

Moritz Thom, Holger Schmidt, Silke Wieprecht und Sabine U. Gerbersdorf

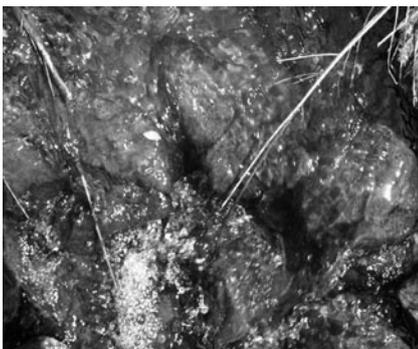
# Physikalische Modellversuche zur Untersuchung des Einflusses von Biofilm auf die Sohlenstabilität

Durch das gesteigerte Interesse an morphologischen und ökologischen Fragestellungen rückt der Einfluss biologischen Bewuchses auf die Sohlenstabilität immer mehr in den Fokus aktueller Forschung. Der natürlich gewachsene Biofilm hat einen großen Anteil an der Stabilisierung und damit auch an den Remobilisierungsprozessen von Schadstoffen. Da die Stabilität sowohl von biologischen als auch von physiko-chemischen und hydraulischen Randbedingungen abhängt, wird im hier vorgestellten DFG-Projekt zur Untersuchung des Einflusses von biologischem Aufwuchs auf die Sedimentstabilität ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt.

## 1 Einleitung

Der Begriff „Biofilm“ beschreibt eine biologisch gewachsene heterogene Struktur, welche aus Mikroorganismen und den von ihnen ausgeschiedenen extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) besteht. Biofilme finden sich heutzutage in vielen Anwendungsbereichen wieder, darunter z. B. in der Biotechnologie, der Medizin und der Umwelttechnologie (Abwasserreinigung, Lebensmittelindustrie). Biofilme entstehen an Grenzflächen, wie z. B. in aquatischen Ökosystemen auf der Gewässersohle und können zuweilen mit bloßem Auge als „Belag“ sichtbar sein (**Bild 1**).

Biofilmwachstum findet in mehreren Phasen statt. In der ersten Phase siedeln sich Bakterien an und bilden einen „conditioning film“. Später können zusätzlich



**Bild 1:** Grünlich-brauner Biofilm auf einer kiesigen Gewässersohle [1]

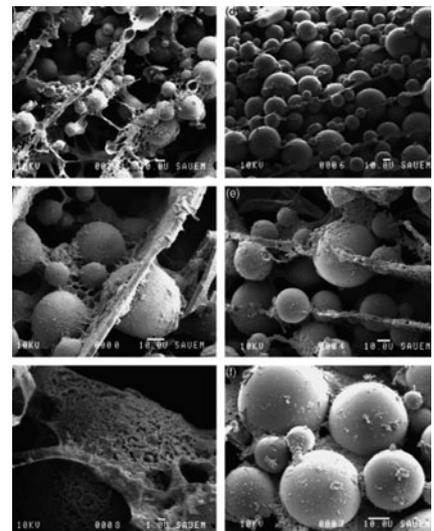
Cyanobakterien und eukaryotische Algen sessil werden. Während der Wachstumsphase scheiden die Mikroorganismen eine klebstoffähnliche viskoelastische Substanz aus, das EPS [2]. Das EPS besteht hauptsächlich aus Polysacchariden, Proteinen, Wasser, Lipiden und Nukleinsäure [3]. Diese Substanzen erhöhen die Bindungsfähigkeit zwischen den einzelnen Sedimentkörnern und beeinflussen dadurch die Sedimentstabilität. Dabei wird die Entwicklung des Biofilms (Wachstum der Mikroben, Qualität und Quantität des EPS) maßgeblich von biotischen und abiotischen Bedingungen, wie z. B. Lichtspektrum und dessen Intensität, Temperatur, Konzentration und Ratio von Nährstoffen sowie pH-Wert beeinflusst. Doch das einmal erreichte Biofilmstadium ist kein Dauerzustand, denn Biofilme können durch externe Einflüsse, wie Erosion und „Grazing“, oder auch aktive Ablöseprozesse („sloughing off“) wieder reduziert werden.

Die Biofilmstruktur wird in der Literatur häufig auf Grund ihres komplexen dreidimensionalen Aufbaus als „microarchitecture“ oder sogar „city of microbes“ bezeichnet (**Bild 2**). Diese Strukturen bestehen aus infrastrukturellen Elementen (Transportkanäle, Nährstoffspeicher, Poren etc.) und statischen Elementen (Widerstand gegen angreifende Kräfte) [4].

Aus dem aktuellen Stand der Wissenschaft wird deutlich, dass diese Struktur nicht alleine vom Wachstum und den

Umsatzprozessen der Mikroorganismen abhängt. Dabei spielen auch hydrodynamische Randbedingungen eine entscheidende Rolle [5]. Diese werden wiederum durch das Biofilmwachstum beeinflusst, so dass eine komplexe Wechselwirkung entsteht.

Aktuelle Forschungen in der Gewässermorphologie beschäftigen sich mit den Erosionsprozessen von feinen Sedimenten, da diese zum einen für die Erfüllung der Anforderungen an die Gewässerqualität im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie, zum anderen für die Ver-



**Bild 2:** Auf Glaskugeln aufgewachsener Biofilm (a) bis (c); Kontrolle ohne Biofilmaufwuchs (d) bis (f); (stark vergrößert) [8]

sandung von Binnenwasserstraßen und Häfen von besonderer Bedeutung sind [6]. Durch Erosionsprozesse können darüber hinaus an Sediment gebundene Schadstoffe wieder in die Wassersäule eingetragen werden, was zu einer Gefahr für Ökologie und Mensch führen kann [7].

Obwohl kohäsive Sedimente ein hervorragendes Substrat für den Biofilmaufwuchs darstellen (große Oberflächen zu Volumenverhältnis, hohes Nährstoffangebot, poröse Struktur) und ein signifikanter Einfluss des Biofilms auf das Erosionsverhalten, wenn auch meist im marinen Bereich, nachgewiesen ist ([9], [10]), fehlt eine allgemein anerkannte Implementierung des biologischen Einflusses in der Modellierung von Erosionsprozessen.

Das Ziel des hier vorgestellten Projektes ist es, grundlegende Erkenntnisse über den Einfluss von natürlich gewachsenem Biofilm im Süßwasser auf die Stabilität von feinen Sedimenten zu gewinnen. Dazu forschen im interdisziplinär angelegten dreijährigen Projekt „Ecosystem engineering: Sediment entrainment and flocculation mediated by microbial produced extracellular polymeric substances (EPS)“, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Biologen und Wasserbauingenieure gemeinsam am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung der Universität Stuttgart.

## 2 Experimentelle Vorgehensweise

In der Wachstumsphase bestimmen zwei Parameter, die Hydrodynamik und die Lichtintensität, maßgeblich die Aufnahme der Nährstoffe, die Favorisierung bestimmter Organismen und damit die biologische Zusammensetzung des Biofilms. Die Versuchsrinnen, in denen der Biofilm auf feinen inerten Glaskugeln (Korngrößen 40 bis 70 µm) aufwächst, sind so konstruiert, dass die genannten Parameter unter definierten Bedingungen geändert werden können und somit ihr Einfluss auf

die Sedimentstabilität bestimmt werden kann. Durch den Einsatz mehrerer parallel betriebener, geometrisch identischer Versuchsrinnen kann zudem die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse geprüft werden.

Um die Funktionsfähigkeit zu überprüfen, wurde ein Vorversuch in einer Testrinne durchgeführt. Die Erkenntnisse aus dem Bau der Testrinne und dem Vorversuch dienen als Grundlage für die endgültige Konstruktion der Versuchsrinnen.

### Grundlagen der physikalischen Modellversuche/Versuchsdurchführung

Drei Parameter haben einen großen Einfluss auf die durch den Biofilm induzierte Sohlenstabilität (**Tabelle 1**):

- Die Sohlenschubspannung beeinflusst die Nährstoffzufuhr während der Aufwuchsphase und bedingt den Erosionsprozess. Bei den eingestellten Sohlenschubspannungen kommt es durchgehend zu turbulenten ( $Re > 2\ 320$ ) Abflüssen.
- Die Lichtintensität und -wellenlänge ist verantwortlich für die Favorisierung und das Wachstum von autotrophen Algen und Bakterien.
- Das Vorhandensein von Nährstoffen ist wichtig für den Aufbau von organischen Substanzen (Zellen, EPS) und beeinflusst das Biofilmwachstum.

Bei den physikalischen Modellversuchen werden zwei unterschiedliche Szenarien eingestellt, um den Einfluss der oben beschriebenen Parameter untersuchen und quantifizieren zu können. Hierbei werden die Versuchsrinnen mit Süßwasser aus natürlichen Gewässern beschickt, welches sowohl Mikroorganismen und Sporen als auch Nährstoffe enthält.

Im Szenario 1 wird der Einfluss der Sohlenschubspannung auf die Sedimentstabilität untersucht. Dazu wird in einer der Versuchsrinnen eine geringe Sohlenschubspannung ( $\tau = 0,02\ \text{N/m}^2$ ) eingestellt. In einer zweiten Versuchsrinne werden zur gleichen Zeit Versuche mit einer mittleren Sohlenschubspannung ( $\tau = 0,15\ \text{N/m}^2$ ) und in der dritten Versuchsrinne mit einer ho-

hen Sohlenschubspannung ( $\tau = 0,29\ \text{N/m}^2$ ) durchgeführt. Während die Sohlenschubspannung im Szenario 1 in den drei Versuchsrinnen variiert, wird die Lichtintensität in allen drei Rinnen konstant auf mittlerem Wert ( $I = 20\ \mu\text{E/m}^2\text{s}$ ) gehalten.

Im Szenario 2 wird die Lichtintensität in drei Versuchsrinnen variiert (gering ( $I = 0\ \mu\text{E/m}^2\text{s}$ ), mittel ( $I = 20\ \mu\text{E/m}^2\text{s}$ ) und hoch ( $I = 100\ \mu\text{E/m}^2\text{s}$ )). Hier wird dann die Sohlenschubspannung auf einem mittleren Wert gehalten ( $\tau = 0,15\ \text{N/m}^2$ ).

In beiden Szenarien wird der dritte Parameter, der Nährstoffabbau, in der Wassersäule während der Versuche durch Sonden gemessen. Dadurch kann der direkte Einfluss der hydromechanischen Prozesse und der unterschiedlichen Lichtintensitäten auf den Nährstoffaustausch zwischen Wassersäule und Biofilm bestimmt werden.

Weitere mögliche Einflussfaktoren, die auf die physikalischen Modellversuche wirken können, sind in **Tabelle 2** dargestellt und werden in allen Szenarien angelehnt an die natürlichen Bedingungen konstant gehalten.

## 3 Aufbau und Methode

### 3.1 Konstruktion der Versuchsrinnen

**Bild 3** zeigt den schematischen Versuchsaufbau und den Fließweg des natürlichen Süßwassers in einer Versuchsrinne. Das Wasser wird mittels einer Pumpe in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert so dass keine unerwünschten äußeren Einflüsse (z. B. Kontamination) auftreten können.

Der Auslauftank (a) mit einem Volumen von 0,2 m<sup>3</sup> dient dazu, das zirkulierte Wasser aus der Rinne aufzunehmen. Aus diesem entnehmen die Pumpen (b) das Wasser für den Kreislauf. Die Versuchsrinne (L x B x H = 3,00 m x 0,15 m x 0,15 m) ist aus Floatglas hergestellt. Dies ermöglicht die Messung der Sohlenschubspannung und der Geschwindigkeitsprofile mittels Laserdoppler-Anemometrie (LDA). Zudem kann der Biofilmauf-

**Tab. 1: Variable Randbedingungen der Versuchsszenarien**

Szenario	Parameter	Gering	Mittel	Hoch
1	Sohlenschubspannung $\tau$ [N/m <sup>2</sup> ]	0,02	0,15	0,29
2	Lichtintensität I [ $\mu\text{E/m}^2\text{s}$ ]	0	20	100
1 + 2	Nährstoffe	Abbaurrate		

**Tab. 2: Konstante Randbedingungen**

Parameter	Wertebereich
Temperatur T [°C]	14 bis 16
Sauerstoffkonzentration CO <sub>2</sub> [mg/l]	10
pH-Wert	6,5 bis 8,5
Wassertiefe [m]	0,1

wuchs mithilfe eines Kamerasystems überwacht werden.

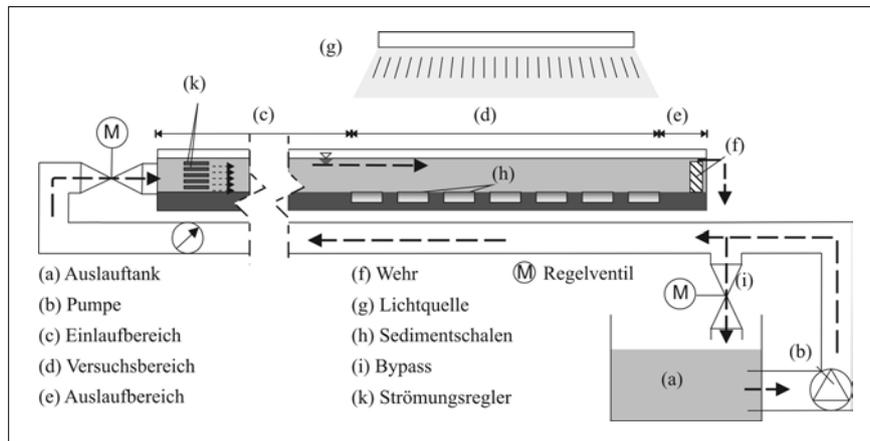
Der Versuchsbereich (d) hat eine Länge von 0,90 m, in dem die Schalen für den Biofilmaufwuchs (h) eingebaut sind. Die Länge des Einlaufbereiches (c) beträgt  $L = 1,90$  m und er trägt mit seinen Einbauten (k) zur Strömungsberuhigung bei, so dass entstehende Turbulenzen innerhalb des Versuchsbereiches minimiert werden und dadurch eine gleichmäßige Verteilung der Sohlenschubspannung erreicht werden kann. Im Auslaufbereich (e), welcher eine Länge von 0,20 m aufweist, wird das Wasser über ein Wehr (f) geleitet. Die Lichtintensität wird mit Hilfe von höhenverstellbaren Leuchtstoffröhren (Osram Biolux) (g) eingestellt. Die Leuchtstoffröhren verfügen im Wellenlängenbereich von 480 bis 665 nm über eine nahezu konstante Intensität. Dieser Bereich der photosynthetisch aktiven Strahlung ist maßgeblich für das Wachstum des Biofilms verantwortlich.

### 3.2 Wasserkreislauf

Das Wasser wird mit Hilfe einer Pumpe (BADU Eco Touch) aus dem Auslaftank in die Versuchsrinne gefördert. Der Durchfluss für die Rinne wird mit einem Regelventil sowohl am Einlauf als auch an dem regelbaren Bypass (i) eingestellt. Die ausgewählte Pumpe ist geeignet für geringe Förderhöhen ( $h \sim 1,0$  m) und die Drehzahl der Pumpe kann in drei Schritten eingestellt werden. Dies führt dazu, dass die hydraulischen Verluste reduziert und die Wärmeentwicklung innerhalb der Pumpe gering gehalten wird, um die angestrebte Wassertemperatur konstant halten zu können. Zusätzlich wird mittels eines Kühlkreislaufes die Wassertemperatur geregelt.

### 3.3 Aufbau der Sohle und verwendetes Sediment

Über den gesamten Zeitraum von drei Jahren werden diverse physikalische Modellversuche durchgeführt. Deshalb ist sowohl die Dichtheit der Versuchsrinnen als auch die Möglichkeit, weitere Versuchsaufbauten in der Rinne zu platzieren, von großer Bedeutung. Aus diesem Grund ist die gesamte Bodenplatte der Versuchsrinne austauschbar. Die Schalen, in denen das Sediment für den Biofilmaufwuchs gelagert ist, können einzeln entnommen werden und stehen somit externen Untersuchungen zur Verfügung (chemisch/biologische Analysen und Stabilitätsmessungen).



**Bild 3:** Fließschema einer Versuchsrinne

Die Schalen sind so konstruiert, dass die Sedimentoberfläche mit der Höhe des Rinnenbodens plan abschließt. Dadurch wird sichergestellt, dass es in diesem Bereich nicht zu Strömungsablösungen bzw. ungewollten Turbulenzen kommt.

Natürliches kohäsives Sediment weist eine komplexe heterogene Zusammensetzung (organische Inhaltsstoffe, Größe und Form der Einzelkörner) auf, daher wird für die Versuche ein genau definiertes künstliches Ersatzsediment (Glaskugeln) verwendet.

Um die Zerstörung der Sedimentstruktur während des Einsetzens der Schalen in den Versuchsaufbau zu verhindern und um eine plane Oberfläche zu gewährleisten, wird das künstliche Sediment bis zur Sättigung mit Wasser versetzt. Für die anschließende Auswertung (Volumen- bzw. Massenanteil des Biofilms, Vergleichbarkeit mit natürlichem Sediment etc.) werden das Volumen, der Wassergehalt und die Korngrößenverteilung vor der Versuchsdurchführung bestimmt.

### 3.4 Verwendete Materialien

Die Verklebung der Glasscheiben erfolgt mit Aquarien-Silikon (OTTO SEAL S28). Sowohl der Einlaufanschluss, die Strömungsberuhigung als auch das Ablaufwehr werden aus Edelstahl hergestellt. Oberflächen, die Licht und einer geringen Schubspannung ausgesetzt sind, eignen sich als Besiedelungsflächen für Biofilme und werden durch konstruktive Maßnahmen auf ein Minimum reduziert.

### 3.5 Messtechnik

Auch wenn alle Versuchsrinnen identisch konstruiert sind, können kleine geometrische Abweichungen und Unterschiede im gepumpten Volumenstrom dazu füh-

ren, dass sich zwischen den einzelnen Rinnen verschiedene Sohlenschubspannung ergeben. Deswegen werden für jede einzelne Rinne die Verteilung der Sohlenschubspannungen und die Geschwindigkeitsprofile mittels der Laserdoppler-Anemometrie gemessen. Die Abflüsse werden mittels Flügelrad-Durchflusssensor (Bürkert 8 030) online erfasst und mit den Sohlenschubspannungen korreliert. Hierdurch kann das hydrodynamische System der Einzelrinnen untereinander verglichen und mittels Einstellung des Förderstroms aneinander angepasst werden. Während der Versuchsdurchführung werden die Durchflüsse erfasst so dass Abweichungen detektiert und bei der Versuchsauswertung miteinbezogen werden können.

Temperatur, Nährstoffgehalt, Sauerstoffgehalt und pH-Wert werden ebenfalls messtechnisch erfasst und entsprechend den Werten aus Tabelle 2 eingestellt.

### 3.6 Stabilitätsmessung

Die Messung der Biostabilität kann auf zwei Wegen erfolgen. Während der Aufwuchsphase, zu Beginn der Stabilisierungsprozesse, wird ein empfindliches, zerstörungsfreies Verfahren angewendet. Die „Magnetic Particle Induction (MagPI)“ korreliert die magnetische Kraft, die benötigt wird, um ferro-magnetische Partikel anzuziehen mit der vertikalen Adhäsionskraft des Biofilms (**Bild 4**).

Der MagPI besteht aus einem Elektromagneten, welcher mithilfe eines Mikromanipulators positioniert wird, und einer Stromquelle, um die Anziehungskraft des Magneten stufenlos einstellen zu können. Fluoreszierende ferro-magnetische Partikel werden auf den Biofilm aufgebracht und der MagPI wird in einem definierten Ab-

stand zur Biofilmoberfläche positioniert. Dann wird die Anziehungskraft des Magneten soweit erhöht, bis sich die Partikel bewegen. Die Messungen werden an verschiedenen Stellen wiederholt und die Ergebnisse werden statistisch ausgewertet [11].

Um die kritische Sohlschubspannung des biostabilisierten Sediments zu messen, wird die SETEG-Rinne verwendet (Bild 5).

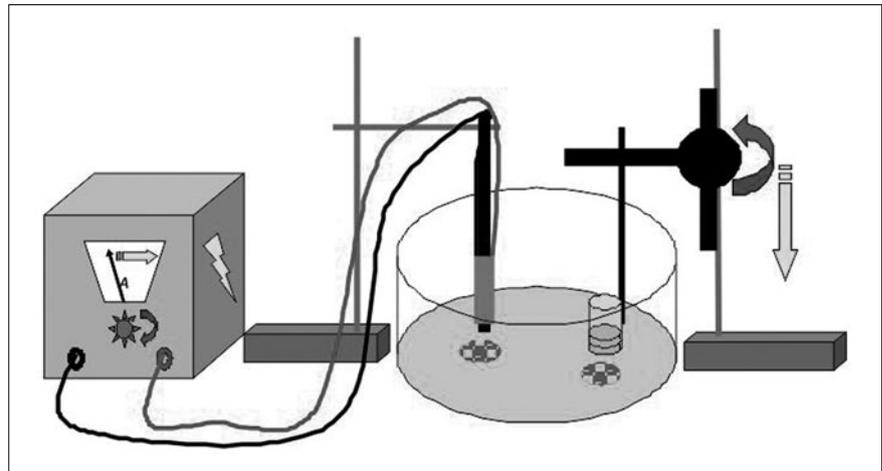
Durch das SETEG-System kann sowohl die kritische Sohlschubspannung als auch das zugehörige erodierte Volumen einer Sedimentprobe unter definierten hydraulischen Bedingungen bestimmt werden.

Es besteht aus einem Längsgerinne mit einer Länge von 8,5 m und einem hochauflösenden Kamerasystem mit Bildverarbeitungssoftware [12]. Um die kritische Sohlschubspannung des biostabilisierten Sediments zu ermitteln, wird die ungestörte Probe an der Sohle der SETEG-Rinne fixiert. Danach wird über die Einstellung des Durchflusses eine definierte Sohlschubspannung eingestellt, welche soweit erhöht wird, bis Erosion auftritt. Durch einen Vergleich mit der kritischen Sohlschubspannung von Kontrollproben ohne biologischen Einfluss kann dann der Grad der Biostabilisierung bestimmt werden.

#### 4 Ergebnisse des Vorversuchs

Um die Funktionalität und Handhabbarkeit der Testrinne zu verifizieren, wurde ein Vorversuch durchgeführt. Das verwendete Süßwasser wurde dem Fluss Echaz (in der Nähe von Tübingen) entnommen, da dieser einen geringen Nährstoffgehalt aufweist. Das Wasser wurde in den Versuchskreislauf eingebracht und das Sediment wie dargestellt vorbereitet. Nach dem Fluten der Testrinne wurde eine Fließgeschwindigkeit eingestellt, die einer Sohlschubspannung von  $\tau_{bed} = 0,29 \text{ N/m}^2$  entspricht, bei der das Sediment gerade nicht erodiert. Es wurde keine externe Beleuchtung angewandt. Bei der Versuchsdurchführung wurden damit Randbedingungen eingestellt, die für das Biofilmwachstum suboptimal sind.

Nach einer Woche Versuchszeit war ein leicht bräunlicher Biofilm auf dem Sediment sichtbar. Die Einsätze für die biologischen Untersuchungen wurden herausgenommen und durch flache Platten ersetzt. Nach einer weiteren Aufwuchswoche war der Biofilm deutlich



**Bild 4:** Messung der Adhäsionskraft mittels Magnetic Particle Induction (MagPI) [11]

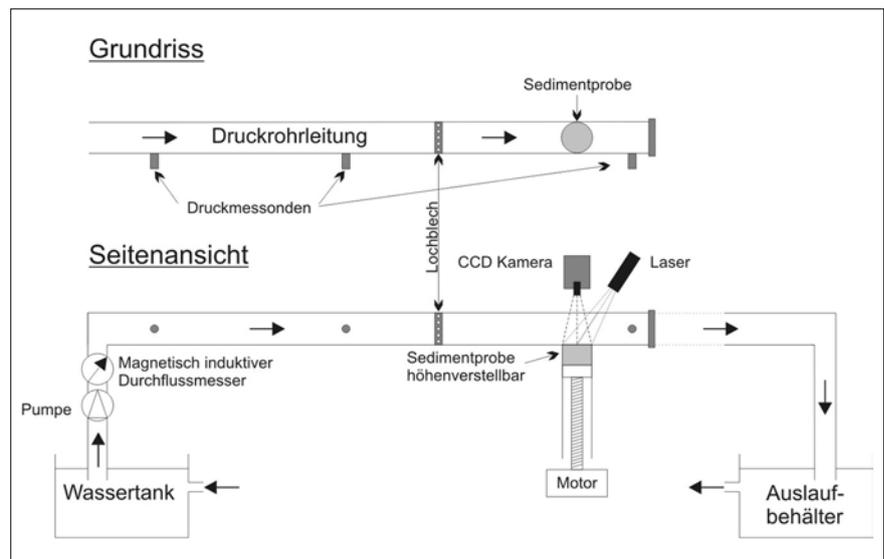
sichtbar und die kritische Sohlschubspannung kann mit der SETEG-Rinne bestimmt werden. Im Vergleich zum biologisch nicht beeinflussten Sediment ( $\tau_{crit} = 0,30 \text{ N/m}^2$ ) hatte sich die kritische Sohlschubspannung um 170 % auf  $\tau_{crit} = 0,82 \text{ N/m}^2$  erhöht.

#### 5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel des DFG-Projekts „Ecosystem engineering: Sediment entrainment and flocculation mediated by microbial produced extracellular polymeric substances (EPS)“ ist, den Einfluss von Biofilmaufwuchs an der Gewässersohle auf die Erosionsstabilität zu ermitteln. Hierzu ist ein grundlegendes Verständnis der Zu-

sammenhänge zwischen biologischen und hydrodynamischen Prozessen notwendig, welches später als Grundlage für die Entwicklung eines numerischen Modells zur Erosionsstabilität dienen kann.

Der Aufwuchs des Biofilms wird hierzu in speziell konstruierten Versuchsrinnen, welche mit Süßwasser beschickt werden, unter unterschiedlichen Randbedingungen vorgenommen. Als Aufwuchsfläche für den Biofilm dient künstliches Sediment (Glas-Kugeln,  $D \sim 63 \mu\text{m}$ ), welches zu biologisch-chemischen Analysen und zu Stabilitätsmessungen entnommen werden kann. Erkenntnisse aus der Konstruktion einer Testrinne (Strömungsfeld, Gebrauchstauglichkeit) fließen in die Konstruktion der endgültig zum Einsatz kommenden Versuchsrinnen ein.



**Bild 5:** Schematische Darstellung des SETEG-Systems (verändert nach Witt und Westrich [12])

Sowohl das Wachstum als auch die Stoffwechselprozesse im Biofilm werden durch externe Randbedingungen bestimmt. Im hier vorgestellten Projekt werden dazu zwei der als maßgeblich identifizierten Randbedingungen (Sohlenschubspannung und Lichtintensität) während der Aufwuchsphase in einem physikalischen Modellversuch variiert. Der Einfluss des so aufgewachsenen Biofilms auf die Stabilität feiner Sedimente wird in regelmäßigen Abständen über 3 Wochen bestimmt.

Bei einem Vorversuch wurden nach zwei Wochen Wachstum um 170 % erhöhte kritische Sohlenschubspannungen durch Aufwuchs eines Biofilms auf dem Sediment erreicht. Dieses Ergebnis unterstreicht die Wichtigkeit der Biostabilisierung für morphologische Prozesse.

Die Erosion feiner Sedimente ist eng verbunden mit der Remobilisierung von

Schadstoffen, so dass in der weitergehenden Forschung diese Thematik behandelt werden wird.

#### Autoren

**Dipl.-Ing. Moritz Thom**  
**Holger Schmidt, M. Sc.**  
**Dr. rer. nat. Sabine Gerbersdorf**  
**Prof. Dr.-Ing. Silke Wieprecht**

Institut für Wasser- und  
Umweltsystemmodellierung  
Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart  
Moritz.Thom@iws.uni-stuttgart.de  
Holger.Schmidt@iws.uni-stuttgart.de  
Sabine.Gerbersdorf@iws.uni-stuttgart.de  
Wieprecht@iws.uni-stuttgart.de

#### Literatur

- [1] USGS (Hrsg.): USGS – science for a changing world. ([toxics.usgs.gov/highlights/biofilms\\_streams.html](http://toxics.usgs.gov/highlights/biofilms_streams.html); Zitat vom 25.01.2012).

- [2] Lewandowski, Z.; Altobelli, S. A.; Fukushima, E.: NMR and microelectrode studies of hydrodynamics and kinetics in biofilms. In: *Biotechnol. Prog.* 9 (1993), S. 40-45.
- [3] Stoodley, P.; Sauer, K.; Davies, D.; & Costerton, J.: Biofilms as complex differentiated communities. In: *Annu. Rev. Microbiol.* 56 (2002), S. 187-209.
- [4] Flemming, H.-C.; Wingender, J.: Biofilme – die bevorzugte Lebensform der Bakterien. In: *Biologie in unserer Zeit* 3 (2001).
- [5] Liu, Y.; Tay, J.-H.: The essential role of hydrodynamic shear force in the formation of biofilm and granular sludge. In: *Water research* 36 (2002) S. 1 653-1 665.
- [6] Westrich, B.; & Foerster, U.: *Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers*. Berlin: Springer, 2007.
- [7] Wölz, J.; Cofalla, C.; Hudjetz, S.; Roger, S.; Brinkmann, M.; Schäffer, A.: In search for the ecological and toxicological relevance of sediment re-mobilisation and transport during flood events. In: *J Soils Sediments* 9 (2009), S. 1-5.
- [8] Gerbersdorf, S.; Manz, W.; Paterson, D.: The engineering potential of natural benthic bacterial assemblages in terms of the erosion resistance of sediments. In: *FEMS Microbiology Ecology* 66 (2008), S. 282-294.
- [9] Lundkvist, M.; Grue, M.; Friend, P.; Flindt, M.: The relative contributions of physical and microbiological factors to cohesive sediment stability. In: *Continental Shelf Research* 27 (2007), S. 1 143-1 152.
- [10] Prochnow, J.; Spork, V.; Jahnke, J.; Schweim, C.: Using dissolved and particulate carbon for the prediction. In: *Phys. Chem. Earth* 26 (2001), S. 53-58.
- [11] Larson, F.; Lubarsky, H.; Gerbersdorf, S.; Paterson, D. M.: Surface adhesion measurements in aquatic biofilms using magnetic particle induction (MagPI). In: *Limnol. Oceanogr.* 7 (2009), S. 490-497.
- [12] Witt, O.; & Westrich, B.: Quantification of erosion rates for undisturbed contaminated cohesive sediment cores by image analysis. In: *Hydrobiologia* 494 (2003), S. 271-276.

Moritz Thom, Holger Schmidt, Silke Wieprecht and Sabine U. Gerbersdorf

#### Investigations with Physical Model Tests on the Influence of Biofilm on Bed Stability

The stabilizing effects of natural biofilm on erosional processes have been increasingly recognized in the last decades. In riverine systems these effects not only influence sediment dynamics, but also the remobilization of pollutants. To investigate fine sediment dynamics in relation to naturally grown biofilms, novel flumes are developed and described. These flumes are constructed considering hydraulic and biological requirements equally. The experimental setup consists of a straight glass flume with adjustable bed shear stress. The biofilm is grown on glass beads on the flume bed using suspended cells as an inoculum from natural stream water. To simulate different growth conditions the setup additionally contains adjustable illumination and a water temperature control system. A first test run shows an increase of the bed shear stress of 170 % for biostabilised sediment.

Моритц Том, Хольгер Шмидт, Сильке Випрехт и Сабине У. Герберсдорф

#### Физические модельные испытания, проводимые с целью исследования воздействия биослоя на стабильность основания

Данное исследование посвящено проблемам воздействия биологической растительности на стабильность основания; наблюдается повышенный интерес к морфологической и экологической постановке вопроса. Естественно возникший биологический слой имеет большое значение для стабильности основания, и, таким образом, на процессы ремобилизации вредных веществ. Так как стабильность зависит как от биологических, так и от физико-химических и гидравлических рамочных условий, то представленный здесь исследовательский проект Немецкого научно-исследовательского объединения, проводимый с целью изучения воздействия биологического обрастания на седиментную стабильность, рассматривается на междисциплинарном уровне.



**Anzeigen-Service**  
**(0611) 7878 338**