

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Kohärente Strukturen und die Karhunen-Loève-Zerlegung	2
1.2	Grobstruktursimulation turbulenter Strömungen	4
1.3	Zielsetzung der Arbeit	6
1.4	Aufbau der Arbeit	7
2	Grobstruktursimulation der turbulenten Umströmung einer Halbkugel	9
2.1	Geometrie des Experiments	9
2.2	Simulationsverfahren	10
2.2.1	Numerisches Verfahren	10
2.2.2	Parameter der Simulationen	11
2.2.3	Erzeugung der Zuströmbedingung.	12
2.3	Diskussion der Ergebnisse	14
2.3.1	Zeitlich gemittelte Strömung	14
2.3.2	Vergleich der Simulation mit dem Experiment	15
2.3.3	Ablöseprozesse	18
2.4	Zusammenfassung	23
2.5	Abbildungen	25
3	Karhunen-Loève-Zerlegung	40
3.1	Grundlagen	40
3.1.1	Herleitung	41
3.1.2	Beziehung zwischen den Karhunen-Loève-Eigenfunktionen und dem Druck- feld	45
3.1.3	Zusammenfassung.	47

3.2	Überblick über den aktuellen Stand der Forschung	48
3.2.1	Konvergenz der Reihenentwicklung	48
3.2.2	Karhunen-Loève-Dimension	49
3.2.3	Eigenwertspektrum	50
3.2.4	Eigenschaften der räumlichen Eigenfunktionen	53
3.2.5	Symmetrieeigenschaften	54
3.2.6	Homogene Richtungen im Raum	55
3.2.7	Laufende Wellen	57
3.2.8	Stationäre Prozesse	58
3.2.9	Grenzen der Karhunen-Loève-Zerlegung	59
3.2.10	Zusammenfassung.	60
3.3	Anwendung der Karhunen-Loève-Zerlegung	61
3.3.1	Vorgehensweise	61
3.3.2	Grundlegende Struktur der Ergebnisse	63
3.3.3	Energetisch dominanter Prozeß	65
3.3.4	Unterschiede zwischen den Simulationen	71
3.3.5	Verhalten der Moden im Inertialbereich und im dissipativen Bereich	74
3.3.6	Zusammenfassung	77
3.4	Abbildungen	79
4	Interaktionen	
	zwischen den Karhunen-Loève-Eigenfunktionen	99
4.1	Einführung	99
4.2	Grundgleichungen der Interaktionen	101
4.2.1	Impulsgleichung	102
4.2.2	Energiegleichung	103
4.2.3	Nichtlineare Wechselwirkungen	103

4.2.4	Interaktionen mit dem mittleren Strömungsfeld	105
4.2.5	Interaktionen mit dem Druckfeld	107
4.2.6	Diffusiver Impulsaustausch	108
4.2.7	Einfluß des Feinstrukturmodells	109
4.3	Energiehaushalt der Karhunen-Loève-Eigenfunktionen	111
4.3.1	Endgültige Form der zeitlich gemittelten Energiegleichung	111
4.3.2	Integrale Energiebilanzen	112
4.4	Berechnung der Interaktionen im Nachlaufbereich einer Halbkugelumströmung	114
4.4.1	Lineare Interaktionen	114
4.4.2	Nichtlineare Interaktionen	115
4.5	Zusammenfassung	119
4.6	Abbildungen	121
	Diskussion und Ausblick	133
5.1	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	133
5.2	Ausblick	135
	Grobstruktursimulation von Grenzschichten	138
A.1	Einleitung	138
A.2	Geometrische Konfiguration	139
A.2.1	Grenzschichtelemente im Experiment	139
A.2.2	Übersicht über die Testläufe.	139
A.3	Diskussion	141
A.3.1	Ein Negativbeispiel	141
A.3.2	Allgemeines Lösungsverhalten	141
A.3.3	Einfluß des Druckgradienten	142

A.3.4	Turbulenzintensität in Hauptrömungsrichtung	142
A.3.5	Reynoldssche Hauptschubspannung	143
A.4	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	143
A.5	Abbildungen	144
B	Robustheit der Karhunen-Loève-Zerlegung	153
B.1	Einfluß der Anzahl der Stichproben	153
B.2	Einfluß der Größe des Testvolumens	155
B.3	Abbildungen	156
C	Abfallgesetz der Eigenwertspektren	161
D	Symmetrie der nichtlinearen Austauschkoefizienten	165
	Literaturverzeichnis	169