

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XVII
Formelzeichen	XIX
Abkürzungen	XXIII
Zusammenfassung	XXV
Abstract	XXXI
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	5
2.1 Fluidmechanische Kenngrößen	5
2.2 Aerodynamische Beiwerte	7
2.3 Beschreibung von Zufallsprozessen und Signalanalyse	8
2.4 Charakterisierung der instationären Strömungssituation	11
2.4.1 Anströmsituation auf der Straße	11
2.4.2 Turbulente Intensität	12
2.4.3 Turbulentes Längenmaß	13
2.4.4 Energiespektren	16
2.5 Ventilationswiderstand von Rädern	17
2.6 Experimentelle Untersuchung im Windkanal	19
2.6.1 Der Modellwindkanal der Universität Stuttgart	20
2.6.2 Strömungsmessung mit Particle Image Velocimetry	21
2.7 Numerische Strömungssimulation	22
2.7.1 Strömungslöser Simulia PowerFLOW®	23
2.7.2 Untersuchung der Aerodynamik anhand Simulation	23

2.8	Stand der Technik	29
2.8.1	Instationäre Anströmung.....	29
2.8.2	Ventilationswiderstand von Nfz-Rädern.....	32
3	Ermittlung des Luftwiderstands im Fahrversuch.....	37
3.1	Fahrversuchsprozedur	39
3.2	VECTO Air Drag.....	41
3.2.1	Luftwiderstand in Abhängigkeit des Anströmwinkels	41
3.2.2	Luftwiderstand bei frontaler Anströmung.....	48
3.3	Charakterisierung der Strömungssituation im Fahrversuch	49
3.3.1	Fahrversuche von IPW Automotive.....	50
3.3.2	Fahrversuche von MAN Truck&Bus	54
4	Modellierung der natürlichen Windverhältnisse	59
4.1	Stationäre Windverhältnisse	59
4.2	Instationäre Windverhältnisse.....	61
4.2.1	Charakteristische Messsignale aus dem Fahrversuch	62
4.2.2	Die Mann-Methode	65
4.2.3	Hybrides Verfahren.....	75
5	Modellierung der Raddrehung.....	77
5.1	Numerische Behandlung rotierender Körper	77
5.1.1	Rotation anhand Wandrandbedingungen	78
5.1.2	Rotation anhand lokaler Referenzkoordinatensysteme ...	78
5.1.3	Gegeneinander bewegte Rechengitter.....	79
5.1.4	Bewegte überlappende Rechengitter	80
5.1.5	Bewegte eingetauchte Randbedingungen.....	82
5.2	Ansatz zur Modellierung von Nfz-Rädern.....	83

6	Untersuchung des Einflusses der instationären Anströmung	87
6.1	Stationäre Windverhältnisse	87
6.2	Instationäre Windverhältnisse.....	90
6.2.1	Luftwiderstandsbeiwerte.....	91
6.2.2	Zeitliche Entwicklung der aerodynamischen Kräfte	92
6.2.3	Strömungstopologie	97
7	Untersuchung des Ventilationswiderstands von Nutzfahrzeugen.....	103
7.1	Methode zur Bestimmung des Ventilationswiderstands	103
7.1.1	Untersuchung im Modellwindkanal.....	104
7.1.2	Untersuchung in der Strömungssimulation	106
7.1.3	Gegenüberstellung der Ergebnisse und Validierung	107
7.2	Vorgehensweise zur Analyse von Nfz-Rädern	115
7.3	Untersuchung des Ventilationswiderstands von Nfz-Rädern.....	117
7.4	Beitrag des Ventilationswiderstands auf den Luftwiderstand....	121
8	Schlussfolgerung und Ausblick	127
	Literaturverzeichnis	131
	Anhang	141
A1.	Fluideigenschaften	141
A2.	Turbulenzgrößen anhand der Mann-Methode.....	142
A3.	Zeitliche Entwicklung des Luftwiderstandsbeiwerts	143
A4.	Abmessung des Fahrzeugmodells	144