

Was sind die mikroskopischen Ereignisse des kolloidalen Foulings?

Johannes Lohaus, Felix Stockmeier, Jonas Lölsberg, Matthias Wessling, RWTH Aachen AVT.CVT, Aachen/Deutschland

Kolloidales Fouling ist die entscheidende Herausforderung in einem breiten Spektrum von Prozessen wie Membranfiltration und Mikrofluidik. Trotz seiner Bedeutung ist das physikalische Verständnis von Fouling aufgrund komplexer Oberflächen- und hydrodynamischer Wechselwirkungen im Nanometer- und Mikrometerbereich begrenzt. Die Beobachtung physikalischer mikroskopischer Ereignisse während des Foulings ist erst seit kurzem durch die Kombination von Mikrofabrikation, Mikrofluidik und konfokale laseroptische Analyse möglich. Ergänzend werden numerische Simulation eingesetzt, die die Wechselwirkungen zwischen Kolloid, Membran und Hydrodynamik detailliert auflösen. Durch die Kombination aus Experimenten auf der Porenebene sowie numerischer Analyse lassen sich grundlegende Fragen des Kolloidalen Foulings und des Backwashes beantworten [1].

1 Methoden

1.1 Mikrofluidische Experimente

Mithilfe von 3D Druck und Soft Lithography werden mikrometer-große, definierte Porenstrukturen in einem mikrofluidischen Strömungskanal aus PDMS hergestellt. Durch den Kanal wird eine Suspension mit 0.1 vol% Polystyrol Partikel und 100mM KCl filtriert. Der transparente mikrofluidische Kanal erlaubt dabei die direkt online Analyse des Ablagerns der Partikeln auf der Porenstruktur.

1.2 CFD-DEM Simulationen

Um die komplexen Hydrodynamischen und Kolloidalen Wechselwirkungen des Foulingprozesses zu analysieren, werden numerische CFD-DEM (Computational Fluid Dynamics – Discrete Element Method) Simulationen verwendet. Diese Methode erlaubt die Bewegung miteinander interagierender Partikel in einem Strömungsfeld zu bestimmen.

2 Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildung 1 zeigt das Ablagern von Polystyrol Partikeln auf einer mikrofluidischen Porenstruktur über die Zeit. Die Partikel lagern sich feedseitig auf der Porenstruktur

ab. An den Kanten der Verengung bilden sich Partikelbrücken, die über die Filtrationszeit die Porenstruktur verblocken.

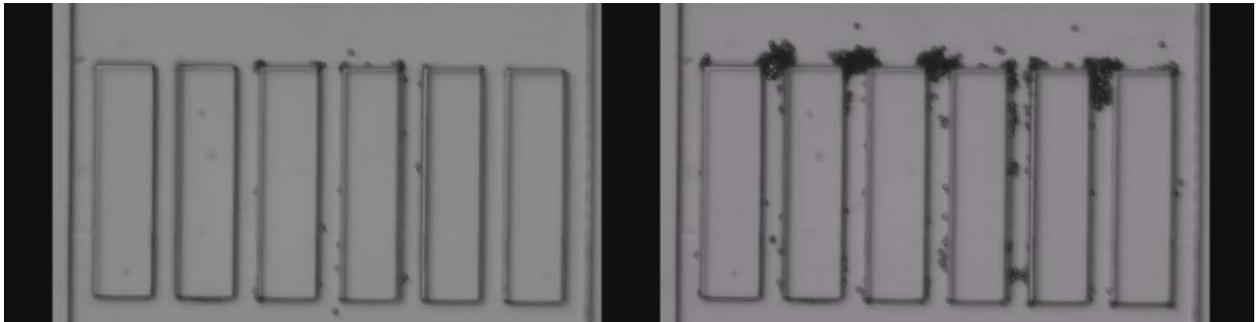


Abbildung 1: Fouling von $4.2\mu\text{m}$ - Polystyrolpartikeln in einem mikrofluidischen PDMS Kanal 10 s und 90 s. Die Partikel sind in einer 100 mM KCl-Lösung dispergiert.

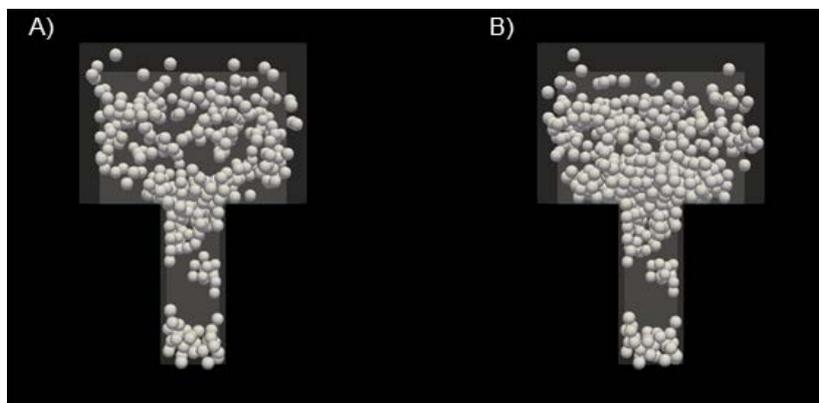


Abbildung 2: Simulation der Ablagerung von Polystyrene Partikel auf einer Porenstruktur nach 2 ms (A) und 3 ms (B).

Um detaillierten Informationen über die Dynamik des Foulings zuzubekommen, wurden CFD - DEM Simulationen durchgeführt. Die simulative Ergebnisse werden in der Abbildung 2 gezeigt. Wie in den Experimenten bilden sich eine Partikelbrücke aus, die im Verlauf der Simulation zum vollständigen Verblocken der Pore führt. Mithilfe der Simulationen lassen sich nun Einblicke in das kollektive Verhalten der Partikel ausmachen. Es zeigt sich, dass Interaktionen zwischen einzelnen Partikel maßgeblich dafür verantwortlich sind, dass sich Partikel auf die Pore absetzen. Dabei werden Partikel, die sich in der Nähe der Porenoberfläche befinden, durch die Interaktion mit anderen Partikeln auf die Porenoberfläche gedrückt. Diese kollektive Dynamik ist von entscheidender Bedeutung für das Verständnis von der Partikelkonzentration auf das Foulingverhalten.

Literatur

- [1] Lohaus, J., Perez, Y. M., & Wessling, M. (2018). What are the microscopic events of colloidal membrane fouling?. *Journal of membrane science*, 553, 90-98.