Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 34 (1977)

Heft: 6

Artikel: Mehrschichtenfilter in der Wasseraufbereitung

Autor: Mörgeli, B. / Lipp, F. / Tylmann, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-783661

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

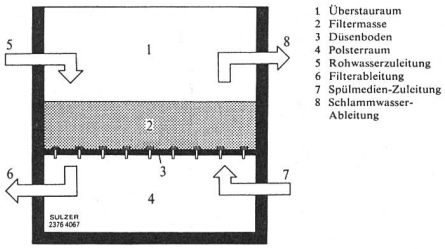
Mehrschichtenfilter in der Wasseraufbereitung

Von B. Mörgeli, F. Lipp und J. Tylmann,
Abteilung Wasser- und Abwassertechnik, Gebrüder Sulzer,
Aktiengesellschaft, Winterthur

Bei der Aufbereitung einwandreien Trink- und Brauchwassers ist die Filtration entscheidend: Beim Durchfluss des Rohwassers durch körnige Massen wird das Wasser von den in Ihm enthaltenen suspendierten Verunreinigungen fester oder kolloidaler Konsistenz getrennt.
Die Filtermethoden wurden im Laufe der vergangenen Jahre in Zusammenarbeit mit zahlreichen Wissenschaftern des In- und Auslandes von Sulzer erheblich vervollkommnet. Dabei hat sich erwiesen, dass in den meisten Fällen Mehrschichtenfilter wesentliche Vorteile gegenüber Einschichtfiltern erbringen. Diese Vorteile erläutert dieser Aufsatz anhand der Grundvorgänge bei der Filtration über körnige Massen und der anlagetechnischen Zusammenhänge.

Filtration durch körnige Massen

Eine für die Filtration eingesetzte körnige Masse ist ein räumliches Medium. Dies bedeutet, dass auch der Reinigungsprozess in einem solchen Medium als räumlicher Vorgang abläuft und damit nicht mit einer ausschliesslichen Siebung verglichen werden kann. Rechen, Gitter, Gewebe oder auch Filterpapiere hindern nur jene Partikeln am Durchgang, die in Mindestens einer Dimensionsebene grösser sind als der Stababstand oder die Maschenweite solcher Siebvorrichtungen.
Anders verhält sich eine körnige Masse, deren gesamte Schichthöhe von einem Netzwerk ineinander verfilzter Poren durchzogen ist. Hier vermögen die Körner auch solche Partikeln anzulagern und festzuhalten, die kleiner sind als die effektiven Porenquerschnitte. Über die Vorgänge an der Oberfläche und im Innern einer Filtermasse bestehen Modellvorstellungen, die nachstehend kurz aufgezeigt werden sollen *(Abb. 1)*.
Natürlich ist der *Siebwirkung* einer körnigen Filtermasse grösste Bedeutung beizumessen. Teilchen, die grösser sind als die Zwischenräume zwischen den Körnern, bleiben stecken und werden zurückgehalten. Die an der Oberfläche einer Filtermasse ausgesiebte Schwebestoffschicht übt zusätzlich eine Filtrationswirkung aus. Es wächst eine Art sich zusammendrückender Kuchen, der das Durchlassvermögen des Filters exponentiell abnehmen lässt.



1 Schema der Filtration mit Hilfe körniger Massen.

Abb. 1. Optimal ausgelegt ist auch die Mehrschichtenfiltration im Rahmen einer Gesamtanlage erst dann, wenn die Verfahrensstufen aufeinander abgestimmt sind und deren Gesamtheit wirtschaftlich und betriebssicher das gewünschte Ergebnis erbringt

Zweifellos kann mit der Siebwirkung einer sehr feinkörnigen Masse ein hoher Reinigungseffekt erzielt werden. Jedoch wird dabei in Abhängigkeit des Schwebstoffgehalts des zu filtrierenden Wassers die erreichbare Laufzeit eines Oberflächenfilters meist unzweckmässig kurz. Auch bleibt die räumliche Aufnahmekapazität der übrigen Schichthöhe ungenützt.
Aufgrund der relativ geringen Durchflussgeschwindigkeit durch eine körnige Masse während des Filtrationsvorgangs ergibt sich innerhalb der Poren eine nahezu laminare Strömung. Folgt nun ein Teilchen einer Strömungslinie, die gleich oder näher einem Filterkorn liegt, als der Radius des Teilchens beträgt, so wird es vom Korn aufgefangen. Dank diesem *Auffang- oder Interceptions-Phänomen* wird in einem Filter eine grosse Teilchenmenge festgehalten, und es ist deshalb besonders wichtig, gerade diese Erscheinung optimal zu nutzen. Entscheidend dabei ist die genaue Regelung der Durchsatzgeschwindigkeit, um derart angelagerte Partikeln vom Filterkorn nicht wieder abzuschwemmen oder festigkeitsmässig unstabile Partikeln (beispielsweise Flocken) zu zerstören und durch die ganze Schicht zu transportieren.
Ein weiterer Grund für das Abfangen von Partikeln während ihres Transports durch die Filtermasse ist deren Trägheit. Partikeln, die sich mit einer Bestimmten Geschwindigkeit bewegen, brechen aufgrund ihrer *Massenträgheit* aus den Strömungslinien durch die gewundenen Poren aus. Sie treffen irgendwann auf ein Korn und werden dort angelagert. Solche Partikeln lagern auf der obern Kornfläche an.
Änlich der Massenträgheit wirkt die *Schwerkraft* einzelner Partikeln, sie setzen sich auf der Kornoberfläche ab. Beide Transportmechanismen, Massenträgheit und Schwerkraft, sind für den Filtrationseffekt einer körnigen Masse von eher untergeordneter Bedeutung.
Bei Partikeln, die kleiner sind als 1 μm, nimmt mit abnehmender Teilchengrösse die Brownsche Bewegung zu. Die Partikeln gelangen auf ihrem Weg durch die Filtermasse mit dem Korn in Berührung und werden angelagert. Diese *Anlagerung* kann auf der gesamten Kornoberfläche stattfinden.
Bei der laminaren Strömung innerhalb der Poren beträgt die Fliessgeschwindigkeit auf der Kornoberfläche Null, in der Porenmitte hat sie ihren Höchstwert. Auf die mit der Strömung mitgeführten Partikeln wirken *hydrodynamische Kräfte,* die sie auf die Körner zutreiben lassen. Diese Transportmechanismen wirken gleichzeitig auf die in einer körnigen Masse auszufiltrierenden Partikeln und erklären je nach ihrer Art die Möglichkeit des Kontakts zwischen solchen Partikeln und dem Filterkorn. Der Kontakt allein genügt natürlich nicht für den Reinigungseffekt: Während des Filtrationsvorgangs müssen die Schmutzteilchen am Korn angelagert bleiben, bei der Rückspülung des Filters sollen sie jedoch wieder gelöst und ausgeschwemmt werden können.

Entstabilisierungsreaktionen

Die Transportmechanismen sind mechanisch-physikalische Vorgänge, welche die Schwebestoffe und die kolloidalen Teilchen sowohl in gegenseitigen

als auch in Kontakt mit der Filtermasse bringen. Bei der Anlagerungsreaktion, die physikalisch-chemischer Natur ist, haften die Partikeln gegenseitig aneinander und am Filterkorn. Das Anlagern verläuft elektrostatisch, chemisch oder infolge der Van-der-Waalschen Kräfte.
Durch Zugabe von Entstabilisierungsmitteln – in Form von Flockungsmitteln – wird die Teilchenladung geändert und damit ein Abstossen gleicher Ladungen von Filterkorn und Partikeln vermieden. Hier gibt es folgende Modellvorstellung: Die Wirkung der Entstabiliesierungsmittel in der Filtermasse äussert sich vor allem darin, dass es nicht nur zur Bildung einer Monoschicht kommt, sondern das Korn von mehreren Schichten umhüllt werden kann. Diese Modellvorstellung zeigt den grundsätzlichen Unterschied in der gewollten Wirkung einer Flockungsmitteldosierung in einem Flockungsreaktor und auf eine Filtermasse: Ein Flockungsreaktor sedimentiert die im aufzubereitenden Wasser enthaltenen Schwebestoffe. Dabei wird die Bildung von Makroflocken angestrebt, also möglichst grosse Agglomerationen an gebildeten Hydroyidflocken und angelagerten Schwebestoffen. Je grösser und schwerer die Flocken werden, desto besser ist die Absetzwirkung eines Flockungsreaktors. Dies kann zusätzlich durch Zugabe von Flockungshilfsmitteln und Schlammrezirkulation verbessert werden.

In einem Filter sind jedoch Makroflocken nicht erwünscht. Mit ihnen kommt ausschliesslich die Siebwirkung der körnigen Filtermasse zum Tragen, also nur die beschriebene Oberflächenfiltration ohne Nutzung der vollen Schichthöhe. Trotzdem wird bei der Flockungsfiltration auch die Siebwirkung genutzt, sie soll jedoch räumlich verteilt und nicht auf die Schichtoberfläche konzentriert sein.

Damit kann die erstrebte Wirkung einer Flockungsfiltration etwa wie folgt zusammengefasst werden:

- Bildung von Mikroflocken im Überstauraum des Filters, die genügend klein sind, um nicht an der Oberfläche bereits ausgesiebt zu werden, sondern die in die Filtermasse eindringen.
- Flockenbildung innerhalb der Filtermasse und dadurch räumliche Nutzung der Siebwirkung.
- Mehrere angelagerte Schichten können das Filterkorn umhüllen.

Filterlaufzeit und Aufnahmekapazität

Filterlaufzeit ist das Intervall zwischen zwei erforderlichen Spülungen. Drei Faktoren begrenzen dieses Intervall:

- Vorgegebener, maximal zulässiger Druckverlustanstieg infolge Kolmatation.
- Filterdurchbruch: Am Austritt wird die erforderliche Filtratqualität nicht mehr erreicht.
- Zeit: Besonders Trinkwasserfilter, die nur Schwach belastetes Wasser aufzubereiten haben, wird man schon aus hygienischen Gründen in vorher definierten, konstanten Zeitabständen rückspülen, also auch dann, wenn der vorgegebene Grenzdruckverlust noch lange nicht erreicht ist.

Während die beiden ersten Faktoren zur Optimierung einer Filtermasse bestimmende Parameter sind, ist der dritte Faktor lediglich eine hygienische Massnahme. So ist ein Filter dann optimal ausgelegt, wenn der höchstzulässige Druckverlust kurz vor dem Durchbruch erreicht wird, also die Aufnahmekapazität einer Filtermasse bis zur Sicherheitsgrenze voll ausgeschöpft ist.

Körnige Filtermassen

Folgende Bedingungen sollten eine optimal ausgelegte Filtermasse erfüllen:

- Die Filtermasse ist ausreichend grobkörnig, so dass die auszufiltrierenden Partikeln nicht nur an der Oberfläche ausgesiebt werden und damit den Filter kurzfristig blockieren, ohne das Aufnahmevermögen der gesamten Schichthöhe zu nutzen.
- Die Filtermasse ist ausreichend feinkörnig, so dass die auszufiltrierenden Partikeln nicht ungehindert die gesamte Schichthöhe durchwandern und zu einem qualitativ ungenügenden Filtrat führen.
- Die optimierte Filtermasse übt ihre räumliche Wirksamkeit voll aus. Beginnend im obern Teil der Schicht verengen sich die Poren, dadurch steigt der Druckverlust, und die erhöhte Zwischenraumgeschwindigkeit schiebt die Front ausfiltrierter Partikeln stetig weiter in die Schichttiefe vor. Ehe diese Front den Düsenboden erreicht, ist der Druckverlust auf seinen höchstzulässigen Wert angestiegen. Nach der Rückspülung beginnt der neue, gleichartig verlaufende Filtrationsprozess.

Wäre nun die Rohwasserqualität annähernd konstant bezüglich des Schwebestoffgehalts (ausgedrückt in mg/l) sowie bezüglich einer weitgehenden Gleichförmigkeit (Konsistenz, Geometrie, Anzahl und Grösse) der auszufiltrierenden Partikeln und wäre ausserdem die Filtrationsgeschwindigkeit annähernd konstant, so liesse sich zweifellos auch mit einem Einschichtenfilter das Optimum ermitteln und erreichen. Leider lassen sich nur im Laboratorium solch gleichförmige Filtrationsbedingungen schaffen, selten in der Wasserwerkpraxis. Einige der Ungleichförmigkeitsfaktoren seien kurz angesprochen. Die auszufiltrierenden Partikeln können organisch oder anorganisch, lebend oder tot sein. In jedem Oberflächengewässer ist deren Menge variabel und abhängig von der Art des Gewässers und seines Einzugsgebiets, von der Jahreszeit und der Witterung. Ebenso variiert auch die Grösse und im Zusammenhang damit die Filtrierbarkeit der Partikeln. Die Filterwirksamkeit steigt für Teilchen zunehmender Grösse über 1 μm. Bei Teilchen abnehmender Grösse unter 1 μm nimmt deren Brownsche Bewegung zu. Dadurch nimmt auch die Kontaktintensität zwischen den Teilchen untereinander sowie zwischen Teilchen und Filterkorn zu. Hieraus ergibt sich ebenfalls eine erhöhte Filterwirksamkeit. Schwer filtrierbar sind jedoch Teilchen in der Grössenordnung um 1 μm, also die Grösse zahlreicher Bakterien. Auch Gletscherschliff zählt zu den schwierig auszufiltrierenden Substanzen.
Aus wirtschaftlicher Sicht schwierig zu behandeln sind Wässer mit relativ geringer Belastung, die jedoch immer noch zu hoch ist, um einen Einschichtenfilter mit genügender Laufzeit zu betreiben. In einem Flockungsreaktor erbringt eine geringe Teilchenkonzentration eine zu kleine Kollisionsfrequenz, was durch unverhältnismässig hohe Dosierraten an Flockungsmittel (bis zur Restabilisierung) zu kompensieren ist. Speziell für diesen Fall ist die Flockungsfiltration angezeigt. Gerade dieser Fall ist in der Praxis der häufigste.
Verschiedene Faktoren, wie Härte, Temperatur, pH-Wert und Reaktionszeit sowie Energieeintrag, beeinflussen die Flockenbildung und die Flockengrösse. Deshalb ist ein zu feines Filterkorn für eine Flockungsfiltration ungeeignet; es lässt wechselnde Flockengrössen nicht zu.
Eine Optimierung des ganzen Filtrationsprozesses bedeutet also, einer feinkörnigen Filtermasse eine solche mit gröberem Korn vorzuschalten. Vorerst griff man zur naheliegenden Lösung, nämlich zwei getrennte Filter in Serie zu schalten. Schon dabei erwies

es sich als unerlässlich, die beiden Filtermassen genau aufeinander abzustimmen. Die Abstimmung bei dieser Lösung ist insofern einfach, als ausschliesslich die Eliminationsrate an auszufiltrierenden Schwebestoffen und die Aufnahmekapazität, nicht aber das Kornmaterial zu berücksichtigen ist. Beispielsweise enthalten Vor- und Hauptfilter Quarzsand unterschiedlicher Korngrösse.

Die folgerichtige Weiterentwicklung führte zum Mehrschichtenfilter, also zur Schichtung von Filtermassen unterschiedlicher Korngrösse in einem gemeinsamen Filterfeld. Umfangreiche Versuchsserien hatten zur Aufgabe, die Eignung unterschiedlicher Materialien auf ihre Kombinationsmöglichkeit (Paarung) zu prüfen. Zur Abstimmung der einzelnen Filtermassen aufeinander war nun nicht mehr ausschliesslich deren Eliminationsrate ausschlaggebend, sondern auch deren Trennmöglichkeit nach dem Rückspülen des Filters. Das Klassieren unterschiedlicher Korngrössen in einem Filterfeld ist nur dann von Bedeutung, wenn es reproduzierbar ist.

Die Versuche umfassten Kombinationen von zwei bis fünf Schichten (Magnetit - Granat - Quarzsand - Hydroanthrazit-Polystryrol oder Bims). Es konnte nachgewiesen werden, dass sich körnige Massen unterschiedlicher spezifischer Gewichte einwandfrei in Filtern geeigneter Konstruktion und mit entsprechend angepasstem Spülprogramm trennen lassen. *Abb. 2* zeigt einen Versuchsfilter. Bis heute zeigen die Erfahrungen, dass eine Kombination von mehr als drei Schichten nicht besonders nutzbringend ist. Bewährt haben sich Quarzsand und Bims als Zweischichtenfilter, Quarzsand, Hydroanthrazit und Bims als Dreischichtenfilter.

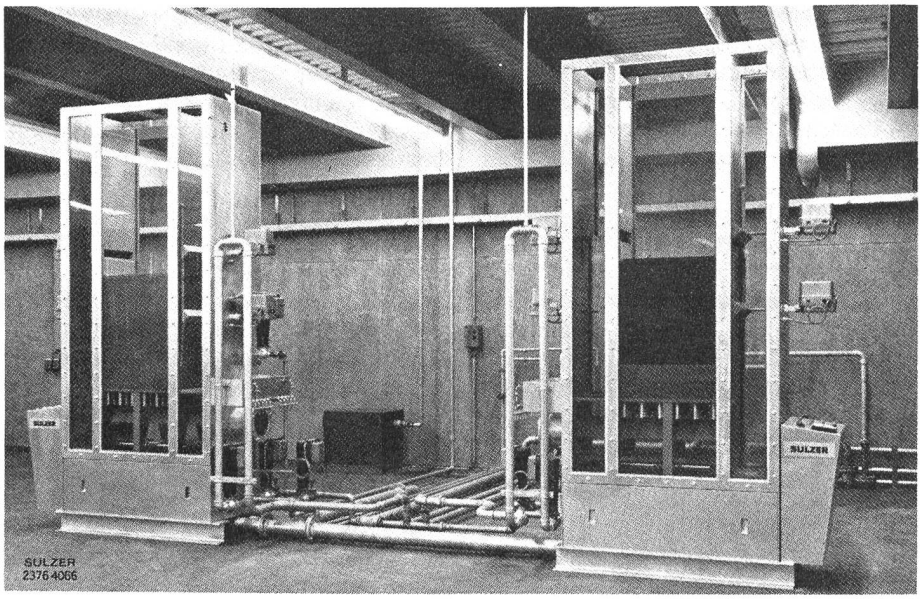
Die Aufnahmekapazität eines Filters äussert sich durch dessen erreichbare Laufzeit bis zu einem vorgegebenen Druckverlustanstieg bei vorgegebener Filtratqualität. Eine entsprechende Versuchsreihe erbrachte folgendes Laufzeitenverhältnis zwischen Ein-, Zwei- und Dreischichtenfiltern 1:5–6:15–30. Dabei wurde in allen fällen ein Druckverlustanstieg von 0,5 bar gemessen. Diese Verhältniszahlen können nicht auf jede Art und Menge auszufiltrierender Substanzen übertragen werden. Sie zeigen aber deutlich, dass Mehrschichtenfilter in der Praxis zunehmende Bedeutung haben.

Für die Auswahl der Filtermedien stehen verschiedene Methoden und Messverfahren zur Verfügung, die eine Qualifikation ermöglichen. Beispielsweise Mikroskopie, Siebung, Löslichkeit, Dauerhaftigkeit, Dichte, Kugelförmigkeit, Kornzahl, Porenvolumen, Kornoberfläche und Absetzrate eines Filtermediums.

Diese Möglichkeiten einer Qualifikation lassen bereits Rückschlüsse zu auf den Einsatz eines geeigneten Filtermediums für einen bestimmten Anwendungsfall. Die sicherste Methode ist jedoch immer der Pilotversuch, der eine Optimierung zulässt *(Abb. 3)*.

Bei der Ermittlung des optimalen Filterkonzepts sind vier Faktoren zu berücksichtigen: Schichthöhe, Filtrationsgeschwindigkeit, Körnung und Filterlaufzeit.

Abb. 2. Versuchs- und Demonstrationsfilter für die Mehrschichtenfiltration im Seewasserwerk Lengg der Wasserversorgung Zürich



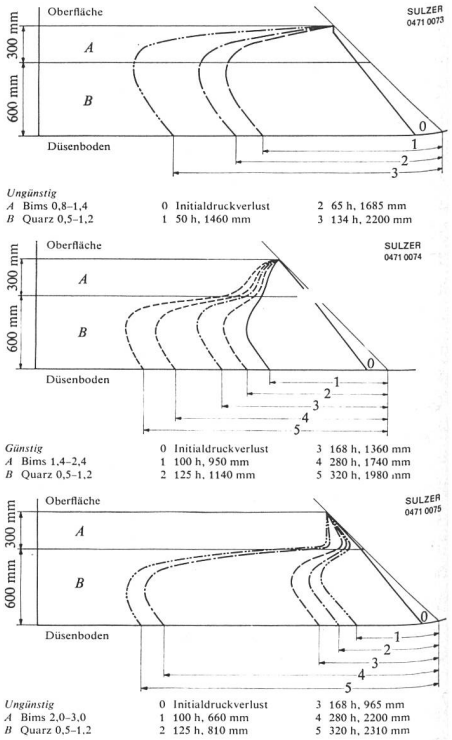


Abb. 3

Aufbau und Regelung

Mehrschichtenfilter haben spezifische Konstruktionsmerkmale. Fast in keinem Fall ist es möglich, einen Einschichtenfilter nur durch Auswechseln des Filtermediums in einem Mehrschichtenfilter zu verwandeln. Wichtigste Voraussetzung für den einwandfreien Betrieb von Mehrschichtenfiltern ist die exakte Reproduzierbarkeit der ursprünglichen Filtermassenschichtung. Dies geschieht durch die Spülung. Eng verknüpft mit den konstruktiven Massnahmen zur Durchführung einer dieser Filterart entsprechenden Spülung sind jene für die Durchsatzregelung.

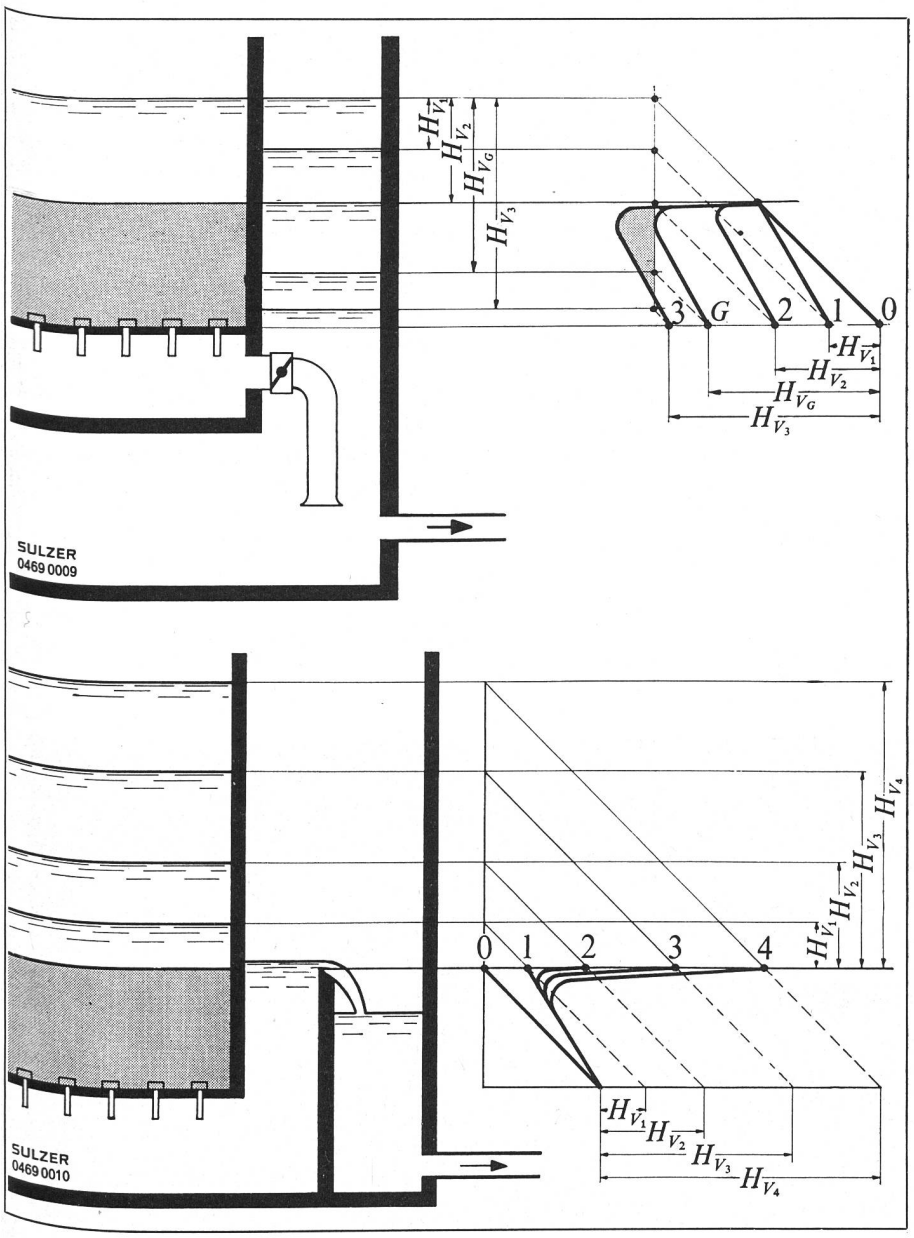
Dafür werden in der Praxis zwei grundsätzlich unterschiedliche Massnahmen getroffen: Auslaufregelung und Überstauregelung. Die Auslaufregelung besorgt ein Drosselorgan am Austritt jeden Filters. Seine Aufgabe besteht darin, während der ganzen Filterlaufzeit die Summe der Druckverluste von Filtermasse und Auslauforgan konstant zu halten. Damit wird bei konstantem Filterüberstau der noch nicht erreichte maximale Druckverlust infolge nur teilweise kolmatierter Filtermasse kompensiert.

Abgesehen von den Investitions- und Unterhaltskosten haben diese Drosselorgane zwei verfahrenstechnische Nachteile.

Unabhängig von ihrer Steuerungsart (hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch) können sie während jeden Regelvorgangs (Öffnen oder Schliessen) Pulsationen hervorrufen. Jede Pulsa-

tion bedeutet kurzzeitige Geschwindigkeitsänderungen innerhalb der Filtermasse, die eine Kontinuität im Ablauf der Transportmechanismen in Frage stellen.
Ausserdem kann innerhalb der Filtermasse eine Unterdruckzone auftreten. Durch den Unterdruck wird im Wasser gelöste Luft frei, die jedoch wegen des in der obern Filterschicht herrschenden Drucks nicht entweichen kann. In der Filtermasse eingeschlossene Luftkavernen erhöhen den Gesamtdruckverlust und begünstigen ausserdem einen Filterdurchbruch.
Abb. 4 veranschaulicht das Prinzip der Überstauregelung und die sich daraus ergebende Druckverteilung innerhalb der Filtermasse. Anstelle eines Drosselorgans hält die dem Filter nachgeschaltete Überlaufkante den Auslaufdruck und damit den Filterdurchsatz konstant. Der Druckverlustanstieg der Filtermasse infolge fortschreitender Kolmatation wird durch ein entsprechendes Ansteigen des Überstauwasserspiegels kompensiert. Dadurch verbleibt die Filtermasse stets im Überdruckbereich. Ausserdem steigt der Überstau stetig, jegliche Gefahr einer Pulsation ist ausgeschlossen. Die Höhe des Überstaus ist ein direktes Mass für den Druckverlust in der Filtermasse, und das Niveau kann zum Auslösen des Spülbefehls benutzt werden.
Ein weiterer Vorteil dieser Anlageart besteht darin, dass ein Schalten der Rohwasserpumpen zu keinem plötzlichen Abbruch oder Wiederanfahren des Filtrationsvorgangs führt. Schaltet das Rohwasserpumpwerk ab, so wird der Überstau verzögernd abfiltriert. Er baut sich bei Wiedereinschalten langsam wieder auf.
Konsequenz der Überstauregelung ist, dass die Filter höher gebaut werden müssen, weil der gesamte Druckverlust als Wassersäule über der Filtermasse aufgebaut wird. Eies trifft jedoch nur für offene Filter zu; bei geschlossenen Betonfiltern genügt ein Standrohr zur Aufnahme der Überstauhöhe.

Abb. 4. Druckverteilung in der Filtermasse: oben Auslaufregelung, unten Überstauregelung
Auslaufregelung mit Oberflächenfiltration; Grenzdruckabfall H_{VG} bei einem Druckabfall von H_{V3} tritt Unterdruck in der Filtermasse auf (gerasterte Fläche); Überstauregelung mit Oberflächenfiltration; die Filtermasse bleibt unter Überdruck



Spülung

Jede körnige Filtermasse ist nach Ablauf der Filterlaufzeit von den angelagerten Verunreinigungen durch Rückspülen zu säubern. Man spült im Gegenstrom, die Verunreinigungen werden also durch das Spülwasser in entgegengesetzter Richtung zur Filtration aus dem Filter geschwemmt.
Den strömungstechnischen und zeitlichen Ablauf eines Spülprozesses bestimmen die konstruktive Gestaltung des Filters, die Art der Filtermasse und die Konsistenz der ausfiltrierten Partikeln. Jede Spülart ist dann gut, wenn zwei Bedingungen erfüllt werden: geringer Spülwasserbedarf und bis auf den Düsenboden vollkommen saubere Filtermasse nach der Spülung. Bei Mehrschichtenfiltern kommt als dritte Bedingung dazu, dass nach Ablauf des Spülprozesses die ursprüngliche Schichtung der unterschiedlichen Filtermassen wiederhergestellt ist.
Als wirksame Massnahme, den Spülwasserbedarf erheblich zu senken, hat sich das Spülen mit Luft bewährt. Zu Beginn der Spülung wird vorerst nur Luft mit Geschwindigkeiten in der Grössenordnung von 75 bis zu 100 /h im Gegenstrom durch die Filtermasse gepresst. Diesen ersten Vorgang bezeichnet man als Aufbrechphase, weil er dazu dient, die gesamte Filtermasse aufzulockern.
In der zweiten Phase (Mischphase) wird parallel zum Luftstrom Spülwasser gefördert. Hier erfolgt eine intensive Verwirbelung und Umschichtung der ganzen Filtermasse. Dies ist der wirkungsvollste Abschnitt des Spülvorgangs. Durch Turbulenz und Aneinanderreiben der Körner werden alle angelagerten Partikeln frei. Während dieser Phase fliesst das Wasser mit einer Geschwindigkeit von 15 bis 30 m/h.

In der dritten Phase (ohne Spülluft) schwemmt schliesslich der verbleibende Wasserstrom die Verunreinigungen aus der Filtermasse.
Spülwasserbedarf ist gleich Schlammwasseranfall. Aus der Sicht des Umweltschutzes ist es unzulässig, das Schlammwasser in den Vorfluter zurückzuleiten. Die gesetzlichen Bestimmungen werden deshalb zunehmend schärfer. Grössere Wasserwerke erstellten aus diesem Grund eigene Anlagen zur Aufbereitung des Schlammwassers, kleinere fördern es zur kommunalen Kläranlage. In beiden Fällen ist man bestrebt, den Schlammwasseranfall möglichst gering zu halten. Diesem Bestreben kommt der Mehrschichtenfilter entgegen. Sein hohes Aufnahmevermögen führt zu geringern Schlammwassermengen mit höherer Schlammkonzentration.
Den drei Phasen einer Schnellfilterspülung ist beim Mehrschichtenfilter eine vierte, die sogenannte Trennphase, anzuschliessen. Die für die Trennung der einzelnen Schichten erforderlichen Wassergeschwindigkeiten variieren dabei in Abhängigkeit des eingesetzten Filtermaterials zwischen 55 und 75 m/h.
Die Konstruktion von Mehrschichtenfiltern muss den spezifischen Betriebsbedingungen angepasst werden. Dies betrifft hauptsächlich die Schlammwasserableitung, bei der zwei Systeme unterschieden werden: die kontinuierliche Schlammableitung während der Spülung und die Aufstauspülung. Die Aufgabe besteht darin, das Schlammwasser vollständig aus dem Filter zu entfernen und dabei kein Filtermaterial auszuschwemmen. Eine kontinuierliche Schlammwasserableitung über Schlammwasserrinnen während der Spülung ist für einen Mehrschichtenfilter wenig vorteilhaft, weil die Rinnen relativ hoch über der Filterschicht angeordnet werden müssten. Die Filtermasse kann sich während der Trennphase erheblich ausdehnen. Deshalb müssen die Rinnen so angeordnet werden, dass kein Filtermaterial abfliesst. Zu tief angeordnete Rinnen dagegen haben den Nachteil, dass gerade die wirksamste Phase der Spülung mit Luft und Wasser relativ kurz sein muss, denn auch hier besteht die Gefahr des Materialaustrags. Umgekehrt erfordern aber zu hoch angeordnete Schlammwasserrinnen sehr grosse Spülwassermengen. Die Schmutzpartikeln müssen nach oben transportiert werden, was nicht nur entsprechende Spülwassergeschwindigkeiten erfordert, sondern auch geraume Zeit dauern kann.
Anders verläuft die Aufstauspülung. Nur knapp über der Filtermasse wird eine Schlammwasserklappe angeordnet. Sie bleibt während der Zufuhr der Spülmedien geschlossen. Die ganze Höhe des Überstauraums steht nun zur Durchführung der Mischphase und dem Schmutzaustrag zur Verfügung. Erst nach dem Absperren der Spülwasserzufuhr wird die Schlammwasserklappe geöffnet und das über der Filtermasse aufgestaute Schlammwasser abgeleitet. Nachdem die Schlammwasserklappe wieder geschlossen wurde, kann die Trennphase eingeleitet werden. Auch jetzt steht der gesamte Überstauraum für das Aufnehmen des Wassers bei vollausgedehnter Filtermasse zur Verfügung. Da der Filter bereits vorher gespült wurde, muss dieser Aufstau jedoch nicht abgeschlämmt werden; er wird abfiltriert und wieder ins Reinwasserreservoir gefördert. Die Aufstauspülung braucht einen ausreichend hoch dimensionierten Überstauraum. Damit aber kann sowohl mit der Überstauregelung als auch mit der Aufstauspülung den Betriebsbedingungen von Mehrschichtenfiltern optimal genügt werden.

Zusammenfassung

Die Mehrschichtenfiltration hat sich bereits in der Praxis bewährt. Zahlreiche ausgeführte Anlagen in verschiedenen Ländern beweisen, dass die Mehrschichtenfiltration und die damit mögliche Flockungsfiltration für die meisten Anwendungsfälle die adäquate Verfahrenstechnik ist. Die Hohe Aufnahmekapazität kombinierter Filtermassen und – damit verbunden – der geringere Schlammwasseranfall versprechen noch zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten in der Wasser- und Abwassertechnik. Ausserdem erleichtert es die hohe Konzentration des Schlammwassers, den erhöhten Anforderungen des Umweltschutzes gerecht zu werden.
Die Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung und auch der Abwasserreinigung ist derart komplex, dass es aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll ist, einzelne Verfahrensstufen getrennt zu beurteilen.

Der Problemlöser für alle Gewässerschutz-Massnahmen im Tanklagerbau

Das Beste im Stahl- und Betonschutz, das wir Ihnen bieten können.

IKUBA

IKUBA AG, Industriegruppe Kunststoffe im Bau
Giselihalde 3, Postfach 20, 6000 Luzern 15, Telefon 041/311166
Gurit-Essex AG, Dr. Mäder–Imerit, Oleag AG, Pechigaz SA, Sarna Kunststoff AG