

Experimentelle und numerische Voruntersuchungen eines Blasensäulenreaktors zur mikrobiellen Elektrosynthese

Motivation

Die weltweiten Treibhausgas-Emissionen (z.B. CO₂) haben in den letzten Jahren einen neuen Höchststand erreicht und beeinflussen somit zunehmend das Klima und die Erderwärmung. Um den anthropogenen Klimawandel aufzuhalten ist eine Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen unvermeidbar. Eine mögliche elektrobiotechnologische Lösung zur Reduzierung der Treibhausgase ist die mikrobielle Elektrosynthese. Hierbei ist das Ziel das erzeugte CO₂ aus industriellen Prozessen wieder als Rohstoff nutzbar zu machen. Bei der mikrobiellen Elektrosynthese wird elektrischer Strom in chemische Energie umgewandelt. Dieses wird erreicht, indem Wasserstoff (H₂) bei der Elektrolyse von Wasser (H₂O → H₂ + O₂) durch elektrischen Strom aus regenerativen Quellen entsteht. Das erzeugte H₂ dient hierbei als Energiequelle für die Stoffwechselwege eines Bakteriums (z.B. *Cupriavidus necator*). Mit Zugabe von CO₂ können je nach Katalysator verschiedene Reaktionen begünstigt werden, die zur Bildung von C1- oder C2-Molekülen dienen. Diese können dann zur Herstellung von wichtigen Basischemikalien (z.B. Methan, Methanol, Ethen) genutzt werden. Die mikrobielle Elektrosynthese kann in einem Blasensäulenreaktor realisiert werden. Eine Prinzipskizze ist in Abb. 1 dargestellt.

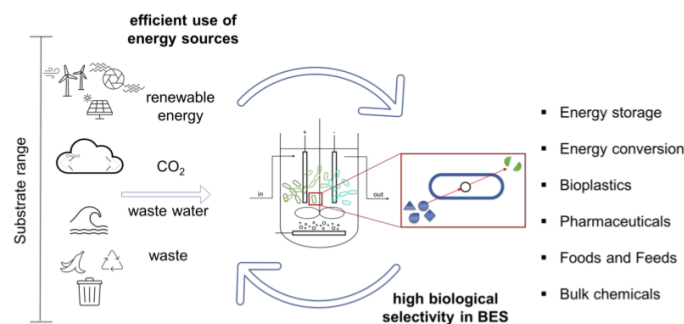


Abbildung 1: Prinzipskizze der mikrobiellen Elektrosynthese in einem Blasensäulenreaktor.

Projektbeschreibung

In diesem Projekt sollen experimentelle und numerische Voruntersuchungen an einem Blasensäulenreaktor durchgeführt werden. Zunächst sind Geschwindigkeitsmessungen am Blasensäulenreaktor durchzuführen, die anschließend zur Validierung der numerischen Modelle dienen.

Der funktionierende Blasensäulenreaktor in Abb. 2 (links) befindet sich am BLT2-EBT. Dieser ist mit einer Flüssigkeit (bspw. Wasser) gefüllt. Von der Unterseite strömt ein Gas (bspw. Luft) in den Reaktor ein. Das einströmende Gas wird durch eine Lochplatte geführt, um beim Einströmen eine möglichst homogene Verteilung des Gases in der Blasensäule zu gewährleisten. Die Blasensäule besitzt verschiedene Sichtfenster, die für experimentelle Messungen genutzt werden können. Die Geschwindigkeit der aufsteigenden Blasen soll anhand eines optischen Post-Processing-Algorithmus abgeschätzt werden, den es zu entwickeln gilt. Hierbei steht eine High-Speed-Kamera zur Verfügung. Der Aufbau und die Auswertung ist Teil dieser Arbeit.

Der numerische Teil dieser Arbeit wird am EBI-TFS durchgeführt. Hierbei sollen zwei vorhandene numerische Löser verwendet und verglichen werden. Ein erstes Berechnungsgitter (Abb. 2) wird bereitgestellt. Die zwei numerischen Löser unterscheiden sich grundlegend im Modellierungsansatz (Euler-Euler und Euler-Lagrange). Beim Euler-Euler-Ansatz werden Gas- und Flüssigphase als Kontinuum betrachtet und beim Euler-Lagrange-Ansatz wird die Flüssigphase als Kontinuum und das Gas als disperse Phase angenommen. Einige Sub-Modelle, um die Physik der aufsteigenden Gase abzubilden sind bereits vorhanden (z.B. Schwerkraft, Auftrieb, Luftwiderstand und etc.), dennoch sind weitere Implementierungen von Sub-Modellen nicht ausgeschlossen, um die experimentellen Daten numerisch abzubilden.

Masterarbeit

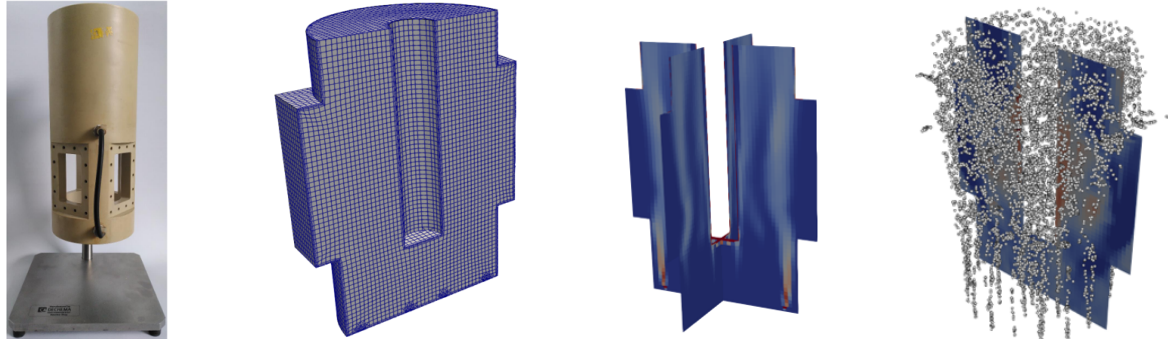


Abbildung 2: Links: Blasensäulenreaktor, Links-Mitte: Berechnungsgitter, Rechts-Mitte: Euler-Euler-Ansatz, Rechts: Euler-Lagrange-Ansatz.

Aufgabenstellung

- Literaturrecherche zum Thema Blasensäulenreaktor und das Grundverständnis über die physikalischen Prozesse der mikrobiellen Elektrosynthese
- Einarbeitung in die Grundlagen der Geschwindigkeitsmessung mit optischen Verfahren sowie der numerischen Strömungssimulation mit OpenFOAM
- Aufbau, Durchführung und Auswertung der Geschwindigkeitsmessungen mit einer High-Speed-Kamera
- Durchführung der Simulationen eines Blasensäulenreaktors mit verschiedenen Ansätzen und Validierung der Ergebnisse mit den gemessenen Geschwindigkeitsdaten
- (Erweiterung der numerischen Lösers um weitere physikalische Prozesse)
- Auswertung und Interpretation der Geschwindigkeitsdaten und Simulationsergebnisse
- Dokumentation (Masterarbeit) und Präsentation des Projektes

Lernziele

- Selbstständiges Lösen komplexer technischer Probleme
- Verständnis und Anwendung von optischen Messmethoden
- Verständnis der Methodik/Modellierung von Mehrphasenströmungen und Anwendung des numerischen Strömungssimulationsprogramms OpenFOAM (CFD)
- (Code- und Modellentwicklung in der Programmiersprache C/C++)
- Darstellung, Interpretation und Beurteilung von Ergebnissen
- Verfassen und Verteidigung einer wissenschaftlichen Arbeit

Hintergrundwissen

Studierende des Bio- und Chemieingenieurwesens/Verfahrenstechnik (o.ä.) mit Freude an experimenteller und numerischer Arbeit. Kenntnisse in optischer Messtechnik und numerischer Strömungssimulation/Strömungsmechanik, sowie Programmierkenntnisse (z.B. C/C++, Python, Matlab o.ä.) können den Einstieg erleichtern, sind aber nicht zwingend erforderlich.

Kontakt

Wenn wir Ihr Interesse geweckt haben, dann wenden Sie sich gerne an uns:

Aufgabensteller: Prof. Dr. Oliver T. Stein (EBI-TFS)
Betreuer: M.Sc. David Märker (EBT-TFS) (david.maerker@kit.edu)
M.Sc. Jakub Gizewski (BLT2-EBT) (jakub.gizewski@kit.edu)