

HYDRAULISCHE OPTIMIERUNG VON SANDFÄNGEN

Der DWA-Arbeitsbericht von 2008 empfiehlt sich als solide Basis zur Dimensionierung von Sandfängen. Für den Ausbau von bestehenden Sandfängen ist der Arbeitsbericht jedoch zu starr und somit häufig nicht umsetzbar. In den letzten Jahren wurden verschiedene Sandfänge in der Schweiz mit Hilfe numerischer Strömungssimulationen optimiert. Die Erkenntnisse aus der baulichen und betrieblichen Optimierung werden anhand von Beispielen dargestellt.

Katja Briner, Hunziker Betatech AG

Benjamin Lüthi; Markus Mendler, Hunziker Betatech AG

Markus Gresch, Abwasserverband Thurau

RÉSUMÉ

OPTIMISATION HYDRAULIQUE DES DESSABLEURS

La mesure et l'évaluation des dessableurs s'effectuaient jusqu'ici principalement sur la base du rapport de travail de la DWA de 2008 [1].

En Suisse, il est rare qu'une station d'épuration soit construite en pleine nature. Lors de l'équipement d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) existante, il est courant que les caractéristiques de dimensionnement de la DWA pour les dessableurs ne puissent pas être respectées en raison des contraintes sur place. Le besoin d'optimiser les dessableurs actuels avec une géométrie donnée ou de créer de nouveaux dessableurs dans des espaces confinés est donc important.

Ces dernières années, des propositions d'optimisation ont été étudiées pour les dessableurs de quatre STEP avec des simulations numériques d'écoulement. Parmi elles, un dessableur sans dégraisseur, la modification de la section, la modification de la géométrie d'entrée et de sortie, un système de raclage pour le sable déposé, et un laveur de sable en aval.

L'une des optimisations les plus importantes est la déviation de l'arrivée, afin de créer un écoulement en rouleau immédiatement à l'entrée du dessableur. Selon le système, cela permet d'obtenir une bonne performance de séparation, même avec des dessableurs plus courts (DWA 10:1).

AUSGANGSLAGE

In Abwasserreinigungsanlagen (ARA) ist der Sandfang Teil der mechanischen Reinigung und essenziell, um die nachfolgenden Anlagenteile vor Verstopfung, Ablagerungen und Abrasion zu schützen.

Bestehende Sandfänge und kombinierte Sand- und Fettfänge entsprechen meist nicht allen Bemessungskennwerten des DWA-Arbeitsberichts von 2008 [1]. Bei Ersatz, Ausbau oder Optimierung einer bestehenden ARA sind in der Schweiz die Platzverhältnisse häufig begrenzt. Der Bedarf, bestehende Sandfänge mit einer gegebenen Geometrie zu optimieren oder neue Sandfänge unter eingeschränkten Platzverhältnissen zu erstellen, ist daher gross.

Hirschbeck [2] hat Modellversuche zur Optimierung der Sandabscheidung über die Belüftungssteuerung und die Zulaufplatzierung durchgeführt. *Botsch* [3] hat numerische Strömungssimulationen als Hilfsmittel zur Bemessung von Sandfängen verwendet. Die numerische Strömungssimulation (auch CFD: *Computational Fluid Dynamics*) erlaubt es, unübliche Geometrien von Sandfängen oder Optimierungen (wie z. B. eine gestufte Belüftung) am Modell zu überprüfen und den Abscheidegrad des Sandes rechnerisch abzuschätzen.

Kontakt: K. Briner, katja.briner@hunziker-betatech.ch

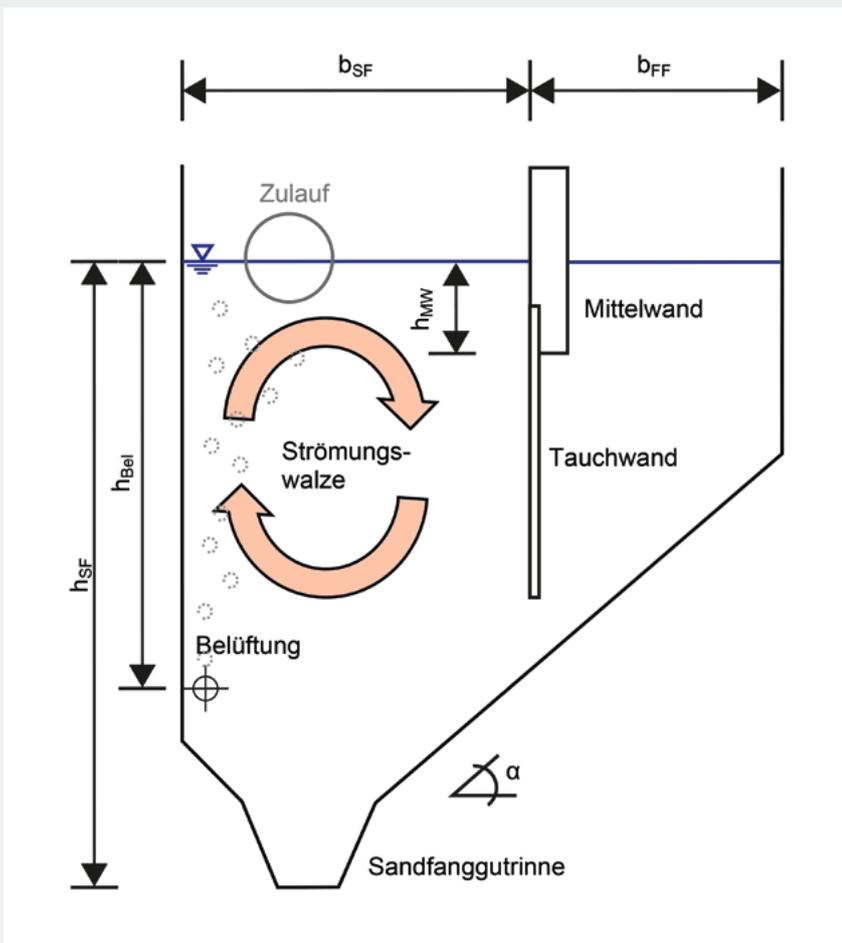


Fig. 1 Schema Sand- und Fettfang mit Bemessungswerten nach ATV [4].

In diesem Artikel werden Bemessungsansätze mit bestehenden Anlagenkennwerten verglichen und Möglichkeiten für bauliche und betriebliche Optimierungen vorgestellt. Anhand von vier Praxisbeispielen aus der Schweiz, bei denen eine numerische Strömungssimulation zur Optimierung eingesetzt wurde, werden verschiedene Erkenntnisse erläutert und Empfehlungen formuliert.

ARA-SANDFÄNGE

FUNKTIONSWEISE

In *Figur 1* ist der schematische Querschnitt eines kombinierten Sand- und Fettfangs mit den gebräuchlichen Bezeichnungen für die verschiedenen Bauwerksdimensionen dargestellt. Traditionell befindet sich der Einlauf des Sandfangs zentral auf der gleichen Seite wie die Belüftung. Durch die Belüftung wird eine Walzenströmung (Rotationsströmung) erzeugt, wodurch die im Abwasser enthaltenen Partikel auf einer Kreisbahn um die Längsachse bewegt werden. Dies führt dazu, dass organische Abwasserinhaltsstoffe in Schwebe gehalten und bis zum Auslauf transportiert

werden, während Sandpartikel mit grösserer Dichte absinken können. Dafür wird eine möglichst homogene, störungsfreie Walzenströmung angestrebt, so dass Kurzschlussströmungen (Fließwege, die den Auslauf erreichen, ohne der Walzenströmung zu folgen) und Totwasserzonen (nicht durchströmte Bereiche) verhindert werden.

OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN

Für bestehende, häufig vorkommende «Längs-Sand-Fettfänge» kommen folgende Optimierungsmöglichkeiten in Frage:

- Sandfang ohne Fettfangbereich ausbilden: Damit steht für die Sandabscheidung ein grösseres Volumen resp. ein grösserer Fließquerschnitt zur Verfügung.
- Abwasserzulauf in Richtung der Strömungswalze ausbilden, so dass Abwasser unmittelbar nach dem Eintritt in den Sandfang in die gewünschte Richtung strömt.
- Optimierung der Walzenströmung durch eine angepasste/abgestufte Belüftungsintensität, beispielsweise abhängig von der Position im Sandfang.
- Gestaffelter Betrieb der Sandfangstrassen, angepasst auf die jeweilige Zulaufmenge.
- Bodenschnecken als effizientes Räumsystem anstelle eines Schildräumers.
- Nachgeschalteter Sandwäscher zur Abscheidung von unerwünscht abgesetztem organischem Material.

NUMERISCHE STRÖMUNGSSIMULATIONEN

Numerische Strömungssimulationen (CFD) sind mittlerweile auch in der Abwassertechnik ein wertvolles Hilfsmittel für die hydraulische Beurteilung von durchströmten Bauwerken. Dabei werden die massgeblichen Strömungsgleichungen (Massen- und Impulserhaltung) auf einem aus der 3D-Geometrie erstellten Volumengitter numerisch gelöst (*Fig. 2*). Mit CFD lassen sich Optimierungsvorschläge für Sandfänge strömungstechnisch

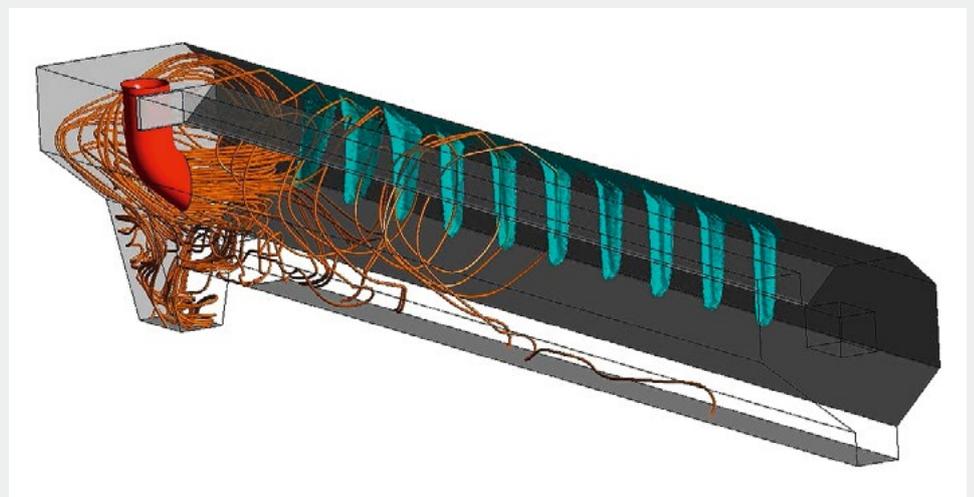


Fig. 2 Symbolbild CFD-Simulation – strömungsoptimierter Zulauf (rot), Einblasen von Luft (blau), Partikelbahnen von Sandkörnern (braun).

nisch überprüfen und vergleichen. Die Gestaltung des Abwasserzulaufs und -ablaufs, das Optimieren der Walzenströmung durch das Einblasen von Luft oder mit Hilfe von Rührwerken und das Absetzen von mineralischen und organischen Partikeln mit unterschiedlicher Dichte und Grösse können numerisch simuliert und die Absetzung von Partikel rechnerisch abgeschätzt werden. Allerdings sind auch die besten Simulationen nach wie vor Modelle, die auf Vereinfachungen beruhen und damit – zusätzlich zu numerischen Unschärfen – Unsicherheiten aufweisen: Die Abwasserzusammensetzung weist in der Realität stets eine gewisse Streuung auf, Durchflüsse können unregelmässig auftreten und gewisse Effekte wie Kohäsion und das Aufbrechen von Partikeln können nicht mit verhältnismässigem Aufwand abgebildet werden.

PRAXISBEISPIELE

In *Tabelle 1* sind die Bemessungskennwerte nach DWA [1] aufgelistet und den Kennwerten der optimierten ARA-Sandfänge gegenübergestellt. Es fällt auf, dass die Länge der Sandfänge in diesen Fällen meist deutlich geringer ist als gefordert. Im unteren Teil der Tabelle ist zusammengestellt, welche Optimierungsmassnahmen für die jeweilige Anlage geplant resp. ausgeführt wurden. Die wesentlichsten Erkenntnisse aus den vier vorgestellten Anlagen werden am Schluss zusammengefasst.

A1 – ARA REGION MURG

Optimierung bestehender Sandfänge
Auf der ARA Region Murg wurden, um den Abscheidegrad zu steigern sowie den Energieverbrauch der bestehenden Sand-

fänge zu senken, folgende Massnahmen umgesetzt:

- Umbau in einen fettfangfreien Sandfang: Entfernung der Trennwand zwischen Sand- und Fettfangteil
- Zulauf via gekrümmtes Rohr in Richtung der Walzenströmung
- Optimierung der Luftmenge (Reduktion)
- Ersatz der bestehenden Räumler durch eine Bodenschnecke

Das Resultat der CFD-Simulation zeigt im ersten Teil des Sandfangs, aufgrund der Umlenkung des Zulaufs, eine deutliche verbesserte Walzenströmung. Insgesamt werden mit der Anpassung homogenere, geringere Fliessgeschwindigkeiten erreicht (*Fig. 3*). Erst durch die Optimierung wird die gesamte Länge des Sandfangs für die Sandabscheidung wirksam.

Parameter	Dim	Soll	A1	A2	A3	A4
Anlagen-Merkmale und -Kenngrössen						
Ausbaugrösse (EW × 1000)	EW		23,5	90	65	200
Misch- oder Trennsystem	M/T		M	T	M	M
Max. Zufluss bei Regenwetter Q_{MAX}	l/s		314	460	520	1400
Max. Zufluss bei Trockenwetter Q_{TW}	l/s		226	136	260	500
Anzahl Sandfänge	–		2	2	2	2
Volumen pro Sandfang	m ³		70	125	160	416
Bemessungswerte Sandfang – SOLL / IST-Vergleich						
Beckenbreite b_{SF}	m		2,6	3,0	2,8	7,8
Beckentiefe h_{SF}	m		2,25	3,4	2,25	3,35
Querschnittsfläche A (ohne Fettfang)	m ²	1–15	5,4	7,3	7,1	22,3
Breite/Tiefe-Verhältnis b_{SF}/h_{SF}	–	0,8–1,0	1,2	0,88	1,2	2,4
Geforderte Beckenlänge l_{SF}	m	$> 10 \cdot b_{SF}$ < 50	26	30	28	50
Effektive Beckenlänge l_{SF} (nur Sandfang)	m	$> 10 \cdot b_{SF}$ < 50	13	15,75	22,5	18,6
Eff. Länge/Breite-Verhältnis l_{SF}/b_{SF}	–	> 10	5,0	5,25	8,0	2,4
Oberflächenbeschickung SF bei Q_{MAX}	m/h		16,7	30,0	14,9	17,4
Durchflusszeit Q_{MAX}	min	≥ 5	7,4	9,0	10,2	9,9
Horizontale Fliessgeschwindigkeit v_z	m/s	$\leq 0,20$	0,06	0,06	0,04	0,04
Angewandte Optimierungsmöglichkeiten bei den Anlagen						
Ohne Fettfang	Ja/Nein		Ja	Ja	Ja	Ja
Umlenkung Zulauf in Walzenrichtung	Ja/Nein		Ja	Ja	Ja	Ja (Prallwand)
Reduktion/Abstufung der Belüftungsintensität	Ja/Nein		Ja	Ja	Ja	Ja
Bodenschnecke anstatt Schildräumer als Austragssystem	Ja/Nein		Ja	Ja	Ja	Ja
Nachgeschalteter Sandwäscher	Ja/Nein		Ja	Ja	Ja	Ja

Tab. 1 Bemessungswerte Sandfang SOLL/IST-Vergleich.

SOLL: Kenngrössen nach DWA [1]; IST: A1 – ARA Region Murg, A2 – ARA Oberengadin, A3 – ARA Sarneraatal, A4 – ARA Thunersee
hellgrün: Bemessungswert eingehalten;
rosa: Bemessungswert nicht eingehalten

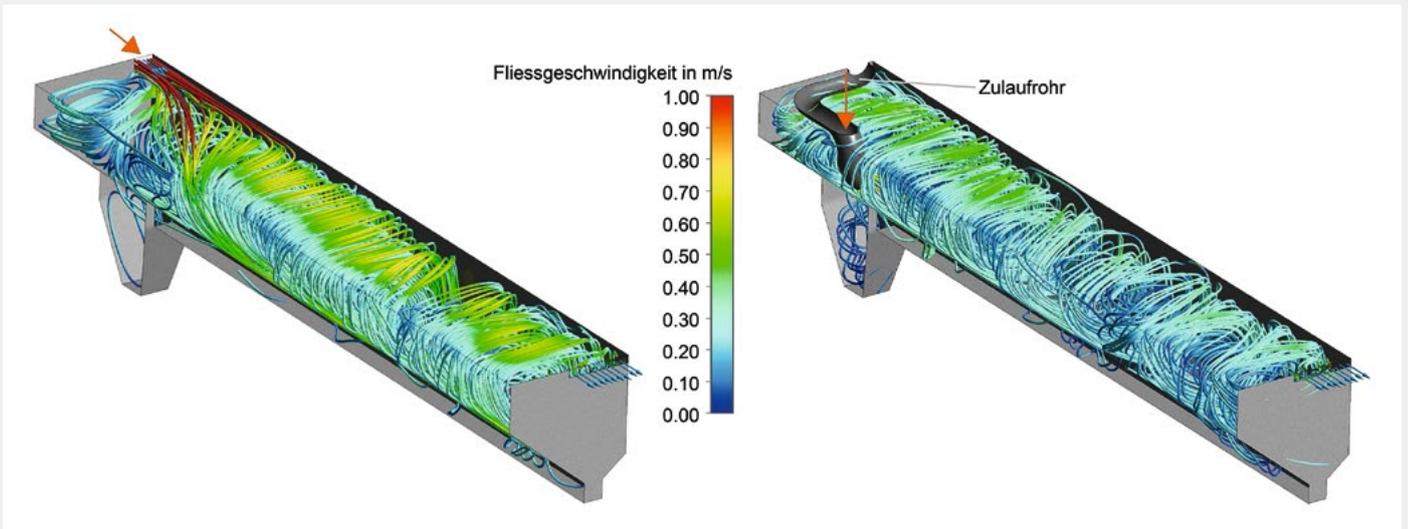


Fig. 3 Strömungslinien vor (links) und nach (rechts) der Optimierung des Zulaufs.

A2 – ARA OBERENGADIN

Neubau der Sandfänge

Auch auf der ARA Oberengadin wurde der Zulauf so gestaltet, dass das Abwasser in Richtung Walzenströmung eintritt. In der numerischen Simulation zeigte sich, dass die Zuflussmenge einen massgeblichen Einfluss auf die Entstehung dieser Walzenströmung hat. Liegt der mittlere Abfluss pro Sandfang bei weniger als 125l/s, ergibt sich in der Mitte der Walze eine Kurzschlussströmung (Fig. 4). Um dies zu verhindern, wird die Ausbildung der Walzenströmung durch das Einblasen von Luft unterstützt (Fig. 5).

Heute werden immer beide Sandfänge mit Belüftung betrieben. In Zukunft soll bei Trockenwetter nur ein Sandfang betrieben werden. Beträgt der Zufluss weniger als 125l/s, wird die Belüftung eingeschaltet. Ab einer mittleren Abwassermenge von 250l/s wird der zweite Sandfang in Betrieb genommen.

A3 – ARA SARNERAATAL

Optimierung bestehender Sandfänge

Auf der ARA Sarneraatal wird bei grösseren Regenereignissen oft viel Sand und Kies zur ARA transportiert. Beim Umbau wurden daher wellenlose Bodenschnecken an Stelle von Schildräumern gewählt – diese haben sich bewährt, um grosse Sandmengen zuverlässig in den Sandfangtrichter zu fördern (Fig. 6). Durch das gebogene Zuflussrohr wird die Walzenströmung unterstützt und dadurch die benötigte Luftmenge reduziert.

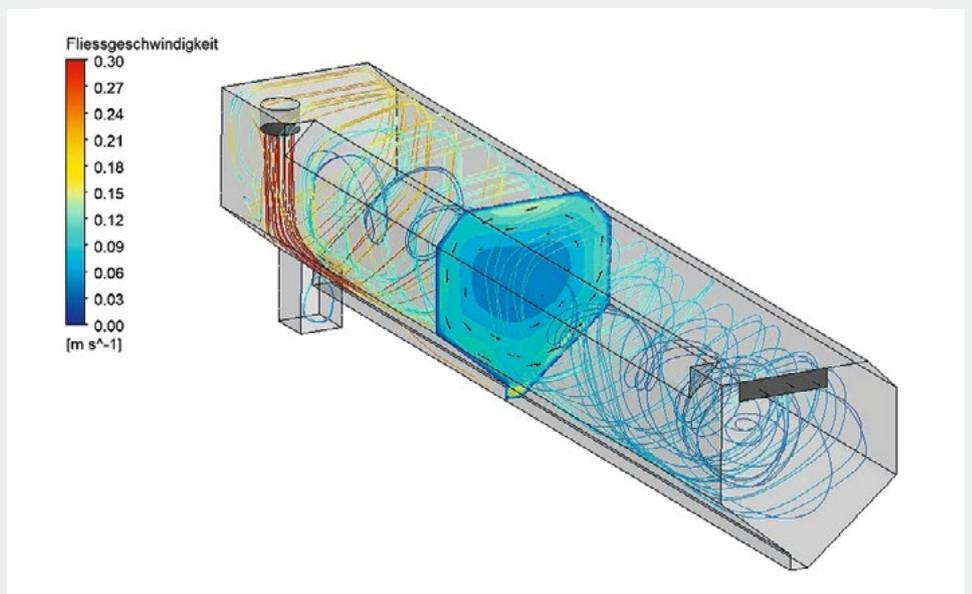


Fig. 4 Strömungslinien bei 125l/s, Tendenzen einer Kurzschluss-Strömung in der Mitte der Walze ersichtlich.

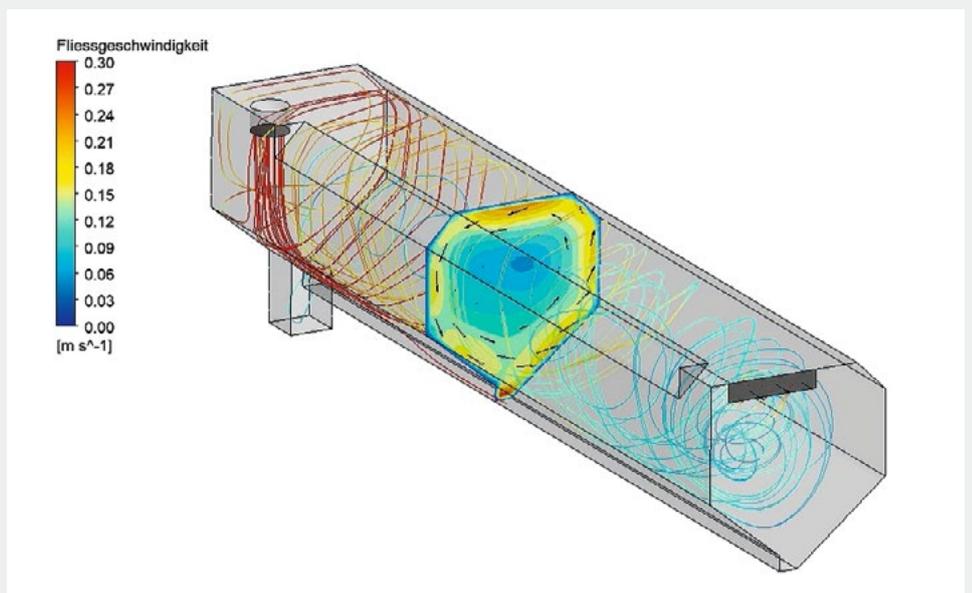


Fig. 5 Strömungslinien bei 195l/s, keine Kurzschluss-Strömung ersichtlich.



Fig. 6 Blick von oben auf das Zulaufrohr und die Förderschnecke.

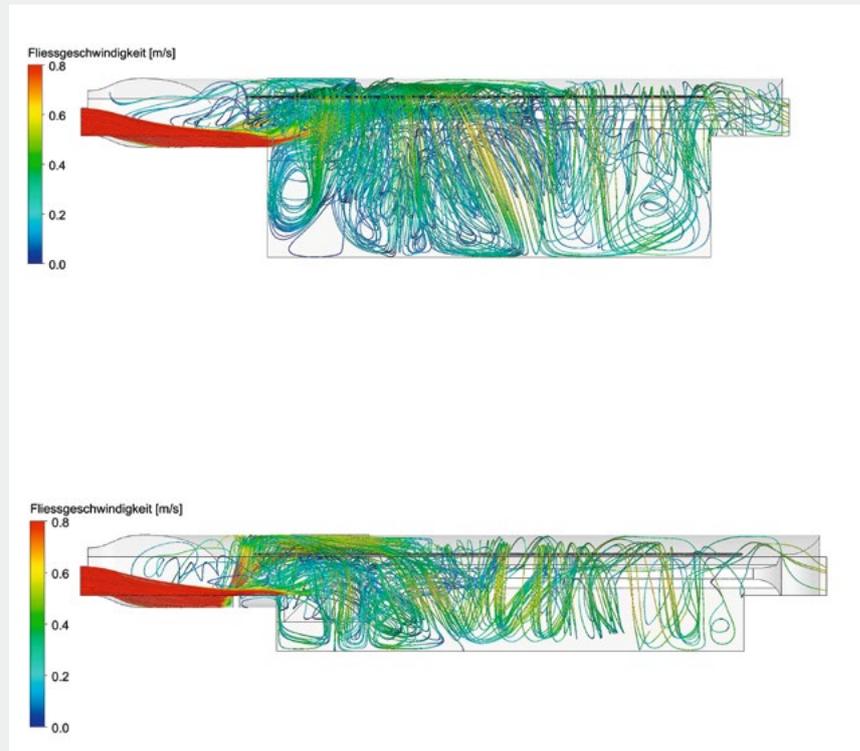


Fig. 8 Stromlinien im Ist-Zustand (oben) und nach Optimierung (unten) mit Prallwand im Zulauf zur Strömungsumlenkung und Unterstützung der Bildung einer Walzenströmung.

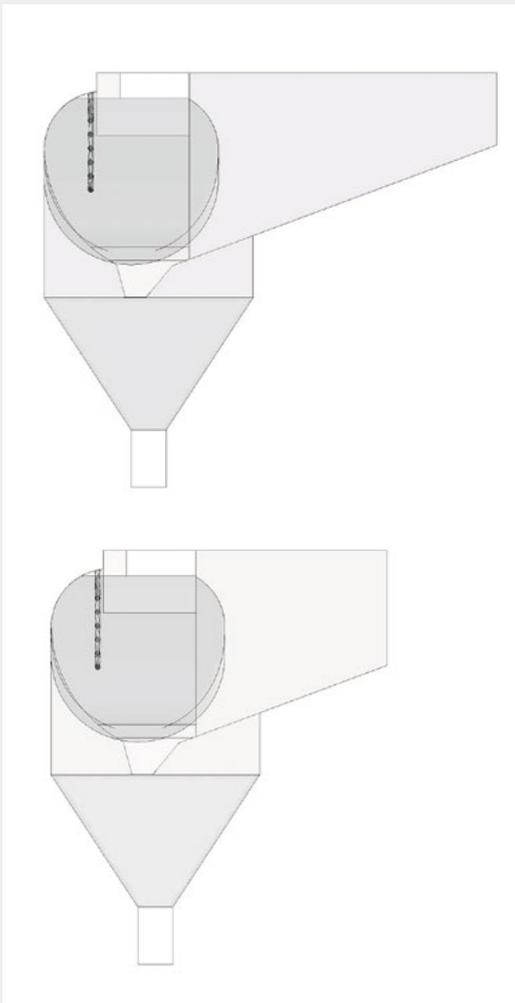


Fig. 7 Anpassung Geometrie (Breite, Neigungswinkel); oben: Bestand.

A4 -ARA THUNERSEE

Projekt Optimierung bestehender Sandfänge
Die Sandfänge der ARA Thunersee wurden ursprünglich als kombinierte Sand- und Fettfänge gebaut, die Trennwand wurde jedoch in den 1990er-Jahren entfernt. Um in der bestehenden, verwinkelten Geometrie (vgl. Fig. 7, oben) eine Walzenströmung aufrecht zu erhalten, muss viel Luft eingeblasen werden. Verschiedene Geometrievarianten und Luftmengen wurden daher rechnerisch

geprüft, um die Sandabscheidung verbessern und die optimale Luftmenge bestimmen zu können (vgl. Fig. 7, unten). Durch die Reduktion der Beckenbreite und der Ergänzung einer Prallwand im Zulaufbereich konnte die Abscheideleistung bei reduzierter Belüftungsmenge im Modell deutlich gesteigert werden (Fig. 8). Diese Optimierungen, die im Rahmen des Vorprojekts erarbeitet wurden, dienen als Grundlage für die Sanierung der mechanischen Reinigungsstufe, die in den Jahren 2026-2028 umgesetzt werden soll.

BETRIEBSERFAHRUNGEN

Die bisherigen Betriebserfahrungen auf den ARA Murg, Oberengadin und Sarneraatal werden vom Betriebspersonal als gut beurteilt. Es kam auf keiner Anlage zu Betriebsproblemen aufgrund von Fett- oder Sandablagerung in den Anlagenteilen nach dem Sandfang, resp. nach der Vorklärung.

Wie bei den diskutierten Beispielen, sind häufig nur qualitative Aussagen zur Funktionstüchtigkeit der Sandfänge möglich, da Daten für eine quantitative Aussage fehlen. Die messtechnische Bestimmung des Abscheidegrads von Sandpartikeln unterschiedlicher Grösse an einem bestehenden Sandfang ist sehr aufwändig und wird daher in der Praxis üblicherweise nicht durchgeführt.

ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

Fettfangteil

Ein Verzicht auf einen Fettfangteil und die entsprechende Fettabscheidung in der Vorklärung ist jeweils zu prüfen.

Umlenkung des Zulaufs

Die Umlenkung des Sandfangzulaufs in Walzenrichtung ist sehr vorteilhaft. Das Längen zu Breitenverhältnis kann dann fallweise auch << 10:1 liegen, währenddem der geforderte Abscheidegrad von > 95% der Sandfraktion von 0,2 mm trotzdem erreicht wird.

Betrieb der Sandfänge

Bei Trockenwetter reicht die Strömungsenergie des Zulaufs nicht immer aus, um eine stabile Walzenströmung auszubilden. Es ergeben sich für diesen Fall die folgenden Möglichkeiten:

- Wenn zwei Sandfänge vorhanden sind, kann bei Trockenwetter jeweils ein

Sandfang ausser Betrieb genommen werden.

- Verstärkung der Walzenströmung durch Einblasen von Luft oder mit Hilfe von Rührwerken.

Wellenlose Sandförderschnecke

Mit einer wellenlosen Sandförderschnecke in der Sandsammelrinne kann auch bei hohem Sandanfall der Sand zuverlässig zum Trichter gefördert werden.

Sandwäscher

Der im Sandfang abgeschiedene Sand sollte in einem Sandwäscher gereinigt werden. Falls bei gewissen Betriebszuständen mit dem Sand zu viele organische Partikel abgeschieden werden, können diese im Sandwäscher entfernt und in den Abwasserstrom zurückgeführt werden.

FAZIT

Mit den entsprechenden Optimierungen sind Sandfang-Geometrien möglich, die funktionieren, obwohl von den gemäss

DWA geforderten Kennwerten abgewichen wird. Die Anlage ist entsprechend den Platzverhältnissen und der Spannweite zwischen minimalem und maximalem Durchfluss individuell zu dimensionieren.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DWA (2008): *Arbeitsbericht des DWA-Fachausschusses KA-5 «Absetzverfahren», Sandfänge – Anforderungen, Systeme und Bemessung, Korrespondenz Abwasser, Abfall 55 – Nr.5, S. 508*
- [2] Hirschbeck, C. (2009): *Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von belüfteten Sandfängen auf Kläranlagen, Dissertation an der Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen*
- [3] Botsch, B. (2011): *Versuch einer Sandfangbemessung auf der Grundlage einer Typisierung unter Verwendung der numerischen Strömungssimulation, Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar*
- [4] ATV (1998): *Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 2.5.1 «Sandfänge», Sandabscheideanlagen, Korrespondenz Abwasser 45, Nr.3, S. 535–549*



SCHLAMM-ENTWÄSSERUNGSPRESSE FÜR KLÄRANLAGEN UND INDUSTRIE

Flexibel und mobil auf einem Anhänger, ermöglicht unser System vor Ort unkomplizierte Schlamm-Entwässerungsversuche.

Melden Sie sich bei uns, wir beraten Sie gerne.



056 245 46 20
info@freiwig.ch
freiwig.ch

