

Ermittlung und Beurteilung des Energieeinsparpotentials von Kläranlagen

Berthold Christmann, Darmstadt; Florian Lezius, München

Zusammenfassung

Energieanalysen von Kläranlagen in der Schweiz ergaben auch bei bereits modernisierten Anlagen ein Einsparpotential der Energiekosten im Mittel von rd. 50%. Untersuchungen bei zwei hessischen Kläranlagen bestätigen, daß auch in Deutschland mit einer systematischen Vorgehensweise ein Einsparpotential in dieser Höhe erschlossen werden kann.

Mit einer Grobanalyse wird das Einsparpotential ermittelt, in einer Feinanalyse werden die Realisierbarkeit und die Wirtschaftlichkeit der ermittelten Maßnahmen untersucht und dokumentiert. Eine Investitions- und Kostenplanung ermöglicht die Entscheidung, in welcher Reihenfolge die betriebswirtschaftlich rentablen Maßnahmen umgesetzt werden sollen.

Mittelfristig sollte auch in Deutschland eine standardisierte Vorgehensweise für Energieanalysen entwickelt werden, um die Vergleichbarkeit der ermittelten Ergebnisse gewährleisten zu können.

Schlagerworte: Energie; Verbrauch; Kläranlage; Einsparung; Analyse; Kosten; Wirtschaftlichkeit

DETERMINATION AND EVALUATION OF THE ENERGY SAVINGS POTENTIAL OF SEWAGE TREATMENT PLANTS

Summary

Energy analyses of sewage treatment plants in Switzerland have shown that even in modernized plants there is an average energy saving potential of 50%. Studies in two sewage treatment plants in Hesse have confirmed that in Germany, too, if a systematic approach is used, potential savings of the same order of magnitude can be achieved.

A rough analysis is used to determine the savings potential, and then a fine analysis is used to study and document the feasibility and profitability of specified measures. An investment and cost plan is drawn up to determine in which sequence those measures which are profitable shall be implemented.

In the medium term, we should develop a standardized approach to energy analyses in Germany, too, to ensure the comparability of the results obtained.

Key words: energy, consumption, sewage treatment plant, savings, analysis, cost, profitability

CALCUL ET JUGEMENT DU POTENTIEL D'ÉCONOMISER L'ÉNERGIE DANS DES STATIONS D'ÉPURATION

Résumé

Des analyses énergétiques des stations d'épuration en Suisse ont montré même pour des installations déjà modernisées un potentiel d'économiser les coûts de l'énergie de 50% environ en moyenne. Des examens dans deux stations d'épuration en Hesse ont confirmé qu'en Allemagne aussi un potentiel d'économie de cette hauteur peut être réalisé par une manière d'agir systématiquement.

Dans une analyse approximative on calcule le potentiel d'économie, dans une analyse détaillée on examine et documente la réalisabilité et la rentabilité des mesures trouvées. Une planification de l'investissement et des coûts rend la décision possible dans quel ordre les mesures rentables doivent être réalisées.

À moyen terme, une manière standardisée d'agir concernant des analyses énergétiques devrait être développée aussi en Allemagne pour garantir la comparabilité des résultats trouvés.

Notices matières: énergie; consommation; station d'épuration; économie; analyse; coûts; rentabilité

Einleitung

In Phasen des Neu- oder Umbaus einer Kläranlage wird Einfluß auf die Investitionskosten, die aufzuwendenden Kapitalkosten und die späteren Betriebskosten genommen. Doch auch bei einer bestehenden Kläranlage können die Betriebskosten und damit die Gesamtjahreskosten noch

durch eine systematische Vorgehensweise gesenkt werden. Dabei ist die Erschließung des Einsparpotentials für den Betreiber einer Kläranlage eine kontinuierliche Aufgabe.

Die Jahreskosten einer Kläranlage werden im wesentlichen durch die in Abb. 1 dargestellten Parameter bestimmt:

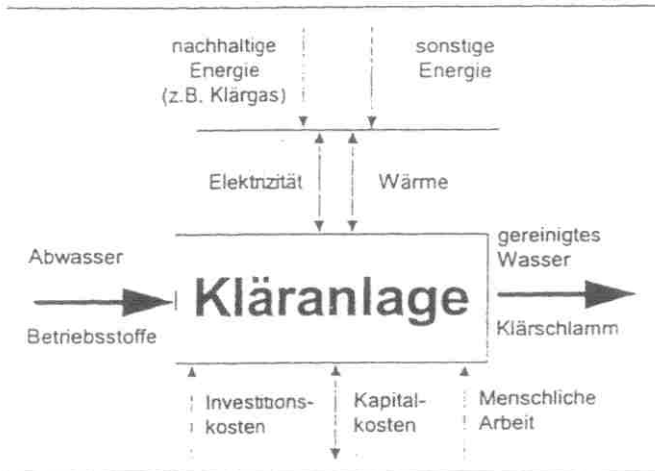


Abb. 1: Kläranlagenparameter für die Betriebsoptimierung

Möglichkeiten zur Reduzierung der Betriebskosten ergeben sich in erster Linie im Bereich der Betriebsstoffe, des Klärschlammes, des Personals und der aufzuwendenden Energie.

In [1] wird beschrieben, daß mit einer systematischen Energieanalyse die Betriebskosten einer Kläranlage um 10% gesenkt werden können. Gleichzeitig können die CO₂-Emissionen einer Kommune um ca. 10% gesenkt werden. Dies ist ein deutlicher Beitrag zum Klimaschutzziel, die CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2010 bezogen auf das Jahr 1990 um 25% zu verringern.

Da bisher nur Daten und Ergebnisse von Schweizer Kläranlagen vorlagen und es zunächst offen war, ob die Verhältnisse bei schweizerischen Kläranlagen auf deutsche Kläranlagen übertragbar sind, wurden auf den Kläranlagen in Rodgau und Riedstadt, Hessen, Energieanalysen zur Ermittlung des Einsparpotentials der Energiekosten durchgeführt.

Energieanalysen nach dem Handbuch „Energie in ARA“

Die Energieanalysen nach dem Handbuch „Energie in ARA“ gliedern sich in eine Grobanalyse und eine Feinanalyse. Mit der Grobanalyse wird das Energieeinsparpotential einer Kläranlage bestimmt. Dazu wird eine Begehung der Kläranlage durchgeführt und der Ist-Zustand mit Hilfe von Vergleichskennwerten bewertet. Die Grobanalyse gibt eine Empfehlung über das weitere Vorgehen. Üblicherweise entsteht eine Liste von Sofortmaßnahmen, die konkrete Aussagen über die zu erwartenden Kostenreduzierungen dieser Maßnahmen enthält.

In der Feinanalyse werden die Realisierbarkeit und die Wirtschaftlichkeit der komplexeren Maßnahmen untersucht. Ergebnis ist die Erstellung einer Investitions- und Kostenplanung zur Durchführung der betriebswirtschaftlich rentablen Maßnahmen. Mit Hilfe dieses Planungsinstrumentes kann der Betreiber einer Kläranlage entscheiden, wann und mit

welchem Kostenaufwand die entsprechenden Maßnahmen zur Kosteneinsparung durchgeführt werden sollen.

Die Projektierung und Realisierung der in der Energieanalyse ermittelten Maßnahmen führt schließlich zur eigentlichen Erschließung des vorhandenen Optimierungspotentials. Nach Abschluß der Optimierungsmaßnahmen wird eine Erfolgskontrolle durchgeführt, die die Einhaltung des prognostizierten Einsparpotentials gewährleistet.

Beurteilung des Einsparpotentials der Energiekosten einer Kläranlage

Kosteneinsparungen ergeben sich einerseits durch Energieeinsparungen, andererseits durch die Steigerung der Klärgasproduktion und dessen Verwertung in Blockheizkraftwerken (BHKW). Ziel ist in jedem Fall, den Fremdenenergiebezug zu minimieren.

Zu Beginn der Energieanalyse wird der Ist-Zustand des Energieverbrauches bestimmt. Dabei wird unterschieden in einen CO₂-neutralen Energieverbrauch (Strom- und Wärmegewinnung aus Klärgas) und einen CO₂-produzierenden Energieverbrauch (Fremdstrom und Fremdwärme).

Mit Hilfe der Bilanzierung des Ist-Zustandes wird das Energieeinsparpotential der Kläranlagen unter Berücksichtigung der jeweils spezifischen Randbedingungen mit Hilfe von Kennwerten ermittelt. Da die meisten Erfahrungen mit den Kennwerten in der Schweiz vorliegen, werden die Daten der hessischen Kläranlagen für entsprechende Vergleiche umgerechnet. Plausibilitätsbetrachtungen mit Hilfe von Literaturwerten sichern die Ergebnisse ab ([2], [3], [4], [5]).

Besonders wichtig ist der Erfahrungsaustausch mit dem Betreiber und dem Klärpersonal vor Ort und das gründliche Kennenlernen der untersuchten Anlage, um eine genaue und richtige Einschätzung der Situation vor Ort zu erhalten.

Die Beurteilung der ermittelten Kennwerte läßt Schwachstellen erkennen:

- Wie hoch ist der spezifische Stromverbrauch des größten Verbrauchers, der Biologie?
- Wie hoch ist die spezifische Klärgasproduktion?
- Wie hoch ist der Grad der energetischen Faulgasverwertung?
- Wie hoch ist der Anteil des Faulgases, der in Kraft und Energie umgewandelt wird?
- Wie hoch ist der Eigenversorgungsgrad Elektrizität?
- Wie hoch ist der Eigenversorgungsgrad Wärme?

Die Ermittlung des Einsparpotentials schließt Empfehlungen für Sofortmaßnahmen ein. In jedem Fall muß jedoch die bisherige Reinigungsleistung der Kläranlage erhalten bleiben.

Nachfolgend wird die Vorgehensweise am Beispiel der Kläranlage Rodgau dargestellt.

Ermittlung und Beurteilung des Energieeinsparpotentials der Kläranlage Rodgau

Die Kläranlage Rodgau ist eine mechanisch-biologische Abwasserreinigungsanlage. Mit ihren beiden biologischen Verfahrensschritten, dem Belebungsverfahren und dem

nachgeschalteten Tropfkörperverfahren, ist sie für die weitergehende Nährstoffelimination von Stickstoff und Phosphor ausgerüstet (3. Reinigungsstufe). Die Kläranlage Rodgau erfüllt ihre Aufgabe, die Reinigung des Abwassers und den Schutz der Gewässer, erfolgreich. Die derzeitigen wasserrechtlichen Anforderungen werden eingehalten.

In Tab. 1 sind Anlagekenndaten der Kläranlage Rodgau aufgeführt.

Einwohnergleichwerte (Jahresmittelwert)	52.175 [EW ₀₁]
Jahresschmutzwassermenge	3.240.612 [m ³ /a]
Klärgasproduktion	358.064 [m ³ /a]
Wärmeproduktion intern (BHKW)	1.120 [MWh/a]
Fremdenergie Wärme (Öl)	148 [MWh/a]
Elektrizitätsproduktion intern (BHKW)	570 [MWh/a]
Fremdenergie Elektrizität (vom Netz)	1.168 [MWh/a]
Endenergieverbrauch Elektrizität total	1.738 [MWh/a]

Tab. 1: Ausgewählte Anlagekenndaten der Kläranlage Rodgau 1996/1997

Die Kläranlage wurde in den letzten Jahren ständig modernisiert. Beispielsweise wurden 1996 zwei Blockheizkraftwerke in Betrieb genommen.

Die Energieanalyse der Kläranlage Rodgau umfaßt den Beurteilungszeitraum September 1996 bis August 1997 und berücksichtigt damit bereits den Betrieb der BHKW.

Die Zuordnung des ermittelten Energieverbrauches zu den jeweiligen Verfahrensstufen ist in Tab. 2 dargestellt.

Verfahren	durch Grobanalyse ermittelter Energieverbrauch	
	Elektrizität [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Regenwasserbehandlung	24	0
Abwasserhebewerk	66	0
Rechen	6	0
Sandfang und Fettfang	-	0
Vorklärung	6	0
Abwasserzwischenhebewerk	35	0
Biologie 1 - Belebungsverfahren	1.195	0
Zwischenklärung	3	0
Biologie 2 - Tropfkörperverfahren	192	0
Nachklärung	3	0
Eindickung	70	0
Hygienisierung	71	917
Entwässerung	31	0
Betriebsgebäude	n.E.	92
Sonstiges	38	0
Total rechnerisch	1.747	1.009
Total gem. Verbrauchsaufstellung	1.738	1.157

n. E.: nicht ermittelt, enthalten bei Sonstiges

Tab. 2: Energieverbrauch der Kläranlage Rodgau nach Verfahrensstufen

Der größte Elektrizitätsverbraucher ist die erste biologische Reinigungsstufe, das Belebungsverfahren, mit 68 % des Gesamtenergieverbrauchs, gefolgt von der zweiten biologischen Reinigungsstufe, dem Tropfkörperverfahren, mit rd. 11% des Gesamtenergieverbrauchs. Weitere maßgebliche Energieverbraucher sind die Schlammfäulung (Hygienisierung), die Überschussschlammendickung, das Abwasserhebewerk, das Abwasserzwischenhebewerk und die Schlammmentwässerung.

Der größte Wärmeverbraucher ist die Schlammfäulung gefolgt von der Gebäudeheizung. Der Energieverbrauch an Wärme beträgt ca. 67 % des Energieverbrauches an Elektrizität. Aufgrund der deutlich teureren elektrischen Energie – die zugekaufte Elektrizität hat an der gesamten zugekauften Energie einen Kostenanteil von 97 % – befinden sich die Schwerpunkte der möglichen Einsparungen im Bereich der großen Stromverbraucher. Die größten Kosteneinsparmöglichkeiten bestehen somit innerhalb der Verfahrensstufe Biologie 1 – Belebungsverfahren.

Die ermittelten Kennwerte bestätigen ein Energieeinsparpotential der Kläranlage Rodgau. Die Kennwerte sind in Tab. 3 aufgeführt.

Kennwert	Einheit	Sollwert	Istwert mit BHKW	Wert ohne BHKW
Spezif. Elektrizitätsverbrauch e_{BS}	kWh/(EW ₀₁ ·a)	16	24,9	24,9
Spezif. Klärgasproduktion K_p	l/kgOTS	600	398	398
Energet. Faulgasverwertung N_1	%	≥ 95	98,6	95
Faulgas, das in Kraft und Energie umgewandelt wird N_2	%	27	27,6	0
Eigenversorgung Elektrizität V_E	%	60	33	0
Eigenversorgung Wärme V_W	%	95	87	57

Tab. 3: Kennwerte der energetischen Analyse

Durch den Betrieb der BHKW stieg der Eigenversorgungsgrad mit Strom bereits von 0% auf 33% und der Fremdstrombezug reduzierte sich um 100 000,- DM pro Jahr.

Aufgrund des ermittelten Energieverbrauches der Verfahrensstufen und der Energiekennwerte wurde als Sofortmaßnahme vorgeschlagen, zu überprüfen, ob die Tropfkörper außer Betrieb genommen werden können. Das Einsparpotential dieser Maßnahme beträgt ca. 33 000,- DM pro Jahr.

Als weitere Sofortmaßnahme wurde vorgeschlagen, durch eine Vergleichsmäßigung der Faulraumtemperatur die Faulgasproduktion zu steigern. Durch die energetische Verwertung des zusätzlich produzierten Faulgases in den BHKW könnten die Kosten für den Fremdstrombezug um rd. 25 000 DM pro Jahr verringert werden.

Das gesamte Einsparpotential wurde zu rd. 100 000,- DM pro Jahr ermittelt. Das entspricht einer Halbierung der heutigen Energiekosten.

Ausblick

In einem weiteren Schritt ist nun detailliert zu untersuchen, welche der vorgeschlagenen Maßnahmen technisch und betrieblich realisierbar sind, welche Kosten durch die Realisierung verursacht werden und welche Maßnahmen wirtschaftlich sind. Zu diesem Zweck wird eine Feinanalyse durchgeführt.

Mittelfristig sollte in Deutschland, ähnlich wie in der Schweiz, eine standardisierte Vorgehensweise für Energieanalysen angestrebt werden. Dazu sollten die in der Schweiz und in Deutschland vorhandenen Erkenntnisse verschiedener Experten zur Erstellung eines an deutsche Verhältnisse angepaßten „Handbuch in ARA“ zusammengeführt werden.

Literatur

- [1] Müller E. A., Thommen R., Stähli P.: Handbuch Energie in ARA. 1. Auflage, im Auftrag der 3 Schweizer Bundesämter für Umwelt, Energiewirtschaft und für Konjunkturfragen, Bern 1994.
- [2] Abwassertechnische Vereinigung: ATV- Handbuch Betriebstechnik, Kosten und Rechtsgrundlagen der Abwasserreinigung, 4. Auflage, Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 1995.
- [3] Imhoff, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 28., verb. Auflage, München, Wien: Oldenbourg, 1993.
- [4] Poos B.: Möglichkeiten der Kraft-Wärme/Ein- und Auskoppung für Kläranlagen. VDI-Gesellschaft Energietechnik: Energiekonzepte für Kläranlagen – heute und morgen, Düsseldorf: VDI Verlag, 1996.
- [5] Wolf P.: Energieeinsparungen auf Kläranlagen. KA-Betriebsinfo 2/93 (1993): 488–493, beiliegend der Korrespondenz Abwasser, Hennef 1993.

Autoren

Dipl.-Ing. (F. H.) Berthold Christmann
c/o Ingenieurbüro umBAUwelt
Riedeselstr. 52
64283 Darmstadt
Tel.: 0 61 51/27 24 85
Fax: 0 61 51/27 24 86
Email: umBAUwelt@aol.com

Dipl.-Ing. Florian Lezius
c/o Ingenieurbüro Kanie-Lezius
Sandstr. 41
80335 München
Tel.: 0 89/54 21 26 25
Fax: 0 89/54 21 29 79
Email: lezius-schertler@t-online.de

Aufsätze in gwf-Wasser/Abwasser, Heft 5/1998

- Gundermann: Trinkwasser in Deutschland ist seinen Preis wert
Schmitz: Bürokratie- und Kostenschub durch die neue EU-Wasserrahmenrichtlinie
Habel u. a.: Untersuchungen zur Aufbereitung von Talsperrenwasser in geschlossenen Filteranlagen
Strafenhoff: Auswirkungen von Wassersparmaßnahmen und Regenwassernutzung auf die kommunale Wasserversorgung

Vollbiologisches SBR-Kläranlagensystem

Typ »KOMBIBLOCK« die bessere Alternative
– bewährt – wirtschaftlich – umweltfreundlich –

für die dezentrale Abwasserreinigung von Gemeinden, Gewerbeparks, Raststätten, Hotelanlagen, Feriensiedlungen, Campingplätzen usw. – ab 100 EGW –

- Nitrifikation / Denitrifikation
- höchste Reinigungsleistung, garantierte Ablaufwerte
- Aufstellung in unmittelbarer Bebauungsnähe
- modernste Elektronik (mit Fernüberwachung)
- einfachste Bedienung
- höchste Betriebssicherheit
- niedrige Investitionskosten
- geringe Wartungs- bzw. Betriebskosten
- Finanzierungen (z. B. Leasing oder Mietkauf)

SI – Abwassertechnik Kammler

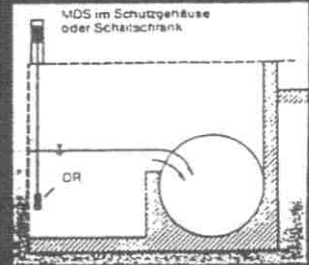
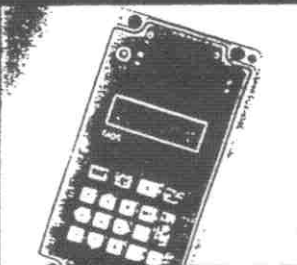
57299 Burbach, Steinpfad 11

Tel. (0 27 36) 49 16 06 - Fax (0 27 36) 49 16 07

RÜB-Überwachung

WAS.MDS-LINE

Zuverlässig · leistungsfähig · preiswert



- RÜB-MDS zur Protokollierung und Störmeldeübertragung
D.E.M.A.S. Auswerte- und Visualisierungssoftware

Meßwertgeber:

- Ultraschall-Hohenstandssensor
- langzeitstabile Druckaufnehmer
- Neigungssensor zur Überwachung von beweglichen Wehren
- Kompaktensor zur Abflußsteuerung

WAS

WASSER -
ABWASSER
SYSTEMTECHNIK
GMBH

ZENTRALE
Am Hafen 22, 38112 Braunschweig
Tel. (05 31) 31 03 90, Fax (05 31) 31 30 74
Büro West Tel. (02 36 9) 2 42 36, Fax 2 42 51
Büro Ost Tel. (03 43 28) 4 35 89, Fax 4 35 89
Vertr. Süd Tel. (08 34 1) 96 48-0, Fax 96 48 48
e-mail: WAS@S.T.ONLINE.DE