

INDUSTRIELLE WASSERVERSORGUNG

INHALTS VERZEICHNIS

1	Industrielle Pumpenanlagen	4
2	Überwachung	5
2.1	<u>Durch Überwachung die gesamte Infrastruktur optimieren</u>	5
2.2	<u>Grundlegende Konfigurationen, die man kennen sollte</u>	6
2.3	<u>Funktionsweise einer typischen Fabrik</u>	7
2.4	<u>Vollständig verknüpfte Anlagen</u>	7
3	Druckerhöhung	8
3.1	<u>Druckregelung: eine beliebte Betriebsart</u>	8
3.2	<u>Konstantdruck oder Proportionaldruck?</u>	9
3.3	<u>Wo gehört der Drucksensor hin?</u>	10
3.4	<u>Heizungs- und Kühlanlagen</u>	10
4	Parallel geschaltete Pumpen	12
4.1	<u>Bestimmen der Förderhöhe bei Blockpumpen</u>	13
4.2	<u>Die zwei Bestandteile der Förderhöhe: dynamischer und statischer Druck</u>	14
4.3	<u>Wie viele Pumpen sollten parallel laufen?</u>	16
4.4	<u>7 Dinge, auf die man achten sollte</u>	17
5	Füllstandsregelung & Flüssigkeitstransport	17
5.1	<u>Das komplizierte Entleeren von Behältern</u>	18
5.2	<u>Häufige Probleme beim Entleeren</u>	19
5.3	<u>7 Tipps, um Problemen vorzubeugen</u>	20
5.4	<u>NPSHa berechnen und Probleme vermeiden</u>	21
6	Kavitation	22
6.1	<u>Wodurch entsteht Kavitation?</u>	22
6.2	<u>Niedrige Haltedruckhöhe, weniger Kavitation</u>	23
6.3	<u>Kavitation bei der CR von Grundfos verhindern</u>	24
6.4	<u>Welche Folgen haben Kavitation und Verwirbelungen?</u>	25
7	Filtration	26
7.1	<u>Die Filtration gewinnt an Bedeutung</u>	26
7.2	<u>Wasserknappheit nimmt zu</u>	26
7.3	<u>Filtration für alle Anforderungen</u>	27
7.4	<u>Größenordnung von Membranporen</u>	28
7.5	<u>Automatische Filter-Reinigung</u>	29
7.6	<u>Funktionsweise des Filtrationsverfahrens</u>	30
8	Fazit	31

INDUSTRIELLE WASSERVERSORGUNG



Der Betrieb der Pumpen ist häufig ein entscheidender Faktor, um optimale Betriebsbedingungen zu schaffen, sodass eine maximale Leistung bei minimalen Produktionskosten erzielt werden kann. Das bezieht sich sowohl auf den Wasserverbrauch als auch auf die Abwassermenge sowie den Energieaufwand. Zur industriellen Wasserversorgung gehören viele verschiedene Anwendungen und nicht nur ein bestimmter Bereich. Die Informationen in diesem Handbuch dienen daher als Anhaltspunkt, damit auch Sie eine perfekte Infrastruktur an Ihrem Standort einrichten können. Und nicht zu vergessen: Die industrielle Wasserversorgung spielt auch bei der Umweltbilanz eines Unternehmens eine wichtige Rolle.

DURCH ÜBERWACHUNG DIE GESAMTE INFRASTRUKTUR OPTIMIEREN

Bei größeren Standorten ist das Problem mit der Pumpeninfrastruktur häufig, dass zu viel gleichzeitig abläuft, sodass man leicht den Überblick verliert. Dabei sind es in der Regel nicht die OEM-Geräte, wie Kessel, Kühlkompressoren und andere Prozessanlagen, sondern die übrigen Vorrichtungen, die den Überblick erschweren. Ohne Überblick ist es jedoch kaum möglich, die Pumpen und verschiedenen Kreisläufe effizient zu betreiben. Auch die Störungssuche bei Ausfällen gestaltet sich dann sehr kompliziert. Daher empfehlen wir Ihnen, sich schon frühzeitig den nötigen Überblick zu verschaffen. Eine gute Möglichkeit hierfür ist es, mit den Pumpen „in Verbindung zu bleiben“.

Wenn Sie es also mit einer Anlage wie der hier abgebildeten zu tun haben, in der viel Wasser zwischen den einzelnen Teilen der Fabrik transportiert wird, kann es äußerst vorteilhaft sein, die Pumpen an ein SCADA-System oder die Gebäudeleittechnik anzubinden. Neben einem guten Überblick über die gesamte Anlage benötigen Sie auch Zugang zu Alarmen, Trendkennlinien, Ereignisprotokollen und vielem mehr. All diese Informationen können Ihnen dabei helfen, zu verstehen, was in Ihrer Anlage vor sich geht. Außerdem können Sie so auf Verschleißerscheinungen reagieren, bevor es zu einem Ausfall kommt. Ein umfassender Überblick bietet viele Vorteile, wenn es darum geht, eine gute Infrastruktur einzurichten und aufrechtzuerhalten.



GRUNDLEGENDE KONFIGURATIONEN, DIE MAN KENNEN SOLLTE

Es ist wichtig, den Überblick über die gesamte Anlage zu behalten. Ebenso wichtig ist es jedoch, dass Sie mit einigen grundlegenden Pumpenkonfigurationen vertraut sind, um die einzelnen Kreisläufe und Anwendungen zu optimieren und Ihre Infrastruktur zu verbessern. Häufige Aufgaben und Anwendungen, die mit den Pumpen zusammenhängen:

- Druckerhöhung
- Füllstandsregelung
- Filtration
- Flüssigkeitstransport

All diese Aspekte können mithilfe von Grundfos iSOLUTIONS optimiert werden. Denn Grundfos iSOLUTIONS bietet die Möglichkeit, Grundfos-Produkte auf intelligentere Weise zu nutzen und dadurch ganze Anlagen zu vereinfachen und zu optimieren. Wenn Sie Grundfos iSOLUTIONS verwenden, betrachten Sie die Pumpen nicht mehr einzeln für sich, sondern als Bestandteile einer großen Anlage, die mit vielen anderen Bauteilen zusammenarbeiten müssen. Daher blicken wir über die Pumpe hinaus und betrachten die gesamte Anlage, wenn wir neue Lösungen entwickeln. Unsere E-Solutions und Grundfos iSOLUTIONS sind zwei Paradebeispiele dafür.



FUNKTIONSWEISE EINER TYPISCHEN FABRIK

Die Abbildung zeigt eine herkömmliche Fabrik.

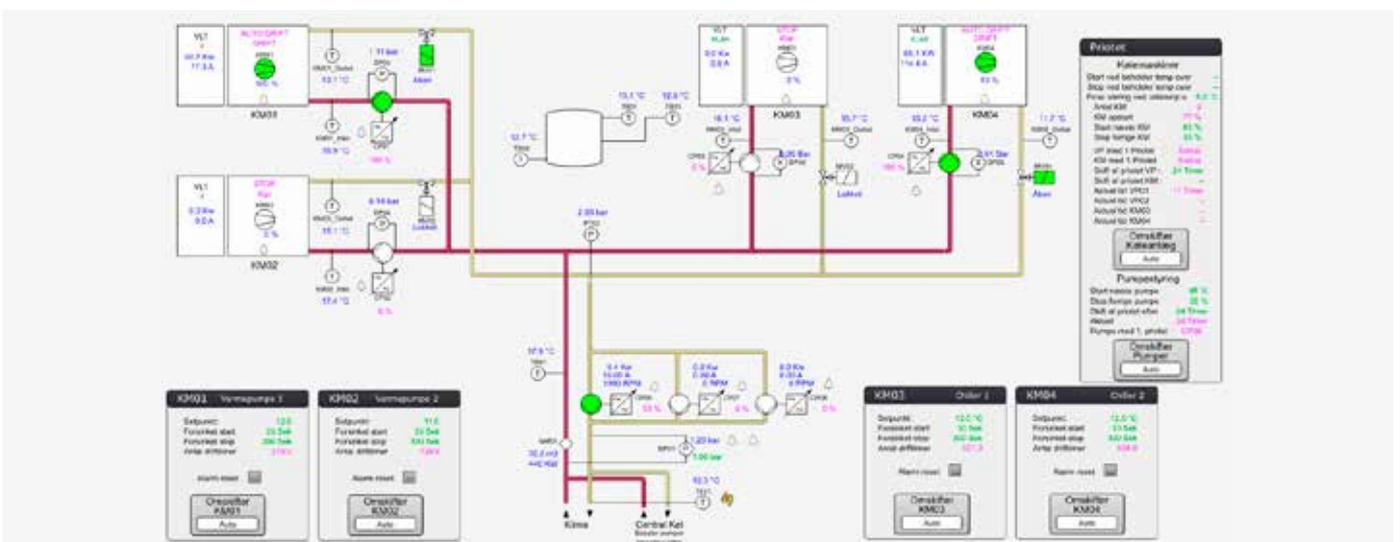


VOLLSTÄNDIG VERKNÜPFT ANLAGEN

Sehen wir uns ein Beispiel an. In diesem Verdichterraum wird jedes Bauteil präzise überwacht und geregelt. Meist liefert ein einzelner Anbieter alle Geräte. Dadurch steht eine optimale Dokumentation zur Verfügung und das Steuerungssystem

ermöglicht einen umfassenden Überblick. Sobald das Kühlwasser jedoch den Verdichterraum verlässt, wird es über ein 10 km langes Rohrnetz verteilt, das nicht überwacht wird. Daher kann hier auch keine Regelung stattfinden. Wenn Sie

keinen Überblick haben und nicht genau wissen, was vor sich geht, ist es nicht möglich, die Leistung zu optimieren und die Anlage effizient zu betreiben. Daher müssen Sie all Ihre Pumpen und Motoren mit der Steuerung verbinden.



DRUCKREGELUNG: EINE BELIEBTE BETRIEBSART

Die Druckerhöhung zählt zu den am häufigsten genutzten Möglichkeiten, um Pumpen zu betreiben, die über einen Frequenzumrichter geregelt werden. Denn die Druckregelung kann in nahezu allen Anwendungen innerhalb eines Segments angewendet werden. Dazu gehören:

- Trinkwasser
- Heizkreis
- Kühlkreis
- Waschen und Reinigen
- Kesselspeisung
- Filtration
- Prozessausrüstung
- Bewässerung



KONSTANTDRUCK ODER PROPORTIONALDRUCK?

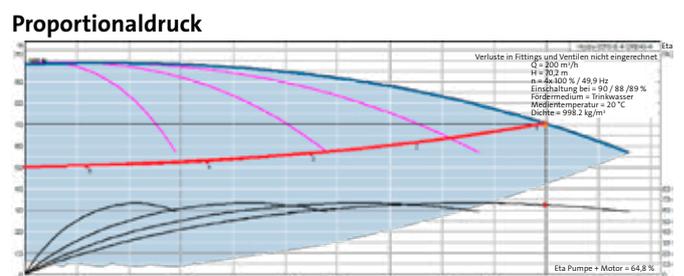
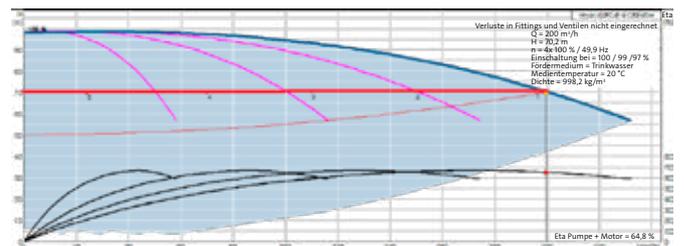
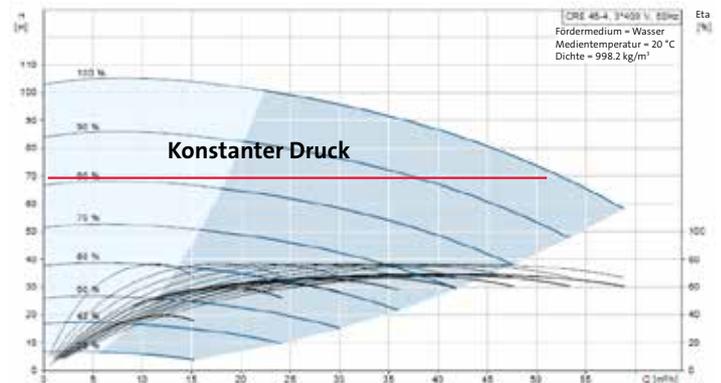
Es gibt zwei verschiedene Arten der Druckregelung: Konstant- und Proportionaldruck. Beim Konstantdruck wird die Pumpendrehzahl so angepasst, dass am Sensor jederzeit ein konstanter Druck herrscht. Hierfür wird ein Drucksensor benötigt, dessen Messbereich so genau wie möglich dem erforderlichen Druck entspricht.

Die Proportionaldruckregelung ist die fortschrittlichere Variante, eine Pumpe zu regeln. Der Druck wird hierbei in Abhängigkeit von den Reibungsverlusten im Rohrnetz reduziert. Diese Regelungsvariante bietet verschiedenste Vorteile, wie zum Beispiel:

- automatischer Ausgleich der Reibungsverluste
- Möglichkeit, den Druck auf das jeweils notwendige Niveau zu reduzieren
- Weniger Leckagen
- Geringere Wartungskosten für die Verrohrung
- Reduzierter Energieverbrauch
- Weniger Rohrbrüche in Verteilernetzen

Wann nimmt man also den herkömmlichen Konstantdruck und wann entscheidet man sich für den Proportionaldruck? Prinzipiell ist die Proportionaldruckregelung sehr vorteilhaft, wenn die Entfernung zwischen Pumpe und Verbraucher sehr groß ist.

Bei diesem beispielhaften Dampfkessel sind die Rohre zwischen den Pumpen jedoch sehr kurz. Da es hier keine Reibungsverluste gibt, bietet die Möglichkeit, solche Verluste auszugleichen, auch keinerlei Vorteile. Daher sollte man sich für die herkömmliche Konstantdruckregelung entscheiden.



WO GEHÖRT DER DRUCKSENSOR HIN?

Die Frage nach dem Montageort des Sensors kommt beim Thema Druckregelung häufig auf. Allgemein gilt: Der Sensor sollte so weit wie möglich von der Pumpe entfernt montiert werden. Wenn es jedoch einen Hauptverbraucher gibt, der jederzeit den richtigen Druck benötigt, sollten Sie den Sensor dort platzieren.



HEIZUNGS- & KÜHLANLAGEN

Bei Druckerhöhungsanlagen mit mehreren Zonen sind drei typische Anlagen hervorzuheben, die alle auf unterschiedliche Weise betrieben werden:

1) ANLAGE MIT MEHREREN ZONEN: STRANGREGELUNG

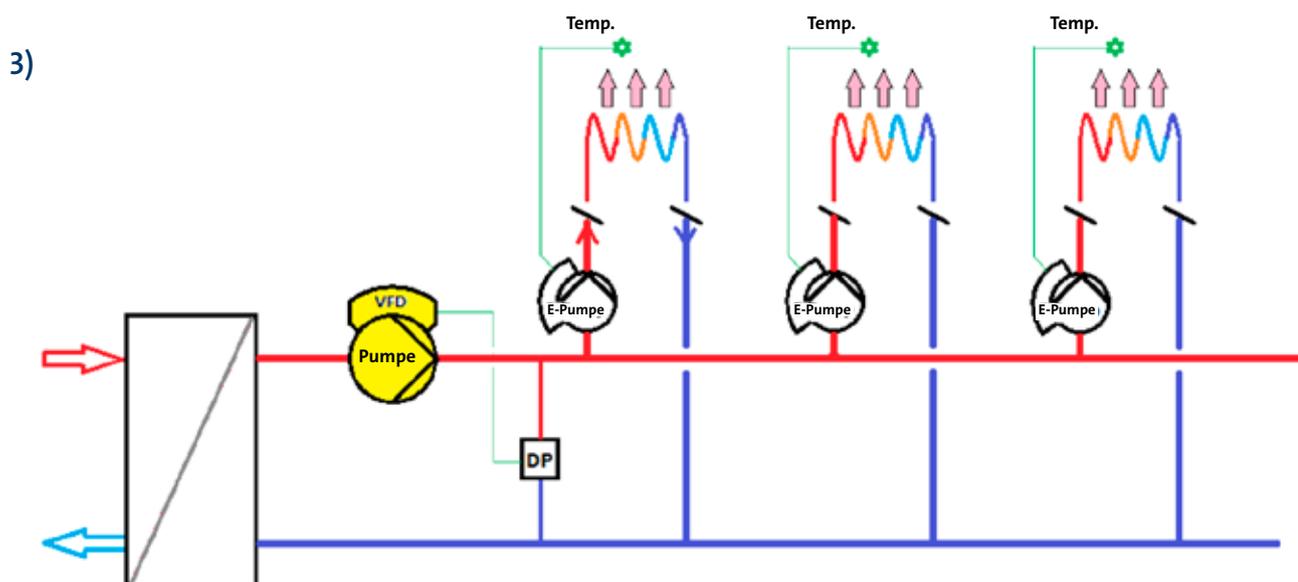
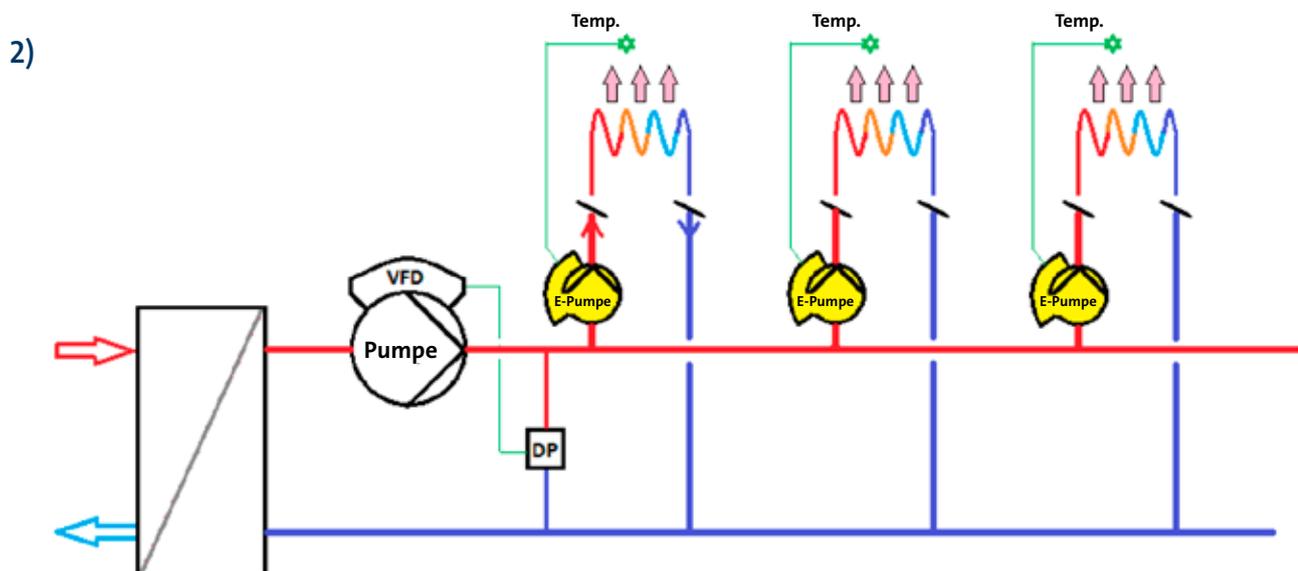
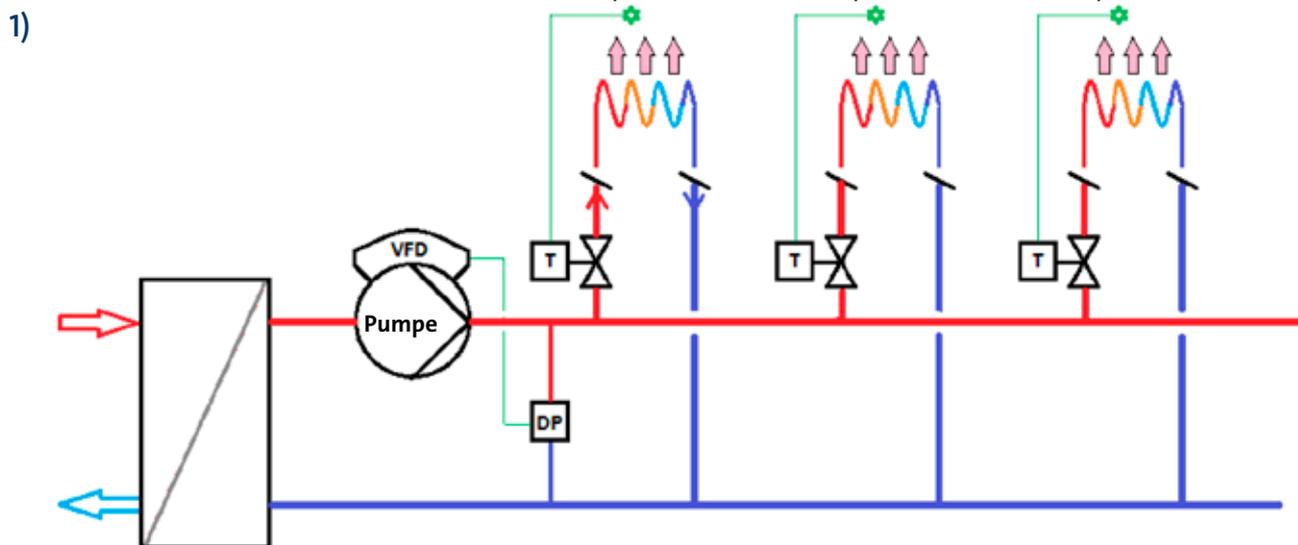
Die Pumpe stellt den Förderstrom und einen ausreichenden Differenzdruck für die in der Anlage verteilten Temperatur-Regelventile bereit. Die Regelventile erhalten in jeder Zone eine konstante Temperatur aufrecht. Um die Ventile mit einem ausreichenden Regeldruck zu versorgen, muss die Hauptpumpe für jeden Strang einen höheren Druck als eigentlich erforderlich erzeugen. Dies führt zu erheblichen Energieverlusten in den Temperatur-Regelventilen.

2) ANLAGE MIT MEHREREN ZONEN: STRANGREGELUNG

Die Pumpe stellt den Förderstrom für die in der Anlage verteilten Temperatur-Regelventile bereit. An jedem Strang erhalten einzelne Pumpen eine konstante Temperatur in den Zonen aufrecht. Jede dieser Pumpen stellt einen ausreichenden Förderstrom bereit, um die Temperatur in jedem Strang konstant zu halten. Der von der Hauptpumpe bereitgestellte Druck kann reduziert werden. Daher kommt es nicht zu unnötigen Druckverlusten in den einzelnen Strängen, was wiederum erhebliche Energieeinsparungen ermöglicht.

3) ANLAGE MIT MEHREREN ZONEN: STRANGREGELUNG

Die Pumpe stellt einen grundlegenden Förderstrom für die in der Anlage verteilten Temperatur-Regelventile bereit. Die Strangregelung erhält die Temperatur in den einzelnen Zonen aufrecht. Jede dieser Pumpen stellt einen ausreichenden Förderstrom bereit, um die Temperatur in jedem Strang konstant zu halten. Der von der Hauptpumpe bereitgestellte Druck kann reduziert werden. Der von der Hauptpumpe erzeugte Druck kann auf ein Minimum reduziert werden, sodass eine erheblich kleinere Pumpe verwendet werden kann.



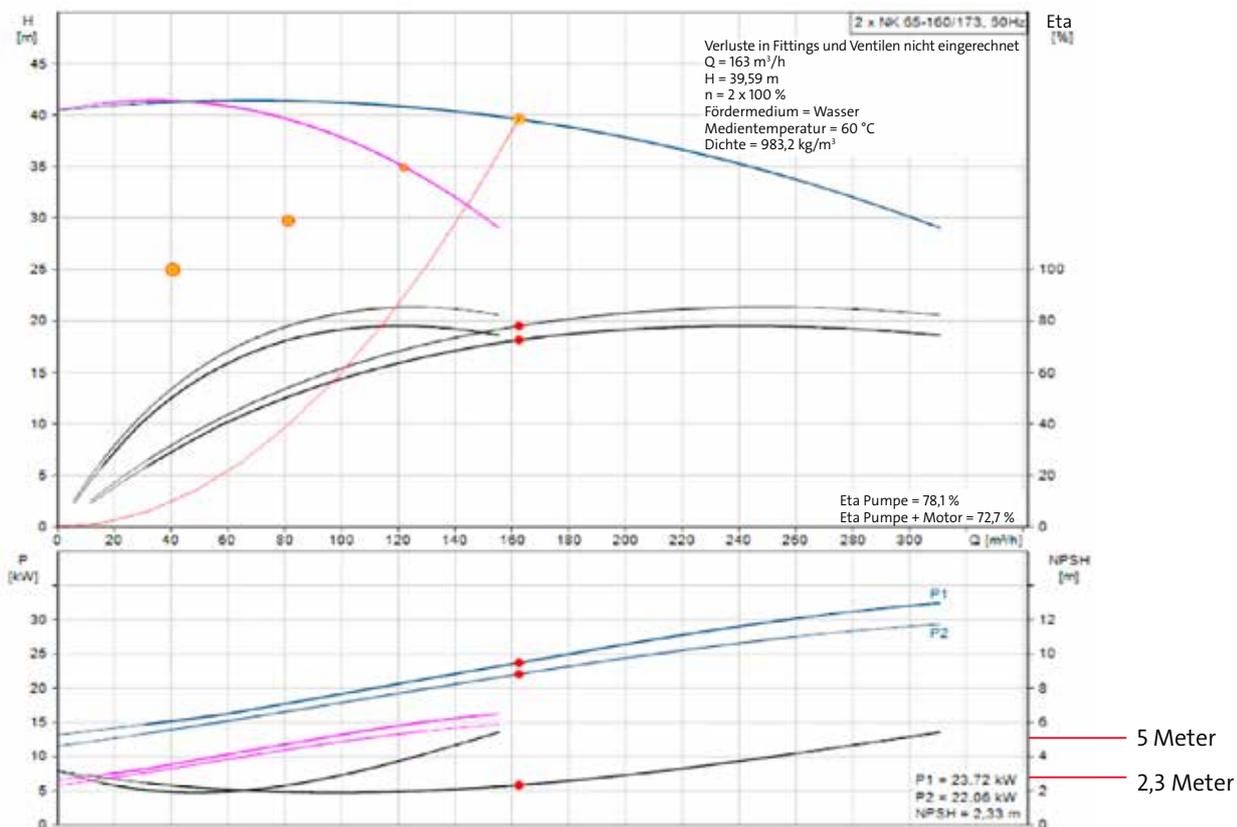
Hinweis Bei der abgebildeten Anlage werden der Differenzdruck und die Temperatur auf der Sekundärseite als Regelparameter verwendet. Je nach Anwendung können aber auch andere Parameter genutzt werden (z. B. Differenzdruck, Auslasstemperatur, Förderstrom usw.).

PARALLEL GESCHALTETE PUMPEN

Parallel geschaltete Pumpen kommen häufig in Druckerhöhungsanlagen zum Einsatz. Es können theoretisch unendlich viele Pumpen parallel geschaltet werden. In der Praxis sind aber selten mehr als 4 bis 6 Pumpen. Ob die Pumpen ein- oder ausgeschaltet werden, hängt von Änderungen im Lastprofil der Anlage ab.

Wenn man eine Pumpe ein- oder ausschalten will, um den höchstmöglichen Wirkungsgrad zu gewährleisten, muss man sicherstellen, dass die jeweilige Pumpe mindestens ihren Nennförderstrom erreicht. Siehe Abbildung 1.

Wenn Kavitation ein Risiko in Ihrer Anlage darstellt, müssen Sie mit großer Sorgfalt vorgehen. Denn bei jedem Ausschalten einer Pumpe kann die Haltedruckhöhe steigen. In der Abbildung ist zu sehen, dass die erforderliche Haltedruckhöhe von 2,3 auf 5 m steigt, wenn bei diesem Förderstrom eine der Pumpen ausgeschaltet wird. Bei parallel geschalteten Pumpen kann es daher manchmal zu Kavitation kommen, sobald eine Pumpe ausgeschaltet wird. Um dies zu verhindern, wird empfohlen, die Pumpen bei einem geringeren Förderstrom auszuschalten, auch wenn dies sich negativ auf den Wirkungsgrad auswirkt.

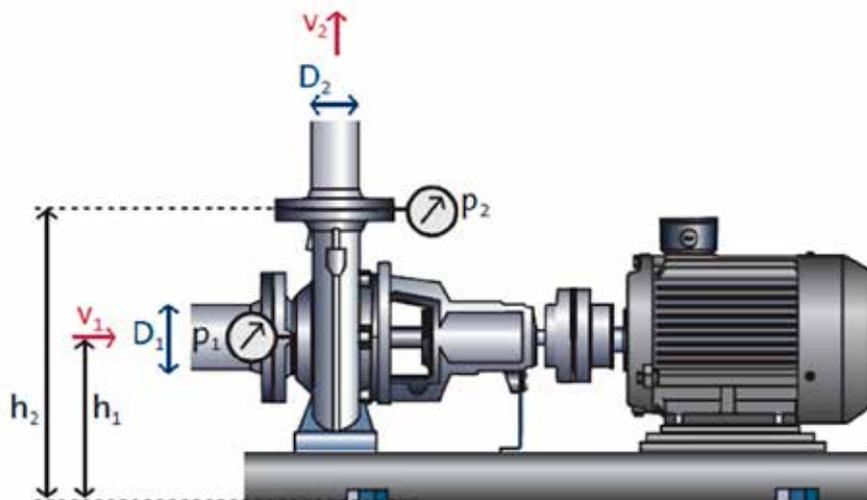


BESTIMMEN DER FÖRDERHÖHE BEI BLOCKPUMPEN

In der industriellen Wasserversorgung werden häufig Blockpumpen wie zum Beispiel die NB und NK von Grundfos verwendet. Bei diesen Pumpentypen sind die Durchmesser des Zulauf- und Druckstutzens unterschiedlich. Daher dürfen Sie nicht vergessen, wie man den Differenzdruck der Pumpe berechnet.

Die Förderhöhe der Pumpe wird wie folgt bestimmt: Lesen Sie den Druck auf den Flanschen der Pumpe (P1 und P2) ab und rechnen Sie diese Werte in die Förderhöhe um. Wenn es bei der

Förderhöhe allerdings eine geodätische Differenz zwischen den zwei Messpunkten gibt, muss man diese Differenz ausgleichen. Wenn darüber hinaus die Stützdurchmesser der beiden Messpunkte unterschiedlich sind, muss auch die tatsächliche Förderhöhe korrigiert werden. Der Rohrdurchmesser ist dabei besonders wichtig, weil ein kleiner Stützdurchmesser die Fließgeschwindigkeit erhöht, wodurch auch der dynamische Druck steigt.



$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \times g} + (h_2 - h_1) + \frac{8 \times Q^2}{g \times \pi^2} \times \left(\frac{1}{D_2^4} - \frac{1}{D_1^4} \right)$$

DIE ZWEI BESTANDTEILE DER FÖRDERHÖHE: DYNAMISCHER UND STATISCHER DRUCK

Es ist wichtig, zu bedenken, dass die Gesamtförderhöhe aus dem dynamischen und dem statischen Druck zusammengesetzt ist. In diesem Fall liefert eine kleine NB-Pumpe einen Förderstrom von 50 m³/h bei einem Differenzdruck von 23 Metern Förderhöhe. Der am Druckflansch montierte Druckmesser zeigt jedoch nur 16,5 Meter Förderhöhe an. Der Grund dafür ist, dass der Druckmesser nur den statischen Druck und nicht den Gesamtdruck anzeigt. Dies führt häufig zu Verwirrungen und der fälschlichen Annahme, dass die Pumpe nicht ihre volle Leistung erreicht.



NB 40-125/142

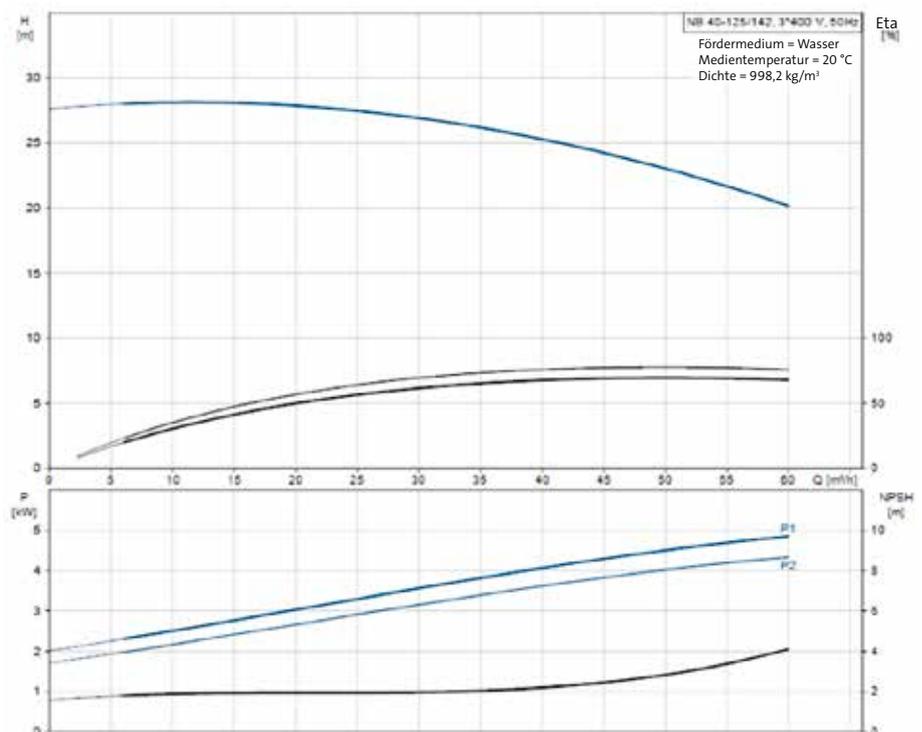
Bei dieser Kennlinie können Sie jedoch die Kombination aus dynamischem und statischem Druck für diese spezifische Pumpe ablesen. Diese Unterscheidung sollte man im Hinterkopf behalten, um Pumpenbesitzer, die meinen, dass ihre Pumpe nicht richtig funktioniert, aufklären zu können. Es soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass die in diesem Beispiel verwendete Pumpe eigentlich eine ungeeignete Größe hat.

Anstatt den Druckmesser am Flansch der Pumpe zu montieren, verwenden Sie eine Pumpe, deren Druckstutzen die gleiche Größe wie der Zulaufstutzen hat. Wenn Sie den Druckmesser an dieser Stelle montieren, kann ein Großteil des dynamischen Drucks in den statischen Druck umgewandelt werden, sodass er auf dem Druckmesser angezeigt wird.

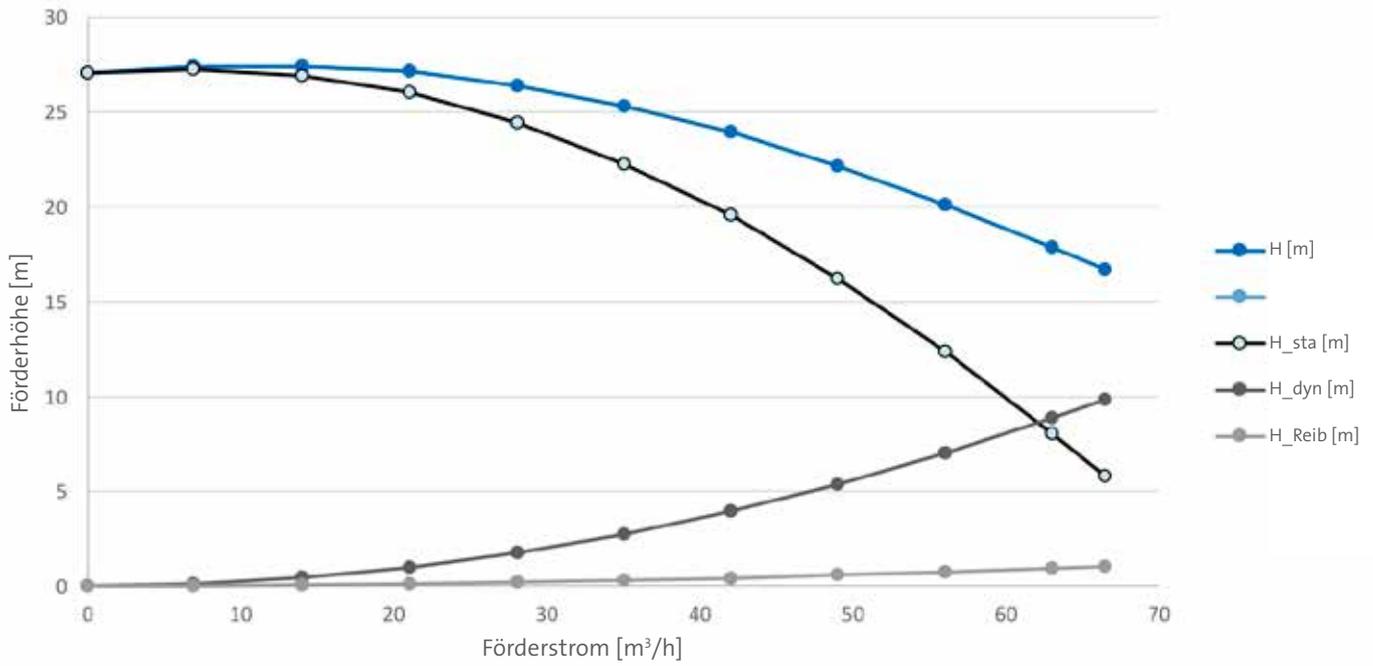
Der Einfluss des dynamischen Drucks ist deshalb so groß, weil die Fließgeschwindigkeit am Druckstutzen hoch ist. In diesem Beispiel verursacht ein Förderstrom von 50 m³/h eine Fließgeschwindigkeit von 11 m/s, was sehr hoch ist. Wenn man beispielsweise eine CR-Pumpe für dieselbe Fördermenge einsetzen möchte, sollte man eine CR 45 oder eine CR 64 auswählen. Hier können Sie sehen, dass die Fließgeschwindigkeit in diesem Fall deutlich geringer wäre. Daher gäbe es praktisch gar keinen dynamischen Druck. Auf dem Druckmesser wird stattdessen nur der statische Druck angezeigt.



Bei 50 m³/h wird etwa 16,5 Meter Förderhöhe angezeigt

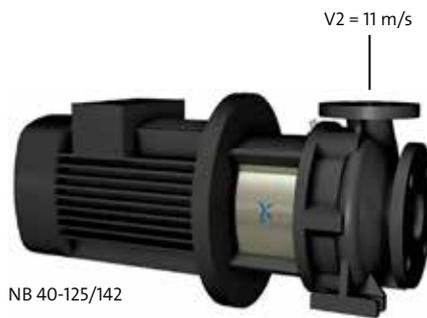


NB (65)-40-125/142



CR 45 = DN 80
V2 = 2,76 m/s

CR 64 = DN 100
V2 = 1,76 m/s



NB 40-125/142

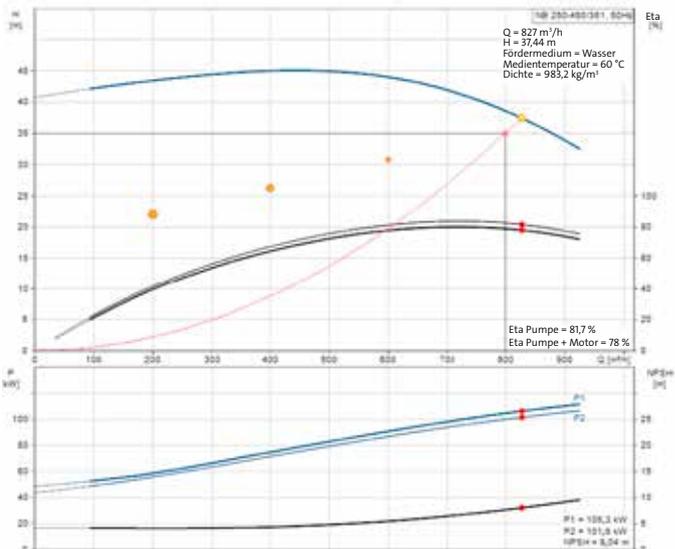
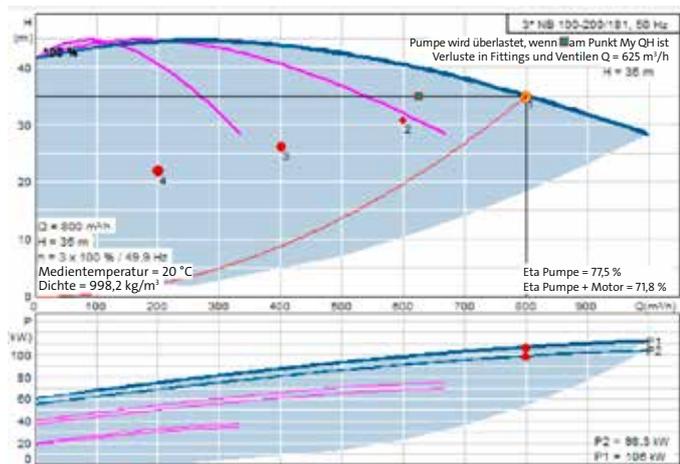
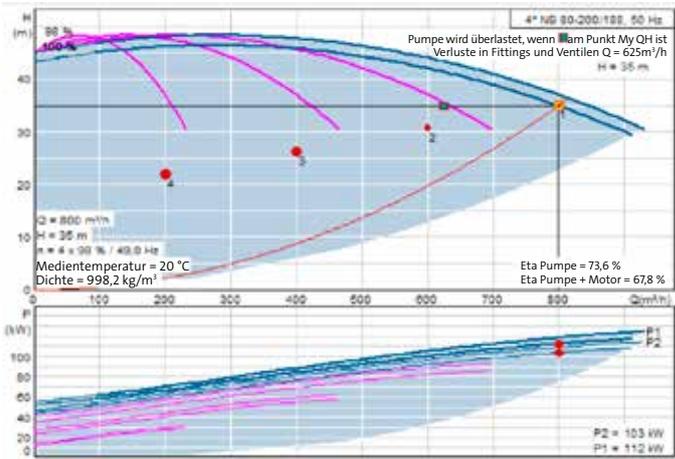
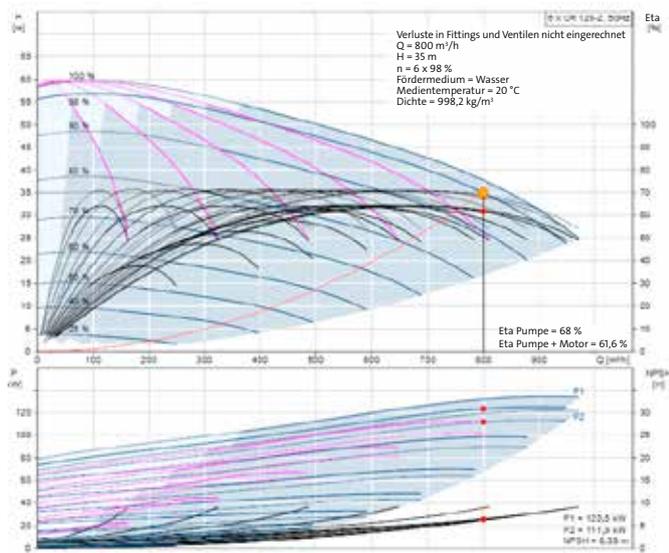
$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \times g} + (h_2 - h_1) + \frac{8 \times Q^2}{g \times \pi^2} \times \left(\frac{1}{D_2^4} - \frac{1}{D_1^4} \right)$$

WIE VIELE PUMPEN SOLLTEN PARALLEL LAUFEN?

Bei parallel geschalteten Pumpen müssen viele Aspekte berücksichtigt werden. Sehen wir uns daher ein hypothetisches Beispiel an. Ein Kunde will die im Kästchen aufgeführten Parameter erzielen. Wie sollte der Kunde vorgehen?

Hier gibt es nicht die eine richtige Antwort. Die im Folgenden aufgeführten Beispiele würden sich alle eignen. Die einfachste Lösung wäre, eine einzelne große Pumpe zu installieren. Da diese Lösung nur aus einer Pumpe besteht, ist sie natürlich auch sehr günstig. Allerdings stellt die Betriebssicherheit ein Problem dar: Wenn die Pumpe ausfällt oder gewartet werden muss, muss die Produktion gestoppt werden. Eine weitere Lösung besteht darin, zwei, drei, vier oder sogar sechs Pumpen parallel laufen zu lassen. Alle Lösungen könnten geeignet sein. In den meisten Fällen kommt es daher auf die jeweilige Installation an.

KUNDENANFORDERUNGEN
Förderstrom: 800 m³/h
Förderhöhe: 35 m
50 % der Betriebsstunden mit 625 m³/h



7 DINGE, AUF DIE MAN ACHTEN SOLLTE

Wenn Sie die Anzahl der parallel geschalteten Pumpen bestimmen wollen, müssen Sie eine Reihe von Aspekten berücksichtigen. Gehen Sie diese Checkliste durch, bevor Sie Ihre Auswahl treffen:

- Wie sieht das Lastprofil aus?
- Wie hoch ist der mindestens erforderliche Förderstrom?
- Benötigen Sie eine Reserve-Pumpe?
- Wie soll die Pumpe installiert werden? Wäre eine Inline- oder eine Blockbauweise besser?
- Haben Sie Ersatzteile für den Pumpentyp vorrätig?
- Haben Sie bestimmte Motorgrößen auf Lager?
- Wartungsfragen, Blockierungen, mit Kupplung?



FÜLLSTANDSREGELUNG & FLÜSSIGKEITSTRANSPORT

Bei der industriellen Wasserversorgung ist es wichtig, sich mit der Füllstandsregelung und dem Flüssigkeitstransport auszukennen. Denn diese beiden Aspekte des Pumpenbetriebs spielen häufig eine wichtige Rolle.



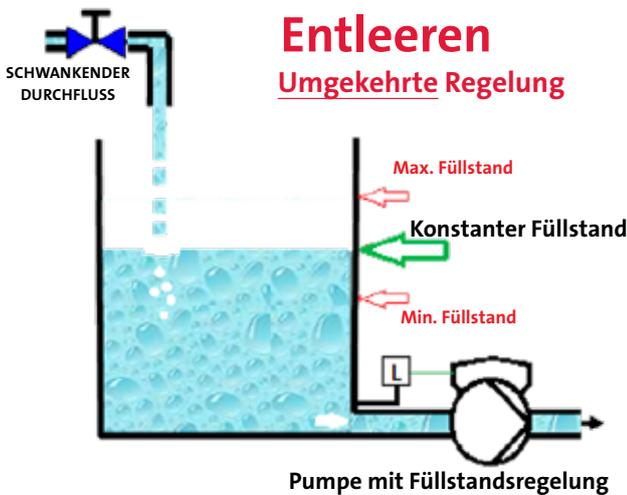
DAS KOMPLIZIERTE ENTLEEREN VON BEHÄLTERN

Die Füllstandsregelung erhält einen konstanten Füllstand in einem Behälter aufrecht, indem sie Wasser hinzufügt oder ablässt. Das Befüllen des Behälters ist im Allgemeinen sehr einfach. Das Ablassen des Wassers ist dagegen komplizierter, da es hierbei leicht zu Schäden an der Pumpe kommen kann. Darüber hinaus wird die Pumpenregelung umgekehrt.

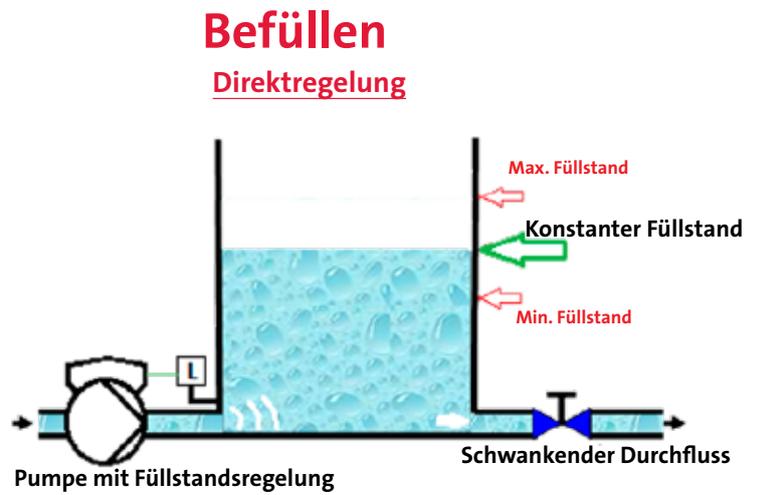
Eine typische Anwendung, bei ein Behälter entleert werden muss, ist ein Lkw für den Flüssigkeitstransport. Hierbei kann es oft zu Problemen kommen. Man muss aber eigentlich nur auf zwei Dinge achten, um diese zu vermeiden.

- Die Pumpe muss ausgeschaltet werden, sobald der Behälter leer ist.
- Wenn ein neuer Lkw angeschlossen wird, muss sichergestellt sein, dass die Pumpe entlüftet werden kann.

Die Pumpe kann in den meisten Fällen mühelos mithilfe eines Strömungsschalters ausgeschaltet werden, der am Zulauf der Pumpe montiert wird. Dadurch kann es nicht zu einem Trockenlauf kommen. Jedes Mal, wenn die Pumpe ausgeschaltet wird, bleibt Luft in der Pumpe zurück. Wenn Sie die Pumpe nicht jedes Mal von Hand entlüften wollen, wenn ein neuer Lkw eintrifft, können Sie eine automatische Entlüftung verwenden. Installieren Sie dazu ein automatisches Entlüftungsventil oben auf der Pumpe. Es drückt die Luft automatisch aus der Anlage und schließt sich, sobald die Flüssigkeit das Entlüftungsventil berührt. Anschließend kann die Pumpe wieder eingeschaltet werden.



Umgekehrt:
Bei hohem Füllstand muss die Pumpe schneller laufen.
PI-Regler: Negativer Kp

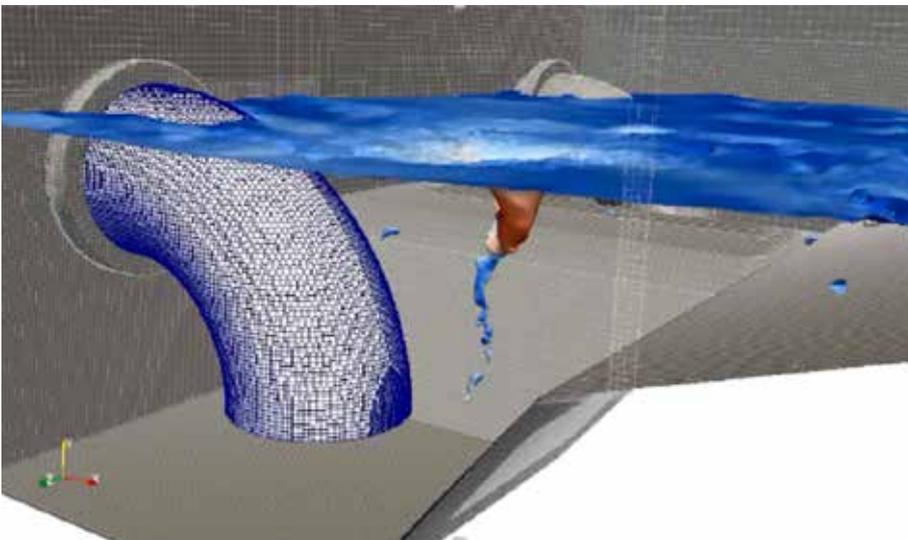


Direktregelung:
Bei hohem Füllstand muss die Pumpe langsamer laufen.
PI-Regler: Positiver Kp



HÄUFIGE PROBLEME BEIM ENTLEEREN

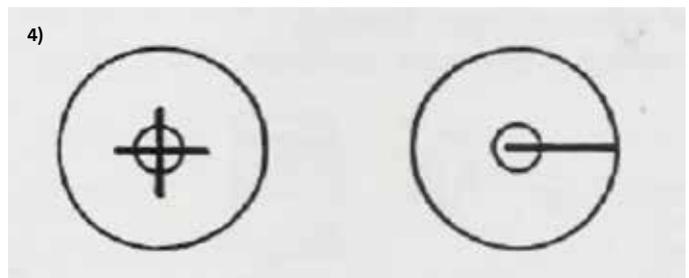
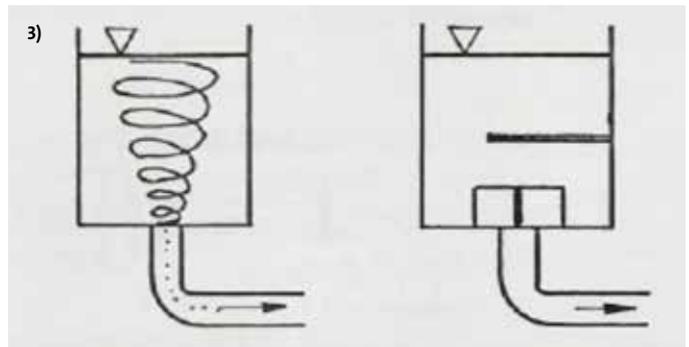
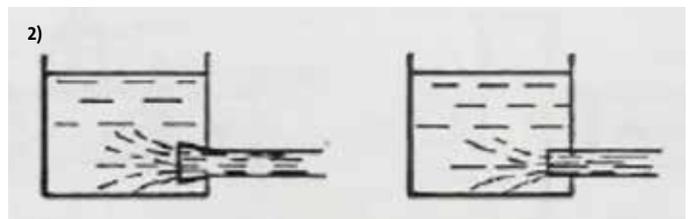
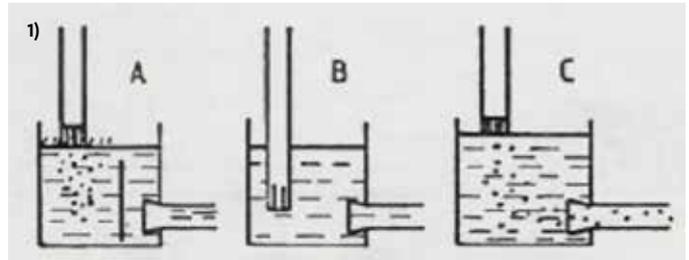
Ein weiteres Problem, das zu Störungen der Pumpe führen kann, ist auf den Behälter selbst zurückzuführen. Wenn der Behälter im Verhältnis zum Durchfluss zu klein ist, können wie in der Abbildung gezeigt Strudel entstehen. Wenn Strudel auftreten, kann der erforderliche Zulaufdruck nicht mehr erzeugt werden. Darüber hinaus sollte man vorab darüber nachdenken, wie der Behälter gefüllt werden soll. Kann das Wasser ungehindert in den Behälter strömen oder sollte es vorsichtig hineingeleitet werden, um Verwirbelungen zu vermeiden? In beiden Fällen kann Kavitation auftreten, die Schäden am Laufrad verursachen kann, wie in den beiden Fotos dargestellt ist.



7 TIPPS, UM PROBLEMEN VORZUBEUGEN

Wenn Sie es mit einer Anwendung zu tun haben, bei der ein Behälter entleert werden soll, denken Sie bei der Behälterauslegung an diese 7 Tipps:

- Der Mindestfüllstand sollte möglichst hoch sein.
- Der Behälter muss richtig befüllt werden (Abb. 1).
- Die Rohre am Behälterausslass müssen mit der Pumpe verbunden sein (Abb. 2).
- Filter in den Rohrbögen und halb geschlossene Ventile zwischen dem Turm und der Pumpe sollten vermieden werden.
- Es sollten Wirbelbrecher vorhanden sein (Abb. 3 und 4).
- Im Pumpenzulauf sollte ein Kreuz eingesetzt werden, dass eine Verdrehung verhindert (Abb. 3 und 4).
- Wählen Sie die richtige Pumpe aus.



NPSHa

BERECHNEN UND PROBLEME VERMEIDEN

Um die richtige Pumpe auszuwählen, sollten Sie zunächst die vorhandene Haltedruckhöhe (NPSHa) berechnen, um sicherzustellen, dass sie höher ist als die erforderliche Haltedruckhöhe (NPSHr). Beachten Sie jedoch, dass die NPSHr-

Kennlinie in diesem Beispiel in einem Prüfstand mit vollständig entgastem Wasser ohne jegliche Verwirbelungen gemessen wurde. Auch wenn Sie die NPSHa berechnet haben und nichts auf Probleme hindeutet, kann es manchmal

zu Kavitation kommen, durch die die Pumpe beschädigt wird. Ein Grund hierfür könnte die Menge an Luft im Wasser sein. In diesem Fall würde die NPSH-Kennlinie eher wie die zweite Kennlinie aussehen, und nicht wie die erste.

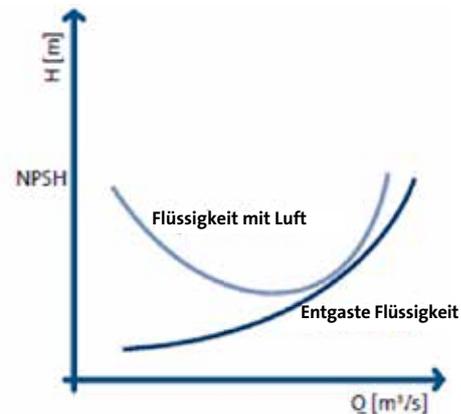
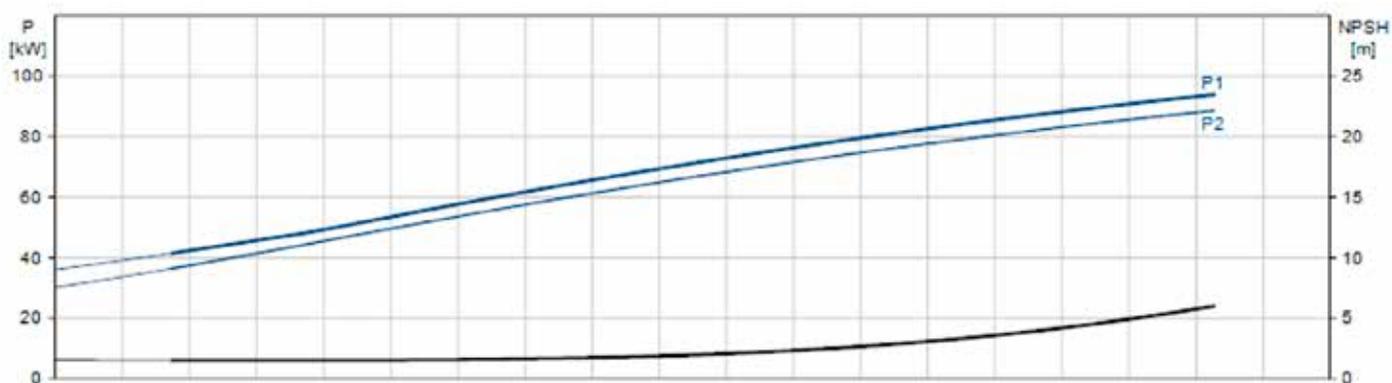


Abb. 2.2.15: Typische NPSH-Kennlinie für eine Flüssigkeit, die Luft enthält

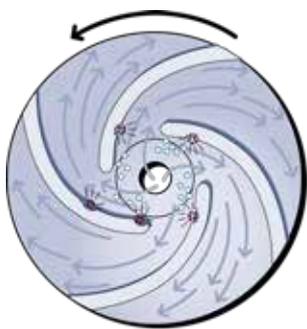
WODURCH WIRD KAVITATION VERURSACHT?

Kavitation tritt in Pumpen auf, wenn der Druck niedriger ist als der Dampfdruck des Fördermediums. Sobald der Druck auf der Zulaufseite der Pumpe unter den Dampfdruck des Fördermediums fällt, entstehen kleine Dampfblasen. Diese Blasen brechen explosionsartig in sich zusammen, wenn der Druck wieder steigt. Dabei entstehen Druckwellen. Diese freigesetzte Energie kann die Laufräder beschädigen. Wie schnell es zu einer Beschädigung des Laufrads kommt, hängt davon ab, welcher Werkstoff dafür verwendet wurde. Edelstahl ist beispielsweise beständiger gegenüber Kavitation als Bronze. Bronze ist jedoch immer noch beständiger als Gusseisen. Durch Kavitation wird auch der Förderstrom (Q) und die Förderhöhe (H) herabgesetzt, was die Pumpenleistung mindert. Darüber hinaus verstärkt Kavitation Geräusche und Vibrationen, die wiederum Schäden an den Lagern, Wellendichtungen und Schweißnähten verursachen können.

Kavitation reduzieren

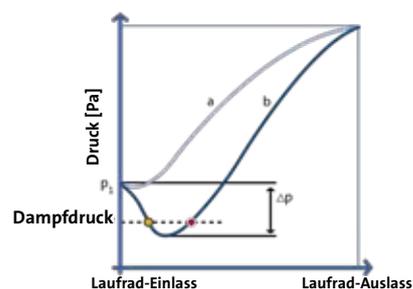
Das Kavitationsrisiko in Anlagen lässt sich wie folgt mindern oder beseitigen:

- Die Pumpe weiter unterhalb des Wasserspiegels platzieren (offene Anlage)
- Den Systemdruck erhöhen (geschlossene Anlage)
- Die Zulaufleitung verkürzen, um Reibungsverluste zu reduzieren
- Den Querschnitt der Zulaufleitung vergrößern, um die Fließgeschwindigkeit zu reduzieren und so die Reibung zu verringern
- Druckverluste durch Rohrbögen oder andere Widerstände in der Zulaufleitung vermeiden
- Die Medientemperatur herabsetzen, um den Dampfdruck zu reduzieren

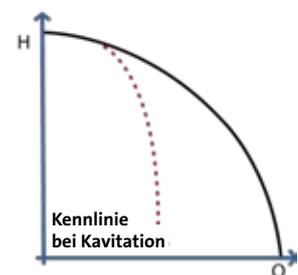


**Implodierende
Dampfblasen**

a = Vorderseite der Laufradschaufeln
b = Rückseite der Laufradschaufeln

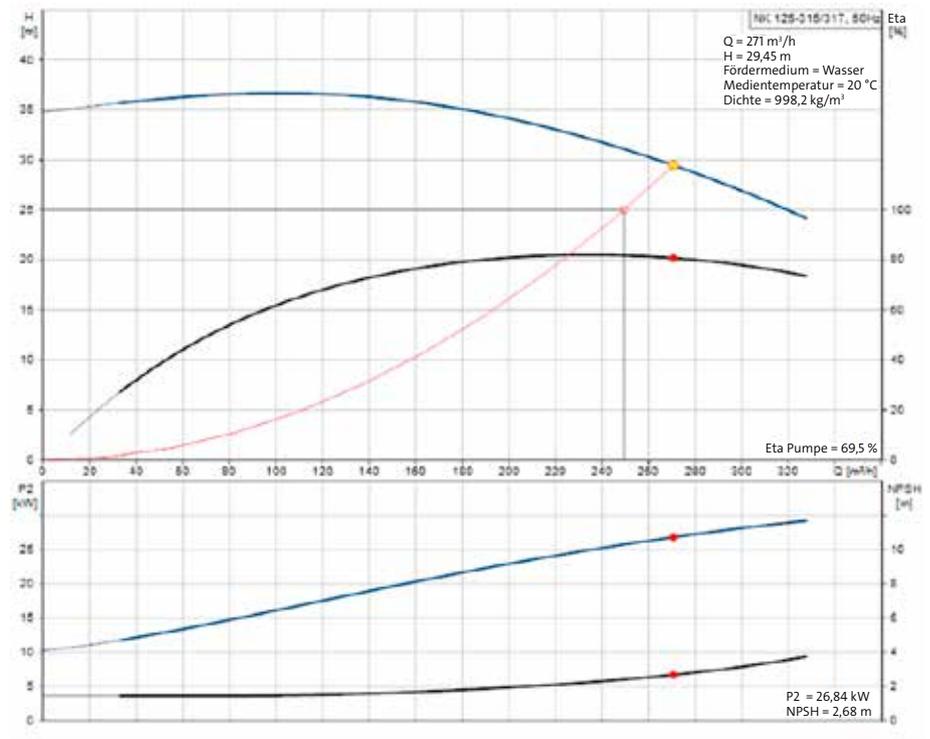


a = Vorderseite der Laufradschaufeln
b = Rückseite der Laufradschaufeln

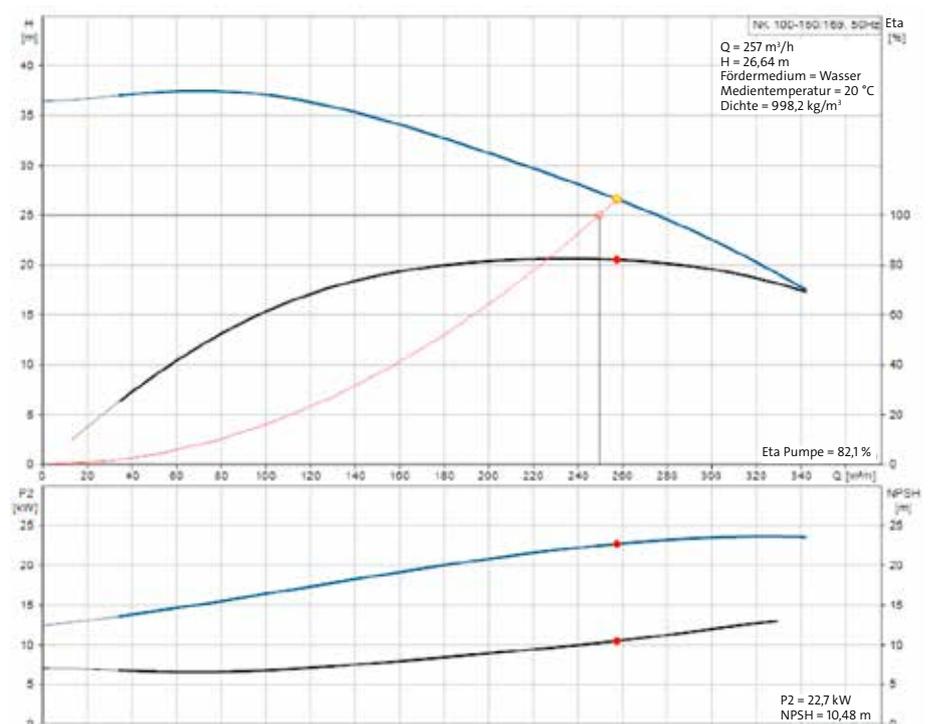


NIEDRIGE HALTEDRUCKHÖHE, WENIGER KAVITATION

Es ist wichtig, die richtige Pumpe mit einem NPSH-Wert auszuwählen, der niedrig genug ist. Sie sollten sich daher für eine langsam laufende Pumpe mit einem 4- oder 6-poligen Motor entscheiden. Die Abbildungen zeigen zwei verschiedene Pumpen, die für dieselbe Aufgabe eingesetzt werden. Eine ist mit einem 2-poligen und die andere mit einem 4-poligen Motor ausgestattet.



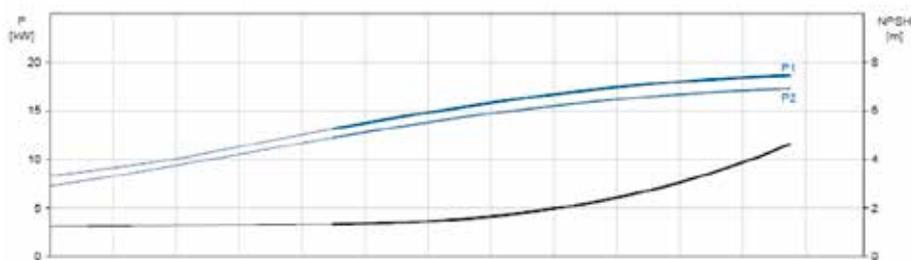
Der 4-polige Motor benötigt eine Haltedruckhöhe von nur 2,68 Metern, wohingegen der 2-polige Motor 10,48 Meter braucht. Die beiden Werte unterscheiden sich in etwa um den Faktor 4. Dies ist auf das Affinitätsgesetz zurückzuführen: Wenn man die Drehzahl halbiert, reduziert sich die Förderhöhe auf ein Viertel. Das Gleiche gilt auch für den NPSH-Wert. Das bedeutet: Bei Verwendung eines 4-poligen Motors ist zwar eine größere Pumpe und damit eine höhere Investition nötig, um diese Aufgabe zu erledigen. Langfristig ist diese Lösung aber dennoch kostengünstiger als die Variante mit 2-poligem Motor, weil sie eine viel längere Lebensdauer bietet.



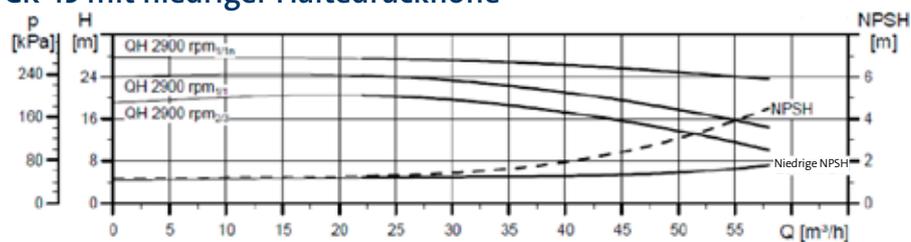
KAVITATION BEI DER CR VON GRUNDFOS VERHINDERN

Sehen wir uns ein weiteres Beispiel an. Wenn wir einen niedrigen NPSH-Wert für die CR-Pumpe erzielen wollen, würden wir uns normalerweise für die Lösung mit geringer Haltedruckhöhe entscheiden. Bei der CR könnten Sie jedoch auch eine Lösung mit 4-poligem Motor auswählen, die ebenfalls einen niedrigen NPSH-Wert ermöglicht. Wie die obere Kennlinie zeigt, bietet eine standardmäßige CR 45 einen NPSH-Wert von 2,5 m bei 45 m³/h. Die mittlere Kennlinie zeigt eine CR 45 in einer Speziallösung mit niedriger Haltedruckhöhe. Hier ist ein NPSH-Wert von nur 1,5 m erforderlich. Die letzte Kennlinie zeigt eine Pumpe mit 4-polige Motor. Diese Lösung erfordert einen NPSH-Wert von lediglich 0,7 m. Bei dieser Lösung ist jedoch eine größere Pumpe erforderlich, um den gewünschten Förderstrom bereitzustellen. Daher wird hier eine CR 90 verwendet. Letztendlich ist diese Lösung zwar teurer, aber wenn sie den richtigen NPSH-Wert bietet, ist es die bessere Lösung.

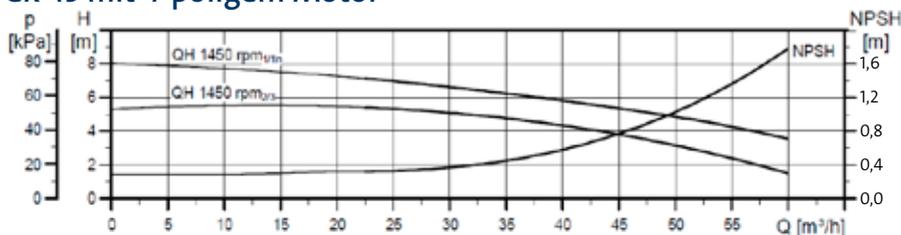
CR 45



CR 45 mit niedriger Haltedruckhöhe



CR 45 mit 4-poligem Motor

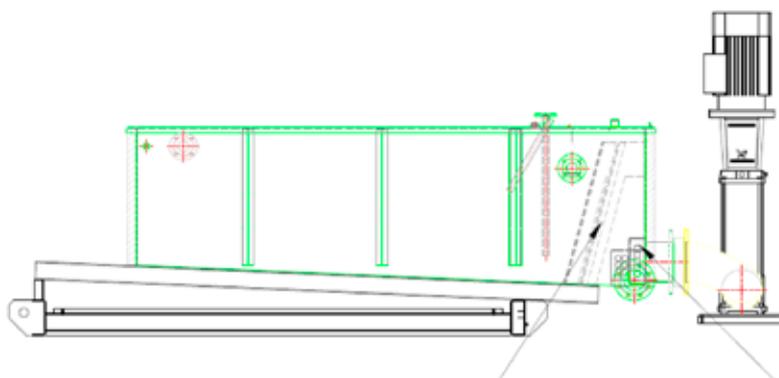


WELCHE FOLGEN HABEN KAVITATION UND VERWIRBELUNGEN?

Als Nächstes sehen wir uns ein Negativbeispiel an, bei dem die Pumpe großen Schaden nimmt. Solche Fälle können auch dann auftreten, wenn der NPSH-Wert berechnet wurde und alles in Ordnung zu sein scheint. Bei der hier dargestellten Anwendung handelt es sich um eine große industrielle Waschmaschine, die Dosen für Bier und Erfrischungsgetränke wäscht. Eine große CR-Pumpe transportiert das Wasser vom Boden der Waschmaschine in die Sprühdüsen. Diese Aufgabe ist recht einfach und sollte keine Probleme verursachen. Die berechnete vorhandene Haltedruckhöhe liegt bei etwa 11 m. Da die Pumpe im Extremfall lediglich 7 m benötigt, ist dies mehr als ausreichend.

Man könnte daher meinen, dass man auf der sicheren Seite ist. Die Pumpe kann aber dennoch beschädigt werden, sodass die Laufräder am Ende wie in der Abbildung unten aussehen. Die Schäden sind auf Verwirbelungen oder Luft im Wasser zurückzuführen, die das Fördern des Wassers erschweren.

In der Abbildung sieht man, dass sich durch die starken Verwirbelungen im Behälter sogar Schaum gebildet hat. Prallbleche im Behälter sind eine Möglichkeit, um die Verwirbelungen und die Menge an Luft im Wasser zu reduzieren.



DIE FILTRATION GEWINNT AN BEDEUTUNG

Die Filtration wird immer häufiger in der Industrie eingesetzt. Mehr und mehr Anlagen sind darauf angewiesen, um Flüssigkeiten wiederverwenden oder Wasser an die kommunale Abwasseranlage weiterleiten zu können. Hin und wieder müssen die Filter gereinigt werden. In den meisten Fällen geschieht dies automatisch mit einer Rückspülung, Vibrationen oder Druckluft. Grundfos iSOLUTIONS kann all diese Aufgaben übernehmen und steuern.



- Filtration
- Membranfiltration
- Sedimentation
- Flockung
- Mikrofiltration
- Ultrafiltration
- Umkehrosiose

WASSERKNAPPHEIT NIMMT ZU

Einer der Gründe für das starke Wachstum des Filtrationsmarkts ist die Wasserknappheit auf der ganzen Welt. Darüber hinaus wächst die Weltbevölkerung stetig weiter und die Industrialisierung boomt. Gleichzeitig verschwinden die natürlichen Wasserressourcen in einem alarmierenden Tempo.

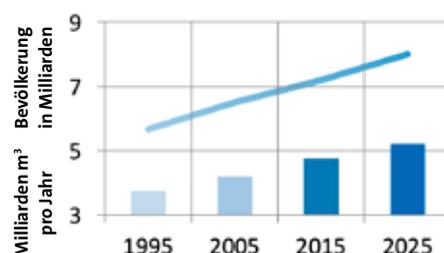
Ungleichheit beim Wasserverbrauch weltweit und rapide Abnahme der natürlichen Ressourcen

Verbrauch steigt aufgrund von

- wachsender Bevölkerung
- wachsender Mittelklasse in Asien
- Industrialisierung

Bis 2025

- wird der Wasserverbrauch weltweit um 20 % steigen.



Trinkwasser macht 3 % der weltweiten Wasserressourcen aus. Zugang haben wir aber nur zu 0,3 % dieses Trinkwassers. Die Filtration ist daher ein wichtiges Thema.

FILTRATION FÜR ALLE ANFORDERUNGEN

Beim Thema Filtration denken die meisten zuerst an riesige, komplizierte Wasseraufbereitungsanlagen. Es gibt aber viele verschiedene Filtrationslösungen auf dem Markt. Daher sollte es kein Problem sein, auch für Ihre Anwendung die richtige zu finden.

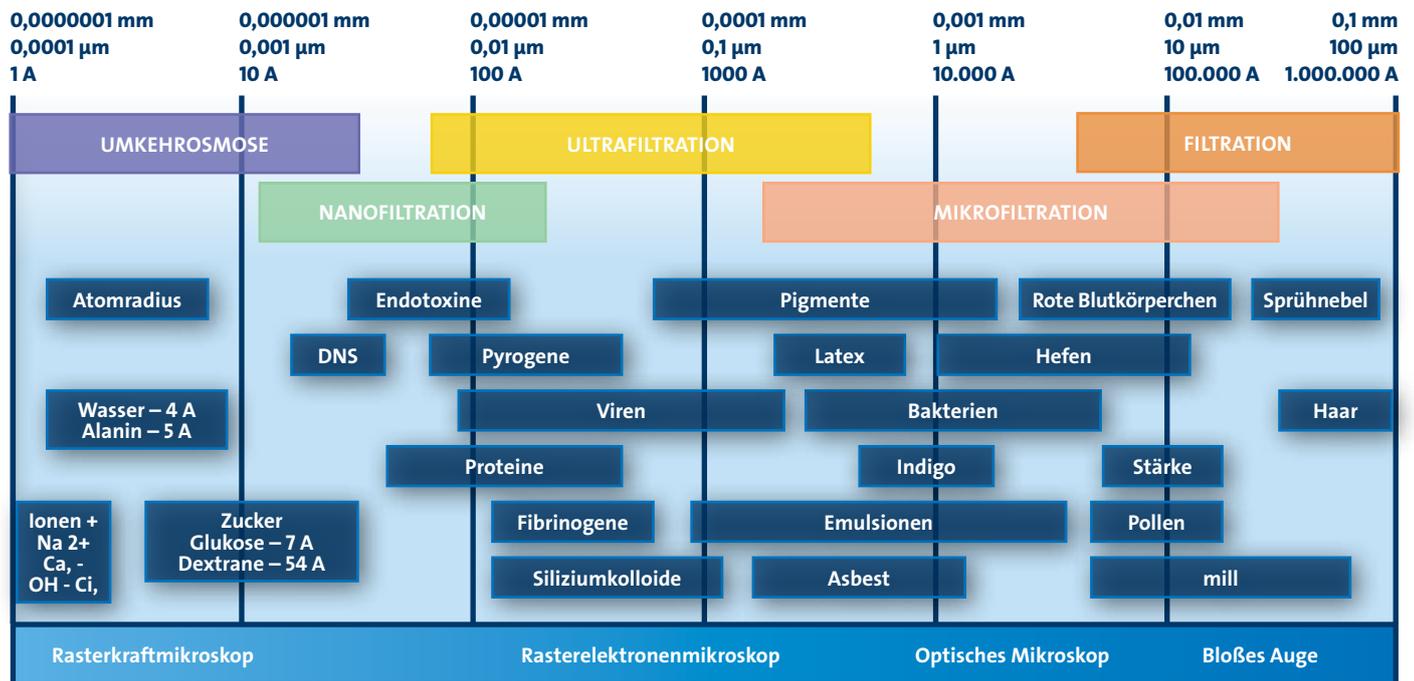


GRÖSSENORDNUNG VON MEMBRANPOREN

Es gibt ein paar grundlegende Definitionen, die man kennen sollte, wenn man Flüssigkeiten filtern oder reinigen will.

- Umkehrosmose
- Nanofiltration
- Ultrafiltration
- Mikrofiltration
- Filtration

Tatsächlich kommt nur in dem als „Filtration“ gekennzeichneten Bereich ein echter Filter zum Einsatz. Die übrigen Verfahren nutzen Membranen. Bei der „Umkehrosmose“ werden die Membranen mit den feinsten Poren verwendet. Dieses Verfahren wird hauptsächlich für die Entsalzung genutzt.



AUTOMATISCHE FILTER-REINIGUNG

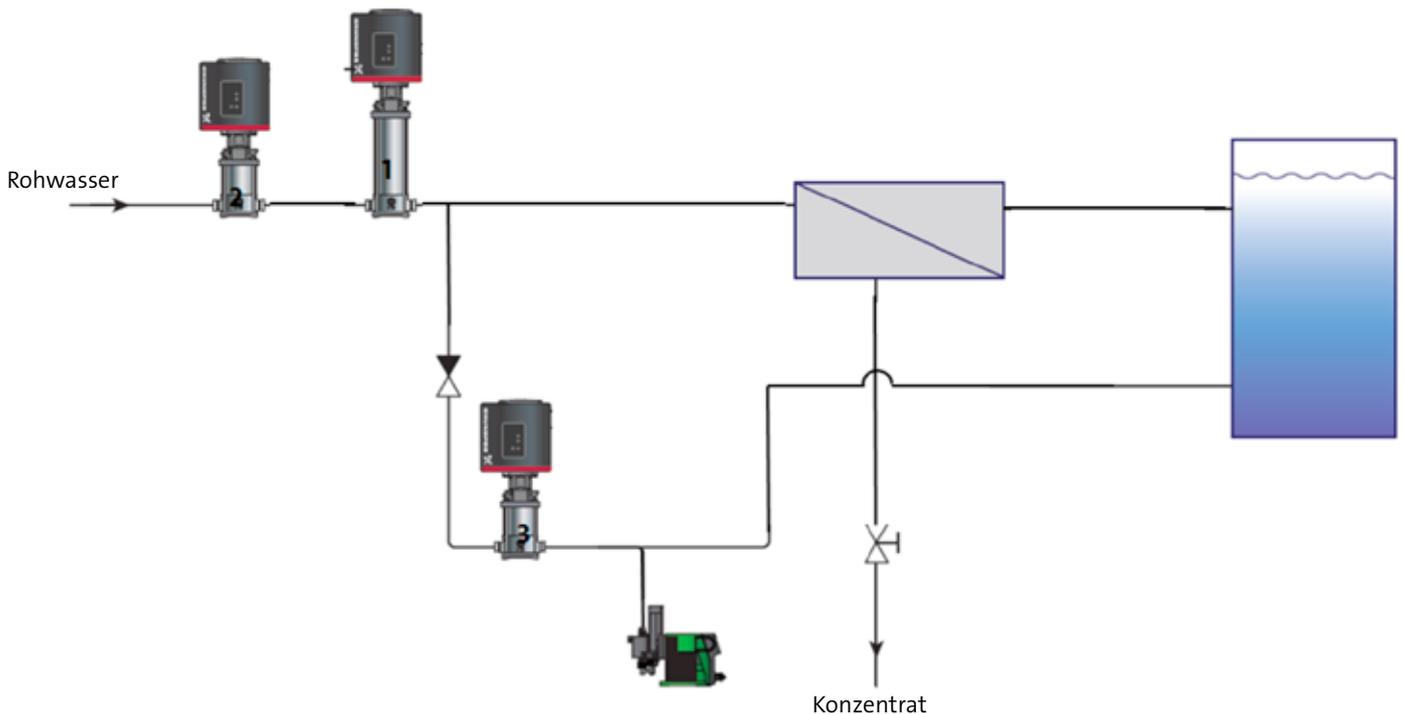
Die Abbildung unten zeigt ein Beispiel dafür, wie unsere elektronischen Geräte die automatische Reinigung einer Membran oder eines Filters regeln können. Nehmen wir an, Sie erhalten eine Kundenanfrage mit folgenden Betriebsparametern:

- Druck von 30 bar vor der Membran
- Max. Durchfluss von 25 m³/h durch die Membran

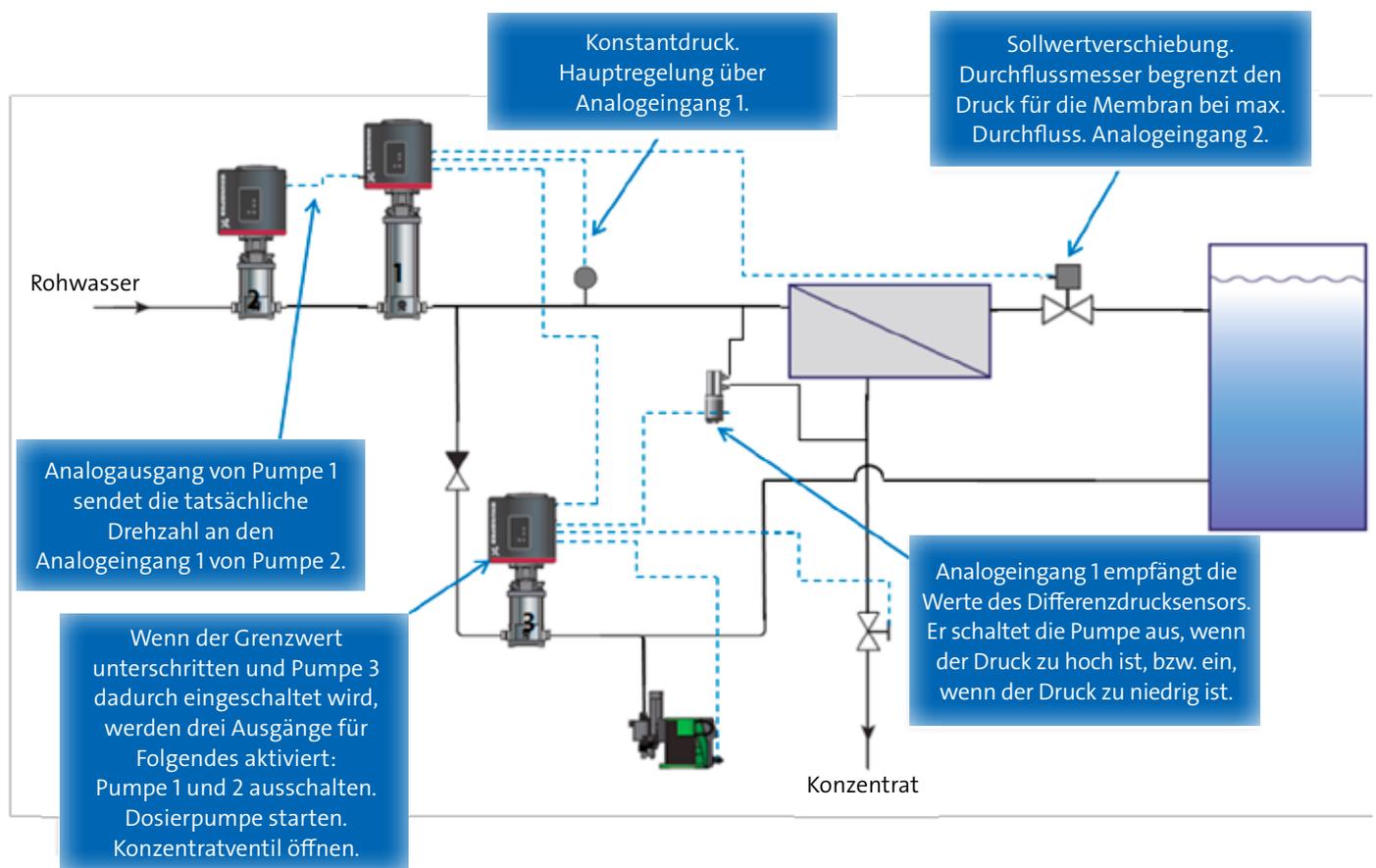
Mit Grundfos iSOLUTIONS können die Dosierpumpe und die MGE-Motoren miteinander kommunizieren, um die Reinigung der Membran und Dosierung der Chemikalien zu regeln. Im Anschluss daran wird langsam wieder die Produktion aufgenommen. Für all diese Aufgaben benötigen Sie keine zusätzliche, kostspielige Steuerung.

KUNDENANFORDERUNGEN

Druck von 30 bar vor der Membran. Max. Durchfluss von 25 m³/h durch die Membran.



FUNKTIONSWEISE DES FILTRATIONSVERFAHRENS



Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die industrielle Wasserversorgung nicht einfach nur eine bestimmte Anwendung ist. Um einen vollständigen Überblick über Ihre Infrastruktur zu erhalten, können Sie Ihre Pumpen über Kommunikationsmodule, wie das CIM oder CIU, an Ihr SCADA-System oder Ihre Gebäudeleittechnik anbinden.

Wenn Sie sich erst einmal einen guten Überblick verschafft haben, können Sie die Anlage optimieren und Verbesserungen in Bezug auf den Energieverbrauch, die Stillstandszeiten und den Wartungsaufwand vornehmen. Hinsichtlich der Hydraulik empfehlen wir Ihnen, sich grundlegende Kenntnisse zur Druckregelung, zum Flüssigkeitstransport, zur Füllstandsregelung und zur Filtration anzueignen.



GRUNDFOS GmbH

Schlüterstr. 33
D-40699 Erkrath
Tel. +49 211 929 690
infoservice@grundfos.com
www.grundfos.de

GRUNDFOS Pumpen Vertrieb Ges.m.b.H.

Grundfosstr. 2
A-5082 Grödig
Tel. +43 6246 883 0
www.grundfos.at

GRUNDFOS Pumpen AG

Bruggacherstrasse 10
CH-8117 Fällanden
Tel. +41 44 806 81 11
www.grundfos.ch