

DWA-Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 216

Energiecheck und Energieanalyse –
Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen

Dezember 2015

VORSCHAU

VORSCHAU

DWA-Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 216

Energiecheck und Energieanalyse –
Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen

Dezember 2015

VORSCHAU

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

DWA

Druck:

Druckhaus Köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-276-6

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2015

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Arbeitsblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Funktionstüchtige Abwasseranlagen sind eine Grundvoraussetzung für intakte Gewässer und stellen unverzichtbare Infrastruktureinrichtungen für einen modernen Staat dar. Zur Erfüllung dieser wichtigen Aufgabe benötigt die Siedlungsentwässerung Energie. Die Kläranlagen zählen zu den größten Stromverbrauchern einer Kommune. Der Gesamtstrombedarf der rund 10.000 Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland liegt in einer Größenordnung von 4.200 Gigawattstunden (GWh) pro Jahr (DWA 2010). Das entspricht etwa dem Strombedarf von 900.000 Vier-Personen-Haushalten oder in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt, einer Emission von rund 2,36 Millionen Tonnen pro Jahr (mit 562 g CO_{2,e}/kWh nach UBA (2014)). Dabei ist der Energiebedarf der Abwasserbehandlungsanlagen nicht nur abhängig vom eingesetzten Reinigungsverfahren und dem Reinigungsziel, sondern auch von den örtlichen Randbedingungen und der erreichten Energieeffizienz.

Der weltweit steigende Energiebedarf, die Endlichkeit fossiler Ressourcen, steigende Energiekosten und die Sorge um die Auswirkungen auf das Klima erfordern einen deutlichen Wandel in der Energieversorgung und im Energieeinsatz – auch im Bereich der Siedlungsentwässerung.

Aufgrund der örtlichen Konzentration energieintensiver Anlagenteile und der gleichzeitigen Erzeugung eines Energieträgers bzw. von Strom und Wärme bietet die Siedlungsentwässerung viele Ansatzpunkte zur Senkung des Energiebedarfs und Steigerung der Energieeffizienz.

Hierbei dürfen die Bestrebungen zur Verbesserung der Energieeffizienz jedoch nicht dem eigentlichen Zweck der Siedlungsentwässerung, d. h. der Ableitung und Reinigung von Abwasser mit dem Ziel des Gewässerschutzes zuwiderlaufen.

Durchgeführte Energieanalysen, Untersuchungen des Umweltbundesamtes (HABERKERN et al. 2008) und der DWA (DWA 2010) sowie das „Benchmarking Abwasser NRW“ (KOMMUNAL- UND ABWASSERBERATUNG NRW 2011) zeigen deutliche Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen auf. Dabei bringt eine energetische Optimierung nicht nur energetische und betriebswirtschaftliche Vorteile, sondern verbessert oftmals auch die Reinigungsleistung der Abwasseranlage und damit den Gewässerschutz.

Angesichts der komplexen Verfahrensabläufe in der Abwasserbeseitigung ist eine systematische Vorgehensweise und umfangreiches Fachwissen für die Energieoptimierung von Abwasseranlagen erforderlich. Bisher gab es keine bundesweit einheitliche Methodik zur Einschätzung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen.

Mit dem vorliegenden Arbeitsblatt werden Energiecheck und Energieanalyse als Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen eingeführt und Anforderungen an den Einsatz dieser Methoden formuliert.

In diesem Arbeitsblatt wird im Hinblick auf einen gut verständlichen und lesefreundlichen Text für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verallgemeinernd die männliche Form verwendet. Alle Informationen beziehen sich in gleicher Weise auf beide Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Kein Vorgängerdokument

Verfasser

Das Arbeitsblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe KEK-10.3 „Energieanalysen von Abwasseranlagen“ im DWA-Fachausschuss KEK-10 „Energie in der Wasser- und Abfallwirtschaft“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

FRICKE, Klaus	Dipl.-Ing., Berlin
HABERKERN, Bernd	Dipl.-Ing., Darmstadt
JAGEMANN, Peter	Dipl.-Ing., Essen
KASTE, Andrea	Dipl.-Ing., Düsseldorf (Sprecherin)
KOBEL, Beat	Dipl.-Ing., Bern
KOENEN, Stefan	Dipl.-Ing., Bochum
MITSDOERFFER, Ralf	Dr.-Ing., München
RIBE, Henry	Dr.-Ing., Aachen
SCHMELLENKAMP, Peter	Dipl.-Ing., Bremen
THEILEN, Ulf	Prof. Dr.-Ing., Gießen
THÖLE, Dieter	Dr.-Ing., Ruhrverband, Essen (stellv. Sprecher)

Dem DWA-Fachausschuss KEK-10 „Energie in der Wasser- und Abfallwirtschaft“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHRÖDER, Markus	Prof. Dr.-Ing., Aachen (Obmann)
BRANDENBURG, Heinz	Dipl.-Ing., Köln
ERBE, Volker	Dr.-Ing., Wuppertal
FRICKE, Klaus	Dipl.-Ing., Berlin
GREDIGK-HOFFMANN, Sylvia	Dipl.-Ing., Aachen
GRÜN, Emanuel	Dr.-Ing., Essen
HABERKERN, Bernd	Dipl.-Ing., Darmstadt
HANSEN, Joachim	Prof. Dr.-Ing., Luxemburg
HEß, Julian	RA, Köln
JAGEMANN, Peter	Dipl.-Ing., Essen
KASTE, Andrea	Dipl.-Ing., Düsseldorf
KOBEL, Beat	Dipl.-Ing., Bern
MAURER, Peter	Dipl.-Ing., Stuttgart
MÜLLER-SCHAPER, Johannes	Prof. Dr.-Ing., Hannover
MÜLLER, Ernst A.	Dipl.-Geogr., Schaffhausen
ROBECKE, Ulrich	Dr.-Ing., Münster
SCHÄFER, Arnold	Dipl.-Ing., Hamburg
SEIBERT-ERLING, Gerhard	Dr.-Ing., Frechen
THÖLE, Dieter	Dr.-Ing., Essen
WEILBEER, Julia	Dr.-Ing., Hetlingen

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

REIFENSTUHL, Reinhard	Dipl.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
-----------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	4
Bilderverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	7
Benutzerhinweis	8
1 Anwendungsbereich	8
2 Begriffe	9
2.1 Definitionen.....	9
2.2 Symbole und Abkürzungen.....	10
3 Einordnung und Abgrenzung der Vorgehensweise	14
3.1 Ausgangssituation	14
3.2 Vorgehensweise des Arbeitsblattes	15
4 Anforderungen an Datenmaterial und Beteiligte	16
4.1 Erfolgsfaktoren eines Energiechecks und einer Energieanalyse.....	16
4.1.1 Erfolgsfaktoren eines Energiechecks	16
4.1.2 Erfolgsfaktoren einer Energieanalyse	16
4.2 Datenumfang und -qualität	17
4.2.1 Ermittlung der Zulaufbelastung.....	17
4.2.2 Datenumfang und -qualität im Rahmen des Energiechecks	17
4.2.3 Datenumfang und -qualität im Rahmen der Energieanalyse	19
4.2.4 Plausibilitätskontrolle der Daten im Rahmen der Energieanalyse	21
5 Energiecheck	22
6 Energieanalyse	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Bestandsaufnahme des Ist-Zustands	30
6.3 Erstellung einer Verbraucher-Matrix und Energiebilanz des Ist-Zustands	31
6.3.1 Bestimmung des Stromverbrauchs	31
6.3.2 Wärmebedarf.....	33
6.3.3 Strom- und Wärmeerzeugung.....	33
6.3.4 Energiebilanz	34
6.4 Bestimmung der anlagenbezogenen Idealwerte	34
6.4.1 Vorbemerkung	34
6.4.2 Überprüfung der bestehenden Anlage	35
6.4.3 Berechnung der Anlagenkennwerte bei mittlerer Belastung	35
6.4.4 Berechnung der anlagenbezogenen Idealwerte	35
6.4.5 Hinweise zur Berücksichtigung des Teillastverhaltens.....	36
6.5 Bewertung des Ist-Zustands und Identifizierung von Maßnahmen.....	37
6.5.1 Bewertung des Ist-Zustands	37
6.5.2 Identifizierung von Maßnahmen	37
6.6 Ermittlung des Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen	38
6.6.1 Ermittlung des energetischen Einsparpotenzials.....	38
6.6.2 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit.....	38

6.7	Bildung von Maßnahmenpaketen nach Priorität.....	39
6.8	Berichterstattung	39
7	Instrumente der Erfolgskontrolle	40
8	Kosten- und Umweltauswirkungen	41
8.1	Auswirkungen auf Ablaufqualität von Kläranlagen.....	41
8.2	Sonstige Umweltauswirkungen.....	41
8.3	Kostenauswirkungen.....	42
Anhang A (informativ)	Berechnungsansätze zur Bestimmung des anlagenbezogenen Idealwerts.....	42
Anhang A.1 (informativ)	Berechnungsansätze zur Bestimmung des anlagenbezogenen Idealwerts für den Stromverbrauch.....	43
Anhang A.2 (informativ)	Berechnungsansätze zur Bestimmung des anlagenbezogenen Idealwerts für den Wärmebedarf.....	47
Anhang A.3 (informativ)	Berechnungsansätze zur Bestimmung des anlagenbezogenen Idealwerts für die Strom- und Wärmeerzeugung.....	48
Anhang A.4 (informativ)	Tabellarische Auflistung der elektrischen und thermischen Wirkungsgrade von BHKW	49
Anhang A.5 (informativ)	Elektrische Wirkungsgrade von Drehstrom-Motoren.....	50
Anhang A.6 (informativ)	Typischer Wirkungsgradverlauf einer Asynchronmaschine bei Teillast	51
Anhang A.7 (informativ)	Zielwerte für den mittleren Gesamtwirkungsgrad und den spezifischen Stromverbrauch von Pumpen auf Kläranlagen	52
Anhang A.8 (informativ)	Richtwerttabelle für Druckluft- und Oberflächenbelüftungssysteme nach Merkblatt DWA-M 229-1:2013	53
Anhang B (informativ)	Statistische Auswertung der im Land NRW geförderten Energieanalysen zum einwohnerspezifischen Stromverbrauch getrennt nach Verfahrensgruppen der Abwasserreinigung.....	54
Anhang C (informativ)	Beispiel einer Verbrauchermatrix (Ausschnitt)	55
Anhang D (informativ)	Beispielhafte Gegenüberstellung des anlagenbezogenen Idealwerts zum Ist-Zustand	56
Anhang E (informativ)	Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der Bedarfsdeckung getrennt nach Strom und Wärme (Energiebilanz).....	57
Anhang F (informativ)	Energieflussdiagramm.....	58
Anhang G (informativ)	Beispiel für einen Energienachweis nach Umsetzung einzelner Maßnahmenpakete (Zahlen beispielhaft).....	58
Quellen und Literaturhinweise		59

Bilderverzeichnis

Bild 1 und 2:	Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren.....	24
Bild 3:	Spezifischer Stromverbrauch für die Belüftung e_{Bel} der Kläranlagen	25
Bild 4:	Spezifischer Faulgasanfall e_{FG} bezogen auf die angeschlossenen Einwohnerwerte	26
Bild 5:	Spezifischer Faulgasanfall Y_{FG} bezogen auf die zugeführte organische Trockenmasse.....	27
Bild 6:	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität N_{FG}	27
Bild 7:	Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie EV_{el}	28
Bild 8:	Spezifischer externer Wärmebezug e_{ext}	29
Bild 9:	Spezifischer Stromverbrauch von Abwasserpumpwerken e_{PW}	29
Bild 10:	Ablaufschema einer Energieanalyse	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Symbole.....	10
Tabelle 2:	Abkürzungen	12
Tabelle 3:	Verwendete Indizes	13
Tabelle 4:	Kennwerte des Energiechecks	23
Tabelle D.1:	Energieanalyse nach Arbeitsblatt DWA-A 216 und Energiehandbuch NRW.....	56
Tabelle E.1:	Energiebilanz Strom	57
Tabelle E.2:	Wärmebilanz Kläranlage	57

Benutzerhinweis

Dieses Arbeitsblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig sowie allgemein anerkannt ist.

Jedermann steht die Anwendung des Arbeitsblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Arbeitsblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Arbeitsblatt aufgezeigten Spielräumen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Arbeitsblatt stellt Planern, Betreibern und Fachbehörden eine praxisorientierte Arbeitshilfe zur verfahrenstechnischen und energetischen Optimierung von Abwasseranlagen zur Verfügung.

Der Geltungsbereich des Arbeitsblattes bezieht sich auf Anlagen zur Abwasserbehandlung und -ableitung.

Im Bereich der Abwasserableitung ist die energetische Beurteilung der Pumpwerke mit den im Arbeitsblatt vorgestellten Ansätzen analog zu Pumpwerken auf den Kläranlagen durchzuführen. Im Bereich der Regenwasser- und Mischwasserbehandlungsanlagen (z. B. Retentionsbodenfilter etc.) existieren derzeit keine ausreichend systematisch erhobenen Betriebserfahrungen. Gleiches gilt für Druckluftspülung, pneumatische Förderung sowie Unterdruck- und Druckentwässerung.

Die Systematik ist grundsätzlich übertragbar auf Abwasseranlagen im industriellen Sektor. Industrielle Kläranlagen unterscheiden sich von kommunalen Kläranlagen durch die spezielle Belastungssituation und die darauf abgestimmten Reinigungsverfahren.

Der im Arbeitsblatt gewählte Bezug des Energieverbrauchs auf die angeschlossenen Einwohnerwerte ähnelt den im Benchmarking angewandten Kennzahlensystemen (siehe AGIS 2002). Das erhobene Datenmaterial kann dementsprechend auch sehr einfach im Benchmarking verwendet werden. In Ergänzung des dort stattfindenden Kennzahlenvergleichs sind in der Energieanalyse allerdings zusätzlich technische Berechnungen hinterlegt, die insbesondere bei der Entwicklung und Einschätzung von Maßnahmen hilfreich sind. In diesem Sinne stellt die Energieanalyse eine Ergänzung zur Entwicklung von Handlungsalternativen dar.

VORSCHAU

Die Abwasserbehandlung zählt zu den größten Energieverbrauchern einer Kommune. Die Ergebnisse durchgeführter Energieanalysen zeigen Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen auf. Angesichts der komplexen Verfahrensabläufe in der Abwasserbeseitigung ist eine systematische Vorgehensweise und umfangreiches Fachwissen für die Energieoptimierung von Abwasseranlagen erforderlich. Bisher gab es keine bundesweit einheitliche Methodik zur Einschätzung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen.

Mit vorliegendem Arbeitsblatt werden Energiecheck und Energieanalyse als Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen eingeführt und Anforderungen an die Ausführung formuliert.

Der Geltungsbereich des Arbeitsblattes bezieht sich auf Anlagen zur Abwasserbehandlung und -ableitung. Im Bereich der Abwasserableitung sind die Pumpwerke der energetischen Beurteilung mit den vorgestellten Ansätzen analog zu Pumpwerken auf den Kläranlagen zugänglich. Im Bereich der Regenwasser- und Mischwasserbehandlungsanlagen (z.B. Retentionsbodenfilter etc.) existieren derzeit keine ausreichend systematisch erhobenen Betriebserfahrungen. Gleiches gilt für Druckluftspülung, pneumatische Förderung, Vakuumentwässerung und Druckleitungsnetze.

Dieses Arbeitsblatt stellt Planern, Betreibern und Fachbehörden eine praxisorientierte, wissenschaftlich fundierte Arbeitshilfe zur verfahrenstechnischen und energetischen Optimierung von Abwasseranlagen und eine einheitliche Methodik zur Verfügung.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-88721-276-6

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)

Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef

Telefon: 02242 872-333 · Fax: 02242 872-100

info@dwa.de · www.dwa.de