

Norbert Meyer

Transparente Energiebilanz durch Online-Energieanalyse

Potenzialanalysen sind die Basis für Modernisierungen und Förderungen nach der Kommunalrichtlinie. Wesentliche Parameter können online generiert werden, so dass sie auch nach einer Modernisierung verfügbar sind.

Energieeffizienzstudien und Machbarkeitsstudien dienen als Grundlage für Modernisierungsprojekte auf Kläranlagen und sind oft auch Voraussetzung für eine Förderung. Dabei wird von „fachkundigen externen Dienstleistern“ der Bestand von Anlagen aufgenommen, es werden die Potenziale ermittelt und Optimierungsvorschläge erarbeitet. Das sind einmalige Projekte, die den Status einer Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt aufarbeiten. Ein großes Manko ist, dass diese Studien keinerlei Aussage liefern, wie sich die Energiebilanz nach durchgeführten Optimierungen tatsächlich verändert. Die Kläranlage Asselbrunn des Abwasser-

verbandes Mittlere Mümling (Hessen) ist in den letzten Jahren schrittweise modernisiert worden. Die Verbandskläranlage ist für 37.600 EW ausgelegt und reinigt jährlich ca. 5 Mio. m³ Abwasser. Bei der Modernisierung wurde auch ein Augenmerk darauf gelegt, die Energiedaten der elektrischen Verbraucher und Erzeuger möglichst vollständig zu erfassen und aufzubereiten. Hierbei wurde ein Analysewerkzeug eingesetzt, das es dem Betreiber einfach erlaubt, die Potenzialanalyse aus seinen Prozessdaten und Handeingabedaten automatisch zu generieren. Durch die Online-Energieanalyse mit Provi Energy können nun auf Grundlage dieser

Messwerte Ergebnisse gemäß dem DWA-A 216 wie Kennwerte, Idealwerte, Potenziale, Verbrauchermatrix und viele weitere Auswertungen für einen gewählten Zeitraum generiert werden. Die Energieanalyse ist damit kein einmaliges Projekt in Form einer Studie, sondern ermöglicht die kontinuierliche und umfassende Bewertung der energetischen Situation einer Kläranlage oder sonstiger verfahrenstechnischer Anlagen.

Die Datenbasis

Auf der Kläranlage Asselbrunn werden die Betriebsstunden nahezu aller Maschinen er-



Bild 1 Kläranlage Asselbrunn des Abwasserverbandes Mittlere Mümling (Hessen)

Quelle: AVMM

fasst. Bei den meisten Maschinen ist zudem die Stromaufnahme verfügbar und bei den Gebläsen und den Erzeugern Photovoltaik und BHKW wird die Leistung gemessen. Auf Basis der Betriebsstunden lässt sich der Stromverbrauch nur ungenau schätzen. Werden die Aggregate mit Frequenzumformern betrieben, ist eigentlich keine sinnvolle Schätzung auf Basis der Betriebsstunden möglich. Ist die Stromaufnahme gegeben, liegt die Unsicherheit nur im Cosinus- ϕ und den Spannungsschwankungen. Wird die Leistung direkt gemessen, hat man einen genauen Verbrauchswert. Bei Motoren mit Frequenzumformer ist der Messwert für die Stromaufnahme oder die Leistung auch hier schon mit einer ausreichenden Genauigkeit abgreifbar, wobei die internen Verluste des Frequenzumformers dann nicht miterfasst werden.

Um Kennwerte zu ermitteln, wird auch die Belastung der Kläranlage automatisch ermittelt. Dazu greift Provi Energy direkt auf die Datenbank der Handeingabe und die Prozessdaten zu. Für die Belastung sind dies in der Regel der Handeingabewert CSB mg/l im Zulauf und der online gemessene Prozesswert der Zulaufmenge. Filtermöglichkeiten erlauben es auch, Extremwerte herauszufiltern oder nur den Trockenwetterzufluss auszuwerten. Die zusätzliche Berechnung des Medianwertes zeigt, wie stark Extremwerte den Mittelwert beeinflussen. Sehr wichtig für die Energiebilanz sind der Strombezug, die Leistung von Stromerzeu-

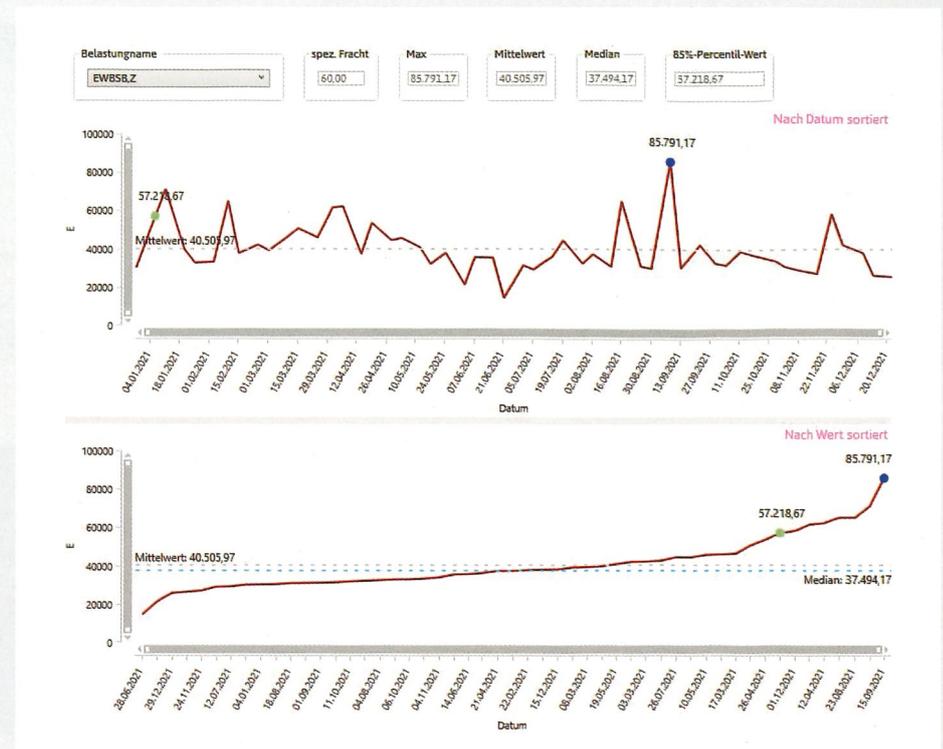


Bild 2 Die Belastung für das Jahr 2021 (Mittel-, Median- und 85%-Perzentilwert)

Quelle: AVMM

gern und die Einspeisung in das Stromnetz. Diese Werte waren auf der Kläranlage Aselbrunn zum größten Teil vorhanden. Fehlende Werte konnten im Laufe von Modernisierungsmaßnahmen ergänzt werden. Wichtig ist, dass die Gelegenheit eines laufenden Projektes unbedingt genutzt wird, um fehlende Werte zu ergänzen. Dazu braucht es einen Planer, der solche übergeordneten Aspekte mitbeachtet.

Kennwerte

Ist die Belastung ermittelt, lassen sich die Kennwerte e_{ges} [kWh/(E*a)], e_{Bel} [kWh/(E*a)] oder die spezifische Gasproduktion e_{FG} [l/(E*d)] ermitteln und darstellen (Bild 2). Bei Pumpwerken ist neben dem Stromverbrauch der Pumpen auch die Angabe der Durchflussmenge erforderlich. Die Förderhöhe kann bei Schneckenpumpwerken aus

Der neue Maßstab in Sachen Effizienz und Flexibilität Schraubengebläse

Volumenstrom 18 bis 105 m³/min, Druckdifferenz bis 1,1 bar

- **Synchron-Reluktanzmotor**
Vereint die Vorteile hocheffizienter Permanentmagnet- und robuster Asynchron-Motoren
- **Innovatives Anlagendesign**
Ermöglicht bei der Serie FBS Side-by-Side-Aufstellung
- **Anschlussfertig**
Mit kompletter Steuerung und Frequenzumrichter bzw. Stern-Dreieck-Starter
- **Geräuscharmer Betrieb**
Durch effektive Schall- und Pulsationsdämpfung
- **CE- und EMV- Kennzeichnung**
Für minimalen Planungs- und Inbetriebnahmeaufwand

KAESER
KOMPRESSOREN®



NEU

Verfügbar ab September 2022

www.kaeser.com



Bild 3 Übersichtliche Darstellung auf dem Dashboard: Kennwerte, Stromverbrauch der Stufen und Maschinen, Idealwerte und Potenziale

Quelle: AVMM

der Konstruktion abgeleitet werden. Bei Pumpwerken mit Druckleitung muss die manometrische Förderhöhe geschätzt oder aus hydraulischen Berechnungen entnommen werden, wenn keine Druckmessung vorhanden ist. Alle erforderlichen Online-daten liegen auf der Kläranlage Asselbrunn in Datenbanken vor. Das Analysewerkzeug Provi Energy greift auf diese Datenbasis zu und generiert täglich automatisch die

Kennwerte und ordnet das Ergebnis in die statistischen Kurven der DWA-A 216 ein (Bild 3).

Grob- und Feinanalyse

Das Dashboard (Bild 3) zeigt unter anderem die Schritte zur Grob- und Feinanalyse. Da die Daten der elektrischen Verbraucher sehr detailliert vorliegen, kann der Strom-

verbrauch entsprechend der Anlagengliederung für die einzelnen Maschinen, die Stufen und für die Gesamtanlage gebildet und angezeigt werden. Im oberen Teil des Dashboards werden die Stromverbräuche der einzelnen Maschinen abgebildet. Im Kuchendiagramm sind die einzelnen Stufen aufgegliedert. Schließlich sind links unten die Kennwerte für e_{ges} , e_{Bel} und die Pumpenkennwerte gemäß DWA-A 216 eingeordnet.

Idealwerte und Potenziale

Die Berechnungsansätze für die Idealwertberechnung liegen im DWA-A 216 vor. Anspruchsvoll ist dabei die Ermittlung des Sauerstoffbedarfs. Hierbei wird das DWA-A 131 zugrunde gelegt. Eingangsdaten sind die tatsächlichen Frachten wie CSB oder TKN aus der Handeingabedatenbank und Prozesswerte wie Temperatur oder Durchfluss aus der Prozessdatenbank. Den Idealwerten werden die tatsächlichen Verbräuche der betrachteten Stufe gegenübergestellt. Daraus ergibt sich das Einsparpotenzial. In Bild 3 ist dies in der rechten Grafik an den grünen Balken für den Idealwert und an den blauen Balken für den tatsächlichen Stromverbrauch der Stufe erkennbar.

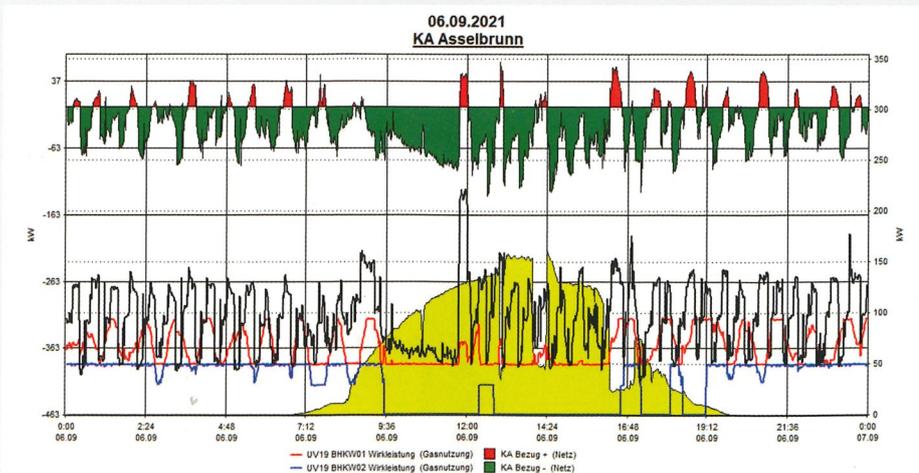


Bild 4 Minutenwerte der Energiebilanz: UNTEN Gesamtstromverbrauch Kläranlage (schwarz), Erzeuger BHKWs (rot und blau) und PV (gelb); OBEN Bezug (rot) und Einspeisung (grün)

Quelle: AVMM

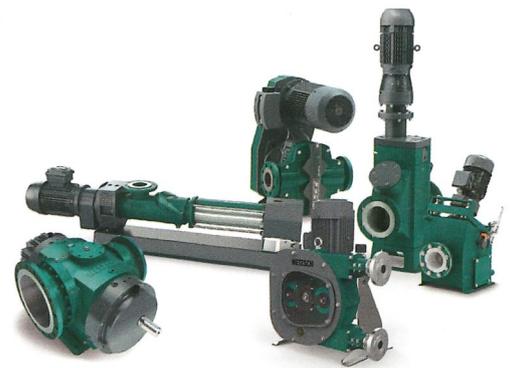
Pumpentechnik für komplexe Medien

So fördern Sie komplexe Medien effektiv

Die Wahl der richtigen Pumpe optimiert die Prozesse und reduziert Energiekosten. NETZSCH hat sich konsequent darauf ausgerichtet, Sie:

- ✓ objektiv zu beraten
- ✓ mit der exakt passenden Pumpentechnologie zu unterstützen
- ✓ schließlich mit unserem Service über die gesamte Lebensdauer der Pumpe zu begleiten.

Jede Technologie bietet für Sie spezifische Vorteile. Kontaktieren Sie uns, wir finden für Ihre Anwendung die optimale Lösung.



Die Produktfamilie der NETZSCH Verdrängerpumpen

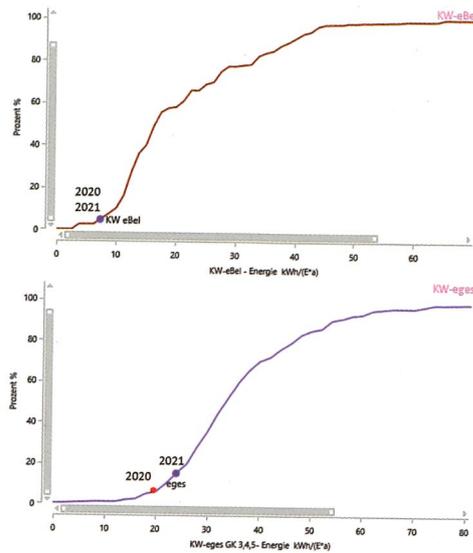
NETZSCH

Proven Excellence.

NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH
 Geretsrieder Str. 1, D - 84478 Waldkraiburg
 Tel.: +49 8638 63 0
 info.nps@netzsch.com
 www.pumps-systems.netzsch.com

Bild 5 Die Kennwerte e_{Bel} (oben) und e_{ges} (unten) in [kWh/(E*a)]

Quelle: AVMM



Details

Will man sich einen Aspekt im Detail anschauen, bietet das Werkzeug Provi Interpret auf der gleichen Datenbasis die Möglichkeit, die Prozessdaten in hoher Auflösung zu analysieren. So kann aus der Energieanalyse in die tiefere Auswertung des Prozesses eingestiegen werden (Bild 4).

Weitere Ergebnisse

Die Verbrauchermatrix liefert detaillierte Informationen, wie die Verbrauchsdaten der elektrischen Aggregate ermittelt wurden. Ein weiteres Ergebnis aus den Berechnungen ist ein detaillierter Energiebericht als Monats- und Jahresbericht. Es kann aus den vielen Maschinendaten eine stets aktuelle Maschinenliste ausgegeben

werden. Mit dem Modell der DWA-A 131 wird auch der erforderliche TS-Gehalt berechnet und dem tatsächlichen Wert gegenübergestellt.

Eine Analyse im Detail

Die Belastung der Kläranlage nimmt von 2020 bis 2021 leicht zu. Der Mittelwert steigt von 38.013 E auf 40.506 E. Auf diese Werte beziehen sich die spezifischen Kennwerte. Schaut man sich den Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Asselbrunn für 2020 und 2021 im Vergleich an, ist der spezifische Kennwert e_{ges} im Verlauf der beiden Jahre von 20,3 auf 24,5 kWh/(E*a) gestiegen. Der spezifische Energieverbrauch für die Belüftung ist gleichgeblieben. Wo kann die Ursache für den erhöhten spezifischen Gesamtenergieverbrauch liegen?

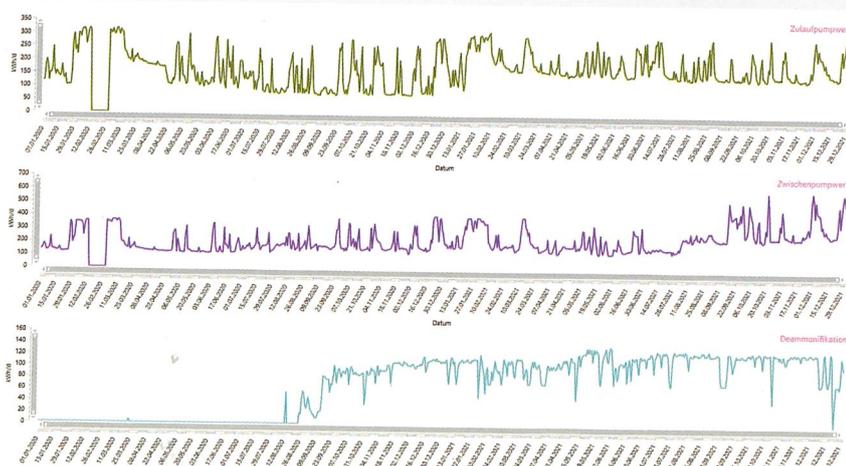


Bild 6 Langzeitgrafik zum Stromverbrauch der Pumpwerke und der Deammonifikation (2020 bis 2021)

Quelle: AVMM

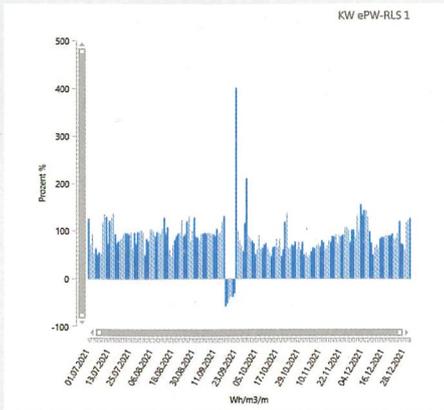


Bild 7 Pumpenkennwert über die Zeit
Quelle: AVMM

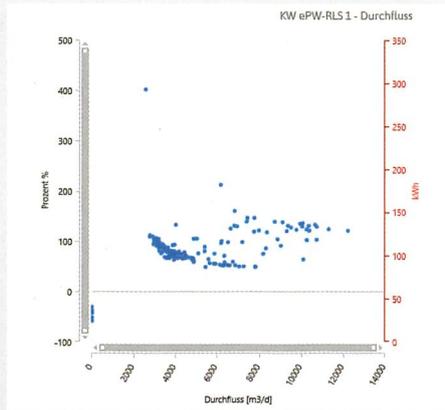


Bild 8 Pumpenkennwert über die tägliche Durchflussmenge
Quelle: AVMM

Wir sehen oben, dass sich der spezifische Energieverbrauch für die Belüftung nicht geändert hat.

Schaut man sich die Langzeitauswertung der Stromverbräuche von Zulaufpumpwerk und Zwischenpumpwerk an, erkennt man schon einen Grund für den erhöhten Stromverbrauch und vielleicht auch für die erhöhte Belastung. Es hat wohl 2021 mehr geregnet und es musste daher auch mehr gepumpt werden. Außerdem wurde im Sommer 2020 die Deammonifikation wieder in Betrieb genommen. Bei der Belüftung zeigt sich dadurch keine Ersparnis, obwohl die Biologie entlastet wurde. Ein Mehrverbrauch von 110 kWh/d entspricht schon etwa 1 kWh/(E*a).

Die Optimierung der Belüftung ist sicherlich überall als wichtige Maßnahme angekommen. Aber auch die Pumpwerke verdienen ein besonderes Augenmerk, insbesondere dann, wenn auf einer Anlage mehrfach gepumpt wird. Hier bieten sich tiefere grafische Auswertungen an, die das Betriebsverhalten eines Pumpwerkes bei verschiedenen Betriebspunkten zeigen.

Bild 7 zeigt den Pumpenkennwert über die Zeit bzw. das Datum ist aufgetragen. In Bild 8 sind die gleichen Kennwerte über

die tägliche Durchflussmenge aufgetragen. Betrachtet man die zeitabhängige Entwicklung des Pumpenkennwerts, so sieht dies recht gleichmäßig aus. Die starken Ausschläge rühren von Messfehlern her. Betrachtet man jedoch den Pumpenkennwert über die Durchflussmenge, dann erkennt man, dass der spezifische Energieverbrauch bei den höheren Durchflüssen deutlich schlechter ist. Hier ist es also angeraten, sich das Regelverhalten des Pumpwerkes einmal genauer anzuschauen.

In einem aktuellen Forschungsprojekt des Forschungsinstituts Wasserwirtschaft (FIW) der RWTH Aachen und BITControl wird derzeit untersucht, wie durch die Dynamisierung der Kennwerte und eine zeitliche Auflösung sowie durch verschiedene Darstellungsweisen Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb von Pumpen gefunden werden können.

Sektorenübergreifende Auswertungen

Grundlage der Bilanzierungen sind wie dargestellt vor allem die Verbrauchsdaten der Maschinen und der Energielieferanten. Auf dieser Basis wird die Bilanz aufgebaut und das Betriebsverhalten analysiert. Die Ana-

lysesoftware Provi Energy wird daher nicht nur in der Abwasserentsorgung, sondern auch schon in der Wasserversorgung eingesetzt. Der Betreiber kann so seine Energiebilanzierung sektorübergreifend aufbauen.

Fazit

Kläranlagen galten einst als die größten Energieverbraucher der Kommunen. In den letzten Jahren ist viel getan worden, um zumindest für Anlagen mit anaerober Schlammstabilisierung den Pfad zur Energieneutralität zu beschreiten. Auch Anlagen mit simultan aerober Schlammstabilisierung werden Schritt für Schritt immer energieeffizienter. Um den Stromverbrauch dauerhaft zu reduzieren, muss die energetische Situation im laufenden Betrieb transparent aufbereitet werden. Nur so werden einmal erreichte Einsparungen auch im laufenden Betrieb eingehalten. Das Analysewerkzeug Provi Energy bereitet die Daten nach den Anforderungen der DWA-A 216 und der Kommunalrichtlinie aus den vorhandenen Datenbanken automatisch auf und visualisiert sie in aussagekräftiger Form. In zusätzlichen Grafiken und Auswertungen kann man seine Analyse weiter vertiefen und so schnell heimliche Verbraucher, ungünstiges Regelverhalten oder weitere Optimierungspotenziale finden. Damit wird der Betreiber in die Lage versetzt, seine abwassertechnischen Anlagen, Wasserversorgungsanlagen oder sonstigen technischen Anlagen nicht nur gezielt zu optimieren, sondern dauerhaft energieeffizient zu betreiben.

■ **Norbert Meyer**

BITControl GmbH

n.meyer@bitcontrol.info

www.bitcontrol.info

Referenzen

Das Werkzeug Provi Energy ist bereits auf verschiedenen Anlagen der Abwasserbehandlung und Wasserversorgung installiert:

- Abwasseranlage Nahetal, VG Sprendlingen-Gensingen
- Wasserversorgung, VG Sprendlingen-Gensingen
- Kläranlage Au, VG Hamm/Sieg
- Kläranlage Wallmenroth, VG Betzdorf-Gebhardshain
- Kläranlage Riol, VG Schweich
- Kläranlage Asselbrunn, Abwasserverband Mittlere Mümling

Literatur:

- /1/ DWA (2015): DWA-A 216 Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef
- /2/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021): Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld. Online unter <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie>, zuletzt abgerufen am 10.06.22