

Optimierung von Herzpumpen

Instationäre Berechnung und Analyse des Strömungsfeldes in implantierbaren Herzunterstützungspumpen

B. Torner, F.-H. Wurm, Lehrstuhl für Strömungsmaschinen (ITU), Universität Rostock

Kurzgefasst

- Untersuchung des Strömungsfeldes in einer Herzunterstützungspumpe.
- Ziel: Analyse der strömungsinduzierten Blutschädigung und deren Ursachen.
- Die Simulationen werden mithilfe der Large-Eddy-Simulationsmethode in mehreren Lastpunkten realisiert. Dabei wird das Ziel verfolgt, den Einfluss der turbulenten Strömung auf die Blutschädigung zu untersuchen.
- Weiterhin werden Simulationen mit einer Puls-Randbedingung durchgeführt. Ziel ist es, die Blutschädigung unter realistischen Bedingungen zu analysieren.

Implantierbare Herzunterstützungssysteme (engl. Ventricular Assist Devices, VADs) sind etablierte, technische Lösungen um die Herzfähigkeit von Patienten mit schwerer Herzinsuffizienz zu verbessern. Heutzutage werden VADs fast ausschließlich als Turbopumpen ausgeführt, da diese erhebliche Vorteile gegenüber pulsatilen Pumpen besitzen.

Allerdings erfahren die Blutbestandteile beim Betrieb dieser Pumpen nicht-physiologisch hohe Spannungen. Diese Spannungen und die verbundene Aussetzzeit der Spannung verursachen Schädigungen der Blutkomponenten, welche zu schwerwiegenden Nebenwirkungen für den Patienten führen. Auftretende Nebenwirkungen sind dabei unter anderem Thrombose in der Pumpe und thromboembolische Ereignisse (z.B. Schlaganfall), innere Blutungen oder Hämolyse. Da die VAD-Therapie derzeit die vielversprechendste Behandlungsmethode für schwere Herzinsuffizienz ist, müssen VADs bezüglich ihres Schädigungspotentials untersucht werden.

Ein weitverbreiteter Ansatz, um Blutschädigung in einer VAD zu bewerten, ist die Modellierung und Vorhersage der Blutschädigung unter Zuhilfenahme von numerischen Strömungssimulationen. Die meisten der verwendeten Blutschädigungsvorhersagemodelle basieren dabei auf der Bewertung des Scherspannungsfeldes in der VAD.

Hierbei lassen sich derzeit zwei Einschränkungen erkennen, welche bei den heutigen Strömungssimulationen das numerische Berechnen von wirklicher Blutschädigung erschwert.

Zum einen beschränken sich die meisten, numerischen Studien bezüglich der Blutschädigungsvorhersage in VADs auf Analysen von stationären Betriebspunkten bei konstantem Volumenstrom und konstanter Drehzahl. Jedoch operiert das VAD im kardiovaskulären System unter ständig variierendem Volumenstrom durch die Restaktivität des Herzens. Der permanent veränderliche Betriebspunkt des VAD hat Auswirkung auf das Scherspannungsfeld und somit auf die Blutschädigungsvorhersage. Jedoch wurden Studien zur Analyse von pulsatilem Zuströmung bisher selten durchgeführt. Somit soll als erste Themenstellung der Einfluss einer realistischen Randbedingung auf die Blutschädigungsvorhersage in dem VAD untersucht werden.

Zum anderen wird die Strömung in VADs fast ausschließlich mit URANS-Verfahren unter Zuhilfenahme von Zweigleichungs-Turbulenzmodellen berechnet. Bei diesen Verfahren wird ein Großteil des turbulenten Strömungsanteils modelliert, wobei der Einfluss der turbulenten Strömung auf die instationäre Schädigungsvorhersage zumeist nicht berücksichtigt wird. Jedoch ist bekannt, dass Turbulenz einen Einfluss auf die Blutschädigung hat. Das turbulente Strömungsfeld wird bei Large-Eddy Simulationen (LES) zum Großteil direkt aufgelöst. Aus diesem Grund kann der turbulente Einfluss auf die transiente Blutschädigungsvorhersage direkt berücksichtigt und analysiert werden.

Um die oben genannten Schwerpunkte zu untersuchen, sollen auf dem HLRN die notwendigen, numerischen Strömungsberechnungen durchgeführt werden. Für die geplanten Simulationen wird die Software ANSYS CFX verwendet. Das numerische Modell für die Rechnungen ist eine komplette, axiale Turbomaschine, bestehend aus einem Rotor, einem Vorleit- und einem Nachleitrad. Die Rechendomäne ist in Abbildung 1 skizziert.

Weitere Informationen

- [1] <http://www.itu.uni-rostock.de>
- [2] **Torner, B., Hallier, S.; Witte, M.; Wurm, H.** Large-Eddy and Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes Simulation of an Axial Flow Pump for Cardiac Support. ASME TurboExpo 2017, Charlotte, USA, 2017.
- [3] **Torner, B.; Hallier, S.; Konnigk, L.; Wurm, H.** Comparison of Large-Eddy and Reynolds-Averaged Navier-Stokes Simulations Regarding their Potential to Predict Hemolysis in

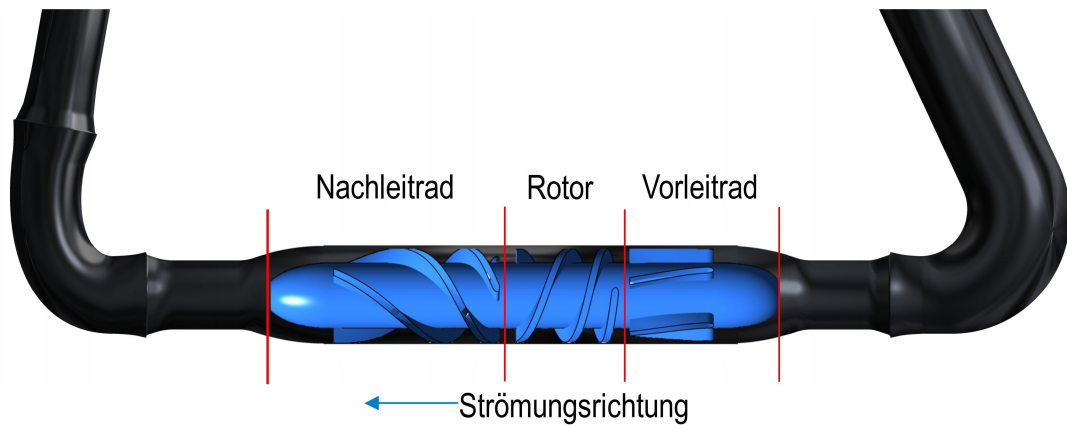


Abbildung 1: Modell der Turbopumpe und Skizze der Rechendomain.

Blood Pumps. ASAIO 63rd Annual Conference 2017, Chicago, USA, 2017.

- [4] **Torner, B., Wurm, F.-H.** Analyse des Strömungsfeldes in einer Herzpumpe mittels Large-Eddy Simulation. Kolloquium Fluidenergietechnik, Vienna, Austria, 2018.
- [5] **Konnigk, L., Torner, B., Hallier, S., Wisniewski, A., Medart, D., Wurm, H.** Comparison of an URANS and VLES regarding their potential to predict Hemolysis with stress-based prediction models. 44th ESAO Congress, Vienna, Austria, 2017.
- [6] **Hallier, S., Torner, B., Kumar, J., Wurm, H.** Miniaturization of an Implantable Pump for Heart Support. 16th ISROMAC, Honolulu, USA, 2016.
- [7] **Torner, B., Wurm, H.** Large-Eddy Simulation in einer miniaturisierten axialen Strömungspumpe. ERCOFTAC Technologietag, Stuttgart, 2016.