

EmulPore

Emulsion formation in porous media under flow conditions

Programm / Ausschreibung	Bridge, Bridge_NATS, Bridge_NATS 2018	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.05.2019	Projektende	30.09.2022
Zeitraum	2019 - 2022	Projektlaufzeit	41 Monate
Keywords	emulsion formation, flow in porous media, soil remediation, tertiary oil recovery		

Projektbeschreibung

Kurzfassung:

In vielen Anwendungen und auch im täglichen Leben spielen Emulsionen eine große Rolle, z.B. zum Reinigen von fettigem Geschirr oder zum „Reinigen“ von Gesteinen und Böden zur tertiären Ölgewinnung oder zur Sanierung von NAPL (non-aqueous-phase liquids) kontaminierten Böden. Emulgierung von Ölen und z.B. wässrigen Tensidlösungen werden typischerweise durch klassische Phasenverhaltensexperimente getestet, indem Fluide in einem Teströhrchen gemischt werden und auf ein Gleichgewicht gewartet wird, wobei die Phasen durch die Schwerkraft getrennt werden. Solche Experimente werden zur Optimierung der chemischen Zusammensetzung von Injektionswasser für die verschiedenen Anwendungen verwendet. Kürzlich durchgeführte Versuche haben jedoch gezeigt, dass die Emulgierung in porösen Medien und unter Strömungsbedingungen diesen Tests nicht genau folgt. Insbesondere im Fall von Rohöl, das möglicherweise oberflächenaktive Komponenten enthält, wurde ein komplexes Phasenverhalten mit breiten Dropfengrößenverteilungen gefunden, dass gerade für bestimmte Injektionswasserzusammensetzungen auftritt und nicht mit dem entsprechenden Volumenphasenverhalten übereinstimmt.

Selbst seit Jahrzehnten erforscht, basieren unsere Kenntnisse der Emulgierung in porösen Medien hauptsächlich auf Kernflutversuchen, die in der Regel keine ausreichenden Daten liefern, um komplexe Verdrängungsprozesse wie das Emulgieren zu verstehen. In jüngster Zeit werden Fortschritte in der Porenkalenphysik verwendet, um die Emulgierung im Porenraum zu untersuchen. Die Studien konzentrieren sich jedoch überwiegend auf Modellflüssigkeiten, die die Komplexität natürlicher NAPL nicht zeigen.

Im vorliegenden Vorschlag untersuchen wir die Emulgierung systematisch mit synthetischen und natürlichen Flüssigkeiten. Durch Variation des Porenraums in einem auf Mikrofluidik basierenden "Lab-on-a-Chip" Ansatz und durch Variation der Injektionsraten werden wir die Emulgierung unter verschiedenen Strömungsbedingungen untersuchen.

Strömungsexperimente werden mit Flüssigkeitspaaren und in einem chemischen Parameterraum durchgeführt, der durch das Volumenphasenverhalten definiert wird. Die Daten werden mittels statistischer und topologischer Analyse der Ölphase analysiert. Für die Erstellung eines Modells in Bezug auf die Emulgierung ist es erforderlich, Emulsionsphasen in-situ zu charakterisieren. Dies erfolgt durch Graustufensegmentierung und Mustererkennung, die machine learning erfordern. Für die Analyse von Emulsionsmustern mit suboptischer Auflösung ist die Anwendung von dynamischer Lichtstreuung an den Mikrochips und unter Strömungsbedingungen geplant.

Durch die Kombination der statistischen, topologischen und mikrostrukturellen Daten werden die Kriterien der Emulgierung qualitativ und quantitativ bestimmt und ein erster Versuch zur Modellbildung wird gestartet. Darüber hinaus wird der Datensatz dazu beitragen, die experimentellen und numerischen Arbeitsabläufe zu verfeinern, um ein auf Lab-on-a-Chip-basiertes Screening-Tool zur Untersuchung und Optimierung von Injektionsflüssigkeiten für die vorgesehenen Anwendungen bereitzustellen.

Abstract

Abstract:

In many applications and also in daily live, emulsions play a major role, e.g. for cleaning oily dishes or for “cleaning” rocks and soils for tertiary oil recovery or for remediation of NAPL (non-aqueous-phase liquids) contaminated soils. Emulsification of oils and e.g. aqueous surfactant solutions are typically tested by classical phase behavior experiments by mixing fluids in a testing tube and waiting for equilibrium with the phases being separated by gravity. Such experiments are used for optimizing injection water chemical compositions for the different application. However, recent experiments have shown that emulsification in porous media and under flow conditions do not exactly follow these tests. Especially in the case of crude oil, which potentially contains surface active components, complex phase behavior has been found with wide bubble size distributions just occurring for specific injection water compositions, not in line with the corresponding bulk phase behavior. Even though being investigated since decades, our knowledge of emulsification in porous media is predominantly based on core flooding experiments, which typically deliver insufficient data to understand complex displacement processes including emulsification. Just recently, advances in pore scale physics are used to investigate emulsification in the pore space. However, the studies predominantly focus on model fluids, which do not show the complexity of natural NAPL. In the present proposal, we investigate emulsification systematically by using synthetic and natural fluids. Furthermore, by varying the pore space in a microfluidic-based “lab on a chip” approach, and by varying injection rates, we will investigate emulsification in different flow regimes. Flow experiments will be performed with fluid pairs and in a chemical parameter space as defined by the bulk phase behavior. Data will be analyzed by means of statistical and topological analysis of the oleic phase. For model building with respect to emulsification, it is required to characterize emulsion phases in-situ. This will be done by grey-scale segmentation and by pattern recognition, which requires machine learning techniques. For the analysis of emulsion patterns of sub-optical-resolution the application of dynamic light scattering on the microchips under flow conditions is planned.

Combining the statistical, topological and microstructural data, the criteria of emulsification will be determined in a qualitative and quantitative way and a first attempt of model building will be started. Furthermore, the data set will help to refine the experimental and numerical workflows in order to provide a lab-on-a-chip-based screening tool for investigating and optimizing injection fluids for the envisioned applications.

Projektkoordinator

- Montanuniversität Leoben Department Geoenergy

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben Institut für Physik
- OMV Exploration & Production GmbH