

# Reduktion von hygiene relevanten Bakterien in Mischwasser mit Retentionsbodenfiltern

## Thema

Die Ableitung von Niederschlägen aus Siedlungsgebieten erfolgt in Deutschland bevorzugt als Mischwasser. Das Standardverfahren der Abwasserreinigung für Mischwasser sieht die Speicherung des Mischwassers in Regenentlastungsanlagen (z. B. Regenüberlaufbecken) und Mitbehandlung auf der Kläranlage vor. In Deutschland bestehen ca. 66.000 Regenentlastungsanlagen und davon ca. 20.000 Regenüberläufe ohne Becken (1). Abhängig vom Niederschlagsgeschehen und der Speicherwirkung der Regenentlastungsanlage findet eine Ableitung von unbehandeltem Mischwasser in das Oberflächengewässer statt (Abbildung 1).

In entlastetem Mischwasser bestehen Bakterienkonzentrationen von z. B.  $10^4$  bis  $10^7$  *E. coli* (MPN/100 ml) (3, 4, 6). Mischwasser stellt deshalb die Hauptquelle für Kontamination der Oberflächengewässer mit hygiene relevanten Bakterien dar. Hygiene relevante Bakterien für potentielle fäkale Verunreinigungen sind *E. coli* und intestinale Enterokokken (I. E.).

Für die Hygienisierung von Mischwasser besteht generell kein Verfahren bzw. keine Verfahrenskombination als Voraussetzung für hygienische Sicherheit (6). Für eine weitergehende Mischwasserbehandlung erreichen Retentionsbodenfilter als nachgeschaltete Reinigungsstufe mit definiertem Filtersand (5) nur einen geringen Rückhalt der Bakterien von 1 bis 2 log-Stufen (2, 3).



Abbildung 1: Entlastung Regenüberlaufbecken

## Kurzinhalt

Hygienisch-mikrobiologische Qualität ist für sensible Gewässerbereiche, z. B. Gewässer auf Karstgestein, Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässer, Beregnungswasser für Freilandkulturen oder Bade-/ Freizeitgewässer besonders bedeutend. Die folgenden Ergebnisse zeigen einen Lösungsansatz für einen hohen Bakterienrückhalt durch Retentionsbodenfiltern ohne technische Anlagen auf, da zusätzlicher technischer Aufwand für Desinfektionsmaßnahmen die Kosten deutlich erhöht, ohne die Qualität nachhaltig zu verbessern. Die Systemkriterien für eine Optimierung bei der Mischwasserbehandlung mit Hygienezielen sind im Praxisbetrieb getestet worden. Eine mit Retentionsbodenfiltern erreichbare Reduktion von 3 bis 5 log-Stufen für hygiene relevante Bakterien erzielt die notwendige hygienische Sicherheit, was das nachfolgende Rechenbeispiel mit Zu- und Ablaufkonzentrationen verdeutlicht:

Tabelle 1: Rechenbeispiel zur log-Reduktion

Zulauf <i>E. coli</i> (MPN/100 ml)	Filterrückhalt in log-Stufen		Ablauf <i>E. coli</i> (MPN/100 ml)
1.000.000	2 log-Stufen	$\log 10^2$	10.000
	3 log-Stufen	$\log 10^3$	1.000
	5 log-Stufen	$\log 10^5$	10

## Untersuchungen

Für den ingenieurpraktischen Bau und Betrieb von mischwasserbeschickten Retentionsbodenfiltern als eigenständiges Verfahren mit Hygieneanforderungen ist ein optimierter Lösungsansatz für einen hohen Bakterienrückhalt entwickelt worden (6).



Abbildung 2: Retentionsbodenfilter Monheim mit 2 Beeten (im Vordergrund Beet 2, im Hintergrund Beet 1)

Um die komplexen Vorgänge zu realisieren, erfolgten die Untersuchungen in der Zeit von 2007 bis 2010 auf mehreren Versuchsebenen. Es sind Untersuchungen an gebauten Retentionsbodenfiltern (Abbildung 2) und im Technikumsversuch (Filtersandsäulen, Filterstärke 0,75 m) durchgeführt worden. Die Filtersände im Technikumsversuch wurden mit Mischwasser beschickt, so dass während der Versuche realitätsnahe Bedingungen abgebildet werden konnten. Die Forschungsarbeit liefert als Ergebnis, dass Retentionsbodenfilter als Verfahren mit Hygienezielen hohe Reduzierungen von 3 bis 5 log-Stufen der hygienerelevanten Bakterien *E. coli* und intestinale Enterokokken erzielen.

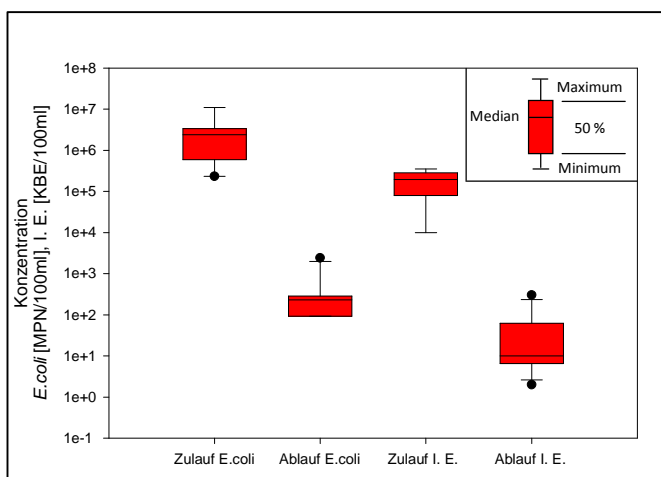


Abbildung 3: Zulauf- und Ablaufkonzentrationen von *E. coli* und *I. E.* für einen konfektionierten Filtersand

Die Abbildung 3 stellt die medianen Zu- und Ablaufkonzentrationen der Bakterien *E. coli* und *I. E.* für einen konfektionierten Filtersand mit maximal 12 Ergebnissen dar. Im Vergleich der Konzentrationen zwischen Zu- und Ablauf errechnet sich eine Reduktion der Bakterien um ca. 3,9 log-Stufen.

Der Lösungsansatz für einen hohen Rückhalt der hygienerelevanten Bakterien in Retentionsbodenfiltern ist eine Gewichtung der beiden Zielfunktionen Betriebsbedingung und Rückhalte-mechanismen. Der Filter ist so zu modifizieren, dass die physikalisch-chemisch und/oder bio-chemisch bedingte Rückhaltung je nach wechselnden Systemzuständen des Filterbetriebs verbessert wirksam werden kann.

Hierbei hat die Betriebsbedingung mit den Systemparametern Filtergeschwindigkeit, Korndurchmesser und Filtertiefe in Bezug zu den betrachteten Bakterien-größen einen großen Einfluss auf die Wirksamkeit der Bakterienreduktion.

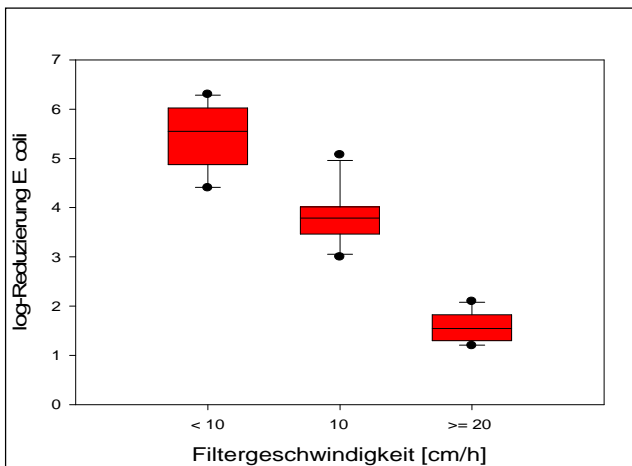


Abbildung 4: Bakterienreduktion von *E. coli* bei unterschiedlicher Filtergeschwindigkeit, Filtersande Fein-/ Mittelsandfraktion mit vergleichbarem T+U-Gehalt

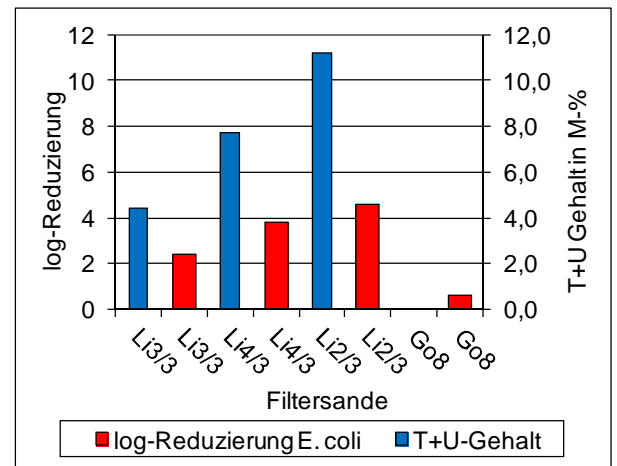


Abbildung 5: Bakterienreduktion von *E. coli* bei unterschiedlichem T+U-Gehalt, Filtersande Fein-/ Mittelsandfraktion, Filtergeschwindigkeit 10 cm/h

Die Abbildung 4 zeigt die Mediane (max. 12 Ergebnisse) der Reduktion von *E. coli* in log-Stufen während differierender Filtergeschwindigkeiten. Im Ergebnis ist der Rückhalt für verschiedene Filtergeschwindigkeiten signifikant unterschiedlich.

Die statistische Auswertung bedeutet, dass Filtergeschwindigkeiten > 10 cm/h eine Zunahme der Bakterienkonzentration im Filterablauf bedeuten. Umgekehrt führt eine Reduzierung der Filtergeschwindigkeit  $\leq 10$  cm/h zu einem deutlichen Anstieg der Reduktion im Filter. Für den Betrieb bedeuten die Ergebnisse, dass die Filtergeschwindigkeit den Rückhalt der Bakterien wesentlich beeinflusst und deshalb geregelt werden muss.

Die Abbildung 5 zeigt Filtersande mit unterschiedlichen Massenanteilen der Bodenart Ton und Schluff (T+U). Die Ergebnisse des log-transformierten Bakterienrückhalts in den Filtersanden ergeben einen deutlichen Rückhalt von *E. coli* mit zunehmendem Massenanteil der Bodenart T+U. Der Filtersand Li2/3 erzielt eine Bakterienreduktion von ca. 4,6 log-Stufen. Die Wichtigkeit des Korndurchmessers T+U in Bezug zur Bakteriengröße der hygiene-relevanten Bakterien wird mit dem Filtersand Go8 ohne T+U trotz hoher Fein-/ Mittelsandfraktion und einer log-Reduktion von kleiner 1 bestätigt. Infolge ist bei Hygienezielen der T+U-Gehalt im Filtersand zu berücksichtigen.

Für den Systemparameter Filtertiefe ist die Verteilung von *E. coli* im Filtersand jeweils in einzelnen Filterschichten festgestellt worden.

Die Abbildung 6 stellt das Eindringverhalten von *E. coli* in einen konfektionierten Filtersand dar. Das Ergebnis zeigt eine hohe Reduktion von *E. coli* bis in einer Filtertiefe von ca. 50 cm. Obwohl einzelne Bakterien in tieferen Schichten als 50 cm analysiert werden konnten, waren im Filterablauf keine *E. coli* Bakterien mehr nachweisbar. Schlussgefolgert sind die drei umfassenden Systemparameter Korndurchmesser, Filtergeschwindigkeit und Filtertiefe miteinander entscheidend für einen hohen Rückhalt der hygiene-relevanten Bakterien. Unter diesen Voraussetzungen ist eine Filterstärke von 0,75 m ausreichend.

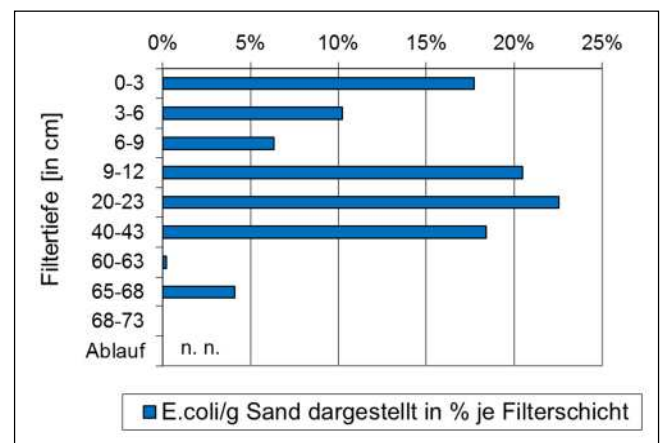


Abbildung 6: Rückhaltebereich von *E. coli*, Filtersand Fein-/ Mittelsandfraktion mit T+U, Filtergeschwindigkeit 10 cm/h

## Fazit

- Mit den Untersuchungsergebnissen sind Ziele der integrativen Abwasserwirtschaft bei der Planung für die Mischwasserbehandlung umsetzbar, d. h. die von der Abwasserbehandlung ausgehende Gesamtwirkung im Kontext der Gesamtemissionen auf die Oberflächengewässer wird stärker berücksichtigt.
- Die hohe Reduktion der hygienerlevanten Bakterien in Mischwasser erfolgt mit Retentionsbodenfiltern als eigenständiges Verfahren. Somit sind keine weiteren technischen Verfahren (UV-Behandlung, Oxidation, etc.) notwendig, was sich auf die Investitionskosten und die Jahreskosten positiv auswirkt.
- Der entwickelte Lösungsansatz ermöglicht Kommunen, umweltökologisch im Sinne einer Gesamtbetrachtung zu handeln. Mit der weitergehenden Mischwasserbehandlung zur Reduktion hygienerrelevanter Bakterien werden die Zusammenhänge der Wechselwirkungen aus Belastung, Zustand und Maßnahme für eine nachhaltige Wassergütewirtschaft hergestellt.
- Für die Herstellung der Filtermatrix ist die Konfektionierung der Filtersande ortsunabhängig von Lagerstätten der Bodenmaterialien möglich. Damit sind die spezifischen Materialkosten gering.
- Als wesentliche Nebenbedingung wird der in mehreren Untersuchungen bereits nachgewiesene Rückhalt von Feststoffen, Zehrstoffen (CSB,  $\text{NH}_4^+$ ), Nährstoffen (P) und Schwermetallen verbessert.

## Büro

Die BIOPLAN Ingenieurgesellschaft wurde 1985 gegründet.

Die Tätigkeitsfelder in der Planung und Ausführung sind Retentionsbodenfilter, Erschließung, Regenwasserbewirtschaftung und Regenwasserbehandlung, häufig mit besonderen Anforderungen.

Ab 1989 erfolgte eine Aufgliederung in BIOPLAN Ingenieurgesellschaft und BIOPLAN Landeskulturgesellschaft mit einem Arbeitsschwerpunkt im siedlungswasserwirtschaftlichen Gewässerschutz.

Aufgrund der interdisziplinären Aufstellung der BIOPLAN Gesellschaften und der Integration neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse entstehen häufig innovative Lösungsansätze.

Die Entwicklung des Retentionsbodenfilters ist eng mit den BIOPLAN Gesellschaften verbunden. 1988 wurde der erste Retentionsbodenfilter in Betrieb genommen. An der Weiterentwicklung waren die BIOPLAN Gesellschaften maßgeblich beteiligt. 2005 ging der Retentionsbodenfilter Monheim mit der Sonderanwendung „Hygieneziele“ in Betrieb. Im Rahmen der ingenieurwissenschaftlichen Untersuchung und der durchgeführten Laboranalytik konnten wesentliche Erkenntnisse über den Rückhalt hygienerrelevanter Bakterien in mischwasserbeschickten Retentionsbodenfiltern erforscht werden.

Ansprechpartner BIOPLAN Ingenieurgesellschaft:

Dipl.-Ing. Herbert Zech

Dipl.-Ing. (FH), M.Eng. Hilmar Zapf

Dr.-Ing. Richard Orb

## Literaturhinweise:

- (1) Statistisches Bundesamt (2007). Umwelt, öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Fachserie 19 Reihe 2.1.
- (2) HMULV Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2008). Empfehlung für Bemessung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen im Mischsystem in Hessen.
- (3) Waldhoff, A. (2008). Hygienisierung von Mischwasser in Retentionsbodenfiltern (RBF). Dissertation, Universität Kassel, Fachbereich Bauingenieurwesen, Band 30.
- (4) Mertens, F. M.; Christoffels, E.; Schreiber, C. und Kistemann, T. (2012). Rückhalt von Arzneimitteln und Mikroorganismen am Beispiel des Retentionsbodenfilters Altendorf. Korrespondenz Abwasser Abfall KA 12/12.
- (5) DWA-M 178 Merkblatt. (2005). Empfehlung für die Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem.
- (6) Orb, R. (2012). Rückhalt hygienerrelevanter Bakterien in mischwasserbeschickten Retentionsbodenfiltern – Konstruktive Hinweise. Dissertation, KIT – Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung IWG, Schriftenreihe 142.