

Energetische Kennwerte vs. Bemessung nach Arbeitsblatt A 131

Dr.-Ing. Gerhard Seibert-Erling

*13. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium
am 17.10.2012 in Köln*

1. Einleitung

Im Rahmen unterschiedlicher Untersuchungen auf Kläranlagen wie Energieanalysen, die Überprüfung von Belüftungssystemen und der Erstellung von Konzepten zur betrieblichen Optimierung konnten interessante Ergebnisse verbunden mit beträchtlichen Energieeinsparungen erzielt werden [1]. Eine durchweg erfolgreiche Methode zur Effizienzsteigerung ist dabei der Austausch vorhandener Aggregate gegen solche mit geringerer und an die tatsächliche Belastung oder den Bedarf angepasste Baugröße. Das gilt vor allem für Pumpen, Belüftungssysteme bzw. Verdichter und Umwälzaggregate, also gerade für die Aggregate, die den größten Teil des Stromverbrauchs auf Kläranlagen ausmachen.

Man hätte erwarten können, dass diese im Grunde erfreuliche Entwicklung sich bei der Erweiterung und dem Umbau von Kläranlagen niederschlagen würde. Dieser Effekt ist nur teilweise eingetreten. Vielmehr hat sich bei mehreren in der letzten Zeit durchgeführten Projekten, bei denen beispielsweise Energieanalysen begleitend zu Umbau- oder Erweiterungsplanungen durchgeführt wurden, dass zwar neue hoch effiziente Aggregate vorgesehen werden; ihre Auslegung orientiert sich aber nicht selten an den ursprünglichen Aggregaten. Überprüft man dann weiterhin die Grundlagen (Entwurf, Erläuterungsbericht, klärtechnische Berechnung), dann zeigt sich, dass die Aggregate nicht selten nach der gleichen Bemessung ansetzen wie sie zuletzt vor 20 Jahren ausgelegt worden sind.

Das Standardwerk zur Bemessung von Kläranlagen ist bekanntlich das Arbeitsblatt A 131 der

DWA. Weil zu einer vollständigen Planung eigentlich auch eine Prognose des Energieverbrauchs benötigt wird, finden sich in den Entwürfen in der Regel Verbraucherlisten mit Angaben zur Leistung und zur Einschaltdauer wieder. Aus diesen Werten ergibt sich dann der Verbrauch eines Aggregates und durch Summierung der prognostizierte Gesamtverbrauch der Kläranlage. Daraus lässt sich dann der zu erwartende spezifische Stromverbrauch bestimmen und mit den aus Handbüchern [2] oder Studien [3] bekannten energetischen Kennwerten (Zielwerte, Richtwerte, Toleranzwerte) vergleichen.

Bei einer heute durchgeführten Planung sollte man nun erwarten, dass der prognostizierte Energieverbrauch im Bereich der Idealwerte liegt. In der Praxis wird dieser Wert teilweise deutlich verfehlt; nicht selten liegt der berechnete Energieverbrauch sogar deutlich über dem Richtwert. Für die energetische Effizienz ist eine so durchgeführte Auslegung äußerst nachteilig, weil nicht nur die Aggregate, sondern auch die zugehörige Ausrüstung (Rohrleitungen, Messgeräte, Regulierverschieber) zu groß ausgelegt werden und im Teillastbereich dann nur mit erhöhtem Verbrauch betrieben werden können. Interessant ist an dieser Problematik, dass die Ermittlung der energetischen Kennwerte bei den bekannten Handbüchern und Studien eigentlich auf dem Arbeitsblatt A 131 aufbaut. Folglich stellt sich die Frage nach den Ursachen für die nicht unerheblichen Diskrepanzen. In dem vorliegenden Beitrag soll die Situation beleuchtet und an Beispielen aus der Praxis dargestellt werden. Anhand ausgewählter Fragestellungen

werden dann die zugrunde liegenden Ansätze und Berechnungsgleichungen überprüft.

2. Bemessung von Kläranlagen

Die Bemessung von Kläranlagen erfolgt üblicherweise nach dem DWA-Arbeitsblatt A 131. Dieses ist Bestandteil des technischen Regelwerkes und somit bei entsprechenden Planungen verbindlich anzuwenden. Der Gliederung des Arbeitsblattes entsprechend enthält es eine Beschreibung des Reinigungsverfahrens und den Ablauf der Bemessung, die Bemessungsgrundlagen, die eigentliche Bemessung von Belebungs- und Nachklärbecken und im Nachgang dazu Hinweise auf planerische und betriebliche Aspekte. So gesehen beschränkt sich der Inhalt auf das Wesentliche. Ausgehend von der Ermittlung der Belastungswerte werden die maßgeblichen verfahrenstechnischen Größen (Schlammalter, etc.) festgelegt. Daraus leitet sich die Wahl des Reinigungsverfahrens ab. Wenn dieses bekannt ist, können die erforderlichen Reaktor- oder Beckenvolumina ermittelt werden. Das nächste Arbeitspaket beinhaltet dann die Bemessung der Nachklärung. Weil hier als wesentliche Auslegungsgrößen der Durchfluss, die Schlammkonzentration und die Schlammeigenschaften (Schlammindex) eingehen, muss die Kombination von Belebungs- und Nachklärung in der Regel in iterativen Berechnungsschritten aufeinander abgestimmt werden.

Die enthaltenen Berechnungsgleichungen konzentrieren sich für die Belebungsbecken auf die Ermittlung der bestimmenden geometrischen Größen (Gesamtvolumen, Teilvolumina für DN und N, ggf. aerober Selektor) und für die Nachklärung auf die Bestimmung der für die Strö-

mungsverhältnisse maßgebenden Oberfläche und der Tiefe sowie der für den bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlichen Zoneneinteilung ($h_1 \dots h_4$).

Eine weitere für das Belebungsverfahren bestimmende Auslegungsgröße ist die erforderliche Sauerstoffzufuhr. Die Berechnungsgleichungen berücksichtigen die Zulaufbelastung, die Temperatur und die Schlammeigenschaften. Als Ergebnis erhält man zunächst den Sauerstoffverbrauch bei der mittleren stationären Belastung. Belastungsschwankungen werden durch entsprechende Stoßfaktoren berücksichtigt. Weil bei der Festlegung der Stoßfaktoren nur repräsentative Belastungen berücksichtigt werden können, der Sauerstoffverbrauch sich tatsächlich aber unmittelbar durch die aktuelle Belastung einstellt, wird darauf hingewiesen, dass die Sauerstoffzufuhr für alle maßgebenden Belastungszustände zu ermitteln ist.

Weil gerade die Ermittlung des Sauerstoffbedarfs in der Vergangenheit oft zu erheblichen Überdimensionierungen der Belüftungseinrichtungen geführt hat, wurden im Zuge der letzten Novellierung des Arbeitsblattes Anpassungen vorgenommen.

Insgesamt hat sich das Arbeitsblatt in den letzten 20 Jahren in der Anwendung bewährt. Vor allem wird durch die Beschränkung auf die wirklich essentiellen Auslegungsgrößen eine hohe Planungssicherheit gewährleistet. Für die Planung von Kläranlagen ergibt sich durch diese enge Abgrenzung eine große Bandbreite für den Bearbeitungsumfang. Auf der einen Seite kann man sich eng an dem Arbeitsblatt orientieren und nicht mehr tun als dort beschrieben ist. An-

dererseits lässt das Arbeitsblatt genügend Freiraum für die Ausgestaltung einer Anlage und schränkt die planerischen Spielräume nicht unnötig ein.

In einer Veröffentlichung im Zuge der letzten Novellierung hat Meyer diese zweiseitige Anforderung wie folgt auf den Punkt gebracht: „Man kann natürlich vielerlei Varianten berechnen und bewerten. Es ist jedoch kaum eine Anlage in der Realität zu finden, die sich nach den vorgegebenen Berechnungsalgorithmen verhält.“ [4]. Nach seiner Auffassung liefert das Arbeitsblatt in Bezug auf die realen betrieblichen Verhältnisse vor allem ein Gefühl für Tendenzen und die Empfindlichkeit der einzelnen Parameter. In diesem Sinne haben sich auch dynamische Simulationen in den letzten 20 Jahren als Werkzeug zur Unterstützung bei Planung und Betrieb etabliert. Dieses Instrument ermöglicht es dem Anwender außerdem, die ansonsten nicht messbaren Zustandsgrößen des Systems bei unterschiedlichen Lastfällen zu betrachten. Gleichwohl sollte auch hier niemand erwarten, dass sich sein Modell genauso verhält wie eine reale Anlage. Wer schon einmal eine Kläranlage simuliert hat oder bei der Beschaffung der Modellparameter mitgewirkt hat, der kann einschätzen, mit welchen Unsicherheiten die Berechnungen behaftet sind.

Gerade weil die Abbildung der realen Welt auf ein Berechnungsmodell - sei es das Arbeitsblatt oder ein Simulationsmodell - nicht ganz einfach ist und eine gewisse Erfahrung voraussetzt, gibt es eine ganze Reihe von Hilfestellungen in Form von Veröffentlichungen, Merkblättern etc. zur Unterstützung bei der Anwendung [5]. Deren

Benutzung kann nur nachdrücklich empfohlen werden, weil gerade hier viele Erfahrungen aus der langjährigen Praxis festgehalten sind.

In Bezug auf die hier zur Diskussion stehende energetische Situation hält sich das Arbeitsblatt A 131 sehr bedeckt. Salopp gesagt kommen die physikalischen Einheiten W und kWh im Verzeichnis der Kurzzeichen nicht vor. Das Thema Energie ist im Arbeitsblatt ausgeblendet, nicht nur im vorderen Teil mit den Berechnungen, sondern auch bei den Hinweisen für Planung und Betrieb. Dabei spielt der Energieverbrauch bei der Abwasserreinigung schon eine wichtige Rolle, vor allem mit Blick auf die immer weiter steigenden Energiepreise; er kann mit dem Blick auf Membrananlagen sogar das ausschlaggebende Kriterium für die Verfahrenswahl sein. Unter diesen Voraussetzungen könnte man schon die Frage stellen, ob sich das Arbeitsblatt unbedingt auf die bauingenieurlichen Belange beschränken oder besser einigeln muss. Die jetzige Situation hat auf der anderen Seite den Vorteil, dass sich das Arbeitsblatt aus diesem Thema heraushält und Freiräume schafft, die zwischenzeitlich u. a. mit dem Handbuch Energie NRW durchaus qualifiziert besetzt werden konnten.

3. Energetische Kennwerte

Energetische Betrachtungen für Kläranlagen wurden schon sehr früh etwa in den 1970er Jahren durchgeführt. Seinerzeit war es üblich, den gesamten Stromverbrauch entweder auf die Abwassermenge oder den Ausbau-Einwohnerwert zu beziehen. Als Kennwerte zum Vergleich von Kläranlagen sind diese Werte aber nicht geeignet, weil gerade die energieein-

tensiven Prozesse nur bedingt von den genannten Bezugsgrößen abhängen. Anfang der 90er Jahre wurde in der Schweiz mit dem Aufbau einer differenzierten Systematik begonnen, die die Grundlage für das erste Handbuch Energie in der Schweiz war. Die Weiterentwicklung erfolgte dann 1999 in Form des Handbuches Energie NRW, welches auch heute noch als Standard gilt, zumindest in Bezug auf die Abbildung der realen Anlage auf eine Modellanlage und die systematische Durchführung einer Energieanalyse. Die seinerzeit festgelegten Kennzahlen sowohl für die Gesamtanlage als auch für die einzelnen Teilanlagen der Modellanlage sind aufgrund des technischen Fortschrittes mit der Folge von zum Teil deutlichen Effizienzverbesserungen nicht mehr zutreffend.

Hier besteht im Grunde genommen ein Handlungsbedarf, wenn das Handbuch Energie NRW weiterhin eine gewissermaßen normative Rolle behalten soll. Insofern wäre es wünschenswert, dass sich das nordrhein-westfälische Umweltministerium als der Herausgeber an dieser Stelle entsprechend engagieren würde. Weil dies bislang nicht geschehen ist, bleibt nur der Verweis auf inoffiziell gehandelte Kennwerte oder Fachveröffentlichungen, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen [6, 7].

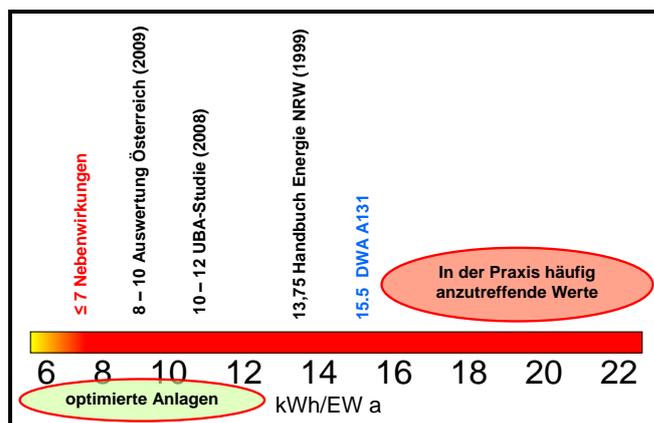


Abbildung 1: Energetische Kennwerte für die Belüftung

Am Beispiel der Belüftung lässt sich die Problematik der Weiterentwicklung von Kennwerten verdeutlichen. Die aus der Literatur bekannten Werte und eigene Erfahrungswerte sind in Abbildung 1 dargestellt. Orientierungspunkt ist zunächst der Wert aus dem Handbuch NRW mit 13,75 kWh/(EW a). In der sog. UBA-Studie wurde knapp 10 Jahre später ein Bereich von 10 - 12 kWh/(EW a) angegeben. Ein Jahr später wurde die Auswertung einer umfassenden Studie aus Österreich veröffentlicht mit noch günstigeren Werten von 8 - 10 kWh/(EW a). Aus der nicht unbeträchtlichen Anzahl selbst durchgeführter Analysen lässt sich ein Bereich zwischen 7 - 11 kWh/(EW a) ableiten. Allerdings ist zu beachten, dass besonders günstige Werte oft nur erreicht werden, in dem die Belüfterelemente an ihrem unteren Auslegungspunkt oder darunter betrieben werden. Das kann jedoch sehr schnell zu unerwünschten Nebenwirkungen, vornehmlich zum Zusetzen der Belüfter führen. Die Freude über die günstigen Energieverbräuche währt deshalb möglicherweise nur kurz. Der durch diese Auslegung und Betriebsweise entstehende Schaden ist in der Regel weitaus größer als die erzielten Einspa-

rungen. Beim Vergleich von Ergebnissen werden solche „Erfahrungen“ von den Sparfüchsen gerne verschwiegen. In der Tendenz lässt sich festhalten, dass unter üblichen anlagentechnischen Randbedingungen für die Belüftung Werte unter 10 kWh/(EW a) der Maßstab sein sollten. Beim Wettrennen um noch günstigere Werte muss das Auge auf die teilweise unerwünschten Nebenwirkungen gerichtet sein, die sich zu meist nur schleichend bemerkbar machen. Regelmäßige betriebliche Kontrollen sind hierzu unerlässlich.

Blickt man auf die rechte Seite des Zahlenstrahls, dann findet sich bei einem Wert von 15,5 W/EW a eine Auslegung nach dem Arbeitsblatt A 131 wieder, bei der aber Sicherheiten und Zuschläge, wenn überhaupt, in der geringst möglichen Größe eingesetzt worden sind. Oberhalb dieses Wertes im Bereich von 16 - 22 kWh/EW a liegt dann der Bereich, in dem sich die meisten Kläranlagen in einem nicht optimierten Zustand wiederfinden.

In gleicher Weise lassen sich Betrachtungen für die Umwälzung von Schlamm und für das Fördern von Abwasser/Schlamm durchführen. Die Auslegung von Umwälzaggregaten wurde lange Zeit alleine nach dem Energieeintrag vorgenommen. Im Arbeitsblatt A 131 wurde noch Anfang der 90er Jahre ein Wert von 3 - 8 W/m³ vorgegeben. Später wurde dieser Wert im Zuge der Novellierung des Arbeitsblatts auf 1,5 - 3 W/m³ reduziert. An dieser Angabe orientiert sich die Auslegung bis heute. Mit modernen und energieeffizienten Aggregaten lassen sich bei gleichzeitiger optimierter hydraulischer Anord-

nung aber durchaus Werte von 0,8 - 1,2 W/m³ erreichen.

Für die übrigen Prozesse, Aggregate und Teilanlagen kann in gleicher Weise eine systematische Aufarbeitung und Aktualisierung vorgenommen werden.

4. Beispiele aus der Praxis

Für eine Kläranlage, mit einer Ausbaugröße von ca. 100.000 EW wurde kürzlich eine Energieanalyse erstellt. Die Durchführung erfolgte etwa zeitgleich zur Inbetriebnahme nach einem Umbau und einer Erweiterung der biologischen Stufe. Das Belüftungssystem wurde umfassend erneuert und auf die veränderten Belastungsverhältnisse angepasst. Die Auslegung basiert auf einem Genehmigungsentwurf nach dem Arbeitsblatt A 131. Auf die Ermittlung der Belastungsverhältnisse und die Vorgehensweise bei der Planung soll hier nicht weiter eingegangen werden. Die Ursachenforschung kann durchaus später noch betrieben werden. Interessant für die in diesem Beitrag anzustellende Betrachtung ist zunächst das Ergebnis in Form eines Vergleichs zwischen der Auslegung und den nach der Inbetriebnahme vorgefundenen Verhältnissen. Die im Rahmen der Energieanalyse ermittelten Ergebnisse für den Teilbereich der Belüftung sind im Folgenden kurz dargestellt.

Zunächst fiel bei der Aufstellung der Verbrauchermatrix der äußerst günstige Wert für die Belüftung von ca. 6 kWh/EW a auf. Eine detaillierte Analyse der wesentlichen Prozessgrößen (Luftmengen, Druck, etc.) ergab dann eine sehr niedrige Beaufschlagung der Belüfter, zeitweise deutlich unterhalb der vom Hersteller angegebenen Mindestbeaufschlagung. Daraus erklärt

sich die hohe Effizienz. Für die Druckluftherzeugung waren fünf Gebläse mit einer elektrischen Antriebsleistung von jeweils 110 kW vorgesehen, insgesamt somit 550 kW einschl. Reserve. Der gemessene Leistungsbedarf liegt im Bereich von 60 - 80 kW. Von den fünf Gebläsen waren also regelmäßig nur eines oder zwei, selten drei in Betrieb. Weil sich die Belastungssituation so eingependelt hat, dass die größte Häufigkeit in Bezug auf den Sauerstoff- bzw. Luftbedarf genau im Übergangsbereich zwischen einem und zwei Gebläsen liegt, kommt es zu häufigen Schaltvorgängen. Wenn man weiterhin die Effizienz in Form der Gebläsekennlinie betrachtet, dann ergibt sich auch hier eine ungünstige Situation, weil der optimale Betriebspunkt in einem Bereich liegt, der nur selten angefahren wird.

- Belastungsschwankungen berücksichtigt, hätte in der Planungsphase beim Aufsetzen der energetischen Brille auffallen müssen, dass die Größenordnung nicht stimmen kann.
- Wenn man den Berechnungsweg umkehrt und von einem spezifischen Verbrauch von 10 kWh/EW a ausgeht, ergibt sich eine Gebläseleistung von 114 kW als Mittelwert.
- Als interessante Vorgehensweise hat sich herausgestellt, die Gebläseleistung ausgehend von den energetischen Kennwerten vorzunehmen und ausreichende Platzreserven zu lassen, um die Gruppe der Verdichter dann erst nach erfolgter Inbetriebnahme so zu ergänzen, dass nicht

nur die Gesamtleistung angepasst ist, sondern auch die Staffelung im Sinne einer besten Wahl in Bezug auf die Gebläsekennlinien.

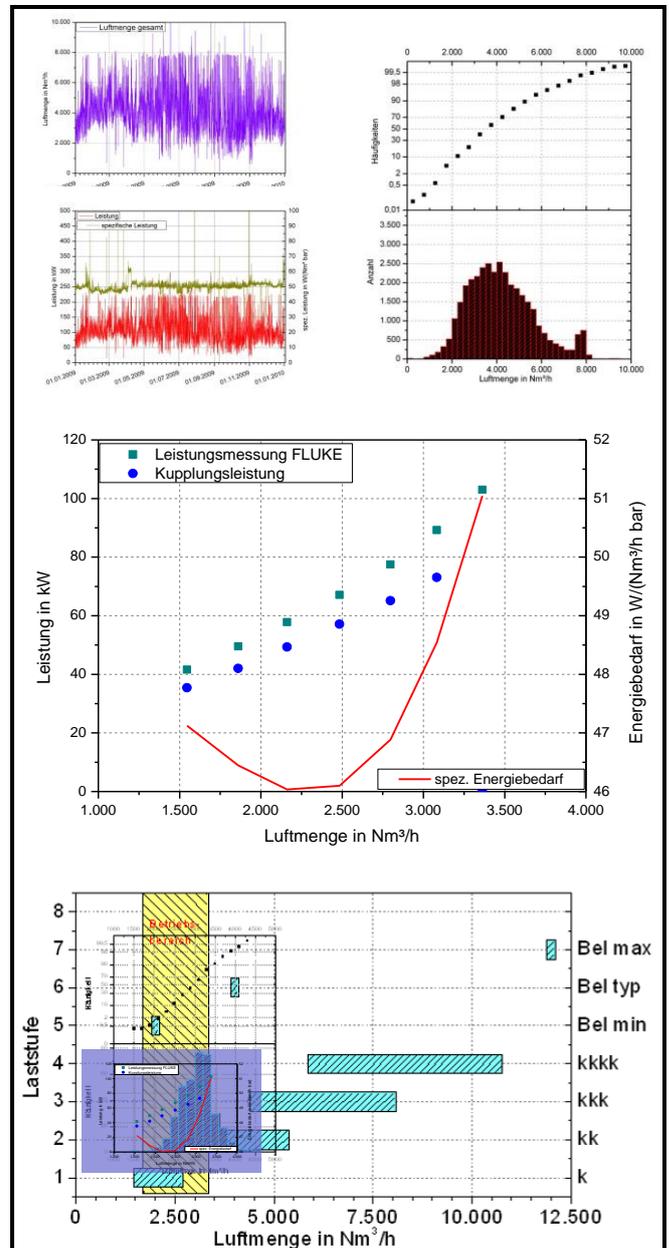


Abbildung 2: Analyse der Belastungsdaten des Belüftungssystems einer Kläranlage

Natürlich kann man streng genommen so keine Gebläseauslegung vornehmen. Betrachtet man aber die heute üblichen Berechnungen, die den „richtigen“ Weg über das Arbeitsblatt A 131 nehmen, dann sind die Freiräume für den Ein-

bau von Sicherheiten und Risiken groß und die Planer tendieren in diesem Punkt (leider) immer (noch) dazu, die freien Parameter zu maximieren.

5. Schlussfolgerung und Ausblick

Bei einer Auslegung nach dem Arbeitsblatt A 131 fallen die Aggregate, insbesondere für Belüftung und Umwälzung, immer noch sehr großzügig aus, obwohl in der letzten Novellierung bereits entsprechende Anpassungen vorgenommen wurden. Zudem wird in einer Reihe von Merkblättern und Richtlinien auf die Problematik hingewiesen. Fachveröffentlichungen dazu liegen ebenfalls in reichlichem Umfang vor.

Wieso es trotzdem nicht gelingt, hier eine ausgleichende Linie zu finden, ist eine spannende Frage. Möglicherweise gibt es bei den Planungsbüros immer noch eine Kluft zwischen den konservativen Ingenieuren und denjenigen, die sich der energetischen Optimierung widmen. Es kann aber auch sein, dass in einer Planungsphase, und besonders dann, wenn eine genehmigungsrechtlich relevante Fragestellung vorliegt, die Tendenz zu maximaler Sicherheit geht, weil keiner ein unnötiges Risiko übernehmen will. Eine heikle Frage ist schließlich noch, ob die Schaffung energieeffizienter Lösungen nicht auch durch die Anwendung der HOAI behindert wird. Derzeit wird an der Aufklärung dieser Fragen gearbeitet.

Zumindest im technischen Bereich ist dabei schon herausgekommen, dass in den üblichen Bemessungsregeln für die Auslegung von Verdichtern pauschale Aufschläge enthalten sind, hinter denen sich wiederum Wirkungsgradan-

nahmen verbergen, die heute überholt sind. Derartige Unzulänglichkeiten lassen sich relativ schnell beseitigen.

Die Schaffung eines Bewusstseins für energieeffiziente Lösungen hingegen bedarf einer längeren Einwirkungszeit, vor allem wenn dieses im Wettbewerb mit dem Sicherheitsempfinden einer Genehmigungsbehörde und den an die Herstellkosten gebundenen Planungshonoraren von Ingenieurbüros steht. Hier sind die Betreiber der Kläranlagen vielleicht gefordert, über neue Planungsvorgaben nachzudenken und auf diese Weise einen Ausgleich herbeizuführen. Der dafür notwendige Druck wird sich ohnehin in den nächsten Jahren über die steigenden Energiepreise aufbauen.

Literatur

- [1] Seibert-Erling, G., Etes, T.: Praktische Umsetzung von Energiemaßnahmen, Beitrag zum 11. Kölner Kanal- und Kläranlagenkolloquium am 30.09.2012, Köln
- [2] Müller, E.A., Kobel, B., Pinnekamp, J., Seibert-Erling, G., Schaab, R., Böcker, K.: Handbuch Energie in Kläranlagen NRW, Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1999
- [3] Haberkern, B., Maier, W., Schneider, U.: Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen, Forschungsbericht, Hrsg.: Umweltbundesamt, März 2008
- [4] Meyer_2000/ Meyer, N.: Bemessung von Belebungsanlagen, Hrsg.: KA Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 47, Nr. 9, Wiesbaden 2000
- [5] Menn, K.: Bemessung kommunaler Kläranlagen, Hrsg.: LUA (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen), Essen 2005
- [6] Lindtner, S.: Energieautarke Kläranlage – Wunschtraum oder Wirklichkeit? Erfahrungen aus der österreichischen Praxis, erschienen in KA Betriebsinfo 40 (2) Hennef 2010
- [7] Seibert-Erling, G.: Weiterentwicklung der energetischen Kennzahlen am Beispiel der Belüftung und der Schlammbehandlung, Beitrag zur 23. Norddeutschen Tagung für Abwasserwirtschaft und Gewässerentwicklung am 11.05.2011, Lübeck

Kolloquium. 17. und 18. Oktober 2012, Bd. 16. Aachen: Ges. zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V. (16), S. 12/1 - 12/9.

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. G. Seibert-Erling
Augustinusstraße 9b
50226 Frechen
Mail: g.seibert-erling@setacon.de

Literaturangabe

Wenn Sie auf diesen Text oder Teile davon verweisen möchten, verwenden Sie bitte folgende Quellenangabe:

Seibert-Erling, G.: Energetische Kennwerte vs. Bemessung nach Arbeitsblatt A 131. In: Johannes Pinnekamp (Hg.): 13. Kölner Kanal und Kläranlagen



setacon GmbH
Augustinusstrasse 9b
50226 Frechen
Telefon: (02234) 988095-0
Fax (02234) 988095-11
www.setacon.de

Copyright

Das Copyright der Veröffentlichung liegt bei setacon GmbH, Geschäftsführer Dr.-Ing. Gerhard Seibert-Erling, Augustinusstraße 9b, 50226 Frechen. Das Copyright bezieht sich auf die Grafiken, den Text sowie den elektronischen Quelltext zu Grafiken, Text und Vorlage insgesamt.

© setacon GmbH