

# Inhaltsverzeichnis

<b>Nomenklatur</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Forschung</b>	<b>4</b>
2.1 Ventricular Assist Devices (VADs) . . . . .	4
2.2 Experimentelle Analysen der Strömung und Blutschädigung in VADs . . . . .	7
2.2.1 Messung von Strömungsgrößen . . . . .	7
2.2.2 Arten und Messung strömungsinduzierter Blutschädigung . . . . .	9
2.3 Numerische Analysen der Strömung und Blutschädigung in VADs . . . . .	16
2.3.1 Numerische Modellierung der Strömung in VADs . . . . .	16
2.3.2 Numerische Blutschädigungsvorhersage . . . . .	21
2.4 Berücksichtigung turbulenter Spannungen in der Blutschädigungsvorhersage	28
2.5 Fragestellungen und Lösungsweg zur Beantwortung der Forschungsfragen . .	34
<b>3 Verwendete Methoden</b>	<b>37</b>
3.1 VAD-Modell und Rechendomäne . . . . .	37
3.2 Numerische Methoden . . . . .	38
3.2.1 Large-Eddy Simulation: Definition und Turbulenzmodellierung . . . .	38
3.2.2 Rechengittererstellung . . . . .	42
3.2.3 Berechnete Betriebspunkte des VAD . . . . .	45
3.2.4 Rechenverlauf, Rand- und Anfangsbedingungen . . . . .	46
3.2.5 Numerische Einstellungen und Fluiddefinition . . . . .	48
3.3 Experimentelle Methoden . . . . .	49
3.3.1 Acrylmodell und Prüfstand . . . . .	50
3.3.2 Fluid, Messverlauf und verwendete Messtechnik . . . . .	54
3.4 Eingesetzte Methoden für die Auswertung . . . . .	55
3.4.1 Messunsicherheitsberechnung der experimentellen Daten . . . . .	55
3.4.2 Definition einer Vergleichsspannung für das gesamte Strömungsfeld .	57
3.4.3 Methoden zur Qualitätsprüfung der LES-Rechnungen . . . . .	60
3.4.4 Verwendete Blutschädigungsvorhersagemodelle . . . . .	66
<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>68</b>
4.1 Verifikation und Validierung der Simulationen . . . . .	68
4.1.1 Qualitätsprüfung im turbulenten Strömungsfeld . . . . .	68

---

4.1.2	Qualitätsprüfung der berechneten Scherspannungsfelder . . . . .	72
4.1.3	Validierung des numerischen Modells mittels der Förderhöhe . . . . .	76
4.2	Numerische Untersuchung der Strömung und der Blutschädigung im VAD . .	79
4.2.1	Analyse des turbulenten Strömungsfeldes . . . . .	79
4.2.2	Betrachtung der Vergleichsspannungen im Strömungsfeld . . . . .	96
4.2.3	Einfluss von turbulenten Spannungen auf die Blutschädigungsvorher- sage . . . . .	103
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung, Limitationen und neue Forschungsfragen</b>	<b>111</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>xvi</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>xx</b>