

TOP-Forschungsprojekte 2018

Adaptive isogeometrische dreidimensionale Phasenfeldmodellierung zur morphologischen Evolution von Lipid-Doppelschichten in Wechselwirkung mit Strömungsfeldern und elektrischen Feldern

Professur: Modellierung und Simulation – Mechanik
Prof. Dr.-Ing. Timon Rabczuk
Fakultät Bauingenieurwesen



Drittmittelgeber: DFG
Fördersumme: 182.380,00 Euro

Beschreibung:

Die Verwendung von elektrischen Feldern als Stimulus ist eine wirksame Technik zur Manipulation des Vesikelverhaltens in einer Vielzahl von biotechnologischen Anwendungen. Beispielsweise wurde Elektroporation zur Zellmanipulation und Krebsbehandlungen eingesetzt. Elektrische Felder wurden ebenso als leistungsfähiges Zellmanipulationsverfahren zur Gewebeablation, Wundheilung, Elektroformation und Elektrofusion von Riesenvesikeln ausgenutzt. Diese Anwendungen haben theoretische Studien über die Elektrohydrodynamik von Vesikeln motiviert, welche ein besseres Verständnis über Membranreaktionen unter Einwirkung elektrischer Felder und Strömungsfelder versprechen. Die Problemstellung wird bei mehrkomponentigen Vesikeln aufgrund der Kopplung der Phasentrennungsdynamik und Elektrohydrodynamik noch komplizierter.

Das Hauptziel dieses Forschungsvorhabens ist es, ein dreidimensionales Modell zur morphologischen Entwicklung von ein- und mehrkomponentigen Lipidmembranen unter gekoppelten Strömungsfeldern und elektrischen Feldern zu implementieren. Dafür soll ein thermodynamisch konsistentes Phasenfeldmodell von mehrkomponentigen Vesikeln unter dem Einfluss von intra- und extrazellulären Flüssigkeiten entwickelt werden, welches die Phasentrennungsdynamik, das sog. 'Budding' und 'Fission' (Spaltung) sowie die Vesikel-Hydrodynamik koppelt. Dieses Modell soll Adsorptions-/Desorptionsprozesse an der Membran und den Transport krümmungsinduzierender Moleküle in das Fluid und von der Membran berücksichtigen. Ebenso ist eine Erweiterung des Phasenfeldmodells auf Vesikel-Elektrohydrodynamik angedacht, um Effekte der Fluidströmung und elektrischen Feldern auf die Vesikel zu erfassen. Es soll dazu eine dreidimensionale adaptive IGA-Formulierung basierend auf 'Truncated Hierarchical B-Splines' (THB-splines) implementiert werden, welche eine lokale Verfeinerung und Vergröberung erlaubt. Darüber hinaus erfüllen THB-Splines die Anforderung an globale C1-Stetigkeit; die zugrundeliegenden partiellen Differentialgleichungen sind vierter Ordnung.

Das Modell soll zur Erlangung eines besseren Verständnisses der Hydrodynamik und Elektrohydrodynamik von ein- und mehrkomponentigen Vesikeln herangezogen werden. In diesem Zusammenhang sind auch die Einzelheiten der Endozytoseprozesse unter Berücksichtigung von Trägheitseffekten zu untersuchen. Das Auffinden der Porenbildung in der Membran verspricht auch ein besseres Verständnis zur Zellelektroporation zu erlangen. Das vorgeschlagene dreidimensionale Modell ermöglicht es zusätzliche Vesikel-Moden zu erfassen, welche mit bisherigen axialsymmetrischen bzw. zweidimensionalen Modellen nicht erfasst werden konnten. Letztendlich soll ein besseres Verständnis zum Vesikelverhalten in unterschiedlichen biophysikalischen Situationen erlangt werden, welches zum Design neuer effizienter Techniken zur Zellmanipulation herangezogen werden kann.

Kontakt:

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Modellierung und Simulation - Mechanik
Prof. Dr.-Ing. Timon Rabczuk
timon.rabczuk@uni-weimar.de

Marienstraße 15
99423 Weimar
Tel. 03643 / 58 45 04