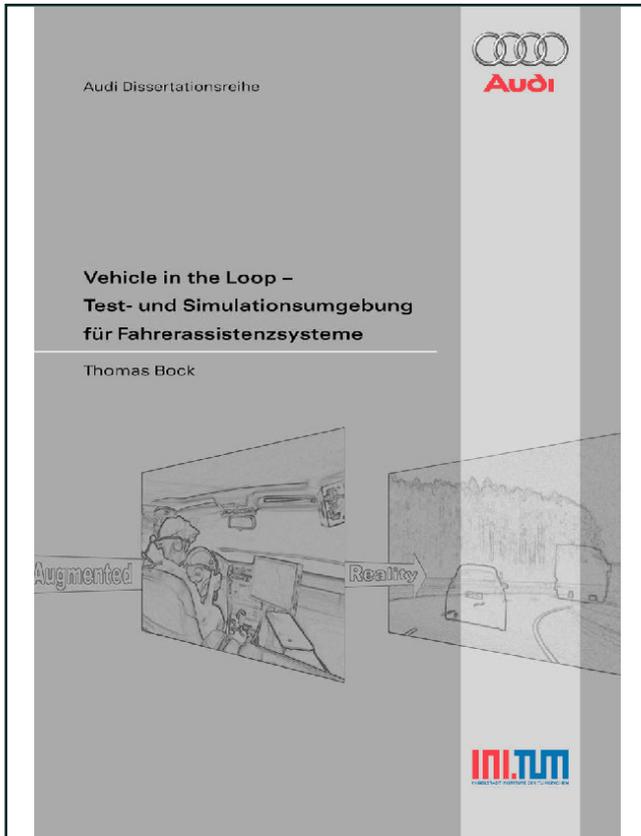




Thomas Bock (Autor)

Vehicle in the Loop - Test- und Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/1285>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	vii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation für Test- und Simulationsumgebung am Beispiel der ANB . . .	1
1.2 Ziel und Beiträge der Arbeit	3
1.3 Struktur der Arbeit	3
2 Stand der Technik für Test- und Simulationsumgebungen	4
2.1 Hardware in the Loop Methoden	4
2.1.1 Einsatzarten von Hardware in the Loop	4
2.1.2 Adaptive Cruise Control HIL	5
2.1.3 DECOS - eine HIL Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme	6
2.2 Fahrsimulatoren	7
2.2.1 Einteilung von Fahrsimulatoren	8
2.2.2 Randbedingungen der Fahrsimulation	13
2.2.3 Simulatorkrankheit	14
2.3 Vehicle Hardware in the Loop - VEHIL (TNO)	16
2.3.1 Funktionsprinzip von VEHIL	16
2.3.2 Stärken und Einschränkungen des Systems	17
2.4 Verkehrsflusssimulationen	18
2.4.1 Verkehrsflusssimulation Pelops	19
2.4.2 Kopplung einer Verkehrsflusssimulation mit einem realen Testfahrzeug	20
2.5 Prototypische Funktionsdarstellung im Versuchsträger	22
2.5.1 Erprobung mit Hilfe von Kollisions-Ersatzobjekten	22
2.5.2 Erprobung im öffentlichen Straßenverkehr	24
2.6 Vergleich der Testmöglichkeiten	25
3 Konzeptuntersuchungen zur Test- und Simulationsumgebung	27
3.1 Positionierung eines realen Versuchsträgers in einer Verkehrsflusssimulation	27
3.1.1 Positionierungsansatz in Pelops	27
3.1.2 Verbesserung der Signalqualität durch Eigenzustandsschätzung . . .	31
3.1.3 Darstellung der Positionierungsergebnisse	41
3.1.4 Positionierung mit DGPS gekoppelt mit Inertialmesstechnik	42
3.2 Ansätze zur Visualisierung des simulierten Fremdverkehrs	45
3.2.1 Randbedingungen der Visualisierung	46

3.2.2	Visualisierung mittels Head up Display	50
3.2.3	Visualisierung mittels Beamerprojektion auf die Windschutzscheibe	53
3.2.4	Visualisierung mittels Head Mounted Displays (HMD)	54
3.2.5	Trackingsysteme für HMD im Versuchsträger	58
4	Gesamtkonzept und funktionale Architektur des Vehicle in the Loop	64
4.1	Definition des Gesamtkonzeptes	64
4.1.1	Visualisierung des virtuellen Fremdverkehrs	65
4.1.2	Auswahl des Headtrackings im Versuchsträger	65
4.1.3	Auswahl des Fahrzeugtrackings	66
4.1.4	Anforderungen an eine Verkehrsflusssimulation	66
4.2	Funktionale Architektur des Vehicle in the Loop	67
5	Systemaufbau des Vehicle in the Loop Prüfaufbaus	68
5.1	Verkehrsflusssimulation	68
5.2	Positionierung des Versuchsträgers in der Verkehrssimulation	69
5.3	Einbindung des Fahrers durch Augmented Reality	69
5.4	Fahrerassistenzfunktion und Sensormodell	73
5.5	Totzeit des Gesamtsystems	73
6	Koordinatentransformationen zur Berechnung des Augpunktes	75
6.1	Verwendete Koordinatensysteme	75
6.2	Koordinatentransformationen	77
7	Sensormodelle	79
7.1	Umsetzung der Sensormodelle mit Hilfe von ADTF	79
7.2	Ideales Sensormodell	80
7.2.1	Bestimmung der Relativposition	81
7.2.2	Definition des Sensorerfassungsbereiches	84
7.2.3	Bestimmung der Relativgeschwindigkeit und -beschleunigung	85
7.3	Reales Sensormodell für Radarsensorik	86
7.3.1	Statische Messungen	86
7.3.2	Dynamische Messungen	92
7.3.3	Geisterobjekte	98
7.4	Sensormodell für Videosensorik - Objektbreite	100
8	Validierung des Vehicle in the Loop	102
8.1	Aufbau der Probandenstudie	102
8.1.1	Zielsetzung der Studie	102
8.1.2	Probandenauswahl	103
8.1.3	Datenerfassung	103
8.1.4	Übersicht über die Hypothesen	106
8.1.5	Fahrmanöver	106
8.1.6	Ablauf der Studie	106
8.1.7	Statistische Grundlagen	107

Inhaltsverzeichnis

8.2	Auswertung der Probandenstudie	110
8.2.1	Auswertung der einzelnen Fahrmanöver	110
8.2.2	Subjektive Bewertung des Vehicle in the Loop	130
8.2.3	Einfluss von Personenmerkmalen auf das Fahrverhalten	131
8.3	Zusammenfassung der Validierung	132
9	Zusammenfassung und Ausblick	133
A	Simulator Sickness Questionnaire	136
B	Technische Daten des Headtrackers	138
C	Zahlenbeispiel der Gewichtungsfaktorberechnung	140
D	Skalierungsfaktoren für Eigenzustandsschätzung	142
E	Modellierung des Einspurmodells	143
F	Probandenstudie	145
F.1	Fragebogen der Probandenstudie	145
F.2	Messwerte der Probandenstudie	155
	Literaturverzeichnis	163