



## Abschlussbericht

### Regenwasserbehandlung Gewerbegebiet Haid in Freiburg i. Br.

gefördert vom Innovationsfond der badenova AG & Co KG

Freiburg, im November 2011

erstellt für:

Eigenbetrieb Stadtentwässerung  
Sundgaullee 25  
79114 Freiburg

erstellt von:

badenova AG & Co.KG  
Tullastraße 61  
79108 Freiburg

Projektnummer: 2008-5

# NEUES VERFAHREN ZUR REGENWASSERBEHANDLUNG

AM BEISPIEL GEWERBEBEBIET HAID IN FREIBURG I. BR. (PROJEKTNUMMER: 2008-5)

## 1 GRUNDLAGEN UND VERANLASSUNG

Das Gewerbegebiet Haid der Stadt Freiburg i. Br. hat eine Gesamtgröße von ca. 110 ha und ist im Trennsystem erschlossen. Das Regenwasser wird in einem Kanal bis DN 2100 gesammelt und in das Regenrückhaltebecken Haid eingeleitet. Von dort aus gelangt es in den Schelmengraben (kleiner Flachlandbach).

Der Anteil an befestigter und abflusswirksamer Fläche wurde zu ca. 53 % ermittelt. Der max. Abfluss beim 5-jährlichen Regenereignis beträgt  $Q_{\max, n=0,2} = 8.043 \text{ l/s}$ .

Im Zuge des Gesamtentwässerungsplanes aus dem Jahre 2004 wurde eine qualitative Bewertung gemäß LUBW [1] durchgeführt.

Der Emissionswert B im Gewerbegebiet ergab einen Wert von 22. Der Schelmengraben als kleiner Flachlandbach wurde mit 15 Gewässerpunkten bewertet. Demnach ist eine Behandlung erforderlich. Die im GEP angedachte Lösung hierfür ist ein Regenklärbecken im Dauerstau mit  $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s*ha)}$ . Bei einer Oberflächenbeschickung von  $q_A = 7,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2*\text{h})$  ergibt sich eine geforderte Oberfläche von  $423 \text{ m}^2$ . Bei einer Tiefe von 2 m entspricht dies einem geforderten Volumen von  $846 \text{ m}^3$ .

Diese Vorgaben entsprechen gemäß LUBW [1] einem Feststoffrückhalt von 50% im Jahresmittel.



Bild 1: Übersichtslageplan

## 2 VORPLANUNGEN REGENKLÄRBECKEN

Vorplanungen durch die badenova AG & Co KG im Auftrag des Eigenbetrieb Stadtentwässerung der Stadt Freiburg für den Bau eines konventionellen Regenklärbeckens haben ergeben, dass das Becken mit Klärüberlauf und Beckenüberlauf eine Gesamtfläche von ca. 850 m<sup>2</sup> aufweisen muss. Diese Fläche zzgl. der Flächen für Zulaufkanäle etc., die als Gewerbeflächen ausgewiesen sind, hätten von der Stadt Freiburg erworben werden müssen.

Der MHW des Grundwassers in diesem Bereich liegt ca. 2 m unter der Geländeoberkante, so dass das Regenklärbecken stark in den Grundwasserkörper eintauchen würde, was zu weiteren hohen Kosten für Grundwasserhaltungsmaßnahmen während der Bauzeit geführt hätte.

## 3 ALTERNATIVPRÜFUNG

Als Alternative zum im Gesamtentwässerungsplan vorgeschlagenen Regenklärbecken wurde überprüft, ob das im Kanalnetz vorhandene Volumen für die Reinigung des Regenwassers herangezogen werden kann. Hierfür wurde vorab durch die Universität Stuttgart durch die Analyse von Sedimenten und Probenahmen aus der fließenden Welle sowie durch Messungen verschiedener Parameter die Verschmutzung des Regenwassers erhoben. Auf Grundlage dieser Erhebungen sollte dann das Ingenieurbüro Sydro Consult GmbH/ Darmstadt ein neu entwickeltes Bauwerk simulieren und den Feststoffrückhalt ermitteln. Die Arbeiten der Universität Stuttgart und des Ing. Büro Sydro Consult wurden durch den Innovationsfond der badenova AG & Co KG bezuschusst.

Folgende Randbedingungen für die Lage der alternativen Regenwasserbehandlungsanlage wurden festgelegt:

- Bau auf dem Regenwasserkanal
- Behandlung aller anfallenden Oberflächenabflüsse
- Entlastung in einen naheliegenden Schmutzwasserkanal

## 4 ERHEBUNG DER VERSCHMUTZUNG DER ABFLÜSSE

Zur Charakterisierung der Verschmutzung des Regenabflusses wurden durch das Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart umfassende Untersuchungen durchgeführt. Die folgende Darstellung basiert auf dem zugehörigen Schlussbericht [2].

Am Auslauf des Regenwasserkanals in das Regenrückhaltebecken wurde im April 2008 auf der Sohle ein Metallschild angebracht, vor dem sich Sedimente aus dem Kanalnetz ablagerten. Diese Sedimente wurden monatlich entnommen und hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung und der Verteilung der Sinkgeschwindigkeiten untersucht.

Am geplanten Standort der Behandlungsanlage wurde außerdem in einem Bauwagen eine Messstation eingerichtet an der Durchfluss und Feststoffkonzentrationen (AFS<sub>eq</sub>) kontinuierlich gemessen wurden. Parallel dazu wurden in einem By-Pass-Strom quasi-kontinuierlich bis zu 12 Proben je Regenereignis entnommen. Innerhalb von 8 Monaten wurden 19 Regenereignisse beprobt.

Die Proben wurden standardmäßig auf CSB und AFS untersucht. Bei sechs Ereignissen wurden zusätzlich die Konzentrationen der Schwermetalle gemessen und bei drei Ereignissen die Konzentrationen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). Diese Schadstoffgruppe wird im Regenabfluss als ökologisch besonders relevant eingestuft.

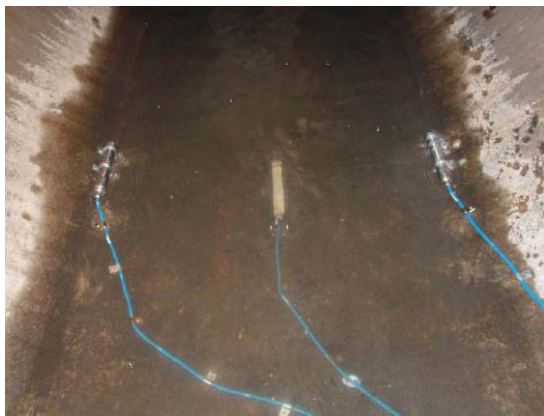
Um die Absetzbarkeit der in der fließenden Welle mitgeführten Partikel zu erfassen, wurden in einer zweiten Messphase zusätzlich Regenwassertanks aufgestellt, in denen der By-Pass-Strom aufgefangen wurde. Aus diesem Volumen wurden die Feststoffe abgetrennt und Korngrößen- sowie Sinkgeschwindigkeitsverteilungen ermittelt.



**Bild 2: Metallschwelle am Auslauf zur Entnahme von Sedimenten**



**Bild 3: Behälter zur Entnahme von bis zu 12 Proben in einem By- Pass Strom**



**Bild 4: Sonden zur Durchflussmessung im Regenwasserkanal**



**Bild 5: Tanks zur Aufnahme von Regenwasser für die Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit**

Es wurde ein maximaler Abfluss von ca. 4.500 l/s an der Messstelle festgestellt. Dies entspricht in etwa einem einjährigen Regenereignis.

Der Basisabfluss lag im März bei hohem Grundwasserstand bei bis zu 25 l/s. Der Basisabfluss entsprach hier der Hälfte des Gesamtabflusses im März. Im August wurde bei niedrigem Grundwasserstand kein Basisabfluss festgestellt.

Bei der Mehrzahl der Regenereignisse waren jeweils zu Beginn deutlich ausgeprägte Konzentrationsspitzen zu erkennen. Teilweise wurden in Regenereignissen Konzentrationen von AFS und CSB von über 300 mg/l gemessen. Nach Abklingen des Spülstoßes lagen diese Konzentrationen deutlich unter 100 mg/l.

Es wurden gute Korrelationen zwischen  $AFS_{eq}$  und PAK festgestellt. Das bedeutet, dass AFS als Ersatzparameter für diese Schadstoffgruppe angesehen werden kann.

Bei der Geschiebeentnahme am Auslauf des Regenwasserkanals wurde folgendes aufgefunden:

- Steine bis zu einer Größe von 200 mm
- organischer Anteil bis 5 %

Folgende Havariefälle wurden aufgezeichnet:

- Ölunfall im Januar 2009
- Säureeinleitung im Februar 2009
- Farbstoffeinleitung im Juni 2009

Das Ergebnis der Universität Stuttgart im Bezug auf das geplante Behandlungsbauwerk kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Spülstoß muss zur Kläranlage
- Fremdwasser muss im Regenwasserkanal verbleiben
- Gefahr von Fehleinleitungen ist zu berücksichtigen
- Geschiebe muss zurückgehalten werden

Dies wurde bei der Planung des zu simulierenden Behandlungsbauwerkes berücksichtigt.

## 5 ALTERNATIVE REGENWASSERBEHANDLUNG

### 5.1 Bauwerksgestaltung

Gemäß den Vorgaben der Universität Stuttgart und den Gegebenheiten vor Ort wurde das Bauwerk mit folgenden Einbauten geplant:

- Schwelle mit Entlastungsschieber (Gesamthöhe: 2,10 m). Der Entlastungsschieber kann bis auf eine Höhe von 1,10 m über Kanalsole abgesenkt werden um das Klarwasser in den Vorfluter abzuleiten.
- schwimmende Tauchwand vor der Schwelle
- Verbindung zum Schmutzwasserkanal DN 500 mit Verschlusschieber
- Bypass DN 250 für Fremdwasser mit Verschlusschieber sowie Leichtflüssigkeitsabscheider mit Ableitungsmöglichkeit in den Schmutzwasserkanal
- Sand- und Geröllfang
- Wasserstandsmesseinrichtungen
- Regenmesser (außerhalb des Bauwerkes)

Das geplante Bauwerk soll aus Stahlbeton hergestellt werden und hat mit einer Gesamtfläche von ca. 50 m<sup>2</sup> nur etwa 6 % des Flächenbedarfs des konventionellen Regenklärbeckens.

Die Einbauten sind mit einer Mess-, Steuer-, Regeltechnik ausgerüstet und regeln sich selbst, können jedoch auch manuell betätigt werden.

Die Höhe der Schwelle im Bauwerk wurde so festgelegt, dass bei vollem Einstau das gemäß Gesamtentwässerungsplan geforderte Volumen als Rückhaltung im Kanal zur Verfügung steht. Die Schwellenhöhe wurde auf Scheitel des Zulaufrohres festgesetzt. Bei einer Schwellenhöhe von 2,10 m sind bei Vollfüllung bis OK Schwelle ca. 900 m<sup>3</sup> gespeichert.

Zudem wird ca. 370 m oberhalb der Regenwasserbehandlungsanlage eine Spüleinrichtung eingebaut, die nach der Entleerung des Kanals den Regenwasserkanal mit aufgestautem Wasser spült. Das Spülvolumen wurde auf zusätzlich ca. 80 m<sup>3</sup> festgelegt und soll durch ein absenkbares, überströmbares Spülschild aktiviert werden können.

Die genaue Lage der Regenwasserbehandlungsanlage sowie ein Grundriss und ein Schnitt sind in den Bildern 6 bis 8 dargestellt.



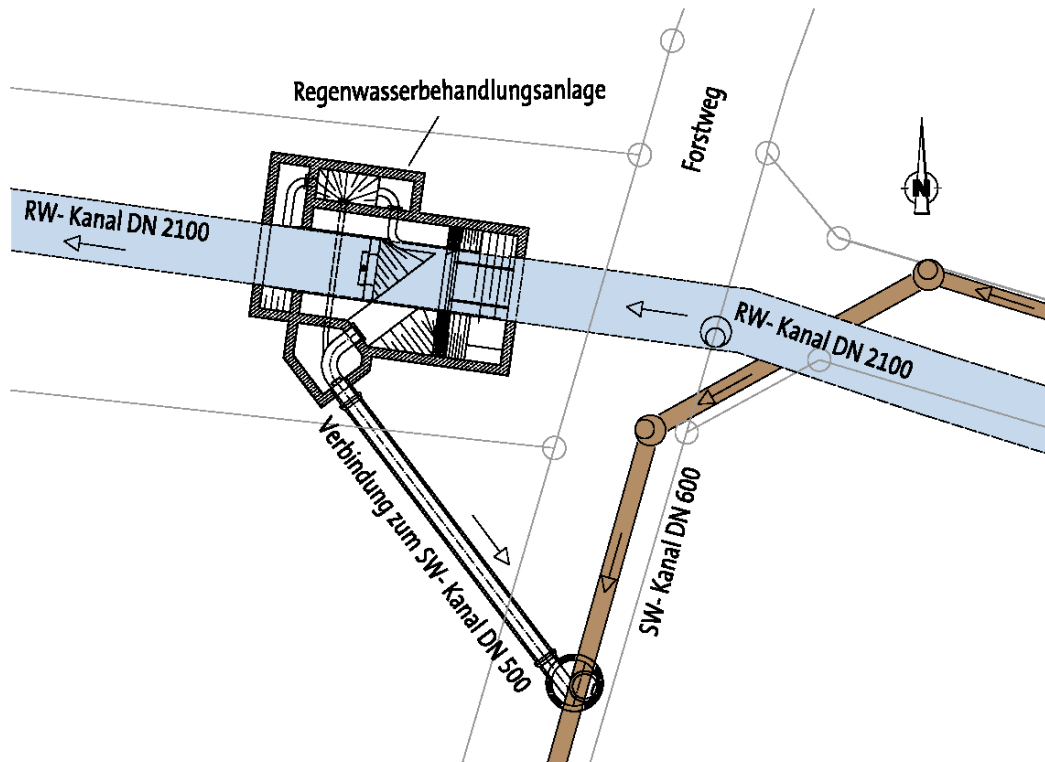


Bild 6: Lageplan Bauwerk

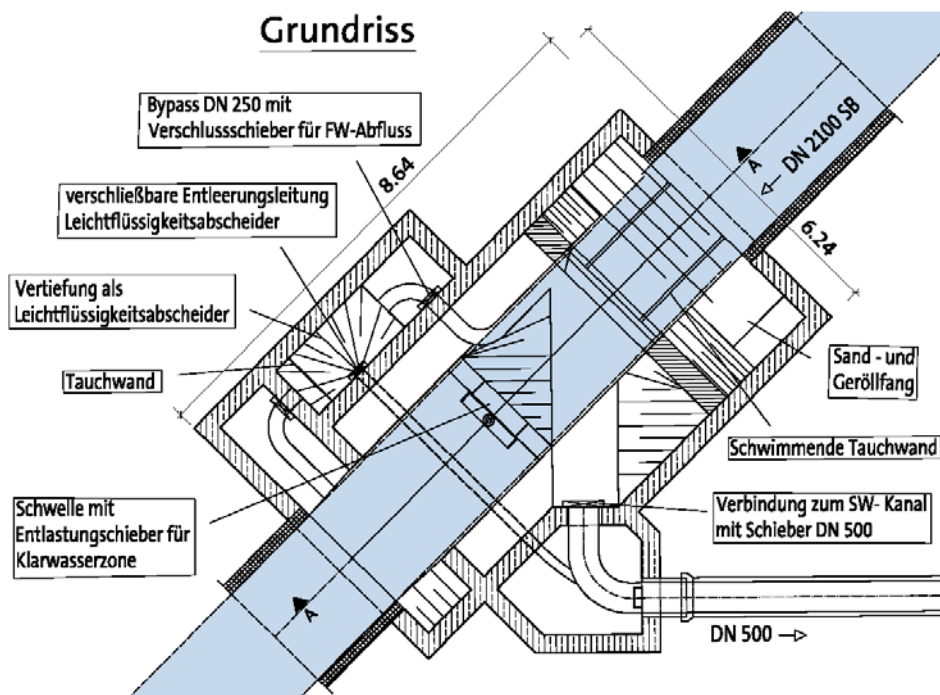


Bild 7: Grundriss

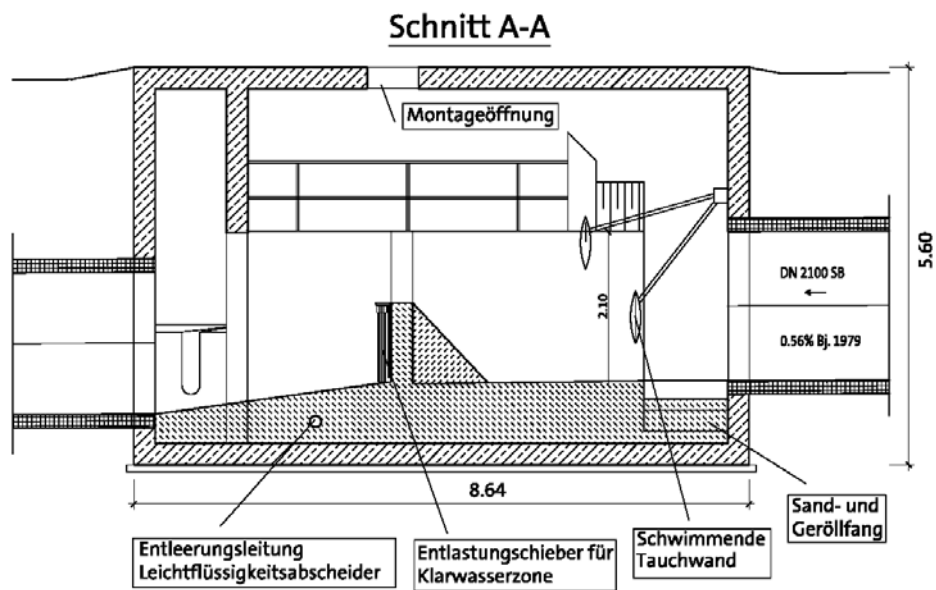


Bild 8: Schnitt

## 5.2 Funktions- und Wirkungsweise

Ablaufbeschreibung:

- 1 Ausgangslage bei Trockenwetter:
  - Entlastungsschieber an der Schwelle ist geschlossen
  - Schieber DN 500 zum Schmutzwasserkanal ist geschlossen
  - Schieber des Bypass DN 250 ist geöffnet um Fremdwasser abfließen lassen zu können.
  - Spülschild im Oberwasser des RW- Kanals ist geöffnet
  
- 2 Beginn eines Regenereignisses:
  - Schieber des Bypass DN 250 wird geschlossen. Das gesamte Regenwasser wird zurückgehalten.
  - Spülschild im Oberwasser des RW- Kanals wird geschlossen. Spülwasser sammelt sich an.
  
- 3 Einstau bis OK Schwelle und Überstauung der Schwelle:
  - Alle Schieber sind geschlossen. Das gesamte Regenwasser wird zurückgehalten. Überschüssiges Wasser gelangt über die Schwelle in den Vorfluter.
  - Spülschild im Oberwasser des RW- Kanals ist geschlossen. Die Spülwassermenge hat sich angestaut. Spülschild wird überströmt.
  
- 4 Ende des Regens und Beginn der Entlastung:
  - Entlastungsschieber an der Schwelle bleibt geschlossen bis sich der Wasserspiegel bis zur OK des Entlastungsschieber abgesenkt hat. Anschließend öffnet der Entlastungsschieber bis auf eine Höhe von ca. 1,10 m über der Sohle und der Klarwasserabzug beginnt. Die schwimmende Tauchwand hält Schwimmstoffe davon ab über die Schwelle in die Vorflut zu gelangen. Bei Erreichen einer Höhe von 1,10 m über Sohle verbleibt eine Restwassermenge von ca. 220 m<sup>3</sup> im Kanal.
  
- 5 Beginn der Ableitung in den SW- Kanal:
  - Schieber DN 500 zum Schmutzwasserkanal wird geöffnet. Die Restwassermenge von ca. 220 m<sup>3</sup> wird in den Schmutzwasserkanal geleitet.

6 Beginn der Reinigung des RW- Kanals:

- Entlastungsschieber an der Schwelle schließt.
- Spülschild im Oberwasser des RW- Kanals wird geöffnet. Die Spülwassermenge von ca. 80 m<sup>3</sup> reinigt den RW- Kanal und fließt durch den geöffneten Schieber DN 500 in den Schmutzwasserkanal.

7 Rückstellung aller Funktionseinheiten in den Ursprungszustand gem. Pkt. 1.

Die Feststellung eines Regenereignisses erfolgt durch einen Regensensor und zusätzlich durch eine Wasserstandsmessung im Zulaufkanal. Die Abläufe sind vollkommen automatisiert. Durch einen oberirdischen Schaltschrank können die Einstellungen jedoch auch manuell getätigt werden. Die Vorgänge und Messungen werden erfasst und zur Abwasserleitstelle übertragen. Die Daten dienen der Dokumentation und Überwachung der Vorgänge im Bauwerk.

Um den Nachlauf von Regenereignissen bei der Regenwasserbehandlung abzudecken beginnt das Öffnen der Schwelle erst 6 Stunden nach Beendigung des Regenereignisses. Sollte innerhalb dieser Zeitspanne ein erneutes Regenereignis stattfinden, so wird dies als ein zusammenhängendes Regenereignis betrachtet.

### 5.3 Havarie

Durch den Leichtflüssigkeitsabscheider im Bypass und die Möglichkeit den Kanal bis auf eine Höhe von 2,10 m über Sohle abzusperren ist ausreichend Volumen zum Schutz vor Havarien vorhanden. Bei Regen besteht zudem noch die Möglichkeit den Schieber zum Schmutzwasserkanal zu öffnen und so weiteres Volumen zu schaffen.

## 6 SIMULATION DES REGENWASSER-BEHANDLUNGSBAUWERKES

Die Simulation der Feststofftransporte und des Feststoffrückhaltes bei Einsatz dieses geplanten Bauwerkes zur Regenwasserbehandlung wurde durch das Ingenieurbüro Sydro Consult/ Darmstadt im April 2010 u. a. mit dem Softwarepaket FLUENT(ANSYS) begonnen und im Dezember 2010 abgeschlossen ([3],[4]).

Im Rahmen von numerischen Falluntersuchungen wurde dabei der Einfluss der Geometrie und unterschiedlicher Zuflussbedingungen untersucht. Die Zuflussbedingungen wurden dabei im Vorfeld durch eine Langzeitsimulation berechnet.

Für die maßgebenden Anfangs- und Randbedingungen für das Jahresmittel konnte bei diesem Bauwerk ein Feststoffrückhalt nach Ende des Klarwasserabzuges von 72 % ermittelt werden (Bild 5).

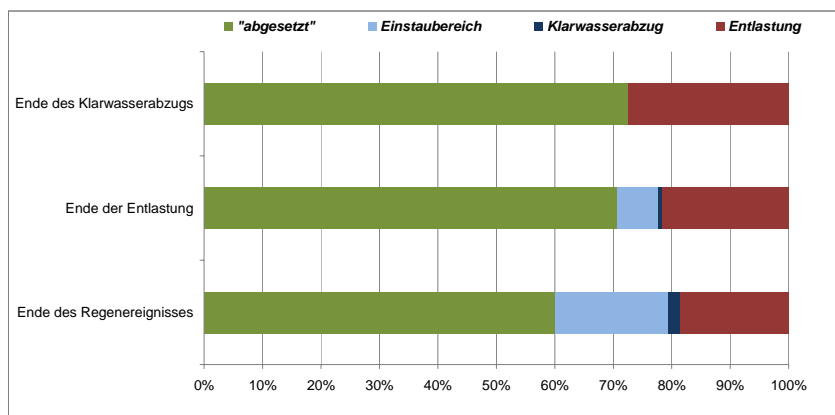


Bild 9: Massenanteile der einzelnen Entlastungsphasen [3]



Aufgrund der Rückhaltung des Regenwassers im Kanal wird es zu vermehrten Ablagerungen im Kanal kommen. Zur Reinigung des Kanals ist eine Spüleinrichtung mittels überströmbarem Spülschild vorgesehen. Durch die Kanalreinigung mit Spülschild können gemäß der abschätzenden Modellrechnung des Ingenieurbüro Sydro Consult die Ablagerungen bis auf 12 % entfernt werden. Die rechnerisch zurückbleibende Feststoffmasse wird demnach mit der Zulaufwelle des nächsten Regenereignisses abtransportiert. Weitere Ablagerungen können bei Regenwetter durch erneutes Schließen und Öffnen des Spülschildes entfernt werden. Bei längeren Trockenphasen ist der Kanal zu spülen.

Zur Übertragung auf weitere geplante Bauwerke hat das IB Sydro Consult einen theoretischen Ansatz erarbeitet, durch den in Abhängigkeit von der angeschlossenen befestigten Fläche, des Sohlgefälles im Kanal, des Kanaldurchmessers und der Sinkgeschwindigkeit eine erforderliche Kanallänge für den geforderten Feststoffrückhalt berechnet werden kann. Dieser Ansatz wurde auf Grundlage der Simulation verifiziert und kann für weitere Planungen verwendet werden.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grundlage der Erhebungen der Universität Stuttgart und der darauf aufbauenden Modellrechnungen des Ingenieurbüro Sydro kann das vorhandene Volumen des Kanalnetzes für die Regenwasserbehandlung herangezogen werden. Die Forderungen der LUBW zum Feststoffrückhalt im Jahresmittel werden dabei mit ausreichend Sicherheiten eingehalten.

Der Flächenbedarf für die Behandlungsanlage kann dabei deutlich reduziert werden. Erste Kostenschätzungen ergeben zudem eine Kostenersparnis gegenüber dem Bau eines konventionellen Regenklärbeckens von über 50 %.

Derzeit liegt der Antrag auf wasserrechtliche Genehmigung beim Umweltschutzamt der Stadt Freiburg. Die Genehmigung soll bis Ende 2011 vorliegen. Der Bau der Regenwasserbehandlungsanlage im Gewerbegebiet Haid ist Anfang 2012 geplant.

Zudem ist die Herstellung weiterer Anlagen dieser Art zur Regenwasserbehandlung im Stadtgebiet von Freiburg i. Br. vorgesehen.

### Literatur- und Quellennachweis

[1] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden- Württemberg (LUBW), Arbeitshilfen für den Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten, Karlsruhe, Mai 2005, 1. Auflage

[2] Dr. Ing G. Stotz, Dr. Ing. U. Dittmer, Prof. Dr. Ing. H. Steinmetz, Erhebung der Verschmutzung der Abflüsse aus dem Industriegebiet Haid der Stadt Freiburg als Grundlage für den Ausbau der Regenwasserbehandlung, Universität Stuttgart, Dezember 2009

[3] Dr. Ing R. Mehler, Dipl. Ing. N. Kirchheim, Modellrechnung zum Wirkungsgrad von Anlagen zur Regenwasserbehandlung – Regenwasserbehandlung Gewerbegebiet Haid-, Darmstadt, Dezember 2010

[4] Dr. Ing R. Mehler, Dipl. Ing. N. Kirchheim, Modellrechnung zum Wirkungsgrad von Anlagen zur Regenwasserbehandlung – Sensitivitätsanalyse und Bemessungshilfe-, Darmstadt, Dezember 2010

aufgestellt:

badenova AG & Co KG  
Freiburg, 07.November 2011

i. A. Michael Mündlein