



Verbundprojekt

## **Bewachsene Bodenfilter**

**Bodenkundliche Untersuchung der Kolmation**

**Bewachsener Bodenfilter**

AZ 14178-08

**Bearbeiter: Dr. Dietmar Goetz,**

**Klaus-Jürgen Winter**

***Abschlussbericht***

**Februar 2002**

---



## Verbundkoordination:



**F & N Umweltconsult GmbH**

**Dr.-Ing. Günter Fehr**  
Lister Meile 27  
30161 Hannover

Verbundhomepage:  
[www.bodenfilter.de](http://www.bodenfilter.de)

## wissenschaftliche

### Verbundpartner:

**AKUT Umweltschutz Ingenieurgesellschaft mbH**, Heribert Rustige, Dr. Christoph Platzler

**Ingenieurbüro Ökolog Geller & Partner**, Gunther Geller, Gunhild Höner, Claudia Bruns

**F & N Umweltconsult GmbH**, Dr. Günter Fehr, Hinnerk Voermanek, Katharina Tempel, Rainer Hübner

**TU München, Lehrstuhl für Wassergüte und Abfallwirtschaft**, Claus Lindenblatt, Prof. Dr. Peter Wilderer

**Umweltbundesamt**, FG II 2.4, II 4.6, III 3.5, Dr. Ulrich Hagendorf, Klaus Diehl, Dr. Irmgard Feuerpeil, Annette Hummel, Dr. Regine Szewzyk, Wolfram Bartocha, Dr. Juan-Lopez-Pila

**Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde**, Dr. Dietmar Goetz, Klaus-Jürgen Winter

**Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik**, Prof. Dr. Dr. Sabine Kunst, Katrin Kayser

**uve Umweltmanagement und -planung GmbH**, Brigitte Welker

**Technische Universität Berlin, FG „Ökologie der Mikroorganismen“**, Prof. Dr. Ulrich Szewzyk, Dr. Elisabeth Grohmann, Maria Alexandrino

## verbundbegleitende

### Gutachter:

**Prof. Dr. Konrad Botzenhart**, Universität Tübingen, Hygiene-Institut

**Prof. Dr. Michael Burde**, Technische Universität Cottbus, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Lehrstuhl Abwassertechnik

**Herr Dr. Fischer**, Staatliches Amt für Umwelt- und Naturschutz Rostock

**Dieter Fuhrmann**, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträger des BMBF für Wassertechnologie und Schlammbehandlung

**Christine Galander**, Umweltbundesamt

**Prof. Dr. Artur Mennerich**, Fachhochschule Nordostniedersachsen

**Klaus-Eberhard Müller**, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

**Dr. Jens Nowak**, Staatliches Umweltamt Plauen

**Dr. Werner Philipp**, Universität Hohenheim, Institut für Umwelt- und Tierhygiene

**Prof. Dr. K.H. Robra**, Technische Universität Graz, Institut für Abfalltechnologie und Mikrobiologie

**Prof. Dr. Dirk Schoenen**, Hygiene-Institut der Universität Bonn

## Gefördert durch die



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

### Projektbegleitung:

**Dr. Stefanie Heiden**, Deutsche Bundesstiftung Umwelt

**Dr. Rainer Erb**, Zentrum für Umweltkommunikation der Deutschen Bundesstiftung Umwelt GmbH



1	Einleitung und Projektziele .....	1
2	Untersuchungsstandorte und Methoden .....	4
2.1	Untersuchungsstandorte .....	4
2.2	Probenahmen .....	6
2.2.1	Abwasserproben .....	6
2.2.2	Gestörte Proben .....	6
2.2.3	Ungestörte Proben .....	6
2.2.4	Gasmessung .....	7
2.3	Untersuchungsmethoden .....	8
2.3.1	Bodenstruktur .....	8
2.3.1.1	Gefüge .....	8
2.3.1.2	Mikromorphologie .....	8
2.3.1.3	Biologische Porenfüllung .....	8
2.3.1.4	Organische Bodensubstanz .....	8
2.3.2	Bodenbiologische Untersuchungen .....	9
2.3.2.1	Biomasse .....	9
2.3.2.2	Biologische Aktivität .....	10
2.3.3	Bodenphysikalische Untersuchungen .....	11
2.3.3.1	Porengrößenverteilung .....	11
2.3.3.2	Versickerungsleistung .....	11
2.3.3.3	NMR Spektroskopie .....	12
2.3.4	Physikochemische Milieubedingungen .....	13
2.3.4.1	Online Meßsystem .....	13
2.3.4.2	Gasmessung .....	13
2.3.5	Abwasseruntersuchungen .....	13
2.3.5.1	Abfiltrierbare Stoffe (AFS) .....	13
2.3.5.2	Organische Summenparameter .....	13
2.4	Säulenversuch .....	14
3	Statistische Aufbereitung der Ergebnisse .....	15
4	Ergebnisse .....	18
4.1	Bodenstruktur .....	18
4.1.1	Gefüge .....	18
4.1.2	Mikromorphologie .....	18
4.1.2.1	Anorganische Porenfüllung .....	18
4.1.2.2	NMR Aufnahmen .....	21
4.1.3	Biologische Porenfüllung .....	21
4.1.4	Organische Bodensubstanz .....	23



4.2	Bodenbiologie .....	26
4.2.1	Biomasse .....	26
4.2.2	Biologische Aktivität.....	30
4.2.2.1	Dehydrogenaseaktivität .....	30
4.2.2.2	Atmungsrate .....	34
4.2.2.3	Mikrobiologische Untersuchung - Hybridisierung .....	35
4.3	Bodenphysik .....	36
4.3.1	Porengrößenverteilung .....	36
4.3.1.1	Anlagenspezifische Daten .....	36
4.3.2	Versickerungsleistung.....	41
4.3.2.1	Anlagenspezifische Auswertung.....	42
4.3.3	Gashaushalt.....	45
4.3.4	Online Meßdaten .....	47
4.3.4.1	Feuchtigkeitsgehalte.....	47
4.3.4.2	Redoxpotentiale.....	49
4.4	Abwasseruntersuchungen .....	51
4.4.1	Abfiltrierbare Stoffe (AFS).....	51
4.4.2	Organische Summenparameter CSB, TOC, DOC.....	53
4.4.3	Flächenbelastung .....	55
4.5	Säulenversuch .....	56
5	Diskussion der Ergebnisse .....	59
6	Zusammenfassung .....	65
7	Literatur .....	67

Anhang

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse machen deutlich, dass bei Bodenfiltern verschiedene Faktoren zu einer Kolmation führen können. Wesentlich ist vor allem Menge und Zusammensetzung des auf die Filter aufgegebenen Abwassers.

1. Die Konzentration an abfiltrierbaren Stoffen im Zulauf sollte in der Regel **100 mg/l** nicht übersteigen. Insbesondere Partikel größer 50 µm können den Filter oberflächlich verblocken, da sie in der Größenordnung der für die Versickerung entscheidenden weiten Grobporen liegen. In Säulenversuchen führte die Erhöhung der Schwebstoffkonzentration bei gleichbleibender CSB-Fracht in den Säulen zu einer Kolmation (PAGEL 2002). Die oberflächliche Verblockung der Poren verminderte die Sauerstoffnachfuhr in den Filter. Der Abbau von partikulärer organischer Substanz wird dadurch gehemmt und die Anreicherung organischer Porenfüllungen weiter verstärkt. Wahrscheinlich fördern diese Bedingungen die Bildung von Biofilmen, welche die Poren zusätzlich verstopfen.
2. Eine Partikelfraktionierung der Schwebstoffe des Zulaufwassers zeigt, dass bei kolmatierenden Anlagen der Anteil der groben Partikel mit durchschnittlich 23% deutlich höher liegt als bei nicht kolmatierenden Anlagen. Gleichzeitig ist der mineralische Anteil der Partikel in diesen Anlagen höher.
3. Hohe Schwebstoffkonzentrationen, der größere Gehalt an groben Partikeln und der höhere Mineralanteil sind Hinweise auf eine nicht ausreichend funktionierende Vorklärung. Es wird damit deutlich, dass die Vorklärung zur Vermeidung einer Kolmation eine entscheidende Rolle spielt.
4. Die Untersuchungen an 25 Anlagen ergaben, dass die Bodenfilter mit Kolmationsercheinungen auch mit größeren Frachten an CSB, TOC, DOC und an abfiltrierbaren Stoffen belastet waren. Vertikale Bodenfilter sollten nach diesen Untersuchungen nicht mit mehr als **20 g/(m<sup>2</sup>\*d) CSB** und **5 g/(m<sup>2</sup>\*d) AFS** beaufschlagt werden, um eine Kolmation langfristig zu vermeiden. Die beschickte Beetfläche für Vertikalfilter sollte mit **3,75 m<sup>2</sup>/EW** angesetzt werden. Unter Berücksichtigung notwendiger Ruhephasen würden sich bei einer Planung mit vier Vertikalfiltern 5 m<sup>2</sup>/EW Gesamtfläche ergeben. Bei sorgfältiger Planung und optimaler Betriebsführung der Anlagen sind niedrigere Bemessungsansätze möglich.
5. Die Online Meßdaten machen deutlich, dass Vertikalfilter nur mit äußerster Vorsicht künstlich eingestaut werden sollten. Aufgrund der verminderten Sogwirkung durch eine verkürzte Sickerwasserstrecke kann ein Sauerstoffdefizit entstehen. Die dadurch



bedingten geringeren Abbauleistungen führen zur Anreicherung vor allem der partikulären organischen Substanz und möglicherweise zur verstärkten Bildung von EPS, wodurch eine Kolmation eingeleitet werden kann.

6. Durch eine nicht mehr ausreichend funktionierende Abflussdrainage des Pflanzenbeetes kommt es zu einem in aller Regel unbemerkten Einstau im Beet mit den gleichen Auswirkungen wie unter Pkt. 5 beschrieben. Als Empfehlung aus diesen Untersuchungen sollten Bodenfilter zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit der Drainage mit einem einfachen **Peilrohr** ausgestattet werden, welches eine Kontrolle der Wasserstandshöhe über der Drainage erlaubt. Ist eine solche Vorrichtung nicht vorhanden, sollte vor allem bei eisenhaltigen Sanden wegen der Verockerungsgefahr das Drainagesystems jährlich gespült werden.
7. Die Untersuchungen zur Porengrößenverteilung zeigen, dass es Setzungen des Filtermaterials nach der Inbetriebnahme gibt, dass aber darüber hinaus der Anteil an weiten Grobporen über einen Zeitraum von fast drei Jahren stabil blieb. Bei kolmatierenden Anlagen wird der Grobporenanteil durch stärkere Setzungserscheinungen und Partikeleinlagerungen an der Oberfläche zusätzlich eingeengt.
8. In kolmatierenden Anlagen kommt es zu einer verstärkten Einengung des Porenraums durch die Bildung von extrazellulären polymeren Substanzen sowie durch passive, nicht stoffwechselaktive Biomasse. Die Messung des Glühverlustes von Bodenproben zeigt, dass es zu einer Anreicherung von organischer Substanz in Abhängigkeit von der Bodentemperatur kommt.