

Den optimalen Wirkungsgrad des Gesamtsystems Pumpe erreichen

Energieeffizienz als Mittel zur Kostenreduzierung ist für Unternehmen schon lange kein Geheimtipp mehr. Gerade große Firmen mit vielen Standorten und Betriebe mit energieintensiver Produktion setzen auf diesen Erfolgsfaktor. Sie fördern damit Innovationen und verlängern die Lebenszeiten der betrieblichen Systeme.

ANNEGRET-CLAUDINE AGRICOLA UND MARTIN STREIBEL

Obwohl elektrisch angetriebene Systeme, wie beispielsweise Pumpen, in fast allen Bereichen in Industrie und Gewerbe zum Einsatz kommen, werden deren Einsparpotenziale bisher nur unzureichend ausgeschöpft. Und das, obwohl in diesem Bereich die Energiekosten um durchschnittlich 25 bis 30% gesenkt werden können. Zu häufig konzentrieren sich gerade kleine und mittlere Unternehmen einseitig auf die Sicherstellung der Energieversorgung und versäumen es dadurch, auch mangels

Annegret-Claudine Agricola ist Bereichsleiterin Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Dr. Martin Streibel ist Projektleiter im Bereich Energiesysteme und Energiedienstleistungen, beide Deutsche Energie-Agentur GmbH (Dena) in 10115 Berlin, Tel. (030) 7261 65-690, streibel@dena.de

fehlenden Know-hows, die verschiedenen Produktionskomponenten energetisch zu optimieren.

Für den Energieverbrauch eines Pumpensystems ist nicht nur die Größe und der Anwendungsbereich, sondern insbesondere der Gesamtwirkungsgrad entscheidend. Es genügt nicht, nur die Pumpe selbst oder andere Einzelkomponenten getrennt voneinander zu betrachten. Das analysierte Pumpensystem ist vielmehr als Gesamtsystem zu verstehen, in dem alle Komponenten zu einem funktionierenden und effizienten Ganzen optimiert werden können. Bei diesem Systemansatz spielt die Reihenfolge der Optimierungsschritte eine wichtige Rolle. Als erster und entscheidender Schritt sollte der tatsächliche Bedarf analysiert werden. Aus

den Daten der ein- und ausgehenden Stoffströme kann unter Zuhilfenahme des Lastprofils der Förderbedarf ermittelt werden, an dem wiederum die Dimensionierung der verschiedenen Systemkomponenten ausgerichtet wird. Schrittweise werden dann die einzelnen Komponenten, insbesondere Motor, Getriebe, Pumpe und Rohrsystem, aufeinander abgestimmt. So wird sukzessive der optimale Gesamtwirkungsgrad des Systems erreicht (Bild 1).

Kühlwasserpumpensysteme bei Kühne optimiert

Das nachfolgende Praxisbeispiel des Hamburger Lebensmittelproduzenten Kühne zeigt, wie Unternehmen durch Optimierungen von Pumpensystemen hohe Energie-

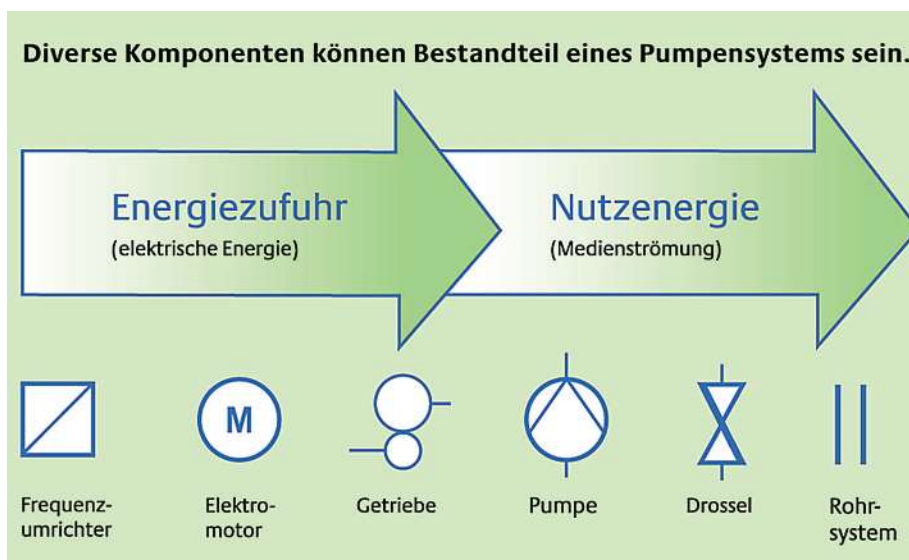


Bild 1: Schrittweise werden die Komponenten eines Pumpensystems aufeinander abgestimmt.



Bild 2: Alte Kühlwasserpumpen.

und damit Kostensenkungen erzielen können. Die stark verbreitete Anwendung von Pumpensystemen in produktionsnahen Bereichen vieler Industriebranchen macht sie für zahlreiche Unternehmen interessant.

Die Carl Kühne KG gehört mit zu den ältesten Familienunternehmen der deutschen Lebensmittelindustrie. Damals wie heute prägt Essig das Geschäft des Sauerkonservenherstellers mit einem Umsatz von rund 300 Mio. Euro. Essig entsteht in einem natürlichen Gärungsvorgang aus Alkoholen wie Traubenwein oder Branntwein, aus zuckerhaltigen Flüssigkeiten wie Traubensaft oder aus Malz. Dabei rieselt die Flüssigkeit beim schützenbachschen Schnell-Essig-Fabrikationsverfahren in Bottichen über Buchenrollspäne, auf denen Essigsäurebakterien siedeln. Sie wandeln den Alkohol mit Sauerstoff aus der Luft in Essigsäure um – ein exothermer Prozess. Die überschüssige Prozesswärme wird über große Mengen Kühlwasser abgeführt.

Um das für den Transport des Kühlwassers zuständige Pumpensystem möglichst energieeffizient zu betreiben, hat Kühne im Rahmen der Kampagne „Energieeffiziente Systeme in Industrie und Gewerbe“ von der Deutschen Energie-Agentur (dena) eine umfassende Energieberatung erhalten.

Messung und Analyse des Ist-Zustandes

Die Vor-Ort-Beratung übernahm die Firma Pump Consult aus Düsseldorf. Zielsetzung war es, zusammen mit den Technikern von Kühne Verbrauchs- und Kostenoptimierungspotenziale bei den Pumpen im Kühlwasserkreislauf aufzudecken. Dafür wurde im Sommer 2007 zunächst eine detaillierte Messung und Analyse des Ist-Zustands des Pumpensystems durchgeführt. Ergebnis: In den Monaten mit sehr hoher Produktion lag der monatliche Stromverbrauch für den Betrieb der Pumpen in der

Senf- und Konservenherstellung bei circa 600 000 kWh. Davon entfielen allein knapp 260 000 kWh auf die Pumpen zur Kühlturmbeschickung.

Die Ausgangssituation und der anschließende Umbau

Der Kühlwasserkreislauf stellte sich im Juli 2007 wie folgt dar: Warmes Rücklaufwasser aus der Produktion wurde in einem Tank gesammelt, der mit vier Spiral-

gehäuse-Kreiselpumpen der Größe 80-160 bestückt war (80: Druckstutzen-Nenn Durchmesser in mm; 160: Laufrad-Nenn Durchmesser in mm). Die Kreiselpumpen waren teilweise schon seit 1976 im Einsatz (Bild 2).

Jedem der vier Kühltürme waren eine Pumpe, ein separater Rohrstrang und ein Drosselventil der Nennweite 100 mm zugeordnet. Obwohl die Kühlturmeleistung bei allen vier Aggregaten

identisch ist, waren Pumpen mit unterschiedlichen Laufraddurchmessern im Einsatz. Entsprechend wurden zwei Pumpen mit 15-kW-Motoren und zwei Pumpen mit 11-kW-Motoren angetrieben. Die Drehzahl aller Antriebe betrug 2900 min^{-1} .

Die in Tabelle 1 aufgeführten Messwerte wurden aufgenommen und die Stromaufnahme am Zähler abgelesen. Bei der Datenaufnahme wurde ein Ultraschall-

Durchflussmessgerät zur Messung des Förderstroms eingesetzt und per Zangenamperemeter die Stromaufnahme ermittelt. Der Pegel im Warmwassertank lag im Durchschnitt 1,5 m über der Pumpenachse. Die Pumpen haben somit den notwendigen Zulauf.

Der Anlagenaufbau blieb grundsätzlich wie beschrieben. Im Zusammenhang mit der Modernisierung der Kühlwasseranlage im Frühjahr 2009 (Erneuerung des Warmwasser-Rücklauf- und Kaltwassertanks; Austausch eines Kühlturms) wurden die Pumpen der Kühlturmleistung angepasst und ersetzt. Vorgeschlagen wurden Spiralgehäusesepumpen der Größe 80-200 mit Standard-Drehstrommotoren 5,5 kW bei 1460 min⁻¹ (Bild 3). Der Betriebspunkt der neuen Pumpen wurde auf einen Förderstrom von 90 m³/h bei einer Förderhöhe von 13 m festgelegt.

Erhebliche Unterschiede im Energiebedarf

Die Neuauslegung unterlag in diesem Fall einer theoretischen Berechnung. Zudem war noch Sicherheit in der Förderhöhe gefordert. In solchen Fällen ist es häufig geübte Praxis, die Pumpen überdimensioniert einzubauen. Bei Kühne erbringen die neuen Pumpen 130 m³/h bei 10 m hydraulischer Förderhöhe. Die Kühlung im Turm erfolgt mit einem Durchsatz von 130 m³/h genauso gut wie mit 90 m³/h. Energetisch optimal ist jedoch der



Bild 3: Neue Anlage ohne Rückschlagklappen und mit voll geöffneten Absperrschiebern

auf 90 m³/h reduzierte Durchsatz. Nach dem Umbau wurden die Messwerte im Juni 2009 erneut aufgenommen – siehe Tabelle 2. Der Vergleich mit den Daten aus Tabelle 1 zeigt die erheblichen Unterschiede beim Energiebedarf. Im Jahr 2007 wurden allein für die Pumpen im Kühlturmkreislauf, die 6000 Stunden pro Jahr laufen, 259 560 kWh benötigt. Durch die Erneuerung der Anlage sank der Energieaufwand auf 140 640 kWh.

Die bisherigen Umbaumaßnahmen erzielten also eine Energieeinsparung von 46%.

Was war ausschlaggebend für den zu hohen Stromverbrauch vor dem Umbau? Die Pumpen waren teilweise über 30 Jahre im Einsatz, sodass der Wirkungsgrad in der Pumpenhydraulik und beim Motor sehr niedrig war, und das trotz gelegentlicher Überarbeitung. Zudem bewirkte die hohe Drehzahl von 2900 min⁻¹ einen hohen Verschleiß. Alle vier Pumpen liefen zudem im Drosselbetrieb – auch deshalb lag der Wirkungsgrad der alten Pumpen bei nur 56%.

Mit dem Umbau wurde der Drosselbetrieb vollkommen aufgegeben. Druckseitig wurden die alten Rückschlagklappen ausgebaut und anstelle der Drosselventile Absperrschieber in ein Rohrstück mit der Größe DN 100 eingesetzt. Dieses erweiterte Übergangsstück dient zur Verringerung der Druckverluste. Die neuen Pumpen arbeiten ungedrosselt mit einem deutlich günstigeren Wirkungsgrad von rund 70%. Zudem wirkt sich die Wahl der neuen Pumpenantriebe mit einer reduzierten Drehzahl von 1450 min⁻¹ positiv auf den Verschleiß aus.

Vielfach ist bei der Optimierung von Pumpensystemen der Einsatz von drehzahlgeregelten Pumpen die beste Wahl. In diesem Fall war eine Drehzahlregelung der Pumpen jedoch nicht zu empfehlen: Der Einlauf zu den vier Kühltürmen liegt etwa 8 m über der Pumpenachse. Das heißt, die Pumpen müssen nicht nur ununterbrochen die Reibungsverluste überwinden (circa 3 m dynamischer Förderhöhenverlust), sondern auch einen hohen geodätischen Förderhöhenverlust von 8 m. Es besteht somit keine Möglichkeit für eine nennenswerte Absenkung der Drehzahl. Dies lässt sich auch an der flachen Pumpen- und Anlagenkennlinie im Kühlwassersystem ablesen. Hat der geodätische Druck einen so hohen Anteil am Gesamtdruck, kann eine Drehzahlregelung sogar zu einer Verschlechterung der Energiebilanz führen. Die Wirkungsgradverluste am Frequenzumrichter wären in diesem Fall größer als die Energieeinsparung durch die Drehzahlregelung.

Tabelle 1: Messung 2007 vor dem Umbau.

Messstelle	Förderstrom m ³ /h	Stromaufnahme Motor A	Motornennleistung kW	Stromzähler/ Energieaufnahme (theoretisch berechnet), kWh
Pumpe 2	76	15,0	11	8,52
Pumpe 4	82	19,0	11	11,32
Pumpe 3	94	19,0	15	11,71
Pumpe 5	86	19,0	15	11,71

Tabelle 2: Messung 2009 nach dem Umbau.

Messstelle	Förderstrom m ³ /h	Stromaufnahme Motor A	Motornennleistung kW	Stromzähler/ Energieaufnahme (theoretisch berechnet), kWh
Pumpe 2	130	10,7	5,5	5,78
Pumpe 4	130	10,7	5,5	5,78
Pumpe 3	130	11,0	5,5	5,94
Pumpe 5	130	11,0	5,5	5,94

Verkleinern des Laufrads ermöglicht weitere Einsparungen

Weitere Einsparpotenziale ergeben sich, wenn die Laufräder der neuen Pumpen so weit abgedreht werden, dass sie mit 90 m³/h für eine optimale Leistung der Kühltürme sorgen. Denn bei Kreiselpumpen hat ein kleinerer Laufraddurchmesser einen ähnlichen Effekt wie das Senken der Drehzahl. Das liegt daran, dass beide Größen einen direkten Einfluss auf die Fluidgeschwindigkeit

keit an den Flügelspitzen des Laufrades haben. Beim Abdrehen, also dem Verkleinern des Laufrads, kann die Pumpenleistung präzise auf den tatsächlichen Bedarf abgestimmt werden – die Pumpe arbeitet im hydraulischen Optimum, sie läuft ruhiger und hat eine längere Lebensdauer. Wird das Laufrad an den tatsächlichen Betriebspunkt angepasst, ergibt sich in der Regel eine Energiekosteneinsparung von über 10%. Dadurch wird der Energiebedarf der neuen Kühlwasserpumpen von Kühne um weitere 36 000 kWh pro Jahr sinken. Die Umsetzung dieser Maßnahme ist im Laufe des Jahres geplant.

Kühltürme und Pumpen hintereinander schalten

Eine weitere Erhöhung des Einsparpotenzials ist bei der Wärmelast möglich: Pumpen und Kühltürme werden noch immer ungeachtet der tatsächlich erforderlichen Wärmelast betrieben. In Zeiten geringer Produktion ist der Parallelbetrieb aller vier Kühltürme zu hinterfragen. Durch eine Steuerung in Abhängigkeit von der Temperatur im Zuluftank könnten Kühltürme und Pumpen zeitlich nacheinander geschaltet werden. Allerdings ist hierzu eine Untersuchung des Temperaturverlaufs im Warmwasser-Rücklauf tank über ein Jahr erforderlich, um die Höhe der Einsparmöglichkeiten der laufenden Aggregate (Pumpe und Kühlturmventilator) berechnen zu können.

Das Unternehmen plant zudem den Austausch der Pumpen des Betriebswassersystems. Darüber hinaus existiert ein vergleichbares, getrenntes Kühlsystem auch in der Senfproduktion. Nach den positiven Umbauergebnissen aus der Konservenproduktion ist auch hier eine Untersuchung der Pumpendaten und eine Abschätzung des Einsparpotenzials angedacht.

Durch die bisherigen Umbaumaßnahmen spart Kühne im beschriebenen Kühlturmkreis-

lauf Energie im Umfang von rund 120 000 kWh ein. Dies entspricht fast 50% der Energiekosten in diesem Bereich und damit einer Kosteneinsparung von über 14 000 Euro. Stellt man dieser Einsparung die Kosten für den Pumpenumbau (einschließlich der neuen Armaturen) in Höhe von 10 000 Euro gegenüber, so amortisierten sich die Investitionen innerhalb von nur acht Monaten.

Das Beispiel Kühne zeigt deutlich, wie sehr sich Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung wirtschaftlich auszahlen.

Weitere Ergebnisse werden sukzessive veröffentlicht

Weitere Unternehmen werden derzeit von der dena im Rahmen der Initiative Energieeffizienz gemeinsam mit den Unternehmen Grundfos GmbH, Sulzer Pumpen (Deutschland) GmbH

und Wilo SE zum Einsatz von energieeffizienten Pumpensystemen beraten. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden sukzessive veröffentlicht, um beispielhaft zu demonstrieren, wie Unternehmen vorgehen können. Unternehmen sind also gut beraten, sich die Einsparpotenziale von Pumpensystemen zunutze zu machen. Und sich damit den wirtschaftlichen Erfolg von morgen zu sichern. **MM**