

Vergleichsstudie zur Tankreinigungssimulation

Die ADVITEC Informatik GmbH in Dresden entwickelte in Abstimmung mit dem Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV die Software ADVISIM^{3D} zur Reinigungssimulation von komplexen Behältern und Maschinen. Die Flüssigkeitsverteilung von Reinigungsdüsen wird darin auf beliebige Geometrien projiziert und dargestellt.

In der von der Technischen Universität Dresden durchgeführten Vergleichsstudie wurden zwei gänzlich verschiedene Simulationsmethoden anhand eines gemeinsamen Testfalls betrachtet. Die Benetzungssproblematik in einem Prozessbehälter mit mehreren Anschlussstutzen und einem schnell rotierenden Schwallreiniger wurde jeweils nachgestellt und virtuell simuliert. In einer Studie¹ des Pharmaceutical Manufacturing Technology Centre (PMTC) der University of Limerick erfolgte dies mit modernsten hybriden Simulationsmethoden (Abb. 1). Dabei werden vielfältige Einflüsse, wie bspw. Gravitation, Tropfenflug und -reflektion sowie Filmströmung an Wänden, physikalisch korrekt und hochaufgelöst berechnet. Die Berechnungsdauer für eine physikalische Zeit von einer Sekunde betrug etwa einen Monat. Der vereinfachte Ansatz von ADVISIM^{3D} beruht auf der Grundlage der Lichtstrahlprojektion und wurde um relevante Einflüsse erweitert. Simulationsergebnisse liegen hier bereits innerhalb von Sekunden vor.

Der durchgeführte qualitative Vergleich ergab nur geringfügige Unterschiede zwischen den Ergebnissen der hochaufgelösten Simulation und ADVISIM^{3D}. In beiden Simulationen wurden Sprüschatten in den reinigungskritischen Innenflächen der Prozessanschlüsse identifiziert und eine reduzierte Flüssigkeitsaufbringung in der Deckelwölbung des Behälters aufgezeigt. Geringe Unterschiede werden in der Ausprägung der unbenetzten Teilflächen deutlich, welche sich auf Aspekte der Tropfenreflektion und abfließender Flüssigkeit zurückführen lassen.

Ein abschließender quantitativer Vergleich der benetzten Teilflächen bestätigt die hohe Ähnlichkeit der Simulationsergebnisse. In der PMTC-Studie ist der Anteil der benetzten Flächen mit 96,2 % angegeben. Die Auswertung der Ergebnisse aus ADVISIM^{3D} ergab hier einen Anteil benetzter Flächen von 96,8 %.

Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass die benetzten Bereiche mit beiden Simulationsansätzen qualitativ wie quantitativ überwiegend gleichartig identifiziert wurden. Es konnte kein signifikanter Unterscheidungsgrund gefunden werden, der einen direkten Vergleich der beiden Simulationsergebnisse nicht zulassen würde. Für eine konstruktive Auslegung der Düsenpositionierung im Tank wurden sämtliche reinigungskritische Stellen mit beiden Simulationen ersichtlich. ADVISIM^{3D} hat den für eine ingenieurgemäße Anwendung entscheidenden Vorteil von einer nahezu Echtzeitfähigkeit und die Validität dieser Simulationsmethode wird durch den hier durchgeführten Vergleich mit einer physikalisch hochaufgelösten Simulation noch einmal deutlich gestärkt.

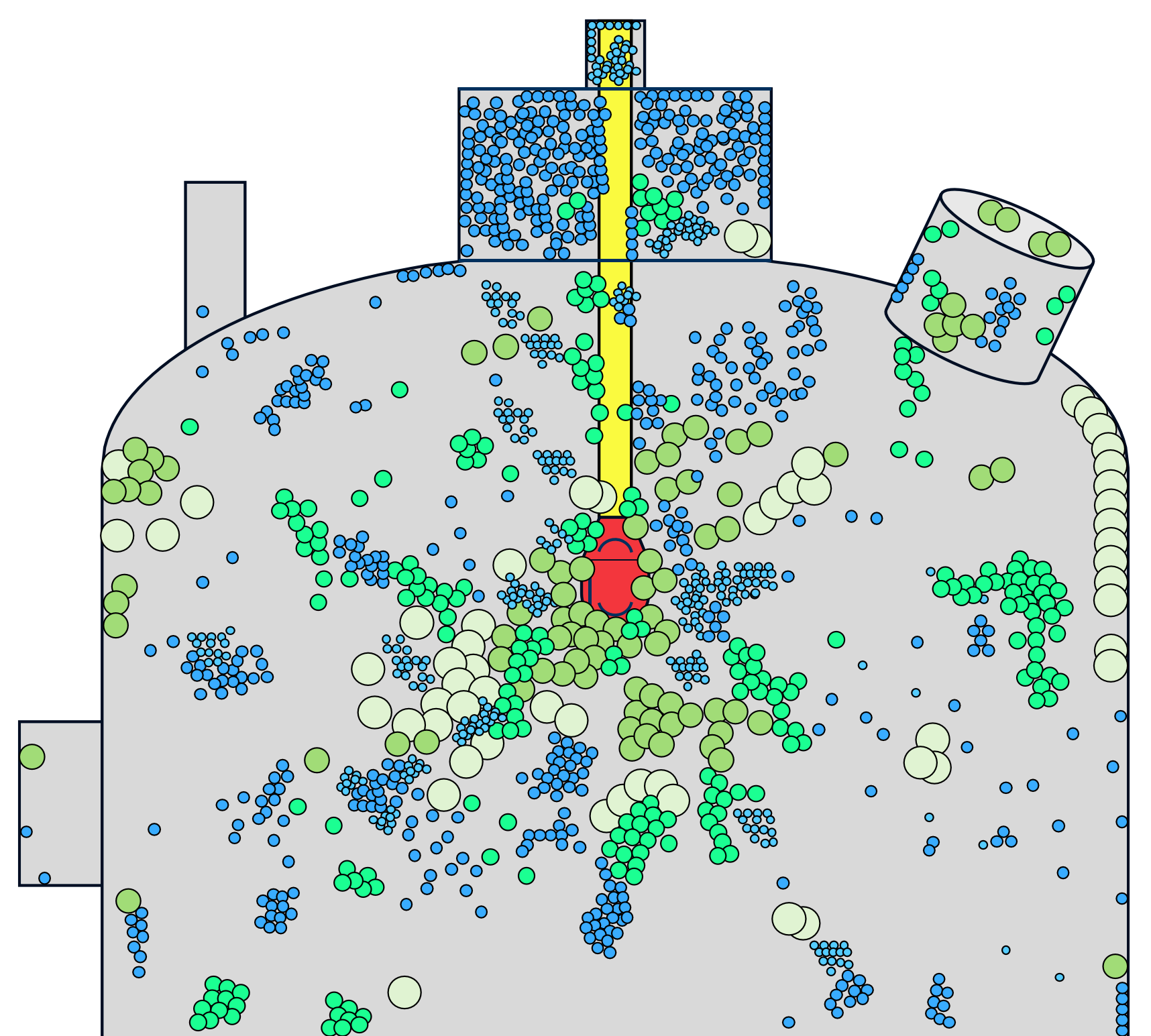


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Tropfenflugs und der Flüssigkeitsansammlung an der Behälterwand entsprechend der PMTC-Simulation¹

¹ Moghimi, M.H., Karimi-Jafari, M., Shardt, O., 2025. Simulations of sprays in vessels and the effects of key variables for understanding cleaning processes. In: *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 217, pp. 128-151
<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2025.03.027>

