

# Inhaltsverzeichnis

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>  | <b>viii</b> |
| <b>Symbolverzeichnis</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>1 Einleitung und Zielsetzung</b>   | <b>1</b>    |
| <b>2 Kühlung thermisch hochbelasteter Brennkammerwände</b>                        | <b>5</b>    |
| 2.1 Grundlagen moderner Brennkammerkonzepte . . . . .                             | 5           |
| 2.2 Charakterisierung von Drallströmungen . . . . .                               | 8           |
| 2.3 Grundlagen der Filmkühlung in Brennkammern . . . . .                          | 12          |
| 2.3.1 Kühltechnologien in Brennkammern . . . . .                                  | 12          |
| 2.3.2 Analytische Beschreibung des thermischen Verhaltens . . . . .               | 15          |
| 2.3.3 Kennzahlen der Filmkühlung und Übertragbarkeit . . . . .                    | 17          |
| 2.4 Kenntnisstand der Forschung und Problemstellung . . . . .                     | 23          |
| <b>3 Auslegung und Aufbau des experimentellen Prüfstandes</b>                     | <b>31</b>   |
| 3.1 Festlegung der Auslegungsparameter . . . . .                                  | 31          |
| 3.2 Untersuchte Konfigurationen . . . . .   | 33          |
| 3.2.1 Untersuchte Drallbrennerkonfigurationen . . . . .                           | 33          |
| 3.2.2 Kühlungsschema und Hitzeschildgeometrien . . . . .                          | 38          |
| 3.3 Beschreibung der Messstrecke und der Infrastruktur . . . . .                  | 39          |
| 3.4 Messwerterfassung und Betriebsüberwachung . . . . .                           | 45          |
| <b>4 Messtechnik</b>  | <b>47</b>   |
| 4.1 Charakterisierung des aerodynamischen Verhaltens . . . . .                    | 47          |
| 4.1.1 Particle Image Velocimetry (PIV) . . . . .                                  | 47          |
| 4.1.2 Grundlagen der POD Analyse . . . . .  | 51          |
| 4.1.3 Druckmesstechnik . . . . .  | 53          |
| 4.2 Bestimmung des thermischen Verhaltens mittels Infrarotthermographie . . . . . | 55          |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Entwicklung eines numerischen Modells</b>   | <b>63</b>  |
| 5.1      | Modellerstellung und Gittergenerierung . . . . .                                     | 63         |
| 5.2      | Auswahl eines geeigneten Rechenmodells . . . . .                                     | 64         |
| <b>6</b> | <b>Ergebnisse und Diskussion</b>   | <b>67</b>  |
| 6.1      | Aerodynamische Charakterisierung der Kühlluft-Heissgasinteraktion . . . . .          | 67         |
| 6.1.1    | Statische Wanddruckverteilung . . . . .  | 67         |
| 6.1.2    | Analyse des zeitlich gemittelten Strömungsfeldes . . . . .                           | 73         |
| 6.1.3    | Analyse des instationären Strömungsfeldes . . . . .                                  | 103        |
| 6.2      | Einfluss der Drallströmung auf die Wirkung der Filmkühlung . . . . .                 | 111        |
| 6.2.1    | Definition lokaler Ausblaseraten . . . . .   | 111        |
| 6.2.2    | Thermische Charakterisierung der Filmkühlung anhand von Kühleffektivitäten . . . . . | 113        |
| <b>7</b> | <b>Numerische Analyse</b>  | <b>131</b> |
| 7.1      | Vergleich experimenteller Ergebnisse mit CFD Simulationen . . . . .                  | 131        |
| 7.2      | Optimierung der Kühlwirkung der Filmlegerluft . . . . .                              | 135        |
| <b>8</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>  | <b>139</b> |
|          | <b>Literatur</b>   | <b>143</b> |
|          | <b>Anhang</b>  | <b>151</b> |
| A.1      | Statische Druckverteilungen der Konfigurationen GEN und CON 1 . . . . .              | 151        |
| A.2      | Geschwindigkeitsverteilungen . . . . .   | 152        |
| A.3      | Lokale Filmkühleffektivitäten . . . . .  | 154        |