

Zur Wirksamkeit von Tauchwänden im Mischwassersystem

Januar 2014

Klaus Holzenthal (Härtlingen)

Einleitung

- 1. Begriffsdefinitionen**
- 2. DWA-Arbeits- und Merkblätter**
- 3. Grobstoffarten im Mischwasser**
- 4. Tauchwände im Mischwassersystem**
 - 4.1 Funktion einer Tauchwand**
 - 4.2 Strömungstechnische Bewertung des Einbaus von Tauchwänden**
 - 4.3 Grobstoffverteilung in der Kanalströmung**
 - 4.4 Schwimm- und Schwebstoffe im Mischwasser**
- 5. Tauchwandähnliche Konstruktionen im Mischwassersystem**
- 6. Zusammenfassung der Ergebnisse**
- 7. Fazit**
- 8. Literatur**

Einleitung

Seit rund drei Jahrzehnten ist es in der deutschen Abwasserwirtschaft üblich, einen Großteil der Entlastungsschwellen mit Tauchwänden auszurüsten, um den Austrag von Grobstoffen in das Gewässer zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren. Insbesondere die Entlastungsschwellen von Regenüberläufen werden mit Tauchwänden ausgerüstet. Tauchwände werden aber auch an Becken- und Klärüberlaufschwelen von Regenüberlaufbecken (RÜB's) sowie an den Entlastungsschwellen in Stauraumkanälen (SK's) eingesetzt. In den letzten Jahren hat sich, insbesondere bei der Nachrüstung, dieser Trend dahingehend verstärkt, dass Spezialbauformen von Tauchwänden eingesetzt werden, von denen angenommen wird, dass ihre Wirksamkeit hinsichtlich des Grobstoffrückhalts die von konventionellen Tauchwänden übertrifft.

Diese Praxis steht im direkten Widerspruch zu der weit verbreiteten Erfahrung, dass der Einbau von Tauchwänden keine wirksame Maßnahme zum Grobstoffrückhalt darstellt, ja im Gegenteil, dass der Einbau einer Tauchwand ggf. sogar den Austrag von Grobstoffen erhöhen kann.

In den nachstehenden Ausführungen soll anhand von Überlegungen basierend auf den strömungstechnischen Bedingungen im Bereich der Tauchwand die Frage der Funktionalität von Tauchwänden hinsichtlich des Grobstoffrückhalts beantwortet werden.

1. Begriffsdefinitionen

Unter Zweiphasenströmung versteht man eine Strömung, in der Stoffe in zwei unterschiedlichen Aggregatzuständen existieren. Im betrachteten Mischwasser sind dies das Wasser, das als Flüssigkeit dem Aggregatzustand „flüssig“ zuzuordnen ist, und die im Mischwasser enthaltenen Grobstoffe, die dem Aggregatzustand „fest“ zuzuordnen sind.

Unter Grobstoffe versteht man alle festen Stoffe im Mischwasser. Der Begriff Grobstoffe ist hierbei ein Sammelbegriff für Schwimmstoffe, Schwebstoffe und Geschiebe.

Schwimmstoffe besitzen eine Dichte, die kleiner ist als die von Wasser, also $< 1 \text{ kg/dm}^3$. Aufgrund der geringen Dichte schwimmen diese Stoffe an bzw. auf der Wasseroberfläche. Schwimmstoffe sind: leichte Kunststoffe, Styropor etc. Zu den Schwimmstoffen sind auch die Leichtflüssigkeiten zu zählen, die jedoch nicht unter den Sammelbegriff Grobstoffe fallen.

Schwebstoffe besitzen eine Dichte, die gleich oder etwas größer ist als die von Wasser, also $\geq 1 \text{ kg/dm}^3$. Schwebstoffe verteilen sich mehr oder weniger gleichmäßig im gesamten Volumen der flüssigen Phase. Da die Dichte mit der der flüssigen Phase nahezu identisch ist, ist der Einfluss der Gravitationskräfte sehr gering. Nicht zu vernachlässigen sind jedoch die aus der Strömung auf sie einwirkenden Reibungskräfte. Schon bei mäßigen Geschwindigkeitsgradienten folgen die Schwebstoffe mit nur geringem Schlupf der Strömung der flüssigen Phase. Aus diesem Grund werden solche Stoffe bei strömungstechnischen Untersuchungen oft als sogenannte Tracer eingesetzt, mit denen Strömungen sichtbar gemacht bzw. visuell analysiert werden können. Ist die flüssige Phase in Ruhe, sinken diese Stoffe langsam nach unten und setzen sich auf der Sohle ab. Beispiele für das Auftreten von Schwebstoffen im Mischwasser sind feste Fäkalien, Toilettenpapier, nasses Holz, die meisten Hygieneartikel u.ä.

Geschiebe besitzt eine Dichte, die deutlich größer ist als die von Wasser, also $\gg 1 \text{ kg/dm}^3$. Die im Mischwasser vorkommenden Geschiebearten sind vorwiegend Sand, Splitt und Steine. Da die Technik der Rückhaltung von Geschiebe sich grundsätzlich von der der Rückhaltung anderer Grobstoffe unterscheidet, wird in der vorliegenden Arbeit nicht weiter auf die Rückhaltung von Geschiebe eingegangen.

2. DWA-Arbeits- und Merkblätter

Im Folgenden sollen die DWA-Arbeits- und Merkblätter auf Aussagen hinsichtlich der Grobstoffrückhaltung mittels Tauchwänden analysiert werden.

DWA-A 111

Das Arbeitsblatt A 111 beschreibt in Kapitel 5.2 „die Auswirkungen einer Tauchwand vor einem Überfall auf den Entlastungsabfluss und die Überfallhöhe“. Auch auf Sonderbauformen wird hinsichtlich der Hydraulik kurz eingegangen. Die Angaben zur Größe und Positionierung der Tauchwand beziehen sich ausschließlich auf hydraulische Aspekte. Außerdem wird eine senkrechte Anströmung der Wehrschwelle vorausgesetzt.

Anmerkung: Es wird keine Aussage zur Grobstoffrückhaltung gemacht. Regenüberlaufbauwerke (RÜ's) sind aufgrund der gegebenen Kanalströmung immer mit einem Streichwehr ausgeführt. Die Voraussetzung einer senkrechten Anströmung ist nicht gegeben.

DWA-A 166

Das Arbeitsblatt A166 beschreibt in Kapitel 9.6 die Möglichkeiten des Grobstoffrückhalts bei Mischwassereinleitungen. In diesem Kapitel werden Rechen- und Siebanlagen für die Rückhaltung von Grobstoffen empfohlen (keine Tauchwände!).

In Kapitel 9.7 wird speziell auf Tauchwände eingegangen: „An Streichwehren oder Stauraumüberläufen sind Tauchwände für die Rückhaltung von Schwimmstoffen (z.B. Öle und Fette) nur bedingt geeignet und für die Rückhaltung von Grobstoffen ungeeignet. Ihr Wirkungsgrad sinkt zudem noch mit steigendem Volumenstrom. Ragt die Tauchwand in den Querschnittsbereich des Zulaufkanals oder wird sie zu sohlennah angeordnet, sinkt der Wirkungsgrad weiter. Tauchwände vor senkrecht angeströmten Wehren sind wirksamer“.

In Kapitel 11.7.1 wird für die Rückhaltung von organischen Grobstoffen nur der Einbau von Rechen- und Siebanlagen empfohlen. In Kapitel 11.7.2 wird lediglich für die Rückhaltung von Schwimmstoffen (z.B. Öle und Fette) der Einbau von Tauchwänden empfohlen.

DWA-M 176

Auch im Merkblatt M 176 wird zur Rückhaltung von organischen Grob- und Schwebstoffen der Einbau von Rechen und Sieben empfohlen.

In Kapitel 6.7 wird nochmals explizit erklärt: „Tauchwände an als Streichwehr ausgebildeten Becken- und Stauraumüberläufen eignen sich nur bedingt zur Rückhaltung von Schwimmstoffen, die auf dem Abwasser schwimmen (Dichte $\rho < 1000 \text{ kg/m}^3$), und nicht für den Rückhalt von unästhetischen Schwebstoffen. Bei beengten Platzverhältnissen kann sich

die Anordnung einer Tauchwand sogar nachteilig auf den Feststoffaustrag auswirken, weil durch die Sogwirkung und direkte Anströmung des Abflussquerschnittes zwischen Tauchwand und Schwelle der besonders stark verschmutzte sohlennahe Abfluss ausgetragen wird.“

Weiterhin wird aufgeführt: „Tauchwände an senkrecht angeströmten Wehren und Klärüberläufen tangential angeströmter Rundbecken sind für den Schwimmstoffrückhalt zweckmäßig, sofern die Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 111 eingehalten werden.“

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die beiden überarbeiteten und im November 2013 neu erschienenen Arbeits- und Merkblätter der DWA, A 166 und M 178, sich in ihrer Bewertung der Funktionstüchtigkeit von Tauchwänden im Hinblick auf die Grobstoffrückhaltung deutlich von den vorhergehenden Ausgaben unterscheiden.

Die neu heraus gegebenen Arbeits- und Merkblättern der DWA bezeichnen Tauchwände und tauchwandähnliche Konstruktionen als ungeeignet, um unästhetische Schweb- und Grobstoffe zurück zu halten. Tauchwände und tauchwandähnliche Konstruktionen werden jetzt sogar nur noch als bedingt geeignet angesehen, um Schwimmstoffe zurück halten zu können. Damit selbst diese bedingte Eignung überhaupt gegeben ist, müssen bestimmte strömungstechnische Bedingungen eingehalten werden.

3. Grobstoffarten im Mischwasser

Die im Mischwasser vorkommenden Grobstoffe setzen sich im Wesentlichen zusammen aus den in der Natur vorkommenden Stoffen wie Blätter, Hölzer und andere organische Materialien sowie den aus den Haushaltungen eingeleiteten Hygiene-, Plastik- und Gewebeartikel. Zu den Hygieneartikeln zählen vor allem Toilettenpapier, Einlagen, Binden, Q-Tips und weitere so genannte unansehnliche Grobstoffe. Die im Mischwasser auftretenden Grobstoffe sind vorwiegend zu den Schwebstoffen zu zählen. Nur wenn sich Lufteinschlüsse in ihnen bilden, z.B. aufgrund von Faulungsprozessen, sind sie auch im Bereich der Wasseroberfläche als Schwimmstoffe vorzufinden.

Das im Mischwasser auftretende Mengenverhältnis zwischen Schwebstoffen und Schwimmstoffen soll an zwei Beispielen exemplarisch erläutert werden. Die beschriebenen Beispiele können leicht überprüft und nachvollzogen werden.

Beobachtet man den Zulauf einer Kläranlage, z.B. im Bereich des Einlaufrechens, so wird deutlich, dass nur sehr wenige Grobstoffe sichtbar an oder auf der Wasseroberfläche schwimmen. Dagegen ist die Menge der Grobstoffe, die vom Einlaufrechen zurück gehalten und dem Abwasserstrom entnommen werden, um ein Vielfaches größer.

Dass im Mischwasser fast ausschließlich Schwebstoffe vorkommen, kann auch in allen Regenbecken im Mischsystem, seien es Fang-, Durchlauf- oder Rückhaltebecken, beobachtet werden. Sind diese nach einem Regenereignis gefüllt, finden sich nur wenige Schwimmstoffe an der Wasseroberfläche. Jeder Klärwärter kennt jedoch die Problematik der Beckenentleerung durch Pumpen. Hierbei kommt es sehr häufig zu Verstopfungen der Pumpen, weil große Mengen von Schwebstoffen, die in der ruhigen Beckenströmung sedimentiert sind, abtransportiert werden müssen.

Schon diese beiden aufgeführten Beispiele zeigen gut nachvollziehbar den sehr viel größeren Mengenanteil der Schwebstoffe im Vergleich zu den Schwimmstoffen. Aufgrund einer Vielzahl von Berichten und bestätigt durch langjährige eigene Beobachtungen kann abgeschätzt werden, dass der Anteil der Schwimmstoffe an den gesamten im Kanal vorkommenden Grobstoffen (Geschiebe ausgeschlossen) sicher weniger als 5 % beträgt.

4. Tauchwände im Mischwassersystem

4.1 Funktion einer Tauchwand

In einem ersten Schritt soll untersucht werden, welche Informationen der Fachliteratur zu entnehmen sind. Die Fragestellungen sind dabei folgende: In welchem Umfang werden Schwimmstoffe durch den Einbau einer Tauchwand zurück gehalten und welchen Einfluss hat der Einbau einer Tauchwand auf die Entlastung von Schwebstoffen? Konkrete Untersuchungen zur Beantwortung dieser beiden Fragen, bei denen auch die speziellen Bedingungen des Einbaus der Tauchwand im Mischwassersystem berücksichtigt werden, konnten nicht gefunden werden. Festzustellen ist jedoch, dass alle Fachaufsätze, die sich mit diesem Thema beschäftigen, die Wirksamkeit von Tauchwänden unisono mit großer Skepsis bewerten.

Eine eindeutige Bewertung der Funktionalität von Tauchwänden hinsichtlich ihres Vermögens zur Grobstoffrückhaltung ist in der Arbeit von Geurts zu finden /1/. Die Beurteilung lautet wie folgt: „Der heute vielfach praktizierte Einsatz von Tauchwänden stellt keine effiziente Maßnahme zum Stoffrückhalt im Sinne des DWA-Arbeitsblattes A 128 dar. In Bezug auf eine Reduzierung der ausgetragenen Stofffracht sind sie ohne Bedeutung. Ein Schutz des Vorfluters vor sichtbaren Verunreinigungen ist vielfach aus hydraulischen Gründen ebenfalls nicht gewährleistet /2/, /3/. Neuere Untersuchungen weisen vielmehr darauf hin, dass der Einbau von Tauchwänden den Schwimmstoffaustrag u.U. sogar begünstigen kann.“ /4/, /5/.

Auch in der Arbeit von Weiß wird ausführlich auf die Problematik der Rückhaltung von Schwimmstoffen mittels einer Tauchwand eingegangen /6/. Die im Fazit aufgestellten Kriterien für den Einbau von Tauchwänden für einen wirksamen Rückhalt von Schwimmstoffen werden in der Praxis jedoch definitiv nicht eingehalten. Leider vermittelt der Aufsatz den Eindruck, dass trotz der in der Praxis nicht eingehaltenen Voraussetzungen eine gewisse Wirksamkeit hinsichtlich des Rückhalts von Schwimmstoffen bestehen würde.

In der Praxis wird bei der Bewertung von Tauchwänden oft nicht zwischen Schwimm- und Schwebstoffen differenziert. So wird die Tauchwand als funktionstüchtig eingestuft, wenn es unter besonders günstigen Voraussetzungen gelungen ist, die wenigen vorhandenen Schwimmstoffe zurück zu halten. Physikalisch richtig ist jedoch: Eine Tauchwand ist nicht im Stande und kann konstruktionsbedingt nicht im Stande sein, den Austrag von Schwebstoffen und damit insbesondere den Austrag der besonders unansehnlichen Hygieneartikel an Entlastungsschwellen zu verhindern.

Eine Voraussetzung für die Schwimmstoffrückhaltung ist eine geeignete Strömungsführung im Bereich der Tauchwand. Ob diese Voraussetzung bei den üblichen Bauweisen von Entlastungsschwellen gegeben ist, soll im nächsten Kapitel untersucht werden.

4.2 Strömungstechnische Bewertung des Einbaus von Tauchwänden

Das als Beispiel dargestellte Regenüberlaufbauwerk im DWA-Merkblatt M 158, Kapitel-Nr. 6.31 (Abb. 1 u. 2) zeigt exemplarisch die konstruktive Gestaltung von Regententlastungsbauwerken in Deutschland.

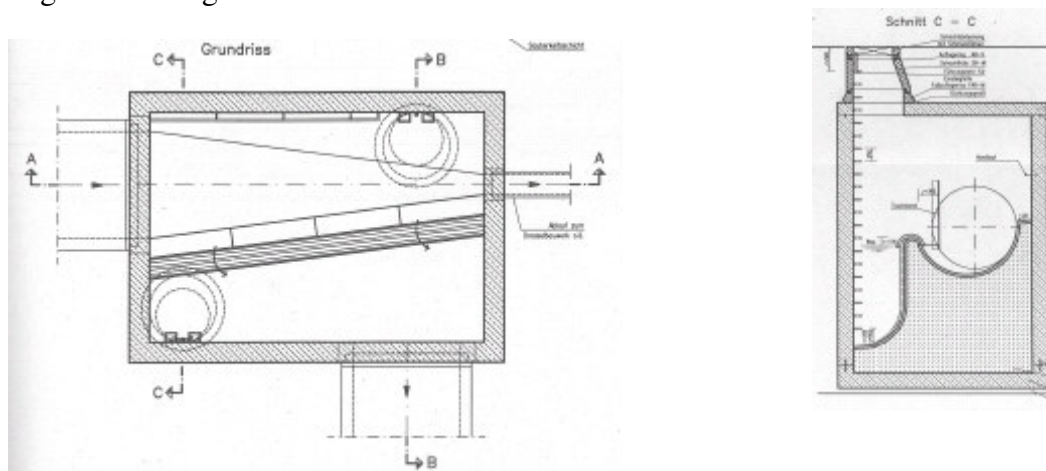


Abbildung 1 und 2: Standard-RÜ (DWA-M 158, 6.31)

Um Kosten zu sparen, werden diese Bauwerke sehr schmal gebaut. Die Trockenwetterseite ist meistens nicht breiter als die Breite des Verbindungskanals zwischen dem Zulauf- und Ablaufkanal (Abb. 1 und 2). Die sich bei einer solchen Konstruktion einstellende Strömungsform (hin zur Entlastungsschwelle) ist offensichtlich: Ein großer Teil der Mischwassers (insbesondere aus den unteren Schichten) strömt direkt zur Entlastungsschwelle. Schon bei den kleinsten Entlastungsmengen bildet sich eine Kurzschlussströmung aus, die vom Zulaufkanal direkt zur Entlastungsschwelle führt. Dabei werden nicht nur die Schwebstoffe (strömungstechnisch nicht vermeidbar) sondern auch alle Schwimmstoffe mitgerissen. Bei größeren spezifischen Entlastungsmengen ist die Turbulenz in den engen Bauwerken so hoch, dass auch Schwimmstoffe unter die Tauchwand gesaugt und von der Strömung mitgerissen werden. Danach gelangen sie mit dem Entlastungsstrom in das Gewässer. Diese Fehlfunktion kann auch durch eine sehr viel weiter von der Trockenwetterrinne entfernt installierte Tauchwand nur geringfügig reduziert werden. Die sich bei größeren Entlastungsmengen einstellende hochturbulente Strömung verhindert notwendigerweise die Rückhaltung der Schwimmstoffe. Hinzu kommt, dass sich im Bereich der Tauchwand schon bei sehr kleinen Entlastungsmengen Teilströmungen mit Wirbeln ausbilden, die die Schwimmstoffe ansaugen und unterhalb der Tauchwand hindurch ziehen.

Die in Abb. 3 dargestellte Entlastungsschwelle in einem RÜ zeigt den Einbau einer Tauchwand im mittleren Bereich über der Trockenwetterrinne. Solche Bauwerke sind erstaunlich oft anzutreffen. Bei dieser Tauchwandposition gelangen die Schwimmstoffe im Mischwasserstrom schon bei den kleinsten Strömungsgeschwindigkeiten, d.h. den kleinsten Entlastungsmengen, direkt vom Zulauf an die Entlastungsschwelle und von dort in das Gewässer.



Abbildung 3: RÜ mit Tauchwand im Bereich der Trockenwetterrinne

Die erforderlichen strömungstechnischen Voraussetzungen, bei denen sichergestellt ist, dass Schwimmstoffe überhaupt zurück gehalten werden, sind für eine Tauchwand ausschließlich bei sehr langsamer und senkrechter Anströmung, also beim Einbau an der Schwelle in einem Becken, z.B. vor einem Klärüberlauf, gegeben. Hier sind die Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund der Wasserhöhe im Becken so gering, dass die Schwimmstoffe nicht notwendigerweise unter der Tauchwand hindurch abgesaugt werden.

Die geringe Strömungsgeschwindigkeit in einem Becken ist auch für die Rückhaltung der Schwebstoffe von großer Bedeutung. Nur bei sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten im Becken könne diese sedimentieren. Da die meisten Schwebstoffe eine Dichte besitzen, die etwas größer ist als 1 kg/dm^3 , sinken sie in der langsamen Beckenströmung nach unten, wo sie an der Sohle ablagern. In einem Becken mit gedrosseltem Klärüberlauf besteht normalerweise nicht die Gefahr, dass die Schwebstoffe aufgrund hoher Strömungsturbulenzen mitgerissen werden.

4.3 Grobstoffverteilung in der Kanalströmung

Beobachtungen in Regenüberlaufbauwerken bei Entlastungsereignissen zeigen das Phänomen, dass sich zu Beginn des Regenereignisses im Kanal eine Schichtenströmung ausbildet. Im unteren Bereich, also in Sohlhöhe, findet sich ein sehr hoher Anteil von Organik vermischt mit den mitgeführten Schwebstoffen. Weiter oben, im Bereich des Wasserspiegels ist zu diesem Zeitpunkt das noch deutlich weniger verschmutzte Mischwasser zu erkennen. Diese Beobachtungen werden bestätigt durch eigene Versuche in einem RÜ. Hierbei wurden vor der Schwelle drei Bleche nebeneinander installiert, die mit horizontalen Schlitz auf jeweils unterschiedlichen Höhen versehen waren, durch die das Mischwasser zur Schwellenkronen fließen konnte. Mittels Köcher wurden hinter der Schwelle die mit dem Entlastungswasser ausgetragenen Grobstoffe (Schwimm- und Schwebstoffe) aufgefangen. Es stellte sich heraus, dass umso mehr Grobstoffe über die Schwelle gelangen, je tiefer der Schlitz im Blech angebracht ist. Dies veranschaulicht sehr deutlich, dass insbesondere zu Beginn eines Entlastungsereignisses eine geschichtete Strömung im Kanal existiert, in der der Schwebstoffanteil in Richtung Sohle hin zunimmt.

Aus dieser Beobachtung resultiert eine wichtige Erkenntnis. Wir wissen, dass eine Tauchwand, eingebaut vor der Schwelle in einem Entlastungsbauwerk, im besten Fall lediglich in der Lage ist, einen geringen Anteil von Schwimmstoffen zurück zu halten. Der sehr viel größere Anteil der Schwebstoffe kann nicht zurück gehalten werden. Da eine Tauchwand jedoch dazu führt, dass der Entlastungsstrom vorwiegend aus den unteren Schichten gespeist wird, hat die Tauchwand eine kontraproduktive Wirkung. Dies trifft insbesondere zu bei einer Konstellation, bei der eine relativ kleine Drosselmenge die mit Schwebstoffen hoch belasteten unteren Schichten der Kanalströmung nicht in ausreichendem Maße abführen können. Bevor die unteren Strömungsschichten die drosselseitige Wand des RÜ's erreichen, werden sie zur Schwelle hin abgesaugt. Der Abfluss der oberen, sehr viel weniger verschmutzten Strömungsschichten kann durch die eingebaute Tauchwand nicht ohne Vermischung mit den tieferen Schichten entlastet werden.

Insbesondere bei den vielen kurzzeitigen Entlastungsereignissen, bei denen aufgrund der geringen Entlastungsmenge diese Schichtenströmung weitgehend erhalten bleibt, führt die konstruktionsbedingte Eintauchtiefe der Tauchwand zu dem Resultat, dass fast ausschließlich hoch verschmutztes Mischwasser entlastet wird. Dass die kurzzeitigen Entlastungsereignisse

gegenüber den zeitlich länger andauernden Entlastungsereignissen sehr stark dominieren, geht auch aus den statistisch ausgewerteten Messungen an Entlastungsschwellen hervor, die in /7/ und /8/ vorgestellt werden. Hinzu kommt, dass diese kurzzeitigen Entlastungsereignisse fast immer einhergehen mit einem ausgeprägten Spülstoß mit hoher Grobstoffbelastung, der nach den Untersuchungen von Stolz /9/ sehr viel öfters auftritt, als gemeinhin angenommen wird.

Mit dieser Überlegung lässt sich auch die oft geäußerte Vermutung erklären, dass der Einbau von Tauchwänden sogar dazu führt, die Menge der in das Gewässer entlasteten Grobstoffe zu erhöhen.

4.4 Schwimm- und Schwebstoffe im Mischwasser

Die nachstehenden Bilder entstanden im Rahmen einer Masterarbeit sowie aus laufenden Projekten der HSE Darmstadt /9/. Sie wurden im Zulauf eines Rechteckbeckens (Durchlaufbecken) sowie am Klärüberlauf eines Rundbeckens (Durchlaufbecken) gemacht und stehen exemplarisch für das Auftreten und das Verhalten von Schwimm- und Schwebstoffen an Entlastungsschwellen.

Abbildung 4 zeigt die Wasseroberfläche im Trennbauwerk kurz vor der ersten Entlastung ins RÜB hinein. Zu sehen ist ein kleiner Bereich mit Schwimmstoffen, bestehend aus Blättern und wenigen Hygieneartikeln, die im hinteren Teil auf der Zulaufseite zur Entlastungsschwelle (Trockenwetterseite) von der Strömung zusammen geschoben wurden.



Abbildung 4: Trennbauwerk im Zulauf eines Rechteckbeckens (Durchlaufbecken im Nebenschluss) /9/



Abbildung 5: Trennbauwerk im Zulauf eines Rechteckbeckens
(Durchlaufbecken im Nebenschluss) /9/

Abbildung 5 zeigt die Wasseroberfläche im Trennbauwerk nach dem Beginn der Entlastung ins RÜB hinein. Im Zustrom sind kaum noch Schwimmstoffe an der Wasseroberfläche zu sehen, jedoch eine Vielzahl von Schwebstoffen, insbesondere in Form von Toilettenpapier, die auch nach längerer Entlastungsdauer weiter zugeführt werden. In Abbildung 6 sind die im schmutzigen Mischwasser verteilten Schwebstoffe noch deutlicher zu sehen.



Abbildung 6: Trennbauwerk im Zulauf eines Rechteckbeckens
(Durchlaufbecken im Nebenschluss) /9/

Abbildung 7 zeigt den rückwärts angeströmten Beckenüberlauf im Rechteckbecken. Der Beckenzulauf erfolgt von der rechten Seite. Es ist deutlich zu sehen, dass selbst bei eher

kleinen Strömungsgeschwindigkeiten unterhalb der Beckenüberlaufrinne (entspricht einer extrem ausgedehnten Tauchwand) lokale Strömungswirbel entstehen, die alle Schwimmstoffe nach und nach absaugen. Dies ist der Grund, warum auf der rechten Seite (Zulaufseite) praktisch keine Schwimmstoffe zu finden sind.



Abbildung 7: Beckenüberlauf eines Rechteckbeckens
(Durchlaufbecken im Nebenschluss) /9/

Abbildung 8 zeigt einen Teil der Sohle des Rechteckbeckens nach dem Abpumpen des Wassers durch die Entleerungspumpen und vor der Reinigung durch die Spülkippen. Offensichtlich sind große Mengen von Schwebstoffen sedimentiert. Auch an diesem Beispiel kann eindeutig gezeigt werden, dass die Menge der Schwimmstoffe gegenüber der Menge der Schwebstoffe praktisch vernachlässigbar ist.



Abbildung 8: Sohle eines Rechteckbeckens
(Durchlaufbecken im Nebenschluss) /9/

Abbildung 9 zeigt den Klärüberlauf in einem runden Durchlaufbecken. Auch hier sind geringe Schwimmstoffmengen vor der Tauchwand zu sehen, die vorwiegend aus Blättern bestehen. Von diesem Entlastungsvorgang wurden Videoaufnahmen aufgezeichnet, die zusätzlich zeigen, dass sich an der Tauchwand sporadisch Strömungswirbel ausbilden, die die Schwimmstoffe im Laufe der Zeit nach und nach vollständig unter der Tauchwand hindurch ziehen. Am Ende des Entlastungsereignisses ist das Becken frei von Schwimmstoffen.



Abbildung 9: Klärüberlauf eines Rundbeckens
(Durchlaufbecken im Nebenschluss) /9/

5. Tauchwandähnliche Konstruktionen im Mischwassersystem

Bewegliche Tauchwände unterscheiden sich in ihrer Funktion gegenüber den fest installierten Tauwänden dadurch, dass beim Einstau des Bauwerkes die Schwimmstoffe nicht zwischen die Tauchwand und die Wehrschwelle gelangen können. Alle Schwimmstoffe, die beim Einstau zwischen Tauchwand und Wehrschwelle geraten, gehen mit dem ersten Entlastungsstrom ins Gewässer. Der Anteil dieser Schwimmstoffe von den insgesamt zuströmenden Schwimmstoffen ist jedoch sehr gering. Im Folgenden soll dazu eine Abschätzung durchgeführt werden, die zeigen wird, dass die Verbesserung der Wirksamkeit von schwimmenden gegenüber fest installierten Tauchwänden vernachlässigbar ist. Es ist sicherlich zulässig, einen konstanten Schwimmstoffmengenanteil pro Wasservolumen anzunehmen. Unter dieser Voraussetzung kann der Schwimmstoffanteil, der theoretisch von einer schwimmenden Tauchwand zusätzlich zurück gehalten wird, wie folgt abgeschätzt werden:

Länge der Entlastungsschwelle= 5 m, Abstand zwischen Schwelle und Tauchwand= 0,4 m, Breite des Trockenwetterbereiches im RÜ= 1,5 m, Durchmesser des Zulaufkanals= DN 800, Gefälle im Zulaufkanals= 0,5 %. Die Unterkante der Tauchwand sei auf der Höhe der Rohrachse im Zulauf, die spez. Entlastungsmenge 150 l/s/m, die Drosselmenge 20 l/s und die

Entlastungsdauer 10 Minuten. Bei diesen nicht unüblichen geometrischen Abmessungen und hydraulischen Bedingungen wird der Rückhalt von Schwimmstoffen beim Einbau einer schwimmenden Tauchwand um ca. 0,2 % erhöht. Diese marginale Verbesserung nimmt mit zunehmender Entlastungsmenge und -dauer jedoch weiter ab, da mehr Schwimmstoffe und diese über einen längeren Zeitraum zugeführt werden.

Diese einfache Abschätzung zeigt, dass der Einbau einer schwimmenden Tauchwand praktisch keinen Einfluss auf die Schwimmstoffrückhaltung hat. Wird zusätzlich berücksichtigt, dass ein großer Teil der Schwimmstoffe aufgrund der hydraulischen Bedingungen unter der Tauchwand hindurch gezogen wird, schrumpft der Nutzen des Einbaus einer schwimmenden Tauchwand auf Null. Es wäre interessant zu wissen, ob eine solche Nutzen-Abschätzung jemals durchgeführt wurde, bevor die Entscheidung für den Einbau einer schwimmenden Tauchwand und damit für sehr viel höhere Investitions- und Betriebskosten getroffen wurde.

In den letzten Jahren werden neben den konventionellen Tauchwänden auch tauchwandähnliche Konstruktionen angeboten und eingebaut (Kulissentauchwand, Lamellentauchwand usw.). Das Hauptargument für den Einsatz solcher Tauchwandderivate ist der begrenzt vorhandene Bauraum im Bereich der Überlaufschwelle. Selbstverständlich unterscheiden sich diese Derivate von ihrer prinzipiellen Funktion nicht von den konventionellen Tauchwänden. Auch sie sind prinzipiell nicht in der Lage, Schwebstoffe zurück zu halten. Die in geringem Maße vorhandenen Schwimmstoffe können auch mit diesen Anlagen nur teilweise bis gar nicht zurück gehalten werden. Ihr Vorteil gegenüber einer konventionellen Tauchwand ist darin begründet, dass sie dicht an der Schwelle bzw. über der Schwelle eingebaut werden können, also eine deutlich geringere Bautiefe erfordern. Sie machen sich zunutze, dass die einzelnen Leitbleche das sich an der Wehrkrone einstellende Geschwindigkeitsprofil in gestufter Form nach unten vor die Schwelle ziehen. Der Geschwindigkeitsverlauf über der Wehrkrone ist je nach Wehrprofil zwischen parabolisch (bei eckiger Wehrkrone) bis hyperbolisch (kreisförmige Stromlinien bei runder Wehrkrone) ausgebildet. In beiden Fällen fließen die oben gelegenen Strömungsschichten langsam und die unten gelegenen Strömungsschichten schneller. Wird dieses Strömungsprofil nach unten gezogen, kann die Gefahr des Absaugens der Schwimmstoffe vor der Tauchwand etwas gemindert werden, da schon in der Zuströmung die Schichten mit den höheren Geschwindigkeiten weiter entfernt von der Wasseroberfläche liegen. Es wird jedoch in Kauf genommen, dass ein größerer Anteil des zu entlastenden Mischwassers von unten aus dem Trockenwetterbereich abgezogen wird, wo nachweislich die größten Verunreinigungen mit hohen Schwebstoffdichten lokalisiert sind.

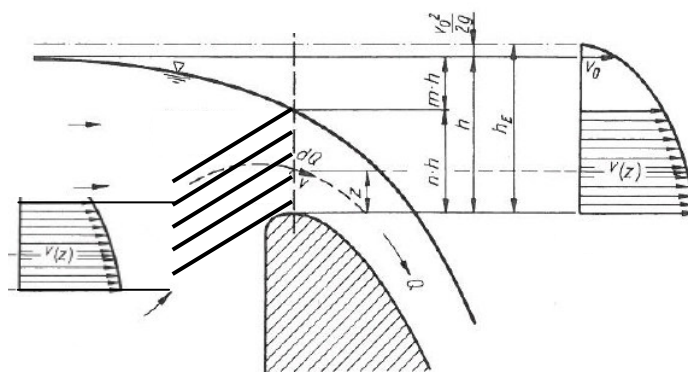


Abbildung 10: Geschwindigkeitsprofil an einer Entlastungsschwelle

Die zuvor beschriebenen Eigenschaften betreffen Tauchwandderivate, die aus tieferen Strömungsschichten angeströmt werden (z.B. Kulissentauchwand). Tauchwandderivate, die von oben angeströmt werden (z.B. Lamellentauchwand), haben entgegengesetzte Eigenschaften. Sie fördern das Absaugen der Schwimmstoffe von der Wasseroberfläche und sind somit kontraproduktiv im Sinne der Schwimmstoffrückhaltung. Sie haben jedoch den Vorteil, dass weniger Schwebstoffe aus den unteren Strömungsschichten im Kanal angesaugt und entlastet werden. Auch wirken sie beim Anstieg des Wasserspiegels vor der Entlastungsschwelle wie eine schwimmende Tauchwand. Aufgrund des unteren Verschlusses und der abwärts gerichteten Strömung innerhalb der Lamellentauchwand können die an der Oberfläche auf schwimmenden Grobstoffe die Lamellentauchwand beim Ansteigen des Wasserspiegels nicht passieren. Wie jedoch bereits bei den schwimmenden Tauchwänden beispielhaft berechnet wurde, ist der erzielte Vorteil hinsichtlich des Grobstoffrückhalts marginal.

Die Qualität der Schwimmstoffrückhaltung von konventionellen Tauchwänden im Vergleich zu Kulissentauchwänden wurde von Jährmann im Rahmen seiner Diplomarbeit untersucht /10/.

In seinen experimentellen Untersuchungen beaufschlagt er konventionelle Tauchwände und Kulissentauchwände mit Schwimmstoffen unterschiedlicher Dichte und Form in Abhängigkeit der spez. Entlastungsmenge an der Schwelle. Seine quantitativen Ergebnisse zeigen wie erwartet, dass der Rückhaltewirkungsgrad beider Tauchwandarten mit steigender Dichte der Schwimmstoffe und mit steigender spez. Entlastungsmenge deutlich abnimmt, dass aber auch die Form der Schwimmstoffe sowie die geometrischen Verhältnisse im Entlastungsbereich von großer Bedeutung sind für den Schwimmstoffrückhalt. Seine Untersuchungsergebnisse zeigen zusätzlich, dass im statistischen Mittel einer Vielzahl von Einzeluntersuchungen eine Kulissentauchwand sich nicht signifikant von einer konventionellen Tauchwand hinsichtlich des Wirkungsgrads des Schwimmstoffrückhalts unterscheidet.

Alle Tauchwandderivate besitzen grundsätzlich ähnliche Eigenschaften hinsichtlich der Schwimmstoffrückhaltung wie konventionelle Tauchwände. Eine vielleicht mögliche Verbesserung der Rückhaltung von Schwimmstoffen wird jedoch teuer bezahlt mit der verstärkten Absaugung von Schwebstoffen und Organik aus den unteren Schichten der Kanalströmung.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Problematik der Grobstoffrückhaltung an Entlastungsschwellen mit Hilfe einer Tauchwand, die technisch einfach zu handhaben und gleichzeitig kostengünstig ist, wurde untersucht.

Ein Blick in die DWA-Arbeits- und Merkblätter zeigt, dass die Autoren eine sehr zurückhaltende bis kritische Haltung gegenüber dem Einbau von Tauchwänden an Entlastungsschwellen haben. Die DWA-Arbeits- und Merkblätter beanspruchen nicht, eine Richtlinie für oder gegen den Einbau einer Tauchwand zu beinhalten. Sie beschreiben lediglich die Praxis in Deutschland. Daraus folgt, dass eine behördliche Vorschrift zum Einbau einer Tauchwand nicht aus den DWA- Arbeits- bzw. Merkblättern abgeleitet werden kann.

Um die physikalischen Möglichkeiten einer Tauchwand zu klären, wurde die Grobstoffzusammensetzung im Mischwasserkanal analysiert. Es zeigt sich, dass Tauchwände lediglich unter günstigsten strömungstechnischen Bedingungen in der Lage sind, Schwimmstoffe zurück zu halten.

Es konnte gezeigt werden, dass die wesentlich unansehnlicheren und in der Gesamtmenge bei weitem überwiegenden Grobstoffbestandteile in Form von Schwebstoffen vorliegen, die von Tauchwänden nicht zurück gehalten werden können.

Alle Veröffentlichungen zur Wirksamkeit von Tauchwänden an Entlastungsschwellen beurteilen diese als nicht vorhanden oder bestenfalls als äußerst gering. Konkrete Untersuchungen zu diesem Thema existieren nicht.

Die Analyse der Einbausituation von Tauchwänden in den Regenentlastungsbauwerken zeigt, dass aufgrund der beengten Strömungsverhältnisse, wenn nicht alle, so doch der größte Teil der Schwimmstoffe infolge der sich ausbildenden Kurzschlussströmung ausgetragen wird. Nur in räumlich ausgedehnten Bauwerken, z.B. bei Entlastungen am Klärüberlauf eines Beckens, können Tauchwände ihre Funktion hinsichtlich der Schwimmstoffrückhaltung begrenzt entfalten. Aufgrund von Strömungswirbel, die sich an der Tauchwand bilden, muss jedoch auch hier davon ausgegangen werden, dass die Schwimmstoffe bei länger anhaltenden Entlastungsereignissen nach und nach abgesaugt werden.

Die Untersuchung der Grobstoffverteilung (und auch der Dichte der Organik) über der Flüssigkeitshöhe zeigt, dass der geringe Nutzen von Tauchwänden bezüglich Schwimmstoffrückhalt teuer damit bezahlt wird, dass vor allem die unteren Flüssigkeitsschichten mit den hohen Konzentrationen von Schwebstoffen und Organik abgesaugt und entlastet werden. Nur an Klärüberläufen in Becken ist aufgrund der geringen hydraulischen Belastung der Einbau von Tauchwänden zum Rückhalt von Schwimmstoffen bedingt zu empfehlen. Im Sinne einer vollständigen Grobstoffrückhaltung, also dem Rückhalt von Schwimm- und Schwebstoffen, ist der Einbau von Tauchwänden in RÜ's eine kontraproduktive Maßnahme.

Der Einbau von schwimmenden Tauchwänden führt zu einer nur marginalen Erhöhung der Schwimmstoffrückhaltung an der Entlastungsschwelle. Die Erhöhung der Investitionskosten für die Beschaffung einer schwimmenden Tauchwand steht dagegen in keinem begründbaren Verhältnis.

Der Einbau von Tauchwandderivaten ist noch weniger zu empfehlen, da nicht die Funktionstüchtigkeit hinsichtlich des Schwimmstoffrückhalts verbessert, sondern nur der erforderliche Bauraum reduziert wird. Anzumerken ist, dass die Investitionskosten sehr viel höher sind als die einer konventionellen Tauchwand.

In der Fachliteratur konnten keine Untersuchungen gefunden werden, in der der Nachweis erbracht wird, dass Tauchwände geeignet sind, Schwimmstoffe an Entlastungsschwellen in einem relevanten Maße zurück zu halten.

7. Fazit

Schwimmstoffe können von Tauchwänden (wenn überhaupt) nur in geringem Maße zurück gehalten werden. Entscheidend ist, dass die mengenmäßig dominanten Schwebstoffe und die mitgeführten Organikpartikel - verursacht durch den Einfluss einer Tauchwand auf die Strömung an der Entlastungsschwelle - verstärkt ausgetragen werden. Aus den vorgenannten Gründen kann der Einbau von Tauchwänden und tauchwandähnlichen Konstruktionen in Regenüberlaufbauwerken nicht empfohlen werden. Im Gegenteil, der vollständige Verzicht bzw. die Entfernung bestehender Tauchwände vor Entlastungsschwellen kann sich nur positiv auf die Höhe der insgesamt entlasteten Schmutzfracht auswirken.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass der Nutzen des Einbaus von Tauchwänden in Entlastungsbauwerken rational nicht begründet werden kann. Der allgemein verbreitete, spontane Eindruck bezüglich der Funktionstüchtigkeit von Tauchwänden basiert auf der Beobachtung des Rückhalts von Schwimmstoffen durch Tauchwände, bei denen die Strömungsbedingungen mit denen an realen Entlastungsschwellen jedoch nicht vergleichbar sind.

Diese Erkenntnis ist zumindest bei den Planungsbüros in Deutschland mittlerweile deutlich stärker verbreitet als es die immer noch kategorischen Einbauvorschriften seitens der Genehmigungsbehörden vermuten lassen. Die alltägliche Praxis der Genehmigungsbehörden scheint darauf zu zielen, zumindest „etwas“ zur Verbesserung des Rückhalts der Schmutzfracht an Entlastungsschwellen zu tun. Offensichtlich ist man sich nicht der Tatsache oder überhaupt der Möglichkeit bewusst, deutlich mehr Schaden als Nutzen anzurichten.

8. Literatur

- /1/ Geurts, S. Möglichkeiten der Rückhaltung von Feststoffen durch mechanische Einrichtungen an Regenentlastungen
Diplomarbeit am Lehrstuhl und Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1996
- /2/ Brombach, H. Der zukünftige Weg der Regenwasserbehandlung.
68. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium.
Stuttgart, Verlag R. Oldenbourg, München, 1993
- /3/ Weikopf, M. Das Mischsystem mit seinen bisherigen Unzulänglichkeiten und Trendwende zur MSR-Kaskaden und Entlastungstechnik.
Korrespondenz Abwasser, 32. (1995), Nr. 7, S. 1155-1166
- /4/ Keim, A. Wirkung der Regenwasserbehandlung auf die Vorfluter
Böes, M. Korrespondenz Abwasser, 42. (1995), S. 2202-2207
- /5/ Fahrner, H. Weitergehende Regenwasserbehandlung mit Siebrechen an
Gresa, L. Entlastungsbauwerken der Mischkanalisation
Korrespondenz Abwasser, 41. (1994), Nr. 5, S. 714-726
- /6/ Weiß, G. Schwimmstoffrückhalt in Regenbecken mit Tauchwänden
Korrespondenz Abwasser, 56. (2009), S. 474-480
- /7/ Weiß, G. Monitoring of Combined Sewer Overflow Tanks:
Brombach, H. Results of 500 Years of Measurements Records
Wöhrle, CH. Proceedings of the 10th international conference on urban drainage,
Copenhagen, Denmark, Aug. 2005.

- /8/ Brombach, H. Überwachung und Beurteilung von Entlastungsbauwerken in Kanalisationen
DWA „5. Regenwassertage“ 30./31. Mai 2006 in Bad Wildungen
- /9/ Stolz, A. Entwicklung eines physikalisch basierten hydrologischen Berechnungsverfahrens für die Schmutzfrachtberechnung und Verifikation mittels Niederschlagsabflussmessungen.
Masterarbeit im Fachbereich Bauingenieurwesen der Hochschule Darmstadt, 2010
- /10/ Jährmann, M. Hydraulische Laboruntersuchungen zur Effektivität einer Lamellentauchwand.
Diplomarbeit im Fachbereich Bauingenieurwesen der Universität Kassel, 2011