



Wasch- und Reinigungsanlagen

Verfasser: Michael Rasmussen, Team Industrieanwendungen, Grundfos, Dänemark

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	2
Zweck:.....	2
Anwendungsmerkmale:	2
Lösung:	3
Hochleistungsbetrieb am Grenzwert:	4
Pumpen:	5
Motoren:	6
Pumpen- und Anlagenschutz:	6
Pumpenstopp bei keinem Volumenstrom – Stoppfunktion:	7
Überlegungen und Einschränkungen:	9
Industrielle Reinigungs- und Waschanlagen:	10

Einleitung

Wasch- und Reinigungsanlagen für die lebensmittelverarbeitende Industrie gehören zu den Anwendungsbereichen, die aufgrund des begrenzt zur Verfügung stehenden Raumes, der rauen Umgebungsbedingungen und der Betriebsprozesse, hohe Anforderungen an die Pumpenanlage stellen. Die für diese Anwendung eingesetzten kompakten Pumpen sind in Schränken integriert, tragbar oder auf Gestellen montiert, um auch bei beengten Platzverhältnissen einen optimalen Bedarf sicherzustellen. Bei Waschprozessen entstehen vermehrt Dämpfe und Feuchtigkeit und die Umgebungstemperaturen können während eines Betriebszyklus stark schwanken. Während des Tages beträgt die Pumpenbetriebsdauer in der Regel eine Stunde, für den Rest des Tages befindet sie sich im Standby. Während des Reinigungszyklus arbeiten die Pumpen mit schwankenden Durchflüssen und unterschiedlichen Drücken. Das Fördermedium ist entweder kaltes oder warmes Wasser, das der Pumpe nachgeschaltet mit Desinfektionsmittel, Waschlösungen und anderen Chemikalien versetzt wird. Dosierpumpen, Strahlpumpen, Kompressoren und Luftspritzsysteme sind integrierte Bestandteile der Anlage.

Die wichtigste Anforderung an die Wasch- und Reinigungsanwendung ist eine effiziente Reinigung in möglichst kurzer Zeit.

Für Wasch- und Reinigungsanwendungen ist eine moderne und kompakte Pumpenanlage erforderlich, die schnell und präzise an die sich ändernden Anforderungen angepasst werden kann und unter schwierigsten Betriebsbedingungen sicher funktioniert. Dabei ist es wichtig, dass bei der Planung und Entwicklung der Anlage die Pumpe als integrierter Bestandteil zum Tragen kommt. Durch den Einsatz und die Nutzung der Funktionen und Leistungsmerkmale der Pumpe können der erforderliche Platzbedarf reduziert und externe Anlagenkomponenten geschützt werden. So kommt es bereits in der frühesten Planungsphase zu einem umfassenden Überblick über die gesamte Anlage als Ganzes, der über die reine Pumpe hinausgeht.

Zweck:

Dieses Whitepaper beschreibt einige der Leistungsmerkmale, die in eine kompakte, effiziente und nach Kundenspezifikationen zugeschnittene Wasch- und Reinigungsanlage integriert werden können. Es werden die Vorteile für den Einsatz von Pumpen mit integriertem Frequenzumrichter (MGE-Motoren) wie auch die Optionen beschrieben, die für die Überwachung, den Anlagenschutz und die Steuerung externer Komponenten möglich sind. Als bevorzugter Lieferant der Wasch- und Reinigungsbranche haben wir die MGE-/MLE-Motoren kundenspezifisch entwickelt, die speziell für diesen Anwendungsbereich über diverse Funktionen und Leistungsmerkmale verfügen.

Anwendungsmerkmale:

HERAUSFORDERUNG	LÖSUNG
Eingeschränkte Platzverhältnisse - Kompakte Anlageninstallation	Übersynchroner Betrieb
Raue Umgebungsbedingungen - Nässe, Feuchtigkeit und hohe Temperaturen	Robuste Motoren und Antriebe für extreme Außentemperaturen und Betriebsbedingungen - IP44, IP66, NEMA4 Integrierte Motor-Stillstandsheizung
Schnelle und starke Änderungen des erforderlichen Durchflussvolumens	Anwendungsspezifische Rampen und Steuerzeiten
Start-/Stoppbetrieb	Stoppfunktion optimiert für dynamische Lastzustände, häufige Starts/Stopps und kleine Tankgröße

Druckspitzen in der Anlage	Kurze PID-Zeiten und schneller Wechsel des Betriebsmodus
Komplexe integrierte Steuerung	Erweiterte Steuerfunktionen für den Pumpenbetrieb und Sekundärkomponenten.
Anlagenschutz	Zusätzliche Überwachung der internen und externen Betriebsbedingungen
Spezialanforderungen	Maßgeschneiderte Lösungen

Lösung:

Wasch- und Reinigungsanlagen für die lebensmittelverarbeitende Industrie werden auf verschiedenen Druckstufen betrieben (20, 40, 60, 80 bar). Grundfos bietet hauptsächlich Kreiselpumpen für den Druckbereich von 20 und 40 bar an. Um mit einer Kreiselpumpe bei Drehzahlen von 3000 bis 3600 rpm einen Druck von 20 bis 40 bar zu erzeugen, benötigt relativ viele Stufen und dadurch eine höhere bspw. längere Pumpe. Die Wasch- und Reinigungsausrüstung ist entweder zum mobilen Einsatz in Produktionsanlagen und anderen Einrichtungen auf einem fahrbaren Gestell montiert oder in einer festen Wascheinrichtung an der Wand installiert. Hierfür sind kompakte Pumpen erforderlich, die hohe Drücke erzeugen und bei übersynchroner Drehzahl zufriedenstellend diesen anspruchsvollen Einsatz bewältigen können.



Die folgenden Affinitätsgleichungen beziehen sich mit sehr guter Annäherung auf die Drehzahländerung der Kreiselpumpen:

$$\frac{Q_n}{Q_x} = \frac{n_n}{n_x}$$

$$\frac{H_n}{H_x} = \left(\frac{n_n}{n_x}\right)^2$$

$$\frac{P_n}{P_x} = \left(\frac{n_n}{n_x}\right)^3$$

H = Förderhöhe in m
Q = Volumenstrom in m³/h
P = Eingangsleistung in kW
n = Drehzahl

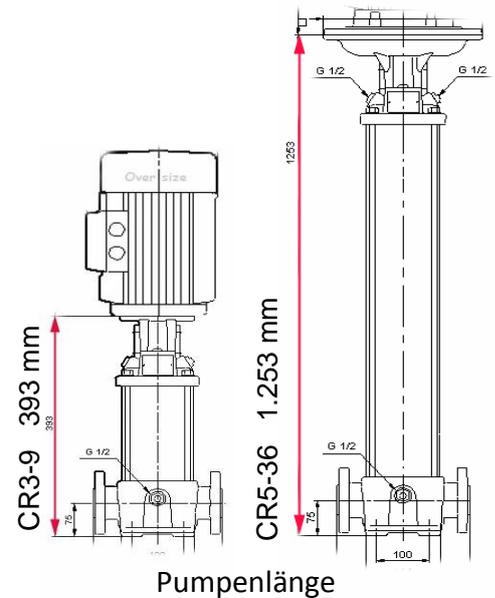
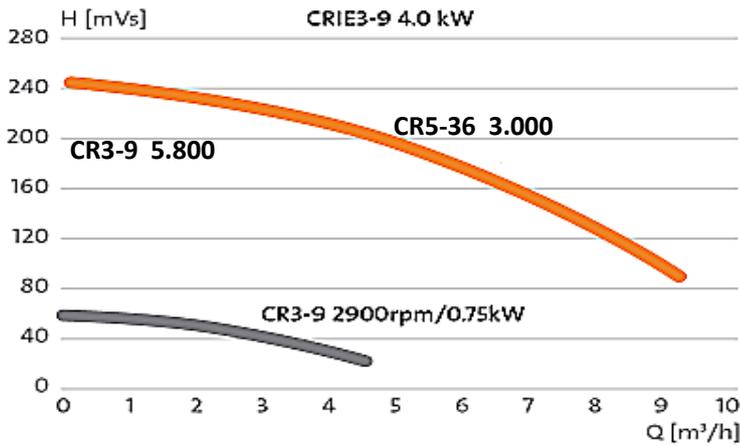
Eine Drehzahländerung von 3.000 U/Min. auf 4.500 U/Min. lässt den Druck um den Faktor 2,5 ansteigen. Eine Drehzahländerung von 3.000 U/Min. auf 6.000 U/Min. lässt den Druck um das 4-fache ansteigen.

Die kleine CRE3-9 wird kundenspezifisch an hohe Drehzahlen angepasst und liefert dank ihres 4 kW-Motors mit einer Drehzahl von 5.800 U/Min. die gleiche Leistung wie eine CRE5-36.



CRNE3-9
4,0 kW
5.800 U/Min.

Die Pumpen werden werksseitig zur Geräuschreduzierung mit einem kleineren Lüfter ausgestattet und besitzen zur Aufnahme der höheren Drück über eine Pumpenkammer- und Laufradverstärkung. Damit reduziert sich die Länge der Pumpe auf weniger als ein Drittel.



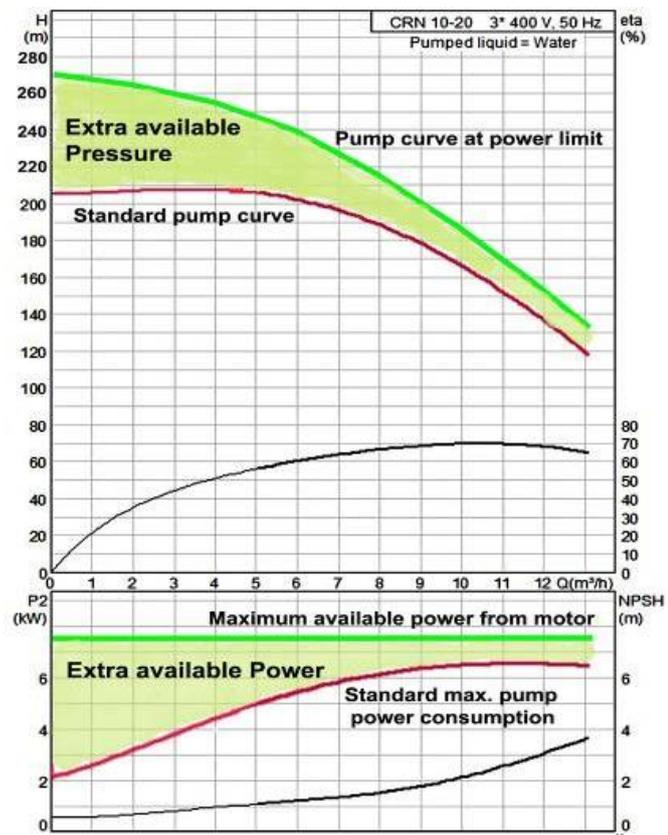
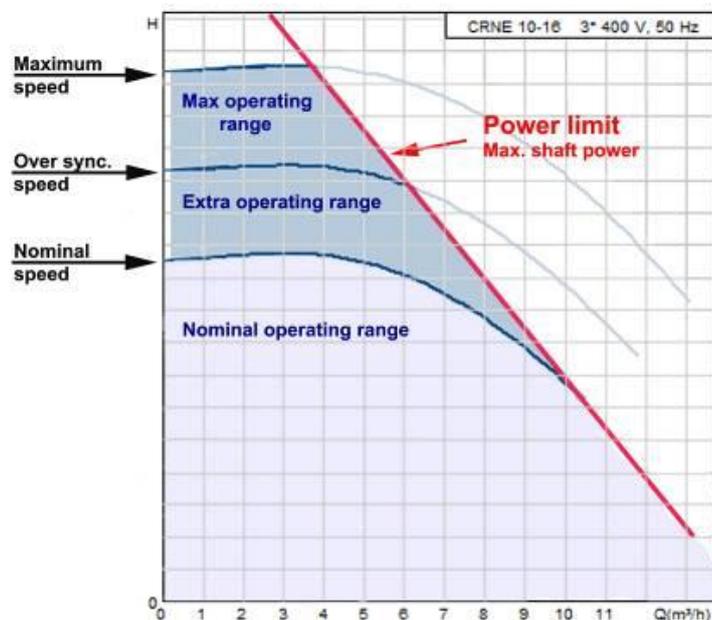
Hochleistungsbetrieb am Grenzwert:

MGE-/MLE-Motoren besitzen eine Funktion zur Drehzahlreduzierung bei Überschreitung der Nennleistung. Auf diese Weise wird eine Überlastung des Motors verhindert.

Übersteigt die maximale Drehzahl die Nenndrehzahl und liegt die Pumpenleistung am Höchstwert, kann die Pumpe einen höheren Druck generieren, solange die Nennleistung des Motors nicht überschritten wird.

So erhöht sich entweder der Druck der Pumpe oder ermöglicht den Einsatz eines unterdimensionierten Motors.

- Der Druck kann bei geringerem Volumenstrom durch Erhöhung der Frequenz erhöht werden.
- Der Motor kann zu 100 % über den gesamten Förderbereich eingesetzt werden.
- Der steile Abschaltpunkt auf der Pumpenkurve reduziert das Kavitationsrisiko bei hohem Durchflussvolumen.



Jede Pumpenkammergröße besitzt einen maximalen Differenzdruck. Dieser Faktor muss bei der Dimensionierung der Pumpenanlage berücksichtigt werden. Hilfe bei einer korrekten Auslegung und Dimensionierung erhalten Sie beim Grundfos CSU-Teams.

Pump type	Differential pressure over the chamber [bar]		
	Standard chamber (1)	Reinforced chamber (2)	Laser-welded chamber (3)
CR 1s	0.9	-	-
CR 1	0.9	2.2	2.2
CR 3	0.9	2.2	2.2
CR 5	0.9	1.4	-
CR 10	2.2	-	-
CR 15	2.2	-	-
CR 20	2.2	-	-
CR 32	2.9	-	-
CR 45	3.5	-	-
CR 64	4.0	-	-
CR 90	4.6	-	-

The durability of the different chamber types depends on the number of starts/stops of the pump.

The estimated permissible number of pump starts/stops is stated below:

(1) 1,000,000 starts/stops

(2) 300,000 starts/stops

(3) 800,000 starts/stops.

Pumpen:

Grundfos bietet eine Vielzahl von Pumpen und Pumpanlagen an, die sich für den Wasch- und Reinigungsbetrieb eignen.

Die CR Pumpenbaureihe ist dank ihrer Anpassungsfähigkeit an kundenspezifische Anforderungen die für Versorgungssysteme und Anwendungen in der lebensmittelverarbeitenden Industrie am häufigsten eingesetzte Pumpe in den vergangenen 20 Jahren.

Die Standardausführung der CR Baureihe kann mit einem Anlagendruck von 25 bar betrieben werden.

Die HS und SF Baureihe kann mit einem Anlagendruck von 50 bar betrieben werden.

1. Hochleistungspumpe
2. „Inverted Stack“
3. Pumpenvarianten zur Werkseinstellung
4. Modifiziert durch das CSU-Team

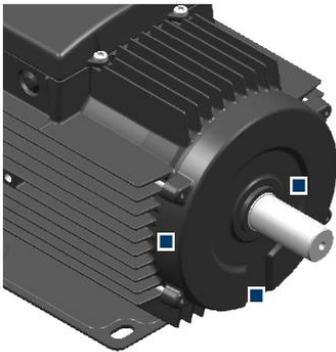


Motoren:

Die für Wasch- und Reinigungsanwendungen eingesetzten Motoren müssen für raue Betriebsbedingungen geeignet sein. Bei der Verarbeitung frischer Lebensmittel sind niedrige Temperaturen, bei der Weiterverarbeitung jedoch sehr hohe Temperaturen erforderlich, was in Kombination mit einer feuchten und dampfhaltigen Umgebung zu rauen Betriebsbedingungen sorgt.

So wird bei vertikal montierten Pumpen empfohlen, die Ablassschraube an der Welle zu lösen, um das Kondensationsrisiko zu mindern wie auch potenzielle Schäden an den Kugellagern verursacht durch das „Atmen“ durch selbige.

Bei extrem niedrigen Betriebstemperaturen ist der Einsatz der integrierten Stillstandsheizung empfehlenswert.



On this illustration the drain holes are marked with blue squares ■

Extended specifications

Ambient temperature	Full load continuous 40 °C, maximum allowed 60 °C
Enclosure class	IP55 and IP66 NEMA 4 outdoor rating
Maximum speed	6000 rpm
Wide supply voltage	Single phase: 200-240 V Three-phase: 380-480 V

Pumpen- und Anlagenschutz:

Es können verschiedene Pumpen- und Anlagenschutzeinrichtungen installiert werden.

Temperatursensor im Pumpenkopf

Eine preisgünstige und wirksame Vorrichtung gegen eine Beschädigung der Pumpe und Geräusentwicklung bei Nullförderhöhe ist der im Pumpenkopf montierte Sensor PT100. Zusätzlich wird die Grenzwertüberschreitungsfunktion aktiviert.

SAVER und HM Large sind mit Sensoreingängen für den Anschluss des PT100/1000 ausgestattet.

Förderdruckmessung

Die bei einer Förderdruckmessung aktivierte Grenzwertüberschreitungsfunktion für zu hohe Druckwerte schützt die Pumpe vor Beschädigung beim Nullförderbetrieb. Die bei einer Förderdruckmessung aktivierte Grenzwertüberschreitungsfunktion für zu geringe Druckwerte schützt die Pumpe vor Kavitation beim Betrieb außerhalb der Pumpenkennlinie bzw. beim Trockenlauf.

Die Konstantdruckregelung kann zur Begrenzung des maximalen Drucks bei geringem Durchfluss dienen, um sicherzustellen, dass der maximale Differenzdruck über alle Kammern hinweg nicht überschritten wird.

Vordruckmessung bzw. Vordruckschalter

Schützt vor Trockenlaufen und Kavitation aufgrund eines zu geringen Förderdruck.

Trockenlaufschutz

Ein am Pumpenkopf montierter Liqtec-Sensor schützt die Pumpe vor einem Trockenlauf und hohen Temperaturen bei Nullförderbetrieb. Der Liqtec Sensor kann direkt, also ohne Liqtec-Auswerte-Einheit, an den Liqtec-Eingang des MGE-Motors (Modelle mit FM300) angeschlossen werden.

Unterlastung

Die Funktion erkennt, ob die Pumpe ihre Mindestleistung unterschreitet, was auf einen zu geringen Ansaugdruck oder auf Luft in der Pumpe schließen lässt.

Diese Funktion ist noch nicht für alle MGE-Motoren erhältlich.

Pumpenmotor und -antrieb

Die Anlage ist antriebsseitig gegen Überlast, Netzausfall und hohe Betriebstemperaturen usw. geschützt.

Membrandruckbehälter

Der kompakte Membrandruckbehälter kann direkt auf der Leitung wie auch als Leitungserweiterung (Aufnahmerichtung einer Druckwelle) eingesetzt werden, um Wasserschläge zu reduzieren.

Leistungsgrenze

Zur Vermeidung von Kavitation sinkt die Pumpenkennlinie mit einer Leistungsbegrenzung ab und verläuft bei der Erhöhung des Durchflussvolumens steiler.

Konstantdruckregelung

Hochleistungspumpen mit steilen Kennlinienverlauf werden häufig durch einen Konstantdruckbetrieb vor Überdrücken geschützt, obwohl aus regelungstechnischen Gründen ggf. keine Konstantdruckregelung der Anlage erforderlich ist.

Überdrucksicherheitsventil

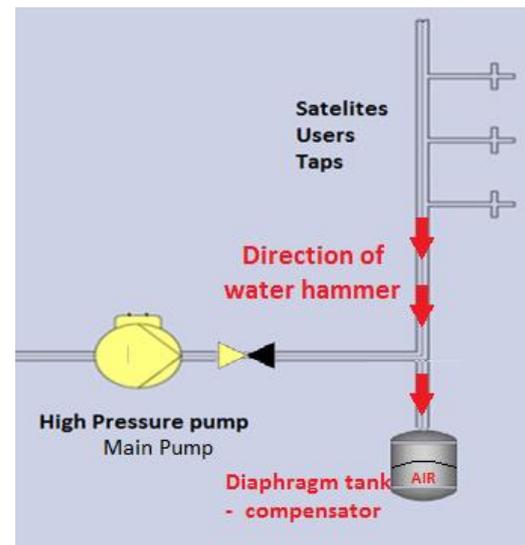
Falls ein Rückschlagventil an der Ansaugseite der Pumpe erforderlich ist, muss zum Vermeiden von Druckbeschädigungen der Anlage und Geräuschentwicklungen ein Sicherheitsventil verwendet werden.

Stillstandsheizung

Die MGE-/MLE-Motoren von Grundfos sind genauso wie der CUE mit einer eingebauten Motor-Stillstandsheizung ausgestattet. Diese Standardfunktion kann über das Display aktiviert werden. Mit dieser Funktion wird in den Motorwicklungen in sehr geringem Maß Strom induziert, wodurch die Wicklungstemperaturen bei ausgeschaltetem Motor nach der Aufheizphase 5 - 10 Grad über der Umgebungstemperatur liegen. Damit kann Kondensation verringert werden, was jedoch kein Ersatz für das Öffnen des Kondenswasserablaufs ist.

Pumpenstopp bei keinem Volumenstrom – Stoppfunktion:

In einigen Anwendungen ist es eine erforderliche Betriebsbedingung, dass der Durchfluss auf Null gesenkt wird. In industriellen Wasch- und Reinigungsanlagen wird häufig mit Reinigungslanzen gearbeitet, bei denen normalerweise ein Durchfluss von ca. 40 Liter/Minute erforderlich ist.



Je nachdem, wie viele Lanzen betrieben werden, erhöht sich der Durchfluss inkremental in Schritten von 2.4 m³/h (0, 2.4, 4.8, 7.2, 9.6 m³/h).

Sobald eine der Lanzen einen Durchflusswert von Null besitzt, muss die Pumpe sehr schnell stoppen können, um ein Erhitzen des Wassers und damit eine Beschädigung der Wellendichtung und Energieverschwendungen zu vermeiden.

Im Folgenden werden zwei der diversen Methoden beschrieben, die am häufigsten zum Einsatz kommen.

Strömungsschalter

Der Förderdruck muss hoch genug sein, um den Strömungsschalter zu aktivieren, sobald eine der Lanzen in Betrieb genommen wird. Mit der Aktivierung des Strömungsschalters erhält die Pumpe das Signal „Externer Verbraucher Ein/Aus“.

Sobald die Lanze nicht mehr eingesetzt wird, löst der Strömungsschalter aus und die Pumpe stoppt mit einer langsamen Auslaufsequenz. Dieses Verfahren wird bei einem Betrieb mit konstanter Kennlinie sehr häufig eingesetzt, funktioniert allerdings auch im Konstantdruckbetrieb. Der Strömungsschalter kann zudem die Stoppfunktion bei geringem Fördervolumen im Konstantdruckbetrieb auslösen.

Dieses Verfahren des Pumpenstopps wird häufig in Anlagen mit Unterbrechertank und Förderpumpe eingesetzt.

Stoppfunktion

Der einwandfreie Betrieb unserer pumpeninternen Stoppfunktion ist normalerweise in diesen Einsatzfällen aufgrund der geringen Tankgrößen problematisch und benötigt aus diesen Gründen häufig eine zusätzliche Einstellung über ein PC-Tool. Aufgrund der hohen Kosten von Membrantanks, die für Drücke von mehr als 16 bar geeignet sind, sind die Tankgröße in Wasch- und Reinigungsanwendungen oft klein dimensioniert, häufig kommen hydraulische Ausgleichsbehälter als Speichertanks zum Einsatz. Die Stoppfunktion erzeugt öfter Fehler, wenn die Anlage langsam leerläuft. Verursacht wird dies durch zu häufigen Pumpenstarts/-stopps ohne genügenden Durchfluss durch die Pumpe und einer dadurch hervorgerufenen Erhitzung des Wassers in der Pumpe.



Vor der endgültigen Auswahl der Pumpe muss zwingend bekannt sein, wie der Stoppbetrieb bzw. der Betrieb mit geringem Durchfluss vorgesehen ist, da ein Pumpenstopp vom maximalen Druck, der Drehzahl und der Pumpenkennlinie beeinflusst wird.

Überlegungen und Einschränkungen:

Eine Erhöhung der Drehzahl über den maximalen Grenzwert über alle Kammern hinweg sollte mit den Grundfos CSU-Teams ausführlich geplant und besprochen werden.

Höhere Motorleistung.

Der Pumpenbetrieb bei übersynchroner Drehzahl erhöht den Druck, den Durchfluss wie auch den Energieverbrauch.

Daher ist es erforderlich, die Motordimensionierung der erhöhten Pumpenleistung entsprechend anzupassen.

Gemäß den Affinitätsgleichungen im weiter oben aufgeführten Beispiel verachtfacht sich der Energieverbrauch bei Verdopplung der Drehzahl. In der Praxis ist der Einsatz eines 4kW-Motors ausreichend, da der Pumpenbetrieb im Hochdruck- und Mind.-Volumenstrombereich der Pumpenkennlinie erfolgt, wenn die Leistung herabgesetzt wird, so dass wir einen unterdimensionierten Motor einsetzen können.

Druckbeschränkung.

Es ist äußerst wichtig, nicht den maximalen Nenndruck der Pumpen zu überschreiten.

Der Druck über alle Kammern in der Pumpe hinweg ist zudem zu berücksichtigen, wenn der Druck in jeder Kammer 0,9 bar überschreitet.

Kugellager und Wellendichtung

Pumpenlager und -dichtungen verschleiben bei hohen Drehzahlen nicht vorzeitig, solange die Schub- und Druckgrenzwerte im Nennbereich liegen. Bei hohen Drehzahlen können Schmierstoffe sogar leichter aufgetragen werden.

Der Verschleiß von Kugellagern wird durch hohe Temperaturen und Überlast begünstigt. Die Axiallast der Pumpe überschreitet nicht die Nennlast, da der Motor aufgrund des erhöhten Leistungsbedarfs überdimensioniert ist. Bei modernen Hochleistungsmotoren sind die Temperaturen in den Kugellagern dank der verringerten internen Verluste niedriger und die Lüfterkühlung bei erhöhter Drehzahl wesentlich stärker.

Normalerweise liegt die Drehzahlgrenze von Kugellagern bei über 10.000 U/min.

Die Motoren besitzen zudem auch eine maximal zulässige Drehzahl, die häufig durch Anlagenausgleich, Vibrationen, Belüftungsanforderung oder Geräuschentwicklung begrenzt ist.

Kavitation und $NPSH_R$

Beim Betrieb von Kreiselpumpen mit Übersynchrondrehzahl müssen die Ansaugbedingungen berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich oft um kleine Pumpen mit begrenztem Einlassdurchmesser in Pumpenfuß, Kammer und Laufrad. Der $NPSH_R$ -Wert steigt wie bereits erwähnt mit zunehmender Drehzahl.

In zahlreichen Anwendungen mit hohem Druckbedarf werden Hochleistungspumpen eingesetzt. Auch wenn der Betrieb dieser Pumpen normalerweise kein Problem darstellt, sind die Start- und Ausfallbedingungen zu berücksichtigen.

Der erforderliche Einlassdruck beträgt zum Vermeiden von Kavitation aufgrund des höheren $NPSH_R$ Wertes und der Schwankung der Temperatur des Fördermediums mindestens 2 bar.

Schaum und Desinfektionsmittel werden normalerweise mit kaltem Wasser angewendet und bei Waschprozessen mit Wassertemperaturen von bis zu 60°C verwendet werden.

Der Pumpenstart kann Probleme verursachen, wenn das Hochfahren der Pumpe zu schnell bzw. die Hochfahrzeit im Übersynchronbereich zu kurz ist.

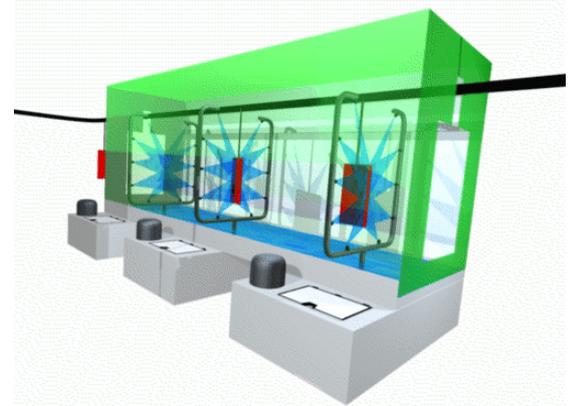
Industrielle Reinigungs- und Waschanlagen:

Weitere Wasch- und Reinigungsanwendungen sind Teilwäscher und Waschboxen, die in fast allen industriellen Fertigungsprozessen anzutreffen sind.

Die Pumpen werden in der Regel mit konstantem Druck oder Volumenstrom betrieben werden und können als Einzelpumpen oder in parallel geschalteten Mehrfachpumpenanlagen betrieben werden.

Da viele Box- und Teilwaschanlagen so konzipiert sind, dass sie mit einem speziellen Druck und Förderstrom arbeiten, ist es oft möglich, die Pumpen für einen Betriebspunkt zu dimensionieren und sie ohne Frequenzumrichter im Direktanlauf Ein-/Aus-Modus zu betreiben.

Großes Durchflussvolumen – Dauerlast: Grundfos Druckerhöhungsanlagen MPC - Multi E



be think innovate

GRUNDFOS Holding A/S
Poul Due Jensens Vej 7
DK-8850 Bjerringbro
Tel: +45 87 50 14 00
www.grundfos.com

GRUNDFOS 

Der Name Grundfos, das Grundfos Logo und der Slogan Be-Think-Innovate sind eingetragene Handelsmarken im Eigentum der Grundfos Holding A/S bzw. Grundfos A/S Dänemark. Alle Rechte weltweit vorbehalten.