

Entfernung von AFS und Mikroplastik in neuen und bestehenden Regenwasserbehandlungsanlagen mittels Mikroflotation

Sophie Rischmüller¹, Daniela Böckmann², Nina Altensell², Klaus Pecher²,
Holger Hoppe², Mareike Löffler¹, Christina Marx¹

¹ MicroBubbles GmbH, Bad Lippspringe und Leipzig, Deutschland

² Dr. Pecher GmbH, Gelsenkirchen, Deutschland

Kurzfassung: Um Regenwasserbehandlungsanlagen im Bestand oder als Neubau zu optimieren, wurden die Einsatzmöglichkeiten der Mikroflotationstechnologie untersucht und ein skalierbares und modulares "Minimal Viable Product" (MVP) entwickelt. Diese Technologie basiert ausschließlich auf physikalischen Mikroflotationsprozessen und erfordert keine Zugabe von Chemikalien. Das Verfahren wurde zunächst im Labormaßstab untersucht. Anschließend wurden Zu- und Abflüsse eines kommunalen Regenklärbeckens im Dauerstau (RKBmD) mit und ohne Mikroflotation beprobt. Die Auswertung erster Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass im Vergleich zur reinen Sedimentation der Wirkungsgrad zum Rückhalt der abfiltrierbaren Stoffe < 63µm (AFS63) mittels MVP-Einsatz im RKBmD insbesondere bei hohen Oberflächenbeschickungen deutlich gesteigert werden konnte. Besonders für den Rückhalt von Reifenabrieb konnte ein sehr hoher Wirkungsgrad des MVPs ermittelt werden. Angesichts der zunehmenden anthropogenen Verschmutzung von Gewässern durch städtische Oberflächenabflüsse ist dies ein wichtiger Schritt hin zu einer nachhaltigeren Wasserwirtschaft.

Key-Words: AFS/AFS63 Entfernung, Regenbeckenmonitoring, Regenwasserbehandlung, Mikroplastikverschmutzung, *in situ*-Mikroflotation

1 Hintergrund und Motivation

Anlagen zur Regenwasserbehandlung gehören zu den wichtigsten Bausteinen der Siedlungsentwässerung. Regen- und Mischwassereinleitungen sind in erheblichem Maße mit Schadstoffen belastet und stellen einen entscheidenden Eintragspfad für viele Mikroschadstoffe in die Gewässer dar (Launay, 2018; Wicke et al., 2021). Ein signifikanter Anteil, der in urbanen Oberflächenabflüssen enthaltenen Schadstoffe liegt in partikulär gebundener Form vor (Gelhardt, 2021). Besonders relevant sind hierbei

die feinen Fraktionen der abfiltrierbaren Stoffe, AFS63, sowie Mikroplastikeinträge wie Reifenabrieb, denen – auch im Kontext der neuen Regelungen der Kommunalabwasserrichtlinie – eine wachsende Bedeutung zukommt. Untersuchungen zeigen jedoch, dass bestehende Regenwasserbehandlungsanlagen häufig nur geringe Wirkungsgrade für AFS63 aufweisen (Eyckmanns-Wolters et al. 2013; Sandoval et al., 2023). Diese liegen, je nach hydraulischer Belastung, zwischen 20 bis 35 %. Reifenabrieb weist den größten Anteil an Mikroplastik in der Umwelt auf und dessen Rückhalt in Regenwasserbehandlungsanlagen wurde bisher kaum betrachtet. Um diese Defizite zu überwinden, entwickelt die MicroBubbles GmbH (eine 100 %ige Tochter der Bundesagentur für Sprunginnovationen SPRIN-D) eine neue Technologie, die eine „Behandlung“ direkt im Wasserkörper ermöglicht (Abb. 1). Die skalierbare Technologie verwendet feinste, homogene Gasblasen, um Mikroplastik und AFS63 effizient aus dem Wasser an die Oberfläche zu bringen, ohne dass chemische Zusatzstoffe genutzt werden. Stofffrachten wie Mikroplastik, die hydrophob, d.h. wasserabweisend sind, lagern sich dadurch vorzugsweise an den Mikroblasen an und steigen so zur Oberfläche auf, wo es anschließend entfernt werden kann. Erste Ergebnisse im Labor aber auch an *in situ*-Regenklärbecken zeigen, dass der Wirkungsgrad mit Hilfe der Mikroflotation sowohl für AFS63 als auch für Reifenabrieb gegenüber klassischen Regenklärbecken deutlich verbessert werden kann. Die vorgestellte Technologie kann in vorhandenen Anlagen nachgerüstet oder von Beginn an in neue Anlagen integriert werden.

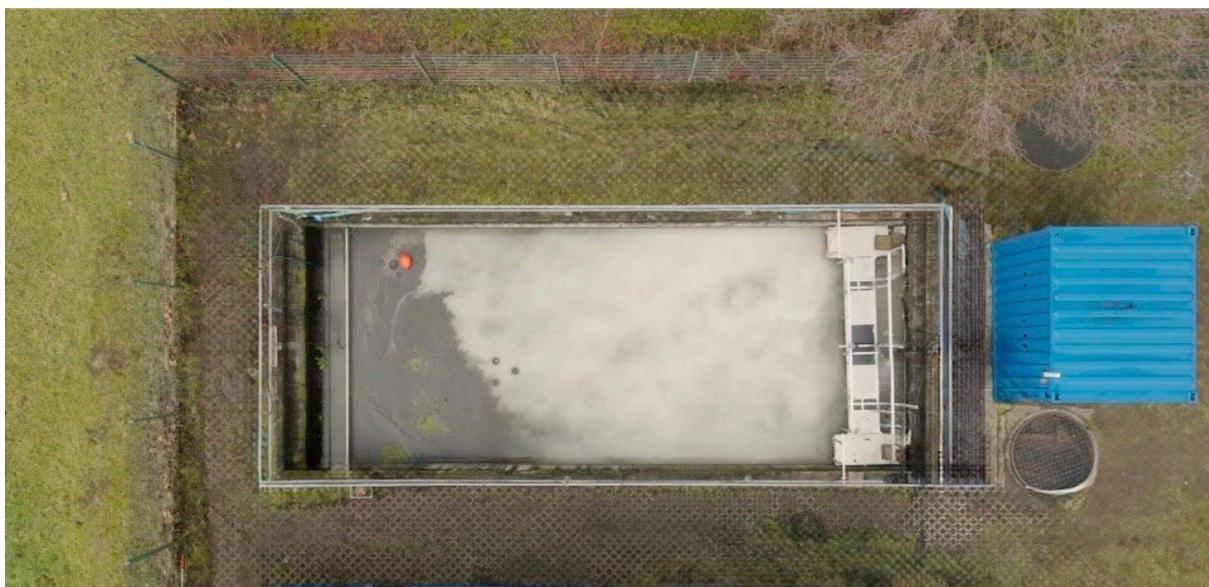


Abbildung 1: Einsatz des Prototyps (Minimal Viable Product – MVP) zur Mikroflotation in einem bestehenden Regenklärbecken zur Elimination von AFS und Mikroplastik.

2 Material und Methoden

2.1 Grundlagen der Mikroflotation

Bei der von der Microbubbles GmbH verwendeten Flotationstechnik, handelt es sich um eine weiterentwickelte Druckentspannungsflotation (DAF), ein Trennverfahren, bei dem Feststoffe von einem Fluid separiert werden können. Hierbei wird Wasser unter Druck (> 3 bar) mit Umgebungsluft angereichert. Das übersättigte Wasser wird anschließend über eine Düse oder ein Ventil wieder auf Normaldruck entspannt, wobei die Luft durch das Druckgefälle in Form von kleinen Blasen frei wird. Anschließend kollidieren die Luftblasen in der sogenannten Kontaktzone mit suspendierten Partikeln. Bei der Kollision lagern sich Luftblasen an Partikeln an und haften an deren Oberfläche. Durch die Anlagerung der Blasen an den Partikeln, wird deren Dichte verringert und sie erfahren einen Auftrieb. Nach dieser Kontaktzone steigen die Partikel-Blasen-Aggregate direkt in der Separationszone an die Wasseroberfläche (Gulden, 2018; Edzwald, 2010). Dort bilden sie einen Schaum (Flotat), welcher aus Mikroplastikpartikeln und partikulären Mikroschadstoffen als Bestandteile des AFS sowie Wasseranteilen besteht. Dieser wird abschließend mit einer Räumungsvorrichtung (Skimmer) abgetragen.

2.2 Laborversuche zum Einsatz der Mikroflotation

In einer ersten Projektphase wurden physikalische Modellversuche mit einer Mikroflotationsanlage im Labormaßstab durchgeführt. Das Volumen der Labor-Mikroflotationsanlage beträgt 25 L und es erfolgt eine stationäre Beschickung über ein Pumpensystem aus einem Vorlagenbehälter (2 L) mit einer definierten Konzentration von unterschiedlichen Partikeln. In den Modellversuchen wurden drei unterschiedliche Partikelarten verwendet: Im ersten Schritt wurden Polystyrol (PS) Partikel (fluoreszierend, sphärisch, $1,05 \text{ g/cm}^3$) mit einer Größe von $30 \mu\text{m}$ und $100 \mu\text{m}$ in einer Konzentrationsreihe (2,5, 22,5, 45, 90 und 180 mg/L) bei 4,5 bar (Druckdifferenz zur Sättigung) untersucht. Neben den synthetischen Polystyrol-Partikeln wurden in weiteren Versuchen im Labormaßstab gesiebte Reifenmehl-Partikel ($63\text{-}125 \mu\text{m}$, dominierende Fraktion) verwendet. In weiteren Versuchen wurde *in situ*-Material im Zulauf eines kommunalen Regenklärbeckens (RKBmD) gesammelt. Dieses Material wurde anschließend abgespült, gesiebt ($< 250 \mu\text{m}$) und der Anteil an Reifenabrieb (TED-GC/MS) bestimmt. Das *in situ*-Material wurde in den Versuchen mit einer Konzentration zwischen $7\text{-}100 \text{ mg/L}$ zugegeben. Zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Anlage für die jeweilige Partikelart erfolgte eine Probenahme an drei Systempunkten: Zum einen wurde das sogenannte Flotat über schräge Ablaufrinnen (schwimmende partikelreiche Schicht) gesammelt und die darin enthaltene Partikelkonzentration bestimmt. Zum anderen wurden der Partikelaustrag am Klärüberlauf sowie auch die verbleibenden Partikel in der Sedimentationszone auf der Sohle des Beckens nach Beendigung eines Experiments erfasst (Abb.2). Ergänzend wurde mit Hilfe eines Kamerasystems die Größenverteilung der durch einen sich im vorderen Beckenbereich implementierten Mikroblasengenerator

eingebrachten Mikroblasen bestimmt. Die Versuche wurden sowohl mit als auch ohne die Zugabe von Mikroblasen durchgeführt (0 bar vs. 4,5 bar).

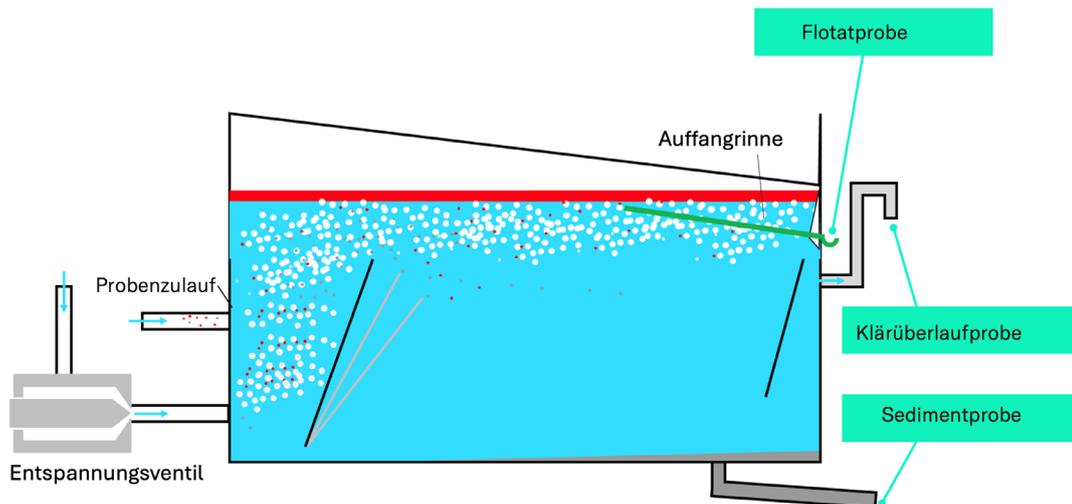


Abbildung 2: Laborversuchsaufbau für die Mikroflotation mit Probenahmestellen (Flotat, Klärüberlauf, Sediment). Durch das Entspannungsventil entstehen feinste Mikroblasen (Mikroblasengenerator).

2.3 Großtechnische Versuche zum Einsatz der Mikroflotation zur Regenwasserbehandlung

Ergänzend zu den Versuchen im Labormaßstab wurde ein RKBmD mit dem skalierbaren MVP, als erste Pilotanlage im Dauerbetrieb der MicroBubbles GmbH nachgerüstet, um die Effektivität dieser Technologie hinsichtlich des Rückhalts von feinen abfiltrierbaren Stoffen und Mikroplastik systematisch *in situ* zu untersuchen (Tab. 1). Hierzu wurde in einer ersten Untersuchungsphase der Status Quo der Abscheideleistung der Sedimentationsanlage erfasst. In einer zweiten, aktuell noch andauernden Untersuchungsphase, wird untersucht, inwieweit die nachgerüstete Mikroflotation eine Steigerung des Rückhaltes von AFS63, Mikroplastik und weiteren Mikroschadstoffen gegenüber einer reinen Sedimentationsanlage erzielen kann. Hierfür werden im Zu- und Ablauf des Beckens u. a. mit Hilfe von online-Sensormessungen (Spektrometernmessungen, Durchflussmessung) als auch Laboranalysen die Konzentrationen von AFS, AFS63, ausgewählter Mikroschadstoffe (MSS) und Reifenabrieb bestimmt (Abb. 1, Abb. 3). In einer weiteren Projektphase sollen ergänzend die Möglichkeiten einer verschmutzungsabhängigen Betriebsweise der Anlagen im Dauerstau (vgl. Hoppe et al., 2024) sowie der Einsatz der Mikroflotation in Anlagen ohne Dauerstau betrachtet werden.

Tabelle 1: Kenndaten zur Pilotanlage und Einzugsgebiet am RKB Mastbruchstraße, Paderborn.

Kenndaten	RKB Mastbruchstr.
Typ/Betriebszustand	Regenklärbecken mit Dauerstau
Beckentyp und Betriebsart	Durchlaufbecken im Hauptschluss
Entwässerungsverfahren	Trennsystem
Oberflächenbeschickung q_A	10 m/h (Auslegungsdaten)
Sedimentationswirksame Oberfläche A_{Sed}	60 m ²
Bemessungswassermenge bzw. kritischer Abfluss Q_{krit}	175 L/s 630 m ³ /h
Spezifisches Speichervolumen V_{spez}	18,3 m ³ /ha
Speichervolumen V	120 m ³
Belastungskategorie nach DWA-A 102	Kategorie I-III
Entwässerungsgebiet (kanalisiert), $A_{E,k}$	11,02 ha
Befestigte Fläche im kanalisiertem Einzugsgebiet $A_{E,k,b}$	4,67 ha
Befestigte abflusswirksame Fläche im kanalisiertem Einzugsgebiet, $A_{E,k,b,a}$	4,39 ha

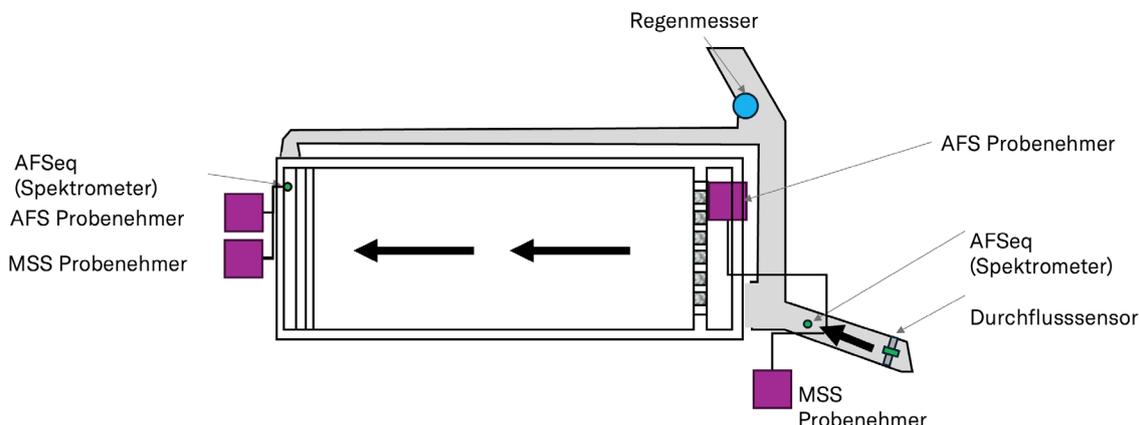


Abbildung 3: Installation der Sensorik und Probennehmer am Zu- und Ablauf des Regenklärbeckens zur Ermittlung der Wirkungsweise der nachgerüsteten Mikroflotationsanlage.

3 Ergebnisse

3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Laborversuche

Die Ergebnisse, die auf die Wiederfindungsrate berechnet wurden, zeigen, dass mittels Mikroflotation bei einer mittleren Blasengröße von 35 µm eine Elimination von 95 - 97 % der 100 µm großen Partikel im Flotat erreicht wird. Die PS-Partikel mit einer Größe von 30 µm werden zu 68 - 84 % als Flotat abgeschieden. Die Partikelkonzentration im Zulauf der Anlage hat bei den 100 µm-PS-Partikeln nahezu

keinen Einfluss auf die Abscheideleistung der Mikroflotation. Bei den 30 µm-großen PS-Partikeln zeigt sich hingegen eine Abhängigkeit. Die Abscheideleistung weist bei einer Zugabekonzentration von 180 mg/L mit 68 % eine Reduktion im Vergleich zur Zugabekonzentration von 2,5 mg/L mit 84 % auf. Im 0 bar Versuch ohne Mikroblasen finden sich bei einer Konzentration von 45 mg/L bei den 30 µm-großen PS-Partikeln 22 % an der Wasseroberfläche wieder und werden somit zur Flotatprobe zugeordnet, 13 % im Sediment und 65 % Klärüberlauf. Die 100 µm-großen PS-Partikeln zeigen im Versuch ohne Mikroblasen ein anderes Verhalten: 3 % sind im Flotat zu finden, 69 % im Sediment-Anteil und 28 % im Klärüberlauf (Abb.4). Vergleicht man den Gesamtrückhalt mit Mikroflotation, bestehend aus den Partikeln, die als Flotat und Sediment in der Anlage zurückgehalten wurden, ergibt sich ein Wirkungsgrad von 99 % bei 45 mg/L 100 µm-PS-Partikeln und 88 % bei 30 µm-PS-Partikeln. Im Vergleich dazu liegt der Gesamtrückhalt ohne Mikroflotation für 45 mg/L bei 100 µm-PS-Partikeln bei 72 % und bei 30 µm-PS-Partikeln bei 35 %. Im weiterführenden Experiment mit Reifenmehl wurde eine Wiederfindungsrate von im Schnitt 100 % erzielt. Bei einer rein gravimetrischen Bestimmung waren es 104 %, ein Überbefund. Daher wurden die Experimente zusätzlich mit Zink als Marker validiert (ICP-MS/MS). Die Abscheideleistung für das Reifenmehl wies in Versuchen als Triplikat mit Mikroflotation einen Wert zwischen 98 % im Flotat auf (auf der Sohle sedimentiert im Durchschnitt 2 %). Demgegenüber wurde im Kontrollexperiment ohne Mikroflotation 68 % an der Sohle sedimentiert. 9 % wurden im Klärüberlauf und 24 % im Flotat ermittelt. Dadurch ergibt sich ein Gesamtrückhalt mit Mikroflotation von 100 %, wohingegen ohne Mikroflotation ein Gesamtrückhalt von 91 % erzielt wird. Für die Versuche mit dem *in situ*-Material aus dem Regenklärbecken lagen die Wiederfindungsraten bei 93 %. Insgesamt wurden fünf Versuchsreihen mit Konzentrationen zwischen 7 – 100 mg/L durchgeführt. Bei Anwendung der Mikroflotation wurden das *in situ*-Material zu 72 % als Flotat abgeschieden. Der Gesamtrückhalt des *in situ*-Materials (Flotat und Sediment) lag bei 87 % und für Reifenabrieb bei 89 %. Sämtliche, in den labortechnischen Versuchen, eingesetzten Materialien zeigten eine gute Abscheideleistung durch den Einsatz der Mikroflotation. Der Gesamtrückhalt konnte durch die Mikroflotation gesteigert werden.

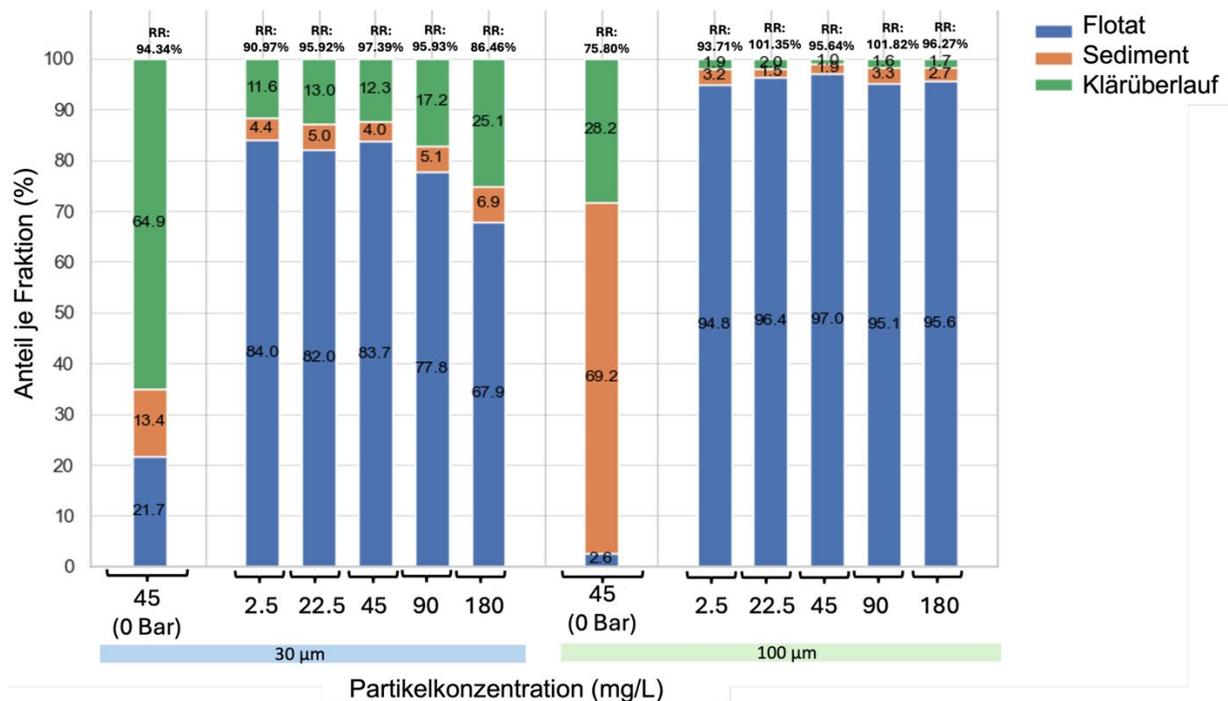


Abbildung 4: Die Rückhalteeffizienz von 30 µm und 100 µm-PS-Partikeln wurde im Labormaßstab mit Mikroflotation ermittelt. Es wurden je fünf unterschiedliche Konzentrationen in Triplikaten getestet. Die 0 Bar-Kontrolle zeigt die Verteilung der Partikel ohne Mikroflotation. Die Ergebnisse wurden auf die Wiederfindungsrate (recovery rate, RR) bezogen.

3.2 Zusammenfassung der ersten Ergebnisse der großtechnischen Versuche

Durch die Skalierung von der labortechnischen Anlage zum MVP ist eine Bewertung der großtechnischen Versuche, d.h. die Ermittlung des Wirkungsgrades des RKBmD für AFS63 und Reifenabrieb mit Mikroflotation möglich. Im Rahmen dieses Beitrags werden die Ergebnisse der ersten Versuchsphase am RKB Mastbruchstr. in Paderborn bis Ende Juni 2025 diskutiert. Zu Beginn der Versuchsphase wurden nur geringe Niederschläge und entsprechend Ereignisse mit geringer Oberflächenbeschickung erfasst (s. Abb. 5 und 6), während zum Ende der Versuchsphase auch erste stärkere Niederschlagsereignisse ausgewertet werden konnten. Die Messungen werden noch mindestens bis Ende 2025 fortgeführt. Bei der Interpretation der ersten Ergebnisse und der ermittelten Wirkungsgrade mit und ohne Einsatz der Mikroflotation sind insbesondere folgende Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die die Variabilität der Ergebnisse erklären:

- Ereignisspezifische Gesamtfrachten und Abflussvolumen mit entsprechenden höheren Unsicherheiten bei der Bilanzierung von schwachen Niederschlagsereignissen
- Zeitliche Verteilung der Konzentrationen im Ereignisverlauf
- Messunsicherheiten (Sensortechnik und Probenahme)

- Einfluss von Remobilisierungsprozessen und "Vorregen"
- MVP-Einstellungen und Änderungen des Entwicklungsstands des MVP im Projektverlauf
- Beckenreinigung (21.05.25)

Die bislang ausgewerteten Ereignisse bestätigen die in der Literatur genannten geringen Wirkungsgrade für AFS63 des RKBmD (siehe Abb. 5). Die Wirkungsgrade für AFS63 liegen für die unterschiedlich beprobten Abflussereignisse mit hydraulischen Belastungen von $q_{A,max}$ zwischen 0,12 und 5,93 m/h in Bereichen zwischen -12 und 84 % für AFS63. Es zeigt sich, dass der Wirkungsgrad wie erwartet stark von der maximalen Oberflächenbeschickung abhängig ist. So zeigen Events mit $q_{A,max}$ zwischen 0 und 2,5 m/h einen Wirkungsgrad zwischen 14,8 % und 84,3 %. Bei Regenevents mit höherer $q_{A,max}$ nimmt der Wirkungsgrad ab und zeigt bei 5,9 m/h nur noch einen Wirkungsgrad von 21,4 %. Die beobachteten negativen Wirkungsgrade sind vermutlich durch Remobilisierung von Partikeln aus dem Sediment verursacht worden.

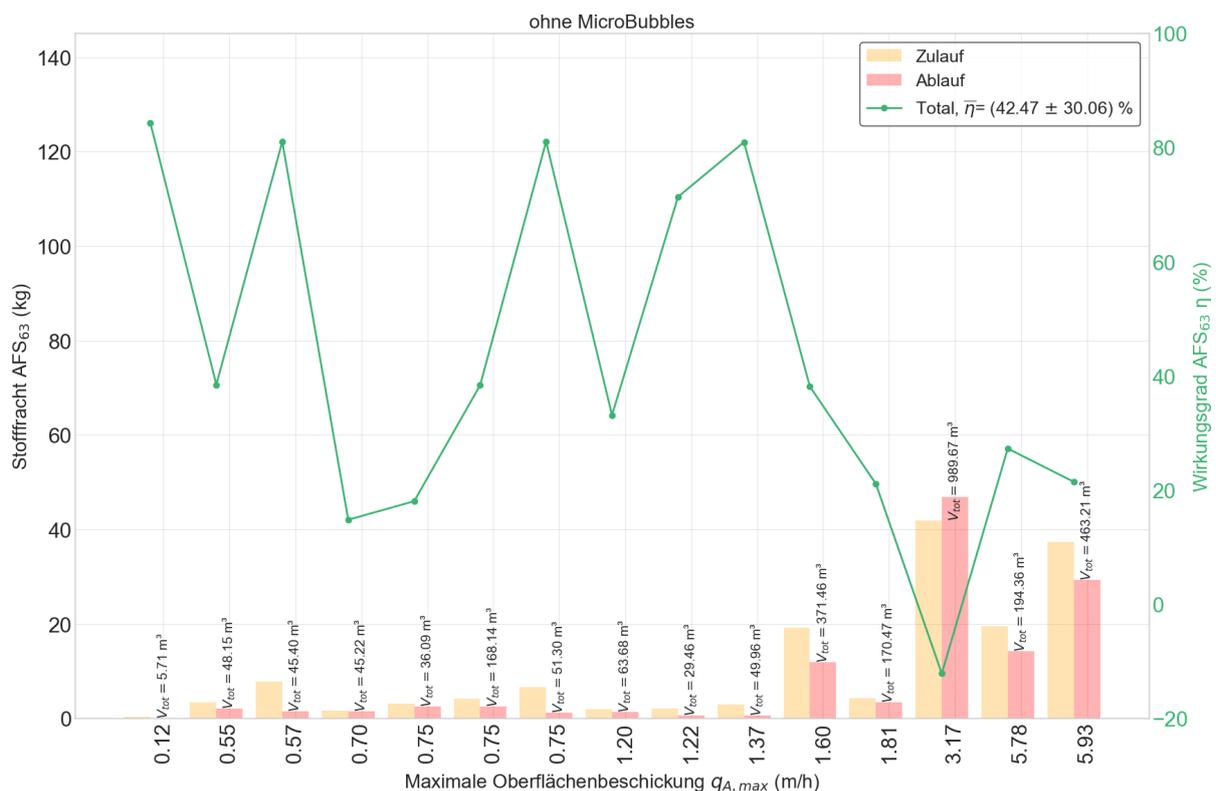


Abbildung 5: Zulauf- und Ablaufstofffrachten und Wirkungsgrad η von AFS63 in Abhängigkeit der maximalen Oberflächenbeschickung $q_{A,max}$ für Regenevents im RKBmD. V_{tot} ist das Abflussvolumen. Gesamtübersicht aller erfassten Events vom 19.12.2024 bis 26.06.2025.

Mit Hilfe der Mikroflotation konnte der Wirkungsgrad von AFS63 im Vergleich zur reinen Sedimentation deutlich gesteigert werden (siehe Abb. 6). Für AFS63 liegt der

Wirkungsgrad zwischen 33,6 und 94,1 % bei maximalen Oberflächenbeschickungen zwischen 0,16 und 10 m/h. Insgesamt zeigen die vorläufigen Ergebnisse (Abb. 6), dass keine Korrelation zwischen Wirkungsgrad und $q_{A,max}$ beobachtet werden konnte. Zwischen 0 – 2,5 m/h lag der Wirkungsgrad zwischen 33,6 und 94,1 %. Bei $q_{A,max}$ zwischen 2,5 – 5 m/h zwischen 51,7 und 87,3 %. Auch bei einer hohen Oberflächenbeschickung von bis zu 10 m/h wurde ein Wirkungsgrad zwischen 58,4 % und 65,5 % für AFS63 beobachtet. Im Mittel über die beprobten Ereignisse ($n=18$) wurden $68,66 \pm 19,87$ % mit der Mikroflotation ohne erkennbare Abhängigkeit der maximalen Oberflächenbeschickung beobachtet. Betrachtet man die reine Sedimentation liegt der Mittelwert des Wirkungsgrads für AFS63 bei $42,47 \pm 30,06$ % ($n=15$) mit starker Abhängigkeit von der maximalen Oberflächenbeschickung (Abb. 5).

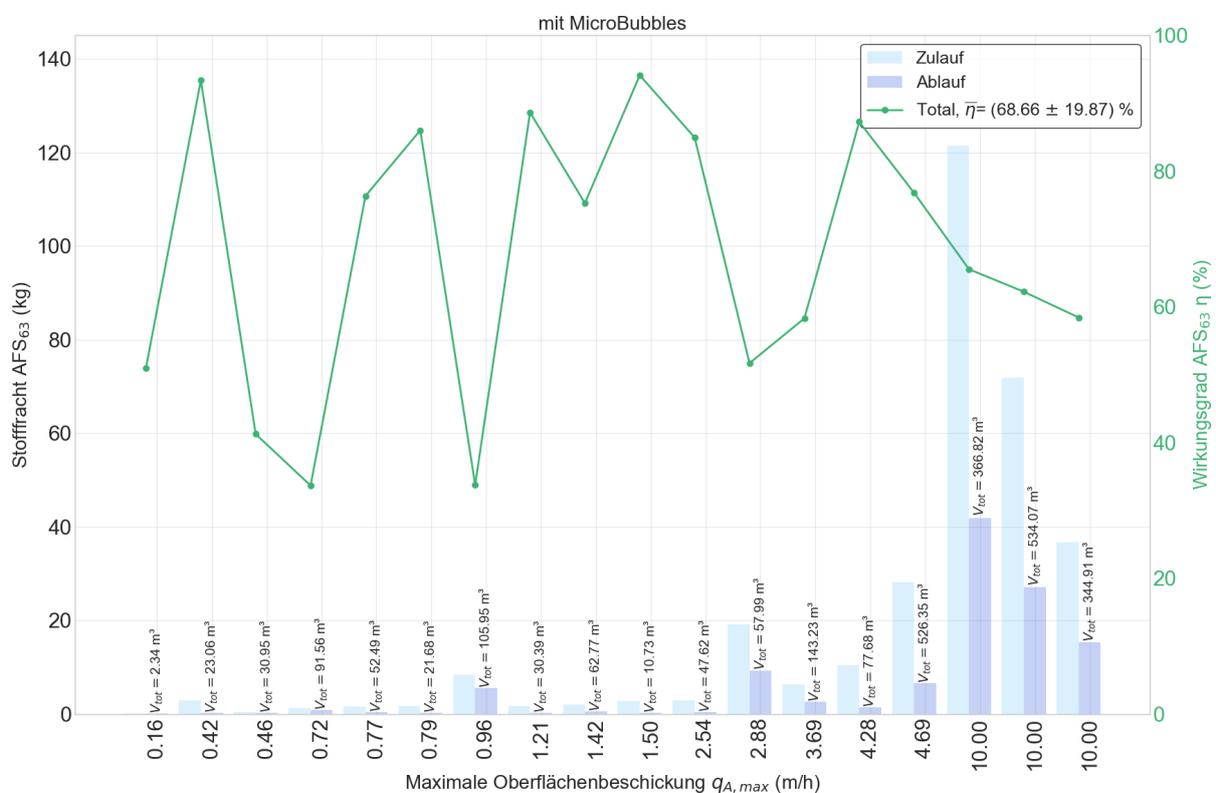


Abbildung 6: Zulauf- und Ablaufstofffrachten, Wirkungsgrad η von AFS63 in Abhängigkeit der maximalen Oberflächenbeschickung $q_{A,max}$ für Regenevents mit MVP-Betrieb. V_{tot} ist das Abflussvolumen. Gesamtübersicht aller erfassten Events vom 19.12.2024 bis 26.06.2025.

Zusätzlich wurde der Wirkungsgrad des RKBmD von Reifenabrieb mit *in situ*-Mikroflotation bei 3 Abflussereignissen ermittelt. Die in diesem Fall aufgetretene höchste Oberflächenbeschickung war 2,88 m/h und der Wirkungsgrad für Reifenabrieb lag bei 96 %. Durchschnittlich konnte für die 3 dargestellten Regenevents ein Wirkungsgrad von $77,02 \pm 21,32$ % ermittelt werden (Abb. 7).

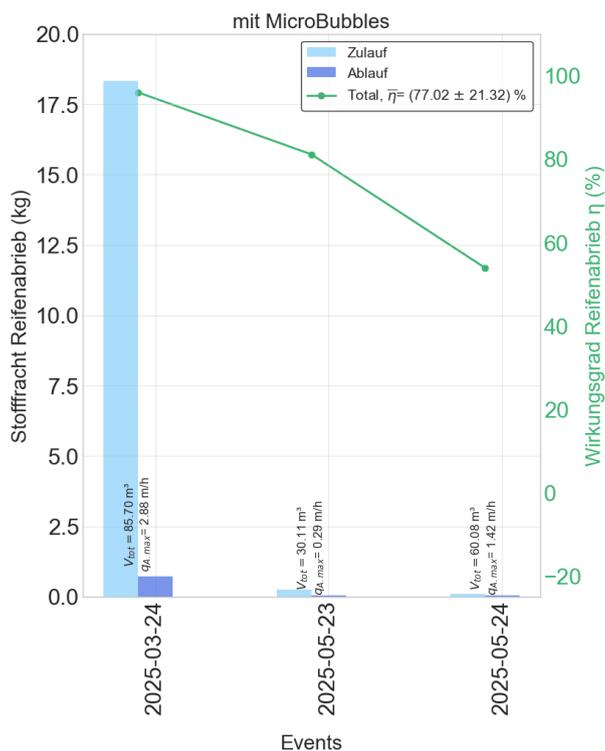


Abbildung 7: Zulauf- und Ablaufstofffrachten und Wirkungsgrad η von Reifenabrieb bei abflusswirksamen Regenereignissen am Regenklärbecken mit Mikroflotation. V_{tot} : Gesamtabflussmenge; $q_{A,max}$: maximale Oberflächenbeschickungen. Zwischenstand vom 24.03.-24.05.2025.

3.3 Bewertung der Ergebnisse

Insgesamt zeigen die bisher durchgeführten Labor- und großtechnische Versuche, dass die Mikroflotationstechnologie ein vielseitiges, frei skalierbares und modular einsetzbares Verfahren ist. Die *in situ*-Mikroflotation ist besonders für den Neubau sowie als Nachrüstoption von Regenwasserbehandlungsanlagen geeignet. Sie ist ein nachhaltiges Verfahren, um abfiltrierbare Stoffe AFS63 effizient aus Prozess-, Oberflächen- und Abwasser zu entfernen. Neben AFS63 werden auch weitere Schmutzfrachten, wie beispielsweise Mikroplastik bzw. Reifenabrieb, sowie weitere partikuläre Schadstoffe entfernt. Diese Erkenntnisse eröffnen einen vielseitigen Einsatzbereich der Mikroflotationstechnologie. Diese innovative Technologie nutzt die kontrollierte Erzeugung von Mikrobläschen (15 - 45 μm), um die hydrophoben Eigenschaften von Mikroplastik auszunutzen und ihre effiziente Abtrennung vom Wasser zu erleichtern. Über Mikroplastik hinaus verbessert dieser Ansatz die Gesamtrückhaltung von AFS insgesamt und insbesondere von AFS63 und übertrifft damit die Grenzen herkömmlicher Sedimentationstechniken. Die Entwicklung der *in situ*-Pilotanlage wurde sowohl durch Labortests mit einer Anlage im kleinen Maßstab unter reproduzierbaren Modellwasserbedingungen als auch durch Feldversuche mit einer Laboranlage im Pilotmaßstab, MVP, unter realen Bedingungen unterstützt. Die Pilotanlage ist so konzipiert, dass sie nahtlos in die bestehende Infrastruktur

nachgerüstet werden kann und leicht anpassbar ist. Diese Studie unterstreicht nicht nur die begrenzte Wirksamkeit reiner Sedimentationsanlagen, sondern zeigt auch die Wirksamkeit der Mikroflotationstechnologie als praktikable Lösung zur Überbrückung der Leistungslücke und gibt gleichzeitig Einblicke in den zugrunde liegenden Entwicklungsprozess. Das vorgeschlagene System stellt einen Maßstab für nachhaltige und effiziente Wasseraufbereitungstechnologien dar, die mit den heutigen Zielen der Ressourceneffizienz und des Umweltschutzes in Einklang stehen.

4 Ausblick zu weitergehenden Untersuchungen

Derzeit werden weitere Anwendungsfälle wie z. B. hoch verschmutzte Abflüsse von Straßen und aus Gewerbegebieten, Abfallbehandlungsanlagen, Flächenverunreinigungen mit Stäuben bzw. mit hohen Anteilen an leichten Schmutzpartikeln wie Reifenabrieb, sowie ein möglicher Einsatz in der Mischwasserbehandlung betrachtet. Zudem findet seit Mitte 2025 ein Monitoring von zwei weiteren Regenwasserbehandlungsanlagen in Deutschland statt. Hierbei soll der Status der Becken im derzeitigen Betrieb erfasst und der Wirkungsgrad bestimmt werden. Die Optimierung der Anlagen durch die MicroBubbles-Technologie wird erprobt. Darüber hinaus wird aktuell untersucht, ob weitere Schadstoffe, welche nicht partikulär gebunden sind, mit Hilfe der Mikroflotation entfernt werden können. Erste vielversprechende Ergebnisse konnten bereits für die Stoffgruppen der PFAS erzielt werden. Diese konnten im RKBmD an der Oberfläche abgeschieden werden. Die optimale Anordnung des MVP in unterschiedlichen Beckengeometrien und der Einfluss der Mikroflotation auf das Strömungsverhalten in den Bauwerken wird bis Ende 2025 zudem auch mittels CFD-Simulationen untersucht: Ziel ist es unter anderem, die Anordnung des MVP im Becken zu optimieren und den Gesamtschadstoffrückhalt weiter zu erhöhen. Zusätzlich sollen auch Becken ohne Dauerstau mit dem MVP-Betrieb getestet werden.

5 Literatur

- DWA-A 102 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines. ISBN 978-3-96862-044-2; korrigiert 08-2022.
- Edzwald, J.K. (2010): Review: Dissolved air flotation and me. Wat. Res. 44 No. 7, 2077-2106; doi: 10.1016/j.watres.2009.12.040
- Eyckmanns-Wolters, R., Fuchs, S., Maus, C., Sommer, M., Voßwinkel, N., Mohn, R., Uhl, M. (2013): REduktion des FEststoffeintrages durch Niederschlagswassereinleitungen : Phase 1 ; DWA; KIT; TU Kaiserslautern, FH Münster.
- Gelhardt, L., Dittmer, U., Welker, A. (2021): „Relationship of particle density and organic content in sieve fractions of road-deposited sediments from varying

- traffic sites based on a novel data set“. In: Science of The Total Environment. 794 , S. 148812, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148812.
- Gulden, S. (2018): Untersuchung der Mikroflotation als biotechnologisches Trennverfahren. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Hoppe H., Böckmann D. und Altensell N. (2024). Daten- und modellbasierte Konzepte zur Regenwasserbehandlung für stark verschmutzte Flächen. In: Aqua Urbanica 2024, 22.-24.09.2024, S. V07-1 - V07-15, <https://doi.org/10.3217/h5ga5-3jv92>.
- Launay, M. (2018): Organic micropollutants in urban wastewater systems during dry and wet weather – Occurrence, spatio-temporal distribution and emissions to surface waters. Dissertation. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft. Band 239. ISBN : 9783835674004.
- Sandoval S., Spahni B. und Favre F.(2023): Evaluation of in-situ TSS removal efficiency of a decentralized stormwater treatment system by means of continuous measurements. Novatech 2023. hal-04183178; DOI: <https://hal.science/hal-04183178v1>.
- Wicke, D., Matzinger, A., Sonnenberg, H., Caradot, N., Schubert, R.-L., Dick, R., Heinzmann, B., Dünnbier, U.von Seggern, D. und Rouault, P. (2021): Micropollutants in Urban Stormwater Runoff of Different Land Uses. Water 2021, 13(9), 1312; DOI: <https://doi.org/10.3390/w13091312>.

Korrespondenz an:

Dr. Christina Marx
An der Eiche 1, 33175 Bad Lippspringe, Deutschland
Telefon: +49 171/5366272
E-Mail: christina.marx@microbubbles.org