

Info Nr. 10

Neuere Erkenntnisse zur Dimensionierung und Konstruktion von Bodenfiltern



Verfasser: Dipl. Biologe Martin Schwefringhaus

Wuppertal im November 1995

Ingenieurbüro Reinhard Beck

Talsperrenstraße 16 • 42369 Wuppertal • Tel.: 02 02 / 2 46 78 - 0



Inhaltsverzeichnis

1. VERANLASSUNG	3
2. AKTUELLER STAND DER BODENFILTERPLANUNG	5
2.1. FILTERGRÖßE	5
2.2. FILTERDURCHLÄSSIGKEIT	5
3. FILTERAUFBAU	6
3.1. BEPFLANZUNG	6
3.2. VERSAGENSHÄUFIGKEIT	6
3.3. MEB- UND REGELTECHNIK	7
3.4. UNTERGRUNDDICHTUNG	7

1. Veranlassung

Im Info Nr. 8 vom September 1993 „Der Filter als Möglichkeit der weitergehenden Regenwasserbehandlung“ wurden „naturnahe Verfahren“ zur Regenwasserbehandlung beschrieben und verglichen. Dabei stellt für die Mischwasserbehandlung der Einsatz eines vertikal beschickten Bodenfilters, der einem RÜB nachgeschaltet ist, das Verfahren der Wahl dar.

Über die in der Literatur oft zitierte Bodenfilteranlage des Abwasserverbandes Waldangelbachtal liegen zwischenzeitlich 5-jährige Betriebserfahrungen vor.

Es zeigt sich, daß die Leistungsfähigkeit sowohl in hydraulischer, als auch in stofflicher Sicht sich nicht erschöpft (Tabelle 1). Der Wartungsaufwand für diese Anlage ist weiterhin gering.

		1. Betriebsjahr		2. Betriebsjahr		3. Betriebsjahr	
		Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab
AFS	[mg/l]	155,00	3,00	145,00	6,00	92,00	5,00
CSB	[mg/l]	96,40	22,60	102,30	20,80	61,30	17,50
BSB ₅	[mg/l]	58,00	7,00	50,00	4,00	40,00	4,00
NH ₄ -N	[mg/l]	7,80	0,56	9,70	0,59	4,80	0,49
NO ₃ -N	[mg/l]	3,00	3,80	0,80	13,40	2,30	7,70
P ges.	[mg/l]			1,91	0,25	1,20	0,27
oPO ₄ -P	[mg/l]	1,79	0,34	0,74	0,10	0,58	0,21

Tabelle 1: Entwicklung der mittleren jährlichen Konzentrationen im Zu- und Ablauf des Bodenfilters Waldangelbachtal (Wasserwirtschaft 3/1995)

Die **bisherige Genehmigungspraxis** lehnte sich stark an die Bemessungswerte dieses Bodenfilters an und sah bei der Genehmigung neuer Anlagen eine starre Dimensionierung vor.

Die wesentlichen Eckwerte waren folgende:

Filtergröße: $A_u : A_{\text{Bodenfilter}} = 1 \text{ ha} : 100 \text{ m}^2$

Filterdurchlässigkeiten: $k_{\text{fmax}} = 2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (2 l/s x 100 m² Filterfläche)

Bodenaufbau:

- 0,8 m bindiger Boden
- 0,2 m Sand
- Trennlage aus Geotextil
- 0,2 m Kies (Drainschicht)

Bepflanzung: Schilf

Versagenshäufigkeit: $n = 1/\text{Jahr}$

Die Folge war, daß an vielen potentiellen Filterstandorten Bodenfilter aufgrund der erforderlichen spezifischen Filtergröße nicht realisiert werden konnten.

Weitere Kritikpunkte waren die geringe hydraulische Durchlässigkeit ein durchlässiger Bodenaufbau kann mehr Mischwasser/Zeiteinheit filtrieren, und die 0,8 m mächtige bindige Bodenschicht. Eine bindige Bodenschicht dieser Stärke benötigt nach einem Einstauereignis eine relativ lange Zeit zur Wiederbelüftung. Anoxische Verhältnisse in der Bodenmatrix, die den Stoffabbau hemmen, sind die Folge. Ferner benötigt die Schilfbepflanzung einen längeren Zeitraum (> 1 Vegetationsperiode), um die tieferen Schichten des bindigen Bodens zu durchwurzeln und aufzulockern.

Eine vom Landesumweltamt NRW betriebene Pilotanlage soll Aufschluß über einen optimierten Bodenaufbau geben.

2. Aktueller Stand der Bodenfilterplanung

Aufgrund neuer Erkenntnisse kann von der oben beschriebenen Dimensionierung wie folgt abgewichen werden:

2.1. Filtergröße

$$A_u : A_{\text{Bodenfilter}} = 1 \text{ ha} : 50 \text{ m}^2$$

Das Flächenverhältnis kann deutlich günstiger gestaltet werden. Der Richtwert sollte bei ca. 50 m² Filterfläche pro ha A_u liegen.

2.2. Filterdurchlässigkeit

Abweichend von der bisherigen Genehmigungspraxis kann ein durchlässigerer Filteraufbau gewählt werden. Wir empfehlen einen Bodenfilter auf eine maximale Durchlässigkeit von $k_f = 5 \times 10^{-5}$ m/s (5 l/s pro 100 m² Filterfläche) zu bemessen, da von den vertikal beschickten Pflanzenkläranlagen bekannt ist, daß Böden mit anfänglich hohen Durchlässigkeiten ($k_f > 5 \times 10^{-4} = 50 \text{ l/s} \times 100 \text{ m}^2$) sich durch mikrobiellen Bewuchs und Wurzelwachstum im Langzeitbetrieb auf eine Durchlässigkeit von ca. $k_f = 5 \times 10^{-5}$ m/s einstellen.

Die Vorteile eines durchlässigen Bodens liegen neben dem größeren hydraulischen Durchsatz in einer schnelleren Wiederbelüftung der Bodenmatrix, welche den organischen Stoffabbau und die Nitrifikation begünstigen. Der Vorteil eines bindigen Bodens liegt in der größeren Absorptions- und Adsorptionsfähigkeit der Wasserinhaltsstoffe.

3. Filteraufbau

Je nach gewünschter Filterdurchlässigkeit empfehlen wir einen drei- bis vierschichtigen Aufbau, der eine Kompromißlösung aus bindigen und nichtbindigen Anteilen darstellt:

0,3 - 0,5 m	sandiger Mutterboden
0,5 - 0,7 m	Sand-/Feinkies (0 - 4 mm)
[0,2 m	Fein-/Mittelkies (4 - 8 mm)]
Trennlage aus Geotextil	
0,2 m	Kies der Körnung 8 - 16 mm als Drainschicht

Der k_f -Wert dieses Filteraufbaus sollte bei einem mäßig verdichteten Zustand $\geq 5 \times 10^{-5}$ m/s und $\leq 1 \times 10^{-4}$ m/s betragen.

Ferner sollte der pH-Wert des Mutterbodens $\geq 5,5$ betragen, da es bei niedrigeren pH-Werten zu Rücklösungen von Schwermetallen kommen kann. Durch Beimengung von Muschelkalk (2 - 3 Vol. %) kann der pH angehoben werden. Ferner wird die Phosphatbindefähigkeit hiermit erhöht.

Wichtig ist, daß bei der Bauausführung darauf geachtet wird, daß der Filter im Aufbau homogen ist, da sonst über durchlässigere Bereiche **Kurzschlußströmungen entstehen**.

3.1. Bepflanzung

Die Bepflanzung kann aus landschaftspflegerischer Sicht vorgenommen werden, jedoch sollte ein Gehölzbewuchs vermieden werden. Wichtig ist, ein schneller Bewuchs der Filterfläche und eine Durchwurzelung der oberen Bodenschicht. Sofern die Mutterbodenschicht am Standort des Bodenfilters sich als oberste Filterschicht (Mutterbodenauflage) eignet, sollte dieser verwendet werden, da somit das natürliche Samenpotential genutzt werden kann. Mittels einer Initialbepflanzung kann der Filterbewuchs weiter gefördert werden.

3.2. Versagenshäufigkeit

Die derzeit übliche Genehmigungspraxis sieht eine Versagenshäufigkeit von $n \leq 10/\text{Jahr}$ vor.

Wir empfehlen eine Wassermengen- und Frachtbetrachtung mittels einer Langzeitsimulation. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß mit einem Bodenfilter ein CSB-Frachtrückhalt von 70 - > 80 % erzielt werden kann. Für die Filterdimensionierung in der Genehmigungspraxis ist derzeit ein Frachtrückhalt von 50 % anzusetzen. Filter mit einer Versagenshäufigkeit $< 5/\text{Jahr}$ bringen i.d.R. keinen spürbar größeren Frachtrückhalt als Filter mit höherer Versagenshäufigkeit. Bei einer aus gewässerökologischer Sicht geforderten kleineren Versagenshäufigkeit empfehlen wir ein kombiniertes Bodenfilter-/RRB-Bauwerk.

3.3. Meß- und Regeltechnik

Eine Steuerung mittels eines MID (magnetisch induktive Durchflußmessung) verteuert zwar das Bodenfilterbauwerk, bietet jedoch folgende Vorteile:

1. Ein MID erlaubt eine genaue Regelung der Aufenthaltszeit im Filter.
2. Mittels eines MID kann ein Dauerstau in der Bodenmatrix während der Anwuchsphase bzw. in den Sommermonaten erzeugt werden.
3. Die in das Gewässer abgegebenen Wassermengen werden erfaßt. Die relativ ungenaue Höhenstandserfassung an der RÜB-Schwelle kann entfallen.
4. Bei entsprechender Auslegung des Überlaufbauwerks und einer abgestuften Drosselkurve des MID kann ein Teil des Stauvolumens im Bodenfilter als RRB genutzt werden.

3.4. Untergrunddichtung

Für die Genehmigung eines Bodenfilterbeckens kann auf eine Untergrundabdichtung verzichtet werden, wenn der Untergrund einen $k_f \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s aufweist. Ist der Untergrund durchlässiger, so muß eine Foliendichtung oder eine mineralische Dichtung ($\geq 0,4$ m Stärke) aufgetragen werden. Eine Abdichtung mit Benthonit gefüllten Deckvliesstoffen (Elefantenhaut) stellt eine weitere mögliche, relativ kostengünstige Lösung dar.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abwasserverband Waldangelbachtal Antwortschreiben zur schriftlichen Anfrage zum betrieblichen Aufwand einer Bodenfilteranlage 14.10.1994
- W. Börnert, U. Hagendorf,
A. Morell, K. Seidel Bakteriologische Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungsmaßnahmen
Korrespondenz Abwasser Heft 9, S. 1540 - 1545, 1994
- P.G. Brunner Regenwasserbehandlung in Bodenfilterbecken
Wasserwirtschaft Heft 3, S. 134 - 138, 1995
- N. Könemann Leserbrief ... „Bodenfilterbecken“ Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz
Heft 28, S. 131 - 135, 1994
- Th. Krassmann Untersuchungen zur Phosphatbindung natürlicher anorganischer Bodenmineralien, Bericht zur Ökotechnik,
Juli 1991
- Landesumweltamt NRW Telefax zum Filteraufbau der Pilotanlage in Alsdorf
16.8.1995
- M. Reinhofer, H. Berghold Klärschlammveredlung mit Hilfe von Helophyten,
Korrespondenz Abwasser, Heft 8, S. 1302 - 1305, 1994
- D. Schitthelm Anforderungen und geeignete Behandlungsmaßnahmen für die Einleitung von Niederschlagswasser in leistungsschwache Gewässer
Wasser und Boden Heft 1, S. 67 - 71, 1995
- H. Zech Erfahrungen mit dem Bodenfilterbecken Waldangerloch
Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz,
Heft 27, S. 2 - 9, 1994