

# Senkung der Energiekosten durch bedarfsgerechten Pumpenbetrieb

## Leistungsanpassung von Pumpensystemen in Gebäudetechnik und Industrie

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Gontermann

Überdimensionierte Pumpen in Heizungs- und Kühlsystemen für Anlagen zur Druckerhöhung und Abwasserentsorgung oder für industrielle Prozesse verursachen unnötig hohe Energiekosten. Anstatt durch Einrichtungen wie Drosselarmaturen oder Bypass-Systeme Energie zu vernichten, lassen sich mit der Leistungsanpassung von Pumpen und ihren Antriebsmotoren erhebliche Mengen elektrischer Strom einsparen. Der Beitrag des Pumpenherstellers KSB stellt Maßnahmen vor, durch die erhebliche Kosteneinsparungen erzielbar sind. Die Möglichkeiten reichen von der richtigen Auslegung über die Anpassung des Laufraddurchmessers bis zur automatischen, bedarfsabhängigen Drehzahlregelung und dem Einsatz von hocheffizienten Motoren.



Abb. 1: In einer Kälteanlage zur Klimatisierung von Universitätsgebäuden transportieren vier Kühlwasserpumpen das Klimakaltwasser zu den Kältemaschinen. Mit je 30 kW Anschlussleistung ergibt sich für den Betrieb der Pumpen ein erheblicher Stromverbrauch.

Der Betrieb von Pumpensystemen hat in der Gebäudetechnik ebenso wie für Anwendungen in industriellen Produktionsprozessen einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch. Bei Pumpenmotoren in größeren Leistungsbereichen (Abb. 1) sind vor allem auch die Stromkosten für die benötigte Antriebsenergie ein wichtiger Aspekt. Steigende Energie- und Strompreise zwingen Anlagenbetreiber dazu, die Energiekosten einzudämmen. Einen Ansatz mit großem Einsparpotenzial bietet die Optimierung von Pumpensystemen: Wie die Deutsche Energie-Agentur (dena) errechnet hat, ließe sich in Deutschland für den Betrieb von Pumpen ein Stromverbrauch von 14 Milliarden kWh pro Jahr einsparen. Im Rahmen der bundesweiten dena-Initia-

tive "EnergieEffizienz Industrie & Gewerbe" zeigten die Ergebnisse der dabei durchgeführten Analysen, dass Einsparpotenziale zwischen 18 und 90% erreichbar sind, wenn das Pumpensystem als Ganzes optimiert wird.

### MASSNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG VON PUMPENSYSTEMEN

Aufgrund der im Einzelfall zu berücksichtigenden Parameter kann es keine einheitliche Lösung geben, die für alle Anwendungen gleichermaßen zur Minderung des Energiebedarfs von Pumpen geeignet ist. Um die Einsparpotenziale zur wirtschaftlichen Optimierung von Pumpensystemen auszuschöpfen, stehen fünf verschiedene technische Möglichkeiten zur Verfügung.

Die Sortimente und Serviceleistungen von Pumpenherstellern wie der KSB Aktiengesellschaft stellen dafür folgende Möglichkeiten bereit:

- ▶ Systeme zur temporären oder kontinuierlichen Betriebs- und Energiedatenerfassung
- ▶ Software zur Auslegung von Pumpen,
- ▶ Anpassung der Laufraddurchmesser von Pumpen zur Anpassung an hydraulischen Leistungsbedarf,
- ▶ Einsatz von drehzahlgeregelten Aggregaten und Pumpendrehzahlregelungen zur Reduzierung des Energieverbrauchs für Medientransport und Antriebsstrom,
- ▶ Einsatz hocheffizienter Pumpenmotoren zur Senkung des Pumpenstrombedarfs.

## Fordsiedlung der LEG in Köln: Von 290 auf 47 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr Durch Bestandssanierung mit Wohnungsstationen

Durch Wärmedämmung von Fassade und Dach sowie neue Fenster und Türen lässt sich der Wärmebedarf eines Gebäudes um bis zu 83 % reduzieren (Quelle: dena). Das belegt auch die Sanierung der ursprünglich 300 Wohnungen der Fordsiedlung in Köln-Niehl, deren deutlich reduzierter Wärmebedarf ein neues Heizkonzept erforderte, das auch die Einbindung von Solarenergie einschloss. Bei dem

neuen Konzept setzte die LEG Wohnen NRW GmbH auf Danfoss-Wohnungsstationen für die dezentrale Wärmeverteilung und Warmwasserbereitung. Dieses Konzept benötigt nur drei statt fünf Versorgungsleitungen, ermöglicht dem Mieter eine individuelle Temperaturwahl und sorgt für eine bedarfsgerechte sowie hygienisch sichere Warmwasserbereitung ohne Speicher.



1 Mio

Wohnungen im Jahr

sind in Deutschland  
sanierungsbedürftig





### PUNKTGENAU BERECHNET: AUSLEGUNGSPROGRAMME FÜR EINE WIRTSCHAFTLICHE PUMPEN- AUSWAHL

Die hydraulische Optimierung einer geplanten Anlage beginnt mit der richtigen Auslegung der Pumpe. Dadurch wird ein häufig auftretender Fehler vermieden - die

Kreiselpumpe zu verringern. Mit dieser Methode kann das Laufrad einer Pumpe auf den Betriebspunkt angepasst werden. Durch die Reduzierung des Laufraddurchmessers verringert sich die aufgenommene Pumpenleistung.

Im Gegensatz zu einer Pumpe, die aus kommerziellen oder fertigungstechnischen

oder die normalen prozessbedingten, temporären Schwankungen des Förderstrombedarfes einer Anlage. Ohne eine bedarfsabhängige Leistungsanpassung kommt es so zu unnötig hohem Verbrauch an Antriebsenergie und damit auch zu höheren Betriebskosten

Eine bedarfsabhängige, automatische Leistungsanpassung der Pumpenantriebe ermöglicht bei optimaler Auslegung des Pumpenaggregats Einsparungen von bis zu 60%. Die von KSB entwickelte Drehzahlregelung PumpDrive registriert über einen Sensor fortlaufend Veränderungen und passt die Förderdaten stufenlos dem tatsächlichen Bedarf an.



Abb.2: Die Überwachungseinheit PumpMeter ermittelt den tatsächlichen Betriebspunkt der Pumpe und wird bei KSB werkseitig vormontiert. Damit sieht der Anlagenbetreiber auf einen Blick, ob die Pumpe effizient arbeitet.

### UNIVERSELL NACHRÜSTBARE DREHZAHLEGEUNG

Das KSB-System PumpDrive bietet eine Funktion, bei der eine Druckregelung mit förderstromabhängiger Sollwertnachführung für zusätzliche Energieeinsparung bei Teillast sorgt. Die Leistungsanpassung kann hierbei auf einen definierten Punkt in der Anlage ausgerichtet werden, so dass dort die geforderten Werte (Förderhöhe oder Fördermenge) konstant bleiben, die Pumpenleistung sich aber auch dem momentanen Bedarf anpasst. Das motormontierte System, bei denen der Frequenzumrichter an jeden beliebigen Elektromotor angebaut werden kann, bietet gegenüber einem fertigen Integralmotor den Vorteil der Nachrüstbarkeit an vorhandenen Anlagen (Abb.3 "Pumpenstromverbrauch mit Drehzahlregelung nahezu halbiert").

Dabei spielen weder der Hersteller des Motors noch die Effizienzklasse eine Rolle. Durch Schnittstellen lässt sich dieses Gerät in ein Anlagenleitsystem integrieren. Über Busleitungen können außerdem bis zu sechs PumpDrive-Aggregate nach dem Master-Slave-Prinzip ohne zusätzliche Hardware parallel arbeiten. Als Leitmaschine dient eine Pumpe, die den anderen Pumpen den notwendigen Arbeitspunkt vorgibt, den sie zum Erreichen des gemeinsamen Sollwertes benötigen.

Die Führungsrolle ist nicht fest einer Pumpe zugeordnet, sodass bei einem Spannungsausfall des „Masters“ eine „Slave“-Pumpe die Führung übernimmt.

Überdimensionierung durch zu hoch angesetzte Fördermengen und Sicherheitszuschläge. Überdimensionierte Pumpen, die gedrosselt betrieben werden, führen zu erheblichen Einbußen des Wirkungsgrads. Mit den Pumpenauslegungsprogrammen (Abb.4) erhalten Planer und Anlagenbauer Zugriff auf Expertenwissen. Ein Pumpensystem kann damit sowohl nach technischen als auch nach kaufmännischen Parametern ausgelegt und ausgewählt werden.

Spezielle EDV-Tools helfen, auch Details zu berücksichtigen. Der Planer kann beispielsweise mit einem Baustein sein Rohrleitungsnetzwerk kalkulieren. Kriterien wie Preis und Wirkungsgrad fließen hier ebenso mit ein wie die Energiekosten.

### LAUFRADDURCHMESSER AUF DEN BETRIEBSPUNKT AUSLEGEN

Die Verkleinerung des Laufraddurchmessers ist eine Möglichkeit, um die Förderleistung einer radialen oder halbaxialen

Gründen mit festgelegtem, abgestuftem Laufraddurchmesser eingesetzt wird, ist so eine Energieeinsparung von mehreren tausend Euro erzielbar.

### PUMPENLEISTUNG GEREGELT: GRÖSSTE ENERGIEEINSPARUNG BEI ÜBERWIEGENDEM TEILLAST- BETRIEB

Das mit Abstand größte Einsparpotenzial bietet die Drehzahlregelung von Pumpen. Dabei wird mittels Frequenzumformung die aufgewendete Leistung dem tatsächlichen Bedarf angepasst. Der optimale Arbeitsbereich einer unregelmäßigen Pumpe liegt in einem schmalen Bereich um den Punkt des besten Wirkungsgrades.

In der Praxis stellt sich jedoch oftmals nach genauer Untersuchung des Betriebsverhaltens einer Pumpe heraus, dass sie nicht im optimalen Betriebspunkt und damit nicht energiesparend läuft. Häufige Ursachen sind Abweichungen vom Auslegungswert durch Überdimensionierung der Anlage

## **HOCHEFFIZIENTE PUMPENMOTOREN VERBESSERN ENERGIEBILANZ ZUSÄTZLICH**

Der Einsatz von Hocheffizienmotoren hat in den letzten Jahren zugenommen und wird auch von der Europäischen Union stark forciert. Energiesparende Asynchronmotoren unterscheiden sich von konventionellen Elektromotoren durch einen höheren Kupfer- und Eisenanteil. Dieser verringert den elektrischen beziehungsweise magnetischen Widerstand und trägt dadurch zu einer Steigerung der Effizienz bei. Die Herstellungskosten für diese Motoren sind jedoch auf Grund des höheren Rohstoffanteils deutlich höher als bei konventionellen Antrieben.

Als Alternative zählen die von KSB entwickelten und produzierten hocheffizienten Elektromotoren nach ihrem Wirkprinzip zu den Reluktanz-Synchronmotoren. Sie weisen eine um mindestens 15 % geringere Verlustleistung auf, als sie nach der Effizienzklasse IE3 (IEC60034-30) vorgeschrieben ist.

Damit erreichen sie bereits heute einen Standard, der künftig für das Effizienzniveau IE4 nach IEC60034-30 Ed. 2 gelten wird. Gegenüber einem geregelten Asynchronmotor liegen die Einsparungen der Synchron-Reluktanzmotoren damit je nach Anwendung und Motorgröße bei 3 bis 7 %. Bei kleinen Baugrößen können im Vergleich zu einer IE2-Maschine Einsparungen von 5 bis zu 9 % erzielt werden. Diese Einsparungen beziehen sich auf den Nennpunkt, für den die Norm die Messung der Wirkungsgrade vorschreibt. Im tatsächlichen Betrieb laufen viele Motoren nicht im Nennpunkt, sondern arbeiten überwiegend im Teillastbereich. Hierbei steigert sich jedoch noch der Effizienzvorteil der Reluktanz-Synchronmotoren. Denn gerade im Teillastbereich bricht der Wirkungsgrad von Asynchronmotoren deutlich ein und sinkt typischerweise um rund 10 bis 30 Prozentpunkte ab.

Der Reluktanz-Synchronmotor (RSM) weist dagegen bei einem Last- und Drehzahlbereich von 25 bis 100 % einen weitgehend konstant hohen Wirkungsgrad auf. Unter Praxisbedingungen ist der Effizienzvorteil gegenüber Asynchronmotoren größer, als die bloße Betrachtung der Nennpunkte nahelegt.

Ein Reluktanz-Synchronmotor benötigt einen Frequenzumrichter, der sowohl den Start des Motors ermöglicht als auch seinen Blindstrombedarf kompensiert. Trotzdem liegen die Gesamtkosten deutlich unter denen eines Asynchronmotors. Über 90 % der von einem Elektromotor verursachten Kosten werden laut ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) durch den Energieverbrauch verursacht. Deshalb treten die anfänglichen Investitionskosten gegenüber den gesamten Betriebskosten in den Hintergrund. Bei einem drehzahlvariablen Betrieb einer Kreiselpumpe lassen sich je nach Lastprofil bis zu 60 % Energie einsparen.

## **PUMPETER: TRANSPARENZ UND EFFIZIENZSTEI- GERUNG FÜR DEN BETRIEB VON KREISELPUMPEN**

Der tatsächliche Betriebspunkt der eingesetzten Kreiselpumpen ist vielen Anlagenbetreibern nicht bekannt. Die Kenntnis des Betriebspunktes ist jedoch ein wichtiger erster Schritt

**Wer Kupfer hat,  
kann seine  
Kohle woanders  
verheizen.**

Heizungsinstallationen aus Kupfer sparen nicht nur eine Menge Energie, sondern auch viel Geld. Denn durch den geringeren Druckverlust bei Kupferrohrsystemen benötigen Heizungspumpen bis zu 50 Prozent weniger Leistung. Das schont die Haushaltskasse und nebenbei auch die Natur. **Jetzt informieren und Energieersparnis berechnen!**

[www.mein-haus-kriegt-kupfer.de](http://www.mein-haus-kriegt-kupfer.de)



### Pumpenstromverbrauch mit Drehzahlregelung nahezu halbiert

Das Fallbeispiel des Jahresenergiebedarfs für ein Einzelpumpenaggregat zeigt, dass durch eine bedarfsabhängige Drehzahlregelung von Pumpenmotoren die Stromkosten für den Pumpenantrieb erheblich reduziert werden können.

Für das Kühlwassersystem in einem Industriebetrieb wird eine Pumpe, für folgende Nenndaten ausgelegt:

Fördermenge:  $Q_n = 65 \text{ m}^3/\text{h}$

Förderhöhe:  $H_n = 35 \text{ m}$

Leistungsaufnahme des Pumpenmotors:  $P_{\text{mot}} = 11 \text{ kW}$

(Pumpentyp: KSB Movitec VF 65/4)

Für die Kühlwasserversorgung ist ein konstanter Anlagendruck von 6,0 bar erforderlich. Der Zulaufdruck des Betriebswasser-Hauptsystems schwankt zwischen  $p_{\text{min}} = 2,5 \text{ bar}$  und  $p_{\text{max}} = 4,0 \text{ bar}$ .

Dies bedeutet, dass die volle Pumpenleistung nur beim Mindest-Versorgungsdruck  $p_{\text{min}}$  benötigt wird. Bei einem höheren verfügbaren Versorgungsdruck kann somit die Pumpe mit reduzierter Leistung betrieben werden. Dazu wird die Pumpe mit einer zusätzlichen Pumpendrehzahlregelung ausgerüstet, die direkt am Pumpenmotor montiert wird.

Die Pumpe erreicht eine jährliche Betriebsstundenzahl von 8.200.

Um die Auswirkungen der bedarfsabhängigen Leistungsanpassung auf den Energieverbrauch zu verdeutlichen, wird für das Beispiel folgendes Lastprofil angenommen:

Betriebsstundenzahl:	3.690 h/a	2.780 h/a	1.640 h/a
Fördermenge:	$Q_1 = 39 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_2 = 52 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_n = 65 \text{ m}^3/\text{h}$
zulaufseitiger Druck:	$p_{\text{zu}} = 4,0 \text{ bar}$	$p_{\text{zu}} = 3,5 \text{ bar}$	$p_{\text{zu}} = 2,5 \text{ bar}$

Stromverbrauch für Pumpenantrieb bei unregelter Pumpe: 93.807 kWh

Stromverbrauch für Pumpenantrieb mit Drehzahlregelung: 52.196 kWh

eingesparte elektrische Energie für Pumpenantrieb: 41.611 kWh

Der Betrieb der Pumpe mit bedarfsabhängiger Leistungsanpassung reduziert den Stromverbrauch damit um 44 %. Bei einem angenommenen Strompreis von 10 Ct/kWh ergibt dies für den Anlagenbetreiber eine jährliche Kostensparnis von 4.161,- €.



Abb.3: Für den Pumpentyp in diesem Beispiel entspricht diese Kosteneinsparung in etwa der Hälfte der Zusatzkosten für die Nachrüstung einer Pumpendrehzahlregelung. Bei diesem Beispiel hätte sich die Mehrinvestition somit ca. innerhalb eines halben Jahres amortisiert.

zur Optimierung eines Pumpensystems. Eine Lösung zur Ermittlung der benötigten Daten ist der von KSB angebotene intelligente Druckaufnehmer PumpMeter. Diese Überwachungseinheit besteht aus Drucksensoren und einer Auswerte- und Anzeigeeinheit an der Pumpe. Den Betriebspunkt ermittelt diese preiswerte Lösung allein aus dem Druck, der am Eintritt und am Austritt der Kreiselpumpe gemessen wird. Für den Anlagenbetreiber bedeutet dies eine einfache Handhabung bei minimalem Installationsaufwand und optimalem Ergebnis.

Die Installation von Druckaufnehmern oder Manometern bleibt dadurch erspart. Da PumpMeter bereits ab Werk Bestandteil der Pumpe ist, entfällt auch die mechanische Montage der Sensorik. Auch ist das Auswerte- und Anzeigegerät bereits auf die individuelle Pumpe abgestimmt, indem Pumpendaten wie die Kennlinie und die Motor- und Applikationsparameter hinterlegt sind.

Der Betriebspunkt wird durch PumpMeter dadurch bestimmt, dass aus der Differenz beider Drücke die Förderhöhe der Pumpe unter Einbezug des dynamischen Anteils berechnet wird. Für die Berechnung wird darüber hinaus auch berücksichtigt, dass bei teillastigem Betrieb der Kreiselpumpe und geringer Belastung des Motors der Schlupf geringer ist als bei höheren Belastungen. Dieser Zusammenhang wird bei der Betriebspunktbestimmung genutzt, wozu zunächst die genaue Drehzahl des Aggregats aus der Druckpulsation, verursacht durch die passierenden Laufradschaufeln, ermittelt wird.

Im nächsten Schritt wird aus der Drehzahl das Drehmoment und die mechanische Wellenleistung des Antriebsmotors bestimmt. Als Ergebnis steht damit die Wellenleistung zusätzlich zu den gemessenen Drücken und der Förderhöhe zur Betriebspunktbestimmung der Kreiselpumpe zur Verfügung.

Somit werden auch keine zusätzlichen Messstellen außerhalb der Kreiselpumpe, wie zum Beispiel die Messung der Wirkleistung in einem gegebenenfalls weit von der Pumpe entfernt befindlichen Schaltschrank, benötigt. Der Anwender kann mit-



tels der einfachen Anzeige des PumpMeter mit international verständlicher Symbolik und einer typischen Kennliniendarstellung den Betriebspunkt der Pumpe bei der Inbetriebnahme sofort beurteilen.

Der durch PumpMeter fortlaufend bestimmte Betriebspunkt wird anhand der gespeicherten Kennlinie entsprechend des Lastbereiches eingeordnet und die

lichen Systems abgestimmt wird. Bei der Auswahl von Pumpen für Neuanlagen kann durch die Nutzung von Planungssoftware der passende Pumpentyp so ausgewählt werden, dass die Auslegungsparameter so nahe wie möglich am Betriebspunkt und damit am wirtschaftlichen Optimum liegen. In bestehenden Anlagen lassen sich durch die nachträgliche Anpassung

**Schritt für Schritt zur richtigen Pumpe** 7. Ausgabe

**Löschen einer angelegten Position.**

Mit Klick auf Button „Weiter“ gelangen Sie zum Preisblatt.

Umschalten der Dokumentensprache.

Dies ist fast die letzte Seite Ihrer Konfiguration. (siehe auch Hinweis am unteren Bildschirmrand)

Nachdem Sie die Bearbeitung Ihrer Dokumentation abgeschlossen haben, können Sie über "Weiter" zum Preisblatt kommen.

Mit Klick auf die jeweilige Technische Dokumentation erhalten Sie eine Vorschau im Acrobat Reader. Nun können Sie das angezeigte Dokumente drucken sowie abspeichern.

Ausgabe von CAD-Dateien, in 40 verschiedenen Formaten, über den Versand per E-Mail.

Klicken Sie auf den Dokumentennamen, um die Vorschau zu sehen. Per Kontextmenü kann die Vorschau auch in einem separaten Fenster angezeigt werden. Zum Löschen der Positionen klicken Sie bitte auf das Papierkorb-Symbol in blauem. Um zum Preisblatt zu gelangen und zum Anlegen einer neuen Position klicken Sie bitte auf "Weiter".

Abb.4: Programme für die Auslagen von Pumpen helfen, anhand der Auslegungsparameter die wirtschaftlich optimale Pumpe auszuwählen.

auf die verschiedenen Bereiche angefallenen Betriebsstunden registriert. Das in dieser Histogrammform vorliegende Lastprofil wird über einen Zeitraum von bis zu 10 Jahren gespeichert und kann mit einer PC-Software jederzeit ausgelesen werden. Auf Basis dieses für die Pumpe individuell aufgezeichneten Lastprofils kann der Betrieb langfristig beobachtet und optimiert werden.

Mit diesen verfügbaren Daten ist die Rentabilität von Optimierungsmaßnahmen, beispielsweise die Nachrüstung einer Pumpendrehzahlregelung, direkt quantifizierbar.

#### FAZIT:

Durch Energieeffizienzklassen und sparsame Antriebsmotoren für Pumpen kann der Strombedarf für den Pumpenantrieb noch einmal zusätzlich reduziert werden. Eine entscheidende Voraussetzung ist jedoch, dass die Pumpe genau auf die Leistungsanforderungen des hydrau-

der Förderleistungen hohe Einsparungen erzielen. Entsprechende Maßnahmen und Investitionen können sich in großen Leistungsbereichen für die Anlagenbetreiber innerhalb weniger Monate amortisieren. Um die Rentabilität möglicher Optimierungsmaßnahmen beurteilen zu können, benötigen Anlagenbetreiber als Ausgangswert den Betriebspunkt der Pumpe, der den tatsächlichen Arbeitspunkt im realen Betrieb darstellt und auch die Teillastbedingungen berücksichtigt.

Die von KSB angebotene Überwachungseinheit PumpMeter wertet die ermittelten Betriebsdaten fortlaufend aus, erstellt ein Lastprofil und weist den Betreiber darauf hin, ob er durch die Verwendung einer Drehzahlregelung Energie einsparen kann.

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Gontermann,  
Leiter Competence Center Automation,  
KSB, Frankenthal

Fotos: KSB  
[www.ksb.com](http://www.ksb.com)

## SYSTEMTECHNIK FUNK – INTELLIGENTE ZÄHLERFERNAUSLESUNG

- Individuelle Verbrauchsdatenerfassung von Heizkostenverteilern, Wärme-, Wasser-, Gas- oder Elektrizitätszählern
- Bi-direktionales Funksystem Daten werden nur bei Bedarf gesendet
- Stationäre Auslesung mit der neuen Datenfunkzentrale
- Flexible Erweiterung der stationären Auslesung mit dem neuen Datenfunkrepeater
- Schneller und bewährter Funkeinstieg mit der Walk-by Lösung
- Datenübertragung zum PC via Bluetooth Schnittstelle (Walk-by) sowie GSM, GPRS oder M-Bus (Funkdatenzentrale)



### NORDWESTDEUTSCHE ZÄHLERREVISION ING. AUG. KNEMEYER GMBH & Co. KG

Heideweg 33 | 49196 Bad Laer | Germany  
Telefon +49 (0)5424 2928-0  
Fax +49 (0)5424 2928-77  
E-Mail [info@nzs.de](mailto:info@nzs.de)