

Abwasserreinigung mit naturnahen Kleinkläranlagen

P. Schudel, Liestal

Einleitung

Unter dem Begriff naturnah werden in der Regel folgende extensive Abwasserreinigungs-Verfahren zusammengefasst:

- Sandfilter
- bepflanzte Sand- und Bodenfilter
- Abwasserteiche

Naturnahe Abwasserreinigungsanlagen dienen zur Klärung des Abwassers von einzelnen Gebäuden oder kleinen Gebäudegruppen (Höfe, Ferienhäuser, Restaurants), die nicht an eine Kanalisation angeschlossen werden können. Sie können je nach Dimensionierung das anfallende Abwasser von einigen bis mehrere hundert Personen reinigen. Entsprechend dem revidierten Gewässerschutz-Gesetz von 1992, tragen kleine Kläranlagen im ländlichen Raum dazu bei, lokale Wasserkreisläufe zu schliessen.

Alle Verfahren müssen mit einer mechanischen Vorreinigung (Emscherbrunnen oder Abwasserfaulräume) ausgerüstet sein, die es ermöglicht, den anfallenden Faulschlamm vorschriftsgemäss zu entsorgen.

Die Flächenbeanspruchung der einzelnen Verfahren ist sehr unterschiedlich. Während Sandfilter relativ kompakt gebaut werden können ($< 2 \text{ m}^2/\text{EGW}$), beanspruchen Pflanzenfilter meist etwa 5 m^2 Fläche je Einwohnergleichwert (EGW) und Abwasserteiche müssen mindestens $10 \text{ m}^2/\text{EGW}$ aufweisen, wenn die vorgeschriebenen Qualitätsziele des Kläranlagenablaufs erreicht werden sollen.

Die Übergänge zwischen diesen Systemen sind oft fließend. So werden Sand- und Pflanzenfilteranlagen z. B. mit Teichen kombiniert (Schönungsteiche), oder Teichanlagen mit horizontal durchströmten Pflanzenfiltern. Die Verfahren haben aber eine Gemeinsamkeit: Sie weisen als Filter oder als Teich eine relativ grosse Pufferkapazität bezüglich Zulaufschwankungen auf. Gegenüber Tropfkörpern haben sie den Vorteil, dass sie ohne elektrische Energie betrieben werden können, da sie nicht in kurzen Zeitabständen beschickt werden müssen, also Zulaufunterbrüche während Stunden, oder sogar Tagen ertragen. In naturnahen Anlagen wird Wasser immer zwischengespeichert. Es besteht deshalb keine Austrocknungsgefahr für eine biologisch aktive Zone. Diese Kleinkläranlagen brauchen in der Regel auch nur eine geringe Wartung.

Sandfilter-Kleinkläranlagen

Sandfilterkläranlagen sind nicht neu. Die ältesten Anlagen gab es in den USA schon vor über achtzig Jahren. Zwischen den verschiedenen Sandfiltertypen bestehen jedoch sehr grosse Unterschiede. In Deutschland gab es beispielweise unterirdische Sandfiltergräben, die in einer sog. DIN-Norm (DIN 4261) beschrieben wurden. Diese Sandfiltergräben haben sich nicht bewährt, da sie in der Regel nach wenigen Jahren verstopften. Dies könnte der Grund sein, dass Sandfiltersysteme in Deutschland bis heute kaum beachtet werden.

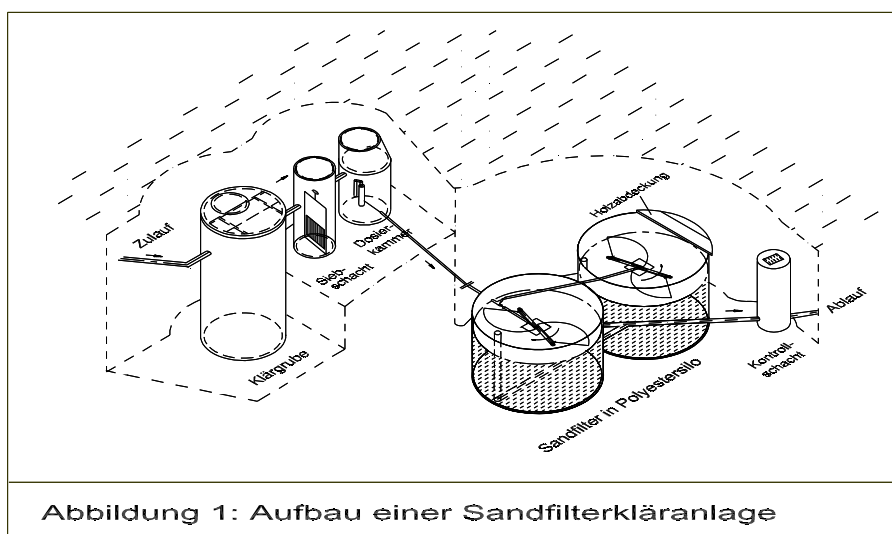
In den USA und in Skandinavien hingegen wurden die Sand- und Bodenfilter weiter entwickelt. In den USA sind die sogenannten "intermittent sand filters" für die Abwasserreinigung im ländlichen Raum eine häufig angewendete Technik. In Holland wurden entsprechende Anlagen getestet. Diese wiesen jedoch Mängel auf, weil sie z.B. nicht abgedeckt und deshalb durch Blätter im Herbst oder durch Schnee im Winter beeinträchtigt wurden.

Die in der Folge beschriebenen Sandfilter-Kleinkläranlagen wurden von der Firma SYMBO GmbH in den letzten fünfundzwanzig Jahren für die Verhältnisse in der Schweiz erheblich weiterentwickelt.

Sandfilter-Klärsysteme

Sandfilter-Kleinkläranlagen weisen drei Stufen auf (Abb. 1):

- Vorklärstufe mit mindestens einem Vorklärbecken (mechanische Reinigung),
- Dosiereinrichtung zur intervallweisen Beschickung des Filters
- Sandfilter als biologische Reinigungsstufe



Mechanische Vorreinigung

Eine einwandfreie mechanische Vorreinigung ist Voraussetzung für Sandfilterkläranlagen. Sie können sowohl mit Faulgruben als auch mit einem Emscherbrunnen ausgerüstet sein, wobei eine ausreichende Aufenthaltszeit des Abwassers in den Vorklärbecken notwendig ist (mindestens 12 Stunden).

Dosiereinrichtung

Mit einer intermittierenden Beschickung der Sandfilter konnte in den USA die Ablaufqualität dieser Anlagen ganz wesentlich verbessert werden. Dem Sandfilter wird zwischen den Beschickungsintervallen die Möglichkeit gegeben, sich zu entwässern. Das abfliessende Wasser zieht in der Folge durch Kapillarwirkung Luft nach, was eine regelmässige Versorgung des Filters mit Sauerstoff ermöglicht, sodass der biologische Abbau im Filter dadurch hauptsächlich aerob erfolgt. Die Intervallbeschickung erfolgt häufig mit einem Saugheber. Die Anlage funktioniert dann dank Ausnützung der Gravitation meist ohne elektrische Energie.

Sandfilter

Grundsätzlich werden drei vertikal durchströmte Sandfiltertypen, unterschieden, die bezüglich ihrer Flächenbelastungs-Kapazität sehr unterschiedlich sind (Tabelle 1).

Unterirdische Sandfilterkläranlagen wurden bereits umfassend untersucht und andernorts ausführlich beschrieben (Schudel und Leibundgut, 1988, Boller et. al, 1993). Trotzdem gibt es in der Schweiz nur wenige derartige Anlagen, wahrscheinlich weil sie relativ viel Platz beanspruchen (Kosten) und langfristig eine gewisse Verstopfungsgefahr besteht, die nur mit grossem Aufwand wieder behoben werden könnte.

Frei zugängliche Sandfilter-Kleinkläranlagen werden hydraulisch und organisch wesentlich höher belastet als unterirdische Sandfilter. Sie müssen einen freien Zugang zum Filter aufweisen, damit das vorgereinigte Abwasser auf der Filteroberfläche möglichst gleichmässig verteilt und das Verteilersystem problemlos gewartet werden kann. Sie können auch mit einer Rezirkulation ausgerüstet werden. Dies ist z.B. dann sinnvoll, wenn der Filter infolge starker Zuflussschwankungen vorübergehend möglichst hoch belastet werden muss. Eine Rezirkulationsrate von 1 : 1.5 ist meist ausreichend. Rezirkulation kann die bakterielle Belastung des Ablaufs aus einer Sandfilteranlage stark senken, so dass bei Versickerung allenfalls genutztes Grundwasser (z.B. im Karstgebiet des Jura) besser geschützt wird. Zudem wird der Ammonstickstoff weitgehend und zuverlässig eliminiert.

Tabelle 1: Sandfiltertypen

Typ	US.Bezeichnung	Flächenbedarf ca.
Unterirdische Sandfilter	buried intermittent sand filter	5 - 6 m ² /EGW
Frei zugängliche Sandfilter	free access intermittent s. filter	1.8 - 2.2 m ² /EGW
Sandfilter mit Rezirkulation	recirculating intermittent s. filter	1.5(?) - 2 m ² /EGW

Filteraufbau und Dimensionierung

Die vertikal durchstömten Filter müssen mindestens 70 cm mächtig sein. Der relativ grobkörnige Sand liegt auf einer feinen Kiesschicht, die verhindert, dass der Sand den Entwässerungsbereich am Filtergrund verstopft. Die richtige Wahl des Filtermaterials ist für eine einwandfreie Ablaufqualität ausschlaggebend. Das gereinigte Abwasser wird mit Drainageleitungen in einen Kontrollschacht und anschliessend in die Umwelt abgegeben.

Die Reinigungsprozesse im Sandfilter sind vielschichtig. Die Sandfilter können deshalb auch sehr verschieden gebaut werden. Die einzelnen Teile müssen aber gut aufeinander abgestimmt sein, wenn ein zuverlässiger Dauerbetrieb garantiert werden soll. Tabelle 2 enthält die wichtigsten Kriterien, die bei der Planung einer Anlage beachtet werden müssen. Frei zugängliche Sandfilter können mit bis zu etwa 180 Liter, mit Rezirkulation bis über 200 Liter pro Quadratmeter belastet werden. Hohe Belastungen sind nur möglich, wenn das Abwasser gleichmässig auf der ganzen Filteroberfläche verteilt wird.

Betrieb und Wartung

Beim Betrieb gelangt das der Anlage zugeführte Abwasser von den Vorklärbecken über eine Dosiereinrichtung zum Sandfilter, sickert durch diesen hindurch und gelangt danach gereinigt in die Umwelt (offenes Gewässer, Versickerung). Die mit dem vorgereinigten Abwasser zum Sandfilter gelangenden, gelösten organischen Stoffe, werden im Sandfilter hauptsächlich durch fakultativ aerobe Mikroorganismen abgebaut, aber auch physikalisch ausgefiltert und bio-chemisch umgewandelt. Entscheidend ist die intervallweise Beschickung des Filters (Sauerstoffversorgung, Verteilung an der Oberfläche, ausreichende Aufenthaltszeit des vorgereinigten Abwassers im Filter). Je nach Kornverteilung des Sandes werden je Intervall 5 - 10 Liter pro Quadratmeter vorgereinigtes Abwasser auf den Filter geleitet. Je gleichmässiger die Verteilung auf der Filteroberfläche erfolgt, um so häufiger kann ein Filter beschickt, bzw. die tägliche hydraulische Last erhöht werden. Bei den SYMBO-Sandfilter-Kläranlagen wird das vorgereinigte Abwasser mit einem Drehsprenger auf der Oberfläche des Sandfilters versprüht.

Eine gut konstruierte Sandfilterkläranlage benötigt nur sehr wenig Wartung. Neben der meist jährlich notwendigen Entsorgung des Faulschlammes aus der Vorklärung, muss das Verteilersystem etwa vierteljährlich kontrolliert und falls nötig gereinigt werden. Da die Sandfilter bei ganzjährigem Betrieb zweiteilig gebaut werden, muss der Sand nie ausgewechselt werden, so dass die Filter langfristig problemlos funktionieren.

Reinigungsleistung

Die Reinigung im Sandfilter entspricht im Wesentlichen einer biologischen Reinigungsstufe. In den oberen zehn bis zwanzig Zentimetern des Sandfilters werden Schwebstoffe und Bakterienbiomasse weitgehend durch Siebwirkung zurückgehalten, sodass kaum Sekundärschlamm entsteht. Der zurückbleibende Schlamm kann jedoch die Filteroberfläche verstopfen. Diese Verstopfung kann durch mehrmonatige bis ganzjährige Unterbrüche (biologischer Abbau im ausgeschalteten Filterteil) extrem verlangsamt werden. Die Zunahme an Biomasse im Filter ist sogar erwünscht und erhöht mit den Jahren die Reinigungsleistung eines Filters. Bis ein neu gebauter Filter biologisch voll aktiv ist, dauert es etwa sechs Wochen. Bei der Untersuchung einer Anlage im Kt. Bern ging die Konzentration des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) in dieser Zeit von anfänglich 85 auf 10 mg/l zurück.

Der Abbau der organisch gelösten Stoffe erfolgt in den Sandfiltern in der Regel gut bis sehr gut. Die Ablaufqualität ist gut bis sehr gut und beträgt im Mittel, ausgedrückt als Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB₅), 8 mgO₂/l (5 - 20 mgO₂/l) und der CSB 40 mg O₂/l. Der Ablauf von Sandfiltern mit Rezirkulation weist einen etwas tieferen mittleren Sauerstoff-Verbrauch (BSB₅) von 5 mgO₂/l auf (3 - 8 mgO₂/l). Diese Angaben stützen sich auf jährliche Ablaufkontrollen an bis heute rund 150 in der Schweiz in Betrieb stehenden Anlagen. Die Reinigungsleistung für Ammonium ist in den Anlagen mit Rezirkulation ausgezeichnet (Ablauf: 0.2 - 2 mg NH₄⁺-N/l). Zudem ist die Elimination von Escherichia coli-Bakterien in diesen Anlagen sehr gut. Eine Stichprobe aus einer Anlage im Kt. Bern ergab z.B. 3 E. coli/ml. In den Anlagen ohne Rezirkulation schwankt der Ammoniumgehalt im Ablauf stärker und der Bakteriengehalt ist höher. In der Regel weisen die Anlagen eine gute Denitrifikationsleistung von bis zu 50% N-Elimination auf. Phosphor wird etwa zu 50% zurückgehalten.

Tabelle 2: Mittlere Reinigungsleistung in % für organische Belastungsstoffe

	Parameter			
	BSB ₅ mg O ₂ /l	Reinigungs- leistung %	CSB mg O ₂ /l	Reinigungs- leistung %
Zulauf (wenig Daten)	350		730	
Auslauf	8	98	40	95

Literatur

- Boller M., Schwager A., Eugster J., Mottier V., 1993:
Dynamic behavior of intermittent buried filters. *Wat. Sci. Tech.*,
28/10, pp. 99-107.
- Boller, M. 1995. Abwasserentsorgung im ländlichen Raum. *Gas - Wasser - Abwasser
GWA*, 7/95, pp. 522-531.
- R. Kreuter, 1999: STEP de Sommentier: Analyse des caractéristiques et de l'effet de
divers traitements sur l'élimination du phosphore et sur la
nitrification. Inst. de l'environnement EPFL, Diplomarbeit unter der
Leitung von Ch. Holliger und Dr. P. Schudel, SYMBO GmbH
- D. Mauch und P. Freisler, 1996: Untersuchung der Abbauleistung und des Fliess-
verhaltens von zwei Sandfilterkläranlagen bei Starkbelastung. Institut
für terrestrische Ökologie, ETH-Z, Diplomarbeit unter der Leitung von
Prof. R. Schulin ETH und Dr. P. Schudel, SYMBO GmbH
- Mancl, K.M. und J.A. Peebles. 1992. One hundred Years later: Reviewing the Work of
the Massachusetts State Board of Health on the Intermittent Sand
Filtration of Wastewater from small Communities. In: *Am. Soc. of
Agr. Eng. (ASAE): On Site Wastewater Treatment, Proceeding of the
6th National Symposium on Individual and small Communities
Sewage Systems, Chicago IL, 16./17. 12. 1991.*
- Mudrack K., Kunst S., 1994:
Biologie der Abwasserreinigung. 4. Auflage,
Gustav Fischer, Stuttgart.
- USEPA, 1980 Design manual for onsite wastewater treatment and disposal
systems. U.S. Environmental Protection Agency; Off. of Res. and
Devel. MERL, Cincinnati, Ohio.
- Schudel P., Leibundgut Ch., 1988:
Untersuchungen über hydraulische Eigenschaften und
Reinigungsleistung einer Sandfilterkläranlage. *GWA* 68/8, pp. 450-459.
- Schudel, P. und M. Boller. 1993. Onsite wastewater treatment with intermittent buried
filters. SYMBO, Liestal und EAWAG, Dübendorf.
- Schwager, A. und M. Boller. 1995. Transport Phenomena in Intermittent Filters. Swiss
Federal Institute for Environmental Sciences and Technology
(EAWAG), Dübendorf.
- Siegrist, H. 1985. Stofftransportprozesse in festsitzender Biomasse. Dissertation ETH
Zürich Nr. 7726.
- Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA). 1995.
Kleinkläranlagen - Richtlinie für den Einsatz, die Auswahl und die
Bemessung von Kleinkläranlagen. VSA, Strassburgerstrasse 10,
8026 Zürich.