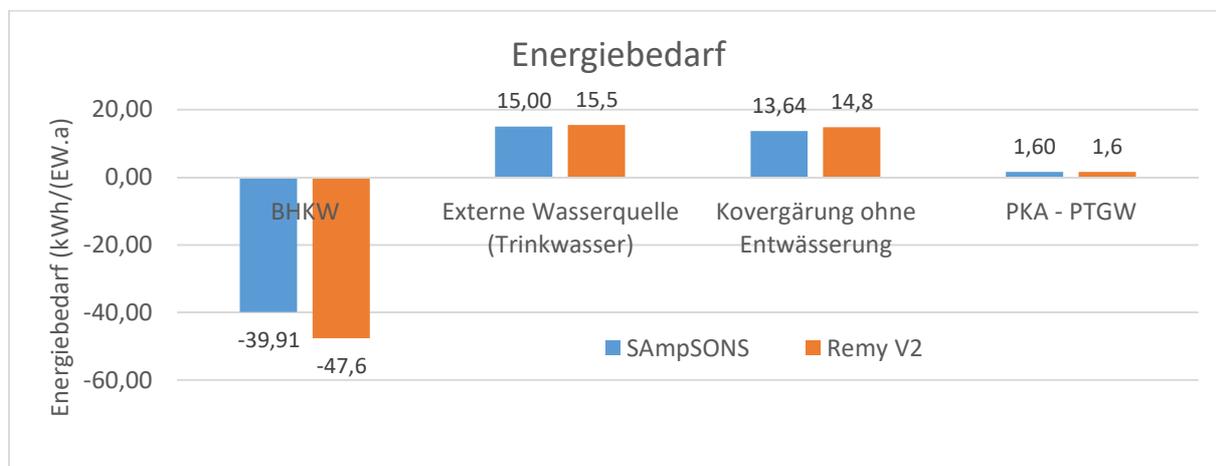


Abbildung 21: Energiebedarf im Vergleich von SAmPSONS und aus dem Remybeispiel (REMY 2010)

Die in REMY (2010) vorhandenen Berechnungen konnten für eine Validierung hinsichtlich der Energiebedarfe der gewählten Verfahrenskombination genutzt werden. Für das BHKW gab SAmpSONS 84 % des Energiebedarfes von REMY (2010) an. Zur Berechnung müssen die Defaultwerte aus dem Steckbrief bei der Berechnungsanwendung kritisch geprüft und ersetzt werden. Der Energiegewinn (negativer Energiebedarf) des BHKWs hängt zum einen vom Wirkungsgrad des BHKWs ab und zum anderen vom im Anaerobverfahren produzierten Biogas. Die Erklärung für die Abweichung von 16 % liegt im unterschiedlichen Wirkungsgrad und der Gasproduktion beider Berechnungen. Bei der Simulation müssen diese Parameter in den Defaulteinstellungen angepasst werden. Der Energiebedarf der externen Wasserquelle (Trinkwasserproduktion und –bereitstellung) sind mit einer geringen Abweichung von 3 % gut vergleichbar. Durch eine Anpassung der Randbedingungen sowie spezifische Betrachtung der Einzeltechnologien waren auf den ersten Blick Optimierungspotenziale zu erkennen, die eine Anpassung ermöglichten. Für die Co-Vergärung passen die ermittelten Werte gut zusammen (Abweichung 8 %). Mögliche Gründe liegen in der durchgeführten Disaggregation aus den Literaturquellen für den Steckbrief. Für den bewachsenen Bodenfilter zeigt die Simulation die gleichen Ergebnisse hinsichtlich des Energiebedarfes. Allerdings stammen die Defaultwerte auch aus der Quelle REMY (2010).

3.3.2.8 Umweltwirkungen

Für die Umweltwirkungen werden in dem SAmpSONS-Beispiel (siehe Abbildung 16) mit dem Remy-Beispiel (siehe Abbildung 15) folgende Parameter verglichen:

- Eutrophierungspotenzial,
- Treibhauspotenzial,
- Primärenergieeinsatz.

Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse für die Indikatoren Eutrophierungspotenzial, Treibhausgaspotenzial und Primärenergieeinsatz im Vergleich

		SAmpSONS	Remy V2	Abweichung
	Einheit			%
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ -eq/(EW·a)	0,5	0,54	-0,5
Treibhausgasemissionen	kg CO ₂ -eq/(EW·a)	73,4	75	-2,1
Primärenergiebedarf	MJ/(EW·a)	861,58	750	14,9

3.3.2.9 Eutrophierungspotenzial

Die Ergebnisse sind in Phosphatäquivalenten angegeben und aus ins Verhältnis gesetzten Eutrophierungspotenzialen der Stoffe N, P und CSB berechnet worden (siehe Kapitel 3.3.2.5 und 3.3.2.6). Die Ergebnisse aus SAmpSONS und REMY (2010) sind nahezu gleichwertig und weichen nur um 5 % ab. Deutlich wurde bei den SAmpSONS-Untersuchungen auch, dass die größten Eutrophierungspotenziale im Betrieb der Anlagen liegen und nicht in Herstellung und Bau. Nur 1,5 % fallen auf Herstellung und Bau, 98,5 % werden von den Emissionen im Betrieb der Anlagen hervorgerufen. Beispielhaft werden die N-Emissionen im Betrieb mit 86 % wirksam, während sämtliche Emissionen aus der Stahl und Betonherstellung zusammen nur 1,3% ausmachen und innerhalb des Eutrophierungspotenzials aus der Herstellung und Bau fast 90 % ausmachen.

3.3.2.10 Treibhauspotenzial

Beim Treibhauspotenzial weichen die Ergebnisse im Vergleich der beiden Untersuchungen um 2,1 % ab. Das spiegelt eine sehr gute Vergleichbarkeit wider. Insbesondere sind hier Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) in die Berechnungen eingegangen. Die Angabe erfolgt in Kohlendioxidäquivalenten. Vergleicht man in SAmPSONS die Auswirkungen des Betriebs mit Herstellung und Bau, zeigt sich eine etwas gleichmäßigere Verteilung. Der Anteil von Herstellung und Bau beträgt 30 % und auf den Betrieb entfallen 70 %. Bezogen auf den Betrieb resultieren 65 % aus dem Dieselverbrauch beim Transport; bezogen auf Herstellung und Bau werden 28 % den Materialien Stahl und Beton zugeordnet.

3.3.2.11 Primärenergieeinsatz

Beim Primärenergieeinsatz ergibt sich die größte Abweichung zwischen den untersuchten Berechnungsvarianten. Die entnommene Energie wird in MJ pro Einwohner und Jahr angegeben und weicht zwischen SAmPSONS und Remy um 15 % ab, wobei SAmPSONS einen höheren Primärenergiebedarf ausweist. Bis zur Fertigstellung des Abschlussberichtes konnte der Grund hierfür nicht geklärt werden, er wird in einer beantragten Verlängerungsphase weiter untersucht. Der Betrieb hat am Primärenergiebedarf einen Anteil von 76 % (Diesel davon 85 %). Herstellung und Bau haben entsprechend einen Anteil von 24 % (Stahl und Beton davon 71 %). Die Energieproduktion im BHKW wurde mit -27 % negativ bilanziert. Der Betrieb hat am Primärenergiebedarf einen Anteil von 24 %. Herstellung und Bau haben entsprechend einen Anteil von 76 %. Stahl und Beton haben einen Anteil von 17 % und der Transport (Diesel) macht 85 % aus, wobei die Energieproduktion im BHKW mit -27 % negativ bilanziert wurde.

3.3.2.12 Fazit

Hinsichtlich des Nährstoffrückgewinnung und des Energiebedarfes wurde an einem Beispiel von Remy (2010) die Validierung von SAmPSONS vorgenommen. Dabei zeigten sich im Wesentlichen gute Vergleichbarkeiten (Nährstoffrückgewinnung N, P und K, Energiebedarf, Umweltwirkungen). Die Unterschiede schwanken hier in einem Rahmen von < 10 % und sind für eine Vorplanung tolerierbar. Gründe für größere Abweichungen haben sich zuordnen lassen und wurden benannt bzw. konnten im Wesentlichen behoben werden. War dies nicht der Fall, werden diese im Folgeprojekt bearbeitet.

3.3.3 Fallbeispiel 3: Neuartige Sanitärsysteme (NASS) – Eine Bilanzierung von Nährstoffen, Energieverbrauch und CO₂-Emission (BCE)

Dieses Fallbeispiel basiert auf einem Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-1.6 „Bemessungshinweise“ im Fachausschuss KA-1 „Neuartige Sanitärsysteme“, veröffentlicht in der KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (DWA 2017) (im Folgenden „DWA-Arbeitsbericht“). Beispielhaft werden hier verschiedene Varianten – zwei Gelbwassersysteme und ein Schwarzwassersystem – gegenübergestellt und mit einer konventionellen Abwasserreinigung (Referenzsystem) anhand vereinfachter Stoff- und Energiebilanzen verglichen (jeweils 50.000 EW). Für die Auswertungen lag dem Projektteam nicht nur der veröffentlichte Artikel vor, sondern auch eine MS Excel-Datei mit den ergebnisrelevanten Hintergrundrechnungen. Diese wurden ebenfalls für den Vergleich berücksichtigt.

Für die Validierung eignen sich insbesondere zwei der vier vorgestellten Abwassersysteme, das konventionelle System (Referenzsystem) und das System 3, ein Zwei-Strom-System (Trennung von Grauwasser und Schwarzwasser) (vgl. Abbildung 22). Der DWA-Arbeitsbericht enthält Angaben zu N- und P-Fracht der Systeme sowie Auswertungen zu den Umweltindikatoren Primärenergiebedarf und CO₂-Äquivalenten, die den Ergebnissen von SAmPSONS gegenübergestellt wurden. Zudem erfolgte im DWA-Arbeitsbericht eine Bilanzierung pflanzenverfügbarer Nährstoffe, welche sich derzeit nicht in SAmPSONS abbilden lässt (geplant für Folgejahr).

3.3.3.1 Darstellung der Systeme

Abbildung 22 zeigt eine Darstellung der beiden Systeme als Fließbild.

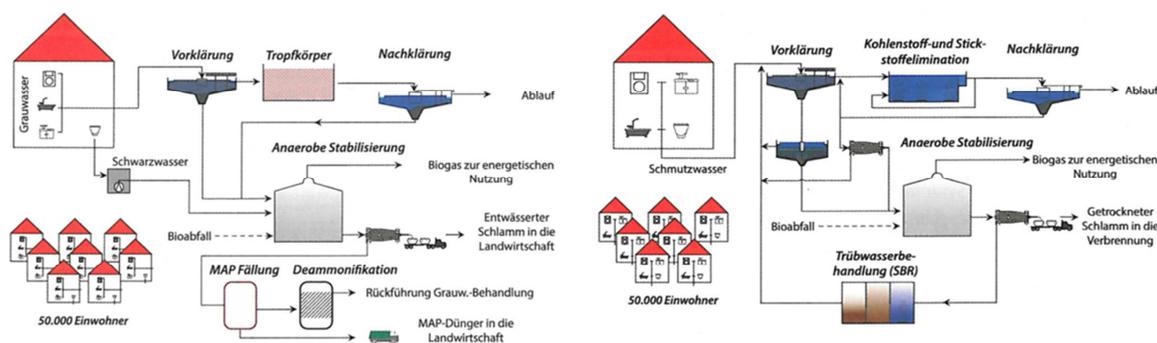


Abbildung 22: Fließbild des Systems 3 (li.) und des Referenzsystems (re.) (DWA 2017)

Folgende Annahmen wurden im DWA-Arbeitsbericht getroffen:

50.000 Einwohner (EW), kommunales Haushaltsabwasser ohne Industrieinfluss, zentrale Abwasserbehandlung mit 100 % Präsenz der EW, 30 % Fremdwassereinzug über alle Systeme. Diese Annahmen wurden analog in SAmPSONS implementiert. Auch die Schmutzwassermengen und –frachten wurden verglichen und ggf. angepasst.

Tabelle 4 zeigt den Vergleich der in SAmPSONS verwendeten Technologien mit denen, die im DWA-Arbeitsbericht beschrieben sind. In Abbildung 23 und Abbildung 24 ist die Nachbildung in SAmPSONS dargestellt.

Tabelle 4: Darstellung der Fallbeispiele in SAmPSONS und Vergleich mit den im DWA-Arbeitsbericht beschriebenen Technologien

Referenzsystem		System 3	
Komponenten	Abbildbar in SAmPSONS	Komponenten	Abbildbar in SAmPSONS
Mengen und Frachten	ja	Mengen und Frachten	ja
Konv. Spültoiletten	ja* ¹	Unterdrucktoiletten	ja* ¹
Transport im Kanal	ja	Getrennte Ableitung der Teilströme	ja* ¹
Fremdwassereintrag	ja	Transport GW im Kanal	ja
Kläranlage		Transport SW im Unterdrucksystem	ja
a) Mechanische Vorreinigung	ja	Fremdwassereintrag	ja

b) Biologische Behandlung	ja	Grauwasserbehandlung	ja
c) Schlammbehandlung	nein	Zuführung von Schlamm aus Grauwasserbehandlung in Schwarzwasserbehandlung	ja
• Eindickung		Vergärung Schwarzwasser	ja
a) Faulung		Nutzung Faulgas	ja
b) Entwässerung		Schlammbehandlung	ja
c) Trocknung			
Trübwasserbehandlung (SBR)	nein	d) Entwässerung (integriert im Block Anaerobvergärung)	ja
Monoverbrennung	ja* ²	e) Wasserbehandlung (MAP- Fällung, Deammonifikation)	nein
Nutzung Faulgas	ja	Verwertung Schlamm als Düngemittel	nein
Behandlung Prozesswasser aus Schlammmentwässerung	nein	Verwertung Fällprodukt als Düngemittel	nein

*¹ Im DWA-Arbeitsbericht nicht berücksichtigt da Infrastruktur nicht erfasst.

*² Derzeit liegen in SAMPSONS die Verfahren Entwässerung, Faulung, Trocknung und Monoverbrennung nur aggregiert vor. Aus diesem Grund sind diese Verfahrensstufen gesamthaft in die Darstellung in SAMPSONS integriert.

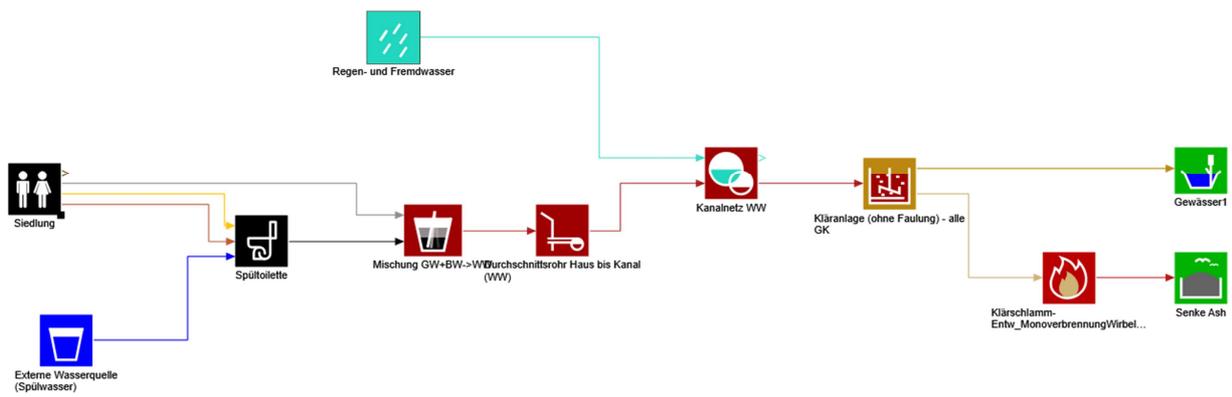


Abbildung 23: Abbildung des Referenzsystems in SAMPSONS.

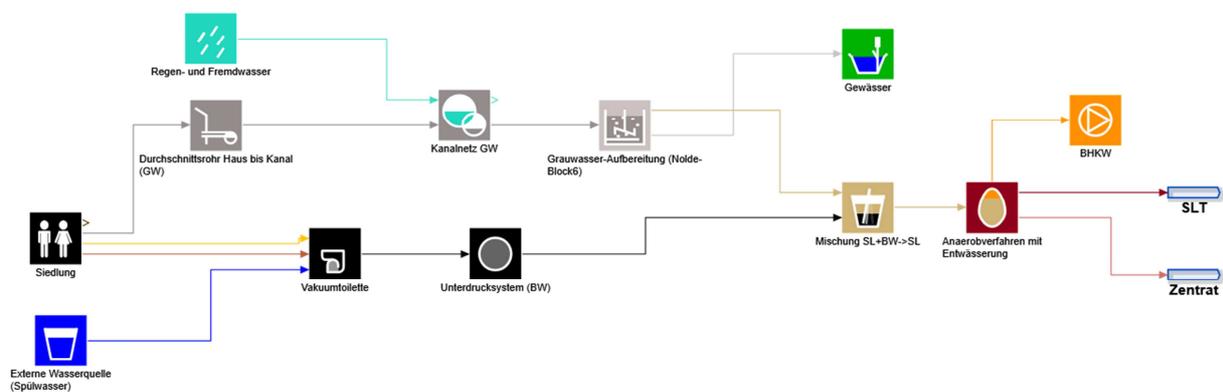


Abbildung 24: Abbildung von System 3 in SAMPSONS.

3.3.3.2 Vergleich der Stickstoff-Bilanzen

Referenzsystem

Tabelle 5: Vergleich der N-Frachten des Referenzsystems am Ausgang der Kläranlage.

N-Fracht am Ausgang der Kläranlage	SAmPSONS	DWA-Arbeitsbericht
Schlamm [kg/d]	173,1	91
Gewässer [kg/d]	40,01	110,6

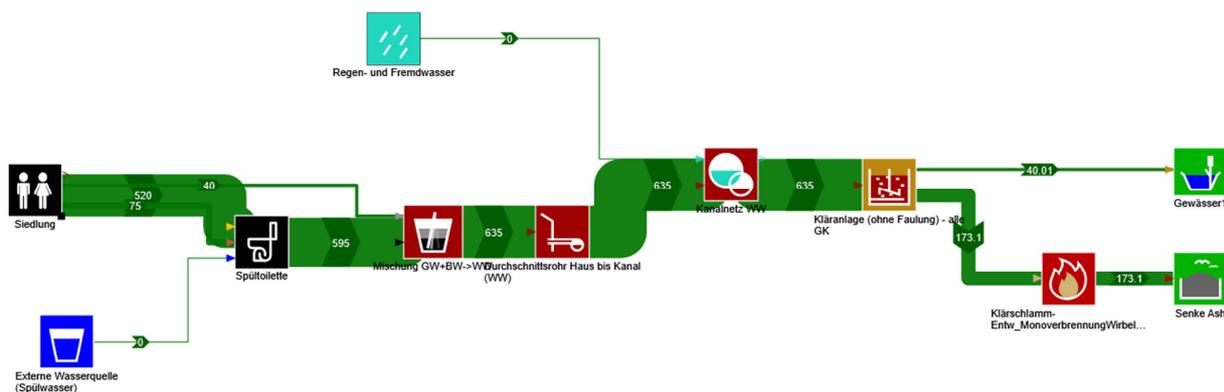


Abbildung 25: Darstellung der N-Frachten des Referenzsystems im Sankey-Diagramm [kg/d].

Abbildung 25 zeigt den Verlauf der Stickstofffracht im Referenzsystem als Sankey-Diagramm. Die Zulaufwerte zur Kläranlage sind nahezu identisch (SAmPSONS 635 kg/d, DWA-Arbeitsbericht 645 kg/d). Eine geringe Abweichung der Zulaufwerte ergibt sich durch die Rückführung des Prozesswassers in den Zulauf der Vorklärung (zusätzlich 10 kg/d N), der im DWA-Arbeitsbericht berücksichtigt wurde.

N-Fracht Schlamm: Entsprechend der voreingestellten Default-Werte des Kläranlagen-Steckbriefes in SAmPSONS verbleiben von der N-Fracht im Zulauf 27 % im Schlamm. Hier liegt das Ergebnis in SAmPSONS am Ausgang der Kläranlage um rund 82 kg/d höher als im DWA-Arbeitsbericht (siehe Tabelle 5).

Die Analyse der Daten zeigt, dass die Differenz der N-Fracht im Schlamm auf Unterschieden in der Kläranlage basiert:

1. Unterschiedliche Annahmen bezüglich der N-Elimination: Es zeigt sich, dass im DWA-Arbeitsbericht eine höhere N-Elimination in der Kläranlage angenommen wurde. Diese liegt bei ca. 75 % (SAmPSONS 70 %). Bei einer entsprechenden Anpassung in SAmPSONS ergibt sich eine N-Fracht im Schlamm von 131 kg/d (DWA Arbeitsbericht 134 kg/d im Überschussschlamm).
2. Unterschiedliche Annahmen bezüglich der Schlamm bzw. Prozesswasserbehandlung: Im DWA-Arbeitsbericht wird eine Trübwasserbehandlung des Prozesswassers (SBR) vorgenommen. Diese führt zu einem zusätzlichen N-Abbau von 33 kg/d N. Der verbleibende Rest wird dem Zulauf der Kläranlage zugeführt (10 kg/d N). Eine separate Integration des SBR-Verfahrens ist derzeit in SAmPSONS nicht möglich, da das Verfahren nicht als Modul zur Verfügung steht. Dennoch lässt sich diese zusätzliche N-

Elimination in SAmPSONS berücksichtigen. Dadurch ergibt sich eine N-Fracht im Schlamm von ca. 100 kg/d in SAmPSONS gegenüber 91 kg/d im DWA-Arbeitsbericht (vgl. Tabelle 6). Die verbleibende Differenz ist auf die Rückführung des Prozesswassers zurückzuführen.

N-Fracht Gewässer: Der Wert für die Reinigungsleistung der Kläranlage liegt im DWA-Arbeitsbericht bei etwa 83 % (Default-Wert in SAmPSONS bei ca. 93 %). Dieser Wert wurde in SAmPSONS übernommen, was zu vergleichbaren Ablaufwerten führt (siehe Tabelle 6). Eine geringe Differenz ergibt sich durch Rundungsfehler sowie die zusätzliche N-Fracht im DWA-Arbeitsbericht durch die Rückführung des Prozesswassers (zusätzlich 10 kg/d N). Abbildung 26 zeigt die Darstellung im Sankey-Diagramm nach Anpassung der N-Reinigungsleistung und N-Elimination.

Tabelle 6: Vergleich der N-Frachten des Referenzsystems am Ausgang der Kläranlage nach Anpassung der N-Reinigungsleistung und der N-Elimination.

N-Fracht am Ausgang der Kläranlage	SAmPSONS	DWA-Arbeitsbericht
Schlamm [kg/d]	100,1	91
Gewässer [kg/d]	108	110,6

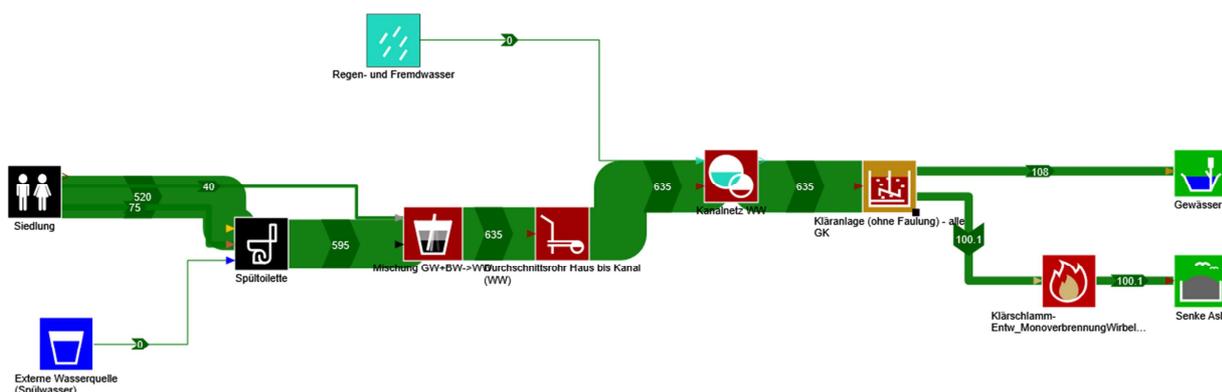


Abbildung 26: Darstellung der N-Frachten des Referenzsystems im Sankey-Diagramm nach Anpassung der N-Reinigungsleistung und der N-Elimination [kg/d].

System 3

Tabelle 7: Vergleich der N-Frachten von System 3 an den Senken.

N-Fracht	SAmPSONS	DWA-Arbeitsbericht
Zentrat [kg/d]	558,2	569,7
Entwässerter Schlamm [kg/d]	62,02	63,1
Gewässer [kg/d]	14,8	0

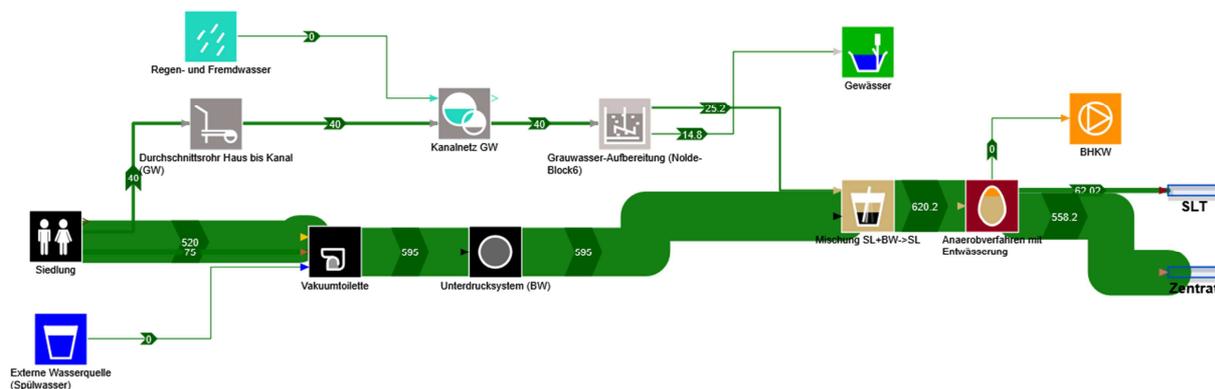


Abbildung 27: Darstellung der N-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm [kg/d].

Auf Basis der in SAmPSONS Default-Werte zeigen sich Unterschiede bezüglich der Einträge ins Gewässer (Ablauf) und bezüglich der Schlamm-Frachten (vgl. Tabelle 7). Im DWA-Arbeitsbericht wird das Prozesswasser aus der Deammonifikation wieder dem Zulauf der Vorklärung der GW-Aufbereitung zugeführt. Dadurch erhöht sich die täglich anfallende Menge im GW-Strom im DWA-Arbeitsbericht für Stickstoff um 53,9 kg/d. Hinzu kommen Unterschiede bei den Verfahren der GW-Aufbereitung. Im DWA-Arbeitsbericht wird eine Vorklärung, eine biologischen Stufe mittels Festbettsystem (Tropfkörper) und eine nachgeschalteter Sedimentation angenommen. In SAmPSONS besteht das Verfahren aus der Vorreinigung über Siebe, der biologischen Reinigung mittels mehrstufigem Wirbelbettverfahren mit anschließendem Sandfilter, gefolgt von einer UV-Desinfektion. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Reinigungsleistungen. Im DWA-Arbeitsbericht wird zudem von einer vollständigen Inkorporation des Stickstoffs aus dem GW in die Biomasse ausgegangen, was dazu führt, dass kein Stickstoffeintrag ins Gewässer stattfindet. Nach einer entsprechenden Anpassung in SAmPSONS (Reinigungsleistung 100 %; Default SAmPSONS 63 %; 40 % des entfernten N gehen in den Schlamm, 60 % N-Elimination) ergeben sich die in Tabelle 8 bzw. Abbildung 28 dargestellten Werte. Differenzen beim Zentrat ergeben sich durch die beschriebene Rückführung des Prozesswassers. Zusammenfassend zeigt sich auch beim Vergleich von System 3, dass durch die Anpassungen von Default-Werten in SAmPSONS weitgehende Übereinstimmung der N-Bilanzen im System erreicht werden kann.

Tabelle 8: Vergleich der N-Frachten von System 3 an den Senken (Gewässer, Zentrat, entwässerter Schlamm) nach Anpassung der GW-Behandlung.

N-Fracht	SAmPSONS	DWA-Arbeitsbericht
Zentrat [kg/d]	549,9	569,7
Entwässerter Schlamm [kg/d]	61,1	63,1
Gewässer [kg/d]	0	0

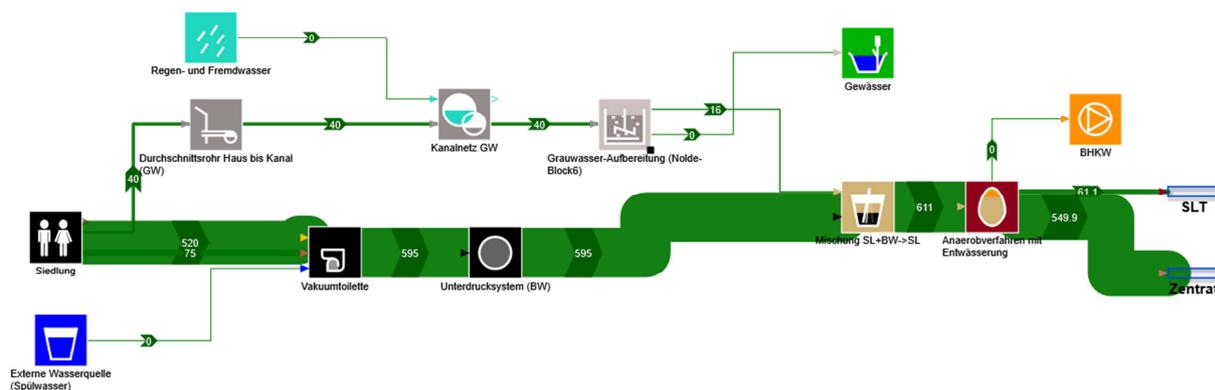


Abbildung 28: Darstellung der N-Fluchten von System 3 im Sankey-Diagramm nach Anpassung der GW-Behandlung [kg/d].

3.3.3.3 Vergleich der Phosphor-Bilanzen

Referenzsystem

Tabelle 9: Vergleich der P-Fluchten des Referenzsystems im Ausgang der Kläranlage.

P-Fracht am Ausgang der Kläranlage	SAmPSONS	DWA-Arbeitsbericht
Schlamm [kg/d] (Jeweils am Ausgang der Kläranlage)	95,7	94,4
Gewässer [kg/d]	4,3	6,8

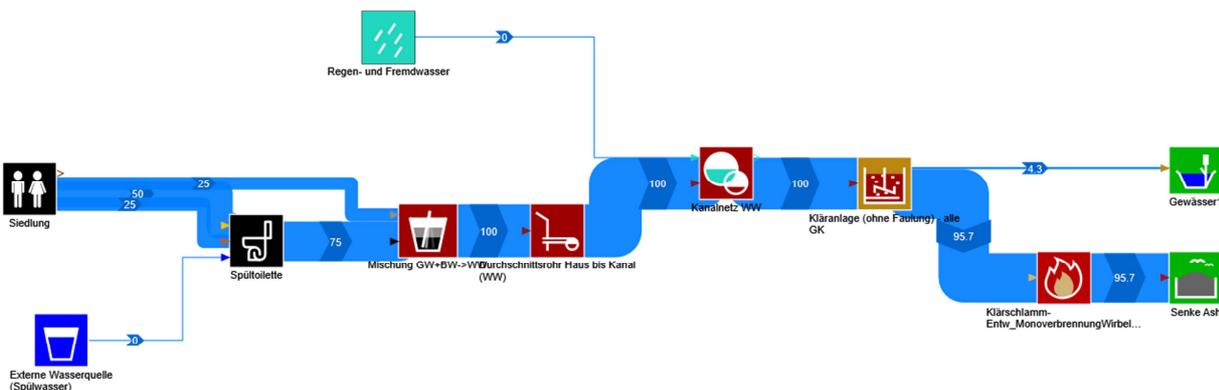


Abbildung 29: Darstellung der P-Fluchten des Referenzsystems im Sankey-Diagramm [kg/d].

In Abbildung 29 wird der Verlauf der Phosphorfracht im Referenzsystem als Sankey-Diagramm dargestellt (vgl. auch Tabelle 9). Die Zulaufwerte zur Kläranlage sind nahezu identisch.

P-Fracht Gewässer: Die Reinigungsleistung der Kläranlage im Referenzsystem beträgt im DWA-Arbeitsbericht etwa 94 % (Default-Wert in SAmPSONS bei 95,7 %). Dieser Wert wurde in SAmPSONS über-

nommen, was zu vergleichbaren Ablaufwerten führt. Eine geringe Differenz ergibt sich durch Rundungsfehler.

P-Fracht Schlamm: Hier stimmen die Werte (nach Anpassung der Reinigungsleistung) nahezu überein (siehe Tabelle 10 bzw. Abbildung 30). Die geringe Differenz lässt sich auf unterschiedliches Vorgehen bei der Berechnung und Rundungsfehler zurückführen.

Tabelle 10: Vergleich der P-Frachten am Ausgang der Kläranlage.

P-Fracht am Ausgang der Kläranlage	SAmPSONS	Fallbeispiel
Schlamm [kg/d]	94	94,4
Gewässer [kg/d]	6	6,8

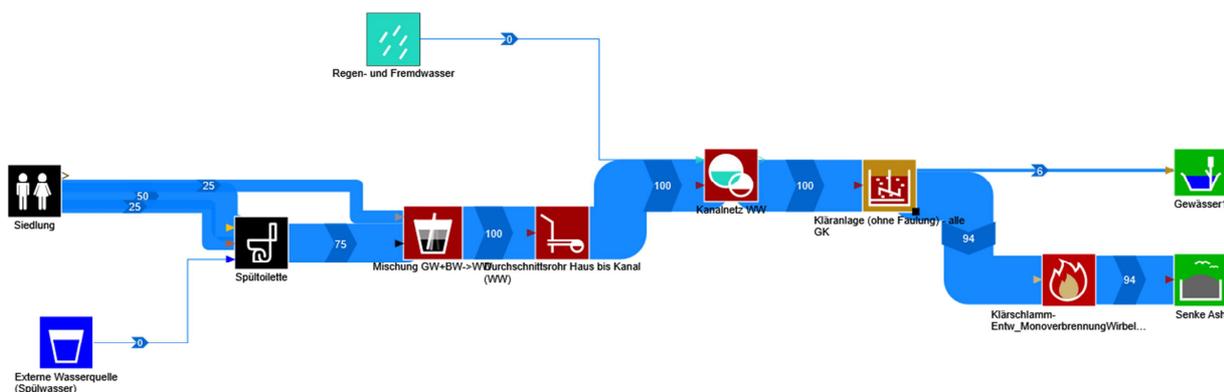


Abbildung 30: Darstellung der P-Frachten im Referenzsystem nach Anpassung der Reinigungsleistung [kg/d].

System 3

Tabelle 11: Vergleich der P-Frachten im System 3.

P-Fracht	SAmPSONS	Fallbeispiel
Zentrat [kg/d]	55,74	67,3
Entwässerter Schlamm [kg/d]	22,77	27,6
Gewässer [kg/d]	21,5	5

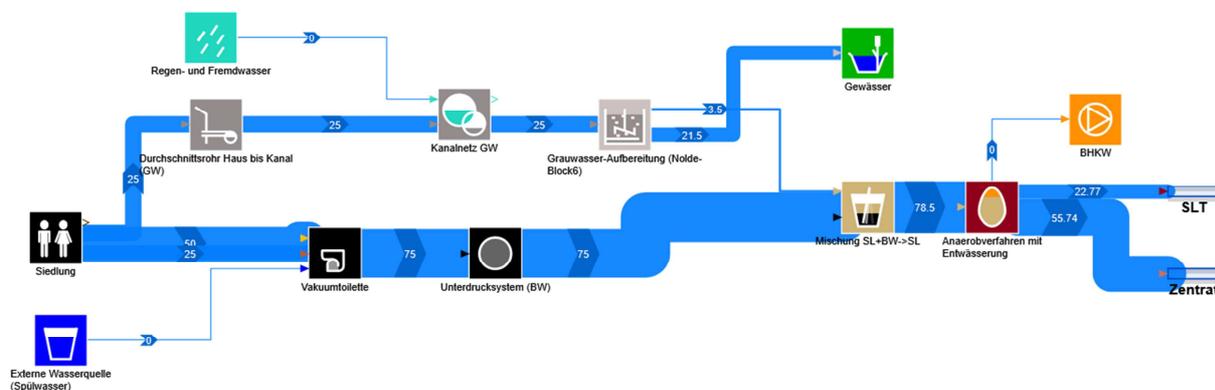


Abbildung 31: Darstellung der P-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm [kg/d].

In Tabelle 11 bzw. Abbildung 31 sind die P-Frachten von System 3 dargestellt. Die bereits beschriebenen Unterschiede bzgl. der GW-Behandlung werden auch hier deutlich. Nach einer Anpassung der Reinigungsleistung (GW-Behandlung P-Reinigungsleistung 80 %) ergeben sich nahezu identische Werte für die beiden Technologien (siehe Abbildung 32 bzw. Tabelle 12).

Tabelle 12: Vergleich der P-Frachten von System 3 nach einer Anpassung der Reinigungsleistung.

P-Fracht	SAmPSONS	Fallbeispiel
Zentrat [kg/d]	67,45	67,3
Entwässerter Schlamm [kg/d]	27,55	27,6
Gewässer [kg/d]	5	5

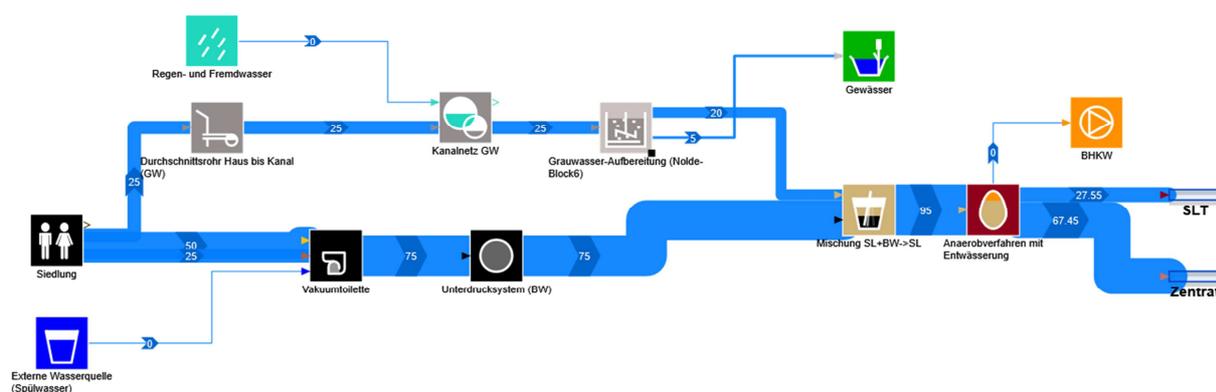


Abbildung 32: Darstellung der P-Frachten von System 3 im Sankey-Diagramm nach Anpassung der GW-Reinigungsleistung [kg/d].

3.3.3.4 Vergleich der potenziellen Umweltwirkungen Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen

Der DWA-Arbeitsbericht beinhaltet eine Bewertung der unterschiedlichen Abwassersysteme hinsichtlich der Umweltindikatoren Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen. Im Folgenden wird ein Vergleich dieser Ergebnisse mit den SAmPSONS-Auswertungen durchgeführt (siehe auch Tabelle 13 und Tabelle 14). Beim Vergleich mit der Excel-Datei, die dem veröffentlichten Artikel zugrunde liegt, fiel auf, dass an zwei Stellen ein Vorzeichenfehler vorlag (siehe gelbe Felder in Tabelle 13), der die Ergebnisse im Vergleich zu Abb. 7 und Abb. 8 im Artikel geringfügig verändert.

Die Ergebnisinterpretation wird dahingehend erschwert, dass das im DWA-Arbeitsbericht beschriebene Referenzsystem und das System 3 in SAmPSONS nicht 1:1 abgebildet werden können. Bzgl. des Referenzsystems gilt, dass in SAmPSONS kein Fällmitteleinsatz und auch der Prozess der Schlammeindickung nicht berücksichtigt werden. Für System 3 gilt, dass die Behandlungsschritte MAP-Fällung und Deammonifikation für das Prozesswasser aus der Anaerobstufe in SAmPSONS nicht abgebildet werden können. Ferner sind derzeit in SAmPSONS die Verwertungsprozesse von Schlamm zu Düngemitteln noch nicht integriert. Im DWA-Arbeitsbericht werden keine für den Bau der Systeme notwendigen Infrastrukturaufwendungen berücksichtigt. Zudem ist im Referenzsystem die Verbrennung des getrockneten Schlammes inkl. der damit

verbundenen Strom- und Wärmegutschriften außerhalb des Bilanzrahmens. Darüber hinaus werden weder die Bereitstellung von Trinkwasser als Spülwasser noch die bei den diversen Behandlungssystemen entstehenden CH₄ und N₂O Emissionen berücksichtigt (siehe dazu auch Tabelle 4).

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass – im Gegensatz zu den Annahmen im DWA-Arbeitsbericht und anderen Publikationen – die potenziellen Umweltwirkungen der Infrastrukturaufwendungen von Abwassersystemen zwar im Vergleich zum Betrieb der Systeme nicht groß, aber dennoch nicht vernachlässigbar sind. So entfallen in SAmPSONS für das Referenzsystem ca. 83 % der gesamten Treibhausgase auf den Betrieb der Systeme (Stromverbrauch inkl. Strom- und Wärmegewinn durch Klärschlammverwertung, die Bereitstellung von Trinkwasser als Spülwasser sowie direkte Emissionen (CH₄ und N₂O)), während 17 % auf die Errichtung der Infrastruktur entfallen. Bzgl. des Indikators Primärenergiebedarf (PE) machen die Infrastrukturaufwendungen sogar knapp 29 % des gesamten Primärenergiebedarfs aus. Nennenswerte Beiträge liefern dabei im Referenzsystem die Rohrverbindungen von Haus bis Kanal (THG 6 %; PE 11 %), die Produktion der Spültoiletten (THG 3 %; PE 10 %) und den Bau des Kanals (THG 3,1 %; PE 4 %), die Errichtung des aggregierten Verfahrensblocks Entwässerung, Vergärung, Trocknung und Monoverbrennung von Klärschlamm (THG 2,3 %; PE 1,4 %) sowie der Betonanteil der Kläranlage (THG 1,6 %; PE 0,7 %). Für das System 3 ist diese Analyse aufgrund der stark die Ergebnisse beeinflussenden Energiegutschriften unübersichtlicher, dennoch machen auch hier die Infrastrukturaufwendungen bezogen auf den Stromverbrauch der Systeme ca. 15 % (THG) bzw. 21 % (PE) aus (siehe auch Tabelle 14). Zwar ist anzumerken, dass diese Daten teilweise auf unsicheren Grundlagen beruhen und daher eher konservativ abgeschätzt wurden, allerdings besteht zumindest Grund für die Vermutung, dass die Infrastrukturaufwendungen nicht so unbedeutend sind wie gemeinhin angenommen. Insofern stellen diese Daten in den Verfahrensblöcken von SAmPSONS eine sinnvolle Ergänzung dar und unterstützen das angestrebte Lebenszyklusdenken für den Vergleich von konventionellen und alternativen Abwassersystemen.

Die Auswertung in SAmPSONS zeigt darüber hinaus, dass die Methan- und Lachgasemissionen während der Abwasserbehandlung in der Kläranlage im Referenzsystem zu einem signifikanten Anteil (ca. 40 %) zu den Gesamttreibhausgasemissionen beitragen. Auch in System 3 entstehen nach den im SAmPSONS-Projekt gesammelten Daten für die Verfahrensblöcke GW-Behandlung, Anaerobverfahren und Blockheizkraftwerk (BHKW) N₂O- und CH₄ Emissionen, die einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamt-THG-Bilanz haben (siehe Tabelle 14). Im DWA-Arbeitsbericht sind diese Emissionen nicht berücksichtigt worden. Auch hier ist allerdings auf die Unsicherheit der verwendeten Daten hinzuweisen. Für das betrachtete Folgejahr in SAmPSONS ist geplant, zu diesen als unsicher aber ergebnisrelevant geltenden Daten weitere Recherchen anzustellen und so ihre Wirkung auf die Gesamtergebnisse zu validieren.

3.3.3.5 Spezifische vergleichende Analyse des Referenzsystems

Eine genauere Analyse der potenziellen Umweltwirkungen des Referenzsystems verursacht durch die Stromverbräuche zeigt, dass die Ergebnisse des DWA-Arbeitsberichts durchaus mit den Ergebnissen in SAmPSONS vergleichbar sind. Insgesamt betragen die Treibhausgasemissionen verursacht durch die Stromverbräuche für die einzelnen Abwasserbehandlungsstufen 733 t CO₂-e/a; der Primärenergieverbrauch beträgt 3.646 MWh/a. In SAmPSONS beträgt der Vergleichswert 957 t CO₂-e/a bzw. 4.760 MWh/a (bei gleichen Charakterisierungsfaktoren für Strom wie im DWA-Arbeitsbericht). In SAmPSONS wurden diese Werte auf Basis des durchschnittlichen Stromverbrauchs einer Kläranlage der Größenklasse 4 ermittelt. Im DWA-Arbeitsbericht wurden die einzelnen Verbräuche je Behandlungsstufe sehr detailliert erhoben. Da es sich

bei dem in SAmpSONS verwendeten Wert um einen Durchschnittswert handelt, dem eine gewisse Schwankungsbreite unterliegt, wird die Abweichung der Ergebnisse als vertretbar angesehen. Zudem bewegen sich THG- und PE-Ergebnisse im DWA Arbeitsbericht und in SAmpSONS in den gleichen Größenordnungen und zeigen die gleichen relativen Unterschiede auf. Es sei auch hier erneut darauf hingewiesen, dass bei genaueren Kenntnissen der Stromverbrauchswerte, diese in SAmpSONS über Eingabewerte angepasst werden können.

Die Treibhausgasemissionen und der Primärenergieverbrauch durch die Stromverbräuche der Schlammbehandlung inklusive der Energiegewinne (Strom und Wärme) aus der Faulgasverbrennung betragen im DWA-Arbeitsbericht -71 t CO₂-e/a bzw. -374 MWh/a. In SAmpSONS werden Werte von -252 t CO₂-e/a bzw. -1.243 MWh/a auf Basis eines kombinierten Verfahrenssteckbriefes zur Klärschlammbehandlung bestehend aus Faulung, Entwässerung, Trocknung und Verbrennung berechnet. Der errechnete Wert in SAmpSONS beruht auf einer detaillierten Ökobilanz, die für diese Verfahrensschritte erstellt wurde (Fehlenbach und Reinhard 2009). In dem DWA-Arbeitsbericht wurden für die einzelnen spezifischen Verfahrensschritte Daten gesammelt, diverse Berechnungen angestellt und ausgewertet. Ein wesentlicher Unterschied der Ergebnisse lässt sich durch die Tatsache erklären, dass im DWA-Arbeitsbericht die Verbrennung des getrockneten Klärschlammes und die damit verbundenen Strom- und Wärmegutschriften nicht berücksichtigt wurden. Diese würden zu größeren negativen Treibhausgasemissionen bzw. Primärenergieverbräuchen führen, da die Energiegewinne der Klärschlammverbrennung zu Gutschriften für Strom und Wärme führen. Das Delta der Ergebnisse aus DWA-Arbeitsbericht und SAmpSONS würde so kleiner werden. Zudem können verschiedene Annahmen zur Klärschlammmentwässerung, -trocknung und -transport bzw. die Verwendung unterschiedlicher Hintergrunddaten einen Beitrag zu Ergebnisunterschieden liefern. Wieder ist zu beobachten, dass die relativen Ergebnisunterschiede bezogen auf THG und PE nahezu gleich sind. Im Folgejahr für SAmpSONS ist geplant, die einzelnen Prozessschritte der Klärschlammverwertung als separate Steckbriefe bereitzustellen, um dem Nutzer größere Flexibilität zur Modellierung verschiedener Szenarien zu bieten. Zur vereinfachten Evaluation der Klärschlammverwertung liefert der derzeit in SAmpSONS enthaltene Verfahrensblock aber nutzbare Ergebnisse.

Tabelle 13: Vergleich potenzielle Umweltwirkungen (Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf) Referenzsystem gegenüber Auswertungen in SAmPSONS

	Treibhausgasemissionen				Primärenergiebedarf			
	Referenzsystem KA-Artikel		Referenzsystem SAmPSONS		Referenzsystem KA-Artikel		Referenzsystem SAmPSONS	
Stromverbrauch	[t/a]	960			MWh/a	4.774		
BSB-Elimination	[t/a]	390				1.939		
N-Elimination	[t/a]	313				1.554		
P-Fällung	[t/a]	5				24		
SBR								
Prozesswasserbehandlung	[t/a]	26				129		
Schlammwässerung	[t/a]	18				91		
Trockner	[t/a]	209				1.037		
Stromgewinn durch Verbrennung Faulgas	[t/a]	-301				-1.497		
Wärmegewinn aus Faulgasverbrennung	[t/a]	-9			MWh/a	-39		
Transport Schlamm zur Verbrennung	[t/a]	12			MWh/a	34		
Eisensalz (P Fällung)	[t/a]	44						
Kläranlage Strom			[t/a]	957			MWh/a	4.760
Klärschlammverwertung inkl. Faulgasnutzung			[t/a]	-252			MWh/a	-1.243
Spülwasser (Trinkwasser)			[t/a]	0,3			MWh/a	0,6
Direkte CH4 Emissionen Kläranlage			[t/a]	350				
Direkte N2O Emissionen Kläranlage			[t/a]	318				
Infrastruktur								
Spültoiletten			[t/a]	51			MWh/a	515
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal PP			[t/a]	2,7			MWh/a	35
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal Gusseisen			[t/a]	52,4			MWh/a	196
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal PVC			[t/a]	41,7			MWh/a	321
Kanal Gusseisen			[t/a]	39			MWh/a	144
Kanal Steinzeug			[t/a]	11			MWh/a	51
Kanal Erdaushub			[t/a]	1			MWh/a	4
Kläranlage Edelstahl			[t/a]	4,2			MWh/a	19
Kläranlage Stahl			[t/a]	10,3			MWh/a	29
Kläranlage Aluminium			[t/a]	0,3			MWh/a	1
Kläranlage Beton			[t/a]	26,1			MWh/a	34
Kläranlage Kupfer			[t/a]	0,4			MWh/a	2
Kläranlage HDPE			[t/a]	0,4			MWh/a	5
Kläranlage Glas			[t/a]	0,0			MWh/a	0
Kläranlage Kalk			[t/a]	0,1			MWh/a	0
Kläranlage Erdaushub			[t/a]	0,2			MWh/a	1
Klärschlammverwertung Stahlbeton			[t/a]	37,5			MWh/a	67
THG/PE aus Betrieb	[t/a]	707		1.373	MWh/a	4.769		3.518
THG/PE aus Betrieb (ohne CH4 und N2O)				705				
THG/PE aus Infrastruktur	[t/a]	0		277	MWh/a	0		1.425
GESAMT THG/PE		707		1.651		4.769		4.943

3.3.3.6 Spezifische vergleichende Analyse des Systems 3

Der Ergebnisvergleich von DWA-Arbeitsbericht und SAmpSONS für das System 3 muss differenzierter erfolgen, da sich relativ große Unterschiede in den THG- und PE-Ergebnissen für die einzelnen Systemkomponenten zeigen (siehe Tabelle 14). Zum Beispiel weist das in SAmpSONS abgebildete GW-Behandlungssystem einen mehr als 11 Mal höheren Energieverbrauch aus als das System im DWA-Arbeitsbericht. Eine wesentliche Begründung könnte in dem aufwendigeren Behandlungsverfahren (z.B. mehrstufige biologische Reinigung, Filtration und UV-Desinfektion) der in SAmpSONS integrierten Technologie liegen, die zu einem höheren Energieverbrauch pro m³ führt. Im Gegensatz dazu weist das in SAmpSONS integrierte Unterdrucksystem einen mehr als 3 Mal geringeren Stromverbrauch auf als das im DWA-Arbeitsbericht berücksichtigte System. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die in SAmpSONS integrierten Verbrauchsdaten auf einer Auswertung von 10 in der Praxis angewendeten Systemen beruhen, so dass die Datenqualität als sehr hoch eingeschätzt wird. In SAmpSONS trägt darüber hinaus der Stromverbrauch der Anaerobbehandlung zu ca. 23 % zum Gesamtstromverbrauch bei. Entsprechende umweltrelevante Verbräuche konnten im DWA-Arbeitsbericht nicht identifiziert werden. Insgesamt ergeben sich in SAmpSONS höhere Stromverbräuche für die berücksichtigten Verfahren, die entsprechend zu höheren THG- und PE-Ergebnissen beitragen. Auf der anderen Seite entstehen durch die Strom- und Wärmegewinnung der Faulgasnutzung in SAmpSONS höhere THG- und PE-Gutschriften. Im DWA-Arbeitsbericht werden für das System 3 zusätzlich die Auswirkungen der Nährstoffrückgewinnung betrachtet und in die umweltliche Bewertung mit einbezogen, indem THG- und PE-Gutschriften für vermiedene Düngemittelproduktion berücksichtigt werden. Entsprechende Daten bzw. Verfahrensblöcke sind derzeit in SAmpSONS noch nicht integriert. Diese wichtige Ergänzung soll aber im Folgejahr des Projektes durchgeführt werden.

Insgesamt werden sowohl im DWA-Arbeitsbericht als auch in SAmpSONS für System 3 energiebezogene Gutschriften ausgewiesen, so dass aus beiden Arbeiten die relative umweltliche Vorteilhaftigkeit des Systems 3 gegenüber dem Referenzsystem abgeleitet werden kann. Für eine genauere Bewertung und die Feststellung der wesentlichen Unterschiede müssten die einzelnen Verfahrensblöcke detaillierter untersucht und verglichen werden. Vorhandene technische Verfahrensunterschiede könnten dann in SAmpSONS über modifizierte Eingabewerte (z.B. für Stromverbräuche oder Faulgasausbeuten) abgebildet werden. Inwieweit SAmpSONS auch für andere Szenarien nutzbare Informationen für die Grobplanung von Sanitärsystemen liefern kann, sollte über weitere Nutzertests und in konkreten Anwendungsbeispielen untersucht werden.

Tabelle 14: Vergleich potenzielle Umweltwirkungen (Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf) System 3 gegenüber Auswertungen in SAmPSONS

	Treibhausgasemissionen								Primärenergiebedarf				Kommentar
	System 3 KA-Artikel				System 3 SAmPSONS				System 3 KA-Artikel		System 3 KA-Artikel		
	kWh/d	3.481,1	[t/a]	715	kWh/d	11.486,6	[t/a]	2.360	MWh/a	3.558	MWh/a	11.739	
Stromverbrauch	kWh/d	705	[t/a]	145	kWh/d	8.162	[t/a]	1.677	MWh/a	720	MWh/a	8.342	
GW Behandlung	kWh/d	2.055	[t/a]	422	kWh/d	633	[t/a]	130	MWh/a	2.100	MWh/a	646	
Unterdruckentwässerung	kWh/d	47	[t/a]	10	kWh/d	0	[t/a]	0	MWh/a	48	MWh/a	0	
Prozesswasserbehandlung	kWh/d	0	[t/a]	0	kWh/d	2.692	[t/a]	553	MWh/a	0	MWh/a	2.751	
Anaerobverfahren	kWh/d	674	[t/a]	139	kWh/d	0	[t/a]	0	MWh/a	689	MWh/a	0	in SAmPSONS nicht berücksichtigt
Deammonifikation	kWh/d	-3.197	[t/a]	-657	kWh/d	-5.252	[t/a]	-1.079	MWh/a	-3.267	MWh/a	-5.367	
Stromgewinn durch Verbrennung Faulgas	kWh/d	-1.077	[t/a]	-99	kWh/d	-10.503	[t/a]	-2.158	MWh/a	-432	MWh/a	-4.217	
Wärmegehalt aus Faulgasverbrennung	kWh/d		[t/a]	8			[t/a]		MWh/a	21	MWh/a		in SAmPSONS noch kein Wert vorhanden
Transport zu Landwirtschaft			[t/a]	8			[t/a]		MWh/a		MWh/a		in SAmPSONS noch kein Wert vorhanden
Eisensatz (P-Fällung)			[t/a]	8			[t/a]		MWh/a		MWh/a		in SAmPSONS noch kein Wert vorhanden
Düngersatz P			[t/a]	-84			[t/a]		MWh/a	-74	MWh/a		in SAmPSONS noch kein Wert vorhanden
Düngersatz N			[t/a]	-266			[t/a]		MWh/a	-465	MWh/a		in SAmPSONS noch kein Wert vorhanden
Spülwasser (Trinkwasser)							[t/a]	0,1			MWh/a	0,4	
Direkte CH4 Emissionen							[t/a]	655					
GW-Behandlung							[t/a]	350					
Anaerobverfahren							[t/a]	305					
BHKW							[t/a]	0,5					
Direkte N2O Emissionen							[t/a]	149					
BHKW							[t/a]	3					
Anaerobverfahren							[t/a]	119,3					
Siedlung							[t/a]	26,5					
Direkte (nicht biogene) CO2 Emissionen							[t/a]	0,6					
Infrastruktur													
Vakuumtoiletten							[t/a]	51			MWh/a	515	
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal PP							[t/a]	3			MWh/a	35	
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal Gusseisen							[t/a]	52			MWh/a	196	
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal PVC							[t/a]	42			MWh/a	320	
Kanal Beton							[t/a]	0			MWh/a	0	
Kanal Steinzeug							[t/a]	11			MWh/a	51	
Kanal Erdaushub							[t/a]	1			MWh/a	4	
Unterdrucksystem Stahl							[t/a]	25			MWh/a	73	
Unterdrucksystem Leitungen/Schacht (HDPE)							[t/a]	29			MWh/a	360	
GW-Behandlung (HDPE)							[t/a]	51			MWh/a	633	
GW-Behandlung (Edelstahl)							[t/a]	9			MWh/a	41	
Anaerobverfahren (Stahl)							[t/a]	51			MWh/a	194	
Anaerobverfahren (Beton)							[t/a]	29			MWh/a	38	
Anaerobverfahren (HDPE)							[t/a]	1,2			MWh/a	15	
BHKW (Stahl)							[t/a]	1,3			MWh/a	6	
BHKW (HDPE)							[t/a]	1,2			MWh/a	15	
THG/PE aus Betrieb			[t/a]	-375			[t/a]	-72	MWh/a	-660		2.155	
THG/PE aus Betrieb (ohne CH4 und N2O)								-876					
THG/PE aus Infrastruktur			[t/a]	0			[t/a]	358	MWh/a	0		2.496	
GESAMT THG/PE				-375				286		-660		4.652	

3.3.3.7 Fazit

Die Ergebnisse des Vergleichs der N- und P-Bilanzen (Kapitel 0 und 3.3.3.3) zeigen ein hohes Maß an Übereinstimmung. Bereits ohne Anpassungen lassen sich die Abweichungen der Werte für alle Systeme plausibel begründen und bewegen sich in einem vertretbaren Ausmaß. Nach Anpassung in SAmPSONS ergeben sich nahezu identische Werte. Anpassungen waren notwendig hinsichtlich der Reinigungsleistungen, der Eliminationswerte und der Verhältnisse zwischen Schlamm und Zentrat.

Im Gegensatz zum DWA-Arbeitsbericht wird in SAmPSONS die Rückführung des Prozesswassers nicht berücksichtigt. Dies ist bedingt durch die Grundannahme in SAmPSONS, dass die Summe der eingetragenen Frachten der Summe der Senken (Gewässer, Schlamm, Gärrückstand) zuzüglich der gasförmig das System verlassenden Frachten (z.B. N-Elimination in der Kläranlage) bzw. sonstiger Abbauraten entspricht. Im Rahmen der Validierung zeigt sich eine tatsächliche Auswirkung dieser unterschiedlichen Grundannahmen

bezüglich der Stickstoff-Frachten im Schlamm (Referenzsystem) und im Zentrat (System 3). Diese Abweichungen führen zu einem zusätzlichen N-Gehalt von ca. + 10 % bzw. ca. + 4 % im DWA-Arbeitsbericht. Dies könnte relevant werden, wenn es um die Rückgewinnungspotenziale geht und müsste in diesem Zusammenhang noch einmal kritisch überprüft werden. Bezüglich P lassen sich keine Auswirkungen auf den Output durch die Rückführung des Prozesswassers feststellen.

Hinsichtlich der N-Bilanz werden zudem Unterschiede durch die unterschiedlichen Verfahren deutlich, insbesondere durch das zusätzliche SBR-Verfahren im DWA-Arbeitsbericht (Referenzsystem) bzw. die Unterschiede bei der GW-Aufbereitung (System 3). Derzeit ist, wie bereits aufgeführt, die Bandbreite an Technologien, die in SAmpSONS zur Verfügung stehen, begrenzt. Im Laufe der Weiterentwicklung und der Verstetigung soll diese jedoch kontinuierlich erweitert und angepasst werden, um so eine möglichst große Zahl an Systemen abbildbar zu machen. Trotzdem wird bereits hier die große Flexibilität des Tools deutlich; insbesondere da den Nutzern die Möglichkeit geboten wird, eigene Werte zu ergänzen und so ein spezifisches System realitätsnah abzubilden und zu visualisieren. Auch der Vorteil der Sankey-Diagramme wurde im Verlauf der Validierung deutlich. Die Visualisierung in dieser Form ermöglicht es, die einzelnen Stoffströme und die Frachten in kurzer Zeit zu erfassen.

Bezüglich der Umweltwirkungen Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen wurde deutlich, dass der Anteil der Infrastrukturaufwendungen entgegen bisheriger Ansätze einen geringen, aber dennoch nicht unwesentlichen Anteil an den gesamten Umweltwirkungen hat. Zudem zeigte der Vergleich mit dem DWA-Arbeitsbericht, dass die Methan- und Lachgasemissionen zu einem signifikanten Teil zu den Treibhausgasemissionen beitragen. Trotz der beschriebenen Unterschiede der in dieser Fallstudie berücksichtigten Verfahrensblöcke bzgl. der THG- und PE-relevanten Daten, liefert SAmpSONS entsprechende Ergebnisse, die mit einer detaillierten Analyse auf Basis einer umfangreichen Datenerhebung vergleichbar sind. Es zeigt sich aber auch, dass die Abbildung komplexer technischer Systeme und insbesondere deren Aneinanderkettung nicht trivial und somit auch eine verlässliche Berechnung der potenziellen Umweltwirkungen mittels SAmpSONS schwierig ist. Die wesentlichen Vorteile der Nutzung von SAmpSONS liegen aber auf der Hand: zum einen können in SAmpSONS integrierte Default-Werte genutzt werden, zum Zweiten können diese Werte bei genauerer Kenntnis angepasst werden und drittens werden die damit verbundenen Auswirkungen auf die Ergebnisse unmittelbar sichtbar.

3.3.4 Fallbeispiel 3: Darstellung der Diclofenac-Reinigungsleistung auf Basis des Arbeitsberichtes (BCE)

Das bereits in Kapitel 3.3.3 dargestellte Fallbeispiel wurde zudem für eine Darstellung der Diclofenac-Reinigungsleistung genutzt. Zwar stehen keine Daten zu Diclofenac aus dem DWA-Arbeitsbericht zur Verfügung, dennoch lässt sich anhand des Vergleichs die Funktionsweise des Parameters „Diclofenac-Reinigungsleistung“ zeigen und grundsätzlich auf Plausibilität überprüfen. Abbildung 33 zeigt das Sankey-Diagramm für Diclofenac im Referenzsystem. Abbildung 34 zeigt das Sankey-Diagramm für Diclofenac in System 3.

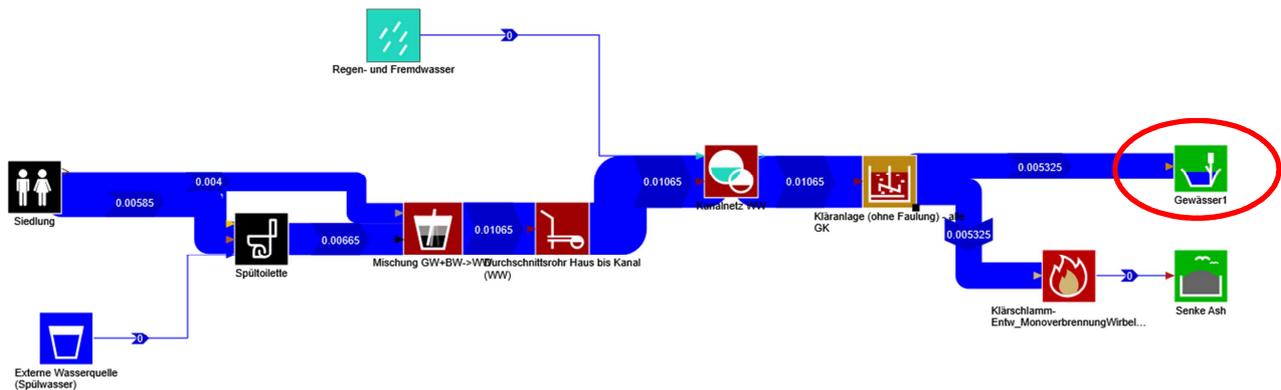


Abbildung 33: Darstellung der Diclofenac-Fracht im Referenzsystem im Sankey-Diagramm [kg/d].

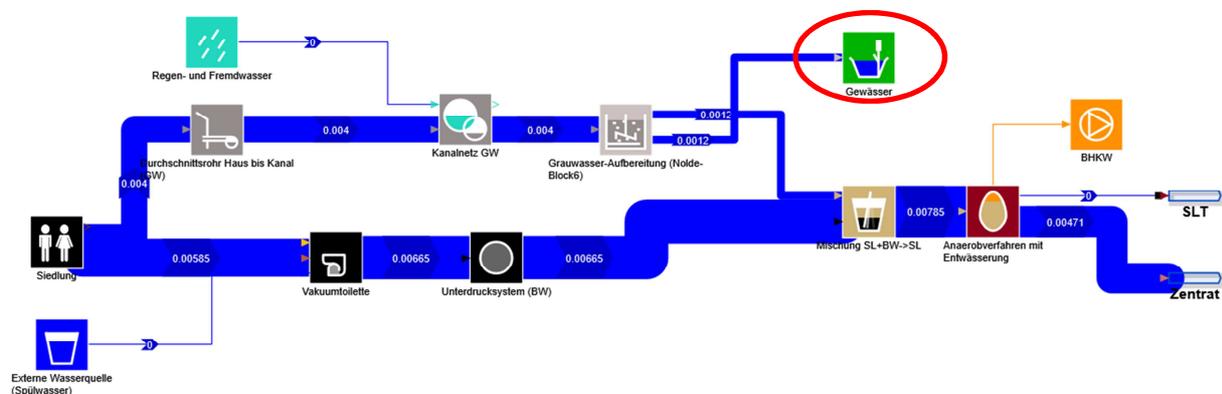


Abbildung 34: Darstellung der Diclofenac-Fracht in System 3 im Sankey-Diagramm [kg/d].

3.3.4.1 Vergleich der Beispiele

Auf Basis von Literaturwerten wurden in den einzelnen Teilströmen Werte für die Diclofenac-Fracht eingefügt. Diese sind vom Nutzer änderbar. Insgesamt ergibt sich daraus ein Diclofenac-Eintrag von 0,01065 kg/d (bei 50.000 EW) in beiden Systemen. Im Referenzsystem liegt der Diclofenac-Eintrag ins Gewässer bei 0,005325 kg/d (ca. 50 % der ins System eingetragenen Menge). In System 3 dagegen nur bei 0,0012 kg/d (ca. 11 %). Es zeigt sich hier ein deutlicher Vorteil von NASS gegenüber dem konventionellen System hinsichtlich des Diclofenac-Eintrags ins Gewässer. Einschränkend ist hier anzumerken, dass die beiden Stoffströme ausgefault, entwässerter Schlamm (SLT) und Zentrat (Z) noch einer weiteren Behandlung zugeführt werden müssen. Zudem liegen für die Aufteilung des auf SLT/Z aktuell keine verlässlichen Werte vor. Es ist aber davon auszugehen, dass ein Teil des Diclofenacs auch in den Stoffstrom SLT geht. Davon und von der weiteren Behandlung ist abhängig, ob und in welchem Ausmaß weiteres Diclofenac in die Umwelt gelangt.

3.3.4.2 Fazit zum Vergleich

Bezogen auf den Diclofenac-Eintrag ins Gewässer zeigt sich ein deutlicher Vorteil des NASS gegenüber dem konventionellen System. Allerdings müssen der entwässerte Schlamm (SLT) und das Zentrat (Z) noch einer weiteren Behandlung zugeführt werden, wodurch möglicherweise weiteres Diclofenac ins Gewässer oder

auf anderem Weg in die Umwelt gelangt. Im Zuge der Integration weiterer Technologien ist geplant, die entsprechenden Technologien ebenfalls in SAmpSONS aufzunehmen, so dass die Auswertung an dieser Stelle vollständig bis zur endgültigen Senke erfolgen kann. Zudem muss die Aufteilung des Diclofenacs auf die Output-Stoffströme SLT und Z einer kritischen Überprüfung unterzogen werden.

Insgesamt stellte sich die Datengrundlage zu Diclofenac in Abwasserbehandlungstechnologien im Laufe des Projektes als sehr lückenhaft heraus. Dadurch wird die Zuverlässigkeit der Ergebnisse eingeschränkt. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Reinigungsleistung einzelner Technologien als auch hinsichtlich der Aufteilung der Diclofenac-Frachten auf die Output-Stoffströme. Um hierzu verlässlichere Aussagen treffen zu können sind weitere Untersuchungen notwendig. Auch hier zeigt sich jedoch der Vorteil von SAmpSONS, der sich durch die Flexibilität des Tools ergibt. Da sich die Default-Werte für jede Technologie anpassen lassen, können sie bei einer Verbesserung der Datenlage jederzeit ohne großen Aufwand aktualisiert werden. Dies stellt gerade angesichts der eingeschränkten, teils widersprüchlichen Datenlage zur Diclofenac-Reinigungsleistung für unterschiedliche Reinigungstechnologien eine entscheidende Komponente des Tools dar.

3.3.5 Fallbeispiel 4: Birkenfeld (BCE)

Basis für das Fallbeispiel Birkenfeld/Nahe bildet der Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 033L044 „Abwasserfreier Umwelt-Campus Birkenfeld: Sondierungsprojekt zur Erarbeitung eines Forschungs- und Entwicklungsantrags zur Umsetzung des Null-Emissions-Konzept des Campus auf dem Bereich Wasser und Abfall“ (im Folgenden „UCB-Bericht“). Im Rahmen des genannten BMBF-Vorhabens wurde ein innovatives Konzept „Abwasserfreier Campus“ in Kooperation mit den Firmen Roediger Vacuum GmbH, areal GmbH, dem Institut IWAR (TU Darmstadt) und dem Institut IfaS (FH Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld) erarbeitet. Dieses dehnt das am Umwelt-Campus bestehende Null-Emission-Konzept (ökologisches Baukonzept, CO₂-neutrale Energie- und Wärmeversorgung, modernste Gebäude- und Anlagentechnik) auf den Bereich Wasser und Abwasser aus. Dafür wurden neben den Wohnheimen, mit 497 Plätzen, auch weitere anfallende Abfall- und Abwasserfrachten berücksichtigt, z.B. aus Bürogebäuden, Waschsalon und Sporthalle sowie der Mensa.

Das Projekt bietet hinsichtlich der Kosten eine umfangreiche Datengrundlage, die sich für einen Vergleich mit den SAmpSONS-Simulationsergebnissen eignet. Darüber hinaus lassen sich anhand der im Projekt erhobenen Werte weitere Daten auf ihre Plausibilität prüfen (z.B. Flächenbedarf der Pflanzenkläranlage, Massenstrombilanzen, etc.). Diese Daten wurden bereits in das Tool eingearbeitet. Im Folgenden wird daher ausschließlich auf den Kostenvergleich eingegangen. Tabelle 15 zeigt den Vergleich der in SAmpSONS verwendeten Technologien mit denen, die im UCB-Bericht beschrieben sind.

Tabelle 15: Darstellung der im UCB-Bericht beschriebenen Technologien und deren Abbildbarkeit in SAmpSONS.

UCB-Bericht	
Komponenten	Abbildbar in SAmpSONS
Mengen und Frachten	ja* ¹
Umrüsten der Wohnheime	ja
GW-Wärmenutzung	ja* ²

Vakuumtechnik	ja
Schwarzwasseraufbereitung (Siebrechenstufe, Rechengut, Entwässerungscontainer, Vorklärung, Scheibentauchkörper mit Nachklärung)	ja* ³
Biogas-Fermenter (Nassvergärung, Entwässerungscontainer)	ja
Gasaufbereitung / Gasspeicherung	Nein
Verrohrung innerhalb der Anlage	
Elektrotechnik	Ja* ⁴
Engineering, Konstruktion, Montage, Inbetriebnahme	
Nachgeführte Schwarzwasseraufbereitung über Pflanzenkläranlage	Ja
Grauwasseraufbereitung über Pflanzenkläranlage	Ja

*¹ Umrechnung in EWG auf Basis der im Bericht angegebenen Mengen der Stoffströme.

*² In SAmPSONS nur in Verbindung mit GW-Aufbereitung verfügbar.

*³ In SAmPSONS wurde hierfür auf Block „Kleinkläranlagen“ zurückgegriffen.

*⁴ Positionen sind in SAmPSONS bereits innerhalb der jeweiligen Technologien berücksichtigt.

3.3.5.1 Vergleich der Investitionskosten

Der Investitionskostenvergleich erfolgte auf Basis der einzelnen Verfahrensblöcke. In SAmPSONS wurde für die Gasverwertung ein BHKW eingebaut. Da die im UCB-Bericht beschriebene Technologie (Gasaufbereitung / Gasspeicherung) in SAmPSONS derzeit nicht zur Verfügung steht, wurden die Kosten für das BHKW nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 35 dargestellt.

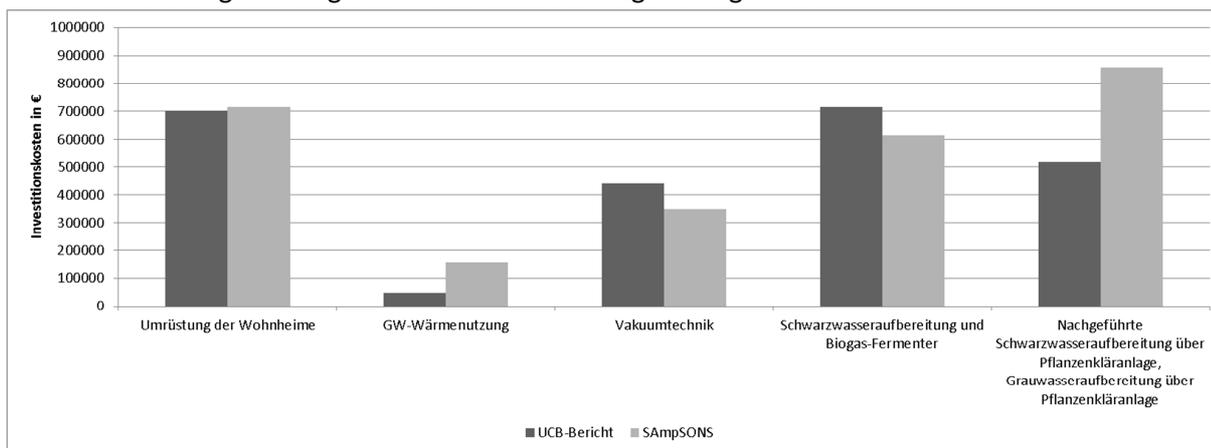


Abbildung 35: Vergleich der Investitionskosten des UCB-Bericht mit den Ergebnissen in SAmPSONS.

Die im UCB-Bericht veranschlagten Investitionskosten liegen insgesamt bei 2.423.403 € im Gegensatz zu 2.694.715 € in SAmPSONS. Damit sind die Kosten in SAmPSONS um etwa 11 % höher als die im UCB-Bericht angesetzten. Angesichts der großen Unsicherheiten, mit denen Kostenschätzungen generell verbunden sind, ist diese Abweichung bezogen auf die Gesamtkosten – insbesondere im Bereich der Grobplanung - durchaus als vertretbar anzusehen.

Eine Abweichung in den berücksichtigten Technologien ergibt sich bei der Grauwasser (GW)-Wärmenutzung. In SAmPSONS steht diese momentan nur in Verbindung mit GW-Recycling zur Verfügung. Dies führt zu einem deutlichen Unterschied bei den Kosten (UCB-Bericht 48.000 € im Vergleich zu SAmPSONS 156.000 €), der sich jedoch auf die unterschiedlichen Verfahren zurückführen lässt.

Bei den Kosten für die Schwarzwasseraufbereitung und die Nassvergärung zeigen sich im Detail erhebliche Abweichungen. Während im UCB-Bericht für die Schwarzwasseraufbereitung lediglich 155.000 € veranschlagt sind, belaufen sich die Kosten für Kleinkläranlagen auf mehr als 450.000 €. Im Gegensatz dazu sind im UCB-Bericht für den auf die Schwarzwasser-Aufbereitung folgenden Biogas-Fermenter etwa 200.000 € angesetzt. Demgegenüber stehen ca. 140.000 € für die Technologie in SAmPSONS. Zudem kommen im UCB-Bericht weitere 360.000 € hinzu für Verrohrung, Elektrotechnik und Engineering, Konstruktion, Montage und Inbetriebnahme.

Hinsichtlich der Schwarzwasseraufbereitung lässt sich der erhebliche Unterschied durch die Wahl der unterschiedlichen Technologien begründen. Für die anfallende Wassermenge würden insgesamt 58 Kleinkläranlagen benötigt. Durch die volle Anrechnung der Anzahl an Kleinkläranlagen kommt es zu einer erheblichen Kostenüberschätzung. Hier müssten die entsprechenden Kostenparameter stark angepasst bzw. das Tool um eine entsprechende Technologie erweitert werden.

Bezogen auf die Anaerobvergärung werden die Kosten in SAmPSONS unterschätzt. Ein Grund hierfür ist, dass neben dem im UCB-Bericht anfallenden Mengen an Schwarzwasser und Bioabfall aus den Wohnheimen auch weitere Inputströme berücksichtigt werden (z.B. Speiseabfälle aus der Mensa). Diese zusätzlichen Inputströme werden derzeit in SAmPSONS nicht berücksichtigt. Da die Kosten in SAmPSONS auf Basis der EWG berechnet werden bedingt dies eine Unterschätzung der Kosten.

Hinzu kommt, dass aus dem UCB-Bericht nicht hervorgeht, welcher Technologie die zusätzlichen Kosten (Verrohrung innerhalb der Anlage, Elektrotechnik, Engineering, Konstruktion, Montage, Inbetriebnahme) zuzurechnen sind. Diese sind in den jeweiligen SAmPSONS-Blöcken bereits enthalten. Werden sie beispielweise zu 100 % der Anaerobvergärung zugerechnet, betragen die Kosten für die Schwarzwasseraufbereitung mittels Kleinkläranlagen das Dreifache der Kosten, die für die Schwarzwasseraufbereitung im UCB-Bericht angesetzt werden. Dagegen betragen die Kosten in diesem Fall für den Biogas-Fermenter nur 25 % derer, die im UCB-Bericht angesetzt werden. Abbildung 36 zeigt das Verhältnis der Kosten in SAmPSONS in Abhängigkeit von der Zurechnung der zusätzlichen Kosten.

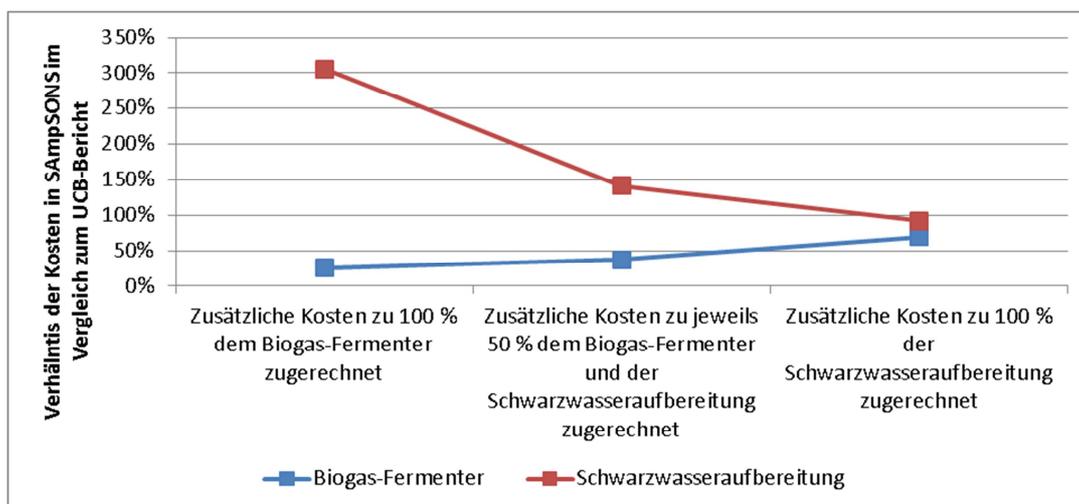


Abbildung 36: Verhältnis der Kosten in SAmPSONS im Vergleich zu den Kosten im UCB-Bericht für den Biogas-Fermenter und die Schwarzwasseraufbereitung in Abhängigkeit von der Zurechnung der zusätzlichen Kosten.

Eine erhebliche Abweichung wird zudem bei der GW- bzw. SW-Behandlung mittels Pflanzenkläranlage deutlich (DBU-Bericht 517.000,00 €; SAmpSONS ca. 850.000 €). Die Kosten in SAmpSONS liegen um ca. 60 % über denen im UCB-Bericht. Dies lässt sich auf Basis der aktuellen Datenlage nicht abschließend erklären und muss näher untersucht werden. Ein möglicher Grund könnte sein, dass die Kosten in SAmpSONS für kleinere Pflanzenkläranlagen gelten und hier eine lineare Skalierung nach oben zu einer Überschätzung der Kosten führt, da keine Skaleneffekte berücksichtigt werden.

3.3.5.2 Fazit

Im UCB-Bericht wurden die einzelnen Komponenten auf den konkreten Fall spezifisch von den jeweiligen Fachfirmen ausgelegt. In SAmpSONS handelt es sich dagegen um eine grobe Abschätzung, ohne detaillierte Kenntnisse der spezifischen Gegebenheiten. Auch wenn die Gesamtkosten als hinreichend genau eingeschätzt werden können, zeigen sich im Detail große Abweichungen der Kostenpositionen der einzelnen Technologien.

Hier wird ein grundsätzliches Problem deutlich wenn es darum geht, allgemeingültige Kostenwerte in einem Analyse-/Simulationstool zu hinterlegen. Generell sind Kostenabschätzungen mit großen Unsicherheiten verbunden, insbesondere dann, wenn sie nicht für einen spezifischen Fall ausgelegt sind. Auf diesen Sachverhalt wird in verschiedenen Veröffentlichungen hingewiesen. Diese Problematik ließ sich auch in SAmpSONS nicht lösen.

Verschiedene Faktoren konnten identifiziert werden, die zu einer Verzerrung der Kosten führen. Die Kostenwerte wurden meist für spezifische Beispiele bestimmter Technologien hinterlegt. Diese sind nicht notwendigerweise repräsentativ für unterschiedliche Anwendungsfälle. Beispielsweise führt das Verfahren der linearen Skalierung von Kostenwerten der einzelnen Verfahrensblöcke zu Abweichungen, da keine Skaleneffekte berücksichtigt werden. Auch gibt es für eine Technologie eine große Bandbreite an Ausgestaltungsmöglichkeiten, die sich erheblich auf die Kosten auswirken kann. Hinzu kommen regionale Unterschiede und solche im Zeitverlauf. Auch durch die Bezugsgröße der Kostenwerte (in der Regel EWG) ergeben sich Verzerrungen der Kosten, insbesondere dann, wenn nur ein Teilstrom der Technologie zugeführt wird, dies wird beispielsweise im Anaeroblock deutlich. Der Nutzer muss hier sehr sorgfältig darauf achten, die Default-Werte dementsprechend anzupassen.

Auch hier gilt, dass mit einer Verbesserung der Datengrundlage auch eine Verbesserung der Ergebnisse erreicht werden kann, da die Default-Werte anpassbar sind. Die bestehenden Default-Werte geben lediglich eine sehr grobe Orientierung. Der Nutzer muss diese Default-Werte kritisch hinterfragen und gegebenenfalls anpassen. Aber auch unabhängig vom einzelnen Nutzer ist es ein Ziel des SAmpSONS-Projektes bzw. der Verlängerungsphase, die Datengrundlage systematisch zu verbessern um immer genauere Default-Werte zu erhalten, z.B. durch die Möglichkeit, Technologieanbietern die Option zu bieten, Daten für das Tool bereit zu stellen, weitere Fallbeispiele und den Test durch Nutzer. Ziel ist es hier, in einen kontinuierlichen Austausch mit den verschiedenen Gruppen zu treten.

3.4 Verbreitung der Projektergebnisse

Im Oktober 2018 wurde der folgende Beitrag zu SAmpSONS auf einer IWA-Konferenz einem internationalen Fachpublikum vorgestellt:

SCHÜTZE, M., WRIEGE-BECHTOLD, A., SÖBKE, H., WIßMANN, I., SCHULZ, M., VESER, S., LONDONG, J., BARJENBRUCH, M., ALEX, J.(2018): *Simulation and Visualization of Material Flows in Sanitation Systems for Streamlined Sustainability Assessment*, IWA Conference on Small Water & Wastewater Systems and Resources Oriented Sanitation, Haifa, Israel, 14.-18. Oktober 2018.

Des Weiteren wurde durch Dr. Schütze auch in einem eingeladenen Hauptvortrag der internationalen Wasserkonferenz AGUA2018 in Kolumbien SAmPSONS vorgestellt.

Im November 2018 wurde der folgende Beitrag auf der IWA Nutrient Removal & Recovery Conference in Brisbane, Australien präsentiert:

ZINATI SHOA, T. AND BARJENBRUCH, M. (2018): *Nutrient recovery by source separated sanitation technologies*, IWA Nutrient Removal & Recovery Conference 2018, Brisbane, Australia, 18.-21. November 2018.

Zudem wurde folgender Beitrag an das IWA Journal zur Veröffentlichung in einem IWA-Journal übermittelt. Dieses wurde gerade zum Peer Review an das Journal Water Science & Technology weitergeleitet:

SCHÜTZE, M., WRIEGE-BECHTOLD, A., ZINATI, T., SÖBKE, H., WIßMANN, I., SCHULZ, M., VESER, S., LONDONG, J., BARJENBRUCH, M., ALEX, J. (submitted): *Simulation and Visualization of Material Flows in Sanitation Systems for Streamlined Sustainability Assessment*; submitted to Wat. Sci. Tech.

Auf der diesjährigen Weltleitmesse der Wasser-, Abwasser- und Abfalltechnik (IFAT in München, 14.-18.05.18) wurde die Entwurfsversion von SAmPSONS am Messestand des ifak der interessierten Fachöffentlichkeit vorgestellt.

Aufgrund des fortgeschrittenen Arbeitsstandes werden nunmehr verstärkt weitere Publikationen in Fachorganen, wissenschaftlichen Zeitschriften und auf nationalen und internationalen Fachkonferenzen vorbereitet. SAmPSONS wurde zudem in Fachgremien präsentiert. So wurde am 15.11.2017 SAmPSONS den Mitgliedern der DWA Arbeitsgruppe 1.1 FA KA-1 – Technik und Bemessung vorgestellt. Dabei wurde die Herangehensweise zur Entwicklung diskutiert sowie der aktuelle Arbeitsstand erläutert. Das Projekt sowie die ersten Ergebnisse fanden breite Zustimmung in der Gruppe. Die AG hat zugestimmt, das Projekt zukünftig fachlich zu begleiten und beratend zur Seite zu stehen.

Darüber hinaus geht SAmPSONS bereits jetzt in Lehrveranstaltungen, z.B. an der Hochschule Magdeburg-Stendal und bei verschiedenen Gastvorlesungen ein.

Es ist bereits fest eingeplant, SAmPSONS bei den folgenden beiden Veranstaltungen vorzustellen.

Präsentation von SAmPSONS beim 26. SIMBA-Treffen am 14./15. Mai 2019 in Merseburg.

Präsentation von SAmPSONS bei der DWA Arbeitsgruppensitzung (DWA-Arbeitsgruppe KA-1.1, „Technik und Bemessung“ am 28.06.2019 in Koblenz.

Beide Veranstaltungen bieten zudem die Möglichkeit, Feedback von Fachexperten bzw. potenziellen Anwendern zu beziehen.

Darüber hinaus ist der Kurzbeitrag zur Veröffentlichung im Tagungsband der DWA-Landesverbandstagung am 19.06.2019 in Leipzig eingereicht: Schulz, M., Wißmann, I., Schütze M., Zinati, T., Wrieger-Bechtold, A,

Söbke, H., Veser, S., Londong, J., Barjenbruch, M., Alex, J.: *SAmPSONS: Simulation und Visualisierung von Stoffströmen in Sanitärsystemen zur Nachhaltigkeitsbewertung.*

4 Fazit und Ausblick

Der Vergleich von verschiedenen Verfahren bzw. Verfahrenskombinationen für die Sanitärversorgung erfordert die Berücksichtigung mannigfaltiger Aspekte. Heutzutage sind diese nicht nur auf die Kosten zu beschränken. Immer stärker besteht der Wunsch, die Nachhaltigkeit über geeignete Indikatoren entsprechend in den Untersuchungen darzustellen. Aber auch die besonderen Herausforderungen, die z.B. Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen hinsichtlich ihrer spezifischen Frachten bezüglich Medikamentenreste und pathogener Keime für das Gesamtsystem darstellen, müssen zukünftig stärkere Beachtung finden. Dazu wurde im SAmPSONS-Projekt ein geeigneter Kriterienkatalog erstellt (vgl. Abschnitt 3.1.1) und in einem computergestützten Tool umgesetzt.

SAmPSONS gibt Planern, Verwaltungsmitarbeitern, Architekten usw. die Möglichkeit, verschiedene Szenarien bei der Vorplanung von Sanitärsystemen hinsichtlich unterschiedlicher Teilziele wie Ökologie, Ökonomie und Soziales miteinander zu vergleichen.

Im ersten Projektabschnitt wurden zu implementierende Verfahren ausgewählt und für diese nach Basis- und Planungsdaten gesucht (siehe Kapitel 2). Diese Daten wurden aufbereitet und in einem einheitlichen Format als Steckbriefe zusammengestellt. Die Datenlage erwies sich hierbei als teilweise lückenhaft und erforderte einen unerwartet hohen Rechercheaufwand.

Im nächsten Schritt wurde ein möglichst einfach handhabbarer und ausreichend flexibler Simulator zur überschlägigen Modellierung und Darstellung der Stoffströme von konventionellen und alternativen Sanitärsystemen erarbeitet, mit dem die Verfahren aus den Steckbriefen kombiniert und verglichen werden können.

Nach weitgehender Fertigstellung von SAmPSONS und ersten Tests der Verfahrensblöcke auf Basis einer vorläufigen Testversion des Simulators wurde die Validierung durchgeführt. Dazu wurden vier bereits in anderen Projekten intensiv untersuchte Fallbeispiele mit Referenzdaten genutzt: Wohlsborn, der DWA-Arbeitsbericht, Birkenfeld und Stahnsdorf. Es erfolgte ein Vergleich der Referenzdaten mit den von SAmPSONS generierten Ergebnissen. Anhand der Auswertungen konnten die erhobenen Default-Werte getestet und validiert werden (siehe Kapitel 3.3).

Dabei zeigte sich, dass grundsätzlich eine gute Vergleichbarkeit gegeben ist und SAmPSONS somit zur Unterstützung der Grobplanung von Sanitärsystemen verwendet werden kann (zu Details der Auswertung der Fallbeispiele siehe Kapitel 3.3.1 bis 3.3.5). An einigen Stellen zeigte sich allerdings auch, dass die in SAmPSONS enthaltenen Verfahrensblöcke mit ihren spezifischen Daten nicht allgemeingültig für alle Anwendungsgebiete und Situationen verwendet werden können. Z.B. unterscheiden sich einzelne Abwasserreinigungstechnologien teilweise stark. In SAmPSONS ist die Auswahl der verfügbaren Technologien aber begrenzt, so dass vorhandene Verfahrensblöcke nicht einfach 1:1 übernommen werden sollten. Gerade auch bei der Plausibilisierung der Kostenwerte zeigten sich die offensichtlichen Unterschiede, die für einzelne Technologien gelten (siehe Gründe dafür in Kapitel 3.3.1.4 und 3.3.5.2). Es ist daher unerlässlich, dass die in den einzelnen Verfahrensblöcken hinterlegten Daten für die jeweiligen spezifischen Anwendungsgebiete geprüft und ggf. angepasst werden. Dafür ist es erforderlich, dass der Nutzer von SAmPSONS sowohl mit den systeminhärenten Funktionalitäten des Tools vertraut ist und auch die verfahrensblock-spezifischen Daten beurteilen und ggf. modifizieren kann. SAmPSONS steht der interessierten Fachöffent-

lichkeit im Internet unter <https://www.ifak.eu/de/produkte/sampsons> zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Die großen Vorteile von SAmpSONS (in seiner derzeitigen Version) liegen in

- 1) der Verfügbarkeit von Default-Werten für eine Auswahl der wichtigsten Technologien im Bereich von NASS und konventionellen Abwassersystemen, die eine Bewertung der Technologien für eine Vielzahl von Nachhaltigkeitsindikatoren ermöglichen;
- 2) der unkomplizierten Anpassbarkeit der in SAmpSONS hinterlegten Default-Werte;
- 3) der unmittelbaren Möglichkeit, die Auswirkungen dieser Anpassungen auf die Stoffströme und Nachhaltigkeitswirkungen auf Knopfdruck sichtbar zu machen.

Für eine Detaillierung und Optimierung der Daten sowie einer Verbesserung der Auswertoptionen und Ergebnisdarstellung wird mehr Zeit benötigt, die in einem weiteren Projektjahr erarbeitet werden könnte. Die beantragten Arbeiten sollen dazu dienen,

- a) weitere wichtige Verfahrensblöcke zu integrieren sowie bislang zusammengefasste Behandlungsstufen zu disaggregieren;
- b) die mögliche Integration weiterer anthropogener/organischer Spurenstoffe wie zum Beispiel Mikroplastik und eines Bewertungsindikators „Resilienz“ in SAmpSONS zu untersuchen, Datenlücken zu schließen, die Relevanz von unsicheren Daten zu ermitteln und daraufhin weitere spezifische Forschungsbedarfe zu identifizieren;
- c) den Bilanzraum dahingehend zu erweitern, dass generierte Nebenprodukte angemessen in der Nachhaltigkeitsbewertung berücksichtigt werden;
- d) auf Basis von internem und externem Feedback die Funktionsweise des Tools zusätzlich zu validieren und die Bedienbarkeit und Nutzerfreundlichkeit von SAmpSONS zu verbessern und
- e) die Anwendung von SAmpSONS möglichst vielen Nutzern zu ermöglichen, einen Prozess der stetigen Datenpflege zu etablieren und dadurch gleichzeitig eine systematische Verbesserung der Datengrundlage zu erreichen.

Ein entsprechender Folgeantrag wurde am 19.12.2018 bei der DBU eingereicht.

5 Literatur

- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI (2016): *Transitionswege WasserinfraStruktursysteme (TWIST++)*, abgerufen am 7. Juni 2016, von <http://www.twistplusplus.de/>
- CAMPOS, L., JAIN, V., SCHÜTZE, M. (2012): *Simulating Nutrient and Energy Fluxes in Non-networked Sanitation Systems*, Faecal Sludge Management Conference, Durban, 29.10. – 01.11.2012.
- DIN ISO 14040: 2006, *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*.
- DWA (2017): *Neuartige Sanitärsysteme (NASS). Eine Bilanzierung von Nährstoffen, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-1.6*, Korrespondenz Abwasser, Abfall 64 (12), 1074-1083.
- FEHRENBACH H., REINHARDT J. (2010): *Ökologische Bewertung thermischer Klärschlammbehandlungsvarianten*; In: Klärschlammfäulung und –verbrennung. Das Behandlungskonzept der Zukunft? – Ergebnisse einer Grundsatzstudie der Städte Augsburg, Frankfurt am Main, Karlsruhe, Mannheim, München, Stuttgart und Zürich; Schriftenreihe WAR 204; Darmstadt.
- HENZE, M., GUJER, W., MINO, T. et al. (2000): *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*, IWA Scientific and Technical Reports 9, 99-121.
- HISSL, H. UND HILLENBRAND, T., FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI (Hrsg) (2010): *Dezentrales urbanes Infrastruktursystem DEUS 21*, Abschlussbericht.
- HORN, J. VON, MAURER, M., LONDONG, J. et al. (2013). *Welche neuartigen Sanitärsysteme (NASS) sind für Deutschland besonders Erfolg versprechend?* Korrespondenz Abwasser Abfall 60 (8), 673–683.
- IFAK E.V. (2018): *Simba Portal - software for simulation and control*, abgerufen von <https://simba.ifak.eu/en>
- IWA, GIZ, ICRA (2017): *ECAM 2.0. Energy Performance and Carbon Emissions Assessment and Monitoring Tool*, abgerufen am 20. Juni 2018, von <http://wacclim.org/ecam-tool/>
- KWB (2012) – KompetenzZentrumWasserBerlin (2012): *SCST – Sanitation Concepts for Separate Treatment*, abgerufen am 23. September 2012, von <http://www.kompetenz-wasser.de/SCST.22.0.html?&L=%3FL%3D2>
- OGUREK, M., ALEX, J., SCHÜTZE, M. (2015): *Eine neue Simulationsplattform für die gemeinsame Simulation von Verfahrenstechnik und MSR-Maßnahmen für abwassertechnische Anlagen*, DWA-GMA Gemeinschaftstagung „Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen“, Kassel, 09./10.06.2015.
- ORMANDZHIEVA, Z., SCHÜTZE, M., ALEX, J. (2014): *Modelling and simulation of new sanitation concepts*, 13th International Conference on Urban Drainage, Surawak, Malaysia, 7.-12.09. 2014.
- OTTERWASSER (2007): *Final cost calculation report for the demonstration project “Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater”*, abgerufen am 02. Februar 2019, von https://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/05/scst_cost_calculation_report.pdf
- REMY, C. (2010): *Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management*, Dissertation TU Berlin.
- REMY, C., RUHLAND, A. (2006): *Ecological Assessment of alternative sanitation concepts with Life Cycle Assessment*, Final report of subtask 5 of the demonstration project “Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST)”, Berlin.
- SARTORIUS, C., NYGA, I., LEVAI, P. et al. (2017): *Entwicklung und Anwendung einer multikriteriellen Methode zur Nachhaltigkeitsbewertung von Wasserinfrastruktursystemen*, Wasserinfrastrukturen für die zukunftsfähige Stadt - Beiträge aus der INIS-Forschung, 146–151.
- SCHULZ, M., SHORT, M.D., PETERS G.M. (2012): *A streamlined sustainability assessment tool for improved decision-making in the urban water industry*, Integrated Environmental Assessment and Management

8 (1): 183–193.

SÖBKE, H., HOFMANN, A. F., KROPP, I. et al. (2018): *Software-TWISTing. Integrierte Systeme für die Planung zukunftsfähiger kommunaler Wasserinfrastruktur*, Korrespondenz Abwasser, Abfall, 65(1), 39–45.

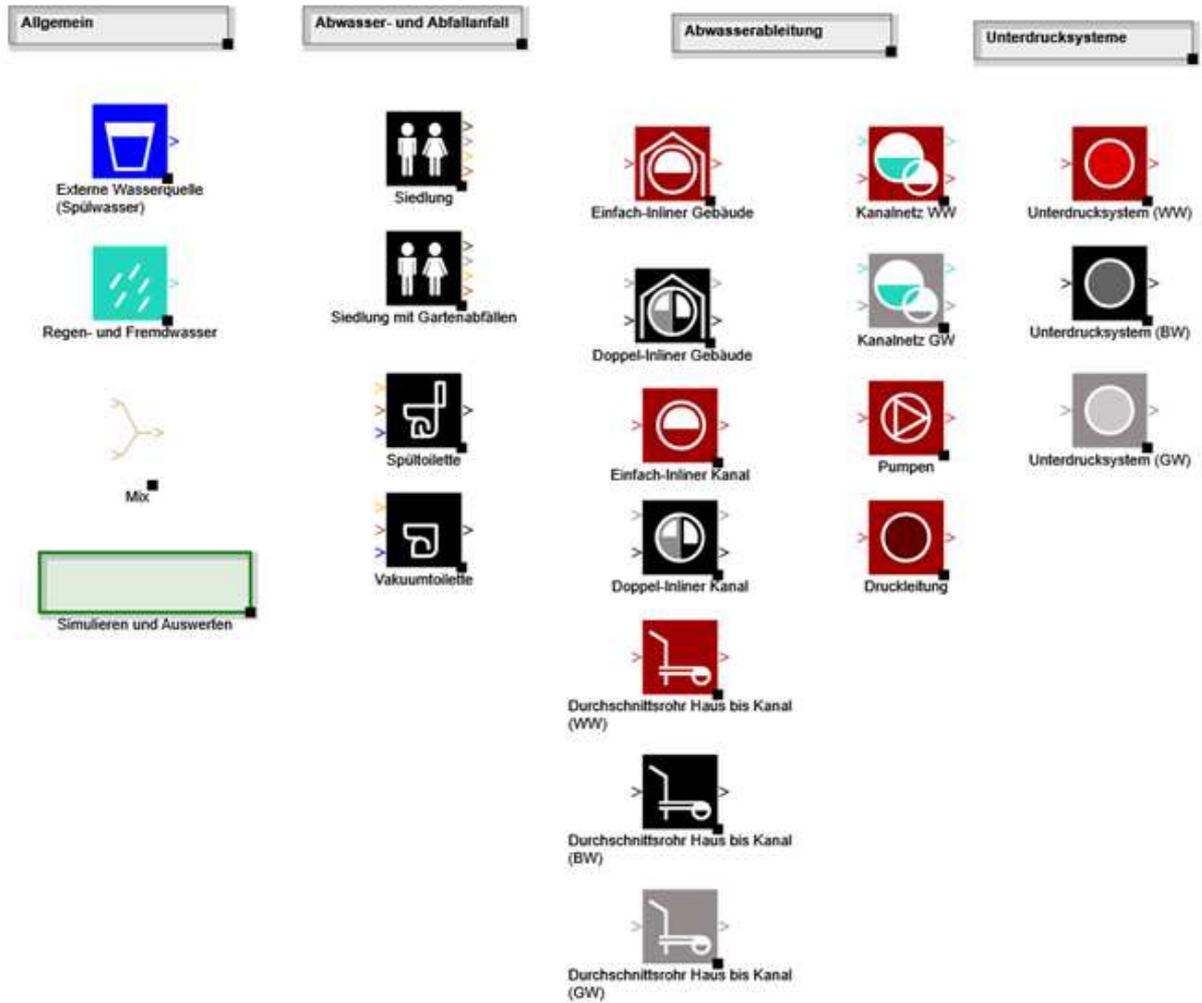
STEINHAEUER, L. (2018): *Nachhaltigkeitsbewertung von Abwasserinfrastruktur mit Hilfe eines Software-Moduls am Beispiel einer ländlichen Gemeinde Thüringens*. Studienarbeit Bauhaus-Universität Weimar.

THINKSTEP (2017): *Software System und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung*, Stuttgart, Echterdingen.

TILLEY, E., ULRICH, L.; LÜTHI, C., et al. (2014): *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*, 2. Auflage, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG), Dübendorf, Schweiz.

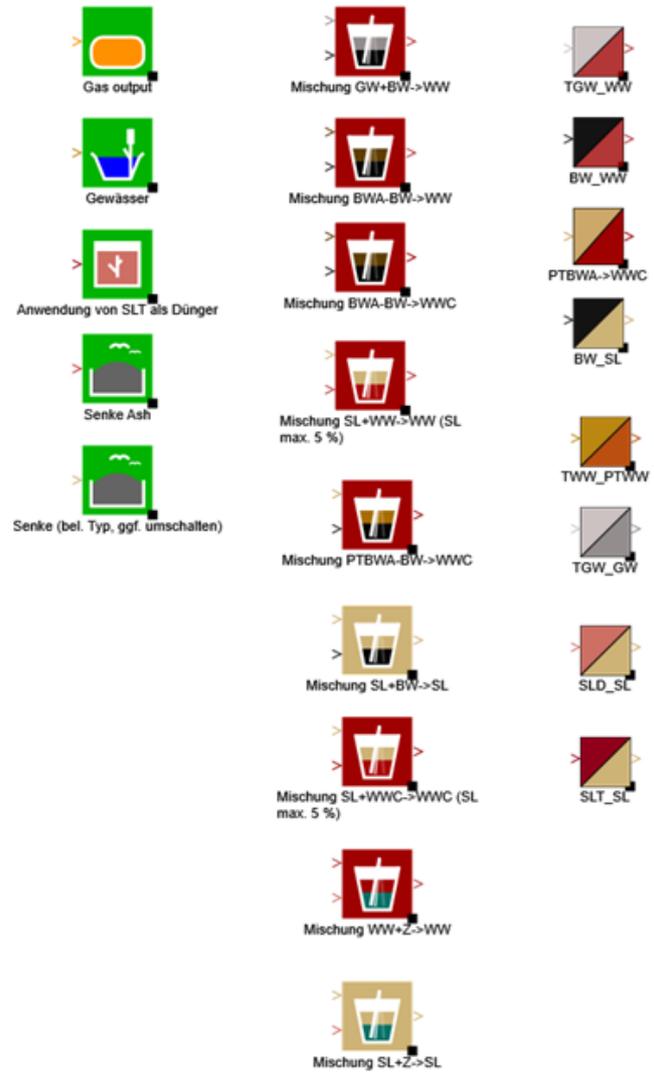
Anhang

A1 Modulbibliothek in SampSONS





Entsorgung/Senke Mischer Konverter



A2 Parameter zur Berechnung von Umweltwirkungen

		Eutrophication potential	Greenhouse gas emissions	Primary Energy demand	Cost
		kg PO4-eq	kg CO2-eq	MJ	€
PO4_direm	kg	1	0	0	-1
N_direm	kg	0,42	0	0	-1
NH3_direm	kg	0,35	0	0	-1
NOX_direm	kg	0,2	0	0	-1
P_direm	kg	3,06	0	0	-1
COD_direm	kg	0,022	0	0	-1
CO2_direm	kg	0	1	0	-1
CH4_direm	kg	0	28	0	-1
N2O_direm	kg	0,27	265	0	-1
Energy	kWh	0,000146	0,614	11,1	0,3
Steel	kg	0,002153846	8,5	138,8461538	-1
Steel2	kg	0,00036	2,44	25,1	-1
Concrete	kg	0,000023	0,1	0,47	-1
ReenforcedConcrete	kg	0,0000334	0,137	0,88	-1
PP	kg	0,0012	1,63	77,8	-1
HDPE	kg	0,0012	1,8	80,1	-1
PVC	kg	0,0013	2,56	70,8	-1
Castiron	kg	0,00057	3,87	52	-1
Sandgravel	kg	0,0000232	0,0023	0,0407	-1
Lorry_22	tkm	0,000029	0,05729	0,82	-1
Lorry_11	tkm	0,0000407	0,0701	1	-1
Car	100 km	0,01086	15,16	215	-1
Aluminium	kg	0,00241	9,68	172	-1
Diesel	l	0,002131019	2,974792453	42,18867925	1,2

A3 Beispielauswertung Investitionskosten in Bezug auf Lebensdauern

CapCost	Description	Value	Unit	Lifetime [a]
GeneralCAPEX				
Kanalnetz WW	Unspecified total investment costs [nicht näher spezifiziert]	0 €		100
Kläranlage (ohne Faulung) - alle GK	Unspecified total investment costs [nicht näher spezifiziert]	0 €		30
Klärschlamm-Faulung_Entw_Trocknung_MonoverbrennungWirbelschicht	Unspecified total investment costs [nicht näher spezifiziert]	12200000 €		30
Spültoilette	Unspecified total investment costs [nicht näher spezifiziert]	7090000 €		10
	GeneralCAPEX total	1115667 €	/a	
Planning				
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal (WW)	Specific investment costs: Planning	0 €		135
Kanalnetz WW	Specific investment costs: Planning	0 €		100
Kläranlage (ohne Faulung) - alle GK	Specific investment costs: Planning	1860898 €		30
Spültoilette	Specific investment costs: Planning	0 €		10
	Planning total	62029,93 €	/a	
Material				
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal (WW)	pecific investment costs: Material costs	0 €		135
Kanalnetz WW	Specific investment costs: Material costs	15909833 €		100
Kläranlage (ohne Faulung) - alle GK	Specific investment costs: Material costs	0 €		30
Spültoilette	Specific investment costs: Material costs	0 €		10
	Material total	159098,3 €	/a	
Construction				
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal (WW)	Specific investment costs: Construction [Bau und Inbetriebnahme]	0 €		135
Kanalnetz WW	Specific investment costs: Construction [Bau und Inbetriebnahme]	97731834 €		100
Kläranlage (ohne Faulung) - alle GK	Specific investment costs: Construction [Bau und Inbetriebnahme]	39933624 €		30
Spültoilette	Specific investment costs: Construction [Bau und Inbetriebnahme]	0 €		10
	Construction total	2308439 €	/a	
Other				
Durchschnittsrohr Haus bis Kanal (WW)	Unspecified total investment costs [nicht näher spezifiziert]	41050000 €		135
	Other total	304074,1 €	/a	
	CapCost total	3949308 €	/a	

A4 Muster Daten-Steckbrief

Daten-Steckbrief Verfahrensblock XXXXXXXX

Status/Aufgaben:

komplett/in Bearbeitung

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		XXXXXXXXXX				
Kurzname		XXXXXXXXXX				
Verfahrensbeschreibung		XXXXXXXXXXXX				
Kapazität			XXX	E		
Lebensdauer			XXX	Jahre		
Dimension bzw. Platzbedarf			XXX	m ²		
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	XXXXXX	XXX	L/EW ^a d		
	Stoffstrom 2	XXXX	XXX	L/EW ^a d		
	Energiestrom 1	XXXXXX	XXX	KWh/(E ^a)		
Output - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	XXXXXX	XXX	L/EW ^a d		
	Stoffstrom 2	XXXXXX	XXX	KWh/(EW ^a)		
	Stoffstrom 3	XXXX	XXX	L CH ₄ /(E ^a d)		
	Stoffstrom 4	XXXXXX	XXX	gTS/(E ^a d)		
Leistungsdaten, e.g.						
Reinigungseffizienz						
	CSB	XXXXXX	XX	%		
	GesN	XXXX	XX	%		
	P ges	XXXXXX	XX	%		
	NH ₄ -N	XXXXXX	XX	%		
	NO ₃ -N	XXXXXX	XX	%		
	Nanorg	XXXX	XX	%		
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	XXXXXX	XX	kg/EW		
	Material 2	XXXX	XX	kg/EW		
	Material 3	XXXXXX	XX	kg/EW		
	Material 4	XXXXXX	XX	kg/EW		
	Material 5	XXXXXX	XX	kg/EW		
	Material 6	XXXX	XX	kg/EW		
	Material 7	XXXXXX	XX	kg/EW		
	Material 8	XXXX	XX	kg/EW		
	Material 9	XXXXXX	XX	kg/EW		
Energieeinsatz						
	Energie 1	XXXXXX	XX	KWh/(E ^a)		
		XXXX	XX			
Direkte Emissionen						
	CSB	XXXXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	GesN	XXXXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	P ges	XXXXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	NH ₃ -N	XXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	NO _x -N	XXXXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	CO ₂	XXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	SO ₂	XXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	CH ₄	XXXX	XX	kg/(EW ^a)		
	N ₂ O	XXXX	XX	kg/(EW ^a)		
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten	XXX	XX	€		
	Instandsetzungskosten	XXXXXX	XX	€		
	Betriebskosten	XXX	XX	€/a		
	Erlöse	XXXXXX	XX	€		
	Abschreibungszeit	XXX	XX	a		

Kommentare, Annahmen, etc.:

A5 Datensteckbriefe

Die nachfolgenden Datensteckbriefe enthalten Parameter für die einzelnen in SAmPSONS abgebildeten Erfassungs-, Transport- und Behandlungstechnologien/-verfahren, mit denen beim Fehlen eigener Daten die Simulation von Sanitärsystemen durchgeführt werden kann. Bei den Einzelwerten existieren große Schwankungsbreiten. Die Werte wurden vom Projektteam nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Jedem Wert wurde eine Datenqualitätskategorie (siehe Abbildung 2) zugeordnet. Alle Werte wurden ausschließlich für die Nutzung in SAmPSONS zusammengestellt. Es gilt grundsätzlich, dass Werte nicht aus dem Zusammenhang gerissen genutzt werden sollten. Beispielsweise sind abgeschätzte Werte mit gebührender Achtsamkeit zu behandeln. Diese sind aus subjektiven Erfahrungen und Herangehensweisen des Projektteams entstanden. Anhand von Referenzen und Kommentaren ist die Datenherkunft und/oder Herangehensweise dokumentiert worden. Für weitere Hinweise siehe Abschnitt 3.1: Technologien und Behandlungsverfahren/Beschreibung der SAmPSONS-Verfahren.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock 4.Reinigungsstufe - Aktivkohle
 Verfasser des Steckbriefs: Wriege-Bechtold, Zinati (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Aktivkohle (Spurenstoffelimination)			
Kurzname		AK			
Verfahrensbeschreibung		Reinigung des Kläranlagenablaufs durch Aktivkohle von Spurenstoffen (4. Reinigungsstufe)			
Kapazität			43.000	EW	²⁾
Lebensdauer			25	Jahre	⁵⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			500	m ²	Berechnung aus ²⁾
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	behandeltes Abwasser	120	L/EW*d	
	Stoffstrom 2				
	Stoffstrom 3				
	Stoffstrom 4				
	Energiestrom 1	Elektrizität	133.000	kWh/a	²⁾
Output - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	gereinigtes Abwasser	120	L/EW*d	
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz/Abbaugrad					
	CSB		40	%	²⁾
	GesN		0	%	
	P ges		95	%	¹⁾
	K ges		0	%	
	S ges		0	%	
	Diclofenac		90	%	²⁾
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				^{2); 3)}
		Anteil an entfernten CSB an Aktivkohle	100	%	
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	60	%	
		Anteil Luft	0	%	
		Anlagerung Aktivkohle	40	%	
	N-Bilanz				
		Anteil an entfernten N an Aktivkohle	0	%	
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	100	%	
		Anteil Luft	0	%	
		Anlagerung Aktivkohle	0	%	
	P-Bilanz				
		Anteil an entfernten P an Aktivkohle	100	%	
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	5	%	
		Anteil Luft	0	%	
		Anlagerung Aktivkohle	95	%	
	K-Bilanz				
		Anteil an entfernten K an Aktivkohle	-	%	⁴⁾
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anlagerung Aktivkohle	-	%	⁴⁾
	S-Bilanz				
		Anteil an entfernten S an Aktivkohle	-	%	⁴⁾
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anlagerung Aktivkohle	-	%	⁴⁾
	Diclofenac				
		Anteil an entfernten Diclofenac an Aktivkohle	100	%	⁴⁾
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	10	%	⁵⁾
		Anteil Luft	0	%	⁵⁾
		Anlagerung Aktivkohle	90	%	⁵⁾
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe					
	Material 1	Beton	11.630	kg/EW	Berechnung nach ²⁾
	Material 2	Glas	0.000	kg/EW	
	Material 3	Limestone	0.228	kg/EW	
	Material 4	Kupfer	0.005	kg/EW	
	Material 5	PE-HD	0.011	kg/EW	
	Material 6	Edelstahl	0.022	kg/EW	
	Material 7	Stahl	0.188	kg/EW	
	Material 8	Erdaushub	36.382	kg/EW	
	Material 9	Aktivkohle	10.000	g/m ³	
	Material 10	Fällmittel	20.000	t/a	²⁾
	Material 11	Flockungsmittel	1.400	t/a	²⁾
Energieeinsatz					
	Energie 1		3,1	kWh/(E*a)	²⁾
Direkte Emissionen					
	Ges. C	-	-		⁴⁾
	NH3-N	-	-		⁴⁾
	CH4	-	-		⁴⁾
	N2O	-	-		⁴⁾
Kosten/Erlöse - LCC					
	Investitionskosten		78,14	€/E	²⁾
	Instandhaltungskosten		0,39	€/(E*a)	
	Betriebskosten		3,19	€/(E*a)	
	Erlöse		55.000,00	€/a	
	Abschreibungszeit		40,00	a	
Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:					

¹⁾ nach telef. Auskunft Metzger 08.01.2018 Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg

²⁾ Metzger et al.: Kosten der Pulveraktivkohleanwendung zur Spurenstoffelimination am Beispiel ausgeführter und in Bau befindlicher Anlagen KA11/2014

³⁾ Metzger, S. (2010): Einsatz von Pulveraktivkohle zur weitergehenden Reinigung von kommunalem Abwasser. Dissertationsschrift TU Berlin, Oldenbourg Industrieverlag München.

⁴⁾ keine Angaben vorhanden

⁵⁾ Schätzung

Daten-Steckbrief: Abwärmrückgewinnung (GW)
 Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Grauwasserreinigungsanlage mit Wärmerückgewinnung			DBU-Projekt, AZ 28201, Erwin Nolde; Bericht liegt vor.	Berliner Passivhaus, 4600m ² Wohnfläche; 41 Wohn- (110 Personen) und 4 Gewerbeeinheiten (13 Angestellte); GW-Recyclinganlage (nur für GW aus Duschwasser) mit Aufbereitungskapazität 3 m ³ /d = 1095m ³ /a
Kurzname		DBU28201				
Verfahrensbeschreibung		Vorreinigung GW aus Duschen und Badewannen über Siebe, Umwälzpumpe und Wärmetauscher zur Abwärmegewinnung. Energieabgabe an Kaltwasser, bevor es zur Warmwasserbereitung gelangt (BHKW-Unterstützung). Abgekühltes Grauwasser wird in drei Wirbelbetreaktoren gepumpt, wo Schmutzfracht oxidativ behandelt wird und partikuläre Substanzen mechanisch ausgeschleust werden. Desinfizierung über UV; Überleitung in Betriebswasserspeicher zur Nutzung für Toilettenspülung, Waschmaschine oder Grünflächenbewässerung				
Verfahrensbeschreibung kurz		Grauwasserreinigungsanlage mit Wärmerückgewinnung.				
Icon						
Kapazität			3	m ³ /d		Die Werte im Steckbrief sind gültig für eine Anlage mit 3 m ³ /d. Wenn die anfallende GW-Menge höher ist, schränkt das die Zuverlässigkeit der Werte ein. Die Werte im folgenden werden für die anfallende GW-Menge skaliert, jeweils aufgerundet auf volle m ³ . Ausnahme: Energieverbrauch und Wärmerückgewinnung, diese berechnen sich exakt auf die anfallende Menge.
Kapazität			1095	m ³ /a		Errechnet aus Aufbereitungskapazität der Anlage: 3m ³ /d.
Lebensdauer			30	Jahre		
Dimension bzw. Platzbedarf			3	m ² /(m ³ /d)	gemäß Ref oben	benötigte Gesamtfläche: 9m ² für eine täglich anfallende GW-Abwasseremenge von 3 m ³
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Variante 1: Grauwasser leicht verschmutzt (ohne Küche und Waschmaschine)				
	Stoffstrom 2	Variante 2: gesamtes GW				
	Energiestrom 1	Reinigungsenergie Strom				
	Energiestrom 2	Pumpenenergie Strom zur Wieder-Einspeisung des Brauchwassers				
Output - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Betriebswasser				
	Stoffstrom 2	Schlamm zur Entsorgung	70	g TSS/m ³ GW	aus "Fakten zur GW-Recyclinganlage Block 6"	aus Wärmerückgewinnung; bei Waschmaschine eher höher
	Energiestrom 1	Wärmeenergie (10-15kWh/m ³)				
	Energiestrom 2					
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz						
	Behandlung CSB	Reinigungsleistung	95	%	aus "Fakten zur GW-Recyclinganlage Block 6" BUW 2009: Neuartige Sanitärsysteme, Begriffe, Stoffströme, Behandlung von Schwarz-, Gelb-, Grau- und Regenwasser; Stoffliche Nutzung; Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt; Bauhaus-Universität Weimar, 2009	
	Behandlung N	Reinigungsleistung	63	%	Assia Saldi, Khaoula Masmoudi, Erwin Nolde, Btissam El Amrani, Fouad Amraoui; Organic matter degradation in a greywater recycling system using a multistage moving bed biofilm reactor (MBBR). Water Sci Technol 13 December 2017; 76 (12): 3328-3339, doi: https://doi.org/10.2166/wst.2017.499.	
	Behandlung P	Reinigungsleistung	14	%		
	Behandlung K	Reinigungsleistung	0	%		keine Daten vorhanden
	Behandlung S	Reinigungsleistung	0	%		keine Daten vorhanden
	Behandlung Diclofenac	Reinigungsleistung	70	%		
Bilanzen						
	N-Bilanz	Anteil an entfernten N im Schlamm	100	%		Aufteilung der N-Ströme
		Bezogen auf die Input-Menge				
		N-Anteil Schlamm	63	%		N-Anteil Schlamm und N-Anteil Luft ergeben die Reinigungsleistung
		N-Anteil gereinigtes Abwasser	37	%		Errechnet aus der Reinigungsleistung (1-0.44)
		N-Anteil Luft	0	%		Verlässt das System gasförmig, Annahme, dass 0, da keine Denitrifikation.
	CSB-Bilanz	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	81,8	%		Aufteilung der CSB-Ströme
		Bezogen auf die Input-Menge				
		CSB-Anteil Schlamm	77,9	%		
		CSB-Anteil gereinigtes Abwasser	5	%		
		CSB-Anteil Luft	17,1	%		
	S-Bilanz	Anteil an entfernten S im Schlamm	100	%		
		Bezogen auf die Input-Menge				
		S-Anteil Schlamm	0	%		Aktuell kein Wert
		S-Anteil gereinigtes Abwasser	100	%		Entspricht dem Wert Zulauf abzüglich Reinigungsleistung. Da keine Daten für die S-Reinigungsleistung vorhanden, Annahme dass gesamter S-Anteil ins gereinigte Abwasser.
		S-Anteil Luft	0	%		Aktuell kein Wert
	Diclofenac-Bilanz	Anteil an entfernten Diclofenac im Schlamm	42,9	%		
		Bezogen auf die Input-Menge				
		Diclofenac-Anteil Schlamm	30	%		
		Diclofenac-Anteil gereinigtes Abwasser	30	%		
		Diclofenac-Elimination	40	%		Wird in der Behandlung abgebaut
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	Kunststoff - PE	353,3	kg/(m ³ /d)	Alltech Dosieranlagen: Prozess- und Lagerbehälter aus Kunststoff; Link: http://www.alltech-dosieranlagen.de/filesadmin/Downloads/Produkte/Prozess_und_Lagerbehaelter/Prozess_Lagerbehaelter_Kunststoff.pdf	Annahme 4 Tanks à 5m ³ aus HDPE, Einzelgewicht 265 kg --> (4 x 265kg/3m ³), Lebensdauer 30 Jahre
	Material 2	Edelstahl	16,7	kg/(m ³ /d)		grobe Annahme 50kg für Umwälzpumpe (20 Watt) und Druckerhöhungsanlage (4bar). Rechnung analog HDPE Tank, Lebensdauer: 30 Jahre
	Sammlung und Transport	Freispiegel				kein zusätzlicher Energieaufwand
Energieeinsatz						

					siehe Ref. Oben S. 6	im DBU-Bericht etwas widersprüchliche Angaben, Niedrigeren Wert verwendet, der noch als konservativ eingeschätzt werden kann, da Energieeffizienzgewinne in den letzten 10 Jahren erzielt werden konnten (Auskunft E. Nolde am 03.05.2017)
	Energie 1	Variante 1: Strom	1	kWh/m3		
	Energie 2	Variante 2: Strom	1,4	kWh/m3	Angabe E. Nolde	siehe Anmerkung oben
	Energie 3	Pumpenenergie zur Nutzung Brauchwasser	0,35	kWh/m3	siehe Ref. Oben S. 6	Dieser Energiebedarf fällt nur an, wenn das Brauchwasser genutzt wird,
	Energie 4	Rückgewinnung Wärmeenergie	10	kWh/m3	Angabe E. Nolde	angegebene Werte: 10-15; konservative Annahme = 10 kWh/m3; höher wenn auch noch Waschmaschinenwasser genutzt wird; Gutschrift Wärmeenergie über Einsparung Verbrennung von Gas
Direkte Emissionen						
	N2O-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	-	%		Keine Daten verfügbar
	NH3-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	-	kg/(EW*a)		Keine Daten verfügbar
	CH4-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0,25	kg/(EW*a)	IPCC	Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Kläranlagen angenommen.
	H2S-Emissionen		-			Keine Daten verfügbar
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten		6000	€/(m3/d)	Angabe E. Nolde	ohne 2. Leitungsnetz (gesamt also 3 x 6000 = 18000€, weil Kapazität der Anlage = 3m³/d); 2. Leitungsnetz würde zusätzlich 500€/Wohninheit bedeuten.
	Zuwendung durch BAFA	Erstattung	250	€/angeschlossenem Haushalt	Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungkontrolle, Energie, Energieeffizienz, Kleinserien Klimaschutzprojekte, Link: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kleinserien_Klimaschutzprodukte/kleinserien_klimaschutzprodukte_node.html	Zu beachten: - Bei Gebäuden mit mehr als 20 Einheiten reduziert sich der Fördersatz auf 200 Euro pro angeschlossenen Haushalt, - Bei der Installation eines Wärmerückgewinnungssystems für das gesamte im Gebäude anfallende Abwasser wird pro angeschlossenen Haushalt zusätzlich ein Förderbeitrag von 300 Euro gewährt, sofern ein zweites Grauwasser-Leitungsnetz installiert werden muss, um die Installation der Wärmerückgewinnung zu ermöglichen, - In allen Fällen gilt eine Begrenzung auf maximal 30 Prozent der förderfähigen Ausgaben bzw. Kosten.
	Instandsetzungskosten	2% vom Invest	120,00	€/(m3/d)a	Angabe E. Nolde	
Kommentare, Annahmen, etc.:						
nur grobe Abschätzung der Materialien (Tank und Pumpen) und Vernachlässigung von Rohren und anderem kleinteiligen Equipment, Vorgehen analog zu Kläranlagen, In der ökobilanziellen Studie von Kläranlagen zeigte sich, dass andere kleinteilige Materialien keinen wesentlichen Einfluss auf die Umweltwirkungen haben.						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock BHKW

Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wrieger-Bechtold (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Blockheizkraftwerk			
Kurzname		BHKW			
Verfahrensbeschreibung		Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von thermischer und elektrischer Energie aus Biogas			
Kapazität		Einwohner	5000	EW	
		Motorleistung von BHKW	60	KW	¹⁾
Lebensdauer		Konstruktiver Teil 40 – 50 Jahre, Maschinenausstattung 12,5 Jahre, Elektrische Ausstattung 12,5 Jahre.	40-50	Jahr	²⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			0,02	m ² /EW	
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Biogas			
Output - Stoffströme					
	Energiestrom 1	Strom	2	kWh/m ³ Biogas	^{1), 7)}
	Energiestrom 2	Wärme	4	kWh/m ³ Biogas	
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					
	Behandlung CSB	Kein Behandlung	0	%	
	Behandlung N		0	%	
	Behandlung P		0	%	
	Behandlung BSB5		0	%	
	Diclofenacs	keine Angaben möglich	0	%	
Bilanzen					
	N-Bilanz				
		Anteil Luft	0		³⁾
	CSB-Bilanz				
		Anteil Luft	0		³⁾
	S-Bilanz				
		Anteil Luft	0		³⁾
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe		CHP engine (25 kW elec/50kW thermal):			¹⁾
	Material 1	Polyethylen	0,201	kg/EW	
	Material 2	Edelstahl	0,047	kg/EW	
Energieeinsatz					
	Energie 1	Netto-Energierückgewinnung	17	kWh/(E*a)	¹⁾
Direkte Emissionen					
	CH4		9,26	mg/kWh	¹⁾
	CO2		301,15	mg/kWh	
	NO2		140,74	mg/kWh	
	N2O		5,93	mg/kWh	
	CO		188,89	mg/kWh	
	SO2		111,11	mg/kWh	
Kosten/Erlöse - LCC					
	Investitionskosten	Mini BHKW	12	€/EW	⁴⁾
	Betriebskosten	Wartung/ Verschleißteile	0,30	€/EW*a	⁴⁾
	Erlöse	Verstromung von Gas (200.065 kWh/a, 0,068€/kWh[GASAG])	2,72	€/EW*a	⁵⁾
	Abschreibungszeit		15	a	⁶⁾

Kommentare, Annahmen, etc.:

- ¹⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ²⁾ Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ³⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁴⁾ scon-marketing GmbH (2018): Soviel kosten BHKW in Anschaffung und Betrieb, URL: <https://ihr-bhkw.de/bhkw-preise-und-kosten>, zuletzt abgerufen am 11.10.2018
- ⁵⁾ Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ⁶⁾ Schätzung
- ⁷⁾ Berechnung

Daten-Steckbrief Verfahrensblock

Bioabfallvorbehandlung

Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wrieger-Bechtold (TUB)

komplett

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Vorbehandlung des Bioabfalls (Garten und Küchebioabfall)			
Kurzname		Vorbehandlung Bioabfall			
Verfahrensbeschreibung		Vorbehandlung (Zerkleinerung) des Bioabfalls für Kompostierung und Anaerobverfahren	25	m3	1)
Kapazität			5000	EW	
Lebensdauer			50	Jahre	
Dimension bzw. Platzbedarf			0,004	m2/EW	2)
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Bioabfall von Garten und Küche			
Output - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	behandelter Bioabfall		L/EW*d	
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					
	CSB		0	%	3)
	GesN		0	%	3)
	P ges		0	%	3)
	K ges		0	%	3)
	S ges		0	%	3)
	Diclofenac		0	%	3)
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	-	%	3)
		Anteil Ablauf/Schumm	-	%	3)
		Anteil Luft	-	%	3)
	N-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem N im Schlamm	-	%	3)
		Anteil Ablauf/Schumm	-	%	3)
		Anteil Luft	-	%	3)
	P-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem P im Schlamm	-	%	3)
		Anteil Ablauf/Schumm	-	%	3)
		Anteil Luft	-	%	3)
	K-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem K im Schlamm	-	%	3)
		Anteil Ablauf/Schumm	-	%	3)
		Anteil Luft	-	%	3)
	S-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	3)
		Anteil Ablauf/Schumm	-	%	3)
		Anteil Luft	-	%	3)
	Diclofenac				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem Diclofenac im Schlamm	-	%	3)
		Anteil Ablauf/Schumm	-	%	3)
		Anteil Luft	-	%	3)
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe		Speichertank (25m3):			
	Material 1	Beton	2	kg/EW	1)
	Material 2	Stahl	0,069	kg/EW	
	Material 3				
	Material 4				
Energieeinsatz					
	Energie 1	Energie für die Siebtrommel	0,003	kWh/Kg Bioabfall	1)
		Energie für den Shredder	0,0026	kWh/Kg Bioabfall	
		Abluftbehandlung	0,0081	kWh/Kg Bioabfall	
		Magnetabscheider	0,0005	kWh/Kg Bioabfall	
Direkte Emissionen					
	CH4		-	kg/(EW*a)	3)
	N2O		-	kg/(EW*a)	3)

	NH3		-	kg/(EW*a)	³⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten	Bioabfallzerkleinerung, Baulicher Teil	2,00	€/EW	⁴⁾
		Bioabfallzerkleinerung, Maschineller Teil	7,00	€/EW	
		Bioabfallzerkleinerung, E Technik	1,00	€/EW	
		3 Personen 0,4 d/Woche= 0,28 Personen, Personalkosten (0.5 d/woche fuer Abfallzerkleinerung=0.11, 34000 €/Person*a) [M271, Sept.1998]	2,652	€/EW.a	
	Erlöse		0	€	
	Abschreibungszeit		15	a	²⁾
Kommentare, Annahmen, etc.:					

1) Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management

2) Schätzung

3) keine Angaben vorhanden

4) Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018

Daten-Steckbrief Verfahrensblock

Verfasser

Stand

Druckentwässerung

Söbke (BUW)

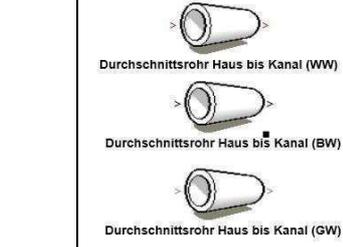
31.01.2019

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Kommentar
Verfahrensname		Druckentwässerung			Referenz: Wenn nicht anders genannt: 5,3 Druckentwässerung, S. 282
Kurzname					
Verfahrensbeschreibung		Druckentwässerung beschreibt den Abtransport von Abwässern mit Hilfe von Druck. Im Gegensatz zu Freispiegelkanälen ist bei der Druckentwässerung der Energieeinsatz zur Druckerzeugung notwendig. Bei der Druckentwässerung benötigt jeder Hausschacht eine Pumpe zur Druckerzeugung. Über die Öffnung eines Ventils kann das Abwasser in die abtransportierende Druckleitung abfließen.			
Icon					
Stoffströme	Input	Abwasser			
	Output	Abwasser			
Kapazität					Abschreibungsrate
Lebensdauer		Leitungen: 60 Jahre Pumpen: 20 Jahre Übergabeschacht: 40 Jahre			* Rohrleitungen: 1-2% * bauchliche Einrichtungen 2-3% * maschinelle Einrichtungen 5-8%
Platzbedarf		1 m² auf Privatgrund für Übergabeschacht			
Leistungsdaten					
Einsatz Materialien, Grund- und Hilfsstoffe	PVC				
	PE-HD	d = 200 m 7kg/m			
	UP-GF (Ungesättigte Polyesterharze, Glasfaser)				
Direkte Emissionen	PO4	keine			
	CH4				
	N2O				
	CO2				
Kosten/Erlöse - LCC	org. Spurenstoffe				
	Investitionskosten				
	* Druckleitungen einschließlich Formstücke, Armaturen, Spülhydranten (abhängig von Durchmesser, Geländebeschaffenheit, Straßenbefestigung)	80 - 150		€/m	
	Hausanschluss mit Schacht, Pumpe und Steuerung	2500 - 3500		€/Stück	Quelle [2]
	Hausanschluss mit Schacht, Pumpe und Steuerung	7620-12480		€/Stück	Quelle [1], Basis Jahr 2000
	Druckluftspülstation	9700		€/Station	(nicht unbedingt erforderlich) Quelle [1], Basis Jahr 2000
	Druckluftspülstation Instandsetzungskosten	20000		€/Station	(nicht unbedingt erforderlich) Quelle [2]
	Betriebskosten	130		€/a/Haushalt	Wartungskosten Hausanschluss http://www.bwb.de/content/language1/downloads/preise_HA-AW.pdf
		15		€/(EW*a)	Wartungskosten Hausanschluss gemäß [1], Basis: Jahr 2000
		2		%/a von Investitionskosten Druckluftstation	Reparaturkosten Druckluftstation gemäß [1]
		2		%/a von Investitionskosten Pumpe	Reparaturkosten Hausanschluss gemäß [1]
		7,7		€/(E*a)	Wartungskosten Druckluftstation Kommune gemäß [1], Basis: Jahr 2000
		15,3		kWh/E/a	Energiebedarf Pumpe Haus [1]: 2,30 €/EW/a bei 0,15 €/kWh (gestützt durch [1]: 0,50 €/EW/a bei 0,15 €/kWh)
		3,5		kWh/E/a	Energiebedarf DruckluftstationPumpe
		32		€ / (E*a)	Gesamtbetriebskosten gemäß [1], Basis: Jahr 2000
	Lebenszykluskosten Pumpen				https://www.herborner-pumpen.de/flyer-download/M_LCC_01_DE.pdf

Referenzen

1. Hegemann, G., Böning, T., & Lohse, M. (2000). *Kosten der Abwasserbehandlung im ländlich strukturierten Raum*. Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW.
2. Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium "Wasser und Umwelt." (2009). *Abwasserableitung: Bemessungsgrundlagen, Regenwasserbewirtschaftung, Fremdwasser, Netzsanierung, Grundstücksentwässerung* (2. Auflage). Weimar, Germany: Bauhaus-Universität Weimar Verlag.
- 3 Technische Information und Übersicht PE 80 /PE 100 <http://db.hydrmaten.de/db/pdf/3001-3024.pdf>

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Durchschnittrohr Haus bis Kanal
 Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Durchschnittrohr Haus bis Kanal				
Kurzname		Durchschnittrohr Haus				
Verfahrensbeschreibung		Hier wird ein Durchschnittrohr von Haus bis Kanal beschrieben. Die dafür genutzten Daten stammen von einer genaueren Analyse der einzelnen Rohrlängen und entsprechender Anschlussstücke für 8 Einfamilienhäuser (4EW pro Haus) und 12 Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (2 EW pro Wohnung). Die durchschnittliche Rohrlänge wurde aus den einzelnen Rohrlängen und ihren spezifischen Durchmessern gemittelt. Es ergibt sich eine durchschnittliche Länge von 20,6m/EW und ein durchschnittlicher Durchmesser von DN104. Dabei wurden sowohl PE-, HT-SML (Guss), als auch KG und KG 2000 Rohre berücksichtigt. Bezgl der Verlegekosten wurden die Kosten pro durchschnittlicher Rohrart mit ihrer entsprechenden Kosten berechnet. Analog wurde der Materialbedarf und daraus folgend mit den Umweltwirkungen verfahren. Es ergeben sich Gesamt-Verlegekosten für das Durchschnittrohr von 821 Euro und einer Gesamtmasse von 85kg.				
Verfahrensbeschreibung kurz		Durchschnittrohr von Haus bis zum Kanal, mit einer durchschnittlichen Länge von 20,6m/EW und einem durchschnittlichen Durchmesser von DN104. Dabei wurden sowohl PE-, HT-SML (Guss), als auch KG und KG 2000 Rohre berücksichtigt. Es ergeben sich Gesamt-Verlegekosten für das Durchschnittrohr von 821 Euro und einer Gesamtmasse von 85kg.				
Icon						
Kapazität		nicht relevant		z.B. kg / m3 / EW*a		
Lebensdauer		nicht relevant	135	Jahre	Environmental Sustainability Assessment Tool (ESAT); verfügbar unter https://waterportal.com.au/swf/projects/item/85-creator-of-an-environmental-sustainability-assessment-tool-esat	
Dimension bzw. Platzbedarf		nicht relevant		m2		
Durchschnittrohr		Durchschnittrohr PE oder PP	7,5	m/EW		durchschnittlicher Durchmesser DN 64
Durchschnittrohr		Durchschnittrohr SML (Gusseisen)	4,3	m/EW		durchschnittlicher Durchmesser DN101
Durchschnittrohr		Durchschnittrohr KG Rohr (PVC)	8,8	m/EW		-> es ergibt sich eine durchschnittliche Rohrlänge von 20,6m/EW und einem durchschnittlichen Durchmesser von DN104
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 3	Grauwasser				
	Stoffstrom 4	Bioabfall				
Output - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 3	Grauwasser				
	Stoffstrom 4	Bioabfall				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz		nicht relevant				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						- Kleinteile wie Muffen und Verbindungsstücke nicht berücksichtigt - Aushub, Sandeinbettung und Verfüllung nicht berücksichtigt
	Material 1	PP	4,425	kg		Länge 7,5 m/EW und 0,59 kg/m (bei DN70)
	Material 2	Gusseisen	36,55	kg		Länge 4,3 m/EW und 8,5 kg/m (bei DN 100)
	Material 3	PVC	44	kg		Länge 8,8 m/EW und 5kg/m (bei DN 150)
Energieeinsatz						Stromverbrauch bei Installation wird vernachlässigt
Direkte Emissionen		nicht relevant				
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten		821	€/ Durchschnittsrohr		inkl. Einbaukosten errechnet aus 4,3m x 47,22 € + 7,5m x 29,92 € + 8,8m x 42,40 € + 20€ Anschlusskosten bei Einbaukosten die höheren Kosten für KG 2000 Rohre berücksichtigt
	Instandsetzungskosten	nicht relevant		€		
	Betriebskosten	nicht relevant		€/a		
	Erlöse	nicht relevant		€		
	Abschreibungszeit	nicht relevant		a		
Kommentare, Annahmen, etc.:						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Durchschnittrohr Haus bis Kanal_Sanierung
 Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Durchschnittrohr Haus bis Kanal inkl. Demontage				
Kurzname		Durchschnittrohr Haus inkl. Demontage				
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investionskosten		844	€/ Durchschnittrohr		inkl. Einbaukosten errechnet aus 4,3m x 49,32 € + 7,5m x 31,83 € + 8,8m x 42,40 € + 20€ Anschlusskosten Anpassung nur von HT/PE und SML Rohr im Haus um zusätzliche Demontagekosten. Annahme: Keine zusätzlichen Demontagekosten bei Rohren außerhalb des Hauses. Zu Details siehe detaillierten Steckbrief zu Durchschnittrohr von Haus bis Kanal.
	Instandsetzungs-kosten	nicht relevant		€		
	Betriebskosten	nicht relevant		€/a		
	Erlöse	nicht relevant		€		
	Abschreibungszeit	nicht relevant		a		
Kommentare, Annahmen, etc.: Bzgl. Materialverbräuche und Preise für die Rohre gelten die detaillierten Informationen aus dem Steckbrief Durchschnittrohr von Haus bis Kanal						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock (Doppel-)Inliner Gebäude

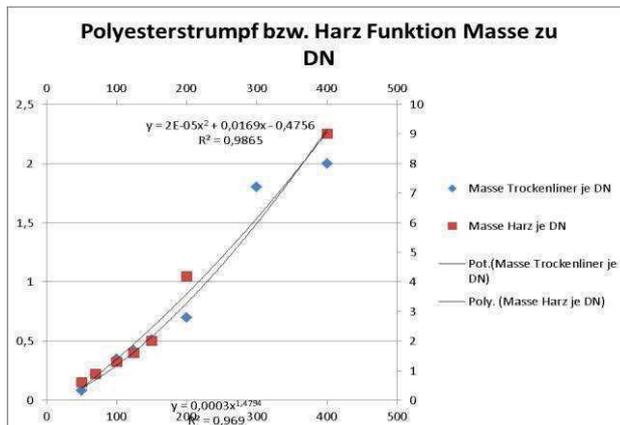
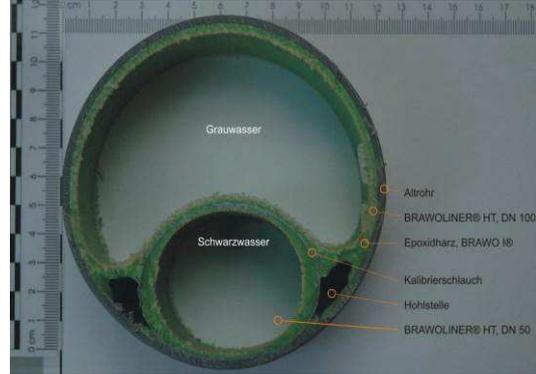
Verfasser des Steckbriefes: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		(Doppel-)Inliner-Verfahren Gebäude				
Kurzname		Einfach-Inliner Gebäude bzw. Doppel-Inliner Gebäude				
Verfahrensbeschreibung		(Doppel-)Inversion bestehender Abwasserrohre. Dabei wird eine Polyesterstrumpf über Druckluft in ein bestehendes Abwasserrohr eingebracht. Dieses wird mit Epoxidharz ausgekleidet, die Aushärtung erfolgt mit/ohne Temperatur. Das so inversierte Rohr bietet ein oder zwei Kammern: eine für Schwarzwasser, eine für Grauwasser. Das so inversierte Rohr muss mit den entsprechenden Anschlussstücken versehen werden.				
Verfahrensbeschreibung kurz		(Doppel-) Inversion mittels Polyesterstrumpf in bestehendem Abwasserrohr.				
Icon		 <p>Einfach-Inliner Gebäude</p>  <p>Doppel-Inliner Gebäude</p>				
Kapazität		nicht relevant				
Lebensdauer		nicht relevant	70 - 100	Jahre	Palaske (2008): Lebensdauer von Kanalsanierungen. Einschätzungen zu einem vieldiskutierten Thema. In: UmweltBau, 3 08. Link: http://www.palaske.de/resources/Lebensdauer_Kanalsanierung_bi+3-2008.pdf .	Die Lebensdauer ist abhängig von einer qualitativ hohen Verarbeitung des Doppel-Inliners.
Dimension bzw. Platzbedarf		nicht relevant				kein zusätzlicher Platzbedarf
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Grauwasser				
	Stoffstrom 2	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 3	Bioabfall				
Output - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 2	Grauwasser				
	Stoffstrom 3	Bioabfall				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	Polyester-Strumpf DN50	0,08	kg/lfm	Fa. Brawoliner	
	Material 2	Polyester-Strumpf DN70	0,22	kg/lfm	Fa. Brawoliner	
	Material 3	Polyester-Strumpf DN100	0,35	kg/lfm	Fa. Brawoliner	
	Material 4	Polyester-Strumpf DN125	0,42	kg/lfm	Fa. Brawoliner	
	Material 5	Polyester-Strumpf DN150	0,51	kg/lfm	Fa. Brawoliner	
	Material 6	Polyester-Strumpf DN200	0,7	kg/lfm	Fa. Brawoliner	
	Material 7	Polyester-Strumpf DN300	1,8	kg/lfm	Fa. SollaLiner xtra	
	Material 8	Polyester-Strumpf DN400	2	kg/lfm	Fa. SollaLiner xtra	
	Material 9	Harz DN50	0,6	kg/lfm	Fa. Brawoliner	Epoxidharz
	Material 10	Harz DN70	0,9	kg/lfm	Fa. Brawoliner	Epoxidharz
	Material 11	Harz DN100	1,3	kg/lfm	Fa. Brawoliner	Epoxidharz
	Material 12	Harz DN125	1,6	kg/lfm	Fa. Brawoliner	Epoxidharz
	Material 13	Harz DN150	2	kg/lfm	Fa. Brawoliner	Epoxidharz
	Material 14	Harz DN200	4,2	kg/lfm	Fa. SollaLiner xtra	Epoxidharz; Annahme Wandstärke 7,5 mm (konservativ)
	Material 15	Harz DN400	9	kg/lfm	Fa. SollaLiner xtra	Epoxidharz; Annahme Wandstärke 7,5 mm (konservativ)
	Material 13	Anschlussstutzen GW (Edelstahl)	1	kg/Wohnung	Abschätzung	Achtung; entfällt bei einfacher Inversion
	Material 14	Anschlussstutzen SW (Edelstahl)	1	kg/Wohnung	Abschätzung	
Sammlung und Transport						
Energieeinsatz						
	Energie 1	Strom	0	kWh/lfm		keine Angaben möglich
	Energie 2					
Direkte Emissionen						
	PO4	nicht relevant				nicht relevant
	CH4	nicht relevant				nicht relevant
	N2O	nicht relevant				nicht relevant
	CO2	nicht relevant				nicht relevant
	NH3	nicht relevant				nicht relevant
	org. Spurenstoffe	nicht relevant				nicht relevant
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investionskosten	Material und Verlegekosten	30	€/lfm	Fa. SollaLiner xtra	
		SW-Anschluss	50	€/St		Annahme: 1 pro Wohnung
		GW-Anschluss	130	€/St		Annahme: 1 pro Wohnung; Achtung: entfällt bei einfacher Inversion

Kommentare, Annahmen, etc.:

- Einbaukosten inkl. Material bis DN 200: 30€/m

- Die Daten dieses Steckbriefes wurden ursprünglich für den Doppel-Inliner gesammelt. Da keine Daten für eine einfache Rohrsanierung mittels einfachem Inliner vorliegen, werden die gleichen Werte wie für den Doppel-Inliner veranschlagt. Dies sollte dem Grundsatz einer konservativen Abschätzung entsprechen.



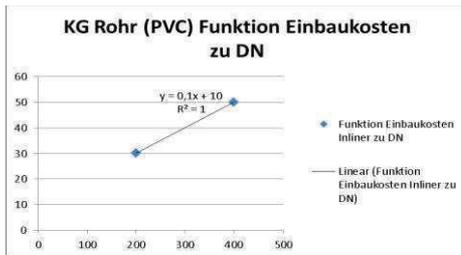
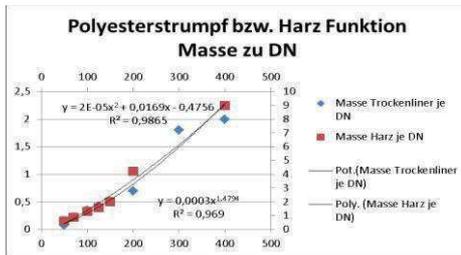
Daten-Steckbrief Verfahrensblock (Doppel)-Inliner Kanal
 Verfasser des Steckbriefes: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		(Doppel)-Inliner-Verfahren Kanal				
Kurzname		Einfach-Inliner Kanal Doppel-Inliner Kanal				
Verfahrensbeschreibung		Der Schlauchliner ist ein gängiges Sanierungsverfahren zur Sanierung von erdverlegten, drucklosen Entwässerungsnetzen wie etwa der Kanalisation. Hierbei wird ein mit Kunstharz getränkter Kunststoffschlauch (Polyestermaduffilz oder GFK- (Glasfaser)gewebe) in den Kanal eingezogen (invertiert) oder eingestülpt, der anschließend aushärtet. Diese Formmasse kann aus ungesättigtem Polyesterharz (UP), Vinylsterharz (VE) oder Epoxidharz (EP) bestehen. Durch unterschiedliche Aushärteverfahren erfolgt eine Reaktion zu einem statisch tragfähigem, biegeweichen Kunststoffrohr. Die Sanierung mit einem Schlauchlinersystem schafft einen statisch tragfähigen, dichten und betriebssicheren Kanal.			zschm(2007): Schlauchliner - Ein Überblick (S. 620 - 621). Dtlg (2007): Schlauchlining im Sammler (S. 621 - 627), In: 3R international (46) Heft 10/2007. Wikipedia: Schlauchlining. Link: https://de.wikipedia.org/wiki/Schl	
Verfahrensbeschreibung kurz		Renovierungsverfahren zum Einsatz im Kanal, dabei wird ein Inliner mittels Inversion (Einstülpen), Einziehen oder eine Kombination aus beiden Verfahren in den bestehenden Kanal eingebracht. Durch unterschiedliche Aushärteverfahren erfolgt eine Reaktion zu einem statisch tragfähigem, biegeweichen Kunststoffrohr. Eine Doppelinversion ist ebenfalls möglich.				
Icon		 Einfach-Inliner Kanal  Doppel-Inliner Kanal				
Kapazität		nicht relevant				
Lebensdauer			70 - 100	Jahre	Palaske (2008): Lebensdauer von Kanalsanierungen. Einschätzungen zu einem viel diskutierten Thema. In: UmweltBau, 3/08. Link: http://www.palaske.de/resources/Lebensdauer_Kanalsanierung_bi+3-2008.pdf . Abgerufen am 03.05.18.	Die Lebensdauer ist abhängig von einer qualitativ hohen Verarbeitung des Doppel-Inliners.
Dimension bzw. Platzbedarf		nicht relevant				kein zusätzlicher Platzbedarf
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Grauwasser				
	Stoffstrom 2	Schwarzwasser				
Output - Stoffströme						
	Stoffstrom 3	Bioabfall				evtl. möglich in Verbindung mit Unterdrucksystem
	Stoffstrom 1	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 2	Grauwasser				
	Stoffstrom 3	Bioabfall				evtl. möglich in Verbindung mit Unterdrucksystem
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	Polyester-Strumpf DN50	0,08	kg/lfm	Fa, Brawoliner	
	Material 2	Polyester-Strumpf DN70	0,22	kg/lfm	Fa, Brawoliner	
	Material 3	Polyester-Strumpf DN100	0,35	kg/lfm	Fa, Brawoliner	
	Material 4	Polyester-Strumpf DN125	0,42	kg/lfm	Fa, Brawoliner	
	Material 5	Polyester-Strumpf DN150	0,51	kg/lfm	Fa, Brawoliner	
	Material 6	Polyester-Strumpf DN200	0,7	kg/lfm	Fa, Brawoliner	
	Material 7	Polyester-Strumpf DN300	1,8	kg/lfm	Fa, Sotla.liner xtra	
	Material 8	Polyester-Strumpf DN400	2	kg/lfm	Fa, Sotla.liner xtra	
	Material 9	Harz DN50	0,6	kg/lfm	Fa, Brawoliner	Epoxidharz
	Material 10	Harz DN70	0,9	kg/lfm	Fa, Brawoliner	Epoxidharz
	Material 11	Harz DN100	1,3	kg/lfm	Fa, Brawoliner	Epoxidharz
	Material 12	Harz DN125	1,6	kg/lfm	Fa, Brawoliner	Epoxidharz
	Material 13	Harz DN150	2	kg/lfm	Fa, Brawoliner	Epoxidharz
	Material 14	Harz DN200	4,2	kg/lfm	Fa, Sotla.liner xtra	Epoxidharz; Annahme Wandstärke 7,5 mm (konservativ)
	Material 15	Harz DN400	9	kg/lfm	Fa, Sotla.liner xtra	Epoxidharz; Annahme Wandstärke 7,5 mm (konservativ)
	Material 16	Anschlussstutzen GW (Edelstahl)	3	kg/Haus	Abschätzung	Achtung: entfällt bei einfacher Inversion
	Material 17	Anschlussstutzen SW (Edelstahl)	3	kg/Haus	Abschätzung	
Sammlung und Transport						
Energieeinsatz						
	Energie 1	Strom	0	kWh/lfm		keine Angaben möglich
	Energie 2					
Direkte Emissionen						
	PO4	nicht relevant				
	CH4	nicht relevant				
	N2O	nicht relevant				
	CO2	nicht relevant				
	NH3	nicht relevant				
	org. Spurenstoffe	nicht relevant				
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten	Material und Verlegekosten bis DN200	30	€/lfm	Fa, Sotla.liner xtra	
		Material und Verlegekosten ab DN200	50	€/lfm	Fa, Sotla.liner xtra	
		SW- Anschluss	50	€/St		Annahme: 1 pro Haus
		GW-Anschluss	130	€/St		Annahme: 1 pro Haus Achtung: entfällt bei einfacher Inversion
	Abschreibungszeit			a		

Kommentare, Annahmen, etc.:

- Einbaukosten inkl. Material ab DN 200: 50€/m

- Die Daten dieses Steckbriefes wurden ursprünglich für den Doppel-Inliner gesammelt. Da (bis jetzt) keine Daten für eine einfache Kanalsanierung mittels einfachem Inliner vorliegen, werden die gleichen Werte wie für den Doppel-Inliner veranschlagt. Dies sollte dem Grundsatz einer konservativen Abschätzung entsprechen.



Daten-Steckbrief: GW-Recycling
 Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Grauwasser-Recycling Anlage OHNE Wärmerückgewinnung			GW-Recycling Anlage Block 6, bereitgestellt durch E. Nökle (02.05.2017) im Rahmen des Projektes ROOF WATER-FARM, Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Link: http://www.roofwaterfarm.com/kompakt/technologie/1531-2/	gebaut 2006 - Prototyp für Recycling von hochbelastetem GW.
Kurzname		NökleBlock6				
Verfahrensbeschreibung		Vorreinigung GW über Siebe, Nach der biologischen Reinigung (mehrstufiges Wirbelbettverfahren) werden letzte Schwebstoffe, die durch die reine Sedimentation nicht zurückzuhalten sind über einen konventionellen, sich selbstständig rückspülbaren Sandfilter eliminiert, bevor das aufbereitete Grauwasser einer Desinfektion mittels UV-Licht unterzogen wird, Überleitung in Betriebswasserspeicher zur Nutzung für Toilettenspülung, Waschmaschine oder Grünflächenbewässerung				
Verfahrensbeschreibung kurz		Grauwasser-Recycling Anlage OHNE Wärmerückgewinnung				
Icon		 Grauwasser-Aufbereitung (Nökle-Block6)				
Kapazität			233	EW		bis 1000; aber meiste Erfahrungen mit 50-250; bei gegebener Kapazität
Lebensdauer			30	Jahre		11-18m3/d GW-Anfall aus Duschen, Badewannen, Handwaschbecken, Waschmaschinen und Küchen
Dimension bzw. Platzbedarf			0,1	m2/EW	gemäß Ref. oben	
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Grauwasser (GW)				
	Energiestrom 1	Reinigungsenergie Strom				
	Energiestrom 2	Pumpenergie Strom zur Wieder-Einspeisung des Brauchwassers				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Betriebswasser/gereinigtes GW	38,63	L/EW*d		8-10m3/d (gerechnet mit 9m3/d)
	Stoffstrom 2	Schlamm zur Entsorgung	70	g TSS/m3 GW	Poster "Fakten zur GW-Recyclinganlage Block 6" im Rahmen des Projektes "Roof Water Farm - Arbeitspaket Grauwasserrecycling", Berlin im April 2016.	70 g TSS/m³ GW
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz						
	Behandlung CSB	Reinigungsleistung	95	%	Poster "Fakten zur GW-Recyclinganlage Block 6" im Rahmen des Projektes "Roof Water Farm - Arbeitspaket Grauwasserrecycling", Berlin im April 2016. Neuartige Sanitärsysteme, Begriffe, Stoffströme, Behandlung von Schwarz-, Gelb-, Grau- und Regenwasser, Stoffliche Nutzung, Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt, Bauhaus-Universität Weimar, 2009 (Hrsg.).	
	Behandlung N	Reinigungsleistung	63	%		
	Behandlung P	Reinigungsleistung	14	%		
	Behandlung K	Reinigungsleistung	0	%		keine Daten vorhanden
	Behandlung S	Reinigungsleistung	0	%		keine Daten vorhanden
	Behandlung Diclofenac	Reinigungsleistung	70	%	Poster "Fakten zur GW-Recyclinganlage Block 6" im Rahmen des Projektes "Roof Water Farm - Arbeitspaket Grauwasserrecycling", Berlin im April 2016.	
Bilanzen	N-Bilanz	Anteil an entfernten N im Schlamm	100	%		Aufteilung der N-Ströme
	Bezogen auf die Input-Menge	N-Anteil Schlamm	63	%		N-Anteil Schlamm und N-Anteil Luft ergeben die Reinigungsleistung
		N-Anteil gereinigtes Abwasser	37	%		
		N-Anteil Luft	0	%		Verlässt das System gasförmig, Annahme, dass 0, da keine Denitrifikation.
	CSB-Bilanz	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	81,6	%		Aufteilung der CSB-Ströme
	Bezogen auf die Input-Menge	CSB-Anteil Schlamm	77,9	%		
		CSB-Anteil gereinigtes Abwasser	5	%		
		CSB-Anteil Luft	17,1	%		
	S-Bilanz	Anteil an entfernten S im Schlamm	100	%		
	Bezogen auf die Input-Menge	S-Anteil Schlamm	0	%		Aktuell kein Wert
		S-Anteil gereinigtes Abwasser	100	%		Entspricht dem Wert Zubuf abzüglich Reinigungsleistung, Da keine Daten für die S-Reinigungsleistung vorhanden, Annahme dass gesamter S-Anteil ins gereinigte Abwasser.
		S-Anteil Luft	0	%		Aktuell kein Wert
	Diclofenac-Bilanz	Anteil an entfernten Diclofenac im Schlamm	42,9	%		
	Bezogen auf die Input-Menge	Diclofenac-Anteil Schlamm	30	%		
		Diclofenac-Anteil gereinigtes Abwasser	30	%		
		Diclofenac-Elimination	40	%		Wird in der Behandlung abgebaut
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
Material 1		Kunststoff - PE	265	kg/m3	Hersteller Alltech Dosieranlagen GmbH, Online im Internet: http://www.alltech-dosieranlagen.de/fileadmin/Downloads/Produkte/Prozess_und_Lagerbehälter/Prozess_Lagerbehälter_Kunststoff.pdf , Einsicht am 09.11.2017.	Annahme 15 Tanks à 5m3 aus HDPE, Einzelgewicht 265 kg; -> (15 x 265kg/15m3) Lebensdauer: 30 Jahre

		Kunststoff - PE	17,060	kg/EW		Berechnung: 15 Tanks * 265kg/233EW
	Material 2	Edelelehl	10	kg/m3		grobe Annahme 150kg für Pumpen und Druckerhöhungsanlage.
		Edelelehl	0,644	kg/EW		Rechnung analog HDPE Tank, Lebensdauer: 30 Jahre
	Sammlung und Transport	Freispiegel				kein zusätzlicher Energieaufwand
Energieeinsatz						
	Energie 1	Strom	1,4	kWh/m3	Angabe E. Nolde	In Referenz oben etwas widersprüchliche Angaben, Niedrigeren Wert verwendet, der noch als konservativ eingeschätzt werden kann, da Energieeffizienzgewinne in den letzten 10 Jahren erzielt werden konnten (Auskunft E. Nolde am 03,05,2017)
	Energie 2	zusätzliche Pumpenergie zur Nutzung Brauchwasser	0,35	kWh/m3	DBU-Projekt, AZ 28201, Erwin Nolde, Bericht liegt vor.	Dieser Energiebedarf fällt nur an, wenn das Brauchwasser genutzt wird.
Direkte Emissionen						
	N2O-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0	%		Keine Daten verfügbar
	NH3-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	-	kg/(EW*a)		Keine Daten verfügbar
	CH4-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0,25	kg/(EW*a)	IPCC	Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen.
	H2S-Emissionen		0			Keine Daten verfügbar
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten		500	€/EW	DBU-Projekt (sh. oben) und Angabe E. Nolde (02,05,2017)	ohne 2. Leitungsnetz (gesamt also 233 x 500 = 116.500€), 2. Leitungsnetz würde zusätzlich 500€/Wohnheit bedeuten.
	Instandsetzungskosten	2% vom Invest	10	€/EW*a	DBU-Projekt (sh. oben) und Angabe E. Nolde (02,05,2017)	Achtung: bei Brauchwassernutzung reduzierte Kosten zur Trinkwasserbereitstellung beachten.
	Betriebskosten	Energiekosten	0,42	€/m3		ohne Brauchwassernutzung, bei 0,3 €/kWh
Kommentare, Annahmen, etc.:						
nur grobe Abschätzung der Materialien (Tank und Pumpen) und Vernachlässigung von Rohren und anderem kleinteiligen Equipment, Vorgehen analog zu Kleinkläranlagen. In der ökobilanziellen Studie von Kleinkläranlagen zeigte sich, dass andere kleinteilige Materialien keinen wesentlichen Einfluss auf die Umweltwirkungen haben.						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock

Kanal
Stand 31.01.2019
Sobke (BUW)

Status/Aufgaben:
Verfasser

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Kanal				
Kurzname						
Verfahrensbeschreibung kurz		Rohre aus Beton und Stahlbeton gibt es in Deutschland seit mehr als 100 Jahren. Mit der industriellen Erzeugung des Zementes begann auch die Geschichte der vorgefertigten Betonrohre. Die vorgenannten Eigenschaften erlaubten in der Kanalisation erstmals eine umfassende Lösung zur Sammlung, Ableitung und Behandlung des Abwassers.			FBS-Kanalsysteme, DIN-Norm plus ultra, (https://www.nodig-bau.de/images/Technisches-Handbuch-FBS.pdf) Kap. 4.12, S. 68	
Icon						
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Abwasser / Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Regenwasser				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Abwasser / Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Regenwasser				
Kapazität		n.a.				
Nutzungsdauer		Steinzeug Beton / Stahlbeton Stahlbeton mit Korrosionsschutz Gußeisen PVC, PE-HD	100 60 80 60 50	Jahre	Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, 1992	Aktualisierte Version von 2012 noch zu berücksichtigen
Dimension bzw. Platzbedarf			100	Jahre	FBS-Kanalsysteme, DIN-Norm plus ultra, (https://www.nodig-bau.de/images/Technisches-Handbuch-FBS.pdf) Kap. 4.12, S. 68	
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz			0	m2	Indikatoren zur Bewertung alternativer Wasserinfrastrukturen in TWIST++ https://www.twistplus.de/twistwAssets/docs/Steckbriefe/nichttechnische_Arbeiten/Indikatoren_Bewertung_2016-11.pdf	"Da Kanäle meist im öffentlichen Straßenraum liegen (baurechtlich: Verkehrsfläche), tauchen sie in der Flächenbilanz meist nicht auf und stellen keinen zusätzlichen Flächenverbrauch dar."
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe		n.a.				
Werkstoffabhängige Energieaufwände und CO2-Emissionen		Spezifischer Energieaufwand (MJ/kg)		Spez. CO2-Emission (kg CO2 / kg)	MJ/m (DN 300)	Zahlen (Spezifischer Energieaufwand) aus: Jeschar, R., Specht, E., & Steinbrück, A. (1995). Energieverbrauch und CO2-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen, KA Korrespondenz Abwasser Abfall, 42(4), 537-549.
	Beton	1,24	0,148			CO2-Emission für Gummidichtungen von 20% vernachlässigt, 136,40
	Steinzeug	7,03	0,409			499,13
	(Duktiles) Gusseisen	19,55	1,43			959,91
	PVC-U	68,3	4,86			846,92
Energiebedarf		600 (Beton) -750 (Stahlbeton)		kWh/m	(DN 600)	FBS-Kanalsysteme, DIN-Norm plus ultra, (https://www.nodig-bau.de/images/Technisches-Handbuch-FBS.pdf) Kap. 4.11, S. 68
		Der Energiebedarf ist mit dem Faktor 1,6 zu multiplizieren, um die Energieaufwände zur Erstellung der enthaltenen Gummidichtungen zu berücksichtigen.				
Gewicht (zur Quantifizierung des Materialeinsatzes)	Betonrohre	DN 100	25	kg/m	http://www.beyhl.de/02_betonrohre.html	Jeschar, R., Specht, E., & Steinbrück, A. (1995), Gemäß DIN 4032 (die allerdings zurückgezogen ist)
		DN 150	41	kg/m		
		DN 200	55	kg/m		
		DN 250	85	kg/m		https://www.nodig-bau.de/images/Technisches-Handbuch-FBS.pdf
		DN 300	110	kg/m		
		DN 400	190	kg/m		
		DN 500	280	kg/m		
		DN 600	380	kg/m		
		DN 800	630	kg/m		
		DN 1000	900	kg/m		
	Schachtringe DIN 4034 – SR-F Teil 2, ohne Steigeisen	Durchmesser 80 cm Höhe 25	140	kg/Stück	http://www.beyhl.de/02_schachtbauteile.html	
		Durchmesser 100 cm Höhe 25	190	kg/Stück		
		Durchmesser 120 cm Höhe 25	250	kg/Stück		
		Durchmesser 150 cm Höhe 25	140	kg/Stück		
		Durchmesser 200 cm Höhe 25	140	kg/Stück		
		Durchmesser 80 cm Höhe 50	290	kg/Stück		
		Durchmesser 100 cm Höhe 50	390	kg/Stück		
		Durchmesser 120 cm Höhe 50	490	kg/Stück		
		Durchmesser 150 cm Höhe 50	500	kg/Stück		
		Durchmesser 200 cm Höhe 50	700	kg/Stück		
	Schachtabstand	zwischen 50 und 100 m				
		Schachtabstand 100 m: ca. € 30 /m geringere Kosten gegebenüber 50 m Abstand			Institut für Abwasserwirtschaft Halbach, Normative Kosten und Risikoabbau 2003, S. 22, Diagramm 11	
Gewicht (zur Quantifizierung des Materialeinsatzes)	Steinzeug	DN 100	14	kg/m	Keramo, Baustellenhandbuch - Steinzeugrohrsysteme in offener Bauweise	
		DN 125	19	kg/m		
		DN 150	24	kg/m	Lieferprogramm 12-1994, Seite 2	
		DN 200	36,5	kg/m		
		DN 250, Tragfähigkeitsklasse 160	51	kg/m		
		DN 300	71	kg/m		
		DN 400	141,5	kg/m		
		DN 500	220	kg/m		
		DN 600	324	kg/m		
		DN 700, Tragfähigkeitsklasse 120	369,5	kg/m		
		DN 800	452	kg/m		
	Schächte	DN 800	450	kg/m		Sonderanfertigung, Gewicht ähnlich zu Rohren. E., & Steinbrück, A. (1995), ggf. Ummantelung mit Beton notwendig
	PVC	DN 100	1,59	kg/m	Quelle: Jeschar, R., Specht, E., & Steinbrück, A. (1995), Energieverbrauch und CO2-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen, KA	
		DN 125	1,83	kg/m		
		DN 150	2,84	kg/m		
		DN 300	12,4	kg/m		
		DN 500	29,5	kg/m		
	PE-HD	DN 100	1,43	kg/m	Quelle: Jeschar, R., Specht, E., & Steinbrück, A. (1995), Energieverbrauch und CO2-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen, KA	
		DN 125	1,82	kg/m		
		DN 150	3	kg/m		
		DN 300	9,5	kg/m		
		DN 500	23,7	kg/m		
	Gußeisen	DN 100	8,4	kg/m	Quelle: Jeschar, R., Specht, E., & Steinbrück, A. (1995), Energieverbrauch und CO2-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen, KA	
		DN 125	11,8	kg/m		
		DN 150	14,1	kg/m		

		DN 300	49,1	kg/m		
		DN 500	106	kg/m		Gußeisen & Zementmörtel gewichtsmässig addiert
Gewichtsindex für die verschiedenen Materialien	DN	Gewicht	Mittelwert Gewicht	Prozent (Beton)		
Beton	100	25	153	100%		
	500	280				
Steinzeug	100	14	117	77%		
	500	220				
PVC	100	1,69	15,55	10%		
	500	29,50				
PE-HD	100	1,43	15,57	10%		
	500	29,70				
Gußeisen	100	8,40	57,20	38%		
	500	106,00				
Energieeinsatz	Energie 1	n.a.				
Spülwasser			4	m Kanal / E	Nach DWA A 147 zwischen 1 und 0,05 mal pro Jahr	DWA (2017) Arbeitsblatt DWA-A 147 Betriebsaufwand für kommunale Entwässerungssysteme – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten. Weitere Quellen unter http://www.arbeitshilfen-abwasser.de/html/literaturverzeichnis.21_3.html#516107 genannt.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Kleinkläranlagen - Festbett
 Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Kleinkläranlage - Festbett (FB)			Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU_Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	
Kurzname		KKA - FB				
Verfahrensbeschreibung		Als Aufwuchskörper werden gitterartige Rohre oder farnähnliche Kunststoffblöcke verwendet auf deren Oberflächen sich der Biofilm bildet. Das Abwasser wird über eine Vorklärung (Absetzgrube) im freien Gefälle in den Bioreaktor geleitet. Unter dem Block des Aufwuchskörpers im Bioreaktor sind die Membranbelüfter angeordnet. Die Druckluft durchströmt die Aufwuchskörper und nimmt gleichzeitig ein Teil des Wassers mit nach oben. Der Biofilm wird so mit Nährstoffen und Luftsauerstoff versorgt. Das gereinigte Wasser gelangt in das Nachklärbecken, in dem die abgestorbene Biomasse zurückgehalten wird. Eine luftbetriebene Mammelpumpe sorgt dafür, dass dieser Schlamm in die Vorklärung gefördert wird.			Baumann, D. (o.J.): Kleinkläranlagen kaufen und betreiben. Link: http://www.kleinklaeranlagen-aquamax.de/fusszeile/kka-kaufen-und-betreiben/kleinklaeranlage-festbett/ .	
Verfahrensbeschreibung kurz		Kleinkläranlage - Festbett (FB)				
Icon						
Kapazität			4	EW*a		
Lebensdauer			0,488	m³/d		
Dimension bzw. Platzbedarf			25	Jahre		
Input - Stoffströme			9	m²		unterirdisch
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Energiestrom 1	Strom				
Output - Stoffströme					Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2014): Zulassungsgrundsätze Kleinkläranlagen, Stand Februar 2014. DIBt (Hrsg.) (2014), Berlin.	
	Stoffstrom 1	gekärtes Wasser (Klasse C)				
	Stoffstrom 2	Schlamm	63,15	m³		m³ in 25 Jahren
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz						Die Angaben zur Reinigungsleistung beruhen auf den gemäß Ablaufklasse einzuhaltenden Werten (keine tatsächliche Erhebung zu Reinigungsleistung).
	Behandlung CSB	Reinigungsleistung	88	%	Barjenbuch, M., Cauchi, A., Exner, E., Müller, R., Vignoles, C., Weigert, B. (2010): COMPAS-Studie: Betriebsverhalten von Kleinkläranlagen unter besonderen Betriebsbedingungen: Vergleichende Studie auf dem Demonstrationsfeld des BDZ	Mittelwert Ablauf, Angaben basierend auf Projekt Compas. Referenzsystem: HUBER 3K PLUS Annahme: 56% der Nges Ausgangskonzentration verbleibt in Form von NH4 im Wasser; Annahme: Rest (=44%) verbleibt in Form von NO3 im Schlamm.
	Behandlung N	Reinigungsleistung	44	%		
	Behandlung P	Reinigungsleistung	33	%	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2011): Leitfaden Nr. 2-13, Betrieb von Abwasseranlagen: Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser, Stand 2/2011.	Gemäß Quelle, Stufe: biologisch, nur C-Abbau.
	Behandlung K	Reinigungsleistung	3,6	%		
	Behandlung S	Reinigungsleistung	9,5	%		
	Behandlung Diclofenac	Reinigungsleistung	50	%	Basierend auf Annahme Kläranlage GK 1	
Bilanzen						
	N-Bilanz					Aufteilung der N-Ströme
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil an entfernten N im Schlamm	30	%		
		Anteil Schlamm	13,2	%	Orientierung an Werten für Kläranlage GK1 für das Verhältnis Schlamm/Luft	N-Anteil Schlamm und N-Anteil Luft ergeben die Reinigungsleistung
		Anteil gereinigtes Abwasser	56	%		Errechnet aus der Reinigungsleistung (1-0,44)
		Anteil Luft	30,8	%		Verfälscht das System gasförmig
	CSB-Bilanz					Aufteilung der CSB-Ströme
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	81,6	%		
		Anteil Schlamm	72,2	%		
		Anteil gereinigtes Abwasser	12	%		
		Anteil Luft	15,8	%		
	S-Bilanz					
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil an entfernten S im Schlamm	100	%		Aktuell kein Wert für S-Anteil Luft, daher Annahme, dass alles in den Schlamm geht, entspricht dem Wert Zulauf abzüglich Reinigungsleistung.
		Anteil Schlamm	9,5	%		Aktuell kein Wert
		Anteil gereinigtes Abwasser	90,5	%		
		Anteil Luft	0	%		
	Diclofenac					
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil an entfernten Diclofenac im Schlamm	100	%		
		Anteil Schlamm	50	%		
		Anteil gereinigtes Abwasser	50	%		
		Anteil Luft	0	%		
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	Variante 1: Polyethylen	265	kg		Für Variante 1: 351/367>95% der Herstellung erfasst
	Material 2	Variante 2: Stahlbeton	5650	kg		Für Variante 2: 5736/5752>99% der Herstellung erfasst
	Material 3	Edelstahl	30,6	kg		glt: für beide Varianten
	Material 4	PVC	65,2	kg		glt: für beide Varianten
	Material 5	Aluminium	4,74	kg		glt: für beide Varianten
	Material 6	PE	5,1	kg		glt: für beide Varianten
	Material 7	PP	10,8	kg		glt: für beide Varianten
	Material 8	Sand + Kies	27360	kg		glt: für beide Varianten, nahezu 100% von Einbau erfasst
	Verbrauchsmaterialien					
	Transporte	PKW	94,4	km/a		glt: für beide Varianten, PKW-Fahrten fallen jährlich an,
	Transporte	Variante 1: LKW	2865,04	tkm		LKW 11t: beinhaltet Lieferung der Anlage,
	Transporte	Variante 2: LKW	3672,8	tkm		Abtransport Aushub, Transporte nach
Energieeinsatz						
	Energie 1	Strom	628	kWh/a		
	Energie 2	Strom	3,53	kWh/m³		

Direkte Emissionen						
	N2O-Emissionen	Verflüssigt das System gasförmig	0,022	kg/(EW*a)	IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4	Separate Erfassung auf Grund der Umweltwirkungen von N2O und NH3. Achtung: Bilanziert sind beide Werte bereits in der N-Bilanz erfasst. Hohe Schwankungsbreite der Emissionen, z.B. die EW_120-spezifischen N2O-Emissionen zwischen 0,04 und 81 g N2O/EW_120/a [Parravicini et al. (2015): ReLeKO], Reduktionspotenzial bei den Lachgas-Emissionen aus Kläranlagen durch Optimierung des Betriebs. [Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien, S. 212].
	NH3-Emissionen	Verflüssigt das System gasförmig	=0,0003*N total	kg/(EW*a)	Zimmermann et al. (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, IV,ARA Seite 35	Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen.
	CH4-Emissionen	Verflüssigt das System gasförmig	0,25	kg/(EW*a)	IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4	Separate Erfassung auf Grund der Umweltwirkungen von CH4. Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen. Achtung: Bilanziert sind die CH4-Emissionen bereits in CSB-Bilanz erfasst. Derzeit nicht umweltrelevant, SO2-Emissionen werden vernachlässigt. Aktuell kein Wert
	H2S-Emissionen					
Kosten/Erlöse - LCC						
	Herstellungskosten	Variante 1: Polyethylen (7,5€/kg PE + 2600€ Technik)	4587,5	€		Alle Kosten außer Entsorgungskosten erfasst (>99%)
	Herstellungskosten	Variante 2: Stahlbeton (180€/t Beton + 2600€ Technik)	3617,0	€		Alle Kosten außer Entsorgungskosten erfasst (>98%)
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserreichtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (1800€); Dichtheitsprüfung (400€ für 10 Jahre)	3580	€		gilt für beide Varianten
	Wartungskosten	Halbjährliche Wartung à 90€ + Kosten für Ersatzteile 2765 € für gesamte Lebensdauer + Anfahrtskosten PKW für Wartung 47,2 €/a.	337,8	€/a		
	Ausbaukosten		27500	€	Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU_Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	27500€ als Gesamtkosten gemäß Bericht 'Ökoeffizienz von KKA', alternativ 5 %
Kommentare, Annahmen, etc.:						
alle Werte gelten für 25 Jahre, wenn nicht anderweitig angegeben						
nicht berücksichtigt: Herstellung kleinere Kleinteile bzw. kleinere Ersatzteile, Ausbaggern, Schlamm Entsorgung, EoL → mind. 90% der Umweltwirkungen erfasst, eher 95%						
Schlamm Entsorgung erfasst über separate Steckbriefe						
Für die Zuleitung zur Anlage und die Ableitung zum Gewässer, zur Versickerungsanlage oder die Einleitung in einen Kanal wurde jeweils ein Rohr von 5m Länge berücksichtigt (PE/PVC).						
Berechnung Schlammanteil KKA/B: 63,15 m³ / 25 Jahre / 4 EW = 0,63 m³/Jahr*EW, entspricht 1,6 % des anfallenden WW. Dennoch Festwert bei der Übertragung in Simba genommen, da Prozentwert auch von der Beschaffenheit des Abwassers abhängt, z.B. fällt bei Verwendung von Wasserspareinrichtungen verschiebt sich die Konzentration (weniger Flüssigkeit, mehr Schlamm im Verhältnis).						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Kleinkläranlagen - Sequencing Batch Reactor (SBR)

Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Kleinkläranlage - Sequencing Batch Reactor (SBR)			Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	
Kurzname		KKA - SBR				
Verfahrensbeschreibung		1. Vorklärung - Hier trennen sich die Feststoffe im Abwasser von der Flüssigkeit, indem sie auf den Boden absacken. Die Vorklärung dient außerdem als Puffer für eine bestimmte Menge Abwasser, die in Intervallen in den SBR - Reaktor befördert wird, 2. Aus der Vorklärung werden in computer-gesteuerten Intervallen bestimmte Abwassermengen in den SBR-Reaktor befördert. Hier beginnt nun die Reinigungsphase, in welcher das Abwasser durch Luftzufuhr umgewälzt wird und die Bakterien ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. 3. Nach der Phase der Luftzufuhr folgt eine Absetzphase ohne Belüftung (Denitrifikation), in welcher sich das Abwasser trennt, indem die Schlämstoffe im Reaktor nach unten sacken und so an der oberen Schicht das gereinigte Abwasser verbleibt. 4. Dieses gereinigte Abwasser wird nun abgezogen und einer Versickerung oder einem Vorfluter zugeführt. Der sogenannte Überschussschlamm, der sich am Boden des Reaktors sammelt wird zurück in die Vorklärung gepumpt. Danach beginnt ein neuer Zyklus.			Hersteller Mall Umweltsysteme, Online im Internet: http://www.mall.info/downloadcenter/dlc/Gewerblich/Klaeranlagen/Produktinformation/Produktinformation_SanoClean.pdf , Einsicht am 20.11.2017.	
Verfahrensbeschreibung kurz		Kleinkläranlage - Sequencing Batch Reactor (SBR)				
Icon						
Kapazität			4	EW*a		
Lebensdauer			25	Jahre		
Dimension bzw. Platzbedarf			6	m ²		unterirdisch
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Energiestrom 1	Strom				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	gekärtes Wasser (Klasse C)			Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2014): Zulassungsgrundsätze Kleinkläranlagen, Stand Februar 2014, DIBt (Hrsg.) (2014), Berlin,	
	Stoffstrom 2	Schlamm	62,48	m ³		Schlammproduktion in 25 Jahren
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	Behandlung CSB	Reinigungsleistung	85	%	Barjenbuch, M., Cauchi, A., Exner, E., Müller, R., Vignoles, Deutsche Vereinigung für Wasserversorgung, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2011): Leitfaden Nr. 2-13, Betrieb von Abwasseranlagen, Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser, Stand 2/2011.	Mittelwert Ablauf, Die Angaben zur Reinigungsleistung beruhen auf den gemäß Ablaufklasse einzuhaltenden Werten (keine tatsächliche Erhebung zu Reinigungsleistung), Referenzsystem: Mall SanoClean XL; SBR
	Behandlung N	Reinigungsleistung	32	%		
	Behandlung P	Reinigungsleistung	33	%		
	Behandlung K	Reinigungsleistung	3,6	%		
	Behandlung S	Reinigungsleistung	9,5	%		
	Behandlung Diclofenac	Reinigungsleistung	50	%	Basierend auf Annahme Kläranlage GK 1	
Bilanzen	N-Bilanz	Anteil an entfernten N im Schlamm	39	%		Aufteilung der N-Ströme
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil Schlamm	9,6	%	Orientierung an Werten für Kläranlage GK1 für das Verhältnis Schlamm/Luft	N-Anteil Schlamm und N-Anteil Luft ergeben die Reinigungsleistung
		Anteil gereinigtes Abwasser	68	%		Errechnet aus der Reinigungsleistung (1-0,44)
		Anteil Luft	22,4	%		Verlässt das System gasförmig
	CSB-Bilanz	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	81,6	%		Aufteilung der CSB-Ströme
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil Schlamm	69,7	%		
		Anteil gereinigtes Abwasser	15,0	%		
		Anteil Luft	15,3	%		
	S-Bilanz	Anteil an entfernten S im Schlamm	100	%		
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil Schlamm	9,5	%		Aktuell kein Wert für S-Anteil Luft, daher Annahme, dass alles in den Schlamm geht.
		Anteil gereinigtes Abwasser	90,5	%		Entspricht dem Wert Zulauf abzüglich Reinigungsleistung.
		Anteil Luft	0	%		Aktuell kein Wert
	Diclofenac	Anteil an entfernten Diclofenac im Schlamm	100	%		
	Bezogen auf die Input-Menge	Anteil Schlamm	50	%		
		Anteil gereinigtes Abwasser	50	%		
		Anteil Luft	0	%		
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Variante 1: Polyethylen	220	kg		Für Variante 1: 301/306>98% der Herstellung erfasst
	Material 2	Variante 2: Stahlbeton	4700	kg		Für Variante 2: 4781/4786>99% der Herstellung erfasst
	Material 3	Edelstahl	28,2	kg		
	Material 4	PVC	53,68	kg		
	Material 5	Aluminium	8,1	kg		
	Material 6	PE	3,1	kg		
	Material 7	PP	6,6	kg		
	Material 8	Sand + Kies	23800	kg		gilt für beide Varianten
	Verbrauchsmaterialien					gilt für beide Varianten, nahezu 100% von Einbau erfasst
	Transporte	PKW	2360	km		
			94,4	km/a		
	Transporte	Variante 1: LKW	2485,94	tkm		LKW 11t; beinhaltet Lieferung der Anlage,
	Transporte	Variante 2: LKW	3157,94	tkm		Abtransport Aushub, Transporte nach
Energieeinsatz	Energie 1	Strom	372	kWh/a		Wert für 25 Jahre: 9300 kWh für 4 EW entspricht 372 kWh/a für 4 EW bei 122L/g/d: 372/(122*4*365/1000) = 2,09 kWh/m ³
	Energie 2	Strom	2,09	kWh/m ³		Umrechnung siehe oben
Direkte Emissionen						

						IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4	Separate Erfassung auf Grund der Umweltwirkungen von N2O und NH3. Achtung: Bilanzell sind beide Werte bereits in der N-Bilanz erfasst. Hohe Schwankungsbreite der Emissionen, z.B. die EW_120-spezifischen N2O-Emissionen zwischen 0,04 und 81 g N2O/EW_120/a [Parravicini et al. (2015): ReLaKO, Reduktionspotenzial bei den Lachgas-Emissionen aus Kläranlagen durch Optimierung des Betriebs, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien, S. 212].
	N2O-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0,022	kg/(EW*a)			
	NH3-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	=0,0003*N total	kg/(EW*a)		Zimmermann et al. (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, IV.ARA Seite 35	Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen.
	CH4-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0,25	kg/(EW*a)		IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4	Separate Erfassung auf Grund der Umweltwirkungen von CH4. Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen. Achtung: Bilanzell sind die CH4-Emissionen bereits in CSB-Bilanz erfasst.
	H2S-Emissionen						Derzeit nicht umweltrelevant, SO2-Emissionen werden vernachlässigt. Aktuell kein Wert
Kosten/Erlöse - LCC							
	Herstellungskosten	Variante 1: Polyethylen (7,5€/kg PE + 2000€ Technik)	3650	€			alle Kosten außer Entsorgungskosten erfasst (>99%)
	Herstellungskosten	Variante 2: Stahlbeton (180€/t Beton + 2000€ Technik)	2846	€			alle Kosten außer Entsorgungskosten erfasst (>98%)
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (1500€); Dichtheitsprüfung (400€ für 10 Jahre)	3280	€			gilt für beide Varianten
	Wartungskosten	Halbjährliche Wartung à 90€ + Kosten für Ersatzteile 2415 € für gesamte Lebensdauer + Anfahrtskosten PKW für Wartung 47,2 €/a.	323,8	€/a			
	Ausbaukosten		23400	€		Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	23400€ als Gesamtkosten gemäß Bericht 'Ökoeffizienz von KKA', alternativ 5 %
<p>Kommentare, Annahmen, etc.: alle Werte gelten für 25 Jahre, wenn nicht anderweitig angegeben nicht berücksichtigt: Herstellung kleinere Kleinteile bzw. kleinere Ersatzteile, Ausbaggern, Schlammensorgung, Eol -> mind, 90% der Umweltwirkungen erfasst, eher 95%</p> <p>Schlammensorgung erfasst über separate Steckbriefe Für die Zuleitung zur Anlage und die Ableitung zum Gewässer, zur Versickerungsanlage oder die Einleitung in einen Kanal wurde jeweils ein Rohr von 5m Länge berücksichtigt (PE/PVC).</p>							

Daten-Steckbrief Verfahrensblok Kleinkläranlagen - Wirbel-Schwebbett
 Verfasser des Steckbriefs: Schulz (BCE)

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensnamen	Verfahrensnamen	Kleinkläranlage - Wirbel-Schwebbett (WSB)			Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	
Kurzname		KKA - WSB				
Verfahrensbeschreibung		Das Wirbelbettssystem, ist ein Verfahren der biologischen Abwasserreinigung, bei dem die an den Abbauvorgängen beteiligten Mikroorganismen in einem Biofilm wachsen. Der auf einem künstlichen Träger angesiedelte Biofilm, reinigt mit Hilfe von Sauerstoff das Abwasser. Der benötigte Sauerstoff wird durch einen Luftverdichter zur Verfügung gestellt und durch Befeuerer in das Abwasser eingebracht. Im Gegensatz zu den Festbettverfahren ist der Träger nicht fixiert bzw. fest verankert sondern bewegt sich frei im Reaktor.				
Verfahrensbeschreibung kurz		Kleinkläranlage - Wirbel-Schwebbett (WSB)				
Icon						
Kapazität			4	EW*a		
Lebensdauer			25	Jahre		
Dimension bzw. Platzbedarf			9	m ²		unterirdisch
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Energierstrom 1	Strom				
Output - Stoffströme					Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2014): Zulassungsgrundsätze Kleinkläranlagen, Stand Februar 2014, DIBt (Hrsg.) (2014), Berlin.	
	Stoffstrom 1	gekärtes Wasser (Klasse C)				
	Stoffstrom 2	Schlamm	43,15	m ³		m ³ in 25 Jahren
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					Bergmann, W., Gadow, A., Eberle, C., Müller, R., Vignoles, C., Weigert, B. (2010): COMPAS-Studie: Betriebsverhalten von Kleinkläranlagen unter besonderen Betriebsbedingungen: Vergleichende Studie auf dem Demonstrationsfeld des BDZ e.V. in ... Deutsche Vereinigung für ...	Werte für CSB, Diclofenac, N-Bilanz, S-Bilanz beruhen auf den gemäß Abwasserklasse einzuhaltenden Werten (keine tatsächliche Erhebung zu Reinigungsleistung), Referenzsystem: Bergmann BIO-WSB-N, belüftetes ...
	Behandlung CSB	Reinigungsleistung	88	%		
	Behandlung N	Reinigungsleistung	75	%		
	Behandlung P	Reinigungsleistung	78	%		
	Behandlung K	Reinigungsleistung	3,6	%		
	Behandlung S	Reinigungsleistung	9,5	%		
	Behandlung Diclofenac	Reinigungsleistung	50	%	Basierend auf Annahme Kläranlage GK 1	
	N-Bilanz					Aufteilung der N-Ströme
		Anteil an entfernten N im Schlamm	30	%		
		Bezogen auf die Input-Menge	23	%	Orientierung an Werten für Kläranlage GK1 für das Verhältnis Schlamm/Luft	N-Anteil Schlamm und N-Anteil Luft ergeben die Reinigungsleistung
		Anteil gereinigtes Abwasser	25	%		Errechnet aus der Reinigungsleistung (1-0,44)
		Anteil Luft	42	%		Verlässt das System gasförmig
	CSB-Bilanz					Aufteilung der CSB-Ströme
		Anteil an entfernten CSB im Schlamm	81,6	%		
		Bezogen auf die Input-Menge	72,2	%		
		Anteil gereinigtes Abwasser	12,0	%		
		Anteil Luft	18,8	%		
	S-Bilanz					
		Anteil an entfernten S im Schlamm	100	%		
		Bezogen auf die Input-Menge	9,5	%		Aktuell kein Wert für S-Anteil Luft, daher Annahme, dass alles in den Schlamm geht.
		Anteil gereinigtes Abwasser	90,5	%		Entspricht dem Wert zu Lauf abzüglich Reinigungsleistung.
		Anteil Luft	0	%		Aktuell kein Wert
	Diclofenac					
		Anteil an entfernten Diclofenac im Schlamm	100	%		
		Bezogen auf die Input-Menge	50	%		
		Anteil gereinigtes Abwasser	50	%		
		Anteil Luft	0	%		
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	Variante 1: Polyethylen	265	kg		Für Variante 1: 378/383>98% der Herstellung erfasst.
	Material 2	Variante 2: Stahlbeton	5650	kg		Für Variante 2: 3736/5752>99% der Herstellung erfasst
	Material 3	Edelstahl	30,6	kg		
	Material 4	PVC	49,2	kg		
	Material 5	Aluminium	4,74	kg		
	Material 6	PE	38,1	kg		
	Material 7	PP	9	kg		gilt für beide Varianten
	Material 8	Sand + Kies	27360	kg		gilt für beide Varianten, nahezu 100% von Einbau erfasst
	Verbrauchsmaterialien					
	Transporte	PKW	2360	km		gilt für beide Varianten
			94,4	km/a		
	Transporte	Variante 1: LKW	2867,8	tkm		LKW 11t; beinhaltet Lieferung der Anlage, Abtransport Aushub, Transporte nach
	Transporte	Variante 2: LKW	3675,2	tkm		
Energieeinsatz						Wert für 25 Jahre: 10700 kWh für 4 EW entspricht 428 kWh/a für 4 EW bei 122L/p*d: 428/(122*4*365/1000) = 2,4 kWh/aL
	Energie 1	Strom	428	kWh/a		Umrechnung siehe oben
	Energie 2	Strom	2,40	kWh/m ³		
Direkte Emissionen					IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan, ISBN 4-88788-032-4	Separate Erfassung von CO ₂ und Umweltwirkungen von N ₂ O und NH ₃ . Achtung: Bilanziert sind beide Werte bereits in der N-Bilanz erfasst. Hohe Schwankungsbreite der Emissionen, z.B. die EW_120-spezifischen N ₂ O-Emissionen zwischen 0,04 und 81 g N ₂ O/EW_120/a (Parravicini et al. (2015): Rel.aKO. Reduktionspotenzial bei den Lachgas-Emissionen aus Kläranlagen durch Optimierung des Betriebs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien, S. 212).
	N₂O-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0,022	kg/(EW*a)		
	NH₃-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	=0,0003*N total	kg/(EW*a)	Zimmermann et al. (1996): Ökonventare von Entsorgungsprozessen, IV-ARA Seite 35	Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen.
	CH₄-Emissionen	Verlässt das System gasförmig	0,25	kg/(EW*a)	IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan, ISBN 4-88788-032-4	Separate Erfassung auf Grund der Umweltwirkungen von CH ₄ . Annahme: auf Grund fehlender Daten bei Emissionen gleiche Höhe wie bei Kläranlagen angenommen. Achtung: Bilanziert sind die CH ₄ -Emissionen bereits in CSB-Bilanz erfasst. Berzart nicht umweltrelevant. SO ₂ -Emissionen werden vernachlässigt. Aktuell kein Wert
	H₂S-Emissionen					
Kosten/Erlöse + LCC						
	Herstellungskosten	Variante 1: Polyethylen (7,5€/kg PE + 1850€ Technik)	3837,5	€		alle Kosten außer Entsorgungskosten erfasst (>99%)
	Herstellungskosten	Variante 2: Stahlbeton (180€/t Beton + 1850€ Technik)	2867	€		alle Kosten außer Entsorgungskosten erfasst (>98%)
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€), Einbau (1800€); Dichtheitsprüfung (400€ für 10 Jahre)	3580	€		gilt für beide Varianten

	Wartungskosten	Halbjährliche Wartung à 90€ + Kosten für Ersatzteile 2565 € für gesamte Lebensdauer + Anfahrtskosten PKW für Wartung 47,2 €/a.	329,8	€/a		Annahme: 0,50€/km PKW
	Ausbaukosten	6% von Gesamtkosten (~23700€)	23700	€	Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). Link: https://www.dbu.de/CPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	23700€ als Gesamtkosten gemäß Bericht Ökoeffizienz von KKA, Alternativ 6 % von Gesamtkosten
Kommentare, Annahmen, etc.: alle Werte gelten für 25 Jahre, wenn nicht anderweitig angegeben nicht berücksichtigt: Herstellung kleinerer Kleinteile bzw. kleinerer Ersatzteile, Ausbaggern, Schlammabfuhr (wird in separaten Steckbriefen erfasst), EoL. --> mind. 90% der Umweltwirkungen erfasst, eher 95%. Annahmen: Schlammabfuhr erfasst über separate Steckbriefe Für die Zuleitung zur Anlage und die Ableitung zum Gewässer, zur Versickerungsanlage oder die Einleitung in einen Kanal wurde jeweils ein Rohr von 5m Länge berücksichtigt (PE/PVC).						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock

Kläranlage GK1

Verfasser des Steckbriefs: Wriege-Bechtold, Zinati (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		konventionelle Kläranlage - Größenklasse 1			
Kurzname		KA GK1			
Verfahrensbeschreibung		Kläranlage zur Reinigung von Abwasser mit den Verfahrensstufen mechanische Vorreinigung - Biologische Reinigung und mechanischer Nachreinigung			
Kapazität		angeschlossene Einwohner 0-1000	1.000	E	
Lebensdauer			20	Jahre	⁹⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			200	m ²	⁹⁾
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	kommunales Abwasser	123	L/EW*d	¹⁹⁾
	Stoffstrom 2	Fremdwasser	- ¹⁾	L/EW*d	
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Schlamm	49	gTS/(E*d)	²⁾
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		94,4	%	⁴⁾
	N ges		91,0	%	⁴⁾
	P ges		75,0	%	⁴⁾
	K ges		-	%	⁷⁾
	S ges		-	%	⁷⁾
	Diclofenac		50	%	¹⁸⁾
Bilanzen	CSB-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	81,7	%	³⁾
		Anteil Ablauf	5,6	%	⁴⁾
		Anteil Luft	17,3	%	
		Anteil Schlamm	77,1	%	⁵⁾
	N-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem N im Schlamm	30	%	³⁾
		Anteil Ablauf	9	%	⁴⁾
		Anteil Luft	63,7	%	
		Anteil Schlamm	27,3	%	⁶⁾
	P-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	³⁾
		Anteil Ablauf	25	%	⁴⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	75	%	⁶⁾
	K-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem K im Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	95	%	⁸⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	5	%	
	S-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁷⁾
		Anteil Luft	-	%	⁷⁾
		Anteil Schlamm	-	%	⁷⁾
	Diclofenac				
	Inputmenge	Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	50	%	⁹⁾
	Anteil Luft	0	%	⁹⁾	
	Anteil Schlamm	50	%	⁹⁾	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Aluminium	0,092	kg/EW	Berechnung nach ^{10), 17)}
	Material 2	Beton	859,454	kg/EW	
	Material 3	Glas	0,023	kg/EW	
	Material 4	Limestone	16,813	kg/EW	
	Material 5	Kupfer	0,368	kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,806	kg/EW	
	Material 7	Edelstahl	1,612	kg/EW	
	Material 8	Stahl	13,888	kg/EW	
	Material 9	Erdaushub	2688,612	kg/EW	
Energieeinsatz	Energie 1		64,3	kWh/(E*a)	¹¹⁾
Direkte Emissionen	CH4		0,25	kg/(EW*a)	¹²⁾
	N2O		0,022	kg/(EW*a)	
	NH3		*=0,0003*N total	kg/(EW*a)	¹³⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten		545,029	€	^{14), 15), 19), 20)}
	Instandsetzungskosten		25,464	€	
	Betriebskosten		54,84	€/(EW*a)	
	Erlöse		-	€	
	Abschreibungszeit		20	a	¹⁶⁾

Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:

¹⁾ Fremdwasser ist vom Leitungsnetz abhängig, daher hier keine Angabe

²⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Henny, 2014.

³⁾ Berechnung

⁴⁾ Barjenbruch, M. (2015): DWA Leistungsvergleich 2014, Vortrag auf dem Lehrer- und Obleutetag 2015, Zeuthen

⁵⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Henny, 2014.

⁶⁾ Berechnung nach Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2011): Leitfaden Nr. 2-13 : Betrieb von Abwasseranlagen ; Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V., Landesverband Bayern, Online Ressource, Henny, 2011, URL: www.dwa-bayern.de

⁷⁾ keine Angaben vorhanden

- ⁸⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ⁹⁾ Schätzung
- ¹⁰⁾ Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
- ¹¹⁾ 28. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen; DWA LV 2015, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Eigenverlag, Hennef, 2016, URL: https://bmbf.nawam-erwas.de/sites/default/files/download/leistungsvergleich_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 26.02.2019
- ¹²⁾ IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4
- ¹³⁾ Zimmermann P., Doka G., Huber F., Labhardt A., Menard M (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen, ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich
- ¹⁴⁾ Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ¹⁵⁾ MLUR (2003) - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Abwasserentsorgung in Brandenburg, - Orientierungswerte im Jahr 2003-, Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung, Potsdam, 2003
- ¹⁶⁾ www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuertemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), zuletzt abgerufen am 13.02.2018
- ¹⁷⁾ Gelsenwasser (2013), Untersuchung von Kläranlagen der GK4, URL: <https://crm.saena.de/sites/default/files/civicrm/persist/contribute/files/KI%c3%a4ranlagen%20der%20GK4%20Gerard.pdf>, zuletzt abgerufen am 01.02.2018
- ¹⁸⁾ ARGE (2011): Arbeitsgemeinschaft Spurenstoffe NRW, Teilprojekt 6: Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen. Bericht über die Phase 1 der Untersuchungen, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, zum 30.6.2011 (unveröffentlicht).
- ¹⁹⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preisindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 4, November 2018 (4. Vierteljahresausgabe), URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 5.2.2019
- ²⁰⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preise - Kaufwerte für Baulandindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 5, 2. Vierteljahr 2018, URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 12.12.2018

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Kläranlage GK2

Verfasser des Steckbriefs: Wriege-Bechtold, Zinati (TUB)

komplett

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		konventionelle Kläranlage - Größenklasse 2			
Kurzname		KA GK2			
Verfahrensbeschreibung		Abwasser mit den Verfahrensstufen mechanische Vorreinigung - Biologische Reinigung und mechanischer Nachreinigung - aerobe Stabilisierung			
Kapazität		angeschlossene Einwohner1000-5000	5000	E	
Lebensdauer			20	Jahre	9)
Dimension bzw. Platzbedarf			5000	m2	9)
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	kommunales Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Fremdwasser		L/EW*d	1)
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Schlamm	49	gTS/(E*d)	2)
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		95,6	%	4)
	GesN		91,5	%	4)
	P ges		76,4	%	4)
	K ges		-	%	7)
	S ges		-	%	7)
	Diclofenac		50	%	18)
Bilanzen	CSB-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	80,6	%	3)
		Anteil Ablauf	4,4	%	4)
		Anteil Luft	18,5	%	
		Anteil Schlamm	77,1	%	5)
	N-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem N im Schlamm	29,8	%	9)
		Anteil Ablauf	8,5	%	4)
		Anteil Luft	64,2	%	
		Anteil Schlamm	27,3	%	6)
	P-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	9)
		Anteil Ablauf	23,6	%	4)
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	76,4	%	6)
	K-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem K im Schlamm	-	%	7)
		Anteil Ablauf	95	%	8)
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	9	%	
	S-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	7)
		Anteil Ablauf	-	%	7)
		Anteil Luft	-	%	7)
		Anteil Schlamm	-	%	7)
	Diclofenac				
	bezogen auf Inputmenge	Schlamm	-	%	7)
		Anteil Ablauf	50	%	9)
		Anteil Luft	0	%	9)
		Anteil Schlamm	50	%	9)
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Aluminium	0,046	kg/EW	Berechnung nach ^{10), 17), 21)}
	Material 2	Beton	426,747	kg/EW	
	Material 3	Glas	0,012	kg/EW	
	Material 4	Kalk	8,348	kg/EW	
	Material 5	Kupfer	0,183	kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,400	kg/EW	
	Material 7	Edelstahl	0,800	kg/EW	
	Material 8	Stahl	6,896	kg/EW	
	Material 9	Erdaushub	1.334,984	kg/EW	
Energieeinsatz	Energie 1		42,8	kWh/(E*a)	11)
Direkte Emissionen	CH4		0,25	kg/(EW*a)	12)
	N2O		0,022	kg/(EW*a)	
	NH3		*=0,0003*N total	kg/(EW*a)	13)
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten		3.440.025,00	€	14), 15), 19), 20)
	Instandsetzungskosten		127.321,25	€	
	Betriebskosten		15,83	€/(EW*a)	
	Erlöse			€	
	Abschreibungszeit		20	a	16)

Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:

¹⁾ Fremdwasser ist vom Leitungsnetz abhängig, daher hier keine Angabe

²⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.), (2014); DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.

³⁾ Berechnung

⁴⁾ Barjenbruch, M. (2015): DWA Leistungsvergleich 2014, Vortrag auf dem Lehrer- und Obbleutetag 2015, Zeuthen

⁵⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.), (2014); DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.

- ⁶⁾ Berechnung nach Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.), (2011): Leitfaden Nr. 2-13 : Betrieb von Abwasseranlagen ; Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V., Landesverband Bayern, Online Ressource, Hennef, 2011, URL: www.dwa-bayern.de
- ⁷⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁸⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ⁹⁾ Schätzung
- ¹⁰⁾ Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
- ¹¹⁾ 28. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen; DWA LV 2015, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Eigenverlag, Hennef, 2016, URL: https://bmbf.nawam-erwas.de/sites/default/files/download/leistungsvergleich_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 26.02.2019
- ¹²⁾ IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4
- ¹³⁾ Zimmermann P, Doka G, Huber F, Labhardt A, Menard M (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen. ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich
- ¹⁴⁾ Oldenburg, M. (2007), Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ¹⁵⁾ MLUR (2003) - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Abwasserentsorgung in Brandenburg, - Orientierungswerte im Jahr 2003-, Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung, Potsdam, 2003
- ¹⁶⁾ Bundesfinanzministerium (2000): AfA-Tabellen, URL: [www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter \(AfA-Tabelle "AV"\)](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle), zuletzt abgerufen am 13.02.2018
- ¹⁷⁾ Gelsenwasser (2013), Untersuchung von Kläranlagen der GK4, URL: <https://crm.saena.de/sites/default/files/civircrm/persist/contribute/files/KI%c3%a4rantlagen%20der%20GK4%20Gerard.pdf>, zuletzt abgerufen am 01.02.2018
- ¹⁸⁾ ARGE (2011): Arbeitsgemeinschaft Spurenstoffe NRW, Teilprojekt 6: Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen, Bericht über die Phase 1 der Untersuchungen, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, zum 30.6.2011 (unveröffentlicht).
- ¹⁹⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preisindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 4, November 2018 (4. Vierteljahresausgabe), URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 5.2.2019
- ²⁰⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preise - Kaufwerte für Baulandindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 5, 2. Vierteljahr 2018, URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 12.12.2018
- ²¹⁾ Günther, F.W., Reucherter, E. (2001). Investitionskosten der Abwasserentsorgung. Oldenbourg Industrieverlag München.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Kläranlage GK3
 Verfasser des Steckbriefs: Wrieger-Bechhold, Zinati (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		konventionelle Kläranlage - Größenklasse 3			
Kurzname		KA GK3			
Verfahrensbeschreibung		Kläranlage zur Reinigung von Abwasser mit den Verfahrensstufen mechanische Vorreinigung - Biologische Reinigung und mechanischer Nachreinigung			
Kapazität		angeschlossene Einwohner 5000-10000	10000	E	
Lebensdauer			20	Jahre	⁹⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			7500	m ²	⁹⁾
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	kommunales Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Fremdwasser		L/EW*d	
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Schlamm	38	gTS/(E*d)	²⁾
Leistungsdaten, e.g.	CSB		96,5	%	⁴⁾
	GesN		94,6	%	⁴⁾
	P ges		87,9	%	⁴⁾
	K ges		-	%	⁷⁾
	S ges		-	%	⁷⁾
Bilanzen	Diclofenac		50	%	¹⁶⁾
	CSB-Bilanz				
		Anteil an entfernten CSB im Schlamm	79,9	%	³⁾
	bezogen auf Inputmenge				
		Anteil Ablauf	3,5	%	⁴⁾
		Anteil Luft	19,4	%	
		Anteil Schlamm	77,1	%	⁵⁾
	N-Bilanz				
		Anteil an entferntem N im Schlamm		%	³⁾
	bezogen auf Inputmenge				
		Anteil Ablauf	5,4	%	⁴⁾
		Anteil Luft	67,3	%	
		Anteil Schlamm	27,3	%	⁶⁾
	P-Bilanz				
		Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	³⁾
	bezogen auf Inputmenge				
		Anteil Ablauf	12,1	%	⁴⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	87,9	%	⁶⁾
	K-Bilanz				
		Anteil an entferntem K im Schlamm	31,1	%	⁷⁾
	bezogen auf Inputmenge				
		Anteil Ablauf	95	%	⁸⁾
	Anteil Luft	0	%		
	Anteil Schlamm	5	%		
S-Bilanz					
	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	⁷⁾	
bezogen auf Inputmenge					
	Anteil Ablauf	-	%	⁷⁾	
	Anteil Luft	-	%	⁷⁾	
	Anteil Schlamm	-	%	⁷⁾	
Diclofenac					
	Schlamm	-	%	⁷⁾	
bezogen auf Inputmenge					
	Anteil Ablauf	50	%	⁹⁾	
	Anteil Luft	0	%	⁹⁾	
	Anteil Schlamm	50	%	⁹⁾	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Aluminium	0,03	kg/EW	Berechnung nach ^{10), 17), 21)}
	Material 2	Beton	315,66	kg/EW	
	Material 3	Glas	0,01	kg/EW	
	Material 4	Limestone	6,18	kg/EW	
	Material 5	Kupfer	0,14	kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,30	kg/EW	
	Material 7	Edelstahl	0,59	kg/EW	
	Material 8	Stahl	5,10	kg/EW	
	Material 9	Erdaushub	987,48	kg/EW	
Energieeinsatz	Energie 1		40,1	kWh/(E*a)	¹¹⁾
	Direkte Emissionen				
Direkte Emissionen	CH4		0,25	kg/(EW*a)	¹²⁾
	N2O		0,022	kg/(EW*a)	
	NH3		*=0,0003*N total	kg/(EW*a)	¹³⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten		5.341,925	€	^{14), 15), 19), 20)}
	kosten		200,076	€	
	Betriebskosten		11,42	€/(EW*a)	
	Erlöse		-	€	
	Abschreibungszeit		20	a	¹⁶⁾
Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:					

¹⁾ Fremdwasser ist vom Leitungsnetz abhängig, daher hier keine Angabe
²⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
³⁾ Berechnung
⁴⁾ Barjenbruch, M. (2015): DWA Leistungsvergleich 2014, Vortrag auf dem Lehrer- und Obbleutetag 2015, Zeuthen
⁵⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
⁶⁾ Berechnung nach Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2011): Leitfaden Nr. 2-13 : Betrieb von Abwasseranlagen ; Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V., Landesverband Bayern, Online Ressource, Hennef, 2011, URL: www.dwa-bayern.de
⁷⁾ keine Angaben vorhanden
⁸⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
⁹⁾ Schätzung

- ¹⁰⁾ Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
- ¹¹⁾ 28. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen; DWA LV 2015, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Eigenverlag, Hennef, 2016, URL: https://bmbf.nawam-erwas.de/sites/default/files/download/leistungsvergleich_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 26.02.2019
- ¹²⁾ IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4
- ¹³⁾ Zimmermann P, Doka G, Huber F, Labhardt A, Menard M (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen. ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich
- ¹⁴⁾ Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ¹⁵⁾ MLUR (2003) - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Abwasserentsorgung in Brandenburg, -Orientierungswerte im Jahr 2003-, Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung, Potsdam, 2003
- ¹⁶⁾ Bundesfinanzministerium (2000): AfA-Tabellen, URL: [www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter \(AfA-Tabelle "AV"\)](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle), zuletzt abgerufen am 13.02.2018
- ¹⁷⁾ Gelsenwasser (2013), Untersuchung von Kläranlagen der GK4, URL: <https://crm.saena.de/sites/default/files/civicrm/persist/contribute/files/Kl%C3%A4ranlagen%20der%20GK4%20Gerard.pdf>, zuletzt abgerufen am 01.02.2018
- ¹⁸⁾ ARGE (2011): Arbeitsgemeinschaft Spurenstoffe NRW, Teilprojekt 6: Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen, Bericht über die Phase 1 der Untersuchungen, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, zum 30.6.2011 (unveröffentlicht).
- ¹⁹⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preisindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 4, November 2018 (4. Vierteljahresausgabe), URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 5.2.2019
- ²⁰⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preise - Kaufwerte für Baulandindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 5, 2. Vierteljahr 2018, URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 12.12.2018
- ²¹⁾ Günther, F.W., Reucherter, E. (2001). Investitionskosten der Abwasserentsorgung. Oldenbourg Industrieverlag München.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Kläranlage GK4

Verfasser des Steckbriefs: Wriege-Bechtold, Zinati (TUB)

Komplett

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		konventionelle Kläranlage - Größenklasse 4			
Kurzname		KA GK4			
Verfahrensbeschreibung		Kläranlage zur Reinigung von Abwasser mit den Verfahrensstufen mechanische Vorreinigung - Biologische Reinigung und mechanischer Nachreinigung			
Kapazität		angeschlossene Einwohner 10001-100000	50000	E	
Lebensdauer			20	Jahre	⁹⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			10000	m ²	⁸⁾
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	kommunales Abwasser	123	L/EW*d	¹⁹⁾
	Stoffstrom 2	Fremdwasser		L/EW*d	¹⁾
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Schlamm	38	gTS/(E*d)	²⁾
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		97,3	%	⁴⁾
	GesN		93,7	%	⁴⁾
	P ges		95,7	%	⁴⁾
	K ges		-	%	⁷⁾
	S ges		-	%	⁷⁾
	Diclofenac		50	%	¹⁶⁾
	Bilanzen	CSB-Bilanz			
bezogen auf Inputmenge		Anteil an entfernten CSB im Schlamm	79,2	%	³⁾
		Anteil Ablauf	2,7	%	⁴⁾
		Anteil Luft	20,2	%	
		Anteil Schlamm	77,1	%	⁵⁾
N-Bilanz					
bezogen auf Inputmenge		Anteil an entferntem N im Schlamm	29,1	%	³⁾
		Anteil Ablauf	6,3	%	⁴⁾
		Anteil Luft	66,4	%	
		Anteil Schlamm	27,3	%	⁶⁾
P-Bilanz					
bezogen auf Inputmenge		Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	³⁾
		Anteil Ablauf	4,3	%	⁴⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	95,7	%	⁶⁾
K-Bilanz					
bezogen auf Inputmenge		Anteil an entferntem K im Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	95	%	⁸⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	5	%	
S-Bilanz					
bezogen auf Inputmenge		Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁷⁾
		Anteil Luft	-	%	⁷⁾
		Anteil Schlamm	-	%	⁷⁾
Diclofenac					
bezogen auf Inputmenge		Anteil an entferntem Diclofenac im Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	50	%	⁹⁾
	Anteil Luft	0	%	⁹⁾	
	Anteil Schlamm	50	%	⁸⁾	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Aluminium	0,017	kg/EW	Berechnung nach ^{10), 17), 21)}
	Material 2	Beton	156,737	kg/EW	
	Material 3	Glas	0,004	kg/EW	
	Material 4	Kalk	3,066	kg/EW	
	Material 5	Kupfer	0,067	kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,147	kg/EW	
	Material 7	Edelstahl	0,294	kg/EW	
	Material 8	Stahl	2,533	kg/EW	
	Material 9	Erdaushub	490,316	kg/EW	
Energieeinsatz	Energie 1		34	kWh/(E*a)	¹¹⁾
Direkte Emissionen	CH4		0,25	kg/(EW*a)	¹²⁾
	N2O		0,022	kg/(EW*a)	
	NH3		*=0,0003*N total	kg/(EW*a)	¹³⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten		13.556.187	€	^{14), 15), 19), 20)}
	Instandsetzungs-kosten		588.449	€	
	Betriebskosten		11	€/(EW*a)	
	Erlöse		0	€	
	Abschreibungszeit		20	a	

Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:

- ¹⁾ Fremdwasser ist vom Leitungsnetz abhängig, daher hier keine Angabe
- ²⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
- ³⁾ Berechnung
- ⁴⁾ Barjenbruch, M. (2015): DWA Leistungsvergleich 2014, Vortrag auf dem Lehrer- und Obuleutetag 2015, Zeuthen
- ⁵⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
- ⁶⁾ Berechnung nach Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2011): Leitfaden Nr. 2-13 : Betrieb von Abwasseranlagen ; Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V., Landesverband Bayern, Online Ressource, Hennef, 2011, URL: www.dwa-bayern.de
- ⁷⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁸⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ⁹⁾ Schätzung

- 10) Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
- 11) 28. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen; DWA LV 2015. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Eigenverlag, Hennef, 2016, URL: https://bmbf.nawam-erwas.de/sites/default/files/download/leistungsvergleich_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 26.02.2019
- 12) IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4
- 13) Zimmermann P., Doka G., Huber F., Labhardt A., Menard M. (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen. ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich
- 14) Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- 15) MLUR (2003) - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Abwasserentsorgung in Brandenburg, -Orientierungswerte im Jahr 2003-, Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung, Potsdam, 2003
- 16) Bundesfinanzministerium (2000): AfA-Tabellen, URL: [www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuertemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter \(AfA-Tabelle "AV"\)](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuertemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle), zuletzt abgerufen am 13.02.2018
- 17) Gelsenwasser (2013), Untersuchung von Kläranlagen der GK4, URL: <https://cm.saena.de/sites/default/files/civicrm/persist/contribute/files/KI/c3%a4ranlagen%20der%20GK4%20Gerard.pdf>, zuletzt abgerufen am 01.02.2018
- 18) ARGE (2011): Arbeitsgemeinschaft Spurenstoffe NRW, Teilprojekt 6: Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen. Bericht über die Phase 1 der Untersuchungen, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, zum 30.6.2011 (unveröffentlicht).
- 19) Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preisindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 4, November 2018 (4. Vierteljahresausgabe), URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 5.2.2019
- 20) Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preise - Kaufwerte für Baulandindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 5, 2. Vierteljahr 2018, URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 12.12.2018
- 21) Günthert, F.W., Reucherter, E. (2001). Investitionskosten der Abwasserentsorgung. Oldenbourg Industrieverlag München.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock

Kläranlage GK5

Verfasser des Steckbriefs: Wriego-Bechtold, Zinati (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		konventionelle Kläranlage - Größenklasse 5			
Kurzname		KA GK5			
Verfahrensbeschreibung		Kläranlage zur Reinigung von Abwasser mit den Verfahrensstufen mechanische Vorreinigung - Biologische Reinigung und mechanischer Nachreinigung			
Kapazität		angeschlossene Einwohner >100.000 E	100.000	E	
Lebensdauer			20	Jahre	⁸⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			30.000	m ²	⁹⁾
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	kommunales Abwasser	123	L/EW*d	¹⁹⁾
	Stoffstrom 2	Fremdwasser	1	L/EW*d	
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser		L/EW*d	
	Stoffstrom 2	Schlamm	38	gTS/(E*d)	²⁾
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		96	%	³⁾
	GesN		84,2	%	⁴⁾
	P ges		97,4	%	⁴⁾
	K ges		-	%	⁷⁾
	S ges		-	%	⁷⁾
	Diclofenac		50	%	¹⁸⁾
	Bilanzen	CSB-Bilanz			
beziehen auf Inputmenge		Anteil an entfernten CSB im Schlamm	80,3		³⁾
		Anteil Ablauf	4	%	⁴⁾
		Anteil Luft	18,9	%	
		Anteil Schlamm	77,1	%	⁵⁾
N-Bilanz					
beziehen auf Inputmenge		Anteil an entfernten N im Schlamm	32,4		³⁾
		Anteil Ablauf	15,8	%	⁴⁾
		Anteil Luft	56,9	%	
		Anteil Schlamm	27,3	%	⁶⁾
P-Bilanz					
beziehen auf Inputmenge		Anteil an entfernten P im Schlamm	100		³⁾
		Anteil Ablauf	2,6	%	⁴⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	97,4	%	⁶⁾
K-Bilanz					
beziehen auf Inputmenge		Anteil an entfernten K im Schlamm	-	%	⁷⁾
		Anteil Ablauf	95	%	⁶⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	5	%	
Diclofenac					
beziehen auf Inputmenge	Schlamm	-	%	⁷⁾	
	Anteil Ablauf	50	%	⁹⁾	
	Anteil Luft	0	%	⁸⁾	
	Anteil Schlamm	50	%	⁹⁾	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Aluminium	0,012	kg/EW	Berechnung nach ^{10), 17), 21)}
	Material 2	Beton	115,937	kg/EW	
	Material 3	Glas	0,003	kg/EW	
	Material 4	Kalk	2,268	kg/EW	
	Material 5	Kupfer	0,050	kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,109	kg/EW	
	Material 7	Edelstahl	0,217	kg/EW	
	Material 8	Stahl	1,873	kg/EW	
	Material 9	Erdaushub	362,684	kg/EW	
	Energieeinsatz				
Energie 1			30,5	kWh/(E*a)	¹¹⁾
Direkte Emissionen	CH4		0,25	kg/(EW*a)	¹²⁾
	N2O		0,022	kg/(EW*a)	
	NH3		*=0,0003*N total	kg/(EW*a)	¹³⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten		21.302,739	€	^{14), 15), 19), 20)}
	Instandsetzungs-kosten		953,437	€	
	Betriebskosten		9,30	€/(EW*a)	
	Erlöse		0	€	
	Abschreibungszeit		20	a	¹⁶⁾
Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:					

¹⁾ Fremdwasser ist vom Leitungsnetz abhängig, daher hier keine Angabe
²⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
³⁾ Berechnung
⁴⁾ Barjenbruch, M. (2015): DWA Leistungsvergleich 2014, Vortrag auf dem Lehrer- und Obladetag 2015, Zeuthen
⁵⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V. (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
⁶⁾ Berechnung nach Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.). (2011): Leitfaden Nr. 2-13 : Betrieb von Abwasseranlagen : Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V., Landesverband Bayern, Online Ressource, Hennef, 2011. URL: www.dwa-bayern.de
⁷⁾ keine Angaben vorhanden
⁸⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
⁹⁾ Schätzung
¹⁰⁾ Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
¹¹⁾ 28. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen; DWA LV 2015. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Eigenverlag, Hennef, 2016. URL: https://bmbf.navam-erwas.de/sites/default/files/download/leistungsvergleich_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 26.02.2019
¹²⁾ IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan., ISBN 4-88788-032-4
¹³⁾ Zimmermann P., Doka G., Huber F., Labhardt A., Menard M (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen. ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich

- ¹⁴⁾ Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST) - Resources • URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ¹⁵⁾ MLUR (2003) - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Abwasserentsorgung in Brandenburg, -
- ¹⁶⁾ Bundesfinanzministerium (2000): AfA-Tabellen, URL: www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), zuletzt abgerufen am 13.02.2018
- ¹⁷⁾ Gelsenwasser (2013), Untersuchung von Kläranlagen der GK4, URL:
- ¹⁸⁾ ARGE (2011): Arbeitsgemeinschaft Spurenstoffe NRW, Teilprojekt 6: Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen. Bericht über die Phase 1 der Untersuchungen, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, zum 30.6.2011 (unveröffentlicht).
- ¹⁹⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preisindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 4, November 2018 (4. Vierteljahresausgabe), URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 5.2.2019
- ²⁰⁾ Destatis (2019) - Statistisches Bundesamt: Preise - Kaufwerte für Baulandindizes für die Bauwirtschaft, Fachserie 17, Reihe 5, 2. Vierteljahr 2018, URL: www.destatis.de, zuletzt abgerufen am 12.12.2018
- ²¹⁾ Günther, F.W., Reucherter, E. (2001). Investitionskosten der Abwasserentsorgung, Oldenbourg Industrieverlag München,

					<p>UBA (2013): Klärschlamm entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland Link https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klaerschlamm-entsorgung-in-bundesrepublik</p>	<p>Ableitung der Betriebskosten aus Kosten der Entsorgung inkl. Entwässerung und Transport (siehe Ref UBA); Vgl. mit Ref. Siekmann und Partner mbH 2013 (Energiesch optimierte Abwasserreinigung); KA Linz Unkel, Betriebskosten für 406 t TR Schlamm = 153,500 €/a → ~380 Euro / t TR Schlamm Betriebskosten ohne Erlöse berechnen sich aus den Betriebskosten inkl. Erlöse (300 €/t TR Rohschlamm) plus der Stromgutschrift (147,2 kWh/t TR Rohschlamm) multipliziert mit dem aktuellen Strompreis.</p>
	Betriebskosten		300	€/t TR Rohschlamm		
	Erlöse			€		in Betriebskosten enthalten; auch Energieerlöse in Betriebskosten enthalten
Kommentare, Annahmen, etc.:						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Faulung, Entwässerung, Trocknung und Monoverbrennung in Wirbelschichtverfahren
 Verfasser des Steckbriefes: Schutz (BCE)

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Faulung Klärschlamm und Monoverbrennung in Wirbelschicht nach vorheriger Entwässerung und Trocknung				
Kurzname		KSEntTroMov				
Verfahrensbeschreibung		Faulung, Entwässerung und Trocknung und Monoverbrennung über Wirbelschichtverfahren (-850 °C), Abgasreinigung über E-Filter plus Feinreinigung (Gewebe/Filter mit Adsorbens), Entstickung über SNCR (selective non-catalytic reaction), Anlage nach 17. BImSchV genehmigt, Energienutzung ist auf möglichst hohen Anteil an Stromkopplung nach Entnahme von ND-Dampf für die Trocknung ausgelegt, Für überschüssig erzeugten Strom wird eine Substitution von dt. Strommix angesetzt.				
Verfahrensbeschreibung kurz		Faulung, Entwässerung und Trocknung und Monoverbrennung über Wirbelschichtverfahren (-850 °C), Abgasreinigung über E-Filter plus Feinreinigung (Gewebe/Filter mit Adsorbens), Entstickung über SNCR (selective non-catalytic reaction),				
Icon						
Kapazität	Basis 1 (Ökologie)	für ökologische Bewertung	30000	1 TR Rohschlamm/a	Fehrenbach und Reinhard 2009: Ökologische Bewertung thermischer Klärschlammbehandlungsvarianten	
	Basis 2 (Ökonomie)	für ökonomische Bewertung	2500	1 TR Rohschlamm/a	ZWAR (2017): Erste thermische Klärschlammverwertungsanlage Mecklenburg-Vorpommerns auf Rügen in Betrieb genommen Link: https://www.zwar.de/index.php?id=181&no_cache=1&tx_news%5Bt_news%5D=370&hash=b6f020aa07b7c3b7093e7a39b6d39cb weitere Details: https://bon-erneu.eu/projekte-details/daeranlage-bergen-auf-ruegen-thermische-klae-schlammverwertungs.html	Die kombinierte Schlammbehandlungsanlage besteht aus vorgeschalteter Schlammfaltung (Faultrum mit einem Volumen von 3.000 m³) mit Gasspeicher (1.500 m³ Fassungsvermögen), der Schlammwässerung und -trocknung, der Verbrennung im zweistufigen Wirbelschichtverfahren und der Abgasreinigung. Das Faulgas wird in einem BHKW in Strom (330 kWel, rd.2.900 MWh/a) und Wärme (360 kWth, rd. 2.900 MWh/a), zur Nutzung für die Anlage selbst sowie für die Kläranlage, umgewandelt. Mittin spaltet sich die Energiebilanz in 39 % Strom, 43 % Nutzwärme und 18 % Abgas/Abwärme. Durch den Einsatz der bei der thermischen Behandlung entstehenden Wärme zur Trocknung des Klärschlammes wird die Verbrennung zum autothermen Prozess. Die Reststoffe aus der Abgasreinigung werden extern entsorgt, die Asche steht für ein mögliches späteres Phosphor-Recycling zur Verfügung.
Lebensdauer			30	Jahre	Schimmelpfeng, L. und Gessenich, S. (1997): Standortplanung für thermische Abfallbehandlungsanlagen, Link https://books.google.de/books?id=FZahBgAAQBAJ&pg=PA181&pg=PA181&dq=lebensdauer+k%C3%A4rschlammverwertungsanlage&source=books&ots=1FozZpOzU&sig=2McsSAVgV36Dfjma_RKcdDCV0&hl=de&sa=X&ved=0ahUKEwizwvIw4bXANUKS5bKHQvD7YQ6AELTAA&v=n&page&q=lebensdauer%20K%C3%A4rschlammverbrannungsanlage&t=false	Große Annahme auf Basis Referenz
Dimension bzw. Platzbedarf	Basis 2 (Ökonomie)	Abschätzung, siehe Karte rechts	3900	m²		
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Rohschlamm				Sludge SL
	Energiestrom 1	Strom				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Asche in Prozent von TR	41	%	UBA (2014): Monitoring von Klärschlammmonoverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zur Ermittlung ihrer Rohstoffrückgewinnungspotentiale und zur Erstellung von Referenzmaterial für die Überwachungsanalytik Link https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/te_49_2015_monitoring_von_klaerschlammverbrennungsaschen.pdf	Tabelle 2, Ash-AS
	Energiestrom 1	Strom				Wärme wird für Trocknung eingesetzt
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz						
	P-Elimination		0	%		Gesamte P-Fracht verbleibt in der Asche
	C-Elimination		99,6	%		
	N-Elimination		2	%	Yoshida, H. et al. 2015: A comprehensive substance flow analysis of a municipal wastewater and sludge treatment plant, In: Chemosphere 138, p. 874-882	
	K-Elimination		2	%		
	S-Elimination		2	%		Info zu N, K, S in Supplementary Info der angegebenen Referenz - im Beschaffungsprozess
	Diclofenac-Elimination	komplette Elimination	100	%	ARD (2014): Klärschlamm: Wertvoller Rohstoff oder giftige Gefahr? Link: http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wissen/sendung/klae-schlamm-100.html	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	Stahlbeton	29,640	t/3800m2	Dichte Stahlbeton: http://www.hausjournal.net/stahlbeton-dichte	Annahme 3m dickes Stahlbetonfundament über gesamte Fläche (Basis 2500t TR(a), Dichte Stahlbeton 2600 kg/m³)
	Material 2					
	Material 3					
	Material 4					
	Material n					
	Verbrauchsmaterialien					
	Sammlung und Transport					in Okoblanz und Kosten enthalten
Energieeinsatz						
	Energie 1	Strom	-147,2	kWh/t TR Rohschlamm	1. DWA- Netzwerktag Klärschlammnetzwerk Nord-Ost 9,9.2015, Berlin-Steglitz: Klärschlamm-Monoverbrennung – wirtschaftliche und technische Grenzen, Link: https://www.dwa-nord.de/files/_media/content/POFALV_Nord-Ost/Klaerschlammforum%20V_Glatzer_Friedrich.pdf Nutzung von Abwärme	konservative Abschätzung nach Ref. (S. 17), Stromgewinn wahrscheinlich höher, Achtung: Stromverbräuche und -gewinne in Ökobilanz und Kosten enthalten
	Energie 2	Wärme				in Okoblanz und Kosten enthalten
Umweltwirkungen						
	GWP		-0,363	1 CO2-äq TR Rohschlamm	Fehrenbach und Reinhard 2009: Ökologische Bewertung thermischer Klärschlammbehandlungsvarianten	
	EP		6,166	kg PO4-äq TR Rohschlamm	Fehrenbach und Reinhard 2009: Ökologische Bewertung thermischer Klärschlammbehandlungsvarianten	
	Primärenergie		-6,45	GJ/t TR Rohschlamm	Fehrenbach und Reinhard 2009: Ökologische Bewertung thermischer Klärschlammbehandlungsvarianten	
	N2O	in EP und GWP-Ergebnissen enthalten !!!	180	mg/m3	Fehrenbach und Reinhard 2009: Ökologische Bewertung thermischer Klärschlammbehandlungsvarianten	
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten		12,200,000	€ €/TR Rohschlamm/a	ZWAR (2017): Erste thermische Klärschlammverwertungsanlage Mecklenburg-Vorpommerns auf Rügen in Betrieb genommen Link: https://www.zwar.de/index.php?id=181&no_cache=1&tx_news%5Bt_news%5D=370&hash=b6f020aa07b7c3b7093e7a39b6d39cb	inkl. Einbaukosten
	Instandsetzungskosten		4,880	€		in Betriebskosten enthalten
	Betriebskosten		300	€/1 TR Rohschlamm	UBA (2013): Klärschlammverwertung in der Bundesrepublik Deutschland Link https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klae-schlammverwertung-in-bundesrepublik	Abteilung der Betriebskosten aus Kosten der Entsorgung inkl. Entwässerung und Transport (siehe Ref UBA); Vgl. mit Ref. Siekmann und Partner mbH 2013 (Energetisch optimierte Abwasserreinigung): KA Linz Unkel, Betriebskosten für 406 t TR Schlamm = 153,500 €/a → -380 Euro / t TR Schlamm Betriebskosten ohne Erlöse berechnen sich aus den Betriebskosten (300 €/t TR Rohschlamm) plus der rückgewonnenen Energie mal dem aktuellen Strompreis,

Kommentare, Annahmen, etc.:	Erlöse			€		in Betriebskosten enthalten; auch Energieerlöse in Betriebskosten enthalten
-----------------------------	--------	--	--	---	--	---

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Kompostierung

Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wriegen-Bechtold (TUB)

komplett

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Kompostierung von Bioabfall (Garten und Küche)			
Kurzname		Kompostierung			
Verfahrensbeschreibung		aerobe Umsetzung von Bioabfall zu Kompost zur Wiederverwendung			
Kapazität			5000	EW	
Lebensdauer			50	Jahre	1)
Dimension bzw. Platzbedarf			0,1	m ² /EW	
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Bioabfall (Garten und Küche)		L/(EW*d)	
Output - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Kompost	0,7* Bioabfall	L/(EW*d)	2)
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz/Abbaugrad					
	CSB		48	%	4)
	GesN		67	%	
	P ges		0	%	
	K ges		-	%	5)
	S ges		-	%	5)
	Diclofenac		-	%	5)
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
		Anteil Kompost	51,2	%	6)
		Anteil Sickerwasser	0,8	%	6)
		Anteil Luft	48	%	6)
	N-Bilanz				
		Anteil Kompost	32,8	%	6)
		Anteil Sickerwasser	0,2	%	6)
		Anteil Luft	67	%	6)
	P-Bilanz				
		Anteil Kompost	-	%	5)
		Anteil Sickerwasser	-	%	5)
		Anteil Luft	0	%	3)
	K-Bilanz				
		Anteil Kompost	-	%	5)
		Anteil Sickerwasser	-	%	5)
		Anteil Luft	-	%	5)
	S-Bilanz				
		Anteil Kompost	-	%	5)
		Anteil Sickerwasser	-	%	5)
		Anteil Luft	-	%	5)
	Diclofenac				
		Anteil Kompost	-	%	5)
		Anteil Sickerwasser	-	%	5)
		Anteil Luft	-	%	5)
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe					
	Material 1	Beton	4,8	kg/EW	7)
	Material 2	Edelstahl	1	kg/EW	4)
	Material 3	Kunststoff	-		5)
	Material 4	Aluminium	-	kg	5)
Energieeinsatz					
	Energiestrom 1	Kompostierung	0,01	kWh/kg Bioabfall	3)
	Energiestrom 2	Diesel für Belüftung	0,00076	L Diesel/kg Bioabfall	
Direkte Emissionen					
	CH4		0,016 *Cin	-	3)
	CO2		0,494 *Cin	-	
	N2O		0,007 *Nin	-	
	NH3		0,317 *Nin	-	
	N2		0,007 *Nin	-	
Kosten/Erlöse - LCC					
	Investitionskosten	Grundstück (40,00 €/m ²)	4	€/EW	1)
		Pflasterung und Überdachung	0,002	€/EW	
		Transportkosten Kompost(325 m ³)	-		
	Betriebskosten	Kompost(a, 2,8 €/ m ³)	2,6	€/m ³ Kompost	
	Erlöse	Kompost als Düngemittel	60	€/m ³ Kompost	
	Abschreibungszeit		50	a	7)

Kommentare, Annahmen, etc.:

- Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • SuSanA, SCST, Lübeck.
- Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3,7,2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
- Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- Remy, C., & Ruhland, A. (2006). Ecological assessment of alternative sanitation Concepts with Life Cycle Assessment: Final report for subtask 5 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST). Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE 03ENV/D/000025).
- keine Angaben vorhanden
- Berechnung
- Schätzung

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Bewachsener Bodenfilter (horizontal) - GW
 Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wniege-Bechtold (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Bewachsener Bodenfilter-horizontal			
Kurzname		PKA			
Verfahrensbeschreibung		Eine horizontale PKA ist ein bepflanzter Bodenfilter. Das Abwasser wird seitlich dosiert. Das Wasser durchfließt den Bodenfilter horizontal. Diese Technologie ist verhältnismäßig unmaufwendig. Horizontale PKA sind nicht in der Lage zu nitrifizieren. Sie können aber geeignete Technologien im Behandlungsprozess für Abwasser mit hohen Ammoniumkonzentrationen sein.			
Kapazität		Max organic load of COD	16	g COD/m ² d	¹⁾
Lebensdauer			40	year	²⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			2	m ² /EW	¹⁾
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Grauwasser			
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Grauwasser			
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		94	%	²⁾
	GesN		63	%	
	P ges		88	%	
	K ges		-	%	⁴⁾
	S ges		-	%	⁴⁾
	Diclofenac		-	%	⁴⁾
Bilanzen	CSB-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Biomass	18	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	6	%	Berechnung nach 3)
		Anteil Luft	77	%	
		Anteil Biomass	17	%	
	N-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem N im Biomass	33	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	37	%	Berechnung nach ³⁾
		Anteil Luft	42	%	
		Anteil Biomass	21	%	
	P-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem P im Biomass	100	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	12	%	Berechnung nach ³⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Biomass	88	%	
	K-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem K im Biomass	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	-	%	⁴⁾
	S-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem S im Biomass	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	-	%	⁴⁾
	Diclofenac				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem Diclofenac im Biomass	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	50	%	⁶⁾
		Anteil Luft	0	%	⁶⁾
		Anteil Biomass	50	%	⁶⁾
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Schlif	5	plants/m ²	²⁾
	Material 2	Sand und Kies	1,25	m ³ /EW	⁷⁾
	Material 3	PE	-		⁴⁾
	Material 4	PVC	-		⁴⁾
Energieeinsatz	Energie 1	Pumpen	1,6	kWh/EW*a	³⁾
Direkte Emissionen	CH4	keine Angaben möglich	0	kg/(EW*a)	⁴⁾
	N2O	keine Angaben möglich	0	kg/(EW*a)	⁴⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten				
	Herstellungskosten	Bausatz, bestehend aus Dichtungsfolie (PE), Schutzvlies, Kontrollschacht DN400, Zulaufverteilung, Ablaufdränage, Schilfpflanzen, Erläuterungsbericht und Unterstützung für wasserrechtliche Genehmigung, Bauzeichnungen, (ohne Kies/Sand + Holzhacksel + Schatsteinen + Umrandung)	650,00	€/EW	⁷⁾
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (1500€); Dichtheitsprüfung (400€ für 20 Jahre)	695,00	€/EW	⁶⁾
	Betriebskosten				
	Schlamm- und Entsorgungskosten	40 m ³ zum Entsorgungspreis von 31€/m ³	31,00	€/m ³	
	Wartungskosten		37,50	€/EW.a	
	Anfahrtskosten	Kosten für Anfahrten	90,00	€/km	
	Ausbaukosten	Ausbau+Entleerung 6,5m ³	675,38	€/EW	
	Erlöse		0	€/a	⁶⁾
	Abschreibungszeit		40	a	⁶⁾
Kommentare, Annahmen, etc.:					

¹⁾ DWA (2017) – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.) (2010): Merkblatt DWA-A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers, Hennef; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 20117

²⁾ Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST), Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE 03ENV/D/000025).

³⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.

⁴⁾ keine Angaben vorhanden

⁵⁾ Berechnung

⁶⁾ Schätzung

⁷⁾ Telefonische Auskunft K. Holzapfel, <https://www.holzapfel-konsorten.de/>

⁸⁾ Lautenschläger, S., Laforet, L., Schimpke, J., & Holländer, R. (2016). Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen: Forschungsprojekt, gefördert unter dem Az: 30289 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Leipzig.

bewachsener Bodenfilter (horizontal) - Abwasser

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Bewachsener Bodenfilter-horizontal			
Kurzname		PKA			
Verfahrensbeschreibung		Eine horizontale PKA ist ein bepflanzter Bodenfilter. Das Abwasser wird seitlich dosiert. Das Wasser durchfließt den Bodenfilter horizontal. Diese Technologie ist verhältnismäßig umaufwendig. Horizontale PKA sind nicht in der Lage zu nitrifizieren. Sie können aber geeignete Technologien im Behandlungsprozess für Abwasser mit hohen Ammoniumkonzentrationen sein.			
Kapazität			18	g COD/m ² *d	¹⁾
Lebensdauer			40	year	²⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			5	m ² /EW	¹⁾
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser			
Output - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser			
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					
	CSB		94	%	²⁾
	GesN		63	%	
	P _{ges}		88	%	
	K _{ges}		-	%	⁴⁾
	S _{ges}		-	%	⁴⁾
	Diclofenac		-	%	⁴⁾
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Biomass	18	%	³⁾
		Anteil Ablauf	6	%	Berechnung nach 3)
		Anteil Luft	77	%	
		Anteil Biomass	17	%	
	N-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten N im Biomass	33	%	³⁾
		Anteil Ablauf	37	%	Berechnung nach ³⁾
		Anteil Luft	42	%	
		Anteil Biomass	21	%	
	P-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten P im Biomass	100	%	³⁾
		Anteil Ablauf	12	%	Berechnung nach ³⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Biomass	88	%	
	K-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten K im Biomass	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	-	%	⁴⁾
	S-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten S im Biomass	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	-	%	⁴⁾
	Diclofenac				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten Diclofenac im Biomass	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	50	%	⁴⁾
		Anteil Luft	0	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	50	%	⁴⁾
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Schilf	5	plants/m ²	²⁾
	Material 2	Sand und Kies	1,25	m ³ /EW	⁷⁾
	Material 3	PE	-		⁴⁾
	Material 4	PVC	-		⁴⁾
Energieeinsatz	Energie 1	Pumpen	1,6	kWh/EW*a	³⁾
Direkte Emissionen	CH ₄		0	kg/(EW*a)	⁴⁾
	N ₂ O		0	kg/(EW*a)	⁴⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten				
	Herstellungskosten	Bausatz, bestehend aus Dichtungsfolie (PE), Schutzvlies, Kontrollschacht DN400, Zulaufverteilung, Ablaufdränage, Schilfpflanzen, Erläuterungsbericht und Unterstützung für wasserrechtliche Genehmigung, Bauzeichnungen, (ohne Kies/Sand + Holzhacksel + Schalsteinen + Umrandung)	650,00	€	⁷⁾
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (1500€); Dichtheitsprüfung (400€ für 20 Jahre)	695,00	€	⁸⁾
	Betriebskosten				
	Schlamm-entsorgungskosten	40 m ³ zum Entsorgungspreis von 31€/m ³	31,00	€/m ³	
	Wartungskosten		37,50	€/EW,a	
	Anfahrtskosten	Kosten für Anfahrten	90,00	€/km	
	Ausbaukosten	Ausbau+Entleerung 6,5m ³	675,38	€/EW	
	Erlöse		0	€/a	⁶⁾
	Abschreibungszeit		40	a	⁶⁾

Kommentare, Annahmen, etc.:

- ¹⁾ DWA (2017) – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.) (2010): Merkblatt DWA-A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2017
- ²⁾ Remy, C., & Ruhland, A. (2006). Ecological assessment of alternative sanitation Concepts with Life Cycle Assessment: Final report for subtask 5 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST), Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE 03ENV/D/000025).
- ³⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ⁴⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁵⁾ Berechnung
- ⁶⁾ Schätzung
- ⁷⁾ Telefonische Auskunft K. Holzapfel, <https://www.holzapfel-konsortien.de/>
- ⁸⁾ Lautenschläger, S., Laforet, L., Schimpke, J., & Holländer, R. (2016). Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen: Forschungsprojekt, gefördert unter dem Az: 30289 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Leipzig.

bewachsener Bodenfilter (Horizontal durchflossen)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Bewachsener Bodenfilter-horizontal			
Kurzname		PKA			
Verfahrensbeschreibung		Eine horizontale PKA ist ein bepflanzter Bodenfilter, Das Abwasser wird seitlich dosiert, Das Wasser durchfließt den Bodenfilter horizontal, Diese Technologie ist verhältnismäßig unnaufwendig.Horizontale PKA sind nicht in der Lage zu nitrifizieren, Sie können aber geeignete Technologien im Behandlungsprozess für Abwasser mit hohen Ammoniumkonzentrationen sein,			
Kapazität			16	g COD/m ² ·d	¹⁾
Lebensdauer			40	year	²⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			5	m ² /EW	¹⁾
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser			
Output - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser			
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					
	CSB		94	%	²⁾
	GesN		63	%	
	P ges		88	%	
	K ges		-	%	⁴⁾
	S ges		-	%	⁴⁾
	Diclofenac		-	%	⁴⁾
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
		Anteil an entfernten CSB im Biomass	18	%	⁵⁾
		bezogen auf Inputmenge	6	%	Berechnung nach 3)
		Anteil Luft	77	%	
		Anteil Biomass	17	%	
	N-Bilanz				
		Anteil an entfernten N im Biomass	33	%	⁵⁾
		bezogen auf Inputmenge	37	%	Berechnung nach ³⁾
		Anteil Luft	42	%	
		Anteil Biomass	21	%	
	P-Bilanz				
		Anteil an entfernten P im Biomass	100	%	⁵⁾
		bezogen auf Inputmenge	12	%	Berechnung nach ³⁾
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Biomass	88	%	
	K-Bilanz				
		Anteil an entfernten K im Biomass	-	%	⁴⁾
		bezogen auf Inputmenge	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	-	%	⁴⁾
	S-Bilanz				
		Anteil an entfernten S im Biomass	-	%	⁴⁾
		bezogen auf Inputmenge	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomass	-	%	⁴⁾
	Diclofenac				
		Anteil an entfernten Diclofenac im Biomass	-	%	⁴⁾
		bezogen auf Inputmenge	50	%	⁶⁾
		Anteil Luft	0	%	⁶⁾
		Anteil Biomass	50	%	⁶⁾
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Schlif	5	plants/m ²	²⁾
	Material 2	Sand und Kies	1,25	m ³ /EW	⁷⁾
	Material 3	PE	-		⁴⁾
	Material 4	PVC	-		⁴⁾
Energieeinsatz	Energie 1	Pumpen	1,6	kWh/EW*a	³⁾
Direkte Emissionen	CH ₄		0	kg/(EW*a)	⁴⁾
	N ₂ O		0	kg/(EW*a)	⁴⁾
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten				
	Herstellungskosten	Bausatz, bestehend aus Dichtungsfolie (PE), Schutzvlies, Kontrollschacht DN400, Zulaufverteilung, Ablaufdrainage, Schiffpflanzen, Erläuterungsbericht und Unterstützung für wasserrechtliche Genehmigung, Bauzeichnungen, (ohne Kies/Sand + Holzhacksel + Schalsteinen + Umrandung)	650,00	€	⁷⁾
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (1500€); Dichtheitsprüfung (400€ für 20 Jahre)	695,00	€	⁸⁾
	Betriebskosten				
	Schlamm Entsorgungskosten	40 m ³ zum Entsorgungspreis von 31€/m ³	31,00	€/m ³	
	Wartungskosten		37,50	€/EW.a	
	Anfahrtskosten	Kosten für Anfahrten	90,00	€/km	
	Ausbaukosten	Ausbau+Entleerung 6,5m ³	875,38	€/EW	
	Erlöse		0	€/a	⁶⁾
	Abschreibungszeit		40	a	⁶⁾
Kommentare, Annahmen, etc.:					

¹⁾ DWA (2017) – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., (Hg.) (2010): Merkblatt DWA-A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers, Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2017
²⁾ Remy, C., & Rühlend, A. (2006). Ecological assessment of alternative sanitation Concepts with Life Cycle Assessment. Final report for subtask 5 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST), Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE 03ENVN/D/000925).
³⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
⁴⁾ keine Angaben vorhanden
⁵⁾ Berechnung
⁶⁾ Schätzung
⁷⁾ Telefonische Auskunft K. Holzapfel, <https://www.holzapfel-konsorten.de/>
⁸⁾ Teufenschläger, S., Laforet, L., Schimpke, J., & Holländer, R. (2016). Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen: Forschungsprojekt, gefordert unter dem Az: 30289 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Leipzig.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Bewachsener Bodenfilter (vertikal) - GW
 Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wrieger-Bechtold (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Bewachsener Bodenfilter (vertikal)			
Kurzname		PKA			
Verfahrensbeschreibung		Eine vertikale PKA ist ein bepflanzter Bodenfilter. Das Abwasser wird von oben über ein Verteilersystem auf der Oberfläche dosiert. Das Wasser durchfließt den Bodenfilter vertikal. Diese Technologie ist verhältnismäßig unnaufwendig. Vertikale PKA sind nicht in der Lage zu nitrifizieren. Sie können aber geeignete Technologien im Behandlungsprozess für Abwasser mit hohen Ammoniumkonzentrationen sein.			
Kapazität			20	g CSB/(m ² *d)	¹⁾
Lebensdauer			40	Jahr	²⁾
Dimension bzw. Platzbedarf			4	m ² /EW	¹⁾
Input - Stoffströme					
Output - Stoffströme					
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	Stoffstrom 1	Grauwasser			
	Stoffstrom 1	Gereinigtes Grauwasser			
	CSB		92	%	³⁾
	GesN		47	%	
	P ges		55	%	
	K ges		2,7	%	
	S ges		-	%	⁴⁾
	Diclofenac		-	%	⁴⁾
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten CSB in Biomasse	16	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	8,5	%	³⁾
		Anteil Luft	77	%	
		Anteil Biomasse	15	%	
	N-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten N in Biomasse	33	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	53,4	%	³⁾
		Anteil Luft	31,4	%	
		Anteil Biomasse	15,2	%	
	P-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten P in Biomasse	100	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	45,0	%	³⁾
		Anteil Luft	0,0	%	
		Anteil Biomasse	55,0	%	
	K-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten K in Biomasse	100	%	⁵⁾
		Anteil Ablauf	97,3	%	³⁾
		Anteil Luft	0,0	%	
		Anteil Biomasse	2,7	%	
	S-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten S in Biomasse	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾
		Anteil Biomasse	-	%	⁴⁾
	Diclofenac				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten Diclofenac in Biomasse	-	%	⁴⁾
		Anteil Ablauf	50	%	⁶⁾
		Anteil Luft	0	%	⁶⁾
		Anteil Biomasse	50	%	⁶⁾
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe					
	Material 1	Schilf	5	plants/m ²	²⁾
	Material 2	Variante 1: Polyethylen	85	kg/EW	⁷⁾
	Material 3	Variante 2: Stahlbeton	1875	kg/EW	
	Material 4	Edelstahl	0,1	kg/EW	
	Material 5	Füll.	0,416	m ³ /EW	
	Material 6	PE	39	kg/EW	
	Material 7	PVC	6,9	kg/EW	
	Material 8	Sand und Kies	0,585	m ³ /EW	
Energieeinsatz	Energie 1	Bohrung	1,6	kWh/EW*a	³⁾
Direkte Emissionen	CH ₄		0	kg/(EW*a)	⁴⁾
	N ₂ O		0	kg/(EW*a)	⁴⁾
Kosten/Erlöse - LCC					
	Investitionskosten				
	Herstellungskosten	Variante 1: Polyethylen (7,5€/kg PE + 1500€ Technik)	534,38	€	⁷⁾
	Herstellungskosten	Variante 2: Stahlbeton (180€/t Beton + 1500€ Technik)	459,38	€	
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (150	695,00	€	
	Betriebskosten				
	Schlamm- sorgungskosten	40 m ³ zum Entsorgungspreis von 31€/m ³	31,00	€/m ³	
	Wartungskosten	halbjährliche Wartung à 90€	45,00	€/EW,a	
	Anfahrtskosten	Kosten für Anfahrten	90,00	€/km	
	Ausbaukosten	Ausbau+Entleerung 6,5m ³	675,38	€/EW	
	Erlöse		0	€/a	⁸⁾
	Abschreibungszeit		40	a	⁵⁾

Quellen, Kommentare, Annahmen

¹⁾ DWA (2017) – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.) (2010): Merkblatt DWA-A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2017

²⁾ Remy, C., & Ruhland, A. (2006). Ecological assessment of alternative sanitation Concepts with Life Cycle Assessment: Final report for subtask 5 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST). Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE)

³⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.

⁴⁾ keine Angaben vorhanden

⁵⁾ Berechnung

⁶⁾ Schätzung

⁷⁾ Lautenschläger, S., Laforet, L., Schimpke, J., & Holländer, R. (2016). Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen: Forschungsprojekt, gefördert unter dem Az: 30289 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Leipzig.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Bewachsener Bodenfilter (vertikal) - Abwasser
 Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wriege-Bechtold (TUB)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	
Verfahrensname		Bewachsener Bodenfilter (vertikal)				
Kurzname		PKA				
Verfahrensbeschreibung		oben über ein Verteilersystem auf der Oberfläche dosiert. Das Wasser durchfließt den Bodenfilter vertikal. Diese Technologie ist verhältnismäßig umnauwendig. Vertikale PKA sind nicht in der Lage zu nitrifizieren. Sie können aber geeignete Technologien im Behandlungsprozess für Abwasser mit hohen Ammoniumkonzentrationen sein.				
Kapazität			20	g CSB/(m ² *d)	¹⁾	
Lebensdauer			40	Jahr	²⁾	
Dimension bzw. Platzbedarf			4	m ² /EW	¹⁾	
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Abwasser				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		92	%	³⁾	
	GesN		47	%		
	P ges		55	%		
	K ges		2,7	%		
	S ges		-	%	⁴⁾	
	Diclofenac		-	%	⁴⁾	
Bilanzen	CSB-Bilanz					
		Anteil an entfernten CSB in Biomasse	16	%	⁵⁾	
	Inputmenge	Anteil Ablauf	8,5	%	³⁾	
		Anteil Luft	77	%		
		Anteil Biomasse	15	%		
		N-Bilanz				
		Anteil an entfernten N in Biomasse	33	%	⁵⁾	
	Inputmenge	Anteil Ablauf	53,4	%	³⁾	
		Anteil Luft	31,4	%		
		Anteil Biomasse	15,2	%		
		P-Bilanz				
		Anteil an entfernten P in Biomasse	100	%	⁵⁾	
	Inputmenge	Anteil Ablauf	45,0	%	³⁾	
		Anteil Luft	0,0	%		
		Anteil Biomasse	55,0	%		
		K-Bilanz				
		Anteil an entfernten K in Biomasse	100	%	⁵⁾	
	Inputmenge	Anteil Ablauf	97,3	%	³⁾	
		Anteil Luft	0,0	%		
		Anteil Biomasse	2,7	%		
		S-Bilanz				
		Anteil an entfernten S in Biomasse	-	%	⁴⁾	
	Inputmenge	Anteil Ablauf	-	%	⁴⁾	
		Anteil Luft	-	%	⁴⁾	
	Anteil Biomasse	-	%	⁴⁾		
	Diclofenac					
	Anteil an entfernten Diclofenac in Biomasse	-	%	⁴⁾		
	bezogen auf Inputmenge	Anteil Ablauf	50	%	⁵⁾	
		Anteil Luft	0	%	⁵⁾	
		Anteil Biomasse	50	%	⁵⁾	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Schiff	5	plants/m ²	²⁾	
	Material 2	Variante 1: Polyethylen	85	kg/EW	⁷⁾	
	Material 3	Variante 2: Stahlbeton	1875	kg/EW		
	Material 4	Edestahl	0,1	kg/EW		
	Material 5	Flt.	0,418	m ³ /EW		
	Material 6	PE	39	kg/EW		
	Material 7	PVC	6,9	kg/EW		
	Material 8	Sand und Kies	0,585	m ³ /EW		
Energieeinsatz	Energie 1	Bohrung	1,6	kWh/EW*a	³⁾	
Direkte Emissionen	CH4		0	kg/(EW*a)	⁴⁾	
	N2O		0	kg/(EW*a)	⁴⁾	
	CO2		0	kg/(EW*a)	⁴⁾	
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten					
	Herstellungskosten	Variante 1: Polyethylen (7,5€/kg PE + 1500€ Technik)	534,38	€	⁷⁾	
	Herstellungskosten	Variante 2: Stahlbeton (180€/t Beton + 1500€ Technik)	459,38	€		
	Planungs- und Einbaukosten	Wasserrechtliche Erlaubnis (112€ für 10 Jahre); Lieferung (500€); Einbau (150	695,00	€		
	Betriebskosten					
	Schlamm- sorgungskosten	40 m ³ zum Entsorgungspreis von 31€/m ³	31,00	€/m ³		
	Wartungskosten	halbjährliche Wartung à 90€	45,00	€/EW.a		
	Anfahrtskosten	Kosten für Anfahrten	90,00	€/km		
	Ausbaukosten	Ausbau+Entfernung 6,5m ³	675,38	€/EW		
	Erlöse		0	€/a	⁶⁾	
	Abschreibungszeit		40	a	⁶⁾	

Quellen, Kommentare, Annahmen

- ¹⁾ DWA (2017) – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.) (2010): Merkblatt DWA-A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers, Henner: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und
- ²⁾ Remy, C., & Ruhland, A. (2006). Ecological assessment of alternative sanitation Concepts with Life Cycle Assessment: Final report for subtask 5 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST), Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE
- ³⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ⁴⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁵⁾ Berechnung
- ⁶⁾ Schätzung
- ⁷⁾ Lautenschläger, S., Laforet, L., Schimpke, J., & Holländer, R. (2016). Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen: Forschungsprojekt, gefördert unter dem Az: 30289 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Leipzig.

Daten-Steckbrief Verfahrensblock (allgemeingültig)
 Verfasser des Steckbriefes: Wißmann (BCE)

Komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Kurzname		Abwasserpumpstation				
Verfahrensbeschreibung	Pumpen	<p>Pumpen sind Einrichtungen zur Förderung von Flüssigkeiten von einem Zustand niederen auf einen solchen höheren statischen Druckes. Dieser Druck kann auf unterschiedliche Art erzeugt werden. Bei Kreiselpumpen wird mechanische Arbeit auf das Fördermittel übertragen mit Hilfe eines Schaufelrades, Steckbrief bezieht sich auf nass-aufgestellte Kreiselpumpe, da diese am häufigsten im Abwasserbereich eingesetzt wird, Kreiselpumpen zeichnen sich durch kleine Abmessungen und geringen Platzbedarf aus.</p>			<p>Fuchslocher, E. A. (2013): Die Pumpen: Arbeitsweise, Berechnung, Konstruktion, Für Studierende des Maschinenbaus, 9. Auflage, Online im Internet: https://books.google.de/books?id=f_BBBwAAQBAJ&pg=PA188&dq=kreiselpump&hl=de&sa=X&ved=0ahUKEwW1Kw9frtAHUWR0kHZ4UAXQO6AElQzAFv#onepage&q=kreiselpumpe&f=false</p> <p>DWA-A 113 (2016): Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserdrucksystemen, Entwurf.</p>	
Verfahrensbeschreibung kurz	Pumpstation	<p>Pump- und Hebewerke dienen der Anhebung des Energieniveaus des Abflusses in der Kanalisation bei nicht ausreichenden Gefälleverhältnissen oder zur Überwindung von Höhendifferenzen. Sie können als Schmutz-, Misch- oder Regenwasserpumpwerke ausgebildet sein und kommen u. a. bei flachen Einzugsgebieten ohne ausreichendes natürliches Gefälle oder für die Entwässerung tiefliegender Teilbereiche zur Anwendung.</p> <p>Pumpe (hier: Kreiselpumpe) zur Beförderung von Abwasser inkl. Pumpstation.</p>			<p>Schmitt (2006): Kanalnetzrechnung. Simulationsmodelle, S. 79, In: Abwasserableitung - Bemessungsgrundlagen, Regenwasserbewirtschaftung, Fremdwasser, Netzsanierung, Grundstücksentwässerung, Entwickelt im Zuge des Weiterbildenden Studiums Wasser und Umwelt der Bauhaus-Universität Weimar in fachlicher Kooperation mit der DWA, ISBN: 3-89068-293-0, Universitätsverlag Weimar.</p> <p>Abschlussbericht (2013): Entwicklung von Sparmaßnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation, Aktenzeichen IV-7 - 042 600 003 D.</p>	
Icon						
Kapazität		Durchflussmenge bis	80	l/s		Steckbrief gültig für eine Fördermenge bis 80 l/s.
Lebensdauer	Pumpe		10	Jahre	Herstellerrangabe	Vorsichtige Annahme
	Pumpstation (Stahlbetonbehälter)		50	Jahre	Quelle: Mall Produktkatalog (Hersteller)	Mall Hersteller
Dimension bzw. Platzbedarf	Pumpstation		16	m²		Beispiel für Pumpenschacht in Nassaufstellung Grobe Annahme - unsichere Daten!
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Grauwasser				Menge und Stoffstrom ergibt sich aus Zulauf (EW aus Siedlungsblock).
	Stoffstrom 3	Schwarzwasser				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				Input = Output
	Stoffstrom 2	Grauwasser				
	Stoffstrom 3	Schwarzwasser				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	Keine	Reinigungsleistung				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
Material Pumpwerk		Tiefe	4	m		
		Innendurchmesser	3	m	MLUR (2003): Abwasserentsorgung in Brandenburg - Aufwände für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung - Orientierungswerte Jahr 2003, S. 22 Produktkatalog Mall	Berechnung basiert auf Dicke der Betonwände und deren Dichte sowie Stahlanteil, angenommene Werte: Tiefe von 4 m, Innendurchmesser von 3 m (rund), Daten (Tiefe vs. Durchmesser & Wanddicke) aus verschiedenen Quellen.
		Wanddicke	0,15	m		
		Obere/Untere Abdeckung	5,132457	m²		
		Wandvolumen	5,93838	m³		
		Gesamt	11,070837	m³		
		Beton	*Dichte Beton (= 2400 kg/m³)	26570,0088	kg	ESAT
		Stahl	Stahl (Verstärkung ~ 170 kg/m³)	1882,04229	kg	
Material Pumpe	Hauptsächliches Material ist Grauguss	Leistungsbedarf in KW				Siehe Regressionsgleichung
	DN 65		1,8	49	kg	
			2,7	49,5	kg	
			4,20	53	kg	
			5,60	55	kg	
	DN 80		2,20	47	kg	
			2,80	47	kg	
			4,20	51	kg	
			5,50	73	kg	
			6,39	109	kg	
			8,25	113	kg	
			10,00	136	kg	
	DN 100		1,80	49	kg	
			2,40	49	kg	
			2,80	49	kg	
			4,00	53	kg	
			5,30	81	kg	
			6,30	113	kg	
			8,25	117	kg	
			12,95	139	kg	
	DN 150		5,80	125	kg	
			7,20	131	kg	
			9,50	149	kg	
			15,00	268	kg	
			19,30	288	kg	
			25,50	308	kg	
	DN 200		19,30	295	kg	
			25,50	315	kg	
Energieeinsatz						
					Berechneter Wert.	
					Abschlussbericht (2013): Entwicklung von Sparmaßnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation, Aktenzeichen IV-7 - 042 600 003 D.	Ergibt sich aus der Berechnung rechts - Leistungsbedarf der Pumpe inkl. Verluste (Motor, Pumpe), abhängig von Förderhöhe, Leitungslänge, DN des Rohres (Minimum benötigte Eingabewerte vom Nutzer)
	Energie 1	Berechneter Wert auf Basis fiktiver Eingabewerte in Berechnungstabelle rechts	0	kWh/a		Zur Überprüfung: laut einer Studie liegt der durchschnittliche Energiebedarf für Pumpstationen zwischen 1,7 kWh pro EW und Jahr und 10,7 kWh pro EW und Jahr. -> liegt hier dazwischen.
Direkte Emissionen						Keine Quelle zu direkten Emissionen gefunden

Investitionskosten		Kosten gesamt in €			
Pumpwerk (2 Pumpen - Regelfall)	Siehe Regressionskurven rechts				
Förderhöhe 45 m	Fördermenge 6 l/s	33000	1716,0	€/a	
	Fördermenge 8 l/s	36500	1989,0	€/a	
	Fördermenge 10 l/s	39500	2054,0	€/a	
	Fördermenge 12 l/s	42000	2184,0	€/a	
	Fördermenge 14 l/s	43500	2262,0	€/a	
	Fördermenge 16 l/s	45250	2353,0	€/a	
	Fördermenge 18 l/s	46500	2418,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	48000	2496,0	€/a	
Förderhöhe 30 m	Fördermenge 6 l/s	26500	1378,0	€/a	
	Fördermenge 8 l/s	30000	1560,0	€/a	
	Fördermenge 10 l/s	33750	1755,0	€/a	
	Fördermenge 12 l/s	35000	1820,0	€/a	
	Fördermenge 14 l/s	36750	1911,0	€/a	
	Fördermenge 16 l/s	38250	1989,0	€/a	
	Fördermenge 18 l/s	39750	2067,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	41000	2132,0	€/a	
Förderhöhe 20 m	Fördermenge 6 l/s	20500	1066,0	€/a	
	Fördermenge 8 l/s	27500	1430,0	€/a	
	Fördermenge 10 l/s	30000	1716,0	€/a	
	Fördermenge 12 l/s	37000	1924,0	€/a	
	Fördermenge 14 l/s	41000	2132,0	€/a	
	Fördermenge 16 l/s	44500	2314,0	€/a	
	Fördermenge 18 l/s	47500	2470,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	50500	2626,0	€/a	
Förderhöhe 15 m	Fördermenge 10 l/s	17500	910,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	23500	1222,0	€/a	
	Fördermenge 30 l/s	28500	1482,0	€/a	
	Fördermenge 40 l/s	31500	1638,0	€/a	
	Fördermenge 50 l/s	35000	1820,0	€/a	
	Fördermenge 60 l/s	37500	1950,0	€/a	
	Fördermenge 70 l/s	40500	2106,0	€/a	
	Fördermenge 80 l/s	42500	2210,0	€/a	
Förderhöhe 10 m	Fördermenge 10 l/s	15000	780,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	20500	1066,0	€/a	
	Fördermenge 30 l/s	24500	1274,0	€/a	
	Fördermenge 40 l/s	27500	1430,0	€/a	
	Fördermenge 50 l/s	30500	1586,0	€/a	
	Fördermenge 60 l/s	33000	1716,0	€/a	
	Fördermenge 70 l/s	35500	1846,0	€/a	
	Fördermenge 80 l/s	37500	1950,0	€/a	
Pumpwerk (1 Pumpe)					
Förderhöhe 45 m	Fördermenge 6 l/s	26400	950,4	€/a	
	Fördermenge 8 l/s	29200	1051,2	€/a	
	Fördermenge 10 l/s	31800	1137,6	€/a	
	Fördermenge 12 l/s	33800	1203,6	€/a	
	Fördermenge 14 l/s	34800	1252,8	€/a	
	Fördermenge 16 l/s	36200	1303,2	€/a	
	Fördermenge 18 l/s	37200	1339,2	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	38400	1382,4	€/a	
Förderhöhe 30 m	Fördermenge 6 l/s	21200	763,2	€/a	
	Fördermenge 8 l/s	24000	864,0	€/a	
	Fördermenge 10 l/s	27000	972,0	€/a	
	Fördermenge 12 l/s	28000	1008,0	€/a	
	Fördermenge 14 l/s	29400	1058,4	€/a	
	Fördermenge 16 l/s	30600	1101,6	€/a	
	Fördermenge 18 l/s	31800	1144,8	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	32800	1180,8	€/a	
Förderhöhe 20 m	Fördermenge 10 l/s	16400	590,4	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	22000	792,0	€/a	
	Fördermenge 30 l/s	26400	950,4	€/a	
	Fördermenge 40 l/s	29600	1065,6	€/a	
	Fördermenge 50 l/s	32800	1180,8	€/a	
	Fördermenge 60 l/s	35600	1281,6	€/a	
	Fördermenge 70 l/s	38000	1368,0	€/a	
	Fördermenge 80 l/s	40400	1454,4	€/a	
Förderhöhe 15 m	Fördermenge 10 l/s	14000	504,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	18800	676,8	€/a	
	Fördermenge 30 l/s	22800	820,8	€/a	
	Fördermenge 40 l/s	25200	907,2	€/a	
	Fördermenge 50 l/s	28000	1008,0	€/a	
	Fördermenge 60 l/s	30000	1080,0	€/a	
	Fördermenge 70 l/s	32400	1166,4	€/a	
	Fördermenge 80 l/s	34000	1224,0	€/a	
Förderhöhe 10 m	Fördermenge 10 l/s	12000	432,0	€/a	
	Fördermenge 20 l/s	16400	590,4	€/a	
	Fördermenge 30 l/s	19600	705,6	€/a	
	Fördermenge 40 l/s	22000	792,0	€/a	
	Fördermenge 50 l/s	24400	878,4	€/a	
	Fördermenge 60 l/s	26400	950,4	€/a	
	Fördermenge 70 l/s	28400	1022,4	€/a	
	Fördermenge 80 l/s	30000	1080,0	€/a	
Betriebskosten	Energie	Energieverbrauch (*0,13 €/kWh)	0	€/a	Errechnet sich in SampSONS aus Energieverbrauch und Stromkosten
	Wartung und Instandhaltung der einzelnen Pumpen	kleine Pumpstationen (< 20 l/s)	1204,5	€/a	Aufwendungen für jährliche Wartung und Instandhaltung der einzelnen Pumpen, abhängig von der Größe der eingesetzten Pumpen, jeweils oberer Wert angenommen. Nach Rücksprache mit Pumpenhersteller die Wartungskosten um 50 % heraufgesetzt im Gegensatz zum Wert in der Literatur. In der Quelle Kosten von Pumpen 20 bis 50 l/s bis 1338 €/a, Kosten von Pumpen ab 100 l/s ab 1338 €/a, daher auf Kosten von 20 bis 100 l/s erweitert.
		Pumpen zwischen 20 bis 100 l/s	2007	€/a	
		Pumpen zwischen 100 bis 500 l/s	3211,5	€/a	
	Erlöse	Keine Erlöse			
<p>Kommentare, Annahmen, etc.: Nicht berücksichtigt ist das Zusammenspiel von An- und Ausschalten der Pumpe in Abhängigkeit vom Füllstand des Pumpenschachtes. Damit zusammen hängt auch die Frage der Dimensionierung des Pumpenschachtes und des Pumpwerkes insgesamt. Hier Annahme, dass Pumpe die durchschnittlich ankommende Menge Abwasser kontinuierlich über den ganzen Tag fördert - d.h. Spitzenlasten und deren Speicherung werden vernachlässigt. Pumpenauslegung ist stark vereinfacht und erlaubt lediglich eine grobe Abschätzung. Die hier ermittelten Werte ersetzen nicht die Auslegung eines Fachmannes für einen spezifischen Anwendungsfall.</p> <p>Abgrenzung zur Druckleitung beachten. Dabei handelt es sich um einen separaten Steckbrief. Bei Anschluss an die Druckleitung muss darauf geachtet werden, dass dieselben DN-Werten verwendet werden.</p> <p>Auslegung der Pumpe wird anhand der mittleren Füllgeschwindigkeit geprüft. Diese sollte min. 0,7 m/s, max. 2,3 m/s betragen (DIN EN 12056-4).</p> <p>Hilfe zur Eingabe der Werte in SampSONS: Derzeit berechnet sich die tatsächliche Leistungsaufnahme (kw_real) aus den eingegebenen Werten. Nach der Simulation kann diese unter dem Eintrag "kw_real, energy consumption of pump" abgelesen werden. Im Anschluss daran muss dieser Wert - leicht aufgerundet - bei der geplanten Leistungsaufnahme eingegeben werden. Daraus berechnet sich dann z.B. die Menge des für die Pumpe benötigten Materials (Graguss), Anschließend ist die Simulation erneut durchzuführen.</p> <p>Anm. dazu: in der derzeitigen Version ist es notwendig, sich mit dieser Vorgehensweise zu behelfen. In der weiteren Entwicklung soll dieser Schritt nicht mehr notwendig sein, der Wert der geplanten Leistungsaufnahme wird dann automatisch berechnet und eingetragen.</p> <p>Die Werte - insbesondere Kostenwerte - gelten für eine maximale Förderrate von 80 l/s. Sollen größere Mengen gepumpt werden, ist dies gemäß der Leistungsberechnung durchaus möglich. Allerdings sind dann die Werte für die Materialien der Pumpstation sowie die Kosten für Pumpe und Pumpstation nur noch sehr eingeschränkt gültig und müssen gegebenenfalls durch eigene Werte ersetzt werden.</p>					

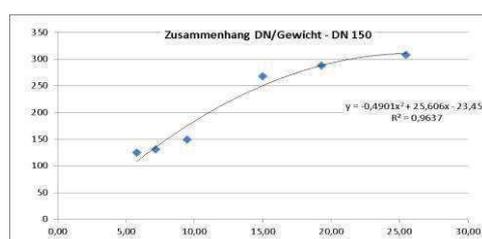
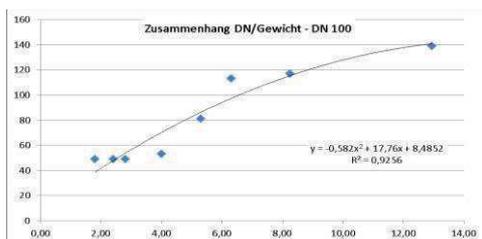
MLUR (2003): Abwasserentsorgung in Brandenburg - Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung - Orientierungswerte Jahr 2003, S. 22f.

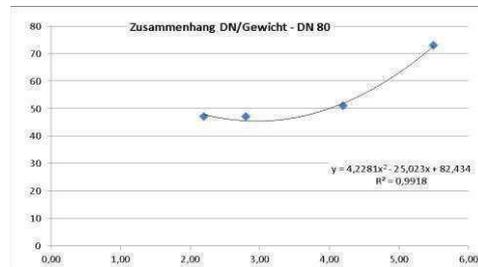
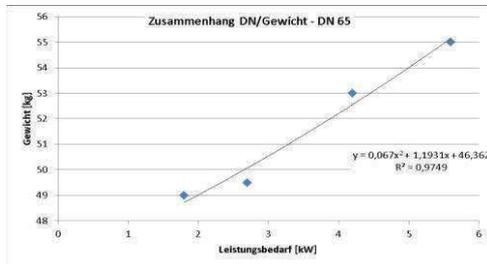
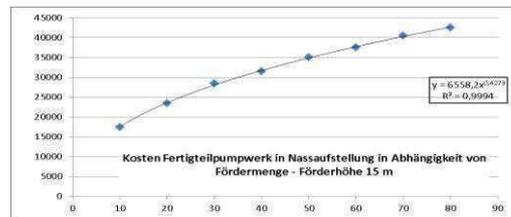
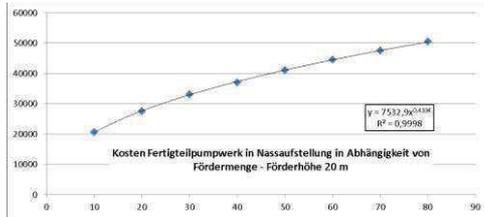
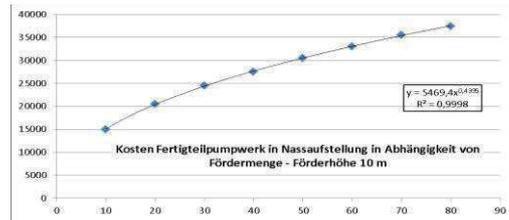
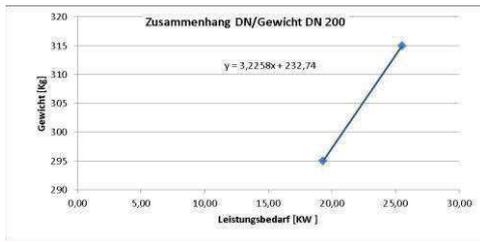
Kosten für Fertigteilpumpwerk in Naussaufstellung in Abhängigkeit von Fördermenge/Förderhöhe Pumpwerke inklusive Aufwendungen für Bau und Ausrüstung, für notwendiges Zubehör und Elektroanschlüsse. **Kosten für Pumpwerke mit 2 Pumpen und entsprechenden max. 4m tiefen Pumpenschacht, Die 2. Pumpe dient als Reservepumpe. Entspricht dem Regelfall, min. eine Reservepumpe zu haben.**
Kosten für Pumpwerke mit nur einer Pumpe liegen in der Regel ca. 15 - 20 % unter diesen Kosten. Gilt bis 80 l/s Förderleistung.

Kosten für Pumpwerke inklusive Aufwendungen für Bau und Ausrüstung, für notwendiges Zubehör und Elektroanschlüsse. **Kosten für Pumpwerke mit 1 Pumpe**

Ermittlung Leistungsbedarf Kreiselpumpe (Gelb hinterlegt sind die Werte, die vom Nutzer eingegeben werden müssen, Beispielfhaft sind bereits Werte eingefügt).					
Abkürzung	Wert	Einheit	Erläuterung	Quellen (vollständig)	Bemerkung
P	9,87	kW		ung 1 W = 1 der (1996), Kapitel 13,45,	
p	1000	kg/m³	ρ = Dichte [kg/m³]	KSB (2005), S. 11, 5.	Annahme basiert auf Wasser
g	9,81	m/s²	Fallbeschleunigung		Fester Wert
Q	0,013	m³/s	Durchfluss / Förderstrom	Schneider (1996), Kapitel 13,69.	Eingabewert
H	32	m	Förderhöhe Gesamtwirkungsgrad		Berechnet sich aus Geodätischer Höhe und Höhenverlusten.
η	0,4123				
ηP	0,50		Pumpe ~ 0,6 - 0,8 bzw Kreiselpumpe = 0,3	der (1996); , Kapitel	
ηK	0,97		Kuppelung ~ 0,97 - 0,99		
ηM	0,85		Motor ~ 0,85		
v	1,655214	m/s	mittlere Fließgeschwindigkeit (min, 0,7 m/s, max, 2,3 m/s DIN EN 12056-4)	DWA-A 113 (2016), S. 71.	Formel: $v = 4 \cdot Q / (\pi \cdot d^2)$
Hgeo	10	m	Geodätische Höhe		Eingabewert
h _v	21,90	m	Verlusthöhe	DWA-A 113 (2016)	Reibungsverlust nach Darcy-Weisbach, Annahme: gerades Rohr ohne Einbauten
λ	0,0157		Rohrreibungskoeffizient/Widerstandskoeffizient		Berechneter Wert
l	1000	m	Leitungslänge		Eingabewert
d	0,1	m	Innendurchmesser in m		Berechneter Wert
d	100	mm	Innendurchmesser in mm		Eingabewert
kb	0,00025	m	betriebl. Rauigkeit der Rohrinne wand	DWA-A 110 (2006), Jung Pumpen, S. 10.	Kann zwischen 0,1 mm und mehreren Millimetern betragen, wenn keine konkreten Vorgaben standardmäßig kb = 0,25 mm
v	0,000001	m²/s	kinematische Viskosität	Schneider (1996), Kapitel 13,4.	Annahme Wasser, T = 20°C = 1,0·10⁻⁶, für T=10°C=1,3·10⁻⁶
d/k	400	m	relative Rauigkeit der Rohrinne wand		
Re	165521,14		Reynoldszahl	Schneider (1996), Kapitel 13,11.	
Re ≤ 2300	λ = 64/Re		Laminare Strömung		
Re > 2300	1/λ = -2·lg((k/d)/3,71)		Turbulente Strömung - Näherungsformel 1		
Re > 2300	0,3164/(Re ^{0,25})		Turbulente Strömung - Näherungsformel 2	Maschinenbau-Wissen.de, Link: http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/hydraulik/198-rohrreibung	
λ (laminar)	0,000386658				
(k/d)/3,71	0,000673854				
log10((k/d)/3,71)	-3,171433901				
1/λ	6,342867802				
λ (turbulent)	0,024855853		Näherungsformel 1		
λ (turbulent)	0,015686394		Näherungsformel 2	Maschinenbau-Wissen.de, Link: http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/hydraulik/198-rohrreibung	Nach Tests mit Experten auf Näherungsformel 2 geeinigt, da Werte näher an den mit iterativen Verfahren ermittelten, Dennoch sind die ermittelten Werte nur eine grobe Schätzung.

Angaben basieren auf folgenden Quellen:
 Schneider (1996): Bautabellen für Ingenieure mit europäischen und nationalen Vorschriften, 12. Auflage, ISBN: 3-9041-3468-8, Werner-Verlag, Düsseldorf,
 KSB (2005): Auslegung von Kreiselpumpen, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage, ISBN 3-00-004734-4, Link: <https://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/companyfiles/11257.pdf>,
 DWA-A 113 (2016): Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserdrucksystemen, Entwurf,
 Jung Pumpen: Berechnung von Hebeanlagen und Pumpstationen, Link: https://www.jung-pumpen.de/fileadmin/templates/download/prospekte/allgemeine-informationen/Gelbe_Seiten.pdf
 KSB Kreiselpumpenlexikon, Link: <https://www.ksb.com/kreiselpumpenlexikon/821488/action/lexicon?l=d>





Daten-Steckbrief Verfahrensblok (allgemeingültig)

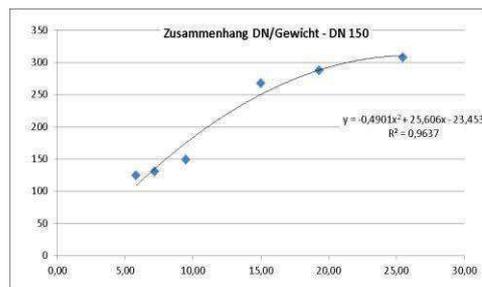
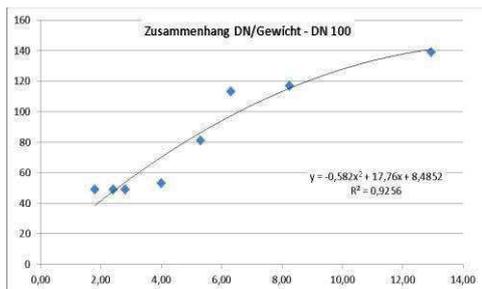
Verfasser des Steckbriefes: Wißmann (BCE)

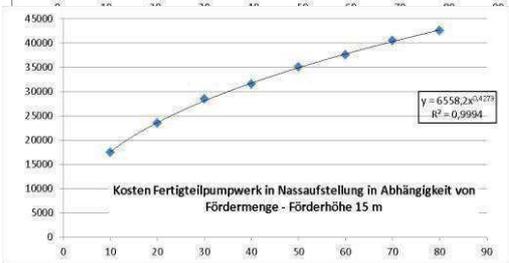
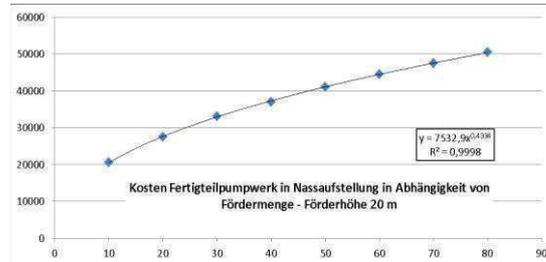
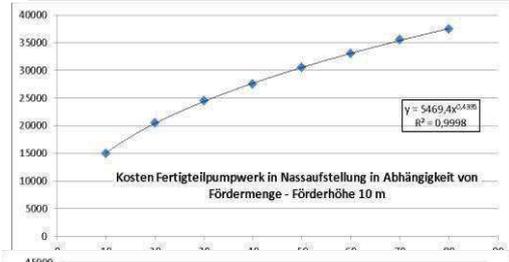
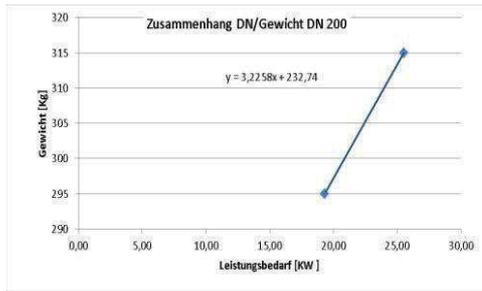
Komponent	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Thema		Abwasserpumpstation				
Kurzname		-				
Verfahrensbeschreibung	Pumpen	<p>Pumpen sind Einrichtungen zur Förderung von Flüssigkeiten von einem Zustand niedrigeren auf einen solchen höheren statischen Druckes. Dieser Druck kann auf unterschiedliche Art erzeugt werden. Bei Kreiselpumpen wird mechanische Arbeit auf das Fördermittel übertragen mit Hilfe eines Schaufelrades. Steckbrief bezieht sich auf nass-aufgestellte Kreiselpumpe, da diese am häufigsten im Abwasserbereich eingesetzt wird. Kreiselpumpen zeichnen sich durch kleine Abmessungen und geringen Platzbedarf aus.</p>			<p>Fuchslocher, E. A. (2013): Die Pumpen: Arbeitsweise, Berechnung, Konstruktion, Für Studierende des Maschinenbaus, 9. Auflage, Online im Internet: https://books.google.de/books?id=_BBBwAAQBAJ&pg=PA188&dq=kreiselpumpe&hl=de&sa=X&ved=0ahUKEwW1KW9lfnTAhUJWRoKHZ4UAXQCGAEI0ZAFv=onepage&q=kreiselpumpe&f=false</p> <p>DWA-A 113 (2016): Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserdrucksystemen, Entwurf.</p>	
Verfahrensbeschreibung kurz	Pumpstation	<p>Pump- und Hebewerke dienen der Anhebung des Energieniveaus des Abflusses in der Kanalisation bei nicht ausreichenden Gefälleverhältnissen oder zur Überwindung von Höhendifferenzen. Sie können als Schmutz-, Misch- oder Regenwasserpumpwerke ausgebildet sein und kommen u. a. bei flachen Einzugsgebieten ohne ausreichendes natürliches Gefälle oder für die Entwässerung tiefliegender Teilbereiche zur Anwendung.</p>			<p>Schmitt (2006): Kanalnetzrechnung, Simulationsmodelle, S. 79. In: Abwasserableitung - Bemessungsgrundlagen, Regenwasserbewirtschaftung, Fremdwasser, Netzsanierung, Grundstücksentwässerung, Entwickelt im Zuge des Weiterbildenden Studiums Wasser und Umwelt der Bauhaus-Universität Weimar in fachlicher Kooperation mit der DWA, ISBN: 3-86068-283-0, Universitätsverlag Weimar.</p> <p>Abschlussbericht (2013): Entwicklung von Sparsmaßnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation, Aktenzeichen IV-7 - 042 600 003 D.</p>	
Icon						
Kapazität		Durchfl.	16,666667	l/s		Steckbrief gültig für eine Fördermenge bis 80 l/s.
Lebensdauer	Pumpe		1,66666667	Jahre	Herstellerngebe	Vorsichtige Annahme
	Pumpstation (Stahlbetonbehälter)		-13,333333	Jahre		
Dimension bzw. Platzbedarf	Pumpstation		16	m ¹³¹	Quelle: Mall Produktkatalog (Hersteller)	Mall Hersteller Beispiel für Pumpenschacht in Nassaufstellung Grobe Annahme - unsichere Daten!
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Grauwasser				Menge und Stoffstrom ergibt sich aus Zulauf (EW aus Siedlungsblock),
	Stoffstrom 3	Schwarzwasser				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				Input = Output
	Stoffstrom 2	Grauwasser				
	Stoffstrom 3	Schwarzwasser				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	Keine					
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Reinigungsleistung					
Material Pumpwerk	Tiefe		-1,4666667	m	MLUR (2003): Abwasserentsorgung in Brandenburg - Aufwand für die Abwasserableitung und	Berechnung basiert auf Dicke der Betonwände und deren Dichte sowie Stahlanteil ansonsternomene Werte
	Innendurchmesser		-3,3916667	m		
	Wanddicke		-5,3166667	m		

		Pumpen zwischen 20 bis 100 l/s	2007	€/a	In der Quelle Kosten von Pumpen 20 bis 50 l/s bis 1338 €/a, Kosten von Pumpen ab 100 l/s ab 1338 €/a, daher auf Kosten von 20 bis 100 l/s erweitert.
		Pumpen zwischen 100 bis 500 l/s	3211,5	€/a	
Kommentare, Annahmen, etc.:		Erlöse	Keine Erlöse		

Ermittlung Leistungsbedarf Kreiselpumpe (Gelb hinterlegt sind die Werte, die vom Nutzer eingegeben werden müssen, Beispielhaft sind bereits Werte eingefügt).					
Abkürzung	Wert	Einheit	Erläuterung	Quellen (vollständig)	Bemerkung
P	293935355045488000,00	KW	Pumpenleistung 1 W = 1 kg/m³/s 132	der (1996), Kapitel 13,45.	
p	-663,3793333	kg/m³	ρ = Dichte	KSB (2005), S. 11, 5.	Annahme basiert auf Wasser
g	-1163,372833	m/s	Fallbeschleunigung		Fester Wert
Q	-1663,366333	m³/s	Durchfluss / Förderstrom	Schneider (1996), Kapitel 13,89.	Eingabewert
H	-492015667273	m	Förderhöhe		Berechnet sich aus Geodätischer Höhe und Höhenverlusten.
η	2,1486		Gesamtwirkungsgrad		
ηP	1,12		Pumpe = 0,6 - 0,8 bzw Kreiselpumpe = 0,4	der (1996), Kapitel	
ηK	1,298333333		Kippung = 0,97 - 0,100		
ηM	1,473333333		Motor = 0,85		
v	-476520,5637822	m/s	mittlere Fließgeschwindigkeit (min, 0,7 m/s, max, 2,3 m/s DIN EN 12056-4)	DWA-A 113 (2016), S. 71.	Formel: $v = 4 \cdot Q / (\pi \cdot d^2)$
Hgeo	-11	m	Geodätische Höhe		Eingabewert
h _v	-492015667283,93	m	Verlusthöhe	DWA-A 113 (2016)	Reibungsverlust nach Darcy-Weisbach, Annahme: gerades Rohr ohne Einbauten
λ	-0,3358		Rohrreibungskoeffizient		Berechneter Wert
l	1001	m	Leitungslänge		Eingabewert
d	-0,06666582	m	Innendurchmesser in m		Berechneter Wert
d	-66,666582	mm	Innendurchmesser in mm		Eingabewert
kb	-116,6665815	m	betriebl. Rauigkeit der Rohrinne	DWA-A 110 (2006), Jung Pumpen, S. 10.	Kann zwischen 0,1 mm und mehreren Millimetern betragen, wenn keine konkreten Vorgaben standardmäßig kb = 0,25 mm
v	-166,666581	m³/s	kinematische Viskosität	Schneider (1996), Kapitel 13,4.	Annahme Wasser, T = 20°C = 1,0·10⁻⁶, für T=10°C=1,3·10⁻⁷
d/k	0,000571428	m	relative Rauigkeit der Rohrinne		
Re	-190,81		Reynoldszahl	Schneider (1996), Kapitel 13,11.	
Re ≤ 2301	λ = 64/Re		Laminare Strömung		
Re > 2300	1/λ = -2 * lg ((k/d) / 3,71)		Turbulente Strömung - Näherungsformel 3		
Re > 2300	0,3164 / (Re^0,25)		Turbulente Strömung - Näherungsformel 4	Maschinenbau-Wissen.de, Link: http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/hydraulik/198-rohrreibung	Nach Tests mit Experten auf Näherungsformel 2 geeinigt, da Werte näher an den mit iterativen Verfahren ermittelten. Dennoch sind die ermittelten Werte nur eine grobe Schätzung.
λ (laminar)	-0,335767505				
(k/d)/3,72	471,6983679				
lg10((k/d)/3,71)	2,673664374				
1/λ	-5,347328747				
λ (turbulent)	0,034972464		Näherungsformel 3		
λ (turbulent)	#ZAHL!		Näherungsformel 4		

Angaben basieren auf folgenden Quellen:
 Schneider (1996): Bauteillisten für Ingenieure mit europäischen und nationalen Vorschriften, 12. Auflage, ISBN: 3-8041-3468-8, Warner-Verlag, Düsseldorf.
 KSB (2005): Auslegung von Kreiselpumpen, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage, ISBN 3-00-004734-4, Link: <https://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/companyfiles/11257.pdf>.
 DWA-A 113 (2016): Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserdrucksystemen, Entwurf.
 Jung Pumpen: Berechnung von Hebeanlagen und Pumpstationen, Link: https://www.jung-pumpen.de/fileadmin/templates/download/prospekte/allgemeine-informationen/Gelbe_Seiten.pdf
 KSB Kreiselpumpenlexikon, Link: <https://www.ksb.com/kreiselpumpenlexikon/821488/action/lexikon?l=rd>.

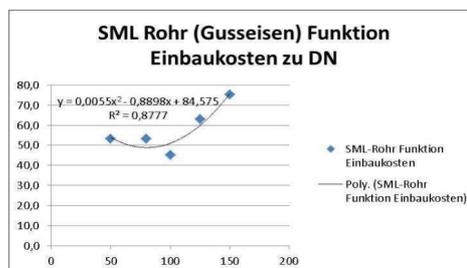
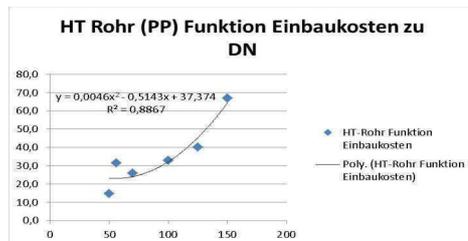
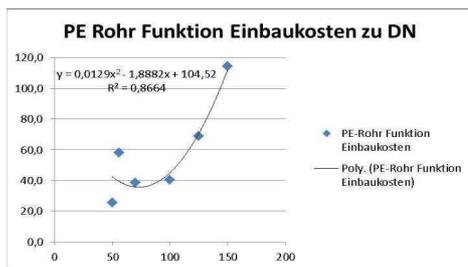
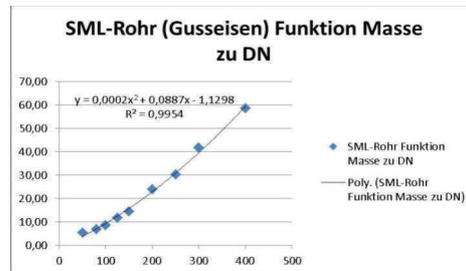
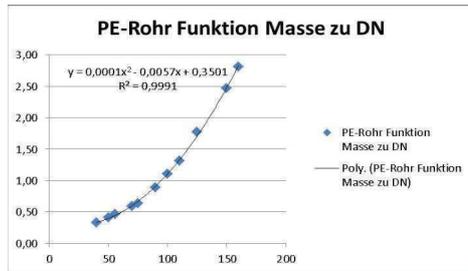
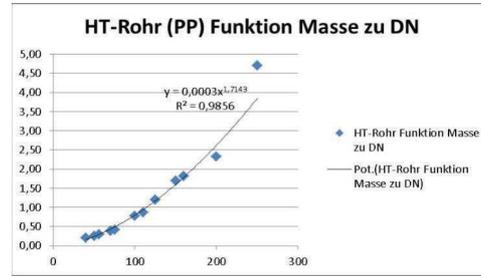
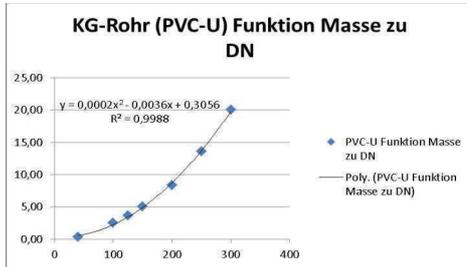


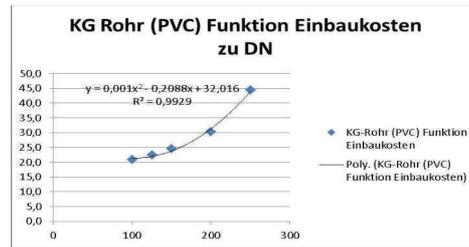
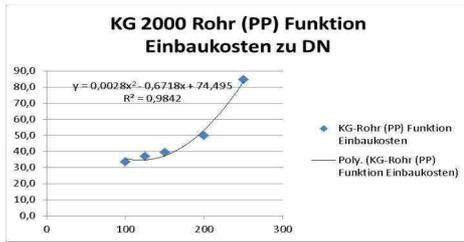


Daten-Steckbrief Verfahrensblock Rohre von Haus bis Kanal
 Verfasser des Steckbriefes: Schulz (BCE)

komplett							
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar	
Verfahrensname		Rohre				Rohre bis zum Kanal	
Kurzname		KG-Rohr; HT-Rohr, PE-Rohr, SML-Rohr					
Verfahrensbeschreibung KG-Rohr		Das KG-Rohr (Kanalgrundrohr) besteht aus PVC-U (Polyvinylchlorid hart). Dieses orangebraunfarbene Rohr wird im Erdreich von der Hausinstallation bis zum öffentlichen Kanalisationsanschluss eingesetzt. KG-Rohre (PVC-U) sind hart, zäh, thermoplastisch. Wenn es der UV-Strahlung des Tageslichts ausgesetzt wird, härtet es aus und wird stoßempfindlich und zerbricht leicht. Die Rohre sind in allen gängigen Nennweiten (DN 70), DN 100 bis DN 500 mit Längen von 500 bis 5000 mm lieferbar.			Bosy, Bruno: Grundstücksentwässerungsanlage, Geschichte der Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Solartechnik. Link: http://www.bosy-online.de/Grundstueckentwaeserungsanlage.html		
Verfahrensbeschreibung HT-Rohr		Das HT-Rohr (Hochtemperaturrohr) besteht aus PP (Polypropylen). Dieses graue Rohr wird im Gebäude bis zur Bodenplatte bzw. Außenwand eingesetzt. Die HT-Rohre werden für die Abwasserleitungen in den Gebäuden eingesetzt. Sie sind in Nennweiten von DN 32 bis DN 160 und in Längen zwischen 150 und 5000 mm lieferbar.					
Verfahrensbeschreibung PE-Rohr		Das PE-Rohr besteht aus Polyethylen (HD). Dieses schwarze Rohr wird als Grundleitung und im Gebäude bis zur Bodenplatte bzw. Außenwand eingesetzt. Das PE-Rohr und PE-Formteile (Abmessungen von 40 bis 315 mm > DN 32 bis DN 300) sind als System für die Verlegung innerhalb von Gebäuden und für erdverlegte Leitungen zugelassen.					
Verfahrensbeschreibung Guss Abwasserleitg - SML Abflussrohr		Guss Abwasserleitg im Gebäude benötigen weniger Befestigungen als Kunststoffrohrsysteme (Kosten- und Zeitfaktor). Außen Grundanstrich gemäß DIN EN 877, in etwa RAL 3009 oxidrot. Innen hochgradig vollvernetzte Epoxid-Beschichtung (min. 120 µm Dicke). Material Rohr: Grauguss GG mit Lamellengraphit nach DIN EN 877 Beschichtungssystem beruht auf DIN EN 877 DN 50 - DN 300, teilweise auch DN 400 Herstellung: Düker SML Rohre werden auf der selbst entwickelten Schleudergussanlage im Heißkokillen-Schleudergussverfahren hergestellt.			Düker GmbH: SML Abflussrohrsystem von Düker. Link: https://www.dueker.de/abflusstechnik/produkte/sml.html .	HIER: Grundlage der folgenden Daten für Guss Abwasserleitg: SML Abflussrohrsystem von Düker für die Gebäudeentwässerung. Firma Düker	
Verfahrensbeschreibung kurz		Rohre für die Ableitung von Schmutzwasser von Haus bis Kanal. Zur Auswahl stehen: KG-Rohr (aus PVC-U), Einsatz im Erdreich von der Hausinstallation bis zum öffentlichen Kanalisationsanschluss; HT-Rohr (aus PP), im Gebäude bis zur Bodenplatte bzw. Außenwand; PE-Rohr (aus PE), Verlegung innerhalb von Gebäuden und erdverlegte Leitungen; Guss-Abwasserleitung im Gebäude/SML Abflussrohre.					
Icon							
Kapazität		n.a.					
Lebensdauer			135	Jahre	Environmental Sustainability Assessment Tool (ESAT); verfügbar unter https://waterportal.com.au/swf/projects/item/85-creation-of-an-environmental-sustainability-assessment-tool-esat		
Dimension bzw. Platzbedarf			0	m ²		unterirdisch bzw. im Gebäude	
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser					
	Stoffstrom 2						
	Energiestrom 1						
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser					
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz		n.a.					
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	PVC-U - DN 40	0,32	kg/m	KG-Rohre: Hausjournal: KG Rohr - diese Innendurchmesser gibt es. Link: http://www.hausjournal.net/kg-rohr-innendurchmesser HT-Rohre: Teckboerse.de, Link: http://www.techboerse.de/baun-renovieren/entwaeserung/ht-rohr-abflussrohre-sanitaer-rohre-kunststoff/ht-rohre-mit-steckmuffe bzw. Hausjournal: Auf den Rohrdurchmesser kommt es an. Link: http://www.hausjournal.net/rohr-durchmesser	Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 1,9mm	
	Material 2	PVC-U - DN 100	2,48	kg/m		Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 6mm	
	Material 4	PVC-U - DN 125	3,63	kg/m		Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 7mm	
	Material 5	PVC-U - DN 150	5,00	kg/m		Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 8mm	
	Material 7	PVC-U - DN 200	8,36	kg/m		Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 10mm	
	Material 8	PVC-U - DN 250	13,55	kg/m		Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 13mm	
	Material 9	PVC-U - DN 300	19,99	kg/m		Dichte PVC-U: 1400kg/m ³ ; Wandstärke 16mm	
	Material 10	PP - DN 40	0,20	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 1,8mm	
	Material 11	PP - DN 50	0,26	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 1,8mm	
	Material 12	PP - DN 56	0,29	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 1,8mm	
	Material 13	PP - DN 70	0,38	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 1,9mm	
	Material 14	PP - DN 75	0,41	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 1,9mm	
	Material 15	PP - DN 100	0,78	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 2,1mm	
	Material 16	PP - DN 110	0,86	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 2,1mm	
	Material 17	PP - DN 125	1,19	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 3,3mm	
	Material 18	PP - DN 150	1,69	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 3,9mm	
	Material 19	PP - DN 160	1,81	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 3,9mm	
	Material 20	PP - DN 200	2,33	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 5mm	
	Material 21	PP - DN 250	4,70	kg/m		Dichte PP: 946 kg/m ³ ; Wandstärke 6,5mm	
	Material 22	PE - DN 40	0,33	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3mm	
	Material 23	PE - DN 50	0,42	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3mm	
	Material 24	PE - DN 56	0,47	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3mm	
	Material 25	PE - DN 70	0,59	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3mm	
	Material 26	PE - DN 75	0,64	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3mm	
	Material 27	PE - DN 90	0,89	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3,5mm	
	Material 28	PE - DN 100	1,11	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 3,9mm	
	Material 29	PE - DN 110	1,31	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 4,2mm	
	Material 30	PE - DN 125	1,77	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 5mm	
	Material 31	PE - DN 150	2,47	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 5,8mm	
	Material 32	PE - DN 160	2,82	kg/m		Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Wandstärke 6,2mm	

						Düker GmbH (2017): SML-Planungs- und Projektierungs-Informationen. Gusseiserne Abflusssysteme für die Gebäude- und Grundstücksentwässerung. Link: https://www.dueker.de/fileadmin/download/PR/02_Abflusstechnik/GAT_Planungsunterlagen_SML.pdf	Guss Abwasserfö. . Dichte (Grauguss nach DIN EN 1561 - Sorte mindestens EN-GJL-150); Dichte 7,2kg/dm³ = 7200 kg/m³ Wandstärke: 3,5 mm, Oberfläche je m: 0,18m² Beschichtung mit Epoxydharz wurde vernachlässigt wegen geringer Masse
	Material 33	SML-Rohr - DN 50	5,30	kg/m			Wandstärke 3,5, Oberfläche je m: 0,26m²
	Material 34	SML-Rohr - DN 80	6,70	kg/m			Wandstärke 3,5, Oberfläche je m: 0,35m²
	Material 35	SML-Rohr - DN 100	8,50	kg/m			Wandstärke 4, Oberfläche je m: 0,42m²
	Material 36	SML-Rohr - DN 125	11,70	kg/m			Wandstärke 4, Oberfläche je m: 0,5m²
	Material 37	SML-Rohr - DN 150	14,30	kg/m			Wandstärke 4, Oberfläche je m: 0,65m²
	Material 38	SML-Rohr - DN 200	23,80	kg/m			Wandstärke 5,5, Oberfläche je m: 0,85m²
	Material 39	SML-Rohr - DN 250	30,30	kg/m			Wandstärke 6, Oberfläche je m: 1,02m²
	Material 40	SML-Rohr - DN 300	41,70	kg/m			Wandstärke 6,3, Oberfläche je m: 1,35m²
	Material 41	SML-Rohr - DN 400	58,50	kg/m			
	Energieeinsatz						
	Energie 1	nicht relevant					
	Direkte Emissionen	nicht relevant					
	Kosten/Erlöse - LCC						reine Rohrkosten (ausgeblendete Zellen)
	Innerhalb von Gebäuden						Preise inkl. Einbau pro m inkl. Formstücke (Bogen, Abzweig, Reduzierung, Schellen), oben fehlende DN-Werte ergänzt
	Investitions- + Einbaukosten	PE-Rohr - DN 50	25,5	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PE-Rohr - DN 56	57,9	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PE-Rohr - DN 70	38,6	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PE-Rohr - DN 100	40,3	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PE-Rohr - DN 125	68,7	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PE-Rohr - DN 150	114,3	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PP-Rohr - DN 50	14,8	€/m		Interne Planungsunterlagen von BCE aus Praxisprojekt. Analyse einzelner Rohrlängen und entsprechender Anschlussstücke für 8 Einfamilienhäuser (4 EW pro Haus) und 12 Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (2 EW pro Wohnung). Quelle im weiteren Verlauf, sofern nicht anders angegeben.	
	Investitions- + Einbaukosten	PP-Rohr - DN 56	31,3	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PP-Rohr - DN 70	26,0	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PP-Rohr - DN 100	32,9	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PP-Rohr - DN 125	40,2	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	PP-Rohr - DN 150	66,9	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	Guss - DN 50	53,1	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	Guss - DN 80	53,3	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	Guss - DN 100	45,0	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	Guss - DN 125	62,9	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	Guss - DN 150	75,2	€/m			
	Anschluss Abwasser-Grundfö. Herstellen						
	Investitionskosten	PE-Rohr/Guss-Rohr - DN 100	12,00	€		Interne Planungsunterlagen von BCE aus Praxisprojekt. Analyse einzelner Rohrlängen und entsprechender Anschlussstücke für 8 Einfamilienhäuser (4 EW pro Haus) und 12 Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (2 EW pro Wohnung). Quelle im weiteren Verlauf, sofern nicht anders angegeben.	
	Investitionskosten	PE-Rohr/Guss-Rohr - DN 125	12,00	€			
	Investitionskosten	PE-Rohr/Guss-Rohr - DN 150	20,00	€			
	Abwasserleitung außerhalb von Gebäuden						Kosten Rohre außerhalb von Gebäuden (von Gebäude bis Kanal)
	Investitions- + Einbaukosten	KG 2000 (PP) - DN 100	33,5	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG 2000 (PP) - DN 125	36,9	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG 2000 (PP) - DN 150	39,5	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG 2000 (PP) - DN 200	49,8	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG 2000 (PP) - DN 250	84,6	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG (PVC) - DN 100	20,8	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG (PVC) - DN 125	22,5	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG (PVC) - DN 150	24,6	€/m			
	Investitions- + Einbaukosten	KG (PVC) - DN 200	30,2	€/m			Inklusive Einbau und Zubehör (Aushub, Sandeinbettung, Verfüllung, Bogen, Abzweig, Reduzierung, Muffen, Muffenstopfen)
	Investitions- + Einbaukosten	KG (PVC) - DN 250	44,4	€/m			Investitionskosten + Einbaukosten zusammen, unten nur Einbaukosten
Kommentare, Annahmen, etc.: Bei den Rohrmaterialien wurden nur die reinen Materialverbräuche der Rohre berücksichtigt, nicht die Kleinteile wie Muffen, Muffenstopfen oder Reduzierungen (untergeordneter Einfluss), Die Verlegepreise beinhalten aber sowohl die Rohre + Kleinteile plus Aushub und Verfüllung. Ebenso wurde bei den SML Rohren die Epoxidharzbeschichtung nicht berücksichtigt, aufgrund der geringen Menge und folglich geringem zusätzlichem Umwelteinfluss.							





Daten-Steckbrief Verfahrensblock SBR
 Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wrieger-Bechtold (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Sequencing Batch Reactor			
Kurzname		SBR			
Verfahrensbeschreibung		Das Sequencing-Batch-Reactor-Verfahren (kurz SBR-Verfahren) ist eine Variante des konventionellen Belebtschlammverfahrens. Der SBR besteht aus einem Reaktionsraum, der zuerst die Funktion eines biologischen Reaktors und danach die eines Sedimentationsbeckens übernimmt. Im Gegensatz zu kontinuierlich durchflossenen Reaktoren wird der SBR diskontinuierlich befüllt und geleert. Die herkömmliche räumliche Trennung der biologischen Prozesse und der			
Kapazität			88	L/(EW*d)	1)
Lebensdauer			30	a	2)
Dimension bzw. Platzbedarf			0,08	m ² /EW	3)
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Grauwasser		L/(EW*d)	
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Grauwasser		L/(EW*d)	
	Stoffstrom 2	Schlamm	0,6	g TS/g TOC entfernt	1)
	Stoffstrom 2	Schlamm	49	gTS/(EW*d)	4)
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					
	CSB		94,2	%	1)
	GesN		72,3	%	
	P ges		90,7	%	
	K ges		0	%	5)
	S ges		-	%	5)
	Diclofenac		-	%	5)
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	17,0	%	5)
		Anteil Ablauf	5,8	%	1)
		Anteil Luft	78,2	%	
		Anteil Schlamm	16	%	
	N-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem N im Schlamm	44,7	%	5)
		Anteil Ablauf	27,7	%	1)
		Anteil Luft	40	%	
		Anteil Schlamm	32,3	%	
	P-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	5)
		Anteil Ablauf	9,3	%	1)
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	90,7	%	
	K-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem K im Schlamm	0	%	5)
		Anteil Ablauf	100	%	1)
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	0	%	
	S-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	5)
		Anteil Ablauf	-	%	5)
		Anteil Luft	-	%	5)
		Anteil Schlamm	-	%	5)
	Diclofenac				
	Inputmenge	Anteil an entferntem Diclofenac im Schlamm	-	%	5)
		Anteil Ablauf	50	%	1)
		Anteil Luft	0	%	1)
		Anteil Schlamm	50	%	1)
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Aluminium	0,037	kg/EW	1)
	Material 2	Beton	367,597	kg/EW	
	Material 3	Glas	0,013	kg/EW	
	Material 4	Kalk	7,190	kg/EW	
	Material 5	Kupfer	0,159	kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,344	kg/EW	
	Material 7	Edelstahl	0,685	kg/EW	
	Material 8	Stahl	5,942	kg/EW	
	Material 9	Erdaushub	1149,959	kg/EW	
Energieeinsatz	Energie 1		14,5	kWh/(E*a)	1)
Direkte Emissionen					
	CH4		0,09	kg/(EW*a)	6)
	N2O		0,22	kg/(EW*a)	
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten	SBR anlage	258,00	€/EW	3)
		Pumpstation	0,31	€/EW	
		Schlammspeicher	2,45	€/EW	
	Betriebskosten				
		Fällmittel FeClSO4: 0,55 €/(E*a) bei einer Elimination von 1 g P/(E*d)	0,55	€/(EW*a)	
	Erlöse				
	Abschreibungszeit		20	a	9)
Kommentare, Annahmen, etc.:					

1) Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
 2) "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST). Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE 03ENV/D/000025).

- ³⁾ Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources
• URL: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-593-oldenburg-2007-cost-berlin-demo-project-en.pdf, zuletzt abgerufen am 12.09.2018
- ⁴⁾ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., (Hg.), (2014): DWA-M 368: Biologische Stabilisierung von Klärschlamm. Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser u. Abfall e.V., (DWA-Regelwerk : Merkblatt DWA-M, 368), Hennef, 2014.
- ⁵⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁶⁾ Berechnung
- ⁷⁾ Schätzung
- ⁸⁾ Bao, Zhiyuan; Sun, Shichang; Sun, Dezhi (2016). Assessment of greenhouse gas emission from A/O and SBR wastewater treatment plants in Beijing, China. In International Biodeterioration & Biodegradation 108, pp. 108–114. DOI: 10.1016/j.ibiod.2015.11.028.
- ⁹⁾ Bundesfinanzministerium (2000): AfA-Tabellen, URL: www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Stuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=1AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), zuletzt abgerufen am 13.02.2018

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Spültoilette

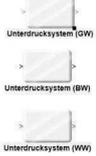
Verfasser des Steckbriefes: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Herkömmliche Spültoilette				
Kurzname		Spültoilette				
Verfahrensbeschreibung		Herkömmliche Spültoilette				
Verfahrensbeschreibung kurz		Herkömmliche Spültoilette				
Icon						
Kapazität		nicht relevant				
Lebensdauer			10	Jahre	Sustainable Minds®, Transparency Report: SM Manufacturers Showroom, Toto USA, Commercial Wash-Hung Toilet. Link: http://www.sustainableminds.com/showroom/toto/pdf/TOTO-Commercial-Wash-Hung-Toilet.pdf .	
Dimension bzw. Platzbedarf			0,5	m ²	Eigene Schätzung.	
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Leitungswasser			Verivox GmbH: Verivox.de, Wasserverbrauch. Link: http://www.verivox.de/themen/wasserverbrauch/ Auch: DWA (2017): Neuartige Sanitärsysteme (NASS), Eine Bilanzierung von Nährstoffen, Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen, In Korrespondenz Abwasser, Abfall 2017 (64), Nr. 12.	Pro Einwohner und Tag 5 Spülungen mit jeweils 8 l pro Spülung.
	Stoffstrom 2	Schmutzwasser	40	L/EW*d		
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz		nicht relevant				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Material 1	GWP	20,2	kg/Spültoilette	IBU EPD Sanitärkeramik Duravit;	Genauere Materialzusammensetzung nicht bekannt,
	Material 2	EP	0,008	kg/Spültoilette	verfügbar unter https://ibu-epd.com/veroeffentlichte-epds/	daher Angabe der Umweltwirkungen der Herstellung (basierend auf Gesamtgewicht 27,1 kg)
	Material 3	Primärenergiebedarf	741,5	MJ/Spültoilette		
Energieeinsatz						
	Energie 1	nicht relevant				
Direkte Emissionen		nicht relevant				
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten		213,60	€		Mittelwert aus 13 aktuellen Preisen bei Google-Shopping für Duravit-Toiletten
	Einbaukosten		70	€	Schätzung	Schätzung: eine Stunde Einbauzeit durch Fachmann
	Betriebskosten		0	€/a		
	Erlöse		0	€		
Kommentare, Annahmen, etc.:						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Transportentfernung Schlamm
 Steckbriefersteller: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Transportentfernung Schlamm von Anfall bis Behandlung			Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von nKleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	
Kurzname		Durchschnittlicher Schlammtransport				
Verfahrensbeschreibung		Durchschnittlicher Schlammtransport von Anlage, auf der Schlamm entsteht, bis zur Weiterbehandlung				
Verfahrensbeschreibung kurz						
Icon		 Transport von Klärschlamm (SL)				
Kapazität			7500	Liter	Hersteller "POMOT" GmbH. Link: http://www.pomot.pl/de/angebot/abwassercontainer-und-saugwagen/saugwagen-za.html .	
Lebensdauer		nicht relevant		Jahre		
Dimension bzw. Platzbedarf		nicht relevant		m ²		
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Rohschlamm				
	Energiestrom 1	Diesel				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Rohschlamm				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz		nicht relevant				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						
	Sammlung und Transport	Transportentfernung Schlamm von Anfall bis Behandlung	100	km	Lautenschläger et al. (2016): "Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von nKleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen", gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). Link: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30289.pdf .	
Energieeinsatz						
	Energie 1	Diesel	0,5	L/km		konservative Abschätzung (Expertenschätzung) in Anlehnung an Verbrauchswert Bioabfall-LKW und normalem LKW: 50Liter/100km
Direkte Emissionen		nicht relevant				
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten	nicht relevant		€		
	Instandsetzungskosten	nicht relevant		€		
	Betriebskosten		1,2	€/Liter Diesel		abgeschätzt basierend auf aktuellem Dieselpreis
	Betriebskosten		150	€/pro Transport		angenommen 3 Stunden für Abpumpen und Transport à 50€ Stundenlohn; Kapazität: 7500 Liter
	Erlöse	nicht relevant		€		
Kommentare, Annahmen, etc.: Schlammtransporte sind in Steckbriefen Klärschlammverwertung bereits enthalten!!!						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Unterdruckentwässerung
 Verfasser des Steckbriefes: Schulz (BCE)

Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Unterdruckentwässerung			Zang (o.J.): Abwasser- und Bioabfall-Transport mit Hilfe der Vakuumkanalisation, Rodiger Vacuum GmbH, Hanau, Online im Internet: http://www.stoffarm.org/fileadmin/user_upload/dokumente/Veranstaltungen/BMT10/Birkenfeld_2010_Zang-.pdf .	
Kurzname		UES (Unterdruckentwässerungssystem)				
Verfahrensbeschreibung		Unterdruckentwässerungssystem (UES): System zum Sammeln und Ableiten von Schmutzwasser, wobei das Schmutzwasser über eine Vielzahl von Absaugventilatoren in Unterdruckkanäle und zu einer Unterdruckstation gesaugt wird. Die Absaugventilatoren sind in Hausanschläussschächten oder Gebäuden angeordnet; die Unterdruckkanäle sind linear oder verzweigt; üblicherweise münden Unterdruckleitungen in einem Unterdruckbehälter einer Unterdruckstation, in dem Vakuumpumpen einen einstellbaren Unterdruck aufrecht erhalten und aus dem das gesammelte Schmutzwasser durch eine mehr oder weniger lange Druckleitung gepumpt wird.			Merkblatt DWAM 143-18 (2018): Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 18: Sanierung durch Systemwechsel zur Druck- oder Unterdruckentwässerung. April 2015, DVVA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.), ISBN: 978-3-88721-223-0.	
Verfahrensbeschreibung kurz		System zum Sammeln und Ableiten von Schmutzwasser mittels Unterdruck.				
Icon						
Kapazität			350	EW		
Lebensdauer		Bauliche Maßnahmen inkl. Leitungen, Schächte, Unterdrucktank	50	Jahre	ZVO Fehrmann	
Lebensdauer		Mechanische und technische Geräte (e.g., Pumpen)	15	Jahre	ZVO Fehrmann	
Dimension bzw. Pfostbedarf			38,7	m ² /Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Berücksichtigt zwei Pumpen und einen Vakuamtank in einem Pumpwerk (6,1 x 3,7m) und alle Schächte (Annahme: 1 Schacht (0,8 x 0,8m) für 3 Häuser) Folgende Fälle denkbar: Schmutzwasser, Schwarzwasser, Schwarzwasser + Biomüll, Grauwasser
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 3	Grauwasser				
	Stoffstrom 4	Schwarzwasser + Biomüll				
Output - Stoffströme	Energiestrom 1	Betriebsenergie (Strom)				
	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				
	Stoffstrom 2	Schwarzwasser				
	Stoffstrom 3	Grauwasser				
	Stoffstrom 4	Schwarzwasser + Biomüll				
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz		nicht relevant				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Stahl für Pumpe	239	kg/Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Annahme: 2 Pumpen à 119,5 kg (errechneter Mittelwert aus untersuchten 10 Systemen)
	Material 2	HDPE für Leitungen	4.871	kg/Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Annahme: gesamtes Leitungsnetz (Mittelwert: 2591m) in DN125 (1,8kg/m) -> konservativ
	Material 3	HDPE für Schächte	523	kg/Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Annahme: 80cm Durchmesser, Tiefe 89cm, Dicke 1cm, Dichte PE: 940 kg/m ³ ; Anzahl Schächte: 25,2 (Mittelwert)
	Material 4	Stahl für Unterdrucktank	1.151	kg/Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Annahme: durchschnittlicher Durchmesser 164cm und Höhe von 285,2cm, Dichte von Stahl 7850kg/m ³ ; Anzahl Tanks = 1 pro System (Mittelwert)
Energieeinsatz	Material 4	Verbrauchsmaterialien				
	Energie 1	Strom	1,26	kWh/m ³	ZVO Fehrmann	nach Abwassermenge gewichteter Mittelwert der 10 untersuchten Systeme (min Wert: 0,75; max Wert: 2,74; median: 1,31)
Direkte Emissionen		nicht relevant				
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten bauliche Maßn.		116.784	€/Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Kosten pro System für durchschnittliche Menge Abwasser pro Jahr: 15492m ³ (50 Jahre Lebenserwartung)
	Investitionskosten mechan. Und elektr. Komponenten		57.642	€/Unterdrucksystem	ZVO Fehrmann	Kosten pro System für durchschnittliche Menge Abwasser: 15492m ³ (15 Jahre Lebenserwartung) beinhaltet 500€/a Ersatzteile; pauschale Wartungskosten (1300€/a); reale Aufwandskosten (e.g. bei Störungen); konkrete Verschleißteile
	Betriebs- und Wartungskosten		3.676	€/a	ZVO Fehrmann	
Kommentare, Annahmen, etc.: Wesentliche Daten stammen aus empirischer Erhebung zu 10 Unterdruckentwässerungssystemen auf Fehrmann. Systeme wurden von VAB GmbH geplant. Kapazität kleinstes System: 4.000m ³ Abwasser pro Jahr (~90 EW) bei ca. 1.000m Leitungslänge Kapazität größtes System: 43.400m ³ Abwasser pro Jahr (~1000EW) bei ca. 5.400m Leitungslänge Errechnetes durchschnittliches System: 15.500m ³ Abwasser pro Jahr (~350EW) bei ca. 2.600m Leitungslänge Detaillierte Daten wurden vom Zweckverband Ostholstein zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um ausschließlich häusliches Abwasser. Zur Anzahl der Häuser bzw. Einwohner gelten folgende Abschätzungen. Generell gilt, dass es für ca. 1-5 Häuser einen Schacht gibt (Annahme: 3). Bei der zusätzlichen Annahme, dass in jedem Haus im Durchschnitt 3 Einwohner wohnen ergeben sich über alle 10 Systeme die Anzahl von 756 Häusern und 2268 EW. Aus diesen Werten könnten theoretisch vereinfachte Annahmen bzw. Eingabewerte abgeleitet werden (z.B. Invest pro EW oder Energieverbrauch pro EW). Allerdings sind diese mit großer Unsicherheit behaftet.						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Vakuumtoilette
 Verfasser des Steckbriefes: Schulz (BCE)

komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	Kommentar
Verfahrensname		Vakuumtoilette				
Kurzname		Vakuumtoilette				
Verfahrensbeschreibung		Benutzung wie Spültoilette. Bei Betätigung des Knopfes wird geringe Menge Spülwasser in Toilettenschüssel entlassen. Danach wird Schmutzwasser per Unterdruck abgesaugt.			Envoronmental XPRT. Link: https://www.environmental-expert.com/products/roevac-vacuum-toilet-212482 .	
Verfahrensbeschreibung kurz		Geringerer Spülwasserbedarf als bei herkömmlicher Spültoilette. Absaugen des Schmutzwassers per Unterdruck. Kann nur in Verbindung mit Unterdrucksystem verwendet werden.				
Icon		 Vakuumtoilette				
Kapazität		nicht relevant				
Lebensdauer			10	Jahre		wie Spültoilette
Dimension bzw. Platzbedarf			0,5	m2		geschätzt
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Leitungswasser	6,00	L/EW/d	BINE Informationsdienst: Energieforschung für die Praxis, Ganzheitliches Abwassernutzungskonzept Link: http://www.bine.info/publikationen/publikation/energie-aus-abwasser-versorgt-stadtquartier/ganzheitliches-abwassernutzungskonzept/	Gemäß Ref. 0,8 - 1,2 Liter pro Spülgang bei 5 Spülgängen pro EW*Tag. Annahme: 1,2 L(EW*td)
	Stoffstrom 2	Schmutzwasser				
	Energiestrom 1	nicht relevant				
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Schmutzwasser				in Steckbrief Unterdrucksystem erfasst.
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz		nicht relevant				
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe						siehe Steckbrief Spültoilette
Energieeinsatz	Energie 1	nicht relevant				in Steckbrief Unterdrucksystem erfasst.
Direkte Emissionen		nicht relevant				
Kosten/Erlöse - LCC						
	Investitionskosten		906,75	€		Durchschnittswert aus verschiedenen Preisen aus Internetrecherche
	Einbaukosten		70	€	Schätzung	Schätzung: eine Stunde Einbauzeit durch Fachmann
	Betriebskosten		0	€/a		
	Erlöse		0	€		
Kommentare, Annahmen, etc.: Kopplung an Unterdrucksystem notwendig						

Daten-Steckbrief Verfahrensblock **Vergärung mit Entwässerung**
 Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wriego-Bechtold (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Vergärung (Anaerobreaktor)			
Kurzname		Vergärung			
Verfahrensbeschreibung		Anaerobe Schlammbehandlung mit Hygienisierung und Entwässerung			
		Hygienisierung	25	m3	1)
		Vergärungsbehälter und Gasspeicher	600	m3	
		Nachbehandlung/-vergärung	250	m3	
		Betriebsgebäude	70	m2	
		Entwässerung	-		6)
Kapazität		täglicher Zufluss (Fäzes mit Spülwasser mit/ohne Urine)	5000	EW	1)
			30-36	m3	
Lebensdauer		Konstruktiver Teil 40 – 50 Jahre, Maschinenausstattung 12,5 Jahre, Elektrische Ausstattung 12,5 Jahre.	40-50	a	2)
Dimension bzw. Platzbedarf			0,2	m2/EW	3)
Input - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Fäzes + Bioabfall (Braunwasser)			
	Stoffstrom 2	Fäzes + Urine (Schwarzwasser)			
	Energiestrom 1	Elektrizität (für Faulung)	0,003	kWh/kg OS	Berechnung nach 1)
	Energiestrom 2	Elektrizität (für Entwässerung)	0,03	kWh/Mg OS	1)
Output - Stoffströme					
	Stoffstrom 1	Biogas		m3/(EW*d)	Berechnung nach 1)
	Stoffstrom 2	Entwässerter Schlamm (SLT)	2%	inflow	%
	Stoffstrom 3	Zentrat	98%	inflow	%
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz					
	CSB		68	%	4)
	GesN		0	%	
	P ges		0	%	
	K ges		-	%	
	S ges		-	%	
	Diclofenac		40	%	5)
Bilanzen					
	CSB-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	-	%	
		Anteil Ablauf (Zentrat)	0,7	%	Berechnung nach 4)
		Anteil Biogas	68	%	
		Anteil Schlamm	31,3	%	
	N-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten N im Schlamm	0	%	Berechnung nach 11)
		Anteil Ablauf (Zentrat)	90	%	
		Anteil Luft	-	%	
		Anteil Schlamm	10	%	
	P-Bilanz				
	bezogen auf	Anteil an entfernten P im Schlamm	0	%	
		Anteil Ablauf (Zentrat)	71	%	
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	29	%	
	K-Bilanz				
	bezogen auf	Anteil an entfernten K im Schlamm	0	%	
		Anteil Ablauf (Zentrat)	100	%	
		Anteil Luft	0	%	
		Anteil Schlamm	0	%	
	S-Bilanz				
	Inputmenge	Anteil an entfernten S im Schlamm	-	%	8)
		Anteil Ablauf (Zentrat)	-	%	8)
		Anteil Luft	-	%	6)
		Anteil Schlamm	-	%	6)
	Diclofenac				
	bezogen auf	Anteil an entfernten Diclofenac im Schlamm	0	%	7)
	Inputmenge	Anteil Ablauf (Zentrat)	60	%	7)
		Anteil Luft	-	%	9)
		Anteil Schlamm	0	%	7)
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe					
	Material 1	Beton (Tank 25m³ (*2) + Vergärungsbehälter 600m³ inkl. Gasspeicher + Nachbehandlungsbehälter 250m³ Stahl (Vergärungsbehälter inkl. Biogasspeicher+Nachbehandlung 250m³+Betriebsgebäude)	86,88	kg/EW	1)
	Material 2		2,55	kg/EW	
	Material 3	Eisen (Pumpen *8)+(Rührer*4)	0,28	kg/EW	
	Material 4	Polyethylen	0,20	kg/EW	
	Material 5	Edelstahl (dewatering container)	1,00	kg/EW	
Energieeinsatz					
	Energie 1	Energieverbrauch für die Vorbehandlung einschließlich der Wahrnehmung des Substrats und der Hygienisierung	6	kWh/pe.a	1)
	Energie 2				
Direkte Emissionen					
	CH4		0,218	kg/(EW*a)	8)
	N2O		0,009	kg/(EW*a)	
	NH3		0,015	kg/(EW*a)	
Kosten/Erlöse - LCC					
	Investitionskosten				2)
		Biogasanlage, Baulicher Teil	104,80	€/EW	
		Biogasanlage, Maschinereller Teil	62,80	€/EW	
		Biogasanlage, E Technik	41,92	€/EW	
		Schlamm-speicher, Baulicher Teil	1,00	€/EW	
		Schlamm-speicher, Maschinereller Teil	0,25	€/EW	
		Grundstück Biogasanlage	40,00	€/m2	
		Vakuumstation, Baulicher Teil	30,00	€/EW	
		Vakuumstation, Maschinereller Teil	24,00	€/EW	
		Vakuumstation, E Technik	6,00	€/EW	
	Betriebskosten				
		Personalkosten (für Biogasanlage=0,23 Personen; 34000 €/Person*a) [M271, Sept.1998]	1,56	€/EW.a	
		Kosten maschinelle Entwässerung = 150 €/t TS [10] Feststoffanfall bei 5.000 E = 91 t TS/a [11]	150,00	€/t TS	
		Transport Schlamm aus Biogasanlage (612 Fahrten, 63.32 €/Fahrt)	63,32	€/Fahrt	

	Erlöse	Schlamm aus Biogasanlage	0,32 €/m ³	
	Abschreibungszeit		15 a	⁷⁾

Kommentare, Annahmen, etc.:

- ¹⁾ Remy, C. (2010), Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater managemen (Ph.D. thesis), TU Berlin.
- ²⁾ Oldenburg, M. (2007), Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • SuSanA, SCST, Lübeck.
- ³⁾ Peter-Fröhlich, Anton; Bonhmm, Alexandre; Oldenburg, Martin (2007): Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results, Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. With assistance of Berliner Wasserbetriebe, co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025). URL: www.kompetenz-wasser.de, Letzter Aufruf 14.02.2017
- ⁴⁾ Wrieger-Bechtold et al.: Treatment of Brownwater-Results of Mesophilic Tests in Stahnsdorf/Germany in Xiadi hao et al.: Water Infrastructure for Sustainable Communities, IWA, 2010
- ⁵⁾ Wätzel, T.; Kraft, E. (2014): Specified, anaerobic degradation of pharmaceuticals and digester gas recovery: A comprehensive study, 17th International EWA Symposium "WATEnergyResources - Water, Energy and Resources: Innovative Options and Sustainable Solutions", during IFAT 5-9 May 2014, Munich.
- ⁶⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁷⁾ Schätzung
- ⁸⁾ Zimmermann P, Doka G, Huber F, Labhardt A, Menard M (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen, ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich
- ⁹⁾ Oldenburg, M. (2007), Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater " (SCST) - Resources • SuSanA, SCST, Lübeck.
- ¹⁰⁾ Berechnung
- ¹¹⁾ DWA-Arbeitsgruppe KA-1.6 (2017): Neuartige Sanitärsystem (NASS). Eine Bilanzierung von Nährstoffen, Energieverbrauch und CO₂-emission, Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-1.6 „Bemessungshinweise“ im Fachausschuss KA-1 „Neuartige Sanitärsysteme“

Daten-Steckbrief Verfahrensblock Vergärung ohne Entwässerung

Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wrieger-Bechtold (TUB)

Komplett						
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle	
Verfahrensname		Vergärung (Anaeroreaktor)				
Kurzname		Vergärung				
Verfahrensbeschreibung		beinhaltet verschiedene Verfahrensstufen für 5000 EW				
		Hygienisierung	25	m3	1)	
		Vergärungsbehälter und Gasspeicher	600	m3		
		Nachbehandlung/-vergärung	250	m3		
		Betriebsgebäude	70	m2		
Kapazität			5000	EW		
		täglicher Zufluss (Fäzes mit Spülwasser mit/ohne Urin)	30-36	m3		
Lebensdauer		Konstruktiver Teil 40 – 50 Jahre, Maschinenausstattung 12,5 Jahre, Elektrische Ausstattung 12,5 Jahre,	40-50	Jahr	2)	
Dimension bzw. Platzbedarf			0,2	m2/EW	3)	
Input - Stoffströme						
	Stoffstrom 1	Fäzes + Bioabfall (Braunwasser)				
	Stoffstrom 2	Fäzes + Urine (Schwarzwasser)				
	Energiestrom 1	Elektrizität (für Faulung)	0,003	kWh/kg OS	Berechnung nach 1)	
	Energiestrom 2	Wärme	0			
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Biogas		m3/(EW*d)	Berechnung nach 1)	
	Stoffstrom 2	ausgefaulter Schlamm (SLD)	100% inflow	%		
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		68	%	4)	
	GesN		0	%		
	P ges		0	%		
	K ges		-	%	8)	
	S ges		-	%	8)	
	Diclofenac		40	%	5)	
Bilanzen	CSB-Bilanz					
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	47	%	6)	
		Anteil Luft (Biogas)	-	%	6)	
		Anteil Schlamm	32	%	7)	
	N-Bilanz					
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem N im Schlamm	100	%	10)	
		Anteil Luft (Biogas)	-	%	7)	
		Anteil Schlamm	100	%	7)	
	P-Bilanz					
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	10)	
		Anteil Luft (Biogas)	-	%	7)	
		Anteil Schlamm	100	%	7)	
	K-Bilanz					
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem K im Schlamm	-	%	8)	
		Anteil Luft (Biogas)	-	%	6)	
		Anteil Schlamm	-	%	8)	
	S-Bilanz					
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	8)	
		Anteil Luft (Biogas)	-	%	6)	
		Anteil Schlamm	-	%	8)	
	Diclofenac					
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem Diclofenac im Schlamm	-	%	8)	
	Anteil Luft (Biogas)	-	%	6)		
	Anteil Schlamm	60	%	5)		
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe	Material 1	Beton (Tank 25m³ (*2) + Vergärungsbehälter 600m³ inkl. Gasspeicher + Nachbehandlungsbehälter 250m³)	86,88	kg/EW	1)	
	Material 2	Stahl (Vergärungsbehälter inkl. Biogasspeicher+Nachbehandlung 250m³+Betriebsgebäude)	2,55	kg/EW		
	Material 3	Eisen (Pumpen *8)+(Rührer*4)	0,28	kg/EW		
	Material 4	Polyethylen	0,20	kg/EW		
Energieeinsatz						
Energie 1	energy consumption for pretreatment including preception of substrate, hygenisation,		6	kWh/EW.a	1)	
Direkte Emissionen	CH4		0,218	kg/(EW*a)	8)	
	N2O		0,009	kg/(EW*a)		
	NH3		0,015	kg/(EW*a)		
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten	Biogasanlage, Baulicher Teil	104,80	€/EW	9)	
		Biogasanlage, Maschinereller Teil	62,80	€/EW		
		Biogasanlage, E Technik	41,92	€/EW		
		Schlammspeicher, Baulicher Teil	1,00	€/EW		
		Schlammspeicher, Maschinereller Teil	0,25	€/EW		
		Grundstück Biogasanlage	40,00	€/m2		
		Vakuumstation, Baulicher Teil	30,00	€/EW		
		Vakuumstation, Maschinereller Teil	24,00	€/EW		
	Betriebskosten	Personalkosten (fuer Biogasanlage=0.23 Personen: 34000 €/Person*a) [M271, Sept.1998]	1,56	€/EW.a		
		Transport Schlamm aus Biogasanlage (612 Fahrten, 63.32 €/Fahrt)	63,32	€/Fahrt		
		Schlamm aus Biogasanlage	0,32	€/m3		
	Erlöse					
	Abschreibungszeit			15	a	7)

Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:

- Remy, C. (2010). Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater manageme (Ph.D. thesis), TU Berlin.
- Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST) - Resources • SuSanA, SCST. Lübeck.
- Peter-Fröhlich, Anton; Bonhime, Alexandre; Oldenburg, Martin (2007): Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results, Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. With assistance of Berliner Wasserbetriebe, co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025), URL: www.kompetenz-wasser.de, Letzter Aufruf 14.02.2017
- Wrieger-Bechtold et al.: Treatment of Brownwater-Results of Mesophilic Tests in Stahnsdorf/Germany in Xiadi hao et al.: Water Infrastructure for Sustainable Communities, IWA, 2010
- Wätzel, T.; Kraft, E. (2014): Specified, anaerobic degradation of pharmaceuticals and digester gas recovery: A comprehensive study, 17th International EWA Symposium "WATEnergyResources - Water, Energy and Resources: Innovative Options and Sustainable Solutions", during IFAT 5-9 May 2014, Munich.

6) keine Angaben vorhanden

7) Schätzung

8) Zimmermann P, Doka G, Huber F, Labhardt A, Menard M (1996): Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen, ESU-Reihe, 1/96, Zürich: Institut für Energietechnik, ETH Zürich

9) Oldenburg, M. (2007). Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST) - Resources • SuSanA, SCST, Lübeck.

10) Berechnung

Daten-Steckbrief Verfahrensblock **Vorbehandlung bewachsener Bodenfilter**

Verfasser des Steckbriefs: Zinati, Wrieger-Bechtold (TUB)

komplett					
Thema	Information	Beschreibung	Wert	Einheit	Referenz / Datenquelle
Verfahrensname		Vorreinigung auf bewachsener Bodenfilter			
Kurzname		Vorbehandlung PKA			
Verfahrensbeschreibung		mechanisches Verfahren zur Abtrennung von Feststoffen (Vorklärung)			
Kapazität			100	L/EW	1), 2)
Lebensdauer			40	a	3)
Dimension bzw. Platzbedarf			0,05	m ² /EW	4)
Input - Stoffströme	Stoffstrom 1	Grauwasser	75	l/(EW·d)	2)
Output - Stoffströme	Stoffstrom 1	Gereinigtes Grauwasser			5)
	Stoffstrom 2	Gereinigtes Abwasser			
	Stoffstrom 3	Schlamm	35	%	2)
Leistungsdaten, e.g. Reinigungseffizienz	CSB		15	%	6)
	GesN		11	%	
	P ges		10	%	
	K ges		-	%	7)
	S ges		-	%	7)
	Diclofenac		-	%	7)
Bilanzen	CSB-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entfernten CSB im Schlamm	100	%	8)
		Anteil Ablauf	85	%	9)
		Anteil Luft	0	%	9)
		Anteil Schlamm	15	%	9)
	N-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem N im Schlamm	100	%	8)
		Anteil Ablauf	89	%	9)
		Anteil Luft	0	%	9)
		Anteil Schlamm	11	%	9)
	P-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem P im Schlamm	100	%	8)
		Anteil Ablauf	90	%	9)
		Anteil Luft	0	%	9)
		Anteil Schlamm	10	%	9)
	K-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem K im Schlamm	-	%	7)
		Anteil Ablauf	-	%	7)
		Anteil Luft	-	%	7)
		Anteil Schlamm	-	%	7)
	S-Bilanz				
	bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem S im Schlamm	-	%	7)
		Anteil Ablauf	-	%	7)
		Anteil Luft	-	%	7)
	Anteil Schlamm	-	%	7)	
Diclofenac					
bezogen auf Inputmenge	Anteil an entferntem Diclofenac im Schlamm	-	%	7)	
	Anteil Ablauf	50	%	9)	
	Anteil Luft	0	%	9)	
	Anteil Schlamm	50	%	9)	
Einsatz Materialien, Verbrauch Grund- und Hilfsstoffe		Vorbehandlung Tank			
	Material 1	Beton	19,72	Kg/EW	6)
	Material 2	Stahl	0,30	Kg/EW	
	Material 3	Erdaushub	0,04	m ³ /EW	
	Material 5	Gusseisen	0,07	Kg/EW	
	Material 6	PE-HD	0,07	Kg/EW	
Energieeinsatz	Energie 1	Mechanische Behandlung und Sedimentation (Primärschlamm + Sand)	0,247	kWh/(EW*a)	6)
Direkte Emissionen	CH ₄		0	kg/(EW*a)	7)
	N ₂ O		0	kg/(EW*a)	7)
	CO ₂		0	kg/(EW*a)	7)
Kosten/Erlöse - LCC	Investitionskosten				
	Herstellungskosten	180€/t Beton+7,5€/kg PE	4,10	€/EW	10)
	Planungs- und Einbaukosten	Einbau	500	€/EW	
	Betriebskosten	Stromkosten	0,075	€/EW*a	
	Wartungskosten		25	€/EW*a	
	Ersatzteilkosten		-	€	
	Ausbaukosten		-	€	
	Erlöse		0	€/a	9)
	Abschreibungszeit		40	a	9)
Quellen, Kommentare, Annahmen, etc.:					

- ¹⁾ Die erforderliche Größe der Mehrkammergrube beträgt 300 l/E, mindestens 3.000 l. (DWA A262) Die spezifische Filterfläche eines Filters zur Grauwasserreinigung kann daher mit 50 % der spezifischen Fläche eines Filters zur Reinigung von Schmutzwasser dimensioniert werden (DWA A262)
- ²⁾ DWA (2017) – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hg.) (2010): Merkblatt DWA–A 262: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 20117
- ³⁾ Remy, C., & Ruhland, A. (2006). Ecological assessment of alternative sanitation Concepts with Life Cycle Assessment: Final report for subtask 5 of the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST). Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, the European Commission (LIFE 03ENV/D/000025).
- ⁴⁾ Peter-Fröhlich, A., Bonhmmme, A., & Oldenburg, M. (2007). Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST) – Results: Annex 7.4 Project description and results PF 3.7.2007. Retrieved from co-financed in the framework of the LIFE programme of the European Commission (LIFE03 ENV/D/000025) website: www.kompetenz-wasser.de
- ⁵⁾ Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2014). Compendium of Sanitation Systems and Technologies: Eawag and IWA, Dübendorf, Switzerland. Retrieved from <http://www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/06/Compendium-Sanitation-Systems-and-Technologies.pdf>
- ⁶⁾ Remy, C. (2010): Life Cycle Assessment of conventional and source-separation systems for urban wastewater management (Dissertation), TU Berlin.
- ⁷⁾ keine Angaben vorhanden
- ⁸⁾ Berechnung
- ⁹⁾ Schätzung
- ¹⁰⁾ Joachim Krüger Pflanzenkläranlagen GmbH, URL: <http://www.subterra.de/>, zuletzt aufgerufen am 15.08.2018