

Optimierung von unterbelasteten Abwasserpumpwerken



- 1. Problembeschreibung**
- 2. Fließgeschwindigkeit und Energiebedarf**
- 3. Kritische Fließgeschwindigkeit**
- 4. Optimierte Verfahrensweise**
- 5. Umsetzung der optimierten Verfahrensweise**
- 6. Zusammenfassung**



1. Problembeschreibung

Für einen störungsfreien Abwassertransport:

1. **Sicheres Abführen von Spitzenzuflüssen,**
2. **Vermeiden von Ablagerungen und Verstopfungen**
3. **Vermeiden von zu hohen Reibungsverlusten,**
4. **Vermeiden von Kavitation,**
5. **Vermeiden von Druckschwankungen in der Druckrohrleitung,**
6. **Vermeiden von zu hohen hydraulischen Aufenthaltszeiten des Abwassers in der Druckrohrleitung,**
7. **Vermeiden von Vibrationen an den Pumpen,**
8. **Vermeiden von Geräuschemissionen,**
9. **...**



1. Problembeschreibung

- **Bei Dimensionierung des Systems Pumpe-Druckrohrleitung steht Fließgeschwindigkeit im Mittelpunkt**
- **Fließgeschwindigkeit zu klein:**
 - **Gefahr der Verstopfung durch Ablagerungen**
- **Fließgeschwindigkeit zu groß:**
 - **Gefahr von Druckstößen**
 - **hohe Reibungsverluste**
- **Diskontinuierlicher Pumpenbetrieb dort, wo :**
 - **Diskrepanz zwischen Q_{\max} und Q_{tr} besonders groß ist.**
 - **Mindestquerschnitt der ADL Planungsgrundlage ist**



1. Problembeschreibung

Beispiel: Abwasserüberleitung Gemeinde mit 1.000 EW

Auslegungskriterium	Parameter	Trocken	Regen	Einheit	
1. Transportaufgabe	Qd	100	300	m ³ /d	
	Spitzenfaktor	16	8	h/d	
	Qh	6,3	37,5	m ³ /h	
	Qs	1,7	10,4	l/s	
	Q (AP) gewählt		40	m ³ /h	
	Pumpenlaufzeit		2,5	7,5	h/d
2. Mindestfließgeschwindigkeit	Fließgeschwindigkeit	1,0	1,0	m/s	
	DN notw.	47	115	mm	
	DN gewählt		150	mm	
	Q notw.		64	m ³ /h	
	Pumpenlaufzeit		1,6	4,7	h/d
	3. Reibungsverluste	Länge ADL		5.000	m
Hgeo			15	m	
Hr			38	m	
Hman			53	m	
DN neu			200	mm	
Hr			25	m	
Q notw.			113	m ³ /h	
Pumpenlaufzeit			0,9	2,7	h/d



2. Fließgeschwindigkeit und Energiebedarf

- **Energiebedarf einer Kreiselpumpe lässt sich berechnen:**

$$P = \frac{Q \cdot H}{\eta_{\text{hydr.}} \cdot \eta_{\text{elektr.}} \cdot 102} \quad [\text{kW}] \quad \text{Gl. 1}$$

- **Die manometrische Förderhöhe H wird bei längeren Leitungen vor allen Dingen durch Reibungsverluste erzeugt:**

$$H_r = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{L}{DN} \quad \text{Gl. 2}$$

- **Beispiel: Überleitung 5.000 m bei ADL mit DN 200 mm**

v	m/s	0,5	1,0	1,5
H _r	m	7	25	57



2. Fließgeschwindigkeit und Energiebedarf

- Der Volumenstrom steht mit der Fließgeschwindigkeit in folgender Beziehung:

$$Q = v \cdot A$$

Gl. 3

- Durch Einsetzen von Gl. 2 und 3 in Gl. 1 ergibt sich:

$$P = \frac{v \cdot A}{\eta_{\text{hydr.}} \cdot \eta_{\text{elektr.}} \cdot 102} \cdot \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{L}{DN} = v^3 \frac{A \cdot \lambda \cdot L}{\eta_{\text{hydr.}} \cdot \eta_{\text{elektr.}} \cdot 102 \cdot 2 \cdot g \cdot DN}$$

Gl. 4

- Für konstante Systemgrenzen folgt daraus folgender Zusammenhang:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{v_1^3}{v_2^3} \quad \text{bzw.} \quad P_2 = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^3 \cdot P_1$$

Gl. 5



2. Fließgeschwindigkeit und Energiebedarf

- **Abhängigkeit von Leistung und Fließgeschwindigkeit über den Exponenten 3**
- **Bei Erhöhung der Fließgeschwindigkeit von 0,5 auf 1,5 m/s steigt der Leistungsbedarf auf der 25-fache!**

v	m/s	0,5	1,0	1,5
Δv^3	-	0,13	1,0	3,3

- **Um die gleich Abwassermenge zu transportieren, muss die Laufzeit der Pumpe um das 3-fache verlängert werden.**
- **Damit sinkt die elektrische Arbeit um 25/3, also immer noch um das 11-fache!**



3. Kritische Fließgeschwindigkeit

Aussage in dem DWA-Arbeitsblatt 134 zur Fließgeschwindigkeit:

„Die untere Grenze der Strömungsgeschwindigkeit sollte zwischen 0,5 m/s bei größerer und 1,0 m/s bei geringerer täglicher Gesamtförderzeit der angeschlossenen Pumpstationen liegen.

Abhängig von der Abwasserzusammensetzung muss bei langen Stillstandzeiten eine höhere Strömungsgeschwindigkeit gewählt werden.

Eine zu geringe Strömungsgeschwindigkeit führt zu Ablagerungen und damit zu Querschnittverminderungen, so dass die Verstopfungsgefahr zunimmt.“



3. Kritische Fließgeschwindigkeit

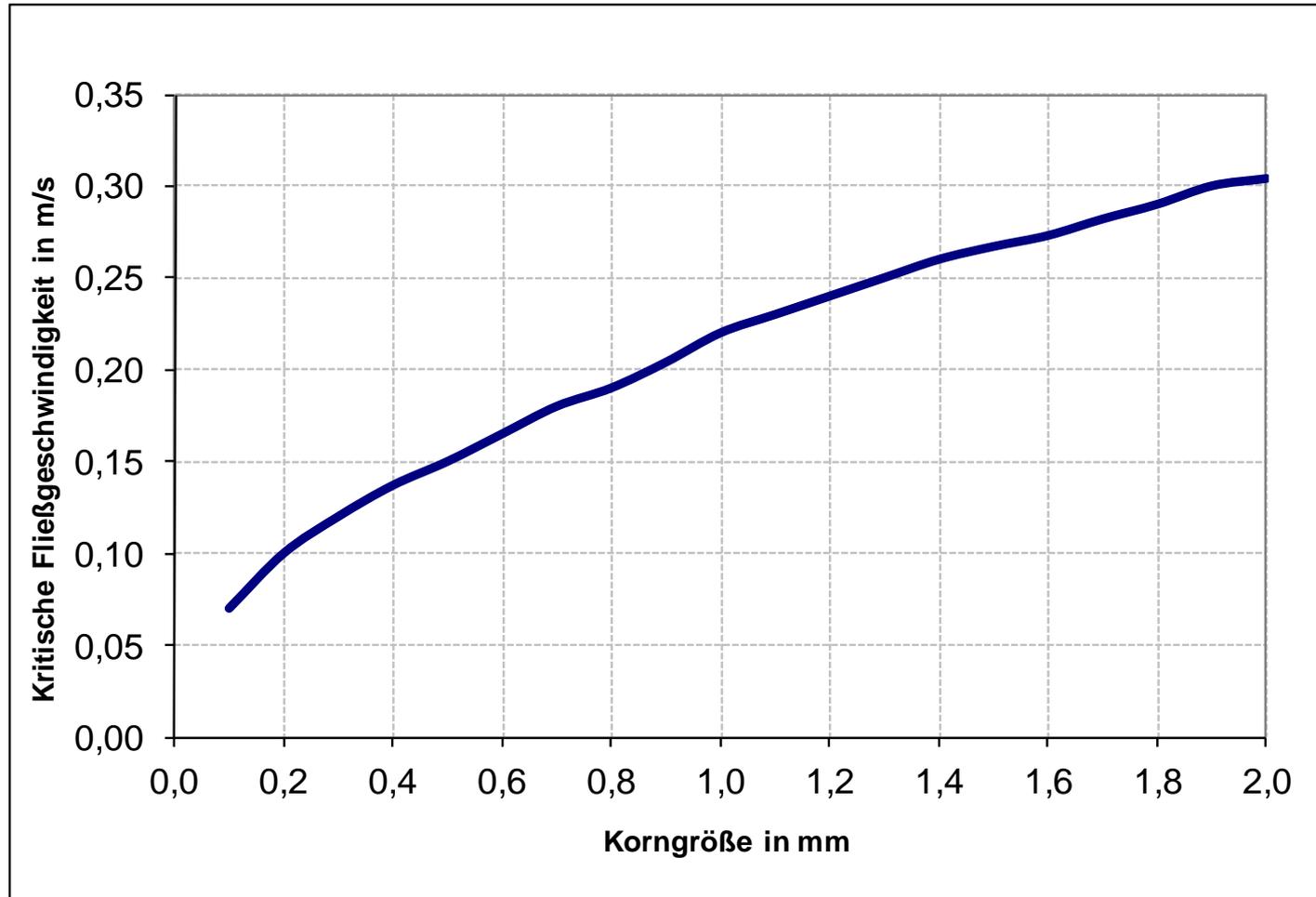
- Die minimale Fließgeschwindigkeit v_{\min} , wie sie im A 134 beschrieben wird, ist eine empirische Größe, die sicherstellen soll, dass Sedimente beim Pumpenstart resuspendiert werden.
- Die kritische Fließgeschwindigkeit v_{krit} , bei der unter turbulenten Verhältnissen partikuläre Stoffe sedimentieren, wird wie folgt berechnet:

$$v_{\text{krit}_s}^2 = \frac{4 \cdot g \cdot d \cdot (\rho_s - \rho_f)}{3 \cdot c_D \cdot \rho_f} \quad \text{Gl. 6}$$

mit $c_D = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{4}{\text{Re}^{0,5}} + 0,4$ Gl. 7



3. Kritische Fließgeschwindigkeit



4. Optimierte Verfahrensweise

Grundgedanke

- **Reduktion der Fließgeschwindigkeit auf ein wirtschaftliches Maß, jedoch nicht unter v_{krit} .**
- **Die Grundlast des Trockenwetterzuflusses wird mit dieser reduzierten Fließgeschwindigkeit transportiert.**
- **Bei Spitzenzuflüssen und durch gezieltes Spülen wird grobkörniges Sediment transportiert und Gaspolster beseitigt.**



4. Optimierte Verfahrensweise

Anwendung

- Integration einer neu zu installierenden Grundlastpumpe (GLP) in das Abwasserpumpwerk.
- Die Grundlastpumpe kann z.B. auf $Q_{d,tr}/24$ ausgelegt werden, so dass täglich die Spitzenlastpumpe anspringen muss.
- Der Spitzenzufluss wird von den vorhandenen Spitzenlastpumpen (SLP) gefördert.



4. Optimierte Verfahrensweise

Anwendung

- **Grundlastpumpe mit erheblich geringerer manometrischer Förderhöhe**
- **Spitzenlastpumpe und Grundlastpumpe können daher niemals gemeinsam laufen.**
- **In Abhängigkeit des tatsächlichen Arbeitspunktes der GLP und der Charakteristik der ADL kann gezieltes Spülen mit SLP programmiert werden.**



4. Umsetzung der optimierte Verfahrensweise

Abwasserüberleitung Kühlungsborn – Bad Doberan (ZVK)

Q_d = 1.500 – 3.500 m³/d

DN = 350 mm

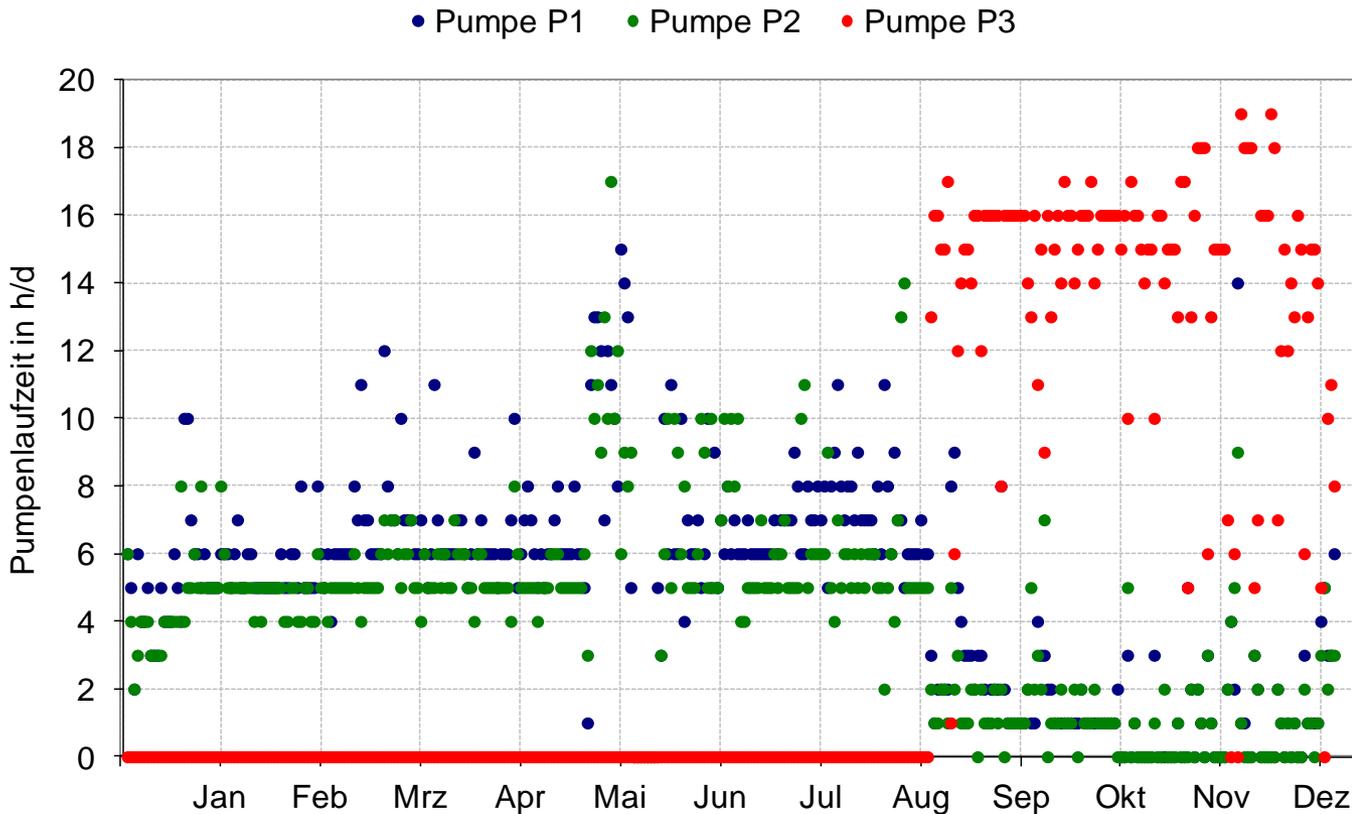
Länge = 7.670 m

	Einheit	Vorher	Nachher
Leitungsdruck	m	44	30
Volumenstrom GLP	m ³ /h	370	95
Fließgeschwindigkeit	m/s	1,07	0,35
Pumpenlaufzeit	h/d	9	18
Stromverbrauch	kWh/m ³	0,280	0,220
Einsparung Stromverbrauch	%		28



4. Umsetzung der optimierte Verfahrensweise

Pumpenlaufzeiten im Abwasserpumpwerk Kühlungsborn



4. Umsetzung der optimierte Verfahrensweise



4. Umsetzung der optimierte Verfahrensweise

Abwasserüberleitung Neu Rethwisch – Bad Doberan (ZVK)

Q_d = 770 m³/d

DN = 200 mm

Länge = 3.000 m

	Einheit	Vorher	Nachher
Leitungsdruck	m	32	12
Volumenstrom GLP	m ³ /h	160	60
Fließgeschwindigkeit	m/s	1,35	0,50
Pumpenlaufzeit	h/d	2	10
Stromverbrauch	kWh/m ³	0,220	0,150
Einsparung Stromverbrauch	%		32



4. Umsetzung der optimierte Verfahrensweise

Abwasserpumpwerk Schulzenweg (SAE)

Q_d = 4.000 m³/d

DN = 500 mm

Länge = 2.400 m

	Einheit	Vorher	Nachher
Leitungsdruck	m	21	17
Volumenstrom GLP	m ³ /h	750	320
Fließgeschwindigkeit	m/s	1,00	0,46
Pumpenlaufzeit	h/d	5,5	11
Stromverbrauch	kWh/m ³	0,106	0,092
Einsparung Stromverbrauch	%		13



4. Umsetzung der optimierte Verfahrensweise

Abwasserpumpwerk Leezen (ZV Schweriner Umland)

Q_d = 500 m³/d

DN = 150/200 mm

Länge = 7.500 m

	Einheit	Vorher	Nachher
Leitungsdruck	m	80	45
Volumenstrom GLP	m ³ /h	75	54
Fließgeschwindigkeit	m/s	1,2	0,85
Pumpenlaufzeit	h/d	6	10
Stromverbrauch	kWh/m ³	0,400	0,290
Einsparung Stromverbrauch	%		28



5. Zusammenfassung

- **Viele Abwasserpumpwerke in Mecklenburg-Vorpommern haben Tagesstillstandzeiten von 14 – 22 h/d.**
- **Die Fließgeschwindigkeit spielt eine maßgebliche Rolle bei der Dimensionierung und beim Betrieb eines Abwasserpumpwerkes und der Abwasserdruckrohrleitung.**
- **Durch das Installieren und Betreiben einer Grundlastpumpe sowie Nutzung der vorhandenen Pumpen als Spitzenlastpumpen kann der Betrieb eines Abwasserpumpwerkes verfahrenstechnisch und wirtschaftlich optimiert werden.**



**Danke für die
Aufmerksamkeit!**

