

## Verstopfungsresistenz von Abwasserpumpen lässt sich nicht über die Laufradöffnung bestimmen.

Modernes Abwasser erfordert Hydraulik, die mit synthetischen Fasern und Rag Balls umgehen kann.

Die Größe der Laufradöffnung (Throughlet) wird häufig zur Angabe der Verstopfungsresistenz von Abwasserpumpen herangezogen, obwohl Daten zeigen, dass diese Messgröße praktisch irrelevant ist. Verstopfungen sind ein unerwünschtes Betriebsproblem, das die Pumpeneffizienz stark reduziert und zu hartem Verstopfen, ungeplanten Einsätzen oder sogar Abwasserüberläufen führen kann.

Dieses Papier beschreibt die Bedeutung des Hydraulikdesigns einer Pumpe für einen verstopfungsfreien Betrieb und zeigt, warum die Laufradöffnung (Throughlet) ein irreführender Parameter zur Angabe der Verstopfungsresistenz ist.

### Modernes Abwasser

Untersuchungen moderner Abwässer zeigen, dass sie nur selten harte, feste, kugelförmige Objekte mit Durchmessern in der Größenordnung der Rohrippendurchmesser enthalten. Stein, Ziegel oder Metall gelangen meist nicht bis zur Pumpe, da sie auf horizontalen Flächen oder in Bereichen mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit hängen bleiben. Am häufigsten sind organische Feststoffe in langen, faserigen Formen, wie z. B. Fasern.

Hinzu kommt ein wachsender Anteil synthetischer Textilien und künstlicher Fasern, verursacht durch Haushaltsprodukte wie Tücher, Feuchttücher oder Geschirrtücher. Diese sollten in den Müll oder Kompost, werden aber oft in der Toilette entsorgt und gelangen so in den Abwasserstrom.

Abbildung 1 zeigt konzeptionell die Wahrscheinlichkeit verschiedener Feststofftypen im Abwasser: Links harte, kugelförmige Objekte (Stein, Kies, Sand, Schlamm), rechts weiche, faserige Objekte von klein bis lang.

Die Kurve verdeutlicht, dass große, harte Objekte sehr selten sind, während kleine harte Partikel und weiche, organische Fasern häufig vorkommen.

### Laufradöffnung (Throughlet)

Die traditionelle Definition der Throughlet-Größe bezeichnet den freien Durchgang von Feststoffen durch ein Pumpenlaufrad. Sie entspricht dem größten Durchmesser eines harten, festen, kugelförmigen Objekts, das die Pumpe passieren kann. Dieses

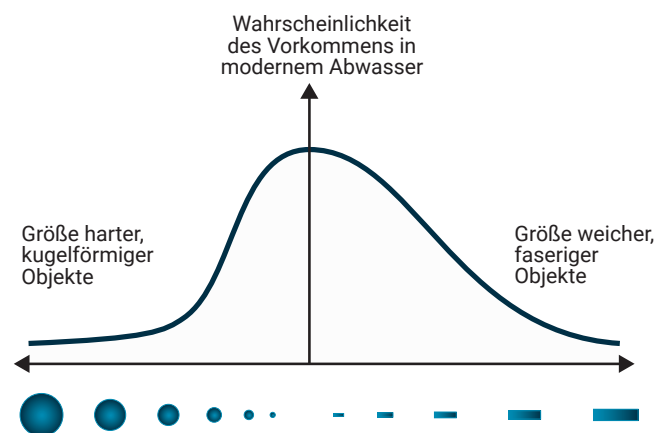


Abbildung 1: Wahrscheinlichkeit, verschiedene Feststofftypen im Abwasser zu finden

Konzept stammt aus dem Jahr 1915, einer Zeit, in der Energiekosten noch keine große Rolle spielten. Pumpenhersteller gingen intuitiv davon aus, dass Verstopfungen vermieden werden könnten, wenn die interne Laufradöffnung mindestens so groß ist wie das, was die damalige Toilette passieren konnte.

Pumpenhersteller gingen davon aus, dass Feststoffe genauso leicht durch die Pumpe gelangen würden wie durch die Rohrleitungen. Man erwartete, dass große Laufradöffnungen die Zuverlässigkeit erhöhen und ungeplante Serviceeinsätze reduzieren. Solche Hydraulikdesigns mit großer Throughlet-Größe werden in diesem Papier als traditionelle Designs bezeichnet.

Die letzten Jahrzehnte an Forschung, Entwicklung und Erfahrungen aus Hunderttausenden von Pumpeninstallationen haben gezeigt, dass die einfache Logik der Throughlet-Größe falsch und irreführend ist, obwohl sie in Ausschreibungen für Abwasserpumpen nach wie vor weit verbreitet ist.

### So erzielen Hersteller große Throughlet-Größen

Der kleinste Abschnitt einer Pumpe ist der Durchgang durch das Laufrad. Es gibt zwei Hauptdesigns, um die Throughlet-Größe zu maximieren:

1. Ein-Schaufel-Laufräder (offen oder geschlossen, besonders für kleine Pumpen)
2. Wirbelaufäder (auch als eingesetzte oder Torque-Flow-Laufräder bekannt)



Abbildung 2: Beispiel eines Ein-Schaufel-Laufrads



Abbildung 3: Beispiel eines Wirbelaufaders

Nachteile traditioneller Hydraulikdesigns:

Ein-Schaufel-Laufrad:

- Relativ geringer Wirkungsgrad (mit mehr Schaufeln kann die Effizienz erhöht werden)
- Hohe rotierende Radialkräfte (belasten Welle und Lager, führen zu stärkerer Vibration und Geräuschentwicklung)
- Schwierige Auswuchtung (das Laufrad ist während des Betriebs mit Wasser gefüllt)
- Laufrad-Kürzungen verschlechtern die Balance

Wirbelaufader:

- Sehr geringer Wirkungsgrad

### Einfluss modernen Abwassers auf traditionelle Hydrauliken

Faserige Objekte neigen dazu, in traditionellen Laufrädern hängen zu bleiben, selbst wenn die Throughlet-Größe groß ist. Problematisch ist insbesondere die Vorderkante der Laufradschaufeln, da alle Laufradtypen eine oder mehrere Vorderkanten haben.



Abbildungen 4 und 5: Ansammlungen in einem Ein-Schaufel-Laufrad



Abbildungen 6 und 7: Ansammlungen in einem Wirbelaufader

Weiche, faserige und längliche Objekte gelangen kontinuierlich in die Pumpe; einige treffen auf die Vorderkante der Schaufeln. Die Fasern wickeln sich um die Kante und falten sich auf beiden Seiten der Schaufel.

Bei geraden oder leicht gekrümmten Vorderkanten lösen sich die Ablagerungen nicht, sondern bauen sich weiter auf. Diese Ansammlungen bilden große Klumpen oder Bündel organischer Feststoffe (sogenannte Rag Balls). Mit zunehmender Ansammlung in einem traditionellen Laufraddesign treten folgende Probleme auf:

1. Reduzierte Fördermenge: Die Feststoffe verengen den freien Flüssigkeitsdurchgang, was die Effizienz senkt. Dieses Phänomen wird als weiches oder partielles Verstopfen bezeichnet, da die Pumpe weiterhin arbeitet, jedoch länger braucht, um den Schacht zu leeren.
2. Erhöhter Energiebedarf: Wenn die Ablagerungen mit dem Pumpengehäuse in Kontakt kommen, entsteht Reibung. Diese wirkt wie eine Bremse, erhöht den Energiebedarf und kann bei Überschreiten des Nennstroms zum harten Verstopfen und Abschalten der Pumpe führen.

Mit sinkender Pumpeneffizienz steigen die Betriebskosten für den Endanwender, da die Pumpe länger laufen und mehr Energie verbrauchen muss, um das Zuflussvolumen zu bewältigen. Ein Motorschaden oder Pumpenstillstand erhöht die Kosten zusätzlich, da ein Servicetechniker die Station aufsuchen muss, um die Pumpe zu reinigen und neu zu starten.

Abbildung 8 zeigt, welche Feststoffe eine traditionelle Pumpe mit großer Laufradöffnung passieren können. Hellblau markierte Bereiche weisen auf eine hohe Durchgangswahrscheinlichkeit hin, dunklere Bereiche auf ein erhöhtes Verstopfungsrisiko.

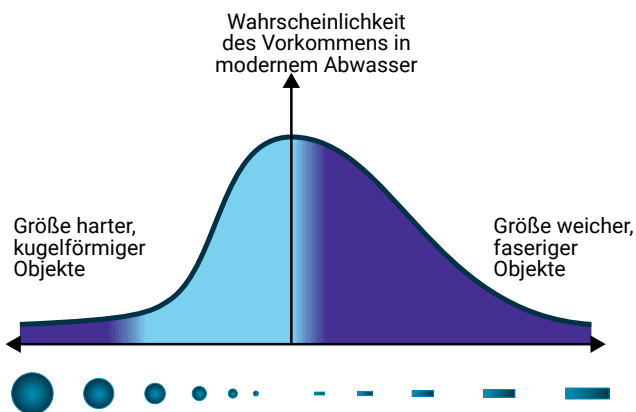


Abbildung 8: Leistungsfähigkeit traditioneller Hydraulikdesigns

Manche Hydraulikdesigner behaupten, Wirbelaufdräder seien selbstreinigend, da nach Rückspülung keine Feststoffe mehr am Laufrad haften. In der Praxis funktioniert dies jedoch nicht dauerhaft: Bei intermittierend betriebenen Pumpen reinigt das natürliche Rückspülen beim Abschalten kurzzeitig die Vorderkanten und spült Ablagerungen zurück in den Pumpenschacht. Beim Neustart setzt sich der Aufbau wieder fort, die Effizienz sinkt und der Energieverbrauch steigt. Weiche Feststoffe können zudem zu harten Ablagerungen werden, die durch das Rückspülen nicht vollständig entfernt werden.

### Selbstreinigendes N-Hydraulikdesign

Moderne Pumpen verwenden fortschrittliche Hydraulikdesigns, die die Verstopfungsresistenz erhöhen und die Pumpeneffizienz langfristig erhalten. Ein bewährtes selbstreinigendes Design mit stark zurückgekrümmten Vorderkanten und Entlastungsnut löst die meisten Verstopfungsprobleme.

Flygt entwickelte Ende der 1990er Jahre einen standardisierten Verstopfungstest, der seither zur

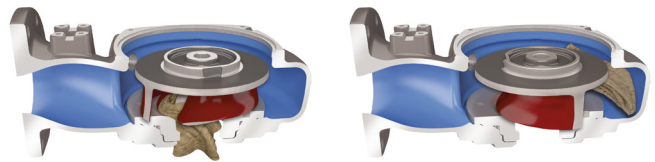


Abbildung 9: Modernes, selbstreinigendes N-Hydraulikdesign

Bewertung bestehender und neuer Hydraulikdesigns dient. Über 25 Jahre Forschung und Praxiserfahrung führten zu optimierten Abwasserpumpen, die herkömmliche Pumpen deutlich übertreffen.

Dank der umfangreichen Installationsbasis konnte die selbstreinigende Laufradfunktion so entwickelt werden, dass sie für alle Betriebspunkte und reduzierte Drehzahlen funktioniert. Die Funktion der Flüssigkeitsförderung wurde von der Feststoffförderung getrennt.

Bei diesem selbstreinigenden Design sammeln sich typische Verunreinigungen nicht an. Feststoffe auf den Vorderkanten des Laufrads werden kontinuierlich zur Peripherie und durch die Entlastungsnut im Einsatzring aus der Pumpe geleitet.

Abbildung 11 zeigt, dass ein modernes selbstreinigendes Laufraddesign mit zurückgekrümmten Vorderkanten und Entlastungsnut deutlich mehr Feststoffe passieren lässt als eine

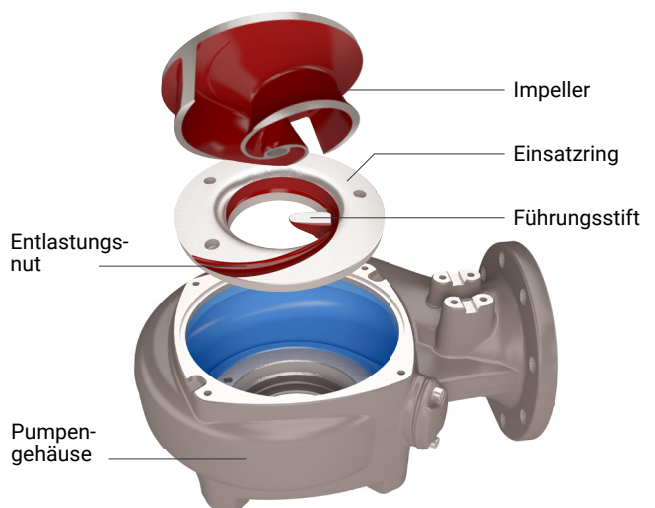


Abbildung 10: Wichtige Komponenten des N-Hydraulikdesigns

traditionelle Pumpe mit großer Laufradöffnung (siehe Abbildung 8). Hellblau markierte Bereiche zeigen die hohe Durchgangswahrscheinlichkeit, dunklere Bereiche das verbleibende Verstopfungsrisiko.

Der hellblaue Bereich ist deutlich größer als bei einer herkömmlichen Pumpe mit großer Laufradöffnung (siehe Abbildung 8).

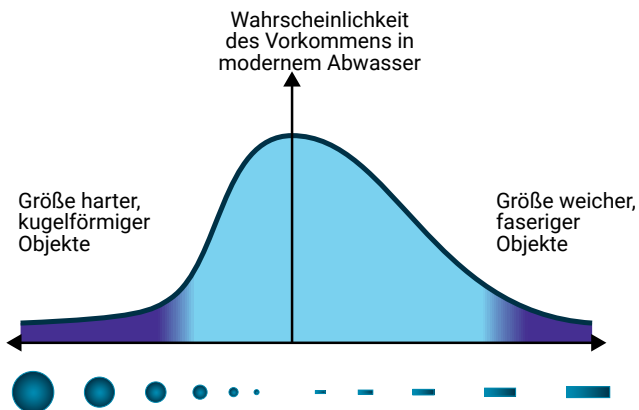


Abbildung 11: Leistungs-fähigkeit moderner, selbstreinigender Hydraulikdesigns

Mit dieser höheren Verstopfungsresistenz bei modernem Abwasser gewährleisten echte selbstreinigende Hydrauliken eine anhaltend hohe Effizienz und minimieren Betriebs-, Service- und Wartungskosten.

### Verstopfungen und Lebenszykluskosten der Pumpe

Eine verstopfungsresistente Pumpe führt zu niedrigeren Gesamtkosten über den Lebenszyklus, wobei die wichtigsten Einflussgrößen die Anfangsinvestition, Energie- und Wartungskosten sind. Die Balkendiagramme verdeutlichen die Lebenszykluskosten verschiedener Pumpengrößen in Abhängigkeit von der Anzahl der Verstopfungereignisse: Bei keiner Störung (Abbildung 12) fallen keine zusätzlichen Kosten an. Zwei ungeplante Einsätze aufgrund von Verstopfungen (Abbildung 13) stellen eine häufige Situation bei kleinen Pumpstationen dar; die Kosten der Einsätze erreichen oder übersteigen die Anschaffungskosten der Pumpen. Eine problematische Pumpstation mit zehn Einsätzen pro Jahr (Abbildung 14) führt dazu, dass ungeplante Wartungskosten deutlich höher ausfallen als die Installationskosten und bei kleineren Pumpen sogar die Energiekosten übersteigen.

Da Energie- und Wartungskosten den Großteil der Gesamtkosten ausmachen, ist die beste Lösung für den Endanwender eine gut ausgelegte Pumpstation mit modernen, verstopfungsfreien, zuverlässigen und energieeffizienten Pumpen.

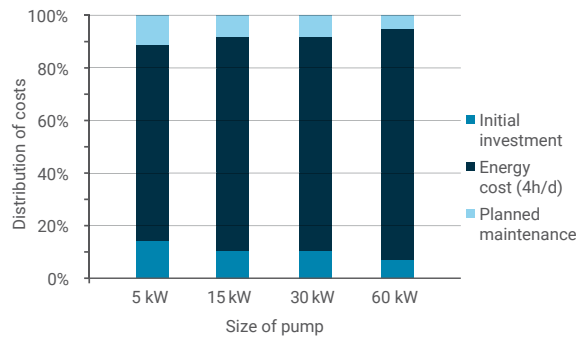


Abbildung 12: Kostenverteilung einer Pumpstation ohne Einsätze (Call-outs)

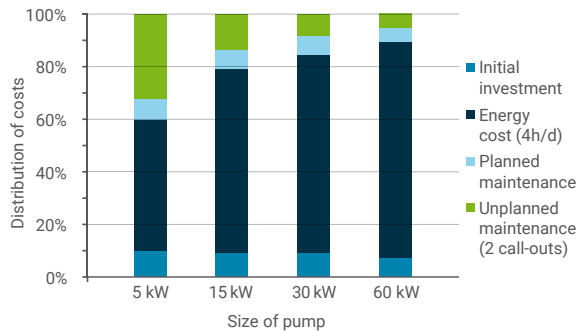


Abbildung 13: Kostenverteilung einer Pumpstation mit zwei Einsätzen (Call-outs)

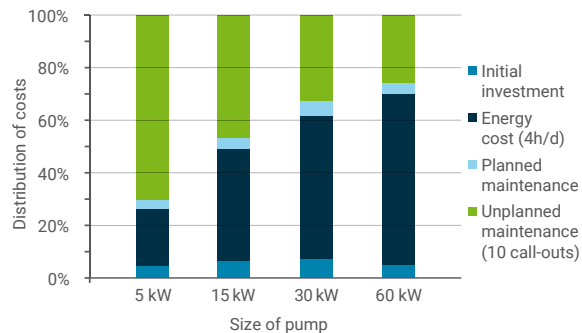


Abbildung 14: Kostenverteilung einer Pumpstation mit zehn Einsätzen (Call-outs)

### Fazit

Die Laufradöffnung (Throughlet) ist kein nützlicher Parameter zur Angabe der Verstopfungsresistenz einer Abwasserpumpe, insbesondere bei modernem Abwasser. Der Endanwender benötigt eine Pumpe, die sowohl bei kurzen als auch bei langen Betriebszyklen zuverlässig und effizient arbeitet.

Moderne, kontinuierlich selbstreinigende N-Hydraulikpumpen sparen daher erheblich Betriebskosten, da sie höhere Verstopfungsresistenz bieten und eine anhaltend hohe Effizienz beim Abwassertransport gewährleisten.