

A photograph of a waterfall with a large amount of white foam at the base. The water is cascading down from the top left, creating a misty spray at the bottom. The background is dark and out of focus, suggesting a natural setting with trees and rocks.

ABWASSERHANDBUCH 2

Für große Abwasserpumpen

be
think
innovate

GRUNDFOS 

ABWASSERHANDBUCH 2

Für große Abwasserpumpen



EINLEITUNG

Dieses Abwasserhandbuch 2 richtet sich an Konstrukteure von Pumpstationen, Planer, Anwendungsingenieure, beratende Ingenieure sowie Nutzer von Pumpstationen und behandelt Abwassertransportsysteme, bei denen Abwasserpumpen mit Motoren von mehr als 520 kW eingesetzt werden.

Empfehlungen für kleinere Systeme für Entwässerung, Schmutzwasser und Klärwasser aus Wohngebäuden werden im Abwasserhandbuch 1 behandelt (Abwasserpumpen mit Motoren von 0,15 kW - 30 kW).

Um die Auswahl und Installation der jeweils richtigen Pumpe sicherzustellen, werden Klär- und Regenwasseranwendungen in getrennten Abschnitten behandelt.

Dieses Handbuch liefert Hinweise für Installation und Betrieb, und zwar sowohl als Unterwasserinstallation als auch als tauchbare Trockenschachtinstallation. Die Konstruktion des Pumpen-Sammelbrunnens wird erläutert. Dabei werden die korrekte Auslegung und Einsätze in den Nassschächten ebenso aufgezeigt wie die Anforderungen an die Betonfundamente in Trockenschachtinstallationen zum Optimieren des Betriebs. Eine ordnungsgemäße Verankerung der Anschlussrohre ist entscheidend beim Herstellen optimaler Hydraulikbedingungen. Wir geben Empfehlungen für eine Verankerung des Rohrsystems.

Darüber hinaus werden Faktoren wie Schall, Geräusche, mitgerissene Luft, Verwirbelungen und Vibrationen sowie die besonderen Überlegungen, die angestellt werden müssen, erörtert und Empfehlungen zur Vermeidung dieser Art von destruktiven Kräften unterbreitet.

INHALT

Einleitung	3
-------------------	----------

KLÄR- UND REGENWASSER

1. Abwasser	15
1.1. Klärwasser	15
1.2. Regenwasser	16
2. Rückhaltebecken – Nassbecken	17
3. Rückhaltebecken – Trockenbecken	18
3.1. Trockenbecken in Kanalisationssystemen	18
3.2. Trockenbecken als wirksame Lösung	20
3.3. Reihen- und Parallelrückhalt	21
3.4. Sicherstellen effektiver Reinigung	21
4. Kombiniertes oder getrenntes Kanalisationssystem	23

KREISELPUMPEN

1. Allgemein	26
2. Archimedische Schraubenpumpe	27
2.1. Anwendungen von Archimedischen Schrauben	27
3. Einführung in Kreiselpumpen	28
3.1. Das Funktionsprinzip von Kreiselpumpen	28
3.2. Hydraulikkomponenten	28
3.3. Zulaufflansch und Zulauf	29
3.4. Laufrad	31

PUMPEN, TECHNISCHE DATEN UND INSTALLATION

1. Pumpen zum Fördern von Klär- und Regenwasser	36
1.1. SLV- und SEV-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	36
1.2. SL1- und SE1-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	37
1.3. S 62-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	37
1.4. S 66-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	38
1.5. S 70-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	38
1.6. S 72-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	39
1.7. S 74-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	39
1.8. S 78-Baureihe, 50-Hz-Pumpen	40

2. Explosionsgeschützte Pumpen	40
2.1. Pumpen für Anwendungen in potenziell explosionsgefährdeten Umgebungen in Europa	40
2.2. Pumpen für Anwendungen in potenziell explosionsgefährdeten Umgebungen in den USA	40
3. Aufstellungsvarianten für SL-, SE- und S-Pumpen	41
3.1. Freistehende Nassaufstellung auf Ring-ständer (mobile Ausführung)	41
3.2. Stationäre Nassaufstellung	42
3.3. Tauchbare Trockenschachtaufstellung	44
3.4. Fundamente	45
3.4.1. Konstruktionsempfehlungen	45
3.4.2. Fundament für horizontale tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpen	46
3.4.3. Fundament für vertikale tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpen	46
4. Betriebsbedingungen für tauchbare Klärwasserpumpen	48
4.1. SL-Pumpen und S-Pumpen bis zur Baureihe 70	48
4.2. SE-Pumpen	49
4.3. S-Pumpen der Baureihen 62, 66 und 70 mit Kühlmantel für Nass- und Trockenaufstellung	49
4.4. S-Pumpen der Baureihe 72 ohne Kühlmantel für Nassaufstellung	49
4.5. S-Pumpen der Baureihen 72, 74 und 78 mit Kühlmantel für Nass- und Trockenaufstellung	49
5. Betriebsbedingungen für trocken aufgestellte Pumpen	50
5.1. Einschaltniveau	50
5.2. Mindest-Ausschaltniveau	50
5.3. Mindest-Einschaltniveau	50
6. Rohrsystem	51

TAUCHBARE UND TROCKEAUFGESTELLTE PUMPEN FÜR AGGRESSIVE UMGEBUNGEN

1. Allgemein	54
2. Die Gründe für Korrosion	54
3. Der richtige Werkstoff für optimale Widerstandsfähigkeit	55
4. Pumpenauswahl aus vier Grundvarianten	56
5. Materialdeklaration:	57

6. Übliche Anwendungen mit aggressiven Umgebungen	57
6.1. Industrielles Abwasser	57
6.2. Förderung in Küstennähe	57
6.3. Abwasser	57
7. Edelstahlpumpen für Brack- und Meerwasser	57
8. Empfohlene Variante auf Grundlage von Medientemperatur und Chloridgehalt (mg/l)	58
9. Erosionsbeständigkeit	59

STEUERUNGEN, ÜBERWACHUNG UND FERNVERWALTUNGSSYSTEM FÜR PUMPEN

1. Einleitung	62
2. LC- und LCD- Steuergeräte	62
2.1. Grundfunktionen	63
3. Dedicated Controls	64
3.1. Komponenten von Dedicated Controls	64
3.2. Funktionen von Dedicated Controls	64
4. Schutzmodule	66
4.1. IO 351B, allgemeines Eingabe/Ausgabe-Modul	66
4.2. Elektronischer Motorvollschutz MP204	66
4.3. IO 113-Schnittstelle	67
4.4. SM 113-Auswerteeinheit	68
5. Sensoren und Kommunikationsleitung	68
5.1. Sensoren und Kommunikationsleitung für SL-, SE- und S-Pumpen	69
6. CUE-Frequenzumrichter	70
6.1. Intelligente Bedienoberfläche	70
6.2. Automatische Drehrichtung	71
6.3. Konstantdruck mit oder ohne Stoppfunktion	71
6.4. Konstantes Niveau mit oder ohne Stoppfunktion	71
6.5. Stoppfunktion	71
6.6. Trockenlaufschutz	71
6.7. Überwachung der Motorlager	71
6.8. Sensoren	71
6.9. Zusätzliche Funktionen, CUE	71
6.10. Kommunikationsfunktionen	72
6.11. Gateways	72
6.12. Frequenzumrichter ohne Filter	72
6.13. Motorfilter	72

7. Frequenzumrichter	73
7.1. Von der Netzspannung abhängige Bedingungen	73
7.2. Anforderungen an EMV-Kabel	74
7.3. Lagerströme	74
8. Interne Kommunikation	74
9. Externe Kommunikation	74
10. Dedicated Controls und Grundfos Remote Management	75

PUMPSTATIONEN

1. Allgemein	78
2. Kreiselpumpstation für Durchflussraten von bis zu 315 l/s je Pumpe	78
2.1. Quadratische und rechteckige Pumpstationen für Durchflussraten von bis zu 315 l/s je Pumpe	80
2.2. Zulauf zur Pumpstation	81
2.3. Abstand zwischen Pumpenzulauf und Boden des Sammelbrunnens	81
3. Abtreppung im Pumpen-Sammelbrunnen	82
4. Erforderliches Volumen des Sammelbrunnens	82
5. Zulaufmenge	82
6. Förderleistung	82
7. Einschalthäufigkeit und Nutzvolumen des Sammelbrunnens	83
9. Berechnung des Schaltvolumens – Wechselbetrieb	84
10. Schachtdurchmesser in kreisförmigen Pumpstationen	84
11. Abstand zwischen Ein- und Ausschaltniveau in einer kreisförmigen Pumpstation	84
12. Abstand zwischen Ein- und Ausschaltniveau in einer quadratischen Pumpstation	85
13. Konstruktion des Sammelbrunnens für größere rechteckige Pumpstationen	86
14. Volumen des Sammelbrunnens in größeren Pumpstationen	86
15. Pumpstation mit getrennten Druckleitungen	86
16. Volumenberechnung des Sammelbrunnens	88
17. Sammelbrunnen-Volumen für vier Pumpen plus einer Reservepumpe	89
18. Abfolge und Volumen von Schaltzyklen	90
19. Betriebsmuster 3	92
20. Niedrigstes Ausschaltniveau der Pumpe	92
22. Pumpstation mit gemeinsamen Druckleitungen	92

KONSTRUKTION UND BEMASSUNG GROSSER PUMPSTATIONEN

1. Allgemein	96
2. Konstruktion einer Grundfos Pumpstation	97
2.1. 3D-Geometrie	97
2.2. Grundfos Pit Creator	99
3. Große Pumpstationen im Allgemeinen	101
3.1. Zulaufkammer	101
3.2. Zulaufleitung	102
3.3. Pumpenkammer	102
3.4. Niedrigster Wasserstand	103
3.5. Bemessen des Pumpen-Sammelbrunnens	103
3.6. Abmessungen für Pumpstationen	104
4. Pumpstationen für Trockenschacht-Tauchmotorpumpen	109
4.1. Trockenaufgestellte Pumpen und Saugleitungen	109
4.2. Sammelbrunnen für Trockenschacht-Tauchmotorpumpen	109

VORGEFERTIGTE PUMPSTATIONEN

1. Einleitung	114
2. Produktreihe	114
2.1. PS.R.-Pumpstationen	114
2.2. Wichtigste Baumerkmale	115
2.3. Durchmesser und Tiefe von PS.R.-Pumpstationen	115
2.4. Rohrsysteme und Ventilkammer	116
3. Einschalthäufigkeit	117
4. Volumen des Sammelbrunnens	118
4.1. Beispiel für die Berechnung von Einschalt- und Ausschaltniveau	118
5. PS.G.-Pumpstationen	119
5.2. Wichtigste Konstruktionsmerkmale	119
5.3. Abdeckungen mit Zugangsluke	120
5.4. Für den Straßenverkehr zugelassene Abdeckungen	120
5.5. Steuerschränke	121
5.6. Serviceplattformen	121
5.7. Rohrsysteme und Ventilkammer	122
6. Ventilkammer	123
6.1. Ablaufrichtung	123

7. Rohrsystem	124
8. Zuläufe, Prallbleche und Zulauf-Siebkörbe	125
9. Pumping Station Creator	126
10. Ausführungen von Pumpstationen und Rohren	126
11. Abmessungen von Standard-Pumpstationen	127
12. Abmessungen der Ventilkammer	128
13. Abmessungen der Fundamentplatte	128
14. Verankerungsbolzen	129
15. Bewehrung	130
16. Betonabdeckungen	130
17. Weitere Produktausführungen	130
18. Pumpenanlage mit vier Tauchmotorpumpen.	132
19. Wiederaufbereitung verschlissener Betonpumpstationen	133
20. Drei Methoden zum Erneuern der alten Anlage	134
20.1. Einschubinstallation	134
20.2. Umlaufinstallation	134
20.3. Eingetauchte Trockeninstallation	134
21. Vorteile	135

PUMPENLEISTUNG

1. Allgemein	138
2. Leistungskennlinien	138
2.1. Standardkennlinien	138
3. Druck 139	
3.1. Absoluter und relativer Druck	140
4. Förderhöhe	141
5. Leistung	142
6. Drehzahl	143
6.1. Hydraulikleistung	143
7. Wirkungsgrad	144
8. Anlagenkennlinie	145
9. Statische Förderhöhe	145
10. Dynamische Förderhöhe (Anlagenförderhöhe)	146
11. NPSH (Haltedruckhöhe)	146

PUMPEN IN ANLAGEN

1. Allgemein	150
2. Einzelner Sammelbrunnen in einer Anlage	150
3. Parallel betriebene Pumpen	152
4. In Reihe betriebene Pumpen	153
5. Auslegung der tauchbaren Abwasserpumpe	154
5.1. Förderhöhe, H_p	154
5.2. Geschwindigkeit in Druckleitungen	154
5.3. Bestimmung von Anlagencharakteristika	155
5.4. Statische Höhe, H_{geo}	155
5.5. Energieverluste	155
5.6. Verluste an Einzelwiderstand $H_{v,A}$	156
5.7. Lineare Reibungsverluste in Druckleitung, $H_{v,R}$	156
5.8. Austrittsdruck, H_p	157
5.9. Gesamtförderhöhe, H_{tot}	158
6. Die Pumpen	159
7. Zeta-Werte in Einzelwiderständen	160
8. Auslegung tauchbarer Trockenschacht-Abwasserpumpen	162
8.1. Rohrsystem	162
8.2. Berechnung der vorhandenen NPSH	162
8.3. Ermitteln der vorhandenen NPSH	163
8.4. Reibungsverluste in der Saugleitung H_{sf}	163
8.5. Verluste an Einzelwiderständen $H_{v,A}$	163
8.6. Verluste in geraden Saugleitungen	164
8.7. Reibungsverluste in Druckleitungen innerhalb der Pumpstation	164
8.8. Reibungsverluste in Druckleitungen außerhalb der Pumpstation	165
9. Die Pumpen	166
10. Betriebspunkt für parallele Pumpstationen	168
11. Komplexe Druckleitungen	171
11.2. Geschwindigkeit in einer komplexen Druckleitung	171
11.3. Bestimmung der Förderhöhe in komplexen Druckleitungen	172
11.4. Rohrleitungsquerschnitt und Strömungsgeschwindigkeit	172
11.5. Auswahl der Pumpe	172
11.6. Prüfmessungen	172

FREQUENZUMRICHTER

1. Regelung der Pumpen	174
2. Wirkungsgrad-Bestpunkt	175
2.1. Affinitätsgesetze	175
2.2. Wirkungsgrad von Hydraulik (Pumpe) bleibt bei 82 %	176
4. Wasserschlag	178
5. Vibrationen	178
6. Mindestdrehzahl	178

SPEZ. ENERGIE

1. Allgemein	180
2. Bewertung	183
3. Parameter für Frequenzumrichter	184
4. Energieverbraucher in der Pumpenanlage	184

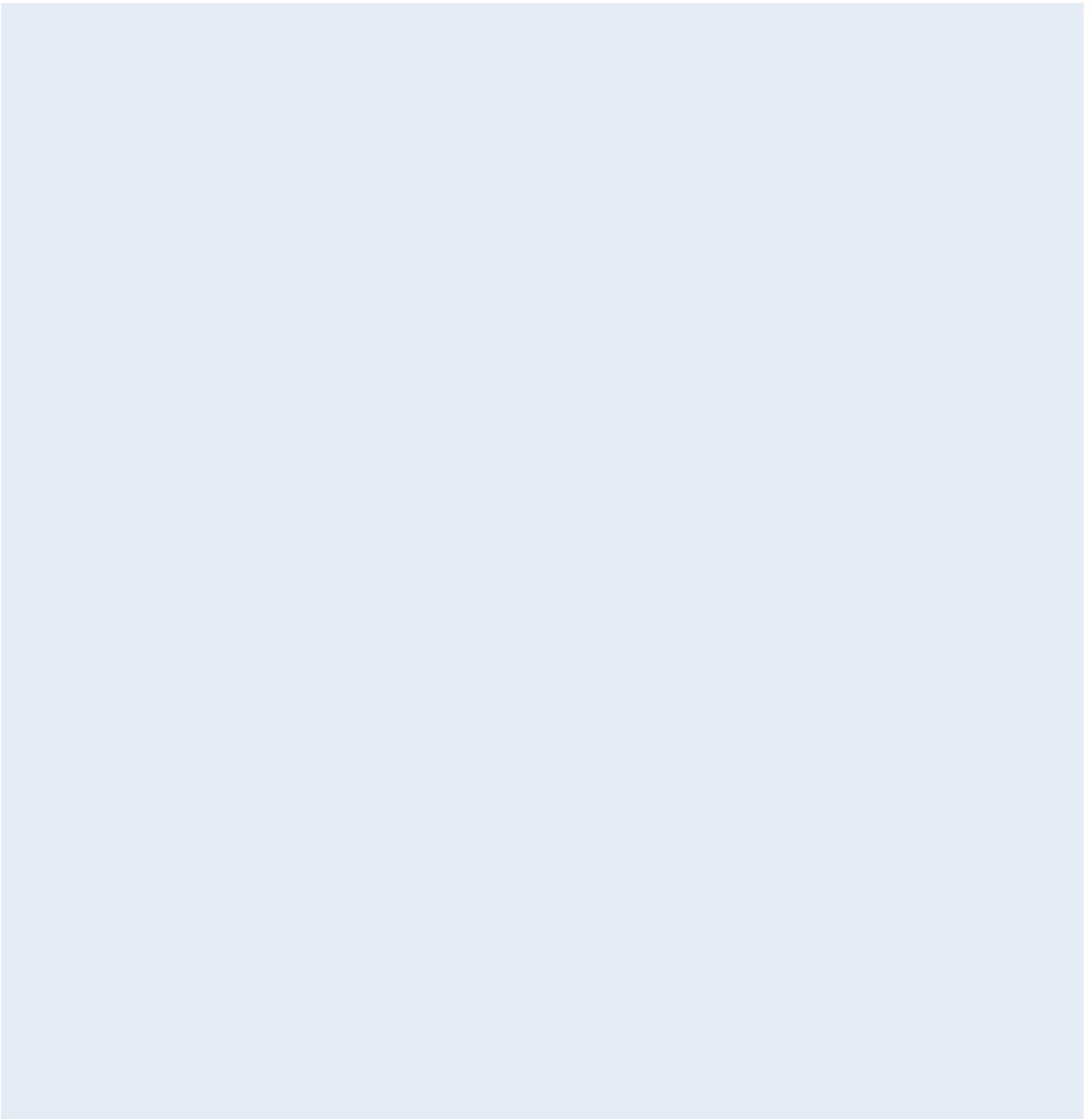
WASSERSCHLAG

1. Allgemein	188
2. Was ist Wasserschlag?	188
3. Beispiel für Wasserschlag	189
4. In Druckenergie umgewandelte kinetische Energie	190
5. Stoßwelle	190
6. Druckwelle	191
7. Schutz gegen Wasserschlag	194
7.1. Aktiver Schutz:	194
7.2. Passiver Schutz:	194
7.3. Automatisches Belüftungs- und Entlüftungsventil	194
7.4. Druckluftkammer	195
7.5. Luftdruckkammer mit Verdichterfunktion	195
7.6. Membran-Wasserschlässe	196
7.7. Schwungrad	196
7.8. Rückschlagventile	197
7.9. Typische Rückschlagventile	198

8. Strömungsgeschwindigkeit verwandelt sich in Druck	199
9. Schlagpotenzial verschiedener Rückschlagventile	199
10. Rückschlagventilschlag lässt sich vorhersagen und verhindern	200
11. Regelmäßiger und unregelmäßiger Durchfluss in einer Rohrleitung	201

TESTEN VON PUMPEN

1. Allgemein	206
2. Spezifikation des Prüfstands	207
3. Spezifikation für den Prüfstand für Klärwasser-Tauchpumpen der S-Baureihe	207
4. Spezifikation für den Prüfstand für Axial-Tauchpumpen der KPL- und KWM-Baureihen	208
5. Vibrationstest	208
6. NPSH-Prüfgerät	209
7. Abnahmeprüfungen entsprechend den höchsten Standards	209
7.1. Erläuterung der Abnahmeklassen	209
8. Prüfstandards	211
8.1. ISO 9906:2012 (Klasse 1B, 2B und 3B)	211
8.2. ISO 2548 (Klasse C)	213
8.3. ISO 3555 (Klasse B)	213
8.4. ISO 2548 (Klasse C) und ISO 3555 (Klasse B)	213
9. Weitere Prüfstandards	214
10. Zulässige Abweichungen bei der Ist-Leistung	215
11. Abnahmeprüfungen	215
12. Prüfbericht 216	
13. Weltweite Prüfungen	217



[1]

KLÄR- UND REGENWASSER

1. Abwasser

Abwasser ist jede Art von Wasser, dessen Qualität nach einer Verwendung in Privathaushalten oder industriellen, gewerblichen bzw. landwirtschaftlichen Anwendungen bzw. nach dem Zulauf von Oberflächen- oder Regenwasser oder dem Zulauf von Klär- oder Sickerwasser beeinträchtigt ist. Um die Auswahl und Installation der jeweils richtigen Pumpe sicherzustellen, werden Klär- und Regenwasseranwendungen in getrennten Abschnitten erörtert.



Abb. 1 Direkt in die Empfängeranlage eingeleitetes, vollständig unbehandeltes Abwasser

1.1. KLÄRWASSER

Kommunales Abwasser, auch Klärwasser genannt, wird in der Regel in einem kombinierten oder doppelten Abwasserkanalsystem transportiert und in einer Abwasseraufbereitungsanlage behandelt.

Klärwasser ist ein Abwassertyp, der Haushaltsabwasser enthält und entsprechend mit Fäkalien oder Urin aus Toiletten verunreinigt ist. Allerdings wird der Begriff „Klärwasser“ auch für jede Art von Abwasser verwendet. Behandeltes Abwasser wird über ein Schmutzwasserrohr in die Vorfluter abgeleitet. Bei Schmutzwasser handelt es sich um das behandelte Abwasser, das aus einer Kläranlage in ein Empfängersystem fließt (z. B. Flüsse, Seen oder Lagunen) oder zurück in ein Kanalisationssystem oder ein Reservoir gelangt.



Abb. 2 Schmutzwasser, das von einer Kläranlage ins Empfängersystem eingeleitet wird

In Gegenden ohne Zugang zu einer zentralen Kanalisation erzeugtes Abwasser muss von vor Ort befindlichen Abwassersystemen behandelt werden. Diese bestehen in der Regel aus einem Faulbehälter, einem Rieselfeld und optional einer Aufbereitungseinheit vor Ort.



Abb. 3 Faulbehälter mit Wasserzufuhr aus einem Privathaushalt

1.2. REGENWASSER

Regenwasserabfluss ist Regen oder geschmolzener Schnee, der von der Erdoberfläche abfließt. Er entsteht, wenn Regen auf Straßen, Auffahrten, Parkplätze, Dachflächen und asphaltierte Oberflächen im Allgemeinen fällt, die das Versickern des Wassers im Boden verhindern. In urbanen Gegenden, in denen trotz Überflutungsgefahr keine Regenwasserauffanganlagen wie Rückhalte- und Flutbecken vorhanden sind, ist Regenwasserabfluss die häufigste Ursache für Beschädigungen.

In vielen Ländern wird der Abfluss vor der Einleitung in die Vorfluteranlage zunächst gesammelt und in eine Abwasser-aufbereitungsanlage gefördert.

Die erste Spülung nach einem Regenguss ist der Erstabfluss. In Gegenden mit einem hohen Anteil undurchlässiger Oberflächen gelangt verschmutztes Wasser in dieser Phase in die Regenwasserkanalisation und ist in der Regel konzentrierter als während der übrigen Phasen des Regenfalls.

Entsprechend führen diese hohen Konzentrationen urbaner Abflüsse einem hohen Anteil von Verschmutzung mit sich, der aus den Abwasserkanälen ins Oberflächenwasser gelangt.

Regen oder geschmolzener Schnee, der über die Landfläche abläuft anstatt im Boden zu versickern, fließt für gewöhnlich in den nächstgelegenen Bach, Fluss, See oder Ozean. Dieser Abfluss ist vollständig unbehandelt.

Verschmutzter Abfluss entsteht, wenn Verschmutzungen aufgrund von Ausfällung in das Oberflächenwasser gelangt. Alltägliche menschliche Aktivitäten führen zur Ablagerung von Verschmutzungen auf Straßen, Rasenflächen, Dächern, landwirtschaftlichen Nutzflächen usw. Wenn es regnet, fließt das Wasser ab und findet seinen Weg schließlich zu einem Fluss, See oder dem Ozean. Auch wenn vor dem Eintritt in den Vorfluter eine gewisse Reduktion der Verschmutzung stattfindet, führt das Maß menschlicher Aktivität zu einem derart hohen Verschmutzungsgrad, dass der Vorfluter gefährdet ist.



Abb. 4 Regenwasser auf einer Dorfstraße nach schweren Regenfällen

2. Rückhaltebecken – Nassbecken

Rückhaltebecken dienen der Bewältigung von Regenwasserabfluss zur Verhinderung von Überflutungen und nachgelagerter Abtragung sowie der Verbesserung der Wasserqualität in nahegelegenen Bächen, Flüssen, Seen oder Buchten. Rückhaltebecken sind künstliche Seen mit angrenzender Vegetation, die für einen permanenten Wasservorrat konstruiert sind.

Regenwasser wird für gewöhnlich über ein System aus Abwasserkanälen in Straßen und Parkplätzen und ein Netz aus Regenwasserkanalisation oder erdverlegten Rohren zu einem Rück-

haltebecken geführt. Die Becken sind auf relativ große Mengen zulaufenden Wassers ausgelegt, doch die Ablaufeinrichtungen, die nur bei starken Unwettern funktionieren, begrenzen die Abflussmenge zu den Vorflutern.

Nassbecken werden mit verschiedenen Grasarten, Sträuchern oder feuchtigkeitsliebende Pflanzen landschaftlich gestaltet. Dies sorgt für ein stabiles Ufer und bietet zudem auch ästhetische Vorzüge. Außerdem hat Vegetation Vorteile für die Wasserqualität, da sie im Wasser gelöste Nährstoffe aufnimmt.



Abb. 5 Rückhaltebecken zum Sammeln von Regenwasser und Vermeiden überfluteter Straßen nach schweren Regenfällen

3. Rückhaltebecken – Trockenbecken

Ein Trockenbecken ist ein ausgebaggerter Bereich in der Nähe von Nebenflüssen, Flüssen, Seen oder Buchten, der vor Überflutung und, in einigen Fällen, nachgelagerter Erosion schützt, indem Wasser für eine begrenzte Zeit aufgenommen wird. Diese Becken werden „Trockenbecken“ genannt, weil der Wasservorrat nicht permanent ist. Allerdings gibt es auch Bauformen, bei denen dauerhaft eine gewisse Wassermenge vorhanden ist. In der Grundform reguliert ein Trockenbecken die Wassermenge. Ein positiver Einfluss auf die Wassermenge ist hier jedoch nur in den Ausführungen möglich, bei denen ständig ein gewisser Wasserstand vorhanden ist.

Trockenbecken bieten einen allgemeinen Überflutungsschutz und können auch starke Fluten bei Unwettern bewältigen, wie sie etwa nur alle 100 Jahre vorkommen. Der Bau dieser Becken erfolgt normalerweise im Zuge der Durchführung neuer Landentwicklungsprojekte, einschließlich neuer Stadtteile oder Einkaufszentren. Sie helfen bei der Bewältigung des überschüssigen Abflusses, der durch neu gebaute und undurchdringliche Oberflächen wie Straßen, Parkplätze und Dachflächen erzeugt wird.

Ein Trockenbecken kann den Zulauf großer Wassermengen bewältigen, der Abfluss ist jedoch durch eine kleine Öffnung am tiefsten Punkt des Bauwerks eingeschränkt. Die Größe dieser Öffnung hängt von den unterirdischen und unterwasserseitigen Durchlässen und Gerinnen ab, die der Abgabe des enthaltenen Wassers dienen.

Häufig wird der Zulaufbereich so konstruiert, dass er das Bauwerk auch gegen bestimmte Beschädigungen schützt. Versetzte Betonblöcke in den Zulaufkanälen senken die Geschwindigkeit des eintreffenden Wasserstroms. Diese Bauwerke können auch Fallschächte zum Abfangen größerer Steine und Felsen besitzen. Es handelt sich hierbei um tiefe Löcher unter dem Zulauf zum Bauwerk. Die Öffnungen sind groß genug, dass größere Steine und andere Gegenstände hineinfallen können, bevor sie den Rest des Bauwerks beschädigen können. Diese Schächte müssen nach jedem Sturm gereinigt werden.



Abb. 6 Trockenbecken mit Öffnung am untersten Punkt zur Begrenzung des Abflusses

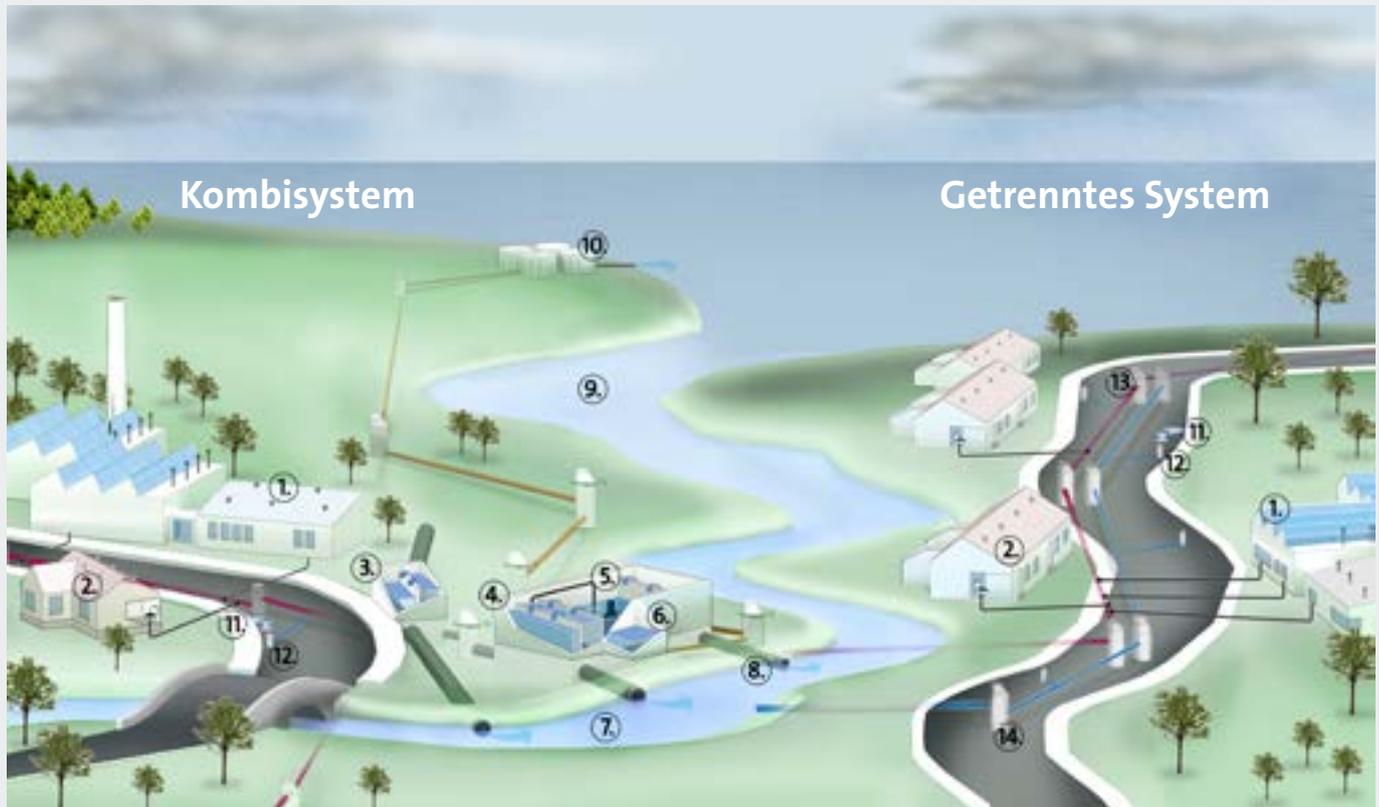
3.1. TROCKENBECKEN IN KANALISATIONSSYSTEMEN

Bei einem Kanalisationsnetz kann es sich entweder um ein Kombisystem oder um ein Trennsystem handeln (siehe Abb. 7). Letzteres ist für diese Richtlinie nicht von Belang, da das Regenwasser aus einer solchen Anlage häufig direkt an den Empfänger oder in die oben beschriebenen Nassbecken geleitet wird. Allerdings ist Regenwasser aus einem Kombisystem ein komplexerer Sachverhalt und kann für die Empfänger Probleme im Zusammenhang mit Umwelt, Ästhetik und Hygiene verursachen. Grund hierfür sind die kombinierten Überläufe des unbehandelten Abwassers aus den Abwasserkanälen, da die Anlagen nicht auf derart große Wasserzuläufe ausgelegt sind.

Wenn sich unbehandeltes Abwasser im kombinierten Abwassersystem staut, kann dies zum Rückfluss in Gebäude und Keller führen, z. B. durch Toiletten und Abflüsse, und so zu Sachschäden führen. Hier besteht die Sorge, dass aufgrund der Zerstörung von Sachwerten und den Reinigungskosten wirtschaftliche Verluste für Privathaushalte, Unternehmen und öffentliche Gebäude entstehen.

In vielen Teilen der Welt ist man sich dieser Probleme inzwischen bewusst und legt größeres Augenmerk darauf. Infolgedessen sehen die örtlichen Gesetzgeber gemeinhin Auflagen für den Abfluss aus kombinierten Abwassersystemen vor.

Auf allgemeiner Ebene zeigt sich dieses höhere Bewusstsein in den Bemühungen um ein Verhindern und Senken von Verschmutzung, in der Förderung einer nachhaltigen Wasserverwendung, im Schutz der aquatischen Umwelt, in einem verbesserten Status des aquatischen Ökosystems und in der Milderung der Auswirkungen von Überflutungen.



1. Industrielles Klärwasser 2. Klärwasser aus Privathaushalten 3. Kombierter Abwasserüberlauf 4. Kombierter Abwasserüberlaufstank 5. Entleertank 6. Durchflussregelung 7. Notüberlauf 8. Überlauf Nachklärbecken 9. Vorfluter 10. Aufbereitungsanlage und Ablauf 11. Unterspülung der Oberfläche bei Sturm 12. Auffangbecken 13. Sanitärkanal 14. Regenwasserkanal

Abb. 7 In Kombisystemen werden die verschiedenen Arten von Abwasser über dieselbe Druckleitung abgeleitet. In getrennten Systemen wird das Regenwasser über eine eigene Druckleitung abgeleitet und das Klärwasser zusammen mit weiteren Verschmutzungen über eine andere.

3.2. TROCKENBECKEN ALS WIRKSAME LÖSUNG

In Kombisystemen sind Trockenbecken eine gute Möglichkeit, um Spitzenzuflüsse in die Kanalisation bei hohen Niederschlagsmengen zu drosseln und so einen gleichmäßigen Zufluss zu gewährleisten. Hochwasserrückhaltebecken sind eine gute Möglichkeit, um Spitzenzuflüsse in die Kanalisation bei hohen Niederschlagsmengen zu drosseln und so einen gleichmäßigen Zufluss zu gewährleisten. Strategisch platzierte Trockenbecken führen zu einer besseren Auslastung der vorhandenen Kanalisation, ermöglichen eine bessere Regulierung der Regenwasserflüsse und bewirken letztendlich Einsparungen bei den Investitionen in die Infrastruktur.

Trockenbecken sind eine kostengünstige Lösung, weil die Abwasserkanäle bereits gebaut sind und im Allgemeinen eine deutlich höhere Restlebenszeit haben und weil der Austausch vorhandener Leitungen in einer urbanen Umgebung nicht nur sehr teuer sondern auch aufwändig ist.

Trockenbecken lassen sich relativ einfach an die Kanalisation anpassen. Außerdem wird bei starken Regenfällen die Kanalisation entlastet, indem überschüssiges Regenwasser für die vorübergehende Speicherung ins Trockenbecken geleitet wird (siehe Abb. 8 und 9).



Abb. 8 Kombinierte Kanalisationssysteme mit integriertem Trockenbecken (Regenwassertank) bei trockenem Wetter



Abb. 9 Kombinierte Kanalisationssysteme mit integriertem Trockenbecken (Regenwassertank) bei nassem Wetter

3.3. REIHEN- UND PARALLELRÜCKHALT

Trockenbecken werden danach klassifiziert, wie sie an die Kanalisation angeschlossen sind. Für in Reihe mit der Förderanlage verbundene Trockenbecken wird der Begriff „Reihenspeicher“ oder „Reihentrückhalt“ verwendet. Parallel zur Kanalisation angeschlossene Speichereinrichtungen werden „Parallelspeicher“ oder „Parallelrückhalt“ genannt (siehe Abb. 10).

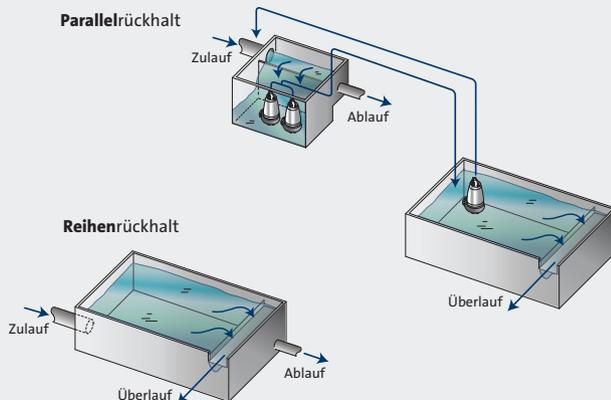


Abb. 10 Veranschaulichung von Reihen- und Parallelrückhalt

Parallelspeicher sind parallel zum Abwasserkanal geschaltet. Daher wird der Strom bei trockenem Wetter am Speichertank vorbei geführt. Zwischen starken Regenfällen bleibt das Rückhaltebecken leer. Zur Parallelspeicherung kommt es zunächst, wenn eine vordefinierte Fördermenge überschritten wird und der Zufluss aus der Förderanlage über Pumpen oder die Schwerkraft in den Rückhaltetank abgeleitet wird. Das zurückgehaltene Wasser wird im Tank gespeichert, bis flussabwärts ausreichend Förder- oder Aufbereitungskapazität verfügbar wird und das Wasser zurückgepumpt werden kann.

Beim Reihentrückhalt werden die Ströme sowohl bei trockenem als auch bei nassem Wetter durch den Tank geleitet. Der Ablauf von Parallelrückhaltetanks hat eine geringere Kapazität als der Zufluss. In der Folge durchquert der Durchfluss den Tank ohne zurückgehalten zu werden, bis der Zulauf die Auslasskapazität übersteigt. Wenn dieser Fall eintritt, wird der überschüssige Zufluss im Tank gespeichert, bis die Zulauf wieder abnimmt und das zurückgehaltene Wasser über den Auslass abfließt.

Regenwasserabfluss, der in den Rückhaltetank gelangt, führt organische und anorganische Stoffe mit sich. Dabei kann es sich um Makroverschmutzungen wie kleine Partikel, Vegetation und Abfälle oder um Mikroverschmutzungen wie Nährstoffe, Bakterien, Schwermetalle und Chemikalien handeln. Die übliche Definition für all diese Stoffe zusammen heißt Gesamtfeststoffe (Total Solids, TS), die sich aus einem schwebenden (suspended) Anteil (TSS) und einem gelösten (dissolved) Anteil (TDS) zusammensetzen. Beim Rückhalt von Regenwasser setzt sich das eintreffende Material während des Rückhalts ab. Allerdings setzt sich dabei nur ein Bruchteil der Schwebestoffe im Tank ab, der Rest behält seinen Schwebestoffzustand bei (siehe Abb. 11).

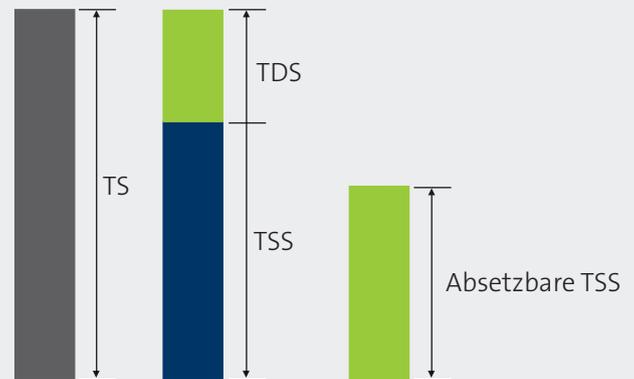


Abb. 11 Das Diagramm zeigt den Anteil der Gesamtfeststoffe (TS), der sich während des Rückhalts im Tank absetzt (absetzbare TSS)

3.4. SICHERSTELLEN EFFEKTIVER REINIGUNG

Wenn das zurückgehaltene Wasser direkt zurück in die Kanalisation gefördert wird, verbleibt der Großteil der abgesetzten Masse im Tank und sammelt sich dort allmählich an. Sobald sie sich festgesetzt haben, sind Sedimentablagerungen im Tank selbst mit einem Hochdruckreiniger nur noch schwer zu entfernen und verbrauchen Speichervolumen. Wenn die abgesetzte Masse nicht aus dem Tank entfernt wird, macht dieser darüber hinaus einen schmutzigen und schlecht gewarteten Eindruck. Außerdem führt die anaerobe Zersetzung der organischen Masse, die durch die biologische Aktivität hervorgerufen wird, zu unangenehmen Gerüchen und giftigen Gasen aus dem Rückhaltetank.

Die angesammelte Masse enthält verschiedene giftige Verbindungen, die sich an den abgesetzten organischen Partikeln anlagern, sowie eine Vielzahl pathogener Bakterien. Daher ist ein händisches Reinigen bei einem aktiven Tank problematisch und sollte ausgeschlossen werden. Stattdessen sollte eine wirksame, automatische und gesteuerte Tankreinigung implementiert werden.

Trockenbecken besitzen zumeist einen flachen Boden, der nicht selbstreinigend ist und daher spezielles Reinigungsgerät erfordert. Für die automatische Reinigung dieser Tanks stehen verschiedene Ausrüstungsarten zur Verfügung, z. B. mechanische Bodenschaber sowie Anlagen für einzelne oder dauerhafte Wasserspülungen.

Mechanische Schaber können die letzten Verschmutzungsschichten auf dem Tankboden nicht erfassen, was die Entstehung der oben genannten Geruchsprobleme zulässt. Dieses System ist daher nicht für Rückhaltebecken geeignet, die zwischen den Regenfällen geleert werden. Das Dauerspülsystem hat gegenüber dem Einzelspülsystem den Vorteil, dass es den Spülzyklus fortsetzen kann, bis jegliche zurückbehaltene Masse aus dem Tank entfernt wurde.

Die flexible und automatische Reinigung mithilfe eines Dauerspülsystems wird durch die Installation so genannter RainJets erreicht. Diese Art von Ausrüstung wird als Dauerspülsystem kategorisiert, die sich leicht an die meisten Rückhaltebecken anpassen lässt. Grundfos RainJets sind in zwei verschiedenen Versionen verfügbar: der Wasser/Wasser-Ejektor (RainJet WW) und der Wasser/Luft-Ejektor (RainJet WA). Der RainJet benötigt keine externe Süßwasserzufuhr für die Reinigung, da er zum Spülen das bereits im Tank enthaltene Rückhaltewasser nutzt. Auf diese Weise werden Probleme mit einem Rückfluss in die mobile Wasseranlage vollständig vermieden.

Um eine wirksame und automatische Reinigung des Rückhaltebecken zu gewährleisten, kommt es auf eine ordnungsgemäße Konstruktion des Rückhaltebecken in Bezug auf Ausrüstung, physische Auslegung und Steuerungen an.

Um den Entwicklungsprozess einer haltbaren Lösung zu unterstützen, liefert das Grundfos Handbuch „Regenwassertanks“ (Artikelnummer 98140144/0813/Wasser- und Abwassertechnik/9824-D&I) einen Überblick über einige wichtige Aspekte zur automatische Steuerausstattung, der Konstruktion des Rückhaltebecken, der Positionierung der Ausrüstung und dem automatischen Betrieb. Aus diesem Handbuch stammt auch der oben stehende Abschnitt „3.1. Trockenbecken in Kanalisationssystemen“.



Abb. 12 Grundfos RainJet WA mit länger reichendem Strahl und Luftbeimischung



Abb. 13 Grundfos RainJet WW mit höherer Fördermenge für breitere Tanks

In getrennten Kanalisationssystemen sind Rückhaltebecken bei Regenfällen wichtig, um das Überflutungsrisiko zu begrenzen und gleichzeitig durch den Absetzungsprozess die Einleitung von Verschmutzungen zu reduzieren. Am Boden des Beckens abgesetzte Feststoffe und Feststoffe in Sedimentfallen besitzen eine feinkörnige Verteilung, die der von schwebenden Feststoffen im Regenwasser nahekommt. Die Verteilung hängt mit der Dauer der Überflutung zusammen. Die Schadstoffbelastung ist erheblich, doch sind die Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen und Schwermetallen geringer als die Feststoffkonzentrationen in den Rückhaltebecken eines kombinierten Kanalisationssystems.

4. Kombiniertes oder getrenntes Kanalisationssystem

Welches ist das „beste“ Kanalisationssystem zum Minimieren von Vorflutverschmutzung zu geringstmöglichen Kosten? Diese Frage wird schon seit den Anfängen der Stadtentwässerung diskutiert. Zwei traditionelle Lösungen wurden bereits früh entwickelt: das kombinierte und das getrennte Kanalisationssystem (siehe Abb. 7 oben). Diese Systeme machen immer noch den Großteil aller modernen Kanalisationssysteme auf der ganzen Welt aus. Zusammen mit einer verbesserten Abwasserbehandlung führte dies im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts in den Industrieländern zu einer deutlichen Verbesserung der Wasserqualität in Flüssen. In den letzten Jahren wurden zahlreiche modifizierte Abwassersysteme entwickelt, um nur leicht belastetes Wasser nicht in die Kanalisation gelangen zu lassen. Dies geschieht durch die Anwendung optimaler Steuerungspraktiken wie Versickerung vor Ort, Quellenkontrolle usw. Im Allgemeinen gibt es, zumindest in Industrieländern, einen starken weltweiten Trend hin zum getrennten System. In den USA empfiehlt der Clean Water Act von 1972 beispielsweise getrennte Systeme. Kombisysteme gelten als Verursacher von hoher Verschmutzung und als eine Gefahr für die Hygiene.

Von den mehr als 80 Millionen Einwohnern Deutschlands werden zirka zwei Drittel von klassischen kombinierten Kanalisationssystemen versorgt. In den letzten paar Jahren wurden fast 24.000 kombinierte Abwasserüberlauf tanks gebaut. Wie auch in anderen Ländern erleben wir einen Anstieg bei der Anzahl getrennter Systeme.



[2]

KREISELPUMPEN

1. Allgemein

Beim Nachdenken über Pumpen und deren Geschichte zeigt sich, dass die Menschen schon seit frühesten Zeiten nach technischen Möglichkeiten suchten, Wasser zum Bewässern von Feldern oder zum Befüllen von Stadt- oder Burggräben auf eine größere Höhe zu transportieren.



Abb. 1 Das einfachste Schöpfgefäß ist die menschliche Hand oder eine Tasse

Daher kamen unsere Vorfahren schnell auf die Idee, Tongefäße zum Schöpfen zu verwenden. Das war der erste Schritt hin zur Erfindung des Eimers. Mit mehreren Eimern an einer Kette oder auf einem Rad wurde der Schöpfapparat mit Menschen- oder Tierkraft in Bewegung versetzt, um das Wasser in die Höhe zu befördern.

In Ägypten und China waren solche Becherwerke oder Kübelbahnen seit zirka 1000 v. Chr. im Einsatz.



Abb. 2 Becherwerk

Jacob Leupold (1674 - 1727) erfand 1724 eine Verbesserung dieses Konzeptes, indem er gebogene Rohre in ein Rad montierte. Wenn sich das Rad drehte, wurde die Mittelachse des Rades durch die Kraft angehoben. Auch die Strömung eines Flusses fungierte als Antrieb dieses Hebewerks.



Abb. 3 Ein Wasserrad ist eine Maschine, die die Energie von frei fließendem oder fallendem Wasser in nutzbare Energieformen umwandelt. Ein gängiges Beispiel hierfür ist eine Wassermühle. Ein Wasserrad besteht aus einem großen Rad aus Holz oder Metall mit einer Reihe von Schaufeln oder Gefäßen am äußeren Rand, die die Treibfläche bilden.

2. Archimedische Schraubenpumpe

Archimedes (287 - 212 v. Chr.), der bedeutendste Mathematiker und Wissenschaftler der Antike, beschrieb die Schraube, die später nach ihm benannt wurde, bereits 250 v. Chr. Der Wasseranhub erfolgte durch eine sich drehende Förderschnecke in einem Rohr. Allerdings floss ein Teil des Wassers immer zurück, da es noch keine wirksame Abdichtung gab.

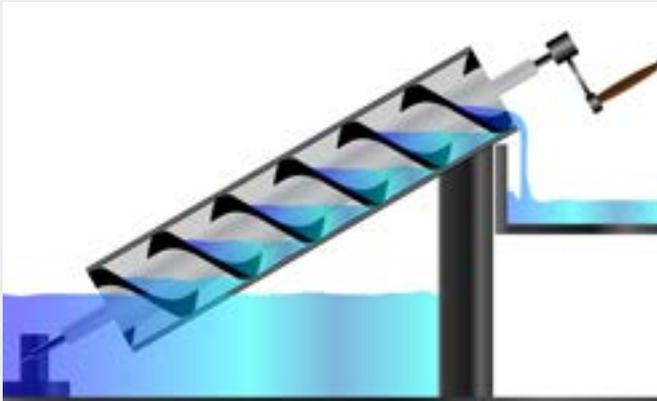


Abb. 4 Archimedische Schraubenpumpe

Daraus lernte man die Beziehung zwischen der Neigung der Schnecke und der Durchflussrate. Dies ermöglichte es, zwischen höherem Durchfluss oder größerer Förderhöhe zu wählen. Je steiler die Neigung der Schnecke, desto größer die Förderhöhe bei weniger Durchfluss.

Das Betriebsverhalten ähnelt in bemerkenswerter Weise dem heutiger Kreiselpumpen. Die Pumpenkennlinie – damals natürlich noch ein unbekanntes Konzept – zeigt dieselbe Beziehung zwischen der Förderhöhe und der Durchflussrate.

Aus verschiedenen historischen Quellen gewonnene Daten zeigten, dass die beste Neigung dieser Schraubenpumpen zwischen 37° und 45° lag. Sie erreichten Förderhöhen zwischen 2 und 6 m und Höchstdurchflussraten von zirka $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.1. ANWENDUNGEN VON ARCHIMEDISCHEN SCHRAUBEN

An der grundlegenden Bauform der Pumpen hat sich nicht viel geändert. Im Wesentlichen funktionieren sie immer noch so wie in alten Zeiten. Archimedische Schrauben bestanden ursprünglich aus Holz, allerdings wurde der Werkstoff im Laufe der Zeit allmählich durch Metall ersetzt. Heutige Schraubenpumpen bestehen ausschließlich aus Metall.

Bewässerungsanlagen sind ein gutes Beispiel für den Mechanismus Archimedischer Schraubenpumpen. Archimedische Schraubenpumpen werden auch für andere Medien eingesetzt. Kläranlagen nutzen Schraubenpumpen an den Zulauf-Pumpenstationen, um das Abwasser mit den schwebenden Feststoffen hoch zur Aufbereitungsanlage zu fördern.



Abb. 5 Drei Archimedische Schraubenpumpen in der Zulauf-Pumpstation einer Abwasser-Aufbereitungsanlage

3. Einführung in Kreiselpumpen

In diesem Abschnitt werden die Komponenten in einer Kreiselpumpe eingeführt und die von Grundfos hergestellten Pumpentypen vorgestellt. Wir versorgen Sie mit einem grundlegenden Verständnis der Prinzipien von Kreiselpumpen und der Pumpenterminologie. Die Kreiselpumpe ist der weltweit am häufigsten eingesetzte Pumpentyp.

Das Funktionsprinzip ist einfach, gut beschrieben und gründlich getestet, und die Pumpe ist robust, wirkungsvoll und relativ günstig in der Herstellung. Es gibt eine Vielzahl von Bauformen, die allerdings alle auf den gleichen grundsätzlichen Hydraulikteilen basieren.

3.1. DAS FUNKTIONSPRINZIP VON KREISELPUMPEN

Wenn die Pumpe in Betrieb ist, entsteht ein höherer Druck zwischen Pumpenzulauf und Pumpenabfluss. Diese Druckdifferenz fördert das Medium durch die Anlage oder das Werk. Der Druckanstieg entsteht durch eine Übertragung der mechanischen Energie vom Motor auf das Medium über das rotierende Laufrad.

Das Medium fließt vom Zulauf zum Laufradeintritt und tritt entlang der Laufradschaufeln wieder aus. Die dabei entstehende Zentrifugalkraft erhöht die Geschwindigkeit des Mediums, und in der Folge wird die kinetische Energie in Druck umgewandelt.

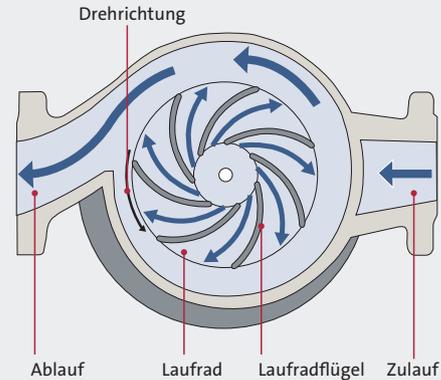
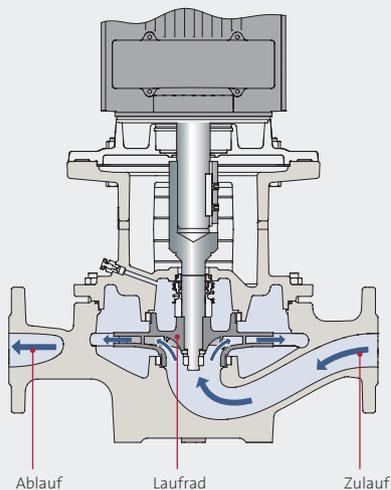


Abb. 6 Hydraulikkomponenten und Strömungsweg durch die Kreiselpumpe



Die im Kanal an Punkt A ankommende Flüssigkeit erzeugt mehr Energie als eine Flüssigkeit, die an Punkt B ankommt.

3.2. HYDRAULIKKOMPONENTEN

Die Prinzipien der Hydraulikkomponenten gelten für die meisten Kreiselpumpen. Hydraulikkomponenten sind die Teile, die mit der Flüssigkeit in Kontakt kommen.

Abbildung 6 zeigt die Hydraulikkomponenten in einer einstufigen Inlinepumpe. Im Folgenden werden die Komponenten zwischen dem Zulaufflansch und dem Abflaufflansch beschrieben.

3.3. ZULAUFFLANSCH UND ZULAUF

Die Installation der Pumpe in einem Rohrsystem erfolgt in der Regel über ihre Zulauf- und Abflaufflansche. Tauchbare Abwasserpumpen besitzen keinen üblichen Zulaufflansch, da sie sich direkt in der Flüssigkeit befinden. Der Abflaufflansch einer tauchbaren Abwasserpumpe wird für gewöhnlich über einen Kupplungsfußkrümmer mit dem Rohrsystem verbunden.

Der Zulauf lenkt die Flüssigkeit zum Laufradeintritt. Die Bauform des Zulaufs hängt vom Pumpentyp ab. Die vier gängigsten Zulaufarten sind inline, normalsaugend, doppelflutig und Zulauf für Tauchmotorpumpen wobei es sich ebenfalls um eine normalsaugende Hydraulik handelt. Inlinepumpen werden für die Montage auf einem geraden Rohr gebaut – daher auch der Name „Inlinepumpe“.

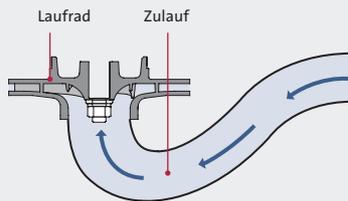


Abb. 7 Inlinepumpe

Normalsaugende Pumpen besitzen einen sehr kurzen und geraden Zulaufabschnitt, da der Laufradeintritt eine Verlängerung des Zulaufflansches bildet.

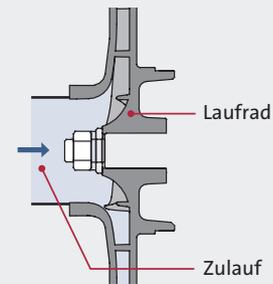


Abb. 8 Normalsaugende Pumpe

Das Laufrad in doppelflutigen Pumpen, auch Pumpen mit horizontal geteiltem Gehäuse genannt, besitzt zwei Laufradeintritte. Der Zulauf teilt sich in zwei Gänge auf und lenkt die Flüssigkeit vom Zulaufflansch zu beiden Laufradeintritten. Durch diese Bauform werden die Axialkräfte minimiert.

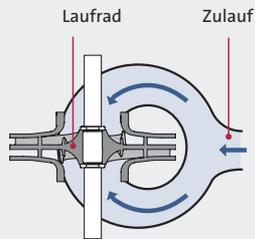


Abb. 9 Doppelflutige Pumpe (Pumpe mit horizontal geteiltem Gehäuse)

In tauchbaren mehrstufigen Pumpen befindet sich der Motor unter den Hydraulikteilen, und der Zulauf ist im Mittelabschnitt der Pumpe positioniert. Die Bauform verhindert Hydraulikverluste im Zusammenhang mit einer Lenkung der Flüssigkeit am Motor entlang. Darüber hinaus leitet das den Motor umgebende Wasser die Wärme ab.

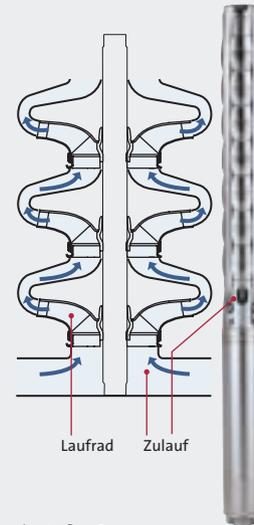


Abb. 10 Tauchbare mehrstufige Pumpe

In tauchbaren Abwasserpumpen werden der Motor und das Hydraulikteil direkt zusammen gefertigt. Der Motor besitzt eine längere Rotorwelle, um Platz für eine dazwischen liegende Ölkammer mit Wellendichtungen zu bieten.



Abb. 11 Tauchbare Abwasserpumpe

3.4. LAUFRAD

Die Flügel des rotierenden Laufrads übertragen Energie auf das Medium. Dabei werden Druck und Geschwindigkeit erhöht. Die Flüssigkeit strömt durch den Laufradeintritt in das Laufrad und anschließend durch die von den Propellerflügeln zwischen der Verkleidung und der Nabe erzeugten Laufradkanäle.

Die Bauform des Laufrads richtet sich nach den Anforderungen an Druck, Durchfluss und Anwendung. Das Laufrad ist die wichtigste Komponente für die Pumpenleistung. Änderungen der Pumpenleistung werden häufig allein durch eine Modifikation des Laufrads erzeugt.

Die Fähigkeit des Laufrads zum Erhöhen von Druck und Erzeugen von Durchfluss hängt in erster Linie davon ab, ob das Medium radial oder axial durch das Laufrad strömt.

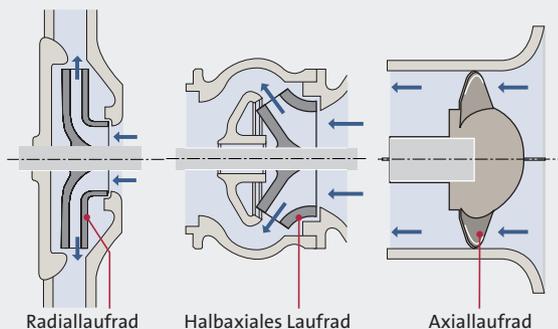


Abb. 12 Radiales, halbaxiales und axiales Laufrad

Bei einem radialen Laufrad besteht eine erhebliche Differenz zwischen dem Zulaufdurchmesser und dem Auslassdurchmesser sowie zwischen dem Auslassdurchmesser und der Auslassbreite, d. h. der Kanalhöhe am Laufradausgang. In dieser Konstruktion führen die Zentrifugalkräfte zu einem hohen Druck und einem niedrigen Durchfluss.

Das axiale Laufrad in Propellerpumpen erzeugt einen relativ niedrigen Druck und einen hohen Durchfluss, da sich die radiale Richtung und die große Auslassbreite nicht ändern.



Abb. 13 Grundfos Axialkreiselpumpe

Halbaxiale Laufräder kommen zum Einsatz, wenn ein Kompromiss zwischen Druckerhöhung und Durchfluss erforderlich ist.

Das Laufrad besitzt eine Reihe von Flügeln. Die Anzahl hängt im Wesentlichen von der gewünschten Leistung und Einschränkungen bei den Strömungsgeräuschen sowie von der Größe der festen Partikel im Medium ab.



Abb. 14 Vertikale Grundfos Turbinenpumpe mit halbaxialen Laufrädern

Es hat sich gezeigt, dass Laufräder mit 5 - 10 Kanälen den besten Wirkungsgrad beim Fördern von Medien ohne Feststoffen aufweisen. Ein-, Zwei-, Drei- und Vier-Kanal-Laufräder für die Förderung von Abwasser besitzen eine speziell konstruierte Führungskante, um das Risiko eines blockierten Laufrades so gering wie möglich zu halten. Die Laufradauswahl hängt vom erforderlichen Durchfluss und Druck ab.

Ein-, Zwei-, Drei- und Vier-Kanal-Laufräder können mit einem freien Durchgang von 75 mm bis hoch zu 160 mm Feststoffe einer bestimmten Größe bewältigen.



Abb. 15 Tauchbare Grundfos Abwasserpumpe mit S-tube®-Laufrad, einem geschlossenen Einkanalrad



Geschlossenes Einkanalrad für eine Durchflussrate von bis zu 100 l/s und eine Druckhöhe von bis zu 65 m.



Geschlossene Zwei-, Drei- und Vier-Kanal-Laufräder für eine Durchflussrate von bis zu 1900 l/s und eine Druckhöhe von bis zu 118 m.

Laufräder ohne Verkleidung werden als offene Laufräder bezeichnet. Offene Laufräder werden verwendet, wenn eine Reinigung des Laufrads erforderlich ist und das Risiko von Blockierungen besteht.

Eine Vortexpumpe mit offenem Laufrad ist die bevorzugte Lösung für die Förderung von Abwasser mit Textilfasern oder Klärschlamm mit einem begrenzten Risiko für eine Verstopfung und Blockierung des Laufrads.

Bei diesem Pumpentyp erzeugt das Laufrad unter ihm eine Strömung, die an den Wirbel eines Tornados erinnert, und transportiert hierdurch die Flüssigkeit mit den Feststoffen. Fasern und Feststoffe können das Laufrad nicht passieren.

Die Vortexpumpe hat gegenüber Pumpen mit Kanallaufrädern einen geringen Wirkungsgrad.



Abb. 16 Tauchbare Grundfos Abwasserpumpen mit SuperVortex-Laufrad



[3]



**PUMPEN,
TECHNISCHE DATEN
UND INSTALLATION**

1. Pumpen zum Fördern von Klär- und Regenwasser

Klärwasser enthält alles, was in Abwasser überhaupt enthalten sein kann. Außerdem kann Klärwasser auch Entwässerung und Schmutzwasser enthalten, wenn die Abführung in einem kombinierten System erfolgt.

Klärwasser kann als unbehandeltes Abwasser mit Toilettenabfällen aus öffentlichen Gebäuden, Hotels, Krankenhäusern, Institutionen, Ferienanlagen usw. definiert werden.

Regenwasser enthält alles, was im Wasser beim Entwässern von Straßen, Auffahrten, Parkplätzen und anderen asphaltierten Flächen mitgerissen wird. Daher sollten die Klär- und Regenwasserpumpen im Laufrad oder in der Hydraulik einen freien Durchgang von mindestens 80 mm (3") aufweisen, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

1.1. SLV- UND SEV-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN

Technische Daten:

Motorwicklungen:	2-polig, 4-polig
Motorisoliationsklasse:	H (180 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	A 60 °C und B 80 °C, 105 °C
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	1,1 - 26,5 kW
Max. Förderhöhe:	71 m
Max. Förderstrom:	50 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN80, DN100
Laufradtyp:	SuperVortex
Freier Durchgang:	80 - 100 mm



Abb. 1 Freier Durchgang im Laufrad für Pumpen mit Einkanalrad oder Mehrkanal-Laufrad



Abb. 2 Freier Durchgang in der Hydraulik bei Pumpen mit SuperVortex-Laufrad



1.2. SL1- UND SE1-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN

Technische Daten:

Motorwicklungen:	2-polig, 4-polig, 6-polig
Motorisoliationsklasse:	H (180 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	A und B (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	1,5 - 26,5 kW
Max. Förderhöhe:	53 m
Max. Förderstrom:	280 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN80, DN100, DN150, DN200, DN300
Lauftradtyp:	S-tube, 1- und 2-Kanal
Freier Durchgang:	75 - 160 mm



1.3. S 62-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN

Technische Daten:

Motorwicklungen:	4-polig, 8-polig, 12-polig
Motorisoliationsklasse:	F (155 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	F (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	15 - 50 kW
Max. Förderhöhe:	67 m
Max. Förderstrom:	415 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN125, DN200, DN300
Lauftradtyp:	1-, 2- und 3-Kanal
Freier Durchgang:	80 - 145 mm



1.4. S 66-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN

Technische Daten:

Motorwicklungen:	4-polig, 8-polig, 10-polig
Motorisulationsklasse:	F (155 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	F (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	22 - 65 kW
Max. Förderhöhe:	66 m
Max. Förderstrom:	840 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN200, DN250, DN300, DN500, DN600
Lauftradtyp:	1-, 2- und 3-Kanal
Freier Durchgang:	100 - 140 mm



1.5. S 70-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN

Technische Daten:

Motorwicklungen:	4-polig, 6-polig, 8-polig
Motorisulationsklasse:	F (155 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	F (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	65 - 160 kW
Max. Förderhöhe:	94 m
Max. Förderstrom:	1070 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN200, DN250, DN300, DN500, DN600
Lauftradtyp:	1-, 2- und 3-Kanal
Freier Durchgang:	90 - 120 mm



1.6. S 72-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN**Technische Daten:**

Motorwicklungen:	4-polig, 6-polig, 8-polig, 10-polig
Motorisoliationsklasse:	F (155 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	F (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	125 - 225 kW
Max. Förderhöhe:	93 m
Max. Förderstrom:	1300 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN250, DN300, DN500, DN600
Lauftradtyp:	2- und 3-Kanal
Freier Durchgang:	90 - 130 mm

**1.7. S 74-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN****Technische Daten:**

Motorwicklungen:	4-polig, 6-polig, 8-polig
Motorisoliationsklasse:	F (155 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	F (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	200 - 315 kW
Max. Förderhöhe:	117 m
Max. Förderstrom:	1550 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN300, DN500, DN600
Lauftradtyp:	2- und 3-Kanal
Freier Durchgang:	90 - 135 mm



1.8. S 78-BAUREIHE, 50-HZ-PUMPEN

Technische Daten:

Motorwicklungen:	8-polig, 10-polig, 12-polig
Motorisulationsklasse:	F (155 °C)
Temperaturanstieg Klasse:	F (105 °C)
Schutzart:	IP68
Motorausführung:	130 - 520 kW
Max. Förderhöhe:	72 m
Max. Förderstrom:	1880 l/s
Medientemperatur:	0 - 40 °C
Abmessung Auslass:	DN500, DN600
Lauftradtyp:	3- und 4-Kanal
Freier Durchgang:	115 - 145 mm



2. Explosionsgeschützte Pumpen

2.1. PUMPEN FÜR ANWENDUNGEN IN POTENZIELL EXPLOSIONSGEFÄHRDETEN UMGEBUNGEN IN EUROPA

Die Explosionsschutzklasse von Pumpen lautet „Ex c d IIB T3“. Die Schutzklasse „Ex d IIB T4“ wird auf Anfrage zur Verfügung gestellt.

Für einen Pumpenbetrieb mittels eines Frequenzumrichters ist die Temperaturklasse T3 erforderlich.

Die maßgeblichen Behörden müssen sowohl die Explosionsschutzklasse als auch die Installation zulassen.

2.2. PUMPEN FÜR ANWENDUNGEN IN POTENZIELL EXPLOSIONSGEFÄHRDETEN UMGEBUNGEN IN DEN USA

„FM Approvals“ genehmigt die explosionsgeschützten Pumpen gemäß FM3600, FM3615 und FM3615.80.

Erläuterungen zur FM-Zulassung

Die Explosionsschutzklasse der Pumpen lautet „Class I, Division 1, Groups C and D, T4, T3, IP68“

Standard	Code	Beschreibung
FM3600 FM3615 FM3615.80	Class I	Explosive Atmosphäre durch Gas oder Dämpfe.
	Division 1	Bereichsklassifizierung
	Groups C and D	Klassifizierung von Gasen
	T4/T3	Maximale Oberflächentemperatur beträgt 275 °C (135 °C) und 392 °F (200 °C)
	IP68	Gehäuseklasse gemäß IEC 60529.

3. Aufstellungsvarianten für SL-, SE- und S-Pumpen

Im Folgenden finden Sie die vier gängigsten Aufstellungsvarianten für tauchbare Klärwasserpumpen:

- Freistehende und mobile Modelle (Abb. 3)
- Stationäre Nassaufstellung (Abb. 4)
- Horizontale Trockenaufstellung (Abb. 10) und
- Vertikale Trockenaufstellung (Abb. 11)

3.1. FREISTEHENDE NASSAUFSTELLUNG AUF RING-STÄNDER (MOBILE AUSFÜHRUNG)

Bei freistehenden und mobilen Modellen muss die Pumpe sicher im Pumpen-Sammelbrunnen aufgestellt sein. Für das Anheben der Pumpe wird geeignetes Hebezeug benötigt.

Pumpen für eine freistehende Aufstellung oder eine mobile Nutzung können frei auf dem Schachtboden stehen. Die Pumpe muss auf einem Ringständer installiert werden, der als Zubehör erhältlich ist (siehe Abb. 3).

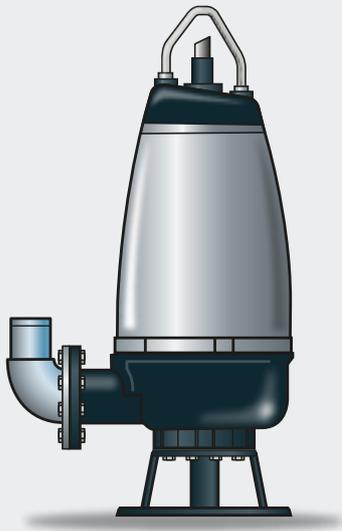


Abb. 3 Tauchbare Klärwasserpumpe auf Ringständer für freistehende Aufstellung oder mobile Nutzung

Um Wartungsarbeiten an der Pumpe zu erleichtern, sollte eine flexible Verschraubung oder Kupplung am Rohrbogen des Druckstutzens für eine leichte Trennbarkeit sorgen.

Wird ein Schlauch verwendet, vergewissern Sie sich, dass der Schlauch nicht geknickt wird und er die richtige Größe für den Druckstutzen der Pumpe hat.

Wird ein starres Rohr verwendet, sollten eine Verschraubung oder Kupplung, ein Rückschlagventil und ein Absperrventil in der genannten Reihenfolge (von der Pumpe aus gesehen) angebracht werden.

Soll die Pumpe in schlammigen Bedingungen oder auf unebenem Boden betrieben werden, stellen Sie sie auf Ziegelsteine oder eine ähnliche abstützende Unterlage. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Bringen Sie einen 90°-Rohrbogen am Druckstutzen der Pumpe an, und schließen Sie die Druckleitung bzw. den Druckschlauch an.
2. Senken Sie die Pumpe in das Medium ab. Verwenden Sie dazu eine Kette, die sicher am Hebebügel der Pumpe befestigt ist. Wir empfehlen, die Pumpe auf einem planen, soliden Fundament aufzustellen. Vergewissern Sie sich, dass die Pumpe an der Kette, und nicht am Kabel, aufgehängt ist. Vergewissern Sie sich, dass die Pumpe sicher steht.
3. Hängen Sie das Ende der Kette an einen geeigneten Haken oben im Schacht, und zwar so, dass die Kette nicht mit dem Pumpengehäuse in Kontakt kommt.
4. Passen Sie die Länge des Motorkabels an, indem Sie es an der Zugentlastung aufwickeln, um sicherzustellen, dass das Kabel beim Betrieb nicht beschädigt wird. Befestigen Sie die Zugentlastung an einem geeigneten Haken oben im Schacht. Vergewissern Sie sich, dass das Kabel nicht scharf geknickt oder eingequetscht wird.
5. Schließen Sie das Motorkabel an.

3.2. STATIONÄRE NASSAUFSTELLUNG

Tauchbare Klärwasserpumpen für eine dauerhafte Aufstellung können auf den Führungsrohren eines stationären Kupplungsfußkrümmers installiert werden, der als Zubehör erhältlich ist. Der Kupplungsfußkrümmer-Satz erleichtert Wartung und Instandhaltung, da die Pumpe aus dem Schacht gehoben werden kann (siehe Abb. 4).

Gehen Sie wie folgt vor:

1. Bohren Sie Montagelöcher für die Führungsrohrbügel auf der Innenseite der Öffnung im oberen Schachtdeckel und befestigen Sie die Führungsrohrbügel provisorisch mit zwei Verankerungsbolzen. Vergewissern Sie sich, dass die Installation der Führungsrohrbügel mit dem richtigen Abstand zwischen den Pumpen sowie von der Pumpenmitte zur Schachtwand erfolgt (siehe Abb. 6). Um eine ordnungsgemäße Abdichtung zwischen dem Druckflansch der Pumpe und dem Fußkrümmer zu gewährleisten, müssen die beiden Führungsrohre vertikal installiert werden.
2. Platzieren Sie den eigentlichen Fußkrümmer des Kupplungsfußkrümmers auf dem Schachtboden. Bestimmen Sie die korrekte Aufstellung mithilfe eines Schnurlots. Halten Sie das Schnurlot in den Führungsrohrbügel, und lassen Sie es auf das Gegenstück der Führungsrohre auf dem Fußkrümmer zeigen, bevor Sie den Fußkrümmer mit Expansionsbolzen am Boden oder dem Betonsockel befestigen. Bei unebenem Schachtboden muss der eigentliche Fußkrümmer der Kupplungsfußkrümmers so abgestützt werden, dass er bei der Befestigung eben ist.
3. Montieren Sie die Druckleitung gemäß allgemein anerkannter Verfahren und ohne sie einer Verdrehung oder Zugspannung auszusetzen.
4. Platzieren Sie die Führungsrohre auf dem eigentlichen Fußkrümmer des Kupplungsfußkrümmers, und passen Sie die Länge der Führungsrohre genau an den Führungsrohrbügel oben im Schacht an.
5. Schrauben Sie die provisorische Befestigung des Führungsrohrbügels los. Führen Sie den oberen Führungsrohrbügel in die Führungsrohre ein. Befestigen Sie den Führungsrohrbügel innen in der Öffnung des oberen Schachtdeckels.

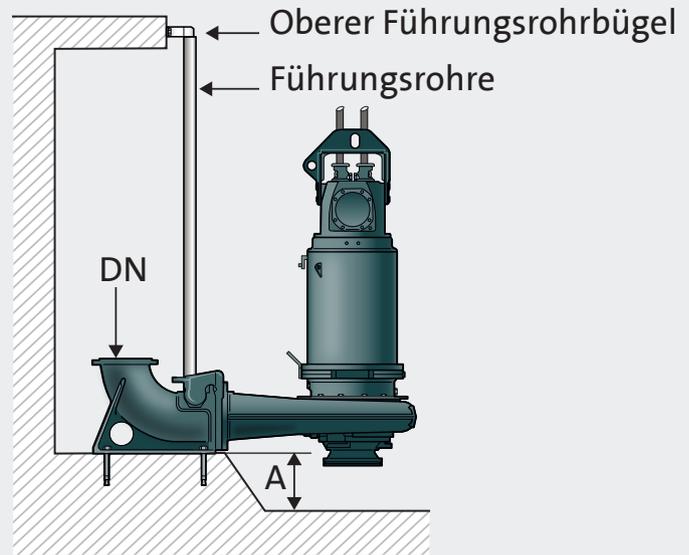


Abb. 4 Tauchbare Klärwasserpumpe auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz mit eigentlichem Fußkrümmer zur Bodenmontage, Führungsrohren für die Führungsklaue und oberem Führungsrohrbügel.



Abb. 5 Grundfos SmartSeal-System mit Profildichtung aus Gummi, die zwischen dem Druckflansch der Pumpe und dem Flansch der Führungsklaue befestigt ist

Die korrekte Sockelhöhe (A) (siehe Abb. 4) ist bei der Installation des Kupplungsfußkrümmers sehr wichtig, um den besten Wirkungsgrad der Pumpe zu erreichen. Die Abmessung A für eine spezifische Pumpe findet sich in den Betriebs- und Installationsanweisungen, die jeder Grundfos Pumpe beiliegen.

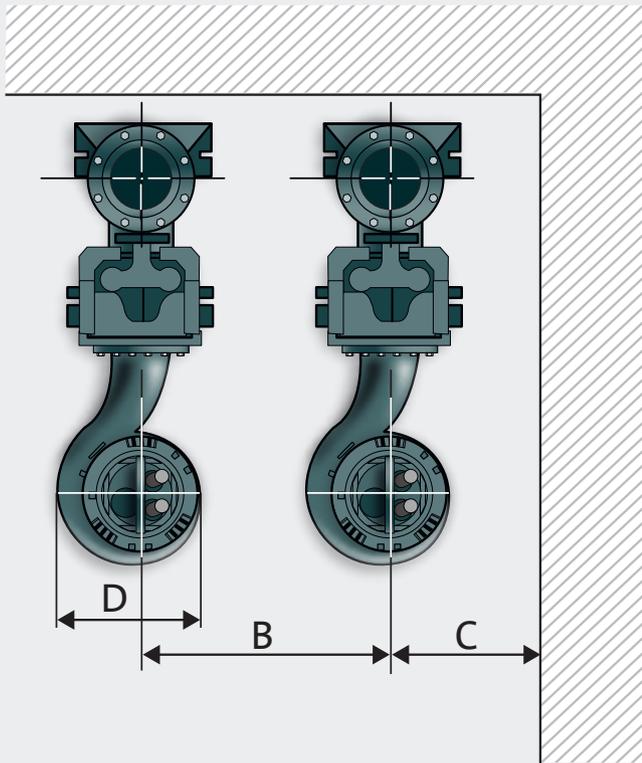


Abb. 6 Empfohlene Einbaumaße für Tauchmotorpumpen
 $B = 1,5 D$ und $C = 0,8 D$

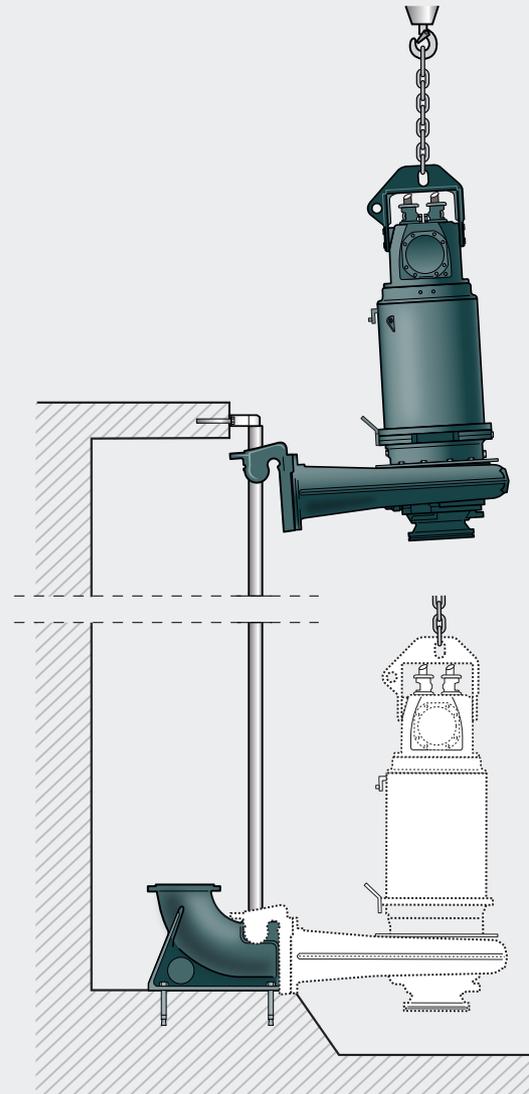


Abb. 7 Absenken der Pumpe

Die Pumpe wird vorsichtig vertikal oder mit einer leichten Neigung abgesenkt: $5^\circ \pm 5^\circ$ (siehe Abb. 7).

Sie wird automatisch mit dem Fußkrümmer gekoppelt und dichtet den Druckanschluss durch das Eigengewicht und die Profildichtung ab.



Abb. 8 Oberer Führungsrohrbügel für doppelte Führungsrohre mit Gummibuchsen zur Geräuschvermeidung



Abb. 9 Mittlerer Führungsrohrbügel; erforderlich für Führungsrohre von mehr als 6 m Länge. Der mittlere Führungsrohrbügel wird mithilfe von Edelstahlklemmen am Druckrohr montiert.

3.3. TAUCHBARE TROCKENSCHACHTAUFSTELLUNG

Tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpen bieten Kommunen reduzierte Anschaffungskosten, reduzierte Installationskosten und reduzierte Wartungskosten im Vergleich zu herkömmlichen Trockenschachtpumpen.

Tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpen wurden ursprünglich für Anwendungen entwickelt, bei denen die Pumpe im Fördermedium eingetaucht ist. Sie kommen verbreitet in Trockenschachtstationen zum Einsatz, bei denen der Sammelbrunnen der Pumpe vom trockenen Pumpenraum getrennt ist.

Trockenschacht-Tauchpumpen bieten klare Vorteile gegenüber herkömmlichen Trockenschachtaufstellungen, sowohl für den Installateur als auch für den Benutzer. Ihre kompakte Bauform, die vielseitigen Installationsmöglichkeiten und die Widerstandsfähigkeit gegen Überflutung machen sie zur idealen Wahl für sowohl neue als auch nachgerüstete Pumpstationen.

Große Pumpstationen besitzen in der Regel die konventionelle Trockenschachtkonstruktion, bei der sich der Motor mehrere Stockwerke über der Pumpe befindet und über eine Welle mit ihr verbunden ist.

Diese Bauform benötigt erhöhten Wartungsaufwand und kann Probleme mit übermäßigen Vibrationen in Pumpe, Motor und Struktur mit sich bringen. Im Allgemeinen sind Trockenschächte anfällig für Überflutungen durch unvorhersehbares Wetter. Tauchbare Grundfos Trockenschachtpumpen sind dasselbe wie Tauchmotorpumpen und unterscheiden sich nur beim Zubehör. Die Installation erfolgt entweder auf einem Gestell mit Gleitschienen zur horizontalen Installation oder auf einem Standfuß/einer Grundplatte zur vertikalen Installation.

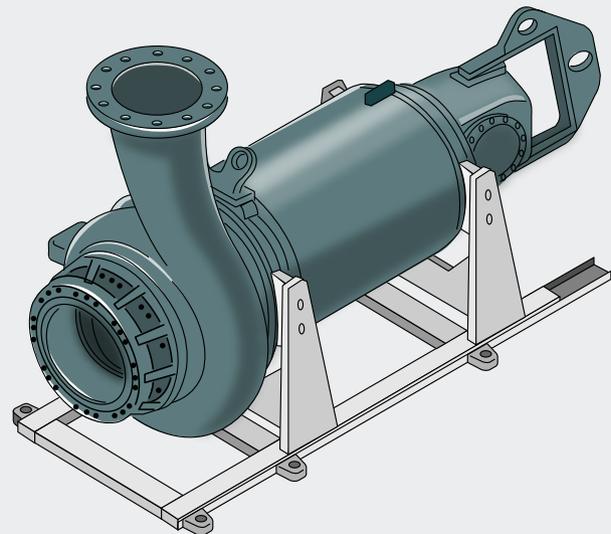


Abb. 10 Tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpe mit Gestell und Gleitschienen zur dauerhaften horizontalen Installation

Die Gleitschienen ermöglichen eine leichte Inspektion des Laufrads, ohne die Pumpe dazu von Saugleitung und Druckleitung abmontieren zu müssen. Das Motoraggregat mit Rotorwelle und Laufrad kann aus der Spirale gezogen und auf den Schienen zurückgeschoben werden.

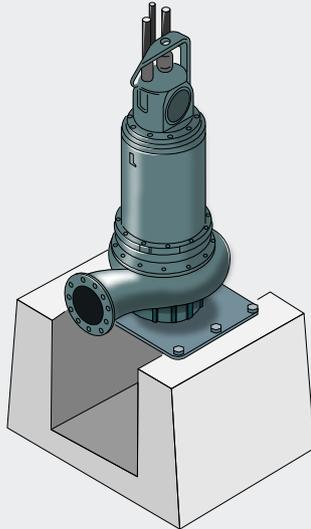


Abb. 11 Tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpe mit Grundplatte und Betonfundament für dauerhafte vertikale Aufstellung

Die vertikalen trocken aufgestellten Pumpen werden mithilfe von Flanschverbindungen mit den Saug- und Druckleitungen verschraubt.

3.4. FUNDAMENTE

3.4.1. KONSTRUKTIONSEMPFEHLUNGEN

Die folgenden Empfehlungen für Betonfundamente für hochbelastbare Abwasserpumpen dienen als Leitlinie beim Installieren von Pumpen in Beton-Pumpstationen.

Bei Unwucht erzeugen alle rotierenden Teile bei hohen Drehzahlen Vibrationen. Eine Vibrationsquelle in Pumpen ist hydraulische Pulsation, die in erster Linie entstehen, wenn die Laufradschaufeln die Spiralzunge passieren. Einkanalpumpen, die meistens in Abwasseranwendungen zum Einsatz kommen, erzeugen die meiste hydraulische Pulsation, was zu Vibrationen führt.

Insbesondere bei Abwasseranwendungen, bei denen das Risiko einer teilweisen oder vollständigen Verstopfung des Laufrads besteht, was zu einer Unwucht führt, ist ein festes Fundament eine absolute Notwendigkeit. In solchen Situationen vibriert die Ausrüstung stark über das normale Maß hinaus. Es ist wichtig, dass das Fundament und die Struktur einer solchen Situation für kürzere Zeiträume standhalten kann.

Das Fundament beginnt mit einer festen Grundlage. Die beste Lösung besteht im Herstellen eines Betonfundaments auf festem Untergrund. Beton ist der optimale Werkstoff für das Herstellen von Fundamenten, da es sehr preisgünstig ist.

Die Masse des Betonfundaments muss groß genug sein, um all die zuvor beschriebenen dynamischen und statischen Kräfte zu absorbieren. In seinen „Standardhinweisen 1“ empfiehlt das Hydraulic Institute, dass die Masse des Betonfundaments zirka drei- bis fünfmal so hoch sein sollte wie die Masse der Ausrüstung, die es tragen soll.

Wenn das Pumpenaggregat auf etwas anderem als einem Betonfundament montiert wird, z. B. eine Stahlstruktur, sollte das Gestell mit den Gleitschienen oder die Grundplatte jeweils entlang der Länge von stabilen Stahlträgern abgestützt werden. Er sollte außerdem so nah wie möglich an wichtigen strukturellen Teilen, anderen Trägern und den umgebenden Mauern montiert werden.

Die Stahlstruktur sollte berechnet werden, damit sichergestellt ist, dass sie eine ausreichende Festigkeit besitzt, um während des Betriebs ein Verdrehen der Grundplatte sowie Vibrationen zu minimieren.

In seinen „Standardhinweisen 2“ empfiehlt das Hydraulic Institute außerdem, dass die Pumpenaggregate direkt an einem vorhandenen Betonboden befestigt werden, sofern der Boden den Kriterien für ein Fundament entspricht.

Sobald dies erledigt ist, können die Gewindeschrauben im Fundament versenkt werden (siehe Abb. 12). Auf diese Weise erhalten Sie eine stabile Aufstellung.

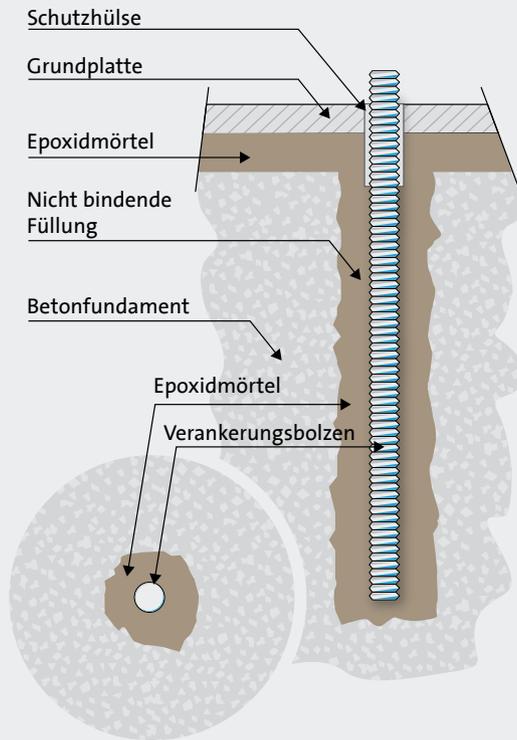


Abb. 12 Verankerungsbolzen mit Gewinde im Fundament

3.4.2. FUNDAMENT FÜR HORIZONTALE TAUCHBARE TROCKENSCHACHT-KLÄRWASSERPUMPEN

Wenn der Boden nicht den Kriterien für ein Fundament entspricht, z. B. für horizontale Trockenschacht-Klärwasserpumpen, sollte ein neues Fundament produziert werden, und zwar als eine unabhängige Masse ohne Kontakt zur Umgebung (siehe Abb. 13). Das Gestell mit den Gleitschienen muss ordnungsgemäß im unabhängigen Fundament verankert werden. Zur Trennung von Fundament und dem festen Boden oder anderen Gebäudeteilen sollte ein Werkstoff wie Sylomer verwendet werden.

Sylomer ist ein spezielles PUR-Elastomer, das in vielfältigen Anwendungen im Bauwesen und im Maschinenbau zur Vibrationsdämpfung eingesetzt wird.

Vor dem Betonguss müssen Boden und Wände des Aushubs mit dem Sylomer ausgekleidet werden. Das Fundament muss so hergestellt werden, dass das Sylomer bis zur letzten Geschosebene intakt bleibt.

Die Auswahl des Sylomers erfolgt anhand der Fundamentmasse, um eine niedrige Eigenfrequenz im Verhältnis zur Mindestdrehzahl der Pumpe sicherzustellen. (Eigenfrequenz $< 0,8 \times$ Frequenz der Drehzahl).

Nach allgemeiner industrieller Praxis sollte das Fundament 7,6 - 15,2 cm (3 - 6 Zoll) länger und breiter sein als die Grundplatte, die für eine horizontale Blockpumpe installiert wird. Bei der Grundfos Pumpe dient das Gestell mit Gleitschienen als Bodenplatte.



Abb. 13 Horizontale, tauchbare Grundfos Trockenschacht-Klärwasserpumpen mit Gestellen und Gleitschienen

3.4.3. FUNDAMENT FÜR VERTIKALE TAUCHBARE TROCKENSCHACHT-KLÄRWASSERPUMPEN

Für Installationen von vertikalen tauchbaren Trockenschacht-pumpen, ähnlich Abb. 14, bei denen Pumpe und Motor direkt zusammen gefertigt werden. Zur Sicherstellung der bestmöglichen Festigkeit müssen Größe und Masse des Fundaments so hoch wie möglich sein.

Wenn ein vorhandenes Pumpenaggregat durch ein neues ersetzt werden soll, muss das vorhandene Fundament zunächst vollständig entfernt werden. Dieses Entfernen muss vollständig erfolgen und gewährleisten, dass das neue Betonfundament den festen Boden oder festen Halt erreicht.

In einigen Fällen kann sich die Errichtung eines Fundaments mit einer drei- bis fünfmal höheren Masse als das Pumpenaggregat schwierig gestalten. Daher sollte das neue Betonfundament mit Lagernägeln im Boden verstärkt werden. Auf diese Weise wird der Boden zu einem aktiven Bestandteil des Fundaments.

Der Boden und das Betonfundament sollten stark genug sein, um das Gewicht der Pumpe mit Rohren und Ventilen und dem darin strömenden Medium zu tragen und die durch die Pumpe entstehenden Kräfte auszuhalten.



Abb. 14 Vertikale tauchbare Grundfos Trockenschacht-Klärwasserpumpe auf Betonfundament mit Lagernägeln im Boden

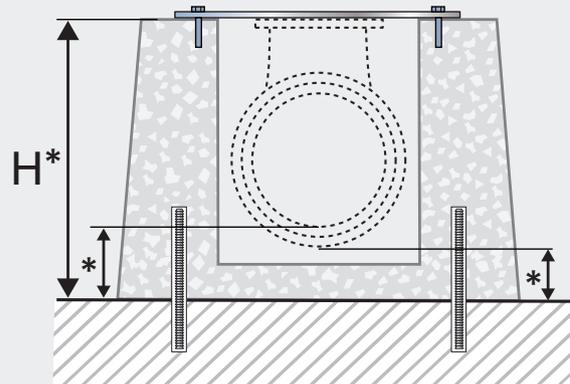


Abb. 15 Betonfundament mit Grundplatte und erforderlichen Mindestabständen für Verrohrung und Einlaufbogen

Die Öffnung zwischen den beiden Sockeln muss einen geeigneten Abstand zwischen dem Flansch des Einlaufbogens und den Befestigungsschrauben ermöglichen.

Die Gesamthöhe des Fundaments sollte so niedrig wie möglich sein, doch ausreichend Platz für die Ausrichtung der Verrohrung sowie zwischen dem Einlaufbogen und dem Boden lassen. Siehe Details in Abb. 14, 15 und 16.

Die Länge und die Breite des Betonfundaments sollten ausreichen, um die für den Tiefbau geltenden Konstruktionsnormen und örtlichen Gesetze zu erfüllen.

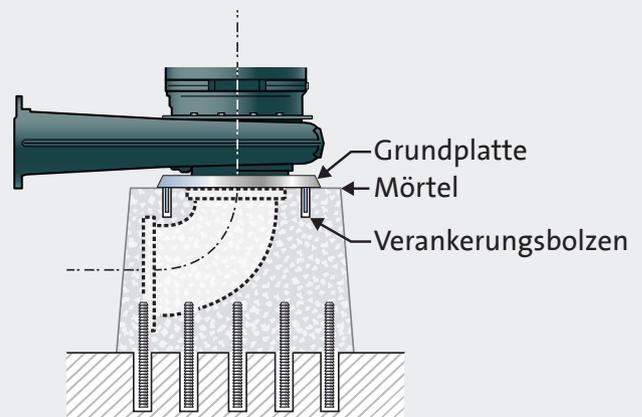


Abb. 16 Fundament mit Grundplatte, Verankerungsbolzen und Mörtel zwischen Fundament und Grundplatte.

Die Fundamentbolzen sind im Betonfundament eingebettet. Für die ordnungsgemäße Platzierung der Bolzen und um sicherzustellen, dass diese ihre Position beim Gießen des Fundaments beibehalten, kann eine Schablone hergestellt werden.

Zur endgültigen Positionierung der Verankerungsbolzen werden Rohrhülsen herangezogen. Diese Hülsen sind mindestens dreimal größer als der Bolzen, und ihre Länge muss mindestens dem Zehnfachen des Durchmessers entsprechen. Abb. 17 zeigt eine Ansicht des Verankerungsbolzens und der Rohrhülse.

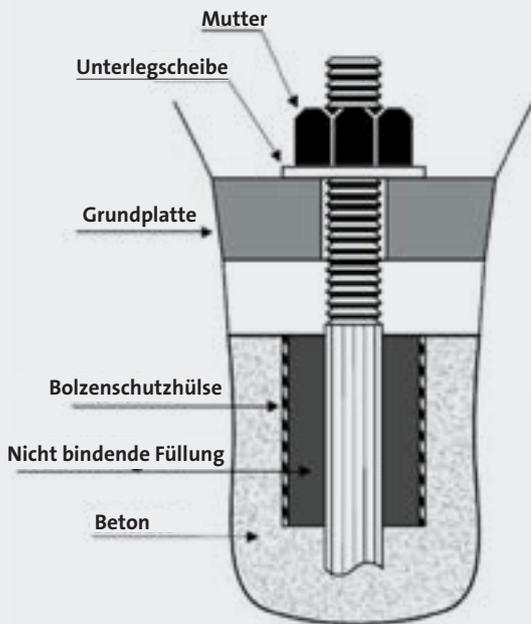


Abb. 17 Detailansicht von Verankerungsbolzen und Rohrhülse

4. Betriebsbedingungen für tauchbare Klärwasserpumpen

4.1. SL-PUMPEN UND S-PUMPEN BIS ZUR BAUREIHE 70

Pumpen ohne Kühlmantel sind nur für eine Nassaufstellung geeignet.

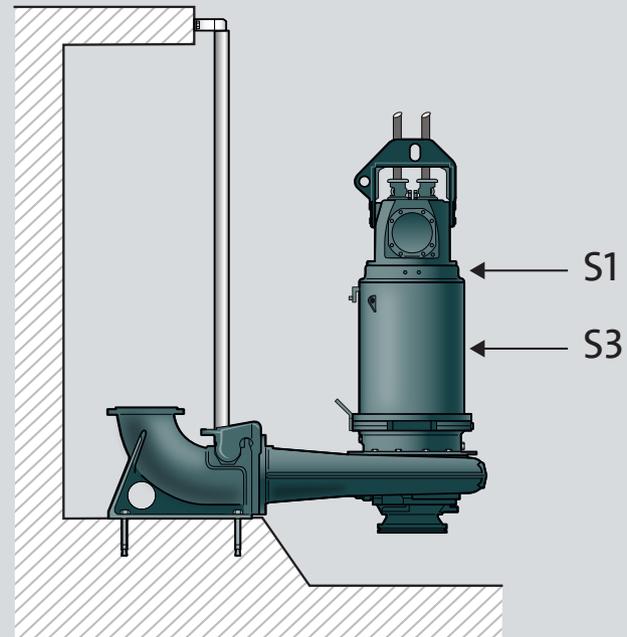


Abb. 18 Betriebsniveau S1 und S3

Diese Pumpen sind auf Dauerbetrieb S1 ausgelegt, wenn die Pumpe bis zur Motoroberseite unter Wasser ist.

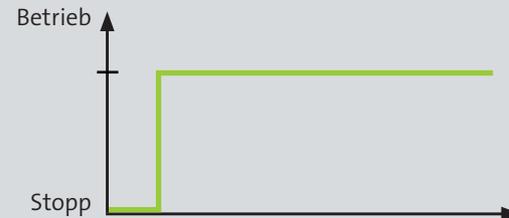


Abb. 19 Dauerbetrieb

SE-Pumpen mit Motormantel und S-Pumpen mit Kühlmantel sind bis hinunter zur Oberseite des Pumpengehäuses als S1 eingestuft.

SL-, SE- und S-Pumpen bis zur Baureihe 70 sind für maximal 20 Anläufe pro Stunde ausgelegt. SL- und S-Pumpen ohne Motormantel besitzen die S3-Einstufung für eine Nassaufstellung bis zur Motormitte und für kurze Betriebszeiträume bis hinunter zur Oberseite des Pumpengehäuses. Gemäß IEC 60034-1, lautet die Abkürzung für 4 Minuten Betrieb und 6 Minuten Pause „S3 – 40 %“ (siehe Abb. 20).

Explosionssgeschützte Pumpen müssen stets vollständig unter Wasser sein.

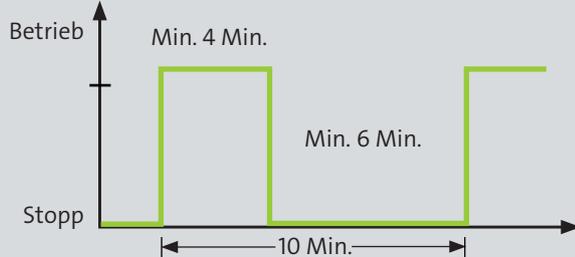


Abb. 20 Aussetzbetrieb

4.2. SE-PUMPEN

Pumpen mit Motormantel oder einer Kühlwasseranlage mit geschlossenem Kreislauf für Nass- und Trockenaufstellung. Diese Pumpen sind auf einen Dauerbetrieb S1 mit maximal 20 Anläufen pro Stunde mit einem Wasserstand bis hinunter zur Oberseite des Pumpengehäuses für eine Nassaufstellung ausgelegt.

4.3. S-PUMPEN DER BAUREIHEN 62, 66 UND 70 MIT KÜHLMANTEL FÜR NASS- UND TROCKENAUFSTELLUNG

Diese Pumpen sind auf einen Dauerbetrieb S1 mit maximal 20 Anläufen pro Stunde mit einem Wasserstand bis hinunter zur Oberseite des Pumpengehäuses für eine Nassaufstellung ausgelegt.

4.4. S-PUMPEN DER BAUREIHE 72 OHNE KÜHLMANTEL FÜR NASSAUFSTELLUNG

Diese Pumpen sind auf einen Dauerbetrieb S1 ausgelegt, wenn die Pumpe bis zur Oberseite des Motors im Medium mit einer Temperatur von 40 °C eingetaucht ist. Der Motor ist auf max. 15 Anläufe pro Stunde und kurze Betriebszeiten (zirka 5 Minuten) bei einem Wasserstand bis hinunter zur Motormitte ausgelegt, sofern Überwachung und Schutz gegeben sind.

Bei explosionssgeschützten Pumpen ohne Kühlmantel muss der Motor während des Betriebs vollständig unter Wasser sein.

4.5. S-PUMPEN DER BAUREIHEN 72, 74 UND 78 MIT KÜHLMANTEL FÜR NASS- UND TROCKENAUFSTELLUNG

Diese Pumpen sind auf einen Dauerbetrieb S1 mit max. 15 Anläufen pro Stunde für die Baureihe 72 bzw. max. 10 Anläufe pro Stunde für die Baureihen 74 und 78 ausgelegt.

Bei Nassaufstellung muss der Wasserstand mindestens der Oberseite des Pumpengehäuses entsprechen.

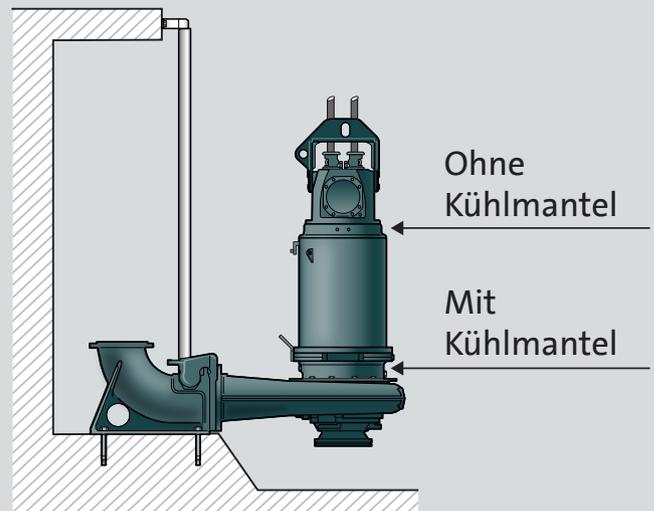


Abb. 21 Erforderlicher Wasserstand für Dauerbetrieb mit und ohne Kühlmantel

5. Betriebsbedingungen für trocken aufgestellte Pumpen

Trockenaufgestellte Pumpen sind dauerhaft in einem Pumpenraum installiert, der vom Pumpen-Sammelbrunnen durch eine Betonwand getrennt ist.

Der Pumpenmotor ist wasserdicht geschlossen und wird bei einer Überflutung des Aufstellungsortes mit Wasser nicht beschädigt.

5.1. EINSCHALTNIVEAUS

In Pumpstationen mit trockeninstallierten Pumpen sollte das Einschaltniveau im Sammelbrunnen auf ein Niveau oberhalb des Pumpengehäuses eingestellt werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das Pumpengehäuse und der Kühlmantel mit Wasser gefüllt sind, bevor die Pumpe mit der Förderung beginnt.

Horizontalpumpen benötigen im Regelfall keine besonderen Überlegungen in Bezug auf die Einschaltniveaus, sofern die Saugleitung mit einem exzentrischen Reduzierstück konstruiert wurde, um die Bildung von Luftansammlungen zu verhindern (siehe Abb. 22).

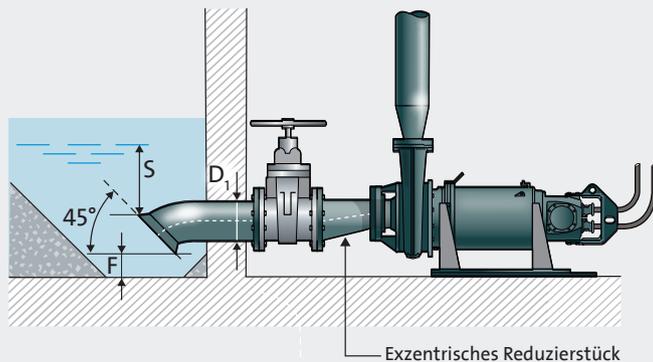


Abb. 22 Tauchbare, horizontale und trocken aufgestellte Abwasserpumpe mit Kühlmantel und Saugleitung mit exzentrischem Reduzierstück

Bei Vertikalpumpen kann die Höhe des Einschaltniveaus erheblich sein und sollte mit einer Toleranz festgelegt werden, die der in Abb. 23 entspricht.

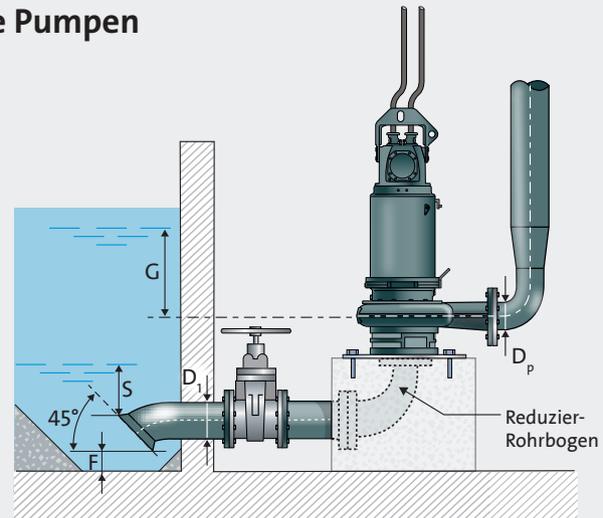


Abb. 23 Tauchbare, vertikale und trocken aufgestellte Abwasserpumpe mit Kühlmantel

5.2. MINDEST-AUSSCHALTNIVEAU

In den Abb. 22 und 23 ist S das Mindest-Ausschaltniveau. In den oben gezeigten Mindestabstand S oberhalb der Saugleitung ist notwendig, um die Bildung von Wirbeln in der Saugleitung zu vermeiden, sodass keine Luft in die Pumpe gesogen wird. Luft im geförderten Medium kann zu Vibrationen, Kavitation und einem Verlust der Pumpenleistung führen.

5.3. MINDEST-EINSCHALTNIVEAU

G ist das Mindest-Einschaltniveau für eine trocken aufgestellte Vertikalpumpe, sofern nicht über weitere Maßnahmen sichergestellt ist, dass das Pumpengehäuse beim Anlaufen der Pumpe mit dem Fördermedium gefüllt wird. Solche weiteren Maßnahmen könnten etwa im Einsatz einer Vakuumpumpe bestehen, um das Medium in das Pumpengehäuse zu saugen (erfordert ein Absperrventil auf Druckseite), oder (nach dem ersten Anlauf) im Einsatz eines Rückschlagventils in der Druckleitung, das ein Trockenlaufen des Pumpengehäuses zwischen den Betriebszeiten verhindert.

Für horizontale und vertikale Trocken aufstellungen müssen die Pumpen auf einem permanenten Betonfundament installiert werden. Siehe oben stehenden Abschnitt „3.4. Fundamente“.

6. Rohrsystem

Bei Trockenaufstellungen wird empfohlen, ein Reduzierstück zwischen der Saugleistung und der Pumpe zu verwenden. In horizontalen Aufstellungen muss das Reduzierstück exzentrisch sein und so installiert werden, dass die gerade Seite nach oben zeigt. Auf diese Weise werden Luftansammlungen in der Saugleitung vermieden und das Risiko von Geräuschen und Betriebsstörungen wird eliminiert (siehe Abb. 22).

Vergewissern Sie sich, dass das Rohrsystem ohne übermäßigen Kraftaufwand installiert wurde und das Gewicht der Verrohrung nicht auf der Pumpe lastet. Entlasten Sie die Installation mit Losflanschen, um an den Flanschen und Schrauben keine Spannung auf die Rohre auszuüben. Verwenden Sie keine elastischen Elemente oder Balge im Rohrsystem. Diese Elemente sollten niemals zur Ausrichtung des Rohrsystems verwendet werden.

Mindest-Ausschaltniveau $S = D1$

Mindestabstand zwischen dem Schachtboden und dem niedrigsten Teil der Saugleitung $F = 0,5 \times D1$

Mindest-Einschaltniveau $G = Dp$



[4]

**TAUCHBARE UND
TROPKEAUFGESTELLTE
PUMPEN
FÜR AGGRESSIVE UMGEBUNGEN**

1. Allgemein

In industriellen Anwendungen werden die Korrosionsbeständigkeit der Metalle und Legierungen in aggressiven Medien durch eine Vielzahl von Variablen beeinflusst. Alle Arten von Werkstoffen und Beschichtungen zersetzen sich bei einer bestimmten Korrosions- oder Erosionsrate. Darüber hinaus kann Erosion in einer korrodierenden Umgebung die Korrosion der Pumpe weiter beschleunigen. Diese Zersetzung muss bei der Auswahl einer Pumpe für aggressive Umgebungen berücksichtigt und in die erwartete Lebensdauer der Pumpe eingerechnet werden.



Abb. 1 Eine von zwei SE-Pumpen zum Fördern von Abwasser mit Chemikalien mit großen pH-Streungen aus dem CIP-Reinigungsprozess einer Käserei

2. Die Gründe für Korrosion

Korrosion bezeichnet die Zersetzung von Metall aufgrund einer Reaktion mit dessen Umgebung. Korrosion einer Pumpe umfasst den Verlust von Metall und tritt in verschiedenen Formen auf, die von einem allgemeinen Angriff der gesamten Oberfläche bis hin zu einem schweren konzentrierten Angriff reichen, der letzten Endes den Ausfall der Pumpe verursachen kann.

Pumpenkorrosion kann durch vielfältige Medien und bestimmte Umgebungen verursacht werden. Dazu gehören:

- pH
- Oxidierende Stoffe (z. B. Sauerstoff)
- Temperatur
- Konzentration von Lösungsbestandteilen (z. B. Chloride)
- Bioaktivität
- Betriebsbedingungen (z. B. Geschwindigkeit, Reinigungsverfahren und Außerbetriebnahmen)
- Chemikalien



Abb. 2 Eine von zwei S-Pumpen zum Fördern von Prozesswasser mit einem hohen Gehalt abrasiver Partikel in einer Fertigungsstätte für Glaswolle

In Situationen, in denen Metallteile diesen Umweltvariablen ausgesetzt sind, gilt Edelstahl als korrosionsbeständiger als Gusseisen. Dies liegt daran, dass Edelstahl einen definierten Mindestgehalt von Chrom besitzt. Dieser Chromgehalt fördert die Bildung einer passiven, unsichtbaren Oxidschicht auf der Oberfläche, die eine Oberflächenkorrosion verhindert und das darunter liegende Metall schützt.

3. Der richtige Werkstoff für optimale Widerstandsfähigkeit

Die folgenden Graphen sollen als allgemeine Handreichung bei der Auswahl geeigneter Pumpenwerkstoffe für Ihre spezifische Anwendung anhand von pH-Wert, Chloridkonzentration und Abnutzung dienen. Die Auswahl der geeigneten Pumpenvariante sollte über ein Querlesen mehrerer Graphen erfolgen.

Für die endgültige Spezifikation und die Auswahl der Pumpe müssen die genauen Mediendaten und -abweichungen bekannt sein. Grundfos kann Sie im Weiteren beim Finden des richtigen Pumpenwerkstoffs für die zu fördernden Medien unterstützen.

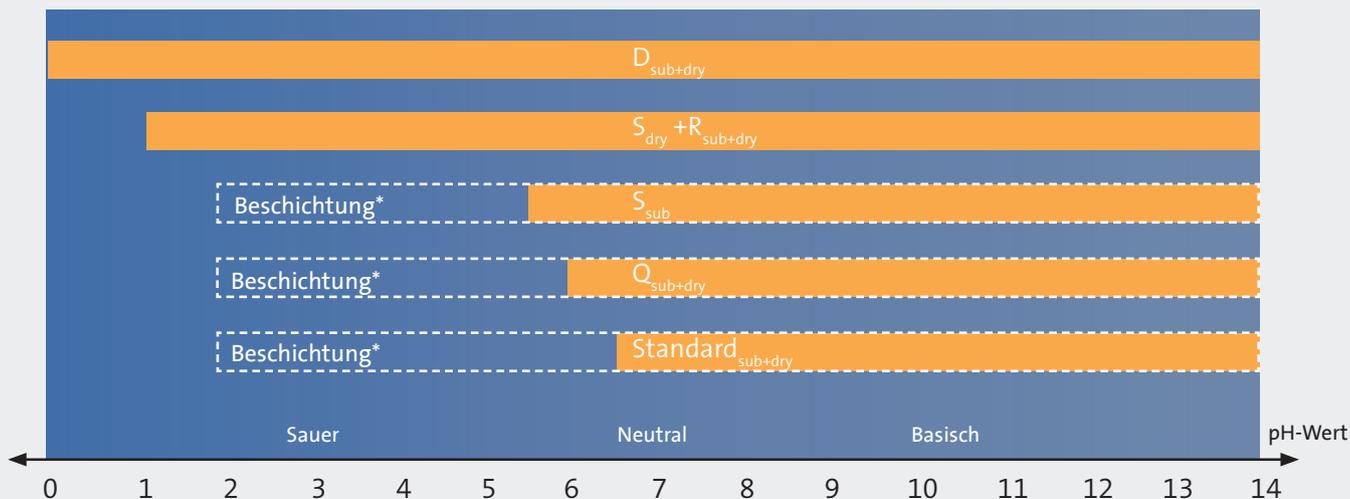


Abb. 3 Auswahl eines geeigneten Pumpenwerkstoffs für eine bestimmte Anwendung

sub = Nassaufstellung

dry = Trockenaufstellung

* Je nach Spezifikation der Beschichtung

pH

Der pH-Wert ist ein guter Indikator für korrodierendes Verhalten, allerdings reicht er für sich genommen für eine Medienbeurteilung nicht aus, da vor der endgültigen Pumpenkonfiguration auch Zusammensetzung und Abweichungen berücksichtigt werden müssen.

4. Pumpenauswahl aus vier Grundvarianten

(1,1 - 520 kW)

Neben Gusseisen können Sie zwischen den folgenden Edelstahlausführungen der S-, SL- und SE-Pumpen wählen.

Variante Q

Lauftrad aus Edelstahl (EN 1.4408).

Die Spirale besteht aus Gusseisen und das Motorgehäuse besteht entweder aus Gusseisen (SL, S) oder besitzt einen Motormantel aus Edelstahl (SE).



Variante R

Alle Teile, die in Kontakt mit Medien kommen, bestehen vollständig aus Edelstahl EN 1.4408, die Welle aus besserem EN 1.4462.



Variante D

Alle Teile, die in Kontakt mit Medien kommen, bestehen vollständig aus Edelstahl; die kritischen Teile aus besonders hochwertigem EN 1.4517 (Gussteile) bzw. EN 1.4539 (Plattenmaterial).

Variante S

Hydraulikteile bestehen aus Edelstahl EN 1.4408, die Welle aus besserem EN 1.4462. Das Motorgehäuse besteht entweder aus Gusseisen (S) oder besitzt einen Motormantel aus Edelstahl (SE).



DIN/EN	AISI/ASTM
1.4408	ANSI 316/A351 CF8M
1.4462	UNS S32205
1.4517	ASTM A890 1B
1.4539	AISI 904L

Abb. 4 Umrechnung zwischen DIN/EN und AISI/ASTM

5. Materialdeklaration:

Grauguss wird gemäß EN 1561:1997 hergestellt.
Edelstahlguss wird gemäß EN 10283:2010 hergestellt.
Umrechnungen in andere Standards als AISI/ASTM sind normativ, und Produkte werden nicht gemäß solcher Standards produziert.

6. Übliche Anwendungen mit aggressiven Umgebungen

Die verschiedenen Varianten decken sowohl aggressive Umgebungen, in denen die Pumpe einem Korrosionsrisiko ausgesetzt ist, als auch Erosion oder einen kombinierten Einfluss von beidem ab.

Wasserentnahme und Anwendungen für Salz-, Brack- und Oberflächenwasser

- Oberflächenwasserentnahme
- Entsalzungsanlagen
- Kühlung von Kraftwerken und Industrieanlagen
- Prozesswasser für Fischzuchten
- Maritimer und Offshore-Sektor

6.1. INDUSTRIELLES ABWASSER

- Abwasser mit schwankenden pH-Werten, chemischen Bestandteilen und abrasiven Partikeln, etwa aus der Textil- und Chemieindustrie
- Prozesswasser aus CIP- und SIP-Reinigungsprozessen, etwa in der pharmazeutischen oder der Lebensmittel- und Getränkeindustrie

6.2. FÖRDERUNG IN KÜSTENNÄHE

- Eindringen von Meerwasser in Abwassersysteme führt zu einem erhöhten Chloridgehalt.
- Entwässerung von landwirtschaftlichen Flächen in Küstennähe führt zum Einsickern von Meerwasser.

6.3. ABWASSER

- Abwasserumgebungen mit hohem Gehalt von Schwefelwasserstoff
- Abwasser und Schmutzwasser mit hohem Sauerstoffgehalt
- Abwasser mit aggressiven Chemikalien
- Abwasser mit hohem Gehalt an abrasiven Partikeln wie Sand und Kies
- Schlamm, Entwässerungs- und Sickerwasser mit aggressiven Elementen

7. Edelstahlpumpen für Brack- und Meerwasser

Um das Korrosionsrisiko zu minimieren, muss die Pumpe kontinuierlich laufen, d. h., dass Stillstandszeiten acht Stunden nicht übersteigen sollten. In aggressiven Umgebungen kann die Widerstandsfähigkeit eingeschränkt sein.

Wenden Sie sich für eine Bewertung Ihrer Bedingungen an Grundfos.

Mit Opferanoden aus Aluminium lassen sich sowohl Gusseisen- als auch Edelstahlteile gegen Korrosion schützen. Die optimale Leistung erreichen Aluminiumanoden in Meerwasser, doch auch in Brackwasser lässt sich eine gewisse Schutzwirkung erreichen. In sauren oder basischen Umgebungen sind Aluminiumanoden dagegen wirkungslos.

8. Empfohlene Variante auf Grundlage von Medientemperatur und Chloridgehalt (mg/l)

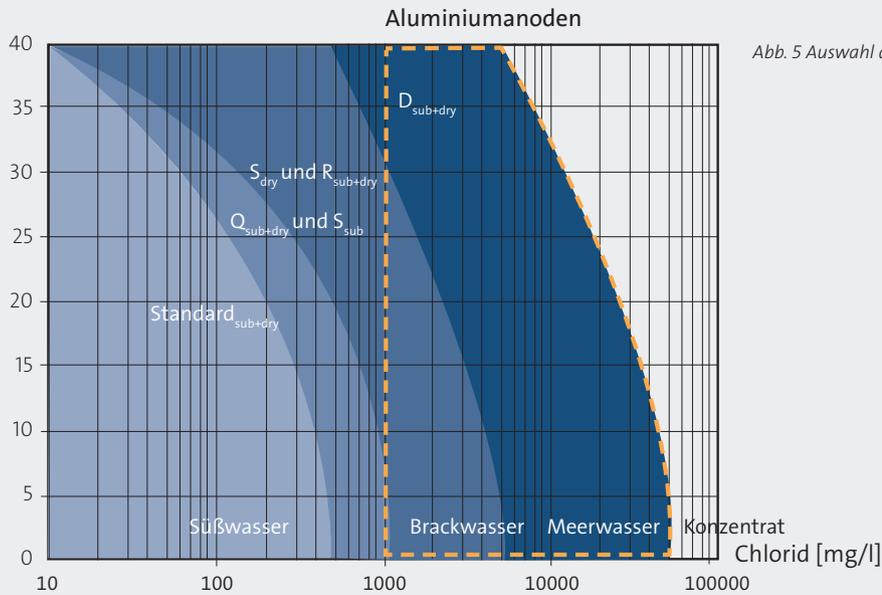


Abb. 5 Auswahl des Pumpenwerkstoffs für unterschiedliche Wassertypen

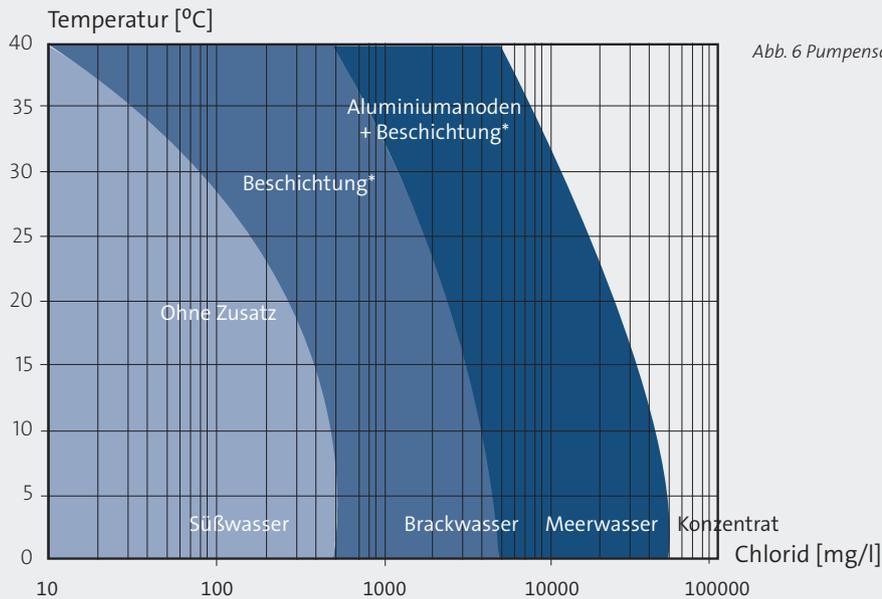


Abb. 6 Pumpenschutz für unterschiedliche Wassertypen

9. Erosionsbeständigkeit

Erosiver Verschleiß wird durch viele Parameter beeinflusst, z. B. Geometrie, Größe, Scharfkantigkeit, Zusammensetzung und Inhaltsstoffe der abrasiven Partikel. Das bedeutet, dass sich die Werkstoffe der Pumpe bei manchen Anwendungen anders verhalten als der Graph unten zeigt. In Kombination mit einem korrodierenden Medium können sich die Erosionsraten noch weiter beschleunigen.

Wichtige Informationen zu diesen Graphen

Grundfos stellt diese Graphen als Service bereit. Sie sollen als Leitfaden für vorläufige Pumpenspezifikationen und zur Vorauswahl dienen.

Die in den Graphen gezeigten Daten stützen sich auf Erfahrung und verfügbare Literatur und wurden so präzise wie möglich von uns gemeldet.

Abweichungen aufgrund von spezifischen Medienzusammensetzungen können zu fehlerhaften Ergebnissen anhand der Graphen führen, für die Grundfos jegliche Haftung ablehnt.

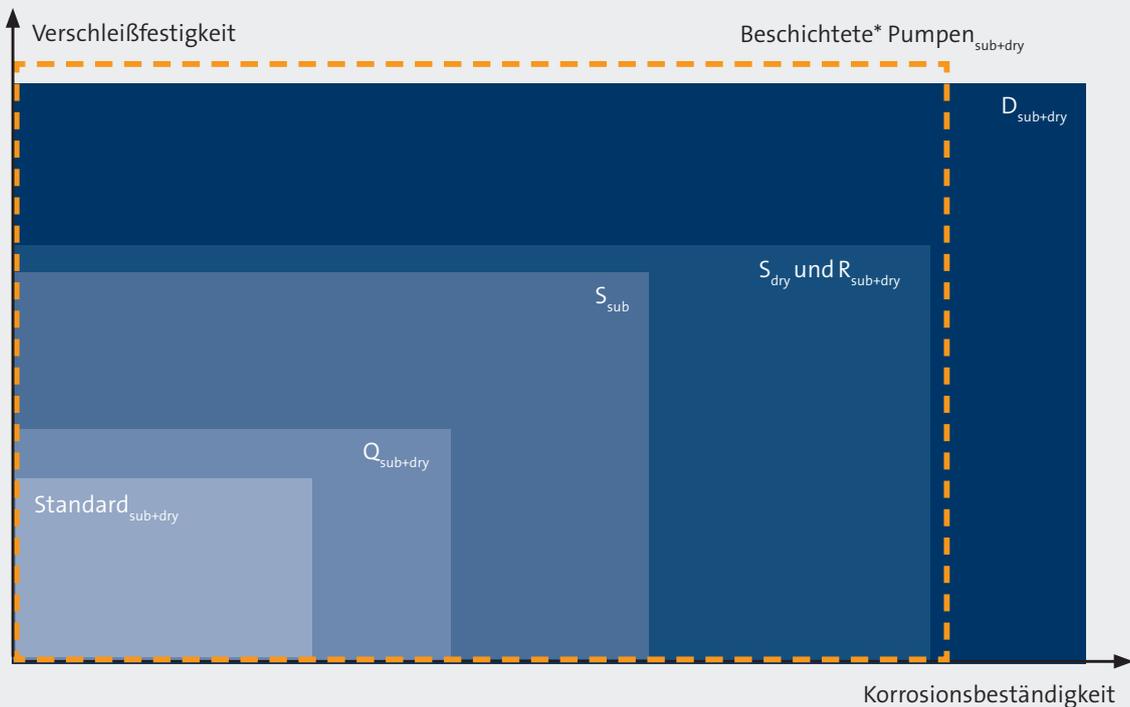


Abb. 7 Pumpenauswahl im Verhältnis zu Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit



[5]

STEUERUNGEN, ÜBERWACHUNG UND FERNVERWALTUNGS- SYSTEM FÜR PUMPEN

1. Einleitung

Beim Optimieren einer Abwasserpumpe geht es nicht nur um die Auswahl der besten energieeffizienten Pumpen und die Konstruktion der Pumpstation im Hinblick auf einen reibungslosen Betrieb ohne Lufteintritt, Vibration und Kavitation.

Bei der Vorbereitung einer neuen Station oder vor dem Aufrüsten einer vorhandenen Pumpstation muss das Gesamtsystem betrachtet werden, um die besten Pumpen mit integrierter Intelligenz, Antrieben, Schaltanlagen, Steuerungen mit Überwachungsfunktionen und Möglichkeiten zur Fernverwaltung bereitzustellen.



Abb. 1. Vollständige Abwasserpumpenanlage mit Pumpe, Frequenzumrichter, elektronischem Motorschutz, Pumpensteuerung und Fernverwaltungssystem.

2. LC- und LCD- Steuergeräte

Grundfos bietet eine Auswahl von LC- und LCD-Niveausteuerungen an, um die Medienpegel in Pumpenschächten im Blick zu behalten und einen korrekten Betrieb sowie den Schutz der Pumpen sicherzustellen.

Mit diesem Steuerungstyp werden Grundfos Pumpen im Motorbereich von 0,15 - 30 kW betrieben, die im Abwasserhandbuch 1 behandelt werden.

Übliche Anwendungen sind Schächte mit einer (LC) oder zwei (LCD) Pumpen in kommerziellen Gebäuden, Privathaushalten und kommunalen Abwasserpumpenanlagen.

Alle LC- und LCD-Steuergeräte umfassen ein Bedienfeld mit Schalter sowie Schutzrüstung. Sie sind speziell auf Grundfos Pumpenanlagen ausgelegt, sodass eine perfekte Kompatibilität sichergestellt ist.

Die LC- und LCD-Niveausteuerungen sind in drei Serien mit insgesamt sechs Ausführungen erhältlich:
LC/LCD 107-Baureihe mit Messglocken.
LC/LCD 108-Baureihe mit Schwimmerschaltern.
LC/LCD 110-Baureihe mit Elektroden.

Alle Versionen sind hervorragend für Direktanlaufmotoren mit bis zu 11 kW geeignet. Die LC- und LCD-Baureihen sind außerdem mit einem eingebauten Stern-Dreieck-Anlasser für Anwendungen lieferbar, die größere Motoren mit bis zu 30 kW erfordern.

Zum Lieferumfang der LC/LCD-Serie gehört ein umfangreiches Zubehörpaket, einschließlich der Option für ein SMS-Modem. In Alarmlagen sendet die SMS-Modemoption eine Textnachricht an Ihr Mobiltelefon. Betriebsdaten für jede Pumpe, z. B. Betriebsstunden und Anläufe, können per SMS an das Steuergerät abgerufen werden.



Abb. 2. LC- und LCD- Steuergeräte

2.1. GRUNDFUNKTIONEN

- Automatischer Wechselbetrieb (LCD-Modelle)
- Automatischer Testlauf
- Schutz vor Wasserschlag
- Automatische Alarmzurücksetzung und Neustart (sofern erforderlich)
- Flüssigkeitsstandanzeige
- Hochwasseralarm
- Motorüberlast-Schutzrelais
- Schutz vor Motorüberhitzung per PTC-Eingang/Thermoschalter
- Akku-Notstromversorgung:
- Alarmschutz

Die LC/LCD-Baureihe bietet eine breite Palette an Steuerungs- und Überwachungslösungen.

Im Folgenden werden die mit LC/LCD-Steuerungen erhältlichen Funktionalitäten aufgeführt. Es handelt sich dabei außerdem um die Standardmerkmale für die noch fortschrittlicheren Dedicated Controls.

Regelfunktionen

Entleerungsfunktion	Sicherer Abwassertransport
Veränderung der Pumpenanlaufreihenfolge	Sorgt für gleichmäßige Verwendung aller Pumpen
Parallelbetrieb beider Pumpen bei zweitem Anlauf	Sorgt für maximale Pumpenleistung
Start- und Stoppverzögerung	Vermeidet Wasserschlag, schützt die Netzversorgung
Blockierschutz	Schützt vor Korrosion

Überwachungsfunktionen

Anläufe je Pumpe, täglich und kumulierend	Überprüfung der korrekten Funktion des Umschaltens zwischen Betrieb und Bereitschaft
Betriebsstunden je Pumpe, täglich und kumulierend	Überprüfung der korrekten Konstruktion der Pumpenstation

Alarmfunktionen

Hoher Wasserstand	Überlauferkennung und -warnung
Versagender Pumpenkreis	Klixon, Feuchtigkeitsschalter, Thermoschalter, Isolierung

Kommunikationsfunktionen für LC/LCD

Modem-Unterstützung	
GSM-Modem SMS senden und empfangen	

Zusammen mit der LC/LCD-Baureihe stehen eine breite Palette von Zubehör zur Verfügung, z. B. Signallampe, Akustiksignal, externer Hauptschalter und Akku-Notstromversorgung.

3. Dedicated Controls

Die Integration von Grundfos Dedicated Controls in die Pumpenanlage bringt unter anderem den Vorteil, bis zu sechs Einzelpumpen oder Pumpen in einer Gruppe intelligent steuern zu können.

Funktionen wie eine automatische Energieoptimierung, präventiver Verstopfungsschutz und benutzerdefinierte Ein- und Ausgaben gehören standardmäßig dazu und ermöglichen etwa das Erfassen von Daten für vorbeugende Wartungs- und Instandhaltungsprogramme für Pumpen, Rohre und Schächte.

Die Dedicated Controls sind auf die Installation in kommerziellen Gebäuden oder kommunalen Abwasserpumpstationen mit bis zu sechs Pumpen und einem optionalem Rührwerk ausgelegt. Sie machen außerdem fortschrittliche Steuerung und Datenkommunikation möglich.

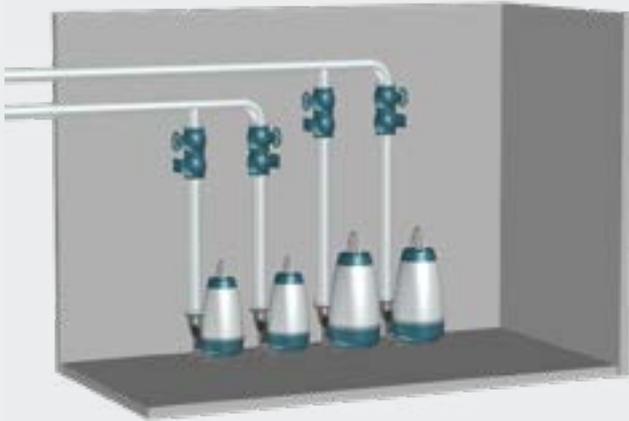


Abb. 3. In Verbindung mit einem kombinierten Abflusssystem können Pumpen in Gruppen innerhalb einer Pumpstation unterschiedliche Größen besitzen. Dabei werden die größeren Pumpen nach starken Regenfällen eingesetzt..

3.1. KOMPONENTEN VON DEDICATED CONTROLS

Die Dedicated Controls-Anlage für bis zu sechs Pumpen besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- CU 362-Steereinheit
- IO 351B, bis zu drei Module (allgemeines E/A-Modul)
- MP 204, bis zu sechs Motorvollschutzgeräte (optional)
- IO 113, bis zu sechs Schutzmodule (optional)
- SM113, bis zu sechs Auswerteeinheiten (optionales Zubehör)
- CUE, bis zu sechs Frequenzumrichter (optionales Zubehör).

3.2. FUNKTIONEN VON DEDICATED CONTROLS

Die Grundfos Dedicated Controls-Anlage bietet die folgenden Funktionen:

Grundfunktionen

- Start/Stopp der Pumpe
- Wechselbetrieb von Pumpen
- Überlauferkennung
- Überlaufmessung
- Alarme und Warnungen
- Erweiterte Alarmpläne
- Start- und Stoppverzögerung
- Freie Sprachwahl

Erweiterte Funktionen

- Benutzerdefinierte Funktionen
- Wechsel zwischen Gruppen
- Variation des Einschaltniveaus (reduzierte Sedimentation)
- Kombialarme
- tägliche Leerung
- Schaumentwässerung
- Blockierschutz (Kalk)
- Sicherheits-Nachlaufverzögerung
- Rührwerk oder Spülventil
- Maximale Anzahl gestarteter Pumpen

4. Schutzmodule

Jede Pumpe in der Dedicated Controls-Anlage kann über verschiedene E/A- und Schutzmodule geschützt werden.

- IO 351B
- MP 204
- IO 113 und SM 113

4.1. IO 351B, ALLGEMEINES EINGABE/AUSGABE-MODUL



Abb. 5. IO 351B-Modul für zwei Pumpen

Das IO 351B-Modul für den Austausch digitaler und analoger Signale zwischen dem IO 351B und dem übrigen elektrischen System über GENIbus.

Am IO 351B können zwei Pumpen angeschlossen werden, die sich mit fester Drehzahl betreiben lassen oder per Regelung über den Grundfos CUE-Frequenzumrichter mit variabler Drehzahl betrieben werden können. Das IO 351B ist auch mit Frequenzumrichtern anderer Marken kompatibel.

Das Modul führt außerdem die Funktionen eines E/A-Moduls zur Kommunikation mit Überwachungsgeräten oder anderen externen Geräten aus.

4.2. ELEKTRONISCHER MOTORVOLLSCHUTZ MP204



Abb. 6. Intelligenter elektronischer Motorschutz MP204

Der Grundfos MP 204 schützt die Pumpe rund um die Uhr und überwacht außerdem Ihren Energieverbrauch. Dabei wird die Benutzerfreundlichkeit jedoch nie aus den Augen verloren.

Als zentrales Produkt für alle Situationen ist der MP 204 das richtige Motorschutzaggregat für die Pumpe und den Motor. Es eignet sich für den Bereich von 3 - 999 Ampere sowie Spannungen von 100 - 480 VAC und lässt sich ganz einfach in unter zwei Minuten einrichten.

Darüber hinaus ist der MP 204 über Grundfos GO konfigurierbar. Damit dies funktioniert, benötigen Sie eine mit ihrem Smartphone kompatible MI-Station. Weitere Informationen über Grundfos GO finden Sie auf der Grundfos Webseite.

Der MP204 schützt Pumpenmotoren vor Unterspannung, Überspannung und anderen Schwankungen in der Stromversorgung und sorgt so für eine fortgesetzte zuverlässige Pumpenleistung. Ihre Pumpe ist so auch gegen die Überhitzung geschützt, die mit solchen Schwankungen einhergeht und die Lebensdauer Ihrer Pumpe beeinträchtigt. Neben der Zuverlässigkeit, die der Motorschutz MP 204 bietet, fungiert er auch als Überwachungsgerät für den Energieverbrauch, sodass Sie Maßnahmen für dessen Optimierung ergreifen können.

All dies wird in einem übersichtlichen Bedienfeld zusammengefasst. Der Hauptschalter und die LED-Leiste für den Stromverbrauch befinden sich auf der Vorderseite. Innerhalb der MP 204-Einheit befindet sich eine optionale einsatzbereite Kommunikationsschnittstelle.

Der MP204 verwendet offene Protokolle und kann mit jedem Fernwirk- und Datenerfassungssystem verbunden werden. Dies ermöglicht einen Fernzugriff auf die Pumpendaten, um von jedem beliebigen Ort aus die Pumpe zu steuern, Einstellungen zu ändern und auf Informationen wie Energieverbrauch, Alarmer und Betriebsdaten zuzugreifen. Grundfos Lösungen können mit so gut wie allen Kommunikationsstandards kommunizieren, die derzeit auf dem Markt sind.

Zusätzliche Funktionen, MP 204

- Antiblockierfunktion
- Überwachung der Spannung
- Überwachung des Stroms
- Überwachung der Stromasymmetrie
- Überwachung der Phasenfolge
- Überwachung von $\cos \phi$ (Leistungsfaktor)
- Überwachung der Leistung
- Überwachung der Energie
- Überwachung des Isolationswiderstands
- Überwachung der Temperatur, Pt100/Pt1000
- Überwachung der Temperatur, PTC
- Überwachung der Temperatur, Tempcon.

4.3. IO 113-SCHNITTSTELLE



Abb. 7. IO 113-Modul.

Das IO 113 ist ein Eingabe/Ausgabe-Modul, das als Schnittstelle zwischen dem Dedicated Controller und der Grundfos Abwasserpumpe oder der SM 113-Auswerteeinheit konzipiert ist.

In Verbindung mit SL- und SE-Pumpen in der Sensor-Ausführung mit Motoren bis zu 11 kW kann das IO 113-Modul standardmäßig folgende Funktionen ausführen:

- Überwachung auf Feuchtigkeit im Motor.
- Überwachung der Wicklungstemperatur.
- Überwachung des Wassergehalts in der mittleren Ölsperkammer.
- Pumpenstopp bei Alarm.
- Messung des Stator-Isolationswiderstands.
- Fernüberwachung der Pumpe über RS-485-Kommunikation per Modbus oder GENIbus
- Pumpensteuerung über Frequenzumrichter.

Das IO 113 ist mit oder ohne Kommunikationsfunktion erhältlich. Das IO 113-Modul mit Kommunikation kommt zum Einsatz, wenn die Sensoranzahl in der Pumpe die Installation der Auswerteeinheit (SM 113) erforderlich macht.

4.4. SM 113-AUSWERTEEINHEIT



Abb. 8. SM 113-Auswerteeinheit

Die SM 113-Auswerteeinheit dient zum Sammeln und Übermitteln weiterer Sensordaten, wie z.B. Lagertemperatur, Wasser-in- Luftgehalt und die Lagervibrationen.

Diese Auswerteeinheit kann je nach Pumpentyp direkt in der Pumpe oder in einer Steuertafel auf einer DIN-Schiene installiert werden. Für jede Pumpe wird ein IO 113-Modul mit Kommunikation und eine SM 113-Auswerteeinheit benötigt, wenn in den Pumpen mehr Sensoren vorhanden sind, als das IO113-Modul ohne Kommunikation bewältigen kann.

5. Sensoren und Kommunikationsleitung

SL- und SE-Pumpen mit Motoren bis zu 11 kW sind in vier Varianten erhältlich.

	Normpumpe	Normpumpe mit Sensoren	Ex-Pumpe	Ex-Pumpe mit Sensor
Thermoschalter oder PTC in Wicklungen	●	●	●	●
Feuchtigkeitsschalter in Statorgehäuse		●		●
Wasser-in-Öl-Sensor (WIO)		●		●
Pt1000 in Motorwicklungen		●		●
Motor-Isolationswiderstand		●		●
IO 113-Modul		●		●

Abb. 9. Typ von Sensoren und Modulen, die für die vier unterschiedlichen Varianten von SL- und SE-Pumpen benötigt werden.

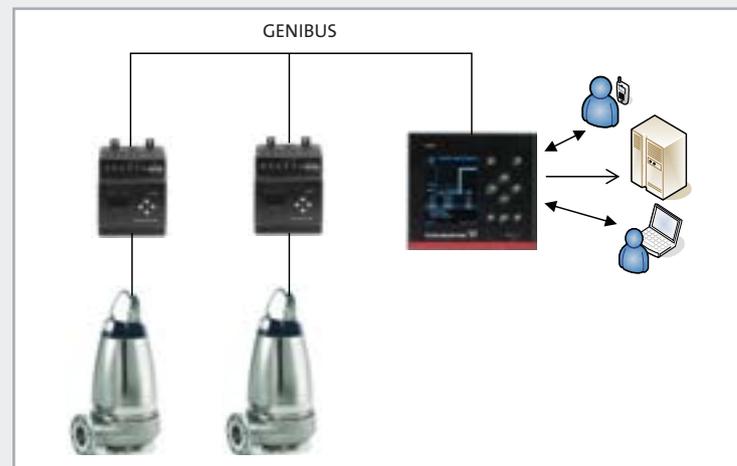


Abb. 10. Systemübersicht mit Grundfos Steuermodulen für zwei SL- oder SE-Pumpen in Standardausführung mit Motoren von bis zu 11 kW.

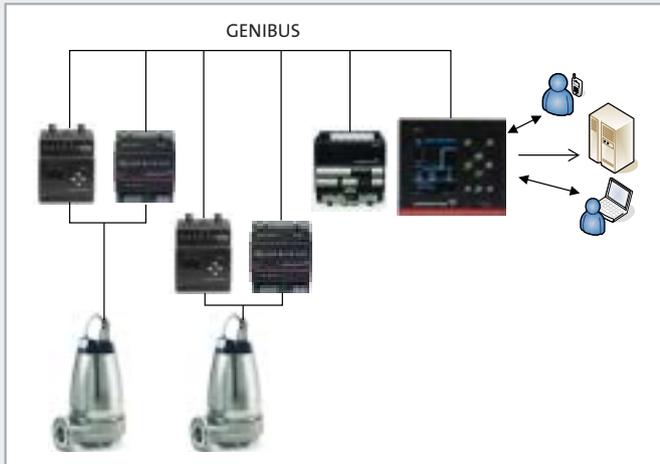


Abb. 11. Vollständige Systemübersicht mit Grundfos Steuermodulen für zwei SL- oder SE-Pumpen in der Sensor-Ausführung mit Motoren von bis zu 11 kW.



Abb. 13. Vollständige Systemübersicht mit Grundfos Steuermodulen für SL-, SE- und S-Pumpen in der Sensor-Ausführung mit Motoren von 9 bis 520 kW.

	Normpumpe	Pumpe mit Sensor-Ausführung 1	Pumpe mit Sensor-Ausführung 2	Ex-Normpumpe	Ex-Pumpe mit Sensor-Ausführung 1	Ex-Pumpe mit Sensor-Ausführung 2
Thermoschalter oder PTC in Wicklungen	●	●	●	●	●	●
Feuchtigkeitsschalter in oberer Motorkammer	●	●	●	●	●	●
Feuchtigkeitsschalter im Boden des Statorgehäuses				●	●	●
Leckageschalter-Sensor in der Trockenkammer oberhalb der Dichtungskammer	●	●	●			
Wasser-in-Luft-Sensor (WIA)				●	●	●
Pt1000 in Motorwicklungen		●	●		●	●
Pt1000 in oberem Lager			●			●
Pt1000 in unterem Lager			●			●
PSV3-Vibrationssensor			●			●
IO 113-Modul			●	●	●	●
SM 113-Modul			●		●	●

Die SM 113-Auswerteeinheit kann in Kombination mit dem IO 113-Modul standardmäßig folgende Funktionen für die Sensor-Ausführung der SL- und SE-Pumpen mit Motoren von bis zu 30 kW ausführen:

- Überwachung auf Feuchtigkeit im Motor.
- Überwachung der Wicklungstemperatur.
- Pumpenstopp bei Alarm.
- Messung des Stator-Isolationswiderstands.
- Fernüberwachung der Pumpe über RS-485-Kommunikation per Modbus oder GENIBus
- Pumpensteuerung über Frequenzumrichter.

Abb. 12. Typen der Sensoren und Module, die für die unterschiedlichen Varianten von SL-, SE- und S-Pumpen benötigt werden. Der Wasser-in-Luft-Sensor (WIA) ist in Pumpen ohne Explosionsschutz nicht verbaut.

6. CUE-Frequenzumrichter



Abb. 14. CUE-Frequenzumrichter.

Grundfos CUE mit mehr als 100 unterschiedlichen Konfigurationsmöglichkeiten deckt einen Leistungsbereich von 0,55 - 250 kW ab und steht für eine der umfangreichsten und vielseitigsten Baureihen von Frequenzumrichtern für Pumpenanwendungen, die derzeit auf dem Markt zu finden sind. Die CUE-Baureihe ist mit 5 unterschiedlichen Netzteilen, 2 Gehäuseklassen, IP20/21 (Nema 1)/IP55 (Nema 12) und nicht weniger als 24 verschiedenen Abgabeleistungen erhältlich. Wie auch immer Ihr Bedarf aussieht, wir haben die passende CUE-Lösung für Ihre anstehenden Aufgaben.

6.1. INTELLIGENTE BEDIENOBERFLÄCHE

Der CUE lässt sich im Vergleich zu einem gewöhnlichen Frequenzumrichter schnell und einfach einrichten und in Betrieb nehmen, da beim Starten nur sehr wenige Einstellungen vorzunehmen sind. Geben Sie einfach die anwendungsspezifischen Variablen wie Motordaten, Pumpenfamilie, Regelfunktion (z. B. Konstantdruck), Sensortyp und Sollwert ein. Der CUE stellt alle notwendigen Parameter automatisch ein, d. h., Rampenzeiten, Mindestdrehzahl, Reglerkonstanten, verfügbare Funktionen usw. Nach dem Abschluss des Inbetriebnahmeassistenten sieht die Menüstruktur des CUE aus wie in Abb. 16 zu sehen.

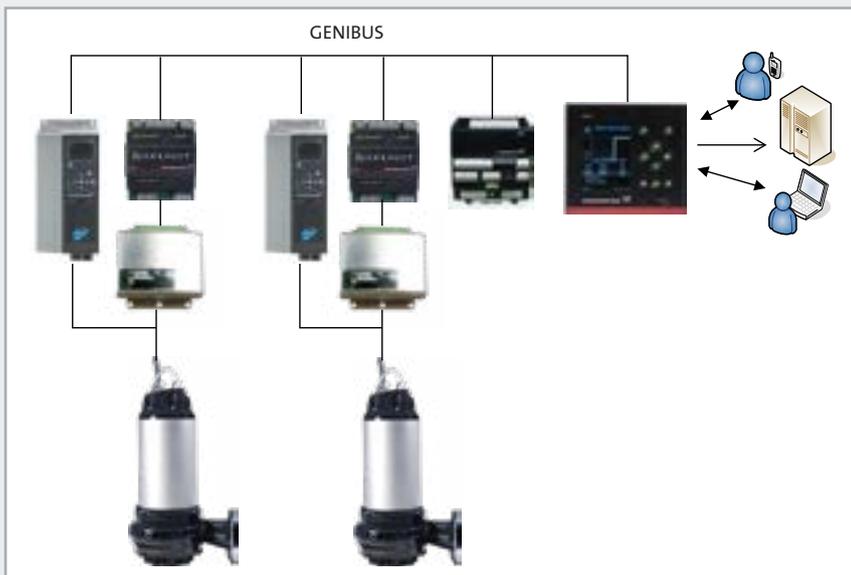


Abb. 15. Vollständige Systemübersicht mit Grundfos Steuermodulen, einschließlich CUE-Frequenzumrichter, für zwei SL-, SE- oder S-Pumpen in der Sensor-Ausführung 2 mit Motoren von bis zu 520 kW.

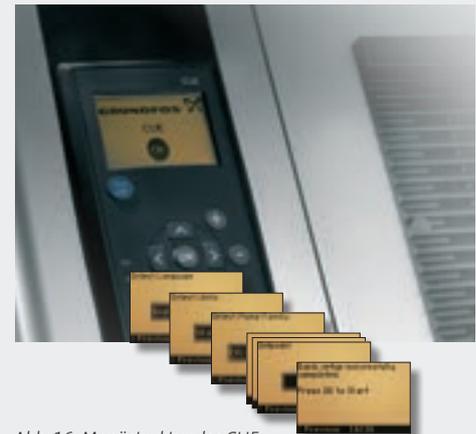


Abb. 16. Menüstruktur des CUE

6.2. AUTOMATISCHE DREHRICHTUNG

Der CUE bietet eine automatische Erkennung und Einstellung der Drehrichtung. Beim Anlauf überprüft der CUE die Drehrichtung automatisch und stellt sicher, dass die Pumpe in die richtige Richtung läuft. Bei falscher Drehrichtung ändert der CUE die Richtung elektronisch. Ein manuelles Vertauschen der Motorkabel wird somit überflüssig.

6.3. KONSTANTDRUCK MIT ODER OHNE STOPPFUNKTION

Mit Stoppfunktion: Die Förderhöhe wird konstant auf einem hohen Durchfluss gehalten. Niedriger Durchfluss aktiviert den Start-und-Stopp-Betrieb.

Ohne Stoppfunktion: Der Druck wird ungeachtet der Fördermenge konstant gehalten.

6.4. KONSTANTES NIVEAU MIT ODER OHNE STOPPFUNKTION

Mit Stoppfunktion: Das Medienniveau wird bei hohem Durchfluss konstant gehalten. Ein/Aus-Betrieb bei niedrigem Durchfluss.

Ohne Stoppfunktion: Das Medienniveau wird unabhängig vom Durchfluss konstant gehalten.

6.5. STOPPFUNKTION

Der CUE bietet eine Stoppfunktion für einen Konstantdruck oder ein konstantes Niveau in Abwasseranwendungen. Die Stoppfunktion verhindert, dass die Pumpe gegen ein geschlossenes Ventil läuft. Dabei bestünde die Gefahr, das Wasser in der Pumpe zu erhitzen und die Wellendichtung zu beschädigen.

6.6. TROCKENLAUFSCHUTZ

CUE bietet Schutz gegen Trockenlauf, da einer der Sensoren für einen Trockenlaufdetektor genutzt werden kann.

6.7. ÜBERWACHUNG DER MOTORLAGER

Der CUE besitzt eine Funktion zur Überwachung der Motorlager. Sie zeigt eine automatische Warnung, wenn es Zeit wird, die Lager auszuwechseln. Diese Funktion lässt sich durch Messungen der Lagertemperatur (E/A-Modul erforderlich) weiter optimieren. Bei Überhitzung wird entweder eine Warnung ausgegeben oder die Pumpe automatisch ausgeschaltet.

6.8. SENSOREN

Die folgenden Sensoren können mit einem CUE verwendet werden. Alle Sensoren liefern ein Ausgangssignal von 4 - 20 mA.

- Drucksensoren – bis zu 25 bar
- Temperatursensoren
- Differenzdrucksensoren
- Differenztemperatursensoren
- Durchflussmesser
- Potentiometergehäuse für externe Sollwert-Einstellung

6.9. ZUSÄTZLICHE FUNKTIONEN, CUE

- Antiblockierfunktion
- Automatische Energieoptimierung
- Prüfung der spezifischen Energie
- Prüfung der Ausgangsfrequenz
- Überwachung der Spannung
- Überwachung des Stroms
- Überwachung der Phasenfolge
- Überwachung der Leistung
- Überwachung der Energie
- Überwachung des Drehmoments
- Rückwärtsstart
- Laufspülen
- Stoppspülen
- PID-Regelung.

6.10. KOMMUNIKATIONSFUNKTIONEN

- Vollständiger Überblick über die Pumpeninstallation
- Sollwertänderung, Zurücksetzung der Anlage und Start/Stopp von Pumpen
- Zugriff auf das vollständige Alarm-/Warnprotokoll
- Automatische Umleitung von Alarmen und Warnungen zum Bereitschaftspersonal
- Optimierung Ihres Wartungs- und Instandhaltungsprogramms
- Reduzierung des Energieverbrauchs der Anlage
- Modbus RTU-Kommunikation über Kabel
- Modbus TCP-Kommunikation über GSM/GPRS
- SMS-Befehle (senden/empfangen)
- SMS-Plan
- VNC-Verbindung zur Migration der Bedienoberfläche auf einen Webbrowser.

6.11. GATEWAYS

Der CUE ist mit einer standardmäßigen RS485-GENIbus-Schnittstelle ausgestattet.

Für eine Umwandlung in andere Bus-Standards sind Protokollumsetzer als Zubehör lieferbar.

6.12. FREQUENZUMRICHTER OHNE FILTER

Moderne Frequenzumrichter lassen sich mit einem Sinusfilter schützen, sodass sie bei langen Kabeln zwischen Frequenzumrichter und Motor keine Spannungsspitzen erzeugen. Dies ist absolut akzeptabel, und jeder Grundfos Motor mit korrekter Einstufung und Kühlung besitzt eine akzeptable Lebensdauer. Frequenzumrichter ohne Sinusfilter liefern eine hohe Ausgangsspannung, die mit hohen Spannungsspitzen stark von der sinusförmigen Idealkennlinie abweicht. Je länger das Kabel zwischen Frequenzumrichter und Motor ist, desto mehr nehmen die Spannungsspitzen zu. Dies führt im Ergebnis zu einer Verringerung der Motorlebensdauer.

6.13. MOTORFILTER

Alle CUE-Frequenzumrichter versorgen den Motor mit einer nicht sinusförmigen Spannung. In manchen Fällen ist es erforderlich oder wünschenswert, die Ausgangsspannung durch Filtern sinusförmiger zu machen, weil:

- Dadurch der dU/dt -Wert sowie die an den Motor gelieferte Spitzenspannung reduziert werden.
- In den Motorwicklungen entstehende akustische Geräusche reduziert werden.
- Dies die Verwendung langer Motorkabel ermöglicht.

7. Frequenzumrichter

Abwasserpumpen halten zunehmend Einzug in Anlagen, die von Frequenzumrichtern gesteuert werden. Bei der Wahl einer drehzahlgeregelten Lösung sind mehrere Konstruktionsaspekte zu berücksichtigen.

Die beiden wichtigsten sind:

- Die Kabellänge vom Frequenzumrichter zur Pumpe
- Die Versorgungsspannung am Installationsort

Wenn Sie eine Pumpe mit einem langen Kabel (>25 m) an einen Frequenzumrichter anschließen, treten hohe Spannungsimpulse auf. Dies ist ein physikalisches Phänomen, das mit Ladekapazität zur Erde in den Ausgangskabeln zusammenhängt. Dieses Phänomen ist immer dasselbe, unabhängig vom Hersteller des Frequenzumrichters.

Ein Ausgangsfilter kann die Spannungsspitzen reduzieren und so die Belastung der Motorisolierung mildern. Der Ausgangsfilter sollte dem Sinusfilter entsprechen (Typ .), wenn die Versorgungsspannung 440 - 500 V beträgt und das Kabel länger als 25 m ist oder wenn die Versorgungsspannung 500 V und höher ist.

Die Spannungsversorgung am Installationsort hat großen Einfluss auf die tatsächliche Höhe der Spitzenspannung. Die unterschiedlichen Höhen der Versorgungsspannung erfordern unterschiedliche Lösungen, um die Belastung auf die Motorisolationssysteme zu reduzieren.

Durch die Kombination der Probleme mit der Kabellänge und der Versorgungsspannung ergeben sich die folgenden Voraussetzungen für mit einem Frequenzumrichter verbundene Pumpen:

Versorgungsspannung	Kabellänge < 25 m	Kabellänge > 25 m
< 240 V	Kein Filter erforderlich	Kein Filter erforderlich
380 - 440 V	Kein Filter erforderlich	Kein Filter erforderlich
440 - 500 V	Kein Filter erforderlich	Sinusfilter erforderlich
> 500 V	Sinusfilter erforderlich	Sinusfilter erforderlich

Sinusfilter werden auch als LC oder RLC-Filter bezeichnet.

Allgemeine Bedingungen:

Alle von Frequenzumrichtern geregelte Motoren müssen gemäß IEC60034-17 gegen Spannungsspitzen und dU/dt geschützt sein.

7.1. VON DER NETZSPANNUNG ABHÄNGIGE BEDINGUNGEN 200 - 240 V

Für von Frequenzumrichtern geregelte Pumpen mit Netzspannungen von bis zu 240 V sind keine Ausgangsfilter erforderlich. Diese Motoren sind in Dreieckschaltung in der Regel auf 200 - 240 V ausgelegt und in Sternschaltung auf 380 - 415 V. Das in diesen Motoren verwendete Isolationssystem ist dasselbe wie in Motoren mit 380 - 440 V.

380 - 440 V

Für von Frequenzumrichtern geregelte Pumpen mit Motor- und Netzversorgung von bis zu 440 V ist kein zusätzlicher Schutz gegen Spannungsspitzen erforderlich. Diese Motoren verwenden ein Isolationssystem, das den vorliegenden Impulsen standhalten kann.

440 - 500 V

Für von Frequenzumrichtern geregelte Pumpen mit einer Motorkabellänge von mehr als 25 m und einer Netzversorgung von mehr als 460 V werden Sinusfilter benötigt.

500 V und mehr

Für Motoren mit einer Einstufung von 500 V oder mehr sollten stets Sinusfilter verwendet werden.

7.2. ANFORDERUNGEN AN EMV-KABEL

Gemäß der Richtlinie des EU-Rates zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) können Hersteller von Frequenzumrichter verlangen, dass Pumpenmotorkabel gegen EMV-kompatible und zugelassene Kabel ausgetauscht werden. Bei Tauchmotorpumpen kann die Wahl des Frequenzumrichters ggf. durch die etwaige Erfordernis von EMV-Kabeln diktiert werden.

Die Verwendung von EMV-Kabeln lässt sich durch den Einsatz von Entstörfiltern im Frequenzumrichter vermeiden.

7.3. LAGERSTRÖME

In einigen Fällen verursacht eine Frequenzregelung Störströme durch die Lager großer, luftgekühlter Käfigläufermotoren, was eine Beschädigung des Lagers nach sich zieht. Tauchmotoren sind wahrscheinlich weniger anfällig für solche Ströme, da sie durch die Verrohrung gut geerdet sind und sich unter Wasser befinden. Dies sorgt für einen guten Schutz. Gestützt wird diese Annahme durch die Erfahrung von Grundfos, nach der an Tauchmotoren bis heute kein Lagerschaden aufgetreten ist. Für eine Isolierung der Lager wäre eine aufwändige und kostspielige Neukonstruktion des Motors notwendig.

8. Interne Kommunikation

Die Kommunikation zwischen CU 362, IO 351B, IO 113, MP 204 und CUE erfolgt über Grundfos GENIbus.

9. Externe Kommunikation

Das Grundfos Dedicated Controls-System kann mit externen Geräten kommunizieren, z. B.:

- PC
- Mobiltelefon (SMS-Befehle)
- SCADA/BMS-Systeme.



Abb. 16. CU 362 mit externer Kommunikation.

Kommunikationsleitung und Datenprotokolle

Dedicated Controls ist mit oder ohne eingebautem CIM-Kommunikationsschnittstellenmodul bestellbar. Das zu verwendende Kommunikationsmodul richtet sich nach dem Feldbus-Protokoll und der Kommunikationsleitung.

Dedicated Controls unterstützt die folgenden Grundfos CIM-Module:

- CIM 060 – zur Kommunikation mit der Grundfos GO-App
- CIM 250 GSM – Modbus RTU über GSM-Netzwerke
- CIM 200 Modbus RTU – Kabelgebundener Modbus
- CIM 150 Profibus DP – Profibus zu SPS oder SCADA
- CIM 500 Ethernet IP – Kabelgebundene oder kabellose (über WLAN-Router) Ethernet-Verbindung (Modbus)

10. Dedicated Controls und Grundfos Remote Management

Grundfos Remote Management ist ein Internet-gestütztes System zur Fernüberwachung, Verwaltung und Berichtserstellung für Pumpeninstallationen. Es bietet Fernzugriff auf Daten und Alarmer von Pumpen, Pumpensteuerungen und Zusatzausrüstung wie Sensoren und Messgeräte.

Die Daten aus den Pumpeninstallationen werden in eine zentrale Datenbank übertragen und den Abonnenten über einen sicheren Webserver zur Verfügung gestellt. Die Benutzer können auf die Daten der für ihr Konto registrierten Pumpeninstallationen zugreifen.

Gegenüber einer Überwachung per Mobiltelefon bietet das System vielfältige Vorteile und Funktionen. Für Anwender, die nicht auf eine ferngesteuerte Prozessautomatisierung angewiesen sind, ist Grundfos Remote Management die ideale Lösung zur Überwachung und Fernsteuerung gegenüber herkömmlichen SCADA-Systemen. Die Anschaffungskosten sind äußerst gering. Außerdem werden der Datenverkehr, die Hosting-Kosten und der System-Support durch eine geringe, feste Gebühr abgedeckt.

Die CIU271-Kommunikationsschnittstelle ermöglicht per GPRS/SMS Datenübertragungen von Ihren Grundfos Pumpen und Steuergeräten. Das integrierte, vielseitige E/A-Modul ermöglicht den Anschluss von Sensoren und Schaltern.



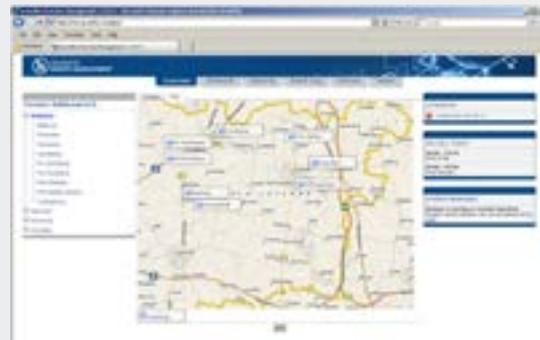
Abb. 17. CIU271-Kommunikationsschnittstelle für die Datenübertragung.

Abwasserpumpstationen

Überwachen standardmäßige Abwasserpumpen, Sensoren und Steuergeräte jedes Fabrikats und Modells, einschließlich automatischer Berichte zu Betriebsdaten.

Abwasser- und Wasseraufbereitungsanlagen

Überwachen Durchfluss- und Drucksensoren, Tankfüllstände, Pumpen und Sicherheitsalarmer, einschließlich automatischer Berichte des Stromverbrauchs und der Betriebsdaten.



Vollständige Übersicht.

Zeigen Sie den Status Ihres vollständigen Systems auf einer Karte oder einem beliebigen digitalen Bild an.



Online-Verwaltung Ihrer Pumpen.

Führen Sie bequem von Ihrem Büro aus Überwachung, Analysen und Anpassungen in Echtzeit durch.



Trends und Berichte. Verfolgen Sie die Anlagenleistung, und entdecken Sie Möglichkeiten zum Energiesparen.

The screenshot shows a SCADA software interface with a table of pump units. The table has columns for pump name, status, and other operational data. The interface includes a navigation menu on the left and a control panel on the right.

Pumpenname	Status	...
Pumpenname 1
Pumpenname 2
Pumpenname 3
Pumpenname 4
Pumpenname 5

Verwalten Sie die Pumpenwartung. Planen Sie Wartungsarbeiten auf Grundlage aktueller Betriebsdaten, und erhalten Sie eine Benachrichtigung, wenn der nächste Service fällig ist.

Alarmer und Warnungen

- Überlauf
- Hoher Füllstand
- Alarmniveau
- Trockenlauf
- Lagertemperatur hoch
- Motortemperatur
- Überspannung
- Unterspannung
- Überlast
- Unterlast
- ... und vieles mehr.

Betriebsdaten

- Fördermenge
- Energieverbrauch
- Spezifische Energie
- Betriebszeit
- Anzahl Anläufe
- Parallele Laufzeit
- ... und vieles mehr ...

Fernsteuerung

- Handbetätigung (erzwungener Anlauf)
- Alarmzurücksetzung
- Anpassung von Einschalt-, Ausschalt und Alarmniveau.

[6]

PUMPSTATIONEN

1. Allgemein

Die erforderlichen Erwägungen beim Ermitteln der strukturellen Anforderungen für eine Pumpstation umfassen die benötigte Ausleitungskapazität, mittlere oder große Abwasserpumpen, Anzahl von Pumpen und Art der Installation. Auch der Pumpen-Sammelbrunnens, das Rohrsystem mit Ventilen, Entlüftung und den Hydraulikteilen spielen beim Planen der Bauarbeiten eine wichtige Rolle.

Am Anfang der Überlegungen zur Hydraulik steht der Zulauf zur Pumpstation. Sofern erforderlich, folgt dann das Profil des Pumpen-Sammelbrunnens, danach die Anordnung der eigentlichen Pumpe und schließlich das Druckleitungssystem.

Eine ordnungsgemäße Konstruktion des Pumpen-Sammelbrunnens ist entscheidend, um eine optimale Umgebung für die Pumpen zu erreichen und eine Überflutung, eine Ansammlung von Sedimenten und eine Oberflächenschicht zu verhindern. Eine falsche Konstruktion des Pumpen-Sammelbrunnens kann sich negativ auf die Hydraulikumgebung auswirken und den Pumpenbetrieb beeinträchtigen. Dies führt zu einer reduzierten Leistung und verringert die Pumpenlebensdauer.

Die technische Dokumentation für Grundfos Abwasserpumpen umfasst die benötigten Abmessungen der Pumpen und des für ihre Installation benötigten Zubehörs. Diese Referenzwerte sind für den Planungsprozess unerlässlich, insbesondere für das Festlegen der wesentlichen Abmessungen der Pumpstation.

Die erfolgreiche Planung einer Pumpstation ist eine komplexe Aufgabe. Neben den Mindestabständen zwischen den Pumpen sowie zwischen dem Pumpenzulauf und dem Boden oder den Abmessungen der Bodenfläche umfasst die Planungsphase auch die Konstruktion des Bereichs zwischen dem Zulauf und den Pumpen. Die folgenden allgemeinen Punkte sind wichtig, um einen guten Pumpenbetrieb zu gewährleisten.

Abb. 1 Kreisförmige Pumpstation aus Beton mit Prallblech vor dem Zulauf und zwei tauchbaren Abwasserpumpen auf Kupplungsfußkrümmer-Satz

2. Kreiselumpstation für Durchflussraten von bis zu 315 l/s je Pumpe

- Der Abstand vom Zulauf zum Schachtboden muss groß genug sein, um das Schaltvolumen des Sammelbrunnens für einen Pumpzyklus zu fassen sowie das Volumen unterhalb des Ausschalt-niveaus.
- Ein Prallblech vor dem Zulaufrohr kann den Durchfluss mit einem Dämpfer versehen und auf diese Weise Verwirbelungen und das Mitreißen von Luft in der Pumpe verhindern.
- Die Entfernung zwischen den Pumpen muss einen Mindestabstand zwischen den Spiralen ermöglichen, der dem Durchmesser des Zulaufs in der Pumpe ähnelt.
- Die Entfernung zu den Wänden muss einen Mindestabstand ermöglichen, der dem Durchmesser des Zulaufs in der Pumpe ähnelt und der durch das Verhindern von Stagnationszonen einem Ansammeln von Sedimenten entgegenwirken soll.
- Von den Wänden aus müssen in Richtung der Pumpe Abtreppungen gegossen werden, um Schlamm zum Pumpenzulauf zu leiten.
- Die Wassertiefe muss ausreichen, um Luftwirbel an der Oberfläche zu vermeiden und in einigen Fällen Wärme vom Motor abzuleiten.



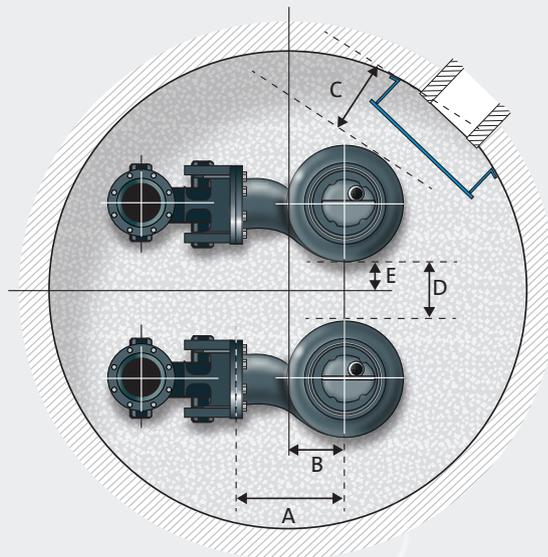
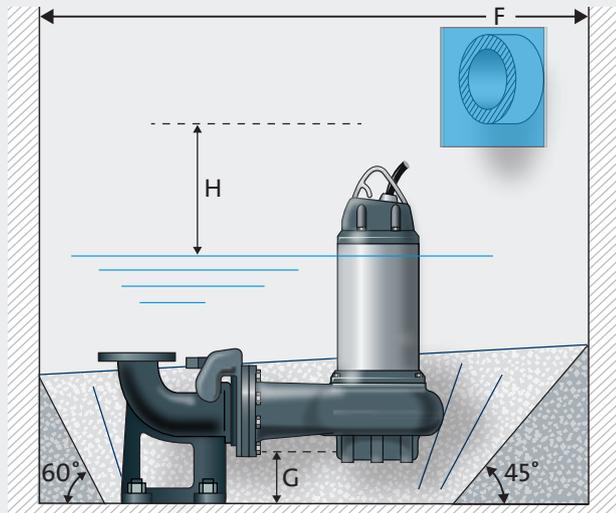


Abb. 2 Empfehlungen für die Bemaßung von kreisförmigen Pumpstationen

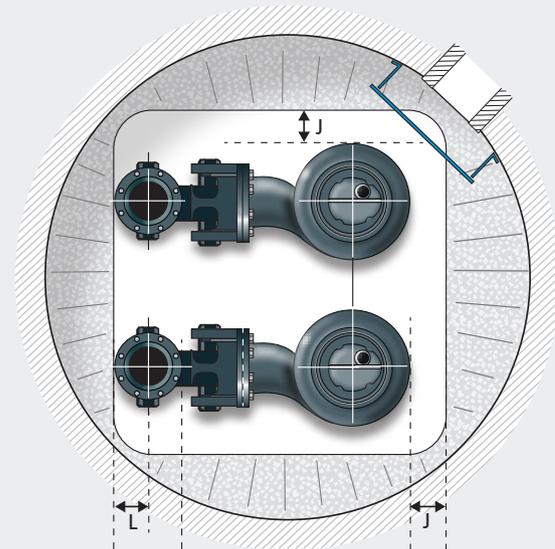


Abb. 3 Empfehlungen für die Konstruktion von Abtreppungen in kreisförmigen Pumpstationen

- A = Durchmesser der Spirale
- B = $\leq A/2$
- C = Wandabstand von 0,25 A oder mindestens 100 mm
- D = Zulaufdurchmesser zur Spirale oder mindestens 100 mm
- E = D/2
- F = Durchmesser des Sammelbrunnens. Der Mindestdurchmesser des Pumpen-Sammelbrunnens muss den jeweiligen Angaben für die einzelnen Sammelbrunnen-Typen in Abb. 2 entsprechen.
- G = Der Abstand zum Boden entspricht mindestens dem Zulaufdurchmesser zur Spirale
- H = Abstand vom Zulauf zum Sammelbrunnen und zum höchsten Einschaltniveau oder mindestens 100 mm
- J = Ebener Boden von der Spirale zur Abtreppung entspricht dem Zulaufdurchmesser zur Spirale oder mindestens 100 mm
- K = Flanschdurchmesser
- L = K/2

Referenz:

American National Standards for Rotodynamic Pumps for Pump Intake Design. Hydraulic Institute.

2.1. QUADRATISCHE UND RECHTECKIGE PUMPSTATIONEN FÜR DURCHFLUSSRATEN VON BIS ZU 315 L/S JE PUMPE

Die Geometrie rechteckiger Pumpstationen ist für Medien mit Feststoffen eher nicht geeignet, doch mit einer speziellen Abtrepung und regelmäßiger Reinigung sind auch solche Pumpstationen unter Umständen akzeptabel.

In diesem Abschnitt sollen Empfehlungen für die Auslegung einer quadratischen oder rechteckigen Pumpstation vorgelegt werden, um Ansammlungen von Feststoffen im Sammelbrunnen der Pumpe zu minimieren oder ganz auszuschließen.

Konstruieren Sie die Pumpstation so, dass eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit im Rohrsystem sichergestellt ist (z. B. 1,0 m/s oder mehr), um Verunreinigungen zum Pumpenzulauf zu transportieren und eine starke Vermischung des Mediums im Sammelbrunnen zu erreichen, sodass die Sedimente in einen Schwebезustand übergehen, wenn die Pumpen laufen.



Abb. 4 Quadratische Pumpstation aus Beton mit Prallblech vor dem Zulauf und drei tauchbaren Abwasserpumpen auf dem eigentlichen Fußkrümmer zur Montage des Kupplungsfußkrümmer-Satzes auf einem Betonsockel.

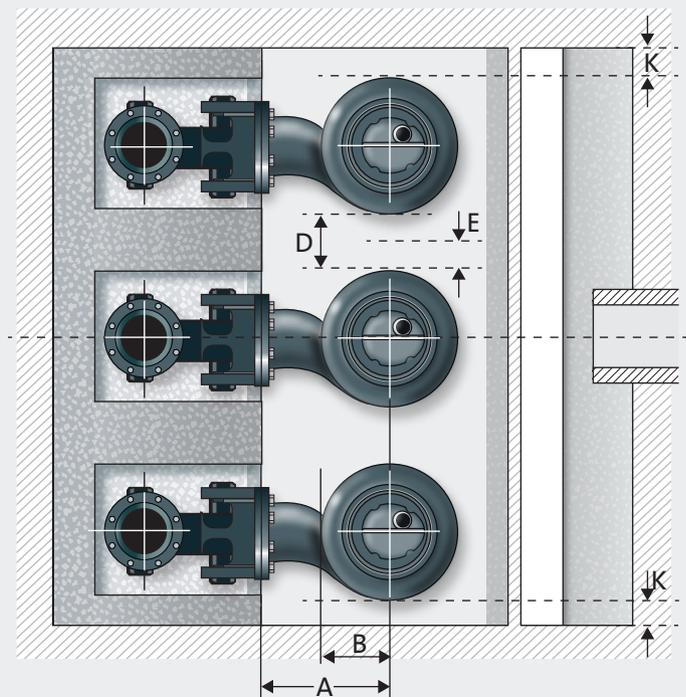
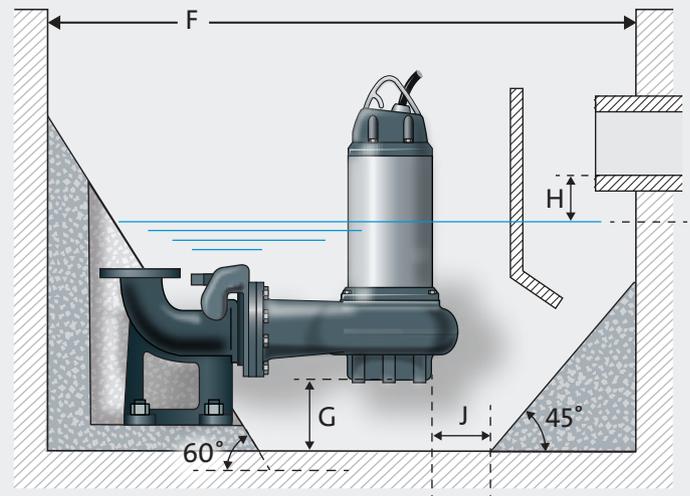


Abb. 5 Empfehlungen für die Bemaßung von quadratischen und rechteckigen Pumpstationen.

- A = Durchmesser der Spirale
- B = $\leq A/2$
- C = Wandabstand von 0,25 A oder mindestens 100 mm
- D = Zulaufdurchmesser zur Spirale oder mindestens 100 mm
- E = $D/2$
- F = Breite des Sammelbrunnens. Der Mindestdurchmesser des Pumpen-Sammelbrunnens muss den jeweiligen Angaben für die einzelnen Sammelbrunnen-Typen in Abb. 5 entsprechen.
- G = Der Abstand zum Boden entspricht mindestens dem Zulaufdurchmesser zur Spirale
- H = Die Entfernung vom Sammelbrunnen-Zulauf bis zum höchsten Einschaltniveau oder mindestens 100 mm

Referenz:

American National Standards for Rotodynamic Pumps for Pump Intake Design. Hydraulic Institute.

2.2. ZULAUF ZUR PUMPSTATION

Die häufigsten Probleme beim Pumpenbetrieb werden durch das Mitreißen von Luft und die Ansammlung von Luft im Medium verursacht, wenn das Wasser in den Schacht fließt.

In Abwasser verbleibt Luft tendenziell für eine lange Zeit, da die Luftblasen an den Feststoffen im Medium haften bleiben.

Die Positionierung des Zulaufs zur Pumpstation ist wichtig für einen guten und reibungslosen Betrieb der Pumpen. Der Zulauf muss oberhalb des höchsten Einschaltniveaus für die Pumpen liegen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Zulaufleitung kein Teil des Reservoirs werden kann.

Wenn die Zulaufleitung hoch über dem Einschaltniveau liegt, kann ein Aufprallbrecher als Prallblech den Zulaufstrom dämpfen und das Abwasser auf ein niedrigeres Niveau leiten. Das Prallblech kann das Mitreißen von Luft im Pumpengehäuse verhindern, wenn der Wasserstand in der Nähe des Ausschaltniveaus für die Pumpe liegt.

In quadratischen Pumpstationen sollte sich die Zulaufleitung in der Wand gegenüber der vertikalen Druckleitungen befinden. In kreisförmigen Pumpstationen sollte die Zulaufleitung innerhalb eines Bereichs von 120° auf der gegenüberliegenden Seite der vertikalen Druckleitungen liegen, und die Zulaufgeschwindigkeit sollte im Allgemeinen unter 2 m/s betragen.

2.3. ABSTAND ZWISCHEN PUMPENZULAUF UND BODEN DES SAMMELBRUNNENS

Der Zweck eines Pumpen-Sammelbrunnens besteht im Speichern von Regen- oder Abwasser, um gute Konditionen für den Zufluss zur Pumpe zu schaffen. Der Mindestabstand vom Boden des Sammelbrunnens zum Pumpenzulauf muss mindestens so groß sein wie der Durchmesser des Zulaufs zur Pumpe.

Um diesen Bodenabstand zu erreichen, benötigt der eigentliche Fußkrümmer des Kupplungsfußkrümmer-Satzes zuweilen einen Betonsockel. Informationen über den Sicherheitsabstand entnehmen Sie bitte den Maßzeichnungen zu den einzelnen Grundfos Abwasserpumpen im Datenheft.

3. Abtreppung im Pumpen-Sammelbrunnen

Ein Problem, das in Abwasser-Pumpstationen auftreten kann, besteht im Ablagern von Schlamm und Feststoffen unterschiedlicher Dichte. Um dies zu vermeiden, ist eine Abtreppung vom Schachtboden mit einer Neigung zwischen 45° und 60° zu den Wänden notwendig.

Abtreppung spielt eine wichtige Rolle beim Aufrechterhalten der optimalen Betriebsbedingungen. Diese Bauweise verhindert Toträume am Boden und minimiert das Risiko von Stagnationsbereichen, in denen sich Sedimente ansammeln können.

Der reduzierte Durchmesser am Boden trägt dazu bei, dass die Fließgeschwindigkeit in der Nähe des Ausschaltniveaus im Sammelbrunnen erhöht wird, was den Abtransport von Feststoffen und Schwebeteilchen unterstützt.

4. Erforderliches Volumen des Sammelbrunnens

Häufig sind Abwasser-Sammelbrunnen überdimensioniert, um sicherzustellen, dass sie auch wirklich groß genug sind – aber diese gute Absicht kann auch genau das Gegenteil bewirken.

Optimale Betriebsbedingungen werden erreicht, wenn das Schaltvolumen des Sammelbrunnens – das Volumen zwischen den Einschalt- und den Ausschaltniveaus – korrekt berechnet wird und eine ordnungsgemäße Abtreppung vorhanden ist.

Einer der größten Nachteile von zu groß bemessenen Schächten besteht darin, dass das Abwasser eventuell zu lange darin verbleibt. Dadurch entsteht Sedimentation mit den damit einhergehenden Geruchsproblemen und, letztendlich, Verstopfung.

Beim Bemaßen eines Pumpen-Sammelbrunnens müssen im Wesentlichen sechs Dinge bekannt sein:

- Spitzenzulauf
- Pumpenleistung
- Einschalthäufigkeit
- Schaltvolumen
- Der Schachtdurchmesser (bei kreisförmigen Pumpstationen)

Anschließend kann der Abstand von Einschalt- und Ausschaltniveau definiert werden.

5. Zulaufmenge

Dieser Wert wird üblicherweise von Unternehmen oder Personen bereitgestellt, die gegen falsche Schätzungen und Berechnungen versichert sind. Die Zulaufmenge schwankt zwischen Tag und Nacht und kann an verschiedenen Tagen unterschiedlich sein. Darüber hinaus muss auch die Art des Abwassers berücksichtigt werden. Regenwasser bedeutet größere Schwankungen, während Klärwasser regelmäßige Bewegungen aufweist.

6. Förderleistung

Wenn der Spitzenzufluss mit 29 l/s festgelegt wird, finden wir die erforderliche Pumpenleistung, indem wir diesen Spitzenwert mit 1,05 multiplizieren. Das heißt, wir benötigen eine Pumpe, die zu Spitzenzeiten 30 l/s fördern kann, damit es nicht zu einer Überflutung des Schachts kommt.

Beim Auswählen der Pumpe ist es zudem wichtig, die maximale Anzahl an Anläufen pro Stunde zu berücksichtigen, damit die Pumpe ihre Aufgabe auch zu Spitzenzeiten bewältigen kann. Als Faustregel gilt: je mehr Anläufe pro Stunde, desto besser.

7. Einschalthäufigkeit und Nutzvolumen des Sammelbrunnens

In einer Pumpstation setzt sich das Wasservolumen aus dem Volumen unterhalb des niedrigsten Ausschalt-niveaus der Pumpe und dem Schaltvolumen oberhalb dieses Niveaus zusammen. Das Nutzvolumen schwankt je nach Pumpennutzung und Zulauf-rate. Die Einschalthäufigkeit der Pumpen hängt vom verfügbaren Schaltvolumen und der Zulauf-rate ab.

Die Einschalthäufigkeit Z ist eine Funktion des Verhältnisses zwischen Q_{in}/Q und V_h . Dabei gilt:

Q_{in} = Zulauf-rate (l/s)

Q = Pumpenleistung (l/s)

V_h = Schaltvolumen zwischen Einschalten und Ausschalten (m^3)

$$Z_{max} = \frac{Q \times 3,6}{4 \times V_h} \quad (Z_{max} = \text{maximale Anläufe pro Stunde})$$

Durch Isolierung von V_h erhalten wir:

$$V_h = \frac{Q \times 3,6}{4 \times Z_{max}}$$

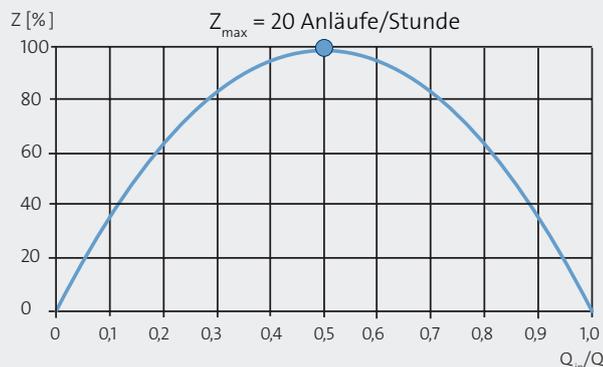


Abb. 6 Kennlinie zur Einschalthäufigkeit Z für eine Einzelpumpe als Funktion des Verhältnisses zwischen Zulauf-rate Q_{in} und Förderleistung Q

Hinweis: Wenn die maximale Zulaufmenge der Förderleistung entspricht, läuft die Pumpe durchgängig. Die häufigsten Einschaltvorgänge, Z_{max} , treten immer dann auf, wenn der Zulauf halb so groß ist wie die Förderleistung.

Die meisten Grundfos Motoren sind auf maximal 20 Anläufe pro Stunde ausgelegt.

Maximale Anzahl von Anläufen pro Stunde	
SL- und SE-Pumpen	20 Anläufe pro Stunde
S-Pumpen, Baureihe 62	20 Anläufe pro Stunde
S-Pumpen, Baureihe 66	20 Anläufe pro Stunde
S-Pumpen, Baureihe 70	20 Anläufe pro Stunde
S-Pumpen, Baureihe 72	15 Anläufe pro Stunde
S-Pumpen, Baureihen 74 und 78	10 Anläufe pro Stunde

Abb. 7 Maximale Anläufe pro Stunde für Grundfos Abwasserpumpen

8. Berechnung des Schaltvolumens – Parallelbetrieb

Bevor wir das Schaltvolumen berechnen können, muss bekannt sein, ob die Pumpen im Parallel- oder im Wechselbetrieb laufen sollen. In Abflusssystemen, in denen zwei Pumpen normalerweise im Wechselbetrieb laufen, bei Zulaufspitzen jedoch parallel geschaltet werden, müssen beide Pumpen die erforderliche Leistung gemeinsam bereitstellen. Anders ausgedrückt: Wenn beide Pumpen laufen, können sie in Spitzenzeiten zusammen 30 l/s fördern.

Beispiel

$Q = 30$ l/s

$Z_{max} = 20$ Anläufe/Stunde

Erforderliches Mindest-Nutzvolumen zwischen Einschalten und Ausschalten:

$$V_h = \frac{30 \times 3,6}{4 \times 20} = 1,35 \text{ m}^3$$

9. Berechnung des Schaltvolumens – Wechselbetrieb

Für das Schaltvolumen einer Anlage mit zwei Pumpen im Wechselbetrieb wird die erforderliche Förderleistung mit genau der gleichen Formel berechnet. ABER: Für die Berechnung wird nur die Leistung von einer der Pumpen herangezogen und nicht von beiden wie im Parallelbetrieb.

Wenn Sie die Pumpe auslegen, müssen Sie berücksichtigen, dass jede der Pumpen allein in der Lage sein muss, 100 % der erforderlichen Leistung zu liefern, um bei einem Pumpenausfall die erforderliche Reserveleistung zu erbringen. Das heißt, dass die Pumpen in diesem Beispiel größer sein werden als beim Parallelbetrieb.

Unter normalen Umständen hat jede Pumpe 10 Anläufe pro Stunde, und wenn eine Pumpe nicht in Betrieb ist, läuft die andere Pumpe 20 mal pro Stunde an.

10. Schachtdurchmesser in kreisförmigen Pumpstationen

Der richtige Schachtdurchmesser ist notwendig, um optimale Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Der erforderliche Durchmesser wird auf Grundlage der Anzahl an Pumpen sowie des zusätzlichen Platzes berechnet, der für die Verrohrung usw. erforderlich ist. Beim Beispiel mit zwei Pumpen im Parallelbetrieb bedeutet das: Es ist ein Schacht mit einem Durchmesser von 2 m bzw. einem Radius von 1 m erforderlich.

11. Abstand zwischen Ein- und Ausschaltniveau in einer kreisförmigen Pumpstation

Jetzt können wir endlich den Abstand zwischen dem Ein- und dem Ausschaltniveau – auch effektive Höhe genannt – in einem kreisförmigen Pumpenschacht berechnen. Wir wissen bereits, dass das Schaltvolumen 1,35 m³ beträgt und dass der Schachtradius 1 m beträgt.

Zum Berechnen der effektiven Höhe verwenden wir nun die folgende Formel. Wir erhalten also eine effektive Höhe von 0,43 Metern.

$$H_{\text{effective}} = \frac{1,35}{1 \times \pi} = 0,43 \text{ m}$$

Das Einschaltniveau 1 kann im Schacht nun entsprechend den Herstellerempfehlungen eingestellt werden. Das Einschaltniveau 1 muss häufig auf die Höhe der Motoroberseite eingestellt werden. Das Ausschaltniveau sollte dann 0,43 m unterhalb von Einschaltniveau 1 liegen. Bei Pumpen mit einer internen Kühlanlage kann das gemeinsame Ausschaltniveau auf die Oberseite des Pumpengehäuses festgelegt werden. Einschaltniveau 1 sollte 0,43 m darüber liegen. Bei zwei Pumpen im Parallelbetrieb liegt Einschaltniveau 2 0,1 m über Einschaltniveau 1, und das Alarmniveau wird auf 0,1 m über Einschaltniveau 2 gesetzt. Wenn zwei Pumpen im Parallelbetrieb laufen, sollte eine dritte Pumpe als Reserve installiert sein.

Bei zwei Pumpen im Wechselbetrieb sollte das Alarmniveau 0,1 m über Einschaltniveau 1 liegen; Einschaltniveau 2 sollte 0,1 m über dem Alarmniveau liegen.

Der richtige Abstand zwischen Ein- und Ausschaltniveau ist wichtig. Ein zu großer Abstand reduziert die Anzahl an Ein- und Ausschaltzyklen, was zu Sedimentation im Sammelbrunnen führen kann, da das Wasser zu lange im Schacht verbleibt. Sediment kann beim Anlaufen zur Verstopfung führen, und es kann zur Entstehung von giftigen Gasen kommen. Blockierungen dieser Art sind einer der häufigsten Gründe für ungeplante Stillstandszeiten.

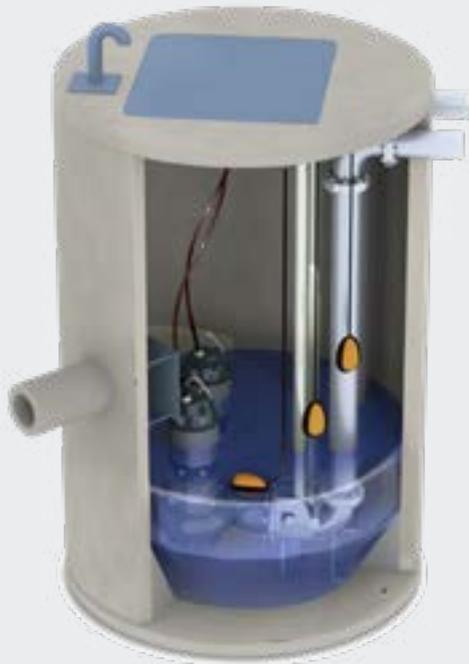


Abb. 8 Zwei Pumpen mit Kennzeichnung des Einschalt- und Ausschalt-niveaus

12. Abstand zwischen Ein- und Ausschalt-niveau in einer quadratischen Pumpstation

Wenn wir das gleiche Beispiel wie oben mit den zwei Pumpen im Parallelbetrieb heranziehen, benötigt diese Anlage eine ebene Bodenfläche von $2 \times 2 \text{ m}$.

Um den Abstand zwischen dem Ein- und dem Ausschalt-niveau – die effektive Höhe – in einem quadratischen Schacht zu berechnen, verwenden wir dasselbe Schaltvolumen wie bei der kreisförmigen Pumpstation.
 $1,35 \text{ m}^3$.

Zum Berechnen der effektiven Höhe verwenden wir nun die folgende Formel. Wir erhalten also eine effektive Höhe von $0,34 \text{ m}$.

$$H_{\text{effective}} = \frac{1,35}{2^2} = 0,34 \text{ m}$$

Pumpstationen mit mehr als zwei Pumpen werden normalerweise in kombinierten Abflusssystem verwendet – entweder um die Leistung zu erhöhen oder damit zusätzliche Reservepumpen für den Fall von großen und plötzlichen Schwankungen, beispielsweise durch Starkregen, vorhanden sind.

13. Konstruktion des Sammelbrunnens für größere rechteckige Pumpstationen

Bei Pumpstationen mit drei oder mehr Pumpen und größerem Zulauf kann die Konstruktion einer rechteckigen Pumpstation notwendig sein. Zur Gewährleistung guter Hydraulikbedingungen in einem rechteckigen Pumpen-Sammelbrunnen sollten die Wände wie auch bei der quadratischen Pumpstation mit Abtreppungen ausgestattet sein.



Abb. 9 Rechteckige Pumpstation aus Beton mit Prallblech vor dem Zulauf und drei tauchbaren Abwasserpumpen sowie mit dem eigentlichen Fußkrümmer des Kupplungsfußkrümmer-Satzes auf einem Betonsockel

14. Volumen des Sammelbrunnens in größeren Pumpstationen

Das Schaltvolumen des Sammelbrunnens für größere rechteckige Pumpstationen mit drei oder mehr identischen Pumpen lässt sich auf verschiedene Weise berechnen.

Das benötigte Gesamtvolumen des Sammelbrunnens hängt vom jeweiligen Einschalt- und Ausschaltmuster der Pumpen und der Auslegung des Druckleitungssystems ab. Bei Letzterem kann es sich entweder um separate Druckleitungen oder um eine gemeinsame Leitung handeln, bei der die Reibung im Abflusssystem mit der Anzahl der in Betrieb befindlichen Pumpen schrittweise zunimmt.

15. Pumpstation mit getrennten Druckleitungen

Die Pumpenauswahl richtet sich gemäß örtlicher Praxis nach dem Spitzenzulauf zur Station, dem Reservevolumen usw.

Bei Pumpstationen mit einer Reihe von identischen Pumpen und getrennten Druckleitungen können die Pumpen entsprechend den folgenden Mustern betrieben werden.

Im Betriebsmuster 1 laufen die Pumpen in der Reihenfolge des zunehmenden Zulaufs an. Wenn die Zulaufmenge die Kapazität der in Betrieb befindlichen Pumpe(n) übersteigt, läuft die nächste Pumpe an. Das Ausschalten erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Anders ausgedrückt: Wenn eine bestimmte Anzahl von Pumpen in Betrieb ist und der Zulauf abnimmt, wird die zuletzt angelaufene Pumpe ausgeschaltet, sobald der Wasserstand bis zum Ausschaltniveau für diese Pumpe absinkt usw.

Auch in Betriebsmuster 2 laufen die Pumpen in der Reihenfolge des zunehmenden Zulaufs an, doch – anders als in Betriebsmuster 1 – laufen die Pumpen bei abnehmendem Zulauf parallel, bis das gemeinsame Ausschaltniveau erreicht ist.

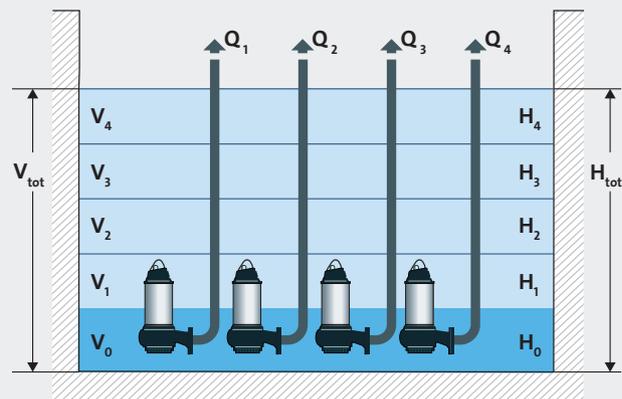


Abb. 10 Diagramm für vier Pumpen mit vier Einschalt- und Ausschalt-niveaus und Wasservolumen unterhalb des Ausschalt-niveaus

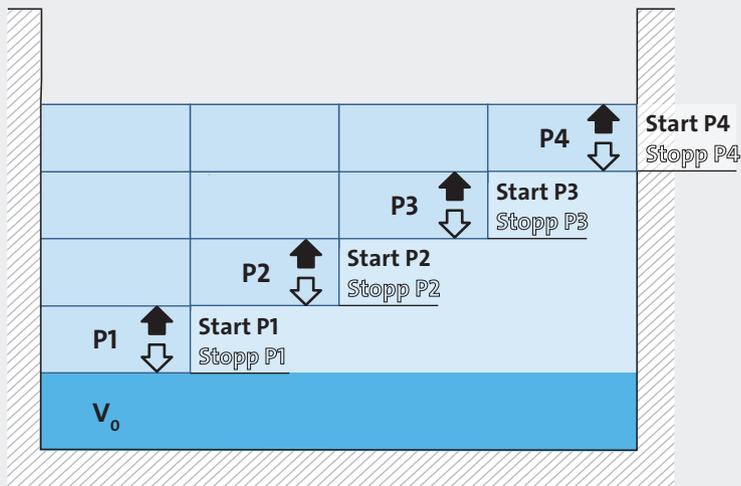


Abb. 11 Diagramm für Betriebsmuster 1 mit Einschalt- und Ausschaltreihenfolge für vier Pumpen

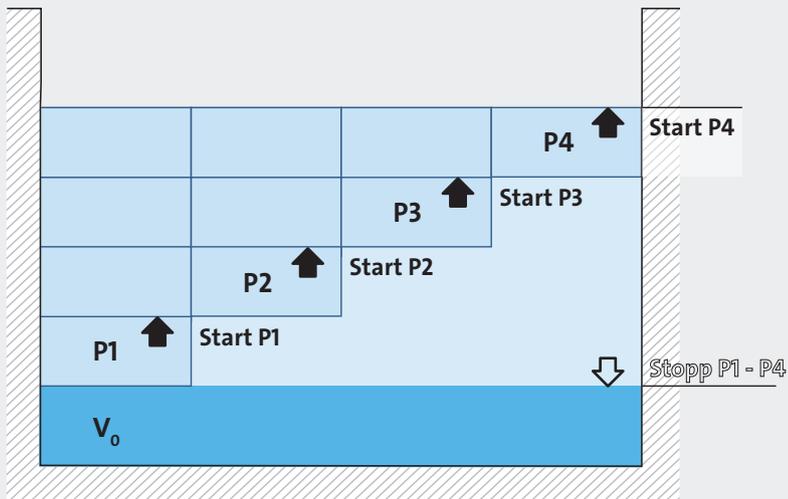


Abb. 12 Diagramm für Betriebsmuster 2 mit Einschaltreihenfolge für vier Pumpen und einem gemeinsamen Ausschaltniveau

Um die Last langfristig gleichmäßig auf die Pumpen zu verteilen, sollten die Pumpen auf einen Wechselbetrieb eingestellt sein. Die erste Pumpe, die anläuft, sollte nach einem Pumpenzyklus dann also als letzte anlaufen.

16. Volumenberechnung des Sammelbrunnens

Mit der unten stehenden Formel können wir das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens einer Pumpstation mit vier identischen Tauchmotorpumpen, getrennten Druckleitungen und einer benötigten Förderleistung von 340 l/s je Pumpe, inkl. Reserveleistung (324 l/s x 1,05) berechnen.

$$V_{\text{tot},n} = V_0 + (n \times H) \times S$$

Dabei gilt:

- $V_{\text{tot},n}$ = Gesamtvolumen einer Reihe von Pumpen
- V_0 = Volumen vom niedrigsten Ausschaltniveau bis zum Boden der Station
- n = Anzahl an Pumpen
- H = Höhe des Schaltvolumens
- T = ebene Bodenfläche



Abb. 13 Vier identische tauchbare Klärwasserpumpen auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz mit Führungsrohren und getrennte Druckleitungen Die Pumpstation besitzt ein Prallblech vor dem Zulauf.

Beispiel:

- Q = 340 l/s
- Z_{max} = 20 Anläufe/Stunde

Gemäß der unten stehenden Formel beträgt das benötigte Schaltvolumen für eine Pumpe 15,3 m³

$$V_h = \frac{340 \times 3,6}{4 \times 20} = 15,3 \text{ m}^3$$

Die Länge der Pumpstation wird anhand des erforderlichen Abstands zwischen vier Pumpen und dem erforderlichen Abstand zu den Seitenwänden berechnet. Die Breite der Pumpstation wird anhand des erforderlichen Mindestabstands von der Pumpenmitte zur Wand vor der Pumpe sowie dem Abstand von der Pumpenmitte zur Wand hinter dem Fußkrümmer für das Führungsrohrsystem berechnet. In dieser Berechnung wird von einem Abstand von 200 mm vom Flansch des Fußkrümmers zur Wand ausgegangen, und wir erhalten eine rechteckige Fläche von 5,5 m x 4,8 m (26,4 m²).

Nun berechnen wir die Höhe für das Schaltvolumen für eine Pumpe:

$$H_{\text{effective}} = \frac{15,3}{26,4} = 0,58 \text{ m}$$

Für dieses Beispiel haben wir eine Grundfos Klärwasserpumpe des Typs S2.120.250,1000.6 mit hoher Förderhöhe gewählt. Der Fußkrümmer muss auf einem Sockel mit 150 mm Höhe montiert werden, und das Ausschaltniveau wird auf knapp oberhalb des Pumpengehäuses gesetzt. Damit erhalten wir einen Abstand von 600 mm vom Ausschaltniveau bis zum Boden der Pumpstation.

Jetzt wird das Volumen vom Boden bis zum Ausschaltniveau berechnet: 26,4 m² x 0,6 m = 15,8 m³

Das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens beträgt 77 m³. Dies wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$V_{\text{tot},n} = (0,6 \text{ m} + 2,32 \text{ m}) \times 26,4 \text{ m}^2$$

Schaltvolumen des Sammelbrunnens: (77 m³ – 15,8 m³) = 61 m³

Gesamthöhe: (0,6 m + 2,32 m) = 2,9 m

Effektive Gesamthöhe: (0,58 m x 4) = 2,32 m

17. Sammelbrunnen-Volumen für vier Pumpen plus einer Reservepumpe

Mit der unten stehenden Formel können wir das Sammelbrunnen-Volumen für eine Pumpstation mit vier identischen Tauchmotorpumpen berechnen, wobei eine Pumpe als Reserve fungiert.

$$V_{\text{tot},n} = V_0 + (n-1) \times H \times S$$

Wie schon im obigen Beispiel sind die Pumpen auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz mit Führungsrohren und getrennten Druckleitungen installiert. Die benötigte Förderleistung beträgt 340 l/s je Pumpe, einschließlich Reservekapazität (324 l/s x 1,05).

In diesem Beispiel ist das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens größer als im Beispiel ohne Reservepumpe. Dieses zusätzliche Volumen ist der größeren Länge der Pumpstation geschuldet, die ein höheres Volumen vom Ausschaltniveau zum Boden nach sich zieht. Das Schaltvolumen des Sammelbrunnens zwischen Einschalt- und Ausschaltniveau für die Pumpen ist dasselbe, allerdings mit geringerer Höhe.

Die Länge der Pumpstation ändert sich von 5,5 m auf 6,8 m. Dies liegt an dem zusätzlichen Platzbedarf durch die vierte Pumpe.

Dieser Platz wird für das Pumpengehäuse benötigt:
891 mm x 1,5 = 1,3 m

Die Breite der Pumpstation bleibt unverändert bei 4,8 m. Der rechteckige Bereich beträgt demnach 6,8 m x 4,8 m = 32,6 m²

Nun wird die Höhe für das Schaltvolumen für eine Pumpe berechnet:

$$H_{\text{effective}} = \frac{15,3}{32,6} = 0,47 \text{ m}$$

Das Volumen von der ebenen Bodenfläche zum Ausschaltniveau beträgt: 32,6 m² x 0,6 m = 19,6 m³

Das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens beträgt 81 m³. Dies wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$V_{\text{tot},n} = (0,6 \text{ m} + 1,88 \text{ m}) \times 32,64 \text{ m}^2$$

Schaltvolumen des Sammelbrunnens: (81 m³ – 19,6 m³) = 61 m³

Gesamthöhe: (0,6 m + 1,88 m) = 2,5 m

Effektive Gesamthöhe: (0,47 m x 4) = 1,9 m

18. Abfolge und Volumen von Schaltzyklen

Schaltzyklen sind das Anlaufen und Auslaufen von Pumpen. Um Beschädigungen und mögliche Fehlfunktionen zu verhindern, muss die Häufigkeit von Schaltzyklen begrenzt werden. Der kritische Parameter ist die Zeit zwischen dem Auslaufen und dem anschließenden erneuten Anlaufen einer Einzelpumpe, nicht die Betriebsdauer der Pumpe nach dem Anlaufen.

Die Konstruktion des Pumpen-Sammelbrunnens muss ein ausreichendes Volumen für einen sicheren Schaltzyklus bieten. Das für die minimale Zykluszeit erforderliche Volumen hängt von der für den Motor zulässigen Zahl an Anläufen, der Anzahl, der Kapazität und der Betriebsreihenfolge der Pumpen ab.

Eine Zyklusfolge für eine Pumpe wird „zyklischer Laufwechsel“ genannt und basiert auf dem Betriebsmuster 3, bei dem die erste anlaufende Pumpe auch als erste ausgeschaltet wird. Die Logik wird der Reihe nach auf alle Pumpen angewendet. Dadurch ergibt sich das geringste erforderliche Sammelbrunnen-Volumen für eine bestimmte Anzahl von Pumpen und deren mindestens erforderliche Zykluszeit.

Bei Pumpstationen mit drei oder mehr Pumpen lassen sich die Steuertafeln auf eine „zuerst an/zuerst aus“-Operation programmieren, um so die Zykluszeit für jede Einzelpumpe zu verlängern. Dies reduziert das erforderliche Schaltvolumen im Sammelbrunnen, sofern der Zulauf mindestens 50 Prozent der Nennleistung der Pumpe beträgt.

Die Zykluszeit für eine im Betrieb befindliche Einzelpumpe wird wie im Folgenden gezeigt ermittelt. Beachten Sie, dass sich die geringste Zykluszeit dann ergibt, wenn Q_{in} 50 Prozent der Förderleistung entspricht:

Q_{in} = Förderstrom in die Pumpstation

Q_p = Förderleistung der Pumpe

V_h = Schaltvolumen zwischen Einschalten und Ausschalten

Betriebszeit der Pumpe = $V_h / (Q_p - Q_{in})$

Aus-Zeit der Pumpe = V_h / Q_{in}

Zykluszeit = Betriebszeit + Aus-Zeit der Pumpe.

Wenn sich die zuerst anlaufenden Pumpen abwechseln, reicht dies für Regenwasser-Pumpstationen aus, bei denen nur selten mehr als eine Pumpe in Betrieb ist und die Betriebsdauer außerhalb von Niederschlagszeiten kurz ist.

Dieses Wechselmuster 3 erfordert in Kombination mit der Zyklussequenz der nacheinander folgenden Starts und Stopps das geringstmögliche Gesamtvolumen für einen Schaltzyklus. Das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens für einen Schaltzyklus beträgt $15,3 \text{ m}^3$. Dies wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$V_t = Q_p t_c / (4n)$$

Dabei gilt:

V_t = Gesamtvolumen eines Schaltzyklus

Q_p = Gesamt-Förderleistung

t_c = Minimal zulässige Zykluszeit in Sekunden
(3.600 / max. Anläufe pro Stunde)

n = Gesamtzahl an Pumpen gleicher Größe

Bei einem zyklischen Laufwechsel muss das erforderliche Schaltvolumen für eine Pumpe dem Volumen entsprechen, das ohne den Laufwechsel erforderlich ist, geteilt durch die Gesamtzahl der im Zyklus vorhandenen Pumpen, n :

Wenn wir das Beispiel von vorhin mit fünf identischen Tauchmotorpumpen heranziehen, bei dem eine Pumpe in Bereitschaft ist und jede Pumpe eine Förderleistung von 340 l/s besitzt, beträgt das Mindest-Schaltvolumen je Pumpe, die in der Schaltzyklus-Abfolge in Betrieb ist, $3,8 \text{ m}^3$ ($15,3 \text{ m}^3 / 4$).

Nun berechnen wir die Höhe für das Schaltvolumen für eine Pumpe: $3,8 \text{ m}^3 / 32,64 \text{ m}^2 = 0,12 \text{ m}$

Die Höhe des Volumens vom Ausschaltniveau zum ebenen Boden der Station betrug $0,6 \text{ m}$.

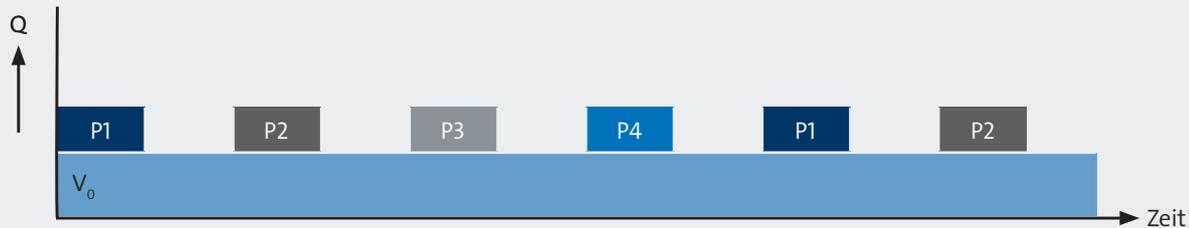
Das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens beträgt 35,3 m³. Dies wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$V_{\text{tot},n} = V_0 + ((n-1) \times H) \times S$$

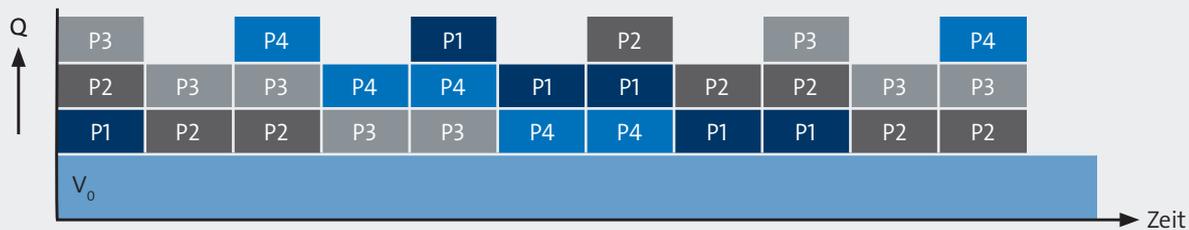
Schaltvolumen des Sammelbrunnens: 35,3 m³ – 19,6 m³ = 15,7 m³

Gesamthöhe: 0,6 m + 0,48 m = 1,08 m

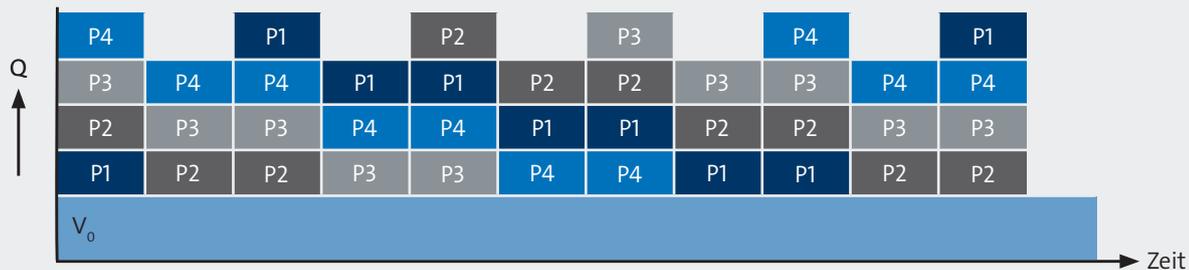
Effektive Gesamthöhe: 0,12 m x 4 = 0,48 m



Die Pumpen laufen mit 1/8 ihrer Zykluszeit, wenn $Q_p = 2 \times Q_{in}$ ist.



Wenn Q_{in} die Leistung von zwei Pumpen übersteigt, aber die von drei Pumpen unterschreitet, laufen diese Pumpen mit 5/8 ihrer Zykluszeit.



Wenn Q_{in} die Leistung von drei Pumpen übersteigt, aber die von vier Pumpen unterschreitet, laufen diese Pumpen mit 7/8 ihrer Zykluszeit.

19. Betriebsmuster 3

Wie schon in den Betriebsmustern 1 und 2 schwankt das für die einzelnen Pumpen benötigte Volumen in Betriebsmuster 3 je nach Charakteristik des Abflusssystems. Mit diesem Volumen würde die minimal zulässige Zykluszeit nur dann erreicht, wenn der vergleichbare Zulauf zu jeder Pumpe genau 50 % der Kapazität der jeweiligen Pumpe entspricht. Alle anderen Zuläufe führen zu einer Zykluszeit, die den Mindestwert übersteigen. Die oben stehende Abbildung für Pumpen mit zyklischem Laufwechsel illustriert die Sequenz von Pumpen mit zyklischen Laufwechseln.

20. Niedrigstes Ausschaltniveau der Pumpe

Es ist zu empfehlen, dass die Unterseite der Zulaufleitung auf gleicher Höhe mit der Oberkante des Schaltzyklus-Gesamtvolumens befindetet, um die bauliche Tiefe der Pumpstation zu minimieren und auf diese Weise die Kosten der Baumaßnahmen zu begrenzen. Sollten Beschränkungen für die Abmessungen der ebenen Fläche bestehen, kann das Ausschaltniveau entsprechend abgesenkt werden. Diese Höhe entspricht der maximalen statischen Förderhöhe.

22. Pumpstation mit gemeinsamen Druckleitungen

Bei Betriebsmuster 1 lässt sich das gesamte Schaltvolumen für vier identische Pumpen in einer Pumpstation mit Sammelrohr und einer gemeinsamen Druckleitung einfach berechnen, wenn die Förderleistung und die Abmessungen der Pumpstation bekannt sind.

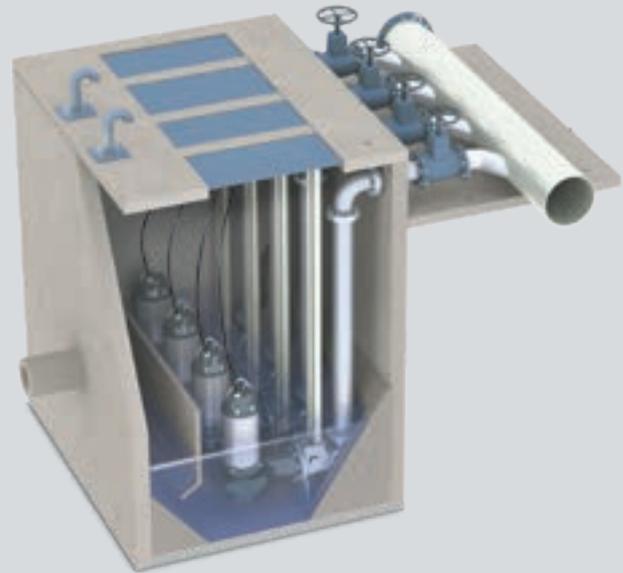
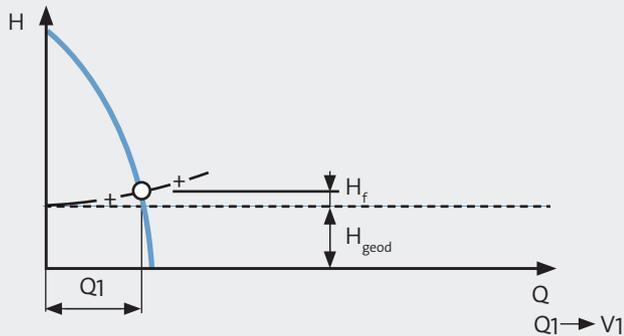


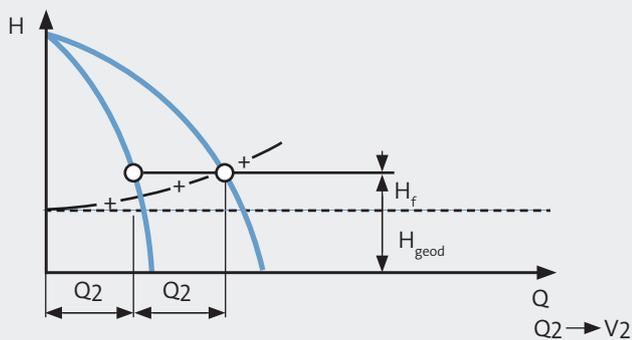
Abb. 14 Vier identische tauchbare Klärwasserpumpen auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz mit Führungsrohren und gemeinsamer Druckleitung. Die Pumpstation besitzt ein Prallblech vor dem Zulauf.

Addieren Sie einfach das Volumen, das jede Einzelpumpe durch die gemeinsame Druckleitung fördern kann. Bedenken Sie dabei, dass die Reibung im Rohrsystem mit wachsender Anzahl der im Betrieb befindlichen Pumpen steigt.

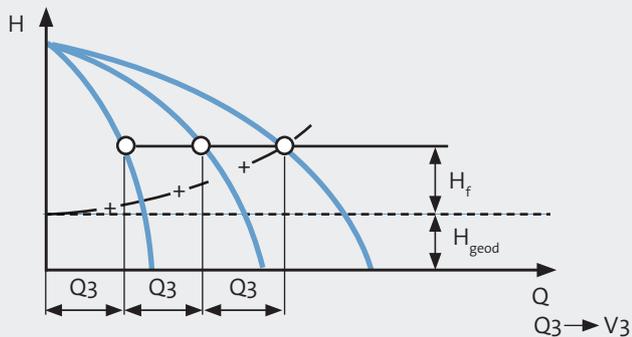
Mit zunehmender Reibung im Druckrohr nimmt der Durchfluss von den Pumpen ab und die Pumpenförderhöhe steigt. Demnach entspricht das gesamte Nutzvolumen des Sammelbrunnens der Summe der Teilvolumen plus dem Volumen zwischen dem niedrigsten Ausschaltniveau und dem ebenen Boden (V_0).



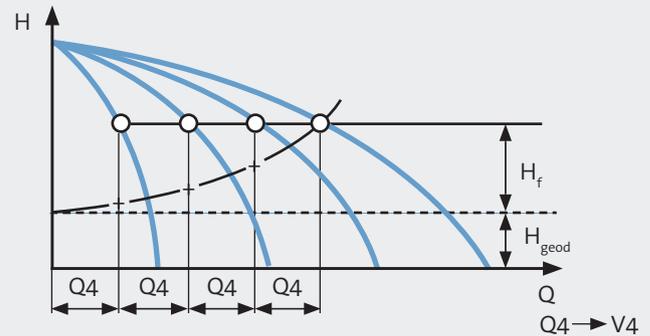
Eine Pumpe in Betrieb.



Zwei Pumpen in Betrieb.



Drei Pumpen in Betrieb.



Vier Pumpen in Betrieb.

Beispiel:

Die Kapazität einer in Betrieb befindlichen Pumpe beträgt 340 l/s, und die zulässige Höchstzahl von Anläufen pro Stunde für die Pumpe ist 20. Das Schaltvolumen für Pumpe 1 beträgt anhand unten stehender Formel 15,3 m³.

$$V_h = \frac{340 \times 3,6}{4 \times 20} = 15,3 \text{ m}^3$$

$Q_1 = 340 \text{ l/s}$	$V_1 = 15,3 \text{ m}^3$
$Q_2 = 317 \text{ l/s}$	$V_2 = 14,3 \text{ m}^3$
$Q_3 = 283 \text{ l/s}$	$V_3 = 12,7 \text{ m}^3$
$Q_4 = 226 \text{ l/s}$	$V_4 = 10,2 \text{ m}^3$

Das Volumen V_0 wurde mit 15,8 m³ berechnet.

Das Gesamtvolumen des Sammelbrunnens beträgt 68,3 m³. Dies wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$V_{tot} = V_0 + V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Schaltvolumen des Sammelbrunnens: $68,3 \text{ m}^3 - 15,8 \text{ m}^3 = 53 \text{ m}^3$

Die rechteckige Bodenfläche der Pumpstation wurde auf 5,5 m x 4,8 m berechnet. (26,4 m²)

Die Höhe zwischen den unterschiedlichen Einschalt-niveaus wurde durch eine Division der Einzelvolumen mit dem Bodenbereich errechnet.

$$H_{\text{eff1}} = 0,58 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff2}} = 0,54 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff3}} = 0,48 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff4}} = 0,39 \text{ m}$$

Das niedrigste Ausschalt-niveau liegt 0,6 m über dem Boden der Pumpstation, und die Gesamthöhe des Sammelbrunnen-Volumens beträgt 2,6 m.

The image shows a large industrial facility, likely a pump station, with a warm, orange-toned lighting. In the foreground, there is a large, dark, cylindrical component, possibly a motor or part of a pump, mounted on a metal frame. Behind it, a complex network of pipes, valves, and structural supports extends into the background. The overall scene is industrial and technical.

[7]

KONSTRUKTION UND BEMASSUNG GROßER PUMPSTATIONEN

1. Allgemein

In größeren Pumpstationen muss der Pumpen-Sammelbrunnen so konstruiert sein, dass er einen einheitlichen Durchfluss in Richtung des Pumpenzulaufs mit minimalen Verwirbelungen und frei von Strudeln unter Wasser und an der Oberfläche erzeugt. Der Fluss muss gleichmäßig verteilt sein und alle potenziellen Eintrittspunkte von Luft in Pumpengehäusen eliminieren und die Ansammlung von Sedimenten unterhalb der Pumpen sowie einer Schaumschicht auf der Wasseroberfläche verhindern. Viele Bemaßungsanleitungen stellen Konstruktionsrichtlinien bereit. Solche Anleitungen wurden etwa vom American Hydraulic Institute und der British Hydromechanics Research Association veröffentlicht.

Grundfos Experten wenden Simulationen der Numerischen Störungsdynamik (Computational Fluid Dynamic, CFD) an, um Medienflüsse und -drücke an jeder Stelle des Pumpen-Sammelbrunnens beim Spitzenzufluss grafisch abzubilden und um sicherzustellen, dass sich die Pumpstation bei allen Betriebsbedingungen selbst reinigt.

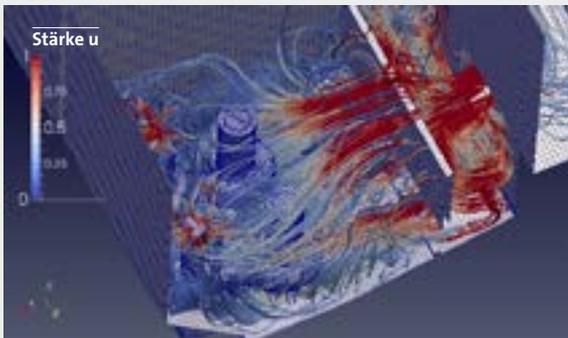


Abb. 1 Das Regulieren von Durchflüssen bei gleichzeitiger Gewährleistung der Selbstreinigung bei Spitzenzeiten ist eine Herausforderung. Mit CFD können wir ein virtuelles Modell der unterschiedlichen Betriebsbedingungen erstellen, z. B.:

- Einheitlicher Durchfluss
- Minimale Verwirbelungen
- Strudel
- Potenzielle Eintrittspunkte von Luft
- Sediment-Ansammlungen

Die Strömungslinien in der Simulation in Abb. 1 zeigen die Strömungswege von der Zulaufkammer zu den Pumpen auf. Die verschiedenen Einfärbungen stehen für die unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten.

Als Beispiel haben wir CFD-Modellierung zur Untersuchung des Durchflusses am Pumpenzulauf verwendet. Das Ziel des CFD-Modells bestand in der Simulation des Strömungswegs im Sammelbrunnen für drei tauchbare Klärwasserpumpen im Parallelbetrieb und der Wasserbetriebsniveaus anhand der ASNI/HI-Pumpenstandards als Richtlinie. Dabei ging es darum, ungünstige Strömungsbedingungen zu erkennen.

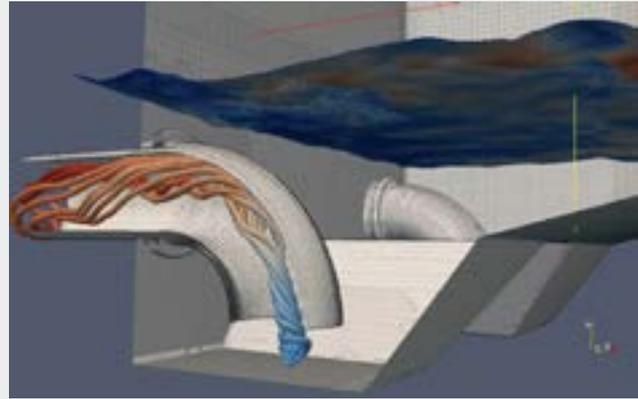


Abb. 2 Mit dem CFD-Modell konnten wir Vordrall am Pumpenzulauf aufzeigen

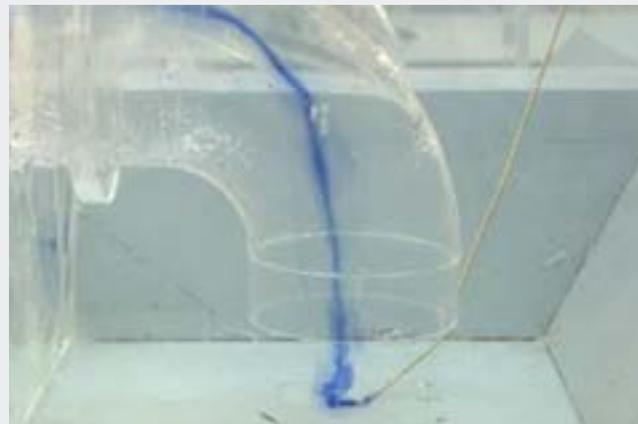


Abb. 3 Wir konnten eine Übereinstimmung zwischen dem physischen Modelltest und dem CFD-Modell erreichen

2. Konstruktion einer Grundfos Pumpstation

Grundfos setzt CFD-Simulationen in vielen Projekten auf der ganzen Welt ein. Dazu gehören auch Projekte zum Hochwasserschutz.

Mit unserer Erfahrung in der Konstruktion sehr großer Pumpstationen für Klärwasser mit einem außergewöhnlich hohen Gehalt an Feststoffen und Schlamm konnten wir die Konstruktion gewöhnlicher Pumpstationen verbessern. Diese haben sich als die richtige Lösung zum Vermeiden von Sedimentation erwiesen. Das heißt, dass wir Strömungsprobleme in gewöhnlichen Pumpstationen rechtzeitig erkennen und noch vor Baubeginn Konstruktionsverbesserungen empfehlen und diese testen können.

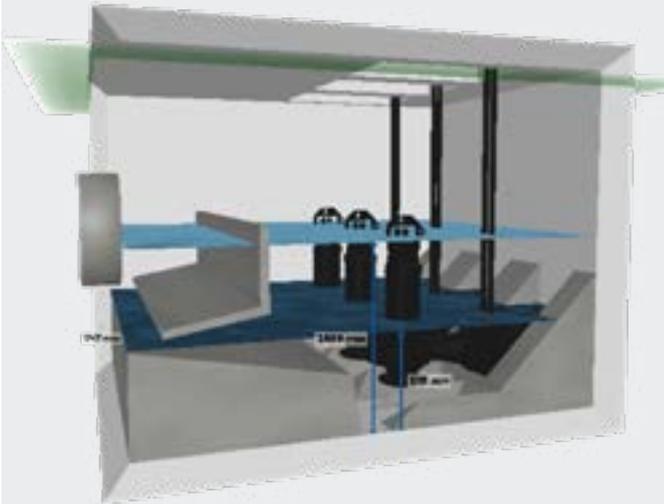
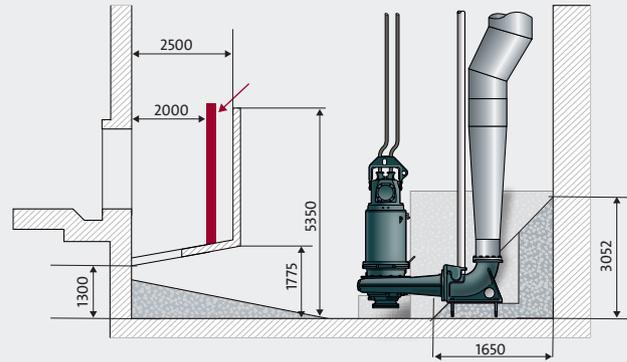


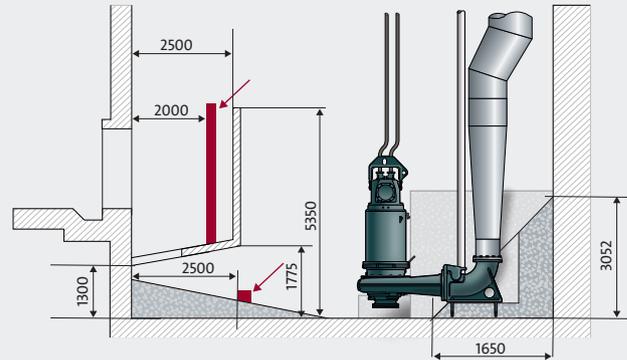
Abb. 4 Beispiel für die Konstruktion einer Grundfos Pumpstation mit drei tauchbaren Pumpen, die mit Grundfos Pit Creator berechnet und in einer 3D-CAD-Zeichnung abgebildet wurde

2.1. 3D-GEOMETRIE

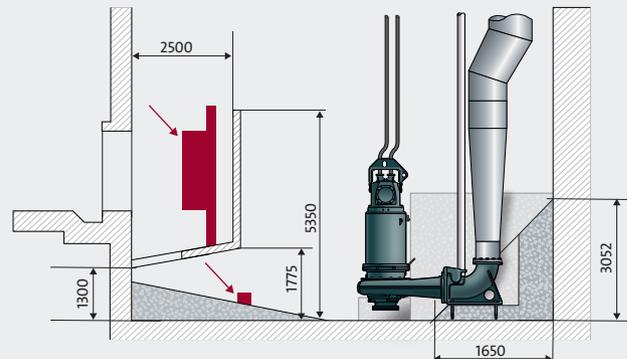
Für eine große Pumpstation mit drei tauchbaren Klärwasserpumpen, die der gewöhnlichen Bauform für Pumpstationen entspricht, empfahl unser CFD-Modell die folgenden Modifikationen zur Verbesserung der Pumpenumgebung. Diese Verbesserungen sind auch in Abb. 5 zu sehen.



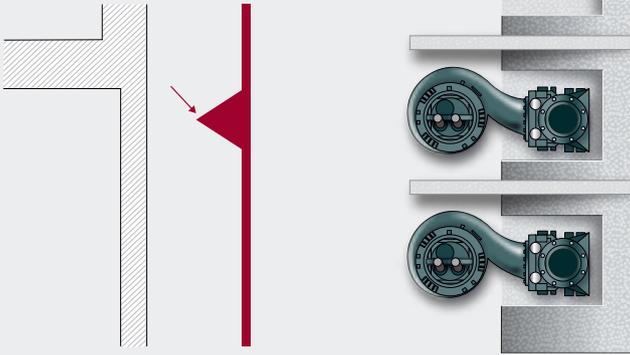
1. Die Prallwand 500 mm nach hinten verschieben.



2. Einen Flusstörer unter der Prallwand installieren, um das Wasser gleichmäßig im Sammelbrunnen zu verteilen.



3. Einen Zulaufverteiler auf der Prallwand und in der Mittelachse zu Pumpe Nr. 2 (mit einer Länge von 1 m und einem Winkel von 60 Grad) installieren.



4. Draufsicht auf den Zulaufverteiler.

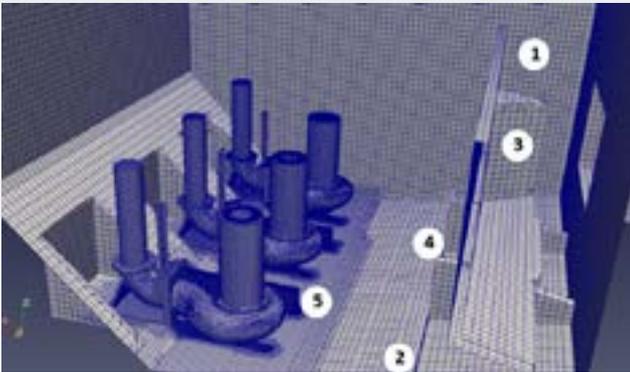


Abb. 5 Verbesserungen gemäß Grundfos Bauform und Empfehlungen

1. Kürzerer Abstand zwischen Zulauf und Prallwand
2. Flusstörer unter der Zulaufkammer in Richtung der Pumpen
3. Zulaufverteiler auf der Prallwand
4. Zulaufverteiler unterhalb der Zulaufkammer
5. Erweiterte Tiefe mit zusätzlicher Abtrepfung zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit in Richtung der Pumpen

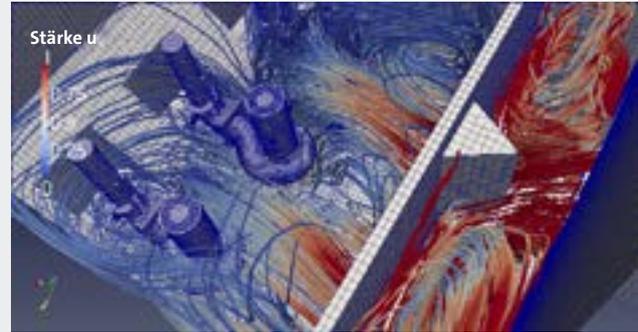


Abb. 6 Unsere CFD-Analyse für die Pumpstation nach Implementierung der Verbesserungen zur Optimierung von Fließgeschwindigkeit und Flussqualität. Es ist deutlich zu sehen, wie der Zulaufverteiler an der Prallwand den Zulauf gleichmäßiger in die drei Öffnungen verteilt.

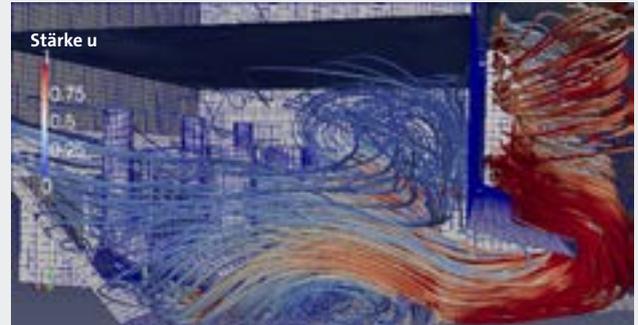


Abb. 7 Die Vorrichtung für die Flusstörung leitet die Zulaufenergie besser ab und verändert das Strömungsmuster mehr in Richtung der Pumpen. Auf diese Weise entsteht ein einheitlicher Zulauf zur Saugseite der Pumpe (siehe Tabelle unten)

Gemäß den Pumpenstandards ANSI und HI sollte der Drallwinkel im Sammelbrunnen weniger als 5° betragen. Für kurze Zeiträume sind auch maximal 7° akzeptabel. Die Drallwinkel wurden aus der tangentialen Geschwindigkeit geteilt durch die durchschnittliche axiale Geschwindigkeit für den Bereich berechnet. Die Messebene lag knapp oberhalb des Laufradeintritts. Die unten stehende Tabelle verdeutlicht, dass der maximale Drallwinkel in der jüngsten Modifikation H für alle Pumpen verbessert wurde.

Simulationsszenarios	Pumpennummer	Maximaler Drallwinkel
(D)	Mit einer	6,7
	Zwei	5,8
	Drei	6,6
(G)	Mit einer	11
	Zwei	5,3
	Drei	12

Abb. 8 Werte für Drallwinkel vor Verbesserung der Sammelbrunnenkonstruktion

Simulationsszenarios	Pumpennummer	Maximaler Drallwinkel
(H)	Mit einer	4,9
	Zwei	3,6
	Drei	5,1

Abb. 9 Werte für Drallwinkel nach Verbesserung der Sammelbrunnenkonstruktion



Abb. 10 Bild des verbesserten Pumpen-Sammelbrunnens mit Flusstörer, Zulaufverteiler unterhalb der Zulaufkammer und erweiterter Tiefe mit zusätzlicher Abtreppung zur Erhöhung der Geschwindigkeit in Richtung der Pumpen

Für Anwendungen mit hohem Gehalt organischer Feststoffe oder schwebender Materie können Sie Ihre Pumpstation mit Grundfos Pit Creator konstruieren.

2.2. GRUNDFOS PIT CREATOR

Mit dem Grundfos Pit Creator können Sie anhand der benötigten Förderleistung und der Anzahl der Pumpen Ihre eigene Pumpstation innerhalb von Minuten konstruieren.

- Die Förderleistung können Sie im Grundfos Product Center im Abschnitt zur Dimensionierung berechnen.
- Bei der Pumpenanzahl kann es sich entweder um identische Pumpen oder um zwei Gruppen unterschiedlicher Pumpen mit Reservekapazität handeln.

Der Pit Creator ist ein Tool zur schnellen Konstruktion von hydraulisch optimierten Pumpstationen aus Beton in 8 Schritten. Darüber hinaus reduziert Pit Creator die für den Bau erforderliche Betonmenge, und verringert die Grundfläche der Pumpstation. Die Ausgabe von Pit Creator erfolgt in Form von 2D- und 3D-CAD-Zeichnungen, die sich bis zu den endgültigen Konstruktionszeichnungen weiter bearbeiten lassen.

Den Grundfos Pit Creator finden Sie im Grundfos Product Center unter www.grundfos.com. Wenn Sie versuchen, sich dort anzumelden, werden Sie nach Ihrer E-Mail-Adresse und Ihrem Kennwort gefragt.



Konstruieren Sie Ihre Pumpstation in acht schnellen Schritten

1. Pumpenauswahl

Geben Sie die erforderliche Anzahl an Pumpentypen ein → Wählen Sie 1 oder 2 Geben Sie die Pumpenanzahl je Pumpentyp sowie die Anzahl der Reservepumpen ein → Klicken Sie zum Auswählen der Pumpen auf „Suche starten“, und geben Sie den benötigten Durchfluss und die Förderhöhe ein. → Wählen Sie einen Pumpentyp aus. Wurden 2 Pumpentypen ausgewählt, ist die Vorgehensweise für Pumpentyp 2 dieselbe.

2. Auslegung der Station

Die Pumpstation wird berechnet und in einer 3D-CAD-Zeichnung dargestellt. Dazu kommen Informationen über: Länge, Breite, Tiefe, Grundfläche, Aushubvolumen, Betonvolumen und Hydraulik-Gesamtvolumen.

3. Zulauf

Geben Sie den Innendurchmesser der Zulaufleitung ein, und Sie erhalten die Wandstärke für Betonrohre, die Oberkante der Station, die Bodenhöhe, die Höhe der Zulaufmitte sowie den Abstand von der Bodenhöhe zum Zulauf und von der Bodenhöhe zur Mitte der Zulaufleitung.

4. Positionierung der Pumpe

Geben Sie die Pumpenposition anhand Folgendem ein:

- Obere Haltung der Führungsschiene
- Automatische Auslasskupplung
- Hehebügel

Der Auslassdurchmesser der automatischen Kupplung ist vorgegeben, und ggf. kann ein zusätzlicher Abstand zwischen den Pumpen eingegeben werden. Die Pumpenabfolge wird durch den Fluss vorgegeben, lässt sich jedoch anpassen.

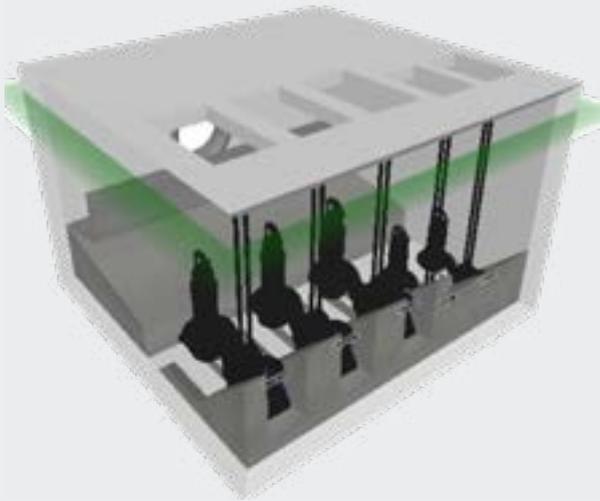


Abb. 11 Pit Creator gibt anhand der Angaben eine 3D-CAD-Zeichnung mit 2 Pumpengruppen und Pumpenpositionen entsprechend des Hehebügels aus

5. Feinabstimmung

Die Stärke der inneren und äußeren Betonwände ist vorgegeben, lässt sich jedoch anpassen. Es können Ausfällungen zwischen den Pumpen und Teilern unterhalb der Pumpen ausgewählt werden.

6. Wasserstand

Das Einschalt- und Ausschaltniveau für die ausgewählte Pumpe wird ebenso vorgegeben wie die maximale Anzahl von Anläufen pro Stunde. Ggf. kann der Abstand von unterhalb der Zulaufleitung zum Einschaltniveau ausgewählt werden.

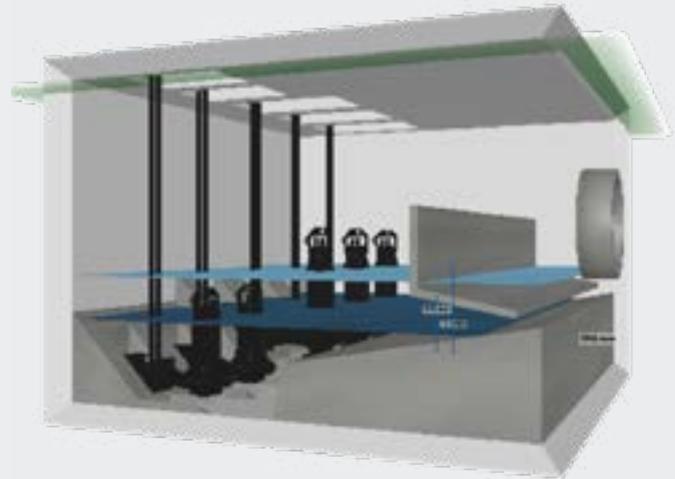


Abb. 12 Pit Creator zeigt Einschalt- und Ausschaltniveau für die Pumpen an

7. CAD-Ausgabe

Es kann ein vollständiger Konstruktionsbericht komplett mit CAD-Zeichnungen im benötigten Format und einem CFD-Simulationsbericht erstellt werden.

8. Ihre **CAD-Datei** wird erzeugt und an Ihre E-Mail-Adresse gesendet.

3. Große Pumpstationen im Allgemeinen

Um eine optimale Umgebung und eine gleichmäßige Verteilung des Abwassers in Richtung der Pumpen zu erreichen, kommt es auf die richtige Konstruktion des Pumpen-Sammelbrunnens für tauchbare Klärwasserpumpen oder tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpen an. Die folgenden Konstruktionsbeispiele gewöhnlicher Pumpstationen wurden mittels CDF bestätigt. Die Konstruktion ist auf das tägliche Sammeln und Transportieren von kommunalem Ab- und Regenwasser ausgelegt, bei dem keine außergewöhnlichen organischen Feststoffe oder schwebende Stoffe auftreten.

In der Konstruktionsphase sollten der Wasserfluss vom Zulauf zum Sammelbrunnen und weiter zum Pumpenzulauf auf eine Weise berücksichtigt werden, dass der Durchfluss die Pumpen mit minimalen Verwirbelungen erreicht.

Die Konstruktionsbeispiele wurden als Inspiration und Unterstützung für Ingenieure, Konstrukteure aufgenommen, die bei ihrer Konstruktion von Regen- und Klärwasseranlagen auf tauchbare Abwasserpumpen sowie tauchbare Grundfos Trockenschacht-Abwasserpumpen zurückgreifen.

3.1. ZULAUFKAMMER

Um Strudel und Verwirbelungen an der Oberfläche im Sammelbrunnen zu vermeiden, wird durch eine Prallwand vor der Zulaufleitung eine Zulaufkammer gebildet. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Wasser direkt in den Sammelbrunnen stürzt und dabei Luft mitreißt.

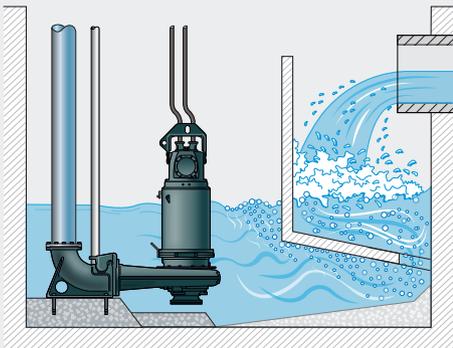


Abb. 13 Pumpen-Sammelbrunnen mit Zulaufkammer, um zu vermeiden, dass Luft bis unterhalb der Pumpe mitgerissen wird

Im Boden der Zulaufkammer verteilt ein offener Kanal entlang der Wand das Wasser gleichmäßig an alle Pumpen. Dabei wird die Energie im Wasser reduziert und gleichzeitig der Großteil der Luft im Wasser freigesetzt.

Die Oberkante der Prallwand muss etwas höher sein als die Mitte der Zulaufleitung.

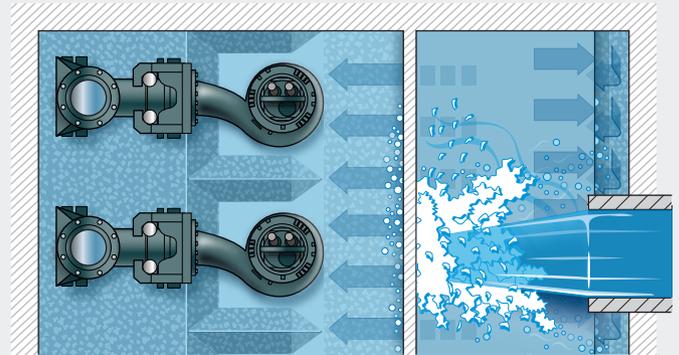


Abb. 14 Gleichmäßige Verteilung von Abwasser von der Zulaufkammer an alle Pumpen im Sammelbrunnen mit Strömungsteilern zwischen den Pumpen

Geruchsbildende Sedimente dürfen sich nicht im Sammelbrunnen ansammeln. Stagnationszonen oder Bereiche mit niedriger Geschwindigkeit, in denen Sedimentation auftreten kann, sind zu vermeiden. Die Bodenneigung und Abtreppungen helfen beim Vermeiden von Sedimentation.

Oberflächenschaum, schwebender Schlamm und kleine Teile können sich in jedem relativ ruhigen Bereich der Abwasser Oberfläche ansammeln. Die Pumpen müssen in der Lage sein, dieses Material zu entfernen.

Indem der Wasserstand in Intervallen so niedrig wie möglich gehalten wird, erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit und es treten Turbulenzen auf. Dennoch darf keine Luft in die Pumpen eindringen. Die Änderung der Flussgeschwindigkeit trägt auch dazu bei, die Ansammlung von Sediment am Boden des Sammelbrunnens zu vermeiden.

Das in den Sammelbrunnen zulaufende Wasser stürzt häufig aus relativ großer Höhe. Solch ein Sturz kann auch auftreten, wenn die Pumpen den Wasserstand bis zum Ausschaltniveau abgesenkt haben. Daher muss die Strecke zwischen dem Kanal im Boden der Zulaufkammer und dem Zulauf zur Pumpe ausreichend lang sein, damit die Luft an die Oberfläche steigen und dort entweichen kann, bevor sie die Pumpen erreicht. Wenn die Prallwand korrekt konstruiert und positioniert ist, lässt sich die Energie des stürzenden Wassers hinreichend dämpfen, sodass im Sammelbrunnen keine hohen Geschwindigkeiten auftreten.

Tragende Strukturen wie Säulen, Stahlpfosten oder andere Stützen unterhalb der Prallwand und der Zulaufkammer müssen vermieden werden. Alle tragenden Strukturen unterhalb der Zulaufkammer – mit Ausnahme von Strömungsteilern – verursachen Verwirbelungen, die den Wirkungsgrad der Pumpen beeinträchtigen und zu Vibrationen in den Pumpen und im Rohrsystem führen können.

3.2. ZULAUFLEITUNG

Die Zulaufleitung muss nicht unbedingt in der Mitte der den Pumpen gegenüberliegenden Wand platziert werden. Es ist allerdings vorteilhaft, wenn sie in etwa mittig positioniert wird. Eine gedachte Fortsetzung der Leitung muss in Richtung der Prallwand zum Sammelbrunnen zeigen, sodass das zulaufende Volumen zunächst auf die Prallwand trifft und dann zum Boden der Zulaufkammer fließt. Die Länge der Zulaufleitung muss ausreichen, um zu vermeiden, dass der geringere Zulauf bei niedrigem Wasserstand direkt in den Kanal am Boden der Zulaufkammer fällt.

Um die Baukosten gering zu halten, sollte der Sammelbrunnen so klein und einfach wie möglich gehalten werden. Allerdings ist es auch aus anderen Gründen sinnvoll, das Volumen des Sammelbrunnens gering zu halten, etwa eine minimale Verweilzeit oder um sicherzustellen, dass pro Stunde eine bestimmte Anzahl von Anläufen erfolgt.

3.3. PUMPENKAMMER

Die Bauform der Pumpenkammer muss einen verwirbelungs- und rotationsfreien Wasserfluss in Richtung der Pumpen sicherstellen. Die Wasserverteilung erfolgt durch den offenen Kanal im Boden der Zulaufkammer bis zum geneigten Boden mit Abtreppung.

Wenn Luft dem Wasser in die Pumpenkammer nachfolgt, steigt sie entlang der geneigten Unterseite der Zulaufkammer auf und verlässt das Wasser in der Nähe der Prallwand.

Wenn Verwirbelungen dem Wasser folgen, sorgen Strömungsteiler unterhalb des Pumpenzulaufs für einen optimalen Fluss in die Pumpe.

Verwirbelungen im Pumpenzulauf können die Betriebsbedingungen einer Pumpe erheblich beeinträchtigen und zu Änderungen von Durchflusskapazität, Leistungsbedarf und Wirkungsgrad führen.

Dies und andere Formen von Luftmitnahmen können zu Reduktionen des Pumpendurchflusses und zu Fluktuationen der Laufradlast führen. Dies zieht Strömungsgeräusche und Vibrationen mit anschließendem physischen Schaden nach sich.

Da sich das Wasser in ständiger Bewegung befindet, besteht nur ein minimales Risiko von Sedimentation, sofern die empfohlenen Abmessungen für die Pumpstation eingehalten werden. Wenn aus irgendeinem Grund ein Bedarf für eine größere Pumpstation besteht, lässt sich der Abstand von der Zulaufkammer zu den Pumpen (A_{\min} in Abb. 16) ohne Sedimentationsrisiko vergrößern.

3.4. NIEDRIGSTER WASSERSTAND

Der niedrigste Wasserstand in der Pumpstation, d. h. das niedrigste Ausschaltniveau für die Pumpen, muss hoch genug sein, dass der offene Kanal in der Zulaufkammer immer unter Wasser ist (G), vorausgesetzt, dass dies nicht niedriger ist als die Oberseite des Pumpengehäuses.

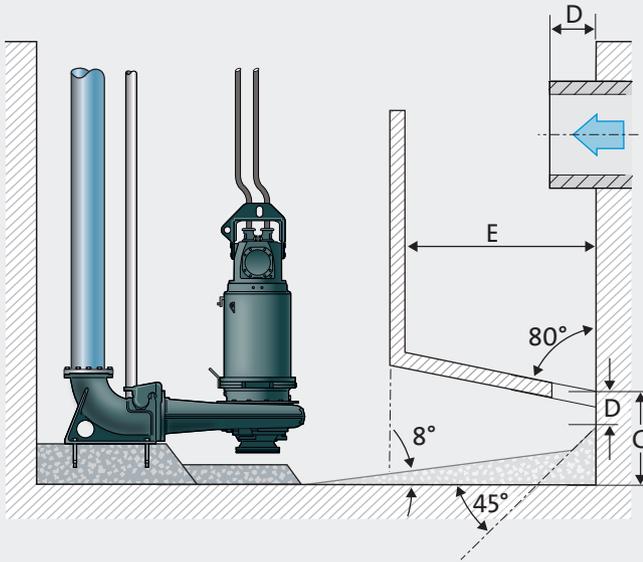


Abb. 15 Niedrigster Wasserstand im Pumpen-Sammelbrunnen

3.5. BEMESSEN DES PUMPEN-SAMMELBRUNNENS

Die Größe der Pumpstation wird durch die Anzahl der zu installierenden Pumpen, die Förderleistung und die Abmessungen der Pumpen definiert.

In Abb. 16 sind die Abmessungen A, B, C, D, E und G hervorgehoben. Alle Abmessungen in Abb. 18 sind eine Funktion der Förderleistung in l/s.

Eine gemäß den Empfehlungen konstruierte Pumpstation ist kleiner als eine herkömmliche Pumpstation. Die Förderleistung muss naturgemäß dem Spitzenzulauf entsprechen, um das Überflutungsrisiko, wie zuvor erwähnt, zu minimieren.

Bei der Konstruktion sollten daher alle kritischen Betriebsaspekte, einschließlich der gemäß den Betriebsmustern 1, 2 oder 3 jeweils korrekten Einschalt- und Ausschalt-niveaus, berücksichtigt werden.

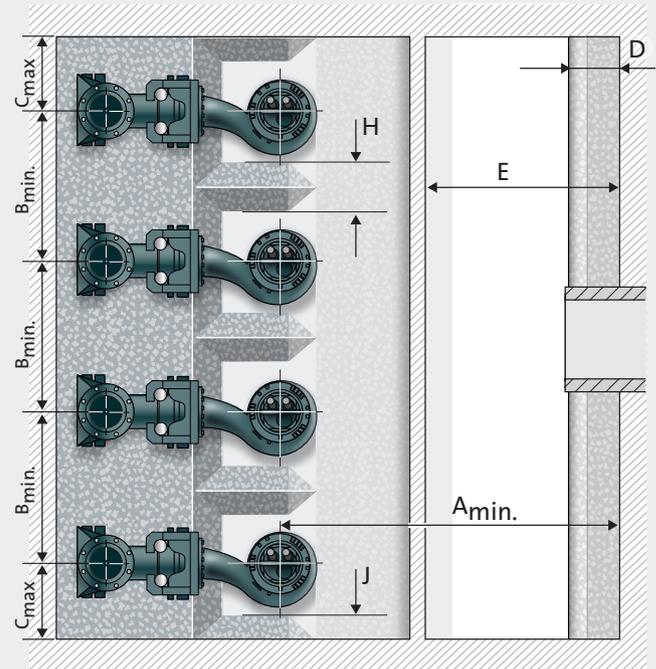


Abb. 16 Pumpstation mit minimalen Abmessungen

Abb. 15 und 16 zeigen eine Pumpstation mit tauchbaren Abwasserpumpen in einer Schnittdarstellung und als Grundriss. Der Durchfluss im Sammelbrunnen und mögliche Verwirbelungen wurden mithilfe von CFD-Simulationen überprüft und validiert.

3.6. ABMESSUNGEN FÜR PUMPSTATIONEN

Alle Maßangaben in mm.

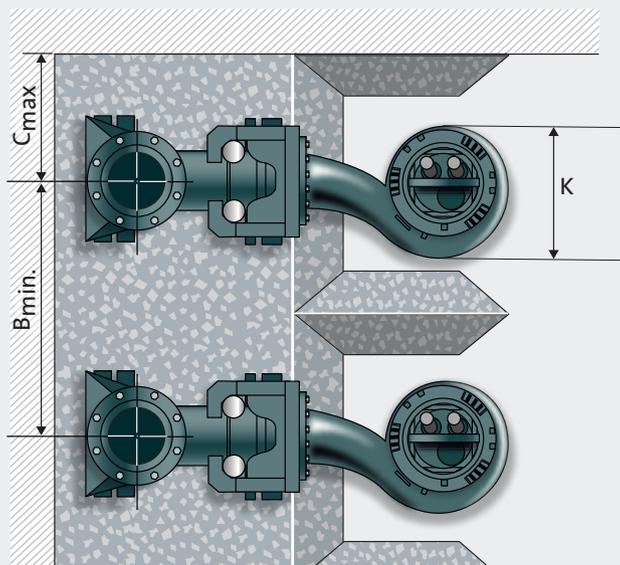


Abb. 17 Abstand zwischen Pumpen

$B \text{ min.} = 1,5 \times K$ $C \text{ max.} = 0,8 \times K$

G, niedrigstes Ausschaltniveau für die Pumpen
 H, Strömungsteiler zwischen Pumpen $\geq 200 \text{ mm}$
 J, Seiten-Abtreppe $\geq 100 \text{ mm}$

A, D und E ist jeweils eine Funktion der Förderleistung einer Einzelpumpe in l/s (siehe Abb. 18)

Alle Abmessungen für tauchbare Grundfos Trockenschacht-Abwasserpumpen, einschließlich der erforderlichen Höhe für den Betonsockel des eigentlichen Kupplungsfußkrümmer-Satzes, sind dem Datenheft zur jeweiligen Pumpe zu entnehmen.

Förderleistung l/s	A _{min}	D	E
100	1600	210	1100
110	1650	219	1125
120	1750	228	1150
130 km	1800	237	1175
140	1900	246	1200
150	1950	255	1225
160	2020	264	1250
170	2090	273	1275
180	2160	282	1300
190	2230	291	1325
200	2300	300	1350
220	2400	314	1380
240	2500	328	1410
260	2600	342	1440
280	2700	356	1470
300	2800	370	1500
320	2880	382	1520
340	2960	394	1540
360	3040	406	1560
380	3120	418	1580
400	3200	430	1600
450	3400	455	1650
500	3600	480	1700
550	3800	502	1750
600	4000	524	1800
650	4125	546	1840
700	4250	568	1880
750	4375	590	1920
800	4500	612	1960
850	4650	634	2000
900	4800	656	2034
950	5000	678	2067
1000	5250	700	2100
1100	5500	730	2150
1200	5750	760	2200
1300	6000	790	2250
1400	6250	820	2300
1500	6500	850	2350

Abb. 18 Tabelle zur Bemessung von Pumpstationen mit bis zu vier Pumpen zzgl. einer Reservepumpe

BEISPIEL 1
Pumpstation mit hohem vertikalen Zulauf zur Zulaufkammer

Der Vorsprung der Zulaufleitung befindet sich auf hohem Niveau. Daher ist viel Luft im Wasser, wenn es in die Zulaufkammer stürzt. Die Bauform der Zulaufkammer bewirkt, dass sich die Luft aus dem Wasser löst, bevor es die Pumpenkammer erreicht. Um Luftverwirbelungen zwischen der äussersten Pumpe und der Seitenwand zu verhindern, muss die Höhe der Seitenwände der Pumpenkammer bis zur Mitte des Motors reichen.

Die vertikale Prallwand vor der Zulaufleitung bildet eine Zulaufkammer. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Wasser direkt in den Sammelbrunnen stürzt und dabei Luft mitreißt.

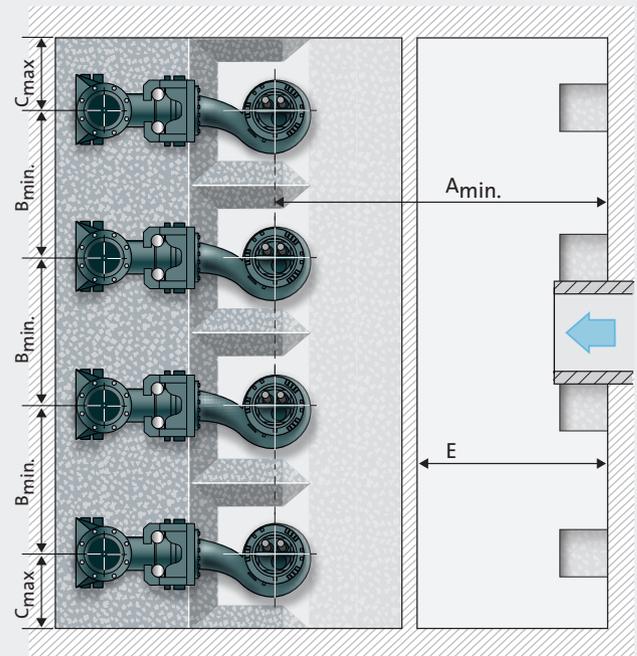
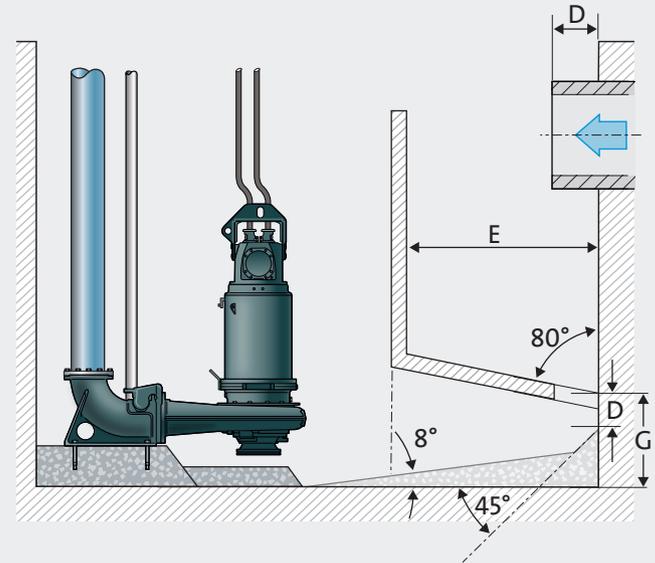


Abb. 19 Pumpstation mit hohem vertikalen Zulauf zur Zulaufkammer

BEISPIEL 3:
Pumpstation mit seitlichem Zulauf im Boden des Pumpen-Sammelbrunnens

Eine Trennwand trennt einen Teil des Sammelbrunnens ab und erschafft so eine Zulaufkammer, aus der das Wasser durch quadratische Öffnungen mit den Abmessungen $2D \times D$ strömt, die sich abseits der Pumpen befinden. Die Größe der Öffnungen wird so berechnet, dass die Durchflussgeschwindigkeit des Wassers durch die Öffnungen 1 m/s nicht überschreitet.

Auf diese Weise entstehen bei der Lenkung des Wassers keine Verwirbelungen, und das Risiko von Sedimentation in Richtung des Pumpenzulaufs wird ausgeschlossen.

Die Höhe der Trennwand sollte bis zur Mitte des Statorgehäuses der Pumpe reichen. Gleichzeitig muss die Wandhöhe unterhalb des höchsten Einschaltniveaus für die Pumpen liegen, um möglichen Schlamm an der Wasseroberfläche abzupumpen.

Die Breite der Zulaufkammer ist 1,25 mal so groß wie der Durchmesser der Zulaufleitung, vorausgesetzt, dass die Höchstgeschwindigkeit in der Zulaufleitung 3 m/s nicht überschreitet. Der Abstand vom Mittelpunkt der Pumpen zur Trennwand muss nicht größer sein als $0,5 \text{ mal } A_{\min}$.

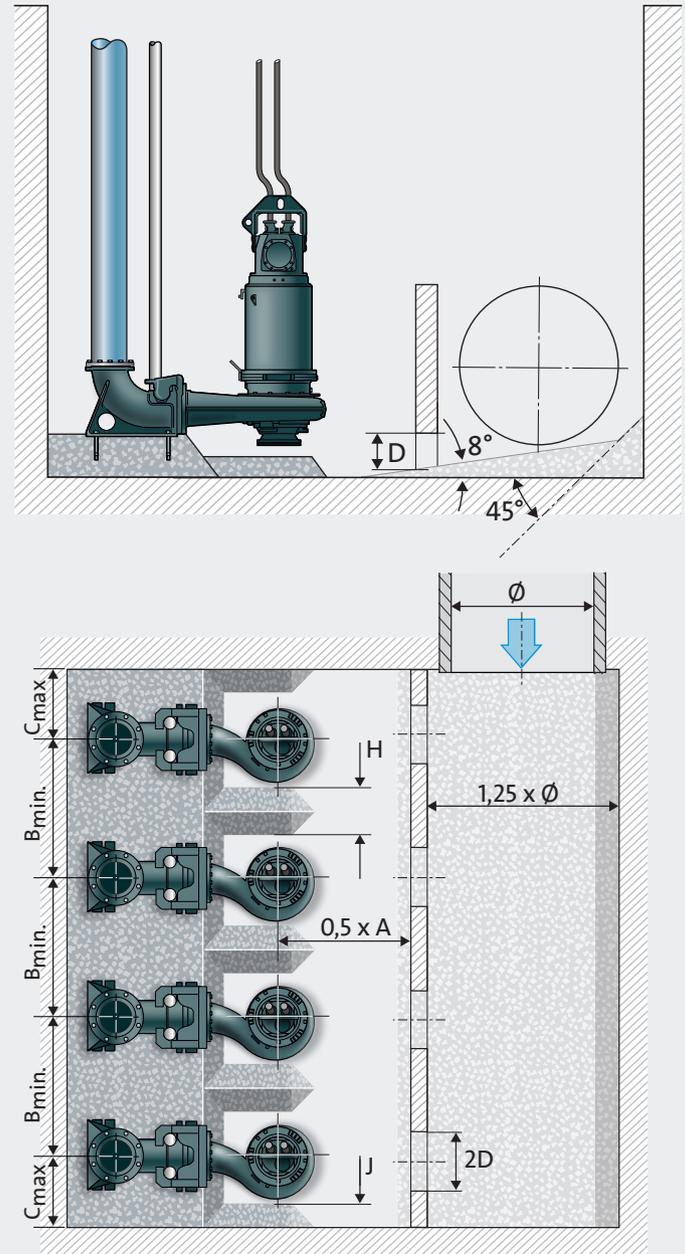


Abb. 21 Pumpstation mit seitlichem Zulauf im Boden des Pumpen-Sammelbrunnens

BEISPIEL 4:

Pumpstation mit Zulauf in Richtung der Pumpen im Boden des Pumpen-Sammelbrunnens

Die folgende einfache Auslegung des Pumpen-Sammelbrunnens bietet einen gleichmäßigen Fluss durch die Pumpen ohne Turbulenzen. Der konische Abschnitt des Zulaufs muss einen Winkel von $60^\circ - 75^\circ$ aufweisen. Der Abstand von der Mittellinie der Pumpen (A) zur Linie, an der der Zulaufabschnitt aufhört, beträgt nur $0,5 \text{ mal } A_{\min}$.

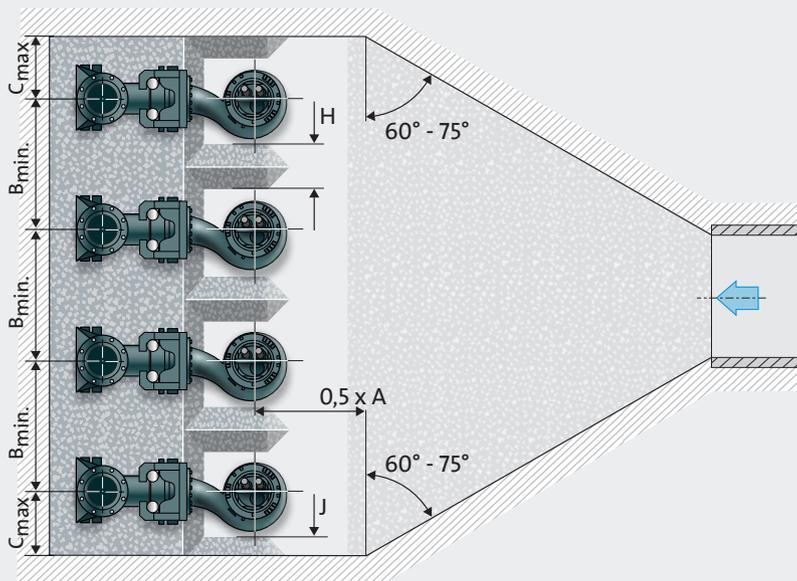
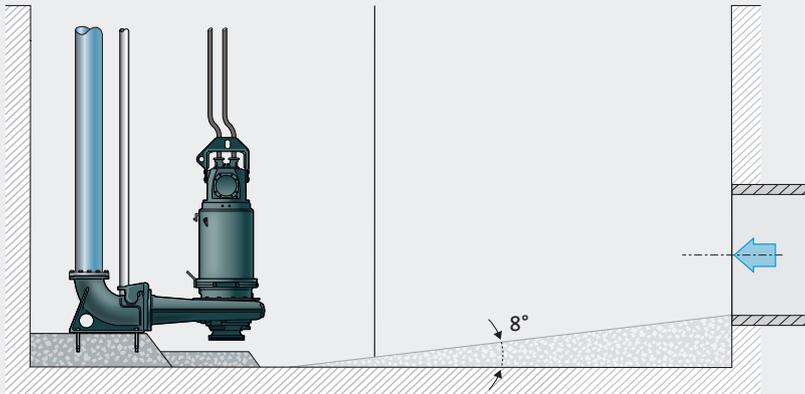


Abb. 22 Pumpstation mit Zulauf in Richtung der Pumpen im Boden des Pumpen-Sammelbrunnens

4. Pumpstationen für Trockenschacht-Tauchmotorpumpen

Egal, ob es um die Neuinstallation einer Trockenschachtpumpe geht oder um den Austausch einer in die Jahre gekommenen konventionellen Trockenschachtpumpe die fortschrittliche Technologie bei den Pumpenkonstruktionen sowie die Fertigungsmöglichkeiten von Grundfos bieten sowohl dem Pumpenkonstrukteur als auch dem Endbenutzer eine Reihe von Alternativen bei der Auswahl einer neuen Pumpe. Zur Auswahl stehen etwa unter anderem die Tauchmotorpumpen mit Führungsrohrsystem oder tauchbare Trockenschachtpumpen für eine vertikale oder horizontale Installation.

Anders als Tauchmotorpumpen werden Installationen in Trockenschachtstationen nicht mit Regen- oder Klärwasser überflutet, da die Pumpenkammer in der Regel unterhalb des Bodenniveaus liegt und vom Pumpen-Sammelbrunnen getrennt ist. Herkömmliche Trockenschacht-Pumpstationen mit Pumpen und luftgekühltem Normmotor sind stets anfällig für Überflutungen.

Um dieser Anfälligkeit entgegenzuwirken, erforderte die frühere gängige Praxis die Installation einer herkömmlichen Abwasserpumpe zur vertikalen Montage im Trockenbereich beim Motor oberhalb des Bodenniveaus. Der Motor war über eine verlängerte Welle mit der Pumpe gekoppelt.

Diese Praxis wurde viele Jahre lang verfolgt, damit die Pumpe im Falle einer Überflutung bis zur Trockenlegung und Reinigung der Station in Betrieb bleiben konnte.

Tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpe von Grundfos wurden ursprünglich für die Nutzung in Anwendungen entwickelt, bei denen das Pumpenaggregat im Fördermedium getaucht lag. Sie kamen weitgehend in Trockenschacht-Pumpstationen zum Einsatz, bei denen der Pumpen-Sammelbrunnen vom trockenen Pumpenraum getrennt war.

Trockenschacht-Tauchmotorpumpen bieten klare Vorteile gegenüber herkömmlichen Trockenschachtpumpen mit luftgekühltem Motor, sowohl für den Installateur als auch für den Benutzer. Ihre kompakte Bauform, die vielseitigen Installationsmöglichkeiten und die Widerstandsfähigkeit gegen Überflutung machen sie zur idealen Wahl für sowohl neue als auch nachgerüstete Pumpstationen.

4.1. TROCKENAUFGESTELLTE PUMPEN UND SAUGLEITUNGEN

Die Berechnung des Reibungsverlustes in der Saugleitung mit Absperrschieber für trocken aufgestellte Pumpen folgt denselben Hydraulikrichtlinien wie für das Druckleitungssystem einer Tauchpumpe. Bei trocken aufgestellten Pumpen ist jedoch das minimale Ausschaltniveau im Sammelbrunnen und dementsprechend der untergetauchte Zulauf von wesentlicher Bedeutung und erfordert besondere Aufmerksamkeit, um Luft im Rohrsystem zu vermeiden.

Im Vergleich zur Tauchmotorpumpe, bei der das Pumpengehäuse unter Wasser liegt, befindet sich das Pumpengehäuse der trocken aufgestellten Pumpe auf einem höheren Niveau im Pumpenraum. Vor dem Anlaufen muss das Pumpengehäuse stets mit Wasser gefüllt sein.

Luftansammlungen in der Zulaufleitung führen zu Strömungsgeräuschen im Rohrsystem und kavitationsähnlichen Effekten in der Pumpe. Im schlimmsten Fall verhindert Luft im Pumpengehäuse, dass die Pumpe funktioniert.

4.2. SAMMELBRUNNEN FÜR TROCKENSCHACHT-TAUCHMOTORPUMPEN

Die Auslegung des Sammelbrunnens und die Bemaßung der Pumpe, sowohl bei horizontaler als auch bei vertikaler Installation, erfolgen im Allgemeinen wie bei Tauchmotorpumpen. Eine Saugleitung mit einem Rohrbogen von 90° und einer Glockenmündung ersetzt die Tauchmotorpumpe im Sammelbrunnen.



Abb. 23 Zwei horizontal installierte Grundfos Abwasserpumpen mit ihrem jeweiligen Druckleitungssystem und den Saugleitungen zum Sammelbrunnen

Die Mündung der Saugglocke ist so konstruiert, dass während des Pumpvorgangs eine wirksame Saugleistung aufrechterhalten wird. Sie minimiert außerdem Hydraulikverluste und verhindert die Bildung von Strudeln und Gasen bei der Abwasserförderung vom Boden des Sammelbrunnens.

Die Mündung der Saugglocke sollte sich so nahe wie möglich am Boden des Sammelbrunnens befinden. Trotzdem sollte zwischen der Mündung und dem Boden ein Abstand eingehalten werden, der 0,5 x dem Durchmesser der Saugleitung entspricht. Der Abstand von der Mittellinie der Glockenmündung bis zur Rückwand des Pumpenraumes sollte 0,75 mal dem Durchmesser der Saugleitung entsprechen (Hydraulic Institute 1998). Die glatte Kontur und die korrekte Proportionierung der Querschnittsflächen ermöglichen einen langsamen Fluss des Mediums aus dem Sammelbrunnen.

Konstruktion des Pumpenzulaufs

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Förderleistung je Pumpe bekannt ist. Bei einem rechteckigen Sammelbrunnen werden die Konstruktion des Zulaufs und der Durchmesser der Glockenmündung anhand der Förderleistung und der Geschwindigkeit durch die Zulaufmündung berechnet. Die Auslegung des rechteckigen Pumpen-Sammelbrunnens hängt von der Position der Zulaufglocke und ihrem Durchmesser ab. Daher muss die Förderleistung bekannt sein.

Standard 2012 des Hydraulic Institute empfiehlt, dass der Mündungsdurchmesser der Zulaufglocke anhand der darin herrschenden Geschwindigkeit berechnet werden sollte.

Die Geschwindigkeit in der Zulaufglocke wird als Durchfluss durch die Glocke (d. h. die Förderleistung) geteilt durch den Glockenbereich unter Zugrundelegung des Außendurchmessers der Glocke definiert. Der Glocken-Außendurchmesser D liegt für gewöhnlich im Bereich von $1,5 d - 1,8 d$, wobei d für den Durchmesser der Zulaufleitung steht.

Die Erfahrung legt nahe, dass die empfohlene Geschwindigkeit V in der Zulaufglocke wie folgt schwanken kann:

Bei Durchflüssen von weniger als 315 l/s sollte die Geschwindigkeit in der Zulaufglocke 0,6 - 2,7 m/s betragen.

Bei Durchflüssen von 315 l/s oder mehr, aber weniger als 1260 l/s sollte die Geschwindigkeit von 0,9 - 2,4 m/s betragen.

Bei Durchflüssen von 1260 l/s oder mehr sollte die Geschwindigkeit von 1,2 - 2,1 m/s betragen.

Auch wenn Pumpen mit Glocken außerhalb dieses Bereichs vorgeschlagen werden können, zeigt die Erfahrung, dass Geschwindigkeiten in der Zulaufglocke, die den empfohlenen Bereich übersteigen, zu Hydraulikproblemen führen können und mit Versuchen an einem physischen Modell überprüft werden sollten. Niedrigere Geschwindigkeiten würden zu unnötig großen Pumpenglocken und in der Folge zu übermäßig großen Sammelbrunnen führen.

BEISPIEL 1:

Berechnung der Geschwindigkeit V durch eine Glockenmündung für eine Förderleistung von 120 l/s in einer Saugleitung von DN 250 mit einer Geschwindigkeit von zirka 2,4 m/s.

Außendurchmesser der Glocke	$250 \text{ mm} \times 1,5 = 375 \text{ mm}$
Bereich der Glockenmündung:	$188^2 \times 3,14 = 111$
Geschwindigkeit durch Glockenmündung:	$120 \text{ l/s} / 111 = 1,1 \text{ m/s}$

BEISPIEL 2:

Berechnung der Geschwindigkeit V durch eine Glockenmündung für eine Förderleistung von 525 l/s in einer Saugleitung von DN 500 mit einer Geschwindigkeit von zirka 2,7 m/s.

Außendurchmesser der Glocke	$500 \text{ mm} \times 1,5 = 750$
Bereich der Glockenmündung:	$375^2 \times 3,14 = 442$
Geschwindigkeit durch Glockenmündung:	$525 \text{ l/s} / 442 = 1,2 \text{ m/s}$

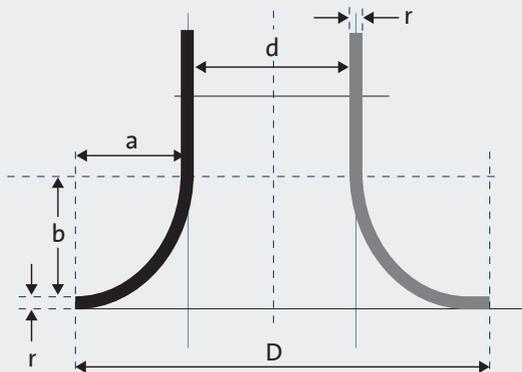


Abb. 24 Konstruktion und Abmessungen von Glockenmündungen

Konstruktion von Glockenmündungen

Die Konstruktion üblicher Glockenmündungen basiert auf einer Viertel-Ellipse.

Hauptachse $a = (D/2 - r) - (d/2 + r)$

Nebenachse $b = a \times 2$

Werkstoffstärke = r

Durchmesser der Glockenmündung $D = d + 2a + 2r$

Nennweite von $D = d \times 1,5 - 1,8$

Beispiel:

Durchmesser der Saugleitung $d = 492 \text{ mm}$

Werkstoffstärke $r = 8 \text{ mm}$

Hauptachse a

$(738/2 - 8) - (492/2 + 8) = 254 \text{ mm}$

Hauptachse b

$254 \times 2 = 508 \text{ mm}$

Glockenmündung im Sammelbrunnen

X = Horizontaler Abstand von der Glockenmündung zur Rückwand

C = Höhe der Glockenmündung über dem Boden

d = Außendurchmesser der Saugleitung

D = Außendurchmesser der Glockenmündung

S = Höhe der Wasseroberfläche über der Glockenmündung

Optimale Merkmale

Zulauf nahe der Rückwand; $X \geq d \times 0,75$

Glockenmündung nahe des Sammelbrunnen-Bodens; $C \geq d / 2$

Tiefwasser, hoher Wert für S , mindestens größer als $D \times 1,5$

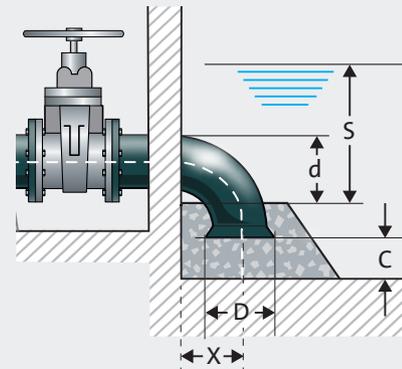


Abb. 25 Positionierung des Einlaufbogens mit einer Glockenmündung für horizontale und vertikale trocken aufgestellte Abwasser-Tauchpumpen

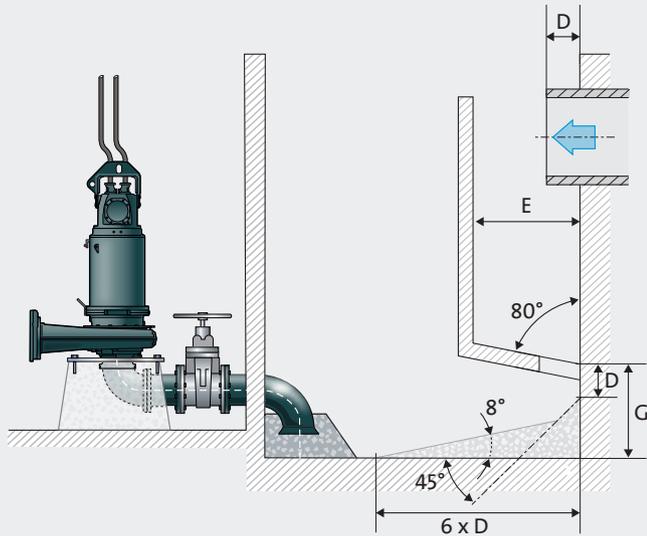


Abb. 26 Vertikale trocken aufgestellte Abwasser-Pumpe mit Saugleitung und Glockenmündung Der Boden in der Saugpumpe ist mit Zulaufverteilern zwischen den Saugleitungen ausgestattet.

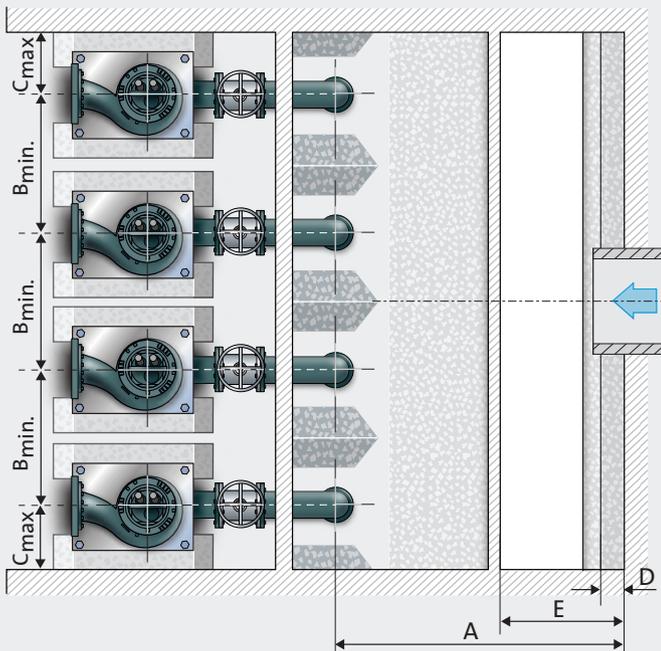


Abb. 27 Draufsicht auf den Pumpenraum mit Saugleitungen und Zulaufverteilern

[8]

VORGEFERTIGTE PUMPSTATIONEN

1. Einleitung

In Anlagen für gewerbliches, industrielles und kommunales Abwasser sowie Abwassertransportanlagen im Allgemeinen stellt eine vorgefertigte Pumpstation eine kostengünstige, flexible und zuverlässige Alternative zu herkömmlichen betonierten Lösungen dar. Bei Grundfos Pumpstationen können Sie belegbare Qualität und vollständige Anpassbarkeit in einer einfachen oder komplexeren Anlage zum Sammeln und Transportieren von Abwasser zusammenführen.

Grundfos bietet eine komplette Baureihe voll funktionaler standardmäßig vorgefertigter Pumpstationen an – vollständig ausgerüstet mit allen erforderlichen Komponenten, wie z. B. Verrohrung, Ventile, Niveausensoren, Steuerungen usw. Für besondere Anforderungen können die Pumpen ganz an Ihren Bedarf angepasst werden.



Abb. 1 Pumpstation mit einem Durchmesser von 1800 mm auf Betonfundament zur Verhinderung von Aufschwimmen Die Oberseite der Station ist für die Installation einer Steuertafel oberhalb des Erdbodens vorbereitet.

Pumpstationen für Regenwasser, unbehandeltes Klärwasser oder industrielles Abwasser sind mit einem standardmäßigen Tankdurchmesser von bis zu 3 m und einer Standardlänge von bis zu 12 m erhältlich. Dank der verschiedenen Durchmesser und Längen sind sie für nahezu jede Anforderung geeignet.

2. Produktreihe

Pumpstationen des Typs PS.R.

bestehen aus korrosionsfreiem Polyethylen.

Pumpstationen des Typs PS.G.

bestehen aus korrosionsfreiem glasfaserverstärktem Polyester.

Diese können im Grundfos Station Creator mit dem Grundfos Angebot an Pumpen, Rohren, Ventilen, Regelungen usw. konfiguriert werden. Die Leistungserklärung erfolgt gemäß Anhang III der EU-Verordnung Nr. 305/2011 (Bauprodukteverordnung). Bei einer Konfiguration als Komplettsystem tragen die Pumpstationen eine Konformitätserklärung gemäß der Maschinenrichtlinie (2006/42/EC) EN ISO 12100:2010.

2.1. PS.R.-PUMPSTATIONEN



Abb. 2 PS.R.-Pumpstationen für Installationen mit zwei SE-Klärwasser-Tauchpumpen auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz

PS.R.-Pumpstationen bestehen aus rotationsgeformten Polyethylen (PE-HD) und werden mit montierten Druckleitungen und Ventilen geliefert. Die Pumpen werden separat bereitgestellt. Die Rohre bestehen aus Polyethylen (PE) oder Edelstahl (AISI 304).

2.2. WICHTIGSTE BAUMERKMALE

Die Pumpstation besitzt einen vergrößerten Sammelbrunnen. In Gebieten mit hohem Grundwasserspiegel sichert der Wellenansatz am Sammelbrunnen die Station gemeinsam mit den Rippen am Hauptabschnitt gegen Aufschwimmen. Gleichzeitig verbessert dieser vergrößerte kegelförmige Sammelbrunnen den Selbstreinigungseffekt und beschränkt auf diese Weise Probleme mit Schlamm und Gerüchen.

PS.R.-Pumpstationen bieten alles, was für ein reibungsloses Sammeln und Transportieren von Abwasser erforderlich ist.

- Robust
- Widerstandsfähig gegen starke Säuren und Basen sowie gegen Lösungsmittel.
- Durchdachte Polyethylen-Pumpstation aus korrosionsfreiem Werkstoff.
- Komplett mit erforderlichem Zubehör wie Rohren, Ventilen sowie zuverlässigen Steuergeräten.
- Obere Schachtabdeckung mit Sicherheitsgitter aus Aluminium

Auf diese Weise können Sie eine Pumpstation erhalten, die direkt im Untergrund installiert werden kann. Alle Teile erfüllen die strengsten Qualitätsanforderungen und passen perfekt zusammen.



Abb. 3 Die Schachtabdeckung ist mit einem Schloss gesichert. Das Sicherheitsgitter besteht aus zwei Teilen mit einem Sicherheitsscharnier oben am Hauptabschnitt

2.3. DURCHMESSER UND TIEFE VON PS.R.-PUMPSTATIONEN

Der Durchmesser des Sammelbrunnens der Station beträgt 1700 mm und ermöglicht die Installation von zwei Tauchmotorpumpen mit Kupplungsfußrümmer-Satz mit Edelstahlrohren (AISI 304) von DN 50 - DN 100 oder Polyethylen (PE)-Rohren von D 63 mm - D 110 mm. Der Durchmesser des Hauptabschnitts beträgt 1400 mm. Die Tiefe der Stationen finden Sie in Tabelle in Abb. 4.

PS.R-Pumpstaion mit Ø 1700 mm für zwei Pumpen			
Tiefe mm	Rohr, SS	Rohr, PE	Rohr, PE
	DN 50 - DN 100	D 63 mm	D 75 mm - D 110 mm
2000	x	x	x
2500	x	x	x
2840	x	x	x
3000	x	x	x
3170	x		x
3340	x		x
3500	x		x
3670	x		x
3840	x		x
4000	x		x
4170	x		x
4340	x		x
4500	x		x
4670	x		x
4840	x		x
5000	x		x
5170	x		x
5340	x		x
5500	x		x
5670	x		x
5840	x		x
6000	x		x

Abb. 4 Tiefe von PS.R.-Pumpstationen mit Edelstahl- oder Polyethylen-Rohren

2.4. ROHRSYSTEME UND VENTILKAMMER

Standardmäßig sind im Grundfos Pumping Station Creator drei Beispiele für Rohrsysteme verfügbar. Sollten diese nicht ihren Ansprüchen entsprechen, nehmen Sie für die Modifikationen gerne Kontakt mit Grundfos auf.



Abb. 5 DC, Rohrsystem mit Direktablauf



Abb. 6 GC, Rohrsystem mit Schwanenhals



Abb. 7 VC, Ventilkammer (keine Ventile innerhalb der Pumpstation)

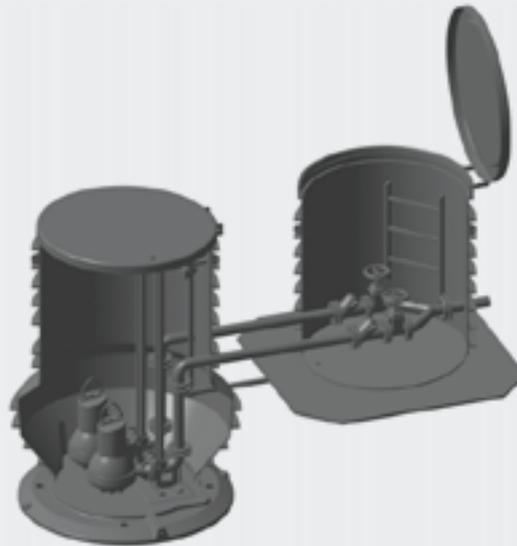


Abb. 8 PS.R.-Pumpstation mit Ventilkammer

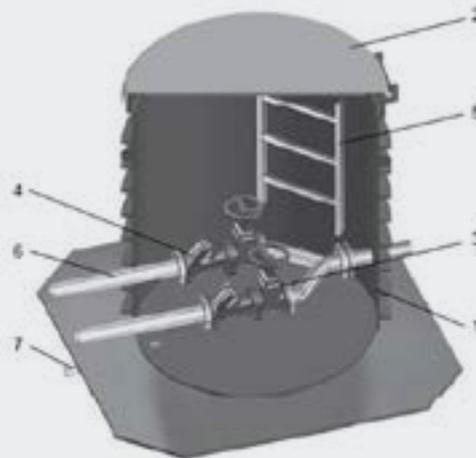


Abb. 9 Ventilkammer für PS.R.-Pumpstationen

Abmessung und Werkstoffspezifikation für Komponenten

Pos.	Komponenten	Werkstoff
1	Ventilkammer	Polyethylen (PE-HD)
2	Abdeckung	
3	Absperrventil	Epoxidbeschichtetes Gusseisen
4	Rückschlagventil	Epoxidbeschichtetes Gusseisen
5	Leitern	Aluminium
6	Rohre	Edelstahl
		PE
7	Entwässerungsrohr	PE

Der Durchmesser der Ventilkammer beträgt 1400 mm. Sie ist mit Höhen von 1000 mm oder 1600 mm verfügbar.

Die Bodenplatte von 2000 x 2000 mm ist so bemessen, dass sie die Kammer gegen Aufschwimmen schützt. Die Ventilkammer umfasst stets ein Entwässerungsrohr, um Kondenswasser zur Pumpstation zu leiten.

3. Einschalthäufigkeit

In einer Pumpstation setzt sich das Wasservolumen aus dem Volumen unterhalb des niedrigsten Ausschalt-niveaus der Pumpe und dem Volumen oberhalb dieses Niveaus zusammen. Es schwankt abhängig von Nutzung der Pumpe und Zulauf-rate.

Die Einschalthäufigkeit der Pumpen hängt vom verfügbaren Wasservolumen oberhalb des Ausschalt-niveaus und der Zulauf-rate ab. Die Einschalthäufigkeit Z ist eine Funktion des Verhältnisses zwischen Q_{in}/Q und V_h .

Q_{in} = Zulauf-rate [l/s]

Q = Förderleistung [l/s]

V_h = angesammeltes Wasservolumen zwischen Einschalten und Ausschalten [m^3].

Hinweis: Wie die maximale Zulauf-rate der Förderleistung entspricht, läuft die Pumpe ohne Unterbrechung. Wenn die tatsächliche Förderleistung bei einem Betrieb mit einer Pumpe dem höchsten Spitzenzulauf entspricht, tritt Z_{max} immer dann auf, wenn der Zulauf gleich der Hälfte der Förderleistung ist.

Z_{max} : maximale Anzahl von Anläufen pro Stunde.

$$Z_{max} = \frac{Q \times 3,6}{4 \times V_h}$$

V_h : erforderliches angesammeltes Mindestvolumen zwischen Einschalten und Ausschalten.

$$V_h = \frac{Q \times 3,6}{4 \times Z_{max}}$$

4. Volumen des Sammelbrunnens

Für Installationen, bei denen die erwartete maximale Zulauftrate Q_{in} weniger als 60 % der ausgewählten Förderleistung entspricht, muss das angesammelte Volumen im Sammelbrunnen so gewählt werden, dass pro Tag mindestens zwei Pumpenanläufe erfolgen, um Sedimentation in der Pumpe zu verhindern.

Abb. 10 zeigt die Werte einer leeren PS.R.-Pumpstation ohne Pumpen, Rohre usw.

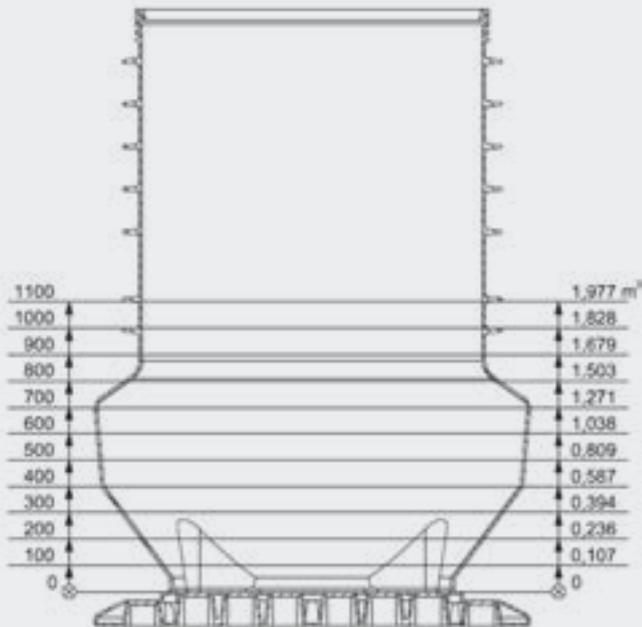


Abb. 10 Schaltvolumen in Beziehung zum Niveau in mm

4.1. BEISPIEL FÜR DIE BERECHNUNG VON EINSCHALT- UND AUSSCHALTNIVEAU

Zwei tauchbare Klärwasserpumpen des Typs SE1.80.100.22 sind auf Kupplungsfußkrümmern installiert. Jede Pumpe verfügt über eine Kapazität von 20 l/s.

Höhe vom Boden des Sammelbrunnens bis zur Oberseite des Pumpengehäuses: 360 mm.

Volumen unterhalb des Ausschalt-niveaus:
 $(0,587 \text{ m}^3 - 0,394 \text{ m}^3) \times 0,6 + 0,394 \text{ m}^3 = 0,510 \text{ m}^3$

Das Volumen zwischen Einschalten und Ausschalten beträgt nach unten stehender Formel 0,900 m³ bei 20 Anläufen der Pumpe.

$$V_h = \frac{Q \times 3,6}{4 \times Z_{\max}}$$

Einschaltniveau: $0,510 + 0,900 \text{ m}^3 = 1,410 \text{ m}^3$ oder 800 mm über dem Bodenniveau.

Das Volumen für Pumpen, Rohre und Kupplungsfußkrümmer wurde in diesem Beispiel nicht berücksichtigt.

5. PS.G.-Pumpstationen



Abb. 11 PS.G.-Pumpstation für eine Installation mit zwei SE-Klärwasser-Tauchpumpen auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz

PS.G.-Pumpstationen bestehen aus korrosionsfreiem glasfaserverstärktem Polyester (GFP), was ihnen extreme Robustheit in einer dauerhaften Konstruktion verleiht. Druckleitung und Ventile sind bei Lieferung bereits montiert. Die Pumpen werden separat bereitgestellt. Die Rohre bestehen aus Edelstahl (AISI 304) oder Polyethylen (PE).

Die Pumpstationen sind ab Werk genau nach Ihren Spezifikationen vorgefertigt – entweder als trocken aufgestellte Pumpen, Tauchmotorpumpen oder beides, je nach Bedarf. Die Lieferung der vorgefertigten Pumpstation erfolgt als Paket, in dem bereits alles enthalten ist.

5.1. MODULARE PUMPSTATIONEN

PS.G.-Pumpstationen bestehen aus standardisierten Böden aus glasfaserverstärktem Kunststoff und Oberteilen mit einer Schachtabdeckung aus Aluminium mit einem Durchmesser von 1200 - 3000 mm. Die Höchstlänge der vollständigen Pumpstation beträgt 12 m.



Abb. 12 Große vorgefertigte Pumpstationen in der Fabrik und bereit für die Montage von Leitungen, Ventilen usw. für vier tauchbare Abwasserpumpen

5.2. WICHTIGSTE KONSTRUKTIONSMERKMALE

Um ein Aufschwimmen zu verhindern, besitzt die Pumpstation am Boden eine Aussparung aus Fieberglas. Über diese wird die Pumpstation mithilfe von Haltebügeln und Verankerungsbolzen an der Fundamentplatte aus Beton verankert.

Der Boden des Tanks innerhalb der Pumpstation ist mit einer umlaufenden Abtreppung ausgestattet, um den Selbstreinigungseffekt zu erhöhen und auf diese Weise Probleme mit Schlamm und Gerüchen zu begrenzen.

PS.G.-Pumpstationen bieten alles, was für ein reibungsloses Sammeln und Transportieren von Abwasser erforderlich ist.

- Robust
- Widerstandsfähig gegen starke Säuren und Basen sowie gegen Lösungsmittel.
- Durchdachte Konstruktion aus korrosionsfreiem glasfaserverstärktem Polyester.
- Obere Schachtabdeckung mit Sicherheitsgitter aus Aluminium
- Rohre und Ventile.

- Serviceplattformen.
- Entlüftungsrohre
- Prallbleche
- Siebkörbe
- Niveauschaltgeräte

Das heißt, Sie können eine Pumpstation erhalten, die direkt im Untergrund installiert werden kann. Alle Teile erfüllen die strengsten Qualitätsanforderungen und passen perfekt zusammen.

5.3. ABDECKUNGEN MIT ZUGANGSLUKE

Alle Pumpstationen sind mit einer Abdeckung ausgestattet und besitzen eine abschließbare Zugangsluke aus Aluminium mit Sicherheitsgitter. Aus Sicherheitsgründen hebt sich die Zugangsluke von der Oberseite ab. Die Art der Abdeckung hängt von der Größe der Pumpstation sowie vom Montageort ab.

Standardabdeckungen bestehen aus glasfaserverstärktem Polyester. Die Anzahl der Luken richtet sich nach dem Schachtdurchmesser:

- Eine Luke für Pumpstationen mit $\varnothing 1200 - 2200$ mm
- Zwei Luken für Pumpstationen mit $\varnothing 3000$ mm

Hinweis: Aluminiumluken sind nicht für Verkehrsflächen zugelassen.



Abb. 13 Erhöhte Aluminiumluke Die Konstruktion ermöglicht eine Belüftung von oben oder von der Seite der Station ($\varnothing 1200 - 2200$).

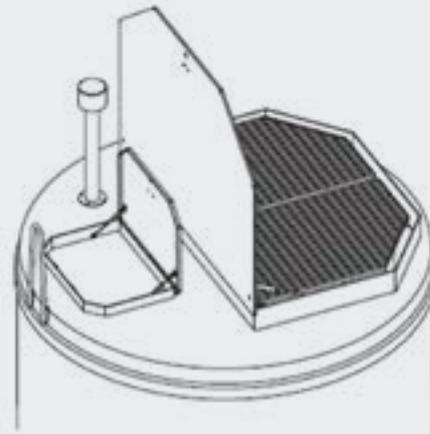


Abb. 14 Wartungsluken aus Aluminium und Sicherheitsgitter ($\varnothing 3000$)

5.4. FÜR DEN STRASSENVERKEHR ZUGELASSENE ABDECKUNGEN

Die Abdeckungen sind in den beiden unten gezeigten Ausführungen erhältlich und gemäß EN 124, Klasse D für den Einsatz in Verkehrsflächen zugelassen.

Ausführung 1, Abdeckung mit Betonring

Die Abdeckung besitzt einen Betonring, eine erweiterte Abdeckung und eine Stahlluke. Die Abdeckung ist mit oder ohne Asphaltierung erhältlich.

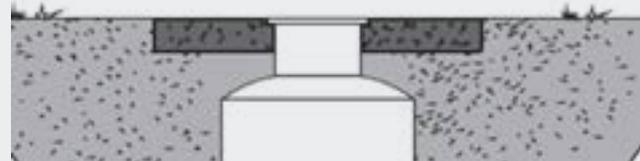


Abb. 15 Pumpstation ohne Asphaltierung mit Betonring und verkehrsgerechter Abdeckung

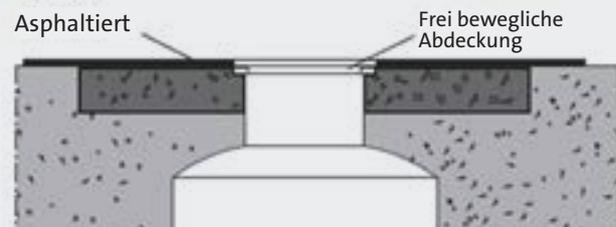


Abb. 16 Pumpstation mit Asphaltierung sowie mit Betonring und verkehrsgerechter Abdeckung

Ausführung 2, Abdeckung mit Luftspalt

Die Abdeckung besitzt einen Betonring und eine Stahlluke. Die Abdeckung ist als optionale Abdeckung für alle Schachtgrößen erhältlich.



Abb. 17 Für Verkehrsflächen zugelassene Abdeckung mit Luftspalt

5.5. STEUERSCHRÄNKE

Steuerschränke können wie folgt installiert werden:

- Auf der Abdeckung der Pumpstation.
- Auf einer separaten Betonplatte neben der Pumpstation
- An der Wand eines Gebäudes usw.



Abb. 18 Pumpstation mit erweitertem oberen Deckel aus glasfaserverstärktem Polyester, bereit zur Installation eines Steuerschranks



Abb. 19 Steuerschränk, montiert auf dem erweiterten oberen Deckel aus glasfaserverstärktem Polyester

5.6. SERVICEPLATTFORMEN

Serviceplattformen ermöglichen die Wartung von Ventilen innerhalb der Pumpstation. Die Plattformen bestehen aus Aluminium.

Schachtdurchmesser [mm]	Plattform
1200	Nicht verfügbar
1400 - 2200	Anhebbar
3000	Feste Installation

Die Serviceplattform ist nur auf eine Person ausgelegt. Die anhebbare Serviceplattform ist mit Scharniergelecken ausgestattet, sodass sie manuell angehoben werden kann, z. B. wenn eine Pumpe für Wartungsarbeiten angehoben werden muss. Die Plattform lehnt an der Wand und muss bei Wartungsaktivitäten nicht verriegelt werden.



Abb. 20 Pumpstation mit DC-Rohrsystem für drei Pumpen und anhebbarer Serviceplattform



Abb. 21 Fest installierte Serviceplattform

5.7. ROHRSYSTEME UND VENTILKAMMER

Standardmäßig stehen drei Beispiele von Rohrsystemen zur Verfügung, die denen der PS.S-Pumpstationen ähneln. Sollten diese nicht Ihren Ansprüchen genügen, nehmen Sie bitte für die Modifikationen Kontakt mit Grundfos auf.

- DC, Rohrsystem mit Direktablauf
- GC, Rohrsystem mit Schwanenhals
- VC, Ventilkammer (keine Ventile innerhalb der Pumpstation)



Abb. 22 Pumpstation mit zwei Tauchmotorpumpen auf einem Kupplungsfußkrümmer-Satz Mit VC-Rohrsystem und Ventilkammer

Diese Pumpstationen sind mit oder ohne integrierter Serviceplattform und Steuertafel über dem Erdboden erhältlich. Alle Pumpstationen sind vormontiert und wurden vor der Auslieferung im Werk getestet. Dies minimiert die Installationszeit vor Ort und sorgt für hohe Zuverlässigkeit.

6. Ventilkammer

Die Ventilkammer umfasst stets ein Entwässerungsrohr zur Pumpstation. Die Ventilkammer ist auch in einer mit PE-Schaum isolierten Ausführung erhältlich.

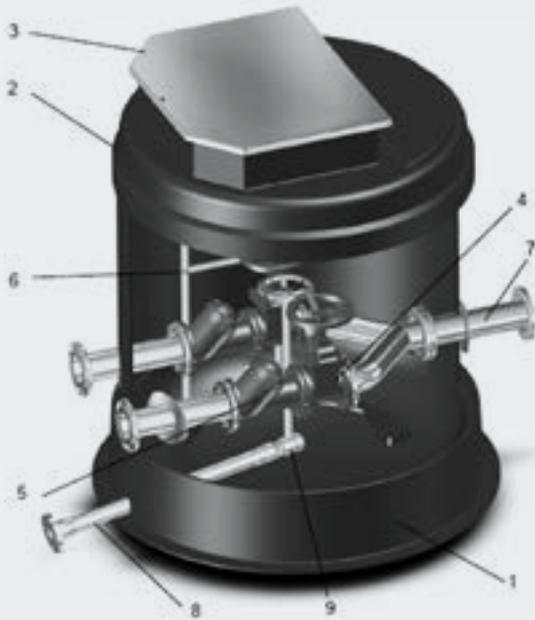


Abb. 23 Ventilkammer für zwei Hochdruckpumpen und Saugstrahlrohr zwischen den beiden Druckleitungen

6.1. ABLAUFRICHTUNG

Die Ablaufrichtung hängt vom Durchmesser der Pumpstation und dem Rohrtyp ab. Der Ablauf wird immer entweder mit einer Gradangabe oder mit einer Uhrzeit auf einem Ziffernblatt angezeigt.

Komponenten und Werkstoffspezifikation

Pos.	Komponenten	Werkstoff
1	Ventilkammer	Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)
2	Abdeckung	
3	Luke	Aluminium
	Lukenisolierung	Styropor
4	Absperrventil	Epoxidbeschichtetes Gusseisen
5	Rückschlagventil	Epoxidbeschichtetes Gusseisen
6	Leitern	Aluminium
7	Rohre	Rostfreier Stahl
8	Entwässerungsrohr	Kunststoff
9	Entwässerungsrohr	Kunststoff

7. Rohrsystem

Pumpstationen mit einem Durchmesser von bis zu 3000 mm sind mit VC-, DC- oder GC-Verrohrung lieferbar. Die Rohre bestimmen die Ablaufrichtung (siehe Abb. 24 und 25).

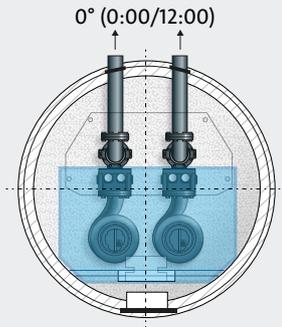


Abb. 24 Ablaufrichtung einer Installation mit zwei Pumpen und VC-Rohren zur Ventilkammer

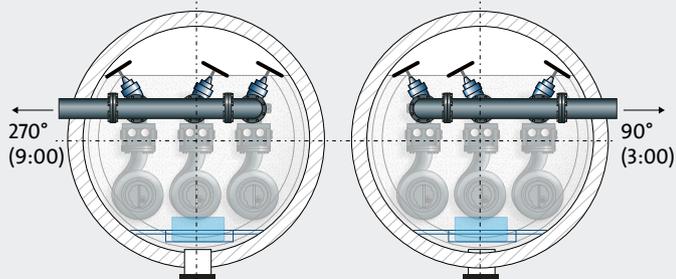


Abb. 25 Ablaufrichtung für Pumpstation mit \varnothing 3000 und DC- und GC-Rohren

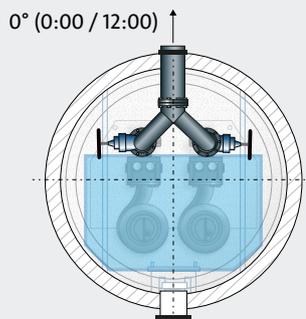


Abb. 26 Offset – A – von Pumpstationen mit \varnothing 3000

Rohre [DN]	A [mm]
250/300	510
250/250	485
200/250	502
200/200	475
150/200	475
150/150	450
100/150	450
100/100	390
80/100	390
80/80	370

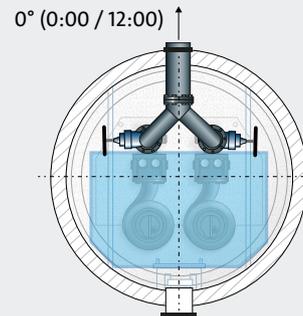


Abb. 27 Pumpstationen mit Edelstahlrohren und einem Durchmesser von 1200 - 2200 mm sind mit VC-, DC- und GC-Rohren lieferbar. Der Ablauf hat immer einen Winkel von 0°.



Abb. 28 Pumpstationen mit Edelstahlrohren und einem Durchmesser von 3000 mm sowie fest installierter Serviceplattform

8. Zuläufe, Prallbleche und Zulauf-Siebkörbe

Um eine zuverlässige Abdichtung zu gewährleisten, sind alle Zuläufe in die Glasfaserwand laminiert. Bei einer hohen Geschwindigkeit oder einem großen Abstand von der Zulaufleitung zum Boden der Station ist ein Prallblech als Zubehör erhältlich, um das Risiko eines Mitreißens von Luft im Wasser und damit eine mögliche Kavitation so gering wie möglich zu halten.

Für Zulaufgrößen bis zu DN 400 sind Siebkörbe erhältlich. Siebkörbe sind in kleiner oder großer Bauform erhältlich. Sie können Materialien wie Steine oder Äste aus dem zulaufenden Medienstrom abfangen.



Abb. 29 Zulaufflansch mit Siebkorb



Abb. 30 PSG.-Pumpstation mit Prallblech und zwei tauchbaren Abwasserpumpen bei der Konfiguration im Grundfos Pumping Station Creator

Größe	Korbabmessungen	Maschengröße
	H x L x B [mm]	H x L [mm]
Klein	453 x 326 x 206	185 x 45
Groß	794 x 650 x 306	350 x 45

9. Pumping Station Creator

Wenn Sie Ihre Anforderungen an die Pumpstation kennen, können Sie Ihre Pumpstation mit dem Grundfos Pumping Station Creator in weniger als 15 Minuten konfigurieren. Halten Sie sich einfach an die folgenden fünf Schritte.



1. Anforderungen eingeben

Hier machen Sie Angaben zu Fördermenge, Förderhöhe, Anzahl der Pumpen und Betriebsart. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass wir die richtige Pumpe für die anstehende Aufgabe anbieten.

Damit Sie Vorschläge für geeignete Lösungen erhalten, sind außerdem Angaben über die Tiefe des niedrigsten Zulaufs zur Pumpstation erforderlich.

Das Auswahlwerkzeug bietet eine Liste mit Pumpen, aus der Sie die benötigte Pumpe auswählen können.

2. Lösung auswählen

Hier wird eine Reihe möglicher Lösungen präsentiert, und Sie können diejenige auswählen, die am besten zu Ihren Anforderungen passt.

3. Konfigurieren und anpassen

Hier können Sie die detaillierte Konfiguration der ausgewählten Lösungen vornehmen und Zeichnungen abrufen.

4. Zubehör auswählen

Hier können Sie Zubehör für Ihre angepasste Lösung auswählen.

5. Auftrag ausdrucken oder per E-Mail versenden

Hier erhalten Sie die endgültige Lösung als herunterladbare CAD-Zeichnung. Die Spezifikationsberichte für die angepasste Lösung lassen sich ausdrucken und an Grundfos senden. Diese Informationen benötigt Grundfos für ein Angebot und zum Angeben der Vorlaufzeit zur Lieferung.

Den Grundfos Pumping Station Creator finden Sie im Grundfos Product Center unter www.grundfos.com. Wenn Sie sich anmelden oder registrieren, werden Sie hier nach Ihrer E-Mail-Adresse gefragt.

10. Ausführungen von Pumpstationen und Rohren

Pumpstationen sind in verschiedenen Durchmessern und mit einer Reihe von Kombinationen aus Pumpen und Rohren erhältlich.

Es sind nicht alle Pumpenausführungen in allen Baureihen verfügbar.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Grundfos. SE-Pumpen sind mit Motoren bis zu 30 kW erhältlich. S-Pumpen sind mit Motoren bis zu 85 kW erhältlich.

11. Abmessungen von Standard-Pumpstationen

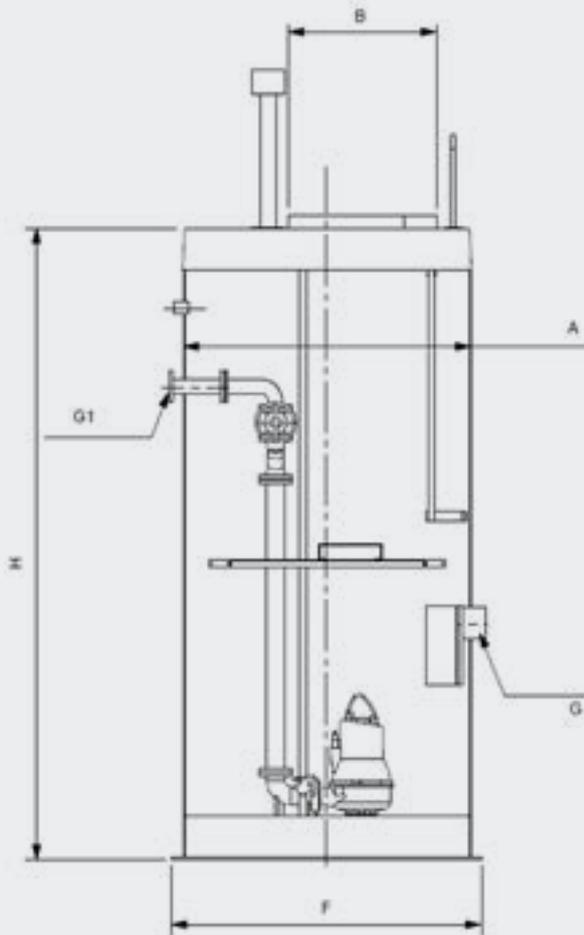


Abb. 31 Maßskizze für PS.G.-Pumpstationen

A [mm]	B [mm]	B (verkehrstaugliche Abdeckung)	F [mm]
1200	570 x 840	Kanalschacht ø 600/800	1350
1400	725 x 940		1567
1600	880 x 1880		1756
1800	890 x 1280		1970
2000	1070 x 1400		2150
2200	1190 x 1400		2375
3000	1570 x 2200		3160

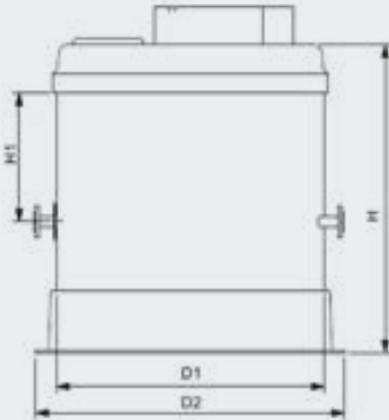
A [mm]	G1 SS*	G1 PE*
1200	DN 50-DN 80	D63-D90
1400		
1600	DN 50-DN 100	D63-D110
1800		
2000	DN 65-DN 150	D75-D160
2200		
3000	DN 80-DN 250	D90-D160

A [mm]	G SS [ø mm]	G PE [ø mm]	H** [mm]
1200	DN 50-DN 300	D63-D315	1500 - 8000
1400			
1600	DN 50-DN 400	D63-D400	
1800	DN 50-DN 450		
2000	DN 50-DN 600		
2200			
3000			

* Werkstoffvarianten und Rohrausführungen finden Sie im Abschnitt zu den Rohren.

** Für größere Ausführungen (bis zu 12.000 mm) wenden Sie sich bitte an Grundfos.

12. Abmessungen der Ventilkammer



H* [mm]	H1* [mm]	Rohrgröße des Zulaufs [DN]
1500/2000	740 ± 50 / 1240 ± 50	DN 50
1500/2000		DN 65
1500/2000		DN 80
1500/2000		DN 100
1500/2000		DN 150
1500/2000		DN 200
1500/2000		DN 250
H* [mm]	D1* [mm]	D2 [mm]
1500/2000	1400	1640
1500/2000	1400	1640
1500/2000	1400	1640
1500/2000	1400	1640
1500/2000	1400	1640
1500/2000	2200	2468
1500/2000	2200	2468

* Niedrige Kammer/hohe Kammer

13. Abmessungen der Fundamentplatte

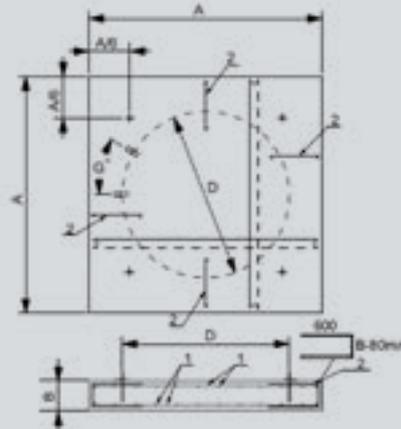


Abb. 33 Fundamentplatte

Beton	C40/50-2
Mindeststärke des Betons über der Bewehrung	35 mm
Expositionsklasse des Betons	XC4
Bewehrung	B500B
Maximaler Neigungswinkel	25°

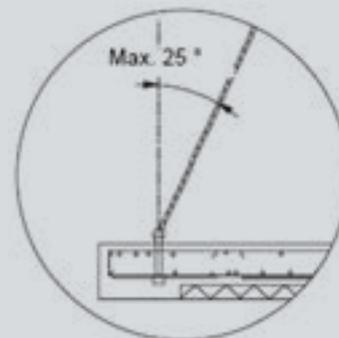


Abb. 34 Neigungswinkel der Ablasskette

Der Winkel (G°) zwischen den Verankerungsbolzen, errechnet sich per Division des Installationskreises (360°) durch die Anzahl an Bolzen.

14. Verankerungsbolzen

Die Anzahl der Verankerungsbolzen richtet sich nach dem Tankdurchmesser.

Abmessung	[mm]	Tankdurchmesser [mm]							
		1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	3000
A	-	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	4000
	< 3500							200	350
B	3500 - 6000					200	200		650
	6000 - 7000							250	800
	7000 - 8000								900
	8000 - 9000	200	200	200	200				1000
	9000 - 10.000					250	250	300	1100
	10.000 - 11.000								1200
	11.000 - 12.000					300	300	350	1300
D	-	-	1470	1680	1875	2080	2300	2510	3325

Tanktiefe	Anzahl der Bolzen auf Grundlage des Tankdurchmessers [mm]								
	mm	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	3000
1500	4	4	4	4	4	4	4	4	6
2000	4	4	4	4	4	4	4	4	8
2500	4	4	4	4	4	4	4	6	10
3000	4	4	4	4	4	4	6	6	12
3500	4	4	4	4	4	6	6	8	14
4000	4	4	4	4	6	6	8	8	16
4500	4	4	4	4	6	6	8	10	16
5000	4	4	4	4	6	8	8	10	18
5500	4	4	4	6	6	8	10	12	20
6000	4	4	4	6	8	8	10	12	22
6500	4	4	4	6	8	10	12	14	24
7000	4	4	4	6	8	10	12	14	26
7500	4	4	6	6	8	10	12	16	28
8000	4	4	6	8	10	12	14	16	30
8500	4	4	6	8	10	12	14	18	32
9000	4	4	6	8	10	12	16	18	32
9500	4	4	6	8	10	14	16	20	34
10000	4	4	6	8	12	14	16	20	36
10500	6	6	6	10	12	14	18	20	38
11000	6	6	8	10	12	14	18	22	40
11500	6	6	8	10	12	16	20	22	42
12000	6	6	8	10	14	16	20	24	44

15. Bewehrung

Weitere Informationen zu Bewehrung – Hauptträger und Verstärkungen – finden Sie im Datenheft für vorgefertigte Grundfos Pumpstationen der Typen PS.R. und PS.G.

16. Betonabdeckungen

Informationen über Betonabdeckungen der Ausführungen 1 und 2 finden Sie im Datenheft für vorgefertigte Grundfos Pumpstationen der Typen PS.R. und PS.G.

17. Weitere Produktausführungen

Wenn Sie keine Pumpstation finden können, die Ihren Anforderungen entspricht, wenden Sie sich bitte an Ihre Grundfos Niederlassung vor Ort. Wir haben noch weitere Baureihen vorgefertigter Pumpstationen im Angebot, diese variieren jedoch von Region zu Region.

Große vorgefertigte Pumpstationen finden Sie im Grundfos Product Center unter www.Grundfos.com. Sie können sich auch an Ihre Grundfos Niederlassung vor Ort wenden. Wir bieten eine große Auswahl von Versionen mit bis zu 3 m Durchmesser und 12 m Tiefe aus glasfaserverstärktem Kunststoff und Polyethylen. Siehe Beispiele in Abb. 35 - 38.

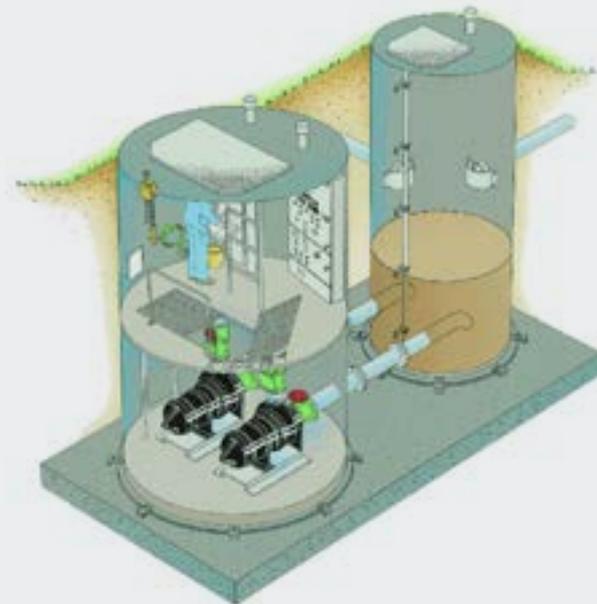


Abb. 35 Nach Kundenangaben gefertigte Ausführung einer Pumpstation für horizontale Trockenschacht-Tauchmotorpumpe Zwischendecke für das Steuerungssystem und einen Zusatztank, der als Sammelbrunnen der Pumpe angeschlossen ist.

Technische Daten für die gängigsten Lösungen:

Durchmesser mm	Länge mm	Anzahl an Pumpen	Durchm. Druckleitung
2200	4500	2	DN 80
2200	4500	2	DN 100
2200	5000	2	DN 100
2200	5500	2	DN 150



Abb. 36 Ventspils hat den größten Export-Seehafen in den baltischen Staaten Hier hat Grundfos eine vollständige Pumpstation für den Transport von Öl bereitgestellt.

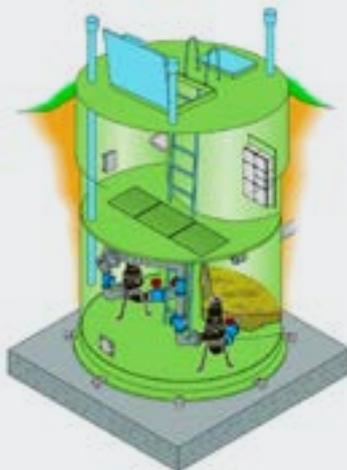


Abb. 37 Kundenspezifische Ausführung einer Pumpstation (INTEGRA) für vertikale Trockenschacht-Tauchmotorpumpen mit integriertem Pumpen-Sammelbrunnen

Technische Daten für die gängigsten Lösungen:

Durchmesser mm	Länge mm	Anzahl an Pumpen	Durchm. Druckleitung
2200	4500	2	DN 80
2200	4500	2	DN 100
2200	5000	2	DN 100
2200	5500	2	DN 150

Pumpstationen mit integriertem Pumpen-Sammelbrunnen in einem Aggregat sind patentiert.

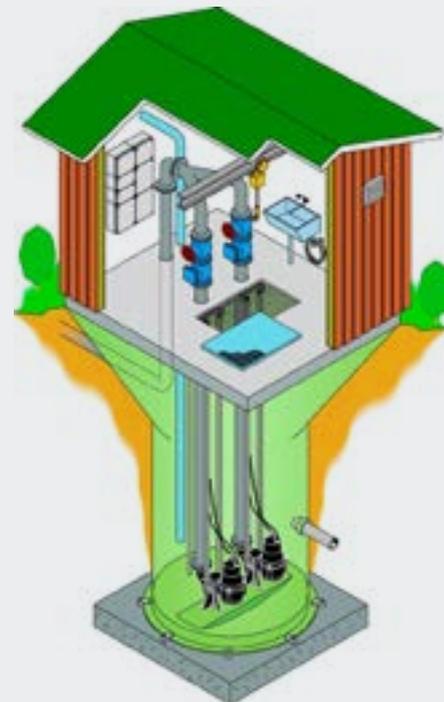


Abb. 38 Kundenspezifische Ausführung einer Pumpstation für Tauchmotorpumpen auf Kupplungsfußkrümmer-Satz und integrierte Servicekabine über dem Erdboden

Technische Daten für die gängigsten Pumpstationen:

Durchmesser mm	Länge mm	Anzahl an Pumpen	Rohrdurchmesser
1400	3500	2	DN 80
1400	4000	2	DN 100
1800	4000	2	DN 100
1800	4500	2	DN 150
2200	4500	2	DN 150
2200	5000	2	DN 150

Pumpstationen mit isolierter Servicekabine (2,5 x 2,5 m oder 3,3 x 3,3 m) über dem Erdboden besitzen Rückschlagventile, Absperrventile, Hebevorrichtung zum Anheben der Pumpen und durch Innenlage geschützte Steuertafel. Handwaschbecken, Wasserschlauch mit Sprühkopf und Belüftung ist standardmäßig inbegriffen.

18. Pumpenanlage mit vier Tauchmotorpumpen.

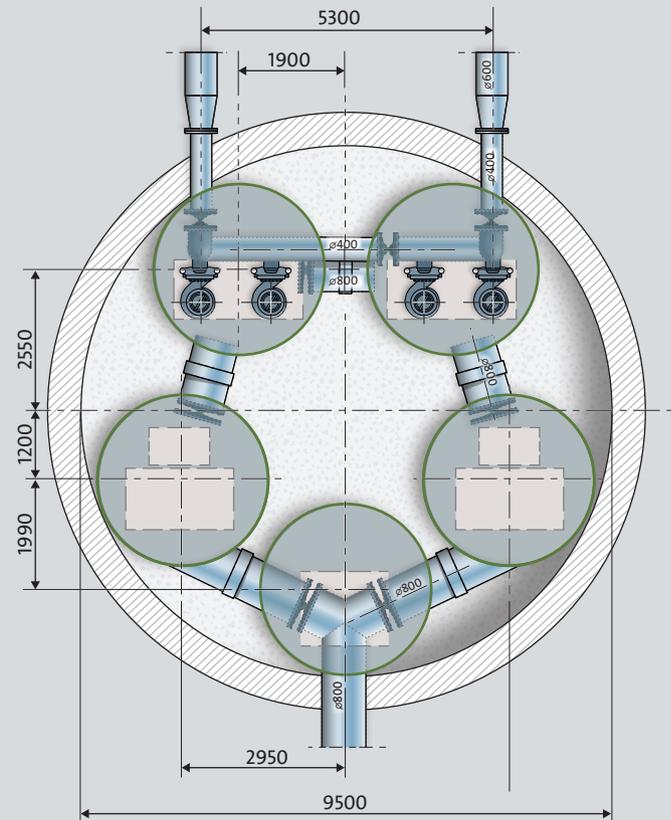


Abb. 39 Pumpenanlage mit vier Pumpen, aufgeteilt auf zwei Tanks, sowie drei weitere Tanks zum Aufnehmen des benötigten Volumen des Sammelbrunnens

Hierbei handelt es sich um eine vollständig maßgeschneiderte Lösung, die von unserer eigenen Konstruktionsabteilung entsprechend den Kundenvorgaben gefertigt wurde. Die Berechnung der Saugleitungen und des Durchmessers des Pumpen-Sammelbrunnens bezieht sich auf die Förderleistung und erfolgt für jede Einzelanwendung neu. Dies eröffnet fast unbegrenzte Möglichkeiten.

19. Wiederaufbereitung verschlissener Betonpumpstationen

Der Austausch alter, verschlissener Pumpstationen mit veralteten Pumpen, Rohren, Ventilen und Steuertafeln kann sehr teuer werden. Die vorgefertigte Pumpstation ist eine kostengünstige, flexible und zuverlässige Alternative zu herkömmlichen Lösungen aus Beton.

Wenn eine alte Pumpstation verschlissen ist, könnten Sie eine neue aus Beton bauen, doch das kostet viel Zeit und Geld. Sie können sich auch einfach für ein Auswechseln der Pumpen entscheiden. Allerdings wird das eigentliche Problem, der schlechte Zustand des Betons, auf diese Weise im Grunde nicht gelöst.



Abb. 40 Alte Pumpstation, bei der der Beton in schlechtem Zustand ist, was die Gefahr des Austretens von Abwasser nach sich zieht

Gegenüber herkömmlichen Pumpstationen, die eine detaillierte Planung und Aufstellung erfordern, können Sie mit vorgefertigten Pumpstationen bei Sanierungsprojekten viel Geld sparen. Der Zeitaufwand für Aushub, Bauarbeiten und Installation wird erheblich gesenkt.



Abb. 41 Die Errichtung einer neuen Betonpumpstation ist kostspielig und zeitaufwändig

Die Planung einer Schacht-in-Schacht-Lösung ist einfach, die Installation schnell und die hohe Produktqualität sorgt in Kombination mit den hervorragenden Steuerungsfunktionen dafür, dass künftige Betriebskosten auf ein Minimum abgesenkt werden.



Abb. 42 Alte Betonpumpstation mit einer neuen vorgefertigten Einschub-Pumpstation

Mit dieser alternativen Methode zum Erneuern der Anlage wird die geschätzte Ausfallzeit auf weniger als einen Tag gesenkt. So werden die Unannehmlichkeiten für die Endbenutzer so gering wie möglich gehalten und die fertige Station sorgt für einen wartungsarmen Betrieb.

20. Drei Methoden zum Erneuern der alten Anlage

Es gibt drei alternative Methoden zum Aufbereiten der alten Betonpumpstation. Die gewählte Lösung richtet sich einerseits nach dem vor Ort verfügbaren Platzangebot und zum anderen danach, wie lange die Pumpstation außer Betrieb sein kann.

- Einschubinstallation
- Umlaufinstallation
- Eingetauchte Trockeninstallation

20.1. EINSCHUBINSTALLATION

Bei der Einschublösung wird die vorgefertigte Pumpstation einfach in die vorhandene Betonstruktur abgesenkt. Diese einfache Lösung spart viel Zeit.

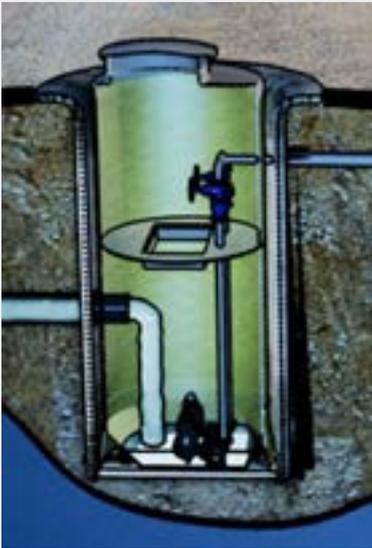


Abb. 43 Eine neue vorgefertigte Einschub-Pumpstation für eine vorhandene Betonstruktur

Es besteht keine Notwendigkeit für einen Abriss und Neubau der alten Station, und dank der einfachen Anschlussarbeiten können Sie die Ausfallzeit auf ein Minimum beschränken, da die Installation in etwa 24 Stunden abgeschlossen ist. So werden die Unannehmlichkeiten für den Endbenutzer so gering wie möglich gehalten.

20.2. UMLAUFINSTALLATION

Bei der Umlauflösung wird für die neue Pumpstation ein neues Loch neben dem alten benötigt. Die alte Pumpstation kann ihren Betrieb während der Arbeiten ohne Unterbrechung fortsetzen. Sobald die neue Pumpstation errichtet ist, wird die Zulaufleitung der alten Pumpstation mit der neuen Anlage verbunden und die alte Anlage wird abgetrennt. Bei der Umlaufkonfiguration beträgt die geschätzte Ausfallzeit weniger als eine Stunde.

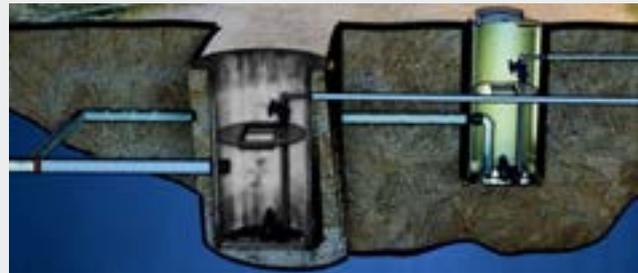


Abb. 44 Umlauflösung mit neuer Zulaufleitung zur neuen Station

20.3. EINGETAUCHTE TROCKENINSTALLATION

Auch bei der eingetauchten Trockeninstallation wird die vorgefertigte neue Pumpstation neben der vorhandenen Station platziert. Die alte Station dient fortan als Sammelbrunnen, während die neue vollständig trocken bleibt. Dies ermöglicht einen einfachen Zugang für Wartung und Instandhaltung der Pumpe, und auch diese Lösung beschränkt die Ausfallzeit auf ein Minimum.

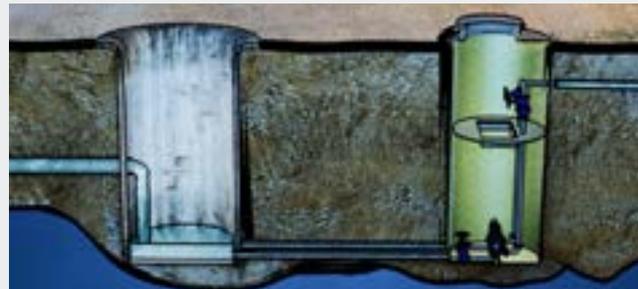


Abb. 45 Die alte Station dient als Zulaufkammer und Sammelbrunnen für die trocken aufgestellten Pumpen

Vorgefertigte Pumpstationen werden nach den höchsten Qualitätsstandards konstruiert. Diese Lösungen sind auf Zuverlässigkeit ausgelegt, und all die darin eingebauten Lösungen verlangen Erfahrung, um neben einer schnellen Installation auch einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten.

Neben der einfachen Installation verleiht dieser Typ von Überholung dank der selbstreinigenden Konstruktion und der leichten Anpassbarkeit auch eine höhere Haltbarkeit.

Betonstrukturen sind anfällig für Korrosion, wenn sie in Kontakt mit aggressiven Medien kommen, und zeigen langfristig ernste Anzeichen für Verschleiß und Abnutzung. Vorgefertigte Pumpstationen bestehen aus korrosionsfreiem Polyethylen oder glasfaserverstärktem Polyester und behalten ihre glatte Struktur für viele Jahre ohne Leckagen. Die vorgefertigten Pumpstationen besitzen eine spezielle selbstreinigende Bodenkonstruktion, die speziell auf Grundfos Pumpen zugeschnitten ist und einen optimalen Durchfluss im Pumpen-Sammelbrunnen aufrechterhält. Die Station reinigt sich selbst und erfordert daher weniger Wartung.



Abb. 46 Eine neue vorgefertigte Pumpstation wird in eine vorhandene Betonstruktur abgesenkt

21. Vorteile

- Geringere Kosten als bei einem Aushub und Abriss der vorhandenen Baustruktur
- In den meisten Fällen keine Entwässerung erforderlich
- Geringere Ausfallzeit vom Beginn bis zum Ende der Bauarbeiten
- Keine Beeinträchtigung vorhandener Strukturen durch Aushubarbeiten
- Neubau der alten Struktur ist auf Dauerhaftigkeit ausgelegt



[9]

PUMPENLEISTUNG

1. Allgemein

In technischer Hinsicht beschreibt der Durchfluss die Menge des innerhalb eines bestimmten Zeitraums geförderten Mediums. Die physische Größe der Pumpe bestimmt die sie durchströmende Durchflussmenge. Daher spielt der Durchfluss bei der Auswahl einer Pumpe stets eine Rolle. Die Förderhöhe bezieht sich auf die Wassersäule in Metern. Sie gibt an, wie hoch ein bestimmter Druck eine Wassersäule heben kann. Mit dem Wissen um die Beziehung zwischen Durchfluss und Förderhöhe und der Beherrschung der Umrechnung zwischen Förderhöhe und Druck können Sie die grundlegende Auslegung einer Pumpe durchführen. Die Förderhöhe ist ein universelles Maß für die Pumpenleistung, das nicht vom Medium abhängig ist. Dagegen ist die Förderhöhe ein angepasstes Maß der Pumpenleistung, das jeweils entsprechend dem vorliegenden Medium und der vorliegenden Situation adaptiert wird. Das Verhältnis zwischen der Förderhöhe und dem Druck muss bekannt sein, um anhand der Datenblätter und der Pumpenkennlinien die richtige Pumpe auswählen zu können.

2. Leistungskennlinien

Wie bereits erwähnt, ähnelt das Betriebsverhalten der Archimedischen Schraubpumpe in bemerkenswerter Weise dem heutiger Kreiselpumpen. Doch anders als damals ist eine moderne Kreiselpumpe sehr genau definiert und die Leistung der Pumpe lässt sich aus der jeweiligen Leistungskennlinie ablesen.

Betrachten wir nun, wie wir die Pumpenleistung durch eine Interpretation des entsprechenden Satzes von Kennlinien ermitteln, und befassen uns mit den Grundlagen für diese Kennlinien.

2.1. STANDARDKENNLINIEN

Leistungskennlinien helfen dem Kunden, die Pumpe zu wählen, die den Anforderungen für eine bestimmte Anwendung entspricht.

Das Datenblatt enthält Informationen über die Förderhöhe (H) bei unterschiedlichen Durchflüssen (Q). Die Anforderungen an Förderhöhe und Durchfluss bestimmen die Gesamtabmessungen der Pumpe.

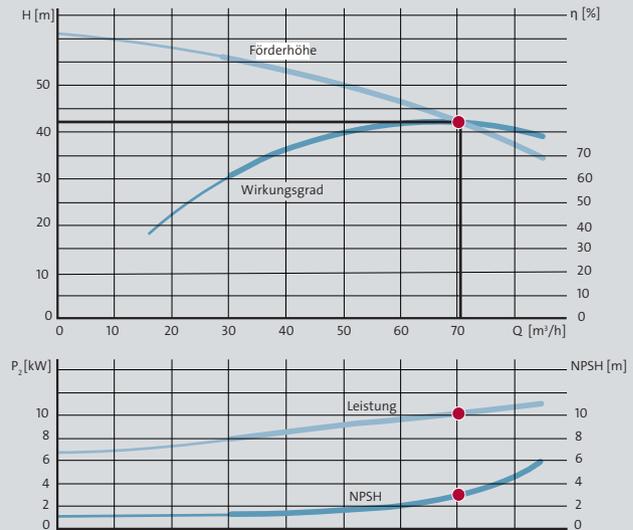


Abb. 1 Typische Leistungskennlinien für eine Kreiselpumpe Förderhöhe (H), Leistungsaufnahme (P), Wirkungsgrad (η) und NPSH als Funktion des Durchflusses.

Neben der Pumpenförderhöhe gibt das Datenblatt auch Auskunft über die Leistungsaufnahme (P₂). Die Leistungsaufnahme bestimmt die Dimensionierung der Elektroinstallationen zur Energieversorgung der Pumpe. Wie auch die Förderhöhe wird die Leistungsaufnahme als Funktion des Durchflusses gezeigt.

Im Datenblatt sind auch Angaben zum Pumpenwirkungsgrad (η) und zur NPSH zu finden. NPSH ist die Abkürzung für „Net Positive Suction Head“ und bezeichnet die erforderliche Haltedruckhöhe. Die NPSH-Kennlinie zeigt die benötigte Zulaufförderhöhe und die Anforderungen, die die jeweilige Anlage zum Vermeiden von Kavitation erfüllen muss. Die Wirkungsgradkennlinie zeigt, wie effizient die Pumpe in der Anlage arbeitet. Auf diese Weise können Sie die effizienteste Pumpe für den vorgegebenen Betriebsbereich auswählen.

Abb. 1 zeigt ein Beispiel für Leistungskennlinien in einem Datenblatt

Die Leistungskennlinien für eine tauchbare Abwasserpumpe mit integriertem Motor beschreiben die Leistung des kompletten Pumpenaggregats. Die QH-Kennlinie berücksichtigt den Verlust an Pumpenzulauf bei einer tauchbaren Installation.



Abb. 2 Die Leistungskennlinien decken das vollständige Aggregat aus Pumpe und Motor ab

3. Druck

Druck (p) ist ein Ausdruck für die Kraft je Fläche des Aggregats und unterteilt sich in statischen und dynamischen Druck. Die Summe der beiden Drücke ergibt den Gesamtdruck:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{stat}} + P_{\text{dyn}} \text{ [Pa]}$$

Dabei gilt

P_{tot} = Gesamtdruck [Pa]

P_{stat} = statischer Druck [Pa]

P_{dyn} = dynamischer Druck [Pa]

In einem geschlossenen Rohrstück wird der statische Druck mit einem Manometer gemessen. Diese Messung muss stets in einem statischen Medium oder über einen senkrecht zur Flussrichtung montierten Druckmessstutzen erfolgen (siehe Abb. 3).

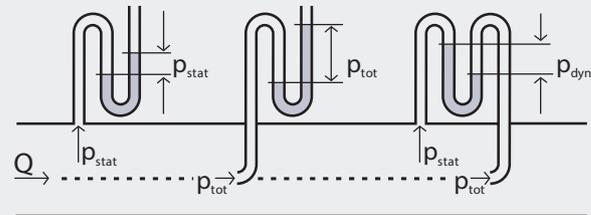


Abb. 3 Vorgehensweise zum Messen des statischen Drucks P_{stat} , des Gesamtdrucks P_{tot} und des dynamischen Drucks P_{dyn}

Der Gesamtdruck kann über einen Druckmessstutzen mit Öffnung zur Fließrichtung gemessen werden. Der dynamische Druck ergibt sich aus der Messung der Druckdifferenz zwischen dem Gesamtdruck und dem statischen Druck. Eine solche kombinierte Druckmessung kann mit einem Staurohr vorgenommen werden.

Der dynamische Druck ist eine Funktion der Mediengeschwindigkeit. Er wird anhand der folgenden Formel berechnet. Dabei wird die Geschwindigkeit (V) gemessen und die Mediendichte (ρ) ist bekannt:

$$P_{\text{dyn}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = [\text{Pa}]$$

Dabei gilt

V = Geschwindigkeit [m/s]

ρ = Dichte [kg/m³]

Der dynamische Druck und der statische Druck können sich gegenseitig beeinflussen. Bei Durchfluss durch ein Rohr mit zunehmendem Durchmesser verwandelt sich dynamischer Druck in statischen Druck. Der Durchfluss durch ein Rohr ist der Förderstrom, und der Rohrabschnitt, in dem sich der Durchmesser erhöht, ist der Diffusor.

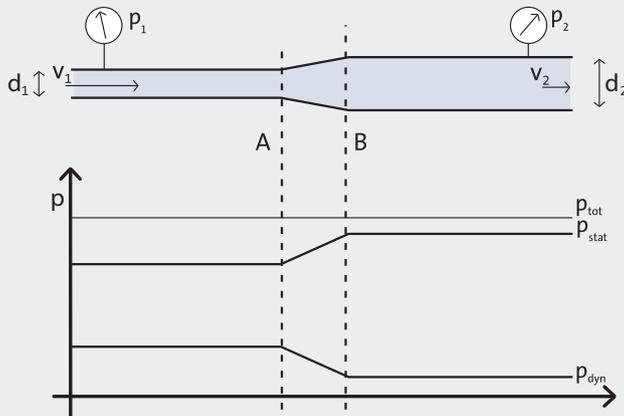


Abb. 4 Beispiel für die Umwandlung von dynamischem Druck zu statischem Druck in einem Diffusor

3.1. ABSOLUTER UND RELATIVER DRUCK

Druck wird auf zwei verschiedene Weisen definiert: absoluter Druck oder relativer Druck. Absoluter Druck bezieht sich auf einen absoluten Nullpunkt. Daher kann absoluter Druck immer nur einen positiven Wert haben.

Relativer Druck bezieht sich auf den Druck der Umgebung. Ein positiver relativer Druck heißt, dass der Druck über dem Barometerstand liegt. Ein negativer relativer Druck liegt entsprechend unter dem Barometerstand.

Der Definition als absolut und relativ ist auch aus der Temperaturmessung bekannt. Dort wird die absolute Temperatur in Kelvin [K] gemessen und die relative Temperatur in Celsius [°C]. Die in Kelvin gemessene Temperatur ist immer positiv und bezieht sich auf den absoluten Nullpunkt. Die Temperatur in Celsius bezieht sich dagegen auf den Gefrierpunkt von Wasser bei 273,15 K und kann daher auch negativ sein.

Der Barometerstand wird als absoluter Druck gemessen. Er wird durch das Wetter und die Höhenlage beeinflusst. Die Umwandlung von relativem Druck zu absolutem Druck erfolgt durch Addition des aktuellen Barometerstands zum gemessenen relativen Druck.

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{rel}} + P_{\text{bar}} [\text{Pa}]$$

In der Praxis erfolgt die Messung des statischen Drucks mit drei verschiedenen Manometertypen:

- Ein absolutes Manometer, z. B. ein Barometer, misst den Druck relativ zum absoluten Nullpunkt.
- Ein standardmäßiges Manometer misst den Druck relativ zum Atmosphärendruck. Dieser Typ von Manometer ist der am häufigsten verwendete.
- Ein Differenzdruck-Manometer misst den Druckunterschied zwischen den beiden Druckmessstutzen, unabhängig vom Barometerstand.

4. Förderhöhe

Eine QH-Kennlinie oder Pumpenkennlinie zeigt die Förderhöhe (H) als eine Funktion des Durchflusses (Q). Der Durchfluss (Q) bezeichnet die Rate des die Pumpe durchströmenden Mediums. Der Durchfluss wird im Allgemeinen in Kubikmeter je Stunde [m³/h] angegeben, bei Abwasserpumpen jedoch auch sehr häufig als Liter pro Sekunde [l/s].

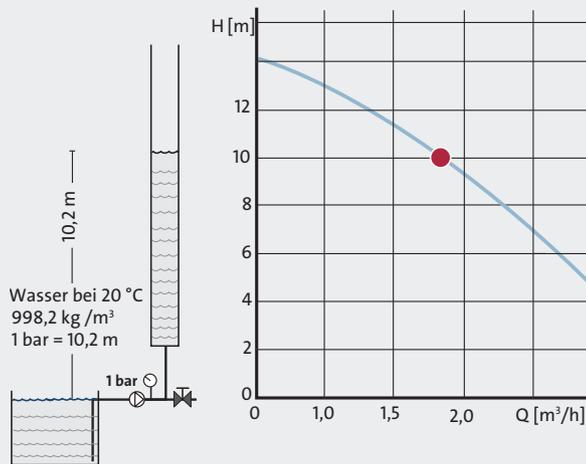


Abb. 5 Eine typische QH-Kennlinie für eine Kreiselpumpe; ein geringer Durchfluss ergibt eine große Förderhöhe; ein großer Durchfluss ergibt eine geringe Förderhöhe

Die QH-Kennlinie für eine bestimmte Pumpe kann auch mit dem in Abb. 5 gezeigten Aufbau ermittelt werden. Die Pumpe läuft mit konstanter Drehzahl. Q ist gleich 0, und H erreicht seinen höchsten Wert, wenn das Ventil in der Druckleitung vollständig geschlossen ist. Wenn wir das Ventil öffnen, wird Q erhöht und H nimmt ab. H ist die Höhe der Mediensäule in einem offenen Rohr hinter der Pumpe. Die QH-Kennlinie besteht aus einer Reihe zusammenhängender Werte von Q und H, wie in der Kennlinie in Abb. 6 zu sehen.

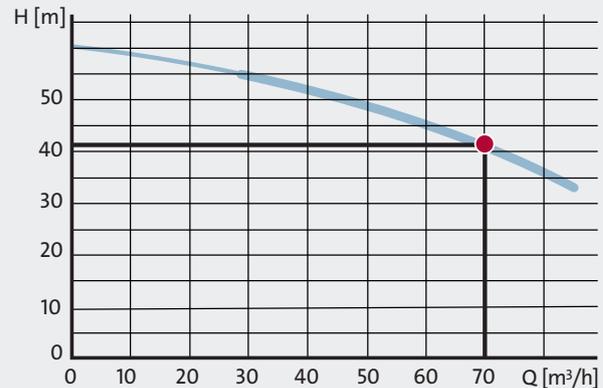


Abb. 6 Die QH-Kennlinie kann in einer Installation mit einem offenen Rohr hinter der Pumpe bestimmt werden. H ist genau die Höhe der Mediensäule im offenen Rohr und wird auf der Zulaufhöhe gemessen.

In den meisten Fällen wird der Differenzdruck in der ganzen Pumpe Δp_{tot} gemessen. Die Förderhöhe H wird anhand folgender Formel berechnet:

$$H = \frac{\Delta p_{\text{tot}}}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}]$$

Wenn der Test in Abbildung 5 mit einem Medium mit einer anderen Dichte als Wasser durchgeführt wird, bleibt die QH-Kennlinie idealerweise unverändert. Daher ist eine QH-Kennlinie unabhängig vom geförderten Medium.

Der Druckanstieg in allen Bereichen einer Pumpe kann auch in Meter Wassersäule [Meter Water Column, mWC] gemessen werden. Meter Wassersäule ist eine andere Druckeinheit als die Förderhöhe in [m]. Wie die Tabelle der physischen Eigenschaften von Wasser gezeigt hat, ändert sich die Dichte bei höheren Temperaturen erheblich. Daher ist die Umrechnung von Druck in Förderhöhe sehr wichtig.

5. Leistung

Die Kennlinie der Leistungsaufnahme zeigt die Rate der Energieübertragung als eine Funktion des Durchflusses.

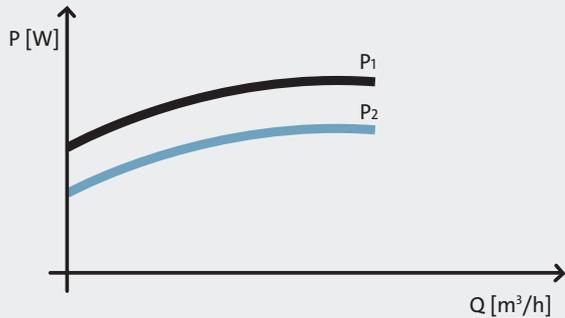


Abb. 7 Kennlinie der Leistungsaufnahme für P_1 und P_2

Die Leistung wird in Watt [W] ausgedrückt. Bei tauchbaren Abwasserpumpen unterscheiden wir zwischen drei Arten von Stromversorgung:

- Stromversorgung aus einer externen Quelle zum Motor (P_1)
- Vom Motor auf die Welle übertragene Wellenleistung (P_2)
- Vom Laufrad auf das Medium übertragene Hydraulikleistung (P_{hyd})

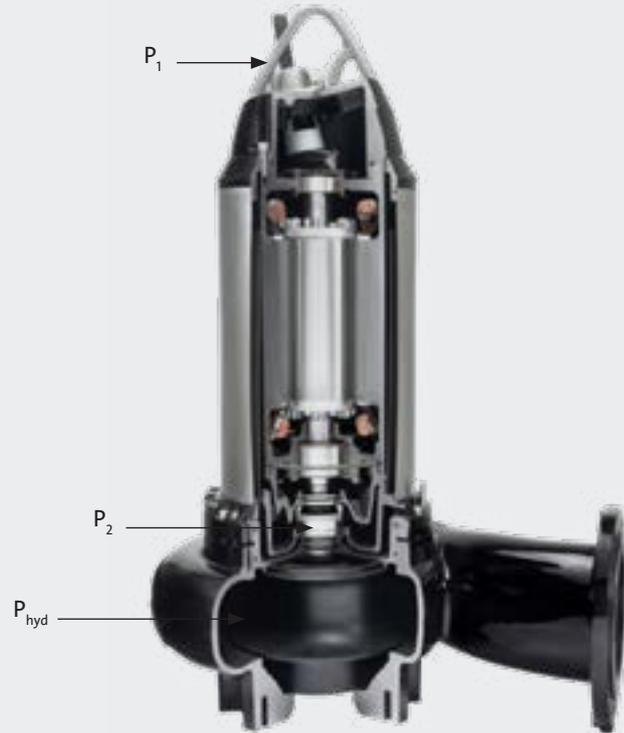
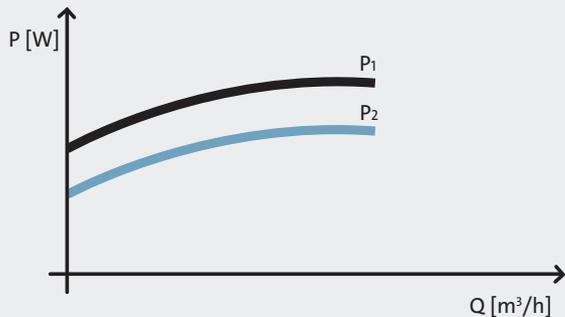


Abb. 8 Kraftübertragung in einer tauchbaren Abwasserpumpe

Die Leistungsaufnahme hängt von der Dichte des Mediums ab. Die Kennlinien der Leistungsaufnahme basieren auf einem standardmäßig luftfreien Wasser bei einer Temperatur von + 20 °C und einer kinematischen Viskosität von 1 mm²/s (1 cSt).

Im Fall anderer Dichten als der von 1000 kg/m³ verhält sich der Auslassdruck proportional zur Dichte.

Bei Fördermedien mit einer Dichte von über 1000 kg/m³ sind Motoren mit entsprechend höherer Leistung zu verwenden.

6. Drehzahl

Durchfluss, Förderhöhe und Leistungsaufnahme können mit der Pumpendrehzahl variieren. Um die Pumpenkennlinien vergleichen zu können, müssen die Pumpen mit derselben Drehzahl betrieben werden. Pumpenkennlinien für andere Drehzahlen können mithilfe der Formeln in den grundlegenden Affinitätsgesetzen auf dieselbe Drehzahl umgerechnet werden. Siehe Seiten 173 und 174.

6.1. HYDRAULIKLEISTUNG

Die Hydraulikleistung P_{hyd} ist die Kraft, die von der Pumpe auf das Medium übertragen wird. Wie aus der folgenden Formel ersichtlich wird die Hydraulikleistung anhand von Durchfluss, Förderhöhe und Dichte berechnet:

$$P_{\text{hyd}} = H \cdot g \cdot \rho \cdot Q = \Delta p_{\text{tot}} \cdot Q \text{ [W]}$$

Die Datenblätter enthalten normalerweise keine eigene Kennlinie für die Hydraulikleistung, doch sie ist Bestandteil der Berechnung des Pumpenwirkungsgrads.

7. Wirkungsgrad

Der Gesamtwirkungsgrad (η_{tot}) bezeichnet das Verhältnis zwischen der Hydraulikleistung und der Leistungsaufnahme. Die unten stehende Abbildung zeigt die Wirkungsgradkennlinien für die Pumpe (η_{hyd}) und für ein vollständiges Pumpenaggregat (η_{tot}).

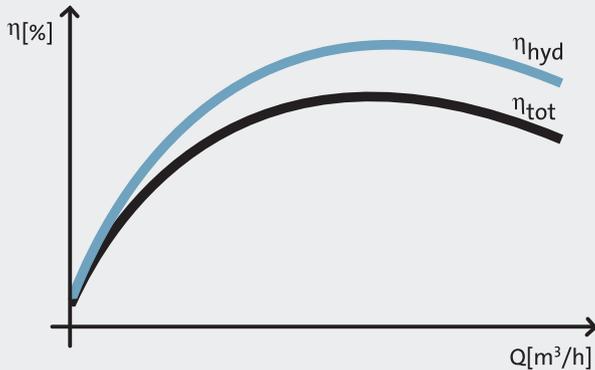


Abb. 9 Wirkungsgradkennlinien für die Pumpe (η_{hyd}) und für ein vollständiges Pumpenaggregat (η_{tot})

Der Hydraulikwirkungsgrad bezieht sich auf P_2 , der Gesamtwirkungsgrad dagegen auf P_1 :

$$\eta_{\text{hyd}} = \frac{P_{\text{hyd}}}{P_2} [\cdot 100 \text{ \%}]$$

$$\eta_{\text{tot}} = \frac{P_{\text{hyd}}}{P_1} [\cdot 100 \text{ \%}]$$

$$P_1 > P_2 > P_{\text{hyd}} \text{ [W]}$$

Der Wirkungsgrad ist immer weniger als 100 %, weil die Leistungsaufnahme aufgrund von Verlusten im Motor und in den Pumpenkomponenten stets größer ist als die Hydraulikleistung. Der Gesamtwirkungsgrad für das gesamte Pumpenaggregat (Motor und Hydraulik) ist das Produkt der Einzelwirkungsgrade.

Eine Abwasserpumpe wird nie an einem einzelnen, definierten Punkt betrieben. Vergewissern Sie sich beim Konstruieren der Pumpenanlage, dass der Betriebspunkt der Pumpe am Punkt des höchsten Wirkungsgrads und der meisten Betriebsstunden liegt. Dies ist der optimale Punkt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Pumpe innerhalb des optimalen Wirkungsbereichs läuft, es ist der Wirkungsgrad-Bestpunkt (QBEP).

Der Wirkungsgrad jeder Maschine beschreibt das Verhältnis ihrer Leistungsabgabe zu ihrer Leistungsaufnahme. Dieses Verhältnis wird symbolisch durch den griechischen Buchstaben η (eta) ausgedrückt. Der Hydraulikwirkungsgrad der Pumpe wird anhand folgender Formel ermittelt:

$$\eta_{\text{hyd}} = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot P_2}$$

Dabei gilt:

η_{hyd} = Pumpenwirkungsgrad

Q [m³/H] = Durchflussrate

H [m] = Förderhöhe

P_2 [kW] = Ausgabe an der Pumpenwelle

367 = Umrechnungskonstante

ρ [kg/m³] = Dichte des Mediums

8. Anlagenkennlinie

Die Reibung im Rohrsystem – Saug- und Druckleitung – verursacht einen Druckabfall im Fördermedium, der der Gesamtlänge entspricht. Der Druckverlust hängt auch von der Temperatur des fließenden Mediums, seiner Viskosität, der Strömungsgeschwindigkeit, den Armaturen, der Pumpe und dem Reibungswiderstand des Rohres ab, der sich wiederum durch den Rohrdurchmesser, der Rauheit des Rohres und seiner Länge ergibt. Die Reibung in der Anlage leitet sich aus einer Anlagenkennlinie im Diagramm mit der QH-Kennlinie ab.

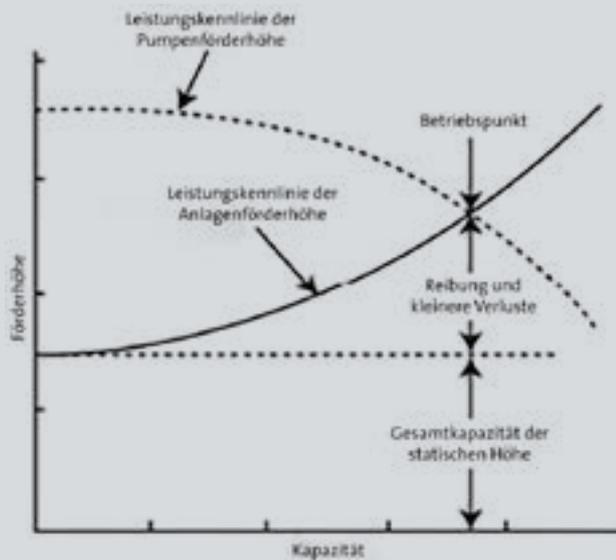


Abb. 10 Anlagenkennlinie mit QH-Kennlinie für die Pumpe

Der Betriebspunkt für die Pumpe liegt dort, wo die Anlagenkennlinie die QH-Kennlinie schneidet. Der Reibungsverlust ist eine Funktion der Geschwindigkeit im Rohrsystem, auch dynamische Förderhöhe genannt.

9. Statische Förderhöhe

Die statische Förderhöhe bezeichnet den vertikalen Abstand vom Füllstand des Mediums im Schacht für die Abwasserpumpe bis zur Höhe der Rohrführungsaustritts.

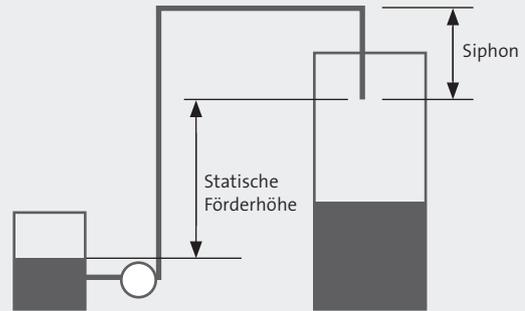


Abb. 11 Rohrsystem mit statischer Förderhöhe und Siphon

Beachten Sie, dass die Saugleitung für die trocken aufgestellte Abwasserpumpe unterhalb des höchsten Punkts des Rohrsystems liegt. Die Maximalhöhe wird in Berechnungen nicht herangezogen, da der Absaugvorgang das Medium bei komplett befülltem Rohrsystem über diesen Punkt trägt.

Die Pumpe muss eine ausreichende Förderhöhe entwickeln, um die Leitung zu füllen. Dann tritt der Absaugvorgang ein. Wurde er korrekt ausgewählt, sollte der Betriebspunkt nach dem Anlaufen der Pumpe wieder zurück zum Wirkungsgrad-Bestpunkt (Best Efficiency Point, B.E.P.) wandern.

10. Dynamische Förderhöhe (Anlagenförderhöhe)

Wenn das Medium durch die Verrohrung und die Anschlussstücke fließt, unterliegt es einer Reibung durch Rohrwände, verengte Durchgänge in den Anschlussstücken und in der Anlage installierte Hardware. Der daraus entstehende „Druckverlust“ wird als „Verlust von Förderhöhe“ in der Anlage beschrieben und lässt sich anhand von Graphen und Diagrammen der Rohranlagenhersteller errechnen. Diese Diagramme sind kein Bestandteil dieses Handbuchs, sind jedoch über die Handbücher des Hydraulic Institute erhältlich. Dieser Verlust an „Förderhöhe“ steht im Zusammenhang mit dem Zustand der Anlage und erschwert die Berechnungen, wenn Sie in älteren Systemen „Produktansammlungen“ an Rohrwänden, Filtern, Sieben, Ventilen, Rohrbögen usw. feststellen. Dadurch werden die veröffentlichten Zahlen ziemlich ungenau.

11. NPSH (Haltedruckhöhe)

NPSH ist ein Begriff, der die Bedingungen im Zusammenhang mit unerwünschter und schädlicher Kavitation beschreibt.

Kavitation bezeichnet die Erzeugung von Dampfblasen in Bereichen, in denen der Druck lokal auf den Druck des Mediendampfes fällt. Das Ausmaß der Kavitation hängt davon ab, wie niedrig der Druck in der Pumpe ist. Kavitation senkt im Allgemeinen die Förderhöhe ab und verursacht Strömungsgeräusche und Vibrationen.

Kavitation tritt zunächst an dem Punkt in der Pumpe auf, an dem der niedrigste Druck herrscht. Meistens sind dies die Kanten der Propellerflügel am Laufrad.

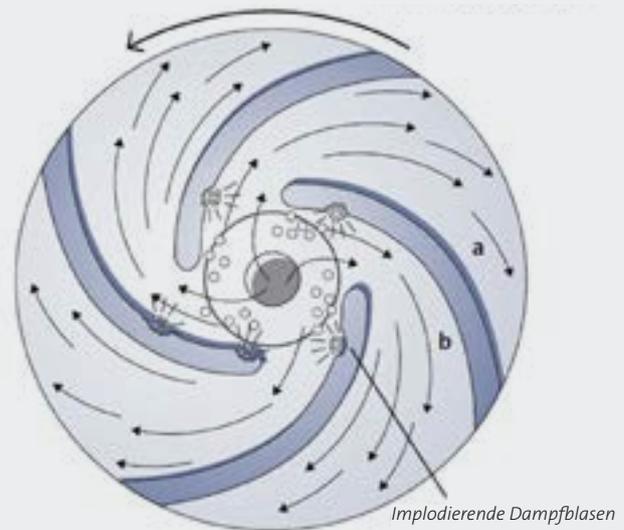


Abb. 12 Kavitation

Der NPSH-Wert ist absolut und immer positiv. Wie auch die Förderhöhe wird die NPSH in Metern [m] angegeben (siehe Abbildung unten). Daher muss die jeweilige Dichte der unterschiedlichen Medien nicht berücksichtigt werden, da die NPSH in Metern [m] angegeben wird.

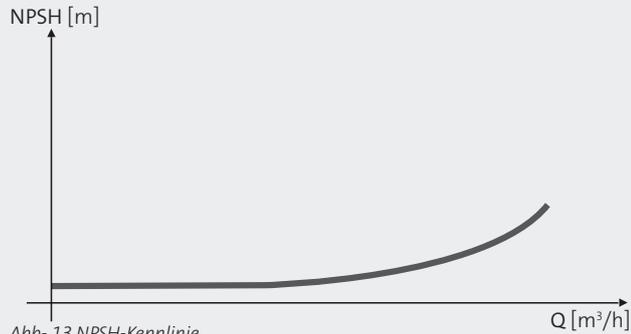


Abb- 13 NPSH-Kennlinie

Unterschied zwischen zwei verschiedenen NPSH-Werten: $NPSH_R$ und $NPSH_A$.

$NPSH_A$ steht für **NPSH Vorhanden** und ist ein Ausdruck dafür, wie nahe das Medium am Pumpenzulauf an der Verdampfungsschwelle steht. $NPSH_A$ wird definiert als:

$$NPSH_A = \frac{(P_{abs, tot, in} - P_{vapour})}{\rho \cdot g} \text{ [m]}$$

Dabei gilt

p_{vapour} = Der Dampfdruck des Mediums bei der vorliegenden Temperatur [Pa].

$p_{abs, tot, in}$ = Der absolute Druck auf NPSH-Referenzebene [Pa].

$NPSH_R$ steht für **NPSH Erforderlich** und ist ein Ausdruck des niedrigsten NPSH-Werts, der für akzeptable Betriebsbedingungen erforderlich ist. Der absolute Druck p_{abs} lässt sich anhand eines vorgegebenen Werts $NPSH_R$ und des Mediendampfdrucks errechnen, indem $NPSH_R$ anstelle von $NPSH_A$ in die Formel eingesetzt wird.

Um zu ermitteln, ob eine Pumpe in einer Anlage sicher betrieben werden kann, müssen $NPSH_A$ und $NPSH_R$ bekannt sein, um den größten Durchfluss und die Temperatur innerhalb des Betriebsbereichs zu kennen.

Es wird ein Sicherheitszuschlag von mindestens 0,5 m empfohlen. Je nach Anwendung ist möglicherweise auch eine höhere Sicherheitsstufe erforderlich. Für geräuschempfindliche Anwendungen oder energieintensive Pumpen wie Kesselspeisepumpen gibt der Verband Europäischer Pumpenhersteller den Sicherheitsfaktor S_A vom 1,2- - 2,0-fachen von $NPSH_{3\%}$ vor.

$$NPSH_A > NPSH_R = NPSH_{3\%} + 0,5 \text{ [m]} \text{ oder}$$

$$NPSH_A > NPSH_R = NPSH_{3\%} \cdot S_A \text{ [m]}$$

Das Kavitationsrisiko in Anlagen lässt sich wie folgt abmindern oder verhindern:

- Absenkung der Pumpe gegenüber dem Wasserstand in offenen Anlagen
- Erhöhung des Anlagendrucks in geschlossenen Anlagen
- Verkürzung der Saugleitung zur Reduzierung des Reibungsverlustes
- Vergrößerung des Durchmessers der Saugleitung zum Reduzieren der Strömungsgeschwindigkeit und somit der Reibung
- Vermeidung von Druckverlusten aufgrund von Rohrbögen und anderen Widerständen in der Saugleitung
- Absenkung der Medientemperatur zur Reduzierung des Dampfdrucks

Beispiele zur Berechnung der NPSH finden Sie im Abwasserhandbuch 1. Abschnitt 9. Kavitation und NPSH.

Für einen guten Überblick über die Leistung einer bestimmten Pumpe sollten sich die QH-Kennlinie, die Kennlinien der Leistungsaufnahme, die Wirkungsgradkennlinien und die NPSH-Kennlinie im gleichen Datenblatt befinden.

Zusätzlich zu den Leistungskennlinien im Datenblatt wird die Geschwindigkeit in einer DN-200- bzw. DN-250-Druckleitung als Funktion des Durchflusses Q angegeben.

Die Wirkungsgradkennlinien η_{hyd} und η_{tot} werden als Eta 2 bzw. Eta 1 ausgewiesen, wobei Eta 2 den Hydraulikwirkungsgrad bezeichnet und Eta 1 für den Gesamtwirkungsgrad steht.

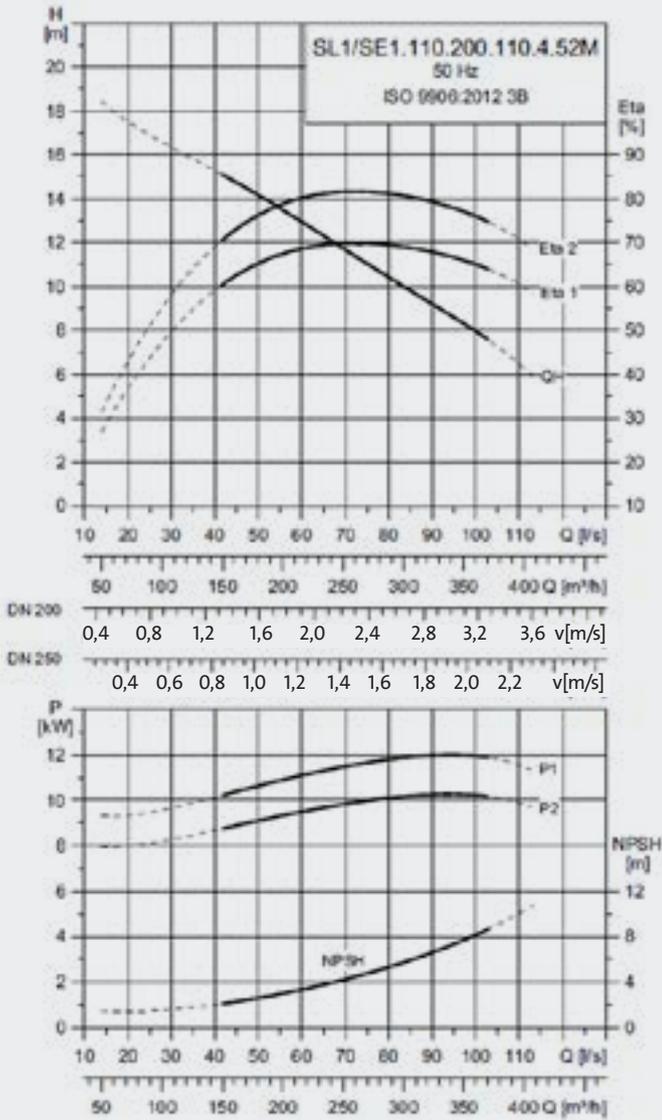


Abb. 14 Leistungsübersicht für eine tauchbare Grundfos Klärwasserpumpe mit S-tube®-Laufrad, 11 kW (P2)-Motor sowie Auslassflansch mit DN 200

[10]

PUMPEN IN ANLAGEN

1. Allgemein

In diesem Abschnitt wird der Betrieb von Pumpen in einer Anlage, die Auslegung der richtigen Pumpe für das System und Möglichkeiten ihrer Regelung erläutert.

Eine Abwasserpumpe wird immer in einer Anlage installiert, in der sie ein Medium heben muss. Die dem Medium durch die Pumpe zugeführte Energie geht zum Teil in Form von Reibung im Rohrsystem verloren oder wird zum Steigern der Förderhöhe genutzt.

Das Installieren einer Pumpe in einer Anlage führt zu einem gemeinsamen Betriebspunkt. Wenn mehrere Pumpen in derselben Anwendung betrieben werden, ergibt sich die Pumpenkennlinie für die Anlage durch Addition der Kurven aller in Reihe oder parallel geschalteten Pumpen. Geregelte Pumpen passen sich durch eine Änderung ihrer Drehzahl an die Anlage an. Die Drehzahlregelung einer Abwasserpumpe kommt insbesondere in Anwendungen zum Einsatz, in denen die Menge des geförderten Abwassers dem Zulauf zur Pumpstation entspricht. Anders ausgedrückt: Die Pumpen werden mit einem konstanten Wasserstand im Pumpen-Sammelbrunnen betrieben.

2. Einzelner Sammelbrunnen in einer Anlage

Eine Anlagencharakteristik wird durch eine Anlagenkennlinie beschrieben, die für einen Anstieg von Reibungsverlust in Bezug auf den quadrierten Durchfluss steht. Wenn der Widerstand in der Anlage hoch ist, fällt die Anlagenkennlinie steil aus. Bei Abnahme des Widerstands flacht sich die Anlagenkennlinie ab. Ändert sich der Widerstand in der Anlage, so ändern sich auch die Charakteristika.

Der Betriebspunkt ergibt sich dort, wo sich die Pumpenkennlinie und die Anlagencharakteristika überschneiden.

In geschlossenen Anlagen gibt es keine geodätische Höhe. In diesem Fall verläuft die Systemcharakteristik durch $(Q,H) = (0,0)$

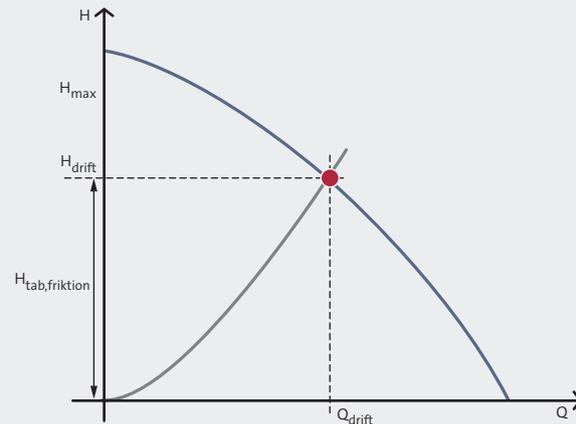


Abb. 1 Die Anlagencharakteristika einer geschlossenen Anlage erinnern an eine Anlagenkennlinie ab Punkt $(0,0)$

In Anlagen, in denen das Abwasser von einer Ebene auf eine andere gefördert wird, besteht unterschiedlicher Konstantdruck zwischen den beiden Reservoirs, der der Höhendifferenz entspricht. Daraus ergibt sich eine zusätzliche Förderhöhe, die die Pumpe überwinden muss. In diesem Fall verläuft die Anlagencharakteristik durch $(0,H_z$ oder die geodätische Höhe) anstelle von $(0,0)$.

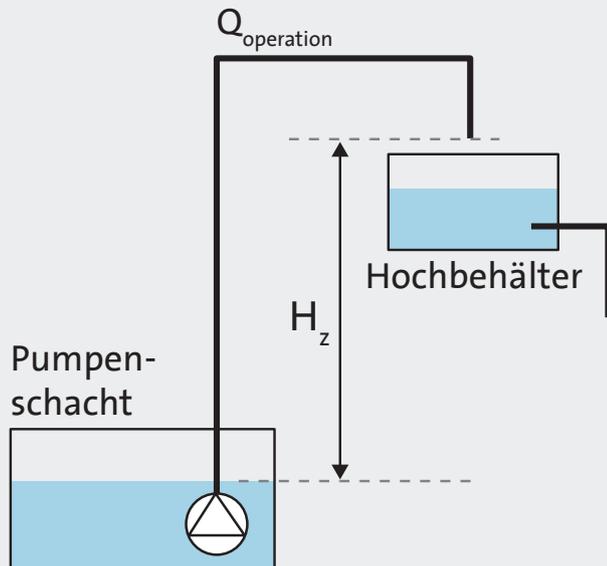


Abb. 2 Tauchbare Abwasserpumpe in einer offenen Anlage

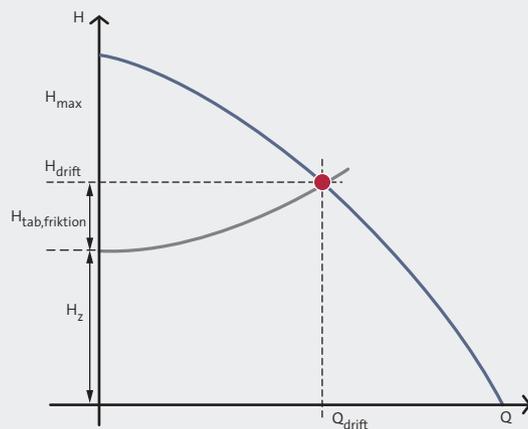


Abb. 3 Die Anlagencharakteristika in offenen Anlagen erinnern an eine Anlagenkennlinie, die durch (0 Hz) läuft und die geodätische Höhe angibt

3. Parallel betriebene Pumpen

In Anlagen mit großen Flussschwankungen können zwei oder mehr Pumpen parallelgeschaltet werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist eine kombinierte Abwasseranlage, bei der unbehandeltes Klär- und Regenwasser in dieselbe Anlage abgeleitet wird und zur Pumpstation fließt. Nach schweren Regenfällen werden zwei oder mehr Pumpen parallel betrieben.

Parallelgeschaltete Pumpen kommen auch zum Einsatz, wenn eine Regelung des Ablaufdurchflusses benötigt wird oder eine Reservepumpe vorgehalten werden muss. Beim Betreiben der Pumpe können eine oder mehrere Pumpen gleichzeitig geregelt werden. Daher wird stets ein Rückschlagventil am Abflussrohr montiert, um einen Rückfluss durch nicht im Betrieb befindliche Pumpen zu verhindern.

Wenn eine Reihe kleinerer Pumpe eingesetzt wird, die mit zunehmendem Zulauf nacheinander anlaufen, kann die Anlage so geregelt werden, dass die Anzahl der laufenden Pumpen so gering wie möglich gehalten wird und diese Pumpen am Wirkungsgrad-Bestpunkt laufen. Um am optimalen Punkt betrieben zu werden, muss mindestens eine der parallelgeschalteten Pumpen über eine Drehzahlregelung verfügen.

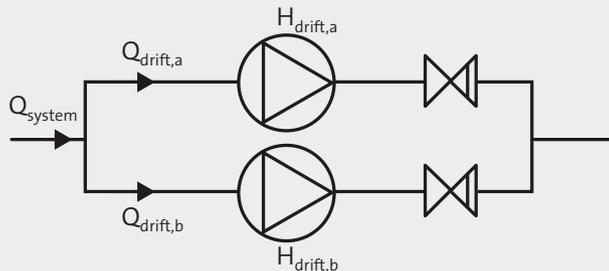
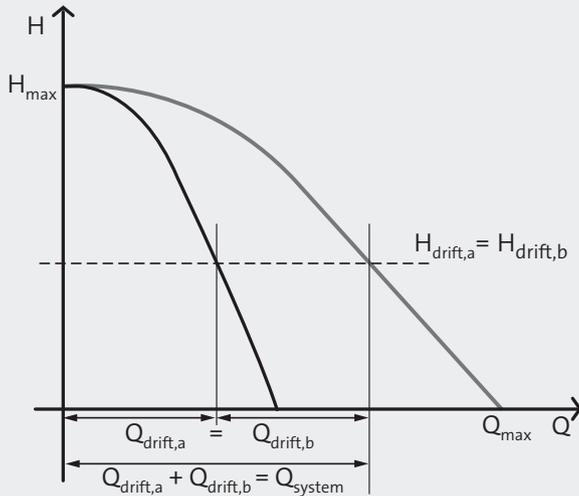


Abb. 4 Zwei Abwasserpumpen in Parallelschaltung

4. In Reihe betriebene Pumpen

Bei Anwendungen zur Förderung von Rohabwasser mit einem niedrigen erforderlichen Durchfluss bei hohem Druck können in Reihe geschaltete Abwasserpumpen die richtige Lösung sein.

In der Regel fördert eine Tauchpumpe das Medium direkt zum Zulauf der trocken aufgestellten Pumpe in der Zwischendecke der Pumpstation.

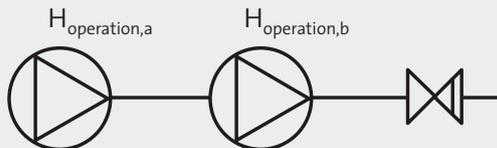
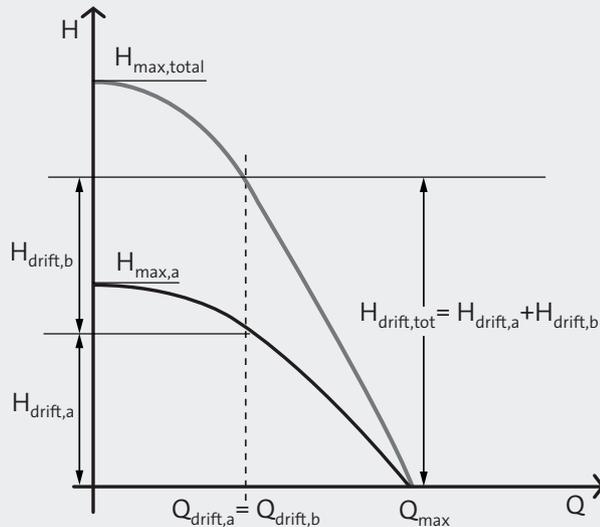


Abb. 5 Zwei Abwasserpumpen in Reihenschaltung

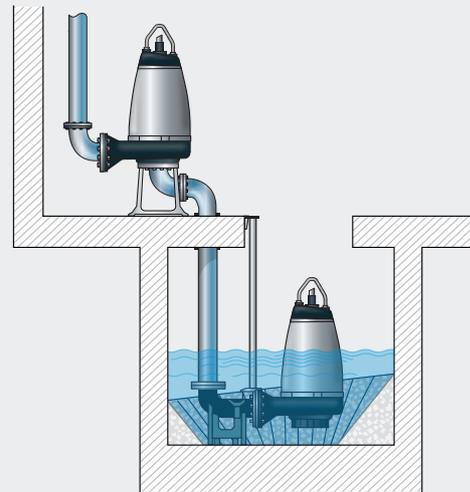


Abb. 6 Tauchbare Abwasserpumpen sowie Trockenschacht-Abwasserpumpen in Reihenschaltung

Bei diesem Installationstyp sollte ein Abflussrohr vom Pumpengehäuse in der trocken aufgestellten Pumpe zurück zum Sammelbrunnen verlaufen. Das Abflussrohr ist mit einem Kugelrückschlagventil mit Kugelschwimmer ausgestattet, um zu verhindern, dass beim Anlaufen der trocken aufgestellten Pumpe Luft in die Anlage gelangt. Die Auslegung des Abflussrohres und des Kugelrückschlagventils sollte innerhalb von 2 Sekunden eine Entlüftung des Rohrsystems zwischen den beiden Pumpen ermöglichen.

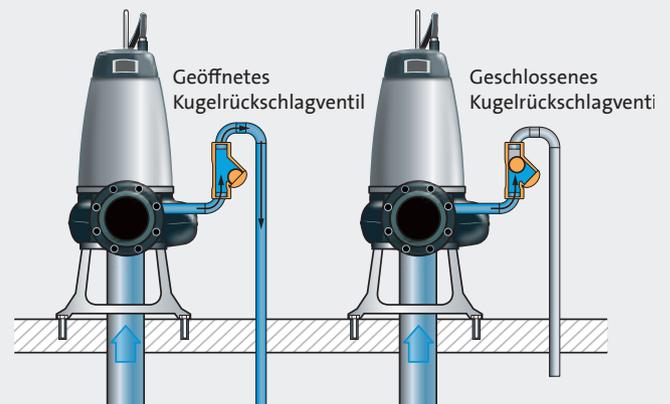


Abb. 7 Darstellung der trocken aufgestellten Abwasserpumpe mit Kugelrückschlagventil mit Kugelschwimmer und Abflussrohr zurück zum Pumpen-Sammelbrunnen

Das Kugelrückschlagventil wird entgegen der normalen Fließrichtung des Abwassers positioniert. Die Positionierung des Kugelschwimmers ermöglicht die Entlüftung des Pumpengehäuses der trocken aufgestellten Pumpe, wenn die Tauchpumpe anläuft und die Anlage mit Wasser füllt.

Beim Anlauf der trocken installierten Pumpe hebt der Wasserdruck den Kugelschwimmer und schließt das Ventil.

Nach dem Ausschalten der Pumpe sinkt der Kugelschwimmer zurück auf seine Position vor dem Pumpenanlauf, und das Kugelrückschlagventil ist wieder offen.

Die Steuerung für die Pumpen muss entweder einen Stern/Delta-Anlauf (Y/D) oder einen Sanftanlauf für die Tauchmotorpumpe und einen Direktanlauf (DOL) mit einem Timer für die trocken aufgestellte Pumpe umfassen, um zu gewährleisten, dass der Anlauf der trocken installierten Pumpe 2 - 3 Sekunden nach dem Anlauf der Tauchmotorpumpe erfolgt. Der Regelkreis muss eine eingebaute Sperre besitzen, die ein gleichzeitiges Anlaufen beider Pumpen verhindert.

5. Auslegung der tauchbaren Abwasserpumpe

5.1. FÖRDERHÖHE, H_p

Der Austrittsdruck der Pumpe, H_p , sollte der Gesamtförderhöhe im System, H_{tot} , entsprechen oder sie übersteigen.

Die Gesamtförderhöhe wird wie folgt berechnet:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_V \quad \text{Dabei gilt}$$

$$H_V = H_{VA} + H_{VR} \quad \text{Dabei gilt}$$

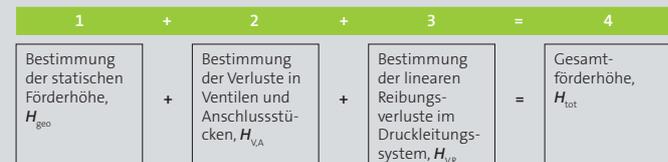
H_{tot} = Gesamtförderhöhe (m)

H_{geo} = Statische Förderhöhe (m)

H_V = Dynamische Förderhöhenverluste (m)

H_{VA} = Förderhöhenverluste in Ventilen und Anschlussstücken usw. (m)

H_{VR} = Lineare Reibungsverluste im Druckleitungssystem (m)



5.2. GESCHWINDIGKEIT IN DRUCKLEITUNGEN

Die Fließgeschwindigkeit sollte in vertikalen Druckleitungen nicht weniger als 1,0 m/s betragen. Andernfalls kann es in ihnen zu schädlichen Ablagerungen von Sand und Fett kommen.

Beachten Sie, dass dies auch bei Parallelbetrieb auftreten kann, wenn die Geschwindigkeit im Verteilerrohr aufgrund des größeren Rohrdurchmessers abnimmt.

Wird die Geschwindigkeit zu niedrig, kann sich Sand im Pumpengehäuse ansammeln und das Laufrad innerhalb kurzer Zeit verschleifen. In der Regel werden die Abmessungen der vertikalen Druckleitungen so gewählt, dass die Geschwindigkeit bei Parallelbetrieb zwischen 1 und 3 m/s liegt.

Bei horizontalen Rohren (sowohl intern als auch extern) liegt das Ziel bei einer Geschwindigkeit von 0,7 - 0,8 m/s. Dies sollte einen reibungslosen Betrieb ohne schädliche Ablagerungen sicherstellen. Um unnötige Druckverluste innerhalb der Anlage zu vermeiden, sollte die Geschwindigkeit 2 - 3 m/s nicht überschreiten. Eine zu hohe Geschwindigkeit erzeugt Strömungsgeräusche im Rohrsystem und verschwendet gleichzeitig Energie.

5.3. BESTIMMUNG VON ANLAGENCHARAKTERISTIKA

Der Pumpendruck muss verschiedene Widerstände in der Pumpenanlage überwinden. Die Gesamtdruckhöhe ändert sich mit der Wassermenge in der Anlage und dem Wasserstand im Pumpenschacht.

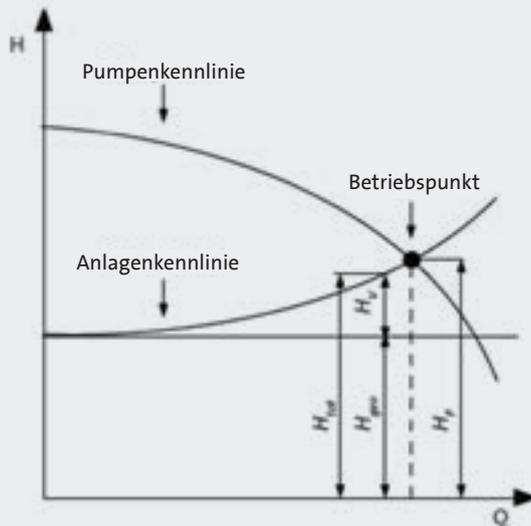


Abb. 8 Pumpenkennlinie mit geodätischer Höhe, Anlagenkennlinie, dynamischer Gesamtförderhöhe und Betriebspunkt für die Pumpe

5.4. STATISCHE HÖHE, H_{GEO}

Die statische Förderhöhe bzw. geometrische Höhe ist unabhängig vom Durchfluss und beschreibt den Höhenunterschied, den das Abwasser mithilfe der Pumpe überwinden muss. Die statische Förderhöhe wird normalerweise als die Differenz zwischen dem Ausschaltniveau der Pumpe und der Höhe des Abflusses der Druckleitung berechnet. Dies unterliegt der Bedingung, dass kein Teil des Rohrsystems auf größerer Höhe liegt und der Ablauf nicht im Medium eingetaucht ist.



Abb. 9 Tauchbare Abwasserpumpe auf Kupplungsfußkrümmer mit Druckleitung, Ausschaltniveau im Schacht und Abfluss der Druckleitung

5.5. ENERGIEVERLUSTE

In einer vorgegebenen Rohranlage zielen alle hydraulischen Berechnungen darauf ab, den Energieverlust zu bestimmen, der beim Durchfluss eines Mediums durch die Anlage auftritt. Mit anderen Worten: Die Energielinie muss festgelegt werden.

Wenn die Energielinie bekannt ist, haben wir den benötigten Überblick über das Rohrsystem und können schließlich kritische Teile erkennen.

Bei Saugleitungen (trockenaufgestellten Pumpen) und luftfreien Druckleitungen lässt sich der Widerstand in zwei Kategorien unterteilen. Verluste beim Einzelwiderstand und Verluste in geraden Leitungen mit konstantem Durchmesser. Einzelwiderstand tritt bei Querschnittsänderungen oder einer Änderung der Rohrachse auf.

5.6. VERLUSTE AN EINZELWIDERSTAND $H_{V,A}$

Der Querschnitt der Druckleitung wird auf Grundlage der gewünschten Geschwindigkeit im Rohr bestimmt. Im Allgemeinen sollte die Strömungsgeschwindigkeit nicht geringer als 0,7 m/s und nicht höher als 2 - 3 m/s sein. Wenn die Geschwindigkeit unter 0,7 m/s liegt, besteht ein erhöhtes Risiko der Bildung von Ablagerungen im Rohr, was weiterhin zu einer Verstopfung führen kann.

Die Strömungsgeschwindigkeit im Rohr errechnet sich wie folgt:

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Dabei gilt:}$$

v = Geschwindigkeit im Rohr (m/s)
Horizontale Rohre: 0,7 - 2 - 3 m/s,
vertikale Rohre: min. 1,0 m/s
 Q = Abwasser-Fördermenge (m³/s)
 A = Interne Rohrfläche (m²)

Beispiel 1:

In dieser Anwendung liegt der benötigte Durchfluss bei 32 l/s und der Durchmesser der Druckleitung beträgt 150 mm.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{32 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0,15^2} = 1,8 \text{ m/s}$$

Wenn der Querschnitt der Druckleitung ausgewählt wurde, lassen sich Förderhöhenverluste in den Ventilen und Anschlussteilen im Druckleitungssystem mit der folgenden Formel berechnen:

$$H_{V,A} = \sum_i \zeta_i \frac{v_i^2}{2g} \quad \text{Dabei gilt:}$$

(Zeta) = Widerstandsfaktor (Z) (-) aus der Tabelle.

$H_{V,A}$ = Förderhöhenverluste in Ventilen und Anschlussstücken usw. (m)

v = Geschwindigkeit in Ventil oder Anschlussstück (m/s)

g = Gravitationskonstante (m/s²)

Beispiel 2:

Der Gesamtwert für Zeta beträgt 8,2

$$H_{V,A} = 8,2 \frac{0,98}{2 \times 9,81} = 0,33 \text{ m}$$

5.7. LINEARE REIBUNGSVERLUSTE IN DRUCKLEITUNG, $H_{V,R}$

Nach der Berechnung des Förderhöhenverlustes in Einzelwiderständen kann nun der Gesamtdruckverlust in der Druckleitung bestimmt werden:

$$H_{V,R} = H_{V,J} \times L_{V,I}$$

Dabei gilt

$H_{V,R}$ = Lineare Reibungsverluste im Druckleitungssystem (m)

$H_{V,J}$ = Förderhöhenverlust als Funktion der Fördermenge (-)

$L_{V,I}$ = Rohrleitungslänge (m)

Beispiel:

Der Länge der Druckleitung beträgt 213 m.

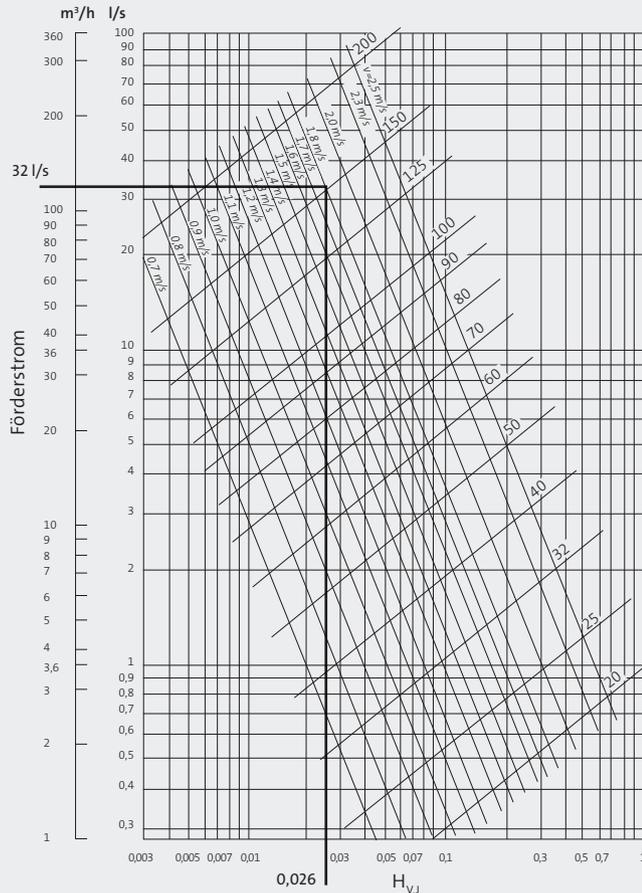


Abb. 10 Nomogramm zum Finden von $H_{v,l}$

$$H_{v,R} = H_{v,l} \times L_{v,l} = 0,026 \times 213 = 5,5 \text{ m}$$

5.8. AUSTRITTSDRUCK, H_p

Der Austrittsdruck der Pumpe, H_p , sollte der Gesamtförderhöhe im System, H_{tot} , entsprechen oder sie überst eigen.

Die Gesamtförderhöhe wird wie folgt berechnet:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_v, \quad \text{wobei} \quad H_v = H_{v,A} + H_{v,R}$$

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{v,A} + H_{v,R}$$

H_{geo} = Auslassniveau der Druckleitung - Ausschaltniveau der Pumpe

Weitere Daten:

Straßenniveau 0,0 m

Druckleitungs-Zulauf in den Hauptabwasserkanal 1,0 m unter Straßenniveau.

Größte Druckleitungshöhe 1,5 m über Straßenniveau

Höchste Rückstauenebene 2,0 unter Straßenniveau.

Abwasser-Zulaufhöhe 5,5 m unter Straßenniveau

Ausschaltniveau der Pumpe 6,5 m unter Straßenniveau

Statische Förderhöhe = 5,5 m

Beispiel:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{v,A} + H_{v,R}$$

$$H_{tot} = 5,5 \text{ m} + 0,75 \text{ m} + 5,5 \text{ m} = 11,75 \text{ m}$$

5.9. GESAMTFÖRDERHÖHE, H_{TOT}

Wenn die Anlagencharakteristik berechnet und in das Diagramm der Pumpenleistung eingefügt wurde, schneidet sie sich mit der Leistungskennlinie für Q und H.

Der Schnittpunkt ist zugleich der Betriebspunkt für die Pumpen in der Anlage.

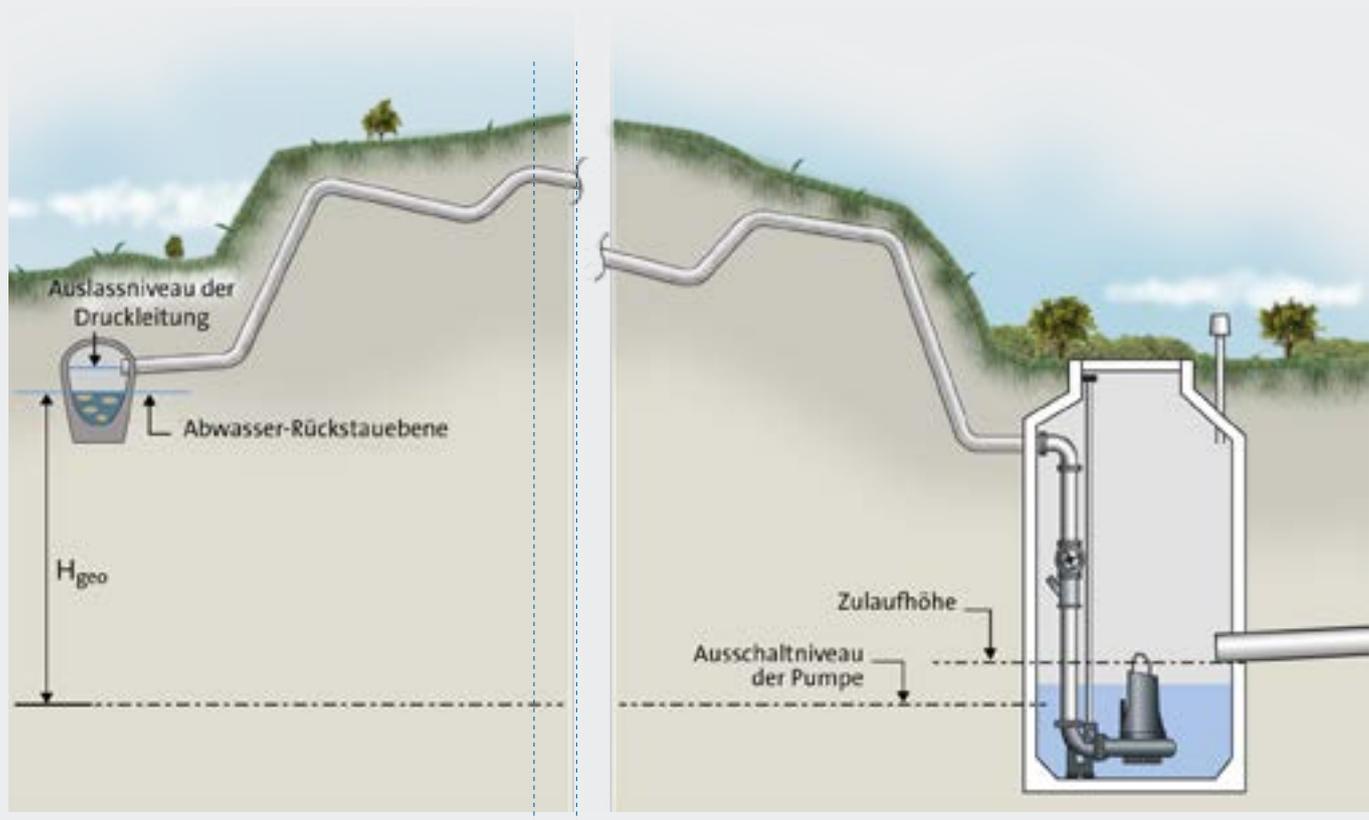


Abb. 11 Druckleitungssystem mit Siphoneffekt

Bei Auswahl der richtigen Pumpe für die Anwendung ist darauf zu achten, dass der Auslassdruck der Pumpe hoch genug ist, um das Abwasser über den höchsten Punkt in der Druckleitung zu befördern. In diesem Fall liegt er 2,5 m höher als die Gesamtförderhöhe. Nach dem höchsten Punkt erzeugt der Abwärtsfluss den Siphoneffekt.

6. Die Pumpen

In dieser Anwendung sind zwei Pumpen installiert, um die erforderliche Reservekapazität von 100 % zu erreichen. Beide Pumpen sind auf die volle Kapazität ausgelegt. Dabei läuft immer jeweils nur eine Pumpe im Wechselbetrieb.

Die richtige Pumpe lässt sich im Grundfos Product Center (product-selection.grundfos.com) ermitteln.

Fördermenge, statische Höhe (geometrische Höhe) und Reibungsverluste werden im Grundfos Product Center als Eingabewerte verwendet:

$$\begin{aligned} \text{Fördermenge, } Q_{\text{tot}} &= 32 \text{ l/s} \\ \text{Statische Höhe, } H_{\text{geo}} &= 5,5 \text{ m} \\ \text{Reibungsverluste: } H_{\text{V,A}} + H_{\text{V,R}} &= 6,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Im Grundfos Product Center wird das Modell SL1.80.100.55.4.50B.C mit einem 50-Hz-Motor, einem freien Durchgang von 80 mm im Laufrad und einem Auslassflansch mit DN100 ausgewählt. Die Pumpe hat einen Betriebspunkt mit einem Durchfluss von 32,5 l/s (+1 %) und einer Förderhöhe von 11,92 m (+2 %).

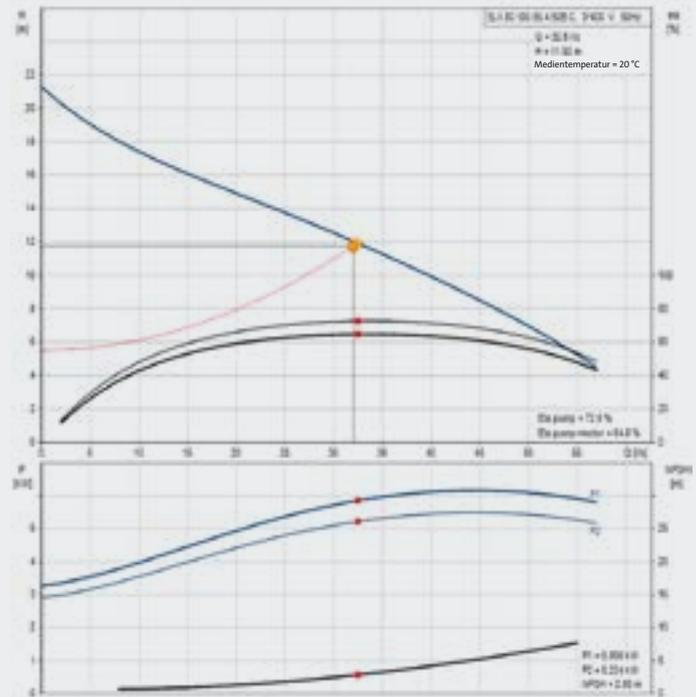
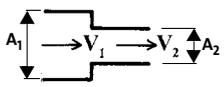
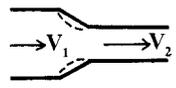
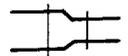
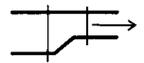
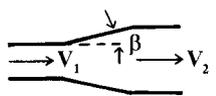
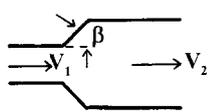
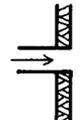


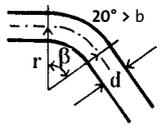
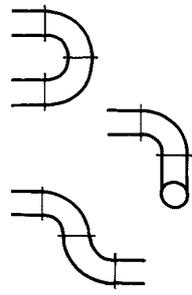
Abb. 12 Leistungsübersicht im Grundfos Product Center

7. Zeta-Werte in Einzelwiderständen

Verengung															
	<p>Plötzliche Verengung</p> <table border="1"> <tr> <td>A_2/A_1:</td> <td>0</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>ξ:</td> <td>0,5</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>0,1</td> <td>0</td> </tr> </table>	A_2/A_1 :	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	ξ :	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
A_2/A_1 :	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0									
ξ :	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0									
	<p>Konische oder abgerundete Verengung</p> <p>$\xi \sim 0 - 0,1$</p>														
	<p>Standardverengung</p> <p>$\xi \sim 0$</p>														
	<p>Exzentrisches Reduzierstück</p> <p>$\xi \sim 0,5$</p>														

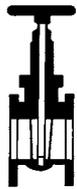
Erweiterung									
	<p>$\beta < 20^\circ$</p> $\Delta H = \xi \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ <table border="1"> <tr> <td>β:</td> <td>5°</td> <td>10°</td> <td>15°</td> </tr> <tr> <td>ξ:</td> <td>0,2</td> <td>0,5</td> <td>0,85</td> </tr> </table>	β :	5°	10°	15°	ξ :	0,2	0,5	0,85
β :	5°	10°	15°						
ξ :	0,2	0,5	0,85						
	<p>$\beta \geq 20^\circ$</p> $\Delta H = 1,1 \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ <p>für turbulenten Fluss</p>								

Erweiterung	
	<p>Standarderweiterung</p> <p>$\xi = 1,0$</p>
	<p>Ablauf</p> <p>$\xi = \alpha$</p>

Richtungsänderung	
	<p>Rohrbögen</p> <p>$\beta = 90^\circ$</p> <p>$r > 4d$: $\xi \sim 0,2$ (raues Rohr) $\xi \sim 0,1$ (glattes Rohr)</p> <p>$r = d$: $\xi \sim 0,5$ (raues Rohr) $\xi \sim 0,2$ (glattes Rohr)</p> <p>$\beta < 90^\circ$</p> <p>$\xi = \xi_{90} \sin \beta$</p>
	<p>Standardbögen</p> <p>$\xi \sim 1,0$ $d \leq 20$ mm $\xi \sim 0,5$ $d > 20$ mm</p>
	<p>Zwei 90°- Rohrbögen</p> <p>$\xi = 2 \times \xi_{\text{single}}$</p> <p>$\xi = 3 \times \xi_{\text{single}}$</p> <p>$\xi = 4 \times \xi_{\text{single}}$</p>

Ventile und Entnahmestellen

ξ -values strongly depend on shape.
Es sollten die Werkseinstellungswerte verwendet werden.



Schieber **ohne**
Verengung: $\xi = 0,1 - 0,3$

Schieber **mit**
Verengung: $\xi = 0,3 - 1,2$



Rückschlag-Klappenventil
 $\xi = 0,5 - 1,0$
(vollständig geöffnet)



Ball non-return valve
 $\xi \sim 1,0$ (vollständig geöffnet)

Die oben stehenden ξ -Werte gelten für vollständig geöffnete Ventile.

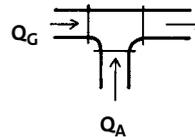
Bei halb geöffneter Stellung kann ξ 2 - 3-mal so groß sein. Je nach Form und Stellung ist eine bestimmte Mindest-Strömungsgeschwindigkeit durch das Ventil erforderlich, damit es als vollständig geöffnet gilt. Diese Daten sind vom Hersteller einzuholen.

Zusammenfluss

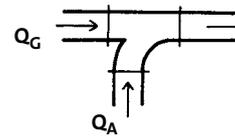
A = Verzweigung
G = gerader Fluss



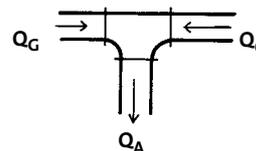
Q_A/Q	0,2	0,4	0,6	0,8
ξ_A	0	0	0,5	0,8
ξ_G	0,2	0,3	0,4	0,5



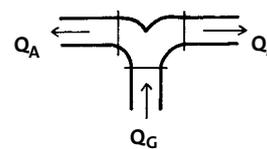
T-Stück, Zusammenfluss
 $\xi_A \sim 1,0$
 $\xi_G \sim 0,5$



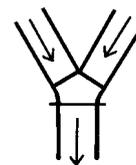
T-Stück, Zusammenfluss
 $\xi_A \sim 0,5$
 $\xi_G \sim 0$



T-Stück, symmetrische Verzweigung oder Zusammenfluss
 $\xi_A \sim 3,0$



T-Stück, symmetrische Verzweigung oder Zusammenfluss
 $\xi_A \sim 1,5$



Y-Stück, symmetrische Verzweigung oder Zusammenfluss
 $\xi \sim 0,6$

8. Auslegung tauchbarer Trockenschacht-Abwasserpumpen

In der Pumpstation werden drei vertikale Trockenschacht-Tauchmotorpumpen benötigt. Eine Pumpe dient als Reserve. Die beiden anderen Pumpen werden in Wechsel- und Parallelbetrieb betrieben. Die erforderliche Förderleistung bei Spitzenlast, wenn zwei Pumpen parallel laufen, beträgt 110 l/s am Ausschaltniveau. Die statische Förderhöhe vom Pumpenzulauf zum Auslass der Druckleitung beträgt 4,5 m.

8.1. ROHRSYSTEM

Die Saug- und Druckleitungen in der Pumpstation bestehen aus verzinktem Stahl. Die Druckleitung außerhalb der Station ist aus PVC PN6 hergestellt.

Die Saugleitungen vom Sammelbrunnen zur Pumpe sind auf DN200 festgelegt mit einer Länge von 4,5 m.

Die Druckleitungen innerhalb der Pumpstation sind auf DN150 mit einer Länge von 9,2 m festgelegt und erweitern sich hinter dem Sammelrohr auf DN250.

Die Druckleitung außerhalb der Pumpstation ist auf DN250 festgelegt, besteht aus PVC und hat eine Länge von 423 m.

8.2. BERECHNUNG DER VORHANDENEN NPSH

Bei Bezugnahme auf die erforderliche NPSH und Bestimmung der vorhandenen NPSH müssen beide Werte der gleichen Referenzlinie der Pumpe zugeordnet werden. Bei vertikal installierten Pumpen verläuft die Referenzlinie durch den unteren Teil des Laufrads.

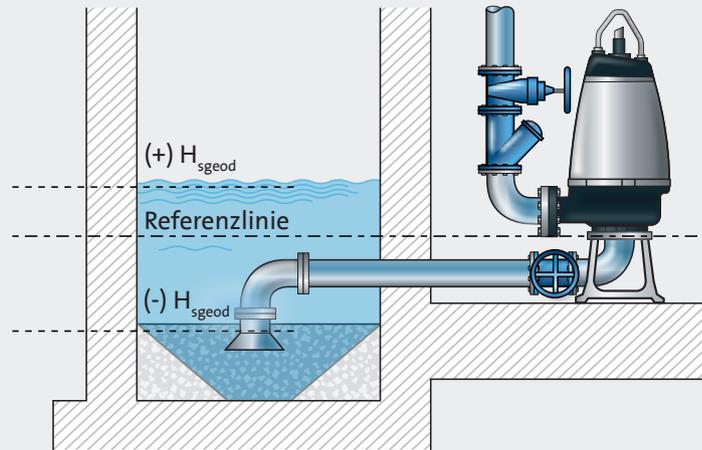


Abb. 13 Referenzlinie mit positiver und negativer H_{sgeod}

H_{sgeod} ist der geodätische Höhenunterschied in m zwischen der Wasseroberfläche im Pumpen-Sammelbrunnen und der Referenzlinie in der Pumpe.

Wenn der Wasserstand unterhalb der Referenzlinie liegt, muss er mit einer negativen (-) H_{sgeod} berechnet werden.

Liegt der Wasserstand oberhalb der Referenzlinie, wird er mit einer positiven (+) H_{sgeod} berechnet.

8.3. ERMITTELN DER VORHANDENEN NPSH

$$\text{NPSH vorhanden} = H_{\text{atm}} + H_{\text{sgeod}} - H_{\text{sf}} + (V_s^2 / 2g)$$

Dabei gilt:

H_{atm} = Atmosphärendruck

H_{sgeod} = Geodätischer Höhenunterschied

H_{sf} = Reibungsverlust in der Saugleitung in Metern

V_s = Geschwindigkeit am Pumpenzulauf

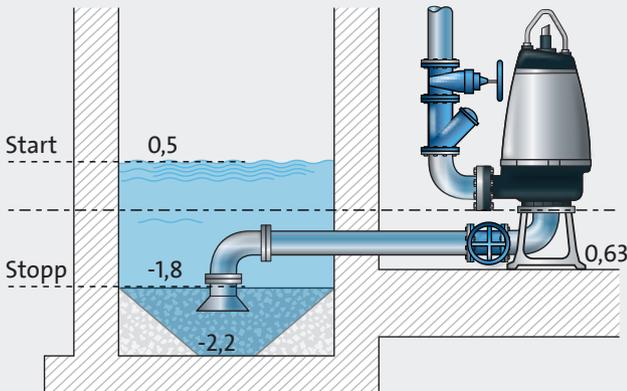


Abb. 14 Referenzlinie mit vorläufigen Einschalt- und Ausschalt-niveaus

Als Faustregel wird das Ausschalt-niveau auf 200 mm über dem Zulauf zur Saugleitung festgelegt.

8.4. REIBUNGSVERLUSTE IN DER SAUGLEITUNG H_{sf}

Die Reibungsverluste in der Saugleitung H_{sf} sollten der erforderlichen NPSH minus 0,5 m für die Pumpe bei der Spitzenlast von 55 l/s entsprechen.

Als Vorauswahl haben wir uns für diese Anwendung für die Grundfos Pumpe des Typs SE1.85.150.100.4 entschieden.

8.5. VERLUSTE AN EINZELWIDERSTÄNDEN $H_{\text{v,A}}$

In dieser Anwendung liegt der benötigte Durchfluss bei 55 l/s und der Durchmesser der Saugleitung beträgt 200 mm.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{55 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0,2^2} = 1,75 \text{ m/s}$$

Die Förderhöhenverluste an den Ventilen und Anschlussstücken im Saugleitungssystem werden anhand folgender Formel berechnet:

$$H_{\text{v,A}} = \sum_i \zeta_i \frac{V_i^2}{2g} \text{ Dabei gilt}$$

(Zeta) = Widerstandsfaktor (Z) (-) aus der Tabelle.

$H_{\text{v,A}}$ = Förderhöhenverluste in Ventilen und Anschlussstücken usw. (m)

v = Geschwindigkeit in Ventil oder Anschlussstück (m/s)

g = Gravitationskonstante (m/s²)

Zeta-Werte für Widerstände

Glockenmündung = 0,1

Rohrbogen mit 90° = 0,5

Absperrschieber = 0,3

Rohrbogen mit 90° = 0,5

Zulauf zur Pumpe = 1,0

Zeta-Gesamtwert = 2,4

$$H_{\text{v,A}} = 2,4 \frac{1,75}{2 \times 9,81} = 0,21 \text{ m}$$

8.6. VERLUSTE IN GERADEN SAUGLEITUNGEN

Leitungsverlustnomogramme finden verbreitete Anwendung und ermöglichen die schnelle und sichere Verlustberechnung. In diesem Fall verwenden wir das Nomogramm für Reibungsverluste in geraden verzinkten Leitungen mit Ablagerungen. Es findet sich an einer späteren Stelle in diesem Handbuch.

55 l/s in einer geraden verzinkten Stahlleitung mit 4,5 m Länge und einem Durchmesser von 200 mm = $0,024 \times 4,5 = 0,11$ m.

Verluste in der Saugleitung: $0,21 + 0,11 = 0,32$ m

Vorhandene NPSH bei einer Berechnung mit einer negativen $H_{s_{\text{geod}}}$ von 1,8 m und einem Sicherheitszuschlag von 0,5 m

NPSH vorhanden =

$$H_{\text{atm}} - H_{s_{\text{geod}}} - H_{\text{sf}} - 0,5 + (V_s^2 / 2g)$$

Vorhandene NPSH am Ausschaltniveau =

$$10 - 1,8 - 0,32 - 0,5 + 0,16 = 7,5 \text{ m}$$

Erforderliche NPSH für die vorausgewählte Pumpe mit einem Durchfluss von 55 l/s = 2,2 m

Überprüfung auf NPSH:

$$10 - 1,8 - 0,32 - 0,5 + 0,16 - 2,2 = 5,3 \text{ m}$$

Die Pumpe kann daher mit einer geodätischen Saughöhe von 5,3 m betrieben werden.

8.7. REIBUNGSVERLUSTE IN DRUCKLEITUNGEN INNERHALB DER PUMPSTATION

Verluste an Einzelwiderständen $H_{v,A}$

Zeta-Werte für Widerstände

Pumpenabfluss = 1,0

Rohrbogen mit 90° = 0,5

Absperrschieber = 0,3

Rückschlag-Kugelventil = 1,0

Rohrbogen mit 90° = 0,5

Standarderweiterung = 1,0

Zeta-Gesamtwert = 4,3

$$H_{v,A} = 4,3 \frac{3,1}{2 \times 9,81} = 0,68 \text{ m}$$

Verluste in gerader Druckleitung

55 l/s in einer geraden verzinkten Stahlleitung mit 9,2 m Länge und einem Durchmesser von 150 mm = $0,12 \times 9,2 = 1,1$ m.

Verluste in einer Druckleitung innerhalb der Pumpstation:

$$0,68 + 1,1 = 1,78 \text{ m}$$

8.8. REIBUNGSVERLUSTE IN DRUCKLEITUNGEN AUSSERHALB DER PUMPSTATION

Verluste an Einzelwiderständen $H_{v,A}$

Der benötigte Durchfluss beträgt 110 l/s, und der Durchmesser der Druckleitung außerhalb der Pumpstation beträgt 250 mm, PVC, Länge 423 m.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{110 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0,25^2} = 2,2 \text{ m/s}$$

Zeta-Werte für Widerstände

3 x Rohrbogen mit 90° = 1,5

Ablauf = 1,0

Zeta-Gesamtwert = 2,5

$$H_{v,A} = 2,5 \frac{2,2}{2 \times 9,81} = 0,28 \text{ m}$$

Verluste in gerader Druckleitung

110 l/s in einer geraden verzinkten PVC-Leitung mit 423 m Länge und einem Durchmesser von 250 mm = $0,015 \times 423 = 6,3$ m.

Verluste in Druckleitung außerhalb der Pumpstation:

$0,28 + 6,3 = 6,58$ m

Gesamtverluste in der Anlage

Saugleitung = 0,32 m

Druckleitung innerhalb der Pumpstation = 1,78 m

Druckleitung außerhalb der Pumpstation = 6,58 m
8,68 m

Gesamtförderhöhe

Negative Ansaughöhe = -1,8 m

Statische Höhe ab Referenzebene = 4,5 m

Reibungsverluste = 8,7 m
15,0 m

9. Die Pumpen

In dieser Anwendung beträgt die erforderliche Kapazität für zwei Pumpen im Parallelbetrieb 110 l/s.

Die richtige Pumpe lässt sich im Grundfos Product Center (product-selection.grundfos.com) ermitteln.

Fördermenge, Ansaughöhe und Reibungsverluste werden im Grundfos Product Center als Eingabewerte verwendet:

Flow, Q_{tot} bei Ausschaltniveau = 110 l/s
Ansaughöhe, H_{geod} = -1,8 m
Statische Höhe, H_{geod} ab Referenzebene = 4,5 m
Reibungsverluste: $H_{V,A} + H_{V,R}$ = 8,7 m

Pumpentyp SE1.85.150.110.4

Daten bei Ausschaltniveau für zwei Pumpen im Parallelbetrieb

Q = 112 l/s (+ 2 %)
H = 14,49 m (+2 %)
NPSH = 4,6 m (erforderlich)
NPSH = 7,5 m (vorhanden)

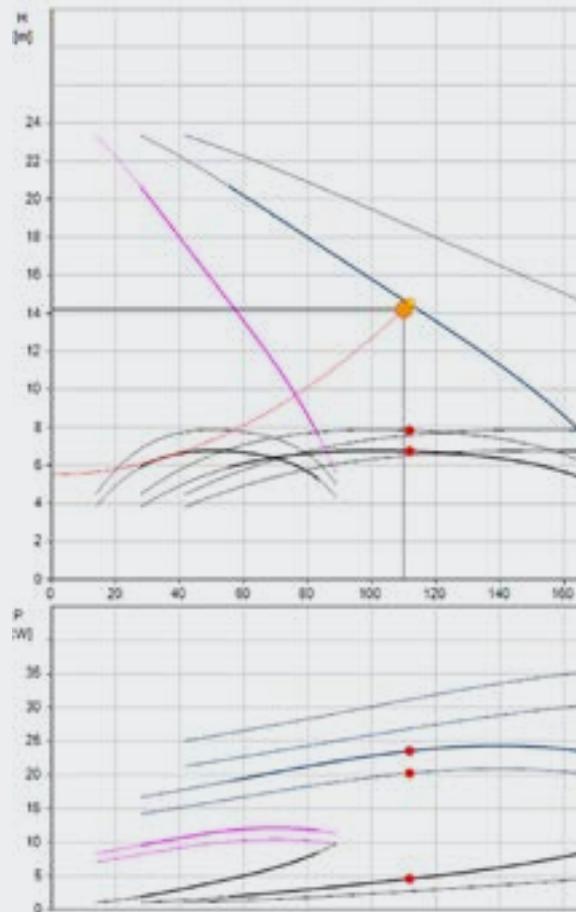


Abb. 15 Zwei Pumpen des Typs SE1.85.150.110.4 im Parallelbetrieb bei Ausschaltniveau

Daten bei Ausschaltniveau mit nur einer Pumpe in Betrieb:

Q = 77,6 l/s
H = 9,7 m
NPSH = 7,5 m (erforderlich)
NPSH = 7,5 m (vorhanden)
Geschwindigkeit = 1,58 m/s in Druckleitung mit DN250 außerhalb der Pumpstation
Geschwindigkeit = 2,47 m/s in Saugleitung mit DN200 und Druckleitung außerhalb der Pumpstation

Daten bei Durchschnittsniveau für zwei Pumpen im Parallelbetrieb:

Q = 117 l/s
 H = 13,92 m
 NPSH = 4,86 m (erforderlich)
 NPS = 7,5 m (vorhanden)

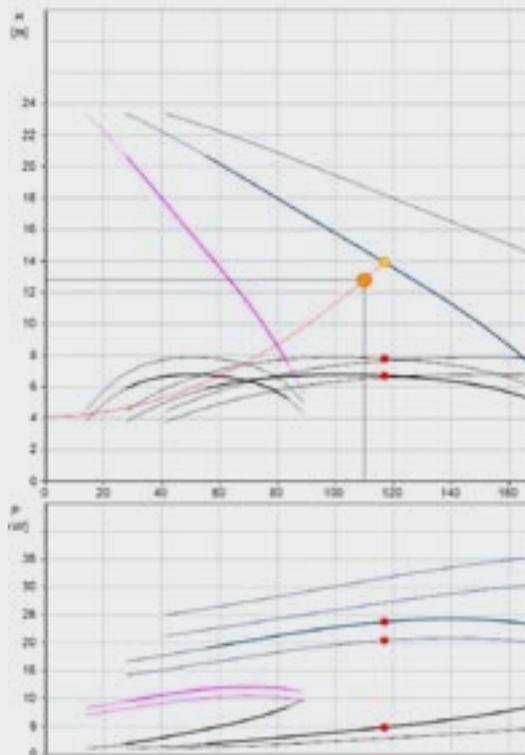


Abb. 16 Zwei Pumpen des Typs SE1.85.150.110.4 im Parallelbetrieb bei Durchschnittsniveau

Daten bei Durchschnittsniveau mit nur einer Pumpe in Betrieb:

Q = 80,3 l/s
 H = 8,8 m
 NPSH = 7,9 m (erforderlich)
 NPSH = 7,45 m (vorhanden) Kavitationsrisiko
 Geschwindigkeit = 1,63 m/s in Druckleitung mit DN250 außerhalb der Pumpstation
 Geschwindigkeit = 2,56 m/s in Saugleitung mit DN200 und Druckleitung innerhalb der Pumpstation

Daten bei Einschaltniveau für zwei Pumpen im Parallelbetrieb:

Q = 122 l/s
 H = 13,38 m
 NPSH = 5,13 m (erforderlich)
 NPSH = 7,5 m (vorhanden)

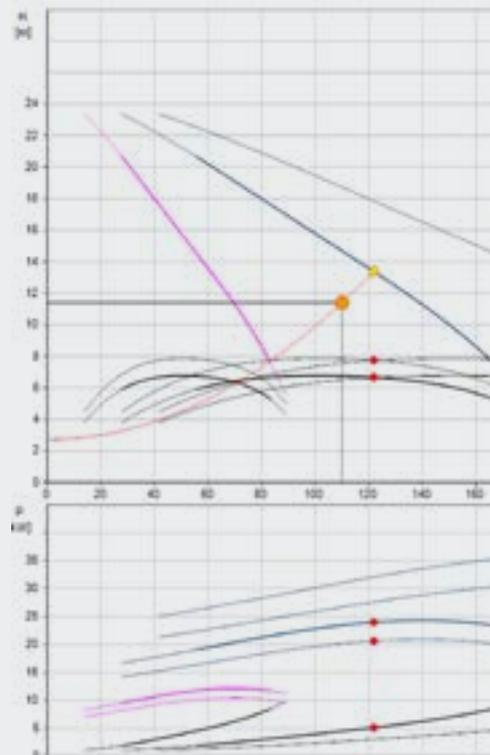


Abb. 17 Zwei Pumpen des Typs SE1.85.150.110.4 im Parallelbetrieb bei Einschaltniveau

Daten bei Einschaltniveau mit nur einer Pumpe in Betrieb:

Q = 83 l/s
 H = 7,8 m
 NPSH = 8,1 m (erforderlich)
 NPSH = 7,45 m (vorhanden) Kavitation
 Geschwindigkeit = 1,7 m/s in Druckleitung mit DN250 außerhalb der Pumpstation
 Geschwindigkeit = 2,64 m/s in Saugleitung mit DN200 und Druckleitung innerhalb der Pumpstation

Pumpentyp SE1.85.150.110.4 ist eine gute Wahl für zwei Pumpen im Parallelbetrieb. Wenn die Anwendung sowohl Wechsel- als auch Parallelbetrieb erfordert, sollte das Ausschaltniveau im Sammelbrunnen auf -1,2 m anstelle von -1,8 m festgelegt werden, um Kavitation zu vermeiden, wenn nur eine Pumpe in Betrieb ist.

Alternativ kann das Steuergerät mit einem Ausschaltniveau von -1,8 m für den Parallelbetrieb und -1,2 m für den Wechselbetrieb programmiert werden.

10. Betriebspunkt für parallele Pumpstationen

Der kombinierte Betriebspunkt für zwei oder mehr Pumpstationen, die von unterschiedlichen Höhenniveaus in eine gemeinsame Druckleitung fördern, lässt sich anhand der folgenden grafischen Methode ermitteln.

Abb. 18 zeigt die grafische Veranschaulichung einer Situation, in der zwei Pumpstationen im Parallelbetrieb laufen und das Medium in eine gemeinsame Druckleitung fördern. Wenn beide Pumpen laufen, bestimmt der Druck am Kreuzungspunkt (3), wo sich die Flüsse aus beiden Stationen vereinen, die Betriebspunkte der Pumpe.

Die Gesamtförderhöhen für die einzelnen Pumpstationen besteht aus den Komponenten in Abb. 19.

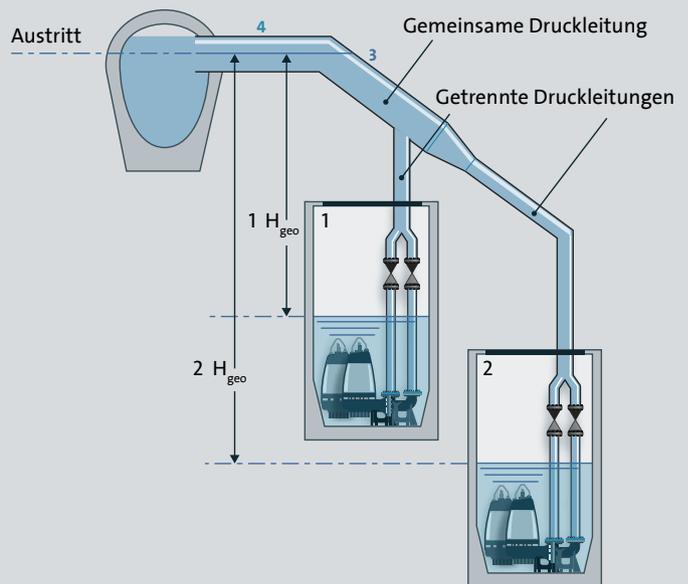
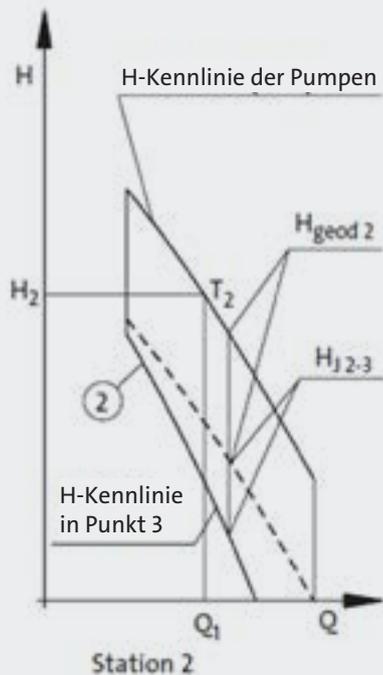


Abb. 18 Zwei Pumpstationen in Parallelbetrieb Definitionen und Förderhöhen.



Schritt 4:

Der Schnittpunkt A der H-Kennlinie für die kombinierten Pumpstationen 1+2 und die Förderhöhenverlust-Kennlinie HJ 3-4 repräsentiert den kombinierten Betriebspunkt $Q_1 + Q_2$.

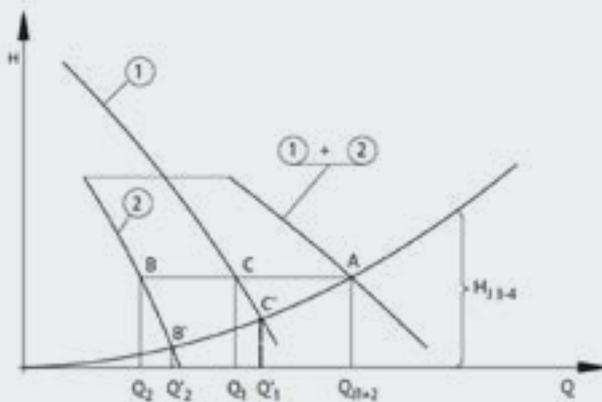
Schritt 5:

Die horizontale Linie verläuft durch Punkt A und schneidet die separaten Förderhöhen-Kennlinien 1 und 2 an den Punkten C und B. Die entsprechenden Durchflussraten an diesen Punkten, Q_1 und Q_2 , stehen für die jeweilige Einzelleistung der Pumpstationen.

Schritt 6:

Fügen Sie die einzelnen Betriebspunkte Q_1 und Q_2 in den einzelnen Förderhöhen-Kennlinien für die Pumpstationen ein. Der Betriebspunkt für die einzelnen Stationen wird in Form der Schnittpunkte T_1 und T_2 angezeigt.

Die Betriebspunkte für die einzeln arbeitenden Pumpstationen entsprechen den Schnittpunkten C' und B' der einzelnen reduzierten Förderhöhen-Kennlinien 1 und 2 mit der Förderhöhenverlust-Kennlinie HJ 3-4, die in Schritt 3 oben eingefügt wurde.



Diese Vorgehensweise gilt auch für Anlagen mit weiteren Pumpstationen, die in eine gemeinsame Druckleitung fördern, doch dies kann sich als schwierige Aufgabe erweisen.

Es empfiehlt sich, größere Klärwasseranlagen aus Sammelgruben und Abschnitten mit Freispiegelkanälen in separate Druckabschnitte aufzuteilen, die sich genau bestimmen lassen. Auf diese Weise werden komplexe Berechnungen umschifft.

Abb. 19 Reibungsverlust-Kennlinie für die gemeinsame Druckleitung mit reduzierten H-Kennlinien für die Stationen 1 und 2

11. Komplexe Druckleitungen

Lange Druckleitungen aus Klärwasser-Pumpstationen besitzen häufig komplexe Profile mit hohen und niedrigen Punkten. In den hohen Punkten besteht die Gefahr von Luft- oder Gasansammlungen, was zu einer größeren Förderhöhe führt. Niedrige Punkte erhöhen dagegen das Risiko von Sedimentation.

Es gibt Fälle, in denen sich eine ausgewählte Pumpe aufgrund von Gasansammlungen oder Sedimentation im Rohrsystem als ungeeignet erwiesen hat, obwohl die Geschwindigkeit in den Leitungen 0,7 m/s betrug.

Gas- und Luftansammlungen sowie Sedimentation in der Anlage wirken wie eine Verringerung des Rohrdurchmessers und führen in der Folge zu einem höheren Pumpendruck und dadurch zu weniger Durchfluss, was wiederum eine niedrigere Geschwindigkeit nach sich zieht.

Der Wechselbetrieb der Pumpen erschwert die Bestimmung der genauen Leistung in langen Klärwasser-Druckleitungen mit hohen und niedrigen Punkten. Die Bewegung von Wasser im Leitungssystem während eines Pumpzyklus könnte auf 100 Meter absinken, Luft- oder Gas im Rohr wird nicht entfernt, und der Durchfluss wird währenddessen nicht stabilisiert.

11.2. GESCHWINDIGKEIT IN EINER KOMPLEXEN DRUCKLEITUNG

Abb. 20 zeigt Luft in Abschnitt YK-VP der Druckleitung. Der Flüssigkeitsstand VP beginnt bei Anlauf der Pumpe, langsam zu steigen, der Luftdruck im Abschnitt YK-VP nimmt zu und zwischen Punkt VP und Punkt PK entsteht Durchfluss (v_2).

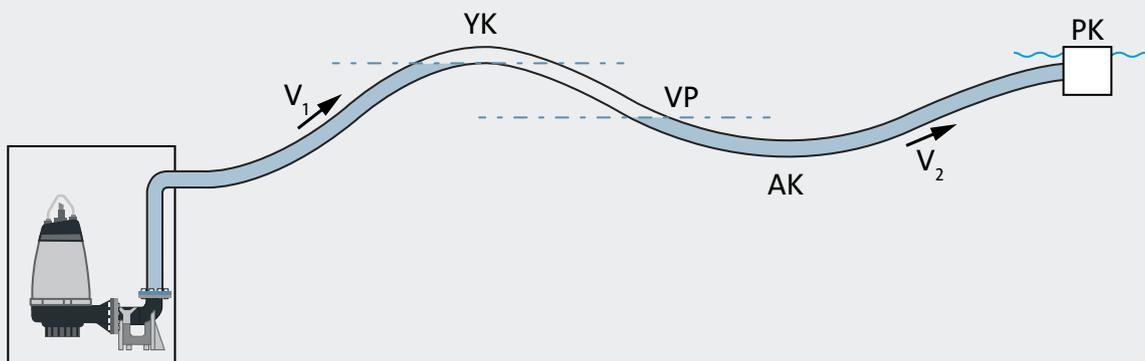


Abb. 20 Geschwindigkeit und Durchfluss in einer Druckleitung mit hohen und tiefen Punkten

Wird die Pumpe ausgeschaltet, besteht der Durchfluss von VP zu PK noch eine Weile weiter und nimmt dann allmählich ab.

Weil der Durchfluss von Punkt VP nach Punkt PK länger dauert als die Laufzeit der Pumpe, ist die maximale Fließgeschwindigkeit v_2 niedriger als v_1 . Die Fließgeschwindigkeit von v_2 und der ansteigende Abschnitt hinter Punkt AK können das Risiko von Sedimentation erhöhen. Die Luft oder das Gas im Abschnitt YK-VP verhindert einen Siphon-Effekt, was zu einer größeren geodätischen Höhe führt.

Die genaue Position von Punkt VP lässt sich nur schwer ermitteln. Bei konstanter Luftmenge wäre es möglich, die Position von VP als Funktion der Zeit zu berechnen. In der Praxis schwankt die Luftmenge in der Druckleitung jedoch. Daher ist eine Berechnung von Punkt VP nicht möglich.

Wenn YK unter PK liegt, ließe sich die Luft mit einem automatischen Entlüftungsventil beseitigen. Liegt Punkt YK höher als PK, fließt die Luft nach dem Ausschalten der Pumpe zurück in die Leitung.

Automatische Entlüftungsventile sind in Klärwasseranlagen anfällig für Verstopfung. Eine mögliche Lösung stellt ein handbetriebenes Luftventil dar, das entsprechend der Daten zu den im Laufe der Zeit entstandenen Luft- oder Gasansammlungen in bestimmten Intervallen geöffnet wird.

11.3. BESTIMMUNG DER FÖRDERHÖHE IN KOMPLEXEN DRUCKLEITUNGEN

Bei einer Druckleitungen mit einem ähnlichen Profil wie in Abb. 21 ist eine exakte Bestimmung der benötigten dynamischen Förderhöhe recht schwierig. Eine Schätzung ist jedoch immer möglich. Die Bestimmung der minimalen Förderhöhe (H_{\min}) erfolgt, wenn die Druckleitung vollständig mit Wasser gefüllt ist. Die maximale Förderhöhe (H_{\max}) wird ermittelt, wenn alle abwärts führenden Abschnitte mit Luft oder Gas gefüllt sind.

Daher:

$H_{\min} = H_{\text{geod}} + \text{Reibungsverluste des Leitungsdurchflusses über die Gesamtlänge der Druckleitung}$

$H_{\max} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n + \text{Reibungsverluste des Leitungsdurchflusses über die Gesamtlänge der Druckleitung}$

Die tatsächliche Gesamtförderhöhe hat einen Wert zwischen dem Maximal- und dem Minimalwert. Eine sinnvolle Schätzung wäre etwa der Mittelwert von H_{\max} und H_{\min} .

11.4. ROHRLEITUNGSQUERSCHNITT UND STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT

Wie oben erwähnt gleichen Luft- oder Gasansammlungen in der Druckleitung die Strömungsgeschwindigkeit in den nachfolgenden Abschnitten aus. Dies führt zu einer niedrigeren Strömungsgeschwindigkeit an den niedrigen Punkten im Rohrsystem. Aus diesem Grund sollte eine Druckleitung gewählt werden, deren Durchmesser klein genug ist, um sicherzustellen, dass die Strömungsgeschwindigkeit nicht zu langsam wird.

Ein kleineres Rohr besitzt auch ein kleineres Volumen. Das heißt, dass das Wasser bei jedem Pumpzyklus eine größere Strecke zurücklegt und es zu höheren Strömungsgeschwindigkeiten am niedrigen Punkt der Rohrleitung kommt.

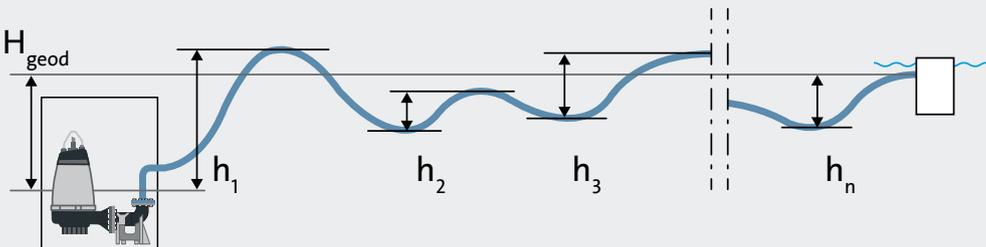


Abb. 21 Bestimmung der Förderhöhe

Eine kleinerer Rohrdurchschnitt ist auch hinsichtlich der Geruchsentwicklung besser, da das Klärwasser eine kürzere Zeit in der Druckleitung verbleibt. Eine höhere Strömungsgeschwindigkeit kann auch einen Teil der Luft in der Leitung mit sich reißen. In solchen Fällen sollte die Nenn-Strömungsgeschwindigkeit (v_1) mindestens 1,0 m/s betragen, in schwierigeren Fällen sogar noch mehr.

11.5. AUSWAHL DER PUMPE

In komplexen Rohrsystemen kann die tatsächliche Förderhöhe erheblich von der berechneten Förderhöhe abweichen. Wenn der berechnete Betriebspunkt in der Nähe des Endes des entsprechend der Q/H-Kennlinie zulässigen Betriebsbereichs liegt, ist diese Pumpe nicht die richtige Wahl. Eine Pumpe, deren Q/H-Kennlinie oberhalb des berechneten Betriebspunkts verläuft, ist eine bessere Wahl, da sie in Bezug auf Strömungsgeschwindigkeit und Förderhöhe ausreichend Sicherheit bietet.

11.6. PRÜFMESSUNGEN

Da der tatsächliche Betriebspunkt bei komplexen Druckleitungen erheblich abweichen kann, ist es unter Umständen sinnvoll, das Volumen der Durchflussrate einige Wochen nach Inbetriebnahme der Pumpstation mithilfe des volumetrischen Verfahrens zu messen. Bei einem Vergleich der gemessenen Werte mit den berechneten zeigen sich Abweichungen und Hinweise auf den tatsächlichen Zustand der Druckleitung. Die Messungen können im Laufe des ersten Betriebsjahres ein paarmal wiederholt werden, da sich der Luft- oder Gasgehalt im Rohrsystem ändern kann.

Nach der Inbetriebnahme sind Prüfmessungen notwendig.

Alle in schwierigem Gelände verlegten Druckleitungen erfordern eine sorgfältige Planung, standortspezifische Erwägungen und technische Lösungen.

[11]

FREQUENZUMRICHTER

1. Regelung der Pumpen

In kleinen sowie auch in großen Abwasserpumpstationen werden Abwasserpumpen traditionell im Ein-Aus-Modus betrieben. Da der Zulauf von Abwasser im Laufe der Zeit schwankt und häufig nur einen Bruchteil der Pumpenkapazität beträgt, suchten die Ingenieure nach Methoden, Abwasserpumpen mit einer geringeren Kapazität zu betreiben, um gleichzeitig sowohl die Leistung zu optimieren als auch die Betriebskosten zu senken.

Anlagen mit variabler Drehzahl können gegenüber Pumpen mit konstanter Drehzahl eine flexiblere und leistungsfähigere Lösung bieten. Bei richtiger Anwendung kann eine Förderung mithilfe von Pumpen mit variabler Drehzahl zu einer besseren Prozesssteuerung, einem reduzierten Starter-Stromkreis, Energieeinsparungen, einem reibungsloseren Betrieb und geringeren Wartungskosten für die Pumpstation führen.

In manchen Anwendungen mit drehzahlregelbaren Pumpen konnten die Betreiber keine Energieeinsparungen verzeichnen. In anderen wurde sogar ein steigender Energieverbrauch gemeldet. Ein Verklemmen und Verstopfen des Laufrads ist ein weiteres unerfreuliches Ereignis. Der Grund hierfür liegt in der geringeren Betriebsdrehzahl und der daraus folgenden niedrigeren Geschwindigkeit in der Anlage. Die vom Laufrad aufgenommene Leistung fällt bei abnehmender Drehzahl. Dadurch ist die Abwasserpumpe weniger in der Lage, größere Feststoffe passieren zu lassen.

Die Zunahme des Energieverbrauchs erklärt sich aus zwei Phänomenen:

- Teilweises Verstopfen und Verklemmen des Laufrads und
- Ein Pumpenbetrieb abseits des Wirkungsgrad-Bestpunkts

Beim ersten Punkt handelt es sich um ein Ergebnis ausgedehnter Laufzeiten, da mit Frequenzumrichtern betriebene Punkte lange Betriebszyklen mit niedrigerer Drehzahl besitzen. Der andere Punkt ist das Ergebnis von Förderung in Anlagen, in denen die statische Höhe für eine gesteigerte Gesamtförderhöhe der Anlage verantwortlich ist.

Für einen korrekten Betrieb in der Pumpstation müssen unbedingt alle Aspekte der Pumpenanlage und der Pumpstation berücksichtigt werden. Dies umfasst Anlagenkennlinien, Pumpen- und Motorauswahl, Prozesssteuerung, elektrische Gesichtspunkte, mögliche Energieeinsparungen, Steuerungsstrategien, Rohrsystemkomponenten usw. Dadurch lassen sich die möglichen Energieeinsparungen von drehzahlgeregelten Abwasserpumpen maximieren und gleichzeitig ein verstopfungsfreier Betrieb sicherstellen.

2. Wirkungsgrad-Bestpunkt

Beim Konzipieren einer Abwasserpumpenanlage besteht das Ziel normalerweise in einer minimalen Mediengeschwindigkeit von $> 0,7 \text{ m/s}$ in der Druckleitung außerhalb der Pumpstation. Beim Ändern der Pumpendrehzahl ändern sich die QH-, Leistungs- und NPSH-Kennlinien. Mit den Affinitätsgleichungen können wir die Drehzahl umrechnen und finden die Relation zu Förderhöhe, Leistung und NPSH.

2.1. AFFINITÄTSGESETZE

Die Affinitätsgesetze besagen, dass der Durchfluss an einem bestimmten Punkt in der Pumpenkennlinie proportional zur Laufraddrehzahl ist. Förderhöhe und NPSH sind proportional zum Quadrat der Drehzahl, während es sich bei der Leistung um eine kubische Funktion der Drehzahl handelt. Die Affinitätsgesetze liefern drei Grundbeziehungen.

Bei fester Laufrad-Drehzahl sehen die grundlegenden Affinitätsgesetze wie folgt aus:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}$$

dabei bezeichnen die tiefgestellten 1 und 2 den Wert vor und nach der Änderung. P ist die Leistung, n die Drehzahl und H die Gesamtförderhöhe.

Beispiel:

Die tauchbare Grundfos Abwasserpumpe des Typs SE1.110.100.185.4.52 mit der Nennfrequenz 50 Hz läuft mit reduzierter Drehzahl von 35 Hz. Bei einem Durchfluss von 100 l/s und einer Förderhöhe von $14,5 \text{ m}$ liegt der Wirkungsgrad-Bestpunkt für die Hydraulik (Pumpe) bei 82% . Die Leistung am Wirkungsgrad-Bestpunkt beträgt $17,2 \text{ kW}$.

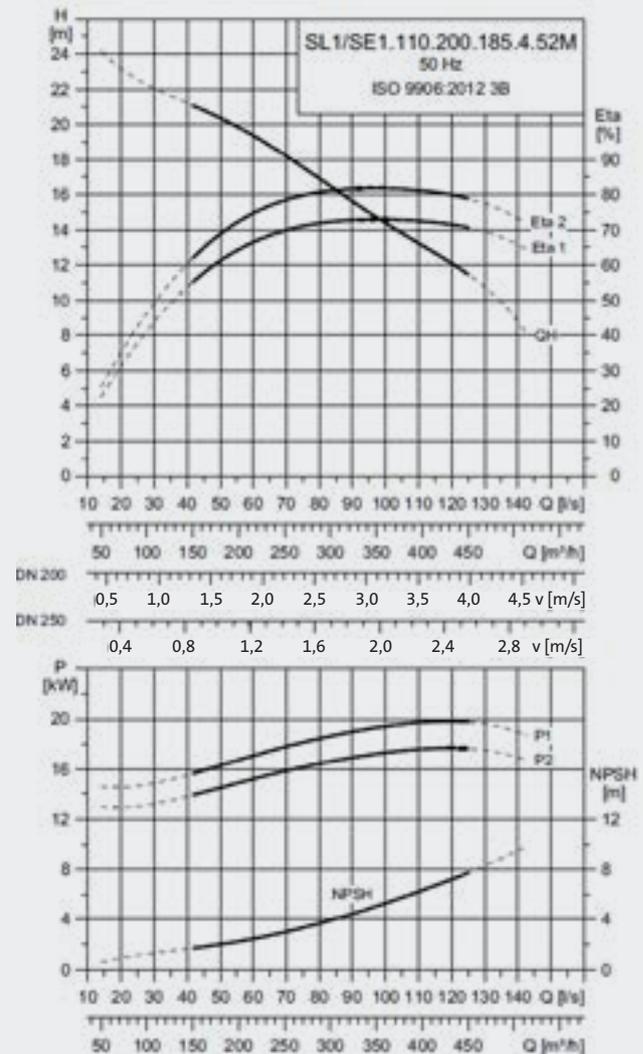


Abb. 1 Leistungskennlinie für SL1 und SE1.110.200.185.4.52M

Neuer Wirkungsgrad-Bestpunkt wird berechnet:

Der Durchfluss nimmt proportional zur Frequenz ab:

$$Q = \frac{35}{50} \times 100 = 70 \frac{1}{s}$$

Förderhöhe sinkt auf:

$$H = \left(\frac{35}{50}\right)^2 \times 14,5 = 7,1 \text{ m}$$

Leistung sinkt auf:

$$P = \left(\frac{35}{50}\right)^3 \times 17,2 = 5,7 \text{ kW}$$

2.2. WIRKUNGSGRAD VON HYDRAULIK (PUMPE) BLEIBT BEI 82 %

Wenn wir die Frequenz senken, und damit gleichzeitig die Drehzahl, verschieben sich alle Wirkungsgradpunkte auf der Pumpenkennlinie entlang der Anlagenkennlinie mit konstantem Wirkungsgrad hin zum Koordinatenursprung.

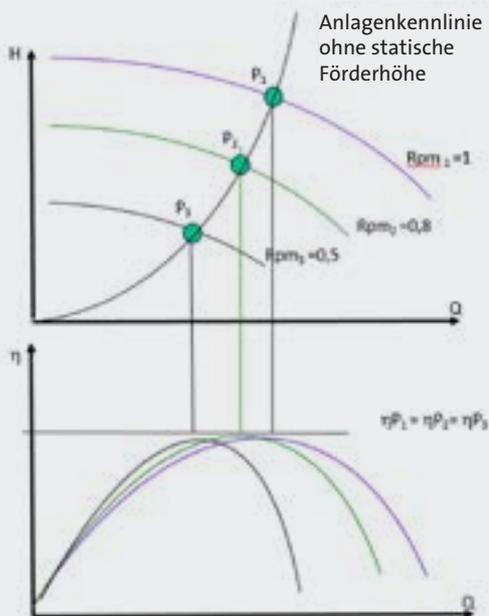


Abb. 2 Affinitäts-Anlagenkennlinie ohne statische Förderhöhe im QH-Graphen

Die Gleichungen liefern kohärente Punkte auf einer Affinitäts-Anlagenkennlinie im QH-Graphen (siehe Abb. 2).

Da das Abwasser auf ein höheres Niveau gehoben werden muss, gibt es in einer typischen Abwasseranwendung eine statische Förderhöhe (H_{geo}).

Aufgrund der statischen Förderhöhe und der Reibungsverluste im Rohrsystem bei laufender Pumpe, sind die Wirkungsgrade nicht auf gleicher Höhe, wenn wir die Pumpendrehzahl regeln (siehe Abb. 3).

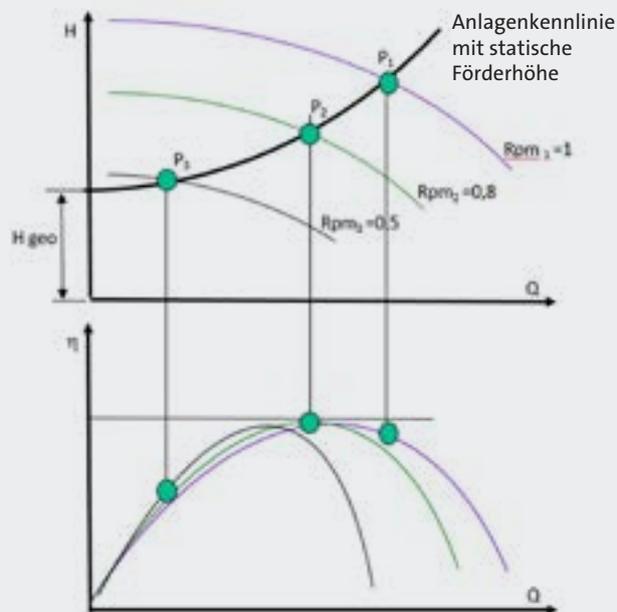


Abb. 3 Affinitäts-Anlagenkennlinie mit statischer Förderhöhe im QH-Graphen

In einer Installation mit einer großen statischen Förderhöhe steigt der Energieverbrauch zusammen mit der Frequenzregelung, da sich der Betriebspunkt auf der Q/H-Kennlinie zu einem Bereich mit niedrigerem Pumpenwirkungsgrad verschiebt. Daher wählen wir eine Pumpe, deren Betriebspunkt etwas rechts vom Wirkungsgrad-Bestpunkt liegt.

Die beste Wahl ist eine Pumpe mit einer flachen Wirkungsgradkennlinie, sodass die Pumpe mit variabler Drehzahl auf dem bestmöglichen wirtschaftlichen Niveau betrieben werden kann.

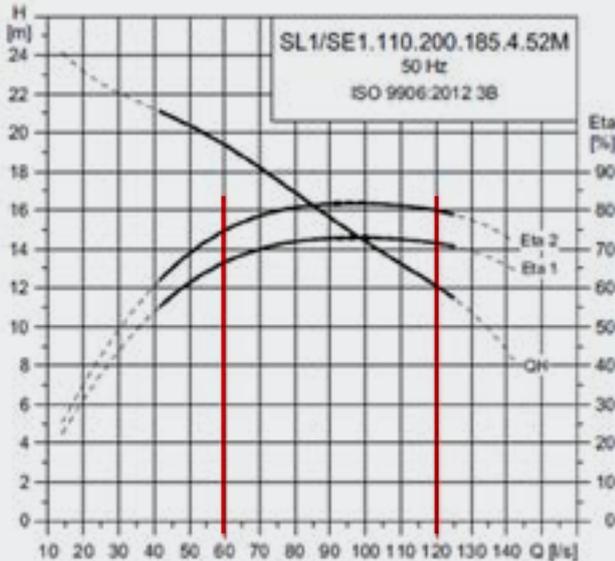


Abb. 4 Tauchbare Grundfos Abwasserpumpe mit S-tube®-Laufrad erzeugt eine flache Wirkungsgradkennlinie

In der oben genannten Pumpenauswahl liegt der Wirkungsgrad-Bestpunkt bei 82 % mit einem Durchfluss von 95 l/s. Aufgrund der flachen Wirkungsgradkennlinie beträgt der Hydraulikwirkungsgrad 75 % bei einem Durchfluss von 60 l/s und 80 % bei einem Durchfluss von 120 l/s.

3. Saug- und Druckleitungen

Die Mediengeschwindigkeit im Rohrsystem beeinflusst den Grad der Rohrsedimentation sowie den reibungsverlustbedingten Energieverbrauch. Ein Betrieb mit hohen Geschwindigkeiten im Rohrsystem senkt zwar das Risiko von Sedimentation, steigert jedoch den Energieverbrauch, wohingegen ein Betrieb mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit den Energieverbrauch senkt und das Risiko von Sedimentation erhöht. Daher muss bei der Auswahl der Größen für die Saug- und Druckleitungen die Optimierung der Strömungsgeschwindigkeit auf den Energieverbrauch berücksichtigt werden.

Erfolgt die Förderung mit variabler Drehzahl, kann die Strömungsgeschwindigkeit für längere Zeit unter die normalerweise empfohlenen 0,7 m/s abgesenkt werden, da die Druckleitung nachts gespült werden kann. Dazu wird die Strömungsgeschwindigkeit durch eine gesteigerte Pumpendrehzahl erhöht.

Der Sedimentationsgrad unterscheidet sich je nach Konzentration schwerer Sedimente und Fett im Medium. Je höher die Konzentration von Feststoffen, desto höher das Risiko von Sedimentation. Eine Pumpstation mit regelbarer Drehzahl verleiht mehr Flexibilität beim Spülen der Druckleitung mithilfe einer höheren Pumpendrehzahl. Die Häufigkeit der Spülvorgänge hängt von der Bauform der Anlage, dem Grad von Verschmutzungen und der für die Aufrechterhaltung der optimalen Betriebsbedingungen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit ab.

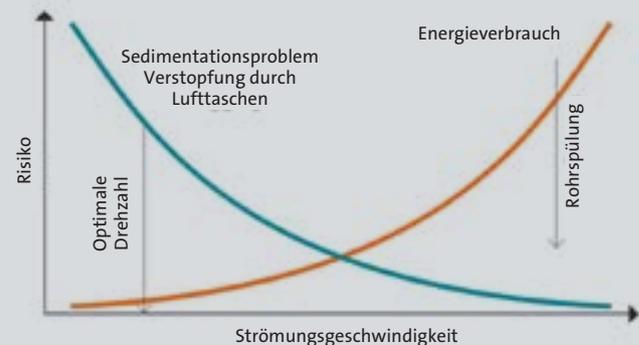


Abb. 5 Wird die Druckleitung regelmäßig gespült, kann die Mindest-Strömungsgeschwindigkeit unter 0,7 m/s abgesenkt werden, ohne Sedimentationsprobleme zu verursachen

4. Wasserschlag

Pumpen mit variabler Drehzahl bieten die Möglichkeit eines Sanftanlaufs und Sanftauslaufs. Dazu wird die Pumpendrehzahl allmählich angehoben bzw. gesenkt, was die Auswirkungen von Wasserschlag sowie Abnutzung und Verschleiß der Rückschlagventile mindert. Bei einer langen Auslaufsequenz der Pumpe nimmt die Strömungsgeschwindigkeit in der Druckleitung langsam ab.

5. Vibrationen

Pumpen, die mit variabler Drehzahl betrieben werden, regen einen breiteren Frequenzbereich an. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine der natürlichen Resonanzfrequenzen der Anlage angeregt wird, steigt bei Pumpen mit drehzahlgeregeltem Antrieb. Insbesondere in Stationen mit trocken aufgestellten Pumpen kann dies zu Problemen mit Vibrationen und Geräuschentwicklung führen. Wenn eine der natürlichen Frequenzen der Anlage im Betriebsbereich des Frequenzumrichters liegt, kann diese Frequenz in Steuermodul des Frequenzumrichters blockiert werden. Die meisten modernen Frequenzumrichter verfügen über diese Blockierfunktion.

Einige Grundfos Pumpenkennlinien sind bei niedrigen Durchflüssen (nahe der Ausschalt-Förderhöhe) gestrichelt. Ein Betrieb der Pumpen in diesem Bereich kann zu Vibrationsproblemen führen.

6. Mindestdrehzahl

Die Mindestdrehzahl sollte einem Mindestdurchfluss von > 25 % der Pumpenkapazität am Wirkungsgrad-Bestpunkt entsprechen.

Ist die Strömungsgeschwindigkeit zu niedrig, besteht das Risiko von Verschleiß an der Pumpe aufgrund von Sand im Kreislauf, Verstopfung oder Verklemmung der Pumpe oder im Rohrsystem. Die Anlaufzeit für eine mit Frequenzumrichter betriebene 50-Hz-Pumpe sollte bis zum Erreichen von 30 Hz nicht mehr als 5 Sekunden betragen.

Bei einem Betrieb mit reduzierten Drehzahlen nimmt die verfügbare Energie, die das Laufrad braucht, um sich gegen Verstopfungen zu schützen, rapide ab. Die im Laufrad verfügbare Energie ist proportional zum Quadrat der Drehzahl. Wird die Nenndrehzahl auf die halbe Drehzahl gesenkt, fällt die verfügbare Laufradenergie um 75 %.

Bei bestimmten Pumpenbauformen gibt es Grenzen für die niedrigste zulässige Pumpendrehzahl. Die Mindestdrehzahl kann vom ordnungsgemäßen Betrieb einer Kühlanlage, den Resonanzfrequenzen der Welle und anderen Faktoren abhängen. Wenden Sie sich an Grundfos, um sicherzugehen, dass alle Einschränkungen bekannt sind.



[12]

**SPEZ.
ENERGIE**

1. Allgemein

Der spezifische Energieverbrauch ist die Energiemenge, die benötigt wird, um in einer spezifischen Förderanlage einen m^3 des Mediums zu transportieren.

Ein geringerer Wert bedeutet einen niedrigeren Energieverbrauch. Der spezifische Energiewert berücksichtigt alle Teile einer Pumpenanlage, d. h. die elektrischen, mechanischen und hydraulischen Wirkungsgrade einschließlich der Verluste im Rohrsystem.

Wie bereits erwähnt, gilt der spezifische Energiewert nur für die jeweilige Pumpenanlage. Der Wert für eine Pumpenanlage kann ohne entsprechende Anpassungen an die jeweiligen Unterschiede nicht zum Vergleich mit einer anderen Pumpenanlage herangezogen werden.

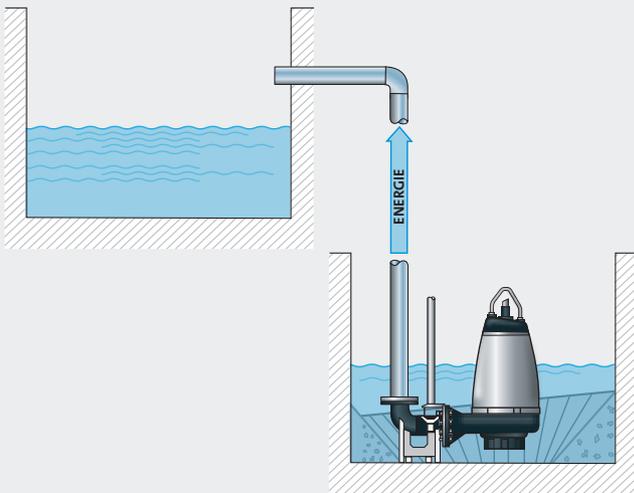


Abb. 1 Der Wert der spezifischen Energie beschreibt, wie viel Energie erforderlich ist, um einen Kubikmeter eines Mediums von einem Punkt zu einem anderen zu bewegen

Die Berechnung der spezifischen Energie erfolgt anhand folgender Formel:

$$E_s = \frac{g \times H}{\text{Eta}_T \times 3600} \quad [\text{kWh}/m^3]$$

Dabei gilt:

g = spezifische Schwerkraft = $9,81 \text{ [m/s}^2]$

H = Förderhöhe von Pumpe [m]

Eta_T = Gesamtwirkungsgrad von Pumpe,
Motor und Frequenzumrichter

Jährlicher Energieverbrauch $E = E_s$ für geförderte m^3 pro Jahr [kWh/Jahr]

Beispiel 1:

100 % Förderleistung bei Start und Stopp oder sogar entsprechend dem Zulauf.

- Spitzenzulauf zur Pumpstation: 65 l/s
- Durchschnittlicher Zulauf zur Pumpstation: 42 l/s
- Statische Förderhöhe: 8 m
- Dynamische Gesamtförderhöhe bei Spitzendurchfluss: 28 m
- Dynamische Gesamtförderhöhe bei durchschnittlichem Durchfluss: 16,5 m
- Motorwirkungsgrad bei Spitzendurchfluss: 87,9 %
- Motorwirkungsgrad bei durchschnittlichem Durchfluss 87,7 %
- Pumpenwirkungsgrad bei Spitzendurchfluss: 70,2 %
- Pumpenwirkungsgrad bei durchschnittlichem Durchfluss: 68,2 %
- Wirkungsgrad des Frequenzumrichters: 92 %
- Energiekosten: 0,10 USD/kWh

Jährlich geförderte m^3 :

$$42 \times 3,6 \times 24 \times 365 = 1.324.512 \text{ [m}^3/\text{Jahr]}$$

Dabei gilt:

42 = l/s

3,6 = Berechnungsfaktor für m^3/h

24 = Stunden pro Tag

365 = Tage pro Jahr

Volle Drehzahl:

$$E_s = \frac{9,81 \times 28}{0,879 \times 0,702 \times 3600} = 0,1236 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$$

Dabei gilt:

- 9,81 = spezifische Schwerkraft
- 28 = dynamische Gesamtförderhöhe
- 0,879 = Motorwirkungsgrad
- 0,702 = Pumpenwirkungsgrad
- 3600 = Berechnungsfaktor für m³/h

Durchschnitt für Frequenzumrichter:

$$E_s = \frac{9,81 \times 16,5}{0,877 \times 0,682 \times 0,92 \times 3600} = 0,0817 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$$

Jährliche Einsparungen:

$(0,1236 - 0,0817) \times 1.324.512 \times 0,1 = 5.550 \text{ USD/Jahr}$

Dabei gilt:

- 0,1236 = spezifische Energie bei voller Drehzahl
- 0,0817 = spezifische Energie bei Betrieb mit Frequenzumrichter
- 1.324.512 = jährlich geförderte m³
- 0,1 = Energiekosten pro kWh

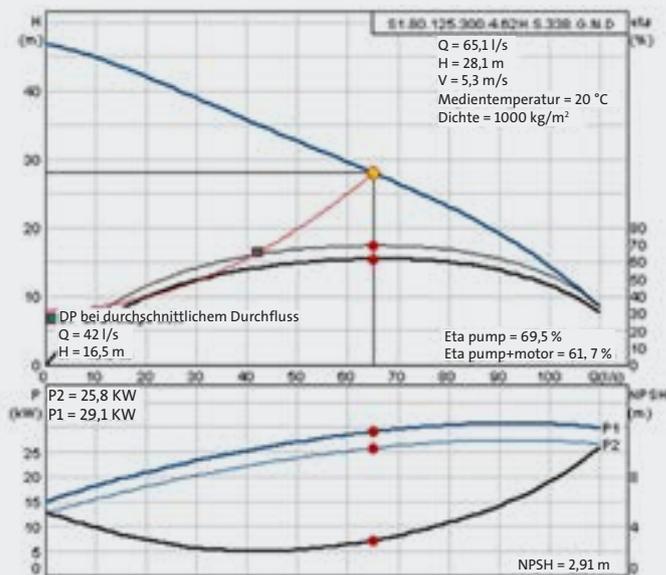


Abb. 2 Leistungsdaten für den Grundfos Pumpentyp S1.80.125.300.4.62 mit 8 m statischer Förderhöhe

Beispiel 2:

100 % Förderleistung bei Start und Stopp oder sogar entsprechend dem Zulauf.

- Spitzenzulauf zur Pumpstation: 65 l/s
- Durchschnittlicher Zulauf zur Pumpstation: 42 l/s
- Statische Förderhöhe: 20 m
- Dynamische Gesamtförderhöhe bei Spitzendurchfluss: 28 m
- Dynamische Gesamtförderhöhe bei durchschnittlichem Durchfluss: 23,3 m
- Motorwirkungsgrad bei Spitzendurchfluss: 87,9 %
- Motorwirkungsgrad bei durchschnittlichem Durchfluss: 87,2 %
- Pumpenwirkungsgrad bei Spitzendurchfluss: 70,2 %
- Pumpenwirkungsgrad bei durchschnittlichem Durchfluss: 67,3 %
- Wirkungsgrad des Frequenzumrichters: 92 %
- Energiekosten: 0,10 USD/kWh

Jährlich geförderte m³:

$42 \times 3,6 \times 24 \times 365 = 1.324.512 \text{ [m}^3\text{/Jahr]}$

Volle Drehzahl:

$$E_s = \frac{9,81 \times 28}{0,879 \times 0,702 \times 3600} = 0,1236 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$$

Durchschnitt für Frequenzumrichter:

$$E_s = \frac{9,81 \times 23,3}{0,872 \times 0,673 \times 0,92 \times 3600} = 0,1176 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$$

Jährliche Einsparungen:

$$(0,1236 - 0,1176) \times 1.324.512 \times 0,1 = 795 \text{ USD/Jahr}$$

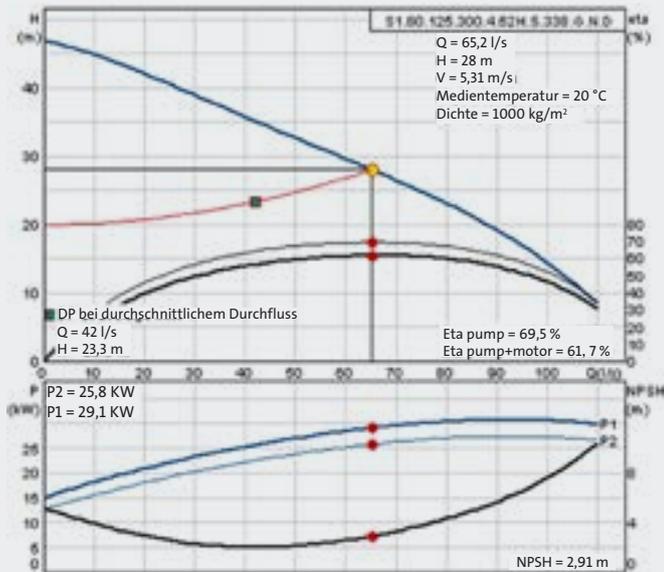


Abb. 3 Leistungsdaten für den Grundfos Pumpentyp S1.80.125.300.4.62 mit 20 m statischer Förderhöhe

Anhand eines Belastungsprofils wird geschätzt, wie viele Stunden die Pumpe an den verschiedenen Betriebspunkten läuft. Dabei erhalten Sie zwar nicht die genaue Stundenzahl, im Sinne der Vereinfachung ist es für einen Vergleich jedoch akzeptabel.



Abb. 4 Tagesprofil für den Pumpenbetrieb

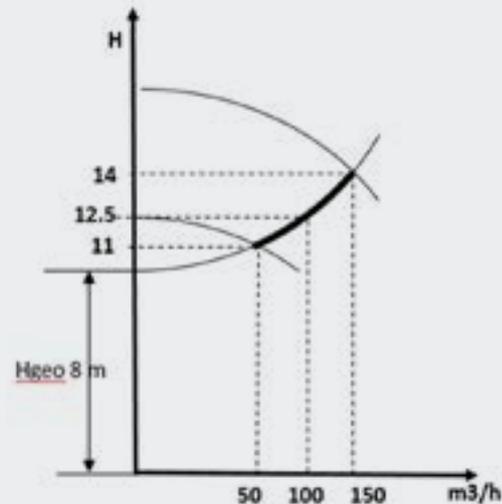


Abb. 5 Pumpenleistung anhand des Belastungsprofils

2. Bewertung

Nach dem Berechnen der potenziellen Einsparungen können wir nun bewerten, ob sich die Installation eines Frequenzumrichters lohnt.

Folgendes sind gängige Preise für Frequenzumrichter:

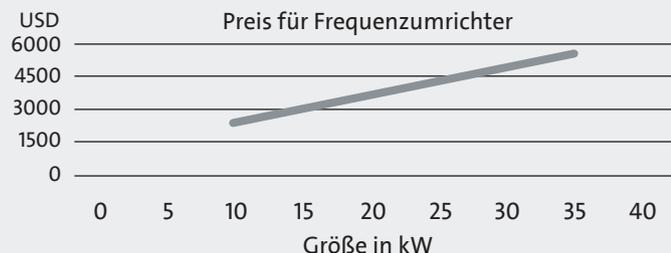


Abb. 6 Preisniveau für Frequenzumrichter in USD

Neben den Kosten für den Frequenzumrichter selbst, sind auch die Kosten für Installation und Inbetriebnahme zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich üblicherweise Kosten von 3000 - 6000 USD.

Nun können wir die Amortisierungszeit berechnen.

In den beiden Beispielen wird ein Motor mit 30 kW benötigt, und das jährliche Einsparungspotenzial beträgt 5.550 USD/Jahr bzw. 795 USD/Jahr.

Amortisierungszeit für Beispiel 1 mit 8 m statischer Höhe:

$$\frac{4500 \times 4700}{5500} = 1,7 \text{ Jahre}$$

Dabei gilt:

4.500 = Durchschnittskosten für Installation und Inbetriebnahme

4.700 = Kosten für den Frequenzumrichter

5.500 = jährliche Energieeinsparung

Amortisierungszeit für Beispiel 2 mit 20 m statischer Höhe:

$$\frac{4500 \times 4700}{795} = 12 \text{ Jahre}$$

3. Parameter für Frequenzumrichter

- Ein Frequenzumrichter bedeutet eine zusätzliche Investition neben den Kosten für Installation und Inbetriebnahme.
- Bei einigen Anwendungen kann ein Frequenzumrichter Energie sparen.
- Sind die wirtschaftlichen Einsparungen beim Energieverbrauch hoch genug, damit sich die Investition in den Frequenzumrichter innerhalb angemessener Zeit amortisiert?
- Wie groß muss die dynamische Förderhöhe in der Anlage sein?

Das wirtschaftliche Einsparungspotenzial ergibt sich ausschließlich aus dem dynamischen Druckverlust in der Anlage.

Die Installation eines Frequenzumrichters bedeutet keine Einsparungen bei den Anforderungen an die statische Förderhöhe.

Der Betriebspunkt der Pumpe verschiebt sich in den Abschnitt mit geringerem Wirkungsgrad.

In der Regel bringt eine Drehzahlregelung für einen Frequenzumrichter nur dann Energieeinsparungen, wenn die Druckleitung lang ist und die statische Förderhöhe weniger als 40 % der dynamischen Gesamtförderhöhe beträgt.

$$\rightarrow H_{\text{static}} < \sim 0,4 \times H_{\text{total}}$$

Mit Frequenzumrichtern betriebene Abwasserpumpen können aufgrund des häufigeren Auftretens von Verstopfungen und Verklemmungen höhere Wartungskosten nach sich ziehen.

4. Energieverbraucher in der Pumpenanlage

Überprüfen Sie die Bedingungen Ihrer Pumpenanlage, da es sich dabei häufig um die größten „unnötigen“ Energieverbraucher in einer Pumpenanlage handelt.

- Weisen die Pumpen im Wechselbetrieb die gleiche Anzahl von Betriebsstunden auf?
- Laufen die Pumpen länger als gewöhnlich?
- Haben die Pumpen die gleiche Anzahl von Starts/Stopps?
- Tritt bei Rückschlagventilen Wasser aus, das zurück in den Sammelbrunnen läuft?
- Ist der Sitz des Rückschlagventils in gutem Zustand?
- Lässt sich das Rückschlagventil vollständig öffnen? Vertikal montierte Klappenventile neigen zu Verstopfung, da Kies zurück auf das Ventil fällt.
- Sind die Kupplungsfußkrümmer zwischen Pumpe und Kupplungen undicht?
- Ist der Verschleißring oder das SmartTrim-System in der Pumpe in gutem Zustand, oder tritt Wasser von der Druckseite in die Saugseite aus?
- Der Wirkungsgrad der Pumpe kann im Laufe eines Jahres schnell um 3 - 5 % abfallen, wenn die Pumpe in keinem guten Zustand ist – je höher der Druck, desto größer der Verlust.
- Ist die Pumpe selbst undicht, sodass Grundwasser in den Schacht eindringt und eine zusätzliche Laufzeit der Pumpe verursacht?
- Bilden sich beim Pumpenbetrieb Strudel im Schacht?
- Wenn die Anzahl der Starts und Stopps zu hoch ist, deutet dies auf ein zu geringes Schaltvolumen des Sammelbrunnens hin.
- Besitzen die Pumpen die richtige Baugröße, sodass die Geschwindigkeit im Rohrsystem nicht zu hoch oder zu niedrig ist?
- Die Geschwindigkeit sollte in horizontalen Rohren zwischen 0,7 und 1,0 m/s und in vertikalen Rohren zwischen 1 und 3 m/s betragen.
- Sind im Druckleitungssystem Luftansammlungen vorhanden?

Betrieb mit variabler Drehzahl

Der Zulauf zu einer Abwasserpumpstation schwankt zwischen Tag und Nacht erheblich. In der Nacht ist der Zulauf normalerweise am geringsten. Der Spitzenzulauf tritt morgens und abends auf. Mit einem Tagesprofil lassen sich die Durchflussschwankungen sichtbar machen (siehe Abb. 4).

Beim Minimieren des Energieverbrauchs gilt es vor allem, sich auf zwei Bereiche zu konzentrieren:

1) Reduktion der Gesamtförderhöhe in der Anlage

Wie bereits erwähnt ist die dynamische Gesamtförderhöhe die Summe der statischen Förderhöhe und der Reibungsverluste. Reibungsverluste in Rohren und in Einzelwiderständen sind direkt proportional zum quadrierten Durchfluss. Daher ist es angemessen, die Verluste durch ein Verringern des Durchflusses zu reduzieren.

Normalerweise ist eine Abwasserpumpe so ausgelegt, dass sie den Spitzenzulauf zur Pumpstation bewältigen kann. Das heißt, der geförderte Durchfluss, und damit die Gesamtförderhöhe, kann während des Normalbetriebs reduziert werden.

2) Maximierung des Pumpenwirkungsgrads

Um den maximalen Pumpenwirkungsgrad zu erreichen, müssen Pumpen mit dem bestmöglichen Hydraulikwirkungsgrad ausgewählt werden, die gleichzeitig einen freien Durchgang von mindestens 80 mm aufweisen. Die Pumpen sollten einen nachhaltigen Wirkungsgrad besitzen und so nah wie möglich am Wirkungsgrad-Bestpunkt betrieben werden.

Mit einem Frequenzumrichter betriebene Pumpen sollten bei voller Drehzahl ausreichend rechts vom Wirkungsgrad-Bestpunkt liegen, um bei reduzierter Drehzahl noch einen maximalen Wirkungsgrad zu liefern.

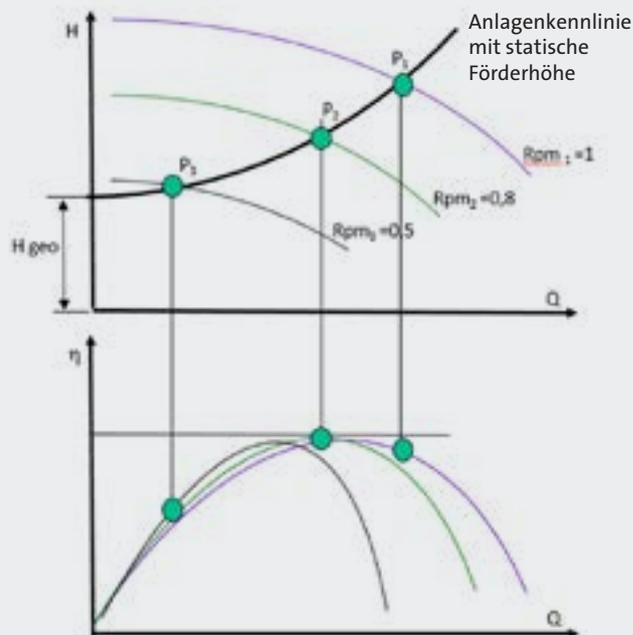


Abb. 7 Affinitäts-Anlagenkennlinie mit Statik und Wirkungsgrad entsprechend der Drehzahl im QH-Graphen

Weitere Informationen zum Wirkungsgrad-Bestpunkt finden Sie in Abschnitt 11, „Variable Drehzahl“.

Belüftungsanforderungen

Frequenzumrichter besitzen in der Regel einen Wirkungsgrad von 96 - 97 %, das heißt, 3 - 4 % der übertragenen Energie geht in Form von Wärme verloren. Um ein Überhitzen zu vermeiden, müssen diese Verluste an die Umgebungsluft abgegeben werden. Damit kühlende Luft um den Frequenzumrichter herum strömen kann, muss oberhalb und unterhalb des Frequenzumrichters ein gewisser Abstand gelassen werden. Bei Umgebungstemperaturen von mehr als 40 °C muss die Leistung des Frequenzumrichters normalerweise vermindert werden. Für höhere Umgebungstemperaturen können Klimaanlage oder Ventilatoren erforderlich sein. Werden Frequenzumrichter in großer Höhe (mehr als 1000 m über dem Meeresspiegel) installiert, ist im Allgemeinen eine Leistungsverminderung des Frequenzumrichters notwendig, um die schlechte Kühlung in großen Höhen auszugleichen.



[13]

WASSERSCHLAG

1. Allgemein

Wasserschlag ist ein plötzlicher Druckanstieg oder eine Welle, der bzw. die dadurch verursacht wird, dass ein fließendes Medium plötzlich stoppt oder die Richtung ändert. Wasserschlag entsteht in der Regel, wenn am Ende eines Rohrleitungssystems plötzlich ein Ventil geschlossen wird, und eine Druckwelle durch das Rohr läuft. Dieses Phänomen wird auch als Druckstoß bezeichnet. Die Druckwelle kann größere Probleme verursachen, von Strömungsgeräuschen und Vibration bis hin zum Rohrbruch. Mit Ausdehnungsgefäßen, Ausgleichsbehältern und anderen Vorrichtungen lassen sich die Auswirkungen der Impulse von Wasserschlag reduzieren.

2. Was ist Wasserschlag?

Wasserschlag kann in jeder Pumpenanlage auftreten, in der eine abrupte Änderung der Durchflussrate auftritt, und resultiert für gewöhnlich aus Anläufen und Ausläufen der Pumpe, dem Öffnen oder Schließen von Ventilen oder dem Trennen und Abschließen der Wassersäule. Durch diese abrupten Änderungen unterliegt die Wassersäule ganz oder teilweise einer Impulsänderung. Diese Änderung kann eine Stoßwelle hervorrufen, die sich zwischen dem auslösenden Hindernis und einem sekundären Hindernis hin und her läuft. Bei großer Intensität der Stoßwelle kann die Anlage physischen Schaden nehmen. Merkwürdigerweise ist dies allerdings eher bei Niederdruckerwendungen ein Problem.

Wasserschlag ist ein weiteres Beispiel für die Energieumwandlung und resultiert aus der Umwandlung von Strömungsenergie in Druckenergie. Da Flüssigkeiten eine geringe Kompressibilität aufweisen, ist die daraus entstehende Energie tendenziell hoch.

3. Beispiel für Wasserschlag

Die vielleicht beste Methode zur Veranschaulichung der Umwandlung von Strömungsenergie in Druckenergie ist wohl, mit einem hypothetischen Beispiel einzusteigen. Abb. 1 zeigt eine Pumpe, die Wasser in ein Rohr fördert, das bei Anlauf der Pumpe noch leer war. Die beiden Ventile am Pumpenauslass und am entlegenen Rohrende sind vollständig geöffnet und können sofort geschlossen werden. Rohr, Ventile und andere Anschlussstücke sind komplett unelastisch, sodass, unabhängig vom Druck, keine Volumenänderung auftreten kann. Zudem besitzt die durch das Rohr fließende Wassersäule eine perfekt flache Führungskante, die dem Rohrdurchschnitt entspricht. Wenn die Führungskante der Wassersäule das nachgeschaltete Ventil erreicht, wird dieses mit nahezu Lichtgeschwindigkeit geschlossen und schließt keine Luft in der Wassersäule ein.

Wenn es sich bei der sich bewegenden Säule um Metall anstatt Wasser handelte (natürlich rein hypothetisch), könnten verschiedene Dinge auftreten. Abhängig vom Restitutionskoeffizienten (d. h. der Fähigkeit, eine dauerhafte Beschädigung zu vermeiden) könnte die kinetische Energie des Durchflusses in mechanische Energie umgewandelt werden, wenn die Führungskante der Metallsäule gegen das geschlossene Ventil kracht.

Würde dies auftreten, käme die Säule zu einem Halt und würde bewegungslos beim Ventil verbleiben. Wenn die Restitution hoch genug ist, um ein Zerschlagen des Ventils zu vermeiden, könnte dieselbe kinematische Energie verwendet werden, um ihre Richtung in Form eines Rückpralls umzukehren. Unabhängig vom Ergebnis würde die „gesamte“ Metallsäule entweder zum Stillstand kommen oder in die Gegenrichtung prallen. Ist Wasser beteiligt, kommt es zu keinem dieser Ereignisse.

Wasser ist ein nahezu inkompressibles Medium, was aber bedeutet, dass es leicht kompressibel sein muss. Bei Umgebungstemperatur senkt 1 psi (6895 Pa) das Wasservolumen um zirka 0,0000034 %. Das klingt ziemlich wenig, doch je größer das Volumen, desto leichter lässt sich die Wirkung beobachten. Wenn sich Wasser überhaupt nicht komprimieren ließe, wäre der Meeresspiegel beispielsweise etwa 30 m höher als er heute ist. Bei sehr hohem Druck, sagen wir 40.000 psi, steigt seine Kompressibilität um zirka 10 %. Allerdings ist Wasser meistens nicht einfach nur Wasser. Es enthält auch Luft, die primär aus Wasserstoff (78 %) und Sauerstoff (21 %) besteht. Ansonsten könnten Fische nicht überleben. Gelöste Luft macht 2 % von unbehandeltem Wasser aus und trägt erheblich zu dessen Kompressibilität bei.

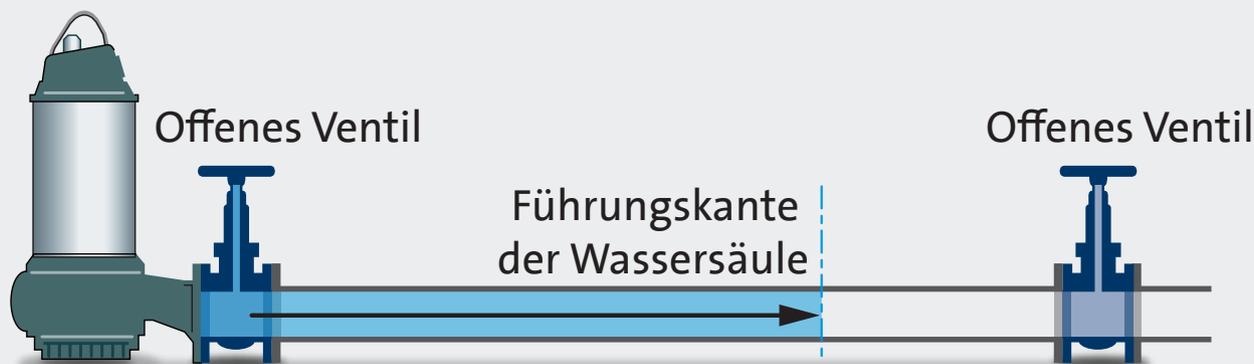


Abb. 1 Hypothetisches Beispiel

4. In Druckenergie umgewandelte kinetische Energie

Aufgrund der Kompressibilität des Wassers und der darin gelösten Luft, verhält sich Wasser anders als die Metallsäule. Wäre Wasser nicht kompressibel, würde seine Führungskante ständig zerquetscht werden oder die gesamte Säule würde zurückprallen. Wenn die Führungskante einer Wassersäule auf das geschlossene Ventil schlägt, kommt sie abrupt zum Stillstand. Da das Wasser hinter der Führungskante noch in Bewegung ist, wird es zusammengedrückt.

Durch diese Kompression über die ganze Länge der Säule kann eine kleine Wassermenge noch weiter in das Rohr fließen, obwohl die Führungskante schon angehalten hat. Wenn dieser Zufluss aufhört, wird dessen gesamte Bewegungsenergie sowie die Kompression in Druckenergie umgewandelt.

5. Stoßwelle

Die Kompression beginnt an der Führungskante der Wassersäule. Da die von ihr erzeugte zusätzliche Energie nicht hinter das geschlossene Ventil gelangen kann, wird eine Druck- oder Stoßwelle erzeugt, die entlang des Pfades mit dem geringsten Widerstand läuft. In diesem Fall ist das zurück stromaufwärts. Ihre Entstehung ähnelt der Erzeugung einer Schallwelle, die entsteht, wenn sich ein Echo durch die Luft bewegt und auf ein ähnliches Hindernis trifft. Wenn die Welle auf das vorgelagerte Ventil trifft, wird sie wieder stromabwärts reflektiert, allerdings mit abnehmender Intensität.

Diese Vor- und Zurückbewegung geht weiter, bis Verluste durch Reibung und Reflexion die Welle aufgerieben haben.

Die Laufgeschwindigkeit der Welle und die auftretenden Verluste hängen von der Dichte und der Kompressibilität des Mediums ab, in dem sie sich bewegt. Durch seine Dichte und Kompressibilität ist Wasser ein gutes Medium für die Entstehung und Übertragung von Stoßwellen.

6. Druckwelle

Die bei einem hydraulischen Stoß entstehende Druckwelle hat ähnliche Merkmale wie Schallwellen und reist mit ähnlicher Geschwindigkeit. Die Zeit, die Wasserschlag zum Durchlaufen einer Rohrlänge benötigt, ist einfach die Rohrlänge geteilt durch die Schallgeschwindigkeit in Wasser, also zirka 1.482 m/s.

Immer wenn sich die Geschwindigkeit eines Mediums in einer Rohrleitung ändert, tritt eine Druckänderung auf. Dabei ist es unerheblich, ob die Geschwindigkeitsänderung allmählich oder plötzlich auftritt. Diese Änderungen werden als Druckwelle mit der für das entsprechende Medium geltenden Schallgeschwindigkeit durch die Rohrleitung übertragen. Oszillierende Druckwellen entstehen in einem Medium, das während des Anlaufens oder Auslaufens von Pumpen oder dem Öffnen oder Schließen eines Ventils durch eine Rohrleitung gefördert wird. Das plötzliche Auslaufen einer Pumpe oder das plötzliche Schließen eines Ventil verursacht Medientransienten, die große Druckschwankungen, Kavitationsbildung, verteilte Kavitation, hydraulische und strukturelle Vibrationen und übermäßige Massenoszillationen umfassen können.

Dieses Phänomen wird Wasserschlag genannt (Stoß- oder Drucktransiente) und kann in schweren Fällen zu Schäden an Rohrleitung und Geräten führen.

Der Schweregrad dieses Phänomens hängt von einer Reihe verschiedener Variablen ab, z. B. Geschwindigkeitsänderung während des Reflexionszyklus, Charakteristika des Rohrwerkstoffs sowie auch Charakteristika des Mediums. Bei Beschleunigung oder Abbremsung des Mediums oszilliert eine transitorische Druckwelle so lange vor und zurück, bis sie abgedämpft wird. Die Oszillationsfrequenz wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$\mu = \frac{2L}{a}$$

Dabei gilt:

μ = Dauer des Reflexionszyklus, während dessen die Druckwelle einmal vor und zurück oszilliert (s)
 L = Länge der Rohrleitung (m)
 a = Geschwindigkeit der Druckwelle (m/s)

Die Geschwindigkeit der Druckwelle in den zylindrischen Rohren wird wie folgt berechnet:

$$Q = \sqrt{\frac{K^*}{\rho}}$$

$$K^* = K / \left(1 + \frac{DK}{eE}\right)$$

Dabei gilt:

ρ = Mediendichte, kg/m³
 D = der Rohrdurchmesser, mm
 e = die Wandstärke, mm
 E = das Elastizitätsmodul für die Rohrwand, GPa
 K = das Kompressionsmodul des enthaltenen Mediums, GPa

Die folgende Tabelle zeigt den Bereich der Druckgeschwindigkeit für sauberes Wasser in Leitungen aus unterschiedlichen Werkstoffen:

Rohrwerkstoff	Geschwindigkeit (m/s)
Stahl	900...1300
Gusseisen	1000...1200
Armierter Beton	1000...1200
Kunststoff	300...500

Abb. 2 Druckgeschwindigkeit in Rohren

Klärwasser und Schlamm enthalten häufig unlösliche Luft oder unlösbares Gas, was sich erheblich auf die Geschwindigkeit der Druckwelle auswirkt. Dies wird in der folgenden Tabelle gezeigt, in der die Geschwindigkeit der Druckwelle als Funktion der Menge der unlöslichen Luft im Medium ausgewiesen wird.

Förderhöhe = 15 m	
Menge unlöslicher Luft als volumetrisches Verhältnis	Geschwindigkeitsverhältnis der Druckwelle
0	1,0
10^{-6}	1,0
10^{-5}	0,96
10^{-4}	0,73
10^{-3}	0,32
10^{-2}	0,11

Abb. 3 Druckgeschwindigkeit in Rohren für Luft enthaltenes Klärwasser

Gelöste Luft hat keinen praktischen Effekt auf die Geschwindigkeit der Druckwelle.

Die Spannungsspitze, die sich aus einer Änderung der Strömungsgeschwindigkeit während eines Reflexionszyklus ergibt, wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta h = \pm \frac{a \cdot \Delta v}{g}$$

Dabei gilt:

Δh = Druckänderung (m)

a = Geschwindigkeit der Druckwelle (m/s)

Δv = Änderung der Strömungsgeschwindigkeit während eines Reflexionszyklus (m/s)

g = Beschleunigung durch Schwerkraft (9,81 m/s²)

Da sich die Änderung der Fließgeschwindigkeit beim Anlaufen oder Auslaufen der Pumpe nur schwer ermitteln lässt, sind genaue Berechnungen der Drucktransiente kein leichtes Unterfangen. Eine genaue Berechnung der Druckänderung ist nur dann möglich, wenn beispielsweise ein Ventil innerhalb des Reflexionszyklus geschlossen ist, und die Strömungsgeschwindigkeitsänderung Δv äquivalent zur Strömungsgeschwindigkeit v ist.

Da der Druck symmetrisch schwankt, kann der Druck unter den Dampfdruck fallen. Dadurch entsteht Kavitation mit hohen Drucktransienten und Strömungsgeräuschen. Mögliche Stellen hierfür sind Pumpe, Ventil und hohe Punkte in der Rohrleitung. Dieses hochgradige Vakuum kann auch zu einem Bruch der Rohrleitung führen.

Bei der Förderung von Klärwasser sind die durch einen Pumpenstopp verursachten Wasserschlag-Drücke höher als die, die bei einem Pumpenanlauf entstehen. Das Ziel theoretischer Berechnungen besteht im Kalkulieren des Betrags der Verlangsamung des Wassers unmittelbar nach dem Pumpenstopp sowie der dabei entstehenden Drucktransiente. Die unsichersten und für die Ermittlung signifikantesten Faktoren sind der Strömungswiderstand der Pumpe und der niedrigste in der Pumpe erzeugte Widerstand nach dem Abschalten der Stromversorgung. Diese Daten sind von den Pumpenherstellern nicht so einfach zu erhalten.

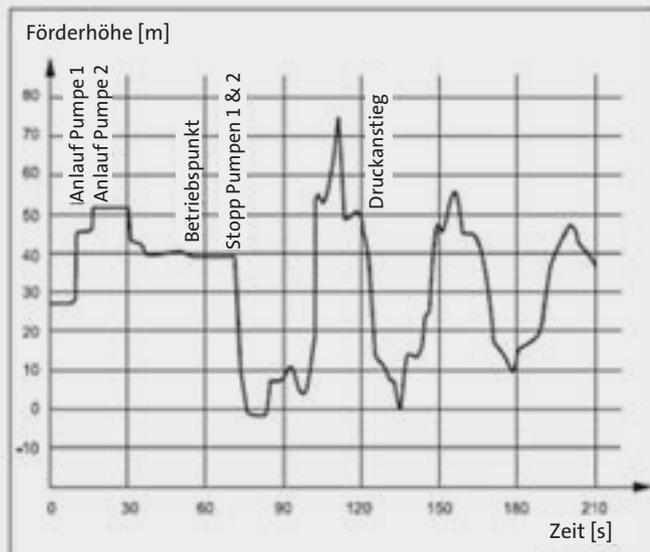
Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist der Luft- oder Gasgehalt im Wasser oder in der Rohrleitung. Hier besteht die Lösung in einer Analyse unterschiedlicher Konzentrationen, um die Auswirkungen des Gasgehalts herauszufinden. Abb. 4 zeigt das Ergebnis bei der Beobachtung des Wasserschlag-Phänomens in einer Pumpstation mit zwei installierten Pumpen. Dabei wurde folgendes festgestellt:

- Die gemessene Dauer des Reflexionszyklus beträgt 45 Sekunden. Theoretische Berechnungen für ein Medium ohne Gas oder Luft zeigten eine Dauer von nur 12 - 20 Sekunden auf. Die Differenz zwischen den beiden Werten zeigt, dass Gas im Wasser vorhanden ist.

- Unmittelbar nach dem Pumpenstopp fällt der Druck in der Rohrleitung bis zu einem Vakuum ab. Da der Druck am Druckflansch gemessen wurde, muss der Druck innerhalb der Pumpe sogar noch niedriger sein. Es ist wahrscheinlich, dass der Druck innerhalb der Pumpe unter den Kavitationsdruck (-10 m) abfiel.

In vielen Fällen sind die durch Wasserschlag verursachten Geräusche nicht hörbar, allerdings hat Wasserschlag schon zum Ausfall von Rohrleitungen geführt.

In Klärwasseranlagen ist Wasserschlag kein häufiges Problem. In Anlagen mit großen und langen Rohrleitungen sowie in Pumpen mit geringen Werten beim Trägheitsmoment sollte das Wasserschlagsrisiko jedoch analysiert werden, auch wenn eine theoretische Beschreibung des Problems aufgrund der großen Anzahl unbekannter Faktoren schwierig ist.



Ansteigende Länge der Hauptleitung 3000 m
 Rohrdurchmesser DN 400, PVC
 Kombiniertes Pumpendurchfluss 140 l/s
 Strömungsgeschwindigkeit 1,3 m/s
 Geodätische Höhe 32,4 m
 Rückschlagventile DN200
 Manometer am Druckflansch der Pumpe

Abb. 4 Reihenmessung des Wasserschlag-Drucks als Funktion der Zeit

7. Schutz gegen Wasserschlag

Wenn in einer Anlage ein Risiko von Wasserschlag festgestellt wird (sowohl Druckanstieg als auch Vakuum), können die folgenden Methoden oder Vorrichtungen für einen Schutz der Anlage sorgen:

Ein solcher Schutz lässt sich im Allgemeinen in aktiven und passiven Schutz unterteilen. Für den aktiven Schutz wird eine Stromversorgung benötigt. Bei einem abnormalen Pumpenstopp, beispielsweise aufgrund eines Stromausfalls, funktioniert daher nur die passive Methode. Beim passiven Schutz sind die Schutzvorrichtungen rein mechanisch und unabhängig von der Stromversorgung.

Im Folgenden finden Sie einige der gängigsten Schutzmethoden- und -vorrichtungen in Abwassertransportanlagen:

7.1. AKTIVER SCHUTZ:

- Vermeiden Sie den gleichzeitigen Stopp von zwei oder mehr Pumpen
- Installieren Sie automatische Ventile mit Schließzeiten von 20 - 30 Sekunden anstelle von regulären Rückschlagventilen. Die Pumpe stoppt nach Ventilschluss.
- Regeln Sie den Pumpenauslauf mit Frequenzumrichtern
- Verwenden Sie Sanftanlasser mit einer Sanftauslauffunktion

7.2. PASSIVER SCHUTZ:

- Installieren Sie automatische Belüftungs- und Entlüftungssysteme an Punkten, an denen negativer Druck auftritt.
- Installieren Sie eine Druckluftkammer (Wasserschloss) an der Pumpstation.
- Erhöhen Sie das Trägheitsmoment der Pumpe mithilfe eines verbundenen Schwungrads (gilt nicht für Tauchpumpen).
- Installieren Sie Rückschlagventile mit Öldämpfer oder Feder.
- Tritt während eines Auslaufzyklus Kavitation in der Pumpe auf, verhindert die Installation einer Bypass-Druckleitung mit Rückschlagventil vom Brunnen einen Druckabfall in der Pumpe. Die Abmessung der Bypassleitung sollte eine Größe kleiner gewählt werden als der Druckflansch an der Pumpe.

7.3. AUTOMATISCHES BELÜFTUNGS- UND ENTLÜFTUNGSVENTIL

Luftventile sollten bei der Verhinderung von Wasserschlag nicht die erste Wahl sein. Sie haben folgende Nachteile:

- Sie benötigen regelmäßige Wartung.
- Bei falscher Positionierung oder fehlerhafter Montage kann ein solches Ventil Druckschwankungen verschlimmern, anstatt sie abzumildern.
- Die Behandlung von Abwasser erfordert spezielle Konstruktionen.

Rohrsysteme mit Luftventilen (siehe Abb. 5) erfordern eine sorgfältige Konstruktion. Bei Rohrleitungen mit großem Durchmesser dient das Belüftungs- und Entlüftungsventil dazu, das Rohrsystem zu entlüften. Dazu wird es am höchsten Punkt des Rohrsystems positioniert, an dem Luft in die Anlage gezogen wird, um ein starkes Vakuum zu verhindern. Solange der Medienfluss keinen stationären Zustand erreicht hat, kann die in die Rohre gezogene Luft in manchen Fällen sehr negative Auswirkungen haben. Normalerweise haben Luftpolster eine Dämpfwirkung. Allerdings kann in die Rohrleitung gezogene Luft auch zu gefährlichen dynamischen Druckanstiegen führen. Sie muss langsam aus den Rohren gedrückt werden. Ein großer Querschnitt des Luftaustritts würde gegen Ende des Entlüftungsvorgangs zu plötzlichen Druckschwankungen führen.



Abb. 5 Automatisches Belüftungs- und Entlüftungsventil zum Be- und Entlüften von Rohrleitungen

7.4. DRUCKLUFTKAMMER

Hier präsentieren wir eine allgemeine Beschreibung der Druckluftkammern, mit denen Wasserschlag in einem Rohrsystem zum Abwassertransport verhindert werden soll. Daher sind keine Auslegungsbeispiele enthalten. Für die Auslegung einer Druckluftkammer für eine spezifische Anwendung wenden Sie sich bitte an Grundfos.

Bei einer Luftkammer handelt es sich um einen Druckbehälter, der zur Hälfte mit Luft und zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Sie ist auf der Druckseite der Pumpen mit dem Rohrsystem verbunden (siehe Abb. 6). Die Luft im Tank ist komprimiert. Auf diese Weise wird Energie gespeichert, die dann im Falle eines Pumpenstopps oder Stromausfalls genutzt werden kann, um den Durchfluss aufrechtzuerhalten.

Druckluftkammern sind in zwei verschiedenen Typen erhältlich. Druckluftkammer und Membran-Wasserschloss. Die beiden Typen unterliegen demselben Funktionsprinzip. Entsprechend hängt die Entscheidung für einen der beiden Typen von der jeweiligen Anwendung ab. Aufgrund ihrer Konstruktion sind Membran-Wasserschlösser nur für kleinere Volumen geeignet.

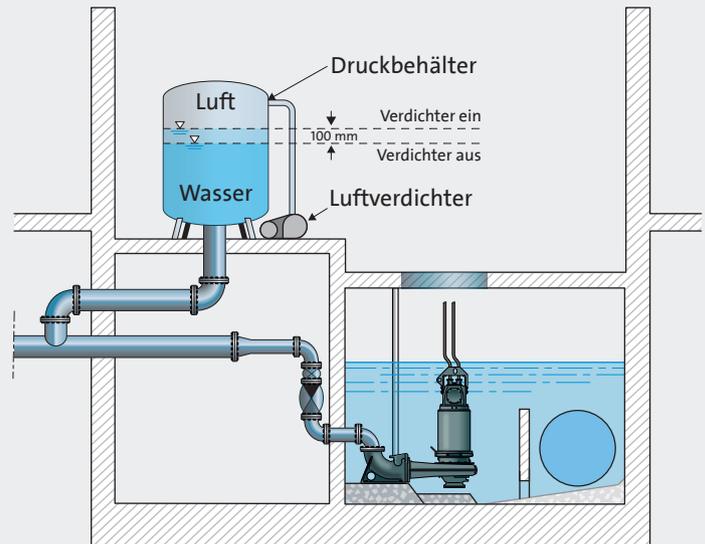


Abb. 6 Prinzip einer Luftdruckkammer mit Verdichterfunktion

7.5. LUFTDRUCKKAMMER MIT VERDICHTERFUNKTION

Der Leitungszulauf zum Tank ist in der Regel mit verschiedenen Blenden ausgestattet, die dem Wasser ein verlustfreies Verlassen des Tanks ermöglichen, allerdings eine hohe Zerstreuung des Zulaufs in den Tank verursachen.

Der Betrieb bei einer Abfolge von Anstieg, Abfall und erneutem Anstieg sieht wie folgt aus:

- 1) Nach einem Pumpenstopp oder Stromausfall drückt der Luftdruck Wasser aus dem Tank. Das Luftvolumen nimmt zu, und der Druck sinkt.
- 2) Durch den abnehmenden Druck sinkt allmählich auch der Zulauf in die Rohrleitung. Der Zufluss in die Rohrleitung kommt schließlich zum Erliegen und wechselt die Richtung. Der Abfall weicht einem Anstieg. Wenn das Wasser in den Tank eintritt, nimmt das Luftvolumen ab und der Druck steigt.
- 3) Durch den Druckanstieg nimmt der Durchfluss ab. Der Durchfluss in der Rohrleitung stoppt schließlich, und kehrt sich um. Daraufhin wiederholt sich der Zyklus, bis er durch die Reibung allmählich zum Stillstand kommt.

Weil der Tank groß genug sein muss, damit am Ende des Abfalls eine Wasserreserve und am Spitzenpunkt des Anstiegs eine Druckluftreserve im Plenum verbleibt, muss das Computermodell präzise sein. Luftkammern sind beim Steuern von Anstieg und Abfall sehr wirkungsvoll und zuverlässig und dabei so vielseitig, dass sie in nahezu allen Wasserförderanlagen eingesetzt werden können. Allerdings sind sie in Anlagen mit Druckleitungen von unter 250 mm Länge selten zu finden. Luftdruckkammern mit Verdichterfunktion benötigen ziemlich viel komplexe Zusatzausrüstung und zusätzliche Regelungen, was regelmäßige Wartung erforderlich macht.

- Einen Luftverdichter, um die Kammer automatisch mit Luft zu versorgen
- Ein Ventil, um überschüssige Luft aus der Kammer zu entlüften
- Pegelmesssonden, Schwimmerschalter oder Kapazitätssonden in der Kammer zum Ein- und Ausschalten des Verdichters sowie zum Öffnen und Schließen des Ventils
- Füllstandsanzeigen oder Sichtfenster zum Beobachten des Wasserstands in der Kammer
- Eine geflanschte Zugangsöffnung für Inspektion und Wartung
- Eine Flanschverbindung zur Hauptleitung
- Konstruktion der Luftkammer gemäß örtlicher Vorschriften
- Sicherheitsventil an der Luftkammer
- Das Wasser-Luft-Verhältnis sollte bei normalem (stabilem) Druck in etwa 1:1 betragen.
- Wenn eine Luftkammer für Abwasser verwendet werden soll, verwenden Sie ausschließlich vertikale Tanks mit einem konischen oder elliptischen Bodenprofil.

7.6. MEMBRAN-WASSERSCHLÖSSER

Membran-Wasserschlösser sind Druckwassertanks, bei denen Wasser und Luft durch eine flexible Membran getrennt sind. Auf diese Weise kann sich das Wasser ausdehnen und Druckanstiege absorbieren. Weil die Membran flexibel ist, kann sie sich an plötzliche Druckänderungen anpassen und wirkt so Wasserschlag entgegen.

Wenn der Wasserdruck im Tank nach einem Pumpenstopp oder Stromausfall aufgrund des Rückflusses in das Rohrsystem ansteigt, beginnt der Tank, sich mit Wasser zu füllen, was die Luft auf der anderen Seite der Membran unter Druck setzt.

Wasser ist nicht kompressibel. Wenn sich das Wasser also aufgrund des Rückflusses ausdehnt, muss es irgendwo hin. Luft ist dagegen kompressibel. Wenn sich das Wasser daher auf der einen Tankseite ausdehnt, drückt es die Luft auf der anderen Seite zusammen. Dies verhindert, dass irgendein Teil der Anlage aufgrund des expandierenden Wassers nachgibt.



Abb. 7 Beispiel für ein Membran-Wasserschloss zum Regulieren von Druckstößen durch Wasserschlag und von Wasserschwallen bei Pumpenan- und -auslauf

7.7. SCHWUNGRAD

Die Trägheit der Pumpe kann Wasserschlag erheblich beeinflussen, insbesondere in Anlagen mit kurzen Rohrleitungen. Durch die Installation eines Schwungrads nimmt das Moment der Rotationsträgheit in einer Pumpe zu, was in vielerlei Hinsicht eine hervorragende Methode zum Reduzieren von Wasserschlag darstellt.

Ein Schwungrad ist eine rotierende mechanische Vorrichtung, die zum Speichern von Drehenergie verwendet wird. Schwungräder besitzen eine Trägheit, das so genannte Trägheitsmoment, und wirken daher Änderungen der Drehzahl entgegen. Der Betrag der in einem Schwungrad gespeicherten Energie ist proportional zum Quadrat seiner Drehzahl. Durch die Anwendung eines Drehmoments wird Energie auf ein Schwungrad übertragen, wodurch sich die Drehzahl erhöht, was die Energie quasi speichert. Umgekehrt gibt ein Schwungrad gespeicherte Energie frei, indem es ein Drehmoment an eine mechanische Last anlegt. Dabei wird die Drehzahl des Schwungrads abgesenkt.

In Verbindung mit einer Pumpe und einem Elektromotor gibt das Schwungrad gespeicherte Energie frei, wenn die Energiequelle kein Drehmoment mehr an das Schwungrad anlegt. Durch die Freisetzung der gespeicherten Energie wird die Drehzahl der Pumpe nach einem Abschalten der Stromversorgung allmählich gesenkt, was wiederum Wasserschlag im Rohrsystem verhindern kann.

Anders ausgedrückt: Mit einem Schwungrad am Antrieb wird die Auslaufzeit der Pumpe bis zum vollständigen Stillstand mithilfe der gespeicherten Drehenergie verlängert:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$$

Dabei gilt:

J: Trägheitsmoment der Masse eines Schwungrads in kgm^2

ω : Winkelgeschwindigkeit s^{-1}

Für eine homogene massive Scheibe mit einem Radius r und einer Masse m beträgt das Trägheitsmoment:

$$J = \frac{m \cdot r^2}{2}$$

Abb. 8 zeigt Schwungräder für eine Pumpstation. Mit der Art von Schwungrad, die sowohl wirtschaftlich als auch technisch machbar ist, lässt sich die Verlängerung der Auslaufzeit nur für eine relativ kurze Rohrleitung mit kurzer Reflexionszeit erreichen.

Die Grenzen bei der Nutzung eines Schwungrads zum Verhindern von Wasserschlag in Rohrleitungen sind Leitungen mit einer Länge von 1 - 2 km.

Aufgrund ihrer Konstruktion ist die Schwungradlösung nicht für Tauchmotorpumpen geeignet. Bei anderen Pumpentypen muss vorab geprüft werden, dass das Schwungrad den Anlaufvorgang der Pumpenantriebs nicht stört. Schwungräder sind wahrscheinlich die sicherste und eleganteste Art einer Druckstoßsicherung. Ihre Zuverlässigkeit schlägt alle anderen diesbezüglichen Methoden.

Mit Ausnahme der Lager in größeren Anlagen, erfordern sie während des Betriebs keinerlei Überwachung.



Abb. 8 Schwungräder für eine Pumpstation in den USA Durchmesser des Schwungrads 864 mm, Höhe 247 mm und Trägheitsmoment $106 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

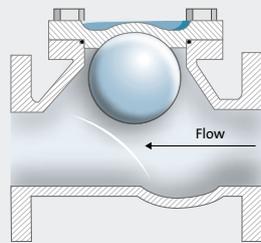
7.8. RÜCKSCHLAGVENTILE

Pumpenanlagen sind häufig von Rückschlagventilschlag mit nachfolgendem Anstieg des Systemdrucks betroffen. Einige Rückschlagventile und Rückschlagklappen sind in vielen Anlagen Schlägen ausgesetzt. Schläge auf ein Rückschlagventil treten nach einem Pumpenstopp oder Stromausfall auf, wenn sich der Durchfluss in der Druckleitung vor dem vollständigen Schließen des Rückschlagventils umkehrt und zurück in Richtung Pumpe fließt. Durch diese abrupten Änderungen unterliegt die Wassersäule einer Impulsänderung. Diese Änderung kann eine Stoßwelle hervorrufen, die zwischen dem auslösenden geschlossenen Rückschlagventil und einem sekundären Hindernis hin und her läuft. Bei großer Intensität der Stoßwelle kann die Anlage physischen Schaden nehmen.

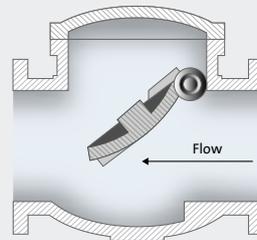
7.9. TYPISCHE RÜCKSCHLAGVENTILE

Im Laufe der Zeit wurde intensive Forschung durchgeführt, um die dynamischen Schließcharakteristika verschiedener Rückschlagventile zu verstehen. Dies umfasste verschiedene Kugelrückschlagventile, Rückschlagklappen, Filterscheibenventile, Weichscheibenventile, Doppelscheibenventile und leise Rückschlagventile. Rückschlagventilschlag ist ein Vorgang in zwei Schritten. Als Erstes kehrt sich die Fließrichtung nach einem Pumpenstopp um, und das Medium kann zurück durch das Rückschlagventil fließen, bevor sich dieses vollständig geschlossen hat.

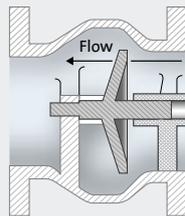
Als Zweites trennt das Schließelement den Rückfluss plötzlich ab.



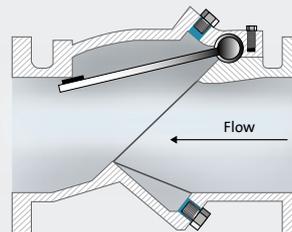
Kugelrückschlagventil



Rückschlagklappe



Leises
Rückschlagventil
mit Feder



Robustes
Rückschlagventil
mit Scharnier

8. Strömungsgeschwindigkeit verwandelt sich in Druck

Wenn sich die Strömungsgeschwindigkeit in einem Rohrsystem plötzlich umkehrt, verwandelt sich die kinetische Energie des fließenden Mediums in Druck. Pro 0,3 m/s Geschwindigkeitsänderung steigt der Druck um zirka 3 bar an. Für einen leichten Schlag reicht schon eine Geschwindigkeitsänderung von etwa 0,15 m/s bzw. eine Druckerhöhung von 1,5 bar, Eine Geschwindigkeitsänderung von 0,3 m/s (entsprechend 3 bar) kann ein hörbares Geräusch erzeugen, das sich über das ganze Gebäude fortpflanzt und zu einer Belästigung des Bedienpersonals oder sogar benachbarter Häuser führt. Wenn ein Schlag entsteht, klingt dies wie das Geräusch, das verursacht wird, wenn das Schließelement auf den Sitz prallt. Tatsächlich wird das Schlaggeräusch jedoch durch eine Druckspitze erzeugt, die für eine sofortige Ausdehnung der Rohrwand sorgt, was die deutlich hörbare Schallwelle eines Wasserschlags nach sich zieht.

Wenn bekannt ist, dass der Schlag durch den plötzlichen Stopp des Rückflusses und der dadurch entstehenden Druckspitze erzeugt wird, wäre das ideale Rückschlagventil eines, das sich noch vor dem Auftreten von Rückfluss schließt. Leider lassen alle Rückschlagventile etwas Rückfluss zu. Wie viel, hängt von der Dynamik der Anlage ab.

9. Schlagpotenzial verschiedener Rückschlagventile

Das Schlagpotenzial verschiedener Rückschlagventile und ihre Fähigkeit, Rückfluss zu verhindern, kann durch eine Betrachtung der Ventilgeometrie verstanden werden. Wie schon erwähnt, besteht die beste Methode zum Verhindern von Schlag darin, dass sich das Ventil sehr schnell schließt. Doch wie kann sich ein Ventil schnell schließen?

Die Position der Scheibe spielt eine große Rolle beim Schließvorgang. Wenn sich die Scheibe beim Öffnen des Ventils aus dem Fließstrom bewegt oder dreht, kann ein Rückstrom das Ventil nicht mehr so gut schließen. Von den drei erwähnten Rückschlagventilen – Kugelrückschlagventil, Rückschlagklappe und leises Rückschlagventil – wird das Schließelement des Kugelrückschlagventils durch die Strömung stromaufwärts in einen Winkelkanal aus der Strömung gedrückt, wohingegen die Scheibe des leisen Rückschlagventils im Strömungsfluss verbleibt.

Wenn sich die Strömungsrichtung also umkehrt, wirkt sich dies sofort auf die Scheibe des leisen Rückschlagventils aus. Es schließt sich dadurch schneller als das Kugelrückschlagventil. Doch auch wenn sich ein leises Rückschlagventil in zirka einer Zehntelsekunde schließt, fließt dennoch ein Rückfluss durch das Ventil, wenn auch in einer vernachlässigbaren Menge. Bei allen Rückschlagklappen befindet sich das Schließelement im Strömungsfluss, was ein schnelles Schließen unterstützt. Leider kann sich die Scheibe bei voller Öffnung leicht außerhalb des Strömungsflusses befinden. Zur Reduzierung von Ventilschlag verfügen viele Rückschlagklappen daher über Öffnungsanschlüge, die die Scheibe etwas im Strömungsfluss belassen.

10. Rückschlagventilschlag lässt sich vorhersagen und verhindern

Die Lösung zum Verhindern von Ventilschlag bei einem Rückschlagventil besteht nicht darin, das am schnellsten schließende Rückschlagventil zu finden und es zur Norm zu machen, sondern im Abstimmen der schlagverhindernden Eigenschaften des Rückschlagventils auf die Pumpenanlage. Zur Auswahl eines schlagfreien Rückschlagventils muss der Konstrukteur zunächst die Pumpenanlage analysieren und dann die Verzögerung der Mediensäule nach einem Pumpenstopp berechnen. Anders ausgedrückt: Wenn die Durchflussrate 3,5 m/s beträgt und die Berechnungen zeigen, dass der Durchfluss innerhalb von 2 Sekunden zum Erliegen kommt, dann beträgt die Verzögerung im Durchschnitt 3,5 m/s geteilt durch 2 Sekunden bzw. 1,75 m/s².

Die Berechnung der Verzögerung kann schwierig sein, da sie von vielen Parametern abhängt, wie z. B. Pumpenträgheit, Länge der Flüssigkeitssäule, Reibungsverluste im Rohrleitungssystem und statische Förderhöhe bzw. Neigung des Rohrs. Ingenieure verlassen sich beim Berechnen der Verzögerung in der Regel auf eine Computersimulation der Anlage.

Die Schließcharakteristika der Rückschlagventile müssen vom jeweiligen Hersteller geliefert werden. Anhand der Charakteristika kann der Konstrukteur die maximale Rückströmgeschwindigkeit, die im Rohrsystem auftreten kann, vorhersagen.

Die Verzögerung ist die Änderung der Vorströmgeschwindigkeit geteilt durch die benötigte Zeit für die Änderung in m/s². Die Rückströmgeschwindigkeit wird aus Tests abgeleitet und mit dem Geschwindigkeitsbegriff m/s ausgedrückt.

In einer Anlage mit einer Pumpe und niedriger Förderhöhe beträgt die Verzögerung < 6 m/s². Bei einer Anlage mit mehreren Pumpen und großer Förderhöhe kann die Verzögerung bis zu 12 m/s² betragen. Mit der bekannten Schukowski-Gleichung lässt sich die Rückströmgeschwindigkeit direkt in Wasserschlagdruck umrechnen:

$$h = \frac{av}{g}$$

Dabei gilt:

h = der Druckanstieg in Meter Wasser

a = die Wellengeschwindigkeit in Stahlrohren (975 m/s)

v = die Rückströmgeschwindigkeit in m/s

g = 9,81 m/s²

Ein Rückstrom von 0,3 m/s entspricht einem Wasserschlag von 3 bar. Praktische Erfahrungen zeigen, dass Wasserschlag im Bereich von 1,5 - 3 bar oder mit einer Rückströmgeschwindigkeit von 0,15 - 0,30 m/s einen leichten Schlag ausmacht und für die Anlage unschädlich ist. Im Gegensatz dazu ist ein Wasserschlag von mehr als 3 bar oder mit einer Rückströmgeschwindigkeit von mehr als 0,3 m/s extrem laut und sollte entweder durch Auswahl eines anderen Rückschlagventils oder durch eine Modifikation des vorhandenen Rückschlagventils mit schwereren Federn oder hydraulischen Öldämpfern vermieden werden.



Abb. 9 Rückschlagventil mit Öldämpfer



Abb. 10 Rückschlagventil mit Feder

11. Regelmäßiger und unregelmäßiger Durchfluss in einer Rohrleitung

Als Regel gilt, dass Anlagenkonstrukteure als Erstes die Betriebsdrücke bei regelmäßigem Durchfluss und die Volumenraten des Durchflusses bestimmen. In diesem Kontext bedeutet „regelmäßig“, dass sich die Volumenraten von Durchfluss, Druck und Pumpendrehzahl im Laufe der Zeit nicht ändern. Abb. 11 zeigt das typische Profil eines regelmäßigen Durchflusses

Bei gleichbleibendem Rohrdurchmesser und konstanter Oberflächenrauheit der Rohrwandungen ist die Kennlinie der Druckförderhöhe eine gerade Linie. In einfachen Fällen kann der Betriebspunkt einer Pumpe mit regelmäßigem Durchfluss grafisch über eine „Min/Max-Hydraulikneigungslinie“ (Hydraulic Grade Line, HGL – siehe Abb. 12 - 15) ermittelt werden. Dazu wird der Punkt bestimmt, an dem die Pumpenkennlinie die Leitungscharakteristika schneidet.

Eine Pumpenanlage kann niemals die ganze Zeit mit einem regelmäßigen Durchfluss betrieben werden, da schon das Anlaufen und Auslaufen der Pumpe die Betriebsbedingungen ändern. Im Allgemeinen verursacht jede Veränderung der Betriebsbedingungen und jede Störung Druck- und Durchflussschwankungen oder führt zu allmählichen Änderungen der Durchflussbedingungen. Flussbedingungen dieser Art werden in der Regel als „instabil“ oder „transient“ bezeichnet. Grafisch lassen sie sich in einem Diagramm mit den Transienten an Knotenpunkten darstellen. Da sie sich speziell auf Drücke beziehen, werden sie auch manchmal als dynamische Druckänderungen oder Drucktransienten bezeichnet.

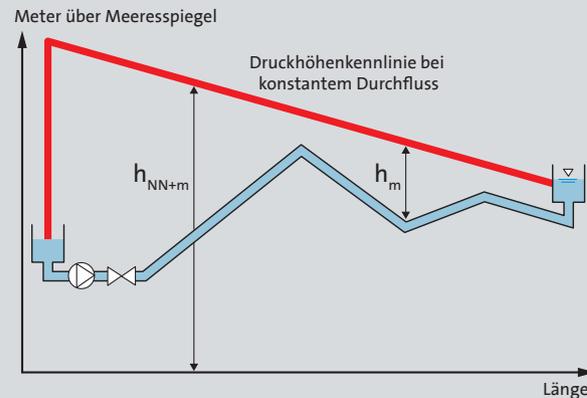


Abb. 11 Druckhöhenkennlinie einer Pumpstation bei regelmäßigem Durchfluss

Die folgenden Diagramme zeigen einen Vergleich zwischen den Auswirkungen verschiedener Schutzmethoden bei Auslösung der Pumpe im beschriebenen Beispielsystem.

Rohr: DN200 mit Polyethylen (PE) der Güteklasse 100 und einem standardmäßigen Durchmesser Verhältnis (SDR 6.3), d. h. Durchmesser geteilt durch Dicke.

Pumpe: 50 l/s bei 51 m Förderhöhe mit einem Trägheitsmoment von 0,25 kg·m².

Pumpenanlauf und Auslösung nach 100 s Betrieb

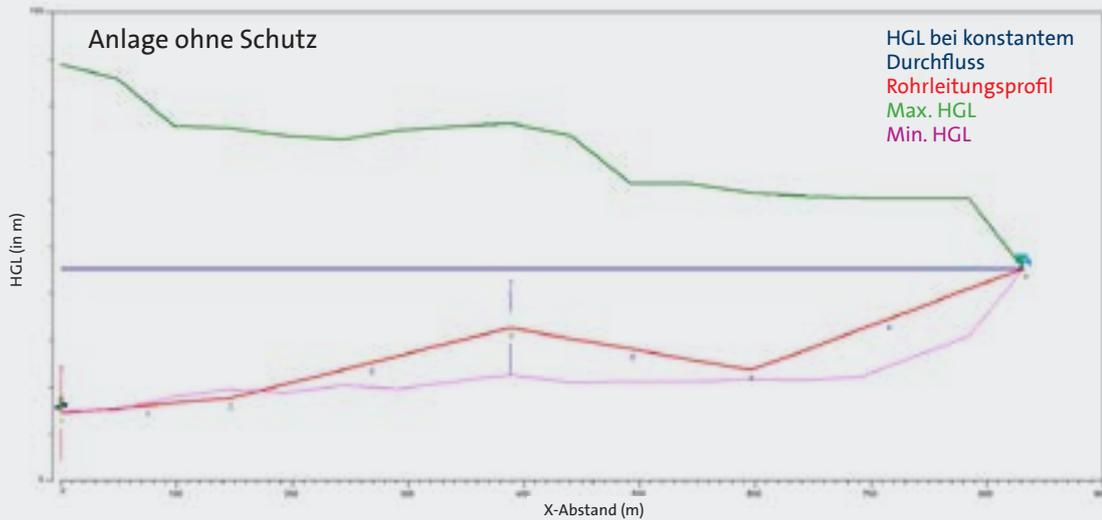


Abb. 12 Anlage ohne Schutz – im Großteil des Profils wird Unterdruck festgestellt

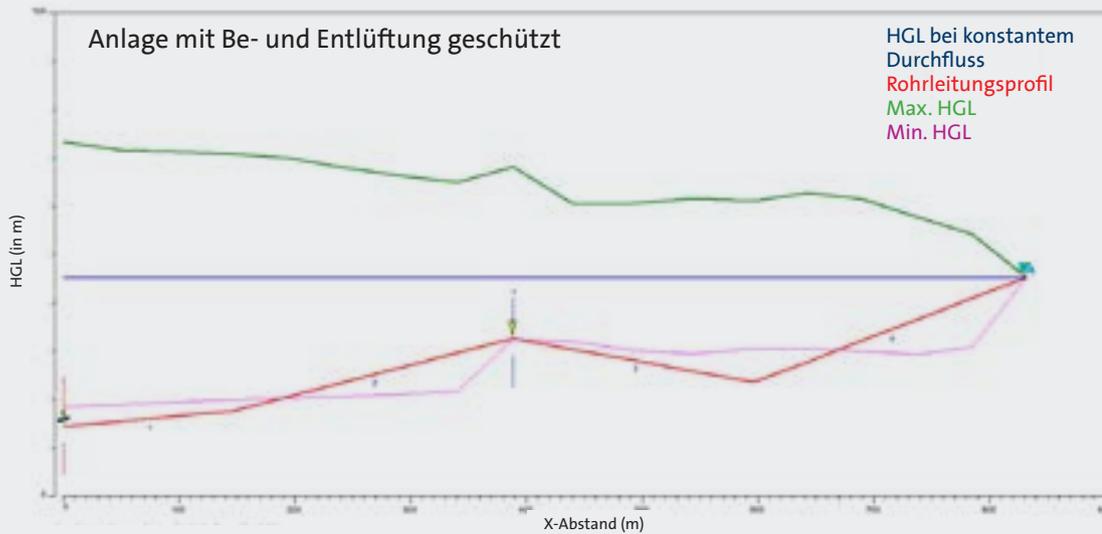


Abb. 13 Anlage mit Luftventilschutz – Der Unterdruck wird auf einen kleineren Teil des Profils reduziert

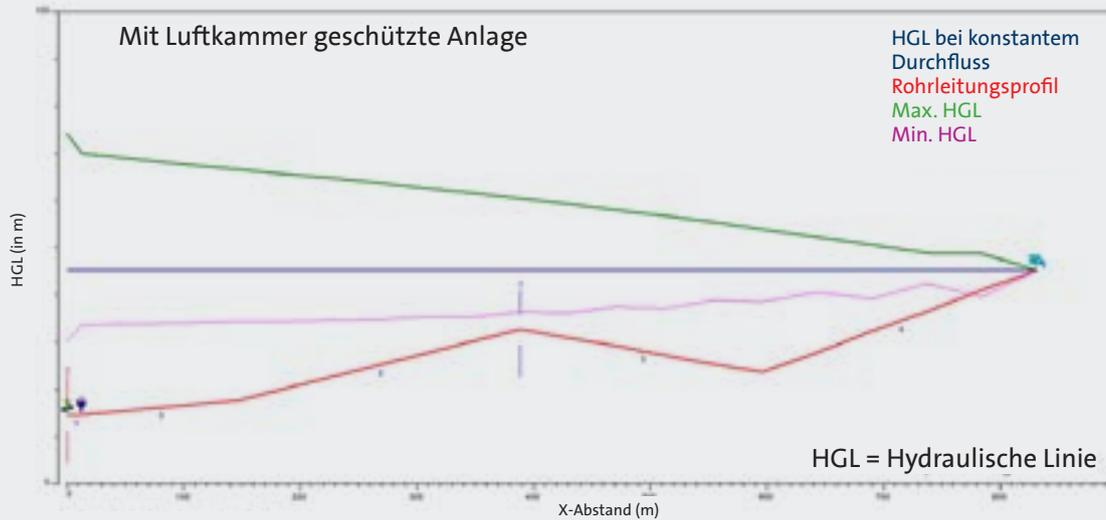


Abb. 14 Anlage mit Luftkammerschutz – Unterdrucklinie ist in allen Bereiche erhöht und die Druckschwankungen fallen geringer aus.

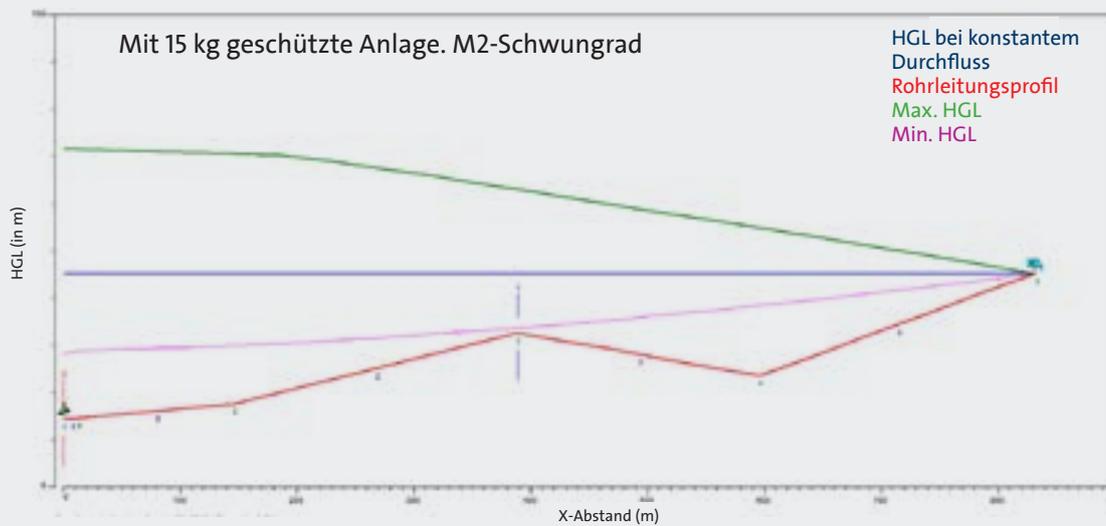
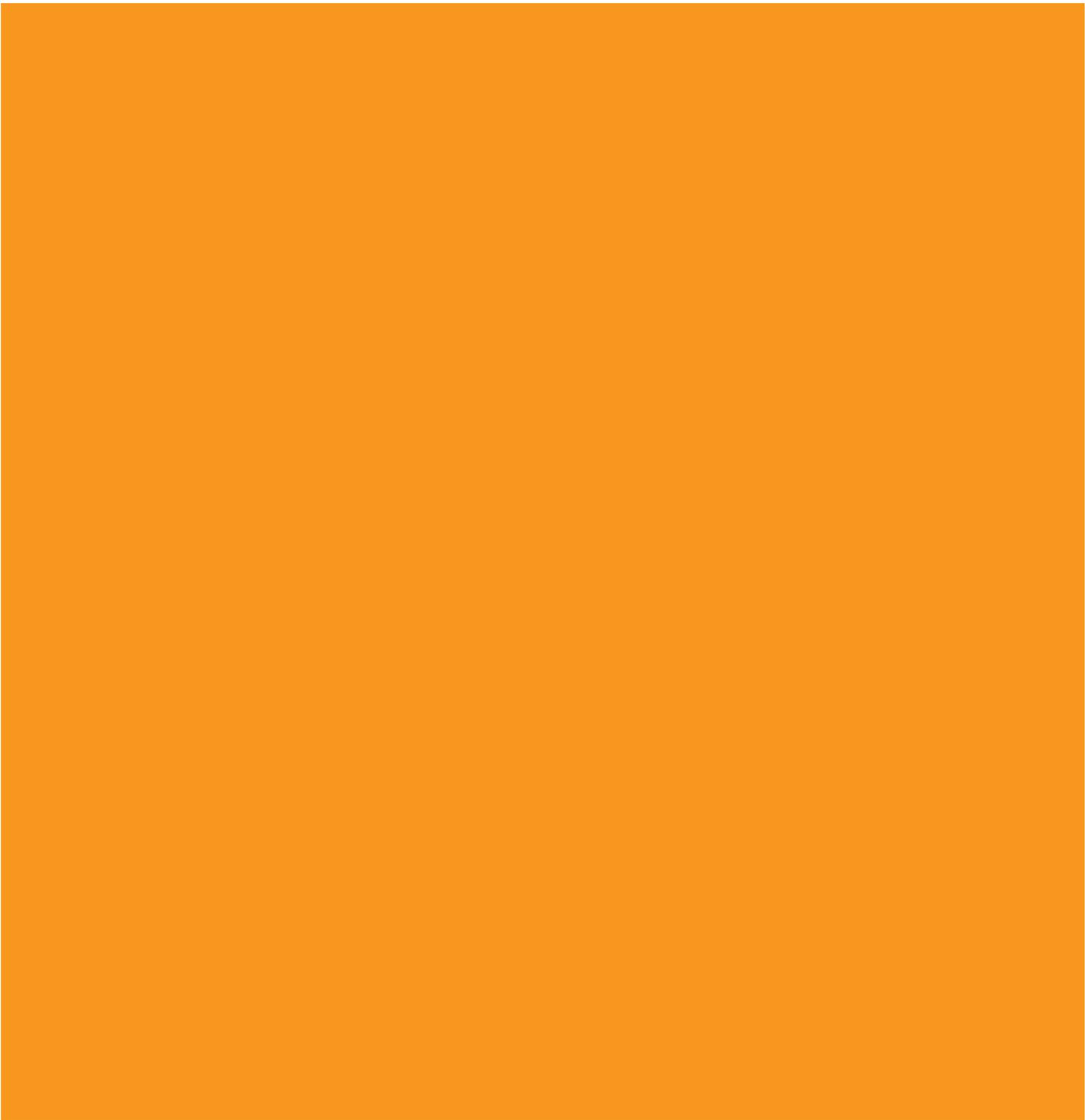


Abb. 15 Anlage durch Schwungrad geschützt – min. HGL liegt vollständig über dem Rohrprofil und Druckschwankungen sind sanfter



[14]

TESTEN VON PUMPEN

1. Allgemein

Die Leistung von individuell konfigurierten Grundfos Pumpen sowie auch aller Grundfos Pumpe in Standardausführung wird mit detaillierten Prüfungen in unseren Testeinrichtungen sichergestellt.

In unserer größten Testanlage kann Grundfos verschiedene Pumpentypen testen, z. B. Klärwasser-Tauchpumpen (S-Baureihe), tauchbare Axialpumpen (KPL- und KWM-Baureihen), trocken aufgestellte Inlinepumpen (HS und TP) und tauchbare Trockenschacht-Klärwasserpumpen.

Die Prüfungen erfolgen nach internationalen Standards für die Leistungsbewertung von Pumpen.

Zum Testen von Tauchmotorpumpen unter kontrollierten Bedingungen ist eine Prüfanlage erforderlich, die entsprechend den für die Tests geltenden Standards gebaut und konfiguriert wurde. Unsere Prüfstände umfassen das benötigte Rohrsystem sowie die erforderlichen Instrumente zum Messen von Druck, Durchflussrate und NPSH. Die Testanlage bietet zudem verschiedene Geräte zum Aufzeichnen der Messungen sowie weitere Computersysteme zum Verarbeiten und Präsentieren der Messdaten.

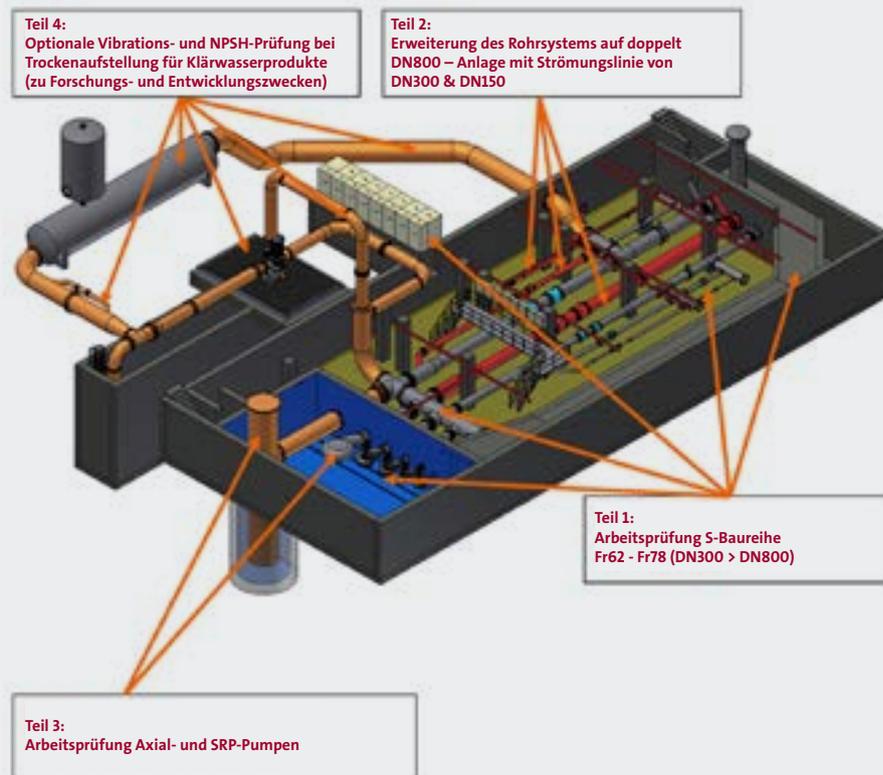


Abb. 1 Auslegung des riesigen Grundfos Prüfstands

2. Spezifikation des Prüfstands

Beckenvolumen:	1500 m ³
Maximale Förderhöhe:	160 m
Maximaler Durchfluss:	9000 m ³ /h (zukünftige Ausdehnung 15000 m ³)
Rohrsystem:	DN300, DN400, DN500, DN600, DN800
Spannung:	3 x 400 V oder 3 x 690 V AC
Leistung:	Bis zu 1200 A, 50 Hz oder 60 Hz und Frequenzumrichter-Betrieb

Die Pumpentestanlage ist automatisiert, daher muss der Prüfer nur die Pumpe mit den Prüfparametern einrichten, und alle Einstellungen werden im Hintergrund per SPS gesteuert, einschließlich Durchflussmesserauswahl, Flussregulierung usw. Die elektrische Anlage enthält zwei Frequenzumrichter, die einen maximalen Strom von 1200 A und eine Nennspannung von bis zu 690 V AC bereitstellen können. Mit diesen Systemen können wir Pumpenprüfungen bei verschiedenen Drehzahlen durchführen.



Abb. 2 Prüfstand für tauchbare Klärwasserpumpen

3. Spezifikation für den Prüfstand für Klärwasser-Tauchpumpen der S-Baureihe

Nennweite des Druckstutzens:	DN125 - DN800
Mindestförderstrom:	30 m ³ /h
Maximaler Durchfluss:	9000 m ³ /h
Mindestdruckhöhe:	3 m
Maximale Druckhöhe:	160 m
Mindestleistung:	7,5 kW
Höchstleistung:	550 kW



Abb. 3 Klärwasser-Tauchpumpe der S-Baureihe zur Installation auf Kupplungsfußkrümmer im Prüfstand

4. Spezifikation für den Prüfstand für Axial-Tauchpumpen der KPL- und KWM-Baureihen

Rohrdurchmesser:	DN500 - DN1400 (1600)
Mindestförderstrom:	30 m ³ /h
Maximaler Durchfluss:	9000 m ³ /h
Mindestdruckhöhe:	1 m
Maximale Druckhöhe:	40 m
Mindestleistung:	15 kW
Höchstleistung:	550 kW

Für Schmutz- und Regenwasserpumpen mit axial installiertem Durchflussrohr steht ein Schacht mit einer Tiefe von 13 m und einem Durchmesser von 1600 mm zur Verfügung. Hier werden KPL- und KWM-Pumpen getestet.



Abb. 4 Schacht zum Testen von Axial-Tauchpumpen der Typen KPL und KWM

5. Vibrationstest

Für Vibrationstests von Pumpen sind spezielle Anlagen erforderlich. Die Montage der Pumpe erfolgt daher auf einem starren Betonblock mit einem Gewicht von 250 Tonnen. Dies ermöglicht Prüfungen von Trockenschacht-Tauchmotorpumpen, Inlinepumpen und Pumpen mit horizontal geteiltem Gehäuse mit einem Auslassdurchmesser von DN200 bis DN800.



Abb. 5 Vibrationstest einer Pumpe mit horizontal geteiltem Gehäuse (nicht verwendbar für tauchbare Abwasserpumpen)

6. NPSH-Prüfgerät

Der Anlagendruck auf der trockenen Seite des Prüfstands lässt sich von einem Vakuum mit 0,8 bar bis hoch zu 10 bar einstellen. Daher können wir die Haltedruckhöhe prüfen und die NPSH-Kennlinie für die Pumpen zur Trockenschachtinstallation aufzeichnen.

Zum Testen der NPSH muss unser Prüfstand mit den notwendigen Rohren, Ventilen und Instrumenten ausgestattet sein, z. B.:

- Messgeräte zum Ablesen und Saug- und Förderdrücken
- Ein Messgerät zum Ablesen des Mediendurchflusses
- Die Fördertemperatur
- Barometerstand
- Die Drehzahl der Pumpe

Für die allmähliche Verringerung des Mediums am Pumpenzulauf bei gleichzeitiger Überwachung des Durchflusses auf der Druckseite der Pumpe steht ein verstellbares Ansaugventil zur Verfügung. Auf diese Weise kann gemessen werden, wann es zu einem Abfall der Gesamtförderhöhe der Pumpe kommt.



Abb. 6 Verrohrung und Anordnung von Messgeräten unter dem Boden

7. Abnahmeprüfungen entsprechend den höchsten Standards

Der Standard ISO9906:2012 für die Abnahmeprüfung der hydraulischen Leistung dient als Grundlage für die Vereinbarung zwischen Grundfos – als Pumpenhersteller – und unseren Kunden in Bezug auf Pumpenabnahmeprüfungen in unseren eigenen Pumpenprüfeinrichtungen auf der ganzen Welt.

Der Standard spezifiziert die Anforderungen an Messsysteme, Prüfberichte und Prüfverfahren sowie an Begriffe, Definitionen, Terminologie und Mengen. Er gilt für Pumpen aller Größen, mit oder ohne Anschlussstücke, sowie für sämtliche Fördermedien, die sich wie sauberes Kaltwasser verhalten.

Die Testergebnisse werden nur dann angenommen, wenn sich die Toleranzen innerhalb der festgelegten Norm bewegen. Toleranzen sind notwendig, weil beim Herstellen von Bauteilen durch Gießverfahren oder die zerspanende Bearbeitung immer gewisse Abweichungen auftreten.

In Kombination mit den Prüfkomponenten und der Instrumentierung führen die Abweichungen bei Pumpenlaufrad, Pumpengehäuse und allgemeiner Montage zu einer Leistungsstreuung.

Der Standard ISO9906:2012 bietet unseren Kunden daher eine Garantie für die Punktverifizierung von Durchfluss (Q) und Förderhöhe (H) sowie eine optionale Punktverifizierung für Wirkungsgrad (η & η_{gr}), Leistung (P) und NPSHR.

7.1. ERLÄUTERUNG DER ABNAHMEKLASSEN

Abnahmeklassen (Toleranzklassen) können im Vertrag zwischen Pumpenhersteller und Käufer verwendet werden oder auch in einem Standard-Toleranzfaktor, der immer dann gilt, wenn keine spezifische Toleranzklasse zwischen Hersteller und Kunde vereinbart wurde.

Für den europäischen Markt gelten drei Abnahmestufen:

- Klassen 1B, 1E und 1U mit engeren Toleranzen
- Klassen 2B und 2U mit breiteren Toleranzen
- Klasse 3B mit noch breiteren Toleranzen

Dabei gilt:

Klassen 1B, 2B & 3B verweisen auf Standardklassen mit einem bilateralen Toleranzband.

Klasse 1E zeigt die am Betriebspunkt gemessenen spezifischen Toleranzen mit einem engen bilateralen Toleranzband.

Klassen 1U & 2U

„U“ verweist auf eine Klasse mit einer unilateralen Toleranz bei Förderstrom und Förderhöhe. Für die Klasse 2U gilt eine Toleranz beim Wirkungsgrad.

Für die Klasse 1U gilt keine Toleranz beim Wirkungsgrad.

Für den amerikanischen Markt gelten die Abnahmeklassen gemäß ANSI HI 1.6: 2011 Klasse 1, Klasse 2 oder Klasse 3.

Grundfos liefert Abnahmeklasse 3B als Standard für Tauchmotorpumpen, Trockenschacht-Tauchmotorpumpen, Kreiselpumpen und Axial-Abwasserpumpen. Auf Anfrage sind auch Prüfungen auf Klasse 2B und Klasse 1B verfügbar.

Die Prüfungen erfolgen in unseren eigenen Anlagen auf der ganzen Welt, auf Wunsch auch in Gegenwart von unabhängigen Gutachtern. Die Prüfergebnisse werden in einem Prüfbericht zur Verfügung gestellt und das Prüfprodukt erhält ggf. ein Zertifikat. Wir garantieren, dass die Pumpenleistungsdaten für mindestens 5 Jahre gespeichert werden.

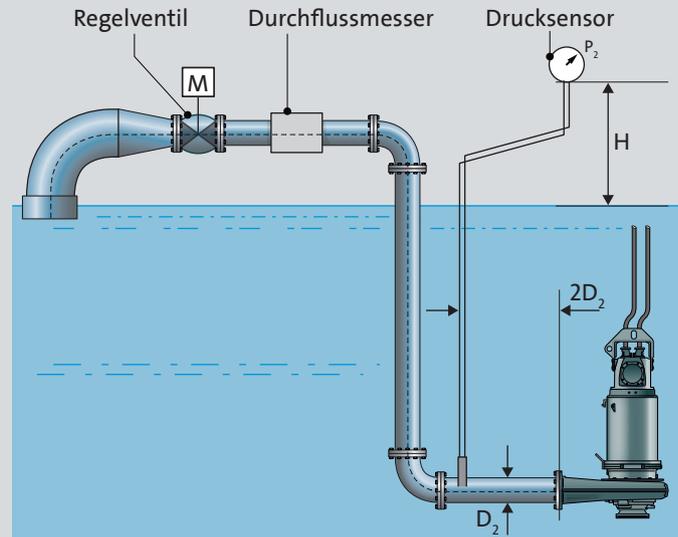


Abb. 7 Vereinfachte Darstellung der Überprüfung von Durchfluss und Förderhöhe für Pumpen aus Standardfertigung. Die Auslegung des Rohrsystems bietet ideale und bekannte Betriebsbedingungen für Manometer und Durchflussmessgerät, um unmissverständliche Ablesungen zu ermöglichen.

Entsprechend den Prüfstandards muss der Druckmesspunkt mindestens einen Abstand von $2 \times D_2$ vom Druckflansch der Pumpe entfernt sein. Der Abstand soll anhand eines geraden Rohrstücks bemessen werden.

H_j = Förderhöhenverluste zwischen Messpunkt und Pumpenflansch wird berechnet.

Gesamtdruckhöhe der Pumpe kann notiert werden:

$$H = \frac{P_2}{\rho g} + Z_{1,2} + \frac{V_2^2}{2g} + H_J$$

Dabei gilt:

$$\frac{P_2}{\rho g} = \text{Manometerablesung in Förderhöhe geändert}$$

$$Z_{1,2} = \text{Manometerhöhe über Wasserstand}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \text{dynamische Förderhöhe der Pumpe am Druckmesspunkt}$$

$$V_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_2^2}$$

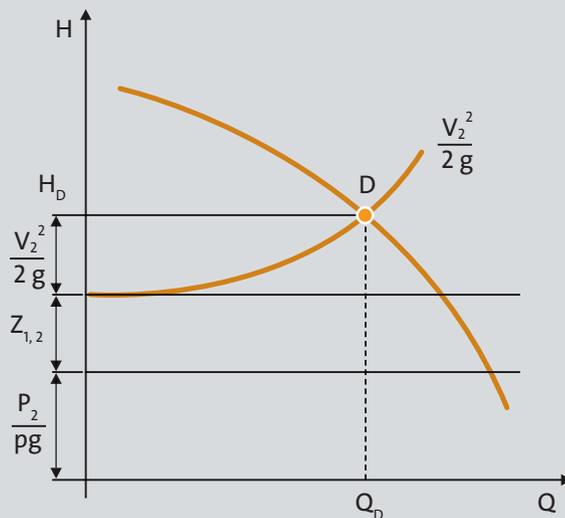


Abb. 8 Wird eine Pumpenleistungskennlinie zum Schätzen des Betriebspunktes herangezogen, können die gemessene statische Förderhöhe und die dynamische Förderhöhe eingesetzt werden, um die Anlagenleistungskurve mit dem Betriebspunkt D zu erhalten

8. Prüfstandards

Der Zweck von Prüfstandards besteht in der Definition eines gemeinsamen Verfahrens beim Prüfen von Pumpen. Darüber hinaus legt solch ein Standard fest, wie die Testergebnisse mit den garantierten Werten abzugleichen sind. Die Normen umfassen im Wesentlichen Folgendes:

- Begriffe, Definitionen und Symbole
- Organisation von Prüfungen
- Testaufbau
- Messunsicherheiten
- Garantieverifizierung

Soweit nicht anders vereinbart, legen die Teststandards die folgenden Garantiewerte fest:

8.1. ISO 9906:2012 (KLASSE 1B, 2B UND 3B)

Pumpen mit Motoren von mehr als 10 kW:

- Q/H-Betriebspunkt
- Wirkungsgrad η oder η_{gr}

Pumpen mit einem Motor von weniger als 10 kW:

- Q/H-Betriebspunkt
- Wirkungsgrad η
- Motorleistungsaufnahme P_{gr} (über das ganze Betriebsspektrum)

In Serie gefertigte Pumpen in einer Auswahl anhand typischer Leistungskennlinien (Anhang A):

- Q/H-Betriebspunkt
- Wirkungsgrad η
- Pumpenleistungsaufnahme P
- Motorleistungsaufnahme P_{gr}

Prüfungen gemäß Klasse 1B erfordern eine höhere Genauigkeit, während Klasse 2B größere Toleranzen zulässt. Da Klärwasserpumpen normalerweise im Aussetzbetrieb laufen, ist Klasse 2B für solche Pumpen angemessen. Klasse 3B hat sogar noch breitere Toleranzen. Klasse 1B eignet sich für Prüfungen von feinjustierten Prozesspumpen im Dauerbetrieb.

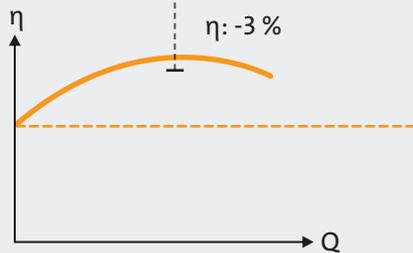
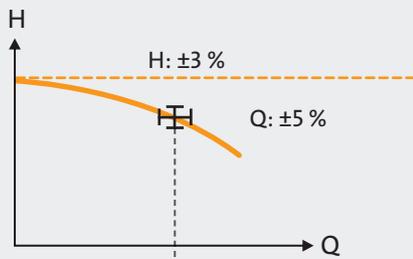


Abb. 9 Abnahmetoleranzen für Klasse 1B „B“ verweist auf Standardklassen mit einem bilateralen Toleranzband.

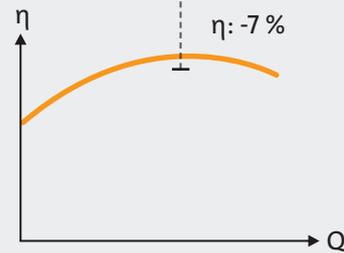
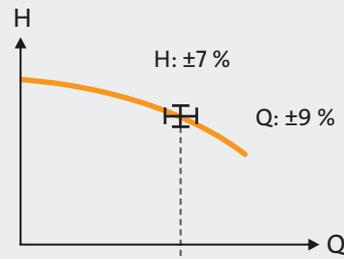


Abb. 11 Abnahmetoleranzen für Klasse 3B „B“ verweist auf Standardklassen mit einem bilateralen Toleranzband.

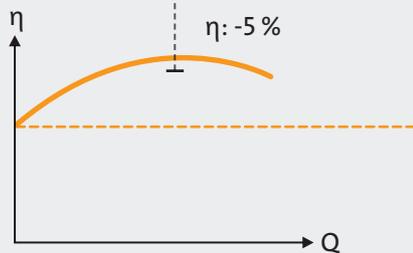
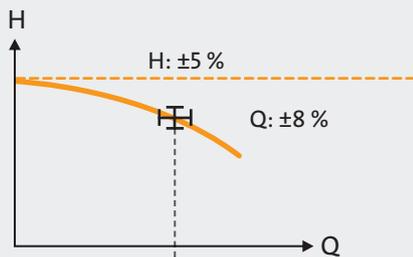


Abb. 10 Abnahmetoleranzen für Klasse 2B „B“ verweist auf Standardklassen mit einem bilateralen Toleranzband.

Für die Verifizierung von Garantiewerten wird eine Fadenkreuzmethode verwendet. Das Verifikationsprinzip wird in Abb. 12 veranschaulicht und funktioniert wie folgt:

Ein Toleranzkreuz mit der horizontalen Linie $\pm Q$ -QG und der vertikalen Linie $\pm H$ -HG wird durch den Garantiepunkt QG, HG gezeichnet.

Die Garantie auf Förderhöhe und Durchflussrate wird eingehalten, wenn die gemessene Q/H-Kennlinie die vertikale und/oder horizontale Linie schneidet oder zumindest berührt.

Der Wirkungsgrad leitet sich ab aus dem Schnittpunkt der gemessenen Q/H-Kennlinie und der geraden Linie, die durch den festgelegten Betriebspunkt QG, HG und dem Nullpunkt der Q- und der H-Achse verläuft, bzw. vom Schnittpunkt der vertikalen Linie mit der η -Kennlinie.

Die Garantiebedingung auf den Wirkungsgrad liegt innerhalb der Toleranz, wenn der Wirkungsgradwert an diesem Schnittpunkt höher ist als $\eta_G (1-t_\eta)$ oder diesem zumindest entspricht.

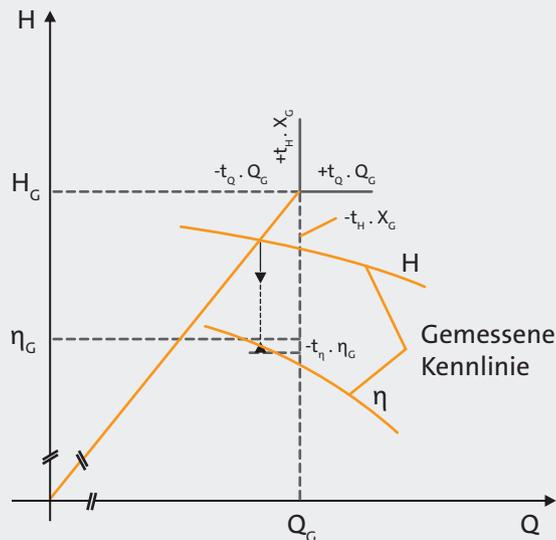


Abb. 12 Verifizierung der Garantie auf Durchflussrate, Förderhöhe und Wirkungsgrad gemäß ISO 9906

8.2. ISO 2548 (KLASSE C)

- Q/H-Betriebspunkt
- Wirkungsgrad η oder Gesamtwirkungsgrad η_{gr}

In Serie gefertigte Pumpen in einer Auswahl anhand typischer Leistungskennlinien (Anhang B):

- Q/H-Betriebspunkt
- Motorleistungsaufnahme P_{gr}

8.3. ISO 3555 (KLASSE B)

- Q/H-Betriebspunkt
- Wirkungsgrad η oder Gesamtwirkungsgrad η_{gr}

Diese Standards umfassen Leistungswerte für die Toleranzen der gemessenen Variablen.

Wenn in den technischen Daten oder Kaufverträgen garantierte Werte benötigt werden, können die folgenden Variablen entsprechend den Prüfstandards herangezogen werden:

- Q/H-Betriebspunkt
- Wirkungsgrad η oder Gesamtwirkungsgrad η_{gr}

Der benötigte Prüfstandards und der benötigte Betriebspunkt sollten vor den Prüfungen vereinbart werden.

Sofern nicht speziell angefordert, sehen die Prüfstandards keine Tests auf NPSH-Sollwerte der Pumpe vor. Der Prüfstandard ISO 9906 liefert Toleranzfaktoren für den NPSH-Sollwert. Die Prüfstandards ISO 2548 und ISO 3555 enthalten keine Toleranzfaktoren für NPSH-Sollwerte.

8.4. ISO 2548 (KLASSE C) UND ISO 3555 (KLASSE B)

ISO 2548 (Klasse C) entspricht im Allgemeinen dem Standard ISO 9906 Klasse 2, und ISO 3555 (Klasse B) entspricht ISO 9906 Klasse 1. Der Standard ISO 2548 eignet sich für Klärwasserpumpen.

In diesem Standard wird eine elliptische grafische Methode zur Verifizierung der Garantiewerte herangezogen. Das Prinzip wird in Abb. 13 gezeigt. Die Verifizierung des Wirkungsgrads erfolgt auf dieselbe Weise wie im Standard ISO 9906.

Das in Abb. 13 veranschaulichte Verifizierungsprinzip funktioniert wie folgt:

Eine elliptische Toleranzzone mit der Halbachse $QGXQ$ und $HGXH$ zeigt einen Bereich für den garantierten Betriebspunkt mit Q_G , H_G als Mittelpunkt.

Die Garantie auf Förderhöhe und Durchflussrate entspricht der Klassifizierung, wenn die gemessene Q/H-Kennlinie die Ellipse schneidet oder zumindest berührt.

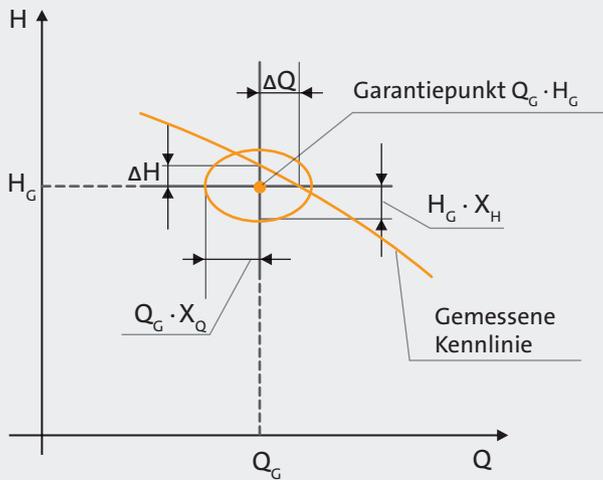


Abb. 13 Verifizierung des Garantiewerts für Durchflussrate und Förderhöhe gemäß ISO 2548 und ISO 3555

Der Wirkungsgrad ergibt sich aus dem Schnittpunkt der gemessenen Q/H -Kennlinie und der geraden Linie, die durch den festgelegten Betriebspunkt Q_G, H_G und dem Nullpunkt der Q - und der H -Achse verläuft, bzw. vom Schnittpunkt der vertikalen Linie mit der η -Kennlinie.

Die Garantiebedingung auf den Wirkungsgrad liegt innerhalb der Toleranz, wenn der Wirkungsgradwert an diesem Schnittpunkt höher ist als $\eta_G (1-t_\eta)$ oder diesem zumindest entspricht.

Grundfos hat eine Methode zur Anwendung der elliptischen Toleranzzonen des ISO 2548-Standards entwickelt. Auf diese Weise lässt er sich in numerischen Berechnungen einfacher verwenden. Diese Methode nutzt die Neigung der Tangente zur Q/H -Kennlinie am Untersuchungspunkt und ermöglicht die numerische Bestimmung von H_{min} und H_{max} bei einer garantierten Durchflussrate, so dass die Ellipsenbedingung eingehalten wird.

9. Weitere Prüfstandards

Viele Länder haben eigene nationale Standards herausgegeben, die den ISO-Standards entsprechen. In den USA kommt häufig ein nationaler Prüfstandard zur Anwendung, der vom Hydraulic Institute herausgegeben wurde. In Bezug auf das Toleranzsystem weicht dieser Standard von den ISO-Standards ab.

10. Zulässige Abweichungen bei der Ist-Leistung

Die größtmögliche Abweichung vom garantierten Betriebspunkt entsteht aus dem Zusammenspiel von Ungenauigkeiten der Messtechnologie und den zulässigen Toleranzen. Die Prüfstandards geben die Genauigkeitsanforderungen für die Messinstrumente vor und empfehlen Werte für die zulässigen Toleranzen.

Die höchstmögliche Ist-Abweichung des Soll-Durchflussvolumens hängt außerdem von der Form der Kennlinie für die Anlagencharakteristika und der Position des Betriebspunkts auf der Q/H-Kennlinie der Pumpe ab.

Gemäß den Standards ISO 9906, Klasse 2B, und ISO 2548 kann die Abweichung in der Nähe des Optimalpunkts je nach Hauptform der Kennlinie $\pm 3 - 10 \%$ betragen.

Beim Standard ISO 9006, Klasse 1B, und ISO 3555 kann die entsprechende Abweichung $\pm 2 - 6 \%$ betragen. Wenn der Betriebspunkt im unteren Volumenbereich für den Durchfluss angesiedelt ist und die Kennlinie für die Anlagencharakteristika flach ausfällt, können die oben genannten Abweichungen noch viel größer sein.

Entsprechend des ISO-Prüfstandards gelten für den Pumpenwirkungsgrad die folgenden Normtoleranzen:

- ISO 9906, Klasse 2B -5 %
- ISO 2548 -5 %
- ISO 9906, Klasse 1B -3 %
- ISO 3555 -2,8 %

Dies sind proportionale Werte, keine Prozentpunkte.

Für die Förderung von Klärwasser sind die Toleranzen (\pm) der Standards ISO 9906, Klasse 2B und ISO 2548 akzeptabel. Sie sind außerdem mit normalen Fertigungsabweichungen bei der Herstellung kompatibel. Bei zusätzlichen Anforderungen an die Toleranzen können zusätzliche Produktionskosten und Lieferverzögerungen entstehen. Die veröffentlichten Kennlinien für die Klärwasserpumpen entsprechen diesen Standards, die auf den Kennlinien angegeben werden.

11. Abnahmeprüfungen

Abnahmeprüfungen von Pumpen sind ein Vorgang, bei dem der Pumpentest die in der Grundfos Vertriebsliteratur oder den Vertragsspezifikationen genannten Leistungsdaten bestätigt.

Es gibt zwei Methoden zum Durchführen von Abnahmeprüfungen. Sie erfolgen entweder bereits als Teil des Fertigungsprozesses oder werden in Gegenwart des Kunden oder seines Vertreters durchgeführt.

Die Prüfungsstandards umfassen im Wesentlichen zwei Prinzipien:

- Prüfung der Pumpen in Hinblick auf den zum Kaufzeitpunkt vereinbarten Betriebspunkt
- Prüfung der Pumpen in Hinblick auf einen beliebigen Punkt entlang der für die Pumpe veröffentlichten Kennlinie

Diese Praxis gilt für Pumpen in Serienfertigung, und die zulässigen Toleranzen sind größer als bei kundenspezifischen Pumpen.

Bei Pumpen in Serienfertigung führt Grundfos an allen Pumpen Arbeitsprüfungen entweder in Hinblick auf eine Reihe von Punkten entlang der Kennlinie oder in Hinblick auf drei konkrete ausgewählte Punkte durch.

Diese drei Punkte liegen an beiden Enden des zulässigen Abschnitts der Pumpenkennlinie sowie an einem Punkt in der Mitte.

Diese Prüfungsstandards enthalten keine Regelung dafür, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, wenn eine Pumpe die Prüfung hinsichtlich der Toleranzen nicht besteht, und sieht auch keine Konsequenzen eines solchen Nichtbestehens vor. Über diesen Aspekt sollten die Parteien zum Kaufzeitpunkt oder später eine separate Vereinbarung treffen.

12. Prüfbericht

Nach jeder Pumpenprüfung wird ein Prüfbericht ausgedruckt, der die Pumpe immer begleitet. Die Prüfungsdaten der Pumpen werden in der Grundfos Datenbank gespeichert.



Abb. 14 Dreiseitiger Prüfbericht für die jeweilige Pumpe

13. Weltweite Prüfungen

Wir prüfen die Pumpen in unseren eigenen weltweiten Anlagen in Hinblick auf die Abnahmeklassen 1B, 2B oder 3B. Prüfausrüstung und -verfahren werden zudem von unabhängigen Inspektoren kontrolliert.

Prüfungen im Beisein Dritter sind ebenfalls möglich. Wenn ein Kunde die Leistung seiner Pumpe testen möchte, bevor sie das Werk verlässt, bieten wir die Möglichkeit einer Prüfung im Beisein Dritter. Zudem kann der Kunde die Prüfung auch von seinem Heimatstandort aus nachverfolgen: mit der Video-Option.

Grundfos Prüfeinrichtungen:

DÄNEMARK – Aalestrup
DÄNEMARK – Bjerringbro
UNGARN – Székesfehérvár
USA – Chicago
USA – Houston
CHINA – Wuxi
CHINA – Suzhou
KOREA – Gwangju
SINGAPUR



be think innovate



93205308 007/GMS Water Utility/2446-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

GRUNDFOS 