

## Zur Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (bepflanzten Bodenfiltern, constructed wetlands)

Nachdem die weitgehende Entfernung organischer Kohlenstoffverbindungen sowie Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphatentfernung auch bei Pflanzenkläranlagen (constructed wetlands) für häusliche Abwässer möglich ist, fällt das Augenmerk in letzter Zeit stärker auf die Hygienisierung des Abwassers. Besonders in Gebieten, in denen das gereinigte Abwasser in Badegewässer eingeleitet wird oder aber in Karstgebieten, in denen eine Gefahr der Verunreinigung des Grundwassers besteht, wird nach Methoden der Keimelimination gesucht. Hierbei soll möglichst die Badewasserqualität für Freibäder gemäß EU-Standard erreicht werden. Der Indikator Fäkalcoliforme tritt in gereinigtem Abwasser noch in einer Konzentration von  $15 \times 10^6$  bis  $2 \times 10^5$  pro 100 ml auf. Badewasser sollte aber nur 200 Fäkalcoliforme pro 100 ml enthalten.

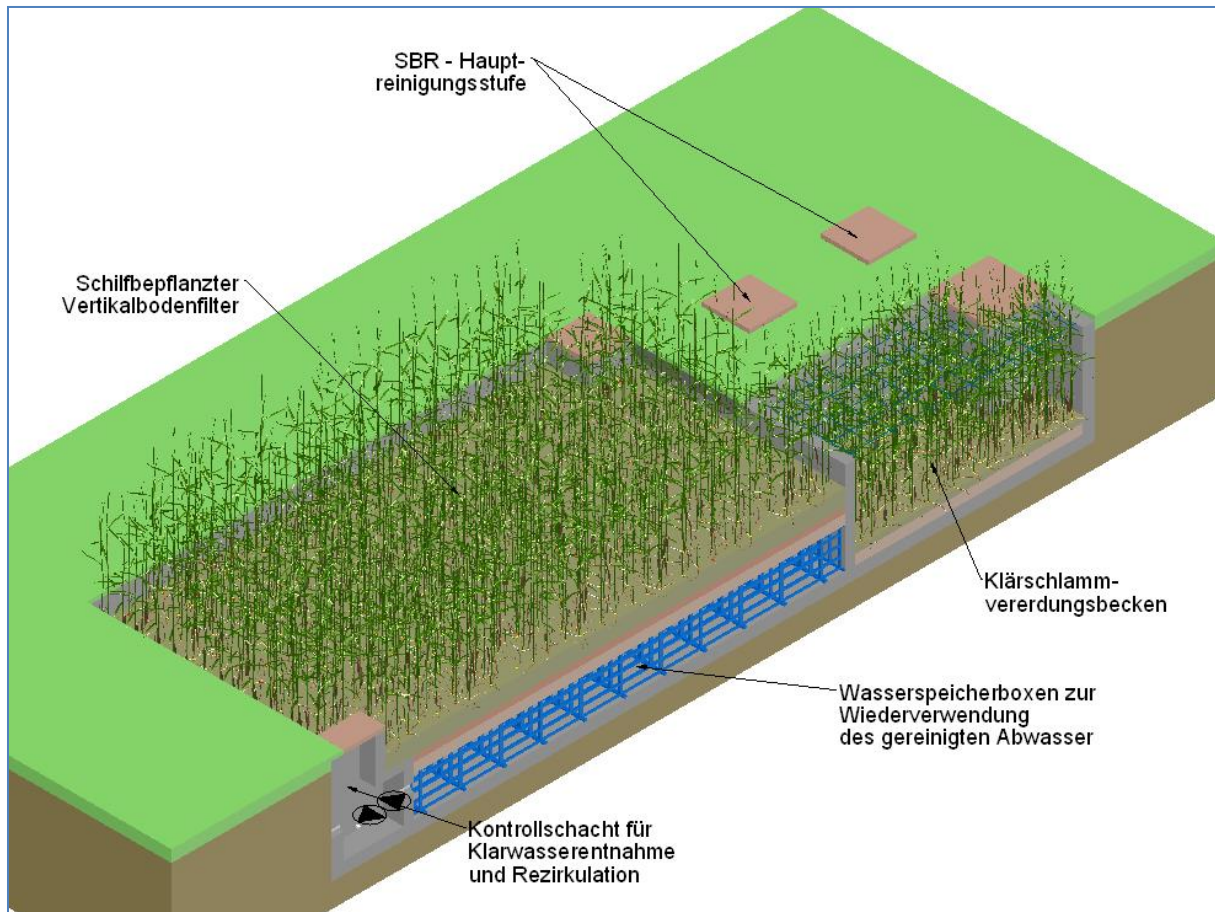
Fällung und Filtration reduzieren zwar die Keimzahl, ohne aber in die gewünschten Konzentrationsbereiche zu gelangen. Eine immer häufiger angewandte Methode ist die Bestrahlung mit UV-Licht.

In tropischen und subtropischen Ländern wird der Ablauf von Kläranlagen häufig gechlort. Dies führt zu einer Beeinträchtigung der Flora und Fauna im Vorfluter oder in nachgelagerten Bewässerungsanlagen für Nutzpflanzen und kann zur Entstehung krebserregender Chlorverbindungen führen. Daher wird eher auf die Desinfektion mit Ozon zurückgegriffen.

Die natürliche Reduktion von Keimen mit Hilfe von Pflanzenkläranlagen (bepflanzten Bodenfiltern) ist eine wirkungsvolle naturnahe Alternative.

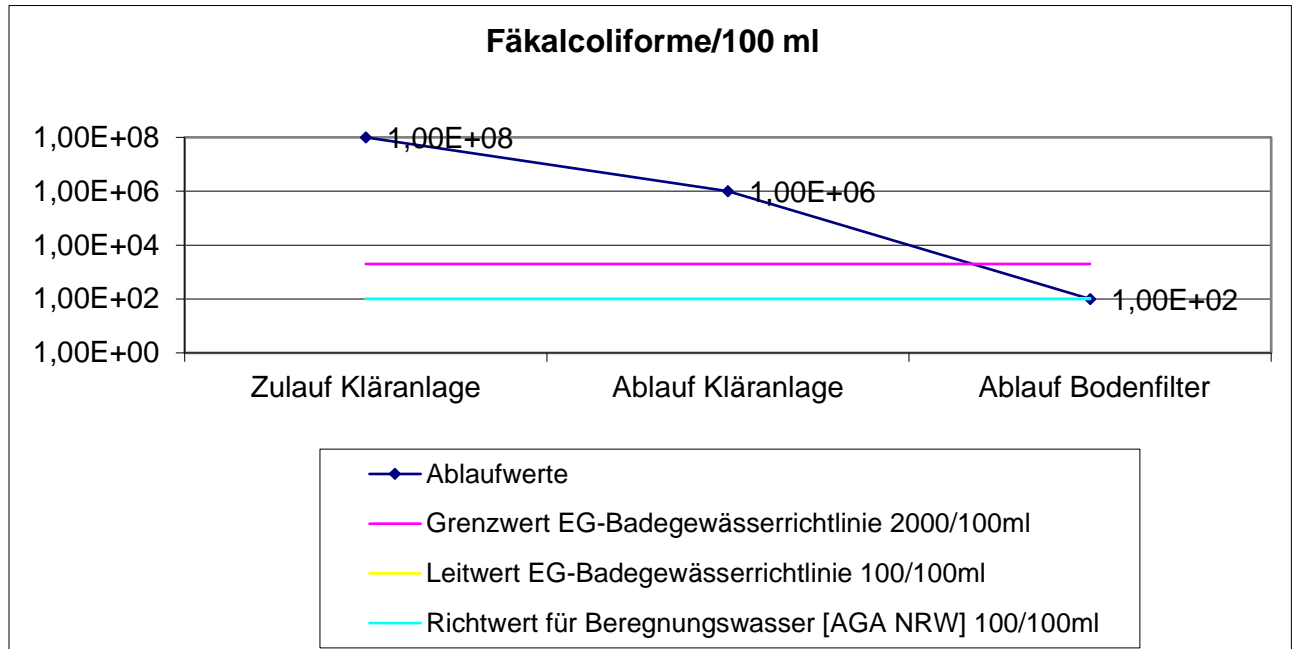
Die Elimination erfolgt vorwiegend durch Adsorption, dem anschließenden Abbau durch Protozoen und anderen Organismen (DOHMANN, 1994) und durch mikrobiostatische und mikrobizide Stoffwechselprodukte limnischer Makrophyten (BURGER und WEISE, 1984). Günstige Milieubedingungen erhöhen die Abbauleistung der Keime durch bodenbürtige Mikroorganismen. Zu diesen Milieubedingungen zählen in erster Linie gute Sauerstoffverhältnisse, Aufwuchsflächen spezieller Makrophyten, kalkhaltige, gut durchlässige Filtersubstrate und eine hohe Einstrahlungsintensität (DOHMANN, 1992; BURGER et al, 1984). Eine Verlängerung der Verweilzeit im Bodenkörper erhöht Inaktivierungsprozesse pathogener Keime.

## Unser Kombi-Klärkonzept (KKK) zur weitergehenden Abwassereinigung einschließlich Hygienisierung



Sehr gute Hygienisierungsleistungen wurden in jüngster Zeit mit vertikal durchströmten schilfbepflanzten sandigen Bodenfiltern (vertical subsurface flow constructed wetlands) mit einer Mächtigkeit von bis zu 1 m erzielt. Mit Keimeliminationsraten von 3 bis 5 Zehnerpotenzen werden im Vergleich zu einer konventionellen Kläranlage (1 bis 2 Zehnerpotenzen) sehr gute Reinigungsleistungen erzielt. (HÖNER et al, 1994; BÖRNERT, HAGENDORF;1994).

Abbildung 1: Ablaufwerte Gesamcoliformer Bakterien von Pflanzenkläranlagen



Bei durchschnittlichen Zulaufkonzentrationen von  $10^8$  fäkalcoliformen Bakterien / 100 ml ist bei einer Abwasserbehandlung in konventionellen Kläranlagen lediglich mit einer Reduktion auf ca.  $10^6$  fäkalcoliforme Bakterien / 100 ml zu rechnen. Durch eine Nachbehandlung in einem schilfbepflanzten Bodenfilter kann die Restbelastung auf  $10^1$  bis  $10^4$  vermindert werden. Somit wird der Leitwert der Badegewässerrichtlinie von  $10^2$  fäkalcoliformen Bakterien/ 100 ml bereits teilweise unterschritten. Eine zusätzliche Passage über eine mit keimhemmenden Makrophyten bepflanzte Bodenzone mit hoher Lichteinstrahlung und verlängerter Kontaktzeit (BÖRNERT, HAGENDORF, 1994) dürfte eine unbedenkliche Restbelastung für das zu versickernde gereinigte Abwasser zur Folge haben.

**Tabelle 1: Abbauleistungen von Schilfkläranlagen im Praxisbetrieb**

Anlage / Standort	Parameter	Zulauf (nach Passage Vorklärung)	Ablauf	%
Rade bei Torgau	KBE/ml 20°C	$1,05 \times 10^5$	$5 \times 10^2$	99,86
	KBE/ml 36 °C	$0,85 \times 10^5$	$6 \times 10^2$	99,9
	E.coli Titer (ml)	$5,5 \times 10^{-5}$	$0,6 \times 10^2$	>99,99
	colif. Keime Titer (ml)	$5,5 \times 10^{-5}$	$0,21 \times 10^2$	>99,99
	Fäkalstreptokokken Titer (ml)	$5,5 \times 10^{-5}$	$0,24 \times 10^2$	>99,99
Forstamt Buchenberg	KBE/ml 36°C	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^3$	99,9
	Fäkalkoliforme Bakterien/100 ml	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^2$	99,99
Naturschutzakademie Schneverdingen	KBE/ml 36°C	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^2$	99,9
	Fäkalkoliforme Bakterien/100 ml	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^2$	99,9
See	KBE/ml 20 °C	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^2$	99
	KBE/ml 36°C	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^2$	99
	E.coli Titer	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^0$	>99,99
Germerswang	KBE/ml 20 °C	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^2$	99,9
	KBE/ml 36°C	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^2$	99,9
	E.coli Titer	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^0$	>99,99
Höhenberg	KBE/ml 20 °C	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^3$	99
	KBE/ml 36°C	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^2$	99,99
	E.coli Titer	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-2}$	>99,99

## Zusammenfassung

Das Hauptziel der naturnahen Nachbehandlung, die Keimreduktion zum Schutz des Grundwassers wurde in allen Fällen erreicht. Bis auf wenige Werte in der kalten Jahreszeit werden die Grenzwerte der EU-Badegewässerrichtlinie unterschritten, zum Großteil sogar die Leitwerte. Die geringere Leistungsfähigkeit der Anlage in der kalten Jahreszeit wurde im Winter 2004 stärker untersucht und es wurde durch eine andere Betriebsweise der Anlage eine Optimierung erzielt. Dies wurde durch das Umleiten des Nachklärteichablaufes über den Retentionsbodenfilter erzielt, der während des Winters praktisch nicht durch Mischwasserabschläge belastet wird. Auch das Versickerungsareal erzielte hierbei eine weitere Reduktion der Keime, soweit es nicht durch Mischwasserabschläge des Retentionsbodenfilters direkt belastet wurde.

Nach der EU-Badegewässerrichtlinie, abgesehen von der eigentlich notwendigen 14-tägigen Beprobung, kann man den Ablauf des Nachklärteiches als Badegewässer bezeichnen, da die Werte nur in der Badesaison eingehalten werden müssen.

Die Messergebnisse des Retentionsbodenfilters sind sehr zufriedenstellend.

Die Retentionsbodenfilter und naturnahe Nachreinigungsstufen (Teiche mit bepflanzten Sandfiltersträngen oder bepflanzte Bodenfilter) sind zur Keimreduktion des Ablaufwassers konventioneller Kläranlagen und der Mischwasserabschläge gut geeignet. Sie sorgen zusätzlich für eine Abpufferung von hydraulischen Spitzen und dienen zuverlässig als Störfallschutz zum Beispiel bei Schlammabtrieb oder wenn die Reinigungsleistung der konventionellen Anlage bei hohen hydraulischen Belastungen verringert ist.

## Literaturverzeichnis

DOHMANN M. (1994): Leistungsverbesserung von biologischen Kläranlagen durch Nachschaltung von Filterstrecken, Bericht zum Forschungsvorhaben am Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen.

GRADL T. ET AL (1994): Hygienisierung von gereinigtem Abwasser mit bewachsenen Bodenfiltern. Korrespondenz Abwasser 12/94, S. 2250 – 2252.

HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT (1997): Versickerung von kommunalem Abwasser aus Kleinkläranlagen. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 210. Wiesbaden.

HÖNER G., BAHLO K. (1996): Keimelimination bei der Abwasserreinigung in bewachsenen Bodenfiltern, Wasser & Boden 9/96, Springe-Eldagsen und Uelzen.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTENBERG (1998): Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Handbuch Wasser 4, Karlsruhe.

MINISTERIUM FÜR UMWELT; ENERGIE UND VERKEHR SAARLAND (1998): Gestaltung von Abwasserbehandlungsanlagen im ländlichen Raum. Abschlußbericht Projekt A 5.29 LAWA. Saarbrücken.

RIVERA F. ET AL (1993): An investigation of the pathogenic and nonpathogenic free-living amoebae from the root zone method of wastewater treatment. Water, Air and Soil Pollution 69: 93-98, 1993.

Umweltbundesamt [UBA] (1994): Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungssysteme. Textveröffentlichung Nr. 60, Berlin.

HAGENDORF U. ET AL (1994) Mikrobiologische Untersuchungen zur seuchen-hygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungsanlagen (Bewachsene Bodenfilter)