

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	XIII
Abstract	XV
Kapitel 1 Einführung	1
1.1 Motivation	2
1.2 Begriffsdefinitionen	4
1.2.1 Erlebbarkeit	4
1.2.2 Fahrverhalten und Fahrerverhalten	4
1.2.3 Fahrdynamik	5
1.2.4 Validität	5
1.3 Gliederung der Arbeit	5
Kapitel 2 Grundlagen des Fahrerverhaltens im Fahrsimulator	7
2.1 Modelltheoretische Betrachtung der Fahrzeugführung	8
2.1.1 Strukturierung der Fahraufgabe	8
2.1.2 Modellzusammenhänge	10
2.1.3 Der Fahrer-Fahrzeug-Regelkreis	12
2.2 Der Mensch als Fahrzeugführer	13
2.2.1 Funktionsprinzip der menschlichen Wahrnehmung	13
2.2.2 Beschreibung relevanter Sinnesmodalitäten	14
2.2.3 Multimodale Wahrnehmung fahrdynamischer Größen	21
2.3 Fahrsimulation zur Abbildung von Fahrverhalten	25
2.3.1 Thematischer Überblick	25
2.3.2 Validität von Simulatorversuchen	26
2.3.3 Klassifikation von Fahrsimulatoren	28
2.3.4 Stand der Technik	29

VII

2.4 Bewertung von Fahrverhalten	38
2.4.1 Verfahren zur objektiven Beurteilung von Fahrverhalten	39
2.4.2 Verfahren zur subjektiven Beurteilung von Fahrverhalten	39
2.4.3 Objektivierungsverfahren	40
Kapitel 3 Forschungsansatz und Vorgehensweise	43
3.1 Spezifizierung des Forschungsansatzes	43
3.1.1 Fokussierung auf Fahrdynamik in Fahrsimulatoren	44
3.1.2 Fahrerverhalten und Beurteilungsqualität als Validierungsbasis	45
3.1.3 Ableitung übergreifender Fragestellungen	46
3.2 Präzisierung des Forschungsansatzes	47
3.2.1 Definition der Nutzergruppe	47
3.2.2 Aufgabenspektrum Fahrdynamikeigenschaften	49
3.2.3 Bewertung anhand der Informationsumsetzung	49
3.2.4 Eingesetzte Simulatortechnologie	49
3.3 Experimentelle Umsetzung der Fragestellungen in Probandenstudien	50
3.3.1 Probandenstudien im Realfahrzeug	50
3.3.2 Probandenstudien im Fahrsimulator	51
3.3.3 Machbarkeitsstudie zum Einsatz neuer Simulationstechnologie	51
3.4 Kennwerte der Fahr- und Beurteilungsaufgaben	52
3.4.1 Kennwerte zur Beschreibung der Beurteilungsqualität	52
3.4.2 Kennwerte zur Beschreibung des Fahrerverhaltens	52
3.4.3 Inferenzstatistische Auswertungsverfahren	55
Kapitel 4 Probandenstudien im Realfahrzeug	59
4.1 Zielsetzung und Versuchsdesign	60
4.1.1 Versuchsreihe Längsdynamik	60
4.1.2 Versuchsreihe Querdynamik	62
4.1.3 Versuchsreihe Vertikaldynamik	64
4.1.4 Datenerhebung und statistische Bewertung der Versuchsfaktoren	66

4.2 Realisierung des Versuchsdesigns	67
4.2.1 Darstellung der Versuchsfaktoren im Realfahrzeug	67
4.2.2 Versuchsablauf	68
4.2.3 Gestaltung der Fahr- und Beurteilungsaufgaben	68
4.2.4 Stichprobenbeschreibung	70
4.3 Ergebnisse	71
4.3.1 Ergebnisse Längsdynamik	71
4.3.2 Ergebnisse Querdynamik	72
4.3.3 Ergebnisse Vertikaldynamik	86
4.4 Diskussion	89
4.4.1 Subjektive Daten der Beurteilungsqualität	89
4.4.2 Objektive Daten des Fahrerverhaltens	91
4.4.3 Diskussion des Versuchsdesigns	93
4.4.4 Folgerungen für die Gestaltung von Fahrsimulatoren	94
Kapitel 5 Probandenstudien im Fahrsimulator	97
5.1 Zielsetzung und Versuchsdesign	97
5.1.1 Versuchsreihe Längsdynamik	98
5.1.2 Versuchsreihe Querdynamik	100
5.1.3 Versuchsreihe Vertikaldynamik	102
5.1.4 Datenerhebung und statistische Bewertung der Versuchsfaktoren	104
5.2 Realisierung des Versuchsdesigns	105
5.2.1 Aufbau des Fahrsimulators	105
5.2.2 Versuchsablauf	105
5.2.3 Gestaltung der Fahr- und Beurteilungsaufgaben	106
5.2.4 Stichprobenbeschreibung	107
5.3 Ergebnisse	109
5.3.1 Ergebnisse Längsdynamik	109
5.3.2 Ergebnisse Querdynamik	110

5.3.3 Ergebnisse Vertikaldynamik	117
5.4 Diskussion	120
5.4.1 Subjektive Daten der Beurteilungsqualität	120
5.4.2 Objektive Daten des Fahrerverhaltens	123
5.4.3 Ergebnisbewertung und Vergleich mit Realfahrzeugstudien	125
5.4.4 Diskussion des Versuchsdesigns	128
Kapitel 6 Probandenstudien zu Fahrsimulatortechnologie	129
6.1 Galvanische Vestibuläre Stimulation	129
6.1.1 Funktionsweise und Stand der Forschung	130
6.1.2 Einsatz in virtuellen Umgebungen	131
6.2 Zielsetzung und Versuchsdesign	132
6.2.1 Parameterermittlung und Verträglichkeitstest	132
6.2.2 Test der Beschleunigungswahrnehmung	133
6.2.3 Versuchsreihe Querdynamik mit GVS-System	134
6.3 Realisierung des Versuchsdesigns	136
6.3.1 Aufbau des GVS-Systems	136
6.3.2 Ermittlung der Grenzwerte der Stromstärke	137
6.3.3 Parametrierung des GVS-Systems	137
6.3.4 Stichprobenbeschreibung	138
6.4 Ergebnisse	139
6.4.1 Parametrierung und Verträglichkeit	139
6.4.2 Subjektive Daten zur Beschleunigungswahrnehmung	140
6.4.3 Subjektive Daten der Beurteilungsqualität	141
6.4.4 Objektive Daten des Fahrerverhaltens	142
6.5 Diskussion	148
6.5.1 Parametrierung, Verträglichkeit und Beschleunigungswahrnehmung	148
6.5.2 Subjektive Bewertung	149
6.5.3 Objektives Fahrerhalten	150

Kapitel 7 Zusammenfassende Diskussion und Ausblick	153
7.1 Zusammenfassung der Probandenstudien	153
7.2 Aussagekraft der Beurteilungsqualität und des Fahrerverhaltens	155
7.3 Ausblick	157
Literaturverzeichnis	159
Abbildungsverzeichnis	173
Tabellenverzeichnis	181
Anhang	183
Anhang A Übersicht der objektiven Versuchsdaten	183
A.1 Probandenstudien im Realfahrzeug (Kapitel 4)	183
A.2 Probandenstudien im Fahrsimulator (Kapitel 5)	185
A.3 Probandenstudien zu Fahrsimulatortechnologie (Kapitel 6)	186
Anhang B Erfassung subjektiver Daten	188
B.1 Übergreifend eingesetzte Fragebögen	188
B.2 Fragebögen der GVS-Studie	189
Anhang C Versuchsstrecken	191
C.1 Teststrecke Querdynamik	191
C.2 Teststrecke Vertikaldynamik	191