

Erfahrungen mit Kiesfiltern

Felix Rutz, dipl. Kulturingenieur ETH, Institut für Landschaftspflege und Umweltschutz,
ILU O. Lang AG, Uster

Inhalt	Seite
1. Einleitung	1
2. Sedimentationsteich mit Kiesfilter	2
2.1 Notwendigkeit einer Behandlung des Strassenabwassers gemäss neuen Richtlinien (BUWAL-Wegleitung, Entwurf VSA-Richtlinie)	2
2.2 Vorstellung der Anlage	2
2.3 Durchgeführte Messkampagnen	2
2.4 Reinigungsleistung	2
2.5 Unterhaltmassnahmen	3
2.6 Beurteilung der Anlage und des Kiesfilters	3
2.7 Vergleich mit neuen Richtlinien	4
3. Retentionsfilterbecken mit Kiessandfilter (A 4.2.8)	4
3.1 Notwendigkeit einer Behandlung des Strassenabwassers gemäss neuen Richtlinien (BUWAL-Wegleitung, Entwurf VSA-Richtlinie)	4
3.2 Anlagenbeschreibung	4
3.3 Ausführungszeiträume	4
3.4 Filteraufbau	5
3.5 Betriebserfahrungen	5
3.6 Vergleich mit neuen Richtlinien	5
4. Schlussfolgerungen	6

1. Einleitung

Es werden die Erfahrungen bei **zwei** unterschiedlichen **Anlagentypen** vorgestellt:

1. Sedimentationsteich im Dauerstau mit nachfolgendem, horizontal durchflossenem Kiesfilter (Anlage Chrebsbachknie bei Winterthur A4.2.9)
2. Retentionsfilterbecken mit vertikal durchflossenem humusiertem Kiessandfilter (Anlagen bei Andelfingen, A 4.2.8)

Die erste Anlage ist seit ca. 6 Jahren in Betrieb. Bei dieser Pilotanlage wurden umfangreiche Messkampagnen vom Tiefbauamt des Kantons Zürich und der EAWAG (Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) durchgeführt und ausgewertet. Der Schwerpunkt meiner Ausführungen liegt bei der Anlage Chrebsbachknie. Dieser Anlagentyp wird nicht häufig erstellt. Die Ergebnisse können teilweise für andere Anlagentypen verwendet werden.

Die Beispiele für den zweiten Anlagentyp sind seit etwa 1 bis 2 Jahren in Betrieb. Das Konzept dieser Anlagen entspricht ungefähr dem häufig gebauten Retentionsfilterbecken gemäss BUWAL-Wegleitung und Entwurf VSA-Richtlinie. Von diesen Anlagen liegen noch keine Messresultate vor.

Pro Anlage wird eingangs die Notwendigkeit einer Behandlung des Strassenabwassers gemäss der BUWAL-Wegleitung geprüft. Am Schluss wird die Frage beleuchtet "*was würde man heute aufgrund der neuen Richtlinien anders projektieren?*"

2. Sedimentationsteich mit Kiesfilter

2.1 Notwendigkeit einer Behandlung des Strassenabwassers gemäss neuen Richtlinien (BUWAL-Wegleitung, Entwurf VSA-Richtlinie)

Die Belastungsklasse des Strassenabwassers fällt in die Kategorie hoch. Das Einleitverhältnis V ist kleiner als 0.1. Daraus ergibt sich, dass eine Retention und Behandlung erforderlich ist (Tabelle 8 der BUWAL-Wegleitung). Die Prüfung über den Vergleich zwischen den Anforderungen an die Wasserqualität in Fliessgewässern (GSchV Anhang 2) und den gemessenen Konzentrationen im Strassenabwasser ergibt, dass bei einer Direkteinleitung die Anforderungen an die Wasserqualität im Bach nicht eingehalten würden (vergl. Referat Dr. L. Rossi).

2.2 Vorstellung der Anlage

Vom Ölrückhaltebecken (Typ B, ohne Entlastung) fliesst das Strassenabwasser in den abgedichteten Sedimentationsteich und horizontal durch einen im Ufer angeordneten groben Kiesfilter in den zweiten als Nachklärbecken ausgebildeten Teich. Der Sedimentationsteich hat eine Fläche von ca. 300 m² pro Hektare Strassenfläche, der Kiesfilter ca. 50 m² pro Hektare Fahrbahn (bezogen auf die Wassereintrittsfläche). Der Kiesfilter ist mit Sickerkies 8/16 aufgebaut und mit ca. 20 cm Kiessand 1/32 überdeckt.

Schematische Darstellungen der Anlage sind im Anhang und im beiliegenden Separatdruck aus der Zeitschrift des gwa 4/99 beschrieben. Der Filteraufbau ist aus Anhang Nr. 1.5 ersichtlich.

2.3 Durchgeführte Messkampagnen

Im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich wurden drei Regenereignisse beprobt (am 12. August 1996, 20. Mai 1997 und am 7./8. Juni 1998). Dabei wurden die Wassermengen und die Konzentrationen verschiedener Parameter an drei Messstellen gemessen und ausgewertet. Es war möglich, Bilanzierungen für die Reinigungswirkung abzuschätzen.

Die EAWAG hat im Dezember 1998 die PAK-Konzentrationen im Sediment des Ölrückhaltebeckens und der zwei Teiche gemessen. Im Dezember 1999 wurde durch die EAWAG bei einem Regenereignis die Schwermetallabtrennung detailliert untersucht.

2.4 Reinigungsleistung

Die Resultate der **Messungen des Tiefbauamtes** sind am Beispiel der zweiten Messkampagne im Anhang 2 und 3 dargestellt (siehe auch Separatdruck gwa 4/99). Aus den Resultaten dieser Messungen ergibt sich ein Wirkungsgrad der Anlage bei den drei beprobten Regenereignissen von etwa 90% für die Schwermetalle und die Kohlenwasserstoffe. Ammonium und Nitrit werden abgebaut, der Nitrat-Gehalt steigt als Folge der Nitrifikation an. Für den Abbau von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) zeigt die Anlage keine Wirkung. Gründe dazu können die für einen Abbau zu kurzen Aufenthaltszeiten im Teich und die hohe Filtergeschwindigkeit im Kiesfilter sein. Zudem wird im Teich selber organisches Material produziert (Algen, Schilf). Der DOC ist jedoch kein kritischer Parameter.

Die Wirkung des Sedimentationsteiches und des Kiesfilters können nur gesamthaft beurteilt werden (keine zwischenliegende Messstelle).

Die **PAK-Messungen der EAWAG** zeigen eine Abnahme in den Sedimenten vom Ölrückhaltebecken mit 22.5 mg/kg TS über den Sedimentationsteich mit 11.0 mg /kg TS zum Nachklärbecken mit 2.3 mg/kg TS. Der Richtwert T für tolerierbares Aushubmaterial beträgt 15 mg/kg (Aushubrichtlinie des BUWAL).

Bei der Untersuchung der **Schwermetallabtrennung** wurde von der **EAWAG** festgestellt, dass beim Blei und Cadmium über 96% in partikulärer Form vorliegen und weniger als 4% gelöst sind. Beim Kupfer und Zink sind etwa 67% der Gesamtgehalte in partikulärer Form (siehe Anhang). Für das Regenereignis vom 4. Dezember 1999 mit 9.8 mm Regen in ca. 2 Stunden wurde die Abnahme der im **Wasser** gemessenen Schwermetallfrachten durch die Anlage auf über 90% bestimmt für Blei, Cadmium und Kupfer. Für Zink war der Wirkungsgrad der Anlage mit 68% kleiner. Die gemessenen Konzentrationen im **Sediment** der zwei Teiche zeigen eine Abnahme zwischen Einlauf Sedimentationsteich und Auslauf Nachklärbecken von 88% für Blei, von 86% für Zink und von 75% für Cadmium. Erstaunlich ist die hohe Abnahme im Sediment für Zink (Prozesse unklar).

Die Restgehalte an Kohlenwasserstoffen und Schwermetallen im Sediment des Nachklärbeckens können das Grundwasser gefährden (Rücklösung bei anaeroben Verhältnissen). Dieses Becken ist nicht abgedichtet. Nach Beurteilung durch den beigezogenen Hydrogeologen ist die Gefährdung im konkreten Fall jedoch sehr klein.

2.5 Unterhaltmassnahmen

In den sechs Betriebsjahren wurden folgende Unterhaltsarbeiten durchgeführt:

- Entleerung des Ölrückhaltebeckens jährlich (ca. 2m³ Schlamm pro Hektare Strassenfläche und Jahr)
- Spülung der Sickerleitungen jährlich
- Mähen der Böschungen einmal jährlich
- Ersatz der ca. 20 cm mächtigen Abdeckschicht des Kiesfilters nach ca. 4 Betriebsjahren (ca. Fr. 1'500.- pro Hektare Strassenfläche alle 4 Jahre), (siehe Anhang)

Das Schilf im Teich wird nicht gemäht. Die Schwermetallgehalte im Schilf des ersten Teiches sind erhöht (ca. 4 mg Blei pro kg TS). Eine Räumung des Sedimentationsteiches ist erst nach mehr als 10 weiteren Betriebsjahren absehbar.

2.6 Beurteilung der Anlage und des Kiesfilters

1. Die Hochwasserspitzen werden aufgefangen und dosiert dem Chrebsbach zugeleitet (Retention).
2. Die Reinigungsleistung der Anlage war bei den untersuchten 4 Regenereignissen und aufgrund der Sedimentanalysen für die relevanten Schadstoffe sehr gut.
3. Der Austrag von Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen in den Chrebsbach dürfte auf etwa 10% des Zuflusses von der Strasse begrenzt sein.
4. Der grösste Schadstoffanteil wird im Sedimentationsteich abgetrennt.
5. Sobald der Kiesfilter kolmatisiert oder voll beladen ist, hat er nur noch eine ungenügende Reinigungswirkung. Im Dezember 1999, nach 4 Betriebsjahren, hatte der Kiesfilter einen Wirkungsgrad von lediglich etwa 50% für den Partikelrückhalt (Messung ohne Wirkung des Sedimentationsteiches, Unterschied zwischen vor und nach Kiesfilter)
6. Bei grossen Regenereignissen wird die Filtergeschwindigkeit zu hoch. Der Filter ist zu grobkörnig.
7. Trotzdem kolmatisiert der Filter mit der Zeit von unten nach oben. Das Niveau des Dauerstaus stieg nach ca. 3 Betriebsjahren an.
8. Der Kiesfilter muss ca. alle 4 Jahre unterhalten werden.
9. Der Filteraufbau könnte für eine bessere Abtrennung von Schwermetallen optimiert werden (z.B. auch mit künstlichen Adsorbentmaterialien wie GEH (granuliertes Eisen-Hydroxid) gemäss Entwurf VSA-Richtlinie).
10. Andererseits hatte der Kiesfilter neben der Filterwirkung bisher eine gute Wirkung zur optimalen Drosselung des Zuflusses und dadurch für eine optimale Sedimentation im ersten Teich.
11. Der Unterhaltsaufwand war bisher bescheiden (gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis).

2.7 Vergleich mit neuen Richtlinien

Was würde man heute aufgrund der neuen Richtlinien anders projektieren?

Der Standardtyp "Retentionsfilterbecken mit vertikal durchströmtem Bodenfilter" könnte aufgrund der Höhenverhältnisse nicht realisiert werden. Beim Chrebsbachknie könnte am ehesten der Anlagentyp "horizontal durchflossener Bodenfilter" (Entwurf VSA-Richtlinie, Seite 49 oben) sinnvoll angewendet werden. Gegenüber der heutigen Anlage müsste dazu der Sedimentationsteich verkleinert und die Filterfläche wesentlich vergrößert werden. Der Filter könnte als "Bodenfilter" aufgebaut werden. Allerdings wäre immer noch ein hydraulisch sehr gut durchlässiger Filter notwendig (z.B. humusierter Kiessand mit Zwischenlage aus künstlichen Adsorbermaterialien).

Vor allem aus Kostengründen würde das Ölrückhaltebecken vermutlich als offenes Erdbecken erstellt. Eine vorgeschaltete Entlastung für Extremereignisse wäre denkbar, aber nicht zwingend.

3. Retentionsfilterbecken mit Kiessandfilter (A 4.2.8)

3.1 Notwendigkeit einer Behandlung des Strassenabwassers gemäss neuen Richtlinien (BUWAL-Wegleitung, Entwurf VSA-Richtlinie)

Die Belastungsklasse des Strassenabwassers ist wiederum hoch. Das Einleitverhältnis bei der Anlage Seltenbach beträgt V kleiner als 0.1. Eine Retention und Behandlung ist für die Einleitung in ein oberirdisches Gewässer erforderlich. Eine Versickerung wäre ohne Behandlung zulässig.

Bei der Anlage Thur-Süd beträgt das Einleitverhältnis V mehr als 1 (Thur als grosser Vorfluter). Hier ist eine Retention nicht erforderlich, wohl aber eine Behandlung. Eine Versickerung wäre mit Behandlung zulässig.

3.2 Anlagenbescrieb

Es handelt sich um typische, hochbelastete, zweiteilige Retentionsfilterbecken (etwa 200 m² Filterfläche pro Hektare reduziertes Einzugsgebiet). Ein Schema der Anlagen ist im Text des Referates von Werner Stegemann enthalten.

3.3 Ausführungszeiträume

Bei der **Anlage Seltenbach** wurde der Einbau des Kiessandfilters, inkl. Humusierung der Filterfläche im Herbst 1998 abgeschlossen. Ebenfalls noch im Herbst 1998 erfolgte die Ansaat der Becken mit einer Hochstaudensamenmischung. Der 2. Beckenteil wurde schon kurz nach Fertigstellung mit Oberflächenwasser der Baustelle A4.2.8 beschickt. Dadurch konnte auf ein baustellenseitiges Absetzbecken an der A4.2.8 verzichtet werden. Das stark ton- und silthaltige Strassenabwasser, das während der Bauphase vom Trasse und den Dämmen abfloss, führte zu einer Verschlammung der Filterfläche. Um die Versickerungsleistung wiederherzustellen, musste der Oberboden im zweiten Beckenteil im Juni 2000 abgetragen und erneuert werden. Die Neuansaat der Filterfläche erfolgte kurz danach. Der erste Beckenteil ist **seit Juni 2000** in Betrieb.

Bei der **Anlage Thur-Süd** wurde das 2. Becken 1999 fertiggestellt und angesät. Das 1. Becken wurde bis im Frühling 2000 zur Vorbehandlung des Oberflächenwassers aus dem

Trasse der N4.2.8 Baustelle verwendet. Im Mai 2000 wurde es humusiert und angesät und im **April 2001** in Betrieb genommen.

3.4 Filteraufbau

Entgegen dem Entwurf der VSA-Richtlinie wurde beim Filteraufbau nie Unterboden verwendet. Der Kiessand wurde jeweils direkt mit Oberboden überdeckt (siehe Schema im Anhang Nr. 6.1).

Für den Kiessand wurden anlagenspezifische Korngrößenverteilungen vorgegeben. Der Durchlässigkeitsbeiwert k_f betrug je nach Anlage ca. 2×10^{-3} bis ca. 2×10^{-4} m/s und wurde vorgängig im Labor bestimmt und beim Einbau kontrolliert.

3.5 Betriebserfahrungen

Folgende Unterhaltsarbeiten werden durchgeführt:

- Filterflächen einmal pro Jahr mähen (nicht zu tief, um gewünschte Pflanzenarten zu fördern). Das Schnittgut wurde kompostiert, sollte aber zukünftig in einer KVA entsorgt werden.
- Sickerleitungen und Ableitungen einmal jährlich spülen.
- Vorbecken bei Anlage Seltenbach: wird demnächst einmal geleert und Schlamm entsorgt (Schlamm vor allem aus Bauphase).

Zudem werden vom Unterhaltsdienst regelmässige Kontrollgänge durchgeführt.

Bei Betriebsaufnahme wurden im Ablauf der Anlage Seltenbach leichte Trübungen festgestellt (Aufbau, Stabilisierung des Filters). Nach ca. 1 Betriebsjahr wurden auch bei grösseren Regenereignissen im Ablauf keine Trübungen mehr beobachtet. Der Zeitraum von ca. 1 Jahr zwischen Ansaat und Inbetriebnahme hat sich bewährt.

Die Sickerleistungen betragen ca. $2 \text{ l/Min.} \times \text{m}^2$. Es wurden noch keine Messungen zur Bestimmung der Reinigungswirkung der Anlagen durchgeführt.

Bei hochbelasteten Filterbecken ist die Sickerfähigkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Der Einbau von Filtern mit Oberboden und Kiessand, aber ohne Unterboden hat sich aufgrund der bisherigen Erfahrungen bewährt. Allerdings kann die Reinigungsleistung noch nicht mit Messresultaten belegt werden.

3.6 Vergleich mit neuen Richtlinien

Was würde man heute aufgrund der neuen Richtlinien anders projektieren?

Die Anlagen entsprechen ungefähr dem Typ "Retentionsfilterbecken" (Entwurf VSA-Richtlinie Seite 46 unten). Anpassungen wären lediglich beim Filteraufbau zu prüfen.

Bei der **Anlage Seltenbach** könnte ein Filter mit Ober- und Unterboden vorgesehen werden. Allerdings wäre dazu meiner Meinung nach die Filterfläche zu vergrössern, um die kleinere Wasserleitfähigkeit zu kompensieren. Ein entsprechend grösserer Landerwerb wäre Voraussetzung.

Bei der **Anlage Thur-Süd** wäre aufgrund der engen Platzverhältnisse ein Filteraufbau mit Ober- und Unterboden nicht möglich. Hier käme am ehesten der Einbau von künstlichen Adsorbiermaterialien in Frage. Dadurch könnte allenfalls eine bessere Reinigungsleistung erzielt werden. Wie reagieren Pflanzen auf diese Materialien?

Bei der Anlage Thur-Süd könnte bei Beschränkung auf die Behandlung des "first flush" das Beckenvolumen verkleinert werden. Die Becken könnten weniger tief erstellt werden. Dadurch ergäben sich leicht grössere ebene Filterflächen (Reduktion der Böschungflächen).

4. Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Anlagen haben sich im Betrieb bisher bewährt. Der Aufwand für den Unterhalt der Anlagen ist relativ bescheiden. Bei der Anlage Chrebsbachknie kann die gute Reinigungsleistung mit umfangreichen Messresultaten belegt werden. Bei den Anlagen entlang der A 4.2.8 fehlen bisher Messresultate. Das Tiefbauamt des Kantons Zürich wird jedoch Funktionskontrollen mit einfachen Messungen der relevanten Parameter durchführen lassen.

Der Einbau von künstlichen Adsorbermaterialien wäre bei den vorgestellten Anlagen möglich gewesen.

Weitere Messungen, auch an bestehenden Anlagen, sind erforderlich. Die unterschiedlichen Reinigungsleistungen der verschiedenen Filtermaterialien sind durch Messungen nachzuweisen.

Fast jede Anlage hat ihre Besonderheiten. Die spezifischen örtlichen Verhältnisse sind zu berücksichtigen und die Anlagen sind individuell zu projektieren. Die Richtlinien sind dementsprechend anzuwenden.