

Masterarbeit

Entwicklung und Simulation der optischen Komponenten eines Photoreaktors mit hoher Flussdichte zur Umsetzung von CO₂ im Labormaßstab Development and simulation of optical components of a lab-scale high flux photo reactor for CO₂ conversion

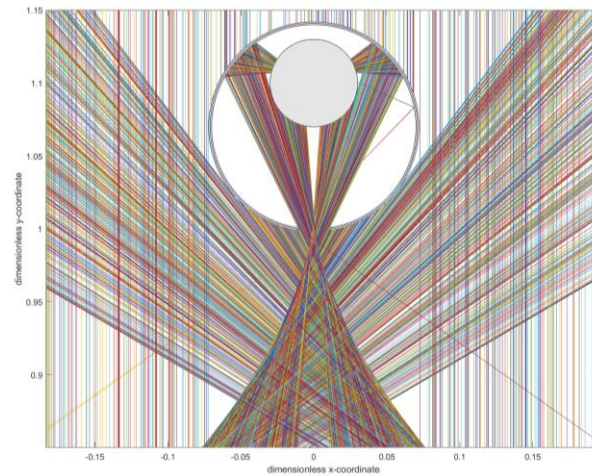
Hintergrund

Um, wie 2015 im Pariser Klimaabkommen¹ festgehalten, die vom Menschen verursachte Erderwärmung ‚deutlich unter 2,0 °C‘ zu halten, müssen dem im Oktober 2015 veröffentlichten Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)² zufolge die globalen anthropogenen Netto-CO₂-Emissionen bis 2050 den Wert „Null“ erreichen. Den vom IPCC aufgezeichneten möglichen positiv-Szenarien zu Folge ist das Erreichen einer CO₂-neutralen Weltwirtschaft bis 2050 nur möglich, wenn CO₂ in signifikanten Mengen aus der Atmosphäre entfernt und langfristig gebunden wird. Diese Forderung des IPCC stellt eine nicht dagewesene Herausforderung für Menschen aller Gesellschaften auf allen Kontinenten und für viele Wirtschaftszweige dar. Besonders drastisch werden die Veränderungen im Energiesektor und Mobilitätssektor sowie in energieintensiven Industrien, wie beispielsweise der chemischen Industrie sein.

Am Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wie auch an zahlreichen anderen Forschungseinrichtungen weltweit, werden deshalb Prozesse zur chemischen CO₂-Fixierung und/oder Nutzung erforscht. Beispielhaft seien z.B. die aktuellen Arbeiten des IMVT im ‚Energy Lab 2.0‘³ oder dem Kopernikus Projekt P2X⁴ genannt, in deren Rahmen CO₂ zusammen mit Wasser und erneuerbarer elektrischer Energie in Kohlenwasserstoffe umgesetzt wird. Zukunftsweisende Forschung am IMVT untersucht ergänzend dazu die direkte Nutzung der Energie des Sonnenlichts in Prozessen, durch die CO₂ mit Wasser katalytisch zu Kohlenwasserstoffen umgesetzt wird. Neben der Entwicklung von geeigneten Photokatalysatorsystemen ist die Entwicklung eines Photoreaktors, in dem Licht effizient konzentriert und in geeigneter Weise in den Reaktionsraum eingekoppelt wird, eine entscheidende Aufgabe, zu deren Lösung die Abschlussarbeit beitragen soll.

Die vielfältigen Herausforderungen bei der Entwicklung eines effizienten photochemischen Prozesses werden am IMVT im Rahmen von nationalen und internationalen Kooperationen angegangen. Die Entwicklung von Katalysatorsystemen wird z.B. in Kooperation mit der Geoffrey Alan Ozin Group an der University of Toronto⁵ (UoT) in Kanada vorangetrieben. Die Entwicklung des optischen Systems eines Photoreaktors wird im Rahmen einer Kooperation zwischen IMVT und LTI stattfinden.

Aufgaben/geplante Arbeiten



Strahlengänge in einer beispielhaften Raytracing Simulation mit MATLAB®

Der*die Student*in soll im Rahmen seiner*ihrer Abschlussarbeit unterstützt durch Raytracing-Simulationen mittels LightTools® und MATLAB® ein optisches System für einen Photoreaktor entwickeln. Für die benötigten Berechnungen wird eine Cluster-Infrastruktur zur Verfügung gestellt. Ziel der Entwicklung ist ein hoher photonischer Wirkungsgrad des Systems, eine möglichst homogene Ausleuchtung des Reaktionsraumes bei hoher Konzentration des einfallenden Lichtes und ein möglichst hoher thermischer Wirkungsgrad. Die Kernpunkte dabei werden die Konzentration des einfallenden Lichtes und die Verteilung des Lichtes im Reaktionsraum bei gleichzeitiger Minimierung von Wärmestrahlungsverlusten sein.

Hauptaspekte der Arbeit sind:

- Einarbeitung in die Simulationssoftware
- Erarbeitung eines grundlegenden Verständnisses für Strahlungstransport und Optiken
- Erarbeitung eines Designvorschlags zur Konzentration und Verteilung von einfallendem Licht auf der Reaktoraußenoberfläche
- Erarbeitung eines Designvorschlags zur effektiven Minimierung von Wärmeverlusten / Strahlungsverlusten

Zusätzliche Tätigkeitsfelder sind:

- Erarbeitung eines Konzepts zum Transport von Licht im Katalysatorsupport
- Vereinfachende / Verallgemeinernde Beschreibung der Fragestellung z.B. über Dimensionsanalysen
- Unterstützung beim Design des Prototyps (in Zusammenarbeit mit den Konstrukteur*innen der Mikrofertigung des IMVT).
- Unterstützung beim Aufbau eines Teststandes, in dem die Ergebnisse der Entwicklung experimentell validiert werden können.
- Experimentelle Validierung

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in schriftlicher Form zu dokumentieren (60 Seiten exklusive Anhang) und in einem Seminarvortrag am IMVT (30 Minuten) vorzustellen.

Rahmenbedingungen/Anforderungen

Die Abschlussarbeit wird im Umfeld der Kooperation zwischen IMVT und LTI ablaufen und von jeweils einem Betreuer an jedem Institut für die jeweiligen Gebiete betreut (Reaktionstechnik am IMVT und optische Systeme am LTI). Ferner werden im Rahmen eines geplanten Besuchs von Prof. Geoffrey Ozin (UoT) im

Februar 2019 der aktuelle Stand der Konzepte diskutiert und eventuell wichtige Randbedingungen, die das Katalysatorsystem stellt, ausgetauscht.

Der Status der Arbeit wird fortlaufend mit den Betreuern an LTI und IMVT sowie in den 2-wöchentlichen Gruppentreffen der Gruppe „Katalytisch aktive Schichten“ am IMVT diskutiert. Nach 50% der Bearbeitungszeit wird ein Halbzeitvortrag erwartet. Nach zwei und vier Monaten der Bearbeitungszeit sind außerdem Gespräche mit Prof. Roland Dittmeyer vorgesehen, in denen der Fortgang der Arbeit besprochen wird. Kenntnisse in der chemischen Reaktionstechnik sowie Grundlagen der Wärmeübertragung werden vorausgesetzt. Erfahrung des*der Student*in im Umgang mit Simulationssoftware (z.B. für Raytracing) und MATLAB sind erwünscht.

Beginn: XX.XX.2019
Aufgabensteller: Prof. R. Dittmeyer (IMVT) & Prof. U. Lemmer (LTI)
Zweitgutachter: -
Betreuung: Benjamin Fritz (LTI)
Paul Kant (IMVT)
Kontakt: benjamin.fritz@kit.edu, +49 721 608-42547
paul.kant@kit.edu, +49 721 608-22732

Quellen:

1. Paris Agreement. United Nations (2015).
2. Allen, M. *et al.* Global Warming of 1.5 °C. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018).
3. Karlsruhe Institut of Technology. Energy Lab 2.0. Available at <https://www.elab2.kit.edu/index.php> (2018).
4. Federal Ministry of Education and Research. The P2X Kopernikus project. Available at <https://www.kopernikus-projekte.de/en/projects/power2x> (2018).
5. University of Toronto. Solar Fuels Cluster. Available at <http://www.solarfuels.utoronto.ca/> (2018).