

Forschungsberichte Strömungslehre und Aerodynamik

Band 20

**Markus Gnirß**

**Strömung und Mischung im Primärzonenbereich  
von modernen Gasturbinenbrennkammern**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag  
Aachen 2008

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Schadstoffe . . . . .	2
1.1.1	CO <sub>2</sub> und H <sub>2</sub> O . . . . .	2
1.1.2	UHC, CO und Ruß . . . . .	5
1.1.3	SO <sub>2</sub> . . . . .	6
1.1.4	NO <sub>x</sub> . . . . .	6
1.2	Schadstoffvermeidung . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>12</b>
2.1	Die Brennkammerströmung . . . . .	12
2.2	Stand der Forschung . . . . .	14
2.2.1	Drallströmungen . . . . .	15
2.2.2	Jet-in-Crossflow . . . . .	19
2.2.3	Einblasung in eine verdrehte Hauptströmung . . . . .	22
2.3	Aktuelle Tätigkeiten . . . . .	24
2.3.1	Ziele der Arbeit . . . . .	25
<b>3</b>	<b>Aufbau</b>	<b>28</b>
3.1	Modellbildung . . . . .	28
3.2	Dralldüse . . . . .	32
3.3	Peripheriegeräte . . . . .	33
3.4	Betriebsparameter . . . . .	35
3.4.1	Unsicherheit der Betriebsparameter . . . . .	41
<b>4</b>	<b>Messtechnik und Datenanalyse</b>	<b>42</b>
4.1	Übersicht . . . . .	42
4.1.1	Tracerpartikel . . . . .	43
4.2	Laser Doppler Velocimetry (LDV) . . . . .	46
4.2.1	Turbulenzspektren . . . . .	47
4.3	Particle Image Velocimetry (PIV) . . . . .	49
4.4	Konzentrationsmessungen (QLS) . . . . .	52
4.4.1	Aufbau . . . . .	54
4.4.2	Signalverarbeitung . . . . .	60
4.4.3	Mischungsquantifizierung (Ungemischtheit) . . . . .	65

4.4.4	Rauschen . . . . .	71
4.5	Kombinierte Messverfahren (QLS/PIV) . . . . .	82
4.5.1	Zufällige Fehler . . . . .	82
4.5.2	Systematische Fehler . . . . .	84
4.5.3	Proper Orthogonal Decomposition (POD) . . . . .	90
4.6	Statistische Sicherheit . . . . .	96
<b>5</b>	<b>Numerische Simulationen</b>	<b>101</b>
5.1	Modellierung . . . . .	101
5.1.1	Rechengitter und Randbedingungen . . . . .	104
5.1.2	Turbulenzmodell . . . . .	105
5.1.3	Validierung . . . . .	106
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>109</b>
6.1	Grundströmung . . . . .	110
6.1.1	Mittleres Strömungsbild . . . . .	110
6.1.2	Instationäre Betrachtung . . . . .	119
6.2	Massenstromvariation . . . . .	131
6.3	Variation des Impulsverhältnisses . . . . .	134
6.4	Variation der Bypassströmung . . . . .	146
6.4.1	Durchflussbeiwerte . . . . .	146
6.4.2	Mischkammerströmung . . . . .	152
6.5	Beurteilung der Ergebnisse im Brennkammerkontext . . . . .	160
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>163</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>167</b>
A.1	Theoretisches Lichtschnittintensitätsprofil . . . . .	167
A.2	Lichtschnittkoordinaten . . . . .	168
A.2.1	Generierung des Streifenmusters . . . . .	168
A.2.2	Transformation der Intensität . . . . .	168
A.3	Vertrauensintervalle . . . . .	171
A.4	Turbulenzspektren . . . . .	181