

# HANDBUCH ZUR WASSER- VERTEILUNG

Über dieses Handbuch .....	5
----------------------------	---

---

## OBERFLÄCHEN-WASSERENTNAHME

---

<b>1) Pumpstationen für die Wasserentnahme .....</b>	<b>7</b>
a) Flüsse und Seen.....	7
b) Kanal-Hebeanlagen.....	8
c) Meerwasser-Pumpstationen .....	10
<b>2) Aufbau einer Pumpstation .....</b>	<b>11</b>
a) Aufstellungsvariante mit Nassschacht.....	12
b) Aufstellungsvariante mit Trockenschacht.....	13

---

## WASSERVERTEILUNG

---

<b>3) Pumpenvorauswahl .....</b>	<b>15</b>
a) Schätzen des Förderstroms.....	15
i) Rohrleckagen .....	16
ii) Großer Betriebsbereich.....	17
b) Schätzen der Förderhöhe.....	18
i) Aufbau eines Verteilernetzes.....	20
ii) Druckmanagement .....	22
iii) Zusammenfassung .....	24
c) Anzahl und Größe der Pumpen .....	24
i) Pumpenwirkungsgrad.....	24
ii) Spezifische Drehzahl und Laufradtyp.....	26
iii) Erzielen des maximal erreichbaren Wirkungsgrads bei der Auswahl.....	27
iv) Pumpenbestimmung, nq: ein Praxisbeispiel .....	28
d) Zusammenfassung.....	28
<b>4) Fördermedium und Korrosion .....</b>	<b>30</b>
a) Korrosion .....	30
i) Galvanische Korrosion.....	30
ii) Lochfraß.....	32
iii) Spaltkorrosion .....	32
iv) Kavitation und Korrosion .....	32
b) Eigenschaften des Wassers.....	33
i) Calciumcarbonatgehalt (CaCO <sub>3</sub> ).....	33
ii) Chlorgehalt.....	33
c) Korrosionsschutz.....	34
i) Beschichtung interner Pumpenteile .....	34
<b>5) Hauptpumpstation .....</b>	<b>36</b>
a) Funktionen und Komponenten.....	37
b) Druckstöße und Wasserschläge.....	38
i) Schutz vor Druckstößen und Wasserschlägen.....	39

c) Ausgleichsbehälter und -tank.....	40
d) Rohrdruck.....	41
<b>6) Wassertürme oder Hochbehälter .....</b>	<b>42</b>
a) Druckbeaufschlagung der Systeme .....	43
b) Funktionen des Regelventils.....	44
<b>7) Lokale Pumpstationen .....</b>	<b>46</b>
a) Druckerhöhungsanlagen .....	47

---

## PUMP-STATIONEN

---

<b>8) Konstruktion einer Pumpstation .....</b>	<b>49</b>
a) Projekte und Lösungen.....	49
b) Pumpenauswahl.....	50
i) Horizontale Pumpen mit geteiltem Gehäuse vs. Blockpumpen .....	51
ii) NPSH <sub>verfügbar</sub> und NPSH <sub>erforderlich</sub> .....	52
iii) Konstruktion bei Einsatz einer vertikalen Turbinenpumpe.....	52
c) Optimieren der Kosten der elektrischen Ausrüstung – AC-Motoren, Effizienzklassen und Frequenzumrichter.....	54
i) AC-Motoren.....	54
ii) Effizienzklassen.....	55
iii) Motoreinschaltart.....	55
iv) Frequenzumrichter.....	55
v) Zusammenfassung.....	56
<b>9) Hinweise zur Auslegung .....</b>	<b>58</b>
a) Reduzieren von Stutzenkräften .....	58
b) Wichtige Elemente für Saug- und Druckleitungen.....	58
c) Empfohlene Länge der Saugleitung.....	59
d) Luftsäcke in der Verrohrung.....	59
e) Entlüftungsventile.....	59
f) Absperrventile .....	60
g) Absperrventile für die Druck- und Durchflussregelung .....	60
h) Rückschlagventile.....	61
i) Desinfektion mit Chlor.....	63
j) Pumpenüberwachung.....	64

---

## PRODUKTE UND LÖSUNGEN

---

Grundfos iSOLUTIONS.....	70
Pumpstationen für die wasserentnahme .....	76
Hauptpumpstationen .....	82
Lokale pumpstationen.....	86
Druckerhöhungsanlagen für lokale pumpstationen.....	90

# OPTIMIERTE PUMPEN- LÖSUNGEN FÜR DIE WASSER- WIRTSCHAFT



ROHWASSER-  
ENTNAHME



TRINKWASSER-  
AUFBEREITUNG



# Über dieses Handbuch

Dieses Handbuch enthält Informationen zu den Grundfos-Produkten und Anwendungen für die Entnahme von Oberflächenwasser und die Wasserverteilung. Es fasst das Anwendungswissen zusammen, das wir uns in mehr als 70 Jahren bei unserer Arbeit mit Wasserversorgungssystemen angeeignet haben.

Im Handbuch werden Ihnen Entwürfe für Pumpstationen vorgestellt, die bei der Wasserentnahme aus verschiedenen Quellen – wie Flüssen, Seen oder auch dem Meer – zum Einsatz kommen. Auch wird darauf eingegangen, wie wichtig die Vorauswahl von Pumpen sowie eine Schätzung des Förderstroms für das Erreichen eines optimalen Systems sind und wie Druckmanagementlösungen den richtigen Druck für Endverbraucher liefern und gleichzeitig das Risiko von Rohrbrüchen minimieren.

Wir betrachten alle Hauptkomponenten, die für ein optimales Wasserversorgungssystem entscheidend sind, und bieten zuletzt eine Übersicht über das umfassende Grundfos-Angebot an Produkten und Lösungen.

## Fokus auf den gesamten Wasserkreislauf

Anwendungen in der Wasserwirtschaft für alle Phasen des Wasserkreislaufs lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen: Wasserversorgung und Wassergewinnung. Innerhalb dieser Kategorien zeigt Grundfos den Weg des Wassers im Wasserkreislauf mithilfe von „Anwendungsinselfn“ auf. Jede dieser Inseln lässt sich in detaillierte Anwendungsbereiche einteilen. Zum Beispiel unterteilt Grundfos die Insel „Rohwasserentnahme“ in die Anwendungen „Entnahme von Grundwasser“ und „Entnahme von Oberflächenwasser“. Rohwasser kann für den menschlichen Verbrauch weiterverarbeitet oder direkt für die Bewässerung verwendet werden. Die Insel „Wasserverteilung“ lässt sich wiederum in „Wassertransport“ und „Wasserverteilung im Netz“ einteilen.

## Über Grundfos Wasserwirtschaft

Mit seiner Sparte „Wasserwirtschaft“ stellt sich Grundfos als Komplettlieferant auf, der intelligente Pumpen und Anlagen für nahezu alle Wasserversorgungs- und Abwasseranwendungen anbietet. Grundfos liefert nicht nur zuverlässige Pumpenlösungen, die die vorhandenen Ressourcen optimal nutzen und auf bewährten und umfangreich getesteten Technologien basieren. Genauso wichtig sind für die Kunden unsere umfassenden Dienstleistungen.



**WASSER-  
VERTEILUNG**

**ABWASSERTRANSPORT &  
HOCHWASSERSCHUTZ**

**ABWASSER-  
REINIGUNG**

---



# OBERFLÄCHEN- WASSERENTNAHME

# 1) Pumpstationen für die Wasserentnahme

Diese Pumpstationen werden für die Entnahme von Oberflächenwasser sowie dessen Weitertransport zu Bewässerungssystemen, Wasseraufbereitungsanlagen, Erlebnisbädern, Brunnen, Kühlanlagen und industriellen Systemen verwendet.

Pumpstationen für die Wasserentnahme können auf den Transport großer Wassermengen ausgelegt werden. Dazu sind Pumpen mit hohem Förderstrom und großen Motoren erforderlich. Die Pumpstationen können sich im Meer, an der Küste oder im Landesinneren befinden und über Zulaufkanäle oder Saugleitungen verfügen.

## a) Flüsse und Seen

Wasserentnahmeanlagen müssen sich an die Bedingungen vor Ort anpassen. Dabei sind Wassertiefe und Wasserstand wichtige Faktoren, die berücksichtigt werden müssen. Einige Wasserentnahmeanlagen sind anfällig für Überschwemmungen und erfordern kostspielige Konstruktionsarbeiten im Wasser. Beide Faktoren stellen besondere Herausforderungen dar. Oberirdisch und landseitig aufgestellte Installationen verursachen dagegen weniger Kosten. Sie benötigen jedoch eine hohe Saughöhe, weshalb in diesen Fällen Kavitation und Probleme beim Ansaugen auftreten können. Wasserentnahmeanlagen an Land können darüber hinaus auch unterirdisch sein. In diesem Fall erhöhen sich jedoch die Baukosten und bei beengten Platzverhältnissen steigt das Risiko von Überschwemmungen. Von Vorteil ist dagegen, dass sie mit einer reduzierten Saughöhe betrieben werden können.

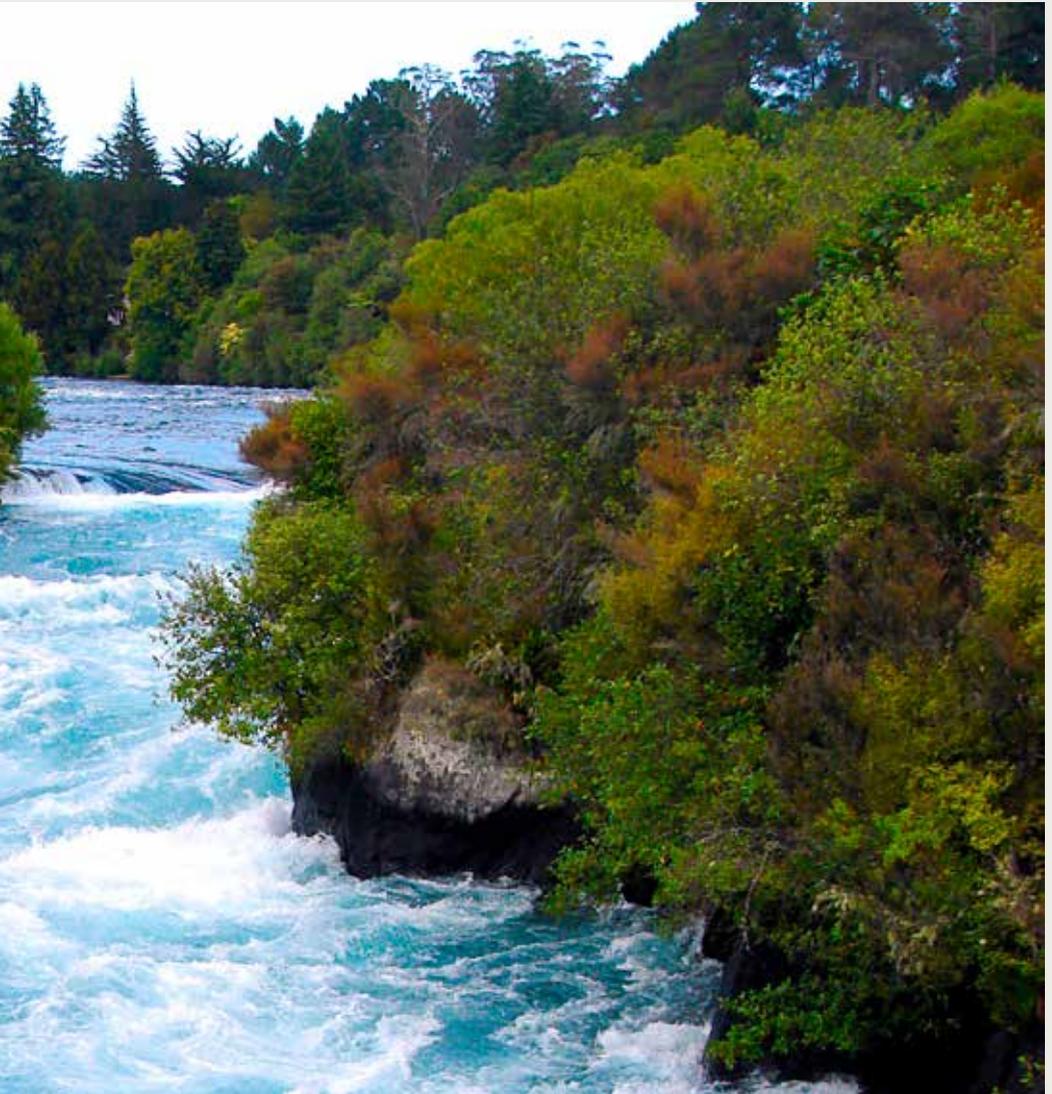


---

## b) Kanal-Hebeanlagen

Zulaufkanäle kommen zum Einsatz, um das Wasser in der Pumpstation umzuleiten. Wenn das Wasser an Land, d. h. nicht direkt an der Küste, entnommen wird, sinkt das Risiko einer Überschwemmung, ein gleichmäßiger Durchfluss wird sichergestellt und das Installieren von geeigneten Siebssystemen wird erleichtert. Nachteilig sind die hohen Kosten und die Tatsache, dass die Zulaufkanäle anfällig für die Ablagerung von Sedimenten sind.





## c) Meerwasser-Pumpstationen

Die Trinkwasserknappheit ist weltweit zunehmend Grund für Besorgnis. In einigen Regionen stellt die Entsalzung von Meerwasser sogar die einzige Möglichkeit dar, Trinkwasser zu gewinnen. Die Ozeane umfassen 97,5 % des gesamten Wassers auf der Erde. Meerwasser-Pumpstationen sind im Allgemeinen ähnlich aufgebaut wie Pumpstationen in Flüssen, erfordern jedoch zusätzliche Funktionen und Merkmale, um Probleme durch Bakterien, Korallen und Korrosion zu vermeiden.

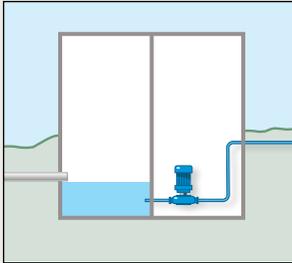
Meerwasser-Pumpstationen können als Brunnen am Strand konstruiert werden. Eine Reihe von Strandbrunnen entlang der Küste wird dabei zu einem Strandbrunnenfeld zusammengefasst. Der Vorteil der Wasserentnahme aus Sandbrunnen im Vergleich zur direkten Wasserentnahme aus dem Meer besteht darin, dass das Wasser keine Algen, weniger Bakterien und eine niedrigere Salzkonzentration aufweist. Jedoch bestehen nicht alle Küsten aus Sand.

Generell gibt es keine bevorzugte Konstruktion für Meerwasser-Pumpstationen. Die jeweilige Konstruktion hängt stark von den Bedingungen vor Ort ab. Darüber hinaus muss auch der sich verändernde Wasserstand sorgfältig berücksichtigt werden. Geringe saugseitige Verluste und die Auswahl geeigneter Pumpen sind der Schlüssel zu einer gelungenen Pumpstationen-Konstruktion. Die Installationen müssen mit einer passenden Hydraulik ausgestattet werden, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Zudem muss die Entnahmeanlage so ausgelegt sein, dass keine Feststoffe in die Saugleitungen und Pumpen gelangen.

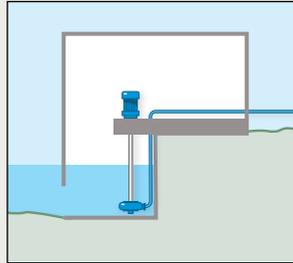


## 2) Aufbau einer Pumpstation

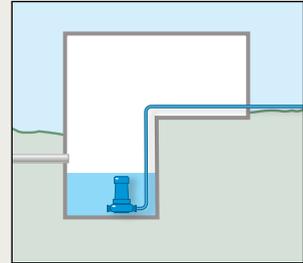
Der Aufbau einer Pumpstation variiert je nach Nass- oder Trockenaufstellung, sodass es zahlreiche Möglichkeiten gibt.



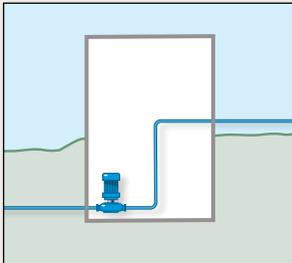
Pumpe und Motor in Trockenschacht mit Ansaugung aus Nassschacht



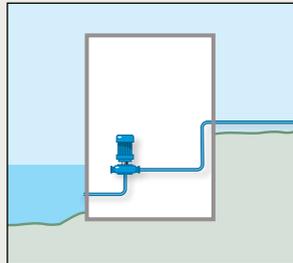
Landseitiger Nassschacht mit Pumpe unter Wasser und Motor über Wasser



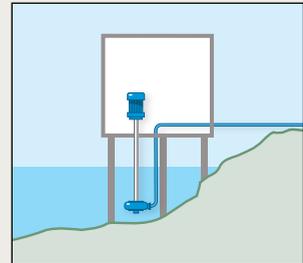
Nassschacht mit Pumpe und Motor unter Wasser



Pumpe und Motor in Trockenschacht mit langer Saugleitung



Pumpe und Motor in Trockenschacht mit Ansaugung direkt an der Quelle



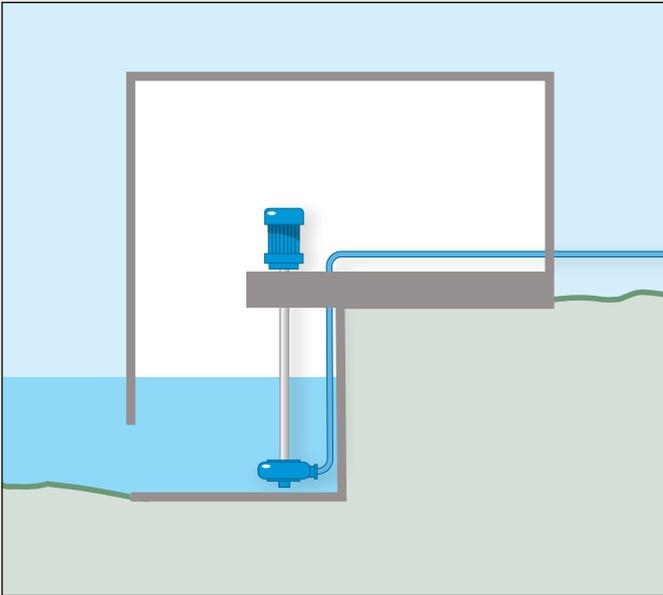
Offshore-Installation mit Pumpe unter Wasser und Motor über Wasser

### Beispiele für die Aufstellungsvarianten von Pumpstationen

- Nassschacht
- Trockenschacht
- Oberirdisch
- Über Wasser
- Unterirdisch

## a) Aufstellungsvariante mit Nassschacht

Der Wasserstand in Flüssen und Seen variiert je nach Jahreszeit sowie täglichen Gezeiten. Daneben wirken sich auch Wellen auf den Wasserstand aus. Das Gehäuse des Pumpenlaufrads oder die Spirale müssen mit (angesaugtem) Wasser gefüllt werden, bevor die Pumpe in Betrieb genommen werden kann. Die am häufigsten eingesetzten Pumpen zum Bewältigen von Wasserstandsschwankungen sind vertikale Pumpen mit eingetauchten Saugtrichtern und einem Motor, der oberhalb des Hochwasserstands montiert ist. Pumpen mit Unterwassermotoren können für die Nassaufstellung ebenfalls verwendet werden. Sie senken die Baukosten und haben eine verhältnismäßig kleine Stellfläche.



### Pumpstation

#### Aufstellungsvariante mit Nassschacht

Pumpentypen:

- Vertikale Turbinenpumpe
- Tauchbare Bohrlochpumpe
- Tauchbare Abwasserpumpe

Bei der Konstruktion zu

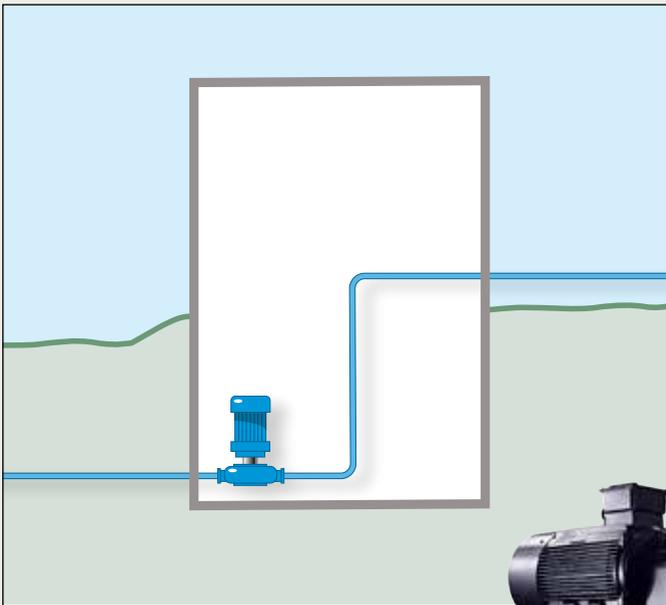
berücksichtigende Parameter:

- Hochwasserstand
- Mindestwasserstand
- Lufteinschlüsse/  
Verwirbelungen
- Feuchtigkeit/Korrosion
- Wartungsmaßnahmen/  
Zugang
- Schmutz/Siebe
- Wasserströmung/  
Verwirbelung
- Dienstleistungen/Strom



## b) Aufstellungsvariante mit Trockenschacht

Pumpstationen mit Trockenschacht/Sickerbrunnen werden oberirdisch aufgestellt und verfügen über tiefe Brunnen. Oftmals erfordern sie lange Saugleitungen, Zulaufkanäle, Siebe und Schmutzfänger, die zu Reibungsverlusten und einem reduzierten Saugdruck der Pumpe führen. Beim Konstruieren der Pumpstationen müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Haltedruckhöhe (NPSH) durch unterirdische Strukturen zu erhöhen. Zudem müssen Pumpen ausgewählt werden, die einen niedrigen NPSH-Wert haben. Pumpstationen mit Sickerbrunnen sind häufig mit horizontal oder vertikal aufgestellten, doppelflutigen Pumpen mit geteiltem Gehäuse ausgestattet. Hierbei bedeutet „doppelflutig“, dass der Durchfluss im Laufradeintritt um die Hälfte reduziert wird, weshalb diese Pumpen einen doppelt so hohen Förderstrom bei deutlich geringem NPSH-Wert liefern können. Darüber hinaus können auch Block- oder Inlinepumpen für die Trockenaufstellung verwendet werden, jedoch ist dann ein höherer NPSH-Wert erforderlich.



### Pumpstation

#### Aufstellungsvariante mit Trockenschacht

Pumpentypen:

- Doppelflutige Pumpe mit geteiltem Gehäuse
- Blockpumpe
- Inlinepumpe
- Tauchbare Abwasserpumpe

Bei der Konstruktion zu berücksichtigende Parameter:

- Saugdruck/NPSH
- Anlaufbedingung/Ansaugung
- Zulaufsieb
- Wartungsmaßnahmen
- Gesundheits- und Sicherheitsvorkehrungen



# WASSERVERTEILUNG

## 3) Pumpenvorauswahl

Im Folgenden werfen wir einen Blick auf die Vorauswahl von Pumpen für ein Rohrnetz zur Wasserverteilung. Um die passende Pumpe auswählen zu können, müssen mehrere Parameter bekannt sein:

- Schätzungen des Gesamtförderstroms (Q) und der Förderhöhe (H)
- Wasserzusammensetzung (für die Werkstoffauswahl der Pumpe)
- Konstruktion der Pumpstation (für die Auswahl des geeigneten Pumpentyps und der Anzahl an erforderlichen Pumpen)

In der frühen Planungsphase eines Projekts liegen jedoch noch keine Pumpenspezifikationen vor, sodass sie zunächst geschätzt werden. Grundfos bietet in dieser Phase umfassende Unterstützung an und setzt sich mit den Betreibern, Planern, Bedienern, Beratern, Bauingenieuren und Elektromechanikern in Verbindung.

### a) Schätzen des Förderstroms

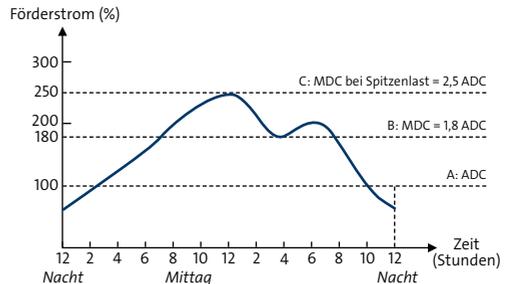
Theoretisch könnte die Schätzung des Förderstroms auf Grundlage leicht zugänglicher statistischer Informationen erfolgen, die von der Anzahl der Bewohner sowie dem durchschnittlichen Wasserbrauch gemischter Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete abhängen. Dies kann jedoch aus mehreren Gründen irreführend sein. Tatsächlich müssen wir in der Praxis die Anforderungen vor Ort kennen:

- Zusammensetzung der Wasserverbraucher im Gebiet – nur Haushalte oder auch Gewerbe und Industrie?
- Auswahl der erforderlichen Pumpen, um den Spitzenverbrauch zu decken – konstanter oder stark schwankender Verbrauch?
- Besteht das Risiko, dass die Pumpstation für den zukünftigen Bedarf unter- oder überdimensioniert ist?

Die Gemeinden sollten diese Informationen bereitstellen können.

### Von den Planern genutzte Parameter zum Bestimmen des typischen Bedarfs in Wohngebieten

- **ADC:** jahresdurchschnittlicher Tagesverbrauch (Average Daily Consumption), auch bekannt als Auslegungsdurchfluss
- **MDC:** maximaler Tagesverbrauch des Jahres (Maximum Daily Consumption); dieser Wert wird vom ADC abgeleitet
- **MDC bei Spitzenlast:** Spitzenwert an dem Tag mit dem maximalen Tagesverbrauch des Jahres
- **Löschwassermenge:** ein Maß für einen außergewöhnlichen Lastfall

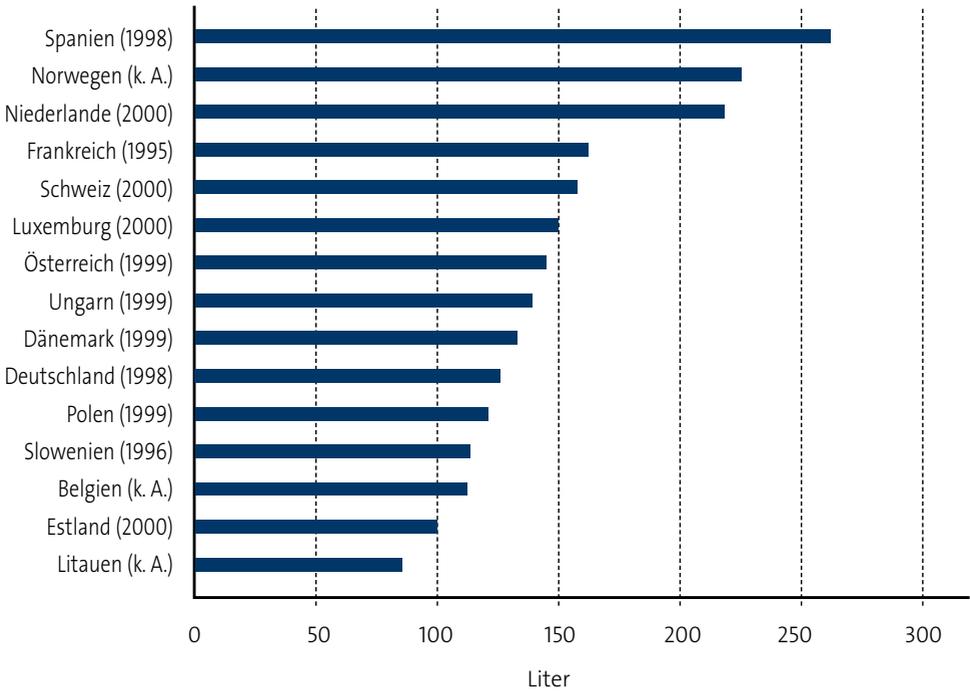


Der Begriff „Wasserverbrauch“ hat sich etabliert, obwohl er größtenteils Wasser bezeichnet, das streng genommen nicht verbraucht wird. Denn das meiste Wasser wird als Abwasser zurückgeführt. Das von einem Haushalt verbrauchte Wasser setzt sich in der Regel wie folgt zusammen:

- 41 % Toilettenspülung
- 27 % Waschen und Baden
- 6 % für die Küche
- 5 % Trinkwasser
- 4 % Waschen von Kleidung
- 7 % Sonstiges (Garten, Autowäsche, Putzen des Hauses)

Der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Person und Tag ist von Land zu Land sehr unterschiedlich und hängt hauptsächlich vom Klima und Lebensstandard der Menschen ab. Er beträgt in einigen europäischen Ländern weniger als 200 Liter und in einigen Gebieten der USA mehr als 500 Liter pro Person und Tag.

## Durchschnittlicher Wasserverbrauch pro Person und Tag



Quelle: Europäische Umweltagentur

### i) Rohrleckagen

Rohrleckagen stellen eines der Hauptprobleme in Wassererteilungssystemen dar und sind die Ursache für weitere Probleme. Aus diesem Grund ist es wichtig, sie beim Schätzen des Förderstroms zu berücksichtigen.

Lecks führen nicht nur zu Wasserverlust, sondern ggf. auch zu einer Verunreinigung des Trinkwassers. Leckraten sind weitaus höher als viele erwarten und werden oftmals als unvermeidlicher Kostenfaktor eingeplant.

Beispiele für den Anteil von Leckagen (%) in Wassererteilungsnetzen:

Japan	> 5 %
Deutschland	7 %
USA	> 15 %
Großbritannien	19 %
Frankreich	26 %
Italien	29 %



## ii) Großer Betriebsbereich

Der Förderstrom muss geschätzt werden, damit der zu erwartende große Betriebsbereich der Pumpe abgedeckt werden kann.

Der maximale Förderstrom bei der Wasserverteilung kann in vielen Fällen 15- bis 20-mal höher sein als der Mindestförderstrom. Dies hängt von Folgendem ab:

- Tageszeitabhängiger (Spitzen-)Verbrauch
- Saisonale Veränderungen
- Systemdynamik und sich verändernder Bedarf in der Zukunft

Der Gesamtförderstrom einer Pumpstation kann mithilfe von statistischen Informationen oder üblichen Planungsparametern, wie z. B. dem MDC bei Spitzenlast, geschätzt werden. Die Löschwassermenge muss ebenfalls überprüft werden. Generell kann es sein, dass Pumpen mit Überkapazität den hierfür benötigten Förderstrom liefern können.

Eine viel komplexere Aufgabe stellt das Auswählen der einzelnen Pumpen innerhalb des Gesamtsystems dar, damit der Mindestförderstrom (falls die Versorgung nicht über einen Hochbehälter erfolgt) sowie alle weiteren Betriebspunkte des großen Betriebsbereichs abgedeckt werden können.

Aus diesem Grund ist es nicht ungewöhnlich, dass in einer bestehenden Pumpstation Pumpen verschiedener Größen parallel betrieben werden (Kaskadenbetrieb), wobei einige der Pumpen mit Frequenzumrichter ausgestattet werden, um sich an den veränderlichen Bedarf anzupassen.

Bei der Pumpenvorauswahl reicht es aus, zwei Pumpengrößen zu berücksichtigen:

- Eine kleine Pumpe für den Mindestförderstrom und die Druckbeaufschlagung des Systems. Wenn der Mindestförderstrom zu gering ist, können Sie einen Druckbehälter oder einen Bypass mit einer Drosselblende in Richtung der Saugseite der Pumpe verwenden.
- Drei bis vier Pumpen mit einem Förderstrom, der 35 % des MDC bei Spitzenlast entspricht. Die Vorauswahl der Pumpen wird zu einem späteren Zeitpunkt erneut überprüft.

## b) Schätzen der Förderhöhe

Sobald ein Wert für den geschätzten Förderstrom feststeht, muss die Förderhöhe (H) geschätzt werden.

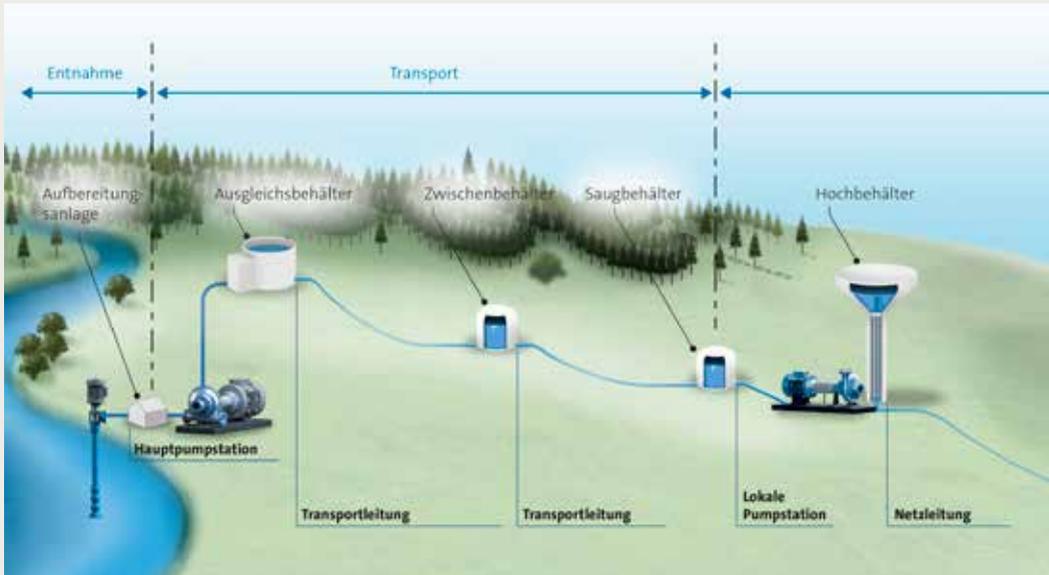
Bei Pumpenanlagen unterscheidet man in der Regel zwischen folgenden Förderhöhen:

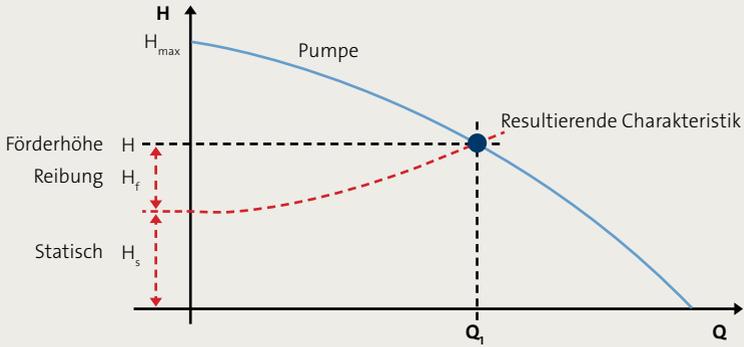
- **Statische Förderhöhe (oder geodätische Höhe):**  
Die statische Förderhöhe bezeichnet den Höhenunterschied zwischen dem Wasserstand an der Pumpstation und der höchsten Höhe im Verteilernetz. Die höchste Höhe im Netz ist in der Regel der Wasserstand in einem Hochbehälter.
- **Dynamische Förderhöhe (oder Reibungsverluste):**  
Die dynamische Förderhöhe ist eine Funktion des Förderstroms, bei der alle Reibungsverluste in der Verrohrung, die sich auf einen Förderstrom auswirken, addiert werden.

Um die statische und die dynamische Förderhöhe zu bestimmen, die Systemkennlinie zu zeichnen und herauszufinden, wo sie unsere Pumpenkennlinie kreuzt, müssen wir uns das Verteilungssystem genauer ansehen.

Für ein funktionierendes Wasserverteilungssystem gelten folgende Anforderungen:

- Die Wasserqualität darf sich in den Verteilerleitungen nicht verschlechtern.
- Das Wasser muss an allen Wasserhähnen beim Verbraucher mit ausreichend Druck bereitgestellt werden.
- Während der Brandbekämpfung muss die erforderliche Menge Wasser mit einem bestimmten Mindestdruck geliefert werden.
- Bei der Reparatur eines Systemabschnitts muss jeder Verbraucher weiterhin mit Wasser versorgt werden.
- Alle Verteilerleitungen sind vorzugsweise mit einem Abstand von einem Meter in Höhe und Breite von den Abwasserleitungen entfernt verlegt.
- Das System muss wasserdicht sein, um Wasserverluste auf ein Minimum zu reduzieren und eine Verunreinigung des Wassers zu verhindern.





Systemkennlinie und Pumpenleistungskennlinie für ein offenes System



## i) Aufbau eines Verteilernetzes

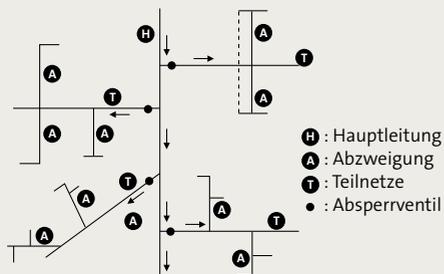
Zum Schätzen der Förderhöhe (H) muss der Aufbau des Wasserverteilernetzes berücksichtigt werden.

Verteilerleitungen werden in der Regel so unter Straßen verlegt, dass sie der Straßenführung folgen.

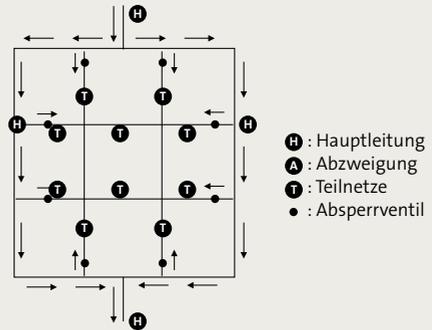
Insgesamt gibt es vier verschiedene Typen von Leitungsnetzen. Jeder davon – egal ob einzeln oder in Kombination – kann an jedem Ort eingesetzt werden:

- Verästelungnetz
- Ringsystem
- Vermaschtes Netz (Gitternetz-System)
- Ringleitungsnetz  
(eine Sonderform des vermaschten Netzes)

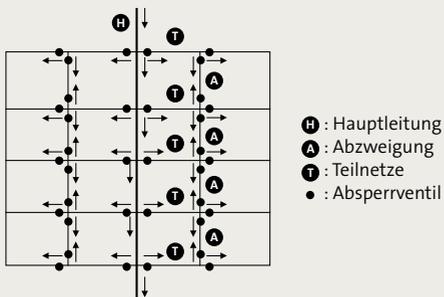
### Verästelungnetz



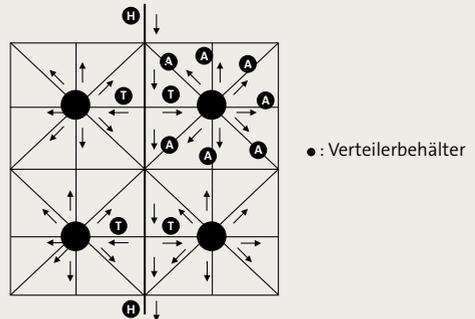
### Ringsystem



### Vermaschtes Netz (Gitternetz-System)



### Ringleitungsnetz



### Verästelungsnetz

Verästelungsnetze verfügen über lange Versorgungsleitungen, die ein bestimmtes Gebiet versorgen, sowie über kleinere Leitungen, die von der Hauptversorgungsleitung abzweigen. In dünn besiedelten Gebieten ist die Infrastruktur in der Regel nicht so gut ausgebaut, dass tote Enden vermieden werden können. Eben hier findet man vor allem Verästelungsnetze.

Ähnlich wie bei einem Baum gibt es in diesen Netzen eine Hauptwasserleitung, die den „Stamm“ darstellt und mit zunehmender Entfernung von der Anlage kleiner wird. Zusätzlich zweigen kleinere „Rohräste“ rechtwinklig von dieser Hauptwasserleitung ab. Von jedem dieser Äste können noch kleinere Äste abgehen.

Bei diesem Netztyp sind tote Rohrenden unvermeidlich. Sie müssen regelmäßig gewartet werden, damit eine gute Wasserqualität aufrechterhalten wird.

Es wird vor allem in Gemeinden ohne festgelegtes Straßenmuster verwendet und bietet die folgenden Vorteile:

- Relativ kostengünstig
- Durch Reibungsverluste auftretender Druckverlust wird leichter erkannt, da das Netz relativ simpel aufgebaut ist

Die Nachteile eines solchen Netzes bestehen darin, dass die vielen toten Enden zu einer Stagnation des Wassers in den Rohren führen. Darüber hinaus wird bei Rohrreparaturen die Wasserversorgung zu den Verbrauchern unterbrochen.

### Ringsystem

Ringsysteme nutzen Leitungen mit großem Durchmesser, die um das Wasserwerk herum verlegt sind. Sie liefern Wasser aus jeder Richtung zum Zentrum des Systems. Dabei entsteht ein kontinuierlicher Kreis.

Die kontinuierliche Umwälzung in dieser Art von System verhindert, dass sich Fremdkörper oder organische Stoffe im Wassernetz ansammeln.

Die Versorgungsleitung wird entlang Randstraßen verlegt und kleinere Leitungen zweigen davon ab.

Somit ähnelt der Aufbau dieses Systems einem vermaschten Netz, aber das Strömungsmuster ähnelt eher dem eines Verästelungsnetzes. Die Rohrgrößen lassen sich demnach einfach bestimmen, die Reibungsverluste dagegen nicht.

- Beim Ringsystem ist von Vorteil, dass das Wasser mindestens aus zwei Richtungen zu einer beliebigen Stelle geleitet werden kann.
- Dadurch lassen sich die Rohre leicht warten und austauschen, ohne dass die Wasserversorgung der Verbraucher unterbrochen wird.

Ein Nachteil des Systems sind die hohen Investitionskosten, die durch die Rohre mit großem Durchmesser entstehen.

### Vermaschtes Netz (Gitternetz-System)

Vermaschte Netze weisen miteinander verbundene Hauptwasserleitungen auf, die aus verschiedenen Richtungen Wasser in Teile des Netzes transportieren können. Sie sind die am häufigsten verwendeten Netze und kommen vor allem in größeren Städten vor. Der Grund dafür ist, dass vermaschte Netze mehr Wasser zu einem bestimmten Gebiet leiten können, wenn ein Spitzenbedarf vorliegt, wie z. B. bei einem Brand.

Der Aufbau ist rasterförmig, ähnlich wie die Straßen in vielen Wohngebieten, und das Wasser fließt aus allen Richtungen frei durch das Netz. Wenn in einem Gebiet eine größere Wassermenge aus dem Netz benötigt wird, kann das Wasser aus mehreren Richtungen dorthin geleitet werden. Von Nachteil ist, dass vermaschte Netze mitunter auch tote Enden umfassen.

Vermaschte Netze kommen vor allem in großen Städten zum Einsatz und bieten die folgenden Vorteile:

- Da es meist keine toten Enden gibt, erfolgt eine kontinuierliche Umwälzung des Wassers.
- Bei einem Versagen eines Abschnitts wird Wasser aus einer anderen Richtung geliefert.

Ein wesentlicher Nachteil besteht darin, dass die Größe der Rohre nicht präzise berechnet werden kann.

### Ringleitungsnetz

Wir widmen dem Ringleitungsnetz in diesem Handbuch einen eigenen Abschnitt, obwohl es

oftmals als Sonderform des vermaschten Netzes angesehen wird. Im Ringleitungsnetz wird das Gebiet in verschiedene Zonen unterteilt. Das Wasser wird in den Verteilerbehälter in der Mitte jeder Zone gepumpt. Die Versorgungsleitungen sind radial verlegt und enden in Richtung des Stadtrands.

Auf diese Weise wird eine zuverlässige Wasserbereitstellung garantiert.

### **Vorteile von Ringsystemen und vermaschten Netzen**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich beim Betrieb der hydraulisch komplexeren Ringsysteme und vermaschten Netze (einschließlich Ringleitungsnetzen) im Allgemeinen folgende Vorteile ergeben:

- Rohrreparaturen ohne Unterbrechung der Wasserversorgung
- Weniger anfällige Systeme, d. h. sicherer Betrieb
- Gleichmäßige Druckverteilung
- Geringere Strömungsgeschwindigkeit bei hohem Bedarf
- Wiederumlauf des Wassers bei niedrigem Bedarf
- Ausgleich von Wasserschlägen

### **Messzonen**

Das Leitungsnetz in Städten ist für eine leichtere Regelung und Leckageüberwachung häufig in Bedarfsbereiche aufgeteilt. Diese werden als Messzonen (District Metering Areas, DMA) bezeichnet. Der Wasserstrom in und aus jeder Messzone wird erfasst und mit dem Gesamtwasserverbrauch verglichen, der den Verbrauchern im Gebiet in Rechnung gestellt wird.

Die Differenz zwischen der in der Messzone ankommenden Gesamtwassermenge und des in der Messzone abgerechneten Wasserverbrauchs wird als Non-Revenue Water (NRW, auch „Wasserverluste“) bezeichnet. Das NRW ist das nicht abgerechnete Wasser, das auf kostenlose Versorgung (nicht abgerechnet oder nicht gemessen), Hydranten, Diebstahl/illegalen Anschlüsse, Rohrlecksagen oder Tanküberlauf und Messungenauigkeit zurückzuführen ist. Auf Rohrlecksagen fällt dabei in vielen Netzen ein Anteil von 90 % oder mehr.

## **ii) Druckmanagement**

In Abhängigkeit der verschiedenen Geländehöhen kann das Verteilernetz in Druckzonen unterteilt werden. Alle Rohräste eines Netzes sind mit einem Absperrventil versehen. Dieses kann geschlossen werden, um die Druckzonen herzustellen. Teile des Netzes in niedrig gelegenen Gebieten (z. B. um Seen) oder in höher gelegenen Gebieten (z. B. in einer Stadt) werden verschiedenen Druckzonen zugeordnet. So wird vermieden, dass in Rohrleitungen in niedrigeren Lagen ein höherer Druck auftritt als erforderlich und in Rohrleitungen in höheren Lagen kein ausreichender Druck zur Verfügung steht.

Druck und Leckagen stehen in einem direkten Zusammenhang: je höher der Druck, desto größer die Leckage. Es ist also entscheidend, den Druck möglichst gering zu halten. Dieser konstante Mindestdruck muss aber gleichzeitig hoch genug sein, um die Verbraucher zufriedenzustellen.

Druckreduzierventile kommen häufig zum Einsatz, um in Abschnitten des Netzes den Druck zu reduzieren und einen konstanten Druck sicherzustellen.

### **Hochbehälter für die Druckbeaufschlagung**

Der traditionelle Weg, ein Wasserverteilungssystem mit Druck zu beaufschlagen, besteht darin, das Wasser in einen höher gelegenen Behälter – typischerweise einen Wasserturm – zu pumpen. Häufiger kommt jedoch ein auf einem Hügel vergrabener Behälter zum Einsatz, der auf die gleiche Weise funktioniert, größer bemessen werden kann und sich am Tag nicht aufheizt.

Das Funktionsprinzip eines Hochbehälters ist einfach. Wenn mehrere Behälter miteinander verbunden werden, werden sie auch als „kommunizierende Gefäße“ bezeichnet. Unabhängig von Form und Volumen der Behälter hat das Wasser im ruhigen Zustand überall den gleichen Füllstand. Wird mehr Wasser in einen Behälter gefüllt, gleicht sich der Wasserstand erneut in allen angeschlossenen Behältern aus.

Dieses Phänomen beruht auf dem hydrostatischen Paradoxon und dem Pascalschen Prinzip. Es tritt auf, weil der Druck am Boden eines Gefäßes mit einem ruhenden Fluid (hydrostatischer Druck) nur von der Füllhöhe abhängt, aber nicht von der Form bzw. der Flüssigkeitsmenge. Dadurch wird in allen Behältern der gleiche Wasserstand aufrechterhalten.

In Städten kommen häufig Wassertürme zum Einsatz, sodass die Rohre wie kommunizierende Gefäße funktionieren und Wasser mit ausreichend Druck in höhere Stockwerke von Gebäuden liefern können.

Die Auswahl der Pumpen gestaltet sich dabei relativ einfach: Sie wird vom Wasserstand in den Behältern oder Türmen bestimmt, der von der statischen Förderhöhe abhängt. Die Reibungsverluste können nahezu vernachlässigt werden.

### Direkte Förderung in das Wassernetz

Heutzutage ist es üblich, die Pumpstation direkt an das Verteilungssystem anzuschließen. Auf diese Weise übernehmen die Pumpen drei Aufgaben:

- Wassertransport in Richtung und in das Verteilungssystem

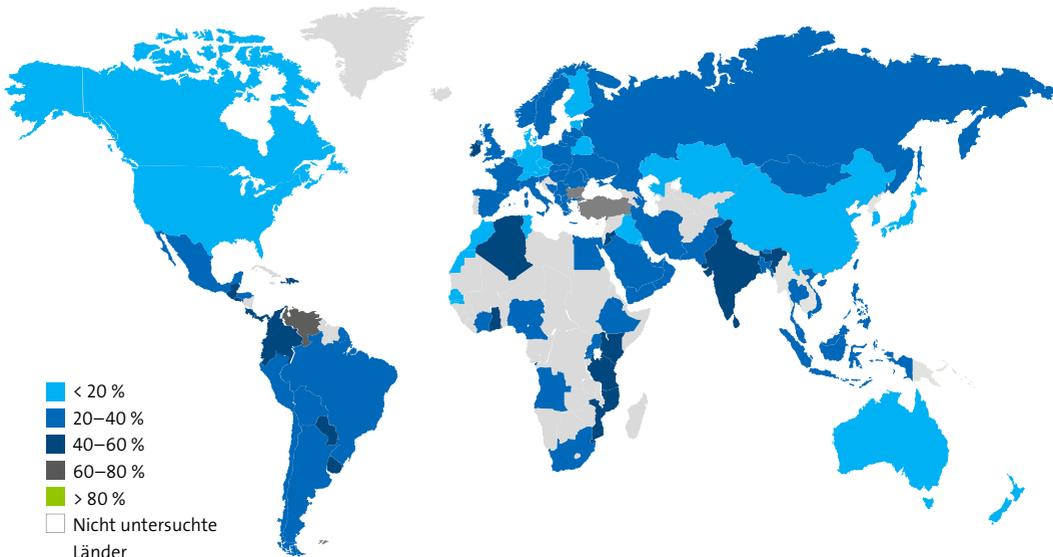
- Druckbeaufschlagung und -aufrechterhaltung im System
- Wasserhebung zu den höchsten Punkten des Systems, z. B. den Hochbehältern

Die Hochbehälter können als Speicherbehälter bei minimalem Verbrauch, als Ausgleichsbehälter bei Spitzenverbrauch und Brandbekämpfung und im Fall von Stromausfällen als Notfallbehälter fungieren.

Die statische Förderhöhe spielt nach wie vor eine Rolle, da sich die Pumpenauswahl auch am höchsten Punkt des Systems orientiert. Die dynamischen Verluste sind jedoch in einigen Fällen nicht unerheblich.

Die in Betrieb befindlichen Pumpen sorgen dafür, dass der Druck im Netz unter den unterschiedlichen Strömungsbedingungen aufrechterhalten wird. Verschiedene Pumpengrößen und Frequenzumrichter können ebenfalls verwendet werden, um den Druck konstant zu halten, während der Förderstrom im Laufe des Tages variiert.

### Anteil der Wasserverluste:



### iii) Zusammenfassung

Eine zuverlässige Anlagenkennlinie für die Pumpenauswahl kann manuell nur für Schwerkraftsysteme (Erhebung) oder einfache, druckbeaufschlagte Verästelungsnetze berechnet werden.

In einem gemischten vermaschten Netz ist der Weg der Strömung nicht eindeutig. Zudem ist es unvermeidlich, dass Komponenten wie Behälter und Pumpen „gegeneinander“ arbeiten. In diesem Fall sind fortschrittliche Softwaretools erforderlich, um die im Netz variierenden Drücke zu simulieren.

Wie wird dann der Pumpendruck bestimmt? Sie können die folgende einfache Gleichung benutzen:

- Förderhöhe = statische Höhe (Höhenunterschied zwischen der Pumpstation und der Stadt) + erforderlicher Systemdruck

Der Systemdruck ist der erforderliche Druck am Wasserhahn beim Verbraucher. Folgende Werte für den Systemdruck sind in Verteilungssystemen in der Regel erlaubt:

- Mindestens 1,5 bar bei Spitzenbedarf
- Maximal 5 bar bei Normalbedarf
- Maximale Netzauslegungsdrücke von 10 bar netto

Pumpstationen mit Frequenzumrichtern fördern das Wasser direkt in das Verteilernetz, um einen ausreichenden, konstanten Mindestdruck aufrechtzuerhalten. Dieses Verfahren kommt heutzutage vorrangig zum Einsatz.

### c) Anzahl und Größe der Pumpen

In der Planungsphase fragen Gemeinden häufig, wie viele Pumpen benötigt werden. Diese Anzahl zu bestimmen, ist ein iterativer Prozess, wobei der Ausgangspunkt die Energieeffizienz darstellt. Denn die Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer einer Pumpe hinweg sind immer höher als die Anschaffungskosten, was aus Sicht der Betreiber und Investoren besonders wichtig ist.

### i) Pumpenwirkungsgrad

Der Wirkungsgrad einer Pumpe hängt von drei Aspekten ab:

- Sicherstellen eines Betriebs nah am optimalen Betriebspunkt
- Kenntnis (und Vermeidung) von internen Verlusten: Stoß-, Volumen- und Reibungsverluste
- Anpassen an den erreichbaren Wirkungsgrad der Pumpenhydraulik

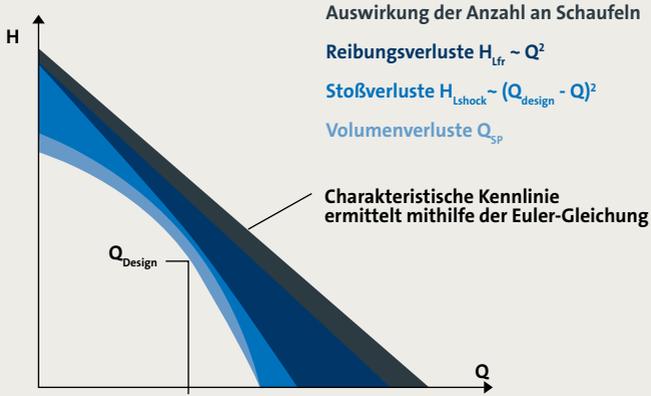
Pumpenkennlinien zeigen einen optimalen Betriebspunkt und einen bevorzugten Betriebsbereich mit einem guten Wirkungsgrad von ca. 80 bis 110 % des Durchflusses bei optimalem Betriebspunkt. Um diesen Bereich einzuhalten, kann die Hydraulik einer vorhandenen Konstruktion durch Kürzen des Laufrads optimiert werden.

Indem der Betriebspunkt näher an den optimalen Betriebspunkt verschoben wird (durch Kürzen der Laufradschaufeln und Reduzieren des Durchmessers), wird der Wirkungsgrad dieses spezifischen Betriebspunkts optimiert. Der Gesamtwirkungsgrad der Laufradhydraulik wird jedoch verschlechtert. Die Reduktion der Drehzahl mithilfe eines Frequenzumrichters ist die bessere Option.

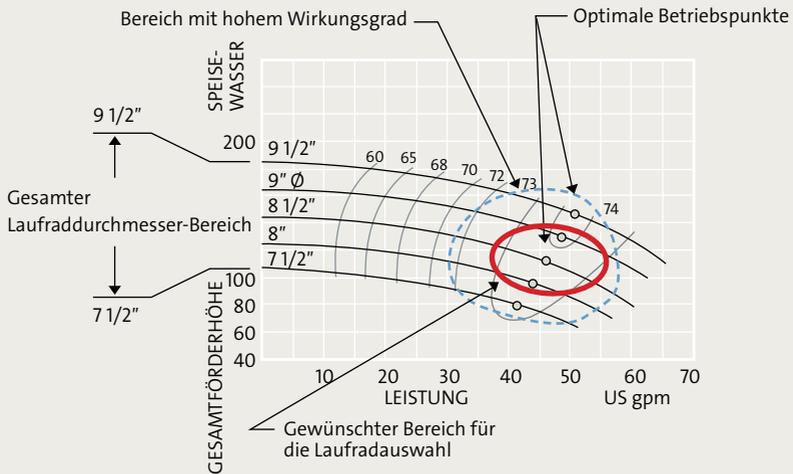
#### Genauere Betrachtung interner Verluste

Die Stoß-, Volumen- und Reibungsverluste in einer Pumpe können zwar optimiert, aber niemals beseitigt werden. Zum Beispiel leiten die Laufradschaufeln zwar den Durchfluss, aber ihre Werkstoffdicke stellt dabei ein Hindernis im Hydraulikkanal dar. Wenn das Wasser in die Kanäle gelangt, prallt es gegen die Vorderkanten des Laufrads und verursacht Stoßverluste. Die raue Oberfläche der Schaufeln führt zusätzlich zu Reibungsverlusten.

Volumenverluste entstehen durch die interne Rückströmung des Wassers von der Druckseite zur Saugseite des Laufrads im Pumpengehäuse. Da sich das Laufrad im Gehäuse dreht, muss ein Spalt vorhanden sein. Die Druckdifferenz bewirkt, dass dort Wasser hindurchfließt.



Reduktion des Pumpenwirkungsgrads durch Reibungs-, Stoß- und Volumenverluste



Bevorzugter Betriebsbereich für die Auswahl eines Laufrads

## ii) Spezifische Drehzahl und Laufradtyp

Die spezifische Drehzahl ( $n_q$ ) bei einem Laufrad beschreibt das Verhältnis zwischen Förderstrom und Förderhöhe. Zusammen mit der Pumpengröße bestimmt sie den erreichbaren Wirkungsgrad.

Dies ist ein aus einer Dimensionsanalyse abgeleiteter Parameter, der einen Vergleich von Laufrädern verschiedener Pumpengrößen ermöglicht, auch wenn deren Betriebsdaten unterschiedlich sind (Förderstrom  $Q_{opt}$ , entwickelte Förderhöhe  $H_{opt}$ , Drehzahl  $n$  am Punkt des besten Wirkungsgrads  $\eta_{opt}$ ).

Die spezifische Drehzahl kann verwendet werden, um die optimale Laufradkonstruktion und die dazugehörige Pumpenkennlinie zu bestimmen.

$n_q$  ist definiert als die theoretische Drehzahl, bei der ein geometrisch ähnlich aufgebautes Laufrad betrieben werden würde, wenn es so groß wäre, dass es am optimalen Betriebspunkt eine Förderhöhe von 1 m bei einem Förderstrom von 1 m<sup>3</sup>/s erzeugt. Sie wird in den gleichen Einheiten wie die Drehzahl angegeben:

$$n_q = n_d \cdot \frac{Q_d^{1/2}}{H_d^{3/4}}$$

$Q_d$  in m<sup>3</sup>/s = Förderstrom bei  $\eta_{opt}$   
 $H_d$  in m = Entwickelte Förderhöhe bei  $\eta_{opt}$   
 $n_d$  in U/min = Pumpendrehzahl  
 $n_q$  in metrischen Einheiten

Da sich die spezifische Drehzahl  $n_q$  erhöht, gibt es einen kontinuierlichen Wechsel von den ursprünglich radialen Ausgängen der Laufräder zu den diagonalen Ausgängen („Mischströmung“) sowie letztendlich den axialen Ausgängen. Die Diffusorelemente der Radialpumpengehäuse (z. B. Spiralen) werden voluminöser, wenn der Förderstrom radial abgeleitet werden kann. Letztendlich ist nur ein axialer Austritt des Förderstroms möglich (wie bei einem Rohrgehäuse).

Ungefähre Referenzwerte:

$n_q$ bis ca. 25	Radiallaufrad mit hoher Förderhöhe
bis ca. 40	Radiallaufrad mit mittlerer Förderhöhe
bis ca. 70	Radiallaufrad mit niedriger Förderhöhe
bis ca. 160	Halbaxiallaufrad
ca. 140 bis 400	Axiallaufrad (Propeller)



Radiallaufrad



Halbaxiallaufrad



Halbaxiallaufrad



Axiallaufrad

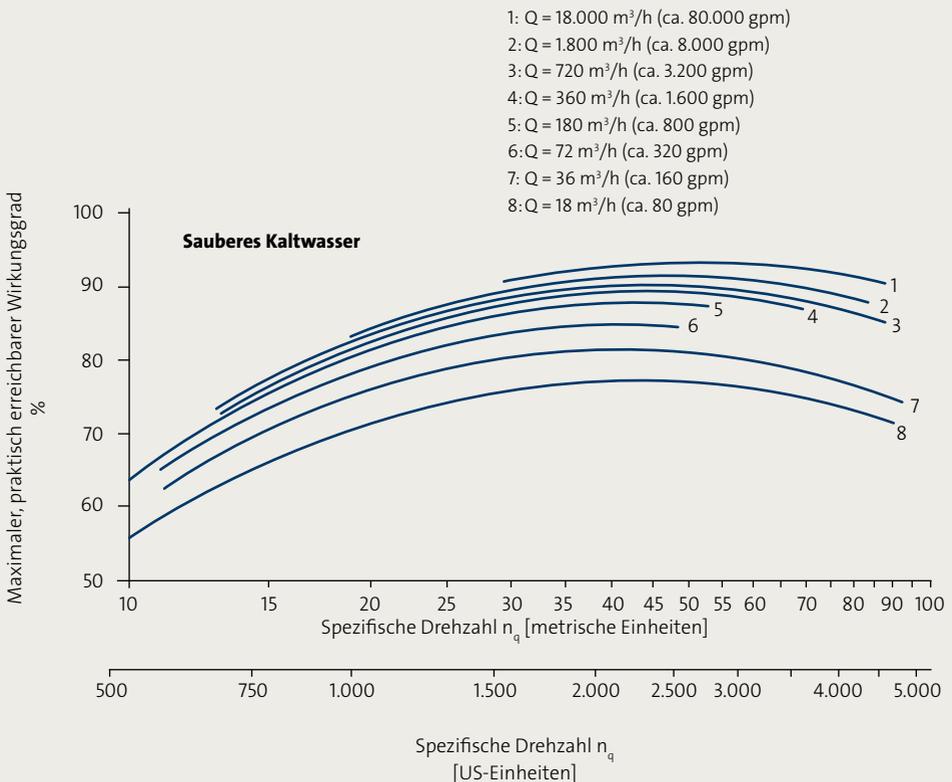
### iii) Erzielen des maximal erreichbaren Wirkungsgrads bei der Auswahl

Der erwartete Wirkungsgrad einer Kreiselpumpe variiert in Abhängigkeit von der spezifischen Drehzahl der Pumpe und dem Betrieb nahe des optimalen Betriebspunkts. Die von Europump (European Pump Manufacturers Association, europäischer Verband der Pumpenhersteller) angegebenen theoretischen Werte für den maximalen erreichbaren Wirkungsgrad liefern einen guten Anhaltspunkt dafür, was in der Kreiselpumpenbranche in der Regel mit guten Konstruktions- und Herstellungsverfahren möglich ist.

Die Abbildung zeigt, dass eine Vergrößerung der Pumpengröße bei einer gegebenen spezifischen Drehzahl zu einer Erhöhung des erwarteten optimalen Wirkungsgrads dieser Pumpe führt, da mit geringeren internen Verlusten gerechnet werden kann.

Ebenso kann bei einem gegebenen Durchfluss die Erhöhung oder Verringerung der spezifischen Auslegungsdrehzahl der Pumpe zu einer Erhöhung des erwarteten Pumpenwirkungsgrads bis zu einem gewissen Punkt führen. Das nachfolgende Diagramm kann als Hilfe verwendet werden, um die Pumpenkonfigurationen zu identifizieren, die den höchsten Basiswirkungsgrad erzielen.

Es zeigt sich, dass  $n_q$ -Werte zwischen 40 und 55 tendenziell einen guten erreichbaren Wirkungsgrad bedeuten.



## iv) Pumpenbestimmung, $n_q$ : ein Praxisbeispiel

Der Gesamtförderstrom (MDC bei Spitzenlast) beträgt  $900 \text{ m}^3/\text{h}$  und der Systemdruck  $3,1 \text{ bar}$  (oder  $30 \text{ m}$ ) (nach US-Planungszahlen, minimaler Zulaufdruck).

Wir können  $n_q$  mithilfe des Diagramms berechnen.

Zwei Pumpenoptionen sehen vielversprechend aus:

$2 \times 450 \text{ m}^3/\text{h}$  mit  $1.450 \text{ U}/\text{min}$  ( $n_q = 42$ )  
 $5 \times 180 \text{ m}^3/\text{h}$  mit  $2.850 \text{ U}/\text{min}$  ( $n_q = 50$ )

Beide Optionen führen zu einer  $n_q$  zwischen  $40$  und  $55$  und sollten daher einen guten Wirkungsgrad ermöglichen.

Der erreichbare Wirkungsgrad für beide Optionen beträgt über  $85\%$ . Die erste Option ist jedoch besser als die zweite, da aufgrund der größeren Pumpengröße weniger interne Verluste zu erwarten sind.

**Ergebnis,  $n_q$ :** ein Praxisbeispiel (Auswahl dieser beiden Pumpen mit dem Auslegungstool Grundfos Product Center)

Im Grundfos Product Center wurde bestimmt, dass die folgenden Pumpen geeignet sind:

- a) Q:  $450 \text{ m}^3/\text{h}$  und H:  $30 \text{ m}$   
(HS 200-150 381,  $\eta = 83\%$  oder NK 150-315,  $\eta = 82\%$ )
- b) Q:  $160 \text{ m}^3/\text{h}$  und H:  $30 \text{ m}$   
(NK 80-180,  $\eta = 79\%$ )

In diesem Fall liegt b) näher am erreichbaren Wirkungsgrad und bietet mehr Flexibilität.

Warum nicht a)?

Ein Mitbewerber könnte eine Pumpe mit einem erreichbaren Wirkungsgrad von  $85\%$  anbieten.

Ein Berater könnte verschiedene Pumpen vorschlagen:  $1 \times 450 \text{ m}^3/\text{h}$  und  $3 \times 180 \text{ m}^3/\text{h}$  (eine der Pumpen ist mit einem Frequenzumrichter ausgestattet, um einen sehr niedrigen Mindestförderstrom liefern zu können).

## d) Zusammenfassung

Für den Förderstrom und die Förderhöhe können realistische Werte bereitgestellt werden:

- Der Gesamtförderstrom wird von der zuständigen Behörde festgelegt. Er kann auf statistischen (Vergangenheit) und prognostischen (Zukunft) Daten basieren. Ist dies nicht der Fall, kann er unter Verwendung anerkannter Planungsfaktoren geschätzt werden.
- Die Förderhöhe entspricht dem erforderlichen Systemdruck plus dem Höhenunterschied (statische Förderhöhe).
- Die statische Förderhöhe kann in der Regel aus Karten entnommen werden, wenn sie nicht vom Planungsunternehmen oder der zuständigen Behörde vorgegeben wird.
- Der Betriebsdruck der Pumpen beträgt zwischen  $2$  und  $5 \text{ bar}$  für die Druckbeaufschlagung des Systems (und natürlich die Höhe).

Für die Extremfälle können wir schätzen, dass der Gegendruck maximal  $10 \text{ bar}$  (Null-Förderstrom) und  $1,5 \text{ bar}$  am Pumpenaustritt beträgt. Wenn es im System keine Hochbehälter gibt, wird die Größe der kleinsten Pumpe vom Mindestförderstrom bestimmt.

Alle anderen Pumpen sollen einen Förderstrom liefern, der etwa  $35\%$  bis  $50\%$  des Nennförderstroms beträgt. Es ist ein gängiges Verfahren,  $150\%$  bis  $175\%$  des Nennförderstroms mit  $3$  bis  $5$  Pumpen abzudecken, die parallel mit einer  $n_q$  zwischen  $40$  und  $50$  laufen.

Heutzutage tendiert man dazu, mehrere kleinere Pumpen anstelle von wenigen größeren einzusetzen.



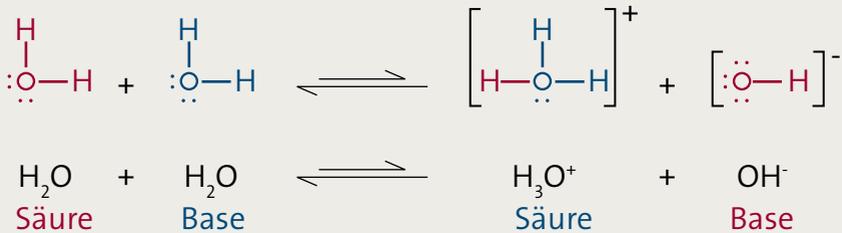
# 4) Fördermedium und Korrosion

Die Standardkonstruktion für Wasserwerke und Wasserverteilungspumpen ist ein Gehäuse aus Grauguss mit einem Laufrad aus Bronze. Diese ist in den meisten Fällen eine gute Lösung.

Erfahrungen zeigen jedoch, dass Trinkwasseranwendungen für die Pumpen auch gefährlich sein können. Daher werden wir im

Folgenden genauer das Fördermedium betrachten und darauf eingehen, was passieren könnte, wenn die Eigenschaften des Fördermediums – Trinkwasser – ignoriert werden.

Wasser ist ein Oxidationsmittel und seine relevanten Eigenschaften müssen bekannt sein, um seine Korrosionswirkung zu bestimmen.



## a) Korrosion

Korrosion ist ein natürlicher Prozess, der ein veredeltes Metall in eine chemisch stabilere Form bringt – wie z. B. ein Oxid, Hydroxid oder Sulfid. Es handelt sich um eine allmähliche Zerstörung von Metallen durch die elektrochemische Reaktion mit ihrer Umgebung.

Rost ist das bekannteste Beispiel für Korrosion:

- Rost ist ein Eisenoxid, ein für gewöhnlich rotes Oxid, das durch die Redoxreaktion von Eisen und Sauerstoff bei Vorhandensein von Wasser oder Luftfeuchtigkeit entsteht.

Das Rosten von Eisen ist ein elektrochemischer Prozess, der mit der Übertragung von Elektronen vom Eisen auf den Sauerstoff über das Wasser erfolgt. Das Eisen ist das Reduktionsmittel (gibt Elektronen ab) und der Sauerstoff das Oxidationsmittel (nimmt Elektronen auf). Die Korrosionsrate wird durch Wasser beeinflusst und durch Elektrolyte und den Säuregehalt beschleunigt.

Die Schlüsselreaktion ist die Reduktion von Sauerstoff bzw. die Oxidation des Eisens:



Da Hydroxid-Ionen entstehen, wird dieser Prozess durch vorhandene Säure stark beeinflusst. Tatsächlich wird die Korrosion der meisten Metalle bei niedrigem pH-Wert durch Sauerstoff beschleunigt.

## i) Galvanische Korrosion

Wenn ein korrosiver Elektrolyt und zwei metallische Werkstoffe in Kontakt kommen (galvanische Zelle), nimmt die Korrosion am weniger edlen Werkstoff (Anode) zu und am edelsten (Kathode) ab. Die Verstärkung der Korrosion wird „galvanische Korrosion“ genannt. Die Eigenschaft eines Metalls oder einer Legierung, in einer galvanischen Zelle zu korrodieren, wird von seiner Position in der

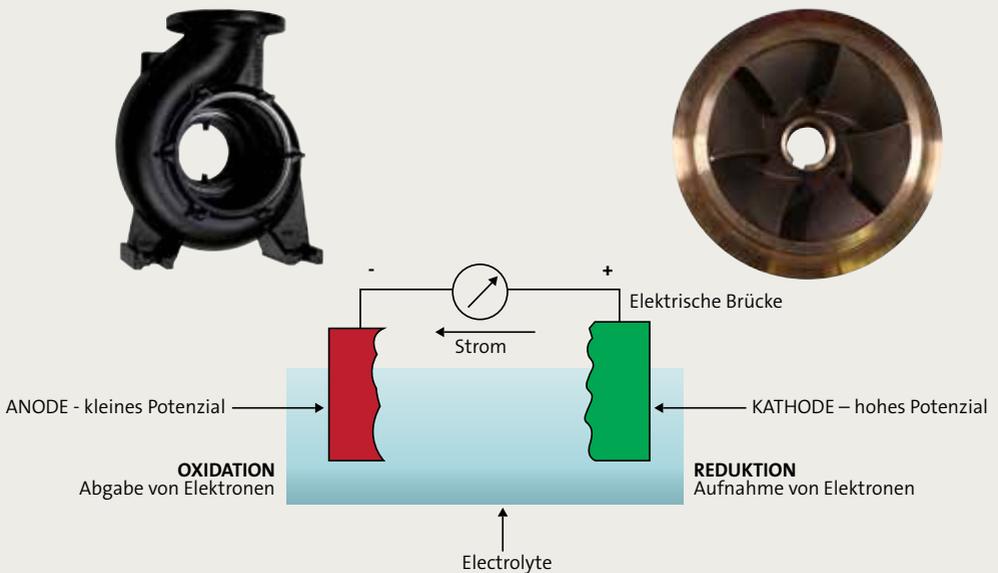
elektrochemischen Spannungsreihe bestimmt. Die elektrochemische Spannungsreihe gibt das Redoxverhalten verschiedener Metalle und Legierungen in einer bestimmten Umgebung an. Je weiter hinten die Metalle in der elektrochemischen Spannungsreihe angeordnet sind, desto größer ist die Wirkung der galvanischen Korrosion. Metalle oder Legierungen am Anfang der Reihe sind edel, während diejenigen am Ende weniger edel sind.

Eine galvanische Zelle (benannt nach Luigi Galvani) oder voltasche Zelle (benannt nach Alessandro Volta) ist eine elektromechanische Zelle, die elektrische Energie aus spontanen Redoxreaktionen gewinnt, die in der Zelle stattfinden. Sie besteht in der Regel aus zwei verschiedenen, über eine Salzbrücke miteinander verbundenen Metallen. Alessandro Volta ist der Erfinder der voltaschen Säule, der ersten elektrischen Batterie.

Für Maschinenbauer stellt eine Pumpe eine Maschine dar – aus chemischer Sicht ist sie jedoch eine galvanische Zelle, eine Batterie.

Mit einer Standardkonstruktion, die aus einem Gehäuse aus Grauguss (Anode) und einem Laufrad aus Bronze (Kathode) besteht, kann Korrosion in einer Pumpe nicht verhindert werden. Da die Potentialdifferenz nicht allzu hoch, Trinkwasser kein starker Elektrolyt und das Gehäuse viel größer als das Laufrad ist, schreitet die Selbsterstörung nur langsam voran.

Dies ändert sich jedoch völlig, wenn Sie die Pumpe z. B. in Meerwasser einsetzen oder wenn auf der Saugseite eine hohe Hypochlorit-Konzentration eingespritzt wird.



## ii) Lochfraß

Bei Lochfraß handelt es sich um eine lokal auftretende Korrosion. Sie bildet winzige Löcher auf der Metalloberfläche. Die Löcher können nach innen (in das Metall hinein) zunehmen. Die Gesamtkorrosion, gemessen am Gewichtsverlust, ist dagegen eher minimal. Die Durchdringungsrate kann je nach Aggressivität der Flüssigkeit das 10- bis 100-Fache der allgemeinen Korrosion betragen.

Lochfraß wird durch stehendes Wasser begünstigt. Diese tritt bei der Wasserverteilung auf, da aufgrund des Lastprofils nicht alle Pumpen permanent betrieben werden können. Darüber hinaus fördern vorhandene Halogene wie Chlor diese Art der Korrosion.



## iii) Spaltkorrosion

Wie der Lochfraß ist die Spaltkorrosion eine Form der lokal auftretenden Korrosion. Die Spaltkorrosion tritt jedoch schneller auf als Lochfraß. Sie entsteht an engen Öffnungen oder Zwischenräumen zwischen zwei metallischen Oberflächen oder zwischen metallischen und nicht metallischen Oberflächen und steht in der Regel mit einem Konzentrationsunterschied im und außerhalb des Spalts im Zusammenhang. Spalte, wie sie beispielsweise an Flansch- oder



## iv) Kavitation und Korrosion

Ein Fördermedium mit hoher Geschwindigkeit reduziert den Druck. Wenn der Druck unter den Dampfdruck der Flüssigkeit sinkt, bilden sich Luftblasen (die Flüssigkeit siedet).

Steigt der Druck wieder, zerfallen die Luftblasen und erzeugen starke Stoßwellen. Dadurch wird Metall oder Oxid von der Oberfläche der Pumpe entfernt.

Eine beschädigte Pumpenoberfläche korrodiert schneller, vor allem wenn das Oxid ebenfalls kontinuierlich entfernt wird. Da der Gegendruck in Wasserverteilungssystemen variiert, ist es unvermeidbar, dass die Pumpen eine kurze Zeit lang mit Teillast oder Überlast mit leichter Kavitation betrieben werden.

## b) Eigenschaften des Wassers

Bei der Wasserverteilung wird Leitungswasser transportiert. Nach einem Behandlungsprozess für das Rohwasser, bei dem häufig bestimmte chemische Verbindungen entfernt werden, können der pH-Wert angepasst, Verunreinigungen entfernt und Chlor zugesetzt werden, um biologische Giftstoffe zu beseitigen. Lokale geologische Bedingungen, die die Bodenbeschaffenheit beeinflussen, sind ausschlaggebend für das Vorhandensein verschiedener Ionen, die das Wasser oft „weich“ oder „hart“ machen.

Wasser ist ein Oxidationsmittel. Es kann einen sauren ( $< 7$ ), basischen ( $> 7$ ) oder neutralen (7) pH-Wert aufweisen und enthält ausreichend Oxoniumion-Ionen ( $H_3O^+$ ) sowie gelösten Sauerstoff.

### i) Calciumcarbonatgehalt ( $CaCO_3$ )

Bei Wasser spielt nicht nur der pH-Wert (Säuregehalt) eine Rolle. Denn der Gehalt an Calciumcarbonat (auch „Wasserhärte“ genannt) bestimmt, ob das Wasser aggressiv oder problematisch ist.

Mit dem Langelier-Sättigungsindex (LSI) wird die Tendenz des Wasser bestimmt, Calciumcarbonat abzusetzen. Damit lässt sich erkennen, ob das Wasser korrosiv (negativer LSI) oder hart ist und leichter Kalk bildet (positiver LSI). Ideal ist ein LSI von 0,0.

- Negativer LSI: Es besteht keine Gefahr der Kalkbildung und das Wasser löst  $CaCO_3$  auf. Ein LSI  $< -0,5$  weist auf korrosives Wasser hin.
- Positiver LSI: Kalk kann sich bilden und eine  $CaCO_3$ -Ausfällung kann auftreten.
- LSI nahe 0: Leichte Gefahr der Kalkbildung. Wasserqualität, Temperaturänderungen oder Verdampfung können den Index verändern.

### ii) Chlorgehalt

Beim Zugeben von Chlor gilt ein kritischer Wert von 5 mg/l. Dieser ist der Grenzwert für ferritische Werkstoffe (Stahl). Der Chlorgehalt im Trinkwasser ist in der Regel etwa zehnmal niedriger.

Beim Dosieren von Natrium- und Calciumhypochlorit gilt Folgendes:

- In Leitungswasser tritt üblicherweise ein harmloser Gehalt von 0,1 bis 0,3 mg/l auf.
- Um den Gehalt auf 1,2 mg/l zu erhöhen, spritzen Sie die Stoffe auf der Saugseite der Pumpe ein. So wird eine bessere Vermischung erreicht.
- Für eine Stoßchlorung (0,6 mg/l) müssen 6 bis 10 mg/l eingespritzt werden.

---

## c) Korrosionsschutz

Im Folgenden werden wir darauf eingehen, wie interne und medienberührte Teile der Pumpe mithilfe von Beschichtungen vor Korrosion geschützt werden können.

In der Regel benötigen Pumpen für die Wasserverteilung keine speziellen Werkstoffe oder Beschichtungen. Natürliches Oberflächenwasser von Seen oder Flüssen ist für gewöhnlich harmlos und saures Wasser (z. B. aus Heide Landschaften) weist einen niedrigen Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  auf.

Behandeltes Wasser kann jedoch kritisch sein. In Meerwasser-Entsalzungsanlagen wird der pH-Wert im Umkehrosmose-Prozess abgesenkt und die Remineralisierung erfolgt nur unvollständig. Daher weist das behandelte Wasser oftmals einen sehr geringen Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  auf und ist leicht sauer. Dies gilt auch für salziges Brunnenwasser, das mithilfe der Umkehrosmose behandelt wird.

Bei den genannten Wasserarten sind ggf. Pumpen aus rostfreiem Stahl erforderlich. Eine Wasseranalyse gibt hierüber Aufschluss.

### i) Beschichtung interner Pumpenteile

Erfahrungen zeigen, dass Beschichtungen auf den internen und den medienberührten Teilen der Pumpe nur wirksam sind, wenn sie flächendeckend aufgetragen wurden. Wenn die Beschichtung unvollständig ist, kann sie Korrosion noch verschlimmern. Denn die Pumpe wirkt wie eine galvanische Zelle. Und wenn eine sehr kleine Oberfläche freigelegt ist, konzentriert sich dort die elektrochemische Aktivität und es besteht das Risiko einer Spaltkorrosion. Die elektrochemische Spaltkorrosion beginnt im Spalt und setzt sich hinter der Beschichtung fort.

Um den gesamten elektrischen Fluss zu unterbrechen und eine galvanische Trennung zu gewährleisten, muss das Gehäuse zu 100 % mit der Beschichtung bedeckt sein. Das bedeutet, dass alle Spalte durch eine zusätzliche Bearbeitung des Pumpengehäuses geschlossen werden müssen und das Gehäuse gestrichen werden muss (auch unter den Verschleißringen). Der Anstrich darf beim Austauschen der Verschleißringe nicht beschädigt werden. Gehen Sie auch bei den Gewinden der Entleerungsstopfen äußerst vorsichtig vor.

Mithilfe von hochmodernen Keramikbeschichtungen sorgt Grundfos dafür, dass seine Pumpen effektiv vor Korrosion, Erosion und Chemikalien geschützt sind. Dadurch können ein zuverlässiger Betrieb und eine lange Lebensdauer der Pumpe gewährleistet werden.

Bei kleineren Pumpen könnte es allerdings wirtschaftlicher sein, ein Gehäuse und ein Laufrad aus rostfreiem Stahl auszuwählen.



# 5) Hauptpumpstation

Hauptpumpstationen befinden sich in der Nähe der Wasseraufbereitungsanlage oder des Trinkwasserspeichers und pumpen das Wasser direkt in das Verteilungssystem oder die Transportleitungen. Diese Pumpstationen sind in der Regel für große Förderströme und hohe Förderhöhen ausgelegt.

Pumpen, die Wasser in Transportleitungen fördern, werden analog Hauptpumpen genannt.

Der Aufstellungsort wird mithilfe topografischer Aufnahmen und der Analyse von Überschwemmungsgebieten bestimmt. Dabei soll festgestellt werden, ob für den geplanten Aufstellungsort eine Hochwassergefahr besteht. Es ist wichtig, dass der Aufstellungsort nicht überflutet wird.

Wichtige Planungsfaktoren:

- Vorhandene Stromversorgung
- Zufahrtstraße für Wartung und Bedienung
- Sicherheit
- Eventuelle nachteilige Auswirkungen auf die Umgebung

Die Standortwahl hängt von einer Bodenanalyse ab, die eine ausreichende Unterstützung für Fundamente oder mögliche Grundwasserprobleme aufzeigt, sowie von einem Höhen- und Entwässerungsplan für das Gebiet, der Aufschluss darüber gibt, ob der Abfluss weg von den Strukturen ausreichend ist.

In Hauptpumpstationen für Trinkwasser werden in der Regel zwei Pumpentypen verwendet:

- Vertikale Turbinenpumpe (Wellenpumpe)
- Horizontale oder vertikale Kreiselpumpe mit geteiltem Gehäuse, die für Wasserwerke ausgelegt ist

Wenn sich Pumpstation und Wasserentnahmeanlage in einem oberirdischen oder unterirdischen Speicher befinden, sind vertikale Turbinenpumpen, bei denen die Steigleitung nach unten in den Speicher verlegt ist, eine logische Wahl. Befindet sich die Pumpstation in einem oberirdischen Speicher, stellen doppelflutige Kreiselpumpen mit geteiltem Gehäuse die bevorzugte Lösung dar. Diese Pumpen haben in der Regel eine horizontale Pumpenwelle. Bei begrenztem Platz kommen jedoch häufig vertikale Pumpen mit geteiltem Gehäuse zum Einsatz.



## a) Funktionen und Komponenten

Die Komponenten der Hauptpumpstation müssen zu den gewünschten Funktionen der Pumpstation passen. Wenn die Hauptpumpstation in oder in der Nähe einer Wasseraufbereitungsanlage, eines Brunnenfelds oder des Hauptvorlagebehälters aufgestellt ist, wird Wasser von der Quelle zum Verbraucher transportiert. Die Pumpe muss dann drei Funktionen erfüllen:

- Wassertransport
- Wasserhebung
- Druckbeaufschlagung des Systems

Es kommen Pumpen unterschiedlicher Größen zum Einsatz, die parallel arbeiten, um den variierenden Bedarf zu erfüllen. Auch kleine Pumpen werden verwendet, um das System mit Druck zu beaufschlagen und nur den Mindestförderstrom zu liefern.

Da Pumpenmotoren Wärme abstrahlen, ist darüber hinaus eine Lüftungsanlage erforderlich. Diese sollte so ausgelegt sein, dass die Luft im Pumpenraum mindestens zweimal pro Stunde ausgetauscht wird, um die gewünschte Umgebungstemperatur aufrechtzuerhalten. In warmen Ländern ist eine Lüftungsanlage von noch größerer Bedeutung. Dort muss sie die Luft mindestens zehnmal pro Stunde austauschen.

Im Hauptmotorschaltschrank geben Frequenzumrichter ebenfalls Wärme ab, weshalb sein Bedienfeld mit Luft gekühlt werden muss. Falls er zum Schutz vor Überschwemmungsschäden über ein geschlossenes Gehäuse verfügt, ist darin auch eine Belüftung erforderlich.

Eine Liste aller Komponenten einer Hauptpumpstation sieht in etwa so aus:

- Saugbehälter
- Saugleitungen mit Absperrventilen

- Hauptpumpen (ggf. in verschiedenen Größen)
- Gemeinsame Druckleitungen, jede mit Rückschlag- und Absperrventilen
- Transformatoren, Schaltanlage
- Motorschaltschrank, Frequenzumrichter
- Messgeräte, Regelkomponenten
- Kontrollraum (SCADA- und Überwachungssystem) kann sich an einem anderen Ort befinden
- Chlor-Dosieranlage
- Belüftungs-/Klimaanlage
- Deckenlaufkran
- Durchflussmesser
- Ausgleichs-/Druckbehälter

Im Allgemeinen wird eine solche Anlage unbeaufsichtigt betrieben, sodass Messgeräte für Messungen benötigt werden, einschließlich einer kleinen Steuereinheit vor Ort für die Automatisierung sowie Kommunikationsgeräte für die Datenübertragung. Es müssen mindestens Geräte für die Ausgabe von Warnungen und Alarmen bei Fehlfunktionen vorhanden sein.

In einer Wasseraufbereitungsanlage erfolgt die Chlordosierung, bevor das Wasser in der Pumpstation ankommt. In der Pumpstation erfolgt jedoch ebenfalls eine Chlordosierung, allerdings zu einem anderen Zweck. Beim Zugeben von Chlor in einer Aufbereitungsanlage geht es darum, Keime im Wasser abzutöten und Wasser mit Trinkwasserqualität sicherzustellen. In einer Pumpstation werden mit Chlor jedoch die Leitungen desinfiziert.

In einer Pumpstation können auch Ausgleichsbehälter erforderlich sein. Sie werden nach den Pumpen und meist außerhalb der Pumpstation installiert.

Ein oder zwei elektromagnetische Durchflussmesser sind nach dem Sammelrohr montiert, um das gesamte gepumpte Wasser zu erfassen.

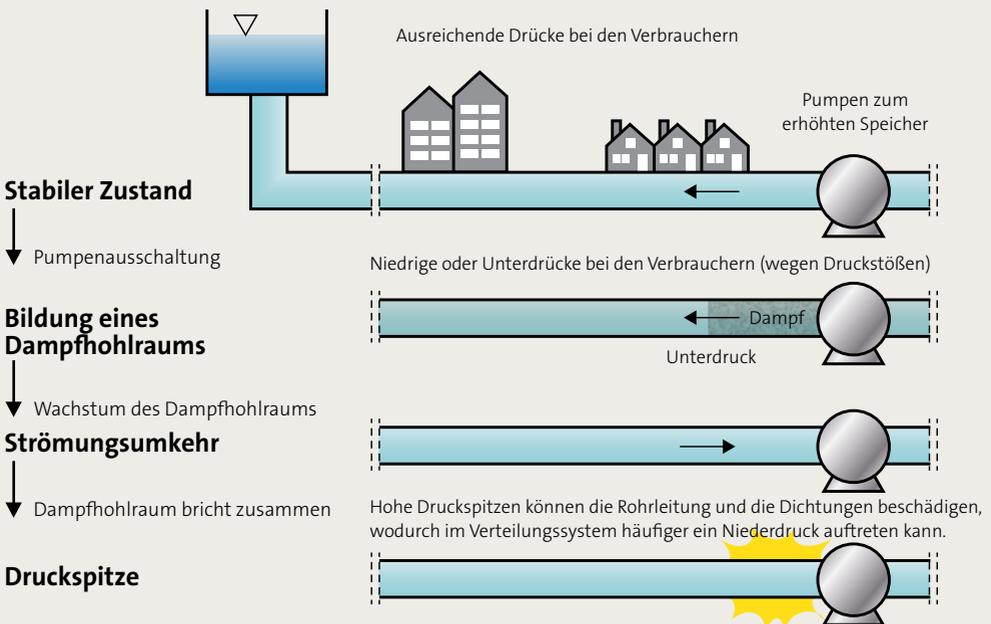
## b) Druckstöße und Wasserschläge

Druckstöße und Wasserschläge treten üblicherweise in Wassertransportsystemen und anderen Systemen mit hoher Förderhöhe auf. Diese Phänomene dürfen nicht ignoriert werden, da ein Höhenunterschied auch bei einer kurzen Transportleitung zwischen der Hauptpumpstation und den ersten Rohrärsten des Verteilungssystems erhebliche Auswirkungen haben kann. Die Haupttransportleitung weist eine höhere Strömungsgeschwindigkeit auf, sodass sich die Trägheit der beschleunigten Wassermasse erhöht.

Im schlimmsten Fall kommt es zu einem Stromausfall und einer Abschaltung der Pumpe, sodass das Wasser weiterläuft, obwohl die Pumpe nicht fördert, und so ein Vakuum entsteht. Rohrleitungen können in der Regel einem hohen Druck standhalten. Ein Unterdruck oder Vakuum wird dagegen oft ignoriert und ist noch kritischer.

Diese Druckstöße, auch hydraulische Stöße genannt, können eine kleine Druck- oder Geschwindigkeitsänderung bewirken, jedoch auch zu einem hohen Druck oder Vakuum führen und so Rohrbrüche verursachen, Pumpenanlagen beschädigen und umfangreiche Stillstandszeiten nach sich ziehen. Wasserschläge, die durch hydraulische Stöße verursacht werden, treten auf, wenn der Gesamtstoßdruck etwa doppelt so hoch ist wie der statische Druck im System und sich das Medium im Ruhezustand befindet.

An kritischen Abschnitten des Rohrleitungssystems wird der Schutz vor Wasserschlägen analysiert, um die Auslegung und Auswahl der Schutzkomponenten zu verifizieren. Wenn von der Analyse übermäßige Druckstöße vorhergesagt werden, werden Auslegung und Anwendung der mechanischen Komponenten verändert. Die Überwachung von Druckstößen ist ein eigenes Fachgebiet.



## i) Schutz vor Druckstößen und Wasserschlägen

Es existieren mehrere Komponenten, die vor Druckstößen und Wasserschlägen schützen.

Ein Vakuumbrecher ist eine günstige Lösung mit großer Wirkung: Er öffnet sich und lässt Luft in die Rohrleitung, wodurch das Vakuum gebrochen wird. Nachteilig ist jedoch, dass störende Luft in die Rohrleitung gelangt, und dies nicht nur bei Druckstößen, sondern auch wenn sich das Ventil durch Schmutz oder einen verschlissenen Sitz nicht ordnungsgemäß schließt.

Ein Ausgleichsbehälter ist eine bessere Lösung. Er speist Wasser ein, um das Vakuum aufzufüllen. Dabei bleibt das Rohrleitungssystem hermetisch abgedichtet. Der Behälter arbeitet in zwei Richtungen:

- Wenn nach kurzer Zeit eine Gegenreaktion einsetzt, kehrt eine sogenannte Druckwelle zurück (denken Sie daran, dass eine Welle Energie ohne Material überträgt; es handelt sich nicht um eine Bewegung des Wassers, sondern um eine Entlastung seiner inneren Spannung). In

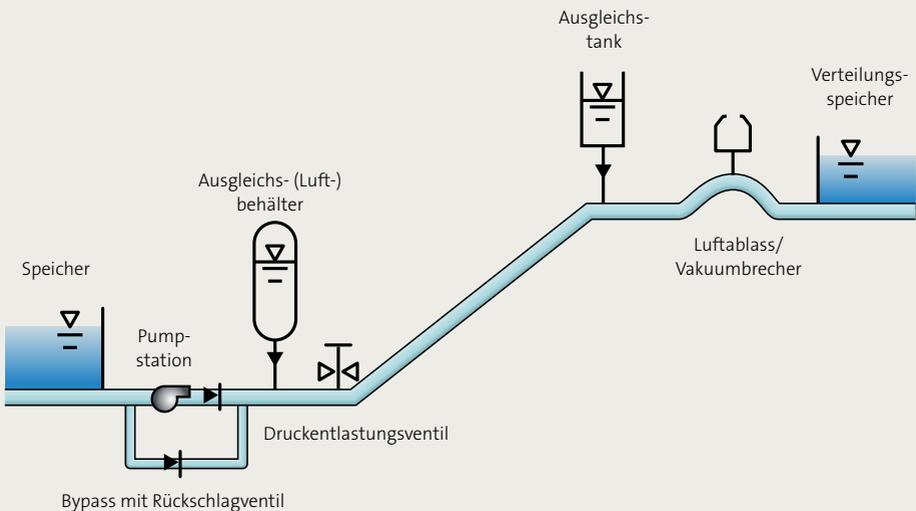
einem geschlossenen Rohrleitungssystem kann diese Kraft zu Beschädigungen führen. Und es gibt keine Öffnung, um sie freizusetzen. Sie kann in den Druckbehälter gelangen und dort die Luft zusammendrücken.

- Auch können das Pumpenrückschlagventil und die Pumpe zur Saugseite hin mit einer kleinen Blende (und einer Berstscheibe) umgangen werden. Denken Sie daran: Wir müssen den Druck weggleiten und nicht den Durchfluss.

Eine einfache Lösung stellt auch ein federbelastetes Überdruckventil dar. Es führt jedoch zu ähnlichen Problemen wie der Vakuumbrecher.

Eine weitere Möglichkeit zum Reduzieren von Druckstößen/des Vakuums nach einer Pumpenausaltung besteht im Installieren eines Schwungrads. Ein Schwungrad ist eine feste Masse, die an der Pumpen- oder Motorwelle installiert wird, die Trägheit erhöht und die Drehzeit der Pumpe verlängert, bevor sie zum Stillstand kommt.

Um die Druckstöße zu reduzieren, kann auch eine Pumpenbypassleitung mit einem Rückschlagventil wie unten dargestellt eingesetzt werden.

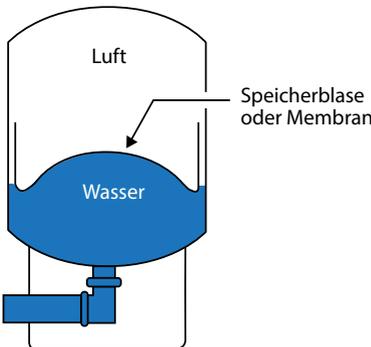


## c) Ausgleichsbehälter und -tank

Druckstöße sind beim Fördern von Wasser unvermeidlich. Sie können auftreten, wenn sich der Förderstrom der Pumpen an der Pumpstation verändert, sich Ventile entlang der Rohrleitung öffnen oder schließen oder eine unkontrollierte Pumpenausschaltung aufgrund eines Stromausfalls auftritt. Die Druckstöße können extreme Druckschwankungen verursachen, die, wenn sie nicht überwacht werden, zu katastrophalen Folgen wie Rohrbrüchen, unnötigen Wasserverlusten und Unterbrechungen in der Versorgung führen können. Unterdrücke treten dabei weitaus häufiger auf als hohe Drücke und sind auch wesentlich zerstörerischer.

Ein Ausgleichsbehälter ist ein Druckbehälter, in dem sich Druckluft befindet (in einigen Fällen befindet sich in vorab befüllten Behältern Stickstoff). Er ist über ein Rückschlagventil, mit dessen Hilfe der Druck in den Rohren nahezu aufrechterhalten wird, mit einem Bypass verbunden, der mit einer Drosselblende für die Befüllung und Überdruckentlastung in den Behälter ausgestattet ist. Bei einem Druckverlust im Rohr öffnet sich das Rückschlagventil und Wasser wird in das Rohr geleitet.

Ein Ausgleichstank ist ein Speicher, der an einem hohen Punkt einer geschlossenen Wasserleitung montiert ist, um plötzliche Druckanstiege aufzunehmen. Bei einem kurzen Druckabfall, wenn die Wassermenge wegfließt oder eine Druckwelle einen Über- oder Unterdruck verursacht, kann er darüber hinaus schnell zusätzliches Wasser bereitstellen.

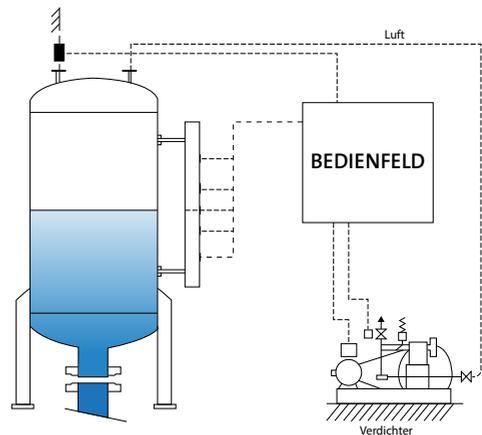


Kleine Behälter und Tanks sind einfach zu betreiben. Sie verfügen über eine Speicherblase, die Luft und Wasser trennt. Die Behälter können mit einer Handpumpe vorab befüllt werden.

Größere Behälter und Tanks weisen keine Speicherblase auf, da die Luft mit dem Wasser in Kontakt kommt und gelöst wird. Bei diesen Behältern/Tanks muss der Wasserstand gemessen und überwacht werden. Bei einem Ausgleichsbehälter kann der Wasserstand angepasst werden, indem der Luftdruck darin erhöht oder reduziert wird. Dafür ist ein fest angeschlossener Verdichter erforderlich. Der Wasserstand in einem drucklosen Tank kann mithilfe eines Schwimmerventils geregelt werden.

Das Bemessen eines Ausgleichsbehälters/-tanks ist komplex: Die Wassermenge im Behälter/Tank muss höher sein als die Wassermenge, die in der Rohrleitung wegfließt (die etwa der Menge in der Auslaufzeit der Pumpe entspricht), abhängig vom Trägheitsmoment des wassergefüllten Pumpenlauftrahls, der Größe, der Länge und der Steigung der Transportleitung sowie der Strömungsgeschwindigkeit.

Eine Analyse der Druckstöße oder Berechnung der transienten Strömung erfolgt per Computersimulation.



## d) Rohrdruck

Das auf dieser Seite gezeigte Diagramm ist das Ergebnis einer Druckstoßanalyse durch ein Computerprogramm. Zur Veranschaulichung der Auswirkung einer sofortigen Pumpenausschaltung mit und ohne Schutzkomponenten sind drei Fälle angegeben:

### 1) Rote Linie: kein Schutz

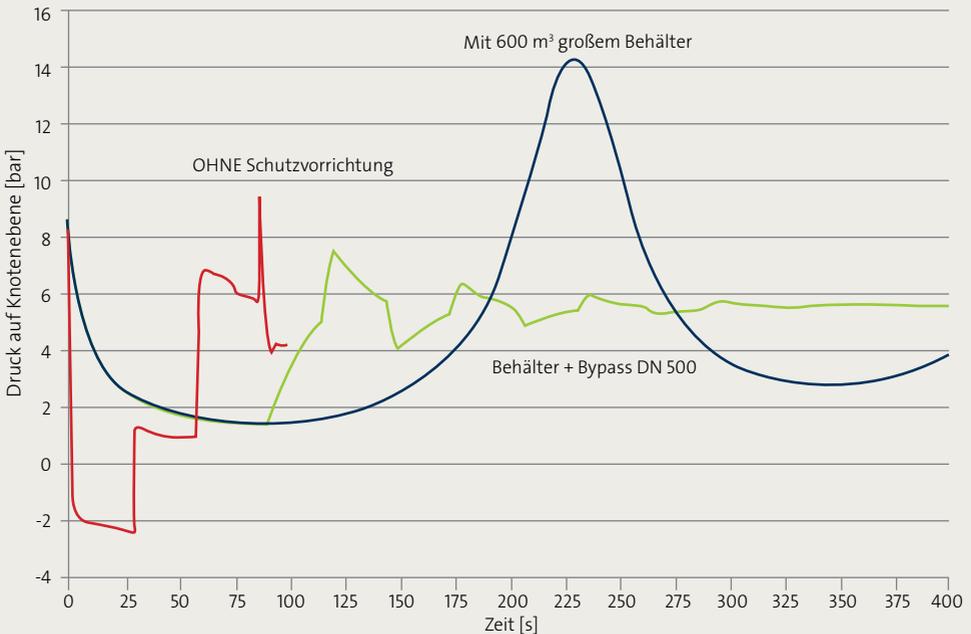
Der plötzliche Druckverlust ist sofort sichtbar; Auswirkung des Druckstoßes bis zu einem technischen Vakuum von -2 bar

Stoßwellen treten bei 27, 54 und 81 Sekunden auf; der angesammelte Überdruck erreicht 10 bar, 2 bar oberhalb des gewöhnlichen Betriebsdrucks von 8 bar

### 2) Blaue Linie: ein Ausgleichstank ist an die Rohrleitung angeschlossen

Sichtbar ist auch die Auswirkung des baldigen Druckstoßes und des Druckverlusts, der durch das Einspritzen von Druckwasser kompensiert wird, das zusammen mit den rücklaufenden Stoßwellen den Überdruck auf 14 bar erhöht – d. h. 6 bar über dem Betriebsdruck.

### 3) Grüne Linie: ein Ausgleichsbehälter und ein Bypass mit Blende; Kompensieren der Überkompensation des Ausgleichsbehälters und Kompensieren des Wasserschlags



## 6) Wassertürme oder Hochbehälter

Ein Wasserturm ist eine erhöhte Konstruktion, die einen Wasserbehälter trägt. Dieser ist in einer Höhe gebaut, die ausreichend ist, um ein Wasserversorgungssystem für die Verteilung von Trinkwasser mit Druck zu beaufschlagen und als Notfallspeicher für die Brandbekämpfung zu dienen. Wassertürme spielen in Verteilungssystemen eine besondere Rolle. Ihre korrekte Bezeichnung ist jedoch „Hochbehälter“.

Moderne Systeme werden direkt von Pumpen mit Druck beaufschlagt. Hochbehälter werden jedoch für die Notversorgung bei einem Stromausfall oder als Überkapazität im Brandfall beibehalten. Diese Behälter werden verwendet, um einen Mindestförderstrom sicherzustellen, der zu niedrig ist, um eine Pumpe zu starten.



Wasserturm mit Druckerhöhungsanlage und Regelventil

## a) Druckbeaufschlagung der Systeme

Die Funktion eines Wasserturms oder Hochbehälters in einem Wasserverteilungssystem ist vergleichbar mit derjenigen eines Ausgleichstanks in einer Transportleitung:

- Wenn der Druck in den Rohren sinkt, wird zusätzliches Wasser eingeleitet und der Druck wieder erhöht.
- Wenn der Wasserstand im Tank niedrig ist und ausreichend Druck im Rohrleitungssystem vorliegt, wird der Tank automatisch wieder gefüllt.

Ein mögliches Problem ist, dass Wassertürme so konzipiert wurden, dass sie das Verteilungssystem mit Druck beaufschlagen und sie eindeutig an extrem hohen Punkten platziert sind. In modernen Systemen können Pumpen direkt für die Druckbeaufschlagung sorgen. Dies führt dazu, dass der Behälterdruck immer über dem erforderlichen Systemdruck liegt und die Wassertürme leer bleiben, d. h. Wasser nicht nachgefüllt wird. Wassertürme sind jedoch für die Versorgung im Notfall erforderlich.

Um den Wasserturm oder den Hochbehälter wieder in das Wasserversorgungssystem zu integrieren, können Sie eine der folgenden Lösungen auswählen:

- Installieren Sie eine Druckerhöhungspumpe, um den Behälter wieder zu befüllen, wenn der Systemdruck unzureichend ist.
- Installieren Sie ein Druckregelventil mit einem vorgegebenen Drucksollwert, das sich öffnet, um den Druck im Verteilungssystem aufrechtzuerhalten und Wasser wieder in das System zurückzuleiten. Ein stetiger Austausch des Wassers im Behälter ist wichtig, um eine Stagnation des Wassers zu vermeiden.
- Viele Behälter weisen nur ein gemeinsames Rohr für das Befüllen und Entleeren auf. In diesem Fall muss eine zusätzliche Füllleitung an die Druckerhöhungspumpe angeschlossen werden.



Druckerhöhungsanlage

Regelventil

---

## b) Funktionen des Regelventils

Automatische Regelventile arbeiten mit hydraulischen Stellantrieben. Dieser hydraulische Stellantriebstyp ist mit einer Membran ausgestattet, die auf Druck- oder Durchflussänderungen reagiert und das Ventil öffnet und schließt. Die Reaktion ist über ein kleines Ventil in der Rohrleitung zur Membran hin einstellbar, das als Pilot- oder Nadelventil bezeichnet wird.

Automatische Regelventile erfordern keine externe Stromversorgung. Das bedeutet, dass der Druck des Mediums ausreichend ist, um sie zu öffnen und zu schließen.

Es gibt die folgenden Typen von automatischen Regelventilen:

- Druckreduzierventile
- Durchflussregelventile
- Gegendruckhalteventile
- Höhenventile
- Überström- oder Sicherheitsventile

Durchflussregelventile verhindern einen übermäßigen Durchfluss, indem sie den Durchfluss auf einen vorausgewählten Mindestwert begrenzen (unabhängig vom sich verändernden Druck im Rohr). Die Vorsteuerung reagiert auf den Differenzdruck, der an einer nach dem Ventil installierten Drosselblende erzeugt wird. Eine präzise Regelung wird durch sehr kleine Änderungen des Regelungsdruckdifferenzdrucks erreicht, die zu einer sofortigen Korrektur des Hauptventils führen.

Druckreduzier-/Druckregelungsventile reduzieren automatisch einen höheren Eingangsdruck auf einen stabilen niedrigeren Minderdruck. Dies erfolgt unabhängig vom variierendem Förderstrom und/oder Eingangsdruck. Diese Ventile werden in Wasserverteilungssystemen auf der ganzen Welt eingesetzt und sind für ihre überragende Leistung, hohe Betriebssicherheit und lange Lebensdauer bekannt. Es gibt viele verschiedene Varianten des grundlegenden Druckreduzierventils.





## 7) Lokale Pumpstationen

Lokale Pumpstationen sind in der Regel Verlängerungen bestehender Wasserverteilungssysteme. Sie kommen zum Einsatz, wenn die Systeme vergrößert werden oder der Bedarf gestiegen ist.

Bei einer lokalen Pumpstation handelt es sich vereinfacht gesagt um ein Teilsystem für die weitere Druckbeaufschlagung oder Hebung des Wassers. Sie funktioniert ähnlich wie eine Hauptpumpstation. Auch kann sie vor Ort eine Desinfektion vornehmen. In der Regel umfasst eine lokale Pumpstation einen kleinen Speicher, der an die Saugseite der Pumpe angeschlossen ist.

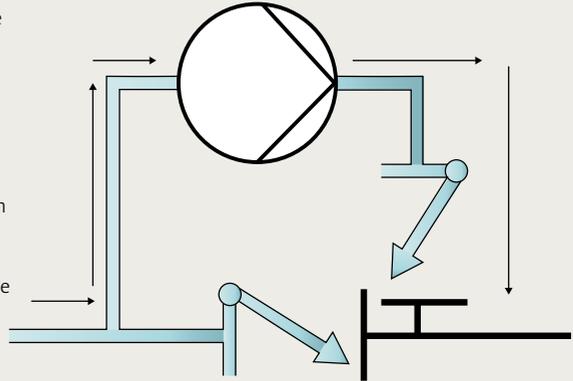


Lokale Stationen befinden sich für gewöhnlich in einigem Abstand zur Hauptpumpstation, wie z. B. in hügeligem Gelände, wo Druckzonen erforderlich sind, um Spitzenströme am Rand einer Gemeinde zu bewältigen.

Im Allgemeinen handelt es sich bei den Pumpentypen, die in lokalen Pumpstationen zum Einsatz kommen, um Block- und mehrstufige Pumpen. Die Blockpumpen verfügen für gewöhnlich über eine horizontale Welle, während die mehrstufigen Pumpen eine vertikale Welle aufweisen.

Die Pumpstationen werden oftmals in bestehende Anlagen integriert und müssen zur vorherigen Planung und Konstruktion passen.

**Diagramm einer Inline-Druckerhöhungspumpe**



## a) Druckerhöhungsanlagen

Eine Druckerhöhungsanlage wird benötigt, um einen Mindest- oder einen konstanten Wasserdruck in einem Verteilungssystem bereitzustellen, wenn der Druck unzureichend ist oder zu sehr schwankt.





# PUMP- STATIONEN



## 8) Konstruktion einer Pumpstation

Dieser Abschnitt thematisiert die Gesamt-konstruktion einer Pumpstation. Es wird auf die kritischen Aspekte bei der Planung einer Pumpstation eingegangen sowie auf die Rolle, die Grundfos bei der Auswahl der richtigen Produkte und als Lieferant spielt.

### a) Projekte und Lösungen

Die Pumpe ist das Herzstück der Pumpstation. Es sind jedoch noch andere Komponenten wie Transformatoren, Bedienfeld, Sensoren, Ventile, Rohrleitungen und Überwachungssystem erforderlich, die viel höhere Investitionen bedeuten – genauso wie die bauliche Struktur der Pumpstation selbst.

Obwohl die Pumpe nicht der kostspieligste Teil der Pumpstation ist, erfolgen Konstruktion und Auswahl aller anderen Komponenten in Abhängigkeit von ihr. Das bedeutet, dass es sehr wichtig ist, die Auswahl des Pumpentyps, die Auslegung und die Systemoptimierung von Anfang an richtig anzugehen.

Wie bereits im Abschnitt zur Pumpenvorauswahl beschrieben ist das Optimieren der Pumpenauswahl eine Möglichkeit, die effizienteste Ausrüstung für einen festgelegten Förderstrom zusammenzustellen. Allerdings ist eine integrierte Konstruktion erforderlich, um die Gesamtkosten zu optimieren.

Während des Konstruktionsprozesses arbeitet Grundfos in der Regel mit den folgenden Interessengruppen zusammen, die alle einen spezifischen Fokus haben:

- **Berater:** einfache Planung, zuverlässige Technik, keine Risiko, keine Fragen
- **Bauunternehmer:** niedrigster Preis für Werkstoffe und Konformität der Anlage
- **Betreiber:** Lebenszykluskosten, langfristige Betriebssicherheit

Oftmals erfolgt unser Kontakt mit Interessengruppen auf andere Weise:

- **EPC-Anbieter (Engineering, Procurement and Construction)**  
Berater und Bauunternehmer als Einheit, offen für intelligente Lösungen (Spend to Save)
- **BOT-Projekte (Build Operate Transfer)**  
Sowohl Investitions- als auch Betriebskosten sind wichtig

#### Beispiele

für die Pumpenauswahl und ihre Auswirkung auf die Kosten:

- Das Vertiefen einer Pumpstation um 1 m ist in der Regel kostspieliger als der Umstieg von Blockpumpen auf horizontale Pumpen mit geteiltem Gehäuse oder von 2.960 auf 1.480 U/min. Pumpen mit geteiltem Gehäuse oder eine niedrigere Drehzahl bedeuten eine geringere erforderliche Haltedruckhöhe (NPSH) und damit eine geringere Tiefe, um Folgendes sicherzustellen:  $NPSH_{\text{verfügbar}} > NPSH_{\text{erforderlich}}$
- Sechs kleinere parallel geschaltete Pumpen können ggf. mithilfe von Niederspannungsinstallationen betrieben werden. Dies ist kostengünstiger als der Betrieb von zwei großen Pumpen, die aufgrund ihrer Leistungsaufnahme mit Mittel- oder Hochspannung betrieben werden müssen, die möglicherweise nicht verfügbar ist.

Diese Beispiele zeigen, warum Grundfos iSOLUTIONS so wichtig ist. Mit diesem Ansatz können Sie Kosten einsparen und Ihre Anlage von Anfang an intelligent gestalten und optimieren.

## b) Pumpenauswahl

Die Auswahl der Pumpen wirkt sich auf die Gesamtkonstruktion aus und bestimmt die Gesamtkosten. Wenn andere Kostenfaktoren bekannt sind, die die Pumpstation betreffen, kann die Pumpenvorauswahl überprüft werden, um die Gesamtkosten zu optimieren.

Andere Kostenfaktoren:

- Verfügbarer Platz (Grundfläche)
- Tiefe und Breite der Hauptstruktur (beeinflusst die Konstruktionskosten proportional)
- Erforderliche Leistung (kW) (bestimmt die Kosten der elektrischen Installation)

Ausgehend von den Vorauswahlkriterien können wir nun einen Schritt weiter gehen und den Pumpentyp bestimmen. Der Druckbereich für Speisewassertürme oder Hochbehälter

sowie für die Druckbeaufschlagung von Verteilungssystemen beträgt typischerweise 1,5 bis 5 bar. Diese Werte können in der Regel mit einstufigen Pumpen erreicht werden.

Folgende Pumpen stehen zur Auswahl:

- Blockpumpen
- Horizontale Pumpen mit geteiltem Gehäuse

Es gibt jedoch Ausnahmen:

- Ein extremes Verhältnis zwischen Förderstrom (gering) und Förderhöhe (hoch) erfordert eine kleine mehrstufige Pumpe.
- Eine hohe geodätische Höhe aufgrund der Topografie erfordert mehrstufige Pumpen.
- Eine direkte Wassereinleitung vom tiefen Brunnen in das Verteilungssystem (wenn keine Wasseraufbereitung nötig ist) erfordert tauchbare Bohrlochpumpen.
- Wasserbehälter mit vertikalen Turbinenpumpen



## i) Horizontale Pumpen mit geteiltem Gehäuse vs. Blockpumpen

Die Pumpenauswahl bestimmt die Gesamtkosten und die Abmessungen der Pumpen beeinflussen die Konstruktion. Darüber hinaus entstehen je nach Pumpentyp sowie Saug- und Druckleitung zusätzliche Kosten.

Beim Beispiel für die Vorauswahl von Pumpen (Abschnitt 3) hat sich gezeigt, dass in einem System, das mit einem Druck von 3 bar beaufschlagt ist, ein Förderstrom von 250 l/s (900 m<sup>3</sup>/h) transportiert werden kann, wenn Folgendes gegeben ist:

- 2 Pumpen: 450 m<sup>3</sup>/h und 1.450 U/min = N<sub>q</sub> 42 (horizontale Pumpen mit geteiltem Gehäuse)
- 5 Pumpen: 180 m<sup>3</sup>/h und 2.900 U/min = N<sub>q</sub> 50 (Blockpumpen)

Beide Lösungen bieten einen guten Wirkungsgrad. Es ist jedoch auch möglich, beide Pumpentypen zu kombinieren und so den Betriebsbereich zu vergrößern:

- 1 x 450 m<sup>3</sup>/h + 3 x 180 m<sup>3</sup>/h

### Tiefe einer Pumpstation:

Welcher Pumpentyp die kostengünstigste Konstruktion ergibt, hängt auch von Folgendem ab:

- Geringere Tiefe (NPSH) – größere Spannweite (Verrohrung)
- Tiefere Station – schmale Konstruktion

Nachfolgend finden Sie die Standardbaulängen für die Konstruktion. Eine Überschreitung erhöht die Baukosten entsprechend:

- Standardlängen für die Konstruktion: 6 m/20 ft oder 12 m/40 ft
- Erforderliche Länge für diesen Fall:  
Horizontale Pumpe mit geteiltem Gehäuse: 7,2 m  
Blockpumpe: 5,5 m

Das Gebäude für die Blockpumpe wird erheblich günstiger sein, die Fertigbeton-Querträger in Standardlänge von 6 m oder 20 ft reichen aus und auch die Spannweite des Deckenlaufkrans wird geringer sein.

- Erforderliche Tiefe gemäß NPSH<sup>erforderlich</sup>:  
Horizontale Pumpe mit geteiltem Gehäuse: 4,3 m  
Blockpumpe: 6,5 m

Wenn der Wassersaugbehälter nicht erhöht aufgestellt ist, muss das Fundament für die Blockpumpe ggf. unter dem Bodenniveau liegen (Aushub erforderlich), während die horizontale Pumpe mit geteiltem Gehäuse an einem einfachen Betonfundament auf Bodenhöhe befestigt werden kann.

## ii) $NPSH_{\text{verfügbar}}$ und $NPSH_{\text{erforderlich}}$

Um  $NPSH_{\text{verfügbar}}$  und  $NPSH_{\text{erforderlich}}$  zu bestimmen, muss geprüft werden, woher das Wasser kommt. Wählen Sie dann eine Pumpe mit einem Wert für  $NPSH_{\text{erforderlich}}$ , der geringer ist als derjenige von  $NPSH_{\text{verfügbar}}$ .

Ohne Frage ist es kostengünstiger, die für die Pumpe erforderliche  $NPSH$  zu optimieren, als die Pumpstation tiefer zu bauen:

- Eine horizontale Pumpe mit geteiltem Gehäuse und doppelflüchtigem Laufrad erfordert einen geringeren Saugdruck als eine Blockpumpe.
- Eine größere Pumpe mit gleichen Werten für Förderstrom und Förderhöhe, jedoch mit einem Motor mit geringer Drehzahl (z. B. mit einem 4-poligen anstatt einem 2-poligen Motor), erfordert ebenfalls einen weitaus geringeren  $NPSH$ -Wert.

In beiden Fällen ist eine kostspieligere Pumpenausrüstung erforderlich. Die zusätzlichen Kosten werden jedoch durch die Einsparungen bei den Konstruktionskosten kompensiert.

## iii) Konstruktion bei Einsatz einer vertikalen Turbinenpumpe

Wenn die Kosten für die Grundfläche der Pumpstation so hoch sind, dass sie die erhöhten Betriebskosten ausgleichen, könnte eine Lösung mit einer vertikalen Turbinenpumpe relevant sein (insbesondere bei Druckerhöhungslösungen).

Obwohl ein enges Bohrloch für die Pumpe von Vorteil ist, sind einige kritische Aspekte zu berücksichtigen, die bei vertikalen Turbinenpumpen eine Rolle spielen:

- Schwingungsresonanzfrequenz bei Drehzahlreduktion durch einen Frequenzumrichter
- Hohe Wartungskosten, da ein Kran die Pumpe anheben muss, sowie zeitaufwendiger Auseinander- und Zusammenbau



### Konstruktion des Pumpensumpfs

Die meisten vertikalen Turbinenpumpen verfügen über ein halbaxiales Laufrad, das hohe Anforderungen an die Saugströmungsbedingungen stellt (keine gute  $n_q$ ). Eine gleichgerichtete Mindestströmungsgeschwindigkeit ist erforderlich, um zufriedenstellende Wirkungsgrade zu erzielen.

- Die Abmessungen der Pumpenkammer sind abhängig vom Förderstrom/der Pumpengröße.
- Der Wirbelbrecher muss unter der Saugglocke platziert werden.
- Parallel geschaltete Pumpen müssen durch Leitbleche voneinander getrennt werden.
- Die Mindesteintauchtiefe muss eingehalten werden.

### Geformter Saugeinlass

Wenn der Pumpensumpf nicht für eine vertikale Turbinenpumpe geeignet ist und die Pumpe keine gleichgerichtete Strömung erhält (z. B. wenn der Abstand zwischen den Leitblechen zu groß ist und die Geschwindigkeit fast Null beträgt), können zufriedenstellende Saugbedingungen erreicht werden, indem die Pumpe in einem Behälter mit vorgefertigtem, geformtem Saugeinlass montiert wird.



### Keine Verwendung mit Frequenzumrichter

Da horizontale Pumpen mit kurzen Wellen mit einer unterkritischen Drehzahl laufen (vertikale Pumpen werden mit einer überkritischen Drehzahl betrieben), kann die Drehzahlreduktion durch einen Frequenzumrichter die Pumpen auf ihre kritische Drehzahl bringen (bezogen auf ihre Resonanzfrequenz). Ein solcher Betrieb kann die Pumpen zerstören.

Es ist nahezu unmöglich, die Resonanzfrequenz vorherzusagen, um einen Betrieb mit der entsprechenden Drehzahl zu vermeiden. Sie wird oft erst während des Pumpenbetriebs erkannt und ist in der Regel die Summe mehrerer Frequenzen:

- Resonanzfrequenz der Pumpe
- Resonanzfrequenz des vertikalen Motors
- Resonanzfrequenz der Baugruppe aus Pumpe und Motor

Die bereits in der Nähe der Resonanzfrequenz erzeugten Schwingungen können die Struktur langsam zerstören und zu Rissen im Beton führen. Der Betrieb mit Resonanzfrequenz zerstört also die Komponenten.

Frequenzumrichter werden bei vertikalen Turbinenpumpen eingesetzt. Wenn jedoch ein Pumpenbetrieb mit Frequenzumrichter zum Regeln des Durchflusses auf energieeffiziente Weise gewünscht wird, ist eine vertikale Turbinenpumpe nicht die beste Wahl. Verwenden Sie in diesem Fall horizontale Pumpen wie Blockpumpen oder Pumpen mit geteiltem Gehäuse.

# c) Optimieren der Kosten der elektrischen Ausrüstung – AC-Motoren, Effizienzklassen und Frequenzumrichter

Bei einer Pumpstation sind die Kosten für die elektrische Ausrüstung höher als diejenigen für die Pumpen:

- **Relais** – Niederspannung ist kostengünstig; ab Mittelspannung gibt es erhebliche Mehrkosten
- **Transformatoren** – erhebliche Mehrkosten
- **Typ des Anlassers** – erhebliche Mehrkosten
- **Elektromotor** – erhebliche Mehrkosten; noch höhere Kosten bei Mittel- und Hochspannung

Wenn ein Schaltschrank für Mittelspannung (> 200 kW) erforderlich ist, erhöhen sich die Kosten entsprechend. Energieversorger regeln die maximal zulässige Stromstärke für den Direktanlauf (DOL, Direct On-Line) und die maximal zulässige Leistungsaufnahme für Niederspannung.

## i) AC-Motoren

Der am häufigsten verwendete Pumpenmotor ist der asynchrone 3-Phasen-Induktionsmotor, auch als Kurzschlussläufermotor bekannt.

Ein AC-Motor ist ein Elektromotor, der mit Wechselstrom (AC, Alternating Current) betrieben wird. Er besteht in der Regel aus zwei Grundkomponenten: einem äußeren, stationären Stator mit Spulen, die mit Wechselstrom versorgt werden, um ein magnetisches Drehfeld zu erzeugen, sowie einem inneren Rotor, der an der Abtriebswelle befestigt ist und ein zweites magnetisches Drehfeld erzeugt. Das magnetische Drehfeld kann durch Permanentmagnete, Reluktanz oder elektrische Gleich- oder Wechselstromwicklungen erzeugt werden.

Wenn sich ein AC-Motor in Dauerrotation (Bewegung) befindet, drehen (bewegen) sich die Magnetfelder von Rotor und Stator mit geringem Schlupf (nahezu synchron).

Die Magnetkräfte (abstoßend und anziehend) zwischen Rotor- und Statorpolen erzeugen ein durchschnittliches Drehmoment, das eine Last mit Nenndrehzahl antreiben kann.

Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren werden in der Industrie häufig in Größen eingesetzt, die für Anwendungen in der Wasserversorgung und -verteilung (< 200 kW) relevant sind. Sie laufen meist mit Nenndrehzahl:

- 3.000 U/min (oder 3.600 U/min bei 60 Hz) – 2-polige Motoren
- 1.500 U/min (oder 1.800 U/min bei 60 Hz) – 4-polige Motoren
- 1.000 U/min (oder 1.200 U/min bei 60 Hz) in alten Installationen – 6-polige Motoren

Die Motoren werden in Serienproduktion gefertigt und sind betriebssicher sowie wirtschaftlich. Sie werden darüber hinaus sehr häufig in Anwendungen mit fester Drehzahl eingesetzt, eignen sich aber auch für drehzahlgeregelte Anwendungen mit Frequenzumrichtern.

Mittlerweile werden Induktionsmotoren immer öfter in Kombination mit Frequenzumrichtern verwendet. Frequenzumrichter bieten besonders wichtige Energieeinsparmöglichkeiten für bestehende und zukünftige Induktionsmotoren in Anwendungen mit variablem Drehmoment und variabler Last, wie beispielsweise Kreiselpumpen.

## ii) Effizienzklassen

Im Rahmen der internationalen Diskussion um die Energieeffizienz wurde für Drehstrom-Asynchronmotoren, die mit Niederspannung betrieben werden, ein weltweit harmonisiertes System für die Klassifizierung der Energieeffizienz etabliert. Die International Electrotechnical Commission (IEC) hat in Bezug darauf eine neue Norm zum Bestimmen der Motoreffizienz weltweit entwickelt und herausgegeben.

Die neue Norm IEC 60034-30 von 2014 definiert und harmonisiert die Effizienzklassen IE1, IE2, IE3 und IE4 für netzgespeiste Drehstrommotoren mit einem Leistungsbereich von 0,12 bis 1.000 kW. IE4 kennzeichnet eine äußerst hohe Premium-Effizienz, IE3 eine Premium-Effizienz, IE2 eine hohe Effizienz und IE1 eine Standard-Effizienz.

Die IE3-Motoren von Grundfos erfüllen die für die USA geltenden Anforderungen des EISA 2007 (Energy Independence and Security Act) sowie weitaus mehr Anforderungen, als die EU in der Ökodesign-Richtlinie festlegt.

### IE4- und IE5-Motoren

Die Modelle H/I/J der MGE-Motoren von Grundfos erzielen bisher die größte Energieeffizienz. Diese Permanentmagnet-Synchronmotoren sind speziell für den Betrieb mit Frequenzumrichtern konzipiert und für Pumpenanwendungen sowie hohe Teillastwirkungsgrade optimiert. Dies führt zu niedrigeren Energie- sowie Lebenszykluskosten und übertrifft die IE4-Klasse in IEC 60034-30-1, selbst bei Frequenzumrichterverlusten im mittleren Bereich.

## iii) Motoreinschaltart

Die Leistung bestimmt die Kosten der elektrischen Ausrüstung. Wenn die Spannung als vorgegeben betrachtet wird, ist der Strom die kritische Größe. Das Anlaufmoment eines AC-Motors ist in der Regel höher als das erforderliche Drehmoment einer Kreiselpumpe mit Radialhydraulik. Aus diesem Grund birgt das Reduzieren des Motordrehmoments und somit des Anlaufstroms ein hohes Potenzial.

Für Kreiselpumpen mit Radialhydraulik existieren verschiedene Einschaltarten:

### Direktanlauf

Diese Einschaltart ist nur für Kleinverbraucher zulässig und in einigen Ländern gesetzlich verboten.

### Stern-Dreieck-Anlauf

Diese Einschaltart bietet die kostengünstigste Möglichkeit, den Anlaufstrom angemessen zu reduzieren. Hierbei kann jedoch das Problem auftreten, dass wenige Millisekunden lang kein Strom anliegt (Drehmomentverlust). Davon sind Pumpen mit einem niedrigen Trägheitsmoment betroffen, wie mehrstufige Pumpen, vertikale Turbinenpumpen und Pumpen, die gegen ein geöffnetes Ventil anlaufen.

### Anlauf mit Transformator

Das Einsetzen eines Transformators zum Reduzieren der Spannung während des Motoranlaufs ist eine gute, jedoch kostspielige Lösung.

### Sanftanlauf

Der Sanftanlauf mit Stromregelung ist eine hochmoderne Lösung, bei der die Halbleitertechnologie die Kupferverkabelung ersetzt. Der Anlaufstrom wird um etwa 50 % reduziert.

### Anlauf mit Frequenzumrichter

Beim Anlauf mit einem Frequenzumrichter erfolgt ein schrittweiser Übergang von einer Frequenz zu einer höheren Frequenz. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion des erforderlichen Pumpendrehmoments.

Von allen Verfahren ermöglicht dieses den geringsten Anlaufstrom. Und durch seine hohe Wirtschaftlichkeit werden die zusätzlichen Anschaffungskosten kompensiert.

## iv) Frequenzumrichter

Im Folgenden wird näher auf Frequenzumrichter in häufig auftretenden Anwendungen eingegangen sowie darauf, wie Kostenvorteile erzielt werden können.

Bei verschiedenen Drehzahlen (n) weist eine Kreiselpumpe unterschiedliche Kennlinien auf, die durch die Affinitätsgesetze miteinander in Beziehung stehen.

Sind die Merkmale Förderhöhe (H) und Leistung (P) als Funktionen des Förderstroms (Q) für eine Drehzahl  $n_1$  bekannt, können alle Punkte auf der Kennlinie für  $n_2$  mithilfe der folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$Q_2 = Q_1 \cdot n_2/n_1$$
$$H_2 = H_1 \cdot (n_2/n_1)^2$$
$$P_2 = P_1 \cdot (n_2/n_1)^3$$

Bei einer Drehzahländerung kann der Betriebspunkt verschoben werden. Wenn die Drehzahl reduziert wird, bewegt sich der Betriebspunkt B entlang der Systemkennlinie in Richtung geringerer Förderströme.

Die Kosten für Frequenzumrichter sind nicht gering. Sie amortisieren sich jedoch schnell bei häufig eingesetzten Pumpen, die oft mit reduzierten Förderströmen und bei kleinen statischen Förderhöhen betrieben werden müssen.

Dies gilt insbesondere für Flachwasserverteilungssysteme. Zum Regeln des Förderstroms in einer Wasserhebeanwendung mit hoher statischer Förderhöhe ist ein Frequenzumrichter jedoch keine Option (wie Sie anhand der Formeln sehen).

#### **Denken Sie daran:**

Der Förderstrom reduziert sich proportional zur Drehzahl, der Förderhöhenabfall ist jedoch quadratisch.

## v) Zusammenfassung

### Elektrik

Strom stellt den größten Kostenfaktor dar. Die Kosten können jedoch erheblich gesenkt werden, wenn die Stromstärke reduziert wird. Bedenken Sie, dass die Versorgungsstation in Abhängigkeit von Folgendem für den Spitzenverbrauch ausgelegt sein muss:

- Anlaufstrom eines Pumpenmotors
- Leistungsaufnahme aller Pumpen abzüglich einer betriebenen Pumpe zuzüglich dem Anlaufstrom der verbleibenden Pumpe(n)

Die Hauptaufgabe des Pumpenlieferanten besteht darin, den Anlaufstrom zu senken. Dies kann auf zwei Weisen erfolgen:

- Auswählen einer guten Einschaltart (Sanftanlauf oder Anlauf mit Frequenzumrichter)
- Verwenden von kleineren Motoren, d. h. Betreiben einer größeren Anzahl an parallel geschalteten Pumpen

Die zusätzlichen Kosten für die elektromechanische Ausrüstung (Pumpen-Motor-Baugruppen) werden durch die Elektrik kompensiert.

### Kostenfaktoren für die Konstruktion der Pumpstation

Betrachtet man die Planungs- und Konstruktionskosten (Breite und Tiefe der Pumpstation), stehen die Kostenfaktoren der elektrischen Geräte in direktem Zusammenhang mit dem Spitzenstromverbrauch. Die Lösung besteht darin, den Strom (Stromstärke) zu optimieren.

Der Spitzenstrom für jede Anlage wird nicht im Betrieb, sondern bei ihrem Anlauf erreicht. Da nicht alle Pumpen gleichzeitig, sondern nacheinander eingeschaltet werden, birgt die Größe jeder einzelnen Pumpe in Kombination mit der Einschaltart ein enormes Kosteneinsparpotenzial.



# 9) Hinweise zur Auslegung

In diesem Abschnitt werden einige Empfehlungen und Hinweise thematisiert, um einen reibungslosen Betrieb von Pumpe und Pumpstation sicherzustellen. Es ist von Vorteil, die folgenden Aspekte in der Planungs- und Konstruktionsphase zu berücksichtigen:

- Anschluss einer Pumpe
- Saugleitung
- Ventile in Pumpstationen
- Desinfektion (Chlorung)
- Überwachung
- SCADA- und Steuerungslösung

## a) Reduzieren von Stützenkräften

Beim Anschließen der Pumpe wird oft der Fehler gemacht, die Pumpe als Festpunkt in der Verrohrung zu betrachten. Dadurch entstehen Missverständnisse. Denn die Bewegung der Pumpe durch übertragene Rohrleitungskräfte ist Thema der meisten Kundenbeschwerden nach einem Pumpenkauf.

Leider scheinen viele beratende Ingenieure diesen Fehler zu machen. Sie beziehen sich auf API 609 (American Petroleum Institute), worin Pumpenstützenkräfte – sehr hohe Stützenkräfte – definiert sind. Dann wenden sie diese API-Normen auch für Wasserverteilungsprojekte an.

Anstatt Stützpunkte für das wassergefüllte Rohr und Drucklager vorzusehen, um die seitlichen Rohrleitungskräfte aus der Beschleunigung der Wassersäule zu binden, berechnen sie alle Rohrleitungskräfte mit einer ausgeklügelten Software und geben diese als resultierende Stützenkräfte an, die von der Pumpe aufgenommen werden müssen. Dies kann bei kleinen Pumpen und Förderströmen funktionieren. Bei größeren Pumpen in Wasserwerken kann jedoch ein nicht fixierter Kompensator genügend Kraft entwickeln, um eine Pumpe auf ihrer Grundplatte zu bewegen oder, noch schlimmer, das Pumpengehäuse zu verformen. Die Rohrleitungen

müssen immer abgestützt und die Pumpe spannungs- und verdrehfrei angeschlossen werden.

## b) Wichtige Elemente für Saug- und Druckleitungen

Für einen reibungslosen Betrieb der Pumpe ist ein ordnungsgemäßer Pumpenanschluss unerlässlich. Aus diesem Grund müssen die folgenden Elemente in einer Zeichnung einer Pumpstation enthalten sein:

### **Mindestlänge der Saugleitung (Abstand zwischen Pumpe und nächstem Funktionselement)**

Die Saugleitung muss ausreichend lang sein und einen ordnungsgemäßen Durchmesser aufweisen. Der Durchfluss wird vor dem Eintritt in die Pumpe beschleunigt. Bei einer Pumpe mit 3.600 U/min beträgt seine Geschwindigkeit im Behälter 0 m/s, in der Hauptleitung und im Saugkopf bis zu 1 m/s, im Saugstutzen ca. 2 m/s und im Saugstutzen der Pumpe 4 m/s.

### **Exzentrisches Reduzierstück auf der Saugseite, konzentrisches Reduzierstück auf der Druckseite**

Das Reduzierstück auf der Saugseite sollte exzentrisch ausgeführt sein und nicht direkt am Pumpenflansch montiert werden. Es muss ein Mindestabstand von drei bis fünf Rohrdurchmessern zwischen der Pumpe und allen Funktionselementen wie Ventilen, Rohrbögen und -verjüngungen eingehalten werden.

### **Rohrhalter und Drucklager (Festpunkt) zum Begrenzen der horizontalen und vertikalen Stützenkräfte**

Hängen Sie das Rohr auf und achten Sie auf einen massiven Festpunkt (Betonblock) in der Nähe der Pumpe auf der Druckseite.

### **Demontieren von Teilen und gegen seitliche Bewegung arretierbare Bälge**

Rohrkompensatoren müssen fixiert werden (Typ 3-Flansch), um zu gewährleisten, dass alle Rohre wieder mit dem festen Stützpunkt verbunden sind.

## c) Empfohlene Länge der Saugleitung

Es gibt verschiedene Standards für die Länge der Saugleitung, die den 4- bis 6-fachen Rohrdurchmesser empfehlen (gemäß ANSI HI 9.6.6.6). Der Abstand zwischen der Pumpe und dem nächsten Funktionselement (in diesem Fall dem Reduzierstück) muss das 2- bis 3-Fache des Rohrdurchmessers betragen.

Bei Pumpen, die von einem 2-poligen Motor mit einer Beschleunigung um bis zu Faktor 5 (0,8 bis 4,0 m/s) angetrieben werden, muss die Leitung länger sein. Zudem muss eine Reduzierung der NPSH<sub>verfügbar</sub> um 2 m berücksichtigt werden.

Bei sich langsam drehenden Pumpen ist es üblich, das Reduzierstück direkt am Saugflansch der Pumpe zu befestigen.

## d) Luftsäcke in der Verrohrung

Luft in den Rohren kann sehr viel Lärm verursachen und die Pumpenleistung beeinträchtigen. Beim verursachten Lärm handelt es sich oft um ein vibrierendes Geräusch oder ein schnelles Ticken, das einem schießenden Maschinengewehr ähnelt – und schlimmer klingen kann als Wasserschläge.

Luft in den Rohren kann schwer zu entfernen sein, da sie dazu neigt, sich an hohen Stellen im Rohrsystem anzusammeln. Dort ist es schwierig, sie hinauszuführen. Da sich das Wasser in den Rohren bewegt, bricht es die Luftsäcke auf. Dadurch entstehen winzige Blasen. Anschließend strömt das Wasser an den Blasen vorbei. Es lässt also die Luft im Rohr zurück. Diese winzigen Blasen bewegen, vergrößern und verkleinern sich und erzeugen so das schnelle, vibrierende Geräusch, das Sie hören.

Luft beeinträchtigt auch den Wirkungsgrad der Pumpe: Die Pumpe bewegt nicht nur Wasser, sondern komprimiert auch Luftblasen. Diese Luftblasen nehmen Platz ein und fungieren wie ein halb geschlossenes Ventil, indem sie den Wasserdurchfluss durch das Rohr reduzieren.

## e) Entlüftungsventile

Entlüftungsventile entfernen langsam die Luft, die sich an hohen Stellen im Rohrleitungssystem angesammelt hat. Bei Pumpstationen wird empfohlen, sie am Gehäuseoberteil zu montieren, wenn es sich um horizontale Pumpen mit geteiltem Gehäuse handelt, bzw. am druckseitigen Krümmer, wenn vertikale Turbinenpumpen verwendet werden. Dieser Typ von Ventil wird von einem Schwimmer geregelt, wobei der Schwimmer herunterfällt und den Sitz zum Entlüften öffnet, wenn sich Luft im Ventilgehäuse ansammelt. Sobald die Luft austritt und der Wasserstand steigt, schließt der Schwimmer das Ventil.

## f) Absperrventile

Absperrventile in Pumpstationen dienen dazu, die Rohräste bei Reparatur- oder Wartungsarbeiten abzusperren. Sie sind in der Regel vollständig geöffnet oder vollständig geschlossen. Bei Ventilen, die über einen längeren Zeitraum in einer Position verbleiben, wird das Betätigen schwierig oder sogar unmöglich. Daher ist es wichtig, sie von Zeit zu Zeit zu betätigen.

Es gibt verschiedene Typen von Absperrventilen:

- Hubventile
- Kugelventile (wie Kegelventile)
- Absperrklappen
- Schieber

Alle Ventiltypen sind in allen Durchmessern erhältlich. Das Auswahlkriterium für den Ventiltyp ist der Förderhöhenverlust (oder Reibungskoeffizient  $\zeta$ ).

In allen Größen ist das Kugelventil die beste Lösung (aber insbesondere in kleinen Größen). Der Schieber ist die zweitbeste Lösung und in größeren Größen die kostengünstigere Option. Ab DN 150 ist die Absperrklappe mit dem Schieber vergleichbar. Gelegentlich werden auch Absperrventile für die Drosselung eingesetzt (siehe unten).

## g) Absperrventile für die Druck- und Durchflussregelung

Absperrventile werden überraschend häufig für die Drosselung durch „Strangulieren“ des Rohrs verwendet. Dieses Verfahren kommt oft zum Einsatz, wenn der Enddruck zu niedrig ist und dadurch Schwingungen und ggf. Kavitation auftreten. Dies geschieht, wenn der Enddruck unter dem für die Pumpe zulässigen Betriebsdruck bei einem bestimmten Förderstrom liegt. Die Drosselung löst das Pumpenproblem. Sie führt jedoch zu Energieverschwendung und wird daher nicht empfohlen. Das Reduzieren der Pumpendrehzahl, das Verkleinern des Pumpenlaufrads oder sogar das Wechseln der Pumpe könnte eine bessere Option darstellen, die langfristig Kosten einspart.

Ein Betrieb mit teilweise geschlossenem Ventil führt zu einer sehr hohen Geschwindigkeit am Schieber oder am Ventilteller und kann Kavitation verursachen, die das Ventil und die Rohrleitung zerstört. Zum Drosseln dürfen keine Schieber verwendet werden. Die Drosselwirkung ergibt sich nur bei den letzten 5 % des Ventilschließvorgangs. Absperrklappen können zum Drosseln verwendet werden, bieten aber keine gute Regelung.

Kugelventile haben bessere Regeleigenschaften und reduzieren den Rohrquerschnitt konstanter sowie kontrollierbarer. Das bedeutet, dass die Drosselung mit ihnen gut funktioniert. Sie sollte jedoch nicht dauerhaft eingesetzt werden, da die beschleunigte Strömung durch den reduzierten Spalt Verschleiß verursacht.

Für die Durchflussregelung wird die Verwendung eines Frequenzumrichters empfohlen. Es lässt sich jedoch nicht leugnen, dass auch Absperrventile für die Durchflussregelung eingesetzt werden.

Das Verändern des Förderstroms  $Q$  mithilfe eines Drosselventils ist das einfachste Verfahren der Durchflussregelung. Dies gilt nicht nur für eine einmalige Anpassung des Durchflusses, sondern auch für seine kontinuierliche Regelung, da es die geringsten Investitionskosten erfordert. Es ist aber auch das Verfahren, bei dem am meisten Energie verschwendet wird. Denn die Strömungsenergie wird irreversibel in Wärme umgewandelt. Durch das gezielte Erhöhen des Systemwiderstands – d. h. Verändern der Systemkennlinie – wird die Pumpe in einen Betrieb mit anderem Betriebspunkt gezwungen.

Wenn die Durchflussregelung über Ventile im Dauerbetrieb erfolgen soll, dürfen dafür keine Absperrventile verwendet werden. Ohne Frequenzumrichter oder für besondere Einsatzbedingungen (auch in Wasserwerken) benötigen Sie die folgenden Durchflussregelventile:

- **Kleiner Förderstrom/kleine Größe (DN 50 bis 150)**  
Hubventil mit Drosselkegel oder perforierter zylindrischer Drosselspindel und umgekehrter Strömungsrichtung
- **Große Größe (DN 100 bis 1.400)**  
Kolbenventile oder Nadelventile

Der perforierte Zylinder befindet sich auch in den vorgesteuerten Stromregelventilen.

## h) Rückschlagventile

Ein Rückschlagventil ist in der Regel erforderlich, um zu verhindern, dass die Pumpe wie eine Turbine eine Rückströmung erzeugt. Darüber hinaus schützt es vor Stoßwellen, die durch Wasserschläge erzeugt werden. Es sorgt auch dafür, dass die Rohrleitungen mit dem Medium gefüllt bleiben, wenn die Pumpen nicht in Betrieb sind.

Im Vergleich zur Auswahl anderer Ventile für bestimmte Anwendungen ist das Auswählen des richtigen Ventils für Anwendungen, in denen das Medium nur in eine Richtung strömen darf,

wesentlich schwieriger. Der Betrieb mit einem schlecht ausgewählten und schlecht installierten Rückschlagventil sollte jedoch unbedingt vermieden werden.

Rückschlagventile sollten mit einem Mindestabstand von 4 bis 5 Rohrdurchmessern zur Pumpe platziert werden. So können Verwirbelungen vermieden werden, die sonst dazu führen, dass der Ventilteller hin und her schwingt und seine Lager verschleißt. Rückschlagventile, die in vertikalen Rohrleitungen eingebaut sind, können bei Stillstand der Pumpe (je nach Typ und Qualität) von Ablagerungen abgedeckt werden. Dies kann ein ernsthaftes Problem darstellen.

Es gibt eine große Auswahl an erhältlichen Rückschlagventilen. Die häufigsten Typen sind folgende:

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| • Rückschlagklappe                                | SCV<br>(Swing check valve)         |
| • Kugelrückschlagventil                           | BCV<br>(Ball check valve)          |
| • Robustes Rückschlagventil mit Schwingklappe     | RHCV (Resilient hinge check valve) |
| • Tellerrückschlagventil                          | TDCV (Tilting disc check valve)    |
| • Rückschlagventil mit Doppelteller               | DDCV (Dual disc check valve)       |
| • Robustes Rückschlagventil mit Scharnier (Feder) | RHCV (Resilient hinge check valve) |
| • Leises Rückschlagventil                         | SCV<br>(Silent check valve)        |
| • Düsenrückschlagventil                           | NCV (Nozzle check valve)           |

Wie bei Absperrventilen ist der dynamische Druckverlust (oder Reibungskoeffizient  $\zeta$ ) eines der Kriterien, die die Eignung der Ventile für Pumpstationen bestimmen. Dieser ist bei den verschiedenen Rückschlagventiltypen und von Hersteller zu Hersteller sehr unterschiedlich. Es ist sehr wichtig, das Schließverhalten des Ventils zu überprüfen.

### Schnellschluss des Rückschlagventils

Ein Schnellschluss eines Rückschlagventils tritt auf, wenn das Wasser im System nach einer Pumpenausschaltung zur Pumpe zurückfließt, bevor das Rückschlagventil vollständig geschlossen ist. Die Rückströmung bewirkt, dass sich das Rückschlagventil schnell schließt. Die Rückströmung wird dann durch das geschlossene Ventil sofort gestoppt, was zu einem Druckstoß/Wasserschlag in der Rohrleitung führt.

Um einen Schnellschluss des Rückschlagventils zu verhindern, muss das Ventil entweder sehr schnell schließen, bevor eine nennenswerte Rückströmung stattfindet, oder sehr langsam, falls sich eine Rückströmung bereits entwickelt hat.

Damit es sich schnell schließen kann, ist Folgendes erforderlich:

- Der Ventilteller sollte eine geringe Trägheit und Reibung aufweisen.
- Der Weg des Ventiltellers sollte kurz sein.
- Oder die Bewegung sollte von Federn unterstützt werden.

Eine Lösung zum Vermeiden des Schnellschlusses besteht nicht darin, das am schnellsten schließende Rückschlagventil zu finden und es zum „Standard“ zu machen. Stattdessen müssen die Eigenschaften des Rückschlagventils mit dem Pumpensystem abgestimmt werden. Jedes Rückschlagventil bietet Vorteile wie niedrige Kosten, einen niedrigen Förderhöhenverlust oder spezielle Strömungseigenschaften. Die beste Lösung ist nicht unbedingt das am schnellsten schließende Ventil, das das geringste Schnellschlussrisiko aufweist.

Bei einer Anwendung mit niedriger Förderhöhe und langer Rohrlänge ist es weniger wahrscheinlich, dass eine schnelle Strömungsumkehr auftritt. Hier kann das einfachste und kostengünstigste Rückschlagventil verwendet werden, ohne dass es sich ggf. zu schnell schließt. Im Gegensatz dazu wird in einer Mehrpumpenstation, die Wasser zu einem System mit hoher Förderhöhe und einem

nahegelegenen Hoch- oder Ausgleichsbehälter leitet, eine extrem schnelle Strömungsumkehr stattfinden. Daher können hier nur bestimmte Rückschlagventile ohne Schnellschluss eingesetzt werden.

Die Berechnung der Verzögerung ist komplex und hängt von vielen Parametern ab, wie z. B. Pumpenträgheit, Trägheit (Länge) der Flüssigkeitssäule, Reibungsverluste im Rohrleitungssystem, statische Förderhöhe und Neigung des Rohrs.

Ingenieure verlassen sich in der Regel auf eine Computersimulation des Systems, um die Verzögerung zu berechnen.

VENTILTYP	RÜCKSTRÖM-GESCHWINDIGKEIT	ART DES SCHNELL-SCHLUSSES
Düsenrück-schlagventil	60 mm/s	Kein Schnell-schluss
Leises Rück-schlagventil	100 mm/s	Kein Schnell-schluss
Rückschlagventil mit Doppelteller	200 mm/s	Leichter Schnell-schluss
Tellerrückschlag-ventil	240 mm/s	Leichter Schnell-schluss
Swing-Flex-Rückschlagventil	550 mm/s	Starker Schnell-schluss
Rückschlag-klappe	> 600 mm/s	Starker Schnell-schluss

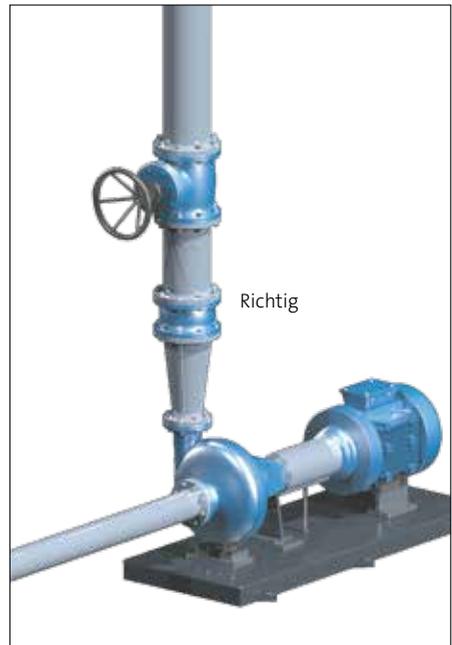
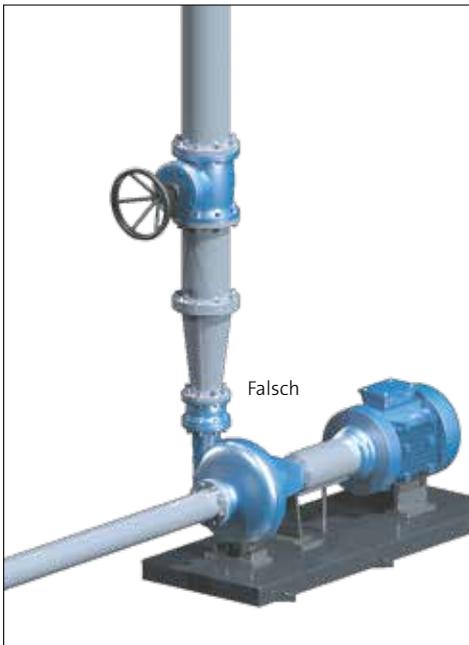
## Richtige und falsche Auslegung und Auswirkungen auf die Betriebskosten

Für eine richtige Auslegung der Saug- und Druckleitung einschließlich ihrer Komponenten muss Folgendes festgelegt werden:

- Durchmesser der Rohrleitungen mit der gewünschten Strömungsgeschwindigkeit unter 2 m/s in Abhängigkeit von der Länge der Rohrleitungen (Abstand zwischen Pumpe und Saug-/Druckstutzen)
- Sofortige Durchmesserausdehnung am Druckflansch
- Länge der Rohrleitung zum Rückschlagventil und zum Absperrventil

Das Foto links zeigt ein Beispiel für eine mangelhafte Konstruktion:

Das Rückschlagventil ist direkt am Druckflansch der Pumpe montiert, wobei nur eine kleine Durchmesserausdehnung (von nur einer Größe) erfolgt. Der Anstieg des Betriebsdrucks durch das kleine Rückschlagventil führt zu einer Erhöhung der Stromkosten. Diese übersteigen in sehr kurzer Zeit die Investitionskosten für ein größeres Rückschlagventil.



### i) Desinfektion mit Chlor

Die effektive Desinfektion des Trinkwassers (mit Chlor) ist so alt wie die öffentliche Wasserversorgung selbst. Mikrobiologische Parameter für die Beurteilung der Trinkwasserqualität sind coliforme Bakterien sowie bestimmte pathogene Bakterienarten, Viren und einzelligen Parasiten.

Obwohl das Ziel – die Bereitstellung von sauberem Wasser – das gleiche ist, existieren viele verschiedene Verfahren für die Trinkwasseraufbereitung. Die gebräuchlichsten Verfahren der Wasserdesinfektion sind chemisch.

## Chlordesinfektion in Pumpstationen

Die Desinfektion/Chlordosierung in Pumpstationen für die Wasserverteilung dient im Gegensatz zu derjenigen in Wasseraufbereitungsanlagen nicht der Reinigung des Wassers und Entfernung von Keimen und organischen Stoffen. Sie hat vielmehr den Zweck, bakterielle Verunreinigungen und Verschmutzungen im Rohrleitungssystem zu verhindern.

Aus diesem Grund erfolgt die Dosierung nicht kontinuierlich. Das Chlor wird dabei in einer hohen Konzentration (Stoßchlorung) dosiert und oft in den Saugkopf eingespritzt, damit es die Pumpe wie ein Rührwerk verteilen kann.

Chlor bildet Hypochlorit, wenn es mit Wasser in Kontakt kommt. Es ist ein schnell wirkendes Oxidationsmittel mit einer starken bioziden Wirkung und auch bei niedrigen Konzentrationen hochwirksam. Ein besonderer Vorteil von Chlor ist seine anhaltende Freisetzung. Denn es kann ein Rohrleitungssystem über einen relativ langen Zeitraum desinfizieren.

Chlordioxid ( $\text{ClO}_2$ ) sorgt für eine hervorragende und lang anhaltende Desinfektion des Wassers. Es ist als Bakterizid, Sporizid, Virizid und Algizid hochwirksam und beseitigt auch Mikroorganismen mit Chlorresistenz. Darüber hinaus verändert Chlordioxid nicht den Geschmack oder den Geruch des Wassers. Es ist weniger korrosiv als Hypochlorit und wirkt gegen Biofilme.

Die Desinfektion entfernt die Nahrungsquelle und den Rückzugsort von Mikroorganismen, wodurch ihre Wirkung länger anhält.

Bei der Desinfektion mit Hypochlorit sind sehr hohe Konzentrationen nötig. Dies ist bei der Desinfektion mit Chlordioxid nicht der Fall. Zudem greift Chlordioxid nicht die Wasserleitungen an.

Grundfos bietet drei verschiedene Einspritzverfahren für Chlor an. Dabei kommt es beim Auswählen eines Verfahrens oftmals nicht auf die Qualität oder das Ergebnis an, sondern vielmehr auf die Einhaltung nationaler und lokaler Gesetze, Normen und Vorschriften.

## j) Pumpenüberwachung (oder Messgeräte und Regelkomponenten)

Der wichtigste Grund für die Überwachung einer Pumpe besteht darin, Betriebsabläufe und die Leistung zu regeln. Viele Pumpstation werden unbeaufsichtigt betrieben. Daher kann eine Fehlfunktion ggf. große Schäden verursachen. Die Messgeräte sollten zuverlässig sein und auf dieser Grundlage ausgewählt werden. Zudem sind Reservesysteme erforderlich. Die Folgen des Ausfalls einer Komponente sollten darüber hinaus sorgfältig berücksichtigt werden.

Zwei weitere Aspekte werden jedoch immer wichtiger:

- Verschleißerkennung
- Datenerfassung

Bei der Verschleißerkennung geht es um die vorausschauende Wartung, die im Gegensatz zum klassischen Wartungsintervall das Austauschen von Verschleißteilen ermöglicht, wenn dies wirklich erforderlich ist. Die Datenerfassung ist wiederum Voraussetzung für den Betrieb eines SCADA-Systems.

### Zu überwachende Elemente

Die zu überwachenden Elemente können mithilfe der folgenden drei Bereiche bestimmt werden, die in ein Pumpenüberwachungskonzept integriert werden sollten:

- Überwachung der Pumpenleistung und Analyse der Pumpenanlage
- Schwingungs- und Lagertemperaturüberwachung
- Sichtprüfungen

Jeder dieser Punkte ist ein wichtiger Indikator. Zusammen ergeben sie ein vollständiges Bild des tatsächlichen Zustands der Pumpe. Sie sollten Folgendes überprüfen:

- Förderstrom
  - Allgemeine Funktion
  - Wirkungsgrad
  - Belastungsprofil
- Eingangs-/Ausgangsdruck
  - Funktionsstörung (Kavitation)
  - Wirkungsgrad
  - Belastungsprofil

- Lagertemperatur
  - Funktionsstörung
  - Verschleißerkennung
- Schwingungen
  - Funktionsstörung (Kavitation)
  - Falsche Ausrichtung
  - Verschleiß (Lager)
- Stromstärke (Leistungsaufnahme)
  - Allgemeine Funktion
  - Wirkungsgrad
  - Verschleißerkennung (Verschleißringe)
- 3-Phasen-Überwachung
  - Schadensverhütung
- Motorwicklungstemperatur
  - Schadensverhütung

Für jede Messung müssen zwei Werte festgelegt und in die SPS programmiert werden:

- Alarmwert
- Auslösungswert (Abschaltung)

In Bezug auf die Pumpenleistung sollten idealerweise fünf Parameter überwacht werden:

- Saugdruck
- Enddruck
- Förderstrom
- Pumpendrehzahl
- Leistung

Schwingungs- und Temperaturmessungen helfen dabei, mechanische Fehlfunktionen zu erkennen.

Bei Fehlinterpretationen der Messung ist eine Sichtprüfung unumgänglich.

### **Nutzen der Daten und Erkennen von Verschleiß**

Zum Bestimmen der Förderhöhe der Pumpe müssen mindestens Saug- und Enddruck berücksichtigt werden. Ein Verständnis von der Förderhöhe ist entscheidend, um abzuschätzen, in welchem Betriebsbereich die Pumpe im Verhältnis zu ihrem optimalen Betriebspunkt läuft – auch wenn der Förderstrom nicht gemessen wird.

Die aus der Stromstärke berechnete Leistungsaufnahme kann zusammen mit der Kennlinie beweisen (oder widerlegen), dass die Pumpe ordnungsgemäß läuft. Wenn die erfassten Daten inkonsistent sind, muss jedoch der Förderstrom gemessen werden.

Die Überwachung der Lagertemperatur und der Schwingungen erfolgt im Rahmen eines vorbeugenden Wartungskonzepts. Sie kann jedoch auch für die Betriebsüberwachung eingesetzt werden. Teillastbetrieb kann sowohl die Lagertemperatur als auch das Schwingungsniveau erhöhen. Auch eine falsche Ausrichtung (z. B. durch Wasserschlag) kann erkannt werden.

### **Sichtprüfung**

Eine langsame, jedoch konstante Erhöhung des Schwingungsniveaus, der Lagertemperatur und der Leistungsaufnahme (Stromstärke) bei gleichbleibenden hydraulischen Daten kann ein Anzeichen für Verschleiß der Lager sowie einen breiteren Spalt zwischen Laufrad und Verschleißringen des Gehäuses sein. Beides kann mithilfe einer Sichtprüfung bestätigt werden.

### **SCADA-Systeme**

Ein SCADA-System (Supervisory Control and Data Acquisition) wird nicht nur zum Visualisieren einer Anlage verwendet. Es ist auch das leistungsstärkste Hilfsmittel beim Konstruieren einer Pumpstation. Denn es liefert das Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema) bzw. Einliniendiagramm. Dies ist vor allem in der Konzeptphase von Bedeutung.

### **Datenanalyse und -management**

Heutzutage werden Daten auf viele verschiedene Arten erfasst und analysiert. Grundfos hat die Wichtigkeit dieser Daten erkannt. Aus diesem Grund entwickeln wir intelligente Steuerungen und Plattformen, die Daten für die Fehlerprognose, das maschinelle Lernen, die Trendanalyse und Frühwarnungen für Pumpenanlagen und -netze nutzen.

---

# PRODUKTE UND LÖSUNGEN



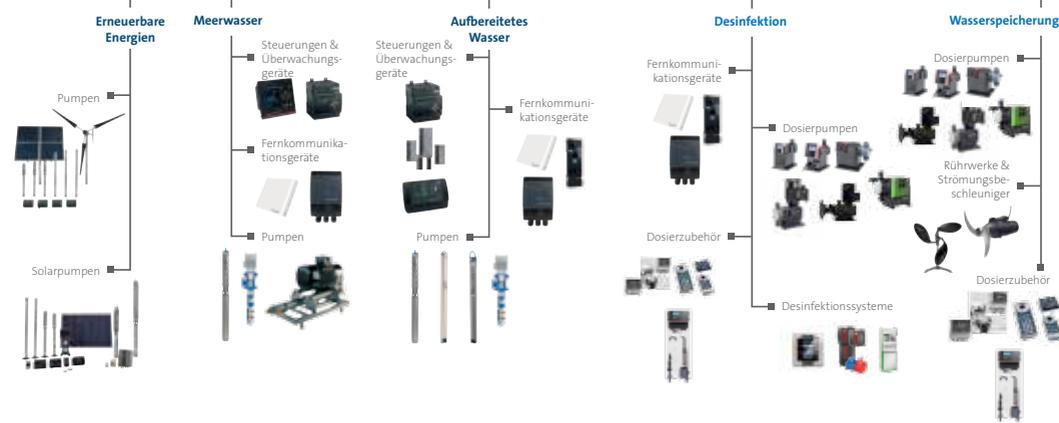


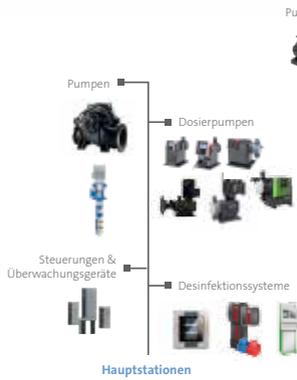
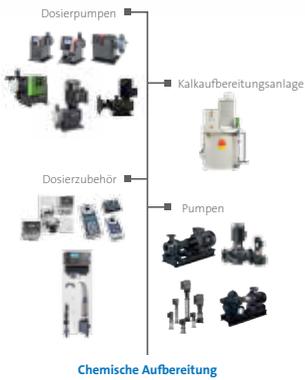
# PRODUKTE VON GRUNDFOS FÜR DIE WASSERVERSORGUNG



## Rohwasserentnahme

## Trinkwasseraufbereitung





**Wasserverteilung**

**Sedimentation**



**Entsalzung**



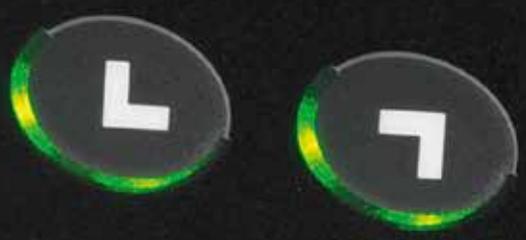
**Demand Driven Distribution**



**Grundfos iSOLUTIONS**



09m  
8:20h  
0:00h  
0:00h  
0:00h



System run   
Alarm 



# GRUNDFOS iSOLUTIONS

Grundfos iSOLUTIONS bietet eine intelligente Systemoptimierung. Auf Grundlage unseres umfassenden Produktprogramms aus Steuerungs- und Kommunikationsgeräten erhalten Sie eine intelligente Wasserversorgungsanlage, die Einsparungen durch weniger Wasserverluste, eine höhere Effizienz und geringere Energiekosten ermöglicht. Wir sorgen darüber hinaus für eine einfache Integration sowie Inbetriebnahme Ihres Systems und liefern Ihnen vorab alle notwendigen Komponenten aus einer Hand.



## PUMPENÜBERWACHUNG UND -VERWALTUNG

### – GRUNDFOS REMOTE MANAGEMENT

Das Grundfos Remote Management ermöglicht das Überwachen, Analysieren und Steuern von Installationen per Fernzugriff zu einem günstigen Preis. Es entstehen keine Anschaffungskosten oder zusätzlichen Kosten für Hard- und Software. Alle Daten werden in sicheren Bereichen gespeichert, auf die nur registrierte Benutzer Zugriff haben. Je nach Komplexität Ihres Systems können Sie verschiedene Benutzerprofile für unterschiedliche Zugriffsebenen einrichten.

- Per Zugriff über Smartphone, Tablet oder PC können Sie den Status Ihrer Pumpen und Standorte schnell anzeigen lassen und überprüfen.
- Reduzieren Sie Wartungskosten durch vorausschauende Arbeitsabläufe und führen Sie statt routinemäßiger Prüfungen nur bei Bedarf effektive Wartungsarbeiten durch.
- Rechtzeitige Warnungen ermöglichen eine vorbeugende Wartung, bevor Alarme auftreten, wodurch kostspielige Ausfälle reduziert werden. Zudem können Sie durch den Zugriff auf wichtige Daten Service- und Wartungsarbeiten planen.



## MOBILE PUMPENREGELUNG UND -ÜBERWACHUNG

### – GRUNDFOS GO REMOTE

Grundfos GO Remote unterstützt den Nutzer bei der Auswahl sowie Installation von Pumpen und ermöglicht den Zugriff auf Online-Tools von Grundfos über ein Smartphone. Auf diese Weise wird wertvolle Zeit bei der Steuerung und Überwachung von Pumpen, der Berichterstellung und der Datenerfassung mit dem zurzeit intuitivsten mobilen Kommunikationskonzept auf dem Markt eingespart.

- Zusammenfassen der Pumpen zu Gruppen, Ändern von Konfigurationsparametern und Überwachen von Pumpendaten
- Erleichterte Fehlersuche durch selbsterklärende Fehlercodes
- Zeitsparend dank schnellem Zugriff auf technische Unterlagen, Austauschlisten usw. sowie automatischer Updates



## DEMAND DRIVEN DISTRIBUTION – DDD

Grundfos Demand Driven Distribution ist die erste Druckmanagementlösung, die eine präzise Messung des Drucks im Netz mit einer fortschrittlichen Pumpensteuerung in der Pumpstation kombiniert, die diese präzisen Druckmessungen nutzt. Die Lösung kompensiert übermäßige Systemdrücke, indem sie den Sollwert an den aktuellen Förderstrom anpasst. Dies erfolgt durch Druckmessungen an kritischen Stellen im System.

- Weniger Leckagen – geringere Wasserverluste aufgrund von Lecks und Rohrbrüchen
- Energieeinsparungen – Reduzieren eines übermäßigen Energieverbrauchs sowie Verhindern eines zu hohen Drucks und von Wasserverlusten durch Lecks
- Niedrigere Betriebs- und Wartungskosten – geringerer Durchschnittsdruck senkt die Kosten für Leckreparaturen und verlängert die Lebensdauer des Systems



## MEHRPUMPENSTEUERUNG – MPC

Bei der Pumpensteuerung Control MPC von Grundfos handelt es sich um einen Schaltschrank mit CU-352-Steuereinheit, der die Überwachung und Steuerung von bis zu sechs identischen Pumpen im Parallelbetrieb ermöglicht. Die Control MPC ist einfach zu installieren und zu konfigurieren. Sie bietet eine Reservepumpenwahl, einen erzwungenen Pumpenwechsel und einen Trockenlaufschutz. So können eine höhere Betriebssicherheit der Anlage, reduzierte Stillstandszeiten und kostengünstige Wartungsarbeiten erreicht werden. Die Funktion für den leichten Druckaufbau minimiert das Risiko von Wasserschlagen sowie Leckagen und reduziert die Kosten für die Rohrleitungswartung.

- Intelligente Kaskadensteuerung auf Grundlage des Pumpenwirkungsgrads
- Ein-/Ausschalten der Pumpe basierend auf detaillierten Pumpenkennliniendaten
- Leckageerkennung an den Rückschlagventilen beugt Wasserverlusten vor
- Weniger Verschleiß aufgrund von Kavitation (Überwachungsfunktion)



## EXTERNE FREQUENZUMRICHTER – CUE

Komplette Baureihe externer Frequenzumrichter für die Drehzahlregelung zahlreicher Grundfos-Pumpen für die Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Bewässerung. Ein in der Software integrierter Inbetriebnahmeassistent führt den Bediener Schritt für Schritt durch die grundlegenden Einstellarbeiten.

- Einfaches Einrichten von Anlagen in nur wenigen Schritten durch vordefinierte Regelungsarten sowie vorgegebene Daten zu den Pumpenfamilien und Sensormessbereichen
- Gleiche, intuitive Bedienoberfläche wie bei den Grundfos-Steuerungen
- Einfache Installation und Inbetriebnahme in nur 16 Schritten



## FELDBUS-KOMMUNIKATIONS- SCHNITTSTELLEN – CIM/CIU

Das Feldbus-Konzept von Grundfos ist die perfekte Lösung für die vollständige Regelung und Überwachung von Pumpen und Pumpensystemen. Das CIM-Kommunikationsschnittstellenmodul und das CIU-Kommunikationsschnittstellengerät ermöglichen die Datenübertragung über offene Netzwerke.

- Einfache Installation und Inbetriebnahme, benutzerfreundlich und gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Alle Kommunikationsmodule basieren auf Standard-Funktionsprofilen, d. h. einfache Integration in das Netzwerk und klar definierte Datenpunkte
- Unterstützung von zahlreichen Produkten von Grundfos



## MOTORSCHUTZGERÄT – MP 204

Einfach einzurichtendes und zu bedienendes Motorschutzgerät für alle Pumpen und Anwendungen von Grundfos. Zuverlässiger Schutz gegen Unterspannung, Überspannung und andere Schwankungen in der Stromversorgung sowie gegen Überhitzung. Geeignet für alle Pumpenmotoren mit einer Stromaufnahme von 3 bis 999 A, die mit Spannungen von 100 bis 480 V AC betrieben werden.

- Messung des Leistungsfaktors, um Verstopfungen im Zulauf oder Verschleiß am Laufrad erkennen zu können
- Kontinuierliche und präzise Überwachung der Leistungsaufnahme des Motors, um die Pumpe rechtzeitig vor einem Trockenlauf auszuschalten und so vor Schäden zu schützen
- Alarm bei Erdungsfehlern und geringem Isolationswiderstand, um eine vorbeugende Wartung des Motors, der Kabel oder der Kabelverbindungen zu ermöglichen

# PUMP- STATIONEN FÜR DIE WASSER- ENTNA- HME

Diese Pumpstationen zeichnen sich vor allem durch einen **variierenden Saugwasserspiegel** aus. Sie benötigen eine niedrige NPSH, die von normalsaugenden Unterwasserpumpen erzielt wird.



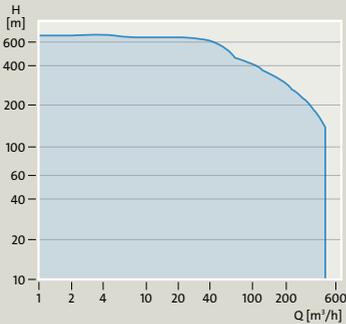


## UNTERWASSERPUMPEN

### – SP

Komplette Baureihe besonders langlebiger und leicht zu wartender Unterwasserpumpen mit hohem Wirkungsgrad für alle Grundwasseranwendungen.

- Modernste Hydraulik garantiert einen hohen Wirkungsgrad und niedrige Betriebskosten
- Komplett aus Edelstahl für höchste Zuverlässigkeit und eine lange Lebensdauer auch in korrosionsfördernder Umgebung
- Pumpe, Motor und Steuerung von einem Hersteller für eine optimal abgestimmte Pumpenanlage



### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 0,37 bis 250 kW
- Förderstrom (Q): maximal 470 m³/h
- Förderhöhe (H): maximal 670 m
- Medientemperatur: 0 bis +60 °C
- Nennweite des Druckstutzens: 1 bis 6"
- Freier Durchgang: 4", 6", 8", 10", 12"



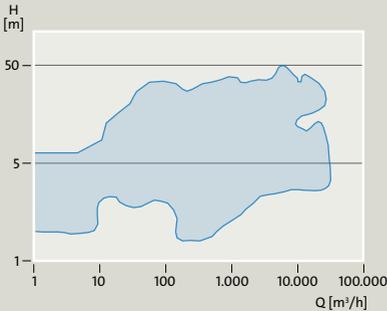
## VERTIKALE TURBINENPUMPEN – VT-BAUREIHE

Die Pumpen der VT-Baureihe eignen sich für tiefe Brunnen und verfügen über einen Trockenmotor, der über eine Transmissionswelle mit dem Gehäuse der Unterwasserpumpe verbunden ist. Diese Pumpen sind äußerst robust und bieten eine hohe Betriebssicherheit sowie lange Lebensdauer. Sie werden mit Öl geschmiert und in der Regel in Gebieten eingesetzt, in denen Pumpenlärm kein Problem darstellt.

- Für Anwendungen, die eine niedrige  $NPSH_{erforderlich}$  einen hohen Förderstrom und eine hohe Förderhöhe erfordern
- Konstruktion und Konfiguration auf Bestellung für hochspezifische Anwendungsanforderungen
- Hydraulikbereich von 4 bis 72" mit flexibler und kundenspezifischer Leistung

### TECHNISCHE DATEN

- Förderstrom (Q): 25.000 m<sup>3</sup>/h
- Förderhöhe (H): 700 m
- Motorleistung: maximal 2 MW





## WASSERUMWÄLZPUMPEN – S-BAUREIHE

Diese leistungsstarken Rohwasser-Umwälzpumpen zeichnen sich durch ihre Leistung, ihre Langlebigkeit und ihre innovativen Merkmale wie das Laufrad-Justiersystem SmartTrim und das SmartSeal-System für die Vermeidung von Leckagen aus.

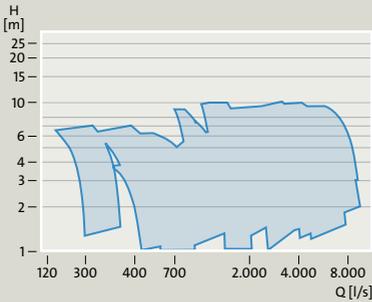
- Hocheffiziente und robuste Wasserumwälzpumpen
- Patentiertes SmartTrim-System für eine äußerst einfache Laufradjustierung sorgt für eine hohe Leistung und niedrige Lebenszykluskosten
- SmartSeal-Dichtungssystem für eine leckagefreie Abdichtung zwischen der Pumpe und dem Fußstück



### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: bis 520 kW
- Förderstrom (Q): 2.500 l/s (9.000 m<sup>3</sup>/h)
- Förderhöhe (H): 116 m
- Medientemperatur: 0 bis +40 °C
- Nennweite des Druckstutzens: 80 bis 600 mm
- Freier Durchgang: bis 145 mm
- Motorisoliationsklasse: F (H auf Anfrage)
- Max. Betriebsdruck: PN 10
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 85 %

Verfügt über keine Zertifizierung für Trinkwasser



## AXIALKREISELPUMPEN – KPL

Tauchbare Axialkreiselpumpen mit hohem Förderstrom und geringer Förderhöhe für den Rohwassertransport und andere Anwendungen mit ähnlichen Anforderungen.

Durch den Turbulence Optimiser™ werden die Verwirbelungen im Spalt zwischen Pumpengehäuse und Aufstellungsrohr reduziert.

- Mit Turbulence Optimiser™ für höchste Wirkungsgrade von bis zu 86 %
- Hochspannungsmotoren reduzieren Installationskosten
- Hochpräziser, einteiliger Propeller in Swept-Back-Bauweise zur Vermeidung von Verstopfungen

### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 11 bis 700 kW (bis 850 kW auf Anfrage)
- Förderstrom (Q): 9.200 l/s (33.120 m<sup>3</sup>/h)
- Förderhöhe (H): 10 m
- Medientemperatur: 0 bis +40 °C
- Nennweite des Druckstutzens: bis 2.200 mm
- Motorisoliationsklasse: F
- Max. Einbautiefe: 20 m
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 86 %

Verfügt über keine Zertifizierung für Trinkwasser



## HALBAXIALKREISELPUMPEN – KWM

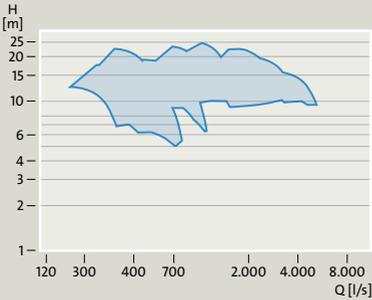
Tauchbare Halbaxialkreiselumpen mit hohem Förderstrom und geringer Förderhöhe für den Rohwassertransport und andere Hochleistungsförderaufgaben.

- Mit Turbulence Optimiser™ für höchste Wirkungsgrade von bis zu 86 %
- Hochspannungsmotoren reduzieren Installationskosten
- Robust, zuverlässig und energieeffizient mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis

### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 11 bis 700 kW (bis 850 kW auf Anfrage)
- Förderstrom (Q): 5.555 l/s (20.000 m<sup>3</sup>/h)
- Förderhöhe (H): 20 m (bis 400 m auf Anfrage)
- Medientemperatur: 0 bis +40 °C
- Nennweite des Druckstutzens: Säule (FPV bis DN 2.200)
- Motorisoliationsklasse: F
- Max. Einbautiefe: 20 m
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 85 %

Verfügt über keine Zertifizierung für Trinkwasser



# HAUPT- PUMP- STATIONEN

Hauptpumpstationen zeichnen sich vor allem durch den **Transport großer Wassermengen aus**. Sie erfordern Hochleistungspumpen mit hohem Wirkungsgrad, die einen hohen Förderstrom liefern.



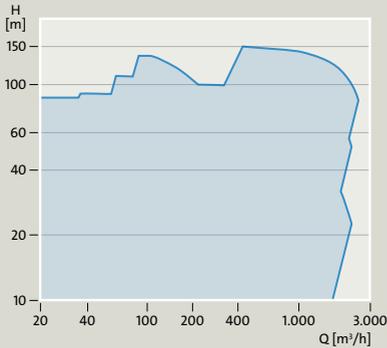




## HORIZONTALE PUMPEN MIT GETEILTEM GEHÄUSE

### – HS

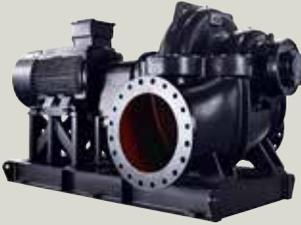
Einstufige, normalsaugende Kreiselpumpe mit geteiltem, wartungsfreundlichem Gehäuse längs der Lagerachse. Die Bauweise ermöglicht ein einfaches und schnelles Abbauen der oberen Gehäusehälfte, um Zugang zu den einzelnen Pumpenbauteilen zu erhalten, ohne dass der Motor demontiert oder die Pumpe von den Rohrleitungen getrennt werden muss.



- Pumpe mit niedriger NPSH<sub>erforderlich</sub>, großem Volumen und hohem Wirkungsgrad
- Robust und wartungsarm
- Reduzierung der Axiallast durch eine Aufteilung des Förderstroms am Zulauf zur Verlängerung der Lebensdauer der Spaltringe, Gleitringdichtungen und Lager
- Reduzierung der Radialkraft sowie der Geräusche und Schwingungen durch ein doppelt ausgeführtes Spiralpumpengehäuse

## TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 1,1 bis 630 kW
- Förderstrom (Q): 2.500 m³/h
- Förderhöhe (H): 148 m
- Medientemperatur: 0 bis +100 °C
- Nennweite des Druckstutzens: DN 50 bis DN 450
- Max. Betriebsdruck: 16 bar
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 90 %



## HORIZONTALE PUMPEN MIT GETEILTEM GEHÄUSE

– LS

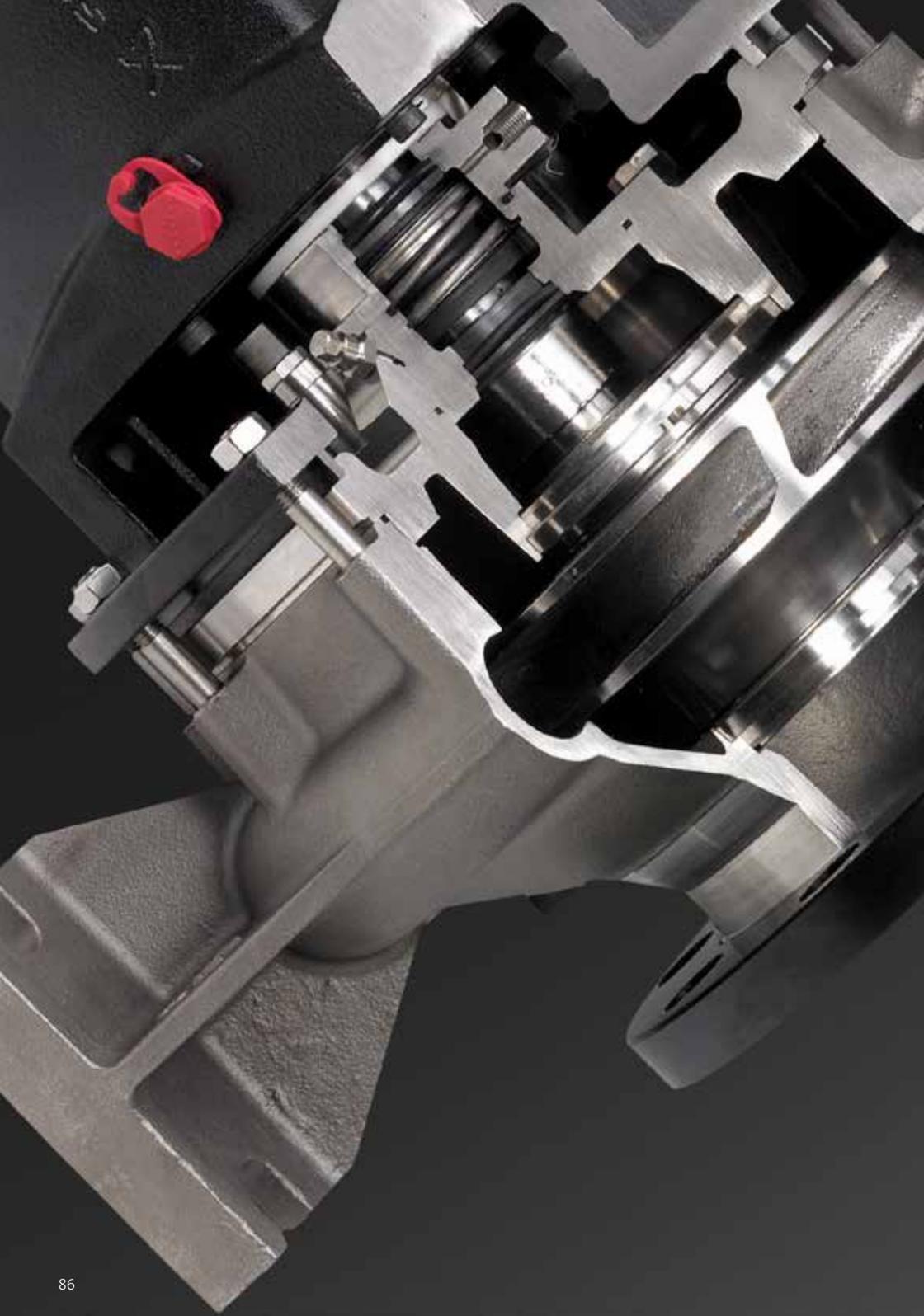
Einstufige, normalsaugende Kreiselpumpen mit geteiltem, wartungsfreundlichem Gehäuse längs der Lagerachse. Die Bauweise ermöglicht ein einfaches und schnelles Abbauen der oberen Gehäusehälfte, um Zugang zu den einzelnen Pumpenbauteilen zu erhalten, ohne dass der Motor demontiert oder die Pumpe von den Rohrleitungen getrennt werden muss.



- Pumpe mit niedriger NPSH<sub>erforderlich</sub>, großem Volumen und hohem Wirkungsgrad
- Robust und wartungsarm
- Reduzierung der Axiallast durch eine Aufteilung des Förderstroms am Zulauf zur Verlängerung der Lebensdauer der Spaltringe, Gleitringdichtungen und Lager
- Reduzierung der Radialkraft sowie der Geräusche und Schwingungen durch ein doppelt ausgeführtes Spiralpumpengehäuse

### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 1,1 bis 2.240 kW
- Förderstrom (Q): 12 m<sup>3</sup>/h bis 12.000 m<sup>3</sup>/h
- Förderhöhe (H): 8 bis 165 m
- Medientemperatur: 0 bis +100 °C
- Nennweite des Druckstutzens: DN 50 bis DN 800
- Max. Betriebsdruck: 10/16 bar
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 91,5 %





# LOKALE PUMP- STATIONEN

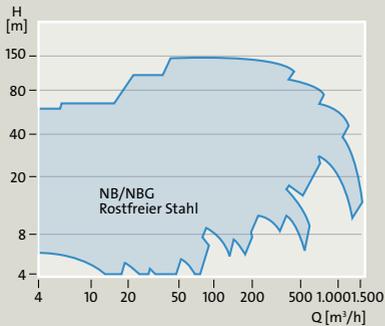
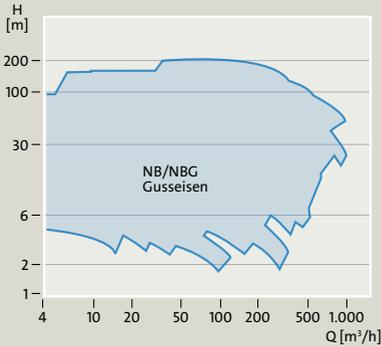
Eine lokale Pumpstation zeichnet sich durch einen **variierenden Förderstrom und Druck aus**. Die Pumpenanlage muss über eine Drehzahlregelung verfügen.



## EINSTUFIGE NORM- UND BLOCKPUMPEN – NB/NBG/NBE/NBGE

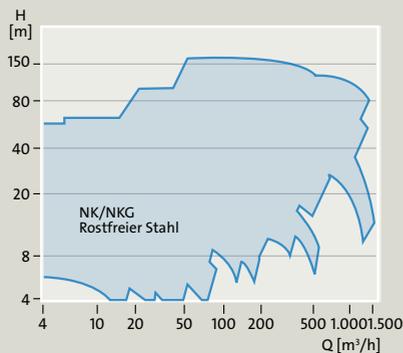
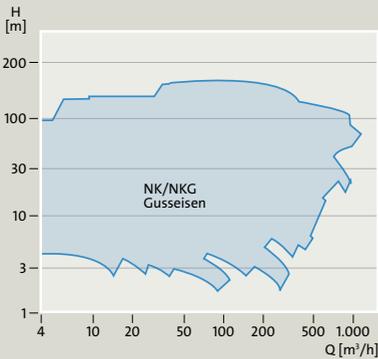
Vielseitig einsetzbare Norm- und Blockpumpen für einen zuverlässigen und kostengünstigen Betrieb z. B. in Wasserversorgungsanwendungen.

- Hoher Wirkungsgrad
- Abdichtung zwischen Pumpengehäuse und Gehäusedeckel durch statische O-Ringdichtung zur Vermeidung von Leckagen
- Pumpengehäuse, Laufrad und Spaltring aus unterschiedlichen Werkstoffen, um die Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen und ein Blockieren der Hydraulikbauteile zu vermeiden
- Auch mit MGE-Permanentmagnetmotor mit einer Leistung bis 11 kW, einem integriertem Frequenzumrichter und IE5-Effizienzklasse lieferbar



### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 0,55 bis 200 kW
- Förderstrom (Q): bis 2.200 m<sup>3</sup>/h
- Förderhöhe (H): 210 m
- Medientemperatur: -25 bis +140 °C
- Nennweite des Druckstutzens: DN 32 bis DN 250
- Freier Durchgang: 4 bis 34 mm
- Max. Betriebsdruck: 16/25 bar
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 88,5 %



## EINSTUFIGE NORM- UND BLOCKPUMPEN

### – NK/NKG/NKE/NKGE

Vielseitig einsetzbare Norm- und Blockpumpen für einen zuverlässigen und kostengünstigen Betrieb z. B. in der Wasserversorgung und Bewässerung. Dank der Prozessbauweise können der Motor, die Kupplung, der Lagerträger und das Laufrad abgebaut werden, ohne dass das Pumpengehäuse von den Rohrleitungen getrennt werden muss. Pumpe (vollständig konform mit der EN 733 oder ISO 2858) und Motor sind über eine Kupplung verbunden.

- Hoher Wirkungsgrad
- Abdichtung zwischen Pumpengehäuse und Gehäusedeckel durch statische O-Ringdichtung zur Vermeidung von Leckagen
- Prozessbauweise zur Erleichterung von Wartungs- und Reparaturarbeiten
- Auch mit MGE-Permanentmagnetmotor mit einer Leistung bis 11 kW, einem integriertem Frequenzumrichter und IE5-Effizienzklasse lieferbar

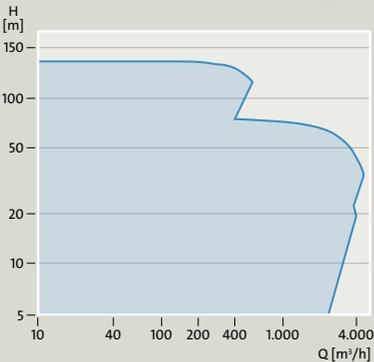
## TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 0,55 bis 460 kW
- Förderstrom (Q): bis 2.200 m<sup>3</sup>/h
- Förderhöhe (H): 210 m
- Medientemperatur: -25 bis +200 °C
- Nennweite des Druckstutzens: DN 32 bis DN 250
- Freier Durchgang: 4 bis 34 mm
- Max. Betriebsdruck: 16/25 bar
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 88,5 %



# DRUCKER- HÖHUNGS- ANLAGEN FÜR LOKALE PUMP- STATIONEN

Bei einer Pumpstation für die Druckerhöhung ist der erzielte **Druckanstieg das entscheidende Merkmal**. Für diese Pumpstationen sind kompakte Inline-Pumpen erforderlich.



## VERTIKALE INLINE-TROCKENLÄUFERPUMPEN – TP, TPE

Einstufige Kreiselpumpen in Inlinebauweise mit Normmotor und Gleitringdichtung. Im Gegensatz zu Norm- und Blockpumpen ermöglichen Inlinepumpen eine geradlinige, platz- und kostensparende Leitungsführung. Bis 22 kW sind die TP-Pumpen auch als TPE-Pumpen mit integriertem Frequenzumrichter lieferbar.

- Optimierte Hydraulik erhöht den Wirkungsgrad und die Betriebssicherheit
- Energieeinsparungen durch eine reduzierte Leistungsaufnahme
- Geringer Platzbedarf für die Installation
- Auch mit MGE-Permanentmagnetmotor mit einer Leistung bis 11 kW, einem integriertem Frequenzumrichter und IE5-Effizienzklasse lieferbar

### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 0,12 bis 630 kW
- Förderstrom (Q): 4.500 m³/h
- Förderhöhe (H): 140 m
- Medientemperatur: -25 bis +150 °C
- Nennweite des Druckstutzens: DN 25 bis DN 500
- Max. Betriebsdruck: 25 bar
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 90 %



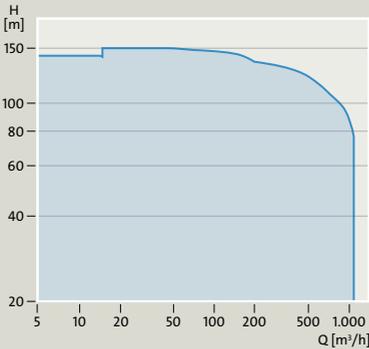
## MEHRSTUFIGE KREISELPUMPEN – CR(E)

Diese komplette Baureihe modular aufgebauter Pumpenlösungen ist lieferbar in 4 Werkstoffausführungen, verschiedenen Spannungsausführungen sowie 13 Baugrößen (jeweils bis ca. 50 bar Förderdruck) und ausrüstbar mit zahlreichen Gleitringdichtungsvarianten sowie verschiedenen Kautschukwerkstoffen. Die Pumpenbauteile können an spezielle Anforderungen angepasst werden.

- Auch mit MGE-Permanentmagnetmotor mit einer Leistung bis 11 kW, einem integriertem Frequenzumrichter und IE5-Effizienzklasse lieferbar
- Zahlreiche Anschlussmöglichkeiten
- Patronen-Gleitringdichtung für höchste Zuverlässigkeit und geringe Ausfallzeiten

### TECHNISCHE DATEN

- Motorleistung: 0,37 bis 75 kW
- Förderstrom (Q): maximal 180 m³/h
- Förderhöhe (H): maximal 500 m
- Medientemperatur: -40 bis +180 °C (+240 °C, Thermo-Öl)
- Max. Betriebsdruck: 50 bar
- Nennweite des Druckstutzens: bis DIN 150
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 80 %



## HYDRO MPC

Diese Druckerhöhungsanlagen senken ab der ersten Einsatzminute Energieverbrauch und Energiekosten. Sie bauen auf den Kreiselpumpen vom Typ CR und CRE von Grundfos auf und bieten anwendungsoptimierte Funktionen für eine herausragende Leistung in jeder Anwendung. Die Druckerhöhungsanlagen Hydro MPC lassen sich einfach in Betrieb nehmen und bedienen. Die Überwachung und Kommunikation kann per Kommunikationsbus, SCADA-System oder Grundfos Remote Management erfolgen. Die Anlagen umfassen Sammelrohre aus Hochpräzisionsstahl und werden exakt an Ihr System und Ihre Anforderungen angepasst.

- Geringer Platzbedarf für die Installation
- Großer Betriebsbereich
- Einfach zu bedienende und präzise Grundfos-Steuerung Control MPC, die auch für anspruchsvolle Regelaufgaben im Bereich der Druckerhöhung geeignet ist

## TECHNISCHE DATEN

- 2 bis 6 Pumpen
- Motorleistung: 0,55 bis 75 kW
- Förderstrom (Q): 1.080 m³/h
- Förderhöhe (H): 146 m
- Medientemperatur: 0 bis +70 °C
- Nennweite des Druckstutzens: bis DN 350
- Schutzart: IP 54
- Max. Betriebsdruck: PN 16 standardmäßig, bis PN 40 auf Anfrage
- Max. hydraulischer Wirkungsgrad: 80 %
- Umgebungstemperatur: 0 bis +40 °C





be think innovate



99416835 0318 WATER UTILITY/12380-BrandBox

Der Name Grundfos, das Grundfos-Logo sowie be think innovate sind eingetragene Warenzeichen der Grundfos Holding A/S bzw. Grundfos A/S, Dänemark. Weltweit alle Rechte vorbehalten.

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

**GRUNDFOS** 