

# TROMMELSIEB ALS VORKLÄRBECKEN-ERSATZ

## ERKENNTNISSE AUS EINEM PILOTVERSUCH AUF DER ARA SIHLTAL

Die ARA Sihltal wird heute ohne Vorklärung betrieben, soll jedoch aufgrund der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung und zur energetischen Optimierung mit einer Vorklärung erweitert werden. Wegen der sehr engen Platzverhältnisse kann eine maschinelle Vorklärung (Trommelsieb) einfacher realisiert werden als eine konventionelle Vorklärung. Die Pilotversuche bestätigen, dass das Trommelsieb aus betrieblicher Sicht und bezüglich Abscheideleistung eine gleichwertige Vorklärung bietet.

*Alexandra Fumasoli\*; Simone Bützer; Tobias Kraft, Hunziker Betatech AG  
Nicolas Derlon; Ken Lüdin, Eawag  
Markus Behl, Picatech Huber AG  
Benno Maissen, Zweckverband ARA Sihltal*

### RÉSUMÉ

#### MICRO-TAMIS À TAMBOUR ROTATIF – RÉSULTATS D'UN ESSAI PILOTE MENÉ À LA STEP DE SIHLTAL

La STEP de Sihltal ne dispose pas, à ce jour, d'un décanteur primaire. En raison de la croissance démographique à venir et en vue d'une optimisation énergétique, la STEP devra donc se doter d'un traitement primaire. En raison du manque de place, il est plus simple de réaliser un décanteur mécanique (micro-tamis à tambour rotatif) plutôt qu'un décanteur primaire conventionnel. En raison du manque d'expérience avec ce type de technologie, il a donc été décidé de réaliser un essai pilote de 9 mois.

Les essais ont montré qu'il était possible de séparer plus de 60% des matières en suspension totales (MES), et près de 40% du DCO<sub>tot</sub> (fraction de DCO particulaire dans l'eau usée: 73%). Le micro-tamis à tambour rotatif a ainsi permis séparer autant qu'un décanteur primaire conventionnel, dimensionné pour un temps de séjour hydraulique d'une heure et demie à deux heures. Les premiers essais ont également montré que le micro-tamis à tambour rotatif pouvait être combiné avec un traitement chimique de type floculation, afin d'améliorer la séparation des solides.

La matière tamisée se caractérise par une part élevée de fibres (cellulose du papier toilette) et une fraction élevée de matières

### AUSGANGSLAGE

Bei ihrem letzten Umbau zwischen 2004 und 2007 wurde die ARA Sihltal auf eine Grösse von 33 000 Einwohnerwerten erweitert. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse im Knie des Sihlverlaufs wurde damals eine Abwasserreinigung ohne Vorklärung gewählt. Die Betriebserfahrungen zeigen jedoch, dass diese Besonderheit zu starken Ablagerungen in der Biologie führt. Hinzu kommt, dass die ARA bereits heute sehr gut ausgelastet ist.

Nicht nur würde die Erweiterung mit einer Vorklärung die Biologie entlasten, sie würde auch die Ablagerungsproblematik in den Biologiebecken entschärfen. Zudem könnte mit einer Vorklärung die Energiebilanz der ARA verbessert werden, da mehr organisches Material mit dem Schlamm zu Biogas verarbeitet und weniger in der Biologie veratmet würde.

Aufgrund der limitierten Platzverhältnisse wäre die Realisierung einer konventionellen Vorklärung auf der ARA Sihltal technisch sehr aufwendig und kostenintensiv. Als platzsparende Alternative bietet sich eine maschinelle Vorklärung, z. B. in der Form eines Trommelsiebs, an. Mit dieser, in der Abwasser-

\* Kontakt: alexandra.fumasoli@hunziker-betatech.ch

technik relativ neuen Technologie werden Feststoffe im Unterschied zur konventionellen Vorklärung durch einen Sieb- und nicht durch einen Sedimentationsprozess entfernt.

Während in der Schweiz aktuell noch keine Trommelsiebe fest installiert sind, gingen in Deutschland Ende 2018 bereits die ersten Anlagen in Betrieb. In bisherigen Pilotversuchen in Deutschland und auf der ARA Birsig im Kanton Basel-Landschaft wurden Abscheideleistungen für TSS (*Total Suspended Solids*) zwischen 45 und 70% erreicht [1–2]. Die Eliminationsrate für  $CSB_{tot}$  lag zwischen 35 und 60%, wobei hohe Eliminationsraten über 50% nur bei geringem Anteil an gelöstem CSB ( $CSB_{gel}/CSB_{tot} < 25\%$ ) erreicht wurden.

Aufgrund der limitierten Praxiserfahrungen wurde auf der ARA Sihltal ein neunmonatiger Testbetrieb durchgeführt. Im Unterschied zu den vorherigen Studien [1, 2] wurde das Trommelsieb durchflussproportional zum ARA-Zufluss betrieben. Zudem wurde das gesiebte Abwasser in der Biologie und das Siebgut in der Faulung behandelt.

Ziele der Pilotversuche

- Erhöhung der Abscheideleistung
- Charakterisierung des Siebguts
- Untersuchung des Einflusses auf die Biologie und die Ablaufqualität
- Aufzeigen der Effekte auf die Energiebilanz
- praktische Betriebserfahrungen

Die Betriebserfahrungen mit dem Trommelsieb wurden abschliessend mit einer konventionellen Vorklärung (basierend auf Literaturwerten) verglichen. Eine ausführlichere Darstellung und Diskussion der Resultate ist im Rahmen einer Masterarbeit zusammengestellt [3].

## VORGEHEN

### VERSUCHSAUFBAU

Die biologische Stufe der ARA Sihltal besteht aus drei Strassen (Fig. 1), die gleichmässig mit Abwasser beschickt werden ( $Q_{max,ARA} = 340l/s$ ). Jede Strasse verfügt über vier Zonen, wobei die erste Zone während der Versuchsdauer nicht belüftet wurde. Der Rücklaufschlamm der drei Strassen wird nicht vermischt.

Während der Versuchsdauer wurde vor der Biologiestrasse 3 die Trommelsieb-Pilotanlage installiert (Fig. 2). Zur Beschickung des Siebs wurde eine Pumpe

direkt im Quelltopf des Hebewerks installiert. Der Zufluss zum Sieb wurde Q-proportional zum ARA Zufluss gesteuert, betrug aber minimal 15l/s und maximal 75l/s. Der Sieb Ablauf überfiel direkt in die Biologiestrasse 3. Die Strasse 3 behandelte ausschliesslich gesiebten Zufluss, während die Strassen 1 und 2 weiterhin ohne Vorklärung betrieben wurden. Somit konnte die Strasse mit Sieb direkt mit den beiden Strassen ohne Vorklärung verglichen werden.

Die Versuchsanlage bestand aus einem 20-Fuss-Container, der direkt auf einem Stahlträgergestell über der Strasse 3 montiert wurde (Fig. 2). Der Container beinhaltet ein *Huber Trommelsieb Liquid* (Box 1) mit Vorlauf- und Ablaufkammer. Abgetrennt davon war ein Technik-

raum mit Steuerungsschaltschrank und Brauchwasserstation. Das eingesetzte Trommelsieb hatte einen Durchmesser von 1,6 m und bestand aus einem 0,2 mm hochverschweissten Maschengewebe aus Edelstahl. Die Versuchsanlage war von Juni 2018 bis Februar 2019 in Betrieb.

Das Siebgut wurde in einen IBS-Container (1 m<sup>3</sup>) mit Rührwerk geleitet. Mit der installierten Tauchmotorpumpe wurde das Siebgut in das bestehende Überschussschlamm-Silo gepumpt. Vermischt mit Überschussschlamm wurde das Siebgut eingedickt und im Faulturn vergärt.

### ANALYSEN UND VERSUCHE

Um die Abscheideleistung des Siebs zu evaluieren, wurden 24-Stunden-Mischproben nach dem Sandfang und direkt

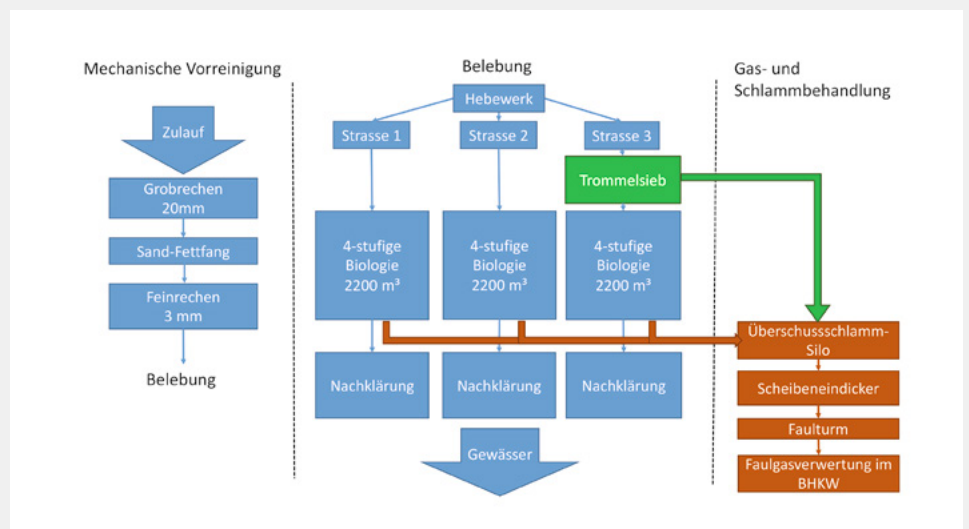


Fig. 1 Fließschema der ARA Sihltal. Grün: Trommelsieb-Pilotanlage

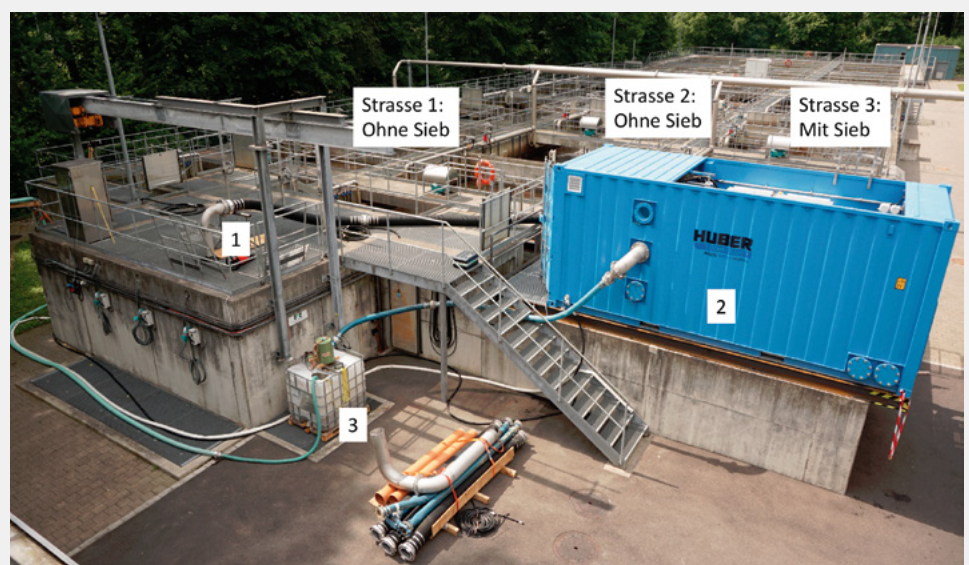


Fig. 2 Aufbau Versuchsanlage auf der ARA Sihltal. 1: Beschickungspumpe im Quelltopf der drei Behandlungsstrassen, 2: Versuchscontainer auf Podest über Biologiestrasse, 3: IBS-Container als Pumpensumpf für das anfallende Siebgut.

### FUNKTIONSWEISE TROMMELSIEB

Das Abwasser durchströmt einen horizontal angeordneten Siebkorb von innen nach aussen (Fig. 3). Für den Einsatz zur Abwasservorklärung besteht das Sieb aus einem Maschengewebe mit 0,3 mm oder kleiner (Versuche ARA Sihltal: 0,2 mm). Die Feststoffe werden partiell im Innern des Siebkorbs zurückgehalten. Bei zunehmender Belegung des Siebkorbes steigt der Wasserstand an. Sobald ein vorgegebener maximaler Wasserstand erreicht ist, beginnt die Reinigung des Siebs. Für die Reinigung beginnt sich das Sieb zu drehen. Durch Spritzdüsen werden anhaftende Feststoffe in einen Trichter geschwemmt und im freien Gefälle abgeführt. Zusätzlich kann das Sieb durch eine automatische Hochdruckreinigung rückgespült werden.

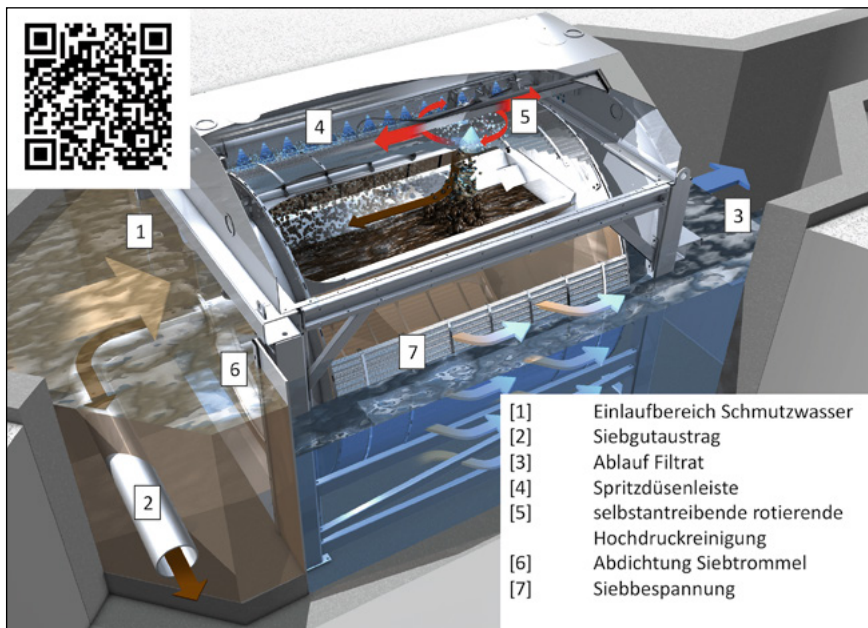


Fig. 3 Funktionsschema Huber Trommelsieb Liquid

im Ablauf des Siebs entnommen. Zur TSS-Bestimmung wurde ein Glasfaser-Filter mit einer Porengrösse von 1,4 µm verwendet. Im Vergleich zu Papier-Filtern [12–15 µm] führt die Messung mit Glasfaser-Filtern zu leicht tieferen TSS-Abscheideleistungen. Das Siebgut wurde anhand von Handproben charakterisiert. Zur Beurteilung der Effekte auf die Biologie wurden zudem an einzelnen Tagen aus dem Ablauf der drei Nachklärungen Handproben untersucht.

An einem Tag wurde die Abscheidung des Siebs mit Zugabe des Flockungshilfsmittels *FlocStar 2355L* untersucht. Die Dosierung betrug 9 g Wirksubstanz/m<sup>3</sup>. Der Zufluss lag bei 50 m<sup>3</sup>/h. Über einen Zeitraum von 24 Stunden wurden 1-Stunden-Mischproben entnommen und analysiert. Dadurch konnte ein grosses Spektrum von TSS-Zulaufkonzentrationen abgedeckt und eine signifikante Anzahl von Proben analysiert werden.

Der Sieb-Zulauf und -ablauf sowie das Siebgut wurden mittels Stereomikrosko-

pie an der Eawag untersucht. Die Gasausbeute wurde ebenfalls an der Eawag in

kontinuierlichen Reaktoren gemessen. Die Reaktoren wurden während über zwei Monaten mit einer Aufenthaltszeit von 48 Tagen betrieben (gleich wie die heutige Aufenthaltszeit im Faultrum der ARA Sihltal). Die Biogasproduktion und die Zusammensetzung (Methan/CO<sub>2</sub>-Gehalt) wurden wöchentlich bestimmt.

## RESULTATE UND DISKUSSION

### ABSCHEIDELEISTUNG TROMMELSIEB

Für partikuläre Stoffe (TSS und VSS) wurde eine Abscheideleistung von gut 60% erreicht (Fig. 4). Für CSB<sub>tot</sub> betrug die Elimination knapp 40%, wobei der partikuläre CSB-Anteil 73% ausmachte (Tab. 1). Die Resultate wurden vorwiegend während des sehr trockenen Sommers/Herbst 2018 beobachtet. Insgesamt konnte die hohe Abscheideleistung des Trommelsiebs aus früheren Studien [1–2] bestätigt werden.

Der Vergleich mit einer konventionellen Vorklärung mit 1,5 bis 2 Stunden Aufenthaltszeit [4] zeigt, dass das Trommelsieb eine sehr vergleichbare Abscheideleistung erreichte (Fig. 4). Leichte Unterschiede in der Abscheideleistung werden anhand des Siebguts (s. *Charakterisierung Siebgut*) diskutiert.

Die Eliminationsleistung mit Zugabe von Flockungshilfsmitteln betrug für TSS 88% und für CSB<sub>tot</sub> 71% (Fig. 4). Bei der Beurteilung der Eliminationsleistung ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse nur während eines Tages und mit kons-

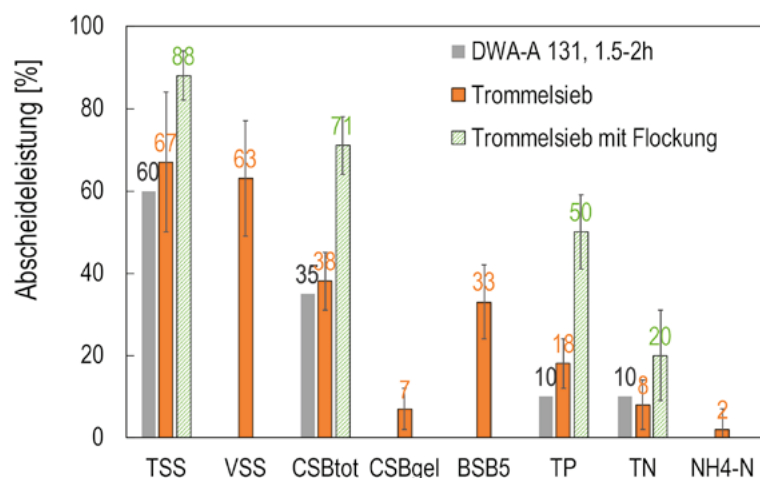


Fig. 4 Abscheideleistung des Trommelsiebs auf der ARA Sihltal im Vergleich mit typischen Werten für eine konventionelle Vorklärung (Flockung: Versuche nur über 24 h)

		ARA Sihltal (nach Sandfang)
TSS	mg TSS/l	267 ± 47
Glühverlust	% TSS	85 ± 6
CSB	mg CSB/l	563 ± 76
CSB <sub>partikulär</sub>	% CSB	73 ± 2
BSB	% CSB	39 ± 4
TN	mg N/l	54 ± 7
NH <sub>4</sub> -N	% N	72 ± 6
TP	mg P/l	6,9 ± 0,8

Tab. 1 Zusammensetzung des Abwassers der ARA Sihltal

tantem Zufluss durchgeführt wurden und dass gemäss Herstellerempfehlung eine sehr hohe Dosierung (9 g Wirksubstanz/m<sup>3</sup>) gewählt wurde. Andere Pilotversuche zeigten, dass eine vergleichbare Elimination von 80 bis 90% TSS und 70% bis 90% CSB<sub>tot</sub> auch mit einer tieferen Dosierung von 1,5 bis 3 g Wirksubstanz/m<sup>3</sup> erreicht wurden [5]. Mit der Kombination von Fäll- und Flockungshilfsmitteln wurden sogar Eliminationsleistungen von über 95% TSS und 70 bis 95% CSB<sub>tot</sub> erreicht (Flockungshilfsmittel: 3–6 g Wirksubstanz/m<sup>3</sup>, Fällmittel: 10–20 g Al<sup>3+</sup>/m<sup>3</sup> oder 20–40 g Fe<sup>3+</sup>/m<sup>3</sup>).

Die ersten Versuche bestätigten, dass die Eliminationsleistung des Trommelsiebs mit Zugabe von Flockungshilfsmitteln signifikant gesteigert werden kann. Auch die hohen Abscheideleistungen sind vielversprechend, müssen jedoch über einen längeren Zeitraum und mit realem Zufluss-Regime (Beschickungsrate, dynamischer Zufluss) bestätigt werden.

#### CHARAKTERISIERUNG SIEBGUT

Stereomikroskopische Untersuchungen zeigten, dass die ausserordentlich vielen Fasern im Zulauf durch das Sieb sehr effektiv entfernt wurden (Fig. 5). Im Ablauf konnten praktisch keine Fasern mehr beobachtet werden. Auffallend war auch der hohe Glühverlust von durchschnittlich 87%.

Bei den im Sieb entfernten Fasern handelte es sich vermutlich um Zellulose aus Toilettenpapier. Zellulose-Fasern weisen eine Grösse von ca. 1 mm [6] auf, was dem Grössenbereich der entfernten Fasern in Figur 5 entspricht. Zellulose mit der Summenformel (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> ist ein organisches Material und stellt ein wesentlicher Bestandteil der organischen Abwasserfracht dar [7]. Der Schluss liegt nahe, dass die effiziente Entfernung der organischen Zellulose-Fasern zum hohen Glühverlust im Siebgut geführt hat.

Zellulose-Fasern werden partiell auch in konventionellen Vorklärbecken entfernt, die Elimination scheint jedoch weniger effizient als bei der Abwassersiebung zu sein [6]. Es ist somit nicht überraschend, dass der Glühverlust des Siebguts mit 87% höher lag als der Vergleichswert von 75% gemäss DWA für Primärschlamm aus einer konventionellen Vorklärung [8].

Bereits in anderen Studien wurde ein hoher Glühverlust im Siebgut beobachtet: So betrug der mittlere Glühverlust im Siebgut von 19 Bandfiltern in Norwegen 91,6%, während der mittlere Glühverlust von neun Vorklärungen bei 80,8% lag [9].

Gasexperimente in kontinuierlichen Reaktoren zeigten, dass die spezifische Gasproduktion für das Siebgut im Mittel bei 0,58 ± 0,09 m<sup>3</sup>/kg<sub>oTSzu</sub> lag. Dies ist im Bereich von Primärschlamm gemäss DWA (0,57 m<sup>3</sup>/kg<sub>oTSzu</sub>) [8]. Die spezifische Me-

thanproduktion lag mit 0,29 ± 0,06 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg<sub>oTSzu</sub> in einem ähnlichen Bereich wie bei anderen Versuchen mit Siebgut 0,35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg<sub>oTSzu</sub> [9] oder Primärschlamm 0,29 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg<sub>oTSzu</sub> [9]. Aufgrund der hohen Variabilität der Gasmessung sind weitere Versuche nötig, um die Gasproduktion des Siebguts abschliessend zu beurteilen.

Sollte sich die spezifische Gas-/Methanproduktion des Siebguts bestätigen, würde der höhere Glühverlust des Siebguts zu einer leicht besseren Energieausbeute des Trommelsiebs im Vergleich zu einer konventionellen Vorklärung führen. Dieser Effekt würde den zusätzlichen Energiebedarf für das Trommelsieb (s. Kap. «Praxiserfahrungen und Planerhinweise») mehr als kompensieren.

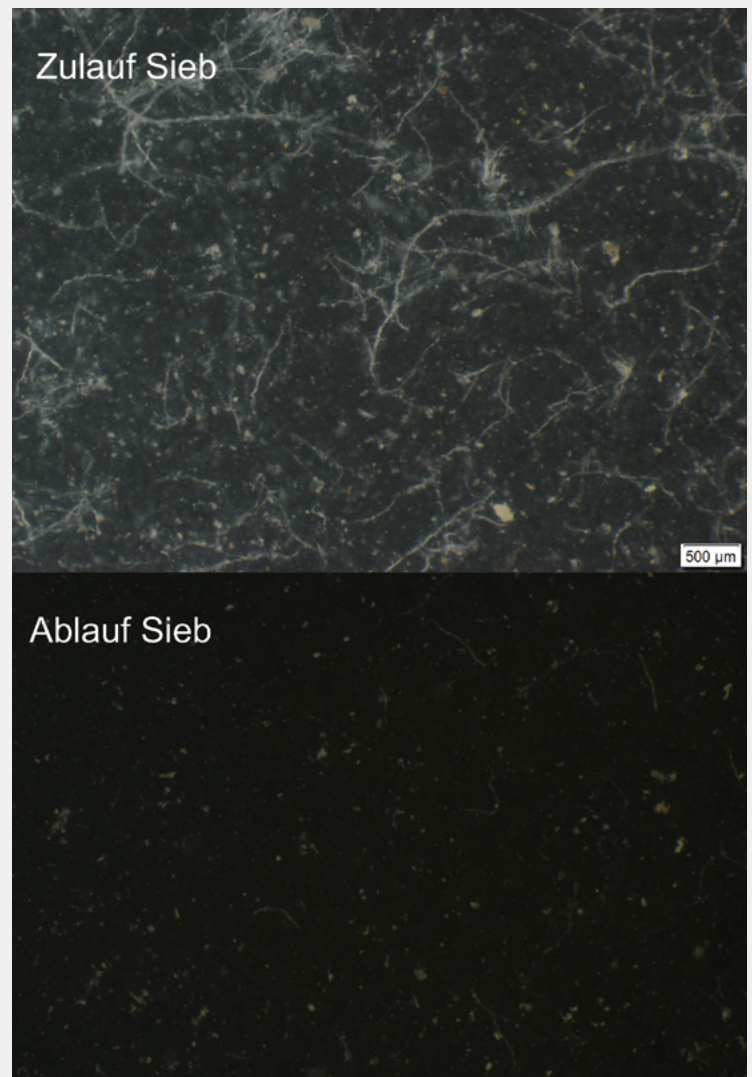


Fig. 5 Stereomikroskopische Bilder des Abwassers vor dem Trommelsieb, nach dem Trommelsieb und des Siebguts (Fotos: Eawag)

Der Trockenrückstand (TR) des Siebguts lag bei 1 ± 0,3%. Der typische TR des Primärschlammes liegt mit 3 bis 6% deutlich höher [8].

#### EINFLUSS AUF DIE BIOLOGIE

Der Einfluss des Siebs auf die Biologie entsprach im Wesentlichen den Erfahrungen eines Betriebs mit konventioneller Vorklärung. Der direkte Vergleich der Strasse mit Sieb mit den beiden Strassen ohne Vorklärung zeigte die folgenden Unterschiede:

- Ablagerungen  
Die heutige Ablagerungsproblematik konnte behoben werden.
- Stickstoffelimination  
Leichte Abnahme aufgrund verringerter Inkorporation von Stickstoff in die Biomasse. Mögliche gesetzliche Anforderungen an eine Stickstoffelimination von 55–60% können dennoch eingehalten werden.
- Phosphorelimination  
Leichte Abnahme aufgrund verringerter biologischer Phosphorelimination

(keine anaeroben Bedingungen aufgrund der höheren Nitrat-Konzentration, geringere Verfügbarkeit von CSB).

- Reinigungskapazität Biologie/Nachklärung  
Steigerung um ca. 30% aufgrund der TSS- und CSB-Abscheidung durch das Sieb.

Überraschend war die Entwicklung des Schlammvolumenindex. Dieser verlief in allen Strassen sehr ähnlich (Fig. 6). Dies entsprach nicht den Erwartungen: Denn für vorgeklärtes Abwasser wird häufig von einem höheren SVI ausgegan-

gen als für die Betriebsweise ohne Vorklärung [10].

**EINFLUSS AUF DIE ENERGIEBILANZ**

Der Pilotbetrieb des Siebs führte zu einer Reduktion des Sauerstoffbedarfs in der Biologie und zu einer Senkung des Energiebedarfs der Gebläsestation. Dieser Effekt war anhand der Betriebsdaten ersichtlich, konnte jedoch aufgrund der starken Variation der Belüftungsenergie nicht quantifiziert werden. Berechnungen zeigen jedoch, dass aufgrund des abgeschiedenen CSB (Fig. 4) die Energiebilanz der ARA Sihltal mit einem Trommelsieb im Vergleich zum heutigen Betrieb ohne Vorklärung wesentlich verbessert werden kann. Die Verbesserung verhält sich ähnlich wie beim Betrieb einer konventionellen Vorklärung.

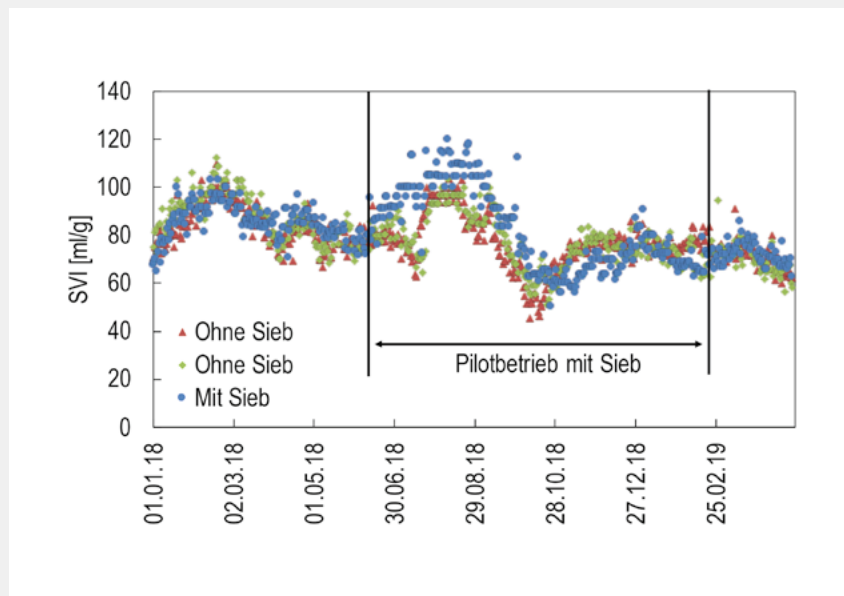


Fig. 6 Verlauf des Schlammvolumenindex in den zwei Strassen ohne Trommelsieb und in der Strasse mit Trommelsieb

- Energieverbrauch Belüftung  
Reduktion Belüftungsenergie um 20% aufgrund des eliminierten CSB, Reduktion des heutigen Gesamtenergieverbrauchs der ARA um 13% (Fig. 7).
- Energieverbrauch Trommelsieb  
Liegt unter 1% des heutigen Gesamtenergieverbrauchs und ist deshalb in Figur 7 nicht berücksichtigt.
- Energieverbrauch zur Überwindung des hydraulischen Verlusts des Siebs von 0,4 m  
Liegt unter 1% des heutigen Gesamtenergieverbrauchs und ist deshalb in Figur 7 nicht berücksichtigt
- Gasproduktion  
Steigerung um 70% im Vergleich zum Betrieb ohne Vorklärung.

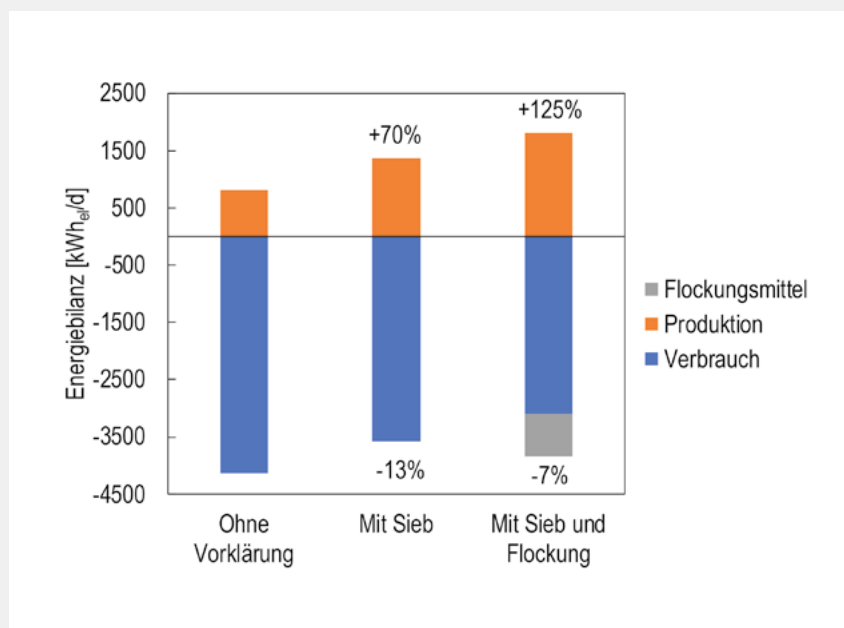


Fig. 7 Energetische Optimierung der ARA Sihltal mit einem Trommelsieb und mit Zugabe von Flockungshilfsmitteln (erste Hochrechnung)

Eine erste Hochrechnung mit den Resultaten gemäss Figur 4 ergab, dass die Energiebilanz mit Zugabe von Flockungshilfsmitteln weiter verbessert werden könnte:

- Energieverbrauch Belüftung  
Reduktion Belüftungsenergie um 37% aufgrund des eliminierten CSB gemäss Figur 4.
- Energieverbrauch Produktion und Transport Flockungshilfsmittel  
Nicht vernachlässigbar. Da eine ähnliche Abscheideleistung bei tieferer Dosierung erwartet wird (1,5 bis 3g/m<sup>3</sup> [5] anstelle von 9g/m<sup>3</sup>), wird der Energieverbrauch in Figur 7 deutlich überschätzt.

## - Gasproduktion

Steigerung um 125% im Vergleich zum Betrieb ohne Vorklärung.

Unter dem energetischen Aspekt erscheint es grundsätzlich sinnvoll, die Kombination Trommelsieb mit Flockung weiter zu verfolgen. In einem nächsten Schritt sollte die Abscheideleistung über eine längere Zeitdauer erhärtet und die Zugabe der Flockungshilfsmittel optimiert werden. Im Fall Sihltal ist anzumerken, dass eine Betriebsweise mit Flockung wesentliche Änderungen des Anlagelayouts mit sich bringen würde (z. B. Anpassungen bei der Schlamminstallation und Erweiterung Volumen Faulung).

**PRAXISERFAHRUNGEN UND PLANERHINWEISE**

Die Betriebserfahrungen und Planerhinweise sind in *Tabelle 2* zusammengefasst und basierend auf Literatur- und Erfahrungswerten mit einer konventionellen Vorklärung verglichen.

Der Betrieb des Trommelsiebs generierte nur sehr wenig zusätzlichen Wartungsaufwand und im 9-monatigen Testbetrieb mussten keine Anlagenteile ersetzt werden. Die wöchentlichen Arbeiten umfassten die Reinigung des Brauchwasserfilters und die Wartung des Siebgutcontainers. Das Sieb musste nicht manuell abgereinigt werden. Die regelmässige Siebrückspülung durch die Spülleiste und die automatisierte Hochdruckreinigung waren ausreichend. Würde die Hochdruckreinigung mit Trinkwasser und nicht mit Brauchwasser betrieben, könnte auf ein Brauchwasserfilter verzichtet werden.

Die Betriebserfahrungen zeigten, dass das Sieb in sehr seltenen Fällen (z. B. Frachtstoss nach längerer Trockenzeit, starker Fettstoss) sein hydraulisches Kapazitätslimit erreichte und der Durchfluss reduziert werden musste. Für solche Fälle müssen Trommelsiebe mit einem Bypass umfahren werden können. Der Bypass springt nur während weniger Minuten an und das Abwasser kann während dieser Zeit direkt in die Biologie geleitet werden. Vorsicht ist bei Rohwasserhebwerken geboten, sodass die Betriebsweise nicht zu TSS-Frachtstössen führt. Als allgemeine Voraussetzung ist auf einen ausreichenden Fettfang zu achten. Diese Voraussetzung war auf der ARA Sihltal erfüllt.

Der Brauchwasserbedarf für das Abreinen des Siebs belief sich auf 2,3% des ARA-Zulaufs. Neuere Testversuche durch

Kriterium	Konventionelle Vorklärung	Trommelsieb
Aufenthaltszeit $Q_{TW,max}$	1,5 bis 2,5 h	wenige Minuten
Platzbedarf	ARA Sihltal: 480 m <sup>2</sup>	ARA Sihltal: 80 m <sup>2</sup> ca. 6-mal kleiner
Hydraulischer Verlust	0,05–0,1 m (Einlaufverluste)	0,4 m
Abscheideleistung	60% TS bei Aufenthaltszeit von 1,5–2 Stunden [4]	ca. 60% TS [*], Sehr effiziente Zellulose-Entfernung
TSS-Frachtstösse	tieferer TSS-Abscheidung bei höherem Zufluss Kein Bypass benötigt	Geringerer Durchfluss bei starken TSS-Frachtstössen Bypass Trommelsieb benötigt
NH <sub>4</sub> -N-Frachtstösse	Ammonium-Frachtstoss durch Trockenwetterspeicherung möglich	Ammonium-Frachtstoss weniger kritisch (geringeres Speichervolumen)
Brauchwasserbedarf	kein Bedarf im Normalbetrieb	Ca. 2% des ARA-Zuflusses [*] alternativ: Rückspülung mit Sieb-Ablauf (hier nicht getestet)
Energiebedarf	Energieverbrauch VKB-Räumer: 0,9 Wh/m <sup>3</sup> [4]	Energieverbrauch Siebtrommel: 4,3 Wh/m <sup>3</sup> [*]
Störfall/Havarie	ohne Strom kurzzeitig betreibbar Puffervolumen (VKB) vor Biologie	ohne Strom nicht betreibbar Kein Puffervolumen vor Biologie
Siebgut/Primärschlamm	TR: 3–6% [8] Eindickung nicht zwingend, z. T. statisch möglich Abzug: von Hand	TR: ca. 1% [*] separate Eindickung benötigt, maschinell bevorzugt (Zellulose), Anfall: kontinuierlich
	GV: ca. 80% [8, 9]	GV: ca. 90% [*], [9]
Überschussschlamm	Eindickung maschinell oder Sedimentation über Vorklärung	Eindickung maschinell Zusammen mit Siebgut möglich
Gas	Gasprod.: 0,57 Nm <sup>3</sup> /kgoTS <sub>zu</sub> [8]	Gasprod.: 0,58 Nm <sup>3</sup> /kgoTS <sub>zu</sub> [*]
	Methan: 0,29 Nm <sup>3</sup> /kgoTS <sub>zu</sub> [9]	Methan: 0,29–0,35 Nm <sup>3</sup> /kgoTS <sub>zu</sub> [*], [9]
Kombination mit Flockung/Fällung	zusätzliche CSB <sub>tot</sub> -Elimination: 10–15% [**]	mit Flockung vielversprechend, nur Kurzzeitversuche

[\*] Resultate Pilotversuch ARA Sihltal

[\*\*] Erfahrungswerte von zwei Schweizer ARA (Flockungshilfsmittel: 1 g/l, Fällmittel: 7 g Fe<sup>3+</sup>/l)

Tab. 2 Zusammenfassender Vergleich konventionelle Vorklärung vs. Trommelsieb

Huber SE zeigen, dass auch der Sieb Ablauf direkt für die Spülleiste verwendet werden kann. Diese Option wurde bei einigen grosstechnischen Anlagen umgesetzt, wurde jedoch auf der ARA Sihltal noch nicht getestet.

Der Energiebedarf des Trommelsiebs betrug gemittelt über die Versuchsdauer 4,3 Wh/m<sup>3</sup>. Der Energiebedarf liegt rund 5-mal höher als der eines Vorklärbeckens (0,9 Wh/m<sup>3</sup>, [11]), aber unter 1% des heutigen Energiebedarfs der ARA. Bei grosstechnischen Trommelsieben ist mit einer Reduktion des spezifischen Energiebedarfs zu rechnen, da die Durchsatzleistungen ansteigen, während sich die Leistung der Antriebsaggregate nur geringfügig ändert.

Das Siebgut muss aufgrund des tieferen TR (ca. 1%) eingedickt werden. Wegen des hohen Faseranteils ist eine maschinelle Eindickung bevorzugt. Es muss genügend Speichervolumen für das Siebgut vorhanden sein, da dieses kontinuierlich anfällt. Auch der Überschussschlamm muss maschinell eingedickt werden. Das Siebgut und der Überschussschlamm können

zusammen eingedickt werden, wie in den Pilotversuchen beispielsweise mit einem Scheibeneindicker. Das Siebgut kann auch mit einer Schlammpresse entwässert werden. Versuche auf der ARA Sihltal mit einer Schneckenpresse zeigten, dass ein TR von >40% erreicht werden kann.

**FAZIT UND AUSBLICK**

Der neunmonatige Pilotbetrieb auf der ARA Sihltal ergab, dass die Abscheideleistung des Siebs vergleichbare Werte wie eine konventionelle Vorklärung mit 1,5 bis 2 Stunden Aufenthaltszeit erreichte, d. h. 60% TSS- und 40% CSB<sub>tot</sub>-Elimination (partikulärer CSB-Anteil: 73%). Das Sieb funktionierte zuverlässig und konnte ohne grossen Wartungsaufwand betrieben werden. Das Sieb bietet somit insbesondere für Kläranlagen mit engen Platzverhältnissen eine gleichwertige Lösung zur konventionellen Vorklärung. Mit dem Trommelsieb könnte die Energiebilanz der ARA Sihltal im Vergleich zum heutigen Betrieb ohne Vorklärung

**ABKÜRZUNGEN**

BSB <sub>5</sub>	Biol. Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
GV	Glühverlust [%]
IBC	Intermediate Bulk Container
NH <sub>4</sub> -N	Ammonium-Stickstoff
Q <sub>TW,max</sub>	maximaler Trockenwetteranfall
TN	Totaler Stickstoff
TP	Totaler Phosphor
TR	Trockenrückstand [%]
TS	Trockensubstanz
oTS	organische Trockensubstanz
TSS	Abfiltrierbare Stoffe
VSS	Glühverlust der abfiltrierbaren Stoffe

deutlich verbessert werden. Um einen noch signifikanteren Effekt auf die Energiebilanz zu erzielen, müsste das Trommelsieb mit einer Flockung betrieben werden. Die ersten kurzzeitigen Testergebnisse zeigten vielversprechende Abscheideleistungen von 88% TSS und 71% CSB<sub>tot</sub>. Als nächster Schritt müssen sie jedoch über einen längeren Zeitraum und mit realem Zufluss-Regime erhärtet werden.

Einige Eigenheiten des Trommelsiebs müssen bei der Planung berücksichtigt werden. Dazu gehören ein Bypass zur Umfahrung des Siebs für den Fall eines starken TSS-Frachtstosses oder Fettstosses. Ebenfalls muss das Siebgut (TR in Sihltal ca. 1%) und der Überschusschlamm maschinell eingedickt werden. Da diese Eigenheiten das Anlagelay-out wesentlich beeinflussen, sollte der Systemscheid für ein Trommelsieb in einer möglichst frühen Planungsphase gefällt werden.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Kaless, M.; Palmowski, L.; Pinnekamp, J. (2017): *Sieving Wastewater for Energy Efficient and Resource Saving Wastewater Treatment. IWA Specialist Conference On Sludge Management Sludge-Tech 2017*

- [2] Fritsche, C. (2017): *Mechanisch-Biologische Abwasserreinigung, Vorklärung: konventionell oder maschinell?, VSA-Tagung, Biel*
- [3] Lüdin, K. (2018): *Evaluation of fine-mesh sieving for the primary treatment of municipal wastewater, Masterarbeit, ETH Zürich*
- [4] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA, 2016), *DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 131, Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*
- [5] Väänänen, J.; Cimbritz, M.; la Cour Jansen, J. (2016): *Microsieving in primary treatment: effect of chemical dosing, Water Science & Technology, 74.2 (438–447)*
- [6] Ruiken, C. J. et al. (2013): *Sieving wastewater - Cellulose recovery, economic and energy evaluation. Water Research, 47 (43–48)*
- [7] van der Hoek, J. P.; de Fooij, H., Struiker, A. (2016): *Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater. Resources Conservation and Recycling, 113 (53–64)*

**DANKSAGUNG**

Die Autoren möchten dem Betriebspersonal der ARA Sihltal herzlich danken: *Christoph Amstutz, Corvin Matter und Thomas Straub.*

- [8] DWA (2014): *DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 368, Biologische Stabilisierung von Klärschlamm*
- [9] Paulsrud, B; Rusten, B.; Aas, B. (2014): *Increasing the sludge energy potential of wastewater treatment plants by introducing fine mesh sieves for primary treatment. Water Science & Technology, 69.3 (560–565)*
- [10] Gujer, W. (2007): *Siedlungswasserwirtschaft, 3., bearbeitete Auflage. Berlin: Springer*
- [11] Müller, E. A. et al. (2010): *Handbuch Energie in ARA. Herausgegeben von Bundesamt für Energie (BFE) und Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA), Zürich*

**> SUITE DU RÉSUMÉ**

volatiles, env. 90%. Le tamis a permis de résoudre les problèmes actuels de dépôts de matières dans les bassins biologiques. Des calculs ont montré que nous pouvions nettement améliorer le bilan énergétique de la STEP de Sihltal par rapport à l'exploitation actuelle sans décanteur primaire. Ce bilan énergétique pourrait être encore amélioré par l'adjonction d'agents floculants. Les performances de séparation élevées à l'aide d'agents floculants, de 88% des MES et 71% de DCO<sub>tot</sub>, doit cependant être confirmée sur

une plus longue période. L'exploitation du micro-tamis à tambour rotatif n'a par ailleurs demandé que très peu d'entretien. Le besoin énergétique s'élevait à 4,3 Wh/m<sup>3</sup>. Le besoin en eau pour le rinçage du tamis correspondait à env. 2% du débit entrant de la STEP. Du fait que le tamis peut dans de rares cas atteindre temporairement ses limites en termes de capacités (fort à-coup de charge de MES, à-coup de graisses), il doit être possible de le contourner via un bypass. Un épaissement mécanique est nécessaire pour épaisser les matières tamisées (sicité d'env. 1%) et la boue en excès. Le tamis offre ainsi des performances équivalentes à une décantation primaire équivalente, en particulier pour les stations d'épuration disposant de peu de place. La décision d'installer un micro-tamis à tambour rotatif ayant une influence considérable sur la configuration de l'installation, elle doit être prise lors d'une phase précoce de la planification.