

INHALT

NOMENKLATUR	vii
1	EINLEITUNG 1
1.1	Energie, Ressourcen und Klimawandel 1
1.2	Kontext dieser Arbeit 4
1.2.1	Charakteristika technischer Verbrennungsprozesse 4
1.2.2	Mathematische Beschreibung technischer Verbrennung 5
1.2.3	Anforderungen an experimentelle Validierungsdaten 6
1.3	Zielstellung dieser Arbeit und Stand des Wissens 9
1.4	Gliederung 14
2	THEORIE 16
2.1	Verbrennung..... 16
2.1.1	Chemische Reaktion und Reaktionskinetik 16
2.1.2	Charakterisierung von Flammentypen und Brennern 17
2.2	Fluidmechanik 19
2.2.1	Erhaltungsgleichungen 19
2.2.2	Turbulenz..... 21
2.2.3	Simulationsmethoden für turbulente Strömungen 25
2.3	Turbulenz-Chemie-Interaktion 26
2.3.1	Regime turbulenter Vormischflammen 26
2.3.2	Modelle turbulenter Vormischverbrennung..... 28
3	EXPERIMENTELLER AUFBAU UND DIAGNOSTIK 31
3.1	Stratifizierter Brenner 31
3.1.1	Konstruktion 31
3.1.2	Betriebspunkte 33
3.2	Techniken moderner Verbrennungsdiagnostik 36
3.2.1	Techniken zur quantitativen Bestimmung von Konzentrationen, Temperaturen und Geschwindigkeiten..... 37
3.2.2	Laser-Doppler-Anemometrie 38
3.2.2.1	Grundlagen und Prinzip 38
3.2.2.2	Experimentelle Realisierung 40
3.2.2.3	Momente der Geschwindigkeit und abgeleitete Größen 41
3.2.2.4	Zeitreihen und integrale Zeitmaße..... 44
3.2.3	Particle Image Velocimetry 45
3.2.3.1	Grundlagen und Prinzip 45
3.2.3.2	Experimentelle Realisierung und Datenreduktion 46
3.2.3.3	Felder der Geschwindigkeitsmomente 47
3.2.3.4	Integrale Zeit- und Längenmaße 48

3.2.4	Raman/Rayleigh-Streuung	50
3.2.4.1	Grundlagen und Prinzip	50
3.2.4.2	Experimentelle Realisierung	53
3.2.4.3	Kalibrierung und Datenreduktion	59
3.2.4.4	Apparatur-Charakteristika	62
3.2.4.5	Verbesserungspotenzial	79
3.2.5	Prüfstand	80
3.2.5.1	Laser und Strahlfallen	80
3.2.5.2	Kameras	81
3.2.5.3	Strahlagenkontrolle und -korrektur	81
3.2.5.4	Energierferenz	81
3.2.5.5	Umgebungstemperaturen und Luftdruck	81
3.2.5.6	Referenzobjekte, Kalibrierbrenner und Massendurchflussregelung	82
3.2.5.7	Brenner-Positioniersystem	82
3.2.5.8	Einhausung und thermische Abschirmung	82
3.2.5.9	Synchronisation	83
3.2.5.10	Computer-Kommunikation und Online-Statistik	83
3.3	Übersicht der Messgrößen, Charakteristika und Fehler	85
4	EXPERIMENTELLE ERGEBNISSE	87
4.1	Vergleich der Konfigurationen	87
4.1.1	Einordnung im Regime-Diagramm	87
4.1.2	Integrale Zeitmaße	88
4.1.3	Parametervariationen	89
4.1.3.1	Einfluss der Verbrennung	90
4.1.3.2	Einfluss der Austrittsgeschwindigkeit	91
4.1.3.3	Einfluss der Stratifizierung	93
4.1.3.4	Einfluss der Scherung	95
4.1.3.5	Einfluss des Brennstoffes	97
4.2	Analyse der „Basis“-Konfiguration	99
4.2.1	Radialprofile ausgewählter Skalare	100
4.2.2	Verlauf der Mischungs- und Scherschichten	101
4.2.3	Geschwindigkeitsfelder und abgeleitete Größen	103
4.2.4	Wahrscheinlichkeitsverteilungen ausgewählter Skalare	105
4.2.5	Instantane Skalarprofile und konditionierte Statistiken	110
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	114
	ANHANG	116
a	Radialprofile der untersuchten Konfigurationen	116
b	Statistik und Fehler	154
c	Rayleigh-Streuquerschnitte	155
	BIBLIOGRAPHIE	156