

Pumpen in der Gebäudetechnik

Anlagenoptimierung auf der Basis von Energieeffizienz-Betrachtungen und Lebenszykluskosten-Analysen

Nicht allein vor dem Hintergrund ambitionierter Klimaziele der Politik hat die Energieeffizienz von Neu- und Bestandsbauten hohe Priorität. Auch aus Wettbewerbsgründen (hohe Energiekosten vertreiben Mieter) nutzen Fachplaner, Energieberater und Facility Manager alle Möglichkeiten zur Energie- und Anlagenoptimierung. Aus praktischer Erfahrung ist klar: Einzelmaßnahmen sind der falsche Ansatz! Fast immer sind es Systemlösungen, die zu einem ökologisch wie ökonomisch guten Ergebnis führen. Pumpensysteme als Herz der Haustechnik-Infrastruktur spielen bei Optimierungsmaßnahmen eine wichtige Rolle.



Dipl.-Ing. André Schweitzer,
Leiter Key Account Management
Commercial Building Systems,
Grundfos GmbH.

Bei der Energieeffizienz-Optimierung von Pumpensystemen zählt der Wechsel zu einer drehzahlregelbaren Pumpe meist zu den ersten Maßnahmen (Bild 1). Diese Pumpen passen sich den Anlagenbedingungen und Betriebszuständen selbsttätig an und sparen bei häufig wechselnden Lastzuständen erhebliche Mengen an Strom ein. Für Systeme mit einer Pumpenleistung bis 22 kW sind direkt aufgebaute Frequenzregler zumeist die richtige Lösung (Bild 2).

Bei größeren und/oder komplexen Anlagen spielen weitere Aspekte und Komponenten, wie extern montierte

Frequenzumrichter, moderne Sensorik und die Integration in die Leitsysteme, eine entscheidende Rolle. Interessant sind die genannten Punkte im Übrigen auch hinsichtlich der Anlagenoptimierung.

Um komplexe Systeme zu durchleuchten und eine auf alle Komponenten und Zustände abgestimmte Lösung zu finden, sind präzise Analysen notwendig. Hilfreich ist

dabei eine „Pumpen-Bestandsaufnahme“. Dabei werden alle installierten Pumpen in ihren Einbau- und Betriebszuständen erfasst und katalogisiert. Als Zusatznutzen können auf Basis dieser Daten Ersatzteile beschafft und bevorratet sowie Wartungspläne erstellt werden.

Zur energetischen Überprüfung speziell der größeren Pumpen ist eine intensive

Lebenszykluskosten-Analyse (LCC, Pump Audit) ratsam. Beim Pump Audit werden die Betriebsdaten der Pumpen und verschiedene Anlagenparameter gemessen und Lastprofile erstellt. Darauf basierend sind Austauschempfehlungen mit einer detaillierten Kostenaufstellung für Umbaumaßnahmen möglich. Zusammen mit dem errechneten ROI (Return on Investment/Kapitalrendite) liegen dem Entscheider alle Informationen für einen Pumpentausch nach energetischen und kostenrelevanten Gesichtspunkten vor. Auf dieser Grundlage kann und sollte er handeln.

Im Folgenden werden Fortschritte der Pumpentechnik hinsichtlich der Energieeffizienz und Maßnahmen zur Anlagenoptimierung eingehender beschrieben.

Hocheffizienz: Moderne Antriebstechnik und Drehzahlregelung

Pumpen verbrauchen viel Energie – je nach Gebäudegröße zwischen 10 und 20% der gesamten elektrischen Energie: Sie arbeiten in der Heiz- und Dampfzentrale, in der Klimatechnik, sie erhöhen den Wasserdruck für höher gelegene Geschosse, fördern das Abwasser in die Kanalisation.



Bild 1: Pumpensysteme als zentrales Herz der Haustechnik-Infrastruktur spielen bei nahezu allen Optimierungsmaßnahmen eine wichtige Rolle.

Und das addiert sich zu beeindruckend großen Zahlen: Schätzungsweise sind in Deutschland allein rund 20 Millionen Heizungsumwälzpumpen installiert.

Die Industrie stellt mittlerweile Pumpen zur Verfügung, deren Energiebedarf 80 % unter dem von Pumpen älterer Baujahre liegt. Der erheblich geringere Energiebedarf von Hocheffizienzpumpen ist im Wesentlichen auf drei Punkte zurückzuführen:

- Permanentmagnetmotor-Technik / EFF1-Motor
- Drehzahlregelung
- korrekte Sollwert-Einstellung.

Diese Parameter werden maßgeblich durch den Pumpenhersteller (Technik) und den Installateur (Inbetriebnahme) beeinflusst. Ein weiterer wichtiger Aspekt liegt in der Verantwortung des Planers: Die Auslegung und Auswahl der Pumpe, denn die richtige Dimensionierung ist entscheidend für den Energieverbrauch in den Folgejahren.

Hier nun die genannten Punkte im Einzelnen betrachtet.

Permanentmagnetmotor-Technik / EFF1-Motor

Charakteristisch für Permanentmagnetmotoren, bei denen es sich um elektronisch kommutierte Synchronmotoren handelt, ist deren hoher Wirkungsgrad – sie verbrauchen bis zu 30 % weniger Antriebsenergie als ein herkömmlicher Asynchronmotor. Diese Motoren werden beispielsweise für Heizungsumwälzpumpen der Energieeffizienzklasse A verwendet.

Wie funktioniert das? In einem Permanentmagnet-Motor wird der Elektromagnetismus des Stators, wie er auch in herkömmlichen Elektromotoren angewendet wird, mit dem Permanentmagnetismus des Rotors kombiniert. Dieser spezielle Motor benötigt also für die Magnetisierung seines

Rotors keine Energie. Nur der Stator erfordert eine Versorgung mit elektrischer Energie. Der PM-Motor weist deshalb im Vergleich zu konventionellen Motoren einen deutlich

höheren Wirkungsgrad auf. Darüber hinaus erzeugt der Motor ein ungewöhnlich hohes Drehmoment.

Auch der Einsatz von Asynchronmotoren der Hocheffizienzklasse EFF1 (IE 2) macht

sich zumeist schnell bezahlt und ist heute „der Stand der Technik“ bei großen Inline-Pumpen (Klimatisierung, Heizung), Druckerhöhungsanlagen und Normpumpen. Diese Motoren empfehlen sich zusätzlich wegen ihrer geringen Geräusch-Emissionen: Das Motorengeräusch (und damit ein großer Teil des Pumpengeräusches überhaupt) wird nämlich hauptsächlich durch den Motorlüfter verursacht. EFF1-Motoren benötigen aufgrund des höheren Wirkungsgrades und der deutlich geringeren Abgabe von Verlustwärme weniger Luft zur Kühlung, sodass sie meist mit kleineren und damit leiseren Lüftern auskommen. Die geringere Wärmeabgabe schont zudem die isolierten Kupferdrähte der Statorwicklung und verlängert deren Lebensdauer. Eine niedrige Betriebstemperatur erhöht darüber hinaus die Lebensdauer der Motor-Lager (die Standzeit der Lagerschmierung ist stark temperaturabhängig).

Man sieht: Maßnahmen zur Energieeffizienz wirken sich positiv auch auf die Verfügbarkeit eines Pumpensystems aus!

E-Solutions: Drehzahlregelung

Bei konventioneller Pumpentechnik läuft die Pumpe kontinuierlich mit einer festen Drehzahl. Drehzahlgeregelte E-Pumpen kommen in Anlagen mit betrieblich bedingten Lastschwankungen zum Einsatz und bei Anwendungen, wo eine Anlagenregelung wichtig ist: beispielsweise in raumlufttechnischen Anlagen (Heizungs- und Klimaanlage) und in Druckerhöhungsanlagen.

Oft ist selbst ein deutliches Absenken der Pumpenförderleistung ohne jegliche Komforteinbuße möglich – mit dem Vorteil einer erheblich reduzierten Pumpenantriebs-

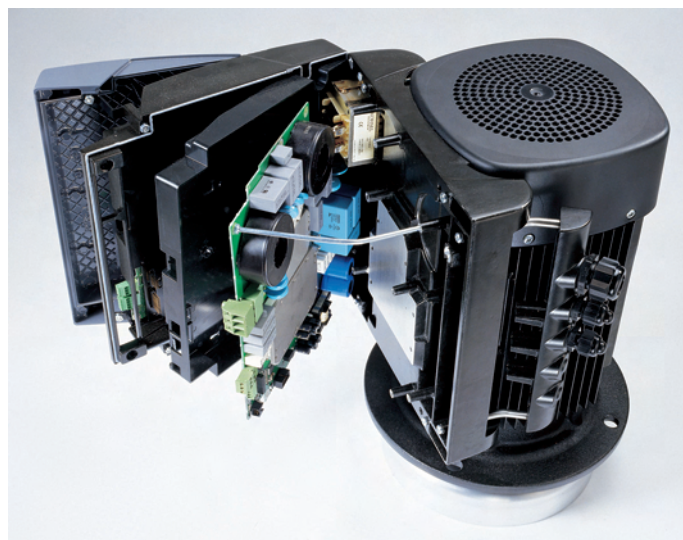


Bild 2: Pumpsystem mit direkt aufgebautem Frequenzregler. Für Anlagen ab 25 kW Nennwärmeleistung schreibt die Energieeinsparverordnung EnEV2009 den Einbau einer geregelten Pumpe vor.

System 1

Durchfluss: konstant • Ausrüstung: eine für den Wirkungsgradbestpunkt ausgelegte Pumpe mit fester Drehzahl.

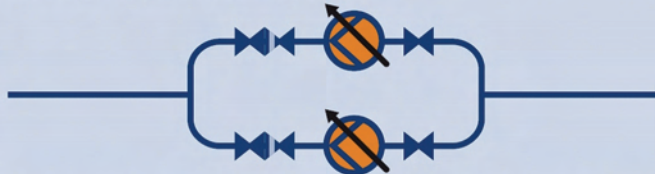
Pumpenanordnung:



System 2

Durchfluss: veränderlich • Ausrüstung: zwei drehzahlgeregelte Pumpen • Steuerung: PFU (Delta Control PO)

Pumpenanordnung:



Proportionaldruckregelung mit Messpunkt innerhalb des Systems

Bild 3: Umstellung einer Klimaanlage von konstantem Durchfluss auf veränderlichen Durchfluss.

leistung (günstiger Energieverbrauch).

Der physikalische Zusammenhang ist schnell erklärt: Da die Leistungsaufnahme einer Kreiselpumpe nach dem Affinitätsgesetz mit der dritten Potenz der Drehzahl steigt, macht sich eine unnötig hohe Pumpendrehzahl beim Energieverbrauch deutlich bemerkbar.

Das Bestechende an frequenzgeregelten E-Pumpen ist, dass das System das erforderliche Lastbedarfs-Profil aufnimmt und exakt abfährt. Konventionelle Pumpen können hingegen auf wechselnde Betriebsbedingungen nicht selbsttätig reagieren und keine automatische Drehzahlanpassung vornehmen.

Praxis-Beispiel: Was bringt die Drehzahlregelung? Bei der Sanierung einer 23 Jahre alten Klimaanlage wurden sämtliche Dreiwege-Regelventile durch Zweiwege-Ventile ersetzt, um das System von konstantem Durchfluss auf veränderlichen Durchfluss umzustellen (Bild 3). Die alten Pumpen mit konstanter Drehzahl wurden anschließend durch elektronisch geregelte Pumpen ersetzt; die Kostenreduktion ist beeindruckend (Bild 4).

Korrekte Sollwert-Einstellung

Die Drehzahlregelung allein ist jedoch noch kein Garant für optimalen Betrieb. Bei jeder Drehzahlregelung ist der Sollwert zunächst korrekt einzustellen, ansonsten arbeitet die Pumpe zwar geregelt, aber möglicherweise auf zu hohem oder zu niedrigem Drehzahlniveau. Insbesondere in Bestandsanlagen, bei denen häufig weder der Sollwert für die Förderhöhe, noch der erforderliche Förderstrom bekannt sind, ist das exakte Einstellen der Pumpe oft nicht möglich.

Heizungsumwälzpumpen lösen dieses Problem mithilfe einer sich selbsttätig auf die

Anlage adaptierenden Regelung („AutoAdapt-Funktion“). Diese Technologie analysiert permanent die Anlagenverhältnisse und findet die optimale Einstellung zwischen hohem Komfort und minimalem Energieverbrauch.

Pump Audit (LCC): Wirtschaftlicher Betrieb von Pumpen

Für eine Gesamtkostenanalyse (Life Cycle Cost, LCC) sprechen gewichtige Argumente. In erster Linie ist der wirtschaftliche Aspekt zu nennen, da nur eine systematische Analyse aller Kostenarten (Investition, Montage, Wartung, Energieverbrauch) Aufschluss darüber gibt, welche Pumpe langfristig tatsächlich die günstigste ist. Zum zweiten ist die Analyse aus ökologischer

Sicht von Vorteil, maximiert der Betreiber damit doch die Energieeffizienz einer Anlage. Auch dies gilt es zu bedenken: Wer als Betreiber konsequent die Frage nach den „Lebenszykluskosten“ abklopft, beschäftigt sich auch mit dem Ausfallrisiko unterschiedlicher Pumpenkonzepte – und erhält Hinweise darauf, wie gut die Pumpe zur Anlage passt. In Summe kann man festhalten: Die investierte Zeit in einen Pump Audit (LCC-Analyse) „rechnet“ sich auf jeden Fall!

Konkret: Mit energieeffizienten Pumpensystemen sind Kapitalrenditen über 20 % realistisch, so das Ergebnis von Praxisprojekten der dena (Deutsche Energie-Agentur).

Um sich darüber Klarheit zu verschaffen, welche Ka-

pitalrendite bei den eigenen Installationen möglich ist, benötigt der Betreiber zunächst einmal einen Überblick über den gesamten Pumpenbestand und alle Kosten der zu installierenden bzw. bereits installierten Pumpentechnik. Diese Analyse ist dann eine belastbare Entscheidungsgrundlage.

Bei der „Pumpen-Bestandsaufnahme“ kann ein Pumpen-Fachmann oft bereits anhand der Ortsbegehung bestimmte Einsparpotenziale aufdecken. Beispielsweise deutet eine laute Pumpe meist auf Kavitation durch starkes Drosseln oder einen übermäßigen Förderstrom hin. Geräusche bei Regel- oder Bypass-Ventilen entstehen erfahrungsgemäß durch einen hohen Druckabfall (vermeidbarer Energieeinsatz).

Nach der Begehung und Bestandsaufnahme (Initialberatung) folgt die Lebenszykluskosten-Analyse. Im Allgemeinen ist die einzige unbekannte Größe der Energieverbrauch; mit Hilfe einer mobilen Messausrüstung und Durchflussmessung mittels Ultraschall ist ein berührungsfreies, genaues und installationsfreies Verfahren verfügbar (Bild 5). Da bei diesem Messprinzip die Sensoren außen an der Rohrleitung angebracht werden, bleibt der Aufwand niedrig.

Aufgrund der Messergebnisse weniger relevanter Systemparameter wie Fördermenge, Förderhöhe und Energieverbrauch (bei Heiz- bzw. Kühlanlagen zusätzlich noch die Differenztemperatur zwischen Vor- und Rücklauf) können genaue Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der Anlagen getroffen werden.

Damit ist ein Vergleich mit einem neuen Pumpensystem möglich – und entsprechend der individuellen Systemanforderungen kann dann das für den Betreiber effizienteste System ausgewählt werden. Anhand der Messungen

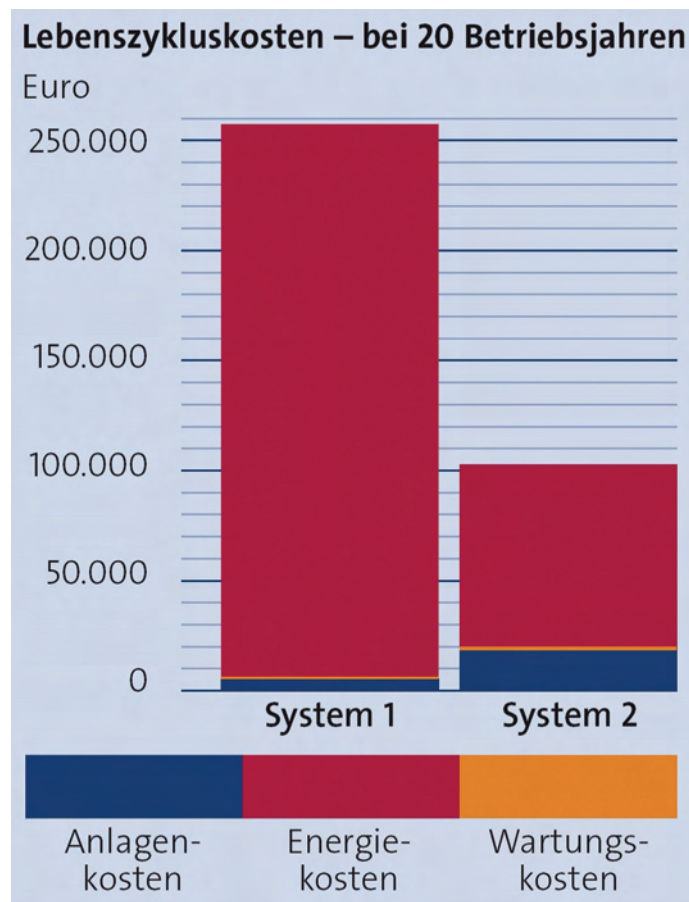


Bild 4: Die Umstellung senkt erheblich die Lebenszykluskosten.
Die technischen Daten der Klimaanlage: Klimatisierter Bereich: 23.000 m²; Betriebszeit pro Jahr: 7.000 h; Ventilator-Konvektoren: 450 Stück; Klimageräte: 35 Stück; Gesamt-Kühlleistung: 1.200 kW.

ist auch eine aussagekräftige Amortisationsrechnung möglich (ROI, Return on Investment/Kapitalrendite).

Durch die Vielfalt und Besonderheiten der einzelnen Systeme sind auch die Einsparungsmöglichkeiten sehr unterschiedlich:

- oft ist schon der Austausch einer Pumpe mit höherem Wirkungsgrad und Motoren der Hocheffizienzklasse 1 (EFF1) sehr wirkungsvoll
- Erneuerung alter Steuerungen durch bedarfsabhängige Regelungen mit Kaskadensteuerung
- Anpassen an die Systemcharakteristik durch eine Proportionaldruck-Regelung
- die richtige Platzierung der Sensoren an neuralgischen Anlagenpunkten
- kleine Änderungen der Systemparameter, wie Erhöhung der Differenztemperatur in Zirkulationsanlagen in Verbindung mit einer Drehzahlregelung, können sich enorm auf die erforderliche Motorleistung, also den Energieverbrauch, auswirken.

Zentraler Baustein jeder LCC-Analyse ist das Belastungsprofil, also die zeitliche Verteilung der benötigten Förderleistung. Nur aufgrund dieses Profils ist eine fachlich fundierte Auswahl des am besten geeigneten und effizientesten Pumpensystems möglich und gibt Antwort auf Fragen wie:

- Ist eine Pumpenanlage mit zwei oder mehreren gleich großen Pumpen ausreichend?
- Muss aufgrund von sehr kleinen oder sehr großen Förderleistungen über einen längeren Zeitraum eine Sonderanlage zum Einsatz kommen?
- Welche Regelungsart ist zu verwenden?
- Wo im System ist die beste Position für den Sensor?

- Welcher Pumpentyp ist für diese Applikation am besten geeignet?

LCC-Gesamt-Analyse für große Gebäude und Liegenschaften

Wer eine einzelne kleinere Heizungspumpe unter dem Gesichtspunkt des Energieverbrauchs mit einem modernen Aggregat vergleicht, wird vom Ergebnis kaum sehr beeindruckt sein. Aber wer als Facility Manager für ein größeres Gebäude verantwortlich ist oder gar eine ganze Liegenschaft betreut, der betreibt eine Vielzahl von Pumpen – im Einzelfall können das durch mehrere Hundert Pumpen sein. Da summieren sich die kleinen Kosteneinsparungen einzelner Pumpen schnell zu einem beachtlichen Kostenvorteil – insbesondere, wenn man sich die aufsummierten Einsparungen über die Lebenszeit einer Pumpe von 15 Jahren anschaut.

Die klassische Vorgehensweise bei einer Lebenszykluskosten-Analyse ist hier nicht anwendbar: Man kann nicht jede einzelne Pumpe individuell exakt durchmessen und analysieren.

Hinreichend aussagekräftige Informationen zum Status der Alt-Pumpen liefert aber ein Vergleich der Leistungsdaten gemäß Typenschild mit den Kennzahlen einer vergleichbaren neuen Pumpe. Dazu braucht man eine Vorgehensweise, um größere Mengen an Daten der installierten Pumpen aufzunehmen, zu analysieren und mit den Werten moderner Hocheffizienz-Aggregate abzugleichen. Als Belastungsprofil wird das Standardbelastungsprofil für Heizungsanlagen zugrunde gelegt mit 285 Heiztagen = 6840 Stunden.

Ergebnis dieser Abschätzung sind oft imponierende Zahlen zu den Einsparungen hinsichtlich Energie und CO₂ – sie



Bild 5: Pump Audit (LCC-Analyse) in einem kommunalen Gebäude.



Bild 6: Sorgfalt bei der Installation einer Pumpe zahlt sich immer aus: Eine exakte Ausrichtung von Normpumpen durch laseroptische Messgeräte optimiert den Wirkungsgrad der Pumpen und baut Verschleiß vor.

schmücken dann jeden Öko-Bericht und sind ein wichtiger Mosaikstein auf dem Weg zum „Green Building“.

Fazit: Die Praxis zeigt, dass gerade im Bestands-Objektbau noch erhebliche Einsparmöglichkeiten vorhanden sind. Besonders bei in Teillast betriebenen Pumpen spart der Wechsel zu Hocheffizienzmotoren und zu drehzahlveränderlichen Antrieben bis zu 50 % der Energie ein.

Im Rahmen des Konzepts „Service Plus“ offeriert Grundfos Dienstleistungen zum Identifizieren von Pumpensystemen mit hohem Energie-

einsparpotenzial. Die Service-Techniker sind mit entsprechenden Geräten ausgestattet (Bild 6) und können mit selbst entwickelter Software die Auswertungen und umfangreiche Analyseberichte mit klaren Handlungs- und Kostenempfehlungen erstellen. Als breit aufgestellter Anbieter, der für alle Gewerke der Haustechnik entsprechend spezifizierte Pumpen im Programm führt, schafft dieser Hersteller von der Analyse bis zur Umsetzung aller technischen Maßnahmen die Voraussetzung für einen echten Durchbruch hinsichtlich Energieeffizienz und Anlagenoptimierung. ◀