

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 80 (1988)
Heft: 3-4

Artikel: Eine Ölsperre im Rhein
Autor: Kupper, Erwin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940699>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

Eine Ölsperre im Rhein

Erwin Kupper

Als vor über 150 Jahren die industrielle Revolution begann, dachte noch niemand an die Umwelt. Umwelt war gleich Natur, und die war einfach da. Erst mit den Umweltschäden entwickelte sich auch das Umweltbewusstsein und damit der Umweltschutz. Umweltschäden begegnen uns heute in vielfacher Form und in jeder Dimension. Die Gewässerverschmutzung durch Öl ist eine dieser Formen, die uns, die wir mit Wasser zu tun haben, besonders trifft.

Ende der siebziger Jahre entschloss sich das Amt für Gewässerschutz und Wasserbau (AGW) des Kantons Zürich, mobile Ölsperren für die wichtigsten Fließgewässer des Kantons anzuschaffen. Da mit einer Sperre im Stauraum Eglisau neben dem Rhein auch die Flüsse Töss und Thur erfasst werden konnten und dieser Stauraum ausserdem die letzte Gelegenheit darstellt, im Kanton Zürich noch eine Ölsperre zu errichten, konzentrierte sich das Interesse des AGW vorerst auf dieses Gebiet.

In der Folge wurde eine mobile, sogenannte Ecran-Sperre von 100 m Länge angeschafft. Diese war französischer Herkunft und bestand aus einem Kunststoffband von rund 50 cm Höhe, in das im Abstand von einem Meter senkrechte Kunststoffleisten eingenäht waren. Das Ganze war zwischen zwei Stahlseilen eingespannt. Die Versuche mit dem Einbringen dieser Sperre verliefen jedoch wenig ermutigend, kippte diese doch schon bei einer Fließgeschwindigkeit des Wassers von 0,5 m/s. Diese Fließgeschwindigkeit wird im Stauraum Eglisau bereits bei normaler Wasserführung erreicht. Jahrelang versuchte man, die angeschaffte Sperre durch allerlei Tricks doch noch nutzbar zu machen, was jedoch nicht gelang. Ende 1985 gab man die Sache auf.

Inzwischen war die Firma Wagner Umweltschutz AG in Gottlieben mit einer neuartigen mobilen Ölsperre auf den Markt gekommen. Diese sogenannte Rhin-Rhone-Sperre, ebenfalls ein französisches Produkt, wurde erstmals im April 1986 versuchsweise im Stauraum Eglisau ausgelegt. Diese Sperre erwies sich von Anfang an als Erfolg, bleibt sie doch bei Fließgeschwindigkeiten von über 2 m/s stabil. Solche Fließgeschwindigkeiten werden im Stauraum

Eglisau nie erreicht. Allerdings ist bei Fließgeschwindigkeiten von über 1 m³/s (entsprechend einer Wasserführung von 1000 m³/s und mehr) die Schwemmstoffführung des Rheins beim Kraftwerk Eglisau bereits so gross, dass an einen Einsatz der Sperre nicht mehr zu denken ist.

Die Sperre besteht aus zylinderförmigen Kunststoffkörpern von rund 20 cm Durchmesser, die mit einer Kunststoffhülle umgeben sind. Die Kunststoffhülle läuft nach unten in eine etwa 40 cm tiefe Schürze aus. Das Ganze wird durch zwei verzinkte Stahlseile, die zudem mit Kunststoff umgeben sind, gehalten.

Die Sperre Eglisau hat eine Länge von 230 m und ist auf einem Haspel aufgewickelt, der seinerseits auf einem Anhänger montiert ist. Auf der Schweizer Seite wurde durch das AGW am Ufer eine Metallplattform mit Zugangstreppe erstellt, an der die Sperre befestigt ist und das Öl abgesaugt werden kann. Auf der deutschen Seite erfolgt die Befestigung an einem Pfahl, der rund 40 m vom Ufer entfernt im Fluss eingerammt wurde. Damit ist ein freier Durchgang für die Schifffahrt gewährleistet. Da sich die Sperre an der Aussenseite einer Flusskrümmung befindet, ist der Sperreffekt trotzdem vollständig.

Für die Unterbringung des Anhängers wurde von den Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, NOK, beim Kraftwerk Eglisau in unmittelbarer Nähe des Einsatzortes eine Remise erstellt und dem Kanton Zürich vermietet. Ausgelegt wird die Sperre durch die Ölwehr der Feuerwehr Eglisau unter Zuhilfenahme des grossen Plattformschiffs «Walross» mit 100-PS-Schottelantrieb der NOK, bedient wird sie durch das Personal des Kraftwerks Eglisau. Das angeschwemmte Öl wird durch ein Spezialtankfahrzeug von mehreren tausend Litern Fassungsvermögen der kantonalen Seepolizei vom Land her abgesaugt und abgeführt.

Die Eglisauer Ölsperre ist im vergangenen Juni im Rahmen eines kleinen Festaktes offiziell in Betrieb genommen worden.

Adresse des Verfassers: Erwin Kupper, Betriebsleiter, Kraftwerk Eglisau.

Schriftliche Fassung eines Vortrages, den der Verfasser am 2. Juli 1987 an der Betriebsleiterversammlung des Verbandes Aare-Rheinwerke gehalten hat. Der Redaktion des «Steckdose – NOK» danken wir für die Abdruckgenehmigung des in Heft 4/1987, Seite 16, erschienenen Textes.

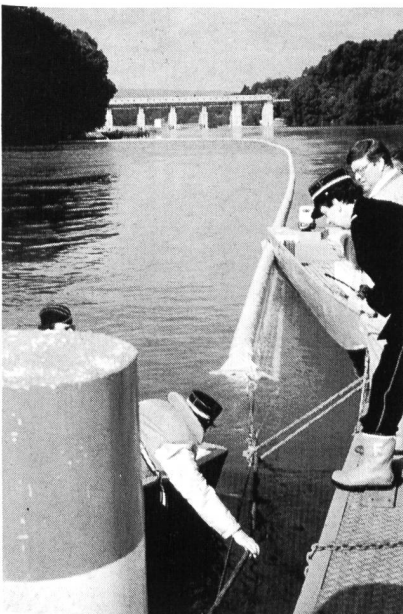
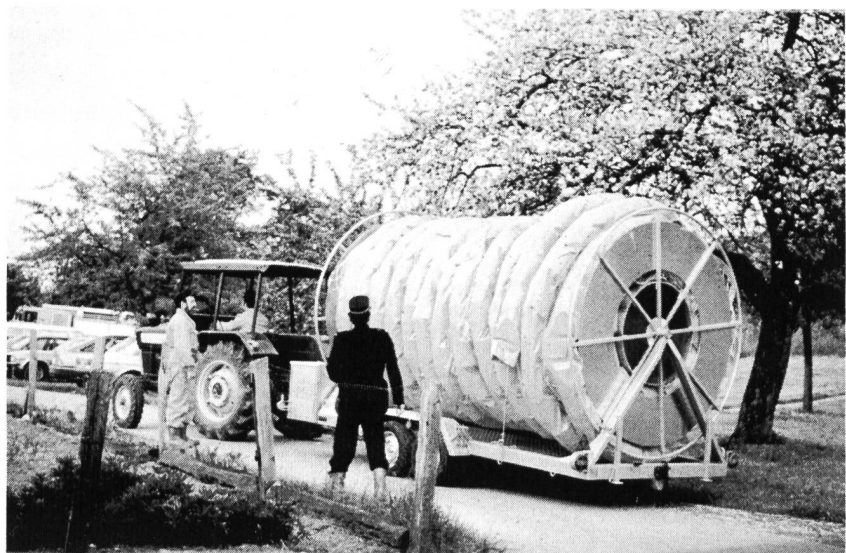


Bild 1, links. Die im Stauraum Eglisau ausgelegte Ölsperre. Bild 2, rechts. Die 230 m lange Sperre ist auf einem Haspel aufgewickelt, der seinerseits auf einem Anhänger montiert ist.



Flockungs- und Biofiltration

Felix Rey und Henry Gros

Die Filtration gehört zu den klassischen Verfahren der Wasseraufbereitung und wird seit langem für die Trink- und Industrierwasseraufbereitung eingesetzt. In den letzten Jahren wurden auch in der Abwassertechnik verschiedene Filtrationsverfahren eingeführt. Je nach Anforderungen an die Einleitwerte wird in der weitergehenden Abwasserreinigung eine Filtration oder eine Flockungsfiltration nötig. Neueste Entwicklungen gehen in Richtung biologisch aktiver Filtration, bei der neben der Feststoffabtrennung auch ein biologischer Abbau organischer Verunreinigungen im Vordergrund steht. Im folgenden werden die Leistungsunterschiede von konventioneller Filtration, Flockungsfiltration und Filtration mit intensivierter biologischer Aktivität aufgezeigt.

1. Mechanisch konventionelle Abwasserfiltration

Das Verfahren hat vorwiegend zum Ziel, die aus einer Nachklärung abtreibenden Schlammflocken und andere schlecht absetzbare Stoffe abzuscheiden. Als Filtermedien werden im allgemeinen inerte, unporöse Materialien wie Kies, Quarzsand oder Anthrazite mit Korngrößen von 1 bis 4 mm verwendet. Je nach eingesetzten Schichthöhen spricht man von Oberflächen- oder Raumfiltration. Diese Schichthöhen variieren zwischen 80 und 200 cm. Längere Laufzeiten werden erreicht, wenn man eine Filtrationswirkung in der Tiefe der Filterschicht erreicht. Man spricht dann von Raumfiltern. Diese werden meist als Zwei- oder Mehrschichtfilter ausgelegt. Solche konventionelle Abwasserfilter führen zu Restschwebstoffgehalten von 3 bis 5 mg/l bei den üblichen Filtrationsgeschwindigkeiten von 5 bis 15 m/h und, falls die Anlage mit einer dritten Stufe versehen ist, zu Phosphat-Ablaufwerten um 0,5 mg/l. Die Elimination an gelöstem CSB beträgt bestenfalls 10 bis 15%.

2. Flockungsfiltration

Eine neuere Anwendung in der weitergehenden Abwasserreinigung ist der Betrieb von Abwasserfiltern mit Flockungsmittelzugabe. Durch die Zugabe von mehrwertigen Metallsalzen (Fe, Al) agglomerieren kolloidal gelöste und zum Teil gelöste Verunreinigungen zu filterbaren Teilchen. Die Ziele dieser weitergehenden Abwasserreinigung sind primär Phosphat- und Schwebstoffelimination sowie eine erhöhte Elimination der gelösten Stoffe. Vergleichende Pilotversuche zeigten die Leistungsunterschiede von konventioneller und Flockungsfiltration.

Die Flockungsfiltration führt zu wesentlich tieferen Restkonzentrationen der in Tabelle 1 aufgeführten Parameter. Die erhöhten Eliminationsleistungen sind auf die Koagulation von kolloidal gelösten Stoffen und auf die Adsorptions-

Tabelle 1. Durchschnittliche Eliminationsleistungen für konventionelle und Flockungsfiltration (2 mg/l Fe). Pilotversuche Kläranlage Winterthur [4].

	konventionelle Filtration			Flockungsfiltration		
	Zulauf	Filtrat	Elimin. %	Zulauf	Filtrat	Elimin. %
CSB (mg O ₂ /l)	44	36	18	65	38	41,5
SS (mg/l)	13	4	69	16,2	2,6	84
P (mg/l)	0,65	0,45	31	1,1	0,25	77

fähigkeit der lockeren Hydroxidflocken zurückzuführen. Besonders markant sind die erhöhten CSB-Eliminationen, die durch eine Flockungsfiltration erreicht werden. Dies lässt sich anhand des Quotienten aus reduziertem CSB (Δ CSB) und eliminiertes Menge Schwebstoffe (Δ SS) zeigen. Die Durchschnittswerte in Tabelle 1 wie die meisten Einzelwertepaare ergaben die Verhältnisse für konventionelle Filtration Δ CSB/ Δ SS = 1, für die Flockungsfiltration Δ CSB/ Δ SS = 2.

Diese Ergebnisse wurden in der Flockungsfiltration der Kläranlage Richterswil bestätigt, obwohl die CSB-Konzentrationen im Filterzulauf sehr gering sind. Für CSB-Zulaufkonzentrationen <30 mg O₂/l liegen die Δ CSB/ Δ SS-Verhältnisse um 1,5, bei höheren Zulaufkonzentrationen um 2,5.

Der meist geringe Sauerstoffgehalt im Filterzulauf erlaubt nur eine geringe aerobe Aktivität in den obersten Zentimetern eines Filterbettes. Untersuchungen der Flockungsfiltrationsanlage in Bern haben gezeigt, dass auch nach einer optimalen Filterspülung eine Biomassekonzentration von 1 bis 2% am Filterkorn festsetzt (Bild 3). Wie die durchschnittlichen Zu- und Ablaufwerte der Anlage in Bern zeigen, ist eine anoxische Aktivität (Denitrifikation) für die Biomasseproduktion und für den hohen Eliminationsgrad an DOC in den oberen Filterschichten verantwortlich (Tabelle 2).

Die Flockungsfiltrationsstufe ermöglicht es oft, dass durch eine Nitrifikations- resp. Denitrifikationswirkung die Einhaltung des tief angesetzten NO₂-N-Grenzwertes gewährleistet wird (CH: 0,3 mg NO₂-N/l). Erhöhte NO₂-N-Konzentrationen werden vor allem bei teilnitrifizierenden Biologien gemessen.

Die Optimierung der Medienwahl, der Rückspültechnik und die Versorgung des Filters oder des Filterzulaufs mit Sauerstoff führen zu einer Filtration mit erhöhter biologischer Aktivität.

Tabelle 2. Durchschnittswerte von Zulauf und Auslauf der Flockungsfiltration der Kläranlage Bern Neubrücke [6].

	Auslauf NK (n = 24)	Auslauf Filter (n = 24)
BSB ₅ mg O ₂ /l	13,0 ± 6,1	3,3 ± 2,4
DOC mg O ₂ /l	8,1 ± 1,4	5,6 ± 1,2
SS mg/l	17,8 ± 7,2	5,1 ± 2,2
NO ₂ -N mg/l	0,43 ± 0,12	0,15 ± 0,13
NO ₃ -N mg/l	3,35 ± 0,44	2,27 ± 1,05
P _{tot} mg/l	0,55 ± 0,16	0,10 ± 0,05

Bild 1. Schematische Darstellung eines Abwasserfilters [5].

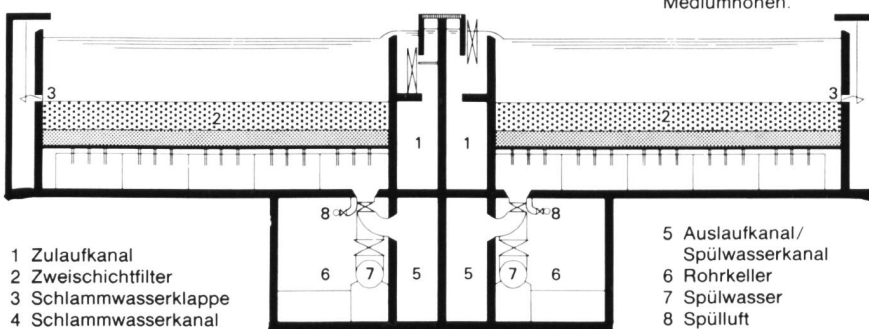
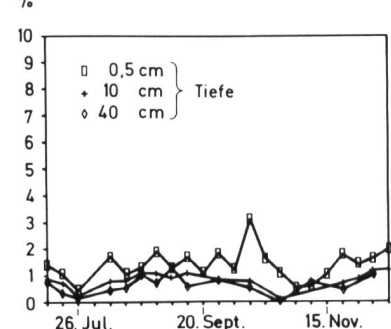


Bild 3. TS am Filterkorn mit optimierter Spülung in verschiedenen Mediumhöhen.



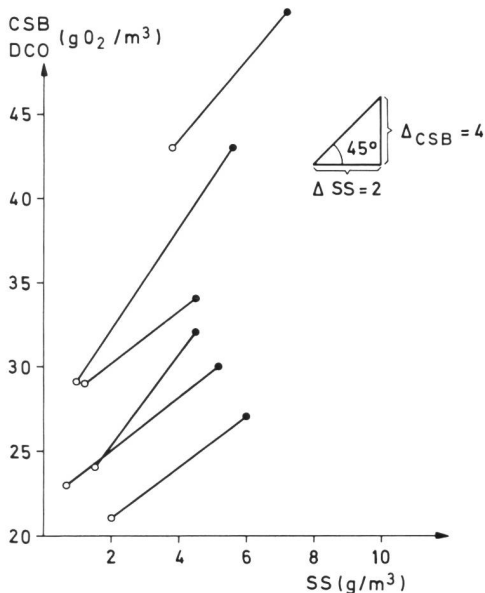


Bild 2. Darstellung der CSB-SS-Wertepaare am Eingang und am Ausgang der Flockungsfiltrationsanlage Richterswil [1].

3. Biofiltration

Neuere Entwicklungen der Abwasserfiltration gehen in Richtung Filtration mit intensiver biologischer Tätigkeit. Hochporöse Filtermedien mit grosser innerer Oberfläche, die zur Adsorption und Chemisorption fähig sind, erlauben die Ansiedlung von Mikroorganismen, die auch durch eine Filterspülung nicht ausgewaschen werden. Als Filtermedien eignen sich neben Aktivkohle auch Bims und geblähte Tonminerale. Durch die Versorgung des Filterbettes oder des Filterzulaufs mit Sauerstoff lässt sich die aerobe Zone über einen grossen Bereich des Filters ausdehnen. Für die Sauerstoffzugabe ergeben sich folgende Möglichkeiten [2]:

- Vorbegasung (Luft oder Reinsauerstoff) des Filterzulaufs, evtl. mit Teilrückführung des Filtrats
- direkte Begasung vom Filterboden oder von einem Zwischenboden aus
- Trockenfiltration, bei der das Wasser über dem Filter verregnet wird und Luft im Gleich- oder Gegenstrom durchgedrückt wird.

Sulzer hat verschiedene Pilotversuche zur Untersuchung der Eignung von Biofiltern als biologische Teil- und Hauptstufe durchgeführt [3], [7].

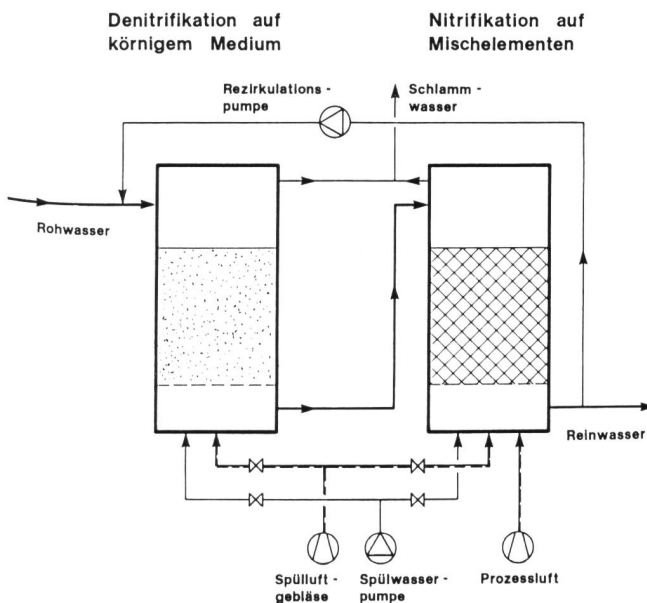


Bild 4. O₂-Profile nach verschiedenen Filterlaufzeiten.

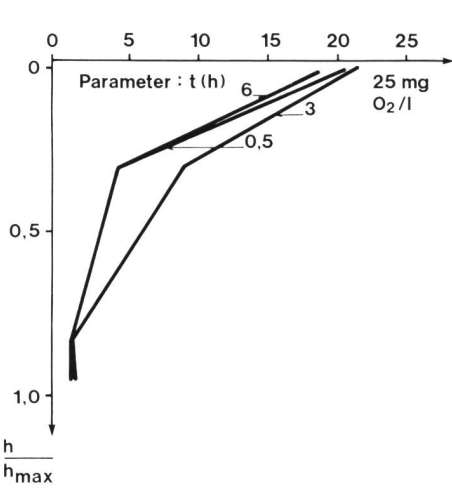
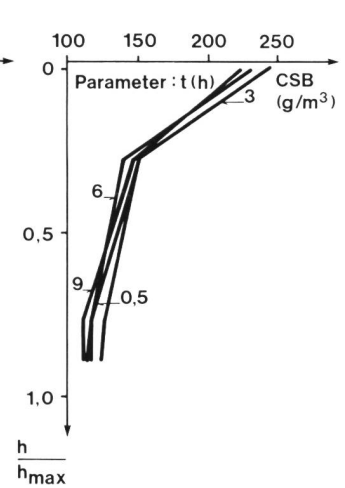


Bild 5. CSB-Profile nach verschiedenen Filterlaufzeiten.



3.1 Biofiltration als biologische Teilstufe

Das geklärte Abwasser einer kommunalen Kläranlage mit einer hochbelasteten Biologie wurde mittels Biofiltration im Pilotmassstab gereinigt. Der Filterzulauf wurde mit Reinsauerstoff begast, womit Anfangskonzentrationen von ~25 mg/l O₂ erreicht wurden. Parallelversuche mit verschiedenen Aktivkohlesorten und/oder porösen Medien erlaubten es, nach dem Abklingen ihrer Adsorptionseigenschaften ihre Eliminationsleistungen und Eignung für die Biofiltration zu ermitteln. Die Pilotversuche haben gezeigt, dass nach Reinsauerstoffzugabe Eliminationsleistungen von 2 kg CSB/m³d erreicht werden. Die ermittelten O₂-Zehrungen liegen um 0,5 kg O₂/kg BSB. Bei einer mittleren Beladung der Filter von 2 bis 4 kg TS/m³ ergibt sich somit, wenn man sie auf die zurückgehaltene bzw. gebundene Biomasse bezieht, eine mittlere Schlammbelastung von 1 bis 1,5 kg BSB/kg TS d, was mit einer stark belasteten Belebtschlammbiologie vergleichbar ist. Noch bessere Eliminationsleistungen wurden mit gleichzeitiger Flockungsmittelzugabe erreicht (Bio-Flockungsfiltration, Tabelle 3).

Die Versuchsergebnisse zeigten, dass durch eine biologisch aktivierte Filtration neben einer sehr guten Feststoffabtrennung eine wesentliche Erhöhung des CSB resp. CSB_{gelöst}-Abbaus erreicht werden kann. Die CSB-Elimi-

Bild 6, links. Schematische Darstellung der zweistufigen Biofiltration als biologische Hauptreinigungsstufe.

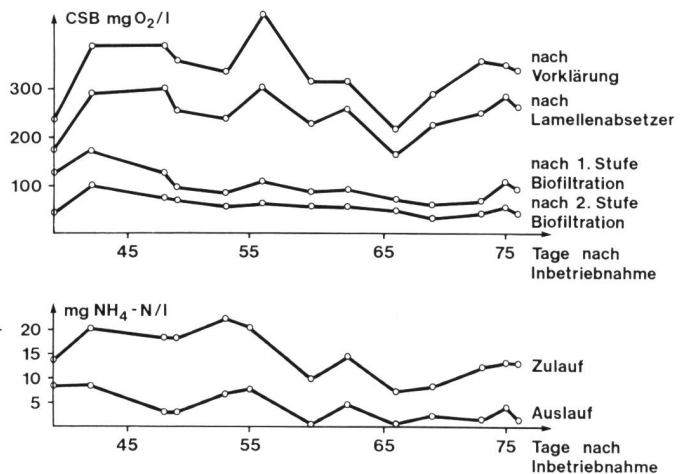


Bild 7. CSB- und NH₄-Konzentrationen nach verschiedenen Behandlungsstufen.

Tabelle 3. Mittlere Eliminationsleistungen der Pilotversuche für Biofiltration und Bio-Flockungsfiltration.

	Biofiltration			Bio-Flockungsfiltration		
	Zulauf	Filtrat	Elimin. %	Zulauf	Filtrat	Elimin.%
CSB (mg O ₂ /l)	132	71	46	115	49	57
CSB _{gel} (mg O ₂ /l)	95	61	39	80	46	43
SS (mg/l)	26	5,4	79	26,4	1,0	96

nationsleistungen, die mit Filtrationsgeschwindigkeiten von 6 bis 10 m/h erreicht wurden, sind für ein schwer abbaubares Abwasser (CSB/BSB₅ ~ 4) sehr beachtlich.

Die O₂-Profile in Bild 4 veranschaulichen die gute Ausnützung des Filterbettes für die aerobe Aktivität.

Die CSB-Profile in Bild 5 zeigen, dass die grössten Abbauleistungen bereits unmittelbar nach der Spülung erreicht werden und mit zunehmender Beladung des Filters nicht abnehmen.

Wie andere Trägerbiologien bietet auch ein Biofilter für langsam wachsende Mikroorganismen (Nitrifikanten und andere Spezialisten) enorme Vorteile, da trotz sehr kurzen Reaktionszeiten ein hohes Schlammalter erreicht werden kann, was in Belebungsbecken nur mit grossen Aufenthaltszeiten zu realisieren ist. Dies ist ein wichtiger Grund für die hohen CSB_{gelöst}-Abbauraten von mehr als 40% dieses schwer abbaubaren Abwassers.

3.2 Biofilter als biologische Hauptreinigungsstufe

Da die biologische Aktivität eines Biofilters meist durch den maximal möglichen Sauerstoffeintrag limitiert wird, sind diese Verfahren eher für schwach belastete Abwässer geeignet. Pilotversuche auf einer ARA, die mit wenig Industrieabwasser beliefert wird, zeigten, dass die biologische Reinigungsstufe mit Nitrifikation durch ein zweistufiges Biofiltrationssystem ersetzt werden könnte (Bild 6).

Das Rohwasser wurde dem Ablauf der Vorklärung entnommen und dem ersten unbelüfteten Biofilter zugeführt. Das Filtrat wurde in den zweiten, im Gegenstrom belüfteten Reaktor geführt. Zur Versorgung des ersten Filters mit Sauerstoff wurde ein Teil des behandelten, nahezu O₂-gesättigten Wassers in die erste Stufe recycelt. Das in der zweiten, nitrifizierenden Stufe gebildete Nitrat kann in der ersten Stufe für einen anoxischen Abbau (Denitrifikation) des gelösten organischen Kohlenstoffs ausgenutzt werden.

Die in Bild 7 dargestellten Abbauleistungen wurden mit einer Gesamtaufenthaltszeit von 2,5 bis 3,5 h erreicht. Die Schwebstoffkonzentrationen im Auslauf des Systems lagen zwischen 6 und 10 mg/l. Dieses Verfahren ist einerseits aus wirtschaftlicher Sicht interessant, da der eingetragene Sauerstoff ein erstes Mal für die Oxidation des Ammoniums zu Nitrat und ein zweites Mal für die Oxidation des organischen Kohlenstoffs verwendet wird. Andererseits wird die Nitratkonzentration im gereinigten Abwasser durch die im Biofilter vor sich gehende Denitrifikation verringert. Die für den aerob/anoxischen Abbau notwendige Aufenthaltszeit ist in dieser zweistufigen Biofiltrationsanlage deutlich kleiner als in konventionellen nitrifizierenden Belebungsbecken mit Nachklärbecken.

Gegenüber der Flockungsfiltration bedingt die Biofiltration neue Filtrationsparameter:

- Medien, Körnung und Höhe der verschiedenen Filterschichten,
- Filtrations- und Spülgeschwindigkeiten,
- evtl. Mess- und Regelsystem für die Sauerstoffversorgung.

Biofilter als Nitrifikationsstufe

Da für die Oxidation von 1 mg NH₄-N theoretisch 4,6 mg O₂ nötig sind, beobachtet man in Abwasserfiltern nur geringe Eliminationsleistungen (~0,5 bis 2 mg NH₄-N/l). In den aeroben Zonen vor Abwasserfiltern wurden Nitrifikationsleistungen von 0,2 kg N/m³d gemessen [4]. Für die in kommunalen Abwässern üblichen Ammoniumkonzentrationen (10 bis 30 mg NH₄-N/l) ist eine vollständige Nitrifikation nur mit direkt begasteten Systemen zu erreichen.

Wie Biofilter gehören auch Tauchkörper zu den Reaktoren mit trägergebundener Biomasse. Die Verwendung von Mischelementen [8], die sich als Träger in der autotrophen Denitrifikation von Trinkwasser bereits bewährt haben, ergibt im praktischen Einsatz für die Nitrifikation folgende Vorteile:

- einen guten Stofftransport gas-flüssig und eine gute Verteilung auf die zugängliche Oberfläche,
- die Möglichkeit einer Spülung des Reaktors, um überschüssige Biomasse zu entfernen,
- hohe Ammoniumeliminationsleistungen,
- mögliche Kombination mit körnigen Medien.

4. Ausblick

Die Resultate von Grossanlagen und die verschiedenen Pilotversuche mit biologisch aktiven Filtern haben neue sinnvolle Anwendungen aufgezeigt. Durch gezielte Optimierungen und Anpassung der Filtrationsparameter und der Sauerstoffversorgung kann der Einsatz von Biofiltern berechtigt sein. Die Vorteile dieser Verfahren sind die biologische Reinigung und die Feststoff- resp. Biomasseabtrennung in einem System.

Gegenüber Belebtschlammbiologien erlaubt die Biofiltration kürzere Reaktionszeiten dank hoher Biomassekonzentration und grossen Stoffaustauschflächen. Kombiniert mit einer Flockungsfiltration oder in mehrstufigen Prozessen ergeben sich vielfältige neue Anwendungsmöglichkeiten in der Abwassertechnik, die den bekannten Verfahren bezüglich Investitions- und Betriebskosten, aber auch punkto Betriebssicherheit je nach Problemstellung überlegen sind.

Literatur

- [1] H. Gros: Spezielle Aspekte der Filtrationstechnik: Spülung, Erweiterung der Aufgabenstellung. VSA-Fachtagung Zürich (1982).
- [2] W. Firk, K. Hibbeln, K. Nomura: Untersuchungen zum Einsatz der biologisch intensivierten Filtration als zweite biologisch/physikalische Reinigungsstufe nach unterschiedlich belasteten Belebungsstufen. Vortrag der 17. Essener Tagung 1984.
- [3] H. Gros, J. Witow: Weitergehende Abwasserreinigung durch Biofiltration. Interner Bericht Sulzer (1981).
- [4] H. Gros, H. Bischofberger, M. Haller: Flockungsfiltrationsversuche in der ARA Hard. Offizieller Bericht für das Tiefbauamt Winterthur (1981).
- [5] H. Gros, J. Moser: Flockungsfiltration als vierte Reinigungsstufe der Kläranlage Werdhölzli (Zürich). «Schweizer Ingenieur und Architekt» 51/52, 1983.
- [6] M. Boller, J. Eugster: Untersuchungsbericht zur Inbetriebsetzung der Flockungsfiltrationsanlage Bern Neubrück. EAWAG (1985).
- [7] F. Rey: Biologische Abwasserreinigung mit Trägerbiologien. Interner Versuchsbericht Sulzer 1985.
- [8] H. Gros: Verfahrenstechnik in der biologischen Wasser- und Abwassertechnik. «Swiss Biotech» 1983 Nr. 4.

Adresse der Verfasser: Felix Rey, Chemiker HTL, Abteilung Forschung und Entwicklung, und Dr. Henry Gros, dipl. Ing. ETH, Leiter der Abteilung Projektierung und Verkauf, Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Produktbereich KA-Wasser- und Abwassertechnik, CH-8401 Winterthur.

Schriftliche Fassung eines Vortrages im Rahmen des Kolloquiums «Biologisch aktive Filter in der Abwasserreinigung» an der Technischen Universität Hamburg-Harburg vom 15. Mai 1986.