

FORSCHUNGSERGEBNISSE IM NEUEN ARBEITSBLATT DWA A120 – ABWASSERPUMPSYSTEME



Prof. Dr.-Ing. Paul Uwe Thamsen
Fluidsystemdynamik
TU Berlin
paul-uwe.thamsen@tu-berlin.de

Fluidsystemdynamik – Strömungstechnik in Maschinen und Anlagen



Lehre:

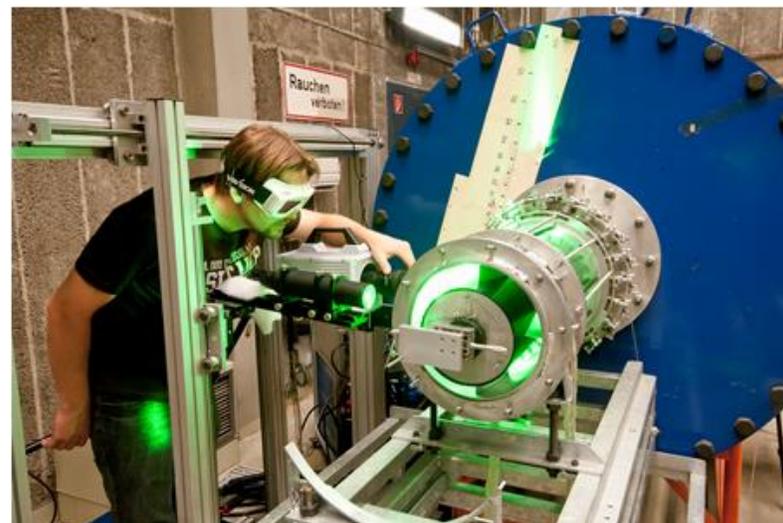
Strömungsmechanik,
Strömungsmaschinen,
Windenergieanlagen,
etc.

Forschung:

Pumpen und Systeme,
Wasser & Abwasser,
Digitalisierung,
Strömungsmesstechnik,
etc.

Weiterbildung:

Pumpenfachingenieur
www.pumpenfachingenieur.com



Fluidsystemdynamik – Untersuchungen zu Abwassertransport



Pumpstation



Reales Pumpwerk



Funktionsprüfstand



Abwasserpumpen



Schachtpumpen



Digitaler Zwilling

Arbeitsblatt A 120 „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden“



Arbeitsblatt A 120 „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden“

Die Arbeitsblattreihe **DWA-A 120** „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden“ besteht aus:

Teil 1: „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Allgemeines“

Teil 2: „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Pumpstationen und Drucksysteme“,

Teil 3: „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Unterdrucksysteme“

Grundlage sind die europäische **Norm DIN EN 16932** Teil 1, 2 und 3 und die bisherigen Arbeitsblätter

DWA A 116 (Besondere Entwässerungsverfahren: Druckentwässerung außerhalb von Gebäuden,

Unterdruckentwässerung außerhalb von Gebäuden) sowie die

ATV-DVWK-A 134 (Planung und Bau von Abwasserpumpenanlagen)

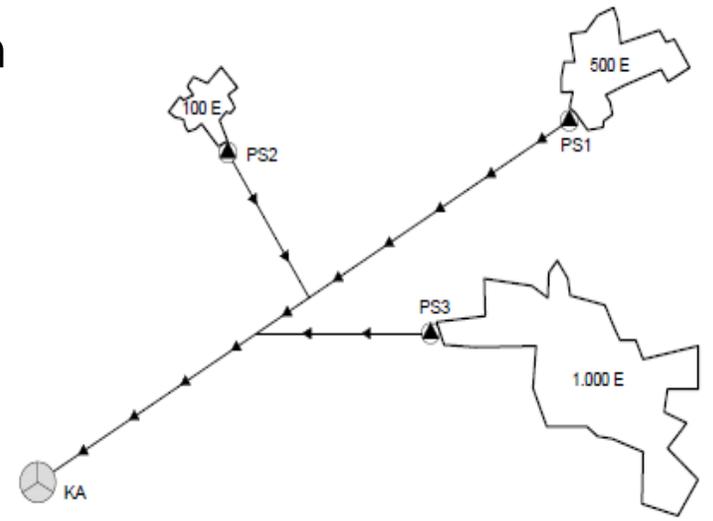
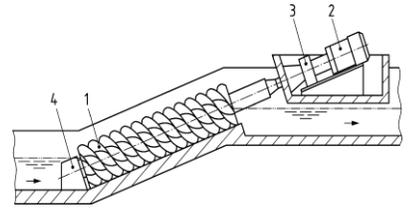
– die bisherigen Arbeitsblätter verlieren ihre Gültigkeit !

Arbeitsblatt A 120 „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden“

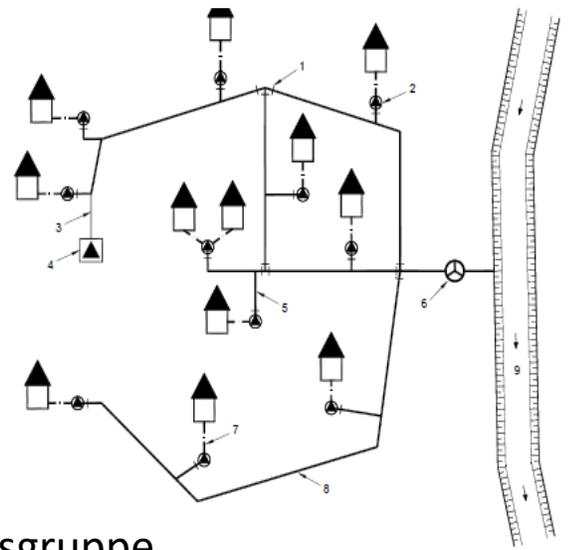


Pumpsysteme (Abwassertransportsysteme) mit Pumpstationen

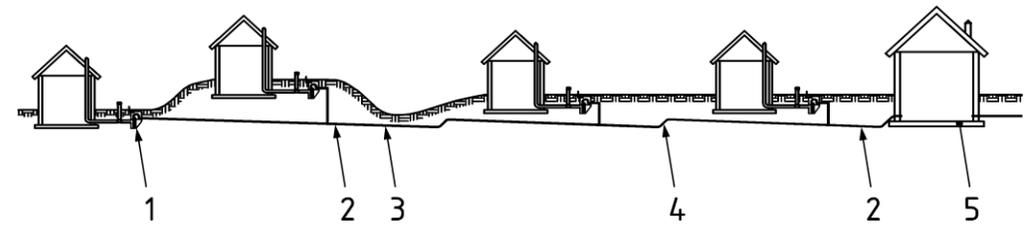
Hebewerke ohne Pumpendruckleitung



Druckentwässerungssysteme mit mehreren Pumpstationen



Unterdruckentwässerungssysteme mit einer einzigen Unterdruckstation



Quelle: Arbeitsgruppe

Arbeitsblatt A 120 „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden“

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen für die Planung, den Bau und die Abnahmeprüfung von Pumpsystemen in Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, zu deren Entwässerung sie dienen, fest. Sie betrifft sowohl Pumpsysteme in Entwässerungssystemen, welche hauptsächlich als Freispiegelsysteme betrieben werden, als auch Systeme, die entweder mit Überdruck oder Unterdruck betrieben werden.

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen an alle Pumpsysteme in Entwässerungssystemen fest.

Dieses Arbeitsblatt ergänzt die DIN EN 16932-1 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und gilt nur in Verbindung mit dieser Norm.

Dieses Arbeitsblatt gilt für Planung, Bau und Betrieb von Pumpsystemen zur Sammlung, Förderung und Ableitung von Abwasser und richtet sich insbesondere an Planer, Systemanbieter, Behörden, Betreiber und Bauunternehmen.

Bei Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen dienen die Systeme zur Sammlung und Ableitung von Schmutzwasser (siehe Definition 3.5). Pumpstationen können für alle Abwasserarten (siehe Definition 3.24) eingesetzt und dimensioniert werden.

Aus DIN EN 16932
(S/W)

Ergänzung in DWA A120
(blaues Textfeld)

Inhalt DWA 120 -1 : **Allgemeines**

- Arten von Pumpsystemen
- Planung von Pumpsystemen
- Ausführungsplanung von Pump- und Unterdruckstationen
- Ausführungsplanung von Pumpendruck- und Unterdruckleitungen
- Einbau von Rohrleitungen, Bau von Pump- und Unterdruckstationen
- Prüfung und Inbetriebnahme
- Betrieb und Wartung
- Satzungsfragen
- Kostenvergleichsrechnungen

Arbeitsblatt A 120 „Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden“

Inhalt DWA 120 - 2 : **Pumpstationen und Drucksysteme**

- Planung von Überdruckentwässerungssystemen
- Hydraulische Bemessung von Pumpsystemen
- Ausführungsplanung von Pumpstationen
- Anfaulen von Abwasser
- Prüfung und Nachweis
- Betriebs- und Wartungshandbuch, Unterhalt
- Qualitätssicherung

Inhalt DWA 120 - 3 : **Unterdruckentwässerungssysteme**

- Planung von Unterdruckentwässerungssystemen
- Sammelschächte von Unterdruckentwässerungssystemen
- Unterdruckleitungen
- Ausführungsplanung von Unterdruckstationen
- Mess- und steuerungstechnische sowie elektrische Einrichtungen
- Einbau
- Prüfungen und Nachweise
- Betrieb und Wartung

Mindestgeschwindigkeiten



Um Ablagerungen in Abwassertransportleitungen zu vermeiden, muss mindestens einmal pro Tag die in Tabelle 1 dargestellte Mindestfließgeschwindigkeit entweder bei der Abwasserförderung oder durch eine Druckluftspülung erreicht werden, was mit ausreichender Sicherheit nachzuweisen ist.

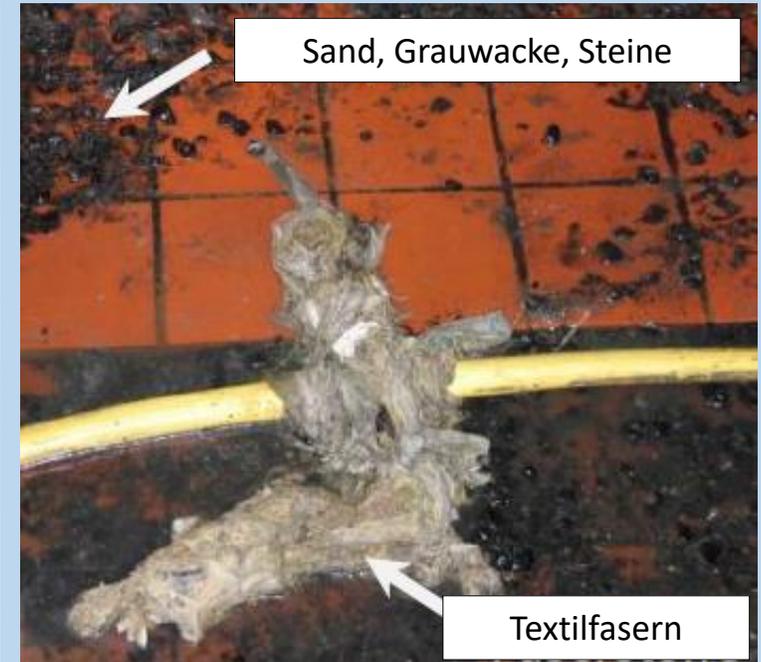
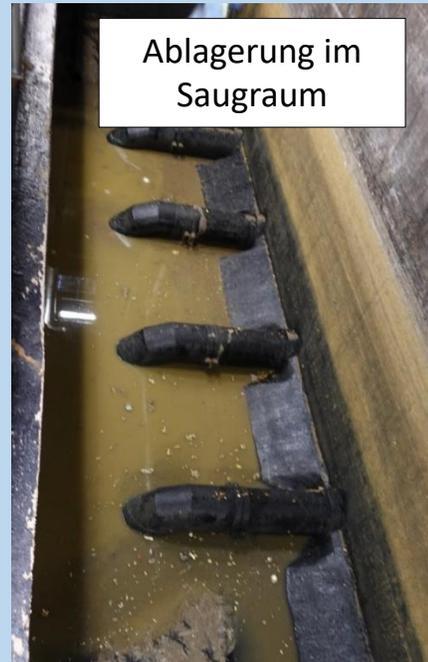
Druckleitungen bis	Mindestfließgeschwindigkeiten in m/s
DN 100	0,7 m/s
DN 150	0,8 m/s
DN 200	0,9 m/s
DN 250	1,0 m/s
DN 300	1,1 m/s
DN 400	1,2 m/s

Im Druckstutzen von Pumpen muss eine Mindestfließgeschwindigkeit von 0,7 m/s nachgewiesen werden.

In vertikalen Leitungen ist unabhängig vom Durchmesser eine Mindestfließgeschwindigkeit von 1,1 m/s einzuhalten.

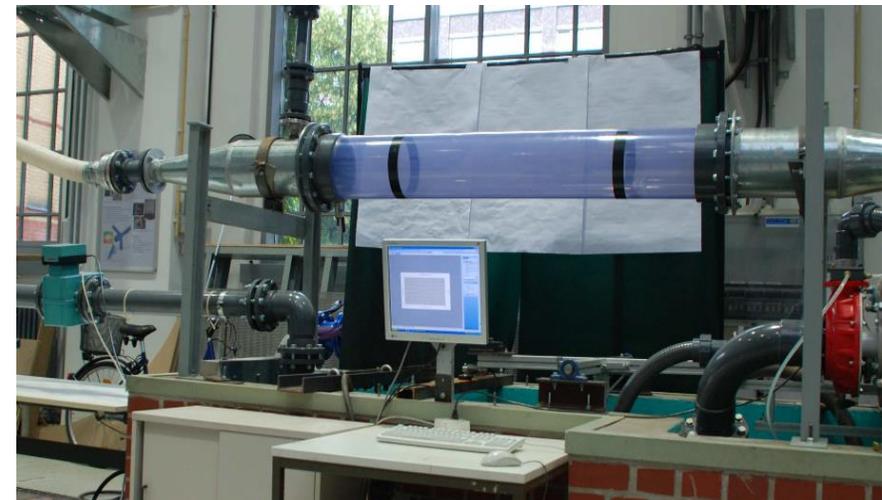
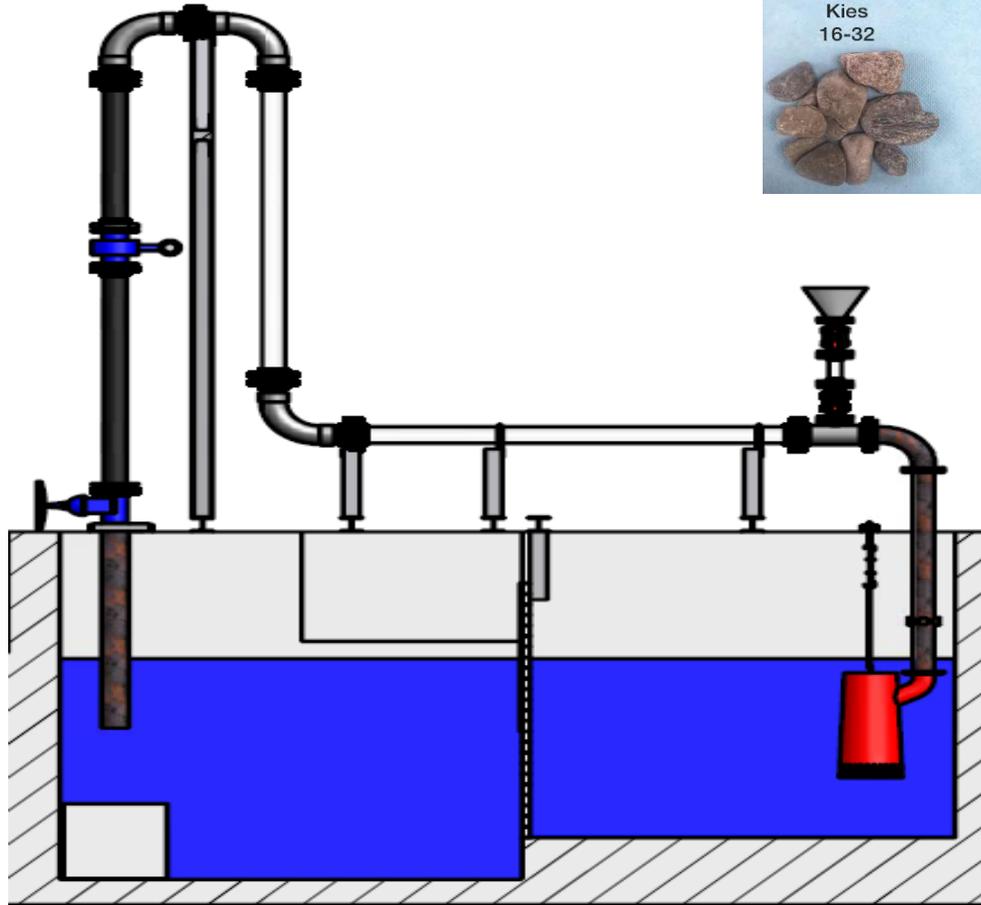
Um Korrosions- und Geruchsprobleme zu vermeiden, sollte eine Durchflusszeit von 8 h nicht überschritten werden.

Field Problems



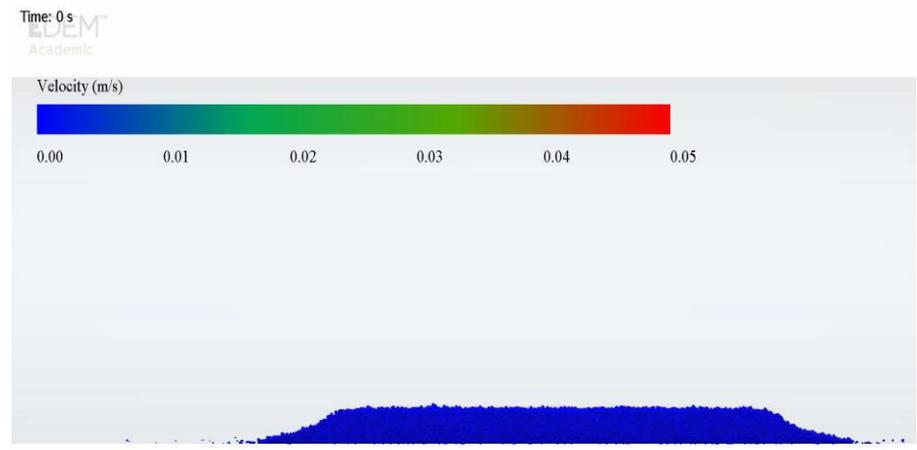
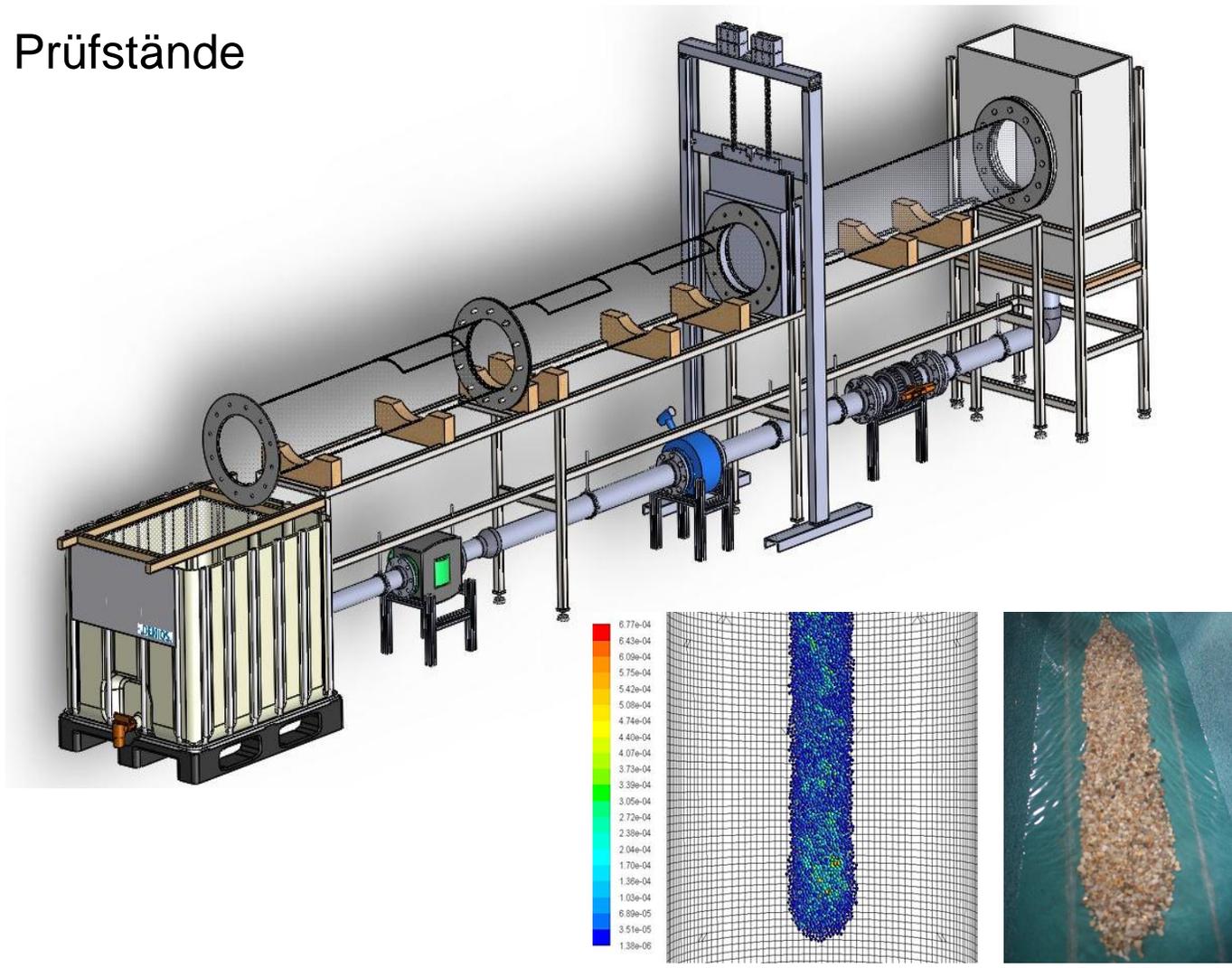
Mindestgeschwindigkeiten

Prüfstände



Mindestgeschwindigkeiten

Prüfstände



Alihosseini, M.: „Investigation of sediment transport under steady and unsteady fows in sewer systems using the coupled CFD-DEM method“, Mensch & Buch Verlag, 1. Auflage, Dissertation, 2019.



Mindestgeschwindigkeiten

Beispiele

Video: Experimentelle Untersuchung zur minimalen
Geschwindigkeit in einer horizontalen Rohrleitung
DN100

Grauwacke 2/5

Startbedingung: $Q = 0$

Massen:

750g

Spielzeit:

0:39 min

Video: Experimentelle Untersuchung
zur minimalen Geschwindigkeit in einer
vertikalen Rohrleitung DN100

Grauwacke 2/5

Startbedingung: $Q = 0$

Massen:

750g

Spielzeit:

0:19 min

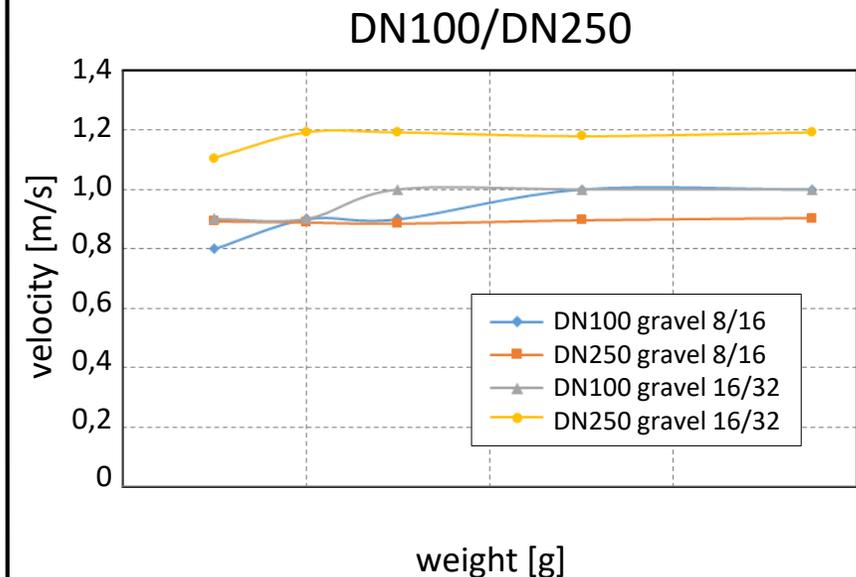
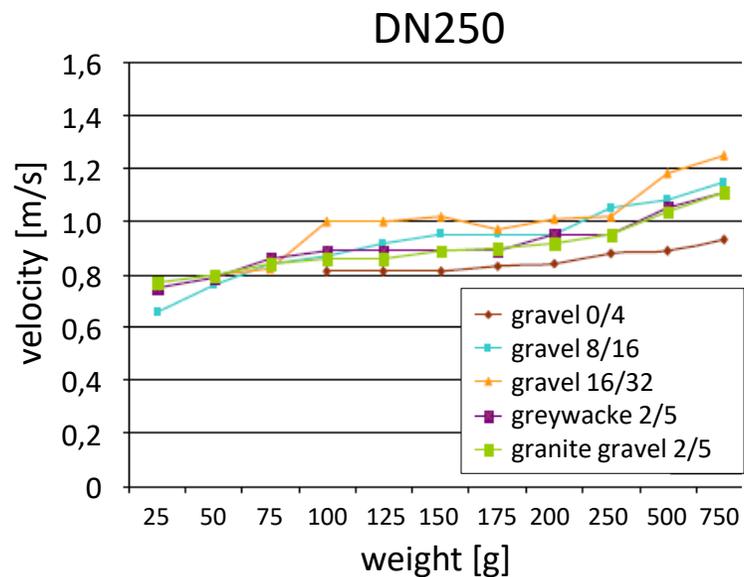
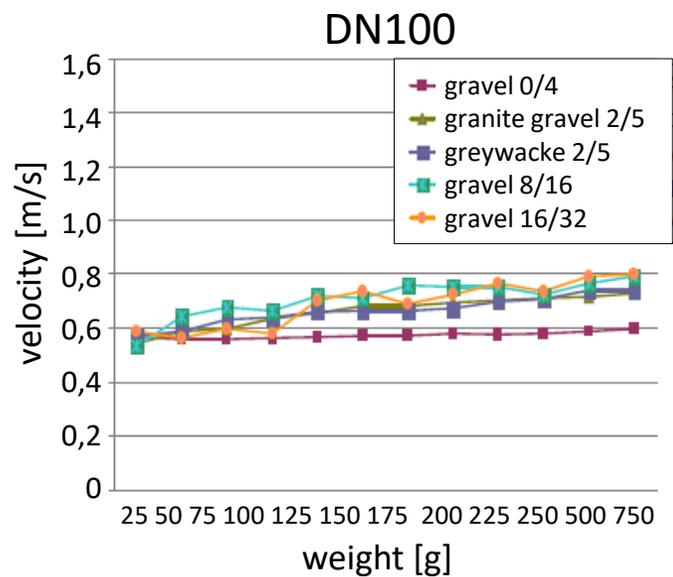
Mindestgeschwindigkeiten

Ergebnisse



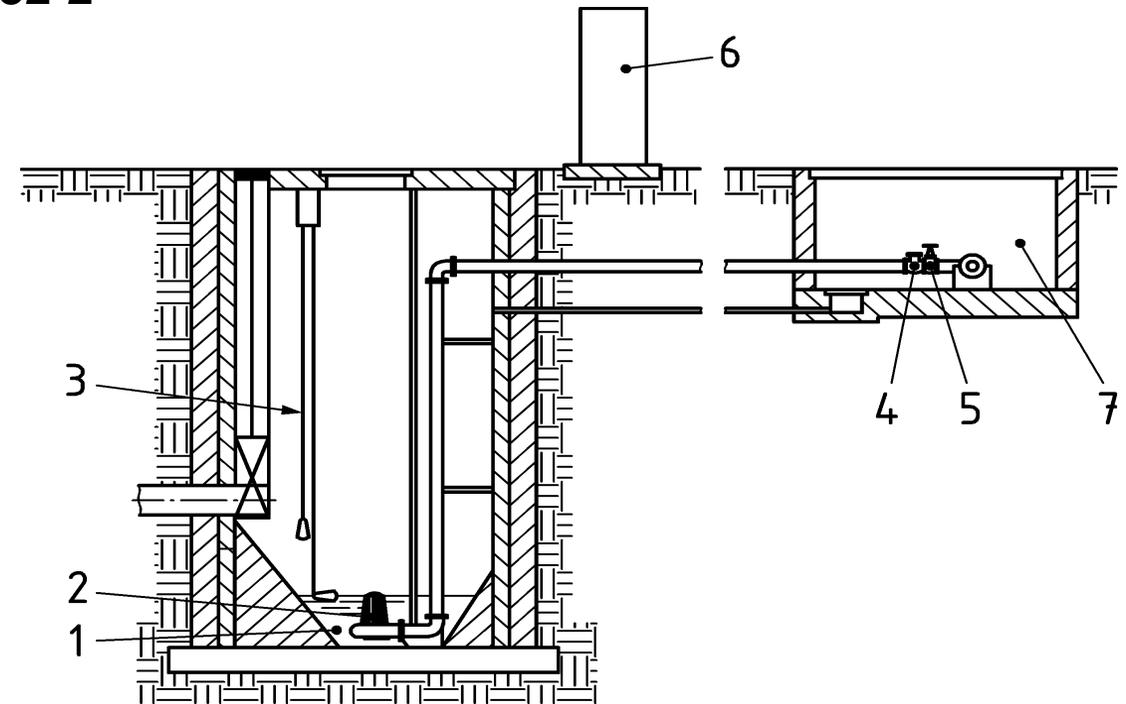
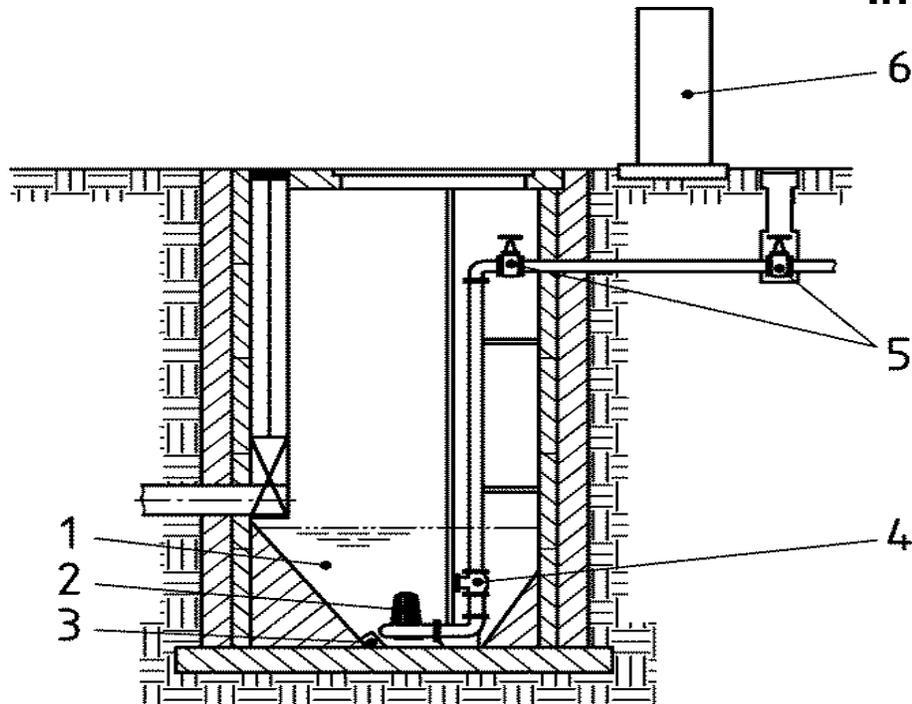
horizontal

vertikal



Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

In EN 16932-2



Quelle: EN 16932-2

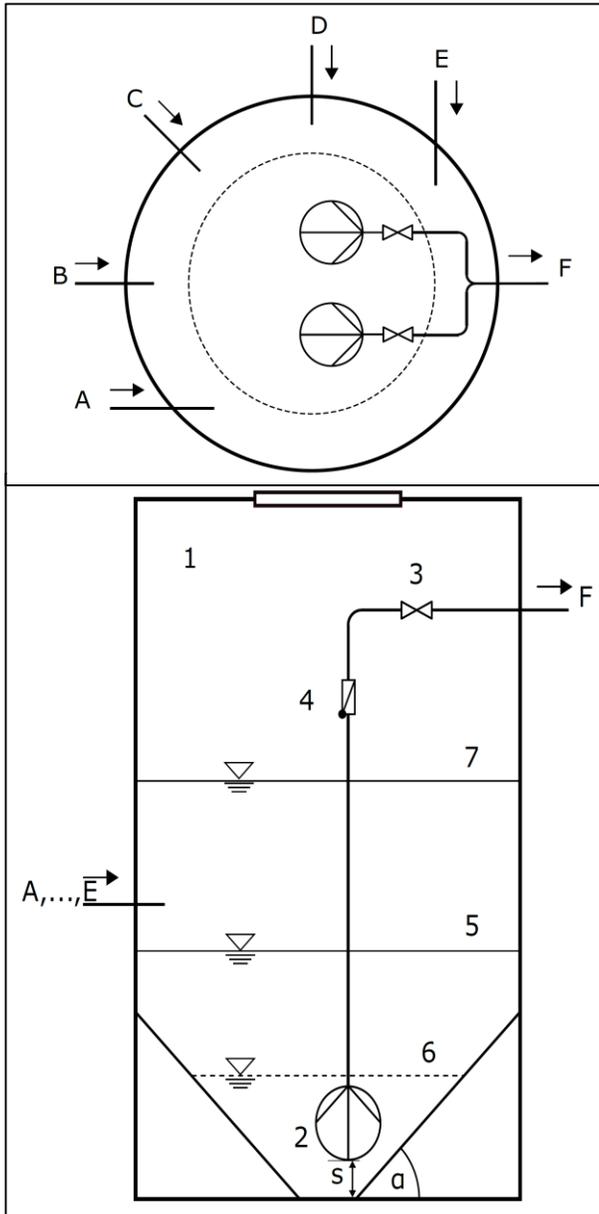
- 1 Pumpensumpf
- 2 Pumpenaggregat
- 3 Füllstandgeber
- 4 Rückschlagarmatur

- 5 Absperrarmatur
- 6 MSR Einrichtung/Schaltschrank
- 7 Armaturenschacht

Anmerkung: Beim Einbau einer Rückschlagarmatur in einen externen Armaturenschacht muss die Rückschlagarmatur für einen horizontalen Einbau geeignet sein.

Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

In DWA A120-2



Die **Zuführung in den Pumpensumpf sollte möglichst tangential** erfolgen (siehe Bild 8, Zulauf A und E), um einen ablagerungsarmen Betrieb zu ermöglichen und eine Schwimmdeckenbildung zu vermindern. Außerdem erlaubt ein tangentialer Zulauf einen niedrigeren Ausschaltpegel da der Lufteintrag verringert wird.

Die **Höhe des Zulaufs sollte oberhalb des maximalen Pegels** bei Normalbetrieb liegen. Der Lufteintrag durch den Zulaufstrahl ist zu minimieren.

Der **Winkel α der Vouten** zur Horizontalen sollte mindestens 45° Grad betragen (siehe Bild 7). Bei Pumpensämpfen mit rechteckigem Grundriss gilt das für die Steigung der Kanten

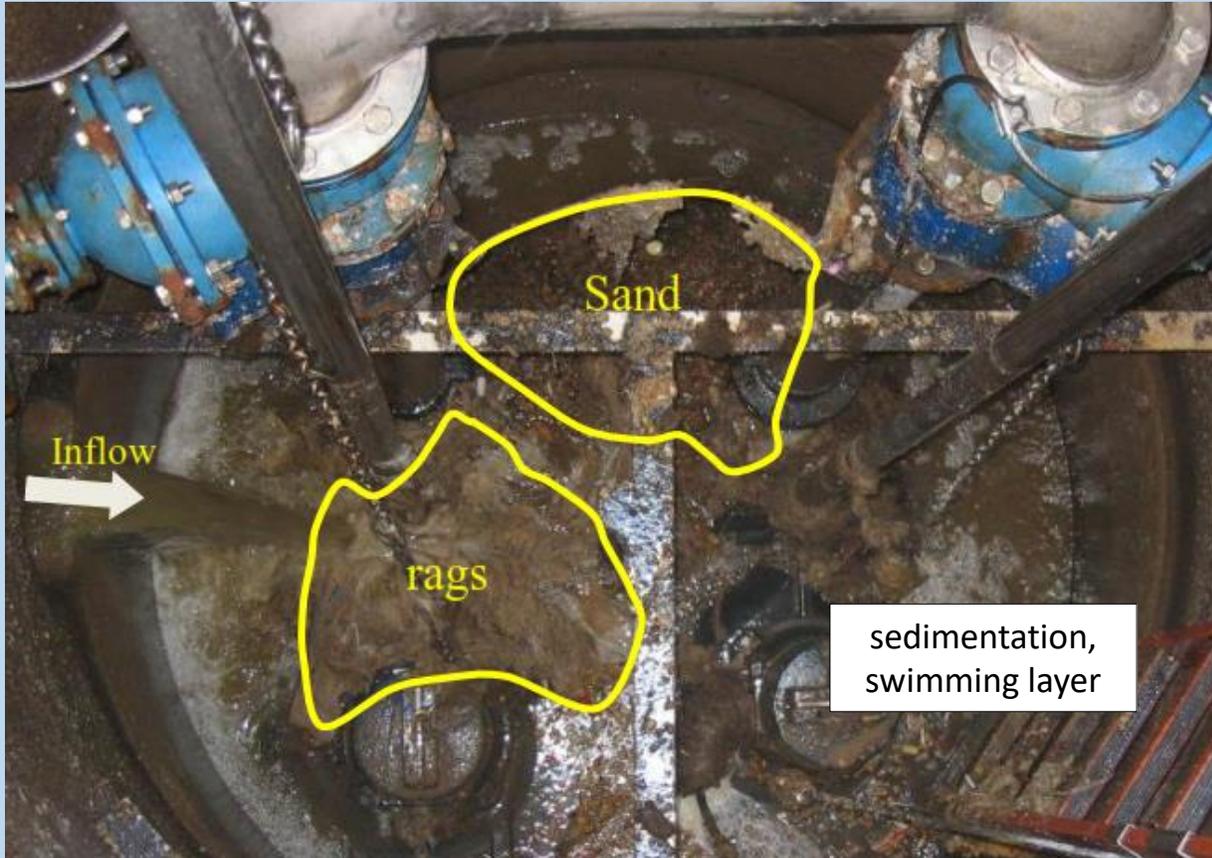
- 1 Pumpenschacht
- 2 Pumpenaggregat
- 3 Absperrarmatur
- 4 Rückschlagarmatur
- 5 minimaler Einschaltpegel

- 6 minimaler Ausschaltpegel
- 7 Einschaltpegel bei Regen
- A – E Zuläufe (Beispiele)
- F Druckleitung
- s Abstand zur Sohle
- α Winkel der Voute

Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

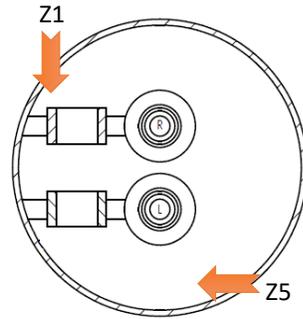
Herausforderungen

Field Problems

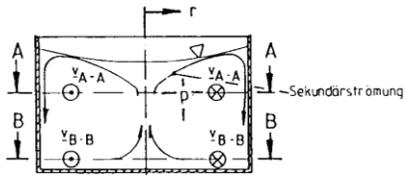
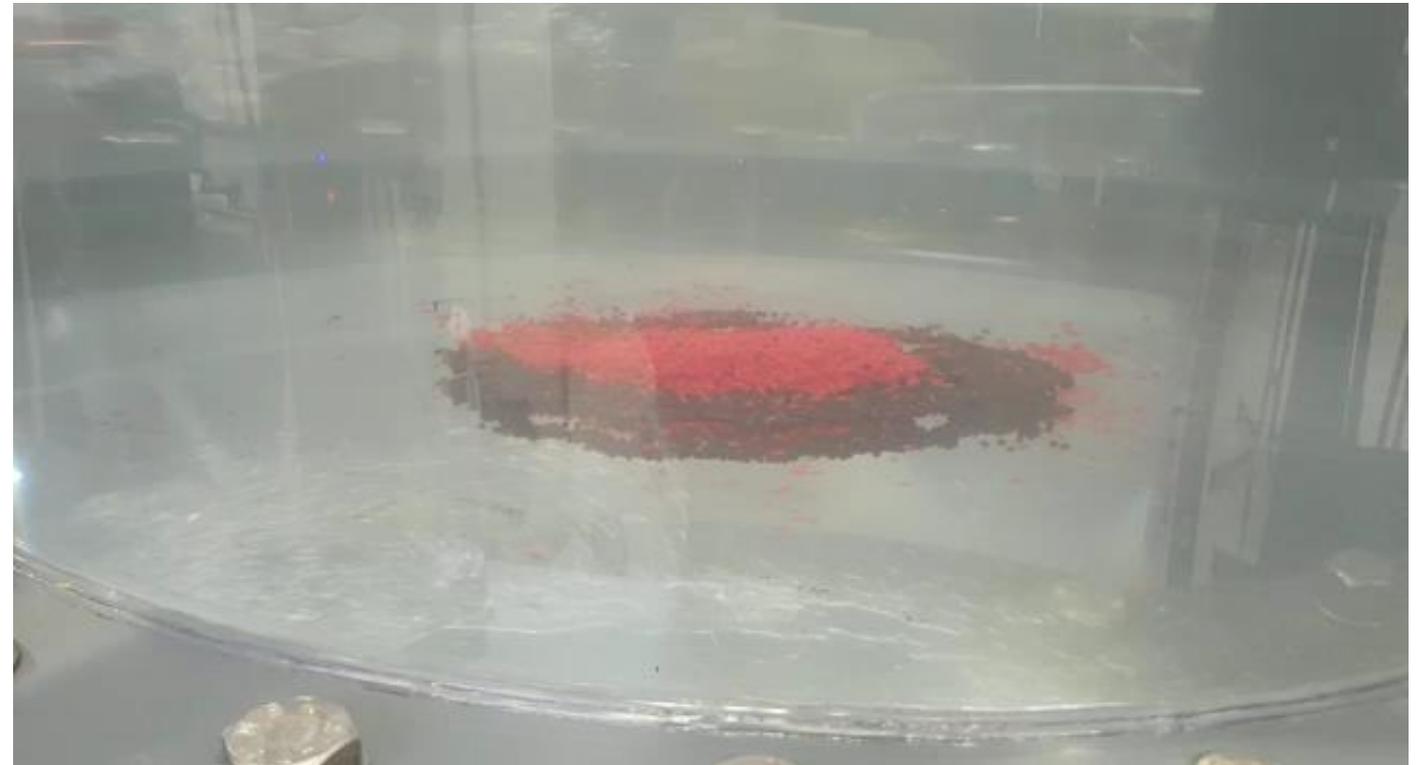


Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

Teetassenströmung



Video: Darstellung der Wirkung einer drehenden Strömung auf Ablagerungen in einem zylindrischem Behälter

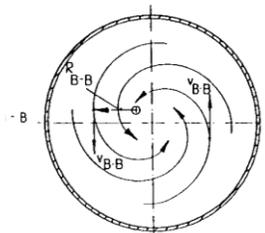
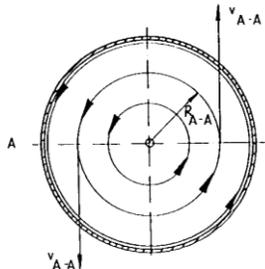


Radiale
Druckgleichung

$$\underbrace{\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r}}_{\text{etwa konstant}} = \frac{v^2}{R}$$

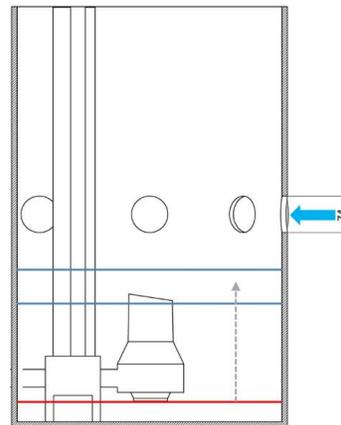
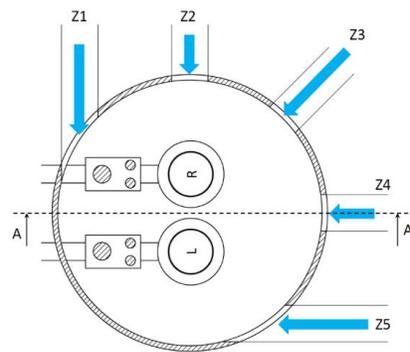
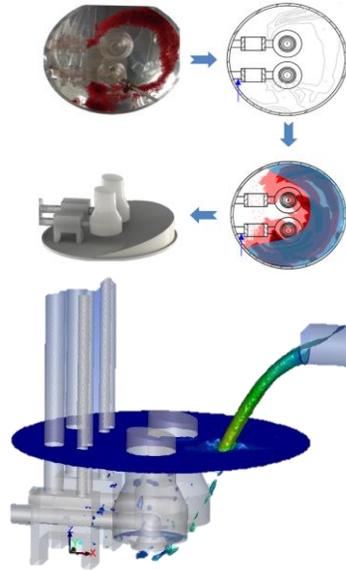
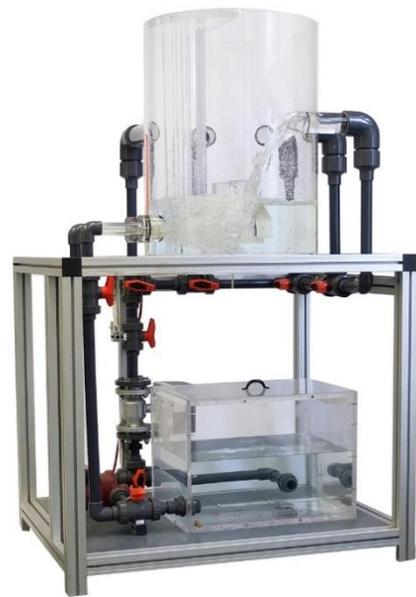
etwa konstant

$$v_{A-A} > v_{B-B} \\ \Rightarrow R_{A-A} > R_{B-B}$$



Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

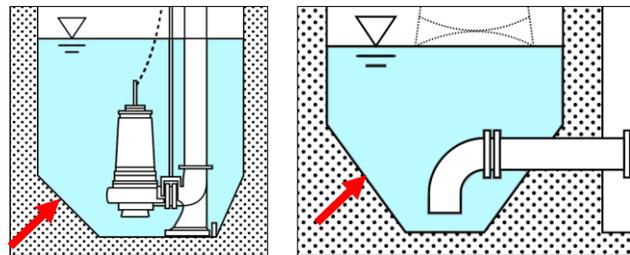
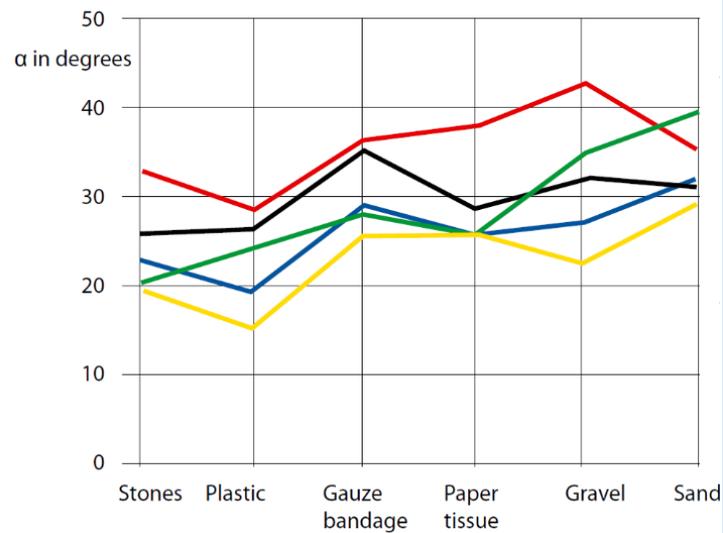
Prüfstände / CFD



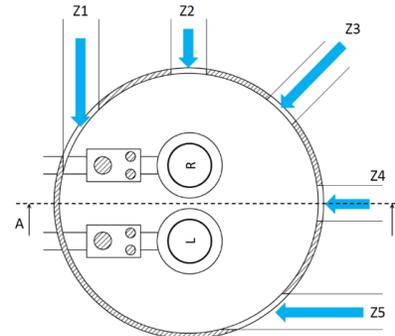
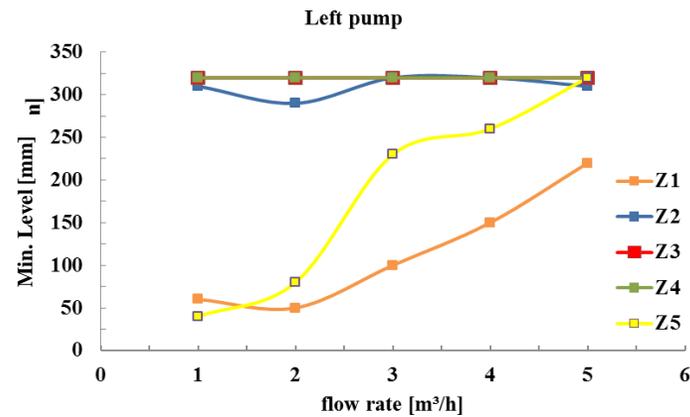
Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

Ergebnisse

Bermenwinkel



Lufteintrag

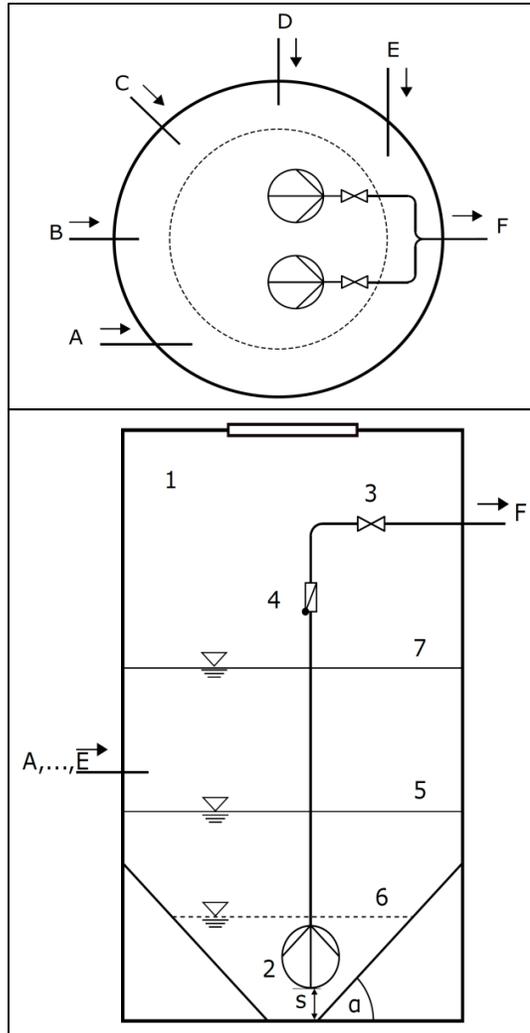


Schwimmdecke



Hinweise zu Pumpstationen mit Tauchpumpen

Realer Einsatz

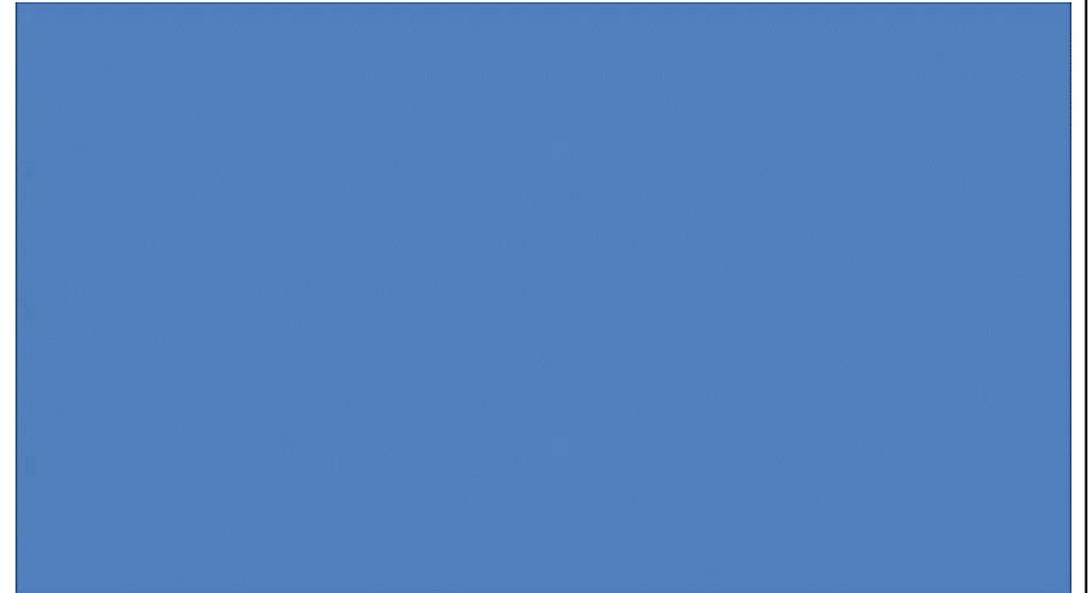


Quelle: Arbeitsgruppe

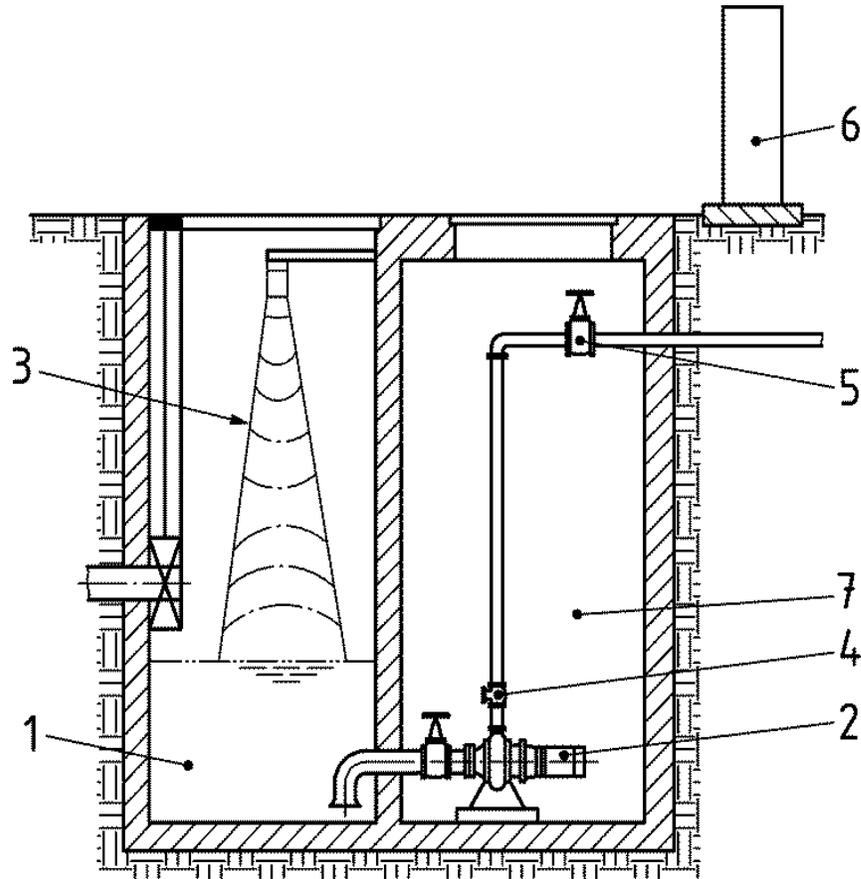


Formstück zur Nachrüstung eines Zulaufes in einem Schachtpumpwerk (Reinert-Ritz)

Video: Nachrüstung eines Einlaufes mit einem Formstück für einen tangentialen Zulauf in einem Schachtpumpwerk



Hinweise zu Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen



Quelle: EN 16932-2

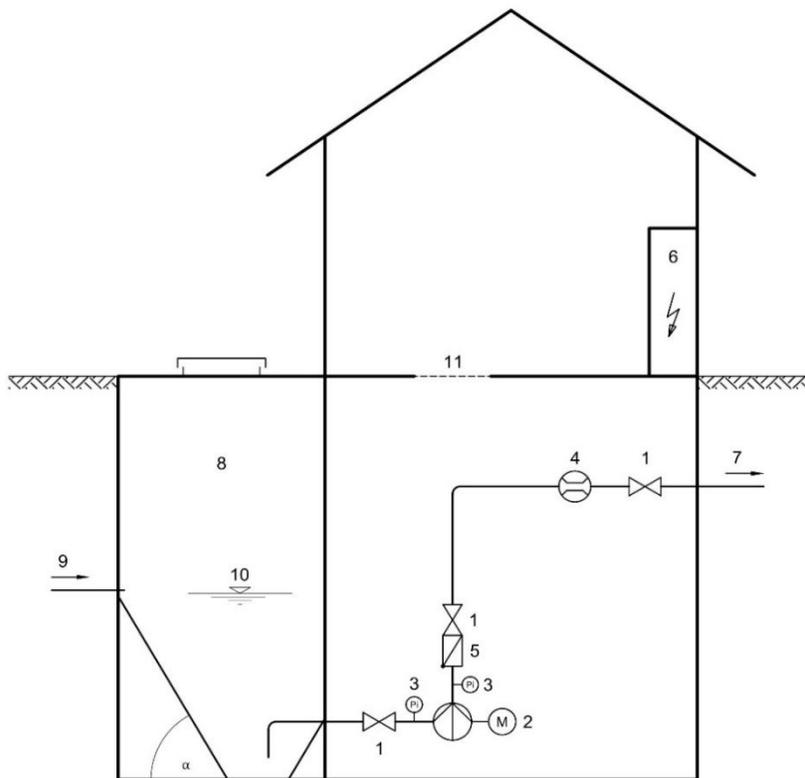
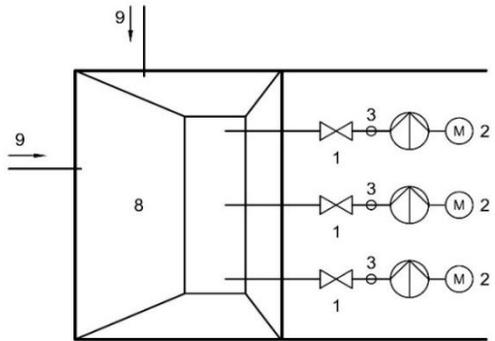
Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen (siehe Bild) bestehen aus einem Pumpensumpf und einem angrenzenden Pumpenraum, in dem eine oder mehrere Kreiselpumpenaggregate eingebaut sind. Die Armaturen der Pumpstation werden ebenfalls im Pumpenraum angeordnet. Der Vorteil dieser Art von Pumpstation ist, dass die Pumpen und ihre zugehörige Ausrüstung in einer saubereren und weniger gefahrträchtigen Umgebung angeordnet werden können.

In der Saugleitung trocken aufgestellter Pumpen muss eine Absperrarmatur eingebaut werden. Für einen einwandfreie Entlüftung sollte der Scheitel der Saugleitung leicht steigend zur Pumpe eingebaut werden. Reduzierstücke in Saugleitungen sollten exzentrisch sein.

- 1 – Pumpensumpf
- 2 – Pumpenaggregat
- 4 – Rückschlagarmatur
- 5 – Absperrarmatur
- 7 – Pumpenraum

- 3 – Füllstandsgeber (Bsp.)
- 6 – MSR / Schaltschrank

Hinweise zu Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen

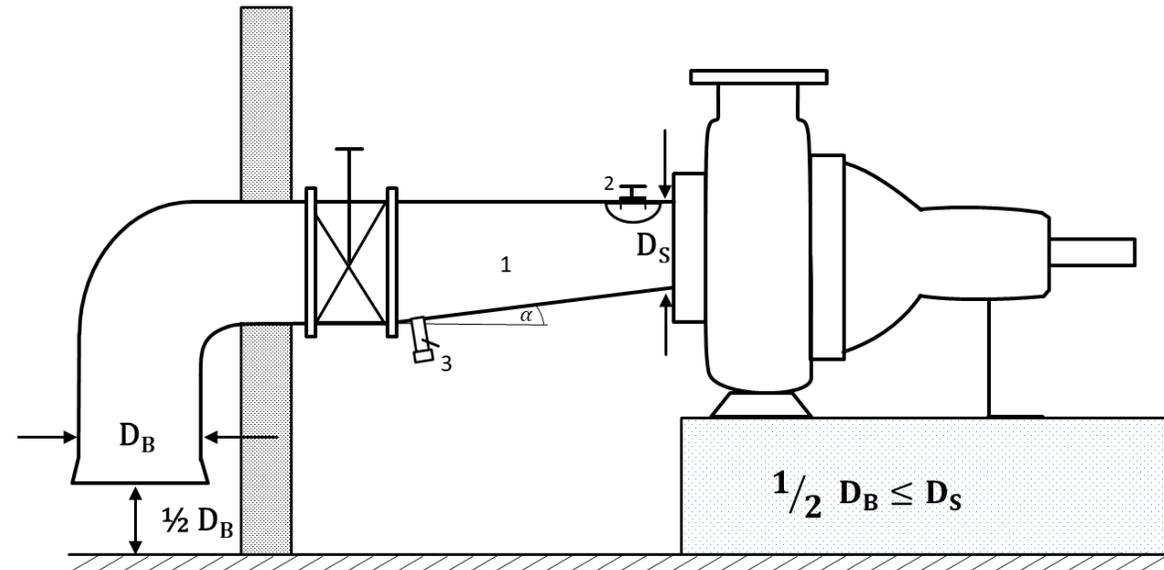


Quelle: Arbeitsgruppe

Bei Pumpstationen für den Abwassertransport gelten prinzipiell die gleichen Randbedingungen wie für trocken aufgestellte Pumpen der Druckentwässerung. Jedoch erfolgt die Dimensionierung anhand der unterschiedlichen Förderströme (Tag, Nacht, Regen) mit jeweils unterschiedlichen Pumpengrößen sowie jeweils einer redundanten Kreiselpumpe. Neben der Auswahl geeigneter Kreiselpumpen sind Planungen für die Wartung und Betrieb der Pumpstation erforderlich: Zugänglichkeit der Pumpstation mit entsprechenden Fahrzeugen und Kränen, Ersatzteilbevorratung und Ersatzaggregate, Auslegung und Einbindung einer geeigneten Automation, Notstromversorgung, Aufenthalts- und Sozialräume, Brauchwasserversorgung getrennt vom Trinkwasserkreislauf. Zudem ist eine Anpassung an die Stadtentwicklung notwendig, um einen wirtschaftlichen Betrieb über einen langen Zeitraum zu gewährleisten. Große Pumpstationen erfordern auch eine detaillierte Planung zur Einbindung in die Gesamtinfrastruktur des Abwassersystems auch im Hinblick auf Herausforderungen durch extreme Wetterereignisse und mögliche Schwankungen infolge von Großereignissen.

- 1 – Absperrarmatur 2 – Pumpe mit Antrieb 3 – Manometer mit Absperrarmatur
- 4 - Durchflussmessgerät (optional) 5 – Rückschlagarmatur 6 – Elektro- und Steuerungsanlage
- 7 – Druckleitung 8 – Pumpensumpf 9 – Zulauf
- 10 – Wasserspiegel 11- Montageöffnung

Hinweise zu Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen



Quelle: Arbeitsgruppe

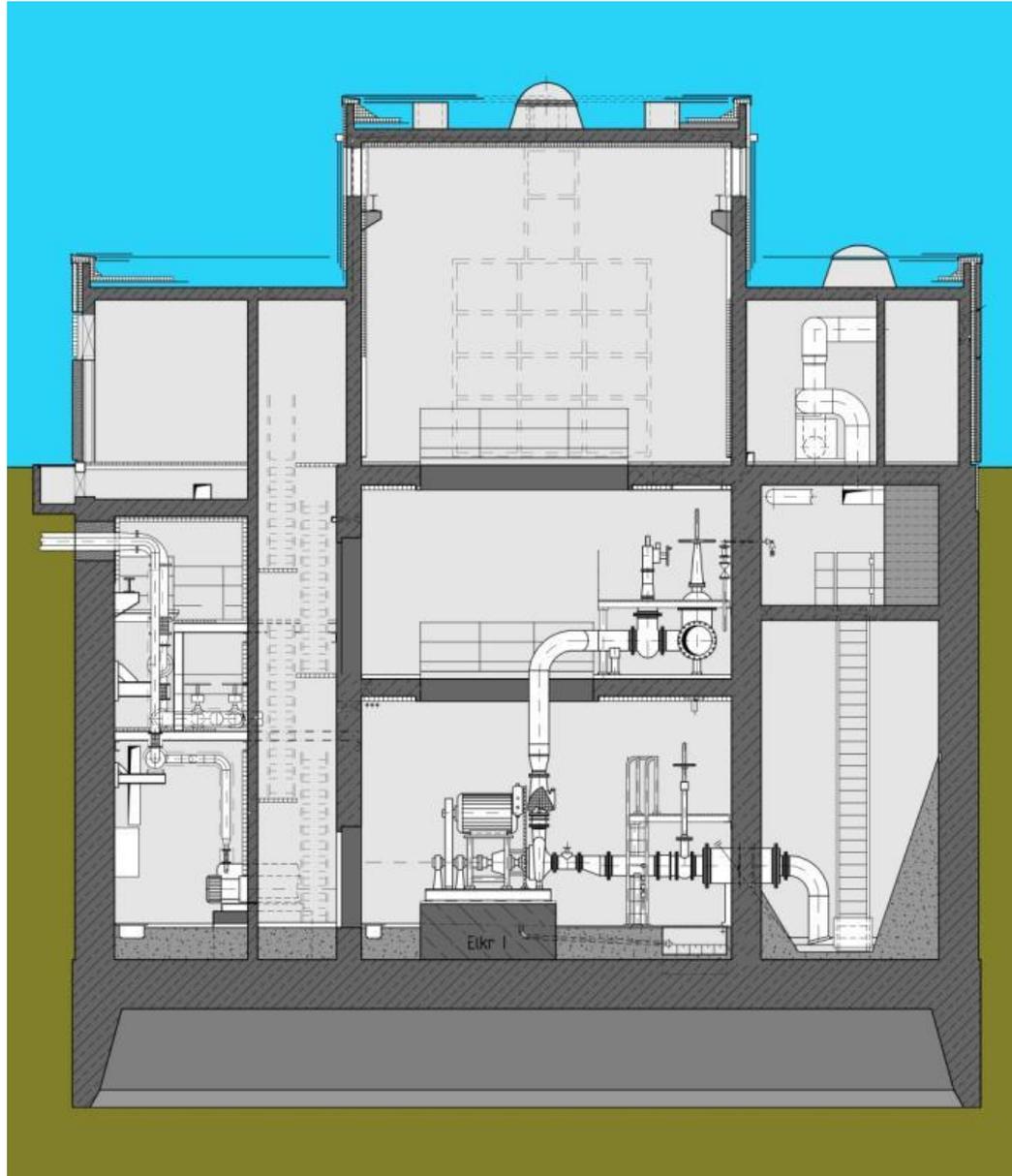
In der Saugleitung trocken aufgestellter Pumpen muss eine **Absperrarmatur** eingebaut werden. Für einen einwandfreien Betrieb der Pumpe sollte die **Saugleitung leicht steigend** eingebaut werden.

In der Druckleitung sind in Fließrichtung gesehen eine Rückschlag- und danach eine Absperrarmatur einzubauen.

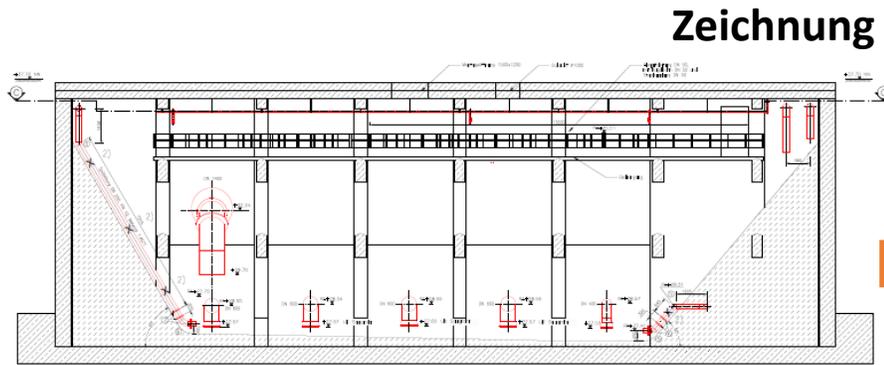
Zur Entfernung von Verstopfungen vor der Pumpe eignet sich der Einbau einer **Reinigungsöffnung** in der Saugleitung möglichst nahe an der Pumpe.

Der saugseitige Durchmesser ist meist größer, um infolge der geringeren Geschwindigkeit einen höheren Vordruck und geringere Verluste zu erzeugen. Deshalb sind auch die saugseitigen Flansche bei Kreiselpumpen meist eine DN-Stufe größer. Bei großen Pumpwerken sollte der Innendurchmesser der Saugleitung aus hydraulischen Gründen zum Saugmund der Pumpe geringer werden. Um Verstopfungen in der sich verjüngenden Saugleitung zu vermeiden, sollte der Abstand des Eingangs zur **Saugleitung zum Boden des Sammelraumes nicht größer sein als der Durchmesser des Saugmundes** (siehe Abbildung).

Hinweise zu Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen



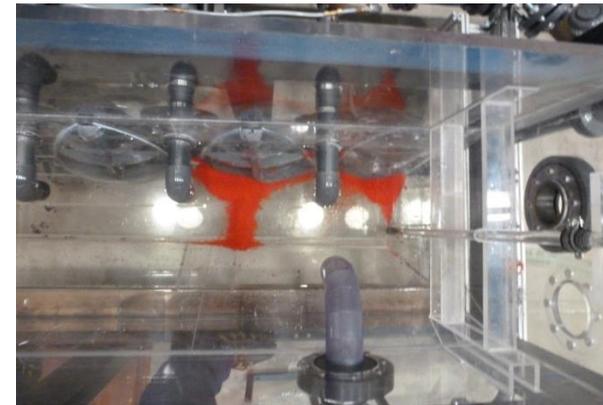
Hinweise zu Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen Optimierung der Saugräume mittels Modelluntersuchungen



Scale 1:10
➔



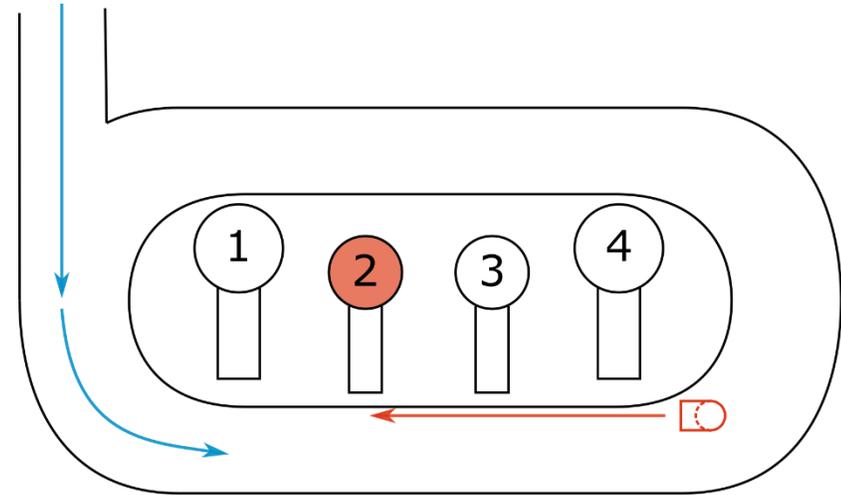
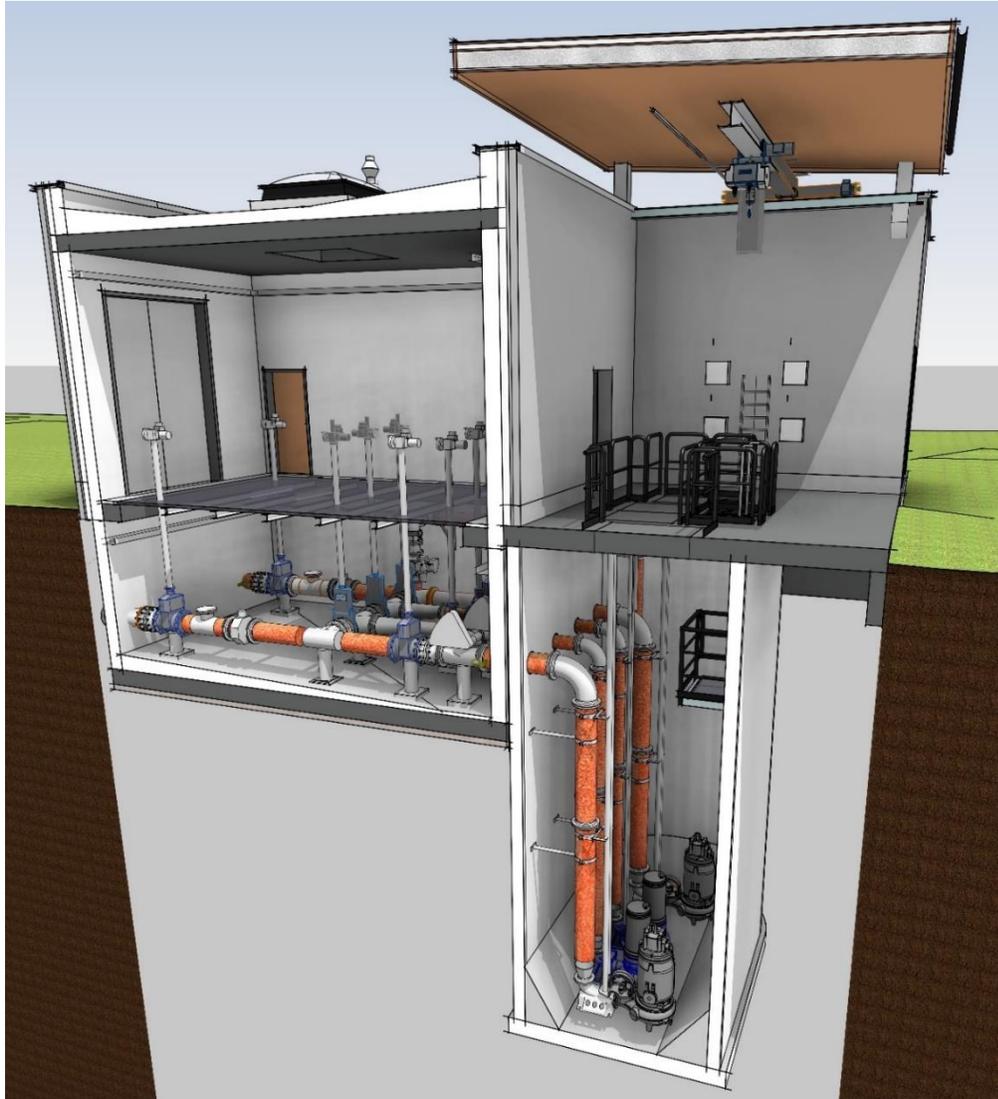
Modelluntersuchungen



➤ **Vermeidung der Sedimentation**

Hinweise zu Pumpstationen

Muster für neue Pumpstationen

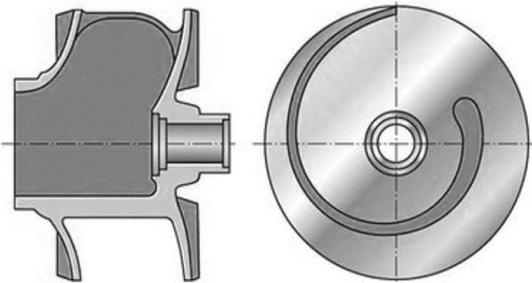


NACH SPÜLUNG ($Q_{\text{SPÜL}} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ – Elkr II, entspricht im Original 60l/s)

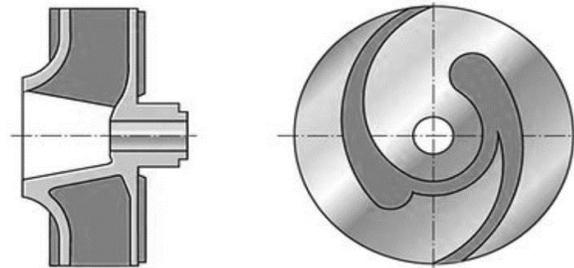
Hinweise zu Auswahl der Abwasserpumpe

Die ausgewählten Abwasserpumpen müssen für Abwasser möglichst verstopfungsarm sein. Die Funktionalität ist abhängig von der jeweiligen Pumpe und dabei nicht direkt dem Laufradtyp zuzuordnen. Die Funktion wird über Freistrom-, Einkanal- oder Mehrkanalradpumpen erreicht. In der neueren Zeit sind dazu noch weitere Sonderlaufräder, wie beispielsweise Topflaufrad- oder Diagonalschaukelradpumpen entwickelt und erfolgreich eingesetzt worden.

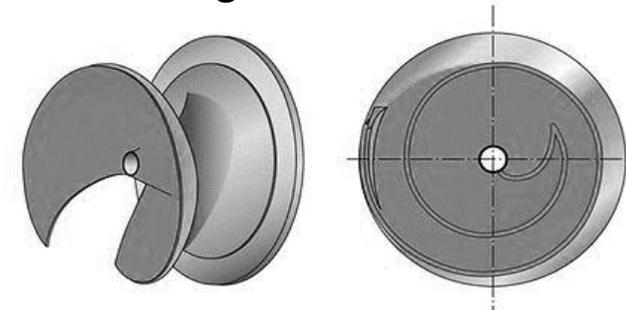
Einschaufelrad



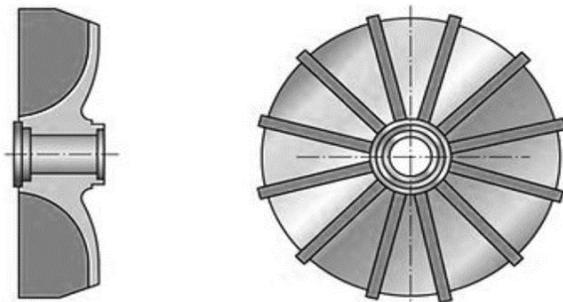
Mehrschaufelrad



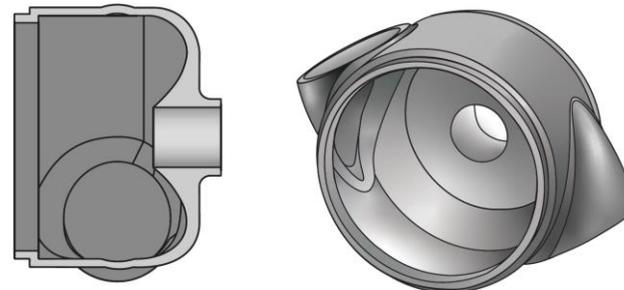
Diagonalschaukelrad



Freistromrad



Topflaufrad



Quelle: TU Berlin

Hinweise zu Auswahl der Abwasserpumpe

Herausforderungen

Field Problems



Funktionsprüfung von Abwasserpumpen

D.1 Grundsätzliches

Zur Prüfung der Funktionalität von Abwasserpumpen werden diese mit künstlichem Abwasser, d.h. Klarwasser mit unterschiedlicher Beladung von Tüchern, getestet. Als Tücher werden dabei synthetische Staubtücher verwendet, die als Indikator für das Verstopfungsverhalten der zu untersuchenden Abwasserpumpe fungieren. Es können auch andere Feuchttücher verwendet werden, die sich im Wasser nicht auflösen, z.B. Babyfeuchttücher oder andere Hygienetücher. Als Ergebnis werden über den Einzelfunktionsgrad und Dauerfunktionsgrad signifikante und reproduzierbare Unterschiede der Funktionalität von Abwasserpumpen ermittelt, die eine Beurteilung ihrer Verstopfungsneigung erlauben.

Zur Bestimmung der Funktionalität werden zwei unterschiedliche Prüfungen durchgeführt:

1. Eine **Einzelfunktionsprüfung** mit einmaligem Durchfluss eines bestimmten Volumens von künstlichem Abwasser, bei der die Masse und Anzahl der durchgepumpten Tücher bestimmt werden. Diese Prüfung simuliert das Abpumpen von gesammeltem Schmutzwasser, beispielsweise in einem Sammelschacht eines Druckentwässerungssystems.
2. Eine **Dauerfunktionsprüfung**, bei der das Abwasser eine vorgegebene Zeit lang im Kreis gepumpt wird, wobei die Veränderungen des Wirkungsgrades und die in der Pumpe verbliebene Verstopfungsmasse bestimmt werden. Diese Prüfung simuliert eine Pumpstation in einem Ortsentwässerungssystem, der bereits durch vorheriges Pumpen zerfaserte Tücher zufließen. Zudem können mit dem Dauerfunktionstest Selbstreinigungseffekte in der Pumpe untersucht werden.

Funktionstest für Abwasserpumpen



Pöhler, M.; Thamsen, P.U.: „Validation of a Developed Assessment Procedure for the Functional Performance of Wastewater Pumps“, Proceedings of the AJKFluids 2019 Conference, San Francisco, USA, Juli 2019.

Feuchttücher

... im Abwasser

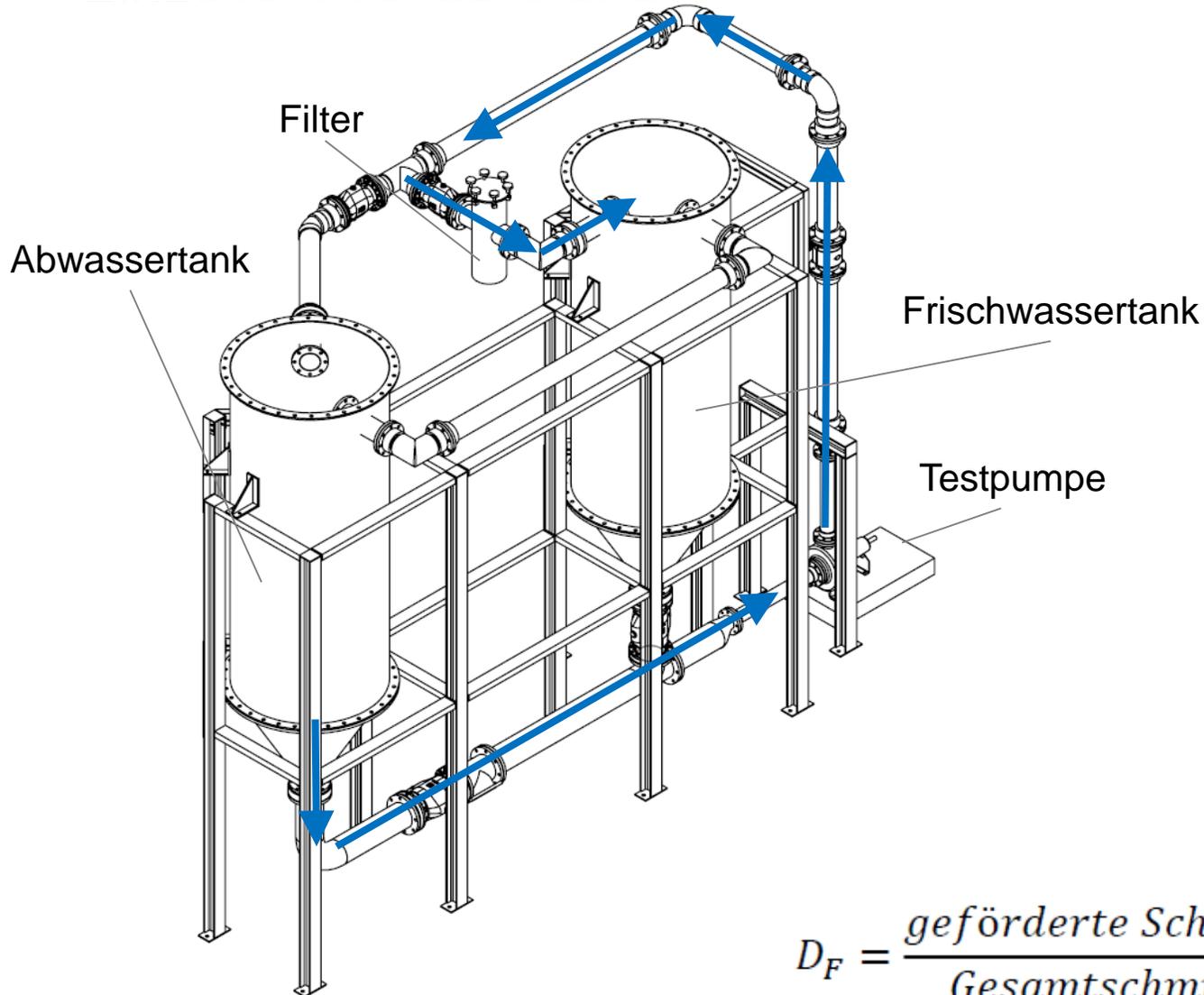
... im Labor



Belastung	Tücher per m ³
Wasser	0
Leicht (L25)	25
Mittel (L50)	50
Stark (L100)	100

Mitchell, R.-L.: „Analyse der Betriebsprobleme durch nicht abwassersystemverträgliche Feuchttücher“, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2019 (66) Nr. 7, 544 – 550, 2019.

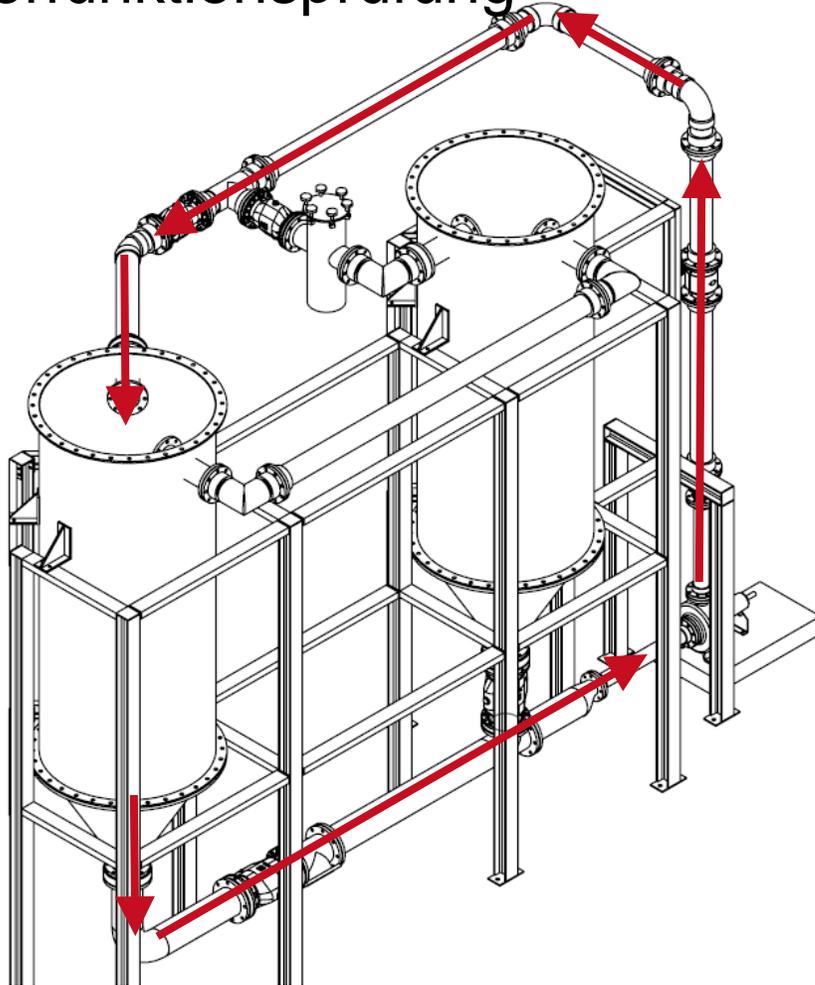
Einzelfunktionsprüfung



- Einstellen des zu prüfenden Betriebspunktes
- Vormischen des künstlichen Abwassers
- Starten der Messung
- **Aus Abwassertank in den Frischwassertank durch den Filter pumpen**
- Nach Messung:
 - Pumpe/ Filter öffnen und dokumentieren
 - Kreislauf spülen
- Resultiert in Funktionsgrad D_F

$$D_F = \frac{\text{geförderte Schmutzmenge [g/m}^3\text{]}}{\text{Gesamtschmutzmenge [g/m}^3\text{]}}$$

Dauerfunktionsprüfung



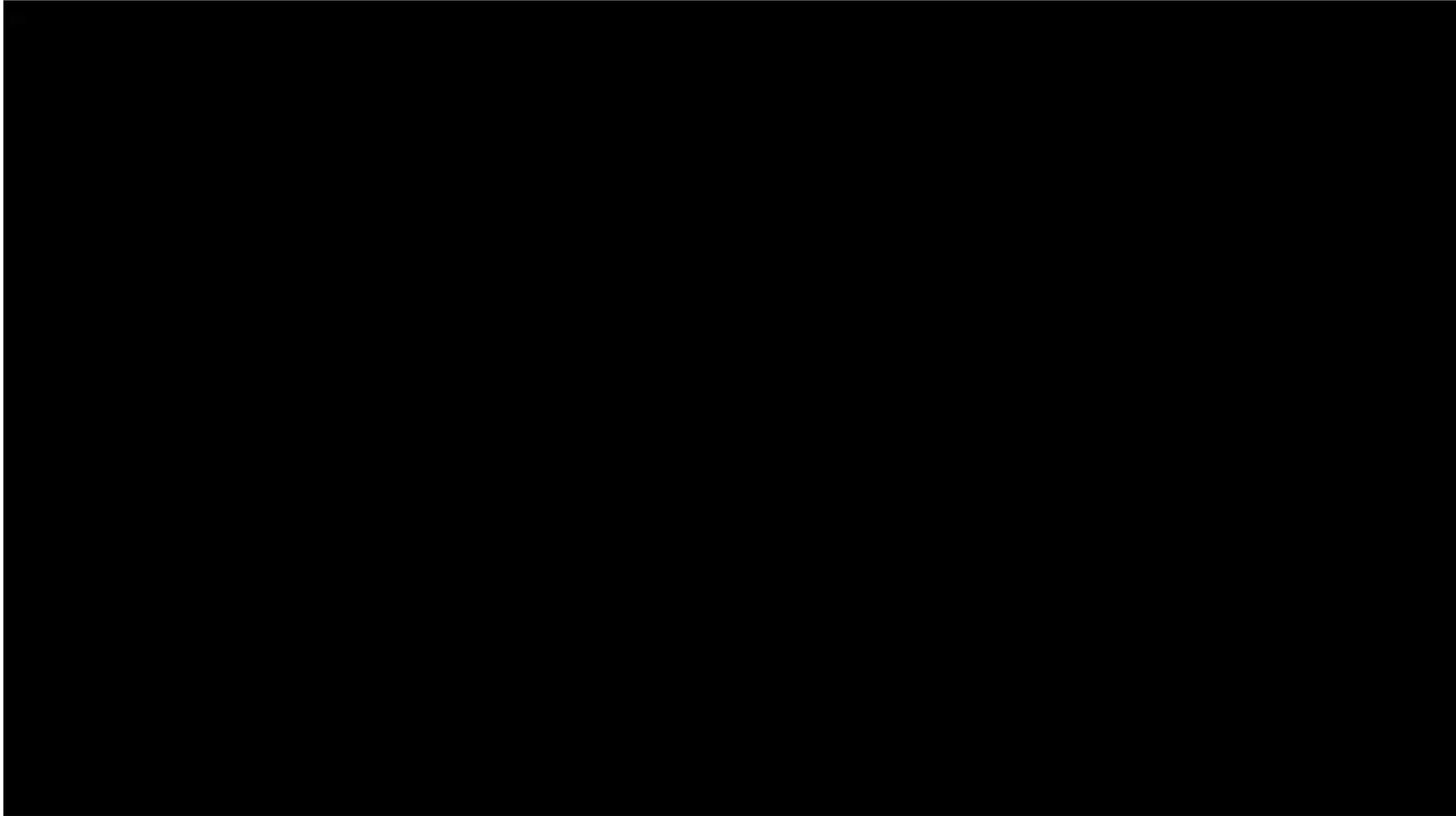
- Einstellen des zu prüfenden Betriebspunktes
- Vormischen des künstlichen Abwassers
- Starten der Messung
- **Für eine Stunde im Kreis pumpen**
- Nach Messung:
 - Pumpe/ Filter öffnen und dokumentieren
 - Kreislauf spülen
- Resultiert in Dauerfunktionsgrad D_{LTF}

$$D_{LTF} = \frac{1}{2} \frac{\text{Wirkungsgrad in der Zeit von 0 – 60 [\%]}}{\text{Klarwasserwirkungsgrad [\%]}} + \frac{1}{2} \frac{\text{Gesamtschmutzmenge [g]} - \text{Rückstände im Laufrad [g]}}{\text{Gesamtschmutzmenge [g]}}$$

Funktionstest für Abwasserpumpen



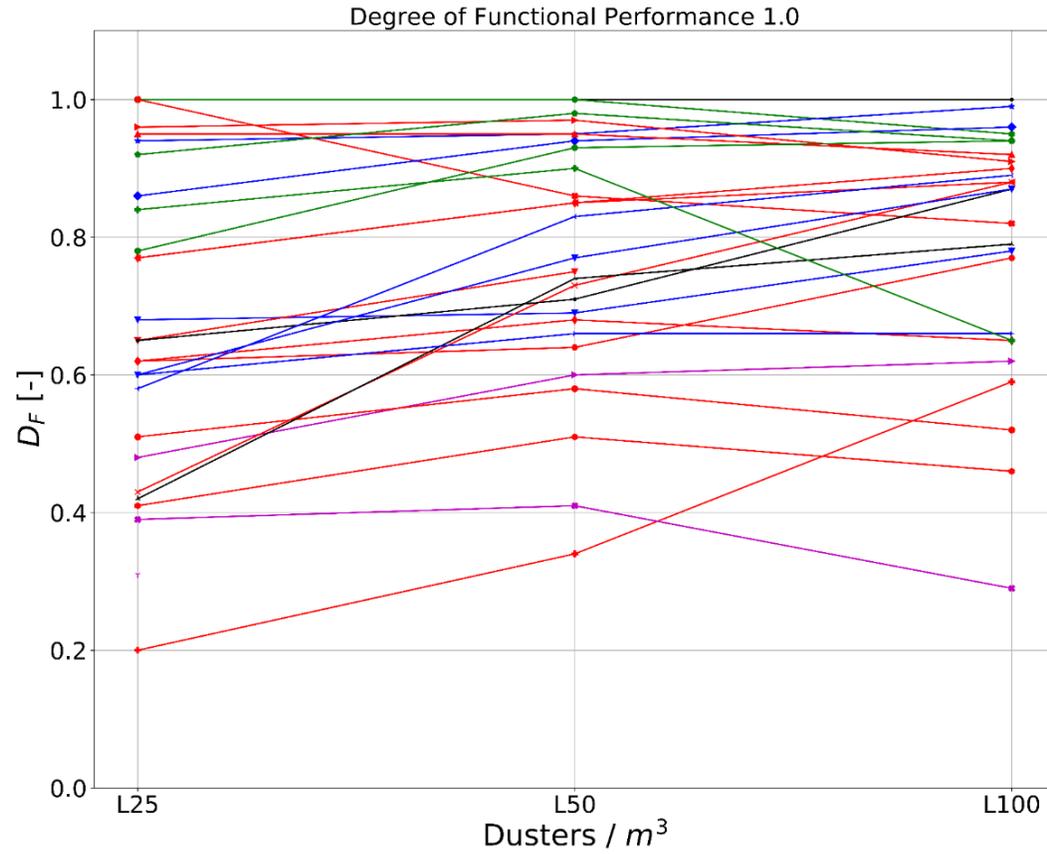
Prüfablauf (Video zur Funktionsprüfung)



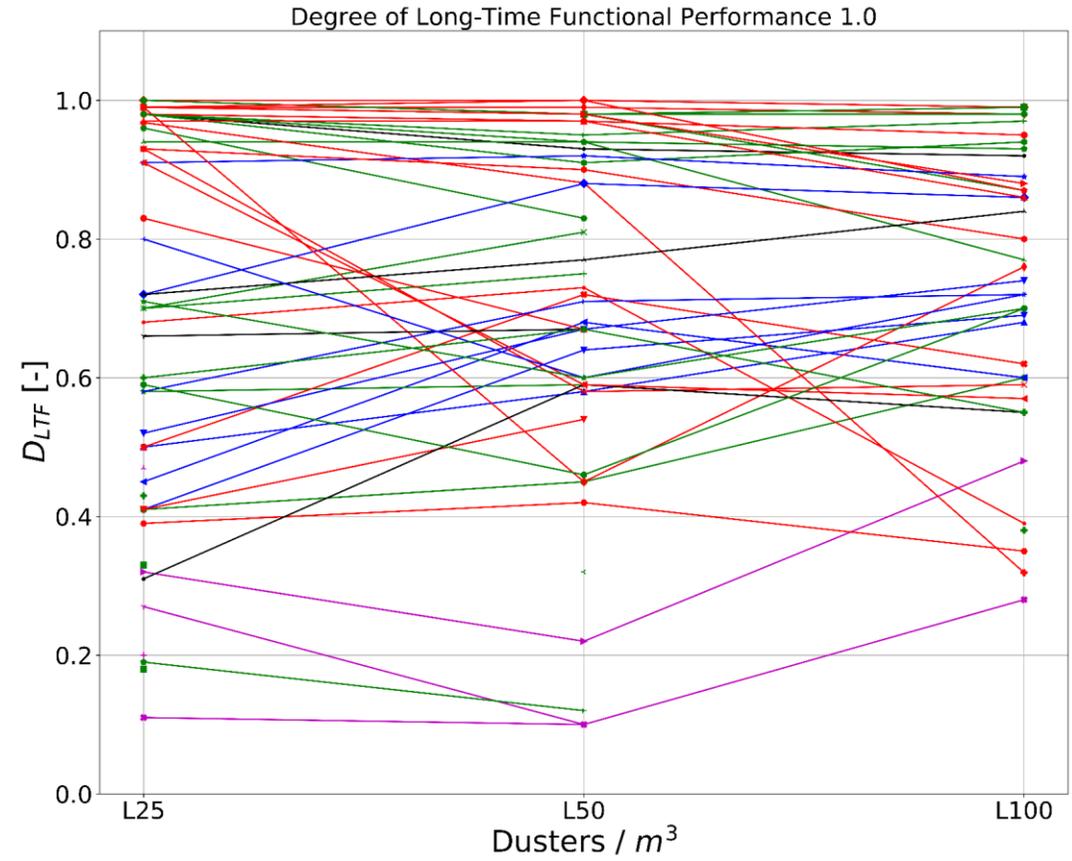
Funktionstest für Abwasserpumpen



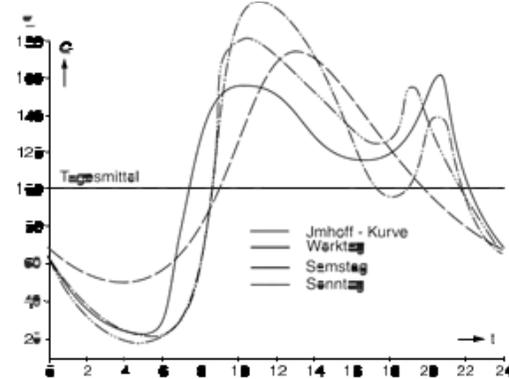
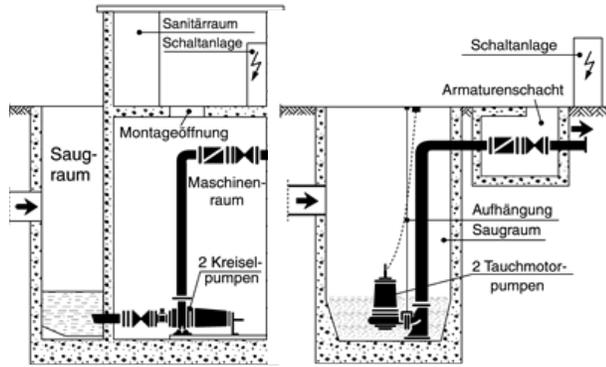
Funktionsgrad D_F



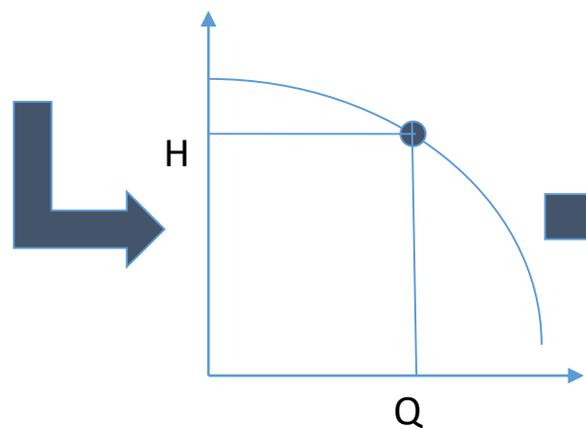
Dauerfunktionsgrad D_{LTF}



Auswahl / Spezifikation von Abwasserpumpen



V_{\min} beachten !



$$D_F > 0,7$$
$$D_{LTF} > 0,7$$



Function!



Vielen Dank !

