

# PUMPEN IM KANAL: FORSCHUNGSARBEIT ZEIGT GROSSE, RENTABLE ENERGIEPOTENZIALE

**Energieoptimierung auf Kläranlagen ist schon seit längerer Zeit im Fokus der Kläranlagenbetreiber. Noch wenig Beachtung fanden bisher aber die Stromverbraucher in der Kanalisation, allen voran die Pumpen. Eine Forschungsarbeit der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit Schweizer Spezialisten zeigt nun, dass die Pumpen im Kanal nach der Belegung den grössten Stromverbrauch der Abwasserverbände aufweisen und über ungeahnt grosse Energieeffizienzpotenziale verfügen.**

*Ernst A. Müller\*, InfraWatt, EnergieSchweiz*

*Karsten Müller, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen*

*Beat Kobel, Ryser Ingenieure AG*

In Nordrhein-Westfalen (NRW) ist eine Betriebsdatenerfassung der Pumpwerke im Abwasserkanal nur in Ansätzen oder gar nicht vorhanden, so dass diese auch nicht energetisch bewertet

und optimiert werden können. Das mag auch daran liegen, dass die Pumpen im Kanal für das Betriebspersonal nicht täglich sichtbar sind. Vor diesem Hintergrund schrieb das Umweltministerium von Nordrhein-Westfalen ein Forschungsvorhaben aus, für welches das Forschungsinstitut für Wasser und Abfallwirtschaft (FiW) von der RWTH Aachen unter Beizug von Schweizer Spezialisten den Zuschlag erhielt.

## RÉSUMÉ

### FORSCHUNGSARBEIT ZEIGT ERSTMALS DIE GROSSEN, RENTABLEN ENERGIEPOTENZIALE DER PUMPEN IM KANAL

Eine neue wissenschaftliche Untersuchung vom Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen zeigt, dass die Sonderbauwerke in den Abwasserkanälen in Nordrhein-Westfalen (NRW) einen grossen Anteil von 12% am gesamten Stromverbrauch der Abwasserverbände einnehmen. Detaillierte Messungen an 29 Pumpwerken in NRW weisen nach, dass die Pumpen im Vergleich zum Bedarf im Mittel um Faktor 2,5 zu viel Strom verbrauchen. Konkrete Beispiele belegen, dass der Stromverbrauch bei Pumpen im Kanal mit einfach realisierbaren Massnahmen um 40% und mehr gesenkt werden kann, sich die gesamten Investitionen in weniger als 2 Jahren amortisieren lassen und damit einen grösseren Gewinn abwerfen.

Empfehlung abgeleitet aus der Forschungsarbeit:

1. Bei jeder Sanierung oder Erneuerung die Pumpen im Abwasserkanal durch Fachleute bezüglich elektrischer und hydraulischer Optimierung detailliert untersuchen.
2. Stromverbrauch aller bestehender Pumpen im Kanal systematisch erheben, bei den relevanten Verbrauchern die Energieeffizienz berechnen, sofern die Richtwerte nicht erfüllt sind konkrete Energiemassnahmen ermitteln und die wirtschaftlichen Massnahmen umsetzen.
3. Vorgehen: Zunächst hydraulische Massnahmen prüfen (Reduktion Höhendifferenz bzw. Wassermenge), den Leistungsbedarf bestimmen und Anlage richtig dimensionieren. Alle Komponenten des Antriebes vom Motor, zu Leistungssteller (z.B. Frequenzumformer FU), Übertragung, Pumpen bzw. das Gesamtsystem nach Energieeffizienz optimieren.
4. Der sichere Betrieb muss selbstverständlich weiterhin gewährleistet sein!
5. In der Schweiz Finanzbeiträge an Studien und Investitionen von Bund und Kantonen prüfen: Anfrage bei [info@infrawatt.ch](mailto:info@infrawatt.ch)

### ZIEL DER FORSCHUNGSARBEIT

Der Forschungsauftrag unter dem Titel «Entwicklung von Sparmassnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energie-sparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation» hatte folgende Ziele:

- Ermittlung des Energiebedarfs und der Energieeinsparpotenziale von Sonderbauwerken in der Siedlungsentwässerung mit dem Schwerpunkt Abwasserpumpwerke
- Erarbeitung eines Konzepts für die Planung und Dimensionierung neu zu erstellender energetisch optimierter Pumpwerke
- Darstellung der Möglichkeiten eines energetisch optimierten Betriebs bestehender Pumpwerke
- Bewertung der Ausfallrisiken energetisch optimierter Pumpwerke
- Aufzeigen der Betriebskosten energetisch optimierter Lösungen

Im Folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse der Forschungsarbeit<sup>1</sup> dargestellt.

Selbstverständlich ist mit jeder energetischen Optimierung der Abwasserpumpen immer die Aufgabe verknüpft, weiterhin auf einen sicheren Betrieb zu achten, da die Funktionalität der Pumpwerke nicht beeinträchtigt werden darf.

### HEUTIGER STROMVERBRAUCH DER PUMPEN IM KANAL

In einem ersten Schritt der Forschungsarbeit sollte der heutige Stromverbrauch von Sonderbauwerken in der Kanalisation ermittelt werden. Da in Nordrhein-Westfalen keine nutzbaren

<sup>1</sup> Der ausführliche Forschungsbericht kann bei [info@infrawatt.ch](mailto:info@infrawatt.ch) bezogen werden.

\* Kontakt: [mueller@infrawatt.ch](mailto:mueller@infrawatt.ch)

Angaben von Abwasserverbänden verfügbar waren, wurde im Herbst 2011 eine Umfrage bei drei Verbänden in der Schweiz durchgeführt.

Die drei Abwasserverbände Altenrhein, Lugano und Solothurn haben eine Grösse von rund 100 000 bis 200 000 Einwohnerwerten, die Kanallänge liegt zwischen 70 und 90 km. Im Mittel sind rund 35 Pumpen und 30 Regenbecken installiert oder pro Kilometer 0,43 Pumpen und 0,35 Regenbecken (Tab. 1 und 2). Zusammen mit den früher ermittelten Angaben von Schwyz verbrauchen die vier untersuchten Abwasserverbände in der Schweiz insgesamt 17,3 Mio. kWh/a Strom. Davon entfallen auf die Stromverbraucher im Kanal 3,2 Mio. kWh/a oder 18,1%. In diesen Zahlen sind die Stromverbraucher in Kanälen, die von den Kommunen betrieben werden, noch nicht berücksichtigt. In der Forschungsarbeit vom FiW 2013 konnte über die bekannte Anzahl installierte Pumpwerke und Regenbecken für Nordrhein-Westfalen eine Hochrechnung des Energieverbrauches vorgenommen werden. Demnach verbrauchen die Sonderbauwerke in den Kanälen in NRW insgesamt 158 GWh/a Strom oder 12% vom gesamten Stromverbrauch der Abwasserverbände. Dieses Resultat ist doch erstaunlich, denn die Sonderbauwerke in den Kanälen verbrauchen damit sogar noch mehr Strom als die Schlammfäulung oder Flockungsfiltration und sind demnach hinter der Belegung der zweitgrösste Stromverbraucher der Abwasserbeseitigung. Abschätzungen gehen von einer ähnlichen Grössenordnung in der Schweiz aus. Bei einem heutigen Stromverbrauch der Abwasserbeseitigung in der Schweiz von 448 Mio. kWh/a (BAFU 2012) ergeben sich für die Sonderbauwerke im Kanal also jährlich rund 50 Mio. kWh. Den weitaus grössten Anteil verbrauchen die Pumpen im Kanal, der Stromverbrauch der Regenbecken ist viel kleiner. Bei einem gewichteten Durchschnitt gemäss BAFU für den gesamten Stromverbrauch der Abwasserbeseitigung von 39 kWh/EW a in der Schweiz ergeben sich also rund 5 kWh/EW a für die Stromverbraucher im Kanal.

#### MASSNAHMEN ZUR ENERGIEOPTIMIERUNG DER PUMPEN IM KANAL

Bei den Pumpen beschränkt sich das Potenzial zur Stromersparung bei weitem nicht alleine auf die Massnahmen bei den

Motoren. Mit energieeffizienten Motoren lässt sich tatsächlich ein gewisses Energiepotenzial umsetzen. Beim Ersatz von einem Motor sind die zusätzlichen Potenziale - im Vergleich zu den heute üblicherweise eingesetzten modernen Motoren - nur noch im Bereich von wenigen Prozenten. Wichtig sind die richtige Dimensionierung und die Energieoptimierung des gesamten Antriebssystems, also der einzelnen Komponenten als auch der Gesamtheit (Fig. 1). Die Untersuchungen haben gezeigt, dass neben den elektrischen Verbrauchern die Reibungsverluste in den Rohrssystemen sowie die geodätische Förderhöhe des zu fördernden Abwassers im Pumpensumpf die Energieeffizienz ganz wesentlich beeinflussen und bei einer Energiebetrachtung unbedingt mit einbezogen werden müssen. Deshalb sind bei einer Energieanalyse oder der Planung von Pumpen sowohl Fachleute aus dem Elektrobereich und als auch aus dem Abwasserfach beizuziehen.

Bei der Energieoptimierung von Abwassersystemen ist zu beachten, dass zuerst der Energiebedarf vermindert, dann optimiert und schlussendlich der restliche Energiebedarf möglichst mit erneuerbaren Energie gedeckt werden kann.

#### Strategie der systematischen Energieoptimierung

##### 1. Senkung des Bedarfes an Transportenergie:

Abwassermenge an der Quelle reduzieren, z.B. durch Reduktion des Fremdwasseranteils sowie durch eine optimale Kanalnetzplanung mit minimalen Hebestufen und Druckverlusten in den Leitungen.

##### 2. Einsatz effizienter Antriebssysteme:

Auswahl hocheffizienter Motoren, Antriebe, Pumpen sowie einem Gesamtsystem mit optimal aufeinander abgestimmten Komponenten.

##### 3. Sorgfältige Konzeption:

Konzeption und Dimensionierung der Förderanlagen unter Berücksichtigung der Lastverhältnisse (Abwasseranfall) und der gegebenen Einflussgrösse der Kanalisation.

##### 4. Lastabhängiger Betrieb:

Lastabhängige Regulierung und ein Spitzenmanagement zur Energie- und Kostensenkung. Vergleiche dazu auch Beitrag in *Aqua & Gas 11/13* über Lastverschiebung sowie das neue

Name	Anschlussgrösse EW	Kanallänge km	Pumpen Anzahl	Pumpen Anzahl/km	Regenbecken Anzahl	Regenbecken Anzahl/km
Altenrhein	200 000	70	29	0,41	20	0,28
Region Lugano	186 667	90	35	0,31	52	0,58
Region Solothurn	93 617	88	44	0,50	17	0,19
Summe/Mittel	480 284	248	108	0,43	89	0,35

Tab. 1 Anzahl Pumpen und Regenbecken im Kanal an drei Fallbeispielen in der Schweiz

Franz. Legende

Name	Stromverbrauch (inkl. Sonderbauwerke im Kanal) [kWh/a]	Pumpwerke und Regenbecken [kWh/a]	Pumpwerke und Regenbecken Anteil	Pumpwerke und Regenbecken [kWh/EW a]
Altenrhein	4 122 456	337 816	8,2%	1,7
Region Lugano	8 099 921	1 997 652	24,7%	10,7
Region Solothurn	3 650 000	530 000	14,5%	5,7
Schwyz	1 400 000	352 500	25%	nicht ermittelt
Summe/Mittel	17 272 377	3 217 968	18,1%	6,0

Tab. 2 Anteil der Pumpwerke und Regenbecken im Kanal am gesamten Stromverbrauch von vier Abwasserverbänden in der Schweiz

Franz. Legende

Leuchtturmprojekt von InfraWatt «Regelpooling Wasserversorgungen und Abwasserreinigungsanlagen» im Auftrag des Bundesamtes für Energie<sup>2</sup>.

#### 5. Erfolgskontrolle:

Kontrolle der prognostizierten Energie- und Kosteneinsparungen im Betrieb sowie der Wirtschaftlichkeit. Bei nicht Erreichung Ermittlung der Gründe und Einleitung von Nachbesserungen.

Im Rahmen des Forschungsprogrammes des FiW 2013 wurden die Möglichkeiten eines energetisch optimierten Betriebs an einem konkreten Beispiel (Polsum, Lippeverband, NRW) ausgearbeitet. Daraus kann abgeleitet werden, dass folgende Massnahmen erhebliches Optimierungspotenzial versprechen:

- genaue Ermittlung des Bedarfes und richtige Dimensionierung der Motoren und Pumpen
- Einrichtung einer Drehzahlregelung, mindestens für die häufig betriebenen Maschinen
- Kombinationen mehrerer Pumpen(-stufen)
- Optimierung Steuerungskonzept der Pumpen
- Nutzung verminderter Fliessgeschwindigkeiten in der Druckleitung
- Vergleichmässigung des Rohabwasserzuflusses durch ausreichende Grösse des Pumpensumpfes
- ausreichende betriebliche und technische Überwachung

Inwieweit solche Massnahmen auch wirtschaftlich sind, muss immer unter Ansatz der Lebenszykluskosten geprüft werden. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um ein bestehendes Pumpwerk handelt, das noch nicht vollständig abgeschrieben ist oder ob das Pumpwerk nach dem üblichen Austauschzyklus erneuert oder saniert wird. Bei Sanierungen, Erneuerungen oder dem Neubau sind immer nur die energiebedingten Mehrkosten im Vergleich zu einem üblichem Ersatz der Pumpe durch die Energiekosteneinsparungen zu amortisieren und nicht die Aufwendungen für die gesamte Anlage, da diese ohnehin realisiert werden muss. Bei einem frühzeitigen Ersatz aus energiebedingten Gründen ist auch der Restwert der Anlage bei der Wirtschaftlichkeit der Energiemassnahmen zu betrachten. Ein anspruchsvoller Teil bei der

Pumpenwahl besteht darin, das Optimum zwischen Energieeffizienz und Betriebssicherheit zu finden. Die Schwierigkeit ergibt sich aus dem Zusammenhang zwischen Wirkungsgrad, Volumenstrom und Durchflussquerschnitt einer Pumpe. Ein weiteres Augenmerk sollte darauf gelegt werden, dass speziell der Grundlastbetrieb möglichst optimiert und sehr energieeffizient ausgelegt wird, da der grosse Teil des Jahresbetriebs im Trockenwetterfall stattfindet.

#### POTENZIAL DER ENERGEEINSPARUNGEN

Im FiW-Projekt wurden für rund 200 Pumpwerke von Abwasserverbänden in Nordrhein-Westfalen Betriebsdaten erhoben. Hierbei zeigte sich, dass bei lediglich 29 Pumpwerken die notwendigen Daten für eine Energieeffizienzanalyse zur Verfügung standen. Dies bestätigt also ein weiteres Mal, dass die Stromverbraucher im Kanal kaum beachtet und wegen der fehlenden Messungen auch nicht bewertet bzw. die Energiepotenziale nicht ermittelt werden. Die 29 erfassten Pumpwerke in NRW verbrauchen zwischen rund 2000 und 3 Mio. kWh/a Strom. Der spezifische Energieverbrauch pro Wassermenge und Förderhöhe liegt meistens zwischen 4–15 Wh/(m<sup>3</sup>×m), in vier kleineren Pumpwerken sogar über 23 Wh/(m<sup>3</sup>×m). Damit wird der theoretische Energiebedarf, der benötigt wird, um einen Kubikmeter Wasser um einen Meter anzuheben, von rund 2,7 Wh/(m<sup>3</sup>×m) mehrfach überschritten. In der Forschungsarbeit wurde ein Vergleich mit den Richtwerten aus dem Schweizer Leitfaden «Energie in ARA» vorgenommen. Von den 29 untersuchten Pumpwerken in NRW erreichen lediglich zwei Anlagen die Richtwerte aus der Schweiz. Im Mittel resultiert bei den 29 Pumpwerken ein Stromverbrauch von rund 10 Wh/(m<sup>3</sup>×m), der um den Faktor 2,5 über dem Richtwert von 4,0 Wh/(m<sup>3</sup>×m) liegt. Bei einer Reduktion des Stromverbrauchs von 10 Wh/(m<sup>3</sup>×m) auf den Richtwert von 4,0 Wh/(m<sup>3</sup>×m) berechnet sich ein Energieeinsparpotenzial von 60%. An dieser Stelle soll ein kleines Beispiel die grossen Energiepotenziale darlegen, welche ohne grossen Aufwand realisiert werden können. Das untersuchte Pumpwerk Polsum vom Lippeverband verbraucht heute rund 150 000 kWh/a Wirkarbeit. Mit einer Reinigung der Druckleitung bzw. nach Beseitigung von hydraulischen Hemmnissen konnte der spezifische Stromverbrauch von rund 7,2 Wh/(m<sup>3</sup>×m) auf rund 4,4 Wh/(m<sup>3</sup>×m) gesenkt werden, was Einsparungen von 40% entspricht (Fig. 2).

<sup>2</sup> Bericht folgt in Aqua & Gas

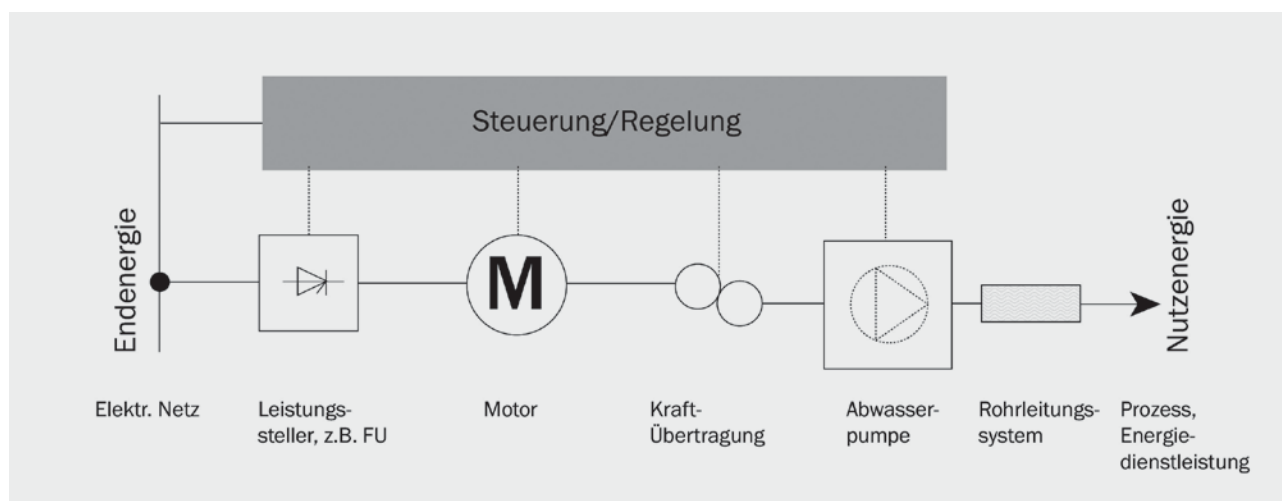


Fig. 1 Gesamtbeurteilung eines Antriebsystems von Abwasserpumpen (BFE/VSA 2008/2010)

Franz. Legende

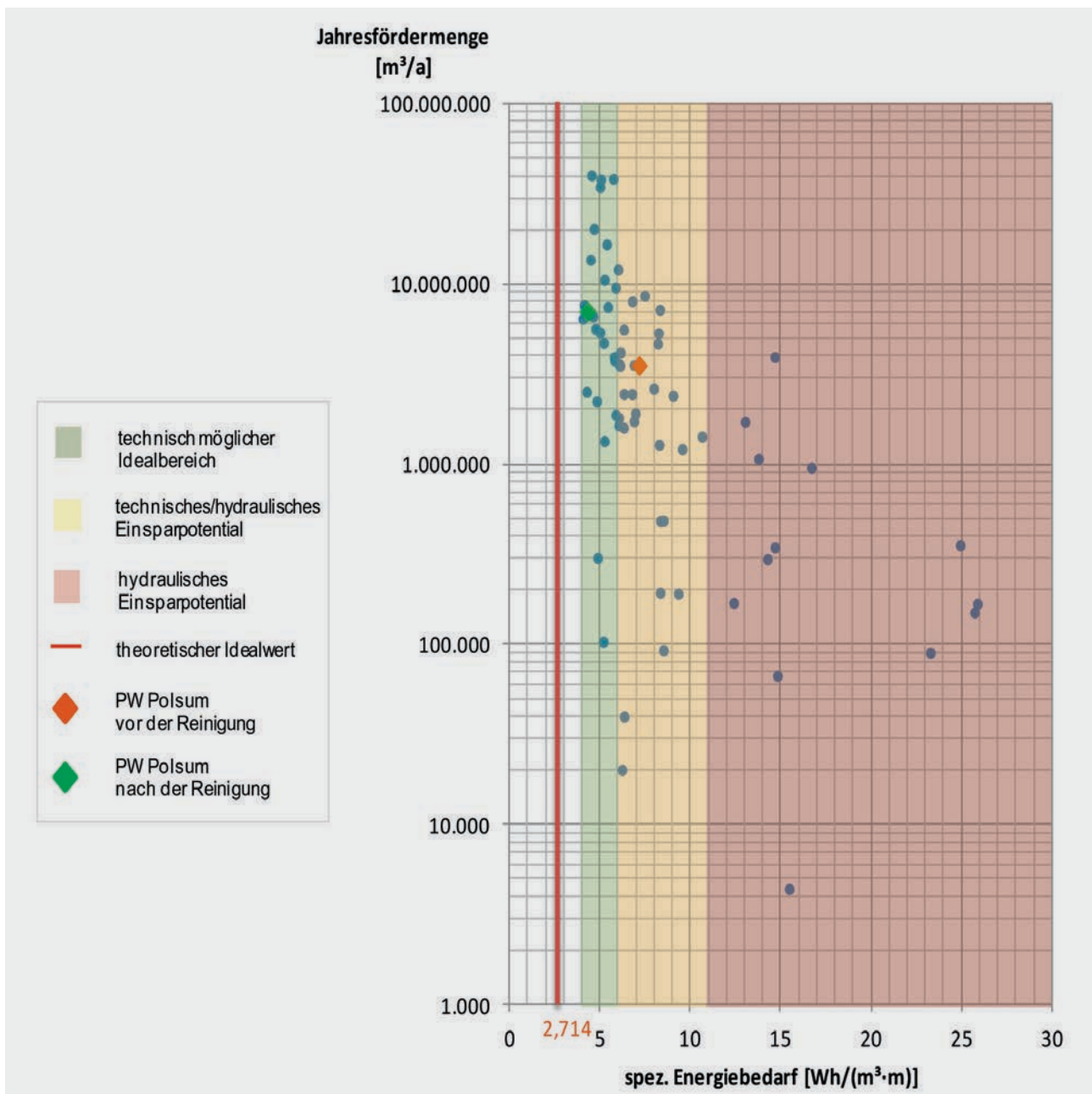


Fig. 2 Energieverbrauch von 29 Pumpwerken in Nordrhein-Westfalen im Vergleich zum theoretischen Energiebedarf in Abhängigkeit der Ausbaugröße

Franz. Legende

Diese Untersuchung bestätigte auch,

- dass die Richtwerte aus der Schweiz in der Praxis erreichbar sind,
- dass eine Optimierung der hydraulischen Verhältnisse einen grossen Einfluss auf die Energieeffizienz der Anlage an sich hat,
- dass die Anteile der Optimierungspotenziale schwer nach Elektrotechnik und Hydraulik unterschieden werden können,
- dass es die Zusammenarbeit von Abwasserfachleuten mit Elektrofachleuten braucht.

In der Forschungsarbeit wird das Einsparungspotenzial bei den Pumpen im Kanal vom FiW im Mittel auf 40% beziffert. Bei einem Jahresenergieverbrauch der Abwasserableitung in NRW von rund 158 Mio. kWh lässt sich ein Energieeinsparpotenzial

der Pumpen im Kanal von rund 63 Mio. kWh/a abschätzen. Bei einem heutigen Bezugspreis von rund 0,25 Euro/kWh entspricht das Sparpotenzial jährlich rund 16 Mio. Euro oder über eine Laufzeit von 20 Jahren betrachtet von 320 Mio. Euro, Preissteigerungen nicht inbegriffen.

Energieeinsparpotenzial durch Optimierung der Steuer-/Regelkreise

- Energieeinsparung bis zu 8% bei einer «Direkteinschaltung der Abwasserpumpe/n» durch die Verringerung der Förderhöhe der Abwasserpumpe/n
- Energieeinsparung bis zu 10% durch den Einsatz von Frequenzumrichtern zur Regelung der Förderleistung/-menge der Abwasserpumpe/n in Abhängigkeit des Füllstandes im Pumpensumpf

- Energieeinsparung bis zu 20% durch den Einsatz von Frequenzumrichtern zur Regelung der Förderleistung/-menge der Abwasserpumpe/n in Abhängigkeit des Füllstandes im Pumpensumpf in Verbindung mit einer Verringerung der Förderhöhe der Abwasserpumpe

Zur Durchführung einer Energieeffizienzauswertung (Energieeffizienzanalyse und Betriebsoptimierung) sind die Betriebsdaten der Sonderbauwerke der Siedlungsentwässerung nach folgenden Kennwerten auszuwerten:

- Energieverbrauch der Abwasserpumpe/n (kWh)
- Gesamtfördermenge der Abwasserpumpe/n (m<sup>3</sup>)
- Energieverbrauch geförderte Abwassermenge (kWh/m<sup>3</sup>)
- Abweichung des Energieverbrauchs zum Vorjahr in Prozent (%) bezogen auf die geförderte Abwassermenge (kWh/m<sup>3</sup>)

### KONKRETES BEISPIEL AUS DER SCHWEIZ

#### Ausgangslage

Beim Zweckverband Abwasserregion Solothurn-Emme sind 47 Gemeinden mit 87 000 Einwohnerwerten angeschlossen. Die Steuerung des Pumpwerkes «Gaswerk» musste aus Altersgründen erneuert werden, die Pumpen selber funktionierten noch. Die drei Schneckenpumpen wurden über die Niveaumessung des Abwasseranfalls gesteuert. Bei Trockenwetter war die Schneckenpumpe 1 ständig in Betrieb und deckte die Grundlast ab. Die restlichen zwei Pumpen waren auf eine minimale Laufzeit eingestellt, indem mit einer Wiederanlaufsperrung eine rasche Inbetriebnahme nach einer Ausschaltung verhindert wird. Zwei Firmen wurden beauftragt, Lösungen zu erarbeiten. Die erste Firma schlug mit Lösung 1 einen konventionellen Ansatz

Motor	Betriebsstunden [h/a]	installierte Leistung [kW]	effektiver Leistungsbedarf [kW]	Reduktion in % der installierten Leistung [%]
Motor 1	8693	30	18,5	38%
Motor 2	1005	55	37	33%
Motor 3	942	75	55	27%
alle 3 Motoren	2417	160	110,5	31%

Tab. 3 Installierte Leistung und effektiver Bedarf aufgrund von Messungen  
Franz. Legende

		Bestehende Motoren	Softstarter	mit Frequenzumrichter optimiert		
		IST	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
<b>Energieverbrauch</b>	<b>kWh/a</b>	<b>249 863</b>	<b>250 063</b>	<b>146 870</b>	<b>146 870</b>	<b>139 801</b>
Nennleistung Motoren	kW	160	160	160	122	110
Leistung in % IST bzw. Lösung 1		100%	100%	100%	76%	69%
<b>Energiekosten</b>	<b>(CHF/a)</b>	<b>77 145</b>	<b>70 971</b>	<b>55 492</b>	<b>47 545</b>	<b>43 975</b>
Jahrestotal Arbeitspreis		31 233	31 258	18 359	18 359	17 475
Jahrestotal Netznutzung		6 247	6 252	3 672	3 672	3 495
Jahrestotal Blindleistung		6 204	0	0	0	0
Jahrestotal insgesamt		33 462	33 462	33 462	25 515	23 005
<b>Investitionen</b>	<b>(CHF)</b>	<b>0</b>	<b>21 426</b>	<b>39 047</b>	<b>28 503</b>	<b>42 737</b>
Softstarter			11 837			
Blindstromkompensation			9 590			
Frequenzumrichter				32 023	23 337	20 796
Sinusfilter				7 024	5 166	4 491
IE3-Motoren						17 450
<b>Gestehungskosten</b>	<b>(CHF/a)</b>	<b>77 145</b>	<b>73 463</b>	<b>60 034</b>	<b>50 860</b>	<b>48 946</b>
Energiekosten		77 145	70 971	55 492	47 545	43 975
Kapitalkosten [5% Zins/15 Jahre]		0	2 063	3 760	2 745	4 116
Unterhalt/Wartung (2% der Investitionen)		0	429	781	570	855
Kosten/Nutzenverhältnis			0,40	0,21	0,11	0,15
Gewinn über 15 Jahre			55 226	256 672	394 274	422 992
<b>Einsparungen in % gegenüber IST</b>						
Stromverbrauch		0%	0%	41%	41%	44%
Energiekosten		0%	8%	28%	38%	43%
Gesamtkosten		0%	5%	22%	34%	37%

Tab. 4 Berechnung der Stromeinsparung und Wirtschaftlichkeit mit energieoptimierter Pumpen im Vergleich zu üblicher Sanierung  
Franz. Legende

vor. Die zweite Firma hatte die Aufgabe die Leistungsaufnahme der drei Motoren genauer zu analysieren, um die Dimensionierung der Pumpen zu überprüfen. In einem ersten Schritt wurden Wirk-, Blind- und Scheinleistung, die Asymmetrien der Phasen und die Anlaufströme sowie  $\cos \varphi$  in Voll- und Teillast ermittelt. Dazu wurde das Einlaufbecken gestaut. Die Untersuchung ergab, dass der effektive Leistungsbedarf der Motoren um einen Drittel tiefer als im IST-Zustand lag (Tab. 3 und 4). Aufgrund dieser zusätzlichen Untersuchungen wurden die Lösungen 2, 3 und 4 vorgeschlagen.

#### Lösungsvarianten

- Lösung 1 (Teil-Sanierung):  
Bestehende Motoren mit Softstarter und einer Blindstromkompensation ausrüsten.
- Lösung 2:  
Anstelle der Softstarter werden Frequenzumrichter bei den bestehenden Motoren eingesetzt. Auf eine Blindstromkompensation kann verzichtet werden, da die Kosten für den Blindstrom trotzdem entfallen.
- Lösung 3:  
Wie Lösung 2, aber zusätzlich werden die Frequenzumrichter aufgrund der Messungen etwas kleiner dimensioniert.
- Lösung 4:  
Die alten Motoren werden durch neue IE3-Motoren ersetzt, auf die effektiv benötigten Leistungen dimensioniert und mit Frequenzumrichtern ausgerüstet. Durch die tiefere Dimensionierung der Motoren können auch die Frequenzumrichter und alle anderen Komponenten (Schütze, Motor-Schutz-Schalter, Kabel, Klemmen etc.) kleiner gewählt und Anschaffungskosten gespart werden.

#### Ergebnisse

Mit der vorgeschlagenen Lösung 4 kann der Stromverbrauch gegenüber dem IST-Zustand um 44% gesenkt werden und die Energiekosten um 43% (Tab. 4, Fig. 3). Diese hohen Einsparungen sind auf die Verminderung des Stromverbrauches zurückzuführen, aber auch auf die reduzierte Leistung, die bei den vorgegebenen Tarifen des Elektrizitätswerkes sehr stark ins Gewicht fällt.

Die gesamten Investitionen belaufen sich für Lösung 4 auf 42 737 Franken. Diese sind in weniger als zwei Jahren amortisiert. Bei jährlichen Energiekosteneinsparungen von 33 170 Franken und jährlichen Aufwendungen für die Kapitalkosten, Unterhalt und Wartung von lediglich 4971 Franken ergibt sich Jahr für Jahr ein Gewinn von 28 199 Franken, was über 15 Jahre einen Gesamtgewinn von 422 992 Franken ergibt.

Bereits mit den Frequenzumrichtern kann – wegen der Überdimensionierung der Anlage – viel Energie eingespart werden. Mit der richtigen Auslegung der Motoren können die Energiekosteneinsparungen nochmals deutlich gesteigert werden. Die Motoren alleine zu ersetzen, bringen zwar nur wenige Prozente Energieeinsparung. Zusammen mit den Frequenzumrichtern und der neuen Ansteuerung (Staubecken, damit Motor 1 im optimalen Wirkungsgrad läuft) sowie der Drehzahlregelung der Pumpen, bringt dieses Massnahmenpaket eine sehr hohe Wirkung. Lösung 2 und 3 bringen ebenfalls bereits hohe Einsparungen beim Stromverbrauch, die Energiekosten können aber bei Lösung 4 noch weiter gesenkt und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Die Lösung 1 bringt keine Energieeinsparung, lediglich Einsparungen bei den Energiekosten. Durch Revision oder den Ersatz der beste-



Fig. 3 Rentable Einsparungen von 44% beim Zweckverband Abwasserregion Solothurn - Emme durch gezielte Energieoptimierung an Pumpen im Kanal

Franz. Legende

henden Pumpen könnte die Lösung 4 bezüglich Stromeinsparung nochmals um einige Prozente erhöht werden, diese Massnahme lohnt sich aber erst bei einem altersbedingten Ersatz. Die Anlage wurde 2012 ausgeführt.

#### SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Forschungsarbeiten in Nordrhein-Westfalen zeigten, dass die Energieeffizienz auch bei grösseren Abwasserverbänden bisher kaum betrachtet wurde. Das mag mit ein Grund sein, weshalb bei 29 untersuchten Pumpwerken nur zwei über eine ausreichende Energieeffizienz verfügen, die restlichen sind energetisch ungenügend. Im Mittel liegt der Stromverbrauch um Faktor 2,5 über dem Bedarf. Das mögliche Einsparpotenzial der Pumpen wird in NRW auf 40% geschätzt oder auf 5% des gesamten Stromverbrauches der Abwasserverbände in NRW.

Das dürfte auch in der Schweiz nicht anders sein. Das Fachwissen zur Energieoptimierung von Pumpen und Kanalnetz wurde im Leitfaden «Energie in ARA» ausgebaut. Nun gilt es, möglichst rasch an konkreten Fällen weitere Anschauungsbeispiele zu schaffen, die Bedeutung bzw. die Chancen von wirtschaftlichen Energieeinsparungen bekannt zu machen und auch Planer und Klärwerkpersonal zu diesem neuen Thema weiterzubilden. Zukünftig geht es darum, alle relevanten Pumpen im Betrieb auch

auf ihre Energiekosteneinsparungen zu untersuchen und bei jeder Planung von Pumpensanierungen oder -neubau immer detailliert und fachgerecht in Bezug auf Energieeffizienz zu analysieren. Der Bund fördert solche Massnahmen ([info@infrawatt.ch](mailto:info@infrawatt.ch)). Selbstverständlich muss bei jeder Energieoptimierung weiterhin auf einen zuverlässigen Betrieb der Pumpen geachtet werden.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Müller, K. et al. (2013): *Entwicklung von Sparmassnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation, Forschungsarbeit im Auftrag Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen* (Download: [www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch))
- [2] Siekmann, M., Koenen, St. (2013): *Der Weg zu energetisch optimierten Pumpenwerken*; wwt 5/13
- [3] Graf, E. (2012): *Pumpen im Kanal – die unheimlichen Stromfresser*, Aqua & Gas N° 4/12
- [4] Müller, E. A. et al. (2013): *Lastverschiebung – BFE-Studie zum Potenzial der Schweizer Infrastrukturanlagen*, Aqua & Gas N° 11/13
- [5] Kind, E.; Levy, G.A. (2012): *Energieeffizienz und Energieproduktion auf ARA*. Holinger AG im Auftrag des BAFU
- [6] Müller, E. A. et al. (2008/2010): *Energie in ARA. Leitfaden zur Energieoptimierung auf Abwasserreinigungsanlagen*. BFE, EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen, VSA