

QUALITÄTSKONTROLLE DER FILTRATION DURCH TRÜBUNSMESSUNG CHRIS GIERS

1. EINLEITUNG

Zur Entlastung einer zu kleinen Nachklärung bietet sich statt einer Erweiterung auch der Bau einer Filteranlage an. Diese Alternative kann besonders dann interessant sein, wenn die Baufläche begrenzt ist. Allerdings ist bei der Auslegung den speziellen Zulaufbedingungen sorgfältig Rechnung zu tragen. Außerdem muß die Fahrweise der Filter durch ständige Betriebskontrolle regelmäßig an die stark schwankende Belastung angepaßt werden. Eine ideale Qualitätskontrolle hierfür stellt die Online-Trübungsmessung dar.

Durch Erhöhung des Trockensubstanz-Gehaltes TS_{BB} im Belebungsbecken kann man in einer alten, auf BSB-Abbau ausgelegten Anlage, u.U. auch nitrifizieren. Notwendig sind neben einem höheren Schlammalter genügende Sauerstoff-Zufuhr und eine ausreichend große Nachklärung. Ausreichende Belüftung vorausgesetzt, liegt der Engpaß in der Nachklärung. Unter diesen Gesichtspunkten wurden auf dem Gelände der Volkswagen AG in Wolfsburg Untersuchungen mit einer Filter-Versuchsanlage im halbtechnischen Maßstab durchgeführt.

2. GRUNDLAGEN DER FILTRATION

Die Auslegung von herkömmlichen Filtern hinsichtlich des Aufbaus der Filterschichten basiert größtenteils auf Erfahrung, da der Filtrations-Vorgang für inkohärente biogene Suspensa mathematisch nicht zu beschreiben ist. Rechenmodelle, aufgestellt mit Daten aus Versuchen mit einheitlichen idealisierten Suspensionen, lassen sich nicht quantitativ übertragen. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Modelle gibt SPINDLER (1971).

Der Vorgang der Feststoff-Abscheidung in einem frisch gespülten Filter läßt sich noch einfach beschreiben: die Suspensa-Abnahme ist proportional zur Höhe des Filterbettes. Ist der Filter aber mit Feststoffen beladen, so ändern sich die Transport-, Ablagerungs- und Haftungs-Mechanismen deutlich (ROLKE 1971). Dabei überlagern sich viele Vorgänge, die sich bei Veränderung durch Beladung teilweise gegenseitig aufheben, teilweise verstärken. Eine mathematische Beschreibung ist kaum möglich. Unabdingbare Voraussetzung wäre die genaue Kenntnis der Eigenschaften aller beteiligten Partikel und deren mathematische Beschreibung und Charakterisierung.

Qualitativ aber läßt sich feststellen, daß es bei einem frisch gespülten Filter immer eine Phase der Einarbeitung gibt (BOLLER 1991): erst wenn eine bestimmte Menge Feststoffe im Filterbett abgelagert worden ist, erreicht der Filter seine optimale Wirkung. Dieser Effekt ist mit dem schwebenden Flockenfilter im Nachklärbecken vergleichbar. Die Ursache hierfür liegt in der

geringen Haftung von Belebtschlamm-Partikeln auf Filtermaterialien. Ist das Filterkorn jedoch schon mit Flocken umhüllt, so können durch die größere Oberfläche leicht weitere Flocken eingefangen und durch die verbesserten Haftungsbedingungen auch dauerhaft festgehalten werden.

Herkömmliche Filter werden diskontinuierlich betrieben, d.h. nach einer gewissen Laufzeit (12-48 h) wird eine Zelle außer Betrieb genommen und gespült. Um Spülhäufigkeit und Filterwiderstand zu begrenzen, muß Filtermaterial grober Körnung verwendet werden, damit genügend Speichervolumen für Feststoffe zur Verfügung steht. Demgegenüber möchte man im allgemeinen aber auch feinste Partikel weitestgehend abtrennen. Dazu braucht man feines Filtermaterial, das aber leichter verstopft und einen höheren Druckverlust aufweist. Deshalb werden in Mehrschicht-Filtern grobe und feine Materialien kombiniert. Die zuerst durchströmten, groben Schichten nehmen den Großteil der Feststoffe auf und schützen die nachfolgenden Schichten vor Verstopfung/Durchbruch, so daß diese die feinen Partikel abtrennen können. Damit die Schichtung auch nach dem Spülen erhalten bleibt, müssen Materialien unterschiedlicher Dichte eingesetzt werden (z.B. feiner Quarz und größerer Hydroanthrazit).

Mittels dieser Technik wird sogenannte Raumfiltration erzielt: das gesamte Filterbett wird zur Einlagerung von Feststoffen genutzt. Im Gegensatz dazu dringen die Partikel bei der Flächenfiltration (Staubmaske) nicht weit in das Filtermedium ein oder bilden bei der Kuchenfiltration (Kammerfilterpresse) sogar eine Schicht auf dem Filtermedium. Flächen- und Kuchenfiltration sind mit hohen Druckverlusten verbunden und müssen deshalb bei der Abwasserfiltration durch entsprechende Ausführung vermieden werden.

3. VERSUCHSUMGEBUNG

Auf dem Gelände der Volkswagen AG befindet sich neben dem modernen Abwasser-Zentrum West mit chemischer Chargenbehandlung und weitergehender biologischer Reinigung noch eine alte Kläranlage, der fast ausschließlich kommunales Abwasser zugeführt wird. Die Anlage war 1965 mit 20.000 EWG auf BSB-Abbau ausgelegt worden. Die BSB-Belastung wurde mittlerweile halbiert; die Wassermenge sank dabei durch hohen Fremdwasser-Anteil jedoch nur um 25 %. Der Schlammindex ISV lag über 200 ml/g. Durch Simultan-Fällung mit Kalk auf pH 8,7 konnte der Schlamm ausreichend beschwert werden (ISV 50 ml/g), so daß bei TS_{BB} 10 g/l ein Schlamm-Alter von bis zu 8 Tagen erzielt wurde. Dabei lag der Phosphor-Gehalt im Ablauf bei 2 mg P_{org} / l (BEVER/PESCHEN 1991). Vergleichmäßigung des Zuflusses durch Anstau im Kanal begrenzte die Frachtspitzen so weit, daß kein Engpaß bei der Belüftung auftrat. Die Anlage war so in der Lage, sicher zu nitrifizieren (Ablaufkonzentration < 10 mg NH_4-N / l), da durch die kurze Aufenthaltszeit im Kanal die Abwassertemperatur auch im Winter recht hoch lag. Lediglich die

Nachklärung wurde durch die große Schlamm-Menge überlastet. Durch rechteckige Bauform mit einem Saugräumer war das Becken sehr anfällig. Insbesondere traten stündlich Stöße durch Schwimm-Schlamm (wilde Denitrifikation) und Dichte-Strömung am Beckenboden auf, wenn der Räumler sich auf die Ablauf-Rinne zu bewegte. Unter diesen stark schwankenden Zulauf-Bedingungen sollte mit dem Filter ein optimales Reinigungsergebnis erzielt werden. Dabei war geplant, lediglich den Spülschlamm der Filter als Überschuß-Schlamm abzuführen.

3.1. Aufbau

Die Versuche wurden mit einem kontinuierlich gespülten DynaSand-Filter (Axel Johnson Eng.) durchgeführt (GIERS 1995). Bei diesem System wird das Abwasser im Aufstrom durch das Filterbett (2 m Quarz 1,2-2 mm) geleitet (max 15 m³/m²*h), das sich seinerseits abwärtsbewegt (∅ 0,4 m/h); der unten entnommene Sand wird mit Filtrat (3-9 %) gereinigt und dem Filterbett von oben wieder zugeführt. Die Versuchsanlage konnte bei einer Filterfläche von 0,7 m² über eine Tauchpumpe mit bis zu 10 m³/h aus dem Endablauf belastet werden.

3.2. Funktionsprinzip des zu untersuchenden Filters

Das DynaSand-Filter arbeitet nach dem Gegenstromprinzip, d.h. das Schmutzwasser wird durch ein Sandbett geleitet, das sich in entgegengesetzter Richtung bewegt. Das Wasser durchströmt daher erst beladenen und am Ende frisch gereinigten Sand.

Das Schmutzwasser strömt durch das Einlaufrohr (1) und den Verteilerstern (2) in das Filterbett (3), in dem es aufsteigt, bis es durch das Filtrat-Auslaßrohr (4) den Filter verläßt. Der mit Schmutz

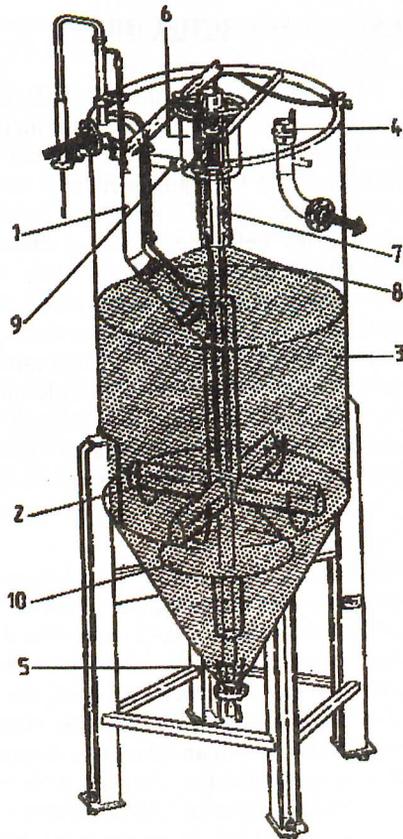


Abb.1: Schnitt DynaSand

Der mit Schmutz

beladene Sand bewegt sich nach unten und wird von dort durch eine Mammutpumpe (5) zum Reglergefäß (6) im oberen Teil des Filters transportiert. Durch die starke Turbulenz in dem aufsteigenden Luft-Wasser-Schlamm-Sand-Gemisch wird der Schlamm von der Oberfläche der Sandkörner abgelöst. Im Sandwäscher (7) steigt Filtrat auf; durch diese Strömung wird der Schlamm vom abwärts rieselnden Sand getrennt und durch den Auslauf (9) als Schlammwasser abgeführt. Der gewaschene Sand fällt auf die Oberfläche des Filterbettes zurück und nimmt erneut am Reinigungsvorgang teil. Im unteren Teil des Filters befindet sich ein Sandverteiler-Konus (10). Dieser bewirkt, daß sich der Sand mit gleichmäßiger Geschwindigkeit über die gesamte Filterfläche bewegt.

4. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

4.1. Optimierungs-Strategie

Beim DynaSand-Filter ist durch die Bewegung des gesamten Filterbettes die Anwendung der Mehrschicht-Technik natürlich nicht möglich. Die Beladung ist hier nicht eine Funktion der Zeit, sondern des Ortes. Als Filtermaterial wird das für die angestrebte Reinigungsleistung benötigte Feinmaterial eingesetzt. Durch Anpassung der Sand-Reinigungs-Geschwindigkeit kann man dann die Ausdehnung der beladenen Zone optimieren. Der beladene Sand wird mittels einer Mammutpumpe (Air-lift) ohne bewegliche Teile nach oben zur Sandwäsche gefördert. Auf Grund dieses Funktionsprinzips ist der Regelbereich eingeschränkt (ca. 1:4). Da die maximale Sandbett-Geschwindigkeit auf eine sehr hohe Belastung ausgelegt werden muß (Störung in der Nachklärung), kann bei geringer Belastung die Sandfördermenge nicht so weit heruntergeregelt werden, daß sich noch eine ausreichende Beladung ergäbe. Deshalb muß die Sandwäsche zeitweilig ausgeschaltet werden. Da die Spülwasser-Menge nur vom Umfang der Sandwäsche und nicht vom Zulauf abhängig ist, kann damit auch eine Spülwasser-Reduzierung einhergehen.

4.2. Meßtechnik

Der entscheidende Parameter bei der Untersuchung eines Filters ist die Feststoff-Konzentration. Die Messung der Feststoff-Menge im Abwasser erfolgt nach DIN 38414 S2 mittels 0,45 µm Membranfiltern, die vor jeder Wägung getrocknet werden müssen. Das führt zu einem hohen Zeitbedarf für die Messung (3-4 h). Außerdem wird an die Waage der Anspruch gestellt, eine Gewichts-differenz von 0,5 mg genau bestimmen zu können (2 mg/l, 250 ml Probenvolumen). Will man eine quasi-kontinuierliche Datenaufnahme erreichen, so muß man eine indirekte Methode wählen. Dazu eignet sich die Messung des an den Partikeln gestreuten Lichtes mittels einer Trübungssonde (AXT 1971).

Bei der Auswertung der Versuche wird daher in erster Linie das Verhalten der Trübungssonden zur Interpretation herangezogen, da hierbei keine Probleme hinsichtlich der Aussagekraft von qualifizierten Stichproben und der

Veränderung der Proben mit der Zeit entstehen. Die Zulauf-Trübungssonde wurde im Ablaufgerinne der Nachklärung montiert, der Meßkopf der Ablauf-Sonde wurde in den Filtrat-Überstand gehängt.

4.3. Meßprinzip der verwendeten Trübungssonde

Die Prozeß-Trübungssonde PT1 der Firma Dr. Lange arbeitet mit getaktetem Infrarot-Licht, so daß sie streulichtunabhängig ist. Ein integriertes mechanisches Reinigungssystem hält die Meßoptik sauber, dadurch ist die Sonde praktisch wartungsfrei. Bei gleichmäßigem Betrieb der Kläranlage kann man davon ausgehen, daß der Schlamm hinsichtlich Teilchenform, Oberfläche und Dichte relativ konstant ist. Unter diesen Bedingungen kann man nach TEICHFISCHER/LADIGES (1990) anlagenspezifische Übertragungsfunktionen ermitteln, die mittels der Trübung den TS und den CSB der Feststoffe angeben.

4.4. Ermittlung der Übertragungsfunktion

Bei der Versuchsanlage wurde vor und hinter dem Filter je eine Trübungssonde eingebaut. Da sich durch die Filtration als physikalischem Trennprozeß die Eigenschaften der Trübstoffe z.B. durch die auftretenden Scherkräfte verändern, wurde die Übertragungsfunktion für die beiden Meßstellen getrennt ermittelt. Zur Aufstellung der Korrelation Trübung / TS wurden Stichproben gezogen und mit dem zum jeweiligen Zeitpunkt abgelesenen Wert in Beziehung gesetzt. Die Wägung der Filter (0,45 µm Cellulosenitrat) wurde auf einer Sartorius MC 210 (Ablesbarkeit 0,01 mg) durchgeführt.

Im Zulauf des Filters änderten sich Menge und Zusammensetzung des Wassers so schnell, daß es schwierig wurde, die Probe aus dem Volumenelement zu nehmen, welches auch die Sonde erfaßte. Daher schwanken die Werte etwas.

Im Ablauf des Filters gestaltete sich die Probenahme wesentlich einfacher, was sich auch in der größeren Genauigkeit der Messung widerspiegelt.

5. VERSUCHSERGEBNISSE

5.1. kontinuierliche Spülung

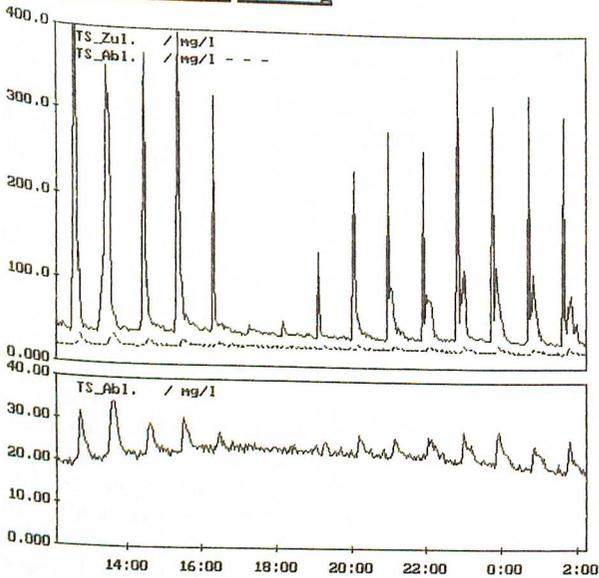


Abb. 2: Ganglinien bei normaler Filtration

Stöße schlagen direkt auf den Ablauf durch; nach dem Durchgang des Peaks sinkt die Feststoff-Belastung des Filtrates ebenso schnell wieder. Der kurzfristig eingetragene Schlamm wird also nicht über einen längeren Zeitraum verteilt wieder abgegeben, sondern über die Sandspülung aus dem Filterbett entfernt. Dieses Verhalten zeigt sich im Bereich von 4-15 m/h unabhängig von der Filtergeschwindigkeit; alle weiteren Versuche wurden deshalb bei 10 m/h durchgeführt.

Der Filter reagiert wie ein frisch gespülter, diskontinuierlicher Filter. Die Ablauf-Qualität steht in direktem Zusammenhang zur Zulauf-Belastung. Auffällig ist, daß bei den in den Nachtstunden auftretenden Doppelpeaks jeweils die Folgepeaks trotz größerer Fracht besser aufgefangen werden. Offensichtlich macht sich hier eine leichte Einarbeitung durch den größeren Feststoff-Eintrag bemerkbar.

In Abb. 2 erkennt man, daß bei normalem Betrieb (Sandsinkgeschwindigkeit: 8 mm / min) der Ablauf proportional zum Zulauf mit Feststoffen belastet ist (Trockensubstanz, Angabe in mg TS/l). Der Wirkungsgrad liegt praktisch konstant bei 76 %; damit ergibt sich bei einer Zulauf-Belastung von 35,4 mg/l TS eine Ablauf-Konzentration von 8,3 mg/l TS (s. Tab. 1). Die stündlichen

5.2. Spülstop

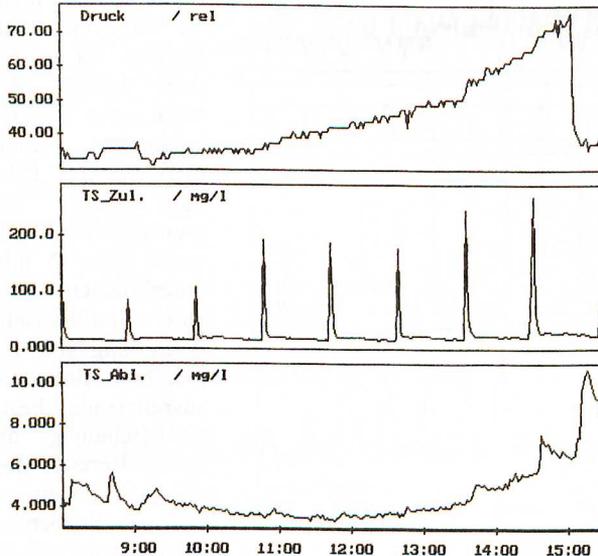


Abb. 3: Spülstop 8:45 h bis 15:00 h

optimal. Der Filterbett-Widerstand stieg langsam an. Erst der Peak um 13:30 h führte zu einer Änderung: der Differenzdruck stieg schneller an und die Ablaufqualität verschlechterte sich. Der Trend setzte sich danach fort, der Versuch wurde um 15:00 h beendet.

Eine mathematische Auswertung der Filterwiderstands-Werte ergab, daß der Gegendruck bis 13:30 h linear und danach exponentiell verlief. Nach MEYER (1979) deutet dies auf einen Wandel von Raum- zu Flächenfiltration hin. Die Einarbeitungszeit war kurz im Vergleich zu herkömmlichen Filtern (mehrere Stunden), dies ist auf die schon vorhandene Feststoff-Masse zurückzuführen.

5.3. intermittierende Spülung

Entsprechend den oben dargestellten Zusammenhängen arbeitet der Filter also besser, wenn er mit ausreichend Feststoffen im Filterbett beladen ist. Eine Reduktion der Spülintensität ist daher anzustreben. Durch Verringerung der Sandsinkgeschwindigkeit kann das Ziel nicht erreicht werden. Daher ist die Sandwäsche intermittierend zu betreiben.

Schaltet man bei laufendem Filter die Luftzufuhr der Mammutpumpe ab, so ließ sich auch am Dyna-Sand-Filter deutlich eine Einarbeitungsphase und der kontinuierliche Anstieg des Filterwiderstandes beobachten (Abb. 3). Erst ca. 90 min nach Beginn des Versuches um 8:45 h war die optimale Reinigungsleistung erreicht, danach arbeitete der Filter 3,5 h

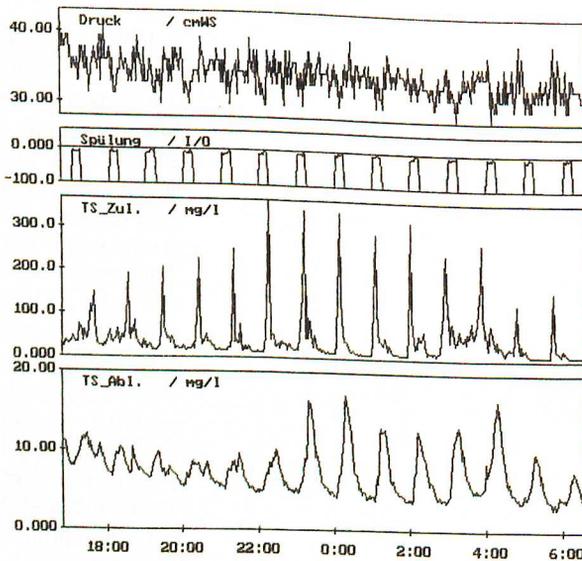


Abb. 4: intermittierende Spülung

stieg. In Abb. 4 ist zu erkennen, daß während der 45 min. Pausenzeit der Filterwiderstand mit zunehmender Beladung steigt und während der 15 min. Spülung wieder fällt. Kommt die stündliche Stoßbelastung während der Pausenzeit, so wird sie gut aufgefangen, fällt sie jedoch mit der Spülzeit zusammen, so schlägt sie - wenn auch vermindert - weiterhin auf den Ablauf durch.

Ein weiterer Vorteil bei der intermittierenden Spülung ist die Möglichkeit, die Spülwassermenge zu reduzieren. Wird von der Mammutpumpe kein Sand gefördert, so kann die Spülwasserleitung geschlossen werden. Auf diese Weise kann bei entsprechender Steuerung (Beeinflussung der Spülpausen über den Filterwiderstand) das Spülwasseraufkommen an die Zulaufbelastung angepaßt werden, ohne das der Nachteil eines diskontinuierlichen Betriebes in Kauf genommen werden muß. Der Spülwasser-Verbrauch verringert sich so von 8-10 % auf 2,5-4,5 %, bezogen auf den Zulauf.

5.4. Flockungshilfsmittel und intermittierende Spülung

Eine weitere Steigerung des Rückhaltevermögens wird durch die Anwendung von Flockungshilfsmitteln (FHM, synth. Polymere) erzielt. Da durch mehr Feststoffe auch mehr CSB, Stickstoff und Phosphor in den Ablauf gelangen, kann schon über die eingesparte Abwasserabgabe der finanzielle Mehraufwand für das Flockungshilfsmittel abgegolten werden; der Einsatz ist natürlich erst

Das Filterbett sollte dabei jedoch nicht zu lange ungespült bleiben, da es bei dem feinen Material sonst zu Verbackungen kommen könnte. Deshalb wurde die Sandwäsche jeweils nach 15 min unterbrochen. Bei einer Spül/Pausen-Aufteilung von 1 : 3 konnte sich eine ausreichende Feststoff-Beladung im Zulauf-Bereich des Filters aufbauen, so daß der Suspensa-Rückhalt auf 85 %

recht sinnvoll, wenn vorgegebene Grenzwerte nur so eingehalten werden können. Durch vermehrtes Einbinden von feinen Partikeln in größere Flocken wird der Ablauf weiter vergleichmäßigt.

Zur besseren Vergleichbarkeit sind in Tabelle 1 die Flächen- u. Raumbelastungen und Rückhalteleistungen B_{ATS} ; $B_{R,TS}$; DB_{ATS} ; $DB_{R,TS}$ mit angegeben.

Betriebsweise	TS_0 mg/l	TS_e mg/l	n %	$B_{R,TS}$ kg/m ² *d	$DB_{R,TS}$ kg/m ² *d	B_{ATS} kg/m ² *h	DB_{ATS} kg/m ² *h
kontinuierlich	35,4	8,3	76	3,60	2,76	0,30	0,23
intermittierend	39,9	7,4	81	4,79	390	0,40	0,33
interm & FHM	46,0	5,2	85	4,97	4,41	0,41	0,37
Spülstop	26,6	3,6	86	3,19	2,76	0,27	0,23
Stoßbelastung	134	10,8	92	16,1	14,8	1,34	1,23

Tabelle 1: Versuchsergebnisse (Mittelwerte)

6. PARTIKELGRÖßEN-VERTEILUNGS-MESSUNG

6.1. Verwendetes Meßverfahren

Die Partikelgrößen-Verteilungs-Messung dient zur Charakterisierung von Suspensionen. Aus den Meßergebnissen läßt sich der Anteil der verschiedenen großen Partikel erkennen, sowie das Mengenverhältnis der einzelnen Fraktionen. Dabei treten meßtechnische Schwierigkeiten auf. Zwei der verwendeten Geräte konnten im Ablauf des Filters nicht mehr messen: da es sich um optische Verfahren handelt, wurden auf Grund der geringen optischen Dichte des Filtrates zu wenig Impulse registriert, als daß eine Auswertung noch möglich

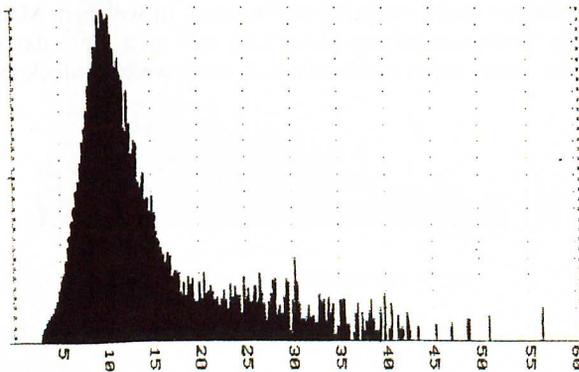


Abb. 5: Partikel-Messung; Zulauf der Anlage

gewesen wäre. Es handelt sich hierbei um ein LASER-Reflexions-Gerät der Firma Schwartz (Partec; im Inst. f. Siedlungswasserwirtschaft, Braunschweig) und um ein LASER-Beugungsgerät der Firma Sympatec (Helos; im Institut für mechanische Verfahrenstechnik,

Braunschweig, Prof. Dr. Ing. J. Schwedes, dem an dieser Stelle gedankt sei). Die Messungen wurden daraufhin mit einem C-Counter des I. f. mech. Verfahrenstechnik durchgeführt. Bei diesem Gerät wird die Suspension durch eine Kapillare (100 μm) gesaugt und die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit längs der Kapillare ausgewertet.

Dabei werden die Partikel einem erheblichen mechanischen Streß ausgesetzt, so daß die Messung an leicht verformbaren biologischem Material nur unter Vorbehalt auszuwerten ist.

6.2. Ergebnis bei normaler Filtration

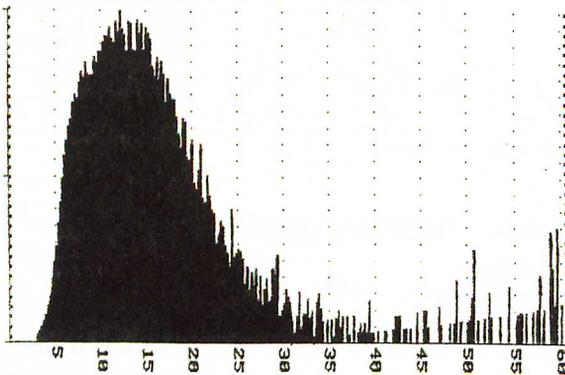


Abb. 6: Partikel-Messung; Ablauf bei normaler Filtration

Die Auswertung der Partikelgrößen-Verteilungs-Analyse zeigt, daß die Suspension im Filter nur unwesentlich beeinflusst wird (Abb. 5 & 6). Es tritt eine gewisse Vergleichmäßigung auf, zu erkennen an der breiteren Verteilungsfunktion; das Maximum verschiebt sich von 12,1 auf 15,1

μm . Der Anteil der kleinen Teilchen bleibt aber insgesamt etwa gleich: Im Zulauf sind 75 % aller Teilchen < 19,1 μm , im Ablauf < 21,0 μm .

Die Abscheidung ist hier also ein quasi statistischer Vorgang. In welchem Maße die Abscheidung selbst die Größenverteilung beeinflusst, läßt sich nicht davon unterscheiden, ob durch die Strömungsverhältnisse z.B. eine weitere Flockung bewirkt wird.

6.3. Intermittierende Spülung

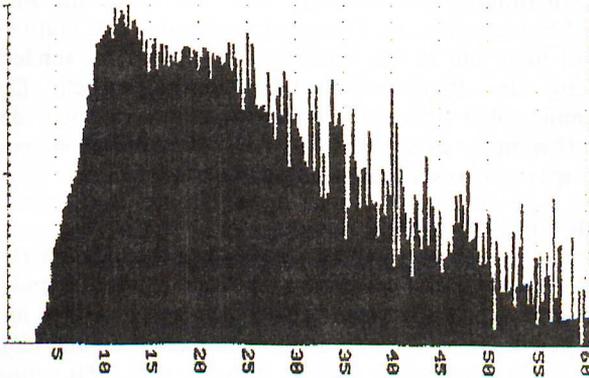


Abb. 7: Partikel-Messung; Ablauf bei intern. Spülung

zur Abscheidung feiner Teilchen besser eignet als das reine Sandkorn. Dies spiegelt sich in der Partikelgrößenverteilung des Ablaufes wieder (Abb. 7): der Anteil der kleinen Partikel an der Gesamtmasse ist deutlich geringer geworden: im Ablauf sind nun 75 % aller Teilchen $< 35,7 \mu\text{m}$.

6.4. Flockungshilfsmittel

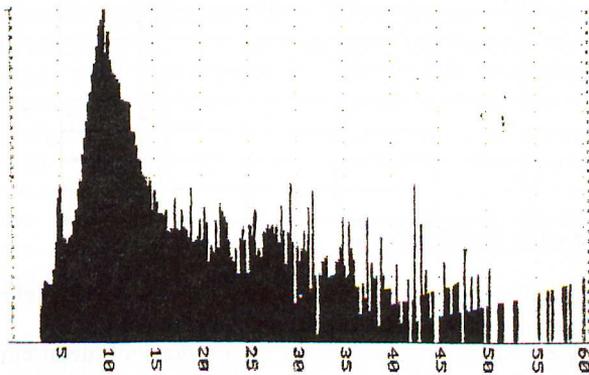


Abb. 8: Partikel-Messung; Ablauf mit FHM

wurden. Die Wirkung ist aber nicht so deutlich wie bei der intermittierenden Spülung.

Wird die Spülung unterbrochen, bildet sich eine Feststoffschicht über dem Einlauf, die als Flockenfilter wirkt und vor allem die feinen Schmutzstoffe abtrennt. Der Grund für diese Wirkung ist die wesentlich größere und ungleichförmigere Oberfläche

des abgelagerten Schlammes, die sich

zur Abscheidung feiner Teilchen besser eignet als das reine Sandkorn.

Bei Einsatz von FHM nimmt der Anteil der kleinen Partikel relativ zu den größeren ebenfalls deutlich ab. Im Ablauf sind 75 % der Teilchen kleiner als $30,6 \mu\text{m}$. Daraus läßt sich schließen, daß -wie oben angenommen- die kleinen Partikel vom FHM "eingefangen"

und dadurch besser abgeschieden

6.5. Bewertung

Durch den Einsatz von intermittierender Spülung oder Flockungshilfsmittel werden offensichtlich die Mechanismen der Flockenabscheidung- und Haftung stark beeinflusst. Dies wird nicht nur in der erhöhten Abscheiderate, sondern auch in der Veränderung der Partikel-Größen-Verteilung deutlich. Die Veränderung der Spültechnik sollte immer in Betracht gezogen werden, der Einsatz von Flockungshilfsmitteln dagegen sollte aus ökonomischen und ökologischen Gründen auf spezielle Anwendungen beschränkt bleiben.

7. ERGEBNISSE EINER GROßANLAGE

Inzwischen ist in Neustadt in Holstein eine großtechnische DynaSand-Flockungsfiltration mit 40 m² Filterfläche seit einem Jahr mit intermittierender Spülung in Betrieb. Dort wird (nach einer guten Nachklärung) im Filter mit Eisen-III-chlorid Phosphat gefällt, da als Grenzwerte unter anderem 0,5 mg/l P_{ges} und 5 mg/l abfiltrierbare Stoffe eingehalten werden müssen. Die Spül- und Pausenzeiten können vom Betriebspersonal auf einfache Weise der zu erwartenden Belastung (Saison-Betrieb) angepaßt werden. Reicht bei einer Stoßbelastung die Spül-Leistung nicht aus, so wird bei steigendem Filterwiderstand automatisch die Pausenschaltung zeitweilig außer Betrieb genommen.

Datum	TS ₀ (Zu) mg/l	TS _e (Ab) mg/l	P _{e,ges} (Ab) mg/l
22.07.	17	1	0,2
23.07.	2	1	0,3
24.07.	6	2	0,3
25.07.	3	4	0,4
26.07.	7	3	0,4
27.07.	16	11	0,4
28.07.	2	2	0,2

Tabelle 2: Ablaufwerte einer Großanlage

Durch den Spülstop ist es möglich, sowohl bei höheren, als auch bei sehr geringen Feststoff-Belastungen die geforderten Grenzwerte einzuhalten.

Bei Störungen in der Biologie ist dies allerdings nicht immer der Fall, denn ein Filter kann nur im Zusammenhang mit der gesamten Kläranlage betrachtet werden. Am 26.07. wurde ein Belebungsbecken zu Wartungszwecken außer Betrieb genommen und damit die Belastung des zweiten Beckens verdoppelt. Durch hohe Schlammbelastungen aber verändert sich die Struktur der Belebtschlamm-Flocke derartig, daß eine Abtrennung durch Filtration kaum möglich ist. Die Wirkung ist deutlich zu erkennen: bei erhöhter B_{TS} steigt der Feststoff-Gehalt im Ablauf der Filtration. MEYER (1980) lehnt den Einsatz der

Filtration bei hoher Schlammbelastung ($B_{TS} > 0,3 \text{ kg BSB}_5 / \text{kg TS} \cdot \text{d}$) grundsätzlich ab.

8. ZUSAMMENFASSUNG

8.1. Meßtechnik

Durch den Einsatz der Online-Trübungsmessung ist es möglich, auch bei den kurzen Reaktionszeiten einer Filtration (Aufenthaltszeit bei $15 \text{ m}^2/\text{m}^2\cdot\text{h}$: 6,12 min) alle Veränderungen genau zu beobachten. Durch Membranfiltration von Stichproben ließe sich ein so detaillierter Einblick nicht erreichen. Auch zur Überwachung eines Grenzwertes für abfiltrierbare Stoffe ist diese Technik sehr nützlich, da etwaige, verfahrenstechnisch bedingte Stöße im Ablauf sonst kaum erkannt werden. Die verwendete Dr. Lange-Sonde zeichnet sich durch einen minimalen Wartungsaufwand aus: lediglich das Wischerblatt der mechanischen Reinigung wurde alle drei Monate kontrolliert. Störungen wurden nicht beobachtet.

8.2. Beurteilung der Ergebnisse

Trotz der recht ungewöhnlichen Fahrweise der Anlage während der Versuche wurde das angestrebte Reinigungsziel erreicht. Die zur Anpassung eingesetzte Modifikation der Spültechnik bewirkte neben der verbesserten Entnahmeleistung auch eine Verminderung des Spülwasser-Aufkommens und eine Verringerung des Energie-Verbrauchs.

MAYER (1983) gibt in einer vergleichenden Zusammenstellung von Auf- und Abstrom-Filtrationsverfahren Wirkungsgrade von 66 % bis 89 % an. Nach ATV (1988) liegt der typische Ablaufmittelwert für Schnellsandfiltrationen bei 7 mg/l. Diese Leistungen wurden in den Versuchen auch bei ungünstigsten Bedingungen erbracht. Der angestrebte Wert von 5 mg/l TS_e und 0,5 mg P_{gss} (Angabe der ATV für Flockungsfiltration; Grenzwerte für Filteranlagen nach dem Dringlichkeitsprogramm Ostsee des Landes Schleswig-Holstein) wird von der Großanlage ebenfalls erreicht.

Bei geringerer Belastung des Zulaufs ist meist mit kleinerer Rückhalte-Leistung des Filters zu rechnen, da eine Grundlast von 1-2 mg/l TS praktisch immer auftritt. Bei einer guten Nachklärung mit ca. 10-15 mg/l TS im Ablauf ist der Aufwand für eine Filtration zum reinen Suspensa-Rückhalt zu hoch. Ist dagegen die Nachklärung überlastet, oder müssen weitere Grenzwerte wie P_{gss} oder TS_e eingehalten werden, so wird der Einsatz einer Filteranlage notwendig.

8.3. Kostenvergleich

Die Filterfläche kann direkt entsprechend der hydraulischen Belastung ausgelegt werden, ohne daß Reserve für den Ausfall während der Spülung mit eingeplant werden muß. Zudem muß das Spülwasser nicht bevorratet werden, der Spülschlamm fällt gleichmäßig mit geringem Volumenstrom an und die

maschinelle Ausrüstung für die Spülung beschränkt sich auf eine Druckluft-Anlage.

Bei der Fahrweise mit $TS_{BB} = 10 \text{ g/l}$ ist die Nachklärung nicht mehr im Stande, den Belebtschlamm vollständig abzutrennen. Wird der Ablauf der Kläranlage über einen Filter geleitet, so reicht es hin, wenn in der Nachklärung ausreichend Rücklaufschlamm "produziert" wird. Ob der Überschußschlamm aus dem Rücklaufschlamm abgezogen wird oder ob er als Schlammwasser bei der Filtration auftritt, hat auf die Belebung keinen Einfluß. Da der Dynasand-Filter auch bei einer hohen Feststoff-Fracht gut arbeitet, ist diese Betriebsweise durchaus empfehlenswert. Nach MEYER (1979) kompensiert die Ersparnis durch den nicht mehr notwendigen Ausbau der Nachklärung einen Teil der Investitionskosten für die Filteranlage. Durch biologische Intensivierung der Filtration läßt sich außerdem noch eine Rest-Nitrifikation oder Denitrifikation erreichen, so daß die Kläranlage u.U. noch gar nicht erweitert werden muß (BARJENBRUCH/SEYFRIED/GIERS 1995).

9. LITERATUR

- ATV-Fachausschuß 2.8: Leistungstabelle über Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung; Korrespondenz Abwasser 9 S. 937 1988
- AXT, G.: Kontrolle der Filterwirksamkeit; in Veröff. Lehrst. Wasserchemie Karlsruhe 5 1971
- BARJENBRUCH, M., Seyfried, C.F., Giers, C.: Versuche zur nachgeschalteten Denitrifikation in einem kontinuierlich gespülten Sandfilter; Korrespondenz Abwasser; Veröff. vorauss. III/95
- BEVER, J.; Peschen, N.: P-Elimination durch Simultanfällung mit Kalkhydrat; Korrespondenz Abwasser 2 S.231 1991
- BOLLER, M.: Verfahren und Leistung von Filtrationsanlagen; ATV Fortbildungkurs G/2 Oktober 1991; S.16- ; (1991)
- GIERS, C.: Einsatz eines Sandfilters nach einer überlasteten Nachklärung; Wasser und Boden; Veröff. vorauss. III/95
- MAYER, V.: Schnellsandfilter zur weitergehenden Abwasserreinigung - aufwärts oder abwärts durchströmt?; gwf Wasser/Abwasser 5 S. 213 1983
- MEYER, H.: Untersuchungen zur weitergehenden Reinigung biologisch gereinigten Abwassers - die praktische Anwendung der Abwasserfiltration und ihre Bedeutung in der Abwassertechnologie; GWA 35; Aachen 1979
- MEYER, H.: Abwasserfiltration in Abhängigkeit von der Schlammbelastung einer vorgeschalteten Belebungsanlage; GWA 42 S. 861 1980
- ROLKE, D.: Transportvorgänge im Filter; Veröff. Lehrst. Wasserchemie Karlsruhe 5 S. 21 1971

- SPINDLER, P.: Modelle und Beschreibungen von Filtrationsvorgängen:
Konzentrationsverlauf Veröff. Lehrst. Wasserchemie Karlsruhe 5 S. 105
1971
- TEICHFISCHER, T.; Ladiges, G.: Kontinuierliche Messung von Feststoffgehalten
im Belebungsbecken und im Ablauf kommunaler Kläranlagen; gwf
Wasser/Abwasser 10 S. 573 1990

Anschrift und Tätigkeit des Verfassers

Dipl. Chem. Chris Giers, Neumark 3, D-38154 Sunstedt
Betrieb von Forschungs- und Versuchsanlagen für div. Auftraggeber

Zusammenfassung

Durch den Einsatz von **Trübungs-Sonden** kann der Betriebszustand von Filteranlagen online untersucht werden. Mit den so erhaltenen Informationen kann die Fahrweise der Filter gezielter beeinflusst werden. Durch den gewonnenen Optimierungs-Spielraum kann der **kontinuierliche DynaSand Filter** auch im Anschluß an eine überlastete **Nachklärung** eingesetzt werden.