

Energieverbrauch von Teilprozessen auf kommunalen Kläranlagen

Juliane Gasse, Tobias Reinhardt, Carsten Meyer (Stuttgart), Gerd Kolisch, Yannick Taudien (Wuppertal), Heidrun Steinmetz (Kaiserslautern), Tobias Morck (Pforzheim), Peter Baumann (Stuttgart), Birgit Poppe und Werner Maier (Stuttgart)

Zusammenfassung

In dem Projekt „Energiepotenzialstudie für die kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg“ wurde der Energieeinsatz bei der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung anhand ausgeführter Energieanalysen detailliert ausgewertet. Ein wesentliches Ergebnis des Projekts sind spezifische Verbrauchswerte für einzelne Verfahrensgruppen und -schritte. Auf Basis der abgeleiteten energiebezogenen Kennzahlen wurde in einem zweiten Schritt ein neues Bewertungskonzept zur Energieeffizienz von kommunalen Kläranlagen erarbeitet. In Ergänzung zum Energiecheck nach dem Arbeitsblatt DWA-A 216 ermöglichen beide Teilschritte den Betreibern eine detailliertere Einordnung der eigenen Kläranlage.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Schlammbehandlung, Energiebedarf, DWA-A 216

DOI: 10.3242/kae2017.09.004

Abstract

Energy Consumption of Sub-Processes in Municipal Wastewater Treatment Plants

In the project “Energy potential for the municipal wastewater treatment plants in Baden-Württemberg” the energy input with the wastewater treatment and sludge treatment have been evaluated in detail using implemented energy analyses. An important result of the project is the specific consumption values for individual process groups and steps. On the basis of the derived energy-related key indicators in a second step a new assessment concept for the energy efficiency of municipal wastewater treatment plants was elaborated. Supplementary to the energy check in accordance with Standard DWA-A 216 both sub-steps enable a detailed classification of their own treatment plant for the operators.

Key words: wastewater treatment, municipal, sludge treatment, energy requirement, Standard DWA-A 216

1 Hintergrund

In Kommunen ist die Abwasserreinigung und Schlammbehandlung meist der größte Einzelverbraucher von Energie. Die Optimierung des Energieverbrauchs ist seit Mitte der 1980er-Jahre bis heute Ziel umfassender Untersuchungen und Studien [1–6]. Es liegen zudem Handbücher und Leitfäden zu diesem Thema vor, die jeweils den Stand der Technik widerspiegeln und technische Neuerungen berücksichtigen [7–11]. Der Zielzustand einer energetisch optimierten Kläranlage kann über einen Vergleich mit anderen Anlagen über ausgewählte Kennzahlen (Benchmarking) oder die Berechnung anlagenspezifischer Zielwerte (theoretische Idealwerte) definiert werden. Für das Handbuch *Energie in Kläranlagen* [7] wurden mit Modellanlagen solche Idealwerte berechnet, denen ein Richtwert auf Basis durchgeführter Feinanalysen als realistisch erreichbare Verbrauchsgröße gegenüber gestellt wurde. In der UBA-Studie *Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen* [9] wurden dagegen auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen als Zielwert der 20%-Perzentilwert/die untere Standardabweichung und als Toleranzwert (Mindeststandard) der Median/Mittelwert empirisch abgeleitet. Das Arbeitsblatt DWA-A 216

Energiecheck und Energieanalyse [12] enthält auf Basis des DWA-Leistungsvergleichs kommunaler Kläranlagen 2013 für ausgewählte Energiekennzahlen Unterschreitungshäufigkeiten, legt jedoch keine Zielwerte fest und bevorzugt die Festlegung von anlagenspezifischen Idealwerten.

2 Ableitung verfahrensspezifischer Verbrauchswerte

Die bestehenden Kenngrößen zur energetischen Verbrauchssituation kommunaler Kläranlagen beschränken sich bisher auf Werte zu Energieverbrauch und Stromeigenproduktion der gesamten Kläranlage. Eine mathematische Funktion zur Berechnung spezifischer Verbrauchswerte fehlt für viele Verfahrensschritte der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung. Bisher liegt auch kein technischer Standard für energetisch optimierte Teilprozesse auf Basis ausgeführter und damit real betriebener Anlagen vor. In dem Vorhaben *Energiepotenzialstudie für die kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg* [13] wurden daher Energieanalysen von Kläranlagen aus den Grö-

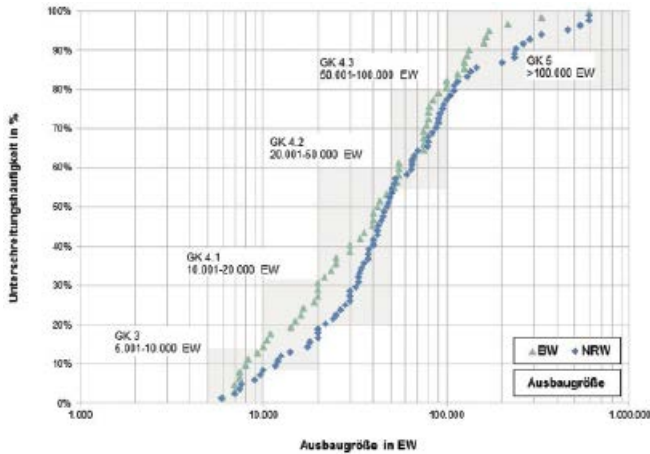


Abb. 1: Verteilung der Energieanalysen nach der Ausbaugröße ($n_{BW} = 62, n_{NRW} = 84$)



Abb. 2: Verteilung der betrachteten Energieanalysen innerhalb der Größenklassen

ßenklassen 3 bis 5 entsprechend einer Ausbaugröße ab 5000 EW mit dem Ziel ausgewertet, Kenngrößen für eine zukünftig stärker differenzierte Bewertung der energetischen Verbrauchssituation nach Teilprozessen abzuleiten. Die von Kläranlagen aus Baden-Württemberg verfügbaren 62 Energieanalysen verteilen sich ungleichmäßig auf die Größenklassen, mit einem deutlichen Schwerpunkt in der Größenklasse 4. Eine Unterteilung der GK 4 in drei Unterklassen GK 4.1 bis GK 4.3 zeigt eine weitgehend homogene Verteilung der Anlagenzahl innerhalb dieser drei Klassen. Nur wenige Anlagen entfallen auf die Größenklassen 3 und 5; Kläranlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung sind nur in geringer Zahl ($n = 7$) enthalten. Mit dem Ziel der Erhöhung der Belastbarkeit der Aussagen durch Vergrößerung der Grundgesamtheit wurden zusätzliche Energieanalysen aus dem IPA-Förderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen einbezogen [14]. Insgesamt standen somit 146 Datensätze zur Verfügung (Abbildung 1).

Rund 70 % der ausgewerteten Kläranlagen gehören in die Größenklasse 4 (Abbildung 2). Der Vergleich der Verteilung des spezifischen Gesamtverbrauchs e_{ges} zeigt nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Datensätzen (Abbildung 3). Im Folgenden wurden die Energieanalysen aus Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen zu einem Datenpool zusammengefasst, um die Datengrundgesamtheit für die Einzelauswertung zu vergrößern. Rechnerisch ergibt sich danach ein spezifischer elektrischer Gesamtverbrauch von 39,0 kWh/(E·a) im Median und ein 0,25-Quantil von 31,5 kWh/(E·a). Ein Unterschreiten dieses Verbrauchswertes kennzeichnet Kläranlagen

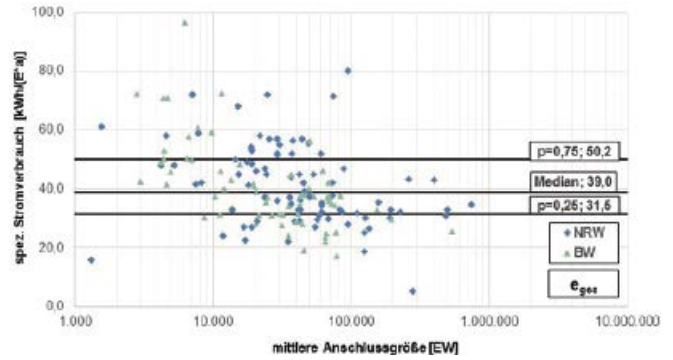


Abb. 3: Gesamtverbrauch e_{ges} der erfassten Energieanalysen ($n = 146$)

mit einem niedrigen Energieverbrauch. Das Arbeitsblatt DWA-A 216 [12] gibt zum Vergleich für Belebungsanlagen der GK 3 bis 5 ein niedrigeres 0,25-Quantil von rund 28 kWh/(E·a) an. Die „mittlere Belastung“ der Kläranlagen im DWA-Leistungsvergleich wird zum Beispiel in Baden-Württemberg allerdings aus Monatsmittelwerten der CSB-Konzentration und der Jahresabwassermenge anders berechnet als in den Energieanalysen über eine mittlere Anschlussgröße auf Basis der CSB-Tagesfracht im Zulauf. Aus diesem Grund ist bezüglich der spezifischen Stromverbräuche keine unmittelbare Vergleichbarkeit der beiden Datenquellen gegeben. Mit der Methode des DWA-Leistungsvergleichs werden in der Regel höhere Einwohner-

PROCON Technologies

ab 0,5 Nm³ volle Leistung

PROCON Technologies GmbH
 In der Schlenke 32
 59192 Bergkamen

Tel. +49 2306-984 80-0
 www.procon-technologies.de
 info@procon-technologies.de

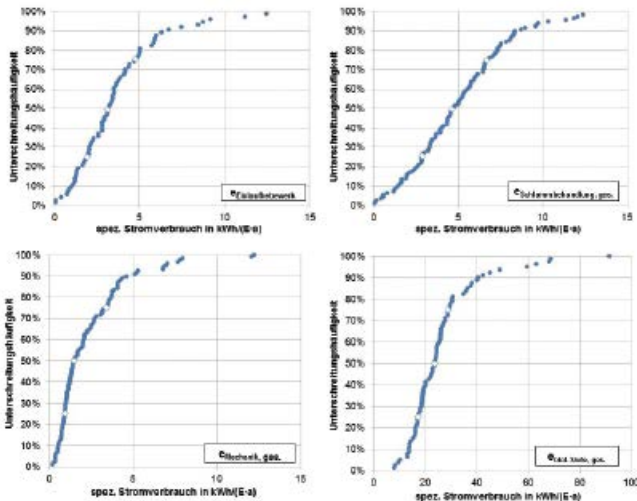


Abb. 4: Energieverbrauch nach Verfahrensgruppen (◇: Quartile und Median)

werte errechnet und damit bis zu 10 % niedrigere einwohner-spezifische Energiekennwerte.

3 Energieverbrauch nach Verfahrensgruppen

Der Energieverbrauch wurde für die Verfahrensgruppen Einlaufhebewerk, mechanische Reinigung, biologische Stufe und Schlammbehandlung näher betrachtet (Abbildung 4). Die Datensätze von 73 Kläranlagen mit Einlaufhebewerk ergaben ein 0,25-Quartil von 2,0 kWh/(E·a), der Median beträgt 3,2 kWh/(E·a). Der Energieverbrauch des Einlaufhebewerks ist jedoch standortspezifisch und sollte bei einem Vergleich mit anderen Kläranlagen grundsätzlich separat bewertet werden.

Die mechanische Reinigung umfasst die Verfahrensschritte Rechen, Sandfang und Vorklärung. Die Räumerantriebe weisen nur geringe Nennleistungen auf und werden vielfach getaktet betrieben. Größere Leistungswerte bestehen bei Sandfang-Gebäuden, Waschpressen und Fahrbahnheizungen. Es ergibt sich ein 0,25-Quartil aus 120 Datensätzen von 0,9 kWh/(E·a), der Median beträgt 1,5 kWh/(E·a).

Die biologische Stufe umfasst die Teilprozesse Belüftung, Durchmischung, interne Rezirkulation (IRZ) für die vorgeschaltete Denitrifikation und Förderung des Rücklaufschlammes (RLS). Sie stellt den maßgeblichen Stromverbraucher einer Kläranlage für elektrische Energie mit einem Anteil von 60 bis 70 % am Gesamtverbrauch dar [13]. Die nicht einbezogene Nachklärung ist mit Räumernantrieben und Fahrbahnheizungen demgegenüber in der Regel von untergeordneter Bedeutung. Die bei der biologischen Stufe eingesetzten technischen Aggregate weisen hohe Nennleistungen bei einem meist durchlaufenden, teilweise auch intermittierenden Betrieb auf. Zur Steigerung der Effizienz und für eine optimierte Regelung der einzelnen Prozessschritte werden vielfach Frequenzumformer eingesetzt. Ohne Stromzähler oder eine Archivierung der Frequenzgänge im Prozessleitsystem kann die Wirkarbeit in diesen Fällen nicht separat ermittelt werden. Insgesamt standen für diese Verfahrensstufe daher nur 80 vollständige Datensätze zur Verfügung, die für die biologische Stufe ein 0,25-Quartil von 17,4 kWh/(E·a) sowie einen Median von 23,9 kWh/(E·a) ergeben.

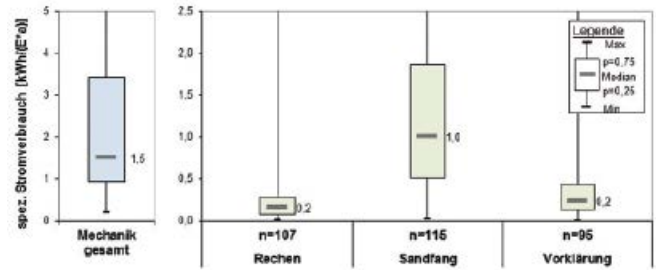


Abb. 5: Stromverbrauch innerhalb der Verfahrensgruppe mechanische Reinigung

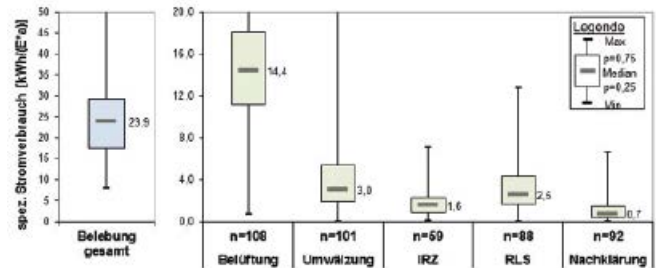


Abb. 6: Stromverbrauch innerhalb der Verfahrensgruppe biologische Stufe

Die Schlammbehandlung umfasst die Teilschritte Eindickung, Faulung und Entwässerung, sodass ein direkter Vergleich der Datensätze nur bedingt möglich ist. Der Energieverbrauch der Schlammbehandlung wird so zum Beispiel bei Anlagen mit Schlammfaulung aufgrund des vermehrten technischen Aufwandes höher ausfallen als bei Kläranlagen mit simultaner, aerober Stabilisation. Unter Vernachlässigung anlagenspezifischer Unterschiede ergibt sich ein 0,25-Quartil aus 115 Datensätzen von 2,9 kWh/(E·a), der Median beträgt 4,8 kWh/(E·a).

Die Summe der Verbrauchswerte für die vier Teilbereiche bildet nicht den spezifischen Gesamtstromverbrauch e_{ges} nach Abbildung 3 ab. Dies liegt zum einen daran, dass die weiteren Stromverbräuche für Hebewerke, Abluftbehandlung, Abwasserfiltration und Infrastruktur in den betrachteten Teilbereichen nicht enthalten sind. Zum anderen weisen die Kläranlagen spezifische Unterschreitungshäufigkeiten in den Verfahrensgruppen und -schritten auf, die sowohl von der verfahrenstechnischen Konzeption und der maschinentechnischen Ausrüstung der Kläranlage wie auch von der Situation des Gesamtsystems aus Kläranlage und Kanalnetz abhängen. So kann beispielsweise ein hoher Fremdwasseranteil durchaus niedrigere Energieverbräuche durch die Reduzierung bzw. Einstellung der internen Rezirkulation bedingen, ist aber gleichzeitig mit einem erhöhten Energieaufwand bei den Hebewerken verbunden.

4 Energieverbrauch einzelner Verfahrensgruppen und Verfahrensschritte

Der elektrische Energieverbrauch wurde für die mechanische Reinigung, die biologische Stufe und die Schlammbehandlung weiter in insgesamt zwölf Verfahrensschritte [Rechen, Sandfang, Vorklärung/Belüftung, Umwälzung, interne Rezirkulation, Rücklaufschlammförderung/Nachklärung/Voreindickung (VED), Faulung, Nacheindickung (NED) und Schlammentwässerung] untergliedert. Die Abbildungen 5 bis 7 fassen die Unterschreitungshäufigkeiten der Verfahrensschritte in Form von Box-Whis-

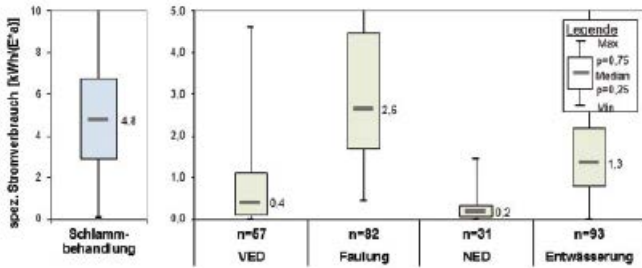


Abb. 7: Stromverbrauch innerhalb der Verfahrensgruppe Schlammbehandlung

ker-Plots zusammen. Die Höhe der Boxen spiegelt hierbei die Streubreite der Verbrauchswerte wider. Um eine geeignete grafische Darstellung zu ermöglichen, konnten die Maximalwerte nicht immer explizit angegeben werden. Die Diagramme ermöglichen es Betreibern, die auf der eigenen Kläranlage betriebenen Verfahrensschritte in ihrem Stromverbrauch einzuordnen und ein mögliches Einsparpotenzial direkt abzuleiten.

Die für eine Verbrauchsoptimierung relevanten Verfahrensschritte liegen nach der Auswertung bei den Teilschritten Sandfang, Belüftung, Umwälzung, Rücklaufschlammförderung, Schlammfäulung und -entwässerung. Das mit Abstand höchste Einsparpotenzial besteht bei der Belüftung, bei der mit der heute verfügbaren Technik spezifische Verbrauchswerte im Bereich von 10 kWh/(E·a) erreicht werden können. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass Energieanalysen immer nur Momentaufnahmen darstellen und sich der Energieverbrauch durch Alterung von Belüftungselementen oder Aggregateverschleiß sowie Belastungsänderungen in den Folgejahren anders darstellen kann. Die in Abbildung 6 erkennbaren, zum Teil noch niedrigeren Verbrauchswerte als 10 kWh/(E·a) sind kritisch zu hinterfragen, konnten jedoch im Rahmen des Projekts nicht nachgeprüft werden.

5 Bewertung der Energieeffizienz

Im Folgenden wird ein Bewertungskonzept vorgeschlagen, das den Medianwert ($p = 0,5$) und die Quartile ($p = 0,25$ bzw. $0,75$) als Grenzen für insgesamt vier Bewertungsklassen heranzieht [15]. Das Konzept ist damit als Benchmarking-Ansatz einzuordnen. Die Verbrauchszahlen wurden aufgrund der zu ge-

ringen Grundgesamtheit nicht weiter nach Größenklassen unterteilt. Es werden die Gesamtanlage, das Einlaufhebewerk, die Verfahrensgruppen und die zwölf Verfahrensschritte einzeln bewertet. Angegeben ist weiterhin der Verbrauch für Infrastruktur und sonstige elektrische Verbraucher, die keiner der Verfahrensgruppen zugeordnet werden können. In Ergänzung zum Energiecheck auf Basis der energetischen Kennzahlen des DWA-A 216 [12] ermöglicht Tabelle 1 eine schnelle und detaillierte Einordnung der Kläranlage und ihrer Teilprozesse nach folgenden Bewertungsklassen:

- Kläranlagen und Anlagenteile mit Kennzahlen oder spezifischen Verbrauchswerten unterhalb des 0,25-Quartils werden als **energetisch optimiert** eingestuft. Dies bedeutet nicht, dass diese Anlagen insgesamt oder in einzelnen Verfahrensschritten kein Optimierungspotenzial aufweisen können. Sie spiegeln aber den gegenwärtig in der Praxis erreichbaren Energieverbrauch wider. Zur weiteren Optimierung sollte nach DWA-A 216 [12] jährlich ein Energiecheck durchgeführt werden.
- Kläranlagen und Anlagenteile mit einem Energieverbrauch unterhalb des Medianwertes werden als **energetisch günstig** eingestuft. Es wird aber die Durchführung einer Energieanalyse nach DWA-A 216 [12] empfohlen, da ein erkennbares Optimierungspotenzial vorliegt. Erkannte Maßnahmen sind in regelmäßigen Abständen auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Eine Umsetzung von Maßnahmen ist zu dokumentieren, um die resultierende Energieeinsparung im Nachgang bewerten zu können.
- Kläranlagen und Anlagenteile mit einem Verbrauch zwischen dem Median und dem 0,75-Quartil werden als **energetisch weniger günstig** kategorisiert und sollten grundsätzlich zeitnah eine Energieanalyse durchführen. Es besteht ein erhöhtes Optimierungspotenzial. Es wird eine verdichtete Beprobung des Zulaufs zur Überprüfung der relevanten Belastung auf Basis der mittleren CSB-Fracht empfohlen. Für größere, gegebenenfalls auch FU-getriebene Verbraucher wie Gebläse und Pumpen sollten Strommessgeräte nachgerüstet werden. Eine Umsetzung von Maßnahmen ist zu dokumentieren, um die resultierende Energieeinsparung im Nachgang bewerten zu können.
- Kläranlagen und Anlagenteile mit Verbrauchswerten oberhalb des 0,75-Quartils werden als **energetisch ungünstig**

Geruchsbehandlung / Abluftbehandlung

NEUTRALOX® - Photoionisation

Hocheffektiv, einfach und dauerhaft.
Geringer Betriebs- und Wartungsaufwand.
Für Geruchsprobleme im Kläranlagenbereich.

NEUTRALOX® Umwelttechnik GmbH

Löhestrasse 63, 53773 Hennef (Sieg)
Tel. 0 22 42 / 913 64 – 0

info@neutralox.de
www.neutralox.de



Neutralox Photoionisation ... und die Luft ist rein.

Verfahrensgruppe	spezifischer Stromverbrauch [kWh/(E×a)]			
	Anzahl	Quantile		
		p = 0,25	Median	p = 0,75
Gesamtanlage	n = 146	31,5	39,0	50,2
Einlaufhebewerk	n = 73	2,0	3,2	4,8
Mechanik gesamt	n = 120	0,9	1,5	3,4
Rechen	n = 107	0,1	0,2	0,3
Sandfang	n = 115	0,5	1,0	1,9
Vorklärung	n = 95	0,1	0,2	0,4
Fällmitteldosierung	n = 79	0,03	0,05	0,11
biologische Stufe gesamt	n = 80	17,4	23,9	29,3
Belüftung	n = 108	11,2	14,4	18,1
Umwälzung	n = 101	1,9	3,0	5,4
Rezirkulation	n = 59	0,8	1,6	2,3
Rücklaufschlammförderung	n = 88	1,7	2,5	4,4
Nachklärung	n = 92	0,4	0,7	1,5
Schlammbehandlung gesamt	n = 115	2,9	4,8	6,8
Voreindickung	n = 57	0,1	0,4	1,1
Schlammstabilisierung/Faulung	n = 82	1,7	2,6	4,5
Nacheindickung	n = 31	0,05	0,17	0,33
Schlammmentwässerung	n = 93	0,8	1,3	2,2
Infrastruktur	n = 20	1,2	2,3	4,7
energetisch optimierte Kläranlage		< 25,0¹⁾		

¹⁾ Summe der 0,25-Quantilswerte aller Verfahrensschritte

Tabelle 1: Beispiele für Quantilswerte für die energetische Einordnung von Gesamtanlage, Verfahrensgruppen und -schritten (basierend auf der Auswertung von Energieanalysen)

eingestuft und bedürfen einer vollständigen verfahrenstechnischen wie auch energetischen Überprüfung zur Erforschung der Ursachen für den signifikant überhöhten Energieverbrauch. Basierend auf der Ursachenermittlung kann dann beurteilt werden, ob besondere Einflüsse zu dem erhöhten Energiebedarf führen oder welches Potenzial zur Verbesserung der Situation besteht.

Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Energieanalysen aus Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen zusammen und leitet daraus einen elektrischen Gesamtverbrauchswert von unter 25 kWh/(E·a) für die energetisch optimierte Kläranlage als Summe der 0,25-Quantile ab (Best-practice-Anlage). Die Auswertung der realen Gesamtverbrauchsdaten mit einem Verbrauchswert von 31,5 kWh/(E·a) (0,25-Quantil) weist damit ein theoretisches Optimierungspotenzial von bis zu 20 %, bezogen auf den Ist-Zustand aus. Bei dieser vereinfachten Betrachtung sind allerdings die unterschiedliche Anzahl an Datensätzen und die Verteilung in den Verfahrensgruppen zu beachten. Grundsätzlich werden die Ergebnisse jedoch durch das in den ausgewerteten Energieanalysen festgestellte Optimierungspotenzial bestätigt [13].

6 Zusammenfassung

Die Energiekennzahlen, die aus einer statistischen Auswertung von Datensätzen aus durchgeführten Energieanalysen abgeleitet wurden, ermöglichen eine weiterführende Bewertung von

Abwasserreinigung und Schlammbehandlung nach Verfahrensgruppen und Verfahrensschritten. In allen untersuchten Teilbereichen zeigt sich eine deutliche Spreizung der Verbrauchswerte, die ein entsprechendes Optimierungspotenzial bei den erfassten Kläranlagen aufzeigt. Der als theoretischer Wert abgeleitete spezifische Gesamtverbrauch von 25 kWh/(E·a) kann als Best-practice-Wert eingestuft werden. Er stellt den heute erreichbaren Standard, nicht jedoch die beste verfügbare Technik dar. Insofern kann auch bei Kläranlagen mit einem niedrigeren Verbrauchswert in Abhängigkeit von den spezifischen Randbedingungen noch ein weiteres Optimierungspotenzial bestehen.

Das entwickelte Bewertungssystem kann von Betreibern für eine einfache und direkte Einordnung der eigenen Kläranlage eingesetzt werden. Hierüber erkannte Defizite können im Zuge einer Energieanalyse nach DWA-A 216 [12] detailliert untersucht werden, und es können gegebenenfalls Maßnahmen zur Verbesserung der Verbrauchssituation erarbeitet und umgesetzt werden. Bei allen Überlegungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Kläranlagen behält jedoch die sichere Einhaltung der geforderten Ablaufqualität oberste Priorität. Der Gewässerschutz hat stets Vorrang vor wirtschaftlichen Optimierungen einer Kläranlage.

Dank

Das Projekt „Energiepotenzialstudie für die kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg“ [13] wurde vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg öffentlich gefördert.

Literatur

[1] Kunz, P., Müller, A.: Ergebnisse von Stromverbrauchsmessungen in kleineren und mittelgroßen Kläranlagen, *Korrespondenz Abwasser* 1986, 33 (5), 406–415

[2] Müller, E. A., Thommen, R.; Stähli, P.: *Energie in ARA (Abwasserreinigungsanlagen)*, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1994

[3] Brockhaus, S.: *Untersuchungen zur Optimierung von Kläranlagen unter besonderer Berücksichtigung des Energiebedarfs von Anlagen bis zu einer Ausbaugröße von 20.000 Einwohnern*, Dissertation, Universität Rostock, 2003, erschienen in der „Schriftenreihe Umweltingenieurwesen der Universität Rostock

[4] *Innovative Energiekonzepte für Kläranlagen*, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Bd. 191, Universität Stuttgart, 2007

[5] *Energieeffiziente Abwasserbehandlung*, Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München, 2008

[6] *Klimaschutz und Energiewende – Welchen Beitrag liefert der Abwassersektor?*, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Bd. 65, Ruhr-Universität Bochum, 2013

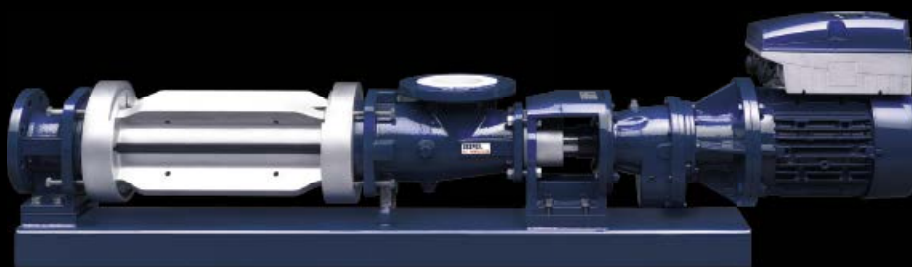
[7] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL): *Handbuch Energie in Kläranlagen*, Düsseldorf, 1999

[8] Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz: *Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen*, Mainz, 2007

[9] Haberkern, B., Maier, W., Schneider, U.: *Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen*, Forschungsbericht

SEEPEX.
ALL THINGS FLOW

**MEHR EFFIZIENZ.
SMART CONVEYING TECHNOLOGY.**



SEEPEX gehört zu den weltweit führenden Spezialisten im Bereich innovativer Pumpentechnologie mit Exzentrerschneckenpumpen, Maceratoren und Steuerungssystemen. Unsere Smart Conveying Technology (SCT) steht für die intelligente Spitzentechnologie unserer Exzentrerschneckenpumpen.

- Druck: bis zu 8 bar
- Produktivität und Effizienz: deutlich erhöht
- Wartung: einfach und schnell
- Energiebedarf: deutlich reduziert
- Stillstandzeit: drastisch reduziert
- Lebenszykluskosten: erheblich gesenkt
- Lebensdauer von Rotor und Stator: um bis zu 200 % verlängert



SEEPEX GmbH
T +49 2041 996-0
www.seepex.com

- 205 26 307, UBA-FB 001075, Umweltbundesamt, Dessau-Röblau, 2008
- [10] *Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen*, DWA-Landesverband Baden-Württemberg, Stuttgart, 2008
- [11] Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV): *Arbeitshilfe zur Verbesserung der Energieeffizienz von Abwasserbehandlungsanlagen. Anforderungen an die Planung und Durchführung*, Wiesbaden, 2011
- [12] Arbeitsblatt DWA-A 216: *Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen*, Hennef, 2015
- [13] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: *Leitfaden Energieeffizienz auf Kläranlagen*, Stuttgart, 2015, <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/leitfaden-energieeffizienz-auf-klaeranlagen>
- [14] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MKULNV): *Verbesserung der Klärgasnutzung, Steigerung der Energieausbeute auf kommunalen Kläranlagen (TP2)*, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Energie und Klimaschutz“. Düsseldorf, 2014
- [15] Steinmetz, H., Reinhardt, T., Meyer, C., Gasse, J., Maier, W., Poppe, B., Baumann, P., Morck, T., Kolisch, G., Taudien, Y.: *Energiepotenzialstudie für die kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg*, Endbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2015
- Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2, 70569 Stuttgart*
- Dr.-Ing. Gerd Kolisch
Dipl.-Ing. Yannick Taudien
Wuppertalverbands-Gesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH
Untere Lichtenplatzer Straße 100
42289 Wuppertal*
- Prof. Dr.-Ing. Heidrun Steinmetz
TU Kaiserslautern
Fachgebiet Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung
Paul-Ehrlich-Straße 14, 67663 Kaiserslautern*
- Dr.-Ing. Tobias Morck
Weber-Ingenieure GmbH
Bauschlotter Straße 62, 75177 Pforzheim*
- Prof. Dr.-Ing. Peter Baumann
Hochschule für Technik Stuttgart
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft
Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart*

Autoren

*Dr.-Ing. Juliane Gasse
Dipl.-Ing. Tobias Reinhardt
Dipl.-Ing. Carsten Meyer*

*Dr.-Ing. Werner Maier
Dr. rer. nat. Birgit Poppe
iat-Ingenieurberatung GmbH
Friolzheimer Straße 3a, 70499 Stuttgart*

KA

Beilagenhinweis



Bitte beachten Sie die Beilagen in dieser Ausgabe

- | DWA, 53773 Hennef
 - ZKS-Berater 2017/2018
 - Neuerscheinungen Juni bis September 2017
 - Portal Wasserwirtschaft online
- | Institut für Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, 52074 Aachen
 - Aachener Kolloquium für Abfall- und Ressourcenwirtschaft

www.dwa.de/mediadaten



60.000 gute Gründe für Ihre Werbung!

Anzeigenkombi DWA-Veranstaltungsprogramm & -Publikationsverzeichnis 2018

- | Jahresprogramme mit allen Veranstaltungen bzw. Publikationen und Softwareprodukten der DWA
- | Kombi-Auflage: 60.000 Exemplare
- | Erscheinungstermin: Januar 2018 | Anzeigenschluss: >> 29.09.17 (Kombi) <<

Wir beraten Sie gern: Monika Kramer, +49 2242 872-130, kramer@dwa.de, Mediadaten: www.dwa.de/mediadaten