



Pumpen sind ein wesentlicher Bestandteil einer rentablen chemischen Produktion.

Foto: stockphoto mania / Shutterstock.com

## Mobile Kreiselpumpen gewährleisten Flexibilität und Sicherheit in der Ex-Zone

■ René Grywnow

In der chemisch-pharmazeutischen Industrie spielen Pumpen eine zentrale Rolle. Von ihnen hängt entscheidend ab, ob eine Anlage effizient und effektiv produziert. Umso größer ist der wirtschaftliche Schaden bei einer Pumpen-Havarie, die Stillstand verursacht. Mobile frequenzgeregelter Pumpen sorgen dafür, dass die Produktion möglichst schnell wieder aufgenommen werden kann. Ihr Einsatz bewirkt darüber hinaus mehr Wirtschaftlichkeit und einen besseren Umweltschutz.



Moderne Produktionsabläufe müssen heute effizient und effektiv sein. Die Anlagen sollen mit einer hohen Auslastung und einem hohen Wirkungsgrad profitabel arbeiten und damit langfristig den Standort sichern. Die chemisch-pharmazeutische Industrie wird in den nächsten Jahren von der weltweit wachsenden Bevölkerung und der damit verbundenen steigenden Nachfrage nach ihren Produkten profitieren. Trotzdem wird man Standorte und deren Vorteile weiterhin kontinuierlich prüfen.

Pumpen sind ein wesentlicher Bestandteil einer rentablen chemischen Produktion. Neben einer hohen Standzeit und Verfügbarkeit sind für den Produktionsbetrieb die Life Cycle Costs ein wichtiges Kaufkriterium. Dazu gehören Wartung, Betriebskosten, Stillstandskosten, Produktionsausfall usw. In der chemisch-pharmazeutischen Industrie kommt noch ein weiterer wichtiger Aspekt hinzu: die Anlagensicherheit für Mensch und Umwelt.

Pumpen sind das Herzstück einer Produktion. Fällt eine Pumpe aus, kann ein ungeplanter Produktionsstillstand Kosten im Millionenbereich pro Tag verursachen. Um auch bei einem Ernstfall einen möglichst hohen Anlagenwirkungsgrad erzielen zu können, haben die Produktionsbetriebe unterschiedliche Strategien entwickelt. Je nach Konzept legen die Unternehmen Ersatzteile oder ganze Redundanzpumpen auf Vorrat ins Lager. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist die Vorratshaltung die teuerste Möglichkeit, weil sie Kapital bindet. Auf der anderen Seite reduziert dieses Konzept die Risiken und sichert die Produktion.

In der Industrie am weitesten verbreitet sind die Chemienormpumpen, die einen Anteil von ca.

68 % haben. Da die Pumpenhersteller sich bei den unterschiedlichen Pumpenbaugrößen an die vorgegebenen Abmessungen der DIN EN ISO 2858 halten, sollte für den Betreiber ein einfacher Austausch möglich sein. Die Praxis hat jedoch gezeigt, dass ein 1:1-Pumpentausch nicht immer umgesetzt werden kann, da das hydraulische Leistungsvermögen herstellerabhängig ist und es innerhalb der Baugrößen signifikante Abweichungen geben kann.

Einige Betreiber bewerten die Austauschbarkeit einer Pumpe mit dem NPAI (Normpumpen-Austauschbarkeitsindex). Mit diesem Index wird das Verhältnis zwischen  $Q_{BEP}$  (Bestpunkt des Laufrades) und  $Q_{ISO}$  (Norm-Nennfördermenge) gebildet. Je geringer die Abweichung ist, umso größer ist die geometrische Ähnlichkeit der Kennlinien und umso besser sind die Pumpen untereinander austauschbar.

Entwicklungen in der Antriebstechnik und der Frequenzumrichtertechnik können zukünftig dazu beitragen, Pumpen flexibler einzusetzen und damit Ersatzteillager zu reduzieren, Pumpen energieeffizienter zu betreiben und eine bessere Produktionssicherheit zu gewährleisten. Frequenzgeregelter Pumpen können über Baugrößen hinweg flexibel eingesetzt werden und damit die Ersatzbevorratung reduzieren.

### Überblick Frequenzumrichter

Frequenzumrichter lassen sich zentral im Schaltschrank (IP20) einbauen, der Leistungsbereich ist herstellerabhängig und reicht heutzutage bis in den einstelligen Megawattbereich. Demgegenüber gibt es die dezentralen Frequenzumrichterlösungen. Bereits in den 90er-Jahren hat die Pumpenfabrik Vogel (heute Xylem) die ers-

#### Externer Frequenzumrichter

- Schaltschrankeinbaugeräte (IP20)
- Feldgeräte in höherer Schutzklasse (IP55)
- Nachrüstung bedingt möglich, Schaltschrankplatz muss vorhanden sein
- Leistungsbereich 0,25 kW bis x MW
- Hohe Installationskosten
  - Schaltraum
  - Geschirmte Kabel
  - dU/dt- bzw. Sinusfilter

#### Integrierter Frequenzumrichter

- Hoher Staub- und Wasserschutz (IP55, IP56 usw.)
- Nachträglich leicht nachzurüsten
- Leistungsbereich
  - bis 30 kW
  - bis 11 kW (II 2 G Ex de IIC T4 Gb)
- Platzsparende Montage
- Keine Verlegung von geschirmten Kabeln nötig
- Entfall von dU/dt- bzw. Sinusfilter

Tab. 1: Gegenüberstellung externer und interner Frequenzumrichter



## INNOVATIONEN & TRENDS

Baugröße	Q	H	U/min
65-40-200	15 m³/h	50 m	2.900
65-40-250			2.900
50-32-125	5 m³/h	20 m	2.900
50-32-250			1.450
65-40-250			1.450
50-32-160	10 m³/h	27 m	2.900
65-40-315			1.450
50-32-250	12 m³/h	30 m	2.900
65-40-160	15 m³/h	55 m	2.900
80-50-315			1.450

Tab. 2: Verbaute Pumpen, durch eine mobile magnetgekuppelte Kreiselpumpe ersetzbar (Q = Förderstrom, H = Förderhöhe, U = Frequenzregelung)

ten dezentralen Frequenzumrichter für Pumpen vorgestellt. Das Anforderungsprofil an frequenzgeregelte Pumpen aus Betreibersicht sieht folgendermaßen aus:

- Externer Frequenzumrichter (Schaltschrank)
- Dezentraler Frequenzumrichter
  - Ex-Zone (bis 11 kW)
  - Nicht-Ex-Zone (bis 30 kW)
- Überwachungsoptionen
  - Standard-Überwachung
  - Erweiterte Überwachung
  - Datenaustausch
- EMV (elektromagnetische Verträglichkeit)

Die Liste der Anforderungen ist lang und von der jeweiligen Branche abhängig. Das nachfolgende Beispiel beschreibt eine frequenzgeregelte mobile Pumpe im explosionsgefährdeten Bereich (Zone 1, Temperaturklasse T3).

Fahrbare Pumpen sind im Ex-Bereich vielfach einsetzbar, z. B.:

- zur Tankentladung
- als Notfallpumpe zur Reduzierung von Ersatzpumpen
- für Batch-Prozesse in der pharmazeutischen und biotechnologischen Industrie

Gehäusematerialien	Metallische Pumpen	Nichtmetallische Pumpen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edelstähle</li> <li>• Uranus® B6</li> <li>• Hastelloy® B oder C</li> <li>• Reinnickel</li> <li>• Titan</li> <li>• Hygienic-Ausführung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PFA</li> </ul>
Pumpentyp	Normalsaugende Pumpe Selbstansaugende Pumpe	Normalsaugende Pumpe Selbstansaugende Pumpe
Ausführung	Nicht-Ex-Zone Ex-Zone	Nicht-Ex-Zone Ex-Zone
Motor	Ohne Frequenzumrichter Mit Frequenzumrichter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Zone bis 11 kW</li> <li>• Nicht-Ex-Zone bis 30 kW</li> </ul>	Ohne Frequenzumrichter Mit Frequenzumrichter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Zone bis 11 kW</li> <li>• Nicht-Ex-Zone bis 30 kW</li> </ul>
Spalttopf	Edelstahl, Hastelloy® C, Titan, wirbelstromfreie Spalttöpfe (Keramik oder Hochleistungskunststoffe, z. B. PEEK)	PTFE, PVDF, Alloy 600
Gleitlagerung	SiC (Siliciumcarbid) WoC (Wolframcarbid)	SiC (Siliciumcarbid)
Überwachungen	Spalttopf(temperatur)überwachung Trockenlaufüberwachung Durchflussmessung Drucküberwachung Antriebsüberwachung	Spalttopf(temperatur)überwachung Trockenlaufüberwachung Durchflussmessung Drucküberwachung Antriebsüberwachung

Tab. 3: Konfigurationsmöglichkeit von mobilen Pumpen



- als ortsbewegliche Prozesspumpe
- zur Förderung von Laugen, Säuren, Lösungsmitteln usw.
- zur Förderung feststoffbeladener Medien mit bis zu 30 % Feststoffanteil

#### **Mobile Kreiselpumpe soll reibungslosen Betrieb ermöglichen**

Die Kundenanforderung an eine frequenzgeregelt, mobile Pumpe war wie folgt: Der Betreiber wünschte eine Pumpe, die bei einer Havarie verschiedene bereits installierte Chemienorm-pumpen schnell ersetzen kann. Das Ziel im konkreten Beispiel war es, bei einem Pumpenstillstand die defekte Pumpe zu entnehmen und mithilfe einer mobilen, flexiblen Pumpe die Produktion wieder aufzunehmen. Der Betrieb kann somit die Produktion aufrechterhalten und die ausgefallene Pumpe in einer Fachwerkstatt reparieren lassen.

Anforderungen an die Pumpe:

- Zone 1, Temperaturklasse T3 (200 °C)
- Maximale Temperatur des Mediums im Produktionsbetrieb bis zu 140 °C
- Dichte zwischen 820 und 930 kg/m<sup>3</sup>
- Viskosität im normalen Betrieb wasserähnlich
- Pumpenausfall:
  - Temperatur zwischen 50 und 70 °C
  - Medium nicht giftig
  - Viskosität 20 bis 90 mm<sup>2</sup>/s
- Vorhandene Pumpen und Betriebspunkte siehe Tab. 2

#### **Mobile frequenzgeregelt Pumpen sorgen dafür, dass die Produktion bei einer Havarie möglichst schnell wiederaufgenommen werden kann.**

Um einen sicheren Betrieb in der Ex-Zone – Zone 1, Temperaturklasse T3 (200 °C) – zu gewährleisten, wünschte der Kunde eine Einheit, die er vor Ort betreiben kann, ohne sie in ein übergeordnetes Leitsystem einbinden zu müssen. Tab. 3 zeigt die Konfigurationsmöglichkeiten der mobilen Pumpe.



## INNOVATIONEN & TRENDS

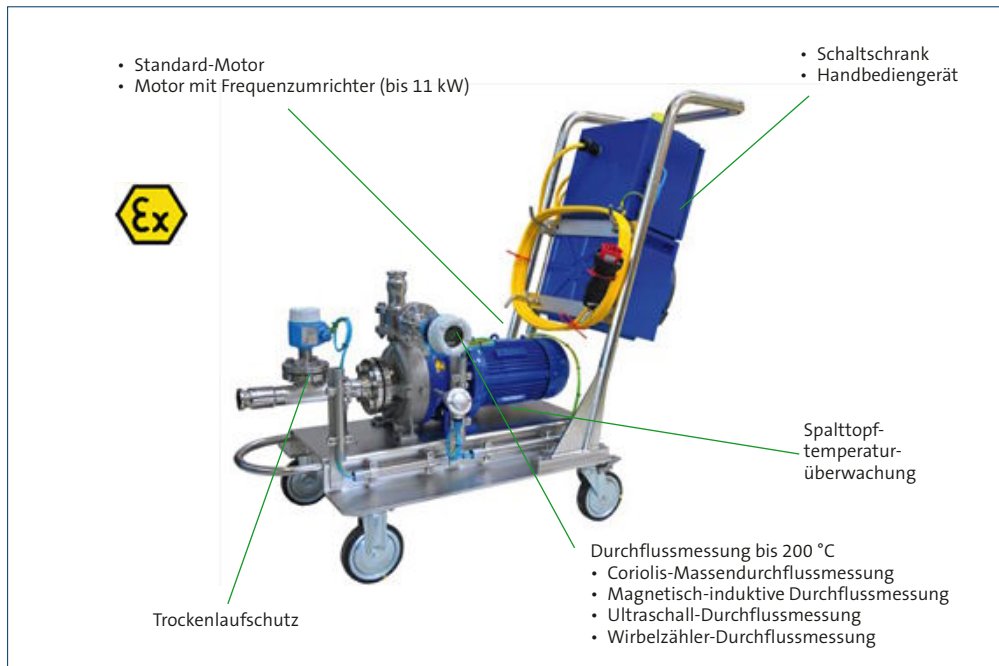


Abb. 1: Optionen einer mobilen Pumpe für den Ex-Bereich (Zone 1, Temperaturklasse T4, Komponenten bis 200 °C)

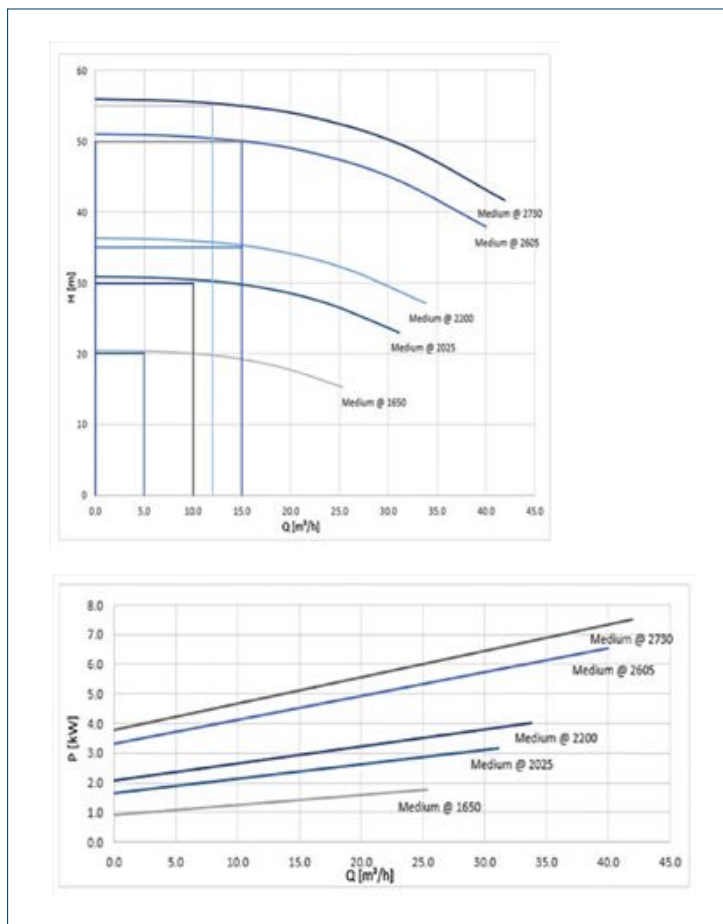


Abb. 2 (oben): Q-H-Diagramm

Abb. 3 (unten): Q-P-Diagramm: Darstellung der unterschiedlichen Leistungen  $P_2$  (inklusive Verlustleistungen bei verschiedenen Betriebspunkten, Dichten und Viskositäten)

Die Chemiefabrik entschied sich für eine normalsaugende, magnetgekuppelte Chemieprozesspumpe in folgender Ausführung:

- Gehäusematerial 1.4581
- Spalttopf Hastelloy® C4
- Spalttopftemperaturüberwachung
- Flüssigkeitsstandgrenzscharter (saugseitig) bis 200 °C
- Coriolis-Durchflussmessung bis 200 °C und Viskositäten von 1 bis 1.000 cP
- Manometer saug- und druckseitig 0 bis 10 bar absolut

Abb. 2 und Abb. 3 zeigen das Kennfeld, das mit der mobilen Pumpe abgedeckt werden kann. Diese Pumpe deckt bei einer Havarie eine der installierten Chemieprozesspumpen zu 100 % ab und kann somit alle Betriebspunkte mit ihren unterschiedlichen Dichten und Viskositäten realisieren. Die Limitierung der mobilen Pumpe ergibt sich durch den verwendeten Motor und die benötigte Leistungsaufnahme am Betriebspunkt. Ebenfalls beachten muss man eine Motorreserve in der Ex-Zone (Safety Factor), die in Abhängigkeit von der Motorgröße bis zu 20 % betragen kann.

Auf der Saugseite der Pumpe befindet sich ein Grenzscharter. Dieser hat die Aufgabe, einen möglichen Strömungsabriss zu detektieren und die Pumpe rechtzeitig abzuschalten. Damit wird sichergestellt, dass die Pumpe nicht trocken läuft und weder die Pumpe noch der Spalttopf



eine kritische Temperatur erreichen, die gerade in der explosionsgefährdeten Umgebung vermieden werden muss.

#### **Temperaturüberwachung verhindert Folgeschäden**

Die mobile Kreiselpumpe wurde mit einem metallischen Spalttopf aus Hastelloy® C4 ausgerüstet. Dieser ermöglicht es, einen Temperaturfühler atmosphärenseitig anzubringen. Beim Betrieb einer Magnetkupplungspumpe mit metallischem Spalttopf werden Wirbelströme induziert, die zu einer Erwärmung des Spalttopfes im Bereich der Magneten führen. Bei normalem Betrieb der Pumpe wird diese Wärmeenergie durch die Förderflüssigkeit in der Pumpe abgeleitet, so dass der Temperaturanstieg an der Spalttopfoberfläche sehr gering ist. Trotzdem tritt am Spalttopf die höchste Oberflächentemperatur der Pumpe auf.

Bei unzulässigen Betriebszuständen wie z. B.

- beim Betrieb gegen einen geschlossenen Schieber,

- beim Trockenlauf oder
  - bei einem Magnetkupplungsabriss
- fällt der kühlende Förderflüssigkeitsstrom aus. In der Folge kommt es zu einem raschen Temperaturanstieg an der Spalttopfoberfläche. Diese kann mit dem Thermoelement gemessen werden. Mithilfe geeigneter Geräte kann dann ein Alarm ausgelöst oder die Pumpe abgeschaltet werden. Durch das rechtzeitige Abschalten der Pumpe können Folgeschäden vermieden werden. Gleichzeitig wird verhindert, dass die Oberflächentemperatur der Pumpe und insbesondere des Spalttopfes unkontrolliert ansteigt und in explosionsgefährdeten Zonen zu einer potenziellen Zündquelle wird.

#### **Durchflussmessung unterstützt den Bediener vor Ort**

Im skizzierten Fall entschied sich der Betreiber für ein Coriolis-Durchflusssystem. Ausschlaggebende Punkte waren die möglichen hohen Temperaturen und die unterschiedlichen Viskositäten, die im Produktionsprozess anfal-



## Pumpenbeispiel

<b>Betriebspunkt 1</b>	Eingedrosselt	Frequenzgeregelt	Einsparung
	Drehzahl = 2.930 min <sup>-1</sup> Q = 10 m <sup>3</sup> /h H = 27 m P <sub>2</sub> = 3,04 kW/h	Drehzahl = 2.230 min <sup>-1</sup> Q = 10 m <sup>3</sup> /h H = 15 m P <sub>2</sub> = 1,52 kW/h	Laufzeit: 8.064 h/a P <sub>E</sub> = 24.514,56 kW P <sub>F</sub> = 12.257,28 kW Ersparnis ca. 50 %
<b>Betriebspunkt 2</b>	Bypass	Frequenzgeregelt	Einsparung
	Drehzahl = 2.930 min <sup>-1</sup> Q = 1,5 m <sup>3</sup> /h H = 27,5 m P <sub>2</sub> = 2,59 kW/h	Drehzahl = 2.170 min <sup>-1</sup> Q = 1,5 m <sup>3</sup> /h H = 15,2 m P <sub>2</sub> = 1,18 kW/h	Laufzeit: 403,2 h/a P <sub>B</sub> = 1.044,29 kW P <sub>F</sub> = 475,78 kW Ersparnis ca. 55 %

Tab. 4: Betriebspunkte 1 und 2 einer Pumpe

len können. Die Durchflussmessung kann unter drei Aspekten bei der mobilen Einheit von Vorteil sein:

- Sie gibt dem Bediener vor Ort die Möglichkeit, Chargen nach Volumina umzupumpen, da der Bediener jederzeit vor Ort eine visuelle Kontrolle hat und die Pumpe mittels Bedienteil steuern und abstellen kann.
- Der Bediener hat vor Ort eine visuelle Kontrolle, die anzeigt, ob die Pumpe möglicherweise gegen einen geschlossenen Schieber fährt.
- Der Betrieb innerhalb der Kennlinie erfolgt sachgerecht. Durch die visuelle Kontrolle kann der Betreiber vor Ort sicherstellen, dass die Pumpe bei verschiedenen Frequenzen immer in ihrem zulässigen Kennfeld arbeitet.

### Frequenzrichter arbeiten effizient und energiesparend

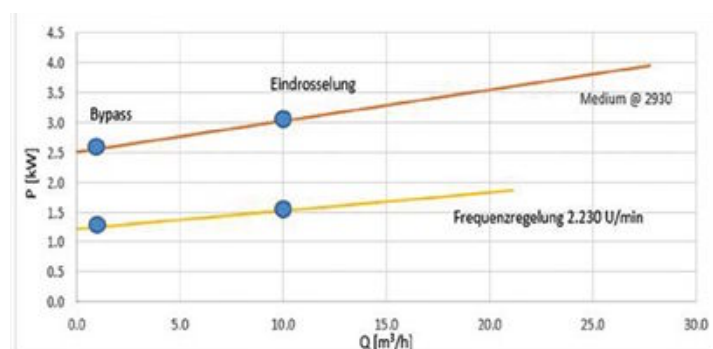
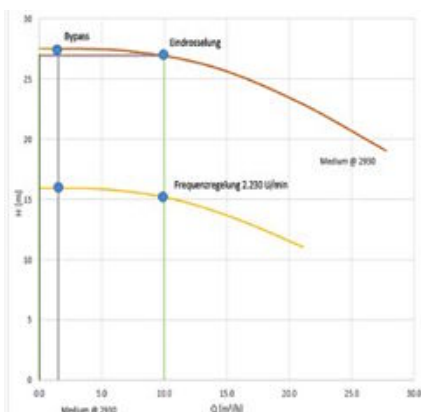
Stellt man den tatsächlich benötigten Betriebspunkt optimal ein, behandelt man nicht nur die Pumpe schonender, sondern spart auch gleichzeitig Energie.

Durch ihre stufenlose Regelung starten und stoppen Frequenzrichter die Motoren sehr sanft. Der Vorteil ist, dass im Vergleich zu netzbetriebenen Motoren kein Moment- oder Laststoß erfolgt. So reduziert sich der Materialverschleiß in der Anlage, Ventile sind z. B. länger einsetzbar und die Reparatur- und Wartungskosten sinken.

Vergleicht man die verschiedenen Regelungsarten, bestätigt sich die Effizienz der Frequenzrichter. Die Affinitätsgesetze zeigen das.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Der Förderstrom Q ändert sich linear zur Drehzahl.



Quelle: CP Pumpen

Abb. 4: Die Kennlinie zeigt eine installierte Pumpe, die ungeregelt zwei Betriebspunkte im täglichen Betrieb abfährt.

$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$  Die Förderhöhe H ändert sich mit der 2. Potenz zur Drehzahl.

$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$  Die Antriebsleistung P ändert sich mit der 3. Potenz zur Drehzahl.

### **Mobile Pumpen bieten zahlreiche Vorteile**

Die moderne Antriebstechnik wirft die Frage auf, ob es weiterhin so viele Chemienormpumpen-Baugrößen geben muss oder ob es möglich sein wird, mehrere heute existierende Kennfelder künftig mit wenigen Pumpenbaugrößen und Frequenzregelung abzudecken.

Die Frequenzregelung bietet den Betreibern von Retrofit-Projekten und ortsbeweglichen Prozesspumpen in explosionsgeschützten Zonen dabei viele Vorteile.

Bei einer Neuplanung lässt sich eine Frequenzregelung im Vorfeld einplanen und entsprechende Pumpen einbeziehen. In Bestandsbetrieben ist es aus Platzgründen sehr teuer, nachträglich Schaltschränke einzubauen. Es gibt aber die Möglichkeit, Pumpen bis zu einer Motorleistung von 30 kW oder 11 kW (Ex-Zone) mit einem aufgesetzten Frequenzumrichter nachzurüsten. Diese Pumpen sind durch diverse Anbindungen (Feldbus usw.) ohne Probleme in ein übergeordnetes Leitsystem zu integrieren und durch eine Leitwarte zu steuern und zu regeln. Dadurch ergeben sich zukünftig nicht nur Einsparungen auf der Materialseite und bei der Lagerwirtschaft, sondern auch beim Energieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Produzierende Betriebe können so aktiv zum Umweltschutz beitragen.

Gemäß Bundesumweltamt verbrauchen Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zusammen ca. 70 % des gesamten Stroms in Deutschland. Die Industrie benötigt davon fast 45 %. Einsparpotenziale ergeben sich für elektrische Antriebe, da diese fast 40 % des gesamten Stroms in Deutschland verbrauchen und ca. 80 % davon in den Sektoren Industrie und Gewerbe. In Deutschland können allein durch den Einsatz energieeffizienter Pumpen bis zu 5 Mrd. kWh Energie eingespart werden.

Autor:

René Grywnow, MBA

Geschäftsführer/Vertriebsleitung

CP Pumpen GmbH, Mannheim