

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen turbulenter Strömungen und Flammen	5
2.1	Grundgleichungen und thermodynamische Betrachtungen	5
2.2	Turbulente Strömungen	6
2.3	Eigenschaften von Strömungsfeldern	9
2.3.1	Drallbehaftete Strömungen	12
2.3.2	Definition und Bedeutung der Drallstärke	15
3	Grundlagen der Verbrennungstechnik	19
3.1	Thermische Leistung und Luftzahl	19
3.2	Laminare und turbulente Brenngeschwindigkeit	21
3.3	Einteilung von Vormisch-Flammen nach Borghi	23
3.4	Drallflammen in technischen Anwendungen	27
3.4.1	Eigenschaften turbulenter Vormisch-Drallflammen	29
3.4.2	Zündstabilisierung bei Vormisch-Drallflammen	29
4	Grundlagen der Verbrennungsinstabilitäten	31
4.1	Periodische Verbrennungsinstabilitäten	31
4.2	Rückkopplung bei Verbrennungsinstabilitäten	32
4.2.1	Das Phänomen der periodischen Ringwirbelbildung bei Vormischflammen	34
4.2.2	Stabilitätskriterien zur Entstehung und Aufrechterhaltung selbsterregter Verbrennungsinstabilitäten	38

4.2.3	Die Bedeutung flammeninterner Verzugszeiten zur Charakterisierung des dynamischen Verhaltens vorgemischter Drallflammen	40
4.2.4	Das universelle Modell zur quantitativen Vorhersage der Phasenfunktion bei Vormischflammen	42
5	Modellierung von Helmholtz-Resonatoren	45
5.1	Das Modell des einfachen Helmholtz-Resonators	46
5.1.1	Modellierung des frequenzabhängigen Resonanzverhaltens einer Brennkammer vom Typ des einfachen Helmholtz-Resonators	51
5.1.2	Modellierung der Schwingungsdämpfung durch den Dämpfungsparameter D	54
5.2	Das Modell gekoppelter Helmholtz-Resonatoren	55
5.2.1	Berechnung des Resonanzverhaltens zweier gekoppelter Resonatoren	62
5.2.2	Berechnung des Resonanzverhaltens zweier, gekoppelter Helmholtz-Resonatoren für unterschiedliche Anlagengeometrien	65
5.2.3	Einfluss der Dämpfungsparameter D_i auf das Übertragungsverhalten gekoppelter Helmholtz-Resonatoren	69
5.2.4	Berechnung des Resonanzverhaltens gekoppelter Helmholtz-Resonatoren bei Variation geometrischer Größen sowie der Fluideigenschaften in der Brennkammer	71
6	Versuchsaufbau und Messtechnik	77
6.1	Versuchsaufbau einfacher Helmholtz-Resonator	78
6.1.1	Untersuchungen unter atmosphärischen Bedingungen	78
6.1.2	Eigenschaften einfacher Helmholtz-Resonatoren unter erhöhtem Betriebsdruck	82
6.2	Versuchsaufbau gekoppelte Helmholtz-Resonatoren	83
6.3	Vormisch-Verbrennungssystem	86
6.3.1	Versuchsträger doppelt-konzentrischer Drallbrenner	86

6.3.2	Vormisch-Verbrennungssystem mit Drallbrenner und Brennkammer vom Helmholtz-Resonator-Typ	90
6.4	Messtechnik	91
6.4.1	Messung mittlerer Volumenströme und Temperaturen . . .	91
6.4.2	Konstant-Temperatur-Hitzdrahtanemometrie	93
6.4.3	Druckmesstechnik mit Kondensatormikrofonen	94
7	Ergebnisse	97
7.1	Untersuchungen einfacher Helmholtz-Resonatoren	98
7.1.1	Vergleich von gemessenen Resonanzkurven von Einfach-Helmholtz-Resonatoren mit Vorhersagen des physikalischen Modells	99
7.1.2	Einfluss der Wandrauigkeit auf das Resonanzverhalten eines Einfach-Helmholtz-Resonators	103
7.1.3	Beheizung der Wandgrenzschicht des Abgasrohres beim einfachen Helmholtz-Resonator	105
7.1.4	Untersuchungen zum Einfluss des mittleren Brennkammerdrucks auf das Übertragungsverhalten des einfachen Helmholtz-Resonators	108
7.2	Gekoppelte Helmholtz-Resonatoren	112
7.2.1	Vergleich gemessener Resonanzkurven von gekoppelten Systemen mit Vorhersagen des physikalischen Modells . .	117
7.2.2	Parametervariation für gekoppelte Helmholtz-Resonator-Systeme	120
7.3	Gekoppelte Resonatoren mit Verbrennung	124
7.3.1	Bestimmung des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens des doppelt-konzentrischen Drallbrenners	125
7.3.2	Bestimmung des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens eines realen Vormisch-Verbrennungssystems . .	125
8	Zusammenfassung	129
9	Symbolverzeichnis	133

Literaturverzeichnis	137
Abbildungsverzeichnis	147