

Nachhaltigkeitsbewertung von Kleinkläranlagen mittels Ökoeffizienzanalyse zur Ableitung von Produktverbesserungen

Autoren:

Dr.-Ing. Sabine Lautenschläger, Dipl.-Kffr. Lydie Laforet, M. Sc. Jacqueline Schimpke,
Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer (IIRM)

Unter Mitarbeit von Tobias Wüstneck, Albert Baena Regel (IIRM),

Dr.-Ing. Ingo Töws, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Stefan Böttger (Tilia GmbH),

Dr. Gabriele Stich, Dipl.-Geol. Antje Lange (BDZ e.V.)

Der nachfolgende Beitrag stellt ausgewählte Ergebnisse eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unter dem Az: 30289 geförderten Forschungsprojekts vor. Der vollständige Projektbericht (Lautenschläger et al. (2016)) kann unter folgendem Link <http://d-nb.info/1122572506/34> bezogen werden.

Leipzig, Februar 2017

1. Hintergrund und Ziel des Projekts

Der effiziente Umgang mit Ressourcen in Verbindung mit verschiedenen Nachhaltigkeitszielen gewinnt zunehmende gesellschaftliche Bedeutung auf nationaler (vgl. BMUB (2012), S. 6) und europäischer Ebene. Auch für die Wasserwirtschaft resultieren hieraus Notwendigkeiten zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz der eingesetzten Produkte, Verfahren und Systemgestaltungen. So ist zukünftig von einer verstärkten Nachfrage nach entsprechenden Informationen und Nachweisen zur Nachhaltigkeit von Bau und Betrieb wasserinfrastruktureller Anlagen auszugehen.

Beispielsweise werden in der EU-Bauproduktenverordnung (EU/305/2011) in Anhang I verschiedene, auch nachhaltigkeitsbezogene Grundanforderungen an Bauwerke wie die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen definiert. Darüber hinaus werden in Absatz (56) „zur Bewertung der nachhaltigen Nutzung der Ressourcen und zur Beurteilung der Auswirkungen von Bauwerken auf die Umwelt [...] Umwelterklärungen (Environmental Product Declarations – EPD), soweit verfügbar“ (EU 2011) eingefordert. Empfehlungen der EU im Bereich „Umweltfreundliche Beschaffung“ (Green Public Procurement, GPP) definieren für den Anwendungsbereich Abwasserinfrastruktur (EU 2013) Grundanforderungen an bereitzustellende Informationen bzgl. Ressourcen-, Energieverbrauch und Umweltwirkungen.

Entsprechende Informationen zur ökologischen Nachhaltigkeit von vollbiologischen Kleinkläranlagen (KKA) als Teil der Abwasserinfrastruktur standen bisher nicht zur Verfügung. Dabei unterscheiden sich die verschiedenen KKA hinsichtlich Bauart, den eingesetzten Materialien und Wirkungsweise deutlich voneinander.

Mit dem Konzept der Ökoeffizienz können der Ressourcenverbrauch und die Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen mit dem Ziel ihrer Verringerung bei Steigerung des mit dem Produkt bereitgestellten Nutzens analysiert werden. Die Realisierung der Anforderungen an Abwasserinfrastruktur aus den Bereichen Gewässerschutz und Siedlungshygiene sowie Umwelt- und Betreiberfreundlichkeit sind mit den resultierenden Kosten ins Verhältnis (Ökoeffizienz) zu setzen. Im Rahmen des Projekts „Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen“ wurde ein entsprechender Standard für die Bewertung der Ökoeffizienz von KKA entwickelt. Damit können Informationen zu der mit dem gesamten Lebenszyklus der KKA verbundenen Ressourceninanspruchnahme¹ (einschließlich resultierenden Umweltwirkungen) bereitgestellt werden.

2. Ökoeffizienz

Das Konzept der Ökoeffizienz beschreibt als dimensionslose Kennzahl das Verhältnis zwischen einem Wirtschafts- und einem Umweltleistungsindikator (WBCSD 2000). Als Businesskonzept eingesetzt adressiert es folgende Ziele:

¹ Natürliche Ressourcen sind „Mittel, [die] die Natur bereitstellt und [die] für den Menschen einen Nutzen stiften. Zu den natürlichen Ressourcen zählen die erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärrohstoffe, der physische Raum (oder die Fläche), die strömenden Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie die Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft) und Ökosysteme. (VDI 2016, S. 7)

- die Verringerung des Ressourcenverbrauchs: Material- und Energieintensität reduzieren, Produktlebensdauer und Wiederverwendbarkeit verbessern, und Materialkreislauf schließen,
- die Verminderung der Umweltauswirkungen: Emissionen von Schadstoffen vermeiden und den Verbrauch von erneuerbaren Energien fördern sowie
- die Verbesserung des Produkt- und Dienstleistungsnutzens: Dienstleistungspalette verbreitern und kundenorientierte Angebote entwickeln.

Gemäß ISO 14045 ist die Ökoeffizienzbewertung „ein quantitatives Managementwerkzeug, das die Untersuchung der Umweltauswirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produktsystems in Bezug auf den zugehörigen Nutzen des Gesamtsystems für Anspruchsgruppen ermöglicht“ (ISO 14045 (2012), S. 5). In der Praxis wird das Konzept der Ökoeffizienz in unterschiedlicher Weise angewandt und dabei als Ziel, Strategie, Indikator oder Analyseinstrument verstanden (van Vliet et al. (2012)). Hervorzuheben sind die Lebenszyklusperspektive und der funktionelle Ansatz des Konzeptes.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und umfassen die Entscheidungsunterstützung bei der Produktentwicklung und –fertigung über die Standardentwicklung für die Kommunikation zum Endkunden bis zum Ranking von Unternehmen oder Produktionsstandorten. Anwendungsrelevanz entwickelt die Ökoeffizienzanalyse zunehmend auch für politische Entscheidungsträger, die Flächennutzungsplanung sowie die Bewertung von Regionen und Kommunen.

Der Offenheit und Anpassungsfähigkeit des Konzeptes steht kein einheitlicher Standard gegenüber, so muss jeweils kontextspezifisch festgelegt werden, welche Kosten- oder Preisbestandteile berücksichtigt und welche Ressourceninanspruchnahmen (einschließlich Umweltwirkungen) wie erfasst und bewertet werden sollen. Die ISO 14045 legt fest, dass die Bewertung der Umweltwirkungen in Form einer Ökobilanz gemäß ISO 14040 und 14044 durchzuführen ist. Konkrete Vorgaben zum Verfahren zur Bewertung des Produktsystemnutzens sowie zur konkreten Berechnung eines Ökoeffizienzindikators werden durch die ISO 14045 nicht gemacht. Sie stellt lediglich die Anforderung, dass ein steigender Wert die verbesserte Umweltleistung bei gleichbleibendem Produktnutzen oder den verbesserten Produktnutzen bei gleichbleibender Umweltleistung widerspiegeln muss.

Neben der Bildung von Kennzahlen und Indikatoren erfolgt oft eine Ergebnisdarstellung in graphischer Form (vgl. Abbildung 1): je niedriger der Gesamtnutzen bzw. je höher die Umweltwirkungen eines Produktes, desto schlechter sein Ökoeffizienzindikator (roter Bereich im Diagramm). So wird im Beispiel das Produkt 3 mit dem niedrigsten Nutzen aber den höchsten Umweltwirkungen in der unteren linken Ecke abgebildet, da es die geringste Ökoeffizienz aufweist. Das Produkt 1 ist ökoeffizienter im Vergleich zu Produkt 2, da es einen höheren Nutzen bei nur wenig größerer Umweltwirkung erlangt.

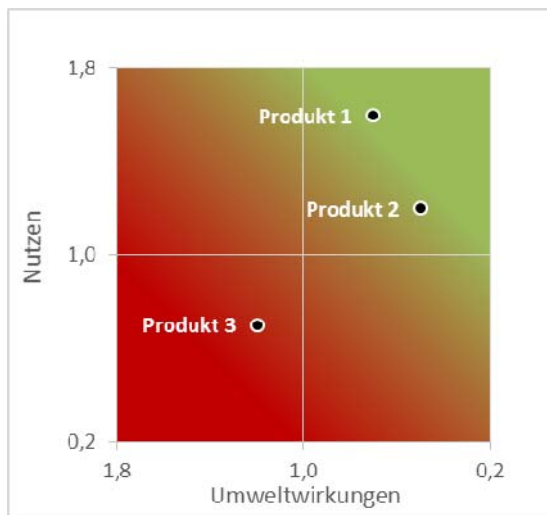


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Ökoeffizienz

Zur Ausweitung der Anwendung des Konzeptes in der Wasserwirtschaft gilt es die verfügbaren Sachbilanzdaten für abwasserwirtschaftliche Anlagen(-bestandteile) zu erweitern, die Verbreitung des Einsatzes von Ökobilanzen zu unterstützen und methodisches Know-How zum Einsatz von Ökobilanz und Ökoeffizienz zu vermitteln.

Anwendungsmöglichkeiten sollen im Folgenden am Beispiel KKA veranschaulicht werden.

3. Anwendungsbeispiel Kleinkläranlagen

Dezentrale Abwasserbehandlungsanlagen wie KKA haben sich bei Vorliegen bestimmter Rahmenbedingungen als Bestandteil einer ordnungsgemäßen Abwasserentsorgung etabliert. Im Rahmen des Projekts wurden die zum Stand 7. Oktober 2014 beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) verzeichneten, zugelassenen KKA(typen) der Ablaufklasse C, Anschlussgröße 4 Einwohnerwerte, Neubau einer Ökoeffizienzanalyse unterzogen. Folgende KKA-Typen wurden berücksichtigt:

- Biofilter,
- SBR, Druckluft,
- SBR, Maschinenteknik,
- PKA, vertikal,
- Wirbelschwebbett und
- Belüftetes Festbett.

Zur Bewertung der Ökoeffizienz sind die über den gesamten Lebenszyklus mit dem Produkt KKA verbundenen Stoff-, Energie- und Produktflüsse zu beschreiben und zu quantifizieren (Produktsystem). Die Beschreibung des Produktsystems bezieht sich auf die in Abbildung 2 dargestellten Lebenszyklusphasen von Herstellung und Einbau bis Ausbau und Entsorgung. Es wurde eine Nutzungsdauer von 25 Jahren angesetzt und der Bewertung der Umweltwirkungen und des Produktsystemnutzens eine einheitliche Systemabgrenzung zugrunde gelegt.

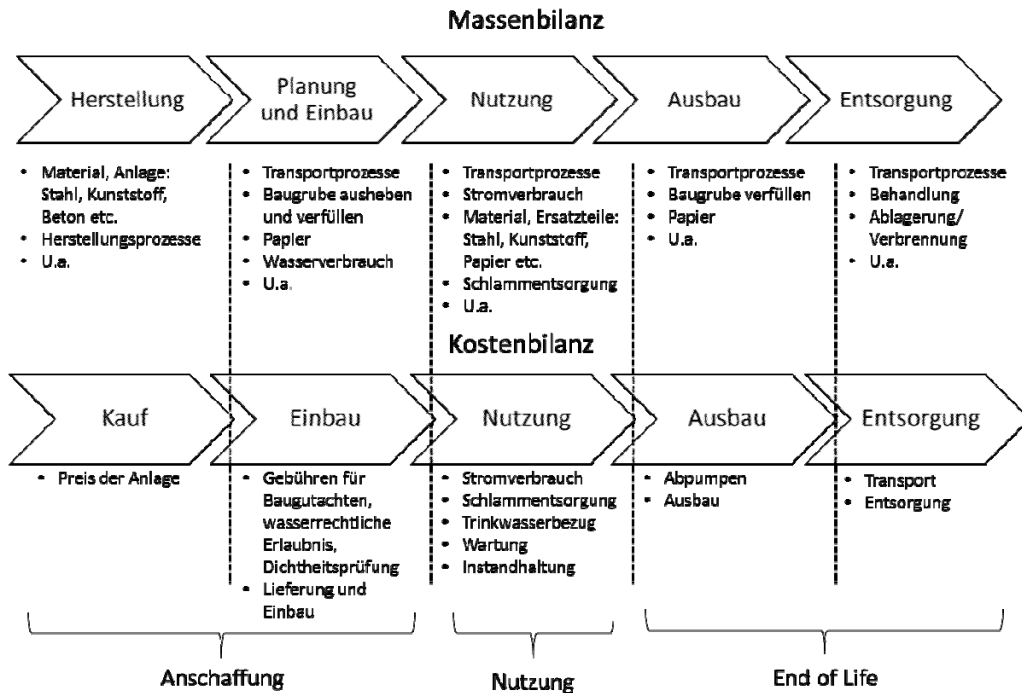


Abbildung 2: Lebenszyklus des Produktsystems KKA

Zu Beginn einer Ökoeffizienzanalyse sind Ziel bzw. Zweck der Bewertung zu beschreiben, um die Bewertungsmethodik im Detail in geeigneter Weise festlegen zu können. Als Zielgruppen der Bewertung können im vorliegenden Fall Hersteller, Betreiber und Behörden benannt werden. Die Perspektive der Behörden (Gewässerschutz)² tritt hier in den Hintergrund. Als Ziel der Bewertung wurde definiert: eine bestimmte Gewässerschutzleistung (hier emissionsbezogen) mit möglichst geringer Ressourceninanspruchnahme und Kosten aus Betreiberperspektive zu erbringen. Dementsprechend erfolgte die Bewertung des Produktsystemnutzens auf Basis der Lebenszykluskosten aus Betreiberperspektive und die der Ressourceninanspruchnahme (einschließlich Umweltwirkungen) über eine Ökobilanz (Bewertungsmethode IMPACT 2002+). Die Bewertungsergebnisse sollen Herstellern Informationen zur Produktverbesserung bereitstellen und Betreibern für ihre Kaufentscheidung die Bewertung der ökologischen und ökonomischen Leistung des Produktes ermöglichen.

Die nachfolgend dargestellten Bewertungsergebnisse beziehen sich auf die Ökoeffizienzanalyse basierend auf der oben beschriebenen Vorgehensweise³. Insgesamt wurden im Rahmen des Projekts zwei weitere vereinfachte Ansätze entwickelt, die die Umsetzung der Analyse in der Praxis ermöglichen sollen.

² Es wird davon ausgegangen, dass die hier berücksichtigten Anlagen, die über eine entsprechende Anwendungszulassung verfügten die geforderten Reinigungsleistungen einhalten. Für nähere Erläuterungen und zu Hinweisen auf Untersuchungen zur Zuverlässigkeit der Reinigungsleistung von KKA wird an dieser Stelle auf den Abschlussbericht des Projekts verwiesen.

³ Zusätzlich wurde ein Ansatz entwickelt, der den Produktsystemnutzen auf Basis verschiedener Qualitätskriterien abbildet. Der dritte Ansatz ermöglicht die Ökoeffizienzbewertung auf Grundlage von fünf in der Praxis einfach bestimmbar Indikatoren. Für nähere Informationen wird auf den Abschlussbericht verwiesen.

4. Ausgewählte Ergebnisse

Die Bewertung der Ökoeffizienz der verschiedenen KKA(-typen) weist für stromlosbetriebene Anlagentypen Vorteile aus. Mit zunehmendem Stromverbrauch, größeren Behältern und zunehmendem Einbau an Technik und Filter- bzw. Aufwuchsmaterialien entfernen sich die Anlagen zunehmend vom Referenzpunkt (dem Durchschnitt aller betrachteten Anlagentypen) (Abbildung 3).

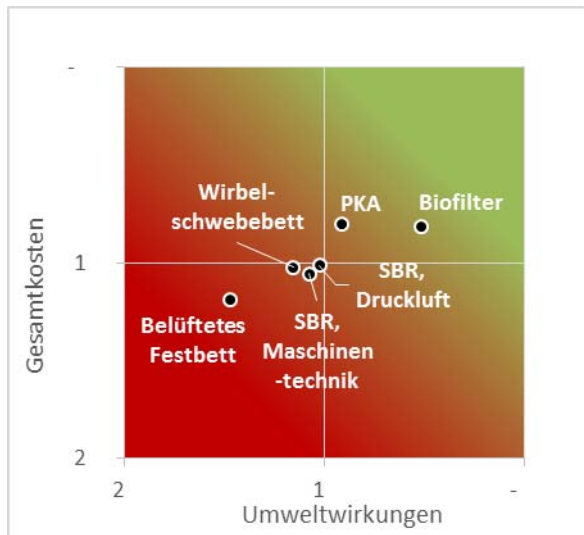


Abbildung 3: Vergleich der Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen über den Lebenszyklus (Beton-Varianten)

Die Gesamtökoeffizienz wird entscheidend von der Nutzungsphase beeinflusst. Dies trifft insbesondere auf stromzufuhrerfordernde Anlagentypen zu (Abbildung 4).

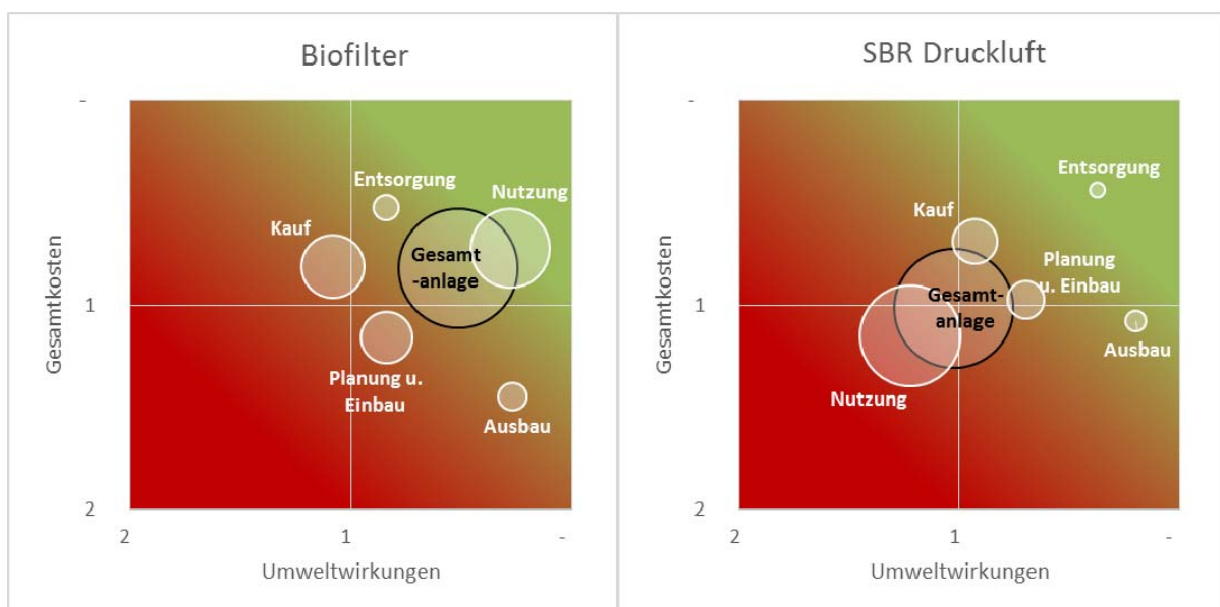


Abbildung 4: Vergleich der Ökoeffizienz von Biofiltern und SBR-Druckluft-Anlagen über den Lebenszyklus (Beton-Varianten)

Dies ist hauptsächlich auf die Bedeutung des Stromverbrauchs für die Wirkungskategorie „Treibhauspotenzial“ (kg CO₂-Äquivalente) in der Ökobilanzierung zurückzuführen. Strombetriebene Anlagen erzeugen bis zu 10.000 kg CO₂-Äquivalente über 25 Jahre (vgl.

Abbildung 5). Zum Vergleich: der Betrieb eines Kühlschranks mit Gefrierfach verursacht 5500 kg CO₂-Äquivalente im gleichen Zeitraum (vgl. WWF (2012)).

Bei stromlos betriebenen Anlagen tritt die Nutzungsphase in der Bedeutung entsprechend zurück. Dem stehen jedoch größere Behältervolumen gegenüber sowie der Einsatz von Filtermaterial, die vor allem bei der Entsorgung einen entscheidenden Einfluß auf die Ökoeffizienz einer KKA ausüben können (vgl. Abbildung 5).

Nähere Erläuterungen sind dem Abschlussbericht zu entnehmen.

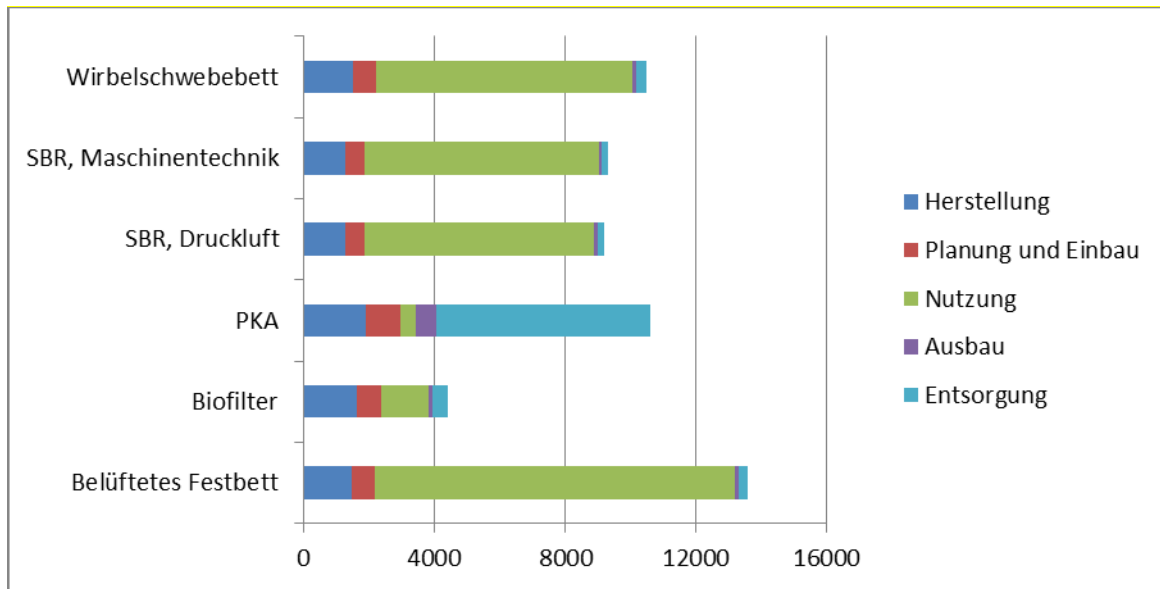


Abbildung 5: Gesamtes Treibhauspotenzial in kg CO₂-Äquivalenten nach Lebenszyklusphasen und Anlagentyp (Beton-Varianten)

Es zeigen sich deutliche Unterschiede in der Ökoeffizienz der verschiedenen Anlagentypen über deren Gesamtlebenszyklus und die jeweilige Relevanz der einzelnen Lebenszyklusphasen. Neben der Bedeutung der Nutzungsphase und dem Stromverbrauch in ihr entfallen über 10% der Ökoeffizienz auf den Austausch von Ersatzteilen. Der Qualität der einzelnen Teile und der damit verbundenen Nutzungsdauer ist entsprechende Beachtung zu schenken. Außerdem kommt der Wahl der Behältergröße besondere Relevanz zu. Negative Wirkungen (Behältermaterial, Transport, Tiefbaumaterial) und Kosten können im Einzelfall potenzielle Vorteile wie höhere Betriebssicherheit und ggf. Vorteile in Verbindung mit der Schlamm Entsorgung gegenüberstehen. Insgesamt kommt der Entsorgung des anfallenden Schlammes in der Nutzungsphase mit einem Anteil an den Gesamtumweltwirkungen (unter Berücksichtigung der getroffenen Berechnungsannahmen) von ca. 1 % bis 2 % und an der Ökoeffizienz von ca. 5 % keine herausragende Bedeutung zu. Auf eine bedarfsgerechte Schlammabfuhr ist jedoch zu achten. Den Zusammenhang von Behältervolumen und Schlamm Entsorgung sowie Schlamm anfall gilt es weiter zu untersuchen. Dies gilt ebenso für die Abbildung der Entsorgungsphase. Die bewerteten Anlagentypen und eingesetzten Materialien sind diesbezüglich durch unterschiedliche Recyclingfähigkeit und Transportaufwand gekennzeichnet. Die Datenlage hierzu ist weiter auszubauen.

Bezüglich der Lebenszykluskosten aus Betreiberperspektive ist insbesondere auf die Gefahr der „Verschiebung“ von Kosten von der Herstellungs- in die Nutzungsphase hinzuweisen. Hierdurch können ggf. Auswahlentscheidungen bevorteilt werden, die bei niedrigen

Anschaffungskosten über den Gesamtlebenszyklus gesehen mit höheren Kosten für den Betreiber einhergehen.

Es konnte ferner nachgewiesen werden, dass die Wirkungsrelevanz (hinsichtlich Umweltwirkungen und Kosten) der Stoff-, Energie- und Produktflüsse des Produktsystems „KKA“ vereinfacht anhand der folgenden Haupteinflussgrößen beschrieben werden kann:

- Behältergröße in m³,
- Anlagengewicht in kg,
- Netto-Materialverbrauch in % (Nicht-Recyclinganteil),
- Vor-Ort-Einsatz als Aufwand für Wartung, Instandhaltung und Schlammabfuhr sowie
- Stromverbrauch in der Nutzungsphase in kWh/(EW*a).

5. Fazit

Die nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen kann entscheidend durch geeignete Informationen und praxisgerechte Bewertungsansätze unterstützt werden. Die im Rahmen des Projekts entwickelten methodischen Ansätze zur Analyse und Bewertung der Ökoeffizienz von KKA unterstützen eine an ausgewählten Nachhaltigkeitsaspekten orientierte Systemauswahl und liefern Anlagenherstellern Informationen und Ansätze zur gezielten Produktverbesserung. Hersteller können das eigene Produkt gegenüber Konkurrenzprodukten bzw. dem entwickelten Standard einordnen. Die Charakterisierung einer Anlage im Vergleich zum Referenzsystem zeigt auf, an welchen Stellen das Produktsystem tendenziell ökoeffizienter gestaltet werden könnte. Die allgemeine Aussage, dass ein bestimmter Anlagentyp immer ökoeffizienter ist als andere kann aufgrund großer herstellerspezifischer Unterschiede jedoch nicht getroffen werden. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Bewertungsansätze und generierten Informationen können außerdem als Grundlage für Nachweis- und Dokumentationspflichten im Bereich Umweltproduktdeklarationen und „Umweltfreundliche Beschaffung“ verwendet werden.

Das Projektteam bedankt sich herzlich für die fachliche Unterstützung des Projektbeirats und die finanzielle Förderung des Projekts durch die Deutsche Bundesstiftung (DBU).

Kontakt:

Dr.-Ing. Sabine Lautenschläger,

E-Mail: lautenschlaeger@wifa.uni-leipzig.de, Tel.: 0341/ 97 33 874

Dipl.-Kffr. Lydie Laforet

E-Mail: laforet@wifa.uni-leipzig.de, Tel.: 0341/ 97 33 873

Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM),

Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer

Universität Leipzig, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät,

Grimmaische Straße 12, 04109 Leipzig

<https://www.wifa.uni-leipzig.de/iirm/umwelt.html>

Literatur

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. 1. Aufl., BMUB, Referat WR III 1, Berlin: November 2016.

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (09.03.2011): Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates (EU-Bauproduktenverordnung). Amtsblatt der Europäischen Union, L88/5-88/43, 04.04.2011.

European Union (EU) (2013): GPP Criteria for Waste Water Infrastructure. Technical Background Report; http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/waste_water_tech.pdf (abgerufen am 29.03.2016).

DIN EN ISO 14040 ff, environmental management – Product ecological balance – principles and general requirements, International Organization for Standardization.

DIN EN ISO 14044: 2006-10: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen, Deutsches Institut für Normung e. V.

ISO 14045 (2012): Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines, International Organization for Standardization (ISO).

Lautenschläger, S., Laforet, L., Schimpke, J., Holländer, R., Töws, I., Böttger, S., Stich, G., Lange, A.: Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz von Kleinkläranlagen mit Ableitung von Produktverbesserungen. Abschlussbericht über ein Forschungsprojekt, gefördert unter dem Az: 30289 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. In: Studien zu Infrastruktur und Ressourcenmanagement, Band 7, Logos Verlag, Berlin.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2000): Eco-efficiency: creating more value with less impact, www.wbcSD.org/web/publications/eco_efficiency_creating_more_value.pdf (abgerufen am 29.01.2016).

WWF (World Wide Fund for Nature) (2012): CO₂-Rechner-Glossar, Hintergrundpapier; https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Hintergrund_CO2-Rechner.pdf (abgerufen am 15.12.2015).

van Vliet, L., Levidow, L., Skenhall, S. A. (2012): Review and selection of eco-efficiency indicators to be used in the EcoWater. Case Studies im Auftrag der Europäische Kommission; http://environ.chemeng.ntua.gr/ecowater/UserFiles/files/D1_1_Review_and_selection_of_eco-efficiency_indicators.pdf (abgerufen am 15.12.2015).

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2016): VDI 4800, Blatt 1: Ressourceneffizienz, Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien, Februar 2016.