

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Formelzeichen	XI
Abkürzungen	XVII
Abbildungsverzeichnis	XIX
Tabellenverzeichnis	XXXV
Kurzfassung	XXXVII
Abstract	XLIII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	5
2.1 Fahrzeugkoordinatensystem und Geschwindigkeiten	5
2.2 Aerodynamische Beiwerte	8
2.3 Kennzahlen der instationären Aerodynamik	10
2.3.1 Standardabweichung und Oberflächendruckschwankung	10
2.3.2 Turbulenzintensität und integrales Längenmaß	11
2.3.3 Spektrale Leistungsdichte	14
2.4 Aerodynamische Ähnlichkeitszahlen	15
2.5 Windkanal	17
2.5.1 Windkanaltypen	17
2.5.2 Windkanalmesstechnik	19
2.5.3 Windkanalkorrektur	22

2.6	Numerische Strömungssimulation	24
2.7	Natürlicher Wind in der Bundesrepublik Deutschland	24
3	Stand der Technik	27
3.1	Charakteristik der realen Strömungsbedingungen	27
3.2	Instationäre Aerodynamik im Windkanal	46
3.2.1	Statistischer Ansatz	46
3.2.2	Statische Turbulenzgenerierung	47
3.2.3	Dynamische Turbulenzgenerierung	50
3.3	Instationäre numerische Strömungssimulation	56
4	Aerodynamische Entwicklungswerkzeuge	61
4.1	Versuchsfahrzeug	61
4.1.1	Messtechnik	61
4.1.2	Kalibrierung	64
4.1.3	Druckmessung	66
4.1.4	Strömungsmessung vor dem Fahrzeug	72
4.1.5	Postprocessing der Messdaten	73
4.2	Testroute auf der öffentlichen Autobahn	74
4.3	Individuelle Fahrmanöver	77
4.3.1	Teststrecke	77
4.3.2	Konstantfahrt	79
4.3.3	Hinterherfahrt	79
4.4	Modellwindkanal und Fahrzeugmodelle	81
4.5	Aeroakustik-Fahrzeugwindkanal	86
4.6	Numerische Strömungssimulation	89

5	Ergebnisse der Fahrversuche	95
5.1	Straßenfahrt auf der öffentlichen Autobahn	95
5.1.1	Verkehrsdichte.....	95
5.1.2	Anströmwinkel	96
5.1.3	Anströmgeschwindigkeit.....	99
5.1.4	Turbulenzintensität und integrales Längenmaß.....	102
5.1.5	Oberflächendruckverteilungen und -schwankungen ...	104
5.2	Individuelle Fahrmanöver auf der Teststrecke	111
5.2.1	Fahrmanöver	111
5.2.2	Anströmwinkel	112
5.2.3	Anströmgeschwindigkeit.....	115
5.2.4	Turbulenzintensität und integrales Längenmaß.....	117
5.2.5	Spektrale Leistungsdichte.....	121
5.2.6	Oberflächendruckverteilungen und -schwankungen ...	124
5.3	Zusammenfassung der Fahrversuche	128
6	Ergebnisse der Windkanaluntersuchungen.....	131
6.1	Turbulenzzeugung im Modellwindkanal	131
6.1.1	Vorgehensweise.....	131
6.1.2	Statische Turbulenzzeugung.....	132
6.1.3	Dynamische Turbulenzzeugung	138
6.1.4	Kombinierte Turbulenzzeugung	144
6.1.5	Zusammenfassung der Turbulenzzeugung	147
6.2	Fahrzeugaerodynamik im Modellwindkanal	148
6.2.1	Aerodynamische Charakterisierung des Fahrzeugmodells.....	148

6.2.2	Fahrzeugaerodynamik unter instationärer Anströmung	150
6.3	Vergleich der Fahrzeugaerodynamik verschiedener Maßstäbe.....	157
6.3.1	Stationäre Anströmung	157
6.3.2	Instationäre Anströmung	159
7	Ergebnisse der numerischen Strömungssimulationen	163
7.1	Stationäre Anströmung	163
7.2	Instationäre Schräganströmungen.....	164
7.3	Instationäre Anströmungen in allen Raumrichtungen	170
8	Vergleich der untersuchten Oberflächendrücke	177
9	Schlussfolgerungen	181
	Literaturverzeichnis	185
	Anhang	203
A1.	Versuchsfahrzeug.....	203
A2.	Individuelle Fahrmanöver	204