

# Neue Erkenntnisse zu belüfteten Geschiebeschächten ohne Sammeleinsatz

Alexander Sonnenburg, Subhendu Hazra und Wilhelm Urban (Darmstadt)

## Zusammenfassung

Der Beitrag gibt einen Überblick über die Ergebnisse aus numerischen Modellierungen (CFD) von Geschiebeschächten ohne Sammeleinsatz und ergänzt aus wissenschaftlicher Sicht den Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-3.4 zu „25 Jahren Erfahrung mit dem Bau und Betrieb von Geschiebeschächten ohne Sammeleinsatz“. Im Mittelpunkt des Berichts stehen die Schubspannungen an der Geschiebeschachtsohle sowie der daraus abgeleitete Trend zur Sedimentation und Erosion des Geschiebes im Schacht.

**Schlagwörter:** Entwässerungssysteme, Kanalisation, Geschiebeschacht, Geröllfang, Computational Fluid Dynamics, Rückhaltung, Strömungssimulation, Partikelsimulation, Wandschubspannung, Sand, Geröll, Schlamm, Grobstoff, mineralisch

DOI: 10.3242/kae2014.12.001

## Abstract

### New Findings on Aerated Settlement Tanks without Collection Tray

The report provides an overview of the results of numerical modelling (CFD) of settlement tanks without collecting trays and which, from a scientific perspective, complements the report of the DWA Working Group ES-3.4, "25 years' experience in the construction and operation of settlement tanks without collecting trays". The focus of this report is on the shear stresses at the bottom of settlement tanks and the derived trend of sedimentation and erosion behaviour of debris in the tank.

**Key words:** drainage systems, sewer system, settlement tank, debris trap, computational fluid dynamics (CFD), retention, flow simulation, particle simulation, wall shear stress, sand, debris, sludge, coarse matter, mineral

## 1 Einleitung

Bei Entwässerungssystemen des Mischsystems wird mit dem häuslichen Schmutzwasser auch das verschmutzte Regenwasser abgeleitet. Die im Mischwasser mitgeführten mineralischen Grobstoffe (zum Beispiel Sand, Splitt, Steine, Geröll) können nachfolgende mechanische Anlagenteile, wie zum Beispiel Hebe- und Pumpenanlagen, Feinrechenanlagen in Klärwerken, Drossleinrichtungen und Reinigungseinrichtungen von Regenbecken, erheblich beschädigen. Die partikelbeladene Strömung fördert auch den Abrieb an den benetzten Flächen der Kanalanlagen und kann durch den erhöhten Verschleiß auch hier zu kürzeren Einsatzzeiten führen. Zudem reduziert das abgesetzte Geschiebe den Nenndurchmesser der Mischwasserkanäle. Bei Starkniederschlagsereignissen kann insbesondere bei flach verlegten Kanälen die hydraulisch erforderliche Leistung bei deutlicher Erniedrigung des Fließquerschnitts nicht mehr erbracht werden. Dies führt in der Folge schon bei bemessungsrelevanten Regenereignissen zu Rückstauereignissen im Kanal, die bis hin zum Überstau des gesamten Kanalsystems führen können.

Ohne Geschiebeschächte würden sich mineralische Grobstoffe nach dem diffusen Eintrag über Einläufe von Hof-, Straßen- und Außengebietsflächen sowie über Undichtigkeiten im Kanalsystem in flach verlegten Abwasserkanälen ablagern. Um das im Kanalsystem sedimentierte Geschiebe zu entfernen, sind aufwendige Spüleinrichtungen oder häufige Kanalreinigungen erforderlich, die mit erheblichen Kosten verbunden sind.

Seit über 25 Jahren wird in der Umweltechnik ein Lösungsansatz angeboten, der als belüfteter Geschiebeschacht ohne Sammeleinsatz bekannt ist. Im Geschiebeschacht werden durch die spezielle räumliche Auslegung die mineralischen

Grobstoffe und auch organische Feststoffe durch die Schwerkraft vom Abwasser abgetrennt und in einem Sammelraum zwischengespeichert. Wesentliche Randbedingung für einen bestimmungsgemäßen Betrieb des Geschiebeschachts ist der Weitertransport der organischen Bestandteile des Abwassers zur Kläranlage. Würde der organische Anteil im Geschiebesammelraum des Geschiebeschachts verbleiben, wäre dessen Speichervolumen nach kurzer Zeit erschöpft; ein Absetzen der mineralischen Geschiebefraktion wäre nicht mehr möglich. Daher und zur besseren Entsorgung der mineralischen Grobstoffe wird für die Trennung der organischen Fraktion eine Belüftung installiert, die nach dem Flotationsprinzip die leichteren organischen Fraktionen im Zufluss in Schwebelage halten und bereits abgesetzte organische Feststoffe wieder remobilisieren soll, damit diese den Geschiebeschacht mit dem Abwasser wieder verlassen. Nach Befüllung des Geschiebesammelraums wird dieser mittels Kanalsaugwagen oder Schallengreifer entleert und das Geschiebe abtransportiert.

In diesem Bericht werden Teile der Untersuchungsergebnisse eines Forschungsprojekts (HA-Projekt-Nr. 202/09-32) beschrieben, die sich mit dem Sedimentations- und Erosionsverhalten von mineralischen und organischen Geschiebeanteilen in Abhängigkeit von der Sohl Schubspannung im Geschiebeschacht beschäftigen. Wesentliche Berechnungsmethode war hierbei die numerische Modellierung mithilfe von CFD-Software (Computational Fluid Dynamics). Bei dem Projekt wurden die Geschwindigkeitsverteilungen aus den CFD-Berechnungsergebnissen mit umfangreichen Strömungsmessungen in einem maßstäblichen Geschiebeschacht verglichen. Die gesamten Messungen, CFD-Simulationen und die Vergleiche zwischen

Experimenten und numerischen Modellen sind im Endbericht des Projekts ausführlich dargestellt [1].

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Die maßgebende Messgröße des Feststofftransports in Abwasserkanälen

Als maßgebende Messgröße für die Beschreibung von Sedimentations- und Erosionsvorgängen in Abwasserkanälen hat sich in verschiedenen Untersuchungen die Sohlschubspannung erwiesen. Gute Übersichten über Untersuchungen verschiedener Autoren finden sich bei [2], S. 61 und 65, sowie [3], S. 19 und 21. Die Sohlschubspannung berücksichtigt die Kräfte, die eine Feststoffbewegung an der Sohle verursachen.

Die Untersuchungen unterscheiden zwei kritische Sohlschubspannungen. Diese beiden Sohlschubspannungen kennzeichnen den Erosions- oder Sedimentationsbeginn für unterschiedliche Lastfälle im Kanalnetz. Die im Geschiebeschacht anzustrebende Sohlschubspannung sollte größer sein als die kritische Sohlschubspannung für die Organikgrenzschicht und gleichzeitig jedoch kleiner sein als die kritische Erosionsschubspannung für die Feststoffpartikel.

Die Tabellen 1 und 2 zeigen einen Wertebereich aus oben genannten Untersuchungen für die kritische Sohlschubspannung für den Beginn der Sedimentation und für den Beginn der Erosion. Für die kritische Erosionsschubspannung der Organikgrenzschicht im Übergang zum darüber befindlichen Abwasser wird in [4] eine Erosionsschubspannung von  $> 0,4 \text{ N/m}^2$  angegeben.

Das Ablagerungsverhalten in Abwasserkanälen kann nicht als zeitliche Konstante beschrieben werden, sondern ist unter

$\tau_{cs}$ [ $\text{N/m}^2$ ]	Beschreibung
1–4	Bemessungswerte für selbstreinigende Abwasserkanäle
4	Bemessungsvorschlag für große Abwasserkanäle
4	Grenzwert für kohäsive Sedimente (sollte täglich erreicht werden)
6	„Maguire“-Bemessungsregel für halb- und vollgefüllte Rohre

Tabelle 1: Sedimentationsschubspannung  $\tau_{cs}$  für ablagerungsfreien Transport, nach [2]

$\tau_{ce}$ [ $\text{N/m}^2$ ]	Beschreibung
1,5–2	Naturmessungen
2–4	Versuchsanlage im halbertechnischen Maßstab; Ablagerungen aus häuslichem Schmutzwasser
1,3	Laboruntersuchungen: Strömung mit Sandpartikeln
20	Laboruntersuchungen: Reinwasser-Strömung
2,5	Laboruntersuchungen: Sedimenttyp C (Geschiebe)
6–7	Laboruntersuchungen: Sedimenttyp A (Ablagerungen, leicht konsolidiert)
6–7	synthetisches kohäsives Material
2,5	sedimentiertes, nicht-kohäsives Material

Tabelle 2: Erosionsschubspannung  $\tau_{ce}$  für ablagerungsfreien Transport, nach [2, 3]



## Heizen und Kühlen mit Abwasser

### Energierecycling mit Abwasser

Jeden Tag gelangen etwa 10 Mio. Kubikmeter warmes Abwasser in die Kanalisation und stellen damit eine konstante und ständig verfügbare Energiequelle dar. Wir ermöglichen Ihnen die Rückgewinnung und Nutzung der Abwasserwärme zum Beheizen und zur Klimatisierung von Gebäuden unter wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten. Nutzen auch Sie die Wärme aus Abwasser und schonen dabei die Umwelt!

[info@huber.de](mailto:info@huber.de)  
[www.huber.de](http://www.huber.de)



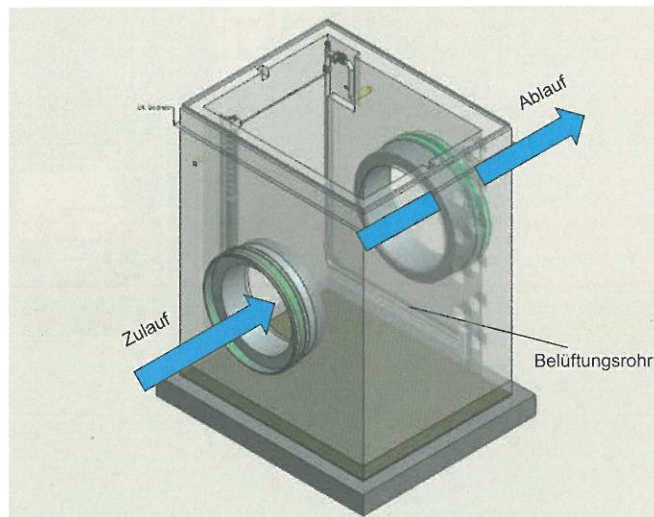


Abb. 1: CAD-Vorlage des CFD-Geschiebeschachtmodells im Ist-Zustand [5]

anderem von der Dauer von Trocken- und abflusswirksamen Regenwetterphasen abhängig. Die exakte Zuordnung eines Schubspannungswerts oder die Einführung eines Schwellenwerts zu einem bestimmten Erosions- oder Sedimentationsereignis ist daher zurzeit nicht möglich. Die nachfolgend beschriebenen CFD-Modellvarianten sollen aber zeigen, dass ein Trend zum Abscheideverhalten in Geschiebeschächten beschrieben werden kann.

Da aufgrund der Komplexität des Modells und der notwendigen Modellvereinfachungen von der Natur abweichende Ergebnisse auftreten, wurde im Projekt eine vergleichende Methode zur Ermittlung verbesserter Schachteigenschaften verwendet. Hierbei wird von einem Ist-Zustand ausgegangen und in Varianten jeweils ein veränderlicher Eingangsparameter (zum Beispiel Schachtlänge) gewählt und danach der Zielparame- ter (Sohlschubspannungsverteilung bzw. Wandschubspannungsverteilung an der Schachtsohle) berechnet. Wesentliches

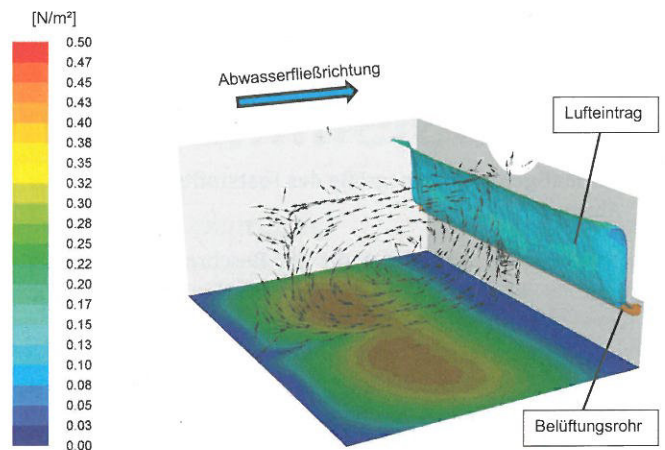


Abb. 2: Wandschubspannungen  $[N/m^2]$  an der Sohle, Ist-Zustand, Luftdurchsatzmenge  $105 m^3/h$ , Abwasserdurchfluss  $5 l/s$

Kriterium für eine Verbesserung der Schachteigenschaften ist eine gleichmäßige Verteilung der Wandschubspannung an der Sohle bei gleichzeitiger Erreichung einer Mindestschubspannung von über  $0,4 N/m^2$ , um die Erosion der Organikgrenzschicht zu ermöglichen.

### 3 Ergebnisse CFD-Modellierung und Simulation

#### 3.1 Kurzbeschreibung des CFD-Modells

Die Durchführung einer Strömungssimulation gestaltet sich derart, dass für das zu untersuchende Objekt zunächst ein geometrisches Modell auf einem CAD-Rechner erstellt wird. Als Ausgangsmodell wurde ein belüfteter Geschiebeschacht ohne Sammeleinsatz (Abbildung 1) mit den in Tabelle 3 gewählten Eigenschaften verwendet.

In dieses Modell wird anschließend ein Berechnungsgitter implementiert, für dessen einzelne Zellen die fundamentalen Erhaltungsgleichungen für Masse und Impuls unter Vorgabe

Name	Einheit	Wert
<b>Geometrie</b>		
Geschiebesammelraum: Länge × Breite × Höhe	[m]	$2,10 \times 2,70 \times ca. 1,1$
Zulaufkanal Länge, Durchmesser	[m], [mm]	4,0; 800
Ablaufkanal Länge, Durchmesser	[m], [mm]	2,0; 800
<b>Materialeigenschaften</b>		
Wasser, Viskosität, Mittel	$[kg/(m \times s)]$	0,001
Wasser, Dichte, Mittel	$[kg/m^3]$	1000
Luft, Dichte (Stofftransport)	$[kg/m^3]$	1,149
Sandpartikel, Dichte	$[kg/m^3]$	2650
Sandpartikel, Durchmesser	$[\mu m]$	200; 1000
<b>Randbedingungen</b>		
Seitenwände, Sohle Geschiebeschacht	[-]	Haftwände, Fluidgeschwindigkeit ist Null
Sohle Abwasserkanal	[-]	Haftwände, Fluidgeschwindigkeit ist Null
Oberer Rand Geschiebeschacht und Abwasserkanal	[-]	nichthaftende Wand, Wandschubspannung ist Null; Senktermer für den Stoff „Luft“ (Null)
Zufluss	[m/s]	Vorgabe der Fließgeschwindigkeit des Fluids
Abfluss	[Pa]	Vorgabe Druck am Abflussrand

Tabelle 3: Geometrie, Materialeigenschaften und Randbedingungen

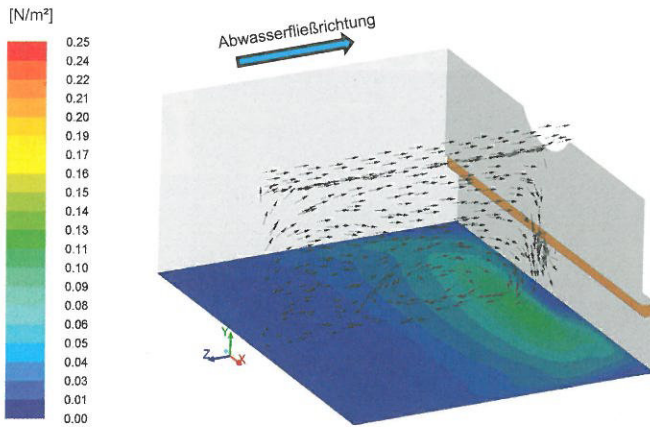


Abb. 3: Wandschubspannungen [N/m<sup>2</sup>] an der Sohle, Ist-Zustand, kein Luftdurchsatz, Abwasserdurchfluss 45 l/s

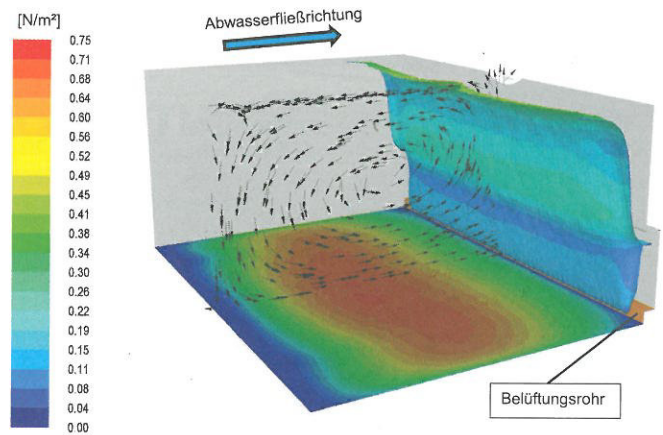


Abb. 4: Wandschubspannungen [N/m<sup>2</sup>] an der Sohle, Variante 1 – Belüftung an der Sohle, Luftdurchsatzmenge 105 m<sup>3</sup>/h, Abwasserdurchfluss 5 l/s

problembezogener physikalischer Randbedingungen gelöst werden. Als Ergebnis liefert die Berechnung die Verteilung aller strömungstechnisch relevanten Feldgrößen. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Untersuchung werden zusätzliche Modelle aktiviert. Für die Berechnung der Turbulenz hat sich das k-ε-Turbulenzmodell bewährt. Für die Berechnung der Belüftung im abwassergefüllten Geschiebeschacht wurde ein einphasiges Fluidmodell mit einer Stofftransportgleichung für die Luftphase verwendet. Für die Simulation der Partikelfraktion im Geschiebeschacht wurde ein Lagrange-Verfahren gewählt. Es eignet sich insbesondere für die Untersuchung des Absetzverhaltens einzelner Partikel, nicht jedoch für die Simulation einer konsolidierenden Sand-Schlammsschicht. Ziel der Partikelsimulation war es, einen Abscheidetrend für bestimmte Partikelgrößen aufzuzeigen.

Als Ergebnis der CFD-Simulationen und für die Bewertung der Varianten stehen schließlich unter anderem die Strömungsgeschwindigkeiten in drei Raumrichtungen, die turbulente kinetische Energie, die Wandschubspannungen sowie die Partikelverteilung zur Verfügung.

### 3.2 Ist-Zustand Trockenwetterzufluss

Im Ist-Zustand besitzt der Geschiebeschacht eine Breite von 2,7 m und eine Länge (in Fließrichtung) von 2,1 m (Abbildung 2). Das Belüftungsrohr befindet sich in Fließrichtung auf der Seite des Geschiebeschachtauslasses. Die Belüftungslöcher sind hierbei in einem Belüftungsrohr waagrecht 400 mm über der Geschiebeschachtsohle in Richtung zum Schacht angeordnet. Das Belüftungsrohr ist in einer 100 mm tiefen Wandaussparung eingelassen, damit es gegen Beschädigungen geschützt ist. Die eingeblasene Luft (Abbildung 2, Lufteintrag) erzeugt durch die Impulsübertragung der Luftblasen auf das Abwasser eine Strömungswalze, die in der Abbildung mithilfe von schwarzen Richtungspfeilen visualisiert wird. Das bedeutet, dass sich eine Strömungswalze entgegen dem Abwasserzufluss ausbildet. Die Wasserspiegelhöhe im Geschiebeschacht ist vom Abwasserzufluss und dem Luftdurchsatz abhängig und hat eine Höhe von ca. 1000 bis ca. 1150 mm über der Geschiebeschachtsohle.

Ist die Belüftung aktiv, werden bei Luftdurchsatzmengen von 105 m<sup>3</sup>/h Wandschubspannungen an der Sohle erreicht, die nur teilweise gerade noch über 0,4 N/m<sup>2</sup> liegen. Es sind da-

her Luftdurchsatzmengen von mindestens 105 m<sup>3</sup>/h, bezogen auf 2,7 m Schachtbreite 40 m<sup>3</sup>/(m × h) anzustreben.

Aus der Simulation ohne Luftdurchsatz (Abbildung 3) kann gefolgert werden, dass die Sohlgeschwindigkeiten und die daraus berechneten Wandschubspannungen dazu führen, dass sowohl Kiese und Sande als auch Organik auf der Geschiebeschachtsohle sedimentieren und allein mithilfe des Trockenwetterdurchflusses nicht remobilisiert werden können. Dies kann als eindeutiger Trend verstanden werden, da die Wandschubspannungen an der Sohle mit 0,0 bis 0,15 N/m<sup>2</sup> bei einem Trockenwetterdurchfluss von 45 l/s weit unterhalb der Grenze der Erosionsschubspannung der Organik von > 0,4 N/m<sup>2</sup> liegt.

In weiteren Varianten wurde der Geschiebeschacht teilgefüllt gerechnet. Die Teilfüllung wurde hierbei vereinfacht als feste Wand direkt unterhalb des Belüftungsrohrs modelliert. Bei teilgefülltem Schacht nimmt der Einfluss des Durchflusses örtlich zu; die Schubspannungsverteilung wird somit durch den Durchfluss beeinflusst [1].

### 3.3 Variante 1 – Belüftung an der Sohle

Die Variante „Belüftung an der Sohle“ entspricht dem Ist-Zustand mit Ausnahme des Belüftungsrohrs, das senkrecht zur Sohle hin versetzt wurde (Abbildung 4). Die Belüftungsöffnungen befinden sich in dieser Variante 25 mm über der Geschiebeschachtsohle und somit 375 mm tiefer als im Ist-Zustand. Die Va-

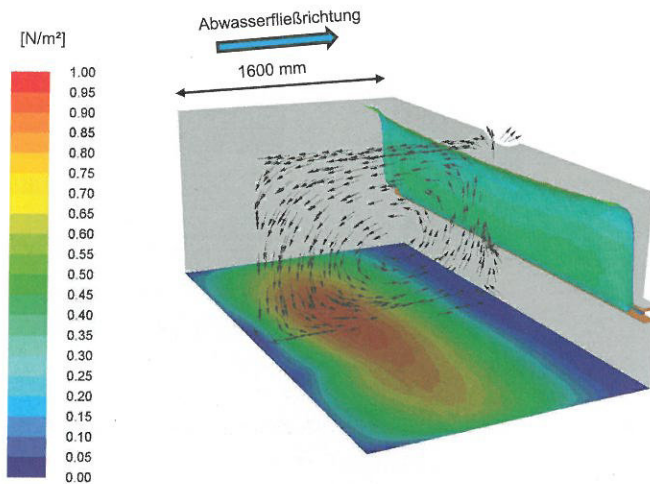


Abb. 5: Wandschubspannungen  $[N/m^2]$  an der Sohle, Variante 2 – verkürzter Schacht, Luftdurchsatzmenge  $105 m^3/h$ , Abwasserdurchfluss  $5 l/s$

riante zeigt den Einfluss der Luftertragstiefe auf die Wandschubspannungen an der Sohle des Geschiebeschachts. Es ist deutlich zu erkennen, dass in weiten Teilen  $0,5 N/m^2$  überschritten werden und somit wesentlich höhere Werte erreicht werden als im Ist-Zustand. Daraus kann gefolgert werden, dass eine Erhöhung der Eintragstiefe zu einer Erhöhung der Wandschubspannungen an der Geschiebeschachtsohle führt.

### 3.4 Variante 2 – In Fließrichtung verkürzter Schacht

Bei der Variante des um 500 mm verkürzten Schachts wird der Einfluss der Schachtlänge in Fließrichtung untersucht. Die Ergebnisse (Abbildung 5) zeigen, dass eine Verkürzung des Schachts auf 1600 mm zu einem erheblichen Anstieg der Wandschubspannung an der Geschiebeschachtsohle führt.

Daraus lässt sich folgern, dass eine Verkürzung der Schachtlänge in Richtung der ausgebildeten Wasserwalze oder im rechten Winkel zum Belüftungsrohr zu einem Anstieg der Wandschubspannung an der Geschiebeschachtsohle führt. Die Wandschubspannung lässt sich hierbei nicht beliebig durch Verringerung der Schachtlänge erhöhen. Möglicherweise spielt hierbei das Höhen/Breiten-Verhältnis des Schachts eine Rolle, wobei mit der Höhe die wirksame Einblashöhe vom Belüftungsrohr bis zum Wasserspiegel gemeint ist.

### 3.5 Ist-Zustand Mischwasserzufluss

In der Mischwasservariante wird der Fall eines abflusswirksamen Regenwetterereignisses an einem realen Geschiebeschacht mithilfe von CFD simuliert. Der Fall ereignete sich Anfang Juni 2011, bei dem nach einer langen Trockenwetterperiode mehrere starke Niederschlagsereignisse auftraten. Das Foto in Abbildung 6 zeigt die im Geschiebeschacht zurückgehaltenen mineralischen Grobstoffe einen Tag nach dem Regenereignis, kurz vor der Entleerung. Die zur Probenahme in den Schacht gestellte Absperrung links im Bild verdeckt das Zulaufrohr. Deutlich sind die zurückgehaltenen Grobstoffe im Schacht sowie ablaufseitig ein Trichter in dem Geschiebe (gelbe Ellipse) zu erkennen. Das zweite, kleinere Loch stammt vom Absaugschlauch des Räumfahrzeugs. An der oberen Geschiebeschachtseite ist zu erkennen, dass Teile des Belüftungsrohres, das in



Abb. 6: In einem Geschiebeschacht zurückgehaltene, mineralische Grobstoffe nach einem Regenereignis (Foto: S. Hazra)

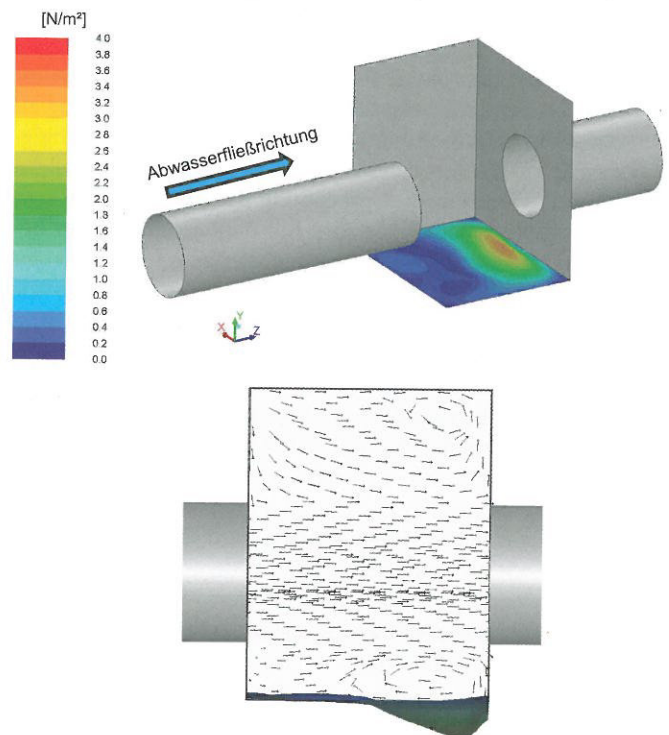


Abb. 7: Wandschubspannungen an der Geschiebeschachtsohle (oben), 3 D-Profil der Wandschubspannungen an der Geschiebeschachtsohle (unten, Seitenansicht)

dieser Variante an die Schachtlängsseite verlegt wurde, rechts zu sehen ist, während das Rohr in der Mitte und links unter den Ablagerungen liegt.

Die Geschiebeschachtabmessungen und die Innendurchmesser der Zufluss- und Abflussöffnungen wurden als Geometrie im CFD-Modell vorgegeben. Da es im Schacht keine Durchflussmessereinrichtung gab, ist die Durchflusswelle durch den Geschiebeschacht nicht bekannt. Die nachfolgend dargestellte Simulation ist daher als typischer Trend für Mischwasserabflüsse zu verstehen; die exakte Simulation des Regenwetterfalls ist nicht möglich. Es wurde davon ausgegangen, dass die zurückgehaltenen mineralischen Grobstoffe bis über das Belüftungsrohr reichen und somit ca. 0,5 m des Geschiebesammelraums gefüllt sind. Die Oberfläche der Grobstoffe wurde als feste Haftungswand angenommen. Es wurde weiterhin davon ausgegangen, dass das Mischwasser im Schacht bis auf 1,0 m über den Kanalscheitel steigt. Der obere Schachtrand wurde als

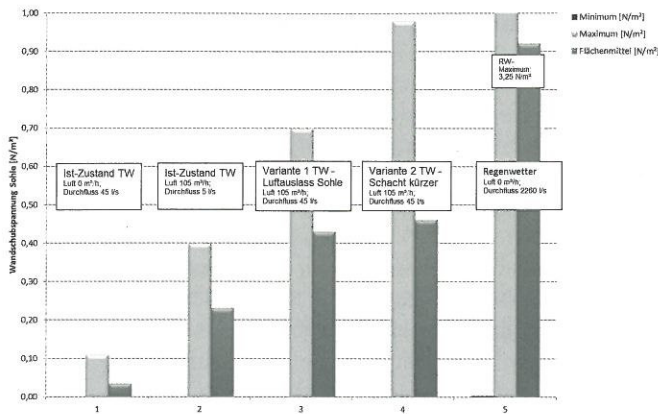


Abb. 8: Wandschubspannungen [N/m²] an der Sohle, Ist-Zustand Trockenwetter, Regenwetter und Varianten

Wand ohne Haftung gerechnet. Der Durchfluss durch den Schacht beträgt konstant 2260 l/s; dies entspricht einer durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit von ca. 2,0 m/s im Abwasserkanal.

Die Simulationsergebnisse zeigen (Abbildung 7), dass am Auslass des Geschiebeschachts, direkt unterhalb des Abwasserkanals, besonders hohe Wandschubspannungen entstehen. Insgesamt werden über die gesamte Geschiebeschachtbreite erhöhte Wandschubspannungen erreicht. Nach Tabelle 2 kann davon ausgegangen werden, dass im natürlichen Umfeld ab ca. 2 bis 2,5 N/m² mit einer Erosion zu rechnen ist. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der sichtbaren zurückgehaltenen Grobstoffe im Geschiebeschacht. Dort entsteht genau an der Stelle, an der in der Simulation stark erhöhte Wandschubspannungen auftreten, ein Trichter in den Ablagerungen; das heißt, an dieser Stelle wurden die Ablagerungen erodiert. Abbildung 7 (unten) zeigt ein dreidimensionales Profil der Wandschubspannung an der Sohle sowie Richtungspfeile des durch den Schacht strömenden Mischwassers. Mit der Profildarstellung wird zwar kein Trichter simuliert, aber die 3 D-Darstellung zeigt, an welchen Stellen mit Erosion zu rechnen ist. Mit der Annahme, dass die Wandschubspannung die Erosionstiefe proportional beeinflusst, zeigt die Darstellung den Erosionstrichter qualitativ auf. Des Weiteren zeigt die Simulation über die gesamte Schachtbreite auf der Abflusseite Wandschubspannungen um ca. 2 N/m² auf, die ebenfalls zu Erosionen führen können. Das deckt sich wiederum mit Abbildung 6, bei der über die gesamte Abflusseite des Schachts Erosion aufgetreten ist.

### 3.6 Schlussfolgerungen Ist-Zustand und Varianten

Der Ist-Zustand im Trockenwetterfall und die beiden Trockenwetter-Varianten zeigen, dass durch einfache Maßnahmen die Wandschubspannungsverteilung an der Sohle vergleichmäßigt und die Zahlenwerte deutlich erhöht werden können (Abbildung 8). Beide Faktoren führen dazu, dass eine Wandschubspannung > 0,4 N/m² in weiten Teilen des Geschiebeschachts während der Belüftungsphase erreicht werden kann. Damit reduziert sich das Risiko einer dauerhaften Sedimentation von Organik im Schacht.

Während das Ablagerungsverhalten der mineralischen Grobstoffe über längere Zeiträume zurzeit nicht oder nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand mithilfe von CFD simuliert werden kann, sind die Auswirkungen von kurzzeitigen, intensi-

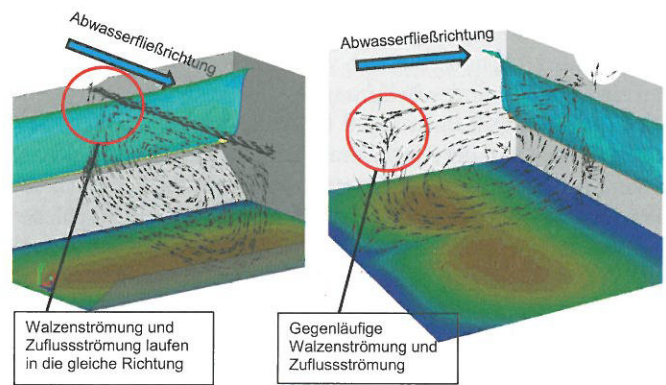


Abb. 9: Richtungspfeile der beiden Varianten Belüftung an der Zuflusseite (links) und an der Abflusseite (rechts)

ven Ereignissen, wie sie zum Beispiel bei einem Starkregenereignis auftreten, durch CFD wesentlich besser zu erfassen. Das angeführte Regenwetterbeispiel zeigt quasi einen „Fußabdruck“ des Regenereignisses in den vorhandenen Ablagerungen des Geschiebesammelraums. Das Ereignis bestätigt den Modellansatz „Wandschubspannungen“ dieses Projekts zumindest qualitativ. Weitere Untersuchungen hierzu wären sinnvoll.

Aus den Ergebnissen der Mischwasserabflusssimulation kann außerdem gefolgert werden, dass im Regenwetterfall bei befülltem oder teilbefülltem Geschiebesammelraum ein Teil der zwischengespeicherten mineralischen Grobstoffe wieder ausgetragen werden kann.

### 3.7 Partikelsimulationen bei Trockenwetter

Für verschiedene Varianten wurden Partikelsimulationen durchgeführt. Die wesentliche Aussage dieser Simulationen bei einem noch leeren Geschiebeschacht ist, dass sich im Ist-Zustand selbst bei einem maximalen Trockenwetterdurchfluss von 45 l/s und einer aktiven Belüftung von 105 m³/h auf der Abflusseite der Trend ergibt, dass Sandpartikel mit einem Durchmesser von 1 mm vollständig und Sandpartikel mit einem Durchmesser von 0,2 mm zumindest teilweise sedimentieren. Bei teilgefülltem Schacht (bis direkt unter das Belüftungsrohr) zeigt sich der Trend, dass eine teilweise Sedimentation von Sandpartikeln von 0,2 mm und 1,0 mm immer noch möglich ist. Liegt der Zufluss des Abwassers auf der Belüftungssei-

## Sandfang- Prüfmethode

für alle Sandfänge ganz einfach, im lfd.  
Betrieb, erfasst alle Korngrößen

[www.sandnorm.de](http://www.sandnorm.de)

te, dann zeigt sich bei einem noch leeren Geschiebeschacht der Trend, dass die Sandpartikel mit einem Durchmesser von 0,2 mm und 1,0 mm erheblich weiter transportiert werden als im Ist-Zustand mit der Belüftung auf der Abflusseite [1].

In Abbildung 9, rechts sind Richtungspeile im Ist-Zustand mit Belüftung auf der Abwasserabflusseite dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Abwasserstrom direkt am Zulauf durch die Wasserwalze verdrängt und zumindest teilweise zur Geschiebeschachtsohle umgeleitet wird. Dagegen ergibt sich in der Variante mit der Belüftung auf der Zuflusseite ein klar strukturiertes Strömungsbild (Abbildung 9, links). Daraus und aus den Berechnungen der Partikelsimulationen wird geschlossen, dass die Austragswahrscheinlichkeit von Sandpartikeln aus dem Geschiebesammelraum mit Belüftung auf der Zuflusseite größer ist als im Ist-Zustand mit Belüftung auf der Abflusseite.

#### 4 Schlussfolgerungen für belüftete Geschiebeschächte ohne Sammeleinsatz

Für die Betriebsweise eines belüfteten Geschiebeschachts ohne Sammeleinsatz sind die Anforderungen des Kunden zu berücksichtigen. Zu unterscheiden sind hierbei im Wesentlichen die nachfolgend erläuterten Ziele.

Der Organikanteil im Geschiebeschacht soll möglichst gering gehalten werden. Sedimentierte Organik kann zu ungewünschten Verfestigungen und zu Faulvorgängen im Geschiebeschacht führen. Zudem soll der Geschiebeschacht Sand und Kies zurückhalten und würde durch die abgelagerte Organik wesentlich schneller gefüllt werden. Dies führt zu Geruchsbelästigungen und zusätzlichen Kosten durch eine häufiger durchzuführende Entleerung und Entsorgung des Materials.

Neben dem Wunsch, den Organikanteil möglichst gering zu halten, kann es ein Ziel sein, Feinsedimente unterhalb eines bestimmten Korndurchmessers möglichst nicht abzuscheiden. Damit soll der Geschiebesammelraum möglichst nur für gröbere Sedimente genutzt werden.

Ein anderes Ziel kann es sein, neben dem Organikanteil auch sämtliche Feinsedimente abzuscheiden. Hierbei steht die Idee im Vordergrund, dass auch feinste mineralische Sedimente mechanische Anlagen, wie zum Beispiel Pumpwerke, im Abwasserkanalsystem schädigen können oder bei sehr flach verlegten Kanälen zu unerwünschten Ablagerungen mit der Folge der Behinderung des Trockenwetterabflusses führen. Des Weiteren sollen bei einem Regenereignis bereits abgelagerte Sedimente nicht wieder erodieren und als Suspension in die weiterführenden Abwasseranlagen gelangen.

Insbesondere bei der Wahl der Trennkorngröße kann es bei den Kunden zu unterschiedlichen Prioritäten kommen, sodass die Ziele auf den jeweiligen Kunden abzustimmen sind. Für den Geschiebeschacht ohne Sammeleinsatz bedeutet dies wiederum, dass es sinnvoll ist, durch unterschiedliche Betriebsweise dem jeweiligen Anliegen möglichst gerecht zu werden. Dabei zeigen die Untersuchungen der Wandschubspannungen, dass es nicht möglich ist, exakte Schwellenwerte für den Sedimentations- und Erosionsbeginn anzugeben. Dennoch können Wandschubspannungen als Indikatoren herangezogen werden, um bestimmte Aussagen treffen oder Trends ableiten zu können.

Bei Trockenwetterzufluss (0 bis 45 l/s) werden ohne Belüftung Wandschubspannungen an der Sohle zwischen 0 und 0,15 N/m<sup>2</sup> erreicht. Somit ist in den nicht belüfteten Phasen damit zu rechnen, dass sowohl sehr kleine Sandpartikel als auch

Organik abgelagert wird. Eine Erosion dieser Organikschicht bei Aktivierung der Belüftung kann nur dann erfolgen, wenn sie nicht bereits durch Sedimente überlagert wird, denn dann würde die erforderliche Erosionsschubspannung erheblich ansteigen. Es ist daher ein geeignetes Intervall für die belüfteten und nicht belüfteten Phasen zu finden. Die Phasenlängen können zurzeit nicht simuliert werden und bedürfen einer Abstimmung vor Ort.

In der belüfteten Phase werden im Ist-Zustand Wandschubspannungen von maximal ca. 0,5 N/m<sup>2</sup> (bei einem Luftdurchsatz von 105 m<sup>3</sup>/h) erreicht. Ist der Trockenwetterdurchfluss sehr hoch (45 l/s), dann wird die gegenläufige Luftströmung außerdem so stark abgelenkt, dass keine gleichmäßige Wandschubspannung an der Sohle entstehen kann. Da weite Bereiche der Sohle Werte unterhalb von 0,4 N/m<sup>2</sup> erreichen, ist mit der Sedimentation von kleinen Partikeln (zum Beispiel Durchmesser 0,2 mm) und Organik zu rechnen. Ebenfalls ist damit zu rechnen, dass die sedimentierte Organik teilweise nicht wieder erodiert werden kann. Innerhalb des Projekts wurden verschiedene Varianten untersucht, um die Wandschubspannung an der Sohle soweit zu erhöhen, dass zumindest Werte über 0,4 N/m<sup>2</sup> über weite Teile des Schachts erreicht werden. In den oben aufgeführten Varianten und weiteren Projektvarianten konnte gezeigt werden, dass dies möglich ist. Ergebnisse aus diesen Untersuchungen wurden in das Merkblatt DWA-M 176 [6] übernommen.

Befindet sich die Belüftung auf der Abwasserzuflusseite, werden gegenüber dem Ist-Zustand höhere maximale Wandschubspannungen von bis zu 0,6 N/m<sup>2</sup> erreicht. Stationäre Partikelsimulationen zeigen, dass mit einer höheren Austragswahrscheinlichkeit von Sandpartikeln bzw. Organik zu rechnen ist. Dies ist dann interessant, wenn der Geschiebesammelraum, wie oben beschrieben, nur für gröbere Sedimente genutzt werden soll.

Die Simulationen haben gezeigt, dass die in Längsrichtung angeströmten Schachtecken praktisch nicht durchströmt werden, da die Walzenströmung eine ovale Strömung ausbildet. Mehrere Simulationen haben gezeigt, dass dieses Phänomen bei ausgerundeten Ecken fast vollständig, bei abgeschrägten Ecken zumindest teilweise verschwindet. Tritt dieses Phänomen am realen Geschiebeschacht auf, dann wird hier besonders schnell Geschiebe abgelagert. Falls in den entleerten Geschiebesammelraum höhere Organikfraktionen eingetragen werden, könnten sich diese in den Ecken sammeln und würden nicht erodiert werden können. Somit könnten dort Faulprozesse entstehen. Dies ist jedoch zurzeit ein theoretischer Fall, der bisher in keinem Geschiebeschacht nachgewiesen werden konnte.

Partikelsimulationen mit Sandpartikeln des Durchmessers 0,2 mm und 1,0 mm zeigten den Trend, dass die kleineren Partikel teilweise, die 1,0 mm-Partikel in jedem Trockenwetterfall vollständig abgeschieden werden. Daher könnte Geschiebe  $\geq 1,0$  mm Partikeldurchmesser auch über einen sehr schmalen Spalt (zum Beispiel 100 mm) abgeschieden werden. Diesem Vorgehen steht jedoch eine große Verstopfungsneigung schmaler Spalten und scharfer Kanten gegenüber. Deshalb wurde diese Variante innerhalb des Projekts verworfen und stattdessen eine Verkürzung der Länge des Geschiebesammelraums um 0,5 m untersucht. Dies führte zu erhöhten Wandschubspannungen und zu einer gleichmäßigeren Verteilung. Somit stellt die Schachtverkürzung neben der Schachtvertiefung eine sinnvolle Variante zur Erhöhung der Wandschubspannungen dar.

Bei Mischwasserzufluss werden maximale Wandschubspannung von 7,5 N/m<sup>2</sup> (Abwasserkanalgeschwindigkeit: 2,0 m/s) bzw. 25 Pa (4,0 m/s) erreicht [1]. Da bereits bei 2 N/m<sup>2</sup> die Erosion von Sandpartikeln und bei ca. 0,4 N/m<sup>2</sup> die Erosion von Organik beginnt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass bereits sedimentiertes Geschiebe wieder aus dem Geschiebeschacht ausgetragen wird. In Kapitel 3.5 wurde ein Fall gezeigt, bei dem der Mischwasserzufluss zu einem Geschiebeausstrag geführt haben könnte.

Aus den Untersuchungen lassen sich nachfolgende Verbesserungsvorschläge für Geschiebeschächte ohne Sammeleinsatz ableiten:

- Eine Vertiefung des Geschiebesammelraums zur Erhöhung der Einblastiefe ist sinnvoll.
- Verlegung der Belüftung an die Abwasserzuflussseite, wenn der Geschiebesammelraum vor allem mit größeren Kornfraktionen im Geschiebe gefüllt werden soll.
- Beibehaltung der Belüftung entsprechend der bisherigen Praxis an der Abwasserabflussseite, sofern auch mineralische Grobstoffe der sandigen Kornfraktion zurückgehalten werden sollen.
- Eine Spaltöffnungslösung, das heißt eine Geschiebefalle mit Spaltbreiten von 0,1 bis 0,3 m, könnte theoretisch zur verbesserten Trennung von verschiedenen Kornfraktionen eingesetzt werden. Aufgrund des hohen Anteils verzopfungs-fähigen Materials im Abwasser und der damit gegebenen großen Verstopfungsgefahr des Spalts ist diese Maßnahme für diesen Einsatzzweck jedoch nicht anzuraten.
- Eine Verkürzung des Geschiebesammelraums um 500 mm auf 1600 mm ist sinnvoll.
- Durch Abschrägen oder Ausrunden der parallel zum Belüftungsrohr liegenden Schachtecken können nicht oder nur schwach durchströmte Bereiche vermieden werden.
- Der Luftdurchsatz, bezogen auf eine Schachtbreite von 2,7 m, sollte mindestens 105 m<sup>3</sup>/h betragen. Somit ergeben sich Luftdurchsätze von mindestens 40 m<sup>3</sup>/h je m Schachtbreite.
- Eine Verkürzung der Intervalle mit deaktivierter Belüftung kann sinnvoll sein. Eine Anpassung der Belüftungsintervalle an die Bedingungen vor Ort ist auf jeden Fall zu empfehlen.
- Geschiebesammelräume sind frühzeitig zu entleeren (zum Beispiel bei einer Füllhöhe von 75 %) oder mit einem Abstand der oberen Höhe des nutzbaren Geschiebesammelraums zur Sohle des Kanals von 0,30 m auszustatten, damit beim Mischwasserabfluss der Austrag von Geschiebe vermieden wird. Daher sind an eine Fernwirkanlage angeschlossene Geschiebefüllstandmessungen anzuraten.

### Dank

Unser besonderer Dank gilt dem Land Hessen für die Förderung im Rahmen der LOEWE-Förderung (HA-Projekt-Nr. 202/9-32) sowie unserem Praxispartner VSB Vogelsberger Umwelttechnik GmbH, ohne die das Projekt nicht möglich gewesen wäre. Außerdem möchten wir uns an dieser Stelle ganz herzlich für die wertvollen Tipps und Hinweise von *Otto Treut* vom Abwasserzweckverband Weißach- und Oberes Saalbachtal in Bretten und von der DWA-Arbeitsgruppe ES-3.4 „Gestaltung von Regenbecken“, namentlich Dipl.-Ing. *Friedrich Wolfgang Henrich* und Dipl.-Ing. *Hartmut Roth* sowie dem Sprecher der Arbeitsgruppe, Prof. Dr.-Ing. *Paul Georg Brunner*, bedanken.

### Literatur

- [1] Hazra, S., Sonnenburg, A., Urban, W.: Schlussbericht „Energie- und verfahrenstechnische Entwicklung einer Geschieberückhaltung für die Abwassertechnik“, TU Darmstadt, 2012
- [2] Ristenpart, E.: *Feststoffe in der Mischkanalisation*, Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Bd. 11, Hannover, 1995
- [3] Schaffner, J.: *Numerical Investigations on the Function of Flush Waves in a Reservoir Sewer*, Dissertation, TU Darmstadt, 2008
- [4] Chebbo, G., Ashley, R., Gromaire, M.-C.: The nature and pollutant role of solids at the water-sediment interface in combined sewer networks, 3<sup>rd</sup> International Conference on Sewer Processes and networks, Paris, 2002
- [5] VSB Vogelsberger Umwelttechnik GmbH: Informationsbroschüre „Geschieberückhaltestation“, 2013
- [6] Merkblatt DWA-M 176: *Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung*, Hennef, 2013

### Autoren

*Dr.-Ing. Alexander Sonnenburg*

*Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Subhendu Hazra*

*Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Urban*

*Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz*

*Institut IWAR, TU Darmstadt*

*Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt*

*E-Mail: A.Sonnenburg@iwar.tu-darmstadt.de*

