

Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Nutzerfunktionalität des Fahrzeuginnenraums



Florian Fitzen

Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Nutzerfunktionalität des Fahrzeuginnenraums

Florian Berthold Fitzen

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik
der Universität der Bundeswehr München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Lion
Gutachter der Dissertation:	1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold
	2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Beate Bender (Ruhr-Universität Bochum)

Die Dissertation wurde am 31.10.2019 bei der Universität der Bundeswehr München
eingereicht und durch die Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik am 20.07.2020
angenommen. Die mündliche Prüfung fand am 17.08.2020 statt.

Produktentwicklung

Florian Fitzen

**Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die
Nutzerfunktionalität des Fahrzeuginnenraums**

Shaker Verlag
Düren 2020

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: München, Univ. der Bundeswehr, Diss., 2020

Copyright Shaker Verlag 2020

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7648-6

ISSN 1866-1742

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

DANKSAGUNG

Mit dieser Danksagung möchte ich die Gelegenheit nutzen mich bei all denjenigen zu bedanken, die mich während der Zeit der Promotion in vielerlei Hinsicht unterstützt haben.

Insbesondere gilt mein Dank meiner betreuenden Professorin, Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold, die mir diese Forschungsarbeit erst ermöglicht hat. Durch ihr wertvolles Feedback, kritische Fragen und anregende Diskussionen hat sie maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Auch für die Freiheit, die sie mir während der gesamten Forschungsarbeit mit Industriebeteiligung gewährt hat, möchte ich mich ausdrücklich bedanken.

Auch möchte ich Prof. Dr.-Ing. Beate Bender für die Übernahme des Zweitgutachtens sowie die wertvollen Diskussionen im Rahmen der Konferenzen danken.

Darüber hinaus gilt mein Dank Dr. rer. nat. Maximilian Amereller für die fachliche Betreuung der Arbeit und die zahlreichen Diskussionen und stets motivierenden Worte. Ebenso möchte ich mich bei meinem Mentor Dr.-Ing. Frank Möbius bedanken, der mir durch seine bereichernden Ideen, anregenden Gespräche und seine Erfahrung stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Einen wichtigen Beitrag leisteten auch meine zahlreichen Studenten, die mich während der Forschungsarbeit in vielfältiger Weise unterstützt haben, allen voran Sebastian Eßbach, Christian Reuter und Michael Oetjen. Auch meinen Mitdoktoranden am Institut und bei BMW gebührt herzlicher Dank für die unzähligen anregenden Gespräche und ihre fachliche sowie moralische Unterstützung. Insbesondere danke ich hier meinen BMW-Doktorandenkollegen Maximilian Wegner und Niko Seebach für den wissenschaftlichen Austausch unserer themenverwandten Forschungsarbeiten. Auch meinen Mitdoktoranden Serena Striegel, Dr. Michaela Bauer, Maximilian Cussigh und Martin Haider möchte ich für den immer bereichernden und ermutigenden Austausch herzlichst danken. Allen nicht namentlich genannten Kolleginnen und Kollegen gilt mein Dank für die zahlreichen Diskussionen und ihre Unterstützung.

Besonderer Dank gilt meiner Familie: meinen Eltern Ulrike und Michael Fitzen sowie meiner Schwester Stephanie Fitzen, die mich auf dem Weg zu dieser Arbeit und während der gesamten Doktorandenzeit immer unterstützt und ermutigt haben. Auch bei meiner Partnerin Dr. med. univ. Sabine Zischka, die mich in der Endphase der Promotion und in der Vorbereitung auf die mündliche Prüfung unterstützt hat, möchte ich mich in besonderer Weise bedanken.

VORVERÖFFENTLICHUNGEN (CHRONOLOGISCH)

Die folgenden Veröffentlichungen sind Teil der vorgestellten Forschungsarbeit:

Fitzen, F.; Amereller, M.; Paetzold, K. (2018):

Approximation of the user behaviour in a fully automated vehicle referring to a stationary prototype-based research study. In: P. J. Clarkson, Udo Lindemann, T. McAloone, C. Weber und D. Marjanovic (Hg.): 15th International Design Conference. Design Conference 2018. Dubrovnik, 21.-24.05.2018. Glasgow: The Design Society, S. 2187–2196. DOI: 10.21278/idc.2018.0130

Fitzen, F.; Seebach, N.; Amereller, M.; Paetzold, K. (2018):

Nutzerorientierte Charakterisierung fahrfremder Tätigkeiten in automatisierten Fahrzeugen. In: D. Krause, K. Paetzold und Sandro Wartzack (Hg.): Design for X. Beiträge zum 29. DfX-Symposium. Design for X. Tutzing, 25.-26.09.2018. Hamburg: TuTech, S. 263–270. DOI: 10.18726/2018_3

Seebach, N.; Fitzen, F.; Arlt, F.; Bender, B. (2018):

Geometrische Beschreibung fahrfremder Tätigkeiten. In: D. Krause, K. Paetzold und Sandro Wartzack (Hg.): Design for X. Beiträge zum 29. DfX-Symposium. Design for X. Tutzing, 25.-26.09.2018. Hamburg: TuTech, S. 251-262. DOI: 10.18726/2018_3

Fitzen, F.; Reimann, J.; Amereller, M.; Paetzold, K. (2019):

Quantitative characterisation for non-driving-related activities in automated vehicles. In: Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED 19). ICED 19. Delft, 05.-08.08.2019, S.2893-2900. DOI: 10.1017/dsi.2019.296

Wegner, M.; Reuter, C.; Fitzen, F.; Anjani, S.; Vink, P. (2021):

Seat-Human Interaction and Perception: A Multi-factorial-Problem. In: A. Fuchs, B. Brandstätter (Hg.): Future Interior Concepts. Springer International Publishing. S. 1-30. DOI: 10.1007/978-3-030-51044-2

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung der Arbeit.....	2
1.2 Forschungsmethodik der Arbeit	4
1.3 Aufbau der Arbeit.....	7
2 Grundlagen der Arbeit.....	9
2.1 Begriffsklärungen	9
2.2 Automatisiertes Fahren.....	11
2.2.1 Automatisierungsstufen	12
2.2.2 Technologische Wettbewerber	13
2.2.3 Nutzerakzeptanz	16
2.2.4 Potentiale und Herausforderungen	17
2.3 Aufbau des Innenraums	20
2.3.1 Aufbau des Innenraums aktueller Kraftfahrzeuge.....	21
2.3.2 Potentiale des automatisierten Fahrens für den Innenraumaufbau	22
2.4 Methodische Basis	26
2.4.1 Nutzerzentrierung in der Produktentwicklung.....	26
2.4.2 Beschreibung technischer Systeme.....	28
2.4.3 SIGMA Milieus in der Automobilindustrie.....	29
2.4.4 Methodik zur Ableitung raumfunktionaler Kundenanforderungen	30
3 Stand der Forschung zum Interieur der Zukunft	35
3.1 Wettbewerbsanalyse	35
3.2 Metaanalyse zu fahrfremden Tätigkeiten	39
3.2.1 Prognosen für automatisierte Fahrzeuge	40
3.2.2 Aktuelle Fahrzeitznutzung in Auto und Bahn.....	45
3.2.3 Zusammenführung der Datenbasis	48
3.3 Fazit zum Stand der Forschung und Ableitung von Handlungsbedarfen	52
4 Entwicklung des methodischen Gesamtansatzes	55

5 Bedarfsanalyse für den Innenraum der Zukunft.....	59
5.1 Probandenstudie in innovativem Sitzkonzept	59
5.1.1 Aufbau und Durchführung	59
5.1.2 Auswertung und Ergebnisse.....	63
5.1.3 Fazit und Diskussion.....	66
5.1.4 Validierung	67
5.2 Zielgruppenbefragung	69
5.2.1 Aufbau und Durchführung	70
5.2.2 Auswertung und Ergebnisse.....	71
5.2.3 Fazit und Diskussion.....	78
5.2.4 Validierung	79
5.3 Konsolidierung der Ergebnisse	81
5.3.1 Vorgehen zur Konsolidierung fahrfremder Tätigkeiten.....	81
5.3.2 Validierung	87
6 Charakterisierung fahrfremder Tätigkeiten	89
6.1 Funktionen und Funktionsträger fahrfremder Tätigkeiten	89
6.1.1 Testgruppenbefragung	92
6.1.2 Erweiterte Befragung	98
6.1.3 Fazit und Diskussion.....	100
6.1.4 Validierung	101
6.2 Beanspruchungsart und -grad fahrfremder Tätigkeiten	102
6.3 Sitzaufbau und -einstellungen für fahrfremde Tätigkeiten	105
6.3.1 Aufbau und Durchführung	105
6.3.2 Auswertung und Ergebnisse.....	107
6.3.3 Fazit und Diskussion.....	109
6.3.4 Validierung	109
6.4 Fazit.....	111
7 Umsetzung auf Komponentenebene	115
7.1 Abhängigkeiten zwischen Funktionsebene und fahrfremden Tätigkeiten	115
7.1.1 Aufbau der Multiple Domain Matrix	115

7.1.2 Analyse der Multiple Domain Matrix	117
7.2 Verknüpfung von Funktionsebene und Technologien.....	123
7.3 Fazit und Ableitung von Handlungsempfehlungen	126
8 Validierung.....	129
8.1 Validierungskonzept	129
8.2 Anwendung von Fallbeispielen	130
8.2.1 Fallbeispiel I: Kompaktklasse	131
8.2.2 Fallbeispiel II: Oberklasse	140
8.3 Fazit und Diskussion der Ergebnisse	143
9 Zusammenfassung und Ausblick	149
9.1 Bezug zur Aufgabenstellung.....	149
9.2 Ergebnisse und Reflexion	150
9.3 Weiteres Vorgehen und Ausblick	152
10 Literaturverzeichnis	155
11 Abbildungsverzeichnis	169
12 Tabellenverzeichnis	171
13 Abkürzungsverzeichnis	173
14 Glossar	175
Anhang.....	A-1