

## Optimierung von Absetzbecken

FA 5.134

Forschungsstelle: Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH, Hannover

Bearbeiter: Grotehusmann, D. / Kasting, U. / Hunze, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Dezember 2005

### 1. Aufgabenstellung

In dem Forschungsvorhaben FA 5.108 wurde unter anderem die Reinigungsleistung des Abscheidebeckens "Westhoyer Weg" zur Behandlung von Straßenabflüssen untersucht (LANGE et al. [2003]). Die Ergebnisse zeigen, dass bei einem Ereignis mit einer Oberflächenbeschickung von 7,9 m/h bereits sedimentierte Stoffe aus dem Becken ausgetragen werden. Die Absetzwirkung und damit der Rückhalt gegenüber partikulären Stoffen sind bei diesem Becken insgesamt gering.

Es wird vermutet, dass die für Becken dieser Art übliche Zulaufkonstruktion (RiStWag, FGSV [1982] u. [2002]) sich ungünstig auf das Strömungs-, Sedimentations- und Resuspensionsverhalten auswirkt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollen daher die Strömungsverhältnisse in den Becken so optimiert werden, dass neben der Leichtstoffrückhaltung auch eine gute Sedimentation und keine Resuspension auftritt.

Dazu werden zunächst in einer Erhebungsuntersuchung Absetzbecken in ihren unterschiedlichen Bauweisen charakterisiert und ausgewählte Anlagen detailliert untersucht. Mit dem 3-D-Simulationsmodell FLUENT wird das Strömungs-, Sedimentations- und Resuspensionsverhalten von Absetzbecken simuliert und mit vorhandenen Messdaten auf Plausibilität geprüft. Mit dem Modell erfolgt dann eine Optimierung der Zulaufkonstruktion und Beckengeometrie. Aus den Ergebnissen werden Musterlösungen zur Neuplanung und zur Ertüchtigung bestehender Absetzbecken erarbeitet.

Die Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie (ifs) wurde 2004 mit der Durchführung der Untersuchungen beauftragt.

### 2. Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

#### 2.1 Erhebung

In einer Erhebungsuntersuchung wird ein Überblick über bestehende Absetzbecken erarbeitet. Von insgesamt 49 Beckenanlagen, für die aus unterschiedlichen Bundesländern Planungsunterlagen zusammengetragen wurden, wurden 10 Absetzbecken in Betonbauweise ausgewählt und detailliert in Hinblick auf Beckengeometrie, Hydraulik und Beckensediment untersucht.

Als wesentliche Unterscheidungsmerkmale bei der Beckengeometrie dieser Becken sind die Anordnung des Zulaufs (in bzw. senkrecht zur Beckenachse) und ein ggf. vorhandener Retentionsraum über der Grundfläche des Absetzbeckens zu nennen.

Bei zwei Anlagen aus dem Zuständigkeitsbereich des Landesbetriebes Straßenbau NRW, Niederlassung Hamm, die einen Zulauf senkrecht zur Beckenachse aufweisen, ist im Zulaufbereich ein Sandfang angeordnet. Von diesem aus wird über einen Überfall das nachfolgende Abscheidebecken (3 parallele

Becken) beschickt. Diese Anlagen unterscheiden sich von den sonst üblichen Bauweisen, bei denen der Zulauf direkt in die Hauptkammer des Abscheidebeckens trifft. Fast immer sind noch ein oder zwei Tauchwände im Zulaufbereich angeordnet, was den Empfehlungen der RiStWag (FGSV [1982]) entspricht. Auch in der aktuellen Ausgabe der RiStWag (FGSV [2002]) ist zumindest eine Zulaufverteilung über eine teileingetauchte "Zulaufverteilung" vorgesehen.

Die Sohle des Zulaufkanals liegt im Mittel 7 cm über dem Dauerwasserstand der Becken.

Die Bauweise der untersuchten Becken entspricht damit im Wesentlichen denen des Beckens "Westhoyer Weg", bei dem sich nach den Messungen von LANGE et al. [2003] und nach den jetzt durchgeführten Berechnungen nach Kapitel 6 die Zulaufgestaltung als ausschlaggebender Faktor für eine Resuspension bereits abgelagerter Sedimente herausgestellt hat.

Die Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen zeigen, dass sich im zulaufnahen Bereich wie erwartet die größeren Kornfraktionen (hauptsächlich Fein- und Mittelsand,  $\varnothing$  0,06–0,6 mm) absetzen. Im mittleren Beckenbereich und im Bereich des Ablaufes setzen sich deutlich feinere Kornfraktionen ab, die hauptsächlich aus dem Schluffbereich (Mittel- und Grobschluff,  $\varnothing$  0,006–0,06 mm) und vereinzelt auch aus dem Tonbereich ( $\varnothing < 0,002$  mm) stammen.

KRAUTH/STOTZ [1994] geben für eine Sinkgeschwindigkeit von 0,0025 m/s (9 m/h), die bei Abscheideanlagen nach RiStWag (FGSV [2002]) einzuhalten ist, einen Trennkorn Durchmesser von 0,07 mm an, der beim Bemessungszufluss noch abgeschieden werden kann. Die ermittelten Korngrößen zeigen deutlich, dass insbesondere im mittleren Beckenbereich und im Ablaufbereich deutlich kleinere Kornfraktionen zurückgehalten werden. Die Ablagerung dieser feinen Körngrößen wird vornehmlich bei Ereignissen mit geringerer hydraulischer Belastung und in den Trockenzeiten danach erfolgen, in denen die Partikel aus dem stehenden Wasser im Becken über lange Zeiträume sedimentieren können.

Die Untersuchung der Schwermetallkonzentrationen in den Sedimenten ergibt deutlich höhere Konzentrationen an der feinen Kornfraktion der Sedimente und damit zum Ablaufbereich der Becken hin. Damit werden Ergebnisse aus der Literatur (z. B. XANTHOPOULOS [1990]) bestätigt, dass insbesondere die Sedimente im Schluff- und Tonbereich die höchsten Schadstoffgehalte aufweisen.

Die festgestellten Schwermetallkonzentrationen überschreiten den Z 2-Wert (eingeschränkter Einbau) der LAGA für Zink an mehreren Becken und bei Kupfer an einem Becken. Im Vergleich zu den festgestellten Konzentrationen an einem Versickerbecken (GOLWER/ZEREINI [1998]) liegen die Konzentrationen aber geringer, was auf die höhere Verkehrsbelastung im Bereich der Autobahn an dem Versickerbecken und die regelmäßige Sedimenträumung aus den hier untersuchten Becken zurückgeführt wird.

Für die detailliert untersuchten Becken wird unter vereinfachten Annahmen die hydraulische Belastung mit Hilfe einer Langzeitsimulation ermittelt. Es zeigt sich, dass gegenüber der Ermittlung der hydraulischen Belastung aus Regenspenden, wie sie nach dem Bemessungsgang der RiStWag (FGSV [2002]) für Abscheideanlagen üblich ist, die Ermittlung über eine Langzeitsimulation zu einer deutlich geringeren Belastung

der Abscheider führt. Ursache dafür ist die Berücksichtigung der Abflussverformung auf dem Fließweg. Somit ist davon auszugehen, dass Abscheideanlagen, die über Regenspenden nach RiStWag (FGSV [2002]) dimensioniert sind, in der Realität deutlich seltener Belastungszustände aufweisen, als sie der Bemessungsgang erwarten lässt.

**2.2 3-D-Simulationen**

Für die 3D-Simulation der Strömungs-, Sedimentations-, und Remobilisierungsprozesse wird das Programmsystem FLUENT [2002] eingesetzt. In Abstimmung mit dem forschungsbegleitenden Arbeitskreis wurden insgesamt 15 Rechenläufe durchgeführt.

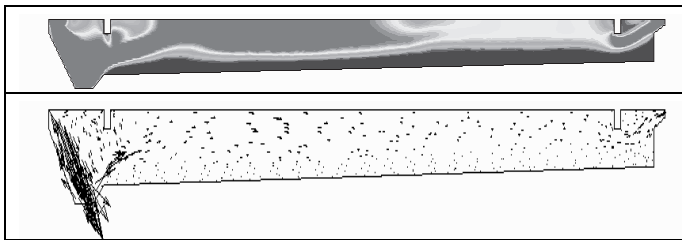
**2.3 Modellprüfung**

Die Modellprüfung erfolgte durch einen Abgleich mit Tracermessungen, die am Becken "Westhover Weg" durchgeführt wurden. Aufgrund der eingeschränkten Messdatenlage konnte nur ein grob qualitativer Vergleich durchgeführt werden, der plausible Werte zeigt.

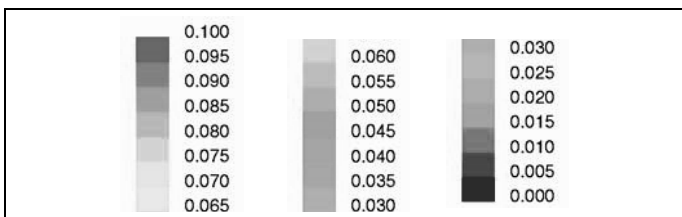
Eine weitere Plausibilitätsprüfung erfolgte mit einem gemessenen Ereignis, bei dem der Bemessungswert mit einer Oberflächenbeschickung von 9 m/h praktisch erreicht wird. Für die Vorbelegung des Sedimentbetts (Mächtigkeit und Kornzusammensetzung) wird dabei auf Messwerte zurückgegriffen. Der Vergleich zwischen gemessener und simulierter Ablauffracht zeigt, dass der Sedimentaustrag aus dem Becken in einer richtigen Größenordnung berechnet wird. Weiterhin erfolgt ein Abgleich des gemessenen und des berechneten maximalen Wasserstandes im Becken, der ebenfalls plausibel ist. Insgesamt zeigt sich somit eine gute Eignung des eingesetzten Berechnungsmodells.

**2.4 Ergebnisse zur Ertüchtigung bestehender Anlagen**

Der Referenzzustand (RUN 3) für diese Untersuchung baut auf den Angaben des Beckens "Westhover Weg" auf, wobei eine Überfallschwelle für den Ablauf gewählt wird, was eine übliche Bauweise ist. Bild 1 zeigt etwa zum Zeitpunkt der größten hydraulischen Belastung als Ergebnis der Simulation die starke vertikale Komponente des Zulaufstromes, durch die bereits abgelagertes Material wieder resuspendiert und ausgetragen wird (Skalierung nach Bild 2). Insbesondere die Kornklassen mit kleinerem Durchmesser werden verstärkt ausgetragen.



**Bild 1: Geschwindigkeitsverteilung – Längsschnitt durch die Mitte des Beckens – Contourplot (m/s) und Vektorplot – RUN 3**



**Bild 2: Skalierung der Contourplots, Geschwindigkeit (m/s)**

Um diese Aufwirbelung lokal auf den Einlaufbereich zu begrenzen, wird eine Querwand (RUN 4) unterhalb der vorderen Tauchwand über die gesamte Beckenbreite angeordnet. Das Ergebnis für diese Variante nach Bild 3 zeigt, dass eine deutliche Reduzierung der Strömung im Bereich des Hauptbeckens erreicht werden kann, so dass sich der Sedimentaustrag deutlich reduziert.



**Bild 3: Geschwindigkeitsverteilung – Längsschnitt durch die Mitte des Beckens – Contourplot (m/s) – RUN 4**

Eine horizontale Platte (RUN 5) unterhalb des Einlaufs zur horizontalen Führung der Strömung stellt sich als nicht geeignet für eine Sanierung heraus.

**2.5 Ergebnisse zur Neuplanung**

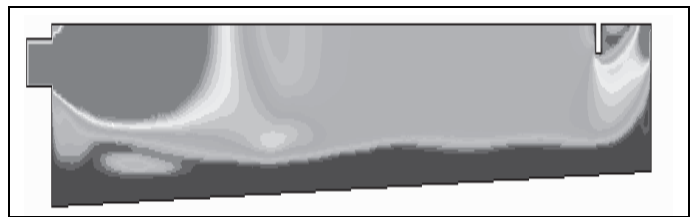
In Rechenlauf RUN 6 wird zunächst ein Becken mit Einlauf quer zur Beckenachse und nachfolgendem Sandfang mit Überfall untersucht, wie es in der Bestandserhebung vom Prinzip vorgefunden wurde.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Überfall zur Hauptkammer die hydraulische Belastung in der Hauptkammer zwar leicht reduziert, jedoch der Zulauf im Bereich der Vorkammer weiterhin eine starke Vertikalkomponente aufweist, die zu einer Resuspension von bereits abgelagerten Sedimenten führt.

Eine Zulaufoptimierung für diese Fälle sieht eine verbesserte Zulaufverteilung durch Umlenkung der Zulaufströmung und einen Verzicht auf den Sandfang vor (RUN 8). Die optimierte Zulaufkonstruktion erbrachte eine deutliche Verbesserung des Absetz- und Remobilisierungsverhaltens. Da die bautechnische Ausführung dieser Zulaufgestaltung als relativ aufwändig eingestuft wird, wird in den nachfolgenden Studien diese Variante nicht weiter verfolgt.

Bei großen Beckenanlagen mit mehreren Parallelbecken, bei denen mehrere getauchte Zuläufe in Beckenachse wegen der gleichmäßigen Belastung der einzelnen Becken hydraulisch problematisch erscheinen, kann diese Variante aber eine geeignete Bauform sein.

Nach Rechenlauf RUN 7 stellt sich ein Becken mit Zufluss über zwei getauchte Rohre in Beckenachse als sinnvolle Variante für eine Neuplanung heraus. Durch die getauchte Zulaufführung wird die Vertikalkomponente der Strömung im Zulaufbereich vermieden und somit die Gefahr der Resuspension bereits abgelagerten Materials signifikant verringert (Bild 4). Bei allen Kornklassen wird wesentlich mehr Material zurückgehalten, als während des Ereignisses eingetragen wird. Verglichen mit dem Becken vom Westhover Weg (RUN 2b) kann hier der Austrag von 762 kg auf 48,7 kg reduziert werden. Im Vergleich zum Eintrag kommt es bei diesem Ereignis zu einem Rückhalt von Feststoffen von 79 %.



**Bild 4: Geschwindigkeitsverteilung – Längsschnitt 1,5 m neben der Beckenaußenkante – Contourplot (m/s) – RUN 7**

Die Vergrößerung des Längen-Breitenverhältnisses von 3,7 : 1 auf 6 : 1 (RUN 9) führt zu keinen wesentlichen Änderungen des Ergebnisses, so dass diese Variante im Vergleich zu RUN 7 als gleichwertig angesehen werden kann.

Wird bei einer Beckenanlage der Zulauf über zwei teilgetauchte Rohre ausgebildet, so verringert sich die Reinigungsleistung gegenüber der Variante mit vollständig getauchtem Zulaufrohr, wenn beim Teileinstau auch eine geringere Beckentiefe (RUN 10) angesetzt wird. Bei gleicher Beckentiefe (RUN 15) ist die Reinigungsleistung vergleichbar mit der Variante mit vollständig getauchtem Zulauf. Gegenüber der bisher üblichen Bauform, bei der der Zulauf über dem Dauerwasserstand liegt, ist bei beiden Fällen eine signifikante Verbesserung der Reinigungsleistung zu verzeichnen. Die Ausführung eines Teileinstaus stellt somit auch eine zusätzliche Möglichkeit zur Ertüchtigung bestehender Anlagen dar, wenn nachgewiesen werden kann, dass der zusätzliche Beckeneinstau sich nicht nachteilig auf das Zuleitungssystem zum Becken und den Freibord des Beckens auswirkt. Ist bei dem zu ertüchtigenden Absetzbecken eine vordere Tauchwand vorhanden, so wäre diese unter Berücksichtigung konstruktiver Gesichtspunkte nach Möglichkeit zu entfernen.

Der Einbau einer Mitteltrennwand (RUN 11) führt zu keinen signifikanten Veränderungen im Sedimentationsverhalten gegenüber der Ausgangsvariante (RUN 7).

Auch bei optimierter Zulaufkonstruktion wird bei ansteigender Sedimentmächtigkeit im Becken (bis 1,5 m unter Dauerwasserstand, RUN 12) Sediment wieder ausgetragen. Eine rechtzeitige Beckenräumung ist daher immer erforderlich. Liegt demgegenüber das Sedimentbett wie bei RUN 14 1,8 m unter Dauerwasserstand (Abstand zwischen Sohle Zulaufrohr und Oberkante Sediment etwa 1,0 m) kann unter den getroffenen Annahmen noch ein guter Rückhalt der Feststoffe erfolgen.

Wird der Zufluss zum Becken erhöht (RUN 13), so dass gegenüber der sonst angesetzten Oberflächenbeschickung von 8,8 m/h eine Oberflächenbeschickung von 15 m/h entsteht, so wird immer noch eingetragenes Sediment zurückgehalten. Eine Vorentlastung der Absetzbecken, die zu einer Reduzierung der Zulaufbelastung bei sehr seltenen Regenereignissen beitragen soll, ist bei üblich bemessenen Zuleitungssystemen damit nicht erforderlich.

Die angesetzte Oberflächenbeschickung von 15 m/h entspricht nach den mittleren Regenspenden von KOSTRA in etwa einer Belastung, die durch ein fünfjähriges Regenereignis der Häufigkeit  $n = 0,2$  erzeugt wird. Bei noch selteneren Ereignissen ist üblicherweise davon auszugehen, dass die Leistungsfähigkeit des zuführenden Kanalnetzes nicht ausreichend ist, um eine noch höhere Abflussspitze zum Becken zu leiten.

In Tabelle 1 ist zusammenfassend der jeweilige Rückhalt (bei negativem Vorzeichen entsprechend der Austrag) für die Rechenläufe RUN 7–RUN 15 aufgeführt, bei denen der Ein- und Austrag der betrachteten Kornfraktionen über einen Großteil der Zulaufganglinie bilanziert ist. Die oben genannten Ergebnisse lassen sich daran ablesen.

### 3. Schlussfolgerungen/Musterlösungen

#### 3.1 Neuplanung

Aufbauend auf den Ergebnissen von RUN 7 ergibt sich die Musterlösung nach Bild 5. Die Mindestbeckentiefe beträgt 2 m. Für Längen-/Breitenverhältnisse von L/B = 3,7 bzw. 6

wurde eine gute Reinigungsleistung nachgewiesen. Vor dem Becken sollte ein Bauwerk angeordnet sein, das eine gleichmäßige Verteilung auf die beiden Zulaufe gewährleistet.

Nach dem Verteilerbauwerk sollten die zuführenden Leitungen zum Becken so lang sein, dass sich eine gleichmäßige Strömung ausbilden kann. In Anlehnung an LUA [2004] wird ein Wert von 4–10 x Rohrdurchmesser Zulaufrohr empfohlen.

**Tabelle 1: Rückhalt [%] der Kornklassen für die Rechenläufe RUN 7–RUN 15**

| Kornklasse       | RUN 7 | RUN 8 | RUN 9 | RUN 10 | RUN 11 | RUN 12 | RUN 13 | RUN 14 | RUN 15 |
|------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I<br>Ø 0,5 mm    | 100   | 100   | 100   | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| II<br>Ø 0,06 mm  | 88    | 88    | 91    | 81     | 88     | 80     | 65     | 87     | 87     |
| III<br>Ø 0,01 mm | 69    | 69    | 71    | 46     | 68     | -24    | 42     | 58     | 67     |
| IV<br>Ø 0,003 mm | 66    | 62    | 67    | 33     | 64     | -84    | 33     | 47     | 63     |

*Hinweis zu den Rechenläufen:*

*RUN 7: Referenzzustand Neuplanung*

*RUN 8: Zulauf quer Beckenachse und getaucht*

*RUN 9: L/B von 3,7 : 1 auf 6 : 1*

*RUN 10: Teileinstau Zulaufrohre*

*RUN 11: Mitteltrennwand*

*RUN 12: Sediment bis 1,5 m und Dauerstau*

*RUN 13: Oberflächenbeschickung 15 m/h*

*RUN 14: Sediment bis 1,8 m und Dauerstau*

*RUN 15: Teileinstau Zulaufrohre*

Bei Bedarf kann in Längsrichtung auch eine Mitteltrennwand eingezogen werden. Weiterhin kann der Zulauf auch mit teileingestauten Rohren realisiert werden. Der Einstau beim Dauerwasserstand sollte dabei aber mindestens 60 % betragen.

Die Sedimentoberfläche sollte weiter als 1,8 m unter Dauerwasserstand liegen, um eine Remobilisierung zu vermeiden. Zwischen Sohle Zulaufrohr und Oberkante Sediment ist dabei ein Mindestabstand von 1,0 m einzuhalten. Zur Beurteilung ist eine regelmäßige Erfassung des Sedimentspiegels und ggf. eine rechtzeitige Beckenräumung notwendig.

Demnach sollte bei der Neuplanung zusätzlich zu den Hinweisen der RiStWag (FGSV [2002]) folgendes eingehalten werden:

- getauchter Zulauf über 2 DN 800 Rohre (alternativ: Zulauf über 2 teileingestaute Rohre DN 800, Teileinstau bei Dauerwasserstand mindestens 60 %)
- Mindestlänge Zulaufrohre (getaucht bzw. teileingestaut) 4–10 x Rohrdurchmesser Zulauf
- Wegfall der Zulaufverteilung bzw. vorderen Tauchwand
- Abstand Sedimentoberfläche zum Dauerwasserstand  $\geq 1,8$  m
- Abstand Sohle Zulaufrohr zur Oberkante Sediment  $\geq 1,0$  m

Abweichungen von diesen Empfehlungen sind bei entsprechendem Nachweis möglich.

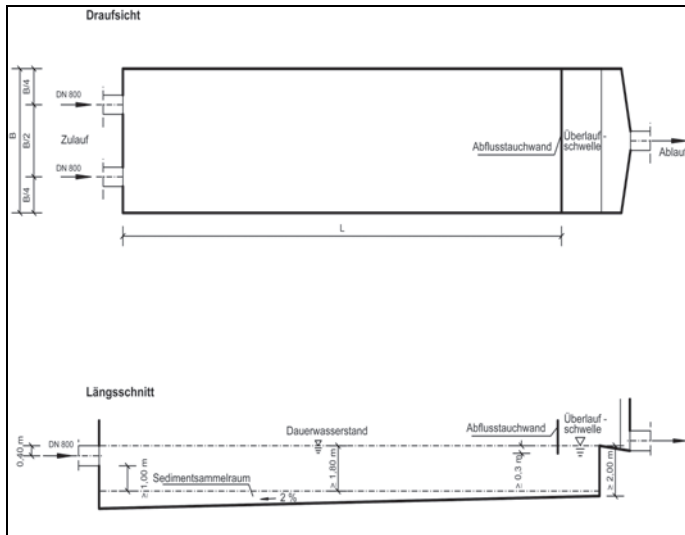


Bild 5: Musterlösung für die Neuplanung von Absetzbecken

### 3.2 Ertüchtigung bestehender Anlagen

Zur Ertüchtigung bestehender Anlagen wurden die folgenden zwei Varianten erarbeitet.

#### Variante A

Es erfolgt nach Möglichkeit eine Anhebung der Überlaufschwelle im Ablaufbereich des Beckens, so dass es zu einem Teileinstau des Zulaufs kommt. Es ist jedoch vorab zu prüfen, dass der zusätzliche Einstau sich nicht nachteilig auf das Zuleitungssystem zum Becken und den Freibord des Beckens auswirkt.

Ist bei der zu ertüchtigenden Anlage eine vordere Tauchwand vorhanden, so wäre diese unter Berücksichtigung konstruktiver Gesichtspunkte nach Möglichkeit zu entfernen, um eine Lenkung der Strömung auf die Sohle des Beckens zu vermeiden.

Diese Sanierungsvariante entspricht dann etwa der Musterlösung für die Neuplanung und wäre mit geringem baulichem Aufwand und hoher Wirkung der Variante B zu bevorzugen.

#### Variante B

Ist eine Anhebung der Überlaufschwelle und ggf. eine Entfernung der vorderen Tauchwand nicht möglich, so wird aufbauend auf RUN 4 für die Ertüchtigung eine Querwand über die gesamte Beckenbreite unter der vorderen Tauchwand angeordnet (Bild 6).

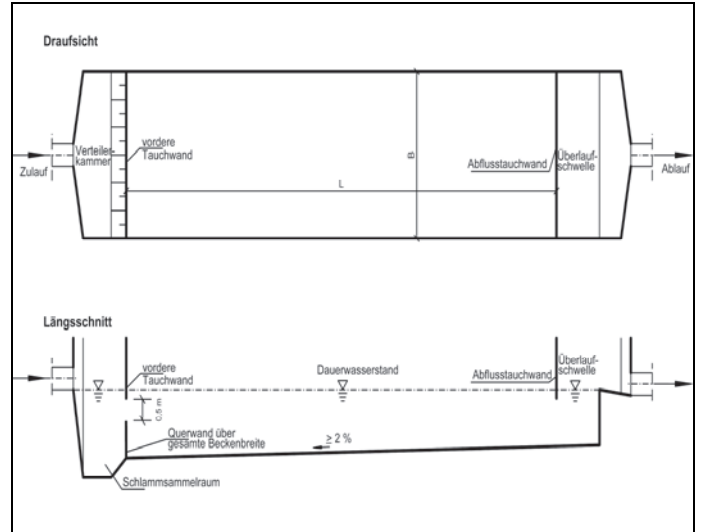


Bild 6: Musterlösung für die Ertüchtigung von Absetzbecken, Variante B

Vor einer Sanierung bestehender Absetzbecken sollte in Abhängigkeit vom jeweiligen Beckentyp geprüft werden, ob eine Remobilisierung von Sedimenten zu vermuten ist. In Abhängigkeit von der Gewässersituation sollte dann beurteilt werden, ob eine Ertüchtigung erforderlich ist. □