

Energieverbrauch und Energiekosten beim Kanalbetrieb

Dr.-Ing. Gerhard Seibert-Erling

*Vortrag anlässlich der Fachtagung
„Energiemanagement in der Abwasserwirtschaft“
am 08./09.09.2010 in Pregarten*



Kronleuchtersaal ehemaliges Regenentlastungsbauwerk im Kanalnetz der Stadt Köln

„Kronleuchtersaal“ ist der Name eines dreiseitigen und etwa 4,60 Meter hohen Raumes in einem Bauwerk der Kölner Kanalisation. Zur Einweihung 1890 wurde der Raum mit zwei Kronleuchtern mit je sechs Kerzen geschmückt, weil Kaiser Wilhelm II. eingeladen war.

Seit 2000 veranstalten die Kölner Stadtentwässerungsbetriebe im Kronleuchtersaal Führungen und Konzerte. Dabei wird die besondere Akustik der drei einmündenden Kanalröhren sowie der angrenzenden Gewölberäume genutzt.

Quelle: www.wikipedia.de

1. Einleitung

Die energetische Situation des Kanalbetriebes war in der Vergangenheit schon öfter Gegenstand von Einzeluntersuchungen [1], [2]. Neuerdings werden der Energieverbrauch und die Energiekosten auch immer häufiger bei benchmarking-Projekten mitbetrachtet. Diese eher kaufmännisch orientierten Untersuchungen können durchaus erste Anhaltspunkte ergeben; eine durchgreifende Verbesserung gelingt erfahrungsgemäß erst durch eine speziell auf die energetischen Belange abgestimmte technisch-wirtschaftliche Untersuchung.

Mit Blick auf die weiter stetig ansteigenden Energiekosten können die Bauwerke des Kanalnetzes nicht länger unbeachtet bleiben. Für die Durchführung systematischer Untersuchungen fehlen allerdings noch die methodischen und teilweise auch die speziellen inhaltlichen Grundlagen. Es bietet sich daher an, die mit der energetischen Optimierung von Kläranlagen gewonnenen Erfahrungen zu nutzen und den bisher am „Zaun der Kläranlage“ endenden Betrachtungshorizont auf die angeschlossenen Kanalnetze auszuweiten.

Die energetische Situation von Kläranlagen wird seit etwa 1990 systematisch untersucht. Ausgehend von einer Initiative in der Schweiz hat sich die Methodik der Grob- und Feinanalyse in Österreich und Deutschland verbreitet. Als Standardwerk gilt heute das 1999 vom nordrhein-westfälischen Umweltministerium herausgegebene Handbuch „Energie in Kläranlagen“ [3]. Mit der Anwendung liegen zwischenzeitlich umfangreiche Erfahrungen vor [4].

Seit einigen Jahren hat sich erfreulicherweise ein länderübergreifender Erfahrungsaustausch (Deutschland, Österreich, Schweiz) entwickelt mit dem Ziel einer Standardisierung und Weiterentwicklung der Werkzeuge und Vergleichswerte. Als Ergebnis ist in Kürze die Veröffentlichung eines abgestimmten DWA-Merkblattes [5] zu erwarten.

In dem vorliegenden Beitrag werden die Verhältnisse in Kanalnetzen auf der Basis einiger bereits durchgeführter Projekte dargestellt mit dem Ziel einer Systematisierung aus dem energetischen Blickwinkel. Anschließend werden die bekannten Potenziale auf der Verbraucher- und der Erzeugerseite beleuchtet. Zur Erschließung und Umsetzung müssen Maßnahmen festgelegt und technisch-wirtschaftlich bewertet werden. Es wird diskutiert, ob die Systematik des Handbuches für Kläranlagen übertragen werden kann und welche speziellen Aspekte eine Änderung oder Erweiterung der Methoden erforderlich machen. Eine Zusammenfassung und ein Ausblick beschließen den Bericht.

2. Bauwerke in Kanalnetzen

Das Kanalnetz besteht im Wesentlichen aus den Kanälen, Schächten und Sonderbauwerken. Bei den Sonderbauwerken gibt es eine große Vielfalt, hinsichtlich der Funktion einerseits und bezogen auf die Größe andererseits. Nach der Funktion unterscheidet man bei den Sonderbauwerken Speicherbecken, Regenüberläufe, Regenüberlaufbecken, Regenrückhaltebecken, Durchlaufbecken und Stauraumkanäle mit den zum Betrieb erforderlichen Aggregaten (Schieber, Entleerungspumpen, Reinigungseinrichtungen etc.) Hinzu kommen die Pumpwerke, die

man meist nach der Anwendung klassifiziert. Typische Aggregate sind Schmutzwasserpumpen, Mischwasserpumpen, Hochwasserpumpen. Im Flachland oder in Bergsenkungsgebieten (Ruhrgebiet, Kölner Bucht) müssen zudem Grundwasser- oder Polderpumpen eingesetzt werden, um bewohnte Flächen oder ganze Landstriche trocken zu halten. Hinsichtlich der Größe von Pumpwerken reichen die Dimensionen von Kleinstpumpwerken zur Anhebung des Schmutzwassers abgelegener Häuser bis zu zentralen Großpumpwerken zur Beschickung von Kläranlagen oder Hochwasserpumpwerken zur Entwässerung ganzer Stadtteile.

Die elektrische Anschlussleistung beträgt dabei ca. 1 - 3 kW für das im Bild 1 dargestellte Kleinstpumpwerk im Kölner Umland. Der Verbrauch bewegt sich bei etwa 5.000 - 10.000 kWh/a. Bei dem im Bild 2 dargestellten Pumpwerk handelt es sich um das zentrale Zulaufpumpwerk zur Kläranlage in Charkov (Ukraine). Es galt lange Zeit als das größte Pumpwerk der ehemaligen Sowjetunion. Der Baukörper hat einen Durchmesser von 100 m und eine Höhe von 40 m. Jede der neun Pumpen hat eine Anschlussleistung von 1,6 MW. Der jährliche Stromverbrauch liegt bei 30 Mio. kWh.

Interessant ist bei Pumpwerken, dass Anschlussleistung und Verbrauch nicht in einem unmittelbaren Zusammenhang stehen, sondern sich aus der Funktion oder der speziellen Aufgabenstellung ergeben. Besonders auffällig äußert sich das bei Hochwasserpumpwerken, die eigentlich in der Hoffnung gebaut werden, dass man sie nie benötigt. Anschlussleistungen von mehreren 100 kW sind hier durchaus üblich,

während der Verbrauch aber am Ende des Jahres oft nur bei wenigen 1.000 kWh liegt, die für den Unterhalt des Bauwerkes (Beleuchtung, Steuerung etc.) benötigt werden. Für die Energiekosten ergibt sich dann die absurde Situation, dass über 90 % für die Vorhaltung der Leistung bezahlt werden müssen.



Bild 1: Kleines Pumpwerk zur Entwässerung weniger abgelegener Häuser

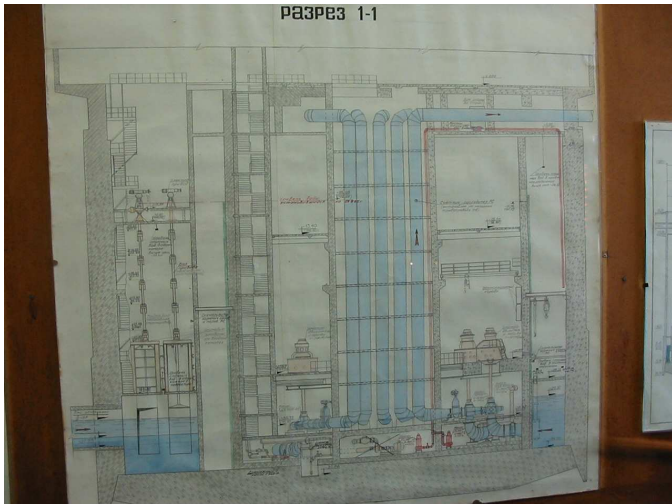


Bild 2: Zentrales Großpumpwerk der Stadt Charkov (Ukraine)

3. Energetische Einordnung und Identifikation der Potenziale

Eine systematische energetische Bewertung ist vor dem Hintergrund der aufgezeigten Variationsmöglichkeiten von Funktion und Größe nur schwierig möglich. Bei Kläranlagen lassen sich Kenn- oder Vergleichswerte durch den auf die Einwohnerbelastung bezogenen Verbrauch ableiten. Bei den Bauwerken im Kanalnetz ist eine vergleichbare übergeordnete Betrachtung nicht zielführend. Der Verbrauch und die Kosten hängen zu stark von der individuellen Lage, Funktion und Beanspruchung ab. Gleichwohl ist aber eine Betrachtung von Teilprozessen oder Einzelaggregaten möglich. Beschränkt man die Betrachtung auf die für die Vorhalteleistung und den Verbrauch relevanten Aggregate, dann ist in erster Linie eine Analyse der Pumpen und Reinigungseinrichtungen interessant. Bei einigen bisher durchgeführten Untersuchungen ist darüber hinaus aufgefallen, dass die Nebenaggregate unter Umständen einen durchaus relevanten Anteil am Gesamtverbrauch haben können.

Pumpen

Für die unterschiedlichen Aufgabenstellungen gibt es heute eine große Auswahl geeigneter Pumpen, die sich im Wesentlichen durch die Aufstellungsart (nass, trocken), das hydraulische Grundprinzip (Strömungsmaschine, Verdrängerpumpe, Schnecke etc.), die Bauform (radial, axial) und die Art des Laufrades (Freistromrad, Kanalrad, Schraubenrad, Axial-/Halbaxialrad) unterscheiden. Neben diesen betriebs- und strömungstechnischen Angaben sind für die vollständige Spezifikation weitere Angaben zur Abdichtung, zur Werkstoffauswahl,

zur Art des Antriebes und zur elektrischen Anschlusstechnik erforderlich.

Insgesamt ist anzustreben, dass einerseits eine möglichst hohe Prozess- und Betriebssicherheit erreicht wird und auf der anderen Seite ein niedriger Energieverbrauch. Auf die energetische Effizienz muss grundsätzlich umso mehr geachtet werden, je länger die Pumpe dauernd in Betrieb ist. Bei einem Hochwasserpumpwerk, welches nur 1 - 2 x pro Jahr anspringt, ist die Effizienz sicherlich zweitrangig; hier steht ganz klar die Betriebssicherheit im Vordergrund.

Der theoretische Energieverbrauch für das Pumpen ergibt sich aus den physikalischen Grundgleichungen. Er ist abhängig von der Fördermenge und der Förderhöhe und liegt bei $2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{ m})$. Weil ein völlig verlustfreier Betrieb in der Praxis nicht möglich ist, liegen die realen Verbrauchswerte bei $3 - 11 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{ m})$ entsprechend einem Gesamtwirkungsgrad zwischen etwa 30 und 80 %. Ein Wert für den spezifischen Energieverbrauch zwischen $4 - 5 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{ m})$ wird in der Praxis nur selten erreicht. Oft sind Werte zwischen $6 - 8 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{ m})$ anzutreffen. Bei Werten darüber ist eine Überprüfung der Situation angezeigt, vor allem wenn die Pumpe im Dauerbetrieb läuft.

Reinigungseinrichtungen

Die wichtigsten praxisrelevanten Reinigungseinrichtungen sind die Spülkippe, der Strahlreiniger, Rührwerke, Spülklappen sowie Sonderverfahren wie der Spülsack oder ähnliche Einrichtungen zur Erzeugung von Schwallwellen. Aus energetischer Sicht ist vor allem der verbreitete Strahlreiniger von Interesse. Sowohl Verbrauch als auch Anschlussleistung erreichen Werte, die

eine Beobachtung und Untersuchung rechtfertigen. Eine quantitative Bewertung ist allerdings schwierig, weil die Zielgröße – das saubere Becken – nicht ohne Weiteres messbar ist und zudem der Energieaufwand nicht zwangsläufig im direkten Zusammenhang damit steht. Neuere Entwicklungen gehen deshalb dahin, das Reinigungsergebnis mit einer Kamera fortlaufend zu beobachten und dann aufgrund einer Bildauswertung die Strahlintensität und den zu überstreichenden Bereich anzupassen. Dadurch reduziert sich dann auch der Energieverbrauch; letztlich lässt sich dann auch die Anschlussleistung verringern.

Nebenaggregate

Der Energieverbrauch der Nebenaggregate in den Sonderbauwerken wird erfahrungsgemäß deutlich unterschätzt. Aus energetischer Sicht relevant sind vor allem Heizungen, Entfeuchter, Ventilatoren und die Beleuchtung. Oft sind die Anschlussleistungen dieser Aggregate nur gering. Wenn sie aber im Dauerbetrieb laufen, können sie einen erheblichen Anteil am Gesamtverbrauch ausmachen. Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Heizungen, die in der Regel als elektrische Rippenrohrheizkörper ausgeführt werden. Der Leistungsbedarf liegt in der Regel zwischen 2 - 3 kW; meist kommen aber mehrere dieser Geräte zum Einsatz. Der Sinn einer Beheizung ist eigentlich die Gewährleistung der Frostfreiheit. Wenn aber in einem Bauwerk gearbeitet wird (Wartung etc.), dann wird der Thermostat auf „Wohlfühltemperatur“ gestellt. Nicht selten wird vergessen, den Thermostaten zurückzustellen mit der Folge, dass die Heizung fast ganzjährig in Betrieb bleibt.

Die Verhältnisse in einem typischen Pumpwerk sind im Bild 3 dargestellt. Die Hauptaggregate sind 2 Mischwasserpumpen, 2 Schmutzwasserpumpen und eine Regenwasserpumpe. Nebenaggregate sind 2 Entfeuchter und 3 Heizungen. Im Zuge der Untersuchungen dieses Pumpwerks wurde festgestellt, dass vom Gesamtverbrauch in Höhe von ca. 54.000 kWh/a nur etwa 24.000 kWh/a zur Förderung des Abwassers verwendet werden; der größere Anteil in Höhe von 30.000 kWh/a entfällt auf Heizungen und Entfeuchter. Interessant ist nun, wie es zu dieser absurden Situation kommt. Die hohe Feuchtigkeit resultiert aus den vielen offenen Ableitungen (u. a. Sperrwasser für Dichtungen) sowie großflächigen nicht abgedeckten Pumpensümpfen der Kellerentwässerungspumpen. Hier wurde vorgeschlagen, eine Verrohrung vorzunehmen und die Pumpensümpfe abzudecken. Weiterhin wurde empfohlen, anstelle der in ihrer Wirkung offenbar beschränkten Zwangsentlüftung eine natürliche Belüftung zu realisieren. Diese funktioniert nach dem Schwerkraftprinzip. Es werden zwei Öffnungen hergestellt, die außen in unterschiedlicher Höhe enden. Die sich dadurch ergebenden Druckunterschiede reichen in der Regel aus, um einen „Kamineffekt“ und damit einen natürlichen Luftaustausch in Gang zu setzen.



Bild 3: Haupt- und Nebenaggregate eines typischen Pumpwerks

Wasserkraftnutzung

Neben den energetischen Potenzialen auf der Verbraucherseite bietet sich grundsätzlich die Nutzung der Lageenergie durch eine Wasserkraftanlage an. Diese Möglichkeit wird bisher kaum genutzt. Das hat sicherlich eine Ursache darin, dass die Fallhöhen zumindest in Deutschland nur selten eine relevante Größenordnung erreichen. Das größere Hindernis dürfte gleichwohl die Auslegung und der Betrieb einer Wasserkraftanlage unter den nicht gerade einfachen Betriebsbedingungen im Kanal sein. Ein Forschungsprojekt der RWTH Aachen [6] hat gezeigt, dass eine wirtschaftliche Nutzung nicht gegeben ist; es wurden Gestehungskosten von 35 ct/kWh ermittelt. Attraktiver ist nach dem vorliegenden Bericht eine Nutzung der Wasserkraft

in den Abläufen von Kläranlagen, sofern die topografischen Verhältnisse und die örtliche Situation das zulassen.

Abwasserwärme

Die Abwasserwärmenutzung ist in den letzten 5 Jahren stark vorangetrieben worden. Nachdem die technische Entwicklung zu mehreren marktreifen Systemen geführt hat, wächst die Zahl der Projekte stetig an. Mit der Erarbeitung des Merkblattes DWA M114 ist zudem eine wesentliche Voraussetzung geschaffen worden, um die teilweise schwierigen Fragen der Nutzungsrechte, des Einflusses der Temperaturabsenkung auf die nachfolgenden Kläranlagen und einer vertraglichen Regelung zwischen Lieferant und Abnehmer zu beantworten. Auf eine Vertiefung

des Themas wird an dieser Stelle verzichtet; stattdessen wird auf die Literatur verwiesen [7]. Aktuelle Entwicklungen werden derzeit in speziell darauf ausgerichteten Seminarreihen der DWA behandelt.

Energiekosten

Ein interessanter Ansatzpunkt zur Optimierung sind seit jeher die Energiekosten, weil die Verbrauchscharakteristik teilweise sehr ungewöhnlich ist. Je nach Funktion der Bauwerke können Vorhalte- und Verbrauchskosten stark differieren. Die grundlegende Tendenz ist in der Tabelle 1 angegeben. Abhängig von der individuellen Belastungssituation kann das Verhalten dann allerdings mehr oder weniger ausgeprägt sein. Vor der Liberalisierung des Strommarktes waren der Gestaltung des Stromlieferungsvertrages sehr enge Grenzen gesetzt. Heute besteht durchaus ein Verhandlungsspielraum für eine flexible Anpassung auf die Belastungssituation. Insbesondere ist aufgrund der Verpflichtung zum sog. Unbundling die Netznutzung von der Stromlieferung getrennt. Insofern muss ohnehin zwischen den Vorhaltekosten und den Verbrauchskosten differenziert werden.

(Notstromdieselaggregat) durchaus eine sinnvolle Alternative sein. Allerdings sollte dabei beachtet werden, dass die Abschreibungsfristen realistisch angesetzt werden. Hier kann bei den angegebenen Laufzeiten durchaus von 25 Jahren ausgegangen werden. Infolge der sich daraus ergebenden niedrigen Jahreskosten kann die (einmalige) Investition (zu derzeit niedrigen Zinsen) durchaus attraktiv sein (bei sicherlich steigenden Energiekosten).

4. Maßnahmen zur energetischen Optimierung

Die Maßnahmen zur energetischen Optimierung lassen sich aufgrund der vielfältigen unterschiedlichen Anforderungen und Randbedingungen nicht pauschal angeben oder priorisieren. Deshalb werden nachfolgend die sich aus der bereits vorgenommenen Bewertung ergebenden Ansätze noch einmal zusammenfassend aufgeführt und mit Handlungsempfehlungen ergänzt. Außerdem werden noch Anregungen aufgeführt, die sich aufgrund der zu erwartenden Marktveränderungen im Energiesektor und der energierechtlichen Randbedingungen ergeben.

Tabelle 1: Typische Verbrauchscharakteristik von Sonderbauwerken

	Leistung	Verbrauch
Schieberbauwerke	↓	↑
Abwasserpumpwerk	↔	↔
Hochwasserpumpwerk	↑	↓
Regenwasserbehandlung	↑	↑

Bei verhältnismäßig hohen Vorhaltekosten bei jährlich kurzen Einsatzzeiten (< 250 h) kann die Eigenerzeugung mit einem Netzersatzaggregat

- Bei den Pumpen steht die Erhöhung der energetischen Effizienz an erster Stelle. Gleichwohl findet diese ihre Grenzen in

der Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit, vor allem, wenn es um die Förderung von Schmutzwasser geht. Nach eigener Einschätzung dürfte sich regional bezogen ein großes Potenzial bei der Förderung von Grundwasser aus den Bergsenkungsgebieten an Rhein und Ruhr ergeben. Die anliegenden Verbände weisen teilweise aus, dass die Hälfte der Stromkosten allein für die Förderung des Grundwassers benötigt wird. Hier zählt dann jeder Prozentpunkt bei der Effizienz. Eine Verbesserung des Wirkungsgrades um 5 - 10 % bei einer im Dauerbetrieb laufenden Pumpe führt zu Amortisierungszeiten von 2 - 3 Jahren. Als Anhaltspunkt für entsprechende Überlegungen kann man sich auch merken, dass eine dauernd laufende Pumpe jährlich Energiekosten verursacht, die fast beim Doppelten des Anschaffungswertes liegen.

- Der oft nicht unerhebliche Verbrauch der Nebenaggregate lässt sich zunächst dadurch senken, dass eine Anpassung auf den tatsächlichen Bedarf vorgenommen wird. Das gilt vor allem für Heizungen und Entfeuchter. Zukünftig sollte man derartige Aggregate aber nach Möglichkeit gänzlich vermeiden. Das greift in die konstruktive Gestaltung der Bauwerke ein, indem beispielsweise die Aufstellung empfindlicher elektronischer Geräte in feuchter Umgebung vermieden wird. Alternativ kann auch über eine entsprechende Kapselung der Anlagen nachgedacht werden. Die höheren In-

vestitionen in solche Maßnahmen dürften über die Lebensdauer der Bauwerke sicherlich günstiger ausfallen als der durch eine konventionelle Ausrüstung verursachte Energieverbrauch. In gleicher Weise gilt das für die Be- und Entlüftung der Bauwerke.

- Bei den Energiekosten lassen sich Vorteile erzielen, indem die vertragliche Situation möglichst gut auf die tatsächlichen Verhältnisse angepasst wird. Oft ist aber gerade die Verbrauchscharakteristik die große Unbekannte, weil an den Sonderbauwerken üblicherweise keine kontinuierliche Verbrauchsmessung installiert wird. Hier empfiehlt sich in jedem Fall die Nachrüstung eines sog. Universalmessgerätes an der Einspeisung. Die dafür entstehenden Kosten in Höhe von ca. 2.500 EUR lassen sich schon im ersten Jahr wieder einsparen. Wenn die elektrischen Leistungsdaten kontinuierlich zur Verfügung stehen, kann eine ständige Plausibilitätskontrolle zu den gerade eingeschalteten Verbrauchern vorgenommen werden. Zudem kann aus der Förderhöhe und dem Durchfluss, die in der Regel schon heute erfasst werden, der Wirkungsgrad der Pumpen online ermittelt werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die energetischen Potenziale der Sonderbauwerke im Kanalnetz sind bisher nicht systematisch untersucht worden. Eine grundsätzliche Schwierigkeit besteht darin, Kriterien zu finden, die einen objektiven Vergleich ermöglichen. Die unterschiedlichen Funktionen, die Größe und die Art der Beanspruchung bedingen eine zu große Vielfalt. Eine vergleichende Betrachtung auf Teilanlagen- oder Aggregateebene ist dagegen durchaus zielführend. Für die Bewertung von Pumpen kann auf das Handbuch Energie zurückgegriffen werden. Für die speziellen Reinigungsaggregate müssen noch Kennwerte festgelegt werden. Eine nicht unwesentliche Rolle spielen die Nebenaggregate, deren Verbrauch durchaus eine relevante Größenordnung erreichen kann.

Neue Energiepotenziale ergeben sich durch die Nutzung der Abwasserwärme aus der Kanalisation. Die Technik dazu ist mittlerweile etabliert, sie ist im Regelwerk der DWA verankert (Merkblatt M 114) und die Anzahl der umgesetzten Projekte wächst. Der technische Aufwand für eine Wasserkraftnutzung ist nach den Erfahrungen aus einem Forschungsprojekt sehr hoch und führt zu nicht mehr wettbewerbsfähigen Gestehungskosten.

Größere Optimierungspotenziale ergeben sich möglicherweise bei den Energiekosten, vor allem bei der Vorhalteleistung. Durch eine auf die Verbrauchscharakteristik angepasste Vertragsgestaltung lassen sich diese Vorteile erschließen. Unter Umständen rechnet sich auch der Einsatz eines dezentralen Netzersatzaggregates. Neue Anforderungen ergeben sich durch

die demoskopische Entwicklung und durch die Folgen des Klimawandels. Hier werden voraussichtlich größere Anpassungen in den Kanalnetzen erforderlich sein. Diese Gelegenheit sollte genutzt werden, um die energetischen Aspekte stärker als bisher zu berücksichtigen. Denn dass die Energiekosten weiter steigen, dürfte unstrittig sein.

Literatur

- [1] Hohmann, R., Schulz, A.: Kosteneinsparungen durch Energiemanagement, Beitrag zu den ATV-Energietagen am 23./24. Mai 2000 in Bielefeld
- [2] Seibert-Erling, G.: Energiekosten von Kläranlagen und Kanalnetzen, Beitrag zum FORUM-Institut im März 2007 in Stuttgart
- [3] Handbuch „Energie in Kläranlagen NRW“, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, September 1999
- [4] Kaste, A., Müller, E. A., Kobel, B.: Verfahrenstechnische Potentiale bestehender Kläranlagen - Auswertung von mehr als 100 Energieanalysen 2006
- [5] Arbeitsblatt DWA-A 216 (Entwurf) Energieanalysen von Abwasseranlagen
- [6] Pinnekamp, J. (Hrsg.): Kurzbericht zum Forschungsvorhaben „Einsatz eines Wasserrades zur Stromerzeugung in der Abwasserableitung“
- [7] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V. (Hrsg.): Heizen und Kühlen mit Abwasser, Ratgeber für Bauherren und Kommunen

Anschrift des Verfassers:

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



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