



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart

Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

Prof. Dr.-Ing. T. Maier

Philipp Sebastian Pomiersky

**Erfassung und Berücksichtigung von
Persönlichkeitsmerkmalen im Kontext
der ergonomischen Fahrzeugauslegung**

Bericht Nr. 700

Erfassung und Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen im Kontext der ergonomischen Fahrzeugauslegung

Measurement and Consideration of Personality
in the Context of Ergonomic Vehicle Design

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Philipp Sebastian Pomiersky
geboren in Ulm

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath (i.R.)

Tag der mündlichen Prüfung: 12.01.2022

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design
Universität Stuttgart

2022

D 93

ISBN-13: 978-3-946924-15-9

**Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 9

D-70569 Stuttgart

Telefon +49 (0)711 685-66055

Telefax: +49 (0)711 685-66219

E-Mail: mail@iktd.uni-stuttgart.de

Vorwort

*„Zähl', was zählbar ist, miss, was messbar ist,
und was nicht messbar ist, mach messbar.“*

Galileo Galilei

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als akademischer Mitarbeiter am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD), Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design, der Universität Stuttgart.

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier danke ich herzlich für das entgegengebrachte Vertrauen und die Betreuung dieser Arbeit. Die regelmäßigen fachlichen Diskussionen und Anregungen haben entscheidend zum Gelingen der Arbeit beigetragen. Ebenfalls bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath für die freundliche Bereitschaft zur Übernahme des Mitberichts und die Durchsicht des Manuskripts. Für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Andreas Wagner danken.

Meinen Kolleginnen und Kollegen am IKTD möchte ich für die schöne Zeit am Institut danken. Durch die fachlichen Diskussionen und die unterschiedlichen Sichtweisen sind viele oft hilfreiche Lösungsansätze entstanden. Ebenso möchte ich mich für das angenehme Klima im Team und den privaten Austausch bedanken, durch den aus Kollegen Freunde wurden. Als Gleichgesinnte haben wir gemeinsam Rückschläge erlitten und Erfolge gefeiert. Weiterhin möchte ich den Studierenden, die ich betreuen durfte, für den interessanten Input und meinen Hiwis für die durchwegs gute Unterstützung danken.

Weiterhin danke ich der Human Solutions GmbH, der Ergonomieabteilung der Daimler AG und der Autograph Dimensions GmbH sowie allen Expertinnen und Experten sowie den Teilnehmenden von Onlineumfragen und Anwendungsstudie.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich auf meinem ganzen Weg uneingeschränkt unterstützt und mir meine Ausbildung ermöglicht haben. Meinen Schwiegereltern möchte ich vor allem für die Unterstützung während der Pandemie danken. Meine Schwester, meine Freunde und vor allem meine Töchter haben mir immer die Möglichkeit geboten, auf andere Gedanken zu kommen - vielen Dank dafür!

Der größte Dank gilt meiner Frau, die mich während der gesamten Promotionszeit durch Höhen und Tiefen begleitet, motiviert, den Rücken freigehalten, viel zurückgesteckt und auch fachlich unterstützt hat. Ich kann mir keinen größeren Rückhalt vorstellen.

Stuttgart, im Januar 2022

Philipp Sebastian Pomiersky

Für
Beka

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.4.1.9 | Priorisierung der Parameter beim Einstellvorgang | 32 |
| 2.4.1.10 | Unterschiedliche Sitzstrategien | 33 |
| 2.4.2 | Einflüsse auf die Auslegung des Bedien- und Anzeigenkonzeptes | 33 |
| 2.4.3 | Einflüsse auf Komfort, Diskomfort und deren Bewertung | 34 |
| 2.5 | Zwischenfazit und Schlussfolgerungen für diese Arbeit | 36 |
| 3 | Persönlichkeitsmerkmale und deren Erfassung | 38 |
| 3.1 | Grundlagen zu Persönlichkeitsmerkmalen | 38 |
| 3.1.1 | Persönlichkeitsmerkmale und -beschreibung in der Psychologie | 38 |
| 3.1.2 | Psychografische Kriterien und Segmentierung | 41 |
| 3.1.3 | Festlegung des Begriffs Persönlichkeitsmerkmal für diese Arbeit | 42 |
| 3.2 | Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen | 43 |
| 3.2.1 | Vorgehen bei der Konstruktion psychometrischer Tests | 43 |
| 3.2.2 | Aufgabentyp | 44 |
| 3.2.3 | Itemformulierung | 46 |
| 3.2.4 | Testzusammenstellung | 47 |
| 3.2.5 | Gütekriterien | 48 |
| 3.3 | Einfluss der Persönlichkeit im Fahrzeugkontext | 49 |
| 3.3.1 | Technisches Design | 49 |
| 3.3.2 | Kaufverhalten | 51 |
| 3.3.3 | Fahrverhalten | 54 |
| 3.3.4 | Handlungsstrategie und Expertise im Experiment | 56 |
| 3.3.5 | Fahrspaß und -komfort | 57 |
| 3.3.6 | Mensch-Technik-Interaktion | 59 |
| 3.4 | Zwischenfazit und Schlussfolgerungen für diese Arbeit | 61 |
| 4 | Erfassung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale | 62 |
| 4.1 | Methodik bei der Entwicklung des Messinstruments | 62 |
| 4.2 | Ermittlung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale | 64 |
| 4.2.1 | Vorgehensweise zur Ermittlung von Persönlichkeitsmerkmalen | 64 |
| 4.2.2 | Ergebnis: ergonomierelevante Persönlichkeitsmerkmale | 65 |
| 4.2.3 | Definitionen und Bedeutung der ausgewählten Persönlichkeitsmerkmale | 67 |
| 4.3 | Ermittlung relevanter Items je Persönlichkeitsmerkmal | 69 |
| 4.3.1 | Vorgehensweise zur Vorauswahl von Items | 69 |
| 4.3.2 | Ergebnis: vorausgewählte Items | 72 |
| 4.3.3 | Vorgehensweise zur Überprüfung von Faktoren und Ableitung finaler Items | 77 |
| 4.3.3.1 | Aufbau Befragung | 78 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.3.3.2 | Pretest | 80 |
| 4.3.3.3 | Stichprobe..... | 81 |
| 4.3.3.4 | Auswertung..... | 82 |
| 4.3.4 | Ergebnis: Faktoren und finale Items..... | 86 |
| 4.4 | Statistische Überprüfung der Gütekriterien..... | 92 |
| 4.4.1 | Objektivität des Messinstruments..... | 92 |
| 4.4.2 | Reliabilität des Messinstruments..... | 93 |
| 4.4.3 | Validität des Messinstruments..... | 94 |
| 4.4.4 | Weiterführende Korrelationen für ein vertieftes Verständnis | 96 |
| 4.5 | Vorstellung des finalen Messinstruments..... | 98 |
| 5 | Versuchsdesign der Anwendungsstudie..... | 100 |
| 5.1 | Hypothesen..... | 100 |
| 5.2 | Ableitungen von Untersuchungen zur Hypothesenüberprüfung..... | 101 |
| 5.3 | Reizmuster Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand..... | 103 |
| 5.3.1 | Ableitung von geeigneten Reizmustern und Parametern | 103 |
| 5.3.2 | Übertragung der Reizmuster auf den Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand | 110 |
| 5.4 | Fahrstrecken mit sekundärer Aufgabe..... | 113 |
| 5.5 | Messinstrumente und Aufbereitung der Daten..... | 115 |
| 5.5.1 | Erfassung relevanter Eckdaten und Fragebogen ERPI-A | 115 |
| 5.5.2 | Messung der Anthropometrie mittels 3D-Scan..... | 116 |
| 5.5.3 | Messung des Einstellprozesses von Sitz und Lenkrad..... | 117 |
| 5.5.4 | Messung der Körperhaltung | 118 |
| 5.5.5 | Erfassung der Griff- und Armabstützungspositionen | 123 |
| 5.5.6 | Erfassung der Fokussierung mittels sekundärer Aufgabe | 124 |
| 5.5.7 | Erfassung von subjektiver Bewertung, Diskomfort, Beanspruchung und Gesamtbefindlichkeit | 125 |
| 5.6 | Ergänzende Befragung | 127 |
| 5.6.1 | Festlegung von Darstellungs-, Präsentations- und Bewertungsart..... | 127 |
| 5.6.2 | Reizmuster für die ergänzende Befragung | 128 |
| 5.7 | Versuchsablauf | 131 |
| 5.8 | Akquirierung von Teilnehmenden | 134 |
| 6 | Studie zum Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale | 135 |
| 6.1 | Stichprobe der Anwendungsstudie | 135 |
| 6.1.1 | Soziodemografische Daten der Stichprobe | 135 |
| 6.1.2 | Anthropometrie der Stichprobe..... | 136 |
| 6.1.3 | Fahrzeugnutzung der Stichprobe | 136 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.1.4 | Ergonomierelevante Persönlichkeitsmerkmale der Stichprobe..... | 137 |
| 6.2 | Berechnungsverfahren in RAMSIS | 137 |
| 6.3 | Vorgehen bei der Versuchsauswertung der Anwendungsstudie | 139 |
| 6.3.1 | Einfluss einzelner Persönlichkeitsmerkmale..... | 139 |
| 6.3.2 | Untersuchungen zur Bildung einer Typologie | 142 |
| 6.4 | Ergebnisse der Anwendungsstudie..... | 144 |
| 6.4.1 | Typologie | 144 |
| 6.4.2 | Personenbezogene Einflüsse auf ERPI-A Ausprägungen | 146 |
| 6.4.3 | Körperhaltung | 148 |
| 6.4.4 | Griff- und Armabstützposition | 156 |
| 6.4.5 | Einstellprozess | 158 |
| 6.4.6 | Fokussierung..... | 161 |
| 6.4.7 | Bewertung | 162 |
| 6.4.8 | Diskomfort | 168 |
| 6.4.9 | Beanspruchung | 170 |
| 6.4.10 | Gesamtbefinden | 172 |
| 6.4.11 | Bedien- und Anzeigenkonzept..... | 174 |
| 6.4.12 | Aufbau und Elemente des Fahrzeuginterieurs..... | 176 |
| 6.4.13 | Automatisiertes Fahren..... | 179 |
| 6.5 | Diskussion der Ergebnisse und Hypothesenüberprüfung | 181 |
| 6.5.1 | Typologie | 183 |
| 6.5.2 | Personenbezogene Einflüsse auf ERPI-A Ausprägungen | 184 |
| 6.5.3 | Körperhaltung | 185 |
| 6.5.4 | Griff- und Armabstützposition | 188 |
| 6.5.5 | Einstellprozess | 189 |
| 6.5.6 | Fokussierung..... | 192 |
| 6.5.7 | Bewertung | 194 |
| 6.5.8 | Diskomfort | 196 |
| 6.5.9 | Beanspruchung | 196 |
| 6.5.10 | Gesamtbefinden | 197 |
| 6.5.11 | Bedien- und Anzeigenkonzept..... | 197 |
| 6.5.12 | Aufbau und Elemente des Fahrzeuginterieurs..... | 198 |
| 6.5.13 | Automatisiertes Fahren..... | 199 |
| 6.5.14 | Zusammenfassung der Hypothesenüberprüfung..... | 200 |
| 7 | Empfehlungen zur praktischen Anwendung..... | 202 |
| 7.1 | Durchführung und Interpretation von Untersuchungen | 202 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 7.2 | Anpassung der Fahrzeugkonzeption | 204 |
| 8 | Zusammenfassung | 208 |
| 9 | Ausblick | 212 |
| | Literaturverzeichnis | 214 |
| | Anhang | 237 |
| A.1 | Fragebogenentwicklung | 237 |
| A.2 | Anwendungsstudie - Studiendesign..... | 262 |
| A.3 | Anwendungsstudie - Ergebnisse | 272 |
| A.4 | Hinweise, Abkürzungen und Symbolen für Anwendungsstudie | 273 |
| | Lebenslauf..... | 275 |

Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Beschreibung |
|------------------|--|
| ↓ | Extremgruppe unteres Drittel |
| ↑ | Extremgruppe oberes Drittel |
| %↓ | Prozentuale Zustimmung der Extremgruppe unteres Drittel |
| %↑ | Prozentuale Zustimmung der Extremgruppe oberes Drittel |
| * | Kennzeichnung signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) |
| ** | Kennzeichnung hoch signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) |
| *** | Kennzeichnung höchst signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) |
| A17 | Lenkradwinkel in Z-Ebene [SAE J1100] |
| A18 | Lenkradwinkel in Y-Ebene [SAE J1100] |
| A19 | Sitzschienenneigung [SAE J1100] |
| AHP | Fersenpunkt (= accelerator heel point) [SAE J1100] |
| AnVo | Anspruchsvolle |
| ATO _Y | Touchscreenwinkel in Y-Ebene in Anlehnung an [SAE J1100] |
| ATO _Z | Touchscreenwinkel in Z-Ebene in Anlehnung an [SAE J1100] |
| AuVe | Aufwandsvermeider |
| AV | Aufwandsvermeidung |
| BAK | Bedien- und Anzeigenkonzept |
| Beln | Bedenkenlos Infotainmentorientierte |
| BFI-10 | Fragebogen zur Erfassung der Persönlichkeit (= big five inventory) |
| BOF | Fußballenpunkt (= ball of foot) [SAE J1100] |
| CFA | Konfirmatorische Faktorenanalyse |
| Chi ² | Chi Quadrat; statistisches Maß, u. a. Friedman-Test |
| CSV | Comma-separated values (Aufbau einer Textdatei zum Datenaustausch) |
| d | Cohens d; Maß für Effektstärke |

| Abkürzung | Beschreibung |
|------------------|--|
| DDSS | Dreh-Drück-Schiebe-Steller |
| DE | Diskomfortempfindlichkeit |
| df | Freiheitsgrade (= degrees of freedom) |
| DMR | Differenz der mittleren Ränge (oberes - unteres Drittel) |
| EB | Ergonomiebewusstsein |
| EFA | Explorative Faktorenanalyse |
| ERPI-A | Ergonomierelevantes Persönlichkeitsinventar für das Auto |
| EZK | Fragebogen Eigenzustand in einer Kurzform |
| FaFo | Fahrspaßfokussierte |
| FEPS | Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand |
| FS | Fahrspaß |
| GE | Gewohnheit |
| H | H-Test; Kruskal-Wallis-Test; stat. Verfahren zur Unterschiedsprüfung |
| H _{0x} | Nullhypothese |
| H5 | Vertikaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Standebene [SAE J1100] |
| H17 | Vertikaler Abstand von Fersenpunkt zu Lenkradmitte [SAE J1100] |
| H25 | Vertikaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Boardkante [SAE J1100] |
| H30 | Vertikaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Fersenpunkt [SAE J1100] |
| H61 | Effektiver Kopfraum [SAE J1100] |
| HMI | Human Machine Interface |
| H-Punkt | Hüftpunkt von beliebigen Insassen in der Sagittalebene |
| HTML5 | Auszeichnungssprache Hypertext Markup Language; Version 5 |
| HTO | Vertikaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Touchscreenmitte in Anlehnung an [SAE J1100] |
| H _x | Alternativhypothese |
| IO | Infotainmentorientierung |

| Abkürzung | Beschreibung |
|------------------|--|
| KA | Komfortaffinität |
| KMO | Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium |
| KoEm | Komfortorientiert Empfindliche |
| L11 | Horizontaler Abstand von Fersenpunkt zu Lenkradmitte [SAE J1100] |
| L53 | Horizontaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Fersenpunkt [SAE J1100] |
| LTO | Horizontaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Touchscreenmitte in Anlehnung an [SAE J1100] |
| m | männlich |
| M | Mittelwert |
| M↓ | Mittelwert Extremgruppe unteres Drittel |
| M↑ | Mittelwert Extremgruppe oberes Drittel |
| MAP | Minimum-Average-Partial-Test |
| Max | Maximum |
| MD | Median |
| MD↓ | Median Extremgruppe unteres Drittel |
| MD↑ | Median Extremgruppe oberes Drittel |
| Min | Minimum |
| MSA | Measure of Sampling Adequacy |
| N | Anzahl Teilnehmende; Stichprobengröße |
| NASA-TLX | Fragebogen NASA Task Load Index |
| p | Signifikanzwert |
| PM | Persönlichkeitsmerkmal |
| r | Korrelationskoeffizient nach Pearson |
| R ² | Korrigiertes R-Quadrat; Bestimmtheitsmaß |
| RAMSIS | Rechnergestütztes Anthropometrisches Mathematisches System zur Insassen Simulation |

| Abkürzung | Beschreibung |
|------------------|--|
| r_s | Korrelationskoeffizient nach Spearman |
| SB | Sicherheitsbedürfnis |
| SD | Standardabweichung |
| SgRP | Sitzreferenzpunkt (= seating referenz point); konstruktiv festgelegter Hüftpunkt als Referenz für die Sitzposition [SAE J1100] |
| SiEr | Sicherheitsbedürftige Ergonomen |
| t | t-Test; statistisches Verfahren zur Unterschiedsprüfung |
| T | Kennzeichnung tendenziell signifikanter Unterschied ($p < 0,1$) |
| U | Mann-Whitney-U-Test, statistisches Verfahren zur Unterschiedsprüfung |
| V | Cramers V; Maß für Effektstärke |
| w | weiblich |
| W20 | Horizontaler Abstand von Sitzreferenzpunkt zu Fahrzeugmittelebene [SAE J1100] |
| W7 | Horizontaler Abstand von Lenkradmitte zu Fahrzeugmittelebene [SAE J1100] |
| W9 | Lenkraddurchmesser [SAE J1100] |
| WTO | Horizontaler Abstand von Touchscreenmitte zu Fahrzeugmittelebene in Anlehnung an [SAE J1100] |
| α | Cronbachs α ; Maß für interne Konsistenz einer Skala |
| φ | Phi; Maß für Effektstärke |

Ergänzend zu dieser tabellarischen Darstellung der Abkürzungen befindet sich auf Seite 273 eine Ausklappseite mit Hinweisen, Abkürzungen und Symbolen, die vor allem die Lesbarkeit der Anwendungsstudie vereinfachen sollen.

Hinweis zur Lesbarkeit

Im Interesse einer besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit teilweise nicht ausdrücklich in geschlechterspezifische Personenbezeichnungen differenziert. Es ist zu beachten, dass die gewählten sprachlichen Formen stets alle Geschlechter gleichberechtigt einschließen.

Abstract

The differentiation of vehicles is increasingly taking place on a subjective emotional level rather than on a technical level. Therefore, vehicles will have to be tailored even more to the needs of the users. In order to achieve a better fit between vehicle and user, this thesis deals with the measurement and consideration of personality in the context of ergonomic vehicle design. The focus is on vehicle conception and all aspects of macroergonomics in terms of industrial design engineering including anthropometric dimensioning.

In the macroergonomic design of vehicles, people already play the central and decisive role alongside technology. In this context, current vehicle development primarily considers variations in anthropometry, sensory physiology and sociodemographic data as influencing factors in order to design the vehicle according to the needs of the intended target group (chapter 2).

Despite the consideration of a large number of influencing factors, major interindividual differences remain in some cases, for example with regard to seat and steering wheel position or the evaluation of vehicle concepts. Taking personality variation into account offers the opportunity to further elucidate this dispersion. In many areas adjacent to macroergonomics, such as system ergonomics, driving behavior, or purchasing behavior, personality traits are already taken into account and provide crucial explanatory components (chapter 3). In industrial design engineering, the consideration is limited to the use of psychographic typologies, which have their origin in marketing. With the help of these, customer-typical shapes, colors and graphics are generated. The influence of personality on anthropometric questions has not yet been investigated. Accordingly, there is no specific measurement instrument that deals with personality traits relevant to ergonomics either.

In order to be able to include personality as an influencing factor in the context of macroergonomic issues in the car, the *Ergonomics-Relevant Personality Inventory for the Auto* (ERPI-A) was systematically developed in four phases in this thesis (chapter 4). Figure 1 provides a condensed overview of the overall methodology used in this work, including the development of the questionnaire, the independent variables considered, and the focus of the experimental evaluation of the application study.

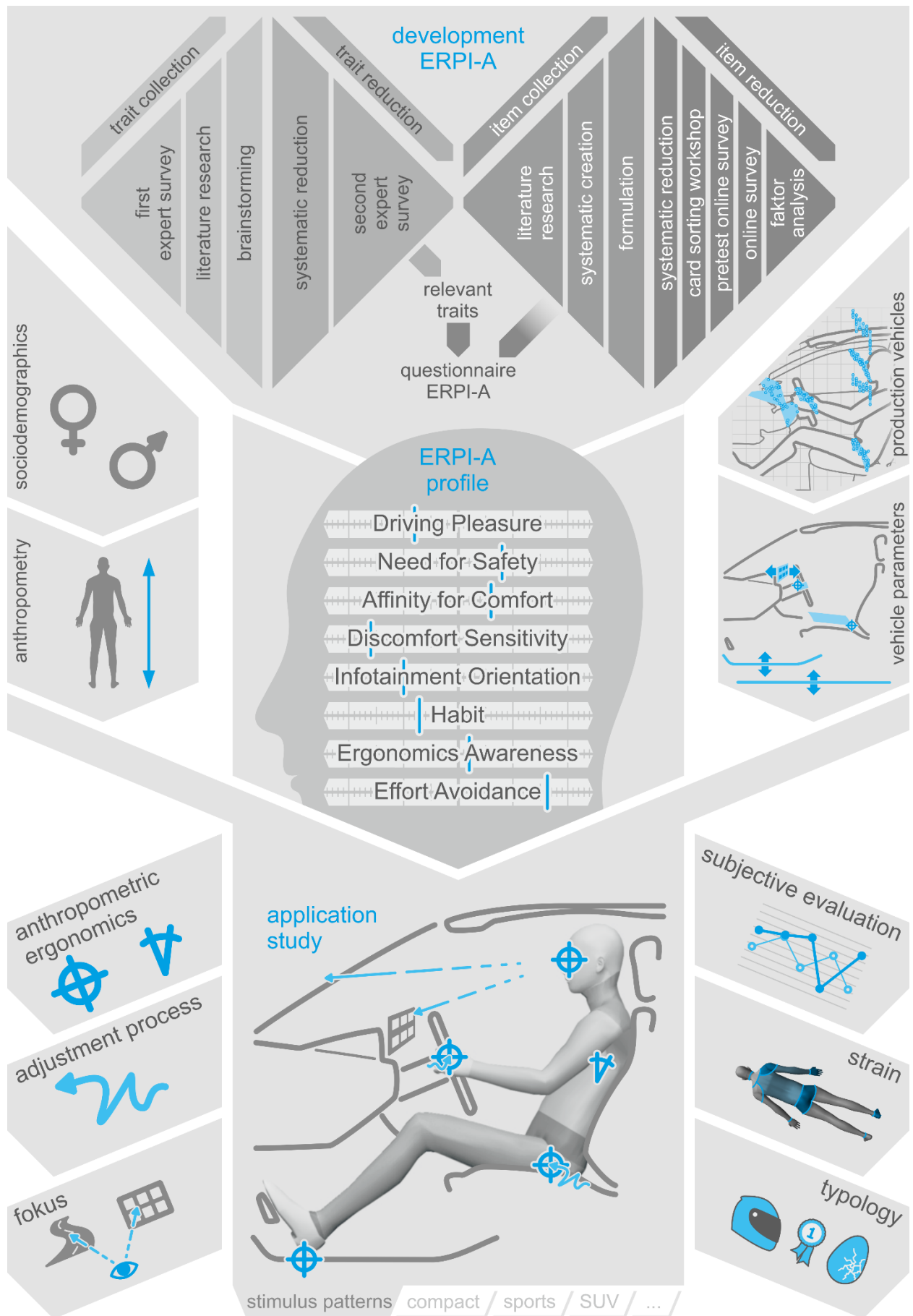


Figure 1: Condensed overview of the methodology of the entire thesis

On the basis of an expert-supported and methodologically broad-based procedure, the eight personality traits *Driving Pleasure*, *Need for Safety*, *Affinity for Comfort*, *Discomfort Sensitivity*, *Infotainment Orientation*, *Habit*, *Ergonomics Awareness*, and *Effort Avoidance* were selected. The generation of corresponding items was literature-based. In the course of item selection, a card sorting workshop with experts and an explorative factor analysis based on an online survey with 550 car drivers were conducted, among others.

The final questionnaire ERPI-A contains six items per personality trait. According to the factor analysis, the items have a very stable simple structure, are all significant, and have only few and low cross-loadings. The quality criteria of objectivity, reliability and validity are also fulfilled satisfactorily to well throughout. Overall, the questionnaire can be used to record personality traits relevant to ergonomics in a stable, reliable and valid manner.

The subsequent application study primarily served to test the ERPI-A questionnaire in a scientific study and to determine a broad picture of initial relationships between the personality traits and macroergonomic aspects (chapters 5 and 6). In terms of content, the focus of the study was on the influence of the ERPI-A scales on posture, seat and steering wheel position, the adjustment process of seat and steering wheel, consideration of the infotainment system, and evaluation of the vehicle concept, dimensional concept and operating concept (Figure 1).

The main part of the study was conducted in the vehicle ergonomics test bench. Based on the elements and parameters relevant for macroergonomics and the analysis of 42 production vehicles, six stimulus patterns were derived for the study in the vehicle ergonomics test bench using a new category parametric approach. For realistic results, the test subjects had to perform a driving task including a secondary task in the driving simulation. To make the measurement results of the test subjects comparable, the anthropometry of the test subjects was recorded with a 3D scanner and the real measurement results were normalized with measurement results from RAMSIS in corresponding stimulus patterns with 1:1 manikins. Complementing the study in the vehicle ergonomics test bench, further parameter variations were investigated on the PC on the basis of a modular vehicle interior in CAD image-based.

In the evaluation of the application study with 113 test subjects, various statistical methods were used in addition to descriptive statistics. For the clear presentation of the influence of ERPI-A on macroergonomics, difference tests were performed between the extreme types with high and low scores on the ERPI-A dimensions. Depending on the scale level, t-tests, Mann-Whitney U-tests, and chi-square tests with the corresponding effect sizes were calculated for this purpose. In addition, stepwise multiple linear and logistic regressions were calculated to identify the crucial ERPI-A dimensions in the

context of the respective macroergonomic question. Hierarchical cluster analysis was conducted to form a typology. Difference testing was performed for the clusters and effect sizes were calculated. Depending on the scale level, Kruskal-Wallis tests and post-hoc tests with Dunn-Bonferroni correction or chi-square tests were used for this purpose.

The most important result of the application study is that ERPI-A is very well suited for use in future studies in German-speaking countries. Furthermore, the study provides the basis for understanding the ERPI-A dimensions.

In the sample, the six clusters *Comfort Oriented Sensitive*, *Driving Pleasure Focused*, *Unquestioningly Infotainment Oriented*, *Demanding*, *Ergonomists in Need of Safety*, and *Effort Avoiders*, which clearly differ from each other in terms of their ERPI-A profiles, could be found (Figure 2).

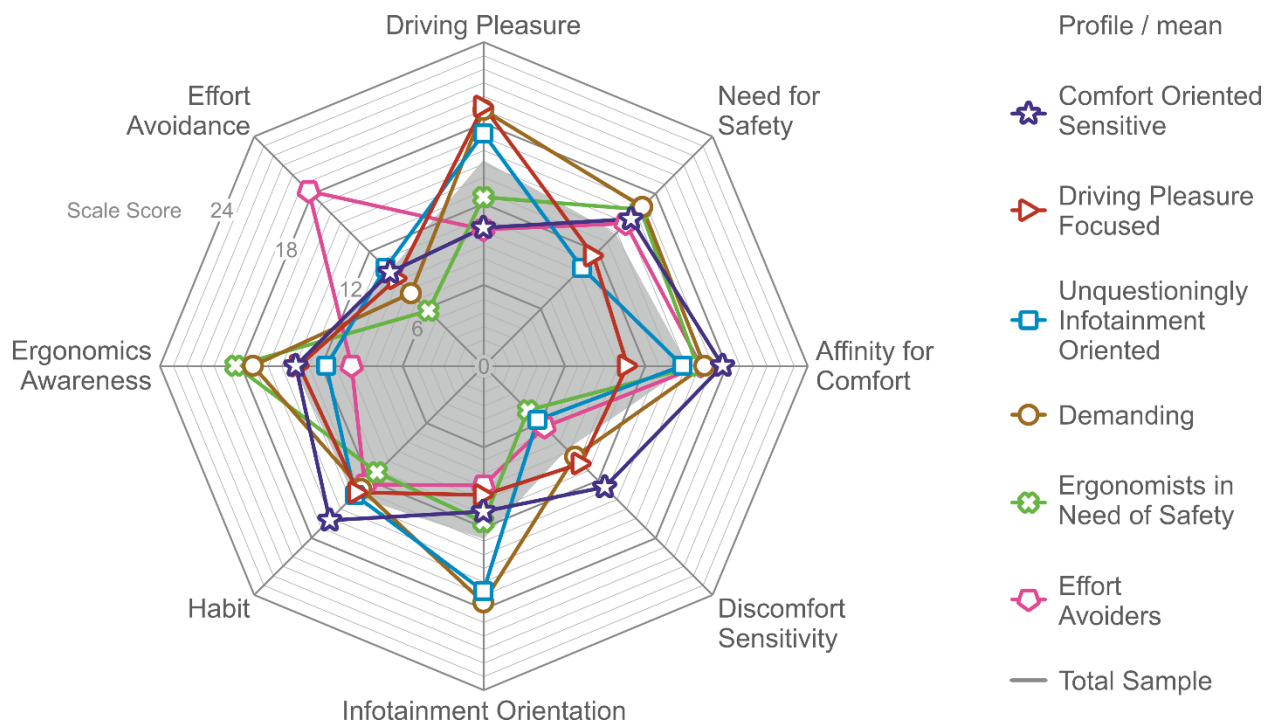


Figure 2: Comparison of the clusters on the basis of their scores on the ERPI-A scales

It could be demonstrated that all ERPI-A dimensions have an influence on partial aspects of macroergonomics. Furthermore, first recommendations and possibilities for the practical application of ERPI-A could be derived (chapter 7).

The findings obtained can help to better interpret study results that are influenced by the ERPI-A dimensions. For example, the level of *Habit* influences the evaluation of different vehicle variants depending on their degree of familiarity. Furthermore, the positions of seat and steering wheel that a subject adjusts also depend on the starting position of seat and steering wheel as a function of several ERPI-A dimensions. When interpreting secondary tasks, the level of *Infotainment Orientation* and *Need for Safety* must be taken

into account. The subjective evaluation, but also strain and discomfort are mainly influenced by *Driving Pleasure*, *Affinity for Comfort* and *Discomfort Sensitivity*.

In addition to the interpretation of study results, the ERPI-A scales also has a direct impact on vehicle conception. For example, the infotainment system should be considered in the basic positioning of digital manikins either, since people with a high *Infotainment Orientation* also make their posture dependent on it. By taking ERPI-A into account, vehicles can also be adapted to the target group in terms of macroergonomics in the future. One example of this is the dependence of the preferred seat height on the values of *Driving Pleasure*, *Need for Safety* and *Affinity for Comfort*.

Overall, the integration of personality traits into the development process through the ERPI-A questionnaire developed and successfully tested in this thesis can lead to improvements in many areas. For example, suitable users can be selected for studies, study results can be better interpreted and transferred to practice, ergonomic analyses can be refined, and products can be developed, optimized, and validated in a more targeted manner.

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Erfassung und Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen im Kontext der ergonomischen Fahrzeugauslegung. Der Fokus liegt hierbei auf der Makroergonomie im Sinne des Technischen Designs. Im Gegensatz zu den Arbeitswissenschaften ist die Makroergonomie im Technischen Design auf der Produktebene verankert und beschäftigt sich unter anderem mit dem Aufbau des Produkts, der Anordnung von Interfaceelementen und der anthropometrischen Auslegung [SCHMID & MAIER 2017, S. 89]. In dieser Einleitung erfolgt zunächst eine Hinführung zum Thema indem die Motivation und die Problemstellung dargelegt werden. Darauf aufbauend werden die Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit erläutert sowie die Struktur der Arbeit beschrieben.

1.1 Motivation und Problemstellung

Die Fahrzeugentwicklung befindet sich auf einem hohen Niveau und konkurrierende Fahrzeuge ähneln sich sowohl technisch als auch qualitativ stark [HAASE ET AL. 2012, S. 43]. Daher genügen technologische Merkmale immer weniger als Mittel zur Differenzierung oder zur Darstellung eines Markenprofils [FUTSCHIK 2011, S. 84]. Stattdessen müssen die Produkte noch stärker auf die Nutzer zugeschnitten werden und eine Differenzierung auf einer subjektiven, emotionalen Ebene angestrebt werden [DIEZ 2015]. Dies kann beispielsweise durch eine weiter voranschreitende Individualisierung bis hin zum personalisierten Auto erreicht werden [LAUKART & VORBERG 2011, S. 481].

Bei der anthropometrischen Auslegung von Körperhaltung, Erreichbarkeits- und Freiräumen, Sichtbereichen und der Anordnung von Interfaceelementen werden eine Vielzahl an Einflussfaktoren hinsichtlich Sinnesphysiologie und Körperabmessungen berücksichtigt [BUBB 2015A, S. 18 f.]. Dadurch kann beispielsweise mit digitalen Menschmodellen die durchschnittliche Haltung eines Testkollektivs relativ genau berechnet werden, aber die Körperhaltung von Individuen variiert im Vergleich zur Gruppe unabhängig von den berücksichtigten anthropometrischen Variablen [REED ET AL. 2002, S. 557]. Dementsprechend reichen die berücksichtigten Einflussfaktoren nicht aus, um die Varianz hinsichtlich der anthropometrischen Auslegung vollständig aufzuklären. Der Zusammenhang zwischen Anthropometrie, Körperhaltung und zusätzlicher interindividueller Streuung, also den Unterschieden zwischen den Individuen, ist in Bild 1.1 plakativ dargestellt. Im Sinne der Individualisierbarkeit und einer stärkeren Anpassung an die Zielgruppe ist besonders von Interesse, wovon die interindividuelle Streuung abhängt.

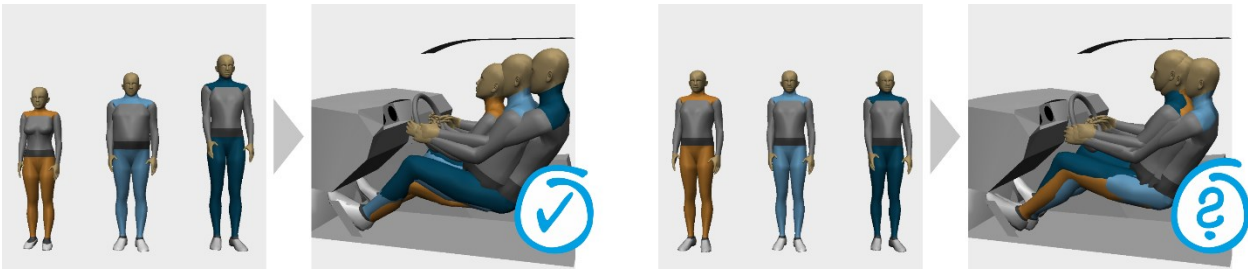


Bild 1.1: Darstellung des bekannten Zusammenhangs zwischen Anthropometrie und Haltung (links) und der verbleibenden interindividuellen Streuung (rechts)

Beispielsweise ist bekannt, dass das subjektive Wohlbefinden von Menschen nicht zwangsläufig an die für diese Personen objektiv richtigen Produkteigenschaften und Ergonomie gekoppelt ist [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 375]. Ob ein Produkt gefällt, hängt vielmehr von den wahrgenommenen Qualitäten als von den objektiv entscheidenden Eigenschaften ab [HASSENZAHL ET AL. 2008, S. 78 f.]. Dementsprechend gibt es Personen, die aus hedonischen oder anderen Gründen nicht die pragmatisch optimale Körperhaltung wählen. Wiederum stellt sich die Frage, welche Gründe hier eine Rolle spielen.

So fordert BHISE [2012, S. 288], dass die Bedürfnisse, Erwartungen und Unterschiede der Nutzer nicht nur hinsichtlich Biomechanik und Anthropometrie besser verstanden werden müssen. Ein Ansatz zur Aufklärung der verbleibenden Varianz ist die Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen, wie sie von KOLTOKO-RIVERA [2004, S. 161], BEIER [2004, S. 18] und MEYER ET AL. [2009, S. 10], z. B. als Kontrollvariablen in Studien, für den Bereich Human Factors gefordert wird. Ebenso empfehlen HUMMEL ET AL. [2007, S. 389] die Berücksichtigung von Erfahrungen, Interessen und Gewohnheiten der Nutzer bei der Interpretation deren Bewertungen. Weitergehend sieht BENGLER [2015, S. 48] eine Herausforderung in der Integration psychologischer Funktionen in digitale Menschmodelle, um beispielsweise die Raumwahrnehmung zu beurteilen.

Zusammenfassend muss die interindividuelle Varianz und deren Einflussfaktoren noch stärker aufgeklärt werden, damit zum Beispiel die Körperhaltung exakter vorhersagbar ist. Nur so kann eine passende Makroergonomie für die Zielgruppe oder sogar das Individuum gewährleistet werden. Ein Ansatz ist hierbei die Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen. Allerdings ist bis jetzt für den Bereich der Makroergonomie nicht bekannt, welche Persönlichkeitsmerkmale relevant sind und wie diese in den Entwicklungsprozess integriert werden können.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit

Aufgrund der noch nicht ausreichend geklärten interindividuellen Varianz in der Makroergonomie sollen in dieser Arbeit Persönlichkeitsmerkmale betrachtet werden. Das übergeordnete Ziel ist demnach die Integration von Persönlichkeitsmerkmalen in den

makroergonomischen Entwicklungsprozess. Allerdings sind weder die für die Makroergonomie relevanten Persönlichkeitsmerkmale noch ein dafür optimiertes Messinstrument bekannt. Weiterhin erwarten HUMMEL [2008, S. 69], ADELT ET AL. [1999, S. 10] und BECKER [2013, S. 70], dass die Verwendung von allgemeinen Messinstrumenten zu keinen guten Ergebnissen führen und empfehlen, spezifische Kriterien heranzuziehen. Daraus ergibt sich das erste übergeordnete Ziel dieser Arbeit, ein Messinstrument zur Erfassung der Persönlichkeitsmerkmale, die für die Entwicklung und Absicherung von Fahrzeugen hinsichtlich der Makroergonomie relevant sind, zu entwickeln.

Die Entwicklung des Messinstruments entspricht dabei nicht den Voraussetzungen eines diagnostischen Persönlichkeitstest, wie sie im Bereich der Psychologie eingesetzt werden. Dies ist nicht notwendig, da keine Individualdiagnostik angestrebt wird, sondern hauptsächlich Gruppenunterschiede ermittelt werden sollen. Dementsprechend dient das entwickelte Messinstrument der schnellen Einordnung von Testpersonen zu Gruppen. Nichtsdestotrotz entspricht das Vorgehen den Vorgaben aus dem Fachgebiet der Test- und Fragebogenkonstruktion.

Die Einsatzmöglichkeiten eines solchen Messinstruments sind die Optimierung der Vorhersagegüte von digitalen Menschmodellen, die Einordnung von Testpersonen bezüglich ihrer Eignung für bestimmte Versuche, die Relativierung von Versuchsergebnissen von Testpersonen mit bestimmten Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale, die Optimierung der makroergonomischen Auslegung für bestimmte Zielgruppen und ebenso die Individualisierung von Produkten.

Die Erzeugung von detaillierten Vorgaben und Empfehlungen für die unterschiedlichen, genannten Einsatzgebiete ist im Zuge dieser Arbeit nicht umsetzbar. Stattdessen soll als zweites übergeordnetes Ziel dieser Arbeit eine explorative, methodisch breit aufgestellte Anwendungsstudie durchgeführt werden. Damit soll die praktische Anwendbarkeit des Messinstruments inkl. der Eignung unterschiedlicher methodischer Ansätze in den unterschiedlichen makroergonomischen Einsatzgebieten überprüft werden. Ebenso sollen Forschungsmöglichkeiten für zukünftige Studien aufgedeckt werden. Ergänzend dazu soll die Studie erste, für die Praxis relevante Erkenntnisse für die Durchführung und Interpretation von Studien sowie für die konkrete makroergonomische Entwicklung liefern.

Hinsichtlich der Parameter zur Beschreibung und Definition einer Gestalt aus dem Technischen Design [SEEGER 2005, S. 47] und deren Übertragung auf die Fahrzeuggestaltung [HOLDER & MAIER 2018] konzentriert sich diese Arbeit auf die Teilgestalt Aufbau und ausgewählte Aspekte der Teilgestalt Form. Weiterhin fokussiert sich die vorliegende Arbeit auf die Makroergonomie und die anthropometrische Auslegung. Die Mikroergonomie und

die Systemergonomie sind entsprechend kein Schwerpunkt, können im Sinne einer ganzheitlichen Entwicklung aber nicht vollständig ausgeblendet werden. Innerhalb der Makroergonomie befasst sich die Arbeit mit Aspekten, die für den Fahrerplatz relevant sind, da dieser nach BUBB & GRÜNEN [2015, S. 350] den mit Abstand wichtigsten Bereich im Fahrzeuginnenraum darstellt. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition, dem Einstellvorgang von Sitz und Lenkrad, der Berücksichtigung des Infotainmentsystems während der Fahrt sowie der Bewertung von unterschiedlichen Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzepten. Die Auswirkungen der Persönlichkeitsmerkmale auf das Fahrverhalten werden explizit nicht betrachtet.

Um ein breites Verständnis für die Persönlichkeitsmerkmale, deren Zusammenspiel und die Beeinflussung der Makroergonomie zu gewinnen, werden die ausgewählten Persönlichkeitsmerkmale sowohl einzeln als auch im Verbund betrachtet. Da jede Person zwangsläufig Ausprägungen hinsichtlich aller Persönlichkeitsmerkmale aufweist, wird zusätzlich auf Basis der Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale eine Typologie abgeleitet und ihr Verhalten hinsichtlich der Makroergonomie analysiert.

1.3 Struktur der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in neun Kapitel, deren Struktur und inhaltliche Schwerpunkte in Bild 1.2 visualisiert sind. Nach der Einleitung (Kapitel 1) werden die theoretischen Grundlagen sowie der Stand der Technik und Forschung in den Bereichen makroergonomische Auslegung von Fahrzeugen (Kapitel 2) und Persönlichkeitsmerkmale und deren Erfassung (Kapitel 3) erläutert. Diese beiden Kapitel liefern die Verständnisbasis für die gesamte Arbeit. Darauf aufbauend wird in Kapitel 4 das Messinstrument zur Erfassung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale systematisch entwickelt und auf seine Güte hin überprüft. Die Entwicklung des Messinstruments stellt den Kern dieser Arbeit dar.

In den anschließenden Kapiteln 5 bis 7 wird das Messinstrument in einer ersten, methodisch und inhaltlich breit aufgestellten Studie angewendet, um den praktischen Einsatz zu testen und erste Erkenntnisse, ob und wie die ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale die Makroergonomie beeinflussen, zu gewinnen. Zunächst erfolgt in Kapitel 5 die wissenschaftliche Herleitung des Versuchsdesigns der Anwendungsstudie inkl. der Anpassung, Weiter- und Neuentwicklung von Reizmustern, Prüfständen, Messwerkzeugen und Fragebögen. In Kapitel 6 werden die Stichprobe, die Versuchsauswertung und die Ergebnisse der Anwendungsstudie zum Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale vorgestellt und diskutiert. Ergänzend dazu werden in Kapitel 7 Empfehlungen zur praktischen Anwendung hinsichtlich der Durchführung von Studien, Interpretation von Ergebnissen

und der Fahrzeugkonzeption abgeleitet. Abschließend wird die gesamte Arbeit in Kapitel 8 zusammengefasst und in Kapitel 9 ein Ausblick für die zukünftige Anwendung und Weiterentwicklung des Messinstruments gegeben.

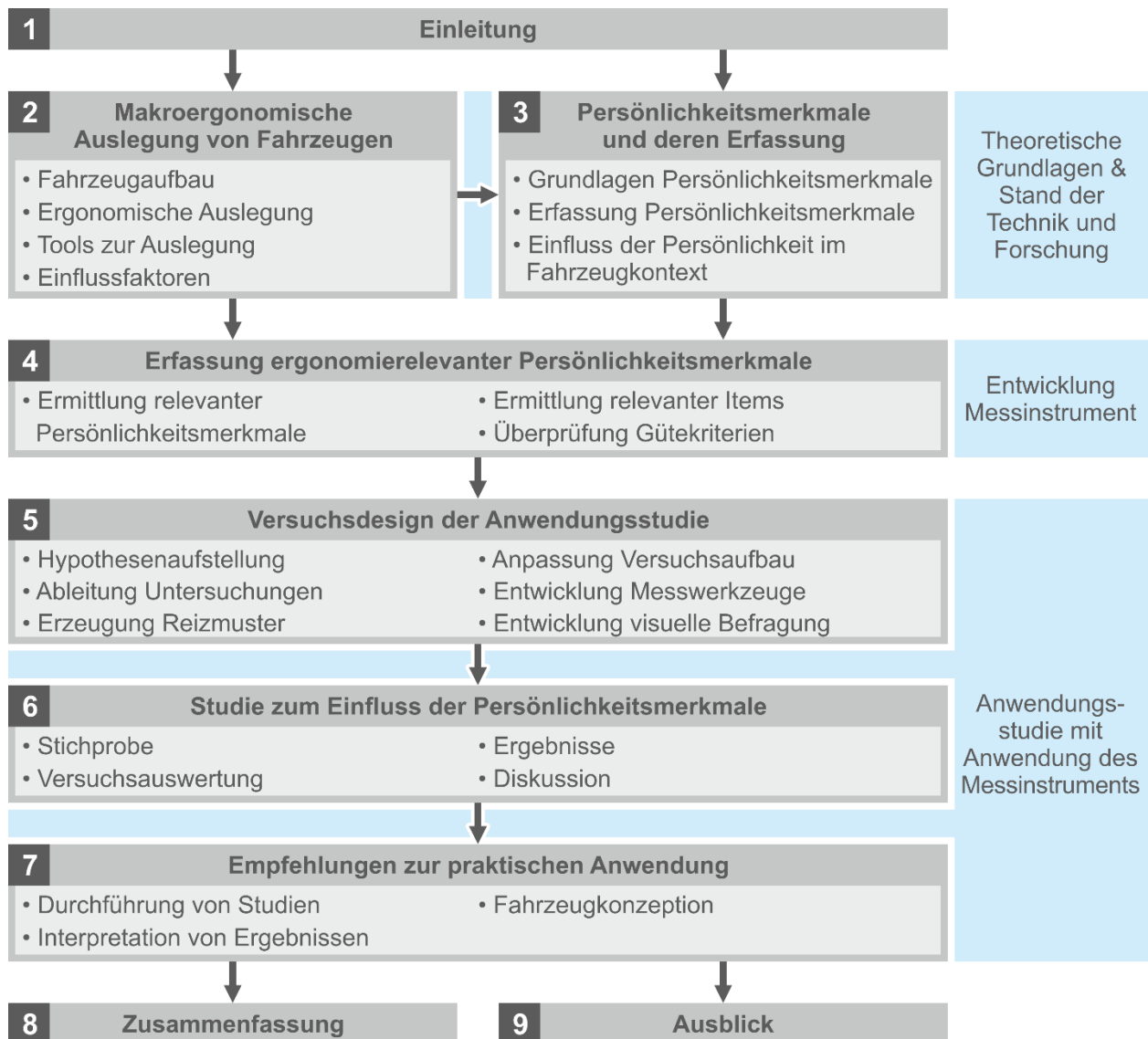


Bild 1.2: Struktur der vorliegenden Arbeit

2 Makroergonomische Auslegung von Fahrzeugen

In diesem Kapitel werden die notwendigen Grundlagen zur Makroergonomie und angrenzenden Bereichen sowie relevanten Tools für die Auslegung gegeben. Im Anschluss wird eine Auswahl der darauf aufbauenden Einflussfaktoren auf die Makroergonomie beschrieben. Ausführliche Darstellungen der Grundlagen zur Fahrzeugergonomie finden sich beispielsweise in [BUBB ET AL. 2015A], [BHISE 2012] oder [GKIKAS 2013].

2.1 Definition Makroergonomie

Der Begriff Makroergonomie hat je nach Wissenschaftsbereich voneinander abweichende Bedeutungen. So entspricht die Makroergonomie im Technischen Design [SCHMID & MAIER 2017, S. 89] am ehesten den Ebenen *Arbeitstätigkeit und Arbeitsplatz* sowie *Operationen und Bewegungen mit Werkzeugen und an Maschinen*, die in der Arbeitswissenschaft dem Bereich micro ergonomics [SCHLICK ET AL. 2010, S. 32] bzw. Ergonomie [BUBB 2015A, S. 17] zugeordnet sind. Die Ergonomie lässt sich in die anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung, die sich mit der Auslegung von Sicht, Erreichbarkeit, Körperunterstützung und der Anordnung von Interfaceelementen beschäftigt, sowie die Systemergonomie, die den Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine betrachtet, aufteilen [BUBB 2015A, S. 18 f.]. Die Makroergonomie im Sinne des Technischen Designs enthält die anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung und ergänzt diese um Aspekte der nutzerzentrierten Produktentwicklung [vgl. SCHMID & MAIER 2017, S. 89]. In dieser Arbeit wird der Begriff Makroergonomie entsprechend des Technischen Designs verwendet.

2.2 Grundlagen der makroergonomischen Auslegung

Zunächst wird die Anthropometrie als Basis für die makroergonomische Auslegung betrachtet. Anschließend erfolgt ein allgemeiner Blick auf den Fahrzeugaufbau und insbesondere den Fahrzeuginnenraumaufbau sowie die darin verbauten Komponenten. Der Fahrzeugaufbau wird durch das Fahrzeugkonzept bestimmt, welches nach ACHLEITNER ET AL. [2016, S. 142] vor allem über die Aufbauausprägung und Fahrzeuggrundform, das Maßkonzept inkl. Sitzplätze, Kofferraum und Hauptabmessungen sowie den Antrieb inkl. Aggregat- und Antriebsstrangkonzepkt gestaltet wird.

Darauf aufbauend wird die Makroergonomie fokussiert. Im Hinblick auf die Fahrzeugkonzeption stellen nach BUBB & GRÜNEN [2015, S. 354 ff.] das Sitzen, die Sicht, die Bedien- und Anzeigekomponenten, das Raumgefühl, der Ein- und Ausstieg, das Beladen und der Service die relevanten Arbeitsfelder der anthropometrischen Ergonomie dar. Die Passagierplätze sowie der Ein- und Ausstieg, das Beladen und der Service werden aufgrund der geringen Relevanz für diese Arbeit nicht näher betrachtet.

2.2.1 Anthropometrie

Die Anthropometrie beschäftigt sich unter anderem mit der Vermessung der Menschen hinsichtlich Längen- und Umfangsmaßen, Körperteilgewichten, Gelenkbeweglichkeiten, Greifräumen, visuellen Daten, wie Sehachsen und Gesichtsfeldern, sowie Kräften [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 179]. Entsprechend liefert sie wichtige Basisinformationen über die Menschen, die für die ergonomische Auslegung benötigt werden.

Um die Variation hinsichtlich der aufgeführten Parameter zu erfassen, werden aufwendige Messreihen mit repräsentativen Stichproben durchgeführt und in Datenbanken dokumentiert. Beispiele für Längen- und Umfangsmaße sind in [FLÜGEL ET AL. 1986], [JÜRGENS ET AL. 1989], [GREIL 2001], [DIN 33402-2] oder iSize [SEIDL ET AL. 2009] zu finden. Eine breite Übersicht hinsichtlich komfortabler Gelenkwinkel für die Sitzposition im Auto wird in [SCHMIDT ET AL. 2014] gegeben. Die erhobenen Daten sind üblicherweise normalverteilt [GEUß 1994]. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt unter Nennung der Perzentilwerte. Diese geben an, wie viel Prozent der Stichprobe den jeweiligen Wert unterschreiten.

Die Vermessung der Längen- und Umfangsmaße erfolgte früher rein analog, z. B. mit dem Martin'schen Messbesteck [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 179]. Heute werden verstärkt Bodyscanner, mit denen die Erfassung deutlich exakter und berührungslos in einem Bruchteil der Zeit durchgeführt wird, eingesetzt [EBD., S. 180]. Die für die Vermessung typischen Messpunkte sind übersichtlich in [GREIL 2001, S. 26 ff.] zusammengestellt.

Beeinflusst wird die Anthropometrie hauptsächlich durch Geschlecht, Alter und regionale Unterschiede [SCHMID & MAIER 2017, S. 100 ff.]. Männer sind größer als Frauen [DIN 33402-2] und haben im Verhältnis längere Beine [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 186]. Zusätzlich gibt es große Unterschiede im Bereich von Becken und hinsichtlich der Verteilung der Korpulenz [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 186 f.]. Weiterhin weisen Männer eine höhere isometrische Maximalkraft als Frauen auf [SCHLICK ET AL. 2010, S. 91].

Bezüglich des Alters zeigen Generationenvergleiche, dass die durchschnittliche Größe aufgrund von besseren Lebensbedingungen und Versorgung mit jeder Generation zunimmt. Während die sogenannte Akzeleration in Mitteleuropa mittlerweile stagniert, wird in Schwellenländern eine Zunahme der Längenmaße erwartet [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 188]. Weiterhin nehmen die Muskelkraft [HETTINGER 1993] und die Beweglichkeit [AMERELLER 2014] mit dem Alter durchschnittlich ab und im Bereich des Sehens verschiebt sich mit steigendem Alter der Nahpunkt, also der Punkt, ab dem scharf gesehen werden kann, immer weiter weg vom Auge [REMLINGER 2013, S. 91].

Regional variieren vor allem Körperhöhe und Proportion. Beispielsweise sind Personen in Deutschland durchschnittlich 14 cm größer als in Mexiko [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 183].

Weltweit leben die größten Menschen in Nordeuropa und die kleinsten in Lateinamerika [SCHMID & MAIER 2017, S. 102].

Für die anthropometrische Auslegung von Fahrzeugen, die heutzutage mit digitalen Menschmodellen erfolgt, muss die Zielgruppe hinsichtlich der Bandbreite der Anthropometrie möglichst gut abgebildet werden. Daher wird für die Auslegung mit digitalen Menschmodellen nicht ein einzelnes Manikin (digitale Testperson) sondern ein ganzes Testkollektiv herangezogen. Entscheidende Variationsparameter sind die Körperhöhe, die Proportion und die Korpulenz [GEUß 1994, S. 82 f.]. Die Hersteller verwenden dabei eigene, aber sich ähnelnde Testkollektive. Hinsichtlich der Körperhöhe erstrecken sich die Testkollektive meistens von der 5. Perzentil Frau bis zum 95. Perzentil Mann und optionalen Sicherheitsaufschlägen. Diese beiden Extremtypen werden zusätzlich bezüglich Proportion und Korpulenz variiert. Ergänzend werden weitere Manikins, die in bestimmten Situationen als kritisch eingestuft werden, verwendet. Beispielsweise ist ein tief sitzender 50. Perzentil Mann mit kurzem Torso besonders kritisch für die Sichtauslegung. Insgesamt werden je nach Hersteller für die Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes circa sieben bis elf Manikins verwendet. [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 361]

2.2.2 PKW-Maßkonzeption

Die PKW-Maßkonzeption stellt die maßliche Beschreibung aller notwendigen Fahrzeugabmessungen unter Berücksichtigung der anthropometrischen Eigenschaften der Insassen dar [MÜLLER 2010, S. 1]. Im Zuge der Maßkonzeption werden die Anzahl der Sitzplätze, der Raumbedarf der Insassen, der Stauraum und andere Volumina, wie der Tank, sowie die Hauptabmessungen festgelegt [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 141]. Entscheidend ist hierbei die angemessene Unterbringung der Menschen [BANDOW & STAHLACKER 2001, S. 912]. Daher erfolgt die Auslegung von innen nach außen [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 159]. Im Laufe der Entwicklung wird das Maßkonzept unter Einbeziehung weiterer Anforderungen iterativ bis hin zum finalen Package verfeinert [EBD., S. 141]. Das Ziel ist, alle Anforderungen hinsichtlich Anthropometrie, Kundenanforderungen und Technik [GRABNER & NOTHHAFT 2006, S. 27] in einer geometrisch und physikalisch kompatiblen Anordnung aller Komponenten zu vereinen [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 141]. Das Ergebnis der Maßkonzeption ist das Maßkonzept, das das Fahrzeug in mehreren Ansichten und Schnitten geometrisch repräsentiert [RAABE 2013, S. 35].

Für die Maßkonzeption sind SAE-Normen ein Hilfsmittel für den Vergleich verschiedener Fahrzeuge und die Zulassung. In Bild 2.1 sind die wichtigsten SAE Normen, die einen Bezug zur Auslegung des Fahrerplatzes haben, dargestellt. In diesen werden Methoden zur Auslegung, Maße zur Fahrzeugbeschreibung und Referenzen definiert.

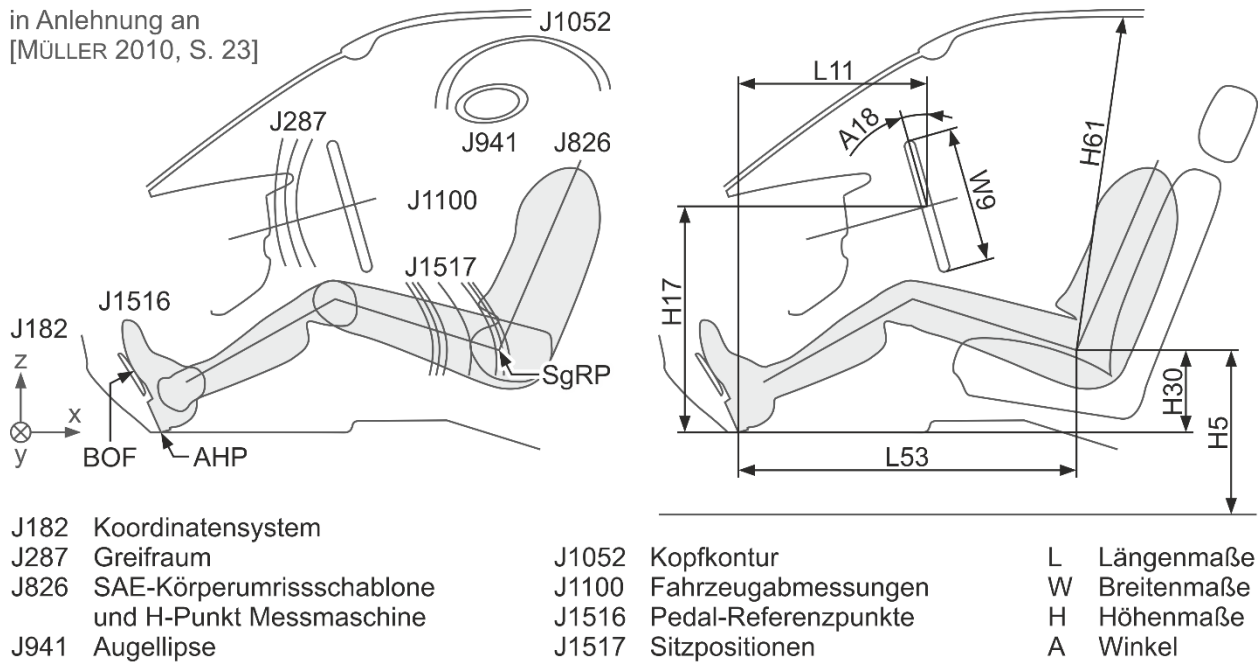


Bild 2.1: Relevante SAE-Normen und Maße nach [SAE J1100] zur Fahrerplatzauslegung

Das in der Automobilindustrie gängige Koordinatensystem ist in SAE J182 definiert. Die x-Achse verläuft dabei horizontal in Fahrzeuginnenrichtung, die y-Achse senkrecht dazu in Fahrzeugquerrichtung und die z-Achse senkrecht nach oben. Der genaue Koordinatenursprung kann vom Hersteller selbst festgelegt werden, befindet sich aber bei europäischen Herstellern im Normalfall im Bereich der Vorderachse in der Fahrzeugmittelebene. Zur normgerechten Auslegung und Vermessung in Realfahrzeugen sind in SAE J826 die SAE-Körperumrisschablone und die H-Punkt Messmaschine sowie ihre Anwendung definiert. Zwar ist in SAE J4002 mittlerweile eine neue H-Punkt Messmaschine definiert, diese setzt sich in der Industrie aus verschiedenen Gründen, wie z. B. Investitionskosten, bis jetzt aber nicht durch [MÜLLER 2010, S. 29 f.]. In der Norm SAE J1100, die auf SAE J826 aufbaut, sind alle relevanten Maße für die Maßkonzeption festgelegt. Bild 2.1 zeigt eine Auswahl wichtiger Maße für die Beschreibung des Fahrerarbeitsplatzes. In den Normen SAE J1516 und SAE J1517 werden die wichtigen Referenzpunkte Sitzreferenzpunkt (SgRP), Fersenpunkt (AHP) und Fußballenpunkt (BOF) in Abhängigkeit von der Sitzhöhe definiert.

Der SgRP ist der Konstruktionsreferenzpunkt und entspricht dem theoretischen H-Punkt eines 95 Perzentil Mannes mit 95 Perzentil Beinen [SAE J1100]. Er hat zentrale Bedeutung für die anthropometrische Auslegung [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 352] und viele Maße, Methoden und Vorschriften beziehen sich auf den SgRP [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 150]. Jeder Hersteller definiert den SgRP mithilfe der Körperumrisschablone [SAE J826] selbst. Meist liegt er im hinteren Drittel des Sitzverstellfeldes [ACHLEITNER ET AL. 2016,

S. 150]. In realen Fahrzeugen wird der SgRP mithilfe der H-Punktmessmaschine [SAE J826], [SAE J4002] in einem exakt definierten Vorgehen ermittelt.

2.2.3 Fahrzeugkategorie, -aufbauform und -größenklasse

Verschiedene Ansätze teilen Fahrzeuge nach Segmenten auf Basis von optischen, technischen und marktorientierten Merkmalen [KBA 2020, S. 9, 24], Aufbauausprägung [DIN 70010], [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 146] oder Karosseriegrundformen [KRAUS 2007, S. 49 f.] ein. In dieser Arbeit wird die Einteilung nach Kategorie, Aufbauform und Größenklasse von MANDEL [2019, S. 15] übernommen (vgl. Bild 2.2).




























| Kategorie | Limousine | | | | | SUV | | VAN |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aufbauform | Cabriolet | Coupé | Stufenheck | Kombi | Steilheck | SUV | SUV-Coupé | Minivan |
| Oberklasse |  |  |  | | |  | | |
| Obere Mittelklasse |  |  |  |  |  |  |  | |
| Mittelklasse |  |  |  |  | |  |  | |
| Kompaktklasse | |  |  |  | |  | |  |
| Kleinwagen | | | | | | | | |
| Minicar | | | | | | | | |
| Kategorie | Sportwagen | | Geländewagen | | Transporter | | | |
| Merkmale nach Zweck und Größe |  |  |  |  |  | | | |

Bild 2.2: Fahrzeugeinteilung nach Kategorie, Aufbauform u. Klasse [MANDEL 2019, S. 15]

Diese Einteilung bietet den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu den anderen Ansätzen die Vielfalt der angebotenen Fahrzeuge besser abbilden kann.

2.2.4 Fahrerarbeitsplatz

Der Fahrerarbeitsplatz ist Bestandteil des Cockpits. Der Aufbau und die wichtigsten Komponenten für diese Arbeit sind in Bild 2.3 zusammengefasst. Der Fahrerarbeitsplatz soll die Nutzer sicher im Fahrzeug unterbringen und ihnen gleichzeitig den benötigten Bewegungsfreiraum und Komfort bieten. Durch die Fensterflächen ist unter Berücksichtigung der Verdeckungen die Sicht auf Straße und Umgebung möglich. Neben den Interfaceelementen, die für die Fahrtätigkeit notwendig sind, sind die Elemente des Infotainmentsystems ein weiterer wichtiger Bestandteil des Fahrerarbeitsplatzes. Der Aufbau des

Cockpits entspricht üblicherweise einer Winkelgestalt, T-Gestalt oder Stabgestalt [SCHMID & MAIER 2017, S. 117]. Anordnungsvarianten entstehen vor allem durch unterschiedliche Bedien- und Anzeigenkonzepte, wie die Bedienung über Touchscreen oder abgesetzte Bedienung.

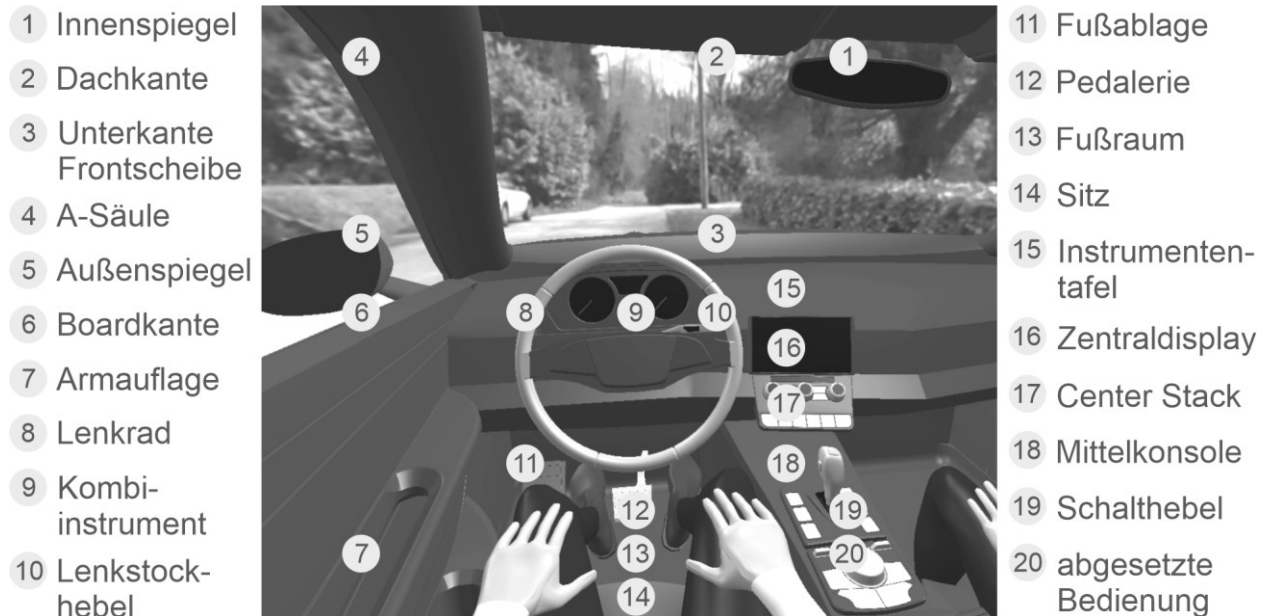


Bild 2.3: Aufbau Fahrerarbeitsplatz basierend auf [MACEY & WARDLE 2014, S. 161]

2.2.5 Primäre und sekundäre Aufgaben im Fahrzeug

Eine wichtige Basis für die ergonomische Auslegung ist die Aufteilung der Aufgaben nach deren Wichtigkeit in Tätigkeiten, die der eigentlichen Fahraufgabe dienen (primäre Aufgaben) und fahrfremde Tätigkeiten (sekundäre Aufgaben) [TIMPE ET AL. 2000; zitiert nach SCHMID & MAIER 2017, S. 114]. Manche Ansätze teilen die eigentliche Fahraufgabe weiter in zwingend notwendige und nur in bestimmten Situationen notwendige Aktionen auf [GEISER 1985]. Die sekundäre Aufgabe nach TIMPE ET AL. [2000; zitiert nach SCHMID & MAIER 2017, S. 114] entspricht der tertiären Aufgabe nach GEISER [1985]. In dieser Arbeit wird die Einteilung mit zwei Kategorien (primäre und sekundäre Aufgabe) verwendet.

Die primäre Aufgabe enthält die Navigation, Führung und Stabilisierung des Fahrzeugs sowie situationsspezifische Aktionen und Reaktionen, wie Blinken, Hupen, Wischen, Auf- und Ablenden. Die sekundäre Aufgabe subsumiert alle Aufgaben, die nichts mit der eigentlichen Fahraufgabe zu tun haben. Dazu gehört die Bedienung von Komfortfunktionen, beispielsweise über die Klimaanlage, und Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungsfunktionen. Diese sekundären Aufgaben lenken von der eigentlichen Fahraufgabe ab [BUBB 2015A, S. 23]. Daher führen Personen die sekundären Aufgaben nur aus, wenn die aktuelle Verkehrssituation eine Bedienung erlaubt [HUMMEL 2008, S. 49].

Diese Einschätzung ist allerdings subjektiv und birgt die Gefahr, dass sich die Verkehrssituation unerwartet ändert und so gefährliche Situationen entstehen.

In Studien werden sekundäre Aufgaben häufig eingesetzt, um die Belastung der Testpersonen zu erhöhen [SCHLICK ET AL. 2010, S. 412] und sie von der primären Fahraufgabe und relevanten Umweltreizen abzulenken [RAUCH ET AL. 2007, S. 91]. Damit kann die mentale Restkapazität und somit die Aufgabenschwierigkeit der Haupt- oder der Nebenaufgabe gemessen werden [SCHLICK ET AL. 2010, S. 412].

2.2.6 Primäre, sekundäre und tertiäre Bereiche im Fahrzeugcockpit

Aus Sicht der Makroergonomie spielen für die Auslegung der Bedien- und Anzeigenkomponenten vor allem die Sichtbarkeit sowie die Erreichbarkeit und Bedienbarkeit die entscheidende Rolle. Auf Basis des Blick-Gesichtsfeldes und der Sehachse [vgl. SCHMIDTKE 1989] sowie der Einteilung der Greifräume in Arbeitsbereiche [BULLINGER 1994, S. 206] teilen MAIER & SCHMID [2006, S. 189 f.] das Fahrzeugcockpit in den primären, sekundären und tertiären Bereich auf. In Bild 2.4 erfolgt eine weitere Unterteilung des sekundären Bereichs entsprechend der Erreichbarkeit. Danach ist der sekundäre Anzeigenbereich im Gegensatz zum sekundären Bereich nur für Anzeigen und nicht für die Positionierung von Stellteilen geeignet.

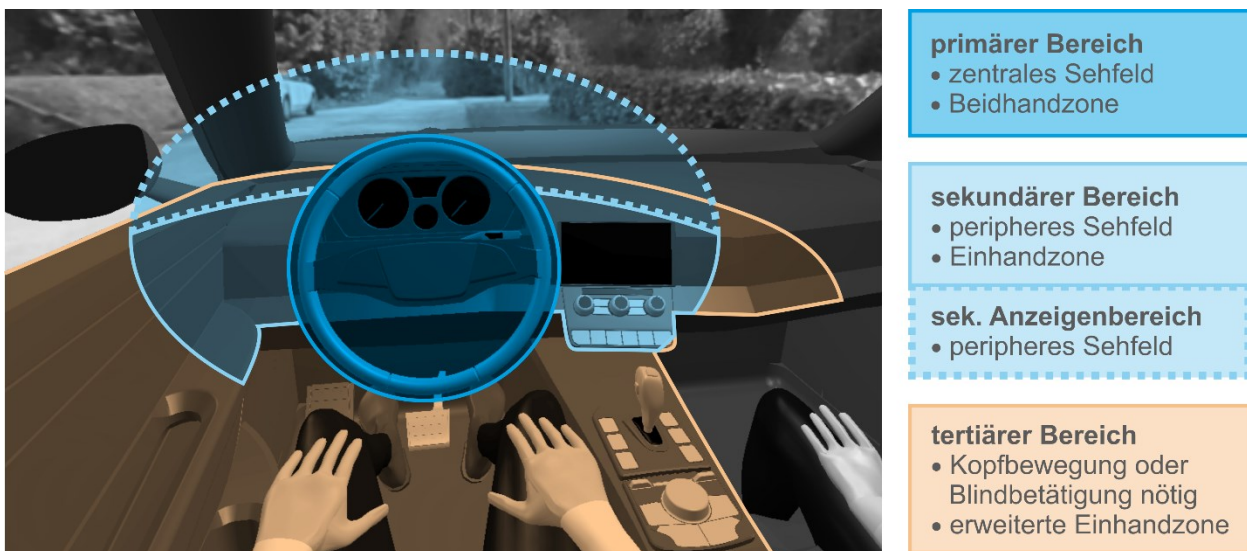


Bild 2.4: Cockpitbereiche in Anlehnung an [MAIER & SCHMID 2006, S. 189 f.]

Hinsichtlich der Erreichbarkeit sollte im primären Bereich eine Betätigung ohne Schulterablösung vom Sitz erfolgen können. Im sekundären Bereich ist eine Schulterablösung und im tertiären Bereich eine Oberkörperverlagerung zulässig. Für die konkrete Positionierung einzelner Bedienelemente im Cockpit muss zusätzlich deren Betätigungsart berücksichtigt werden. Der Erreichbarkeitsraum vergrößert sich vom Umfassungs- über

den Zufassungs- bis zum Kontaktgriff. Weiterhin hängt die maximal aufbringbare Kraft von der Betätigungsart und der Erreichbarkeit ab. [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 419 f.]

Bezüglich der Sicht auf Anzeigen und Bedienelemente müssen neben der Anordnung im entsprechenden Gesichtsfeld zusätzlich Sichtverdeckungen, Spiegelungen, Lesbarkeit, Blickabwendungszeiten, Akkomodationsgrenzen, Sehschärfe und Brillensicht berücksichtigt werden [REMLINGER 2013].

Die Zuordnung einzelner Elemente zu den Cockpitbereichen hängt von deren Zuordnung zur primären oder sekundären Aufgabe, von der Häufigkeit der Benutzung, Sicherheitsaspekten und der Möglichkeit der Blindbetätigung ab [SCHMID & MAIER 2017, S. 111], [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 420]. Auch die Gruppierung von zusammengehörigen Funktionen spielt hierbei eine Rolle. So sind beispielsweise Instrumentierung und Infotainment aufgrund ihrer unterschiedlichen Bedeutung für die Fahraufgabe häufig räumlich getrennt [ABEL & BLUME 2011, S. 703 f.].

2.2.7 Raumwirkung

Die Raumwirkung ist der emotionsbasierte, subjektive Eindruck des vorhandenen Raums im Fahrzeug [WAGNER 2014]. Um konkrete Anforderungen hinsichtlich der Raumwirkung an die geometrische Gestaltung des Fahrzeugs ableiten zu können, definiert MANDEL [2019] das Modell der Raumwirkungen mit primären, sekundären und tertiären Körpern und Räumen (vgl. Bild 2.5). Dabei besteht auf allen Wahrnehmungsebenen ein Zielkonflikt zwischen Freiheit und Führung, wobei beides für den Komfort der Insassen wichtig ist [MANDEL 2019, S. 69].

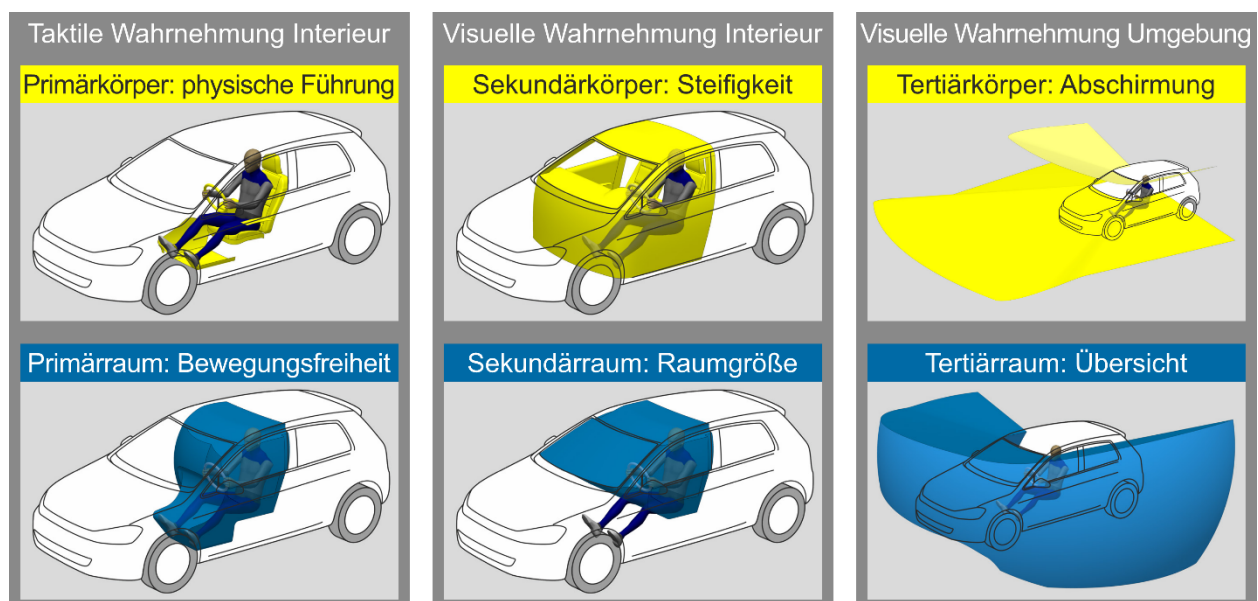


Bild 2.5: Wahrnehmungsmodell der Raumwirkung [MANDEL 2019, S. 68]

Neben den tatsächlich vorhandenen Räumen und Körpern basierend auf der Fahrzeuggeometrie haben auch Formgebung, Farbgebung, Beleuchtung, einfallendes Umgebungslicht, Materialien und Haptik sowie die psychische Verfassung einen Einfluss auf die Raumwirkung [HIAMTOE ET AL. 2012, S. 252], [WAGNER 2014]. Diese Aspekte sind im Komfort-Diskomfort-Modell dem Gefallen zugeordnet [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 426]. Dabei muss die erzielte Raumwirkung mit dem Fahrzeugkonzept harmonisieren. Beispielsweise sollte ein Sportwagen ein knappes Raumgefühl vermitteln [WAGNER 2014].

2.2.8 Belastung und Beanspruchung

Beim Belastungs-Beanspruchungskonzept nach ROHMERT [1984] entsprechen die äußeren Einflüsse auf der physikalischen und informatorischen Ebene, die prinzipiell für alle Menschen in der jeweiligen Situation gleich sind, der Belastung [SCHLICK ET AL. 2010, S. 392], [BUBB 2015A, S. 18]. Als äußere Einflüsse werden dabei die Arbeitsaufgabe, die physikalischen, chemischen, organisatorischen und sozialen Umgebungsbedingungen sowie besondere Ausführungsbedingungen wie Zeitdruck verstanden [SCHLICK ET AL. 2010, S. 38 f.].

Auf Basis der Belastung resultiert die physische, mentale und emotionale Beanspruchung [SCHLICK ET AL. 2010, S. 393 f.]. Dabei hängt die Beanspruchung nicht nur von der Höhe der Belastung sondern auch von den individuellen Eigenschaften (Körpergröße, Alter etc.) und Fähigkeiten (Qualifikation, Gewöhnungsgrad etc.) der Individuen ab [KIRCHNER 1986, S. 554]. Hinzu kommen zeitlich variable Einflussgrößen wie Motivation oder Kondition [SCHLICK ET AL. 2010, S. 393]. Beispielsweise steigt bei Ermüdung die Beanspruchung bei gleicher Belastung [SCHLICK ET AL. 2010, S. 194]. Nach BUBB ET AL. [2015B, S. 644] drückt sich die Beanspruchung nicht nur in negativen Formen, wie Diskomfort oder Ablehnung, sondern auch in positiven Reaktionen, wie Gefallen, Wohlbefinden oder Akzeptanz, aus.

Das Ziel der Produktgestaltung ist, die Nutzer optimal zu beanspruchen, damit sie eine optimale Leistung erbringen können [WAARD 1996, S. 24]. Allerdings kann nicht die Beanspruchung, sondern nur die Belastung durch die Auslegung und Gestaltung des Produkts beeinflusst werden [BUBB 2015A, S. 18].

Es gibt viele Methoden zur Messung der unterschiedlichen Ebenen der Beanspruchung. So kann die physische Beanspruchung beispielsweise mittels Herzfrequenz, Atemfrequenz, Atemvolumen, Blutdruck oder Körpertemperatur gemessen oder über subjektive Befragungen erfasst werden [SCHLICK ET AL. 2010, S. 393]. Befragungen beruhen dabei auf der Annahme, dass eine subjektiv empfundene Beanspruchung eine tatsächlich auftretende Beanspruchung voraussetzt [JOHANNSEN ET AL. 1979; zitiert nach SCHLICK ET AL.

2010, S. 414]. Eine gute Zusammenfassung der Methoden inkl. Bewertung im Kontext der Produktentwicklung bietet [PFEFFER 2017].

2.2.9 Komfort und Diskomfort

Für den Begriff Komfort liegen in der Literatur unterschiedliche, sich teilweise widersprechende Definitionen vor. Einigkeit besteht darin, dass Komfort ein subjektiv definiertes persönliches Konstrukt ist, das von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wird und eine Reaktion auf die Umwelt darstellt [LOOZE ET AL. 2003, S. 986].

Nach den Untersuchungen von ZHANG ET AL. [1996] zum Sitzkomfort stellen Komfort und Diskomfort zwei voneinander unabhängige Dimensionen des Komforts dar. Während sich der Diskomfort aus Faktoren wie Beanspruchung, Müdigkeit und Schmerz ergibt, sind für den Komfort die Faktoren Eindruck, Entlastung, Annehmlichkeit und Entspannung relevant [EBD., S. 387]. Danach können positive und negative Aspekte gleichzeitig empfunden werden. Allerdings wird die Dimension Komfort zweitrangig, wenn Diskomfort vorhanden ist [HELANDER & ZHANG 1997, S. 903].

Im Gegensatz dazu stellen Komfort und Diskomfort nach VERGARA & PAGE [2000] die gegenüberliegenden Pole auf einer kontinuierlichen Skala dar. In Untersuchungen mit Handwerkzeugen von KUIJT-EVERS ET AL. [2004, S. 457] werden Komfort und Diskomfort jeweils durch die gleichen Faktoren wie Funktionalität, Körperhaltung, Schmerz oder Ästhetik bestimmt. Ein Erklärungsansatz für die Unterschiede zu [ZHANG ET AL. 1996] sind die unterschiedliche Art von Produkten [KUIJT-EVERS ET AL. 2004, S. 457].

Weiterhin gibt es mehrdimensionale Ansätze des Komforts. ENGELN & VRATIL [2008] differenzieren zwischen passiv erlebbaren sensorischen Reizen (Nutzung) und aktiv erlebbaren Handlungen. Weiterhin unterscheiden sie, ob eine Tätigkeit ausgeführt wird, um ein Ziel zu erreichen (Komfort), oder um ihrer selbst willen (Genuss) [ENGELN & VRATIL 2008, S. 286].

Da sich die Makroergonomie hauptsächlich mit der Optimierung der positiv wie negativ empfundenen sensorischen Reize beschäftigt und das Produkt Fahrzeug betrachtet wird, ist die Definition nach ZHANG ET AL. [1996] für diese Arbeit zweckmäßig.

2.3 Tools der ergonomischen Fahrzeugauslegung

In diesem Kapitel werden für diese Arbeit relevante Tools im Kontext der ergonomischen Fahrzeugauslegung beschrieben. Dabei teilt sich die Absicherung in reale und virtuelle Absicherung auf, wobei im Sinne des Frontloadings eine Verschiebung hin zu virtuellen Methoden erfolgt [MANDEL ET AL. 2015]. Trotz allem wird in näherer Zukunft nicht auf reale Modelle verzichtet werden [HERPEL & WAGNER 2013, S. 590].

2.3.1 Digitale Menschmodelle

Aufgrund von Frontloading, steigendem Absicherungsumfang und vor allem den vielen Einflussfaktoren auf die Körperhaltung und mögliche Variationsparameter ist der Einsatz von digitalen Menschmodellen in der Fahrzeugauslegung zwingend notwendig. Digitale Menschmodelle werden vor allem zur Verifizierung bereits bestehender Konzepte, aber auch zur Auslegung neuer Konzepte eingesetzt [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 360].

Eine sehr ausführliche Übersicht über digitale Menschmodelle liefert [BULLINGER-HOFFMANN & MÜHLSTEDT 2016]. Die relevantesten Menschmodelle für die Auslegung der Ergonomie in der Automobilindustrie sind nach MÜLLER [2010, S. 16] SAMMIE [MÜHLSTEDT 2016, S. 156], Human Builder [EBD., S. 134], Jack [EBD, S. 139] und RAMSIS [EBD, S. 152]. Eine Methode, wie digitale Menschmodelle für die Fahrerplatzauslegung eingesetzt werden können, wird in REED ET AL. [2002] beschrieben. Darauf aufbauend beschreiben PARKINSON & REED [2006] eine Optimierungsmethode.

Im Folgenden wird speziell auf das Menschmodell RAMSIS eingegangen, da es das führende Tool im Bereich der Fahrzeugergonomie darstellt [WIRSCHING 2016, S. 287] und in dieser Arbeit eingesetzt wird. RAMSIS wurde ursprünglich von 1987 bis 1994 mit den Schwerpunkten Haltungs- und Bewegungsanalyse [SEIDL 1994], Komfortanalyse [KRIST 1994] sowie Abbildung der Anthropometrie [GEUß 1994] entwickelt und über die letzten Jahrzehnte stetig optimiert und um weitere Analysefunktionen ergänzt. Ein vereinfachter Ablauf der Fahrzeugauslegung mit RAMSIS ist in Bild 2.6 visualisiert.

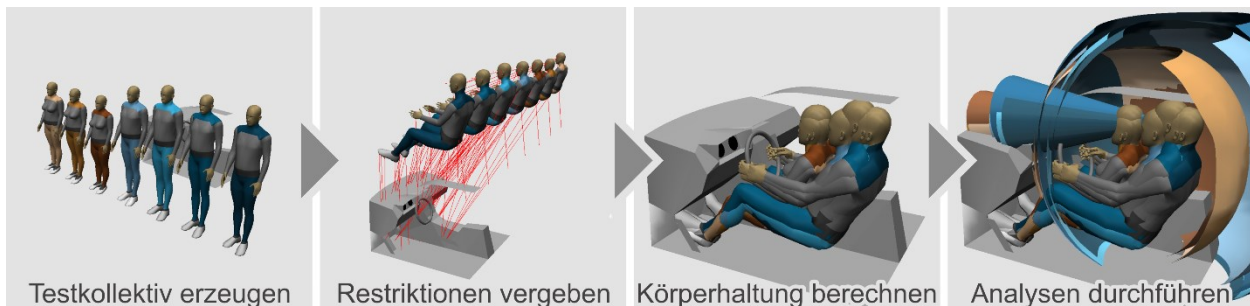


Bild 2.6: Vereinfachter Ablauf der Fahrzeugauslegung mit RAMSIS

Die Generierung von Testkollektiven, bestehend aus mehreren Manikins, die jeweils ein Set an anthropometrischen Maßen repräsentieren [REED ET AL. 2002, S. 558], erfolgt mithilfe von anthropometrischen Datenbanken unterschiedlicher Regionen. Ebenso können individuelle Manikins auf Basis von Bodyscans erzeugt werden. Die Manikins bestehen aus einem inneren Skelettmodell mit Gelenken und dem daran gekoppelten Hautmodell. Die Berechnung der Körperhaltung erfolgt wahrscheinlichkeitsbasiert unter der Berücksichtigung von Restriktionen, mit denen die Manikins an die Fahrzeugumgebung gekoppelt werden. Die der Berechnung zugrunde liegenden Wahrscheinlichkeitstöpfe für

die Gelenkwinkel hängen dabei vom Einsatzgebiet ab. Dementsprechend stehen für die Fahrerhaltung in einem Auto, LKW, Motorrad, die Passagierhaltung oder weitere Einsatzgebiete verschiedene Haltungsmodelle zur Verfügung. Entscheidend für die Berechnung einer korrekten Körperhaltung sind neben dem Haltungsmodell vor allem die Festlegung geeigneter Restriktionen [vgl. SPEYER 2005, S. 9 ff.].

Aufbauend auf der berechneten Körperhaltung können Analysen zu Komfort, Erreichbarkeit, Sicht, Kraft und weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Haltungsberechnung wurden durch SEIDL [1994] und KOLLING [1997] validiert. Die darauf aufbauende Komfortbewertung wurde von NILSSON [1999] überprüft.

Eine Besonderheit des Skelettmodells von RAMSIS stellt der RH-Vektor dar. Er entspricht dem Versatz zwischen dem mit der H-Punkt-Messmaschine ermittelten, sitzfesten SgRP und dem Hüftgelenk von RAMSIS, das sich am Hüftpunkt realer Personen orientiert. Der RH-Vektor hängt sowohl von der Anthropometrie der Manikins als auch von den Eigenschaften des Sitzes ab und simuliert das Einsinkverhalten der Personen im Sitz. [SEIDL 1994, S. 116], [HUDELMAIER 2003, S. 40 f.]

2.3.2 Variable Ergonomieprüfstände

In Bild 2.7 sind unterschiedliche Prüfstände, die alle eine gewisse Art von Variabilität hinsichtlich des Maßkonzepts aufweisen, dargestellt. Klassische variable Ergonomieprüfstände bieten dabei die größten Verstellbereiche und somit eine gute Möglichkeit, Maßänderungen, die während des Entwicklungsprozesses entstehen, schnell abzubilden und abzusichern [EHLERS & BREITLING 2011, S. 898]. Da der Fokus dieser Prüfstände auf ihrer universellen Einsetzbarkeit mit Verstellbereichen von Kleinstfahrzeugen bis hin zu großen SUVs liegt, ist ihre Anmutung technisch geprägt und im Gegensatz zu 1:1 Sitzkisten weiter entfernt von der Erscheinung realer Fahrzeuge.

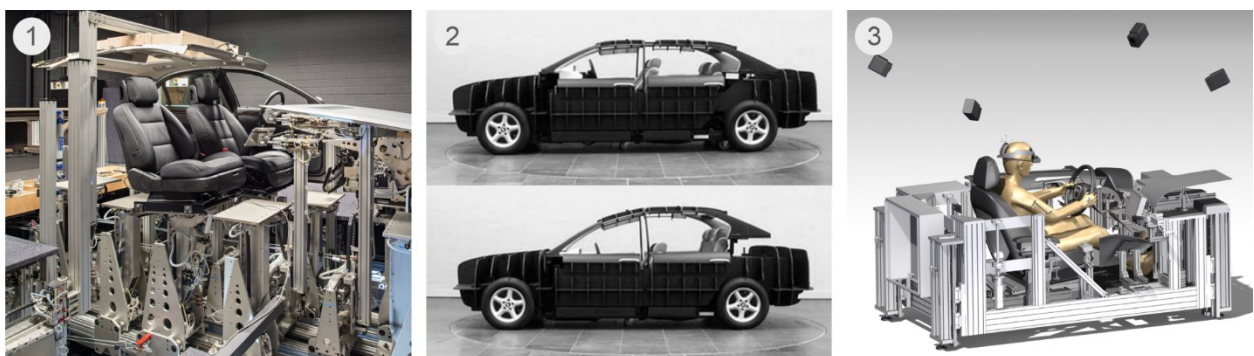


Bild 2.7: Variabler Ergonomieprüfstand (1) [LFE 2020], variable Sitzkiste (2) [HERPEL & WAGNER 2013, S. 587 f.] und virtueller Fahrerplatz (3) [RIEDL 2012, S. 42]

Für spezifische Fragestellungen, bei denen nur einzelne, ausgewählte Parameter in einem überschaubaren Rahmen variiert werden sollen, bietet sich der Einsatz von

verstellbaren Sitzkisten an. Doch auch bei diesen Sitzkisten ist meist kein vollständig geschlossenes Interieur vorhanden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Kombination von variablem Prüfstand mit Eingabegeräten für die haptische Wahrnehmung und einem Head-Mounted Display für die visuelle Wahrnehmung. Dabei stellt besonders die Abstimmung der verschiedenen Sinneskanäle eine technische Herausforderung dar [RIEDL 2012].

2.3.3 Motion Tracking

In realen Fahrzeugen oder Prüfständen kann die Körperhaltung mittels Motion Tracking Systemen erfasst werden. Bei optischen Systemen wird die Testperson von mehreren Kameras aus unterschiedlichen Positionen erfasst. Da die Kamerapositionen und -winkel exakt definiert sind, können durch optische Triangulation die Positionen der Körperteile im Raum berechnet werden. Zur besseren Erfassung können Marker, die auf dem Körper der Testpersonen angebracht werden, verwendet werden. Optische Trackingsysteme weisen eine sehr hohe Messgenauigkeit auf. Ein Nachteil des optischen Trackings ist, dass die Kameras freie Sicht auf die Testpersonen haben müssen. Dementsprechend muss in Fahrzeugprüfständen (vgl. Kapitel 2.3.2) auf ein komplett geschlossenes Interieur verzichtet werden [WAN ET AL. 2013], [WANG ET AL. 2013, S. 2].

Neben optischen Systemen können auch Systeme mit Inertialsensoren verwendet werden. Dabei werden die Sensoren, die eine Kombination aus Beschleunigungssensor, Gyroskop und Magnetometer darstellen, an den Gliedmaßen der Testpersonen angebracht. Nach einer Kalibrierung werden die relativen Gelenkwinkel gemessen. Im Vergleich zu optischen Systemen sind die Voraussetzungen an die Versuchsumgebung geringer, es kann ein geschlossenes Interieur verwendet werden und die Systeme sind einfacher zu nutzen [KIM & NUSSBAUM 2013], [CLOETE & SCHEFFER 2008]. Dafür sind sie weniger genau [KIM & NUSSBAUM 2013] und neigen zu einer Positionsdrift [VLASIC ET AL. 2007]. Weiterhin können einzelne Körperpunkte mittels Messarm, laser- [vgl. WETTLAUFER 2004, S. 35] oder kamerabasiert [vgl. WOYNA 2014, S. 64] erfasst werden.

2.3.4 Fahrsimulation

Im Kontext der Fahrzeugergonomie werden Fahrsimulatoren vor allem eingesetzt, um das menschliche Verhalten in möglichst realen Situationen zu untersuchen. Dabei ist die eigentliche Fahrtätigkeit oft nur zweitrangig und dient vor allem der verlässlichen Bewertung der Ergonomie. Fahrsimulatoren sind vor allem für die Entwicklung der Systemergonomie hinsichtlich des Bedien- und Anzeigenkonzepts wichtig, aber auch für die anthropometrische Gestaltung werden sie beispielsweise für Untersuchungen zu Sicht, Erreichbarkeit oder Körperunterstützung eingesetzt.

Generell kann zwischen statischen und dynamischen Fahrsimulatoren unterschieden werden. Dynamische Simulatoren bilden zusätzlich die auftretenden Fahrzeugbeschleunigungen über ein Bewegungssystem ab und sind damit prinzipiell realitätsnäher als statische Fahrsimulatoren. Allerdings reicht es für viele Fragestellungen aus, statische Simulatoren zu verwenden [HIESGEN 2011, S. 13]. Ebenso können die Qualität der Fahrzeugabbildung und die Größe des Blickfelds entsprechend des Untersuchungsziels angepasst werden [NEGELE 2007, S. 94 ff.]. Beispielsweise sollte für eine adäquate Geschwindigkeitsabschätzung das Blickfeld mindestens 120° groß sein [JAMSON 2000]. Die Bandbreite der eingesetzten Systeme reicht von einem Sitz vor einem Display bis hin zu ganzen Fahrzeugen in der CAVE.

Im Vergleich zu Fahrversuchen mit realen Fahrzeugen sind Untersuchungen im Fahrsimulator sicherer, reproduzierbarer, kostengünstiger und können bereits in einem frühen Stadium der Fahrzeugentwicklung oder zur Grundlagenerforschung eingesetzt werden [KAUßNER 2003, S. 7 f.], [LEMMER 2011, S. 746]. Dabei bestehen je nach Untersuchungskontext hinsichtlich der Bewertung kaum Unterschiede zwischen dynamischen Simulatoren und realen Fahrzeugen [KAISER 2009, S. 41]. Selbst wenn absolute Unterschiede auftreten, sind die Tendenzen nach BUBB [2015B, S. 600] korrekt. Somit eignen sich Fahrsimulatoren besonders gut für vergleichende Studien [EBD.].

Ein Problem bei Versuchen in Fahrsimulatoren ist die Simulatorkrankheit, die mit Unwohlsein, Übelkeit bis hin zu Erbrechen einhergeht. Um diese zu vermeiden, sollte die Vermischung von realer und virtueller Welt durch eine möglichst vollständige Sichtabdeckung vermieden werden, die Bilddarstellung hochauflösend, frei von Verwischungseffekten und an den Augpunkt der Testpersonen angepasst sein sowie die Bewegungssimulation homogen auf die anderen Systeme abgestimmt sein [NEGELE 2007]. Zusätzlich kann eine speziell gestaltete Eingewöhnungsfahrt helfen, die Simulatorkrankheit zu vermeiden [HOFFMANN & BULD 2006].

2.3.5 Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand

Der Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand (FEPS) des Forschungs- und Lehrgebiets Technisches Design basiert auf der vollvariablen Sitzkiste von BRAUN [1999] und wurde von MANDEL [2019] so erweitert, dass die Fahrtätigkeit in einem realen Fahrzeug nachgebildet werden kann. Dafür wurde der Prüfstand unter Beibehaltung der Variabilität (vgl. Kapitel 2.3.2) um einen geschlossenen Fahrzeuginnenraum und eine Fahrsimulation ergänzt (vgl. Bild 2.8). Mittels einer Steuerung über LabView wird der Innenraum über 52 Elektromotoren mit Wegsensoren eingestellt. Über 22 definierte 3D-Messpunkte können Fahrzeugvarianten definiert, abgespeichert und wieder aufgerufen werden. Der FEPS verfügt über ein markenneutrales Erscheinungsbild, eine realistische Haptik und eine von

den eingestellten Fahrzeugparametern unabhängige Gesamterscheinung. Zusätzlich zur Verstellung des Innenraums, können sich Testpersonen Sitz und Lenkrad über 12 Motoren einstellen.



Bild 2.8: Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand des IKTD

Um eine realistische Bewertung zu erhalten, muss neben der Darstellung des Fahrzeuginnenraums auch die Nutzung des Fahrzeugs realitätsnah abgebildet werden (vgl. Kapitel 2.3.4). Dafür verfügt der FEPS über eine statische Fahrsimulation inkl. Bedienelementen und Anzeigen im Cockpit. Als Software wird SILAB [WIVW 2020] eingesetzt. Die Umgebungssimulation mit einem Blickfeld von 225° erfolgt über fünf 60 Zoll Fernseher. Die rückwärtige Sicht wird über zusätzliche Displays für Seiten- und Innenspiegel dargestellt. Als Kombiinstrument ist ein weiteres Display verbaut. Zusätzlich ist ein Touchscreen für Infotainmentinhalte vorhanden. Der FEPS verfügt über ein simuliertes Automatikgetriebe und eine Pedalerie mit realistischen Stellkräften und -wegen. Durch die Verwendung einer originalen PKW-Lenksäule inkl. Blinkhebel und eines Lenkkräftsimulators ist das Fahrgefühl realistisch. Zur Simulation von Fahr- und Umgebungsgläuschen wird ein Surround Sound System verwendet. Insgesamt konnte MANDEL [2019, S. 111] in Probandenversuchen hohe Werte für Immersion und Gefallen nachweisen. Dabei wird der FEPS als reales Fahrzeug und nicht als Computerspiel wahrgenommen. Dies bestätigt die Eignung des Prüfstandes für die Abbildung der realen Fahraufgabe.

2.4 Einflussfaktoren auf die Makroergonomie im Fahrzeug

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Einflüsse auf die Makroergonomie bereits bekannt sind. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit die Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes ist, werden Einflussfaktoren, die ausschließlich Auswirkungen auf die Passagierplätze, das Be- und Entladen oder den Ein- und Ausstieg haben, hier nicht erläutert. Der Fokus liegt

auf den Einflüssen auf die Körperhaltung, das Bedien- und Anzeigenkonzept sowie Komfort, Diskomfort und deren Bewertung.

Die Makroergonomie wird vor allem von der Bandbreite der Eigenschaften der Menschen, den unterschiedlichen Fahrzeugparametern und Umwelteinflüssen beeinflusst. Im Folgenden werden die menschenbasierten Einflüsse nicht gesondert behandelt, sondern an den jeweiligen Stellen der fahrzeugseitigen Einflussfaktoren mit betrachtet. Insgesamt hat auf der Seite des Menschen die Anthropometrie den größten Einfluss. Das Geschlecht hat hauptsächlich indirekten Einfluss über die Anthropometrie. Ein weiterer menschenbasierter Einflussfaktor, der auf viele Bereiche der Makroergonomie einen Einfluss hat, ist das Alter [vgl. BRENNER 2013]. Allerdings sind die interindividuellen Unterschiede größer als der Einfluss des Alters [vgl. SCHMIDT & LANG 2007].

2.4.1 Einflüsse auf Körperhaltung und Grundpositionierung

Für die Grundpositionierung von Personen auf dem Fahrer Arbeitsplatz ist vor allem die Möglichkeit der Erfüllung der primären Fahraufgabe von Bedeutung. Damit diese ausgeführt werden kann, müssen die Anforderungen hinsichtlich Sitzen inkl. Erreichbarkeit, Freiraum und Abstützung sowie Sicht erfüllt sein [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 354 ff.].

Um der breiten Streuung der anthropometrischen Maße von Fahrzeuginsassen zu genügen, bieten heutige Fahrzeuge den Insassen verschiedene Anpassungsmöglichkeiten. Da der AHP in den allermeisten Fahrzeugen fix ist [VOGT ET AL. 2005, S. 205], sind Sitz und Lenkrad mit Verstellmöglichkeiten ausgestattet.

Die Hüftpunktlage als ein wichtiger Aspekt der Körperhaltung wird von vielen Einflussfaktoren beeinflusst (vgl. Bild 2.9). Den größten Einfluss hat dabei die Konstellation von Sitz, Lenkrad und Pedalerie sowie deren Einstellung [vgl. KOLLING 1997, S. 41]. REED ET AL. [2002, S. 563] zeigen, dass Sitzhöhe, Lenkradposition und Sitzflächenneigung unabhängig voneinander einen signifikanten Einfluss auf die Körperhaltung haben.



Bild 2.9: Einflussfaktoren auf die Hüftgelenklage basierend auf [KOLLING 1997, S. 41]

ESTERMANN [1999, S. 64] zeigt, dass Personen bei unveränderter Einstellung von Sitz und Lenkrad die exakt gleiche Körperhaltung einnehmen. Dabei kann nach KOLLING

[1997, S. 42] aus der Sitzposition nicht eindeutig, aber tendenziell auf die Lage des H-Punkts geschlossen werden.

Auf Basis der genannten Aspekte werden die Einflussfaktoren strukturiert. Zunächst werden der Einfluss des Fahrzeugkonzepts sowie die wichtigsten Fahrzeugelemente Sitz, Lenkrad und Pedalerie sowie Abstützung und Bewegungsfreiheit betrachtet. Aufgrund des bereichsübergreifenden Charakters werden die Einflüsse von Sicht und Raumwirkung in gesonderten Unterkapiteln beschrieben. Zuletzt werden der Einstellvorgang und die dahinter liegenden Priorisierungen und Sitzstrategien erläutert.

2.4.1.1 Bestimmung des Fahrerarbeitsplatzes durch das Fahrzeugkonzept

Die Konstellation von Sitz, Lenkrad, Pedalerie und weiterer wichtiger Parameter am Fahrerarbeitsplatz werden hauptsächlich durch das Fahrzeugkonzept bestimmt (vgl. Bild 2.10). Die Fahrzeugkategorie und -größenklasse (vgl. Kapitel 2.2.3) hat einen ausgeprägten Einfluss auf die relative Anordnung des Sitzes zur Pedalerie (L53, H30), die Kopffreiheit (H61) und die Sitzhöhe über der Fahrbahn (H5) [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 160f]. Mini- und Kompaktfahrzeuge sowie Vans nutzen die Verkürzung des Platzbedarfs durch eine höhere Sitzposition aus, um die Fahrzeuglänge zu reduzieren [EBD.]. Nach BUBB & GRÜNEN [2015, S. 352] variiert H30 in Abhängigkeit der Fahrzeugkategorie von 140 mm bis 400 mm. Der Einfluss der Klasse ist dabei geringer als der Einfluss der Kategorie. L53 ist durch die gegebenen Abmessungen der H-Punktmessmaschine eindeutig aus H30 berechenbar [BHISE 2012, S. 35ff]. H5 wird durch die Fahrzeugkategorie bestimmt. Außerdem nimmt H61 mit der Fahrzeuggrößenklasse zu [ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 160].

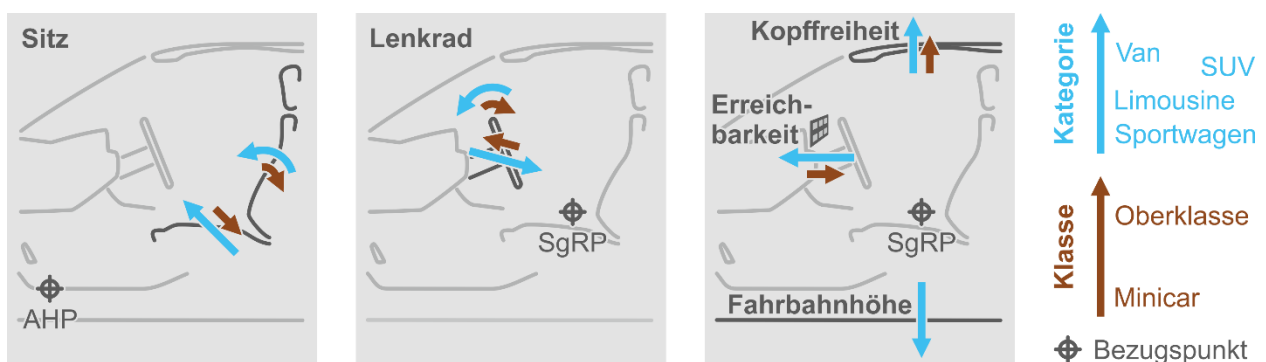


Bild 2.10: Qualitative Darstellung des Einflusses von Fahrzeugkonzept auf Fahrerplatz

Durch die eindeutigen Zusammenhänge zwischen Lenkrad, Sitz und Pedalerie ist die Lage und Neigung des Lenkrads abhängig von H30 und L53 und somit von der Fahrzeugkategorie und -größenklasse. Nach einer Regressionsanalyse von KRIST [1994, S. 59] mit 60 Fahrzeugmodellen nimmt mit steigendem H30 der Abstand zwischen Lenkrad und Sitz in vertikale Richtung ab und der Lenkradwinkel A18 zu. Gleichzeitig werden

L53 und der Abstand zwischen Sitz und Lenkrad in horizontale Richtung kleiner. Ebenso ist der Torsowinkel eindeutig von H30 abhängig [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 191]. Mit steigendem H30 nimmt der Torsowinkel ab. Nach BRENNER [2013] bevorzugen Ältere Fahrzeugkonzepte mit einer hohen Sitzposition.

Weiterhin hängt die Lage der Erreichbarkeitsräume in SAE J287 vom sogenannten G-Faktor, der das Maßkonzept am Fahrerarbeitsplatz hinsichtlich der Position von Sitz, Lenkrad und Pedalerie zusammenfasst, ab. In der ursprünglichen Fassung von SAE J287 verschiebt sich die Lage der Greifräume mit einer Erhöhung der Sitzposition (H30), der Lenkradposition (H17), des Lenkraddurchmessers (W9), der Lenkradneigung (A18) und des Hüftwinkels (A42) nach vorne, mit steigendem Torsowinkel (A40) und einer Rückversetzung des Lenkrads (L11) nach hinten. In den revidierten Varianten der Norm fließen in die Berechnung des G-Faktors aufgrund der Abhängigkeiten der Maße voneinander nur noch H30 und H17 ein.

Die Aufbauform (vgl. Kapitel 2.2.3) hat einen geringeren Einfluss auf den Fahrerarbeitsplatz, da sich Fahrzeuge gleicher Fahrzeugkategorie und -größenklasse hauptsächlich ab der B-Säule unterscheiden [MANDEL 2019, S. 14]. Hinsichtlich der Ergonomie am Fahrerplatz bestehen die größten Unterschiede hinsichtlich einer teilweise reduzierten Kopffreiheit, z. B. bei Coupés, und der rückwärtsgerichteten Sicht.

Neben Fahrzeugkategorie, -aufbauform und -größenklasse, hat auch das Antriebskonzept einen Einfluss auf den Fahrerarbeitsplatz. Bei Elektrofahrzeugen oder anderen Fahrzeugkonzepten mit Antriebskomponenten im Unterboden erhöht sich der Abstand von Fersenpunkt zu Fahrbahnebene. Damit die Stirnfläche des Fahrzeugs nicht zu groß wird, kann eine flachere Sitzposition verwendet werden. Im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugkonzepten führt dies zu hohen Werten von H5, vergleichbar mit einem SUV, bei gleichzeitig niedrigeren H30-Werten für diese Fahrzeugkategorie.

Bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen hat vor allem die Einbaulage von Motor und Getriebe einen Einfluss auf den Fahrerarbeitsplatz. Durch längs eingebaute Komponenten wird der Fußraum durch den Getriebetunnel nach rechts eingeschränkt und bei quer eingebauten Komponenten dringt das Radhaus von links in den Fußraum ein [MACEY & WARDLE 2014, S. 170 f.]. In beiden Fällen muss die Pedalanordnung und Lenkradstellung angepasst werden [BÄUMLER 1992, S. 52]. Weiterhin werden nach BANDOW & STAHLCKER [2001, S. 916] bei Fahrzeugen mit Standardantrieb die Sitze weiter nach außen verschoben.

Ebenso hat die Getriebeart einen Einfluss auf die Gestaltung des Fahrerarbeitsplatzes. Bei Automatikfahrzeugen entfallen die Betätigung des Kupplungspedals und der manuelle Gangwechsel, für den die Hände vom Lenkrad genommen werden müssen.

2.4.1.2 Einflüsse im Kontext des Sitzes

Der Sitz muss den Fahrenden ausreichend Abstützung bieten ohne sie dabei zu sehr einzuengen, damit eine sichere Führung des Fahrzeugs in allen dynamischen Verkehrssituationen möglich ist. Dabei ist zu beachten, dass sich die Fahrenden sehr stark hinsichtlich ihrer Anthropometrie und individuellen Vorlieben, z. B. hinsichtlich seitlicher Führung oder Lehnenneigung unterscheiden. Nach BUBB & GRÜNEN [2015, S. 371] hat die Gestaltung des Sitzes große Auswirkungen auf die Ermüdungsfreiheit der Körperhaltung und den Diskomfort.

Beim Fahrersitz lässt sich standardmäßig die Rückenlehnenneigung, die Kopfstützenposition, die Sitzposition in Längsrichtung und meistens auch in der Höhe einstellen. Gerade im Bereich des Sitzes bieten höher positionierte Fahrzeuge eine Vielzahl an zusätzlichen Verstell- [HERPEL & WAGNER 2011, S. 448] und Komfortfunktionen [LAUKART & VORBERG 2011, S. 476 f.].

Wie sich die Personen den Sitz einstellen, hängt vor allem von der Anthropometrie ab. UPMANN [2016, S. 39] fasst aus vielen Studien zusammen, dass kleine Personen weiter vorne und weiter oben im Fahrzeug sitzen. Neben der Körperhöhe hat die Stammlänge den größten Einfluss [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 190]. Die Ausdehnung des Sitzverstellfelds wird vor allem durch die Extremtypen kleine Sitzriesin, kleine Sitzzwergin, großer Sitzriese und großer Sitzzwerg bestimmt (vgl. Bild 2.11). Dabei sitzen Frauen alleine durch die geringere Körperhöhe weiter vorne und näher am Lenkrad [BHISE 2012, S. 273].

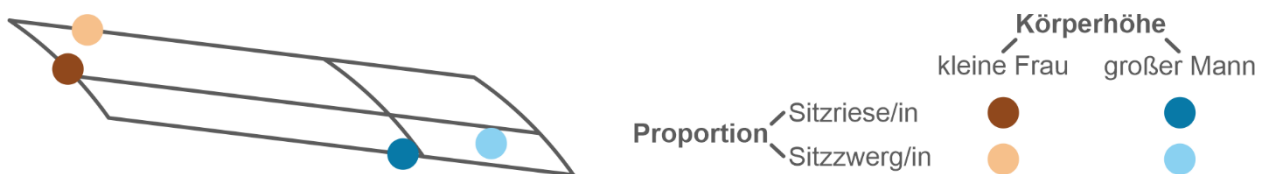


Bild 2.11: Bestimmung der Ausdehnung des Sitzverstellfelds

SEIDL [1994, S. 94] zeigt, dass die relative Position des H-Punkts zum Sitz sowohl vom Sitz (z. B. Sitzkontur, Härte Polster) selber als auch von der Lehnenneigung abhängt. Das Einsinkverhalten in den Sitz (RH-Vektor) und somit auch die Körperhaltung wird neben dem Geschlecht hauptsächlich durch die Korpulenz beeinflusst [SEIDL 1994, S. 117 f.]. Dabei sinken korpulentere Personen weniger in den Sitz ein, da sie auf der Sitzkontur aufschwimmen [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 369].

Der bevorzugte Seitenhalt durch die Sitzwangen hängt neben persönlichen Vorlieben und dem Fahrstil auch von der aktuellen Fahrbedingung ab. Während auf kurviger Strecke ein höherer Seitenhalt wünschenswert ist, wird auf geraden Strecken mehr Freiraum positiv wahrgenommen [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 376].

Obwohl die meisten Fahrzeuge mit einem Torsowinkel zwischen 22° und 25° ausgelegt werden, variiert der tatsächliche Torsowinkel zwischen 5° und 35° [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 191]. Ergebnisse von JONSSON ET AL. [2008, S. 237] zeigen, dass sich Frauen die Rückenlehne steiler einstellen als Männer. Zusätzlich wird die Rückenlehne mit steigendem Alter steiler eingestellt [EBD., S. 239]. Weiterhin ist die Torsoneigung von der Sitzhöhe H30 abhängig (vgl. Kapitel 2.4.1.1) und wird durch die Lage der Kopfstütze beeinflusst [KOLICH 2010; zitiert nach BUBB & GRÜNEN 2015, S. 375]. Ebenso hat die Anthropometrie einen Einfluss auf die Lehnenneigung. Beispielsweise muss sich ein großer, mittelproportionierter Mann die Rückenlehne sehr flach einstellen, damit seine Kopffreiheit ausreichend groß ist [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 371]. Zusätzlich hängt die Lehnenneigung von der Gewohnheit und persönlichen Vorlieben ab [EBD., S. 375]. Nach WETTLAUER [2004, S. 166] stellen sich Personen, die sich unwohl fühlen, den Sitz höher und die Lehne aufrechter ein.

Hinsichtlich einer gesundheitszuträglichen Sitzposition im Auto gibt es unterschiedliche Ergebnisse. Nach WILKE [2004] führt eine leichte Lümmelhaltung zu einer geringeren Belastung der Bandscheiben als eine aufrechte Körperhaltung. Auf der anderen Seite kann mit einer Lordosenstütze in Kombination mit einer steileren Rückenlehne der hohe einseitige Druck auf die Bandscheiben der Lendenwirbelsäule reduziert werden [GRÜNEN ET AL. 2015, S. 170]. Weiterhin führt eine steile Rückenlehne zu einer aufrechten Körperhaltung und zu einem hohen Augpunkt, was eine gute Übersicht zur Folge hat [EBD., S. 172]. Gleichzeitig wird durch den geringen Abstand zum Lenkrad die Beherrschbarkeit des Fahrzeugs erhöht [EBD.]. Letztendlich wird die aufrechte Körperhaltung von Experten empfohlen.

Bei Sitzen mit einstellbarer Sitzkissenneigung hängt diese von Anthropometrie und gewählten Sitzposition ab. Kleine Personen mit Sitzposition vorne oben stellen sich die Neigung eher flach ein, damit sie die Pedale besser erreichen können [KOLLING 1997, S. 42]. Große Personen mit Sitzposition hinten unten wählen für eine bessere Unterstützung der Oberschenkel eine steilere Sitzkissenneigung [EBD.].

2.4.1.3 Einflüsse im Kontext des Lenkrads

Neben der Pedalerie stellt das Lenkrad das wichtigste Bedienelement im Fahrzeug dar. Das Lenkrad lässt sich meistens in der Höhe und immer öfter auch in Längsposition einstellen. Damit alle Personen das Lenkrad gut erreichen können, ist vor allem die Verstellung des Lenkrads in Fahrzeuginnenrichtung wichtig [VOGT ET AL. 2005, S. 210]. Dabei sind nach SCHMIDT ET AL. [2015, S. 183] Ellenbogenwinkel von 95° bis 120° für die Lenkgeschwindigkeit und -genauigkeit ideal. Auf Basis der Anthropometrie der Fahrenden stellt ein Lenkraddurchmesser von 363 mm einen guten ergonomischen Kompromiss

dar [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 381]. Die Dicke des Lenkradkranzes hat nach WOLF [2009, S. 159] keine funktionalen Auswirkungen auf die Ergonomie. Es wird ein Querschnitt von 20 mm empfohlen [EBD., S. 159].

Die Erreichbarkeit des Lenkrads ist nach BÄUMLER [1992, S. 53] für Männer aufgrund ihrer Sitzposition wichtiger als für Frauen. Aufgrund ihrer Anthropometrie und der notwendigen Erreichbarkeit der Pedale sitzen Frauen dabei näher am Lenkrad als Männer [PARKIN ET AL. 1995, S. 780]. Ebenso sitzen ältere Personen geringfügig näher am Lenkrad [EBD., S. 779]. Ein Grund hierfür könnte die veränderte Statur und die Reduzierung der Körperhöhe im Alter sein [BHISE 2012, S. 274].

Die häufig vorhandene Höhenverstellung des Lenkrads ist vor allem für große Männer hinsichtlich des benötigten Freiraums im Bereich der Oberschenkel, aber auch für die Sicht auf das Kombiinstrument relevant. Ebenso können kleine Frauen mit dem Lenkrad kollidieren. Sind sie langbeinig, müssen sie sich den Sitz für eine ausreichende Sicht weit nach oben stellen und können so ggfs. den Lenkradkranz mit den Oberschenkeln berühren [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 360]. Sind sie kurzbeinig, müssen sie den Sitz weit nach vorne verschieben und kommen daher mit dem Oberkörper mit dem Lenkrad in Kontakt [EBD.].

Eine außermittige oder verdrehte Anordnung des Lenkrads (vgl. Kapitel 2.4.1.1) führt nach BÄUMLER [1992, S. 50] zu einer Verdrehung und Verschiebung des Oberkörpers und der Beine in die gleiche Richtung.

Nach NAGEL [2001, S. 101] hängen die oberen Extremitäten stärker als die unteren Extremitäten von individuellen Vorlieben ab. Untersuchungen von KOLLING [1997] zur Griffposition am Lenkrad zeigen, dass die meisten Personen das Lenkrad auf 3 und 9 Uhr greifen. Weiterhin wird bis zu 21 % der Zeit einhändig gefahren. Dabei greifen Frauen das Lenkrad höher als Männer und fahren häufiger mit beiden Händen am Lenkrad. Mit steigendem wahrgenommenem Risiko wird eine höhere Position der Hand am Lenkrad gewählt [STRÜMPFLER ET AL. 2018, S. 32]. Meist wird die Hand, mit der geregelt wird, abgestützt während mit der anderen Hand die benötigte Kraft aufgebracht wird. Insgesamt können unterschiedliche Strategien hinsichtlich Asymmetrie und Häufigkeit der Positionswechsel beobachtet werden. [KOLLING 1997, S. 66 f.]

2.4.1.4 Einflüsse im Kontext von Pedalerie und Fußraum

Bei manuell geschalteten Fahrzeugen befindet sich das gedrückte Kupplungspedal am weitesten weg von den Fahrenden und hat daher den größten Einfluss auf die Auslegung des Fahrer Arbeitsplatzes. Damit die Kupplung vollständig getreten werden kann, positionieren sich Personen auf Kosten einer entspannten Körperhaltung entsprechend weiter

vorne im Sitzverstellfeld [VOGT ET AL. 2005, S. 207]. Dies gilt vor allem für kleinere Personen, die sich zusätzlich die Sitzkissenneigung flacher einstellen, damit sie die Pedale besser erreichen können (vgl. Kapitel 2.4.1.2) [KOLLING 1997, S. 42]. Wenn das Kupplungspedal vollständig durchgetreten werden kann, ist auch eine sicherheitsrelevante Notbremsung aus ergonomischer Sicht möglich [VOGT ET AL. 2005, S. 207]. Dabei sollte ein Kniewinkel von 155° nicht überschritten werden [EBD., S. 209].

Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe befindet sich die Sitzposition aufgrund des wegfallenden Kupplungspedals im Vergleich zu manuell geschalteten Fahrzeugen weiter hinten [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 380]. Allerdings kann eine zu weit nach hinten verschoebene Sitzposition kritisch für eine Notbremsung sein [EBD.].

Die Pedalanordnung und die Einschränkungen des Fußraums durch Radhaus und Getriebetunnel (vgl. Kapitel 2.4.1.1) haben einen Einfluss auf die Körperhaltung [BÄUMLER 1992, S. 52]. Durch eine Einschränkung des Fußraums von rechts oder links, verschiebt sich auch die Fußstellung in die jeweils gleiche Richtung [EBD.]. Überlagert werden diese Effekte durch die Auswirkungen eines verdrehten Lenkrads (vgl. Kapitel 2.4.1.3). Für eine ausreichende Bewegungsfreiheit sollte die Breite des Fußraums mindestens 440 mm bis 500 mm betragen [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 389].

Die ideale Anordnung der Pedale ist abhängig von der Schuhgröße, die mit der Körperhöhe korreliert [BÄUMLER 1992, S. 42]. Mit steigender Schuhgröße verlagert sich die ideale Position nach rechts und weiter nach unten [EBD.]. Diese Verschiebung ergibt sich aus den unterschiedlichen Betätigungsstrategien in Abhängigkeit von der Schuhgröße. BÄUMLER [1992, S. 43] konnte beobachten, dass Personen mit kleinen Füßen die Füße für einen Wechsel zwischen den Pedalen anheben müssen, während dies bei großen Schuhen nicht notwendig ist. Daher haben Frauen aufgrund der kürzeren Fußlänge ihren Fersenpunkt näher am Gaspedal positioniert als Männer [KOLLING 1997, S. 69].

2.4.1.5 Einflüsse im Kontext von Abstützung und Bewegungsfreiheit

Die wichtigste Abstützmöglichkeit im Auto stellt der Sitz dar (vgl. Kapitel 2.4.1.2). Für ein ermüdungsfreies Fahren sind zusätzliche Abstützmöglichkeiten wie Armauflagen, Fußstützen oder Knieanlegeflächen zuträglich [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 384]. Die Position dieser Elemente muss so gewählt werden, dass sie Unterstützung bieten, aber gleichzeitig den Bewegungsfreiraum nicht zu sehr einschränken.

Aufgrund des generellen Zielkonflikts zwischen Freiraum und Führung können kleine Personen die zusätzlichen Abstützmöglichkeiten im Fahrzeug nur sehr eingeschränkt nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Position der Armauflage in der Untersuchung von BOTHE [2010, S. 72ff]. Wären die Armauflagen so positioniert, dass auch kleine Personen

sie gut nutzen können, hätten große Personen nicht mehr genügend Freiraum, um das Fahrzeug zu steuern.

Hinsichtlich des benötigten Freiraums muss neben dem statischen vor allem der dynamische Raumbedarf betrachtet werden, da dieser besonders in Querrichtung deutlich größer ist [Mies 1987], [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 423]. Für den dynamischen Raumbedarf am Fahrerarbeitsplatz müssen nach MÜLLER [2010, S. 71] und BOTHE [2010, S. 65] der Ein- und Ausstieg, der Anschnallvorgang, die Kurvenfahrt, der Lenkvorgang, die Pedalbewegung und der Schaltvorgang betrachtet werden.

Muss keine Fahrtätigkeit ausgeübt werden, z. B. bei automatisierter Fahrt oder während einer Pause, sitzen Personen weiter hinten im Sitzverstellfeld und stellen sich die Rückenlehne flacher [KOLLING 1997, S. 44]. Dadurch haben sie einen größeren Freiraum. Ein ausreichender Freiraum ist vor allem für große Personen wichtig [BRÜCKNER 2011].

2.4.1.6 Einfluss der Sicht auf die Körperhaltung

Die Sicht hat einen großen Einfluss auf die Körperhaltung, da der optische Sinn der wichtigste für das Autofahren ist [TOMASKE & FORTMÜLLER 2001]. Die Sicht auf die Straße und die primären Anzeigen muss, auch hinsichtlich der Erfüllung gesetzlicher Vorschriften, für alle Personen möglich sein. Eine Übersicht wichtiger Vorschriften und Richtlinien bieten [HUDELMAIER 2003, S. 14] und [REMLINGER 2013, S. 65].

Nach HUDELMAIER [2003, S. 10] wird die Sicht durch externe Einflüsse, wie Wetter oder Landschaft, fahrzeugspezifische Faktoren, wie Fahrzeuggeometrie und Anordnung der Elemente, sowie individuelle Faktoren, wie Anthropometrie, Haltung und Sitzposition, beeinflusst.

Die Elemente des Greenhouses und ggfs. die Motorhaube begrenzen die Sicht aus dem Fahrzeug heraus. Dabei sind die Sichtbedingungen für kleine Personen kritischer, da sie beispielsweise die Straße nicht gut sehen können. Im Gegensatz dazu haben große Personen mehr Probleme mit der Sicht nach oben, z. B. auf Ampeln. [LORENZ 2013, S. 56] LORENZ [2013] untersuchte den Einfluss von Sichtparametern auf die Einstellung des Sitzes in Abhängigkeit der Anthropometrie sowohl hinsichtlich der subjektiv empfundenen Wichtigkeit als auch der tatsächlich eingenommenen Körperhaltung in einem variablen Fahrzeug Mock-up. Die Ergebnisse zeigen, dass der Windlaufpunkt, der die Sicht auf die Straße begrenzen kann, nur von kleinen und mittleren Personen bei der Einstellung des Sitzes berücksichtigt wird [EBD., S. 52] und sich nur diese Personen den Sitz bei steigendem Windlaufpunkt tatsächlich höher einstellen [EBD., S. 102 ff.]. Die Fahrbahnsicht, die sich bei konstantem Windlaufpunkt aus der Neigung der Motorhaube ergibt, hat für kleine Personen zwar eine größere Bedeutung als für große [EBD., S. 53], führt aber für keine

Personengruppe zu signifikanten Anpassungen der Körperhaltung [LORENZ 2013, S. 111 ff.]. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass eine Einsicht der Motorhaube wünschenswert ist, um die Fahrzeugabmessungen abschätzen zu können. Die Dachrahmenanlage als obere Begrenzung der Sicht nach vorne wird nur von großen Personen berücksichtigt [EBD., S. 53]. Diese nehmen bei abgesenkter Dachrahmenanlage wenn möglich eine tiefere Sitzposition ein [EBD., S. 115 ff.]. Wenn das aufgrund des begrenzten Verstellfelds des Sitzes nicht mehr möglich ist, verstellen sie die Rückenlehne und nehmen eine Zwangshaltung ein [EBD.]. Obwohl die Brüstungshöhe von keiner Personengruppe bewusst berücksichtigt wird [EBD, S. 54], stellen sich die Personen mittlerer Größe den Sitz mit steigender Brüstungshöhe höher ein [EBD., S. 119 ff.]. LORENZ [2013, S. 121] vermutet, dass kleine Personen aufgrund der Einschränkungen durch ihre Anthropometrie nicht auf die veränderten Sichtbedingungen durch die Brüstungshöhe reagieren können. Die Brüstungshöhe ist sekundär im Vergleich zum Windlaufpunkt. Generell lässt sich durch das Anheben des Augpunkts oder die Absenkung der Gürtellinie die Übersichtlichkeit erhöhen, da mehr der direkten Umgebung eingesehen werden kann (vgl. Bild 2.12) [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 400]. Auf Basis der Ergebnisse leitet LORENZ [2013, S. 133] die Empfehlungen ab, dass für alle Personen der Sichtwinkel auf die Straße größer als acht Grad und der Sichtwinkel nach oben größer als 13 Grad sein sollte.

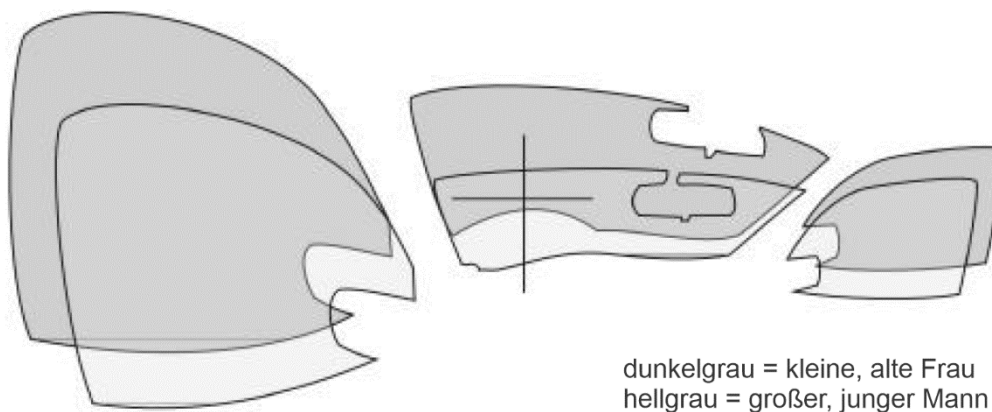


Bild 2.12: Sichtverdeckung abhängig von der Anthropometrie [HUDELMAIER 2003, S. 85]

Hinsichtlich der Sitzeinstellung zeigen Versuche von KOLLING [1997, S. 44] in einer Tiefgarage, dass fehlende Sicht auf die Umgebung durch Erfahrung ausgeglichen wird und somit nur geringen Einfluss auf die gewählte Sitzposition hat.

Neben den bereits aufgeführten Komponenten des Greenhouses haben auch die A-Säulen eine große Auswirkung auf die Sicht. Je nach Abmessungen, Lage und konstruktiver Ausführung führen sie zu einer kleineren oder größeren Verdeckung der Umgebung. Die Sicht wird beispielsweise durch eine Reduzierung des Querschnitts und durch einen Versatz der A-Säulen-Position nach außen verbessert [REMLINGER 2013, S. 124]. Nach

REMLINGER [2013, S. 124 ff.] sind steile, weit hinten wurzelnde A-Säulen besonders positiv für die Sicht.

Für große Personen, deren Augpunkt sich weiter weg von den Säulen befindet, ergibt sich ein geringerer Verdeckungsbereich als für kleine Personen [REMLINGER 2013, S. 145]. Trotzdem ist die Verdeckung während der Fahrt für große Personen kritischer. Für eine ausreichende Antizipationszeit muss der Straßenbereich, der sich abhängig von der aktuellen Geschwindigkeit mindestens zwei Sekunden vor dem eigenen Fahrzeug befindet, fixiert werden [EBD., S. 135]. Dadurch ergibt sich ein horizontaler Vorausschauwinkel. Der maximale Vorausschauwinkel ist für große Personen kleiner, da sich die Verdeckung der A-Säulen für große Personen in einem kleineren horizontalen Winkelbereich befindet. Entsprechend wird die Voraussicht bei Kurvenfahrt für große Personen früher durch die A-Säulen eingeschränkt [EBD., S. 146].

Weiterhin haben kleine Personen ein größeres rückwärtiges Blickfeld über die Spiegel, da ihr Augpunkt einen geringeren Abstand, vor allem zum linken Spiegel hat [vgl. BOTHE 2010, S. 93].

Für die Bewertung der Sicht aus dem Fahrzeug bzw. der Sichtverdeckung durch das Fahrzeug hat sich beispielsweise das Daimler-Scholly-Verfahren etabliert [REMLINGER 2013, S. 114 ff.].

2.4.1.7 Einfluss der Raumwirkung auf die Körperhaltung

Auch Aspekte der Raumwirkung haben einen direkten Einfluss auf die Makroergonomie. In einem Versuch von WAGNER [2014] mit zwei Fahrzeugen, die sich nur hinsichtlich der Farbgebung des Interieurs unterschieden, wählen die Testpersonen bei einem dunklen Interieur im Vergleich zu einem hellen Interieur tendenziell eine Sitzposition weiter unten und somit auch weiter hinten (vgl. Bild 2.13). In einer weiteren Untersuchung zeigt WAGNER [2014], dass auch die Formgebung der Instrumententafel Auswirkungen auf die Sitzposition hat. In zwei Fahrzeugen mit fast identischen Maßkonzepten und Ergonomie positionieren sich die Testpersonen in der Variante mit der voluminöseren Instrumententafel weiter hinten, um einen größeren Abstand zu dieser zu gewinnen.

Auch die Lage der Windschutzscheibe hat einen Einfluss auf die gewählte Sitzposition. KOLLING [1997, S. 42] hat in einer Befragung herausgefunden, dass ein größerer Abstand zur Windschutzscheibe zu einem höheren Sicherheitsgefühl führt. Eine gefühlte zu geringe Kopffreiheit kann dazu führen, dass Personen im Sitz nach vorne rutschen und die Hüfte eindrehen, um mehr Kopffreiheit zu erhalten [EBD.]. Ebenso schränkt ein starker Dach- einzug den zur Verfügung stehenden Raum ein und kann zu Ausgleichsbewegungen führen [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 423].

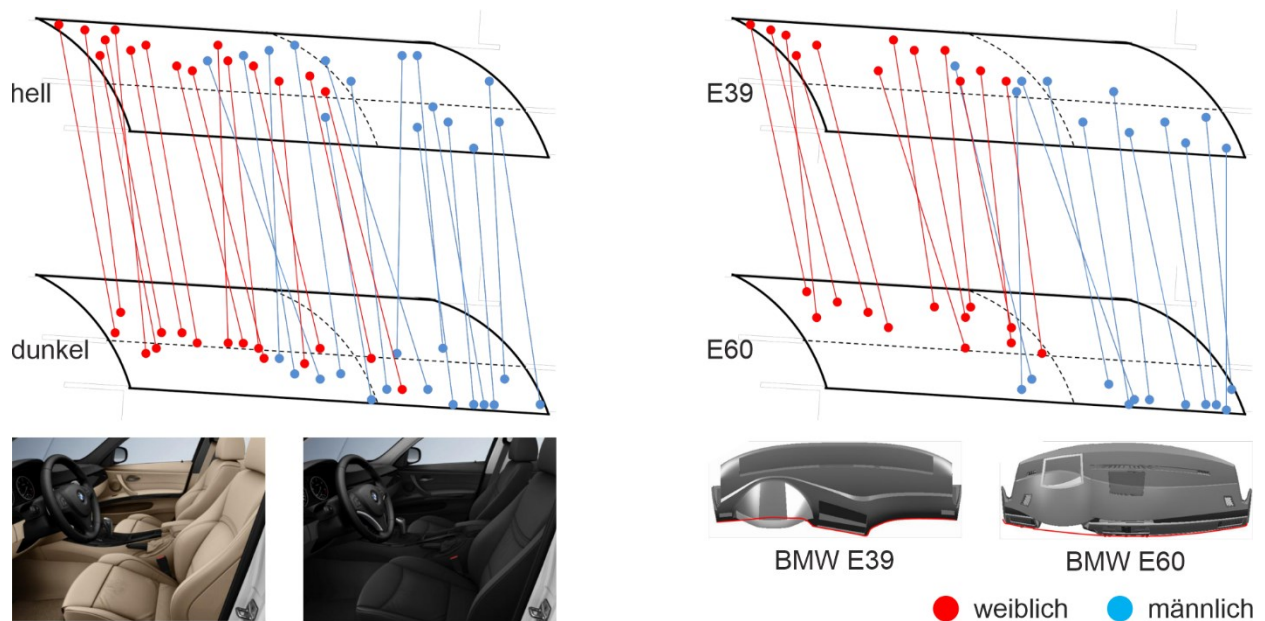


Bild 2.13: Einfluss von Farbe und Form auf die Sitzeinstellung [WAGNER 2014]

2.4.1.8 Nutzung der Einstell- und Anpassungsmöglichkeiten

Ein Auto wird typischerweise hauptsächlich von einer Person gefahren [SACHER 2009, S. 72]. Durch die wenigen Fahrerwechsel, müssen sich die meisten Autofahrer Sitz und Lenkrad nur selten einstellen. Bei den Einstellmöglichkeiten empfinden nach einer Befragung von ESTERMANN [1999, S. 71] die Mehrheit der Autofahrenden die Sitzlängs-, die Lehnenneigungs-, die Sitzhöhen- und die Kopfstützenverstellung als sehr wichtig. Als etwas weniger, aber immer noch wichtig werden die Lenkradverstellung in Höhen- und Längsposition und die Verstellung der Lordosenstütze empfunden.

Nach HUMMEL [2008, S. 93] stellen ca. die Hälfte der Personen den Sitz nur oder überwiegend im Stand ein, für die andere Hälfte ist die Veränderung der Sitzposition während der Fahrt gängige Praxis. Die Reproduzierbarkeit der Sitzposition ist nach JONSSON ET AL. [2008, S. 235] bei Frauen höher als bei Männern. Weiterhin variieren die gewählten Sitzpositionen mit steigendem Alter zwischen den Versuchsdurchgängen stärker [EBD.]. SACHER [2009, S. 73] stellt in ihren Versuchen fest, dass viele Fahrer im Stand eine Grundeinstellung vornehmen, die sie dann während der Fahrt verfeinern. Dabei werden vor allem die Längs- und Höhenposition des Sitzes sowie die Lehnenneigung verstellt [EBD., S. 72]. Einige Testpersonen neigen dabei dazu die Einstellungen in sehr kleinen Schritten anzupassen [EBD.].

Selbst wenn keine Anpassungen von Sitz und Lenkrad während der Fahrt durchgeführt werden, verändern die Personen ständig ihre Körperhaltung, wie die H-Punktlage [KOLLING 1997, S. 41] oder die Griffposition am Lenkrad [EBD., S. 66 f.], um beispielsweise

den Diskomfort zu reduzieren [KYUNG ET AL. 2010, S. 376]. Allerdings sind die Unterschiede durch Haltungswechsel im Vergleich zu den Unterschieden zwischen den Testpersonen klein [REED ET AL. 2002, S. 567].

2.4.1.9 Priorisierung der Parameter beim Einstellvorgang

Nach Untersuchungen von BRÜCKNER [2011] (vgl. Bild 2.14) und LORENZ [2013] haben die Erreichbarkeit der Pedale (vgl. Kapitel 2.4.1.4) und die Erfüllung der Sichtbedingungen (vgl. Kapitel 2.4.1.6) den größten Einfluss auf die Sitzeinstellung. Vielen Personen ist die Sicht auf die Straße, Verkehrszeichen, Signalanlagen und andere Verkehrsteilnehmer sogar wichtiger als die optimale Erreichbarkeit von Lenkrad, Pedalen und Bedienelementen [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 355]. Dementsprechend stellen sich diese Personen den Sitz so ein, dass die Sichtbedingungen für sie persönlich ideal sind [EBD.]. Die gleichzeitige Erfüllung der Erreichbarkeits- und Sichtbedingungen ist besonders für kleine Personen kritisch [vgl. NAGEL 2001, S. 106]. So muss eine kleine, mittelproportionierte Frau sehr aufrecht und weit vorne sitzen, damit sie sowohl die Pedale erreicht als auch genügend sieht [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 369]. Mit zunehmender Körpergröße nimmt eine ausreichende Bewegungsfreiheit, beispielsweise im Bereich der unteren Extremitäten und des Kopfs, an Bedeutung für die Sitz- und Lenkradeinstellung zu [BRÜCKNER 2011].

Verteilung von Augpunkten, Lenkrad- und Sitzeinstellungen von über 100 Probanden

Prioritäten für die Sitzeinstellung

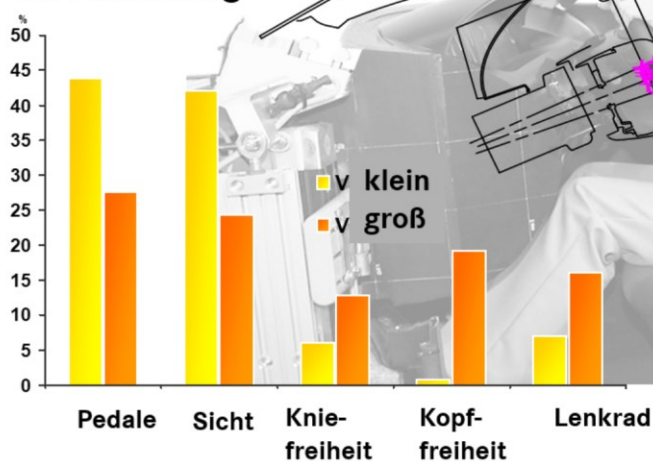


Bild 2.14: Körperhaltung und Prioritäten für die Einstellung [BRÜCKNER 2011]

2.4.1.10 Unterschiedliche Sitzstrategien

Nach einer Clusteranalyse in einer Limousine und einem SUV von KYUNG ET AL. [2010] gibt es drei unterschiedliche Sitzstrategien (vgl. Bild 2.15). Die Personen des ersten Clusters weisen die am meisten gebeugten oberen Extremitäten auf, im zweiten Cluster sind die unteren Extremitäten stark angewinkelt und für das dritte Cluster ist eine gestreckte Körperhaltung charakteristisch [EBD., S. 378]. Die gestreckte Körperhaltung wird dabei vor allem von jungen Testpersonen bevorzugt [EBD., S. 379]. Weiterhin konnten KYUNG ET AL. [2010, S. 380] feststellen, dass kleine Personen tendenziell gebeugte obere Extremitäten aufweisen, während bei großen Personen eher die unteren Extremitäten stärker gebeugt sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die gleichen drei Cluster unabhängig von der Fahrzeugkategorie detektiert werden [EBD., S. 378]. Allerdings verwenden nur 34 % der Testpersonen eine konsistente Sitzstrategie in beiden Fahrzeugen.

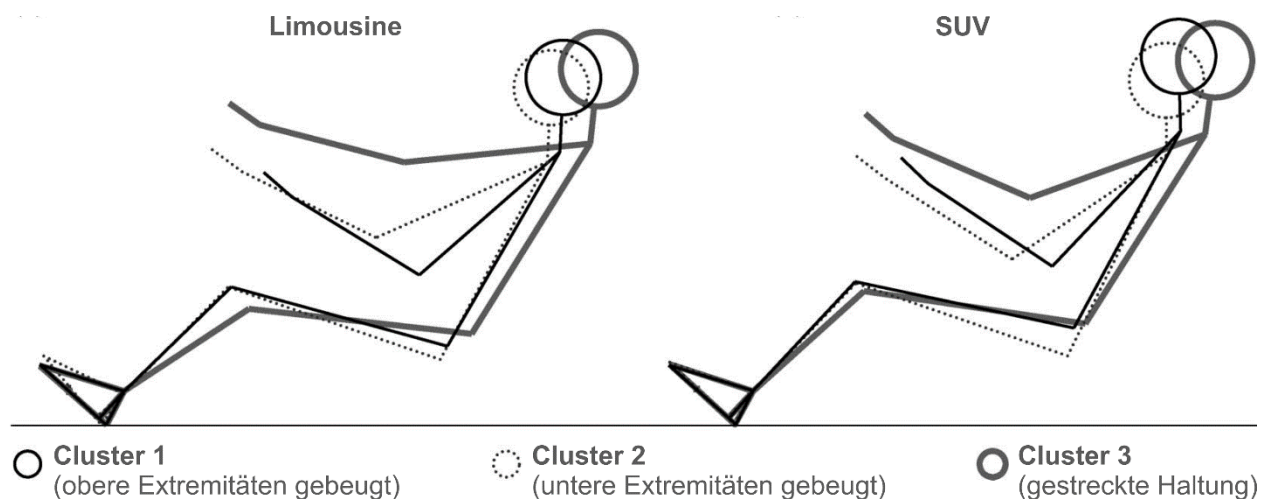


Bild 2.15: Handlungsstrategien in Limousine und SUV [KYUNG ET AL. 2010, S. 382]

2.4.2 Einflüsse auf die Auslegung des Bedien- und Anzeigenkonzeptes

Nach Untersuchungen von RASSL [2004, S. 64] führt die Ausführung von sekundären Aufgaben zu Ablenkungszeiten von bis zu 16 Sekunden. Um die Ablenkungszeiten zu reduzieren, müssen Interieur und Nebentätigkeiten so gestaltet sein, dass sich die Fahrerinnen möglichst lange auf die Fahraufgabe konzentrieren [FUTSCHIK 2011, S. 87] und die Informationen des Bedien- und Anzeigenkonzeptes leicht aufnehmen können.

Ein wichtiger Aspekt ist die Vermeidung von Verdeckungen. Im Fahrzeuginnenraum sind vor allem die Anzeigen und Warnanzeige der primären, aber auch der sekundären Aufgabe wichtige Sichtziele [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 355]. Die Sicht kann dabei teilweise durch das Lenkrad verdeckt werden. Während für größere Personen die Sicht auf das Kombiinstrument kritischer zu bewerten ist [LORENZ 2013, S. 56], ist es bei kleineren Personen die Sicht auf das Zentralsdisplay.

Fahrfremde Tätigkeiten werden während der Fahrt durchschnittlich einmal pro Minute durchgeführt [vgl. SACHER 2009, S. 44]. In den Langzeitversuchen von SACHER [2009, S. 47] sind davon circa zwei Drittel der Bedienung des Infotainments zuzuschreiben. Generell werden Tätigkeiten, die eine hohe visuelle Aufmerksamkeit benötigen, wie SMS schreiben, von den meisten Personen während des Stands des Fahrzeugs durchgeführt [vgl. HUMMEL 2008, S. 93]. Die Aufmerksamkeit und den Anteil an Blickzuwendung, die die Infotainmentbedienung während der Fahrt benötigt, hängt von der Art und Anordnung der Anzeigen und Stellteile des Systems ab. In der Untersuchung von HUMMEL [2008, S. 102] werden beispielsweise die Eingabe von Buchstaben und Zahlen mittels Dreh-Drück-Steller und Touchpad hinsichtlich der Regelgüte in der Fahraufgabe miteinander verglichen. Dabei sind Spurhaltung und Lenkradausschlag bei einem Touchpad leicht besser, das Halten des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug bei einem Dreh-Drück-Steller [EBD.].

Das Alter hat einen Einfluss auf die Auslegung des Infotainmentsystems, da die Sinnesleistungen, insbesondere die Akkomodationsfähigkeit, mit steigendem Alter abnimmt [REMLINGER 2013, S. 92]. Weiterhin nehmen vor allem die kognitiven Fähigkeiten mit einer Geschwindigkeitskomponente ab [SCHLICK ET AL. 2010, S. 126], was sich beispielsweise in einer Verlängerung der Reaktionszeit zeigt [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 455]. Ebenso müssen die Verringerung des Hörvermögens, die Reduktion des haptischen Empfindens und die Verringerung der Erreichbarkeit aufgrund der eingeschränkten Beweglichkeit bei der Auslegung der Mensch-Maschine-Schnittstelle berücksichtigt werden [BRENNER 2013], [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 456]. Die auftretenden Leistungsverluste können von älteren Personen in Alltagssituationen durch Wissen und Erfahrung kompensiert werden [SCHLICK ET AL. 2010, S. 128]. Dementsprechend schneiden Ältere besonders bei für sie neuen Bedienkonzepten und in Laborexperimenten schlechter ab als Jüngere [MARTIN ET AL. 2008, S. 9].

2.4.3 Einflüsse auf Komfort, Diskomfort und deren Bewertung

DA SILVA ET AL. [2012, S. 301] teilen die Einflussfaktoren auf Komfort und Diskomfort in die fünf Gruppen Umwelteinflüsse (z. B. Temperatur, Vibrationen), Produkteigenschaften (z. B. Maßkonzept, Ästhetik), Kontext (z. B. Aufgabe, soziale Aspekte), physische (z. B. Haltung, Druckstellen) und psychische (z. B. Genuss, Zufriedenheit) Faktoren auf.

BUBB [2003] verknüpft die Erkenntnisse von ZHANG ET AL. [1996] (vgl. Kapitel 2.2.9) mit der von ihm erweiterten Komfortpyramide [BUBB 1995] zu einem Komfortmodell (vgl. Bild 2.16). Die Komfortpyramide, die ursprünglich von KRIST [1994] stammt, stellt eine hierarchische Gliederung der Komfortfaktoren in Anlehnung an die Maslowsche Bedürfnispyramide [MASLOW 1943] dar. Erst wenn die Bedürfnisse der unteren Ebenen

erfüllt sind, werden die nächst höheren Ebenen relevant. Die Anforderungen der höheren Ebenen sind dabei schwieriger zu erfüllen als die Grundbedürfnisse, da sie von subjektiven Urteilen geprägt sind [KRIST 1994, S. 12]



Bild 2.16: Komfortmodell basierend auf [BUBB 2003], [KRIST 1994], [BUBB 1995], [WAWZYNIAK 2016, S. 701] und [ZHANG ET AL. 1996]

Im Komfortmodell in Bild 2.17 von LOOZE ET AL. [2003, S. 988] und der Erweiterung von ZENK [2008, S. 15] wird noch deutlicher, dass Diskomfort und Komfort von unterschiedlichen Aspekten des Kontext inkl. Umwelteinflüssen, der Produkteigenschaften und des Menschen beeinflusst werden.

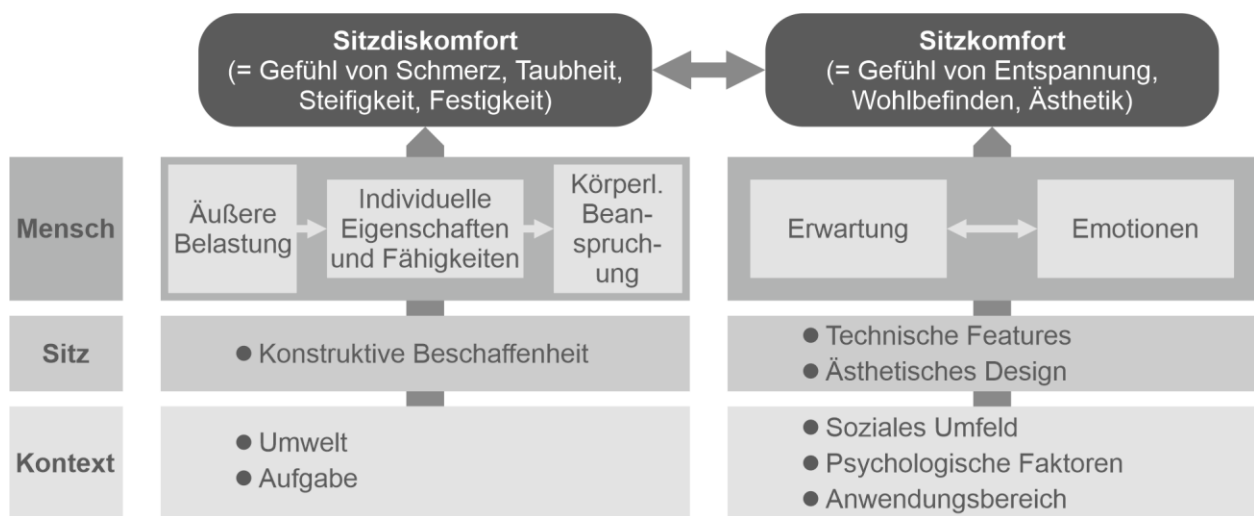


Bild 2.17: Komfortmodell nach LOOZE ET AL. [2003, S. 988] und ZENK [2008, S. 15]

Der Diskomfort ist eng mit der physischen Beanspruchung (vgl. Kapitel 2.2.8) verknüpft und ergibt sich aus dem Umweltkomfort sowie dem Haltungs- und Bedienkomfort, der von der konstruktiven Beschaffenheit des Produkts, den Umwelteinflüssen und der Arbeitsaufgabe beeinflusst wird. Der Diskomfort ist trotz individueller Eigenschaften und Fähigkeiten sowie unterschiedlicher Wahrnehmung und Bewertung objektiver als der Komfort. Der Komfort setzt sich aus subjektiven, emotional besetzten Aspekten, wie Gefallen, Ästhetik oder Wohlbefinden, zusammen und wird von psychologischen und sozialen Faktoren sowie von der individuellen Erwartungshaltung beeinflusst. Nach ZENK [2008, S. 16] wird Komfort dabei nur wahrgenommen, wenn er die Erwartungen übertrifft.

Ganz konkret wird der Diskomfort im Fahrzeug nach BUBB [2015A, S. 7] besonders durch die Sitzhaltung, aber auch durch das Klima und die Geräusche von Motor, Wind und Fahrwerk beeinflusst. Am Fahrerplatz wird Diskomfort nach HARTUNG [2006] und MERGL [2006] vor allem durch Druckbereiche im Gesäß verursacht. Eine Untersuchung von ZENK [2008, S. 69] zeigt, dass Sitzhöhen- Sitzneigungs- und Lehnenneigungsverstellung den größten Einfluss auf die Druckverteilung haben. Nur durch eine optimale Verteilung des Drucks und der Vermeidung von Druckspitzen kann der Diskomfort reduziert werden. Möglichkeiten hierfür sind optimierte Sitzkonturen [FRANZ ET AL. 2011], die automatisierte Einstellung des Sitzes entsprechend der Sitzdruckverteilung [ZENK 2008] oder die Sensibilisierung und Schulung der Fahrenden, z. B. durch Tutorials [LORENZ 2011].

Im Gegensatz zu Druckstellen weisen viele Gelenke einen großen Bereich an Winkeln auf, die als komfortabel empfunden werden [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 363]. Zusätzlich sind Menschen relativ unempfindlich gegenüber der Verletzung komfortabler Gelenkwinkel [EBD., S. 377]. Dies führt dazu, dass sie trotz einer suboptimalen Körperhaltung kurzfristig keinen Diskomfort empfinden und erst wenn sie längere Zeit in dieser Haltung verharren, die Fehlstellung bemerken.

KYUNG & NUSSBAUM [2009] konnten in ihrer Studie zeigen, dass der Bereich von als komfortabel empfundenen Gelenkwinkeln auch von der Fahrzeugklasse, dem Versuchsssetup sowie dem Alter, dem Geschlecht und der Körperseite abhängig ist.

Hinsichtlich der Beurteilung von Komfort zeigt KRIST [1994, S. 85] in ihren Versuchen, dass weder die Einstellung zum Autofahren noch der Fahrstil der Autofahrenden einen Einfluss auf die Bewertung hat. Nach RICHARDS ET AL. [1978; zitiert nach KRIST 1994, S. 36] fühlen sich Frauen in Flugzeugen generell komfortabler. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Frauen aufgrund ihrer Anthropometrie relativ gesehen mehr Raum am Sitzplatz zur Verfügung haben. Weiterhin fühlen sich beschäftigte Personen komfortabler als beschäftigungslose. Ebenso führt eine positive Grundeinstellung zur Handlung, in diesem Fall dem Fliegen, zu einer höheren Komfortbewertung. Das Alter hat bei RICHARDS ET AL. [1978] keinen Einfluss auf die Komfortbewertung. Die gefunden Erkenntnisse im Kontext des Fliegens können auch auf das Auto übertragen werden. [RICHARDS ET AL. 1978], [KRIST 1994, S. 36]

Ganz allgemein bewerten Ältere die Fahrzeugeigenschaften nach BRENNER [2013, S. 109] im Kontext der Fahrzeugergonomie schlechter.

2.5 Zwischenfazit und Schlussfolgerungen für diese Arbeit

In diesem Kapitel wurde ein Überblick über die Makroergonomie mit dem Fokus auf die anthropometrische Ergonomie gegeben. Hinsichtlich des Einflusses von fahrzeugseitigen

Parametern auf die Makroergonomie im Fahrzeuginterieur gibt es bereits einen guten Wissensstand. Dies gilt insbesondere für geometrische Variationen des Fahrzeugkonzepts. Weiterhin wurden bereits erste subjektiv wahrnehmbare Faktoren, wie beispielsweise die Farb- und Formgestaltung des Interieurs, untersucht.

Menschseitig hat die Variation der Körperabmessungen den größten Einfluss auf die anthropometrische Auslegung des Fahrzeugs. Ebenso liegen viele Erkenntnisse zum Einfluss von Geschlecht und Alter vor. Diese haben häufig einen indirekten Einfluss über die Anthropometrie oder die Sinnesphysiologie. Viele dieser Einflüsse, wie die Anpassung der Sehfähigkeit oder der Bewegungsgrenzen, können bereits heute in digitalen Menschmodellen bei der Auslegung von Fahrzeugen berücksichtigt werden.

Trotz der Berücksichtigung der bekannten Einflüsse von Anthropometrie, Sinnenphysiologie etc. gibt es bei der Einstellung von Sitz und Lenkrad sowie der Körperhaltung große inter- als auch intraindividuelle Unterschiede. Die intraindividuellen Unterschiede, also die Schwankungen innerhalb einer Person, lassen sich durch den breiten Bereich als komfortabel empfundener Gelenkwinkel und der zusätzlichen Unempfindlichkeit der Menschen gegenüber der Verletzung dieser komfortablen Gelenkwinkel erklären.

Hinsichtlich der Aufklärung der interindividuellen Unterschiede, also den Unterschieden zwischen den Individuen, scheinen die heute bereits berücksichtigten Einflussfaktoren nicht vollständig auszureichen. Dies gilt sowohl für die Einstellung von Sitz und Lenkrad sowie die Körperhaltung als auch für andere Bereiche der Makroergonomie, wie die Bewertung von Beanspruchung, Komfort, Diskomfort oder von verschiedenen Fahrzeug-, Bedien- und Anzeige Konzepten.

Eine Möglichkeit die verbleibende interindividuelle Varianz weiter aufzuklären, ist die Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen (vgl. Kapitel 1.1). Im Kontext der Systemergonomie werden diese teilweise bereits bei der Auslegung der Bedienung berücksichtigt und helfen die Systeme an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen. Weiterhin wird vermutet, dass Persönlichkeitsmerkmale auch bei der intraindividuellen Streuung weitere Erklärungsanteile liefern können.

Die Makroergonomie im Technischen Design ergänzt die anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung um weitere Aspekte der nutzerzentrierten Produktentwicklung (vgl. Kapitel 2.1). Daher wird neben geografischen und demografischen Einflussfaktoren auch die psychografische Orientierung der potenziellen Kunden betrachtet.

Aufgrund der genannten Aspekte und des ermittelten Bedarfs der Berücksichtigung werden im folgenden Kapitel Grundlagen zu Persönlichkeitsmerkmalen und psychografischen Merkmalen erläutert.

3 Persönlichkeitsmerkmale und deren Erfassung

Da die Verwendung von Persönlichkeitsmerkmalen im Sinne psychologischer Faktoren im Kontext der Makroergonomie nicht üblich ist, werden in diesem Kapitel die Grundlagen erläutert, Definitionen zu den wichtigsten Begriffen gegeben und Möglichkeiten der Messung aufgezeigt. Außerdem wird aufgezeigt, wie Persönlichkeitsmerkmale bereits heute im fahrzeugspezifischen Kontext eingesetzt werden.

3.1 Grundlagen zu Persönlichkeitsmerkmalen

Persönlichkeitsmerkmale und andere Beschreibungen von Aspekten der Persönlichkeit haben ihren Ursprung in der Psychologie, werden aber auch in anderen Arbeitsgebieten, wie beispielsweise im Marketing eingesetzt. In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Facetten der Persönlichkeitsmerkmale und deren Verwendung aufgezeigt und festgelegt, wie der Begriff Persönlichkeitsmerkmale in dieser Arbeit verwendet wird.

3.1.1 Persönlichkeitsmerkmale und -beschreibung in der Psychologie

In der Psychologie gibt es mehrere Arbeitsgebiete, die sich mit den unterschiedlichen Facetten der Persönlichkeit beschäftigen. Hervorzuheben sind die Persönlichkeitspsychologie, die einen eher übergeordneten Blick hat, die Entwicklung und Zusammenhänge der Persönlichkeitsmerkmale betrachtet sowie Persönlichkeitstheorien und Konzepte der Persönlichkeit entwickelt, und die differentielle Psychologie, die sich mit der Beschreibung der zahlreichen Einzelmerkmale und der interindividuellen Unterschiede der Menschen beschäftigt. [AMELANG ET AL. 2006, S. 43]

Die **Persönlichkeit** stellt ein „*extrem allgemeines Konstrukt*“ [HERRMANN 1976, S. 34] dar. Ein Konstrukt ist dabei ein „*nicht beobachtbares, empirisch verankertes theoretisches Konzept*“ [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 412]. Nach EYSENCK [1953, S. 2] ist Persönlichkeit „*die mehr oder weniger feste und überdauernde Organisation des Charakters, des Temperamentes, des Intellekts und der Physis eines Menschen*“.

Die Persönlichkeit entspricht der Gesamtheit aller **Persönlichkeitsmerkmale** [AMELANG ET AL. 2006, S. 55]. Dabei sind Persönlichkeitsmerkmale im engeren Sinne (Traits) „*überdauernde persönliche Eigenschaften oder Attribute, die das Verhalten über verschiedene Situationen hinweg beeinflussen*“ [ZIMBARDO & GERRIG 2004, S. 604]. AMELANG ET AL. [2006, S. 54] bezeichnet Traits als „*relativ breite und zeitlich stabile Dispositionen zu bestimmten Verhaltensweisen, die konsistent in verschiedenen Situationen auftreten*“. Eine Disposition ist eine „*überdauernde Verhaltenstendenz einer Person*“ [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 406]. Zusammenfassend sind Traits zeitlich stabil, situationsunabhängig und verhaltensbeeinflussend. Durch die unterschiedliche Ausprägung der Traits zeigen

verschiedene Personen in der gleichen Situation unterschiedliche Reaktionen [AMELANG ET AL. 2006, S. 51]. Traits stellen allgemeine abstrakte Kategorien dar, die im Gegensatz zu Verhaltensweisen nicht direkt beobachtbar [AMELANG ET AL. 2006, S. 54] und häufig bipolar [KOLTKO-RIVERA 2004, S. 162] sind.

Das bekannteste und am weitesten verbreitete allgemeine Persönlichkeitsmodell ist das Fünf-Faktoren-Modell (Big Five) [MCCRAE & COSTA 2008]. Die fünf Dimensionen Gewissenhaftigkeit, Verträglichkeit, Neurotizismus, Offenheit und Extraversion stellen dabei Supertraits dar, die mehrere Traits zusammenfassen [KOLTKO-RIVERA 2004, S. 162]. Obwohl Traits als zeitlich stabil angesehen werden, verändern sich auch die Skalenausprägungen der Big Five Dimensionen über die Lebensspanne [ROBERTS ET AL. 2006, S. 15]. In Bild 3.1 sind die typischen Verläufe der Dimensionen für Frauen und Männer über das junge und mittlere Erwachsenenalter aus einer Onlinestudie von SRIVASTAVA ET AL. [2003] mit 132.515 Personen dargestellt. Neben der zeitlichen Veränderung sind auch die deutlichen Unterschiede zwischen Männern und Frauen erkennbar. Trotz der zeitlichen Veränderung werden Traits als mittelfristig stabil angesehen.

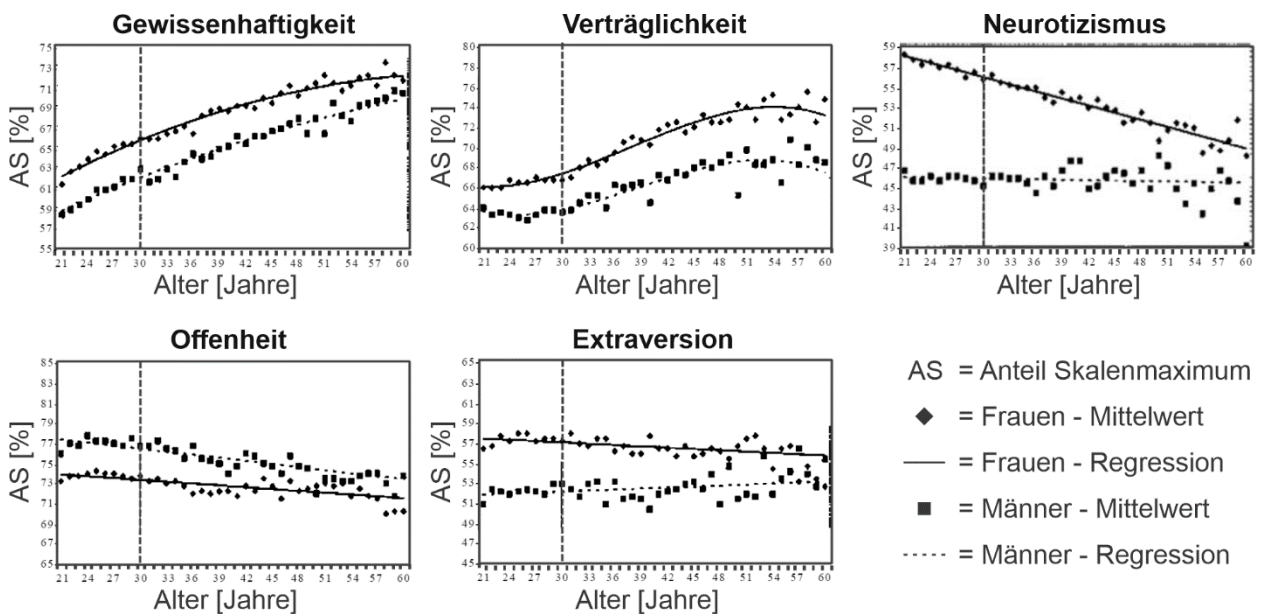


Bild 3.1: Entwicklung Big Five mit dem Alter [SRIVASTAVA ET AL. 2003, S. 1047]

Das Verhalten einer Person wird nicht nur durch die zeitlich und situationsübergreifend stabilen Persönlichkeitsmerkmale sondern auch durch den aktuellen Zustand (States) und die situationsspezifischen Gewohnheiten (Habits) der Person beeinflusst. Nach AMELANG ET AL. [2006, S. 63] kann die intraindividuelle Schwankung, hervorgerufen durch den aktuellen Zustand, ungefähr so groß sein wie die interindividuellen Unterschiede. Besonders die Abgrenzung von Traits und Habits ist dabei nicht immer eindeutig, obwohl Habits im Gegensatz zu Traits direkt beobachtbar sind. [AMELANG ET AL. 2006, S. 54]

Im Folgenden wird ein Auszug weiterer Persönlichkeitsbereiche, die für diese Arbeit relevant sind, beschrieben. **Bedürfnisse** und **Motive** sind eng miteinander verknüpft. Bedürfnisse entsprechen nach HOLTE [2012, S. 22 f.] einem physiologischen und psychologischen Mangelzustand, der zu Motiven führen kann. HOLODYSKI [2009, S. 272] definiert ein Motiv als „*Anreiz menschlichen Handelns, als ein positiv bewerteter Zielzustand, den eine Person bestrebt ist zu erreichen*“. Weiter unterscheiden HECKHAUSEN & HECKHAUSEN [2010, S. 3] implizite und explizite Motive. Während implizite Motive unbewusste Präferenzen sind und ihren Ursprung in der frühen Kindheit haben, entsprechen explizite Motive klar formulierbaren Zielen einer Person [EBD., S. 4 f.]. Durch Motive wird die Handlung auf ein Ziel ausgerichtet [LANGENS ET AL. 2017, S. 388]. Sie können als Ursache unseres Verhaltens aufgefasst werden [KOPPELMANN 2001, S. 44]. Weiterhin sind Motive zeitlich relativ konstant und charakteristisch für eine Person [SCHLICK ET AL. 2010, S. 184]. Motive stellen nach ASENDORPF & NEYER [2012, S. 133] Handlungsdispositionen dar.

Einstellungen sind nach MANSTEAD [1996, S. 3] relativ stabile Tendenzen, Personen oder Sachen positiv oder negativ zu bewerten. Die Bewertung basiert dabei auf Gedanken, Gefühlen und Verhaltensweisen [ZIMBARDO & GERRIG 2004, S. 774]. Im Gegensatz zu Persönlichkeitsmerkmalen beziehen sich Einstellungen auf bestimmte Objekte [HOLTE 2012, S. 33]. Objekte können dabei sowohl Gegenstände als auch Personengruppen, Interaktionsformen oder Verhaltensweisen sein [EBD., S. 26]. Weiterhin sind Einstellungen nach KOPPELMANN [2001, S. 45] konkreter als Motive, die sich nicht auf Objekte sondern Ziele beziehen [HOLTE 2012, S. 26]. Während Motive Handlungsdispositionen sind, gelten Einstellungen als Bewertungsdispositionen [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 133].

Im Kontext der Einstellungen muss nach FISHBEIN & AJZEN [1975; zitiert nach ASENDORPF & NEYER 2012, S. 200] auch die **subjektive Norm** hinsichtlich des Objekts berücksichtigt werden. Die subjektive Norm entspricht der Überzeugung einer Person, welches Verhalten von ihr erwartet wird. Dabei ist vor allem die angenommene Meinung von Personen, deren Urteil der ausführenden Person wichtig ist, relevant. Die subjektive Norm entspricht damit einer Art wahrgenommenen sozialen Druck. [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 200]

Werte sind Standards für die Bewertung von eigenem und fremden Verhalten [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 196]. Nach HALFMANN [2014, S. 324] sind Werte „*Systeme von Einstellungen, die sich durch eine normative Verbindlichkeit auszeichnen*“. Werte sind wie Einstellungen Bewertungsdispositionen [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 133]. Dabei ist der Übergang zwischen Werten und Einstellungen fließend, wobei Werte sich auf abstraktere Objekte beziehen [EBD., S. 199]. Die Einstellungen einer Person werden

bedeutend durch ihre Werthaltungen beeinflusst [ASENDORPF & NEYER 2012, S. 203]. Außerdem implizieren Werte Motive [EBD., S. 198].

In der Arbeitswissenschaft wird häufig der Begriff **Kompetenz** eingesetzt. Kompetenzen bei einer Person sind nach WEINERT [2001; zitiert nach SCHLICK ET AL. 2010, S. 171] „*verfügbare oder erlernbare Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zur Lösung bestimmter Probleme eingesetzt werden*“. Die Ausprägung der Kompetenzen wird nach KLIEME ET AL. [2007, S. 73] durch Fähigkeiten, Wissen, Verstehen, Können, Handeln, Erfahrung und Motivation beeinflusst. Entsprechend sind Kompetenzen nach SCHLICK ET AL. [2010, S. 179] wissensbasiert, lern- und erfahrungsabhängig. Dennoch ist die Kompetenz zeitlich relativ stabil und wird häufig als Disposition angesehen [EBD., S. 170].

Fähigkeiten sind nach ASENDORPF & NEYER [2012, S. 144] Persönlichkeitseigenschaften, die Leistungen als Ergebnisse von Handlungen ermöglichen. Sie stellen eine grundsätzliche Voraussetzung für die Handlung dar. Zu berücksichtigen ist, dass die tatsächliche Leistung auch stark von der Motivation beeinflusst wird [EBD.]. **Fertigkeiten** sind nach RIEF & STENZEL [2017, S. 121] „*erlernte und erworbene Anteile des Verhaltens, die durch Übung oder Erfahrung verbessert und verändert werden können*“. Sie stellen konkretes Aufgabenwissen und -können dar, deren Aneignung von den Fähigkeiten der Person abhängt.

3.1.2 Psychografische Kriterien und Segmentierung

Psychografische Kriterien sind nach MEFFERT ET AL. [2012; zitiert nach KÖLZER & ZIEHE 2014, S. 282] Merkmale des nicht-beobachtbaren Kaufverhaltens wie z. B. Bedürfnisse, Motive, Einstellungen, Werte, Wissen, Interessen und Stilpräferenzen. Sie werden vor allem im Marketing zur Marktsegmentierung eingesetzt. Das Ziel der Marktsegmentierung ist die Bildung von homogenen Käufergruppen, die eine Voraussetzung für ein differenziertes und effizientes Marketing darstellen [DIEZ 2015, S. 11]. Die Verwendung von psychografischen Merkmalen stellt dabei nur eine von vielen Möglichkeiten der Segmentierung dar [vgl. DIEZ 2015, S. 12].

Nach BECKER [2013, S. 251 & 256] kann eine psychografische Segmentierung auf Basis von allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen, Lebensgewohnheiten / Lebensstil in Form von Werten, Aktivitäten, Interessen und Meinungen oder produktspezifischen Kriterien mittels Wahrnehmungen, Motiven, Einstellungen, Präferenzen und Kaufintentionen erfolgen. Dabei sind allgemeine Persönlichkeitsmerkmale aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit mit vielen Faktoren und schwieriger Operationalisierbarkeit nur bedingt für die Segmentierung geeignet [BECKER 2013, S. 256].

Im Gegensatz dazu hat die Lebensstil-Segmentierung eine hohe Bedeutung und ist weit verbreitet [DIEZ 2015, S. 18]. Dabei wird vor allem der AIO-Ansatz, der die drei Konstrukte

activities (A), interests (I) und opinions (O) berücksichtigt, verfolgt, um Lebensstile zu erfassen [BANNING 1987, S. 41]. Ein bekanntes Beispiel, das auch im Automobilbereich eingesetzt wird, sind die Sinus-Milieus [Sinus 2021] mit den Hauptachsen Grundorientierung und soziale Lage.

Neben der Lebensstil-Segmentierung, bei der die psychografische Orientierung den Hauptfaktor darstellt, greift auch die nutzenbezogene Marktsegmentierung auf die psychografischen Konstrukte zurück und verbindet diese mit technischen und ökonomischen Produkteigenschaften [DIEZ 2015, S. 22]. Während produktbezogene psychografische Kriterien nach BECKER [2013, S. 292] für die Prädiktion des Kaufverhaltens und die Wahl der Marketinginstrumente wichtiger sind, weisen persönlichkeitsbezogene psychografische Kriterien eine höhere zeitliche Stabilität auf.

Bei der Bildung von Typologien ist zu beachten, dass es keine Menschen mit exakt identischer Persönlichkeit gibt. Trotzdem ist eine Typologisierung möglich, wenn sich die Personen in den betrachteten Konstrukten ausreichend ähnlich sind [BANNING 1987, S. 21]. In der Praxis werden Statements zu den relevanten Merkmalen formuliert und von der Stichprobe beantwortet. Auf Basis der Antworten der Testpersonen werden sich ähnelnde Statements mithilfe einer Faktorenanalyse zu Faktoren, welche die Beschreibung der Typen anhand weniger übergeordneter Dimensionen ermöglichen, zusammengefasst [BECKER 2013, S. 258]. Im Anschluss wird die Ermittlung der Ähnlichkeit mithilfe von Clusteranalysen durchgeführt, welche die Testpersonen anhand ihrer Faktorwerte in homogene Gruppen, die zu den anderen gebildeten Gruppen möglichst heterogen sind, einteilt [BANNING 1987, S. 189]. Die gebildeten Gruppen sind die Typen der Typologie mit charakteristischen Faktorwerten. Um das beschriebene Verfahren durchführen zu können, werden große Stichproben benötigt [EBD., S. 187].

3.1.3 Festlegung des Begriffs Persönlichkeitsmerkmal für diese Arbeit

Die beiden vorangegangenen Kapitel haben die unterschiedlichen Facetten der Persönlichkeitsbeschreibung in der Psychologie und im Marketing aufgezeigt. Nach HUBER ET AL. [2008; zitiert nach ESCHEN 2013, S. 25] sind für die Mensch-Maschine-Interaktion verschiedene Aspekte der Persönlichkeitsbeschreibung wie Traits, Dispositionen, Einstellungen und Fähigkeiten relevant. Da bei dieser Arbeit die praktische Anwendbarkeit des Einflusses von Persönlichkeitsaspekten und nicht die Entwicklung einer Theorie im Vordergrund steht, wird ein erweiterter Persönlichkeitsbegriff verwendet. BANNING [1987, S. 94] beschreibt Persönlichkeit beispielsweise als „*komplexe Verknüpfung der Motive, Gefühle und Werte sowie des Wissens und der Ziele eines Individuums*“. Darauf aufbauend werden unter dem Begriff Persönlichkeitsmerkmal in dieser Arbeit nicht nur Traits im engeren Sinne, sondern auch andere Aspekte wie Bedürfnisse, Motive, Einstellungen,

Werte, Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten zusammengefasst. Es werden also alle relevanten Aspekte der Persönlichkeit unabhängig von der Kategorien der Persönlichkeitsbeschreibung berücksichtigt. Weiterhin werden auch fahrzeugspezifische Gewohnheiten mit eingeschlossen, während der aktuelle Zustand einer Person ausgeschlossen wird. Entscheidend ist hierbei die zeitliche Stabilität der Aspekte, die zumindest mittelfristig vorhanden sein sollte. Synonym zum Begriff Persönlichkeitsmerkmal werden in dieser Arbeit die Begriffe Konstrukt und Persönlichkeitsdimension verwendet.

3.2 Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen

Die Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen erfolgt mit psychologischen Tests. Diese können in die Kategorien Leistungstests, psychometrische Persönlichkeitstests und Persönlichkeits-Entfaltungsverfahren eingeteilt werden [BRÄHLER ET AL. 2002, S. XII]. Im Kontext dieser Arbeit sind vor allem psychometrische Persönlichkeitstests von Bedeutung. Sie erfassen das typische Verhalten von Personen anhand klar definierter Stimuli, um Rückschlüsse auf die Ausprägung eines oder mehrerer Persönlichkeitsmerkmale zu ziehen [BRÄHLER ET AL. 2002, S. XII], [JONKISZ ET AL. 2012, S. 30]. Nach ROST [1999, S. 140] bildet die klassische Testtheorie für die meisten Tests die Basis. Diese wird in STEYER & EID [2001] ausführlich erläutert. Bei der klassischen Testtheorie handelt es sich um eine reine Messfehlertheorie [BÜHNER 2011, S. 57], die sich damit befasst, wie Messwert, wahrer Wert und unsystematische Messfehler zusammenhängen. Durch die Anwendung der Konstruktionsprinzipien der klassischen Testtheorie können psychometrische Tests entwickelt und qualitativ beurteilt werden. Die eigentlichen Konstrukte der psychometrischen Tests sind latente Variablen, die nicht direkt beobachtbar sind [EBD., S. 31]. Anstelle dieser werden beobachtbare Items gemessen, die als Indikatoren für die Konstrukte angesehen werden [EBD.]. Es wird davon ausgegangen, dass Unterschiede in der Beantwortung von Items ausschließlich auf Unterschiede in der latenten Variable zurückzuführen sind [EBD., S. 32]. Folglich repräsentieren die Items die Konstrukte und müssen miteinander korrelieren. Dabei muss zwingend Eindimensionalität vorliegen, da ansonsten das Ergebnis eines Tests nicht eindeutig bestimmbar ist und keine Rückschlüsse abgeleitet werden können [EBD., S. 31]. Für die praktische Testkonstruktion darf dementsprechend ein Item nur ein Konstrukt messen. Im Folgenden wird erläutert, wie neue Tests konstruiert und anhand von Gütekriterien beurteilt werden.

3.2.1 Vorgehen bei der Konstruktion psychometrischer Tests

Die Konstruktion von psychometrischen Tests wird in der Grundlagenliteratur detailliert behandelt. Ausführliche Beschreibungen sind in [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012B], [BÜHNER 2011], [NETEMEYER ET AL. 2003] oder [DEVELLIS 2017] dargestellt. Sie setzt sich

zusammen aus der vorgelagerten Testplanung, der Konstruktion eines Testentwurfs, der empirischen Überprüfung des Testentwurfs sowie der Finalisierung des Tests.

Vor der eigentlichen Konstruktion eines Tests werden in der Testplanung die Eckdaten des zu konstruierenden Tests definiert. Dabei muss festgelegt werden, welche Merkmale erfasst werden, welche Art von Test dafür verwendet wird und bei welcher Zielgruppe sowie in welchem Geltungsbereich der Test angewendet wird. Darauf aufbauend werden der strukturelle Testaufbau, die Testlänge und die Testzeit sowie die Testdurchführung gewählt. [JONKISZ ET AL. 2012, S. 28 ff.]

Für die Erzeugung eines Testentwurfs gibt es unterschiedliche Konstruktionsprinzipien, mit deren Hilfe der Aufgabentyp festgelegt wird, die Items generiert werden und der eigentliche Test zusammengestellt wird. Die intuitive Testkonstruktion wird vor allem bei neuen Forschungsfeldern mit wenig theoretischem Hintergrund verwendet. Bei der rationalen / deduktiven Testkonstruktion wird auf gut erforschte Theorien zurückgegriffen. Zunächst werden die Konstrukte exakt definiert, um darauf aufbauend auf Basis theoretischer Überlegungen Items zu generieren. Die externale / kriteriumsorientierte Testkonstruktion wird ausschließlich für Tests zur Gruppentrennung verwendet. Das Ziel ist es Items zu finden, bei denen sich die Gruppen eindeutig unterscheiden. Dabei entstehen meist heterogene, multidimensionale Tests. Die induktive / internale / faktoranalytische Testkonstruktion hat für die Persönlichkeitsforschung eine hohe Bedeutung. Für hypothetische Konstrukte werden Items generiert, die einer großen Stichprobe vorgelegt werden. Mithilfe einer Faktorenanalyse können die Items zu Dimensionen zusammengefasst werden, die im Sinne einer Einfachstruktur mit anderen Dimensionen nicht korrelieren. In der Praxis werden die Strategien meistens in einem mehrstufigen Vorgehen kombiniert. [JONKISZ ET AL. 2012, S. 36 ff.], [BÜHNER 2011, S. 93 ff.]

3.2.2 Aufgabentyp

Hinsichtlich des Aufgabentyps lassen sich freie, gebundene und atypische Antwortformate unterscheiden [JONKISZ ET AL. 2012, S. 39]. Nach LIENERT & RAATZ [1998, S. 18] ist die Wahl des Aufgabentyps entscheidend für die Durchführung, Auswertung und Ökonomie des Tests. Hinsichtlich der Ökonomie bieten gebundene Antwortformate eindeutige Vorteile. Im Bereich von Persönlichkeitstest sowie zur Messung von Einstellungen und Meinungen werden neben dichotomen Aufgaben und Mehrfachwahlaufgaben vor allem diskrete Ratingskalen zur Beurteilung von Statements eingesetzt [JONKISZ ET AL. 2012, S. 40]. Dabei gibt es keine richtigen oder falschen Antworten und die gegebenen Antworten werden in eine entsprechende Punktzahl überführt.

Ratingskalen lassen sich hinsichtlich Stufenanzahl, Polarität, Bezeichnung der Skalenpunkte, neutraler Mittelkategorie und Ausweichkategorie unterscheiden. Je mehr Stufen

eine Ratingskala hat, je differenzierter kann zwischen Personen unterschieden werden. Weiterhin steigen sowohl Validität [PRESTON & COLMAN 2000, S. 11] als auch Reliabilität [LOZANO ET AL. 2008, S. 77] mit steigender Stufenzahl tendenziell an. Allerdings sinkt bei einer zu hohen Stufenanzahl die Modellpassung der konfirmatorischen Faktorenanalyse [MAYDEU-OLIVARES ET AL. 2009, S. 306] und die Testpersonen können mit der Entscheidungsfindung überfordert sein [WEATHERS ET AL. 2005, S. 1517]. Dementsprechend empfiehlt BÜHNER [2011, S. 116] fünf bis sieben Stufen. Bei Fragebögen für die Allgemeinheit ist nach WEIJTERS ET AL. [2010, S. 245] eine fünfstufige Skala zu bevorzugen.

Die Polarität ist entsprechend des Iteminhalts zu wählen. Unipolare Skalen steigen / sinken von einem Nullpunkt / Bezugspunkt bis zu ihrem Endpol in nur eine Richtung. Im Gegensatz dazu breiten sich bipolare Skalen von ihrem Nullpunkt in positive und negative Richtung aus und haben dementsprechend zwei Endpole (vgl. Bild 3.2). Weiterhin können einzelne oder alle Skalenpunkte benannt werden. Am weitesten verbreitet sind die numerische und die verbale Benennung, die auch kombiniert werden können. Eine verbale Ratingskala wird intersubjektiv einheitlicher interpretiert als eine numerische Skala, da sich die Testpersonen nicht vorstellen müssen, was hinter den Zahlen steht [JONKISZ ET AL. 2012, S. 52]. Allerdings ist es schwierig eine Benennung mit äquidistanten Abständen zu finden. ROHRMANN [1978] liefert hierzu Vorschläge. Unabhängig von der Art der Benennung sollten aufgrund von Validität und Reliabilität [KROSNICK & BERENT 1993, S. 960 f.] sowie Probandenzufriedenheit [DICKINSON & ZELLINGER 1980] alle Skalenpunkte benannt werden. [JONKISZ ET AL. 2012, S. 51 ff.], [BÜHNER 2011, S. 111 ff.]

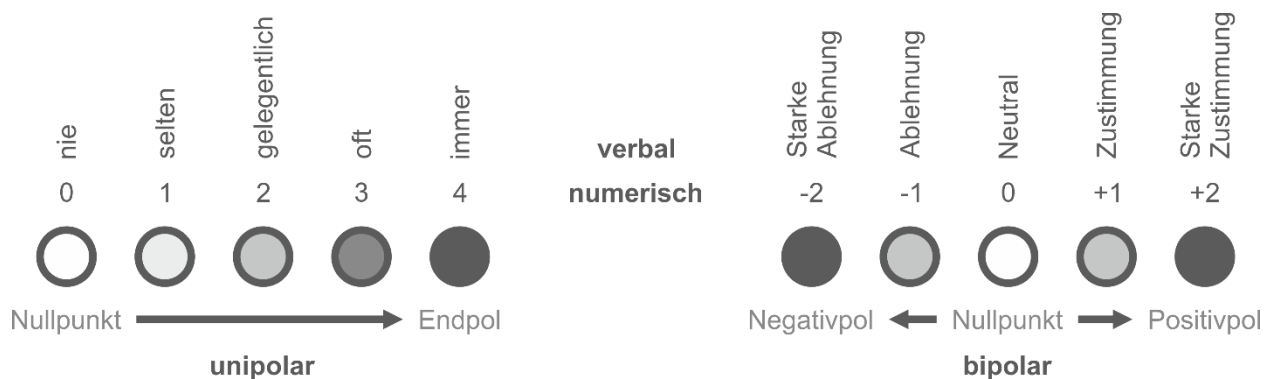


Bild 3.2: Polarität und Benennung diskret gestufter Ratingskalen

Ob eine neutrale Mittelkategorie angeboten werden soll, wird kontrovers diskutiert. Dagegen spricht, dass sie häufig als Ausweichoption genutzt wird oder von besonders motivierten Testpersonen vermieden wird [JONKISZ ET AL. 2012, S. 54]. Allerdings können Testpersonen mit tatsächlich neutraler Ausprägung bei fehlender Mittelkategorie nicht korrekt antworten. Dementsprechend ist die Reliabilität bei geraden Skalen geringer [O’MUIRCHEARTAIGH ET AL. 2000, S. 14]. WEIJTERS ET AL. [2010, S. 245] raten davon ab, Skalen ohne Mittelkategorie zu verwenden. Mit einer zusätzlichen Kategorie *Weiß nicht*

sinkt die Gefahr, dass Testpersonen die Mittelkategorie als Ausweichkategorie benutzen. Allerdings müssen Antworten in der Kategorie *Weiß nicht* als fehlende Werte in der statistischen Auswertung behandelt werden, was zu Problemen (z. B. geringere statistische Power) in der Auswertung führen kann [BÜHNER 2011, S. 116].

Bei der Beantwortung von Items kann es zu Fehlern kommen. Beispielsweise geben Testpersonen durch die soziale Erwünschtheit Antworten, von denen sie annehmen, dass sie den Normen und Werten der Gesellschaft entsprechen. Abhilfe kann die Aufklärung hinsichtlich des Untersuchungsgrunds und die Zusicherung von Anonymität liefern. Durch Zustimmung- und Ablehnungstendenz, also die Tendenz einer Person hin zu einer Seite der Skala, entstehen Verzerrungseffekte. Ein probates Mittel zur Kontrolle stellen invertierte Items dar. Das Antwortverhalten hängt auch von der Motivation der Teilnehmenden ab. Bei hoher Motivation erfolgt die Bearbeitung sorgfältiger. Um die Motivation während eines Tests aufrecht zu halten, sollten komplex formulierte Items, schwierig zu beantwortenden Items und eine zu lange Bearbeitungsdauer vermieden werden. Die Motivation von nicht intrinsisch motivierten Teilnehmenden lässt sich ggfs. mit Belohnungen steigern. [JONKISZ ET AL. 2012, S. 57 ff.], [BÜHNER 2011, S. 125 ff.]

3.2.3 Itemformulierung

Hinsichtlich der Formulierung von Items muss zunächst festgelegt werden, welche Art von Items verwendet werden soll. Hierfür sind die folgenden Entscheidungen zu treffen:

- direkte oder indirekte Ansprache,
- hypothetische Situation oder biographiebezogenes Item,
- konkreter oder abstrakter Inhalt,
- personalisierte oder depersonalisierte Form,
- Höhe der emotionalen Intensität.

Im Sinne einer hohen Zuverlässigkeit und der Vermeidung von Fehleinschätzungen und interindividuellen Unterschieden bei der Iteminterpretation sind biographiebezogene, personalisierte Items mit indirekter Ansprache und konkretem Inhalt zu bevorzugen. Darüber hinaus sollten zur Vermeidung methodischer Artefakte in einem Test nur Fragen einer Kategorie, also beispielsweise Fragen zur Selbstbeschreibung oder Fragen zur Fremdbeschreibung verwendet werden. [JONKISZ ET AL. 2012, S. 62 ff.]

Bei der Ausformulierung der Items sind die sprachliche Verständlichkeit, die Eindeutigkeit der Items und die Itemschwierigkeit zu beachten. PORST [2000, S. 2] fasst die wichtigsten Regeln zur Itemformulierung in seinen „10 Gebote der Fragenformulierung“ zusammen:

1. Du sollst einfache, unzweideutige Begriffe verwenden, die von allen Befragten in gleicher Weise verstanden werden!
2. Du sollst lange und komplexe Fragen vermeiden!

3. Du sollst hypothetische Fragen vermeiden!
4. Du sollst doppelte Stimuli und Verneinungen vermeiden!
5. Du sollst Unterstellungen und suggestive Fragen vermeiden!
6. Du sollst Fragen vermeiden, die auf Informationen abzielen, über die viele Befragte mutmaßlich nicht verfügen!
7. Du sollst Fragen mit eindeutigen zeitlichen Bezug verwenden!
8. Du sollst Antwortkategorien verwenden, die erschöpfend und disjunkt (überschneidungsfrei) sind!
9. Du sollst sicherstellen, dass der Kontext einer Frage sich nicht auf deren Beantwortung auswirkt!
10. Du sollst unklare Begriffe definieren!

Besonders wichtig ist, dass sich die Antworten von Testpersonen mit unterschiedlichen Merkmalsausprägungen auch tatsächlich unterscheiden. Dementsprechend sind Items mit sehr niedriger oder sehr hoher Itemschwierigkeit zu vermeiden.

3.2.4 Testzusammenstellung

Für die Zusammenstellung eines Tests müssen die Instruktionen formuliert, ein Layout gewählt und die Itemreihenfolge festgelegt werden. Die Instruktionen sollten nach JONKISZ ET AL. [2012, S. 69] Folgendes enthalten:

- Erläuterung des Antwortmodus inkl. Beispiel,
- Aufforderung zur spontanen und wahrheitsgetreuen Beantwortung,
- Zusicherung der Anonymität,
- Nennung einer Kontaktperson.

Die Formulierungen des Tests sollten ansprechend sein und das Layout des Tests optisch gefällig sein. Damit die Bearbeitung erleichtert wird, ist eine übersichtliche, eindeutige und klar gegliederte Darstellung wichtig [JONKISZ ET AL. 2012, S. 69]. Bei psychometrischen Persönlichkeitstests sind hinsichtlich der Reihenfolge der Items hauptsächlich Konsistenzeffekte (gleiche Antwort auf nur vermeintlich gleiche Fragen) zu berücksichtigen. Zur Vermeidung sollten bei multidimensionalen Tests die Items der verschiedenen Subtests gemischt werden [KRAMPEN 1993, S. 106 f.].

Für psychometrische Persönlichkeitstest mit dem Ziel der Generierung eines Messwertes ist bei der Zusammenstellung nach JONKISZ ET AL. [2012, S. 70] Folgendes zu beachten:

- Eindimensionale Erfassung der Merkmale,
- Variation der Itemschwierigkeit,
- Verwendung trennscharfer Items,
- Optimierung von Itemformulierungen und Itemanzahl für die Gewährleistung der reliablen Erfassung der Merkmale,
- Formulierung eindeutiger Richtlinien für die Gewährleistung der Objektivität.

Vor der empirischen Überprüfung des Test und der Analyse der Items sollte ein Pretest durchgeführt werden, um Probleme hinsichtlich Itemverständnis oder Testdurchführung zu detektieren [JONKISZ ET AL. 2012, S. 70]. Hierfür bieten sich beispielsweise eine retrospektive Befragung oder die Methode des lauten Denkens an [EBD.].

3.2.5 Gütekriterien

Die Hauptgütekriterien zur Beurteilung von Test sind Objektivität, Reliabilität, und Validität [BÜHNER 2011, S. 58]. Weiterhin gibt es die hier nicht ausführlich beschriebenen Nebengütekriterien: Skalierbarkeit, Normierung, Vergleichbarkeit, Ökonomie, Nützlichkeit, Zumutbarkeit, Fairness und Nicht-Verfälschbarkeit [EBD., S. 71].

„Unter Objektivität versteht man den Grad, in dem die Ergebnisse eines Tests unabhängig vom Untersucher sind“ [BÜHNER 2011, S. 58]. Nach LIENERT & RAATZ [1998, S. 8] wird die Objektivität in Durchführungsobjektivität, Auswertungsobjektivität und Interpretationsobjektivität unterteilt. Um die Durchführungsobjektivität zu gewährleisten, ist die eindeutige Definitionen der Testdurchführung und Randbedingungen notwendig. Besonders wichtig ist die Genauigkeit der Testinstruktionen, da von ihnen die Häufigkeit an Rückfragen an den Versuchsleiter abhängig ist. Durch Standardisierung und computerbasierte Durchführung wird eine hohe Durchführungsobjektivität wahrscheinlicher [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A, S. 9]. Für die Auswertungsobjektivität ist die vom Auswerter unabhängige Ermittlung des Testergebnisses entscheidend. Auch hierfür ist eine klare Definition des Auswertungsvorgehens und zur Anwendung von Hilfsmitteln notwendig. Bei geschlossenen Fragen ist die Erreichung von Auswertungsobjektivität nicht problematisch [EBD., S. 10]. Interpretationsobjektivität liegt vor, wenn jeder Auswerter die gleichen Schlussfolgerungen aus dem Testergebnis zieht. Die Interpretation, ob ein Testergebnis über- oder unterdurchschnittlich ist, kann beispielsweise nur anhand einer ausreichend große Normstichprobe erfolgen. Zusätzlich sind für die Interpretationsobjektivität ausreichend geprüfte Gütekriterien erforderlich. [BÜHNER 2011, S. 59 f.]

„Die Reliabilität gibt den Grad der Messgenauigkeit eines Messwerts an“ [BÜHNER 2011, S. 60]. Dabei ist die Reliabilität unabhängig davon, ob der Test auch das misst, was er messen soll. Der messbare Reliabilitätskoeffizient kann zwischen Null und Eins liegen und sollte nicht kleiner als 0,7 sein [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A, S. 11]. Es gibt verschiedene Möglichkeiten die Reliabilität zu messen. Bei der Retest-Reliabilität wird ein Test zu zwei unterschiedlichen Messzeitpunkten durchgeführt und die Ergebnisse miteinander korreliert. Der Abstand zwischen den Messzeitpunkten hat dabei Einfluss auf die ermittelte Reliabilität. Bei kurzen Abständen haben Erinnerungs- und Übungseffekte einen Einfluss, bei großen Abständen können zwischen den Messzeitpunkte Ereignisse im Leben der Personen auftreten, die das Testergebnis beeinflussen. Bei der Paralleltest-

Reliabilität werden die Testergebnisse zweier Tests, die dasselbe messen, aber aus unterschiedlichen Items bestehen, miteinander korreliert. Sind die beiden erstgenannten Verfahren nicht möglich, kann die Testhalbierungs-Reliabilität angewendet werden. Bei dieser Art wird ein Test in zwei möglichst gleiche Hälften geteilt, die miteinander korreliert werden. Bei der internen Konsistenz wird der Test nicht in zwei Teile geteilt, sondern es werden alle Items eines Tests unter der Berücksichtigung der Testlänge miteinander korreliert. [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A, S. 11 ff.], [BÜHNER 2011, S. 60 f.]

„Die Validität gibt an, ob der Test das auch wirklich misst, was er zu messen beansprucht“ [BÜHNER 2011, S. 61]. Eine hohe Validität setzt eine hohe Objektivität und Reliabilität voraus [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A, S. 13]. Die Validität wird nach BRYANT [2010, S. 99] in Inhaltsvalidität, Kriteriumsvalidität und Konstruktvalidität aufgeteilt. Bei der Inhaltsvalidität wird überprüft, ob die Items ausschließlich das zu messende Merkmal präzise messen und ob die ausgewählten Items repräsentativ für alle möglichen Items des Merkmals sind. In der Praxis ist die Bestimmung der Inhaltsvalidität schwierig, da die Erfassung des Itemuniversums schwierig ist. Nach MICHEL & CONRAD [1982, S. 57] ist es üblich die Inhaltsvalidität anhand von logischen und fachlichen Überlegungen zu bewerten. Mit der Inhaltsvalidität eng verbunden ist die Augenscheinvalidität, die oft als extra Validitätsart genannt wird [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A, S. 15]. Sie gibt an, ob der Zusammenhang von Test und zu messender Eigenschaft auch von Laien verstanden wird. Die Kriteriumsvalidität ist der Zusammenhang zwischen dem Testergebnis und externen Kriterien, mit denen das Merkmal korrelieren sollte. Nach RAMMSTEDT [2004, S. 17] wird die Kriteriumsvalidität häufig an vergangenem oder tatsächlichem Verhalten gemessen. Die Konstruktvalidität ist die Übereinstimmung der Testergebnisse mit den theoretischen Vorüberlegungen sowie vorhandenen Theorien und Tests. [BÜHNER 2011, S. 61 ff.]

3.3 Einfluss der Persönlichkeit im Fahrzeugkontext

Zum in dieser Arbeit untersuchten Bereich der Makroergonomie konnten wenige explizite Untersuchungen zum Einfluss der Persönlichkeit gefunden werden. Daher werden nachfolgend als Ergänzung auch bekannte Zusammenhänge zwischen den Facetten der Persönlichkeit und relevanten angrenzenden Bereichen der Makroergonomie erläutert.

3.3.1 Technisches Design

Im Technischen Design werden psychografische Merkmale im Sinne des Marketings neben demo- und geografischen Merkmalen vor allem in der Planungs- und Konzeptphase in Form von Anforderungen eingesetzt, um die Nutzer zu beschreiben [SCHMID & MAIER 2017, S. 89]. Meistens wird dabei die Typologie von Koppelman und Breuer [vgl.

KOPPELMANN 2001, S. 49] mit *Prestige-, Neuheiten-, Ästhetik-, Sicherheits-, Leistungs-, Sensitivitäts-, Aufwands-, Traditions- und Ökologieorientierung* verwendet. Eine Übersicht psychografischer Typologien im Kontext des Technischen Designs liefern KOWALEWSKI [2016], MÜLLER [2016] und DOBRINSKY [2016]. Die größten Auswirkungen der unterschiedlichen psychografischen Ausprägung bestehen bei Fahrzeugen nach HOLDER & MAIER [2018] auf die Farb- und Oberflächengestaltung, aber auch die Formgebung im Interieur. In Bild 3.3 ist die kundentypische Gestaltung von Türinnenmodulen von MÜLLER [2005] als ein Beispiel dargestellt.



Bild 3.3: Variation Türinnenmodule nach Kundentypen [MÜLLER 2005]

In den Untersuchungen von MÜLLER [2016] und DOBRINSKY [2016] werden unterschiedlichen Ansätze herangezogen, um die Typologie von Koppelman und Breuer an die Big Five Dimensionen, für die viele valide Fragebögen zur Verfügung stehen, zu koppeln. Die Ergebnisse zeigen, dass dies zwar prinzipiell möglich, für die praktische Anwendung aber zu kompliziert und ungenau ist.

Nach SEEGER [2014, S. 93] hat der Kundentyp einen Einfluss auf die Fahrerhaltung, wobei der Zusammenhang nicht weiter spezifiziert wird (vgl. Bild 3.4).

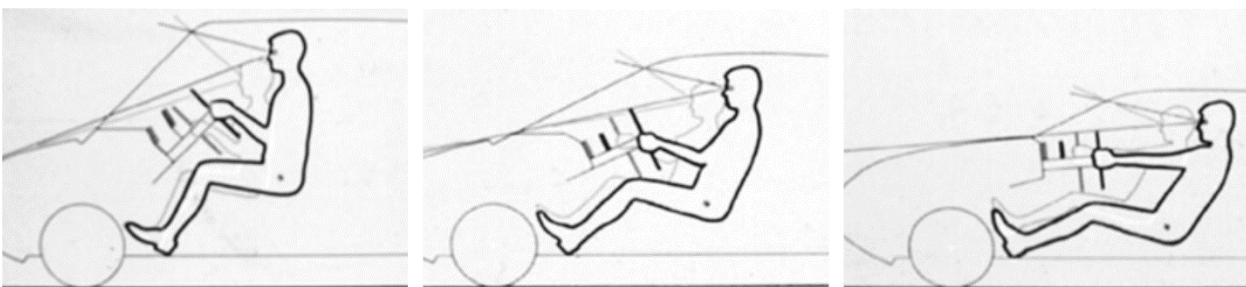


Bild 3.4: Einfluss des Kundentyps auf die Fahrerhaltung [SEEGER 2014, S. 94]

KOWALEWSKI [2016] entwickelt mithilfe einer Clusteranalyse auf der Basis von fünf vorhandenen Typologien eine spezifische Typologie für die Fahrzeugindustrie. Die Personen werden anhand der Wichtigkeit von 13 Kaufkriterien den sieben Typen *erlebnisorientierte Individualisten, Familienmenschen, niveauvolle Ästheten, Durchschnittliche, sparsame*

Sicherheitssuchende, qualitätsbewusste Funktionalisten und *ganzheitliche Umweltbewusste* zugeordnet. Dabei werden teilweise ergonomische Aspekte durch die Kaufkriterien Sicherheit, Bedienfreundlichkeit und Komfort berücksichtigt. Besonders interessant sind die Ergebnisse aus einer Befragung mittels Selbsteinschätzung. Die *sparsamen Sicherheitssuchenden*, die in der nicht repräsentativen Stichprobe die größte Gruppe darstellen, bevorzugen eine mittlere Sitzhöhe mit senkrechter Lehne, aufrechter Körperhaltung und sehr guter Übersicht. Die Sicht auf das Navigationsgerät während der Fahrt ist für diese Gruppe unwichtig und sie bevorzugen die Griffpositionen von 3 und 9 Uhr am Lenkrad. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass die Selbsteinschätzung der Personen hinsichtlich der Typenzugehörigkeit, wie sie häufig bei Untersuchungen im Technischen Design eingesetzt wird, nicht mit der statistischen Ähnlichkeitszuordnung auf Basis der Kaufkriterien übereinstimmt und daher nicht angewendet werden sollte. [KOWALEWSKI 2016]

3.3.2 Kaufverhalten

Der Kauf eines Fahrzeugs stellt nach HOMBURG [2020, S. 114] eine extensive Kaufentscheidung dar, bei der sowohl rationale als auch emotionale Aspekte wichtig sind. Dabei sind für das tatsächliche Verhalten nach BREUER ET AL. [2002, S. 18] emotionale Faktoren bedeutender, obwohl Testpersonen in Befragungen rationale Kaufargumente höher priorisieren. Zur produktbezogenen Bewertung der rationalen, pragmatischen Qualität im Sinne der Gebrauchstauglichkeit sowie der emotionalen, hedonischen Qualität, also den stimulierenden und identitätsstiftenden Eigenschaften des Produkts, haben HASSENZAHL ET AL. [2003] den Fragebogen AttrakDiff 2 entwickelt.

Weiterhin ist für das Kaufverhalten relevant, ob die Entscheidung individuell getroffen werden kann oder ob auch andere Personen, wie Familienmitglieder, betroffen sind [DIEZ 2015, S. 33]. In Anlehnung an die Bedürfnispyramide von MASLOW [1943] kann eine Motivstruktur für den Autokauf festgelegt werden. Auf der untersten Ebene stehen dabei Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit, gefolgt von aktiver und passiver Sicherheit, Design, Markenimage und Individualität auf der obersten Ebene [DIEZ 2015, S. 29]. In Bild 3.5 sind die wichtigsten Kaufkriterien für Deutschland zusammengefasst.

Die wichtigsten gesellschaftlichen Werte für die Kaufentscheidung sind nach ATZWANGER & NEGELE [2006, S. 511] Individualität, Sicherheit, Spaß, Sportlichkeit, Wohlfühlen und Activity. Für die Vermittlung dieser Werte eignen sich am besten die Fahrzeugeigenschaften Fahrdynamik, Design, Fahrleistung, Unfallvermeidung, Ergonomie, Insassenschutz und Zuverlässigkeit [EBD., S. 512].

Welches Produkt tatsächlich gekauft oder gemietet wird, hängt stark von den persönlichen Einstellungen zum Verhalten (z. B. Fahrspaß), der subjektiven Norm (z. B. Umweltschutz) und der Situation (z. B. Lieferzeit) ab [HOMBURG 2020, S. 115 f].

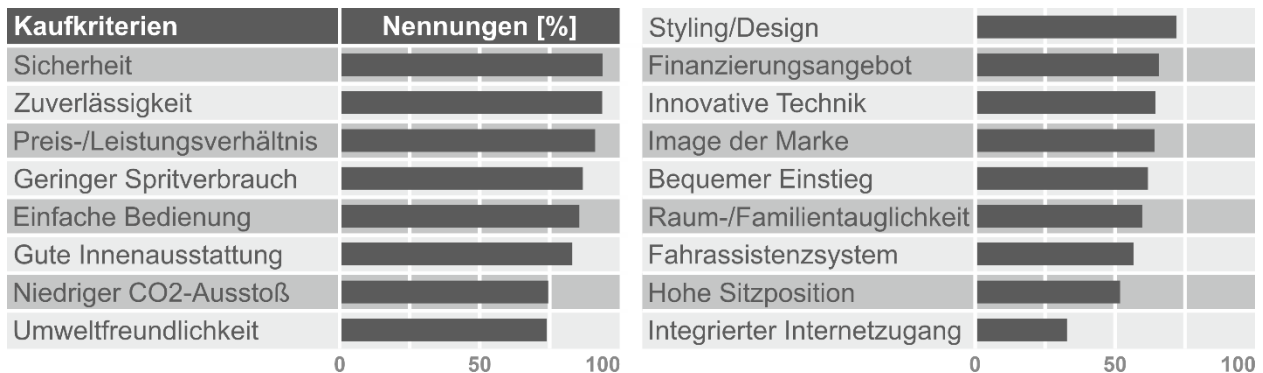


Bild 3.5: Kriterien beim Autokauf in Deutschland in 2018 [VuMA 2020]

Die Priorisierung der Kaufkriterien wird unter anderem durch Alter und Geschlecht beeinflusst. Während für junge Menschen das Auto überwiegend emotional besetzt ist und eine hohe soziale Bedeutung hat, wird es mit zunehmendem Alter immer mehr als Mittel zum Zweck angesehen [DIEZ 2015, S. 40]. Dabei verändert sich das Anforderungsprofil nicht kontinuierlich, sondern besonders junge Fahrer unterscheiden sich von den anderen Altersgruppen [ELLINGHAUS & SCHLAG 1984, S. 77]. Sie legen beispielsweise deutlich mehr Wert auf die Fahrzeugeigenschaften Aussehen, Stärke und Höchstgeschwindigkeit [EBD.]. Für Frauen haben rationale Aspekte beim Autokauf eine höhere Bedeutung als für Männer [KORTUS-SCHULTES 2012, S. 31 & 47].

Die Kundenzufriedenheit bezüglich eines Produkts hängt von dessen Funktionen ab. Das Kano-Modell kategorisiert die Funktionen entsprechend ihrer Bedeutung für die Kundenzufriedenheit. Basisfunktionen werden vom Kunden erwartet und sollten immer erfüllt sein, da Nichterfüllen in Unzufriedenheit resultiert. Leistungsfunktionen tragen mit steigendem Erfüllungsgrad proportional zur Kundenzufriedenheit bei. Begeisterungsfaktoren lösen große Kundenzufriedenheit aus, wenn sie vorhanden sind. Trotzdem führt es zu keiner Abwertung des Produkts, wenn sie nicht erfüllt sind. [GOUTHIER 2013, S. 134]

Nach BURNS & EVANS [2001, S. 433] haben die Funktionsebene, Bedienung und Anzeigen sowie der Gesamteindruck mit Optik, Design und Haptik das Potenzial als Begeisterungs-Faktor angesehen zu werden. Begeisterungsfaktoren entwickeln sich mit fortschreitender technischer Entwicklung und Marktdurchdringung zu Leistungs- und ggfs. zu Basisfunktionen. Die Zuordnung zu Begeisterungs-, Leistungs- oder Basis-Faktoren hängt von den Kenntnissen und Interessen der Personen hinsichtlich des Produkts ab [HUMMEL 2008, S. 23]. Weiterhin ist die Kundenerwartung abhängig von der Fahrzeugkategorie und -klasse. So gilt ein komfortabler Sitz bei einer Luxus-Limousine als selbstverständlich, während er bei einem Sportwagen Begeisterung auslöst [EBD., S. 22].

Im Kontext neuer Funktionalitäten ist auch die Frage hinsichtlich der Akzeptanz dieser zu stellen. Hierzu gibt es viel Forschungsaktivität, die hier nicht weiter ausgebreitet werden soll. Im Endeffekt wird ein Produkt oder eine Funktion erst durch den Kauf vollends akzeptiert [ARNDT & ENGELN 2008, S. 314].

Die Grundlagen zu psychografischen Merkmalen und Marktsegmentierung wurden in Kapitel 3.1.2 erläutert. Ein Beispiel für eine nutzenbezogene Marktsegmentierung ist die Pkw-Käufertypologie von [BAUER MEDIA 2008; zitiert nach DIEZ 2015, S. 22] (vgl. Bild 3.6). Sie basiert auf sieben zentralen Kaufmotiven: Sparen, Komfort / Sicherheit, Familie, Qualität, Performance, Spaß / Freizeit und Freiheit. In Kombination mit der Ausgabebereitschaft ergeben sich neun Käufertypen, denen jeweils nur wenige entscheidende Kaufmotive zugeordnet sind. [DIEZ 2015, S. 22 f.]

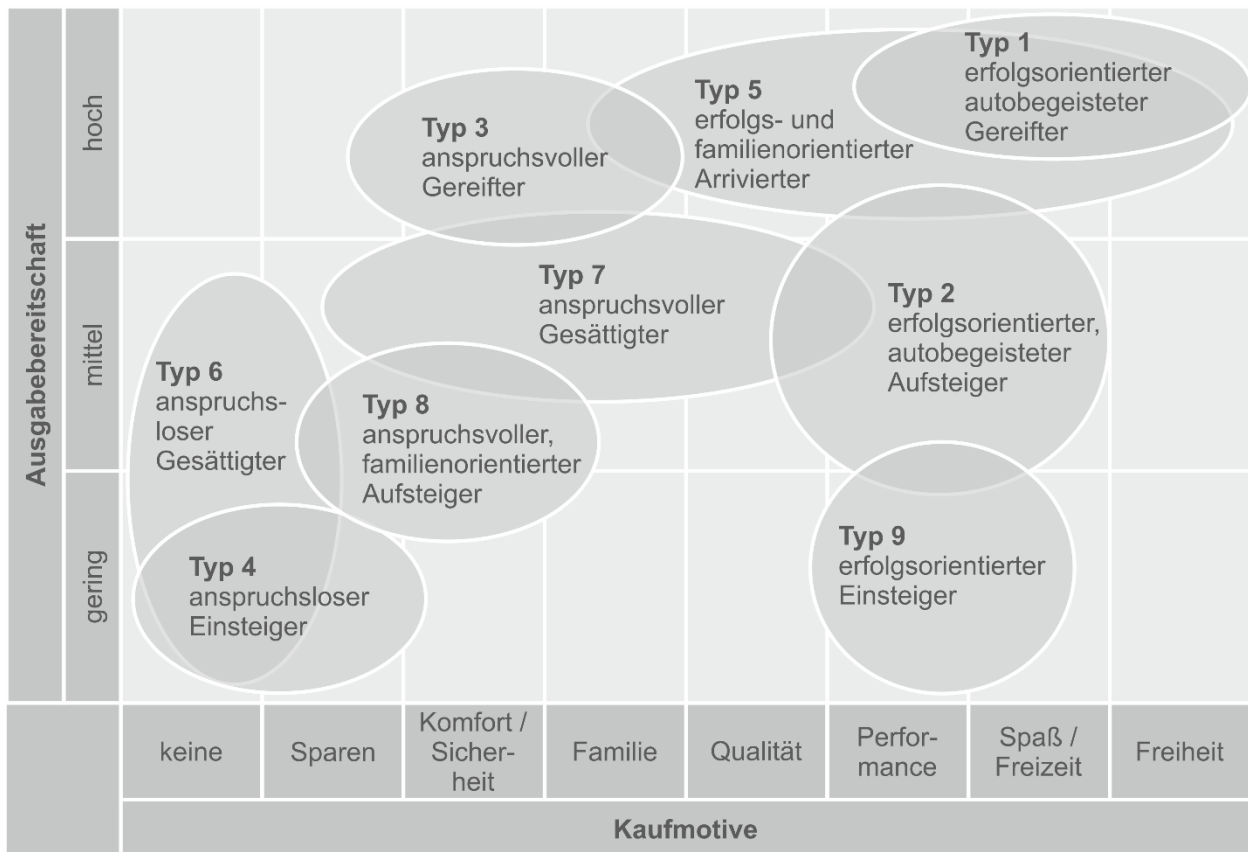


Bild 3.6: Nutzenorientierte Pkw-Typologie [BAUER MEDIA 2008; zit. n. DIEZ 2015, S. 22]

Ein Beispiel für eine fahrzeugspezifische Käufereinteilung sind die Autofahrer-Archetypen auf Basis des RB-Profilier-Wertesystems (vgl. Bild 3.7). Das Wertesystem enthält 20 grundlegende Werte, die anhand der Konsumneigung von minimalistisch (-) bis maximalistisch (+) und anhand der Einstellung von rational (R) bis emotional (E) sortiert sind. Die typische Ausprägung der Werte ergibt die sechs Archetypen: *Anspruchsvolle*, *Konservative*, *Pragmatiker*, *Hedonisten*, *Leistungsorientierte* und *Kompromisslose*. [HOWALDT 2007]; [KLEIMANN ET AL. 2013]

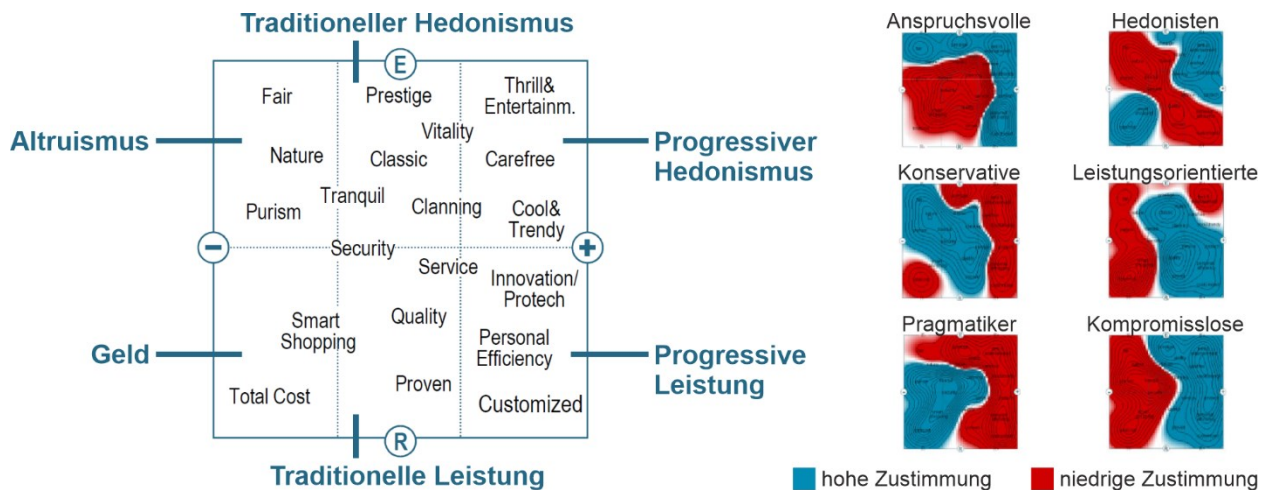


Bild 3.7 RB-Profilers-Wertsystem (links) & Autofahrer Archetypen (rechts) [HOWALDT 2007]

3.3.3 Fahrverhalten

Der Einfluss der Facetten der Persönlichkeit auf das Fahrverhalten wurde in der Forschung bereits ausgiebig analysiert. Nach HUDELMAIER [2003, S. 9] wird das Fahrverhalten durch Erfahrung, Risikobereitschaft, Motivation, geistige und körperliche Konstitution, Ermüdungsgrad sowie momentanen physischen und psychischen Zustand beeinflusst. Eine Übersicht über Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und Unfallrisiko bieten beispielsweise [HOLTE 2012] und [SAGBERG ET AL. 2015].

Bezüglich des Fahrverhaltens muss zwischen Fahrfähigkeit und Fahrstil unterschieden werden [ELANDER ET AL. 1993, S. 279]. Der Fahrstil inkl. Geschwindigkeitswahl, Beschleunigungs- und Bremsverhalten sowie der Bereitschaft, Verkehrsregeln zu verletzen, entspricht nach ELANDER ET AL. [1993, S. 279] einer Einstellungsvariable, die von Persönlichkeitsmerkmalen beeinflusst wird. SKIPPON ET AL. [2010, S. 101] zeigen in einer Fahrsimulatorstudie, dass hohe Ausprägungen von Neurotizismus und Sensation Seeking sowie niedrige Ausprägungen von Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit zu schnellem und dynamischen Fahren führt. Eine gegenteilige Ausprägung der genannten Persönlichkeitsmerkmale führt zu einem langsameren, sanfterem Fahrstil [EBD.].

Nach MATTHEWS ET AL. [1998, S. 144] führt eine hohe Ausprägung der Aggression zu Fahren mit hoher Geschwindigkeit, dichtem Auffahren, häufigen Überholvorgängen und Fahrfehlern. Die generelle Ablehnung des Autofahrens führt zu einer geringen Geschwindigkeit, wenigen Überholvorgängen sowie schlechteren Werten für das Halten der Fahrspur und des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug [EBD.].

In einer Untersuchung von HUMMEL [2008, S. 89] gibt die Gruppe der ängstlichen Testpersonen im Durchschnitt eine 30 % niedrigere bevorzugte Geschwindigkeit an als die Mitglieder der sportlichen Gruppe. Weiterhin halten sich Ängstliche nach ADELDT ET AL. [1999, S. 28] überdurchschnittlich an die Verkehrsregeln.

Einen großen Einfluss auf die Wahl eines Fahrstils hat die Risikobereitschaft. Nach ULLEBERG & RUNDMO [2003, S. 435] führen hohe Ausprägung von Normlosigkeit, Sensation Seeking und Aggression zu einer hohen Risikobereitschaft, während hohe Ausprägungen von Altruismus und Ängstlichkeit mit niedriger Risikobereitschaft einhergehen. Der größte Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale erfolgt dabei indirekt über die Einstellung zur Verkehrssicherheit [EBD.].

Die Ausprägung der Grundmotive Ausleben und Absichern sind nach ADELTE ET AL. [1999, S. 11] eigenständige Konstrukte, die einen hohen Erklärungsanteil liefern, ob jemand offensiv-riskant oder defensiv-vermeidend fährt. Nach Untersuchungen von ADELTE ET AL. [1999, S. 6] gibt es auf Basis der Ausprägung der Grundmotive Ausleben und Absichern sechs verschiedene Autofahrertypen in Deutschland: *Raser* (15%), *Frustrierte* (17%), *Ängstliche* (17%), *Funktionalisten* (19%), *Gelassene* (16%) und *Vorsichtige* (16%). Bei der Einteilung nach fahrdynamischen Aspekten werden die Fahrer meist nur in zwei Gruppen, z. B. in ruhige und dynamische Fahrer, eingeteilt [vgl. SACHER 2009, S. 5 f.].

Über die Veränderung der Persönlichkeitsmerkmale in der Lebensspanne, hat auch das Alter einen Einfluss auf den Fahrstil. Nach ADELTE ET AL. [1999, S. 12] verändert sich mit dem Alter die Einstellung zum Auto. Während die Symbolfunktion weniger wichtig wird, nimmt die Bedeutung der instrumentellen Funktion zu [EBD.]. Weiterhin sind Fahrmotive wie *Spaß am schnellen Fahren haben* oder *Nervenkitzel erleben* stärker bei jungen Personen ausgeprägt [HOLTE 2012, S. 18]. Besonders junge Männer mit einem niedrigen Bildungsniveau haben eine positive Einstellung zur Geschwindigkeit [EBD., S. 27]. Entsprechend fahren Ältere nach ELLINGHAUS & SCHLAG [1984, S. 47] defensiver, langsamer und gleichmäßiger. Mit steigendem Alter nimmt die Risikofreudigkeit, vor allem bis zum mittleren Alter, ab und die Bedeutung von Sportlichkeit sinkt stetig [EBD.]. Für die Unfallbeteiligung hat die Erfahrung allerdings einen noch größeren Einfluss als das Alter [HOLTE 2012, S. 18]. Beispielsweise passen erfahrene Fahrer die Geschwindigkeit in komplexen Verkehrssituationen stärker an als unerfahrene [BÜHLER ET AL. 2009, S. 104]. Allerdings hat die Erfahrung keinen Einfluss auf die Beanspruchung der Fahrer [EBD.]. In einer Untersuchung von HOLTE [2012, S. 114] konnten bei jungen Menschen mit einer Clusteranalyse sechs Lebensstilgruppen ermittelt werden. Hinsichtlich eines sicheren Fahrverhaltens ist dabei vor allem der *Autozentrierte Typ* kritisch, aber auch der *Action Typ* und der *Kicksuchende Typ* weisen kritische Tendenzen auf [EBD.].

Der Fahrstil ist nach SACHER [2009, S. 30] nicht konstant und wird am häufigsten aufgrund der Witterungsbedingungen, Mitfahrern oder Telefonaten angepasst. Ebenso hat die aktuelle persönliche Situation, wie z. B. der empfundene Zeitdruck, Auswirkungen auf den Fahrstil [vgl. SCHLICK ET AL. 2010, S. 363].

Die Ermittlung des Fahrstils kann sowohl über die Selbsteinschätzung mittels Fragebögen, über Expertenurteile als auch über fahrdynamisch messbare Größen, wie den Gaspedalöffnungswinkel, erfolgen [DEML ET AL. 2007, S. 49 f.]. SAGBERG ET AL. [2015] bieten eine Übersicht der Messmethoden. Selbst- und Fremdeinschätzung stimmen dabei weitgehend überein [DEML ET AL. 2007, S. 53]. Ebenso korreliert die Selbsteinschätzung mit objektiven Messdaten [SAGBERG ET AL. 2015, S. 1261].

Auf Basis des Fahrstils gibt es mehrere Anwendungen, die bereits umgesetzt sind. Bei vielen Fahrzeugen ist es möglich einen Fahrmodus entsprechend des eigenen Fahrstils einzustellen. Nach eigenen Recherchen beeinflusst die Wahl des Fahrmodus vor allem Parameter, die für das Fahrverhalten relevant sind, wie Fahrwerks- und Dämpfungparameter, Lenkunterstützung, Gaspedal- und Schaltkennlinien oder das Bremsverhalten (vgl. Bild 3.8). Zusätzlich werden teilweise auch die Klimatisierung [SEIDLER ET AL. 2016, S. 117], die Darstellung der Fahrzeuganzeigen [HUMMEL & BETZ 2016, S. 61] oder die Lichtsignatur der Scheinwerfer [ZANDER ET AL. 2016, S. 92] angepasst. Bei den meisten Herstellern können neben einem neutralen Fahrmodus auch sportliche, komfortable und effiziente Fahrmodi gewählt werden.

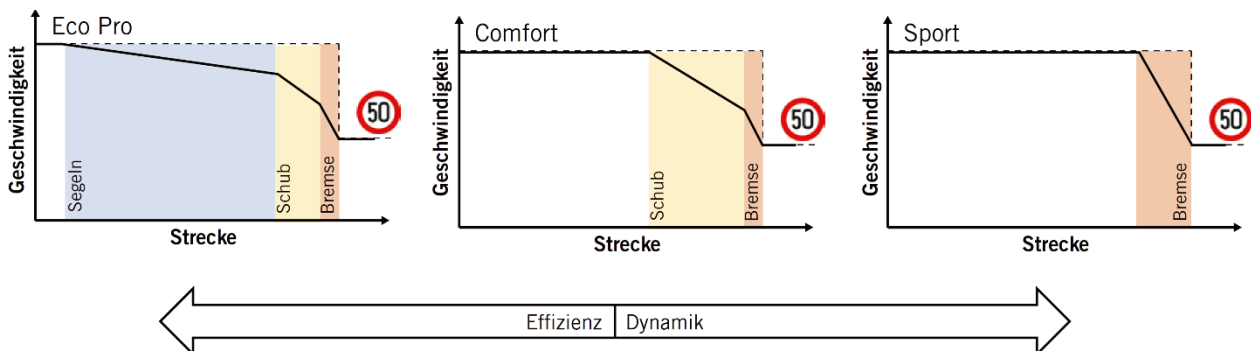


Bild 3.8: Einfluss des Fahrmodus auf das Fahrverhalten [KNOBEL ET AL. 2016, S. 20]

HABÖCK ET AL. [2016] haben ein System entwickelt, das unter anderem auf Basis des Fahrstils, gemessen durch Beschleunigung, Geschwindigkeit, Querbewegung und Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, Fahrerassistenzsysteme an die Fahrenden anpasst. So kann beispielsweise bei einem vorsichtigen Fahrer die Kurvengeschwindigkeit stärker als bei durchschnittlichen Fahrern reduziert werden [EBD., S. 29].

3.3.4 Handlungsstrategie und Expertise im Experiment

Bei wissenschaftlichen Probandenuntersuchungen hängen die Ergebnisse von verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen der Testpersonen ab. NACHTWEI [2008A] identifiziert die Handlungsstrategie und die Expertise als zwei wichtige Einflussfaktoren, die er in einem Tracking-Experiment mit dem selbst entwickelten Fragebogen FESE untersucht. Die

Handlungsstrategie ist dabei eng mit dem Fahrstil und die Expertise eng mit der Fahrfähigkeit verbunden [GROSS & NACHTWEI 2006, S. 10]. Beide Konstrukte sind aber allgemeiner und daher auch in anderen wissenschaftlichen Untersuchungen anwendbar. Die Strategie ist die „*Tendenz, mit hoher Geschwindigkeit oder Genauigkeit zu agieren*“ [NACHTWEI 2008A, S. 23], wobei Geschwindigkeit und Genauigkeit in einer Trade-off-Beziehung vorliegen. Personen können folglich entweder eine Geschwindigkeits- oder eine Genauigkeitsorientierung haben. Die Bedeutung von Geschwindigkeits- und Genauigkeitsorientierung wird dadurch unterstrichen, dass sie auch bei anderen Persönlichkeitsmerkmalen wie *Sensation Seeking*, *Handlungs- und Lageorientierung* oder *Impulsivität* die Extrempole bilden [NACHTWEI 2008B]. Die Expertise ist die „*Fähigkeit, mit hoher Geschwindigkeit und / oder Genauigkeit zu agieren*“ [NACHTWEI 2008A, S. 24], wobei sich die Fähigkeiten hinsichtlich Geschwindigkeit und Genauigkeit nicht gegenseitig ausschließen. Die Expertise teilt sich in Unterskalen bezüglich Experimente, Computer und Fahrzeugführung auf [EBD.]. Neben den beschriebenen unspezifischen Anteilen von Strategie und Expertise entsprechend eines Persönlichkeitsmerkmals, haben beide Konstrukte auch einen spezifischen Anteil, der sich auf das jeweilige Experiment bezieht und durch Handlungsanweisungen oder Übungsdurchläufe manipuliert werden kann [EBD., S. 21].

Die Ergebnisse zeigen, dass die Handlungsstrategie vor allem die Fehleranzahl und weniger die Geschwindigkeit der Aufgabenbearbeitung beeinflusst. Die Geschwindigkeitsorientierung geht mit einer hohen Fehleranzahl und die Genauigkeitsorientierung mit einer niedrigen Fehleranzahl einher [NACHTWEI 2008A, S. 87]. Durch Handlungsanweisungen kann die Geschwindigkeit der Aufgabenbearbeitung aber nicht die Fehleranzahl manipuliert werden [EBD., S. 88]. Im Gegensatz zur Handlungsstrategie korreliert die Expertise negativ mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit und nicht mit der Fehleranzahl [EBD., S. 102]. Personen mit hoher Expertise benötigen folglich weniger Zeit für die Aufgabe.

3.3.5 Fahrspaß und -komfort

Neben dem Fahrverhalten (vgl. Kapitel 3.3.3) liegt ein weiterer Fokus der Forschung auf den Facetten Fahrspaß und -komfort. Nach SCHULZ ET AL. [2000] ist der Fahrspaß nach den Motiven des primären Beförderungszwecks, wie Sicherheit, Zeitersparnis oder Unabhängigkeit, das wichtigste Motiv für das Autofahren. Nach BECKER [2006; zitiert nach EBERL 2014, S. 43] gibt es rein an der Mobilität interessierte Fahrer, auf ökologische Mobilität fokussierende Fahrer und Fahrer, denen Fahrgenuss in Form von Fahrspaß und -komfort wichtig sind. Dem Fahrspaß liegt zugrunde, dass das Fahren selbst erstrebenswert ist und nicht nur der Erreichung des Transportziels dient [TISCHLER & RENNER 2007, S. 106]. Dabei enthält die Freude am Autofahren nach ADELT ET AL. [1999, S. 13] nicht

nur Aspekte des Auslebens im Sinne von Risiko und Abenteuer sondern auch gemütliches Dahingleiten oder sogar fahrfremde Tätigkeiten wie die Durchführung von Reparaturarbeiten am Fahrzeug. Während der Fahrt wird der Fahrspaß nach TISCHLER & RENNER [2007, S. 112] in Abhängigkeit von der Fahrstrecke sowohl über den erlebten Komfort als auch die Sportlichkeit beeinflusst (vgl. Bild 3.9). Im Gegensatz zur Sportlichkeit erzeugt Komfort nach TISCHLER [2013, S. 42] eher Behagen und nicht Lust. ENGELBRECHT [2013, S. 12] fasst Fahrkomfort und Fahrspaß zu positivem Fahrerleben zusammen.

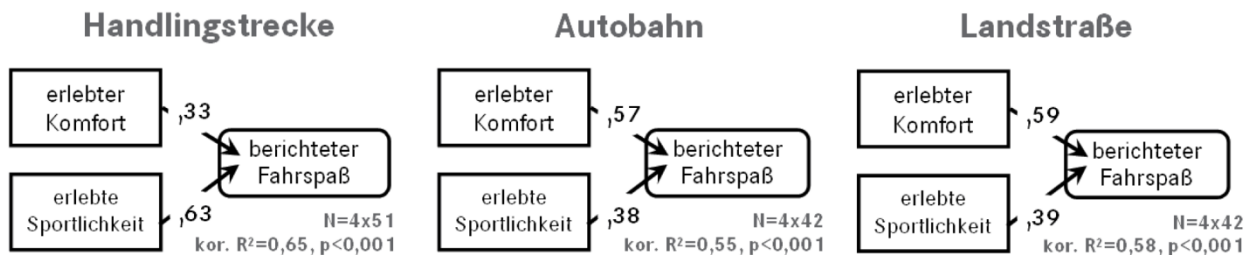


Bild 3.9: Regressionsmodell Vorhersage Fahrspaß [TISCHLER & RENNER 2007, S. 112]

ENGELBRECHT [2013] untersucht das Erleben von Fahrspaß, Spaßmangel, Fahrkomfort und Diskomfort im Kontext von Fahrassistenzsystemen anhand eines selbst entwickelten Fragebogens, der nach der jeweiligen Fahrsituation von den Testpersonen ausgefüllt werden muss. Bei den Ergebnissen haben weder das Geschlecht noch das Alter einen Einfluss auf das Erleben von Fahrspaß, Spaßmangel oder Fahrkomfort [EBD., S. 128]. Allerdings sind Frauen sensibler gegenüber Diskomfort [EBD.]. Ebenso weisen die Persönlichkeitsmerkmale Geschwindigkeits- und Genauigkeitsorientierung (vgl. Kapitel 3.3.4) sowie die Big Five Dimensionen, gemessen mit dem BFI-10 [RAMMSTEDT & JOHN 2007] nach ENGELBRECHT [2013, S. 153] keine signifikanten Zusammenhänge mit dem Erleben von Fahrspaß, Spaßmangel, Fahrkomfort oder Diskomfort auf. Im Gegensatz dazu korreliert die Skala NASA-TLX [HART & STAVELAND 1988] und insbesondere die Subskala Frustration signifikant negativ mit dem Komfort und positiv mit dem Diskomfort [ENGELBRECHT 2013, S. 150].

Entsprechend den Ergebnissen von ENGELBRECHT [2013] kann ESTERMANN [1999, S. 75] keinen Zusammenhang zwischen der Ausprägung von Persönlichkeitsmerkmalen (Fahrertyp) und dem Komfortverständnis oder dem Komfortempfinden feststellen. Ebenso haben der Fahrstil und die Einstellung zum Autofahren nach KRIST [1994, S. 85] keinen Einfluss auf die Komfortbeurteilung.

BIER ET AL. [2018] untersuchen den Einfluss des Verkehrsmittels auf den Fahrspaß. Dabei unterscheiden sich die aktive und passive Nutzung hinsichtlich des Fahrspaßes grundsätzlich [EBD., S.2]. Beispielsweise werden schnelles Fahren oder starke Beschleunigung

bei aktiver Nutzung als angenehm, aber bei passiver Nutzung als unangenehm empfunden. Insgesamt haben Motorradfahrer und PKW-Fahrer den größten Fahrspaß, während PKW-Beifahrer und Nutzer von öffentlichen Verkehrsmitteln nur einen geringen Fahrspaß empfinden [EBD., S. 4].

3.3.6 Mensch-Technik-Interaktion

Hinsichtlich der Mensch-Technik-Interaktion konnten bei der Literaturrecherche ausschließlich Auswirkungen von Persönlichkeitsmerkmalen auf den Bereich der Systemergonomie und keine auf die anthropometrische Gestaltung gefunden werden.

In einer Expertenumfrage erfassen MEYER ET AL. [2009] den erwarteten Einfluss mehrerer Persönlichkeitsmerkmale auf die Leistung von Operateuren in komplexen Mensch-Maschine-Systemen. Der größte Effekt wird dabei von der Gewissenhaftigkeit, gefolgt von Risikoneigung, emotionale Stabilität und Leistungsmotivation, erwartet [EBD., S. 8]. Ein eher geringer Einfluss wird den Persönlichkeitsmerkmalen Extraversion, Verträglichkeit und Offenheit zugeschrieben [EBD.].

KARRER ET AL. [2009] entwickeln den Fragebogen TA-EG zur Erfassung der Technikaffinität bezüglich elektronischer Geräte, der zur Selektion von Testpersonen und als Kontrollvariable im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion anwendbar ist. Technikaffinität ist „eine Persönlichkeitseigenschaft, die sich in einer positiven Einstellung, in Begeisterung und Vertrauen einer Person gegenüber Technik ausdrückt“ [EBD., S. 194]. Der Fragebogen erfasst anhand von 19 Items die vier Subskalen von Technikaffinität: Begeisterung, Kompetenz, negative Einstellung und positive Einstellung [EBD., S. 197 f.]. Nach KARRER ET AL. [2009, S. 198] weisen jüngere und männliche Personen eine höhere Technikaffinität auf als ältere und weibliche.

Ein weiteres relevantes Persönlichkeitsmerkmal für die Mensch-Technik-Interaktion ist die *Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik* von BEIER [2004]. Das allgemeine psychologische Konstrukt Kontrollüberzeugung gibt an, inwieweit eine Person erwartet, dass Ereignisse vom eigenen Handeln abhängen [EBD., S. 48]. BEIER [2004, S. 60] bezieht das Konstrukt auf die Mensch-Technik-Interaktion und entwickelt zur Erfassung den Fragebogen KUT mit acht Items. Entsprechend der Technikaffinität weisen jüngere und männliche Personen eine höhere Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik auf als ältere und weibliche [EBD., S. 153]. Personen mit hohen KUT-Werten agieren gerne mit Technik und sind offen für neue Systemlösungen [EBD., S. 154]. Weiterhin korreliert die Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik mit einem offensiveren Fahrstil [EBD.].

HUMMEL ET AL. [2007] konstruieren einen Fragebogen zur Nutzertypisierung für die Entwicklung von Infotainmentsystemen. Dabei untersuchen sie die drei Persönlichkeitsmerkmale Technikaffinität, Sportlichkeit und Ängstlichkeit [EBD., S. 389]. Die drei Skalen werden mit insgesamt 23 Items erfasst. Diesen Fragebogen wendet HUMMEL [2008] im Kontext multimedialer Bedienkonzepte an. Die Ergebnisse zeigen, dass technikaffine und sportliche Fahrer die technischen Systeme im Auto häufiger nutzen [HUMMEL 2008, S. 91]. Ängstliche Fahrer lehnen vor allem unbekannte Technik eher ab [EBD., S. 97]. Während ängstliche Fahrer Nebentätigkeiten während der Fahrt vermeiden, gehen sportliche Fahrer ein deutlich höheres Risiko bei der Ausführung von Nebentätigkeiten ein [EBD., S. 91]. Dabei korrelieren Ängstlichkeit und Sportlichkeit aufgrund der unterschiedlichen Ausprägung der Risikobereitschaft stark negativ [EBD.]. Ein weiterer Unterschied besteht hinsichtlich der Information, die sich die Personen in einem Head-Up-Display wünschen: für sportliche Fahrer ist ein Drehzahlmesser und andere Werte des Boardcomputers wichtig, ängstliche wünschen sich die Anzeige von Warnhinweisen im Blickfeld [EBD., S. 95]. Insgesamt konnte HUMMEL [2008, S. 111] feststellen, dass die Bewertung und Akzeptanz der Bedien- und Anzeigensysteme von der Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale beeinflusst wird.

RAUCH ET AL. [2007] untersuchen den Einfluss des Situationsbewusstseins auf die Ausführung von Nebentätigkeiten während der Fahrt. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Personen in der Lage sind, kritische Situationen zu erkennen und in diesen weniger sekundäre Aufgaben auszuführen [EBD., S. 91]. Bei kritischen Situationen wird die sekundäre Aufgabe häufiger ausgelassen oder es wird länger gewartet, bis die Aufgabe begonnen wird [EBD., S. 98]. Wenn die sekundäre Aufgabe nicht aufgrund der Situation ausgelassen wird, machen die Testpersonen in kritischen Fahrsituationen mehr Fehler in der sekundären Aufgabe als bei unkritischen Situationen [EBD., S. 98]. Zusätzlich entstehen mehr Fahrfehler, je schwieriger die Gesamtaufgabe ist [EBD., S. 99 f.].

In einer Fahrsimulatorstudie zeigen BÜDENBENDER & WINKLER [2006, S. 232], dass es bei der Ausführung von sekundären Aufgaben unterschiedliche Bearbeiter-Typen gibt. Explizit erwähnt werden nur die *Aufgabenbearbeiter*, die sich vollständig auf die Bearbeitung der fahrfremden Tätigkeit konzentrieren und die Fahraufgabe vernachlässigen. Trotzdem schneidet diese Gruppe in der Bearbeitung der sekundären Aufgabe am schlechtesten ab. Der Grund hierfür kann die Kombination aus hohem Alter, geringer Fahrpraxis und geringem Technikvertrauen dieser Gruppe sein. [BÜDENBENDER & WINKLER 2006, S. 232] Bei vielen Fahrzeugen lassen sich die Displayinhalte an die individuellen Eigenschaften und Vorlieben der Fahrer anpassen. Beispielsweise kann für das Kombiinstrument zwischen einer klassischen Anzeige mit zwei Rundinstrumenten, einer sportlichen Anzeige

mit Inszenierung der Leistungsdaten und einer futuristischen Anzeige gewählt werden [ENTENMANN ET AL. 2016, S. 55]. Ebenso gibt es Anzeigemodi, die die eigentliche Fahraufgabe zugunsten des Infotainments in den Hintergrund rücken [HUMMEL & BETZ 2016, S. 61]. Häufig erfolgt eine Kopplung an den gewählten Fahrmodus (vgl. Kapitel 3.3.3).

3.4 Zwischenfazit und Schlussfolgerungen für diese Arbeit

Wie bereits in Kapitel 3.1.3 erläutert, wird der Begriff Persönlichkeitsmerkmal in dieser Arbeit weit gefasst. Er umfasst alle zeitlich mittelfristig stabilen Aspekte der Persönlichkeit wie Traits, Motive, Einstellungen etc.

Bereits in Kapitel 2.5 wurde aufgezeigt, dass für die Klärung makroergonomischer Fragestellungen ein Messinstrument zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen benötigt wird. In den vorangegangenen Abschnitten von Kapitel 3 wurde deutlich, dass die meisten Studien die jeweiligen Persönlichkeitsmerkmale mit Fragebögen, in denen die Testpersonen eine Selbsteinschätzung vornehmen, ermitteln. Es werden häufig spezifische Persönlichkeitsmerkmale verwendet, da die Verwendung von allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen aufgrund des fehlenden thematischen Bezugs zu unzureichenden Ergebnissen führt, die in der Praxis nicht anwendbar sind. Die Messinstrumente werden im Regelfall mit Faktorenanalysen entwickelt und Testpersonen anhand hierarchischer Clusteranalysen gruppiert.

Da es kein Messinstrument zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen, die einen spezifischen Bezug zur Makroergonomie haben, gibt, wird im Zuge dieser Arbeit ein solches Messinstrument zur Erfassung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale entwickelt. Dabei kann auf einige Aspekte der bereits vorhandenen Messinstrumente zurückgegriffen werden. Beispielsweise haben einige Facetten der Typologie von Koppelman und Breuer [KOPPELMANN 2001] sowie der Konstrukte Fahrstil, Fahrfähigkeit, Risikobereitschaft, Handlungsstrategie, Expertise, Fahrspaß, Fahrkomfort, Sportlichkeit, Ängstlichkeit, Technikaffinität etc. auch einen Bezug zur Makroergonomie.

4 Erfassung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale

In diesem Kapitel wird die Entwicklung des neuen Messinstruments zur Erfassung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale beschrieben. Dieses Messinstrument soll:

- die ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale zuverlässig erfassen,
- valide zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale im Sinne einer Klassifikation differenzieren,
- in allen Phasen der ergonomischen Auslegung im Fahrzeug, insbesondere für die Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes anwendbar sein,
- unabhängig von der spezifischen Fragestellung im Fahrzeug sein,
- für Autofahrende im deutschsprachigen Raum optimiert sein,
- standardisierbar sein,
- ökonomisch und einfach durchführbar und auswertbar sein.

Zunächst wird in Kapitel 4.1 die angewandte Methodik erläutert. Darauf aufbauend werden in den Kapiteln 4.2 und 4.3 die einzelnen Entwicklungsschritte dargestellt. In Kapitel 4.4 erfolgt die statistische Überprüfung der Gütekriterien.

4.1 Methodik bei der Entwicklung des Messinstruments

Im Zuge der Entwicklung des Messinstruments müssen die folgenden beiden Fragen beantwortet werden: „*Welche Persönlichkeitsmerkmale sind ergonomierelevant?*“ und „*Wie können die ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale gemessen werden?*“. Für beide Fragestellungen bietet sich ein iteratives Vorgehen an, in dem zunächst der Lösungsraum geöffnet wird (divergieren), um anschließend eine Lösung zu fokussieren (konvergieren). Dieses Vorgehen ist aus dem Design Thinking bekannt und wird dort als Double Diamond bezeichnet. Besonders wichtig ist hierbei der Zeitpunkt für den Wechsel von einer divergierenden zu einer konvergierenden Phase [LEWRICK ET AL. 2018, S. 36].

Ergänzend dazu erfolgt die Konstruktion des Messinstruments nach der klassischen Testtheorie (Kapitel 3.2) und orientiert sich an dem folgenden Vorgehen, basierend auf [ENGELBRECHT 2013, S. 58 f.], [CHURCHILL 1979, S. 66], [NETEMEYER ET AL. 2003, S. 14 ff.]:

1. Definition der zu untersuchenden Konstrukte und Abgrenzung gegenüber bereits vorhandenen Konstrukten,
2. Bestimmung der Indikatoren, die für die Konstrukte und ihre Dimensionen relevant sind,
3. Expertenbasierter Pretest der Indikatoren zur Verbesserung der inhaltlichen Validität und Reduktion der Indikatoren [vgl. ANDERSON & GERBING 1991],
4. Überprüfung und Optimierung der Skalen anhand von statistischen Kriterien auf Basis von Vorstudien,
5. Abschließende Validierung des Fragebogens.

Die Kombination des fünfstufigen Vorgehens mit dem Design Thinking Prinzip führt zur verwendeten Methodik, die in Bild 4.1 inklusive verwendeter Methoden dargestellt ist.

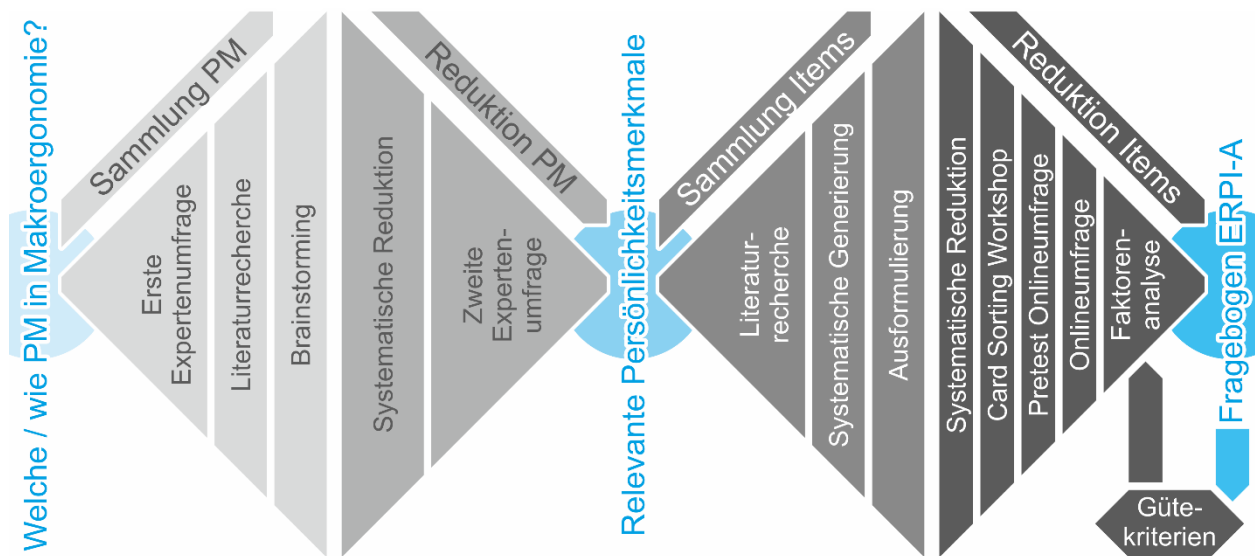


Bild 4.1: Methodik der Fragebogenentwicklung inkl. angewandter Methoden

Da im Bereich der makroergonomischen Auslegung nur wenig Konstrukte existieren, wird für die Definition und Abgrenzung der Konstrukte ein expertenbasiertes Vorgehen gewählt. Dieses wird sowohl durch systematisches, literaturbasiertes Vorgehen als auch intuitive Konstruktionsmethoden wie Brainstorming ergänzt. Mit diesem Vorgehen werden zunächst potenziell relevante Persönlichkeitsmerkmale gesammelt, die dann auf die finalen ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale reduziert werden.

Die Messung der ermittelten Persönlichkeitsmerkmale soll mit einem psychometrischen Persönlichkeitstest erfolgen. Diese Festlegung wird bereits vorab getroffen, da sich psychologische Fragebögen für die Erfassung subjektiver Empfindungen gut eignen [ENGELBRECHT 2013, S. 54] und durch die Standardisierung ökonomisch und einfach durchführbar und auswertbar sind.

Trotz des neuen Anwendungsgebiets wird für die Ermittlung von potenziellen Indikatoren auf vorhandene Skalen aus Fragebögen zurückgegriffen, die systematisch mit intuitiv konstruierten Items ergänzt und einheitlich ausformuliert werden.

Für die Auswahl der am besten passenden Items je Persönlichkeitsmerkmal wird ein Card Sorting Workshop eingesetzt mit dessen Hilfe eine bereits systematisch eingeschränkte Auswahl an Items von Experten überprüft und reduziert wird. Anschließend wird ein Pretest der verbliebenen Items mit Autofahrern durchgeführt.

Zur Optimierung der Skalen wird eine Faktorenanalyse auf Basis einer Onlinestudie unter Autofahrern durchgeführt. Das so entstandene *ergonomierelevante Persönlichkeitsinventar für das Auto* (kurz: ERPI-A) wird anschließend mit den Daten aus der

Onlineerhebung hinsichtlich seiner Gütekriterien überprüft. Die angewendeten Methoden werden in den entsprechenden Unterkapiteln genauer erläutert.

4.2 Ermittlung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale

Die Ermittlung der ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale ist ausführlich in POMIERSKY & MAIER [2018] dargestellt. Im Folgenden werden die Vorgehensweise und die für diese Arbeit wichtigen Ergebnisse hinsichtlich der Sammlung und Reduktion der Persönlichkeitsmerkmale zusammengefasst sowie die ausgewählten Persönlichkeitsmerkmale definiert.

4.2.1 Vorgehensweise zur Ermittlung von Persönlichkeitsmerkmalen

Das Vorgehen teilt sich in die Sammlung und in die Reduktion von ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmalen auf. Zur Sammlung werden eine Expertenbefragung, Literaturrecherche und Brainstorming eingesetzt. Die Expertenbefragung wird als Onlineumfrage konzipiert und mit 15 Wissenschaftlern aus dem Bereich Mensch-Maschine-Interaktion aus dem universitären Umfeld durchgeführt. Bei der zentralen offenen Frage sollen die Experten alle Persönlichkeitsmerkmale im weitesten Sinne angeben, denen sie spontan einen Einfluss auf die Makroergonomie am Fahrer Arbeitsplatz zuschreiben. Als Beispiele sind Benutzerfreundlichkeit, Komfortbedürfnis, Sicherheitsbedürfnis, Sportliches Fahrverhalten und Ökologiebewusstsein bereits aufgeführt. Die Literaturrecherche und das daran anschließende Brainstorming werden in den Themenfeldern Ergonomie, Psychologie und Marketing durchgeführt.

Im ersten Schritt des Auswahlprozesses von ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmalen erfolgt eine systematische Reduzierung, damit die gesammelten Merkmale auf eine sinnvolle Anzahl für die folgende Expertenbefragung eingeschränkt werden. Die Kriterien sind der inhaltliche Bezug zur Makroergonomie, die Vermeidung von Redundanzen sowie die Eliminierung von nicht persönlichkeitsbezogenen Merkmalen.

Die ebenfalls als Onlineumfrage konzipierte zweite Expertenbefragung wird per E-Mail an Experten aus Ingenieurwesen, Psychologie und Design gesendet sowie durch die Human Solutions GmbH im Lenkungs- und Anwenderkreis von RAMSIS vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf Experten aus der Industrie, aber auch führende Wissenschaftler mit industrieller Erfahrung aus dem universitären Umfeld werden kontaktiert. Um eine breite Verteilung zu erreichen, werden die angeschriebenen Experten gebeten, die Umfrage an weitere geeignete Experten innerhalb ihres Unternehmens weiterzuleiten. Zusätzlich erfolgt nach zwei Wochen ein Reminder per E-Mail. Durch die beschriebene Rekrutierung wird die Umfrage mit 22 Experten aus den Arbeitsbereichen Ergonomie, Fahrzeugtechnik, Maßkonzeption, HMI-Entwicklung und Marktforschung durchgeführt.

Der Hauptteil der Umfrage ist die Bewertung der vorausgewählten Persönlichkeitsmerkmale bezüglich ihres Einflusses auf die Makroergonomie am Fahrer Arbeitsplatz. Hierfür wird eine unipolare, fünfstufige Ratingskala von „keinen Einfluss auf die Ergonomie (1)“ bis „sehr großen Einfluss auf die Ergonomie (5)“ mit zusätzlicher Fluchtkategorie verwendet. Für aus ihrer Sicht wichtige Persönlichkeitsmerkmale (Bewertung von 4 oder 5) sollen die Experten zusätzlich die erwarteten Auswirkungen auf die Makroergonomie in einer offenen Frage erläutern. Außerdem wird erhoben, welche Persönlichkeitsmerkmale zukünftig innerhalb der Makroergonomie berücksichtigt werden sollen. Für die deskriptive Auswertung werden Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte und Perzentilwerte eingesetzt. Um signifikante Unterschiede hinsichtlich des erwarteten Einflusses der Persönlichkeitsmerkmale auf die Makroergonomie zu detektieren, werden der nichtparametrische Friedman-Test und Post-Hoc-Test nach Dunn-Bonferroni durchgeführt. Die Auswertung der offenen Fragen erfolgt qualitativ inhaltsanalytisch.

Die Kriterien für die finale Auswahl der ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale sind die quantitative und qualitative inhaltsanalytische Auswertung der zweiten Experten-umfrage sowie die Reduktion von Überschneidungen. Hierbei wird als Zielgröße für eine sinnvolle Anzahl an Persönlichkeitsmerkmalen acht festgelegt. Werden noch mehr Persönlichkeitsmerkmale verwendet, werden die Abgrenzung zwischen den einzelnen Merkmalen sowie die Generierung von eindimensionalen Items zunehmend schwierig.

Die Umfragen werden als Onlineumfragen auf der Plattform www.umfrageonline.com umgesetzt. Laut BATINIC & BOSNJAK [2000] hat eine Onlineumfrage Vorteile wie Anonymität, Zeitaufwand und einfache Verteilung. Diese Vorteile überwiegen den Nachteil, dass bei Unklarheiten ein direkter Ansprechpartner fehlt [EBD.].

4.2.2 Ergebnis: ergonomierelevante Persönlichkeitsmerkmale

Bei der ersten Experten-umfrage im universitären Umfeld wurden 62 verschiedene Merkmale genannt. Weitere 98 Merkmale konnten durch Literaturrecherche und Brainstorming ergänzt werden. Diese 160 Merkmale wurden durch die systematische Reduktion auf 20 Persönlichkeitsmerkmale, welche die Basis für die zweite Experten-umfrage im industriellen Umfeld bildeten, eingeschränkt. Die für die Auswahl der Persönlichkeitsmerkmale relevanten Ergebnisse der zweiten Experten-umfrage sind in Bild 4.2 dargestellt. Für den erwarteten Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale zeigen Friedman-Test ($X^2 = 77.679$, $df = 19$, $p < .001$) und anschließende Post-Hoc-Tests signifikante Unterschiede von *Discomfortempfindlichkeit*, *Benutzerfreundlichkeit*, *Komfortaffinität* und *Gewohnheit* zu *Ökologiebewusstsein* und *Sozialbewusstsein*. Zusätzlich unterscheiden sich *Ergonomiebewusstsein* und *Infotainmentorientierung* signifikant von *Sozialbewusstsein*. Aus der qualitativen Auswertung geht hervor, dass die Experten für *Benutzerfreundlichkeit* und

Sozialbewusstsein keine sowie für *Ästhetik* nur indirekte Auswirkungen auf die Makroergonomie erwarten. Für die Zukunft wünschen sich die Experten vor allem die Berücksichtigung von *Benutzerfreundlichkeit*, *Komfortaffinität*, *Diskomfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung*, *Ästhetik* und *Sicherheitsbedürfnis*. Weiterführende Ergebnisse hinsichtlich der Interferenzstatistik und der qualitativen Auswertung sind in [POMIERSKY & MAIER 2018] dargestellt.

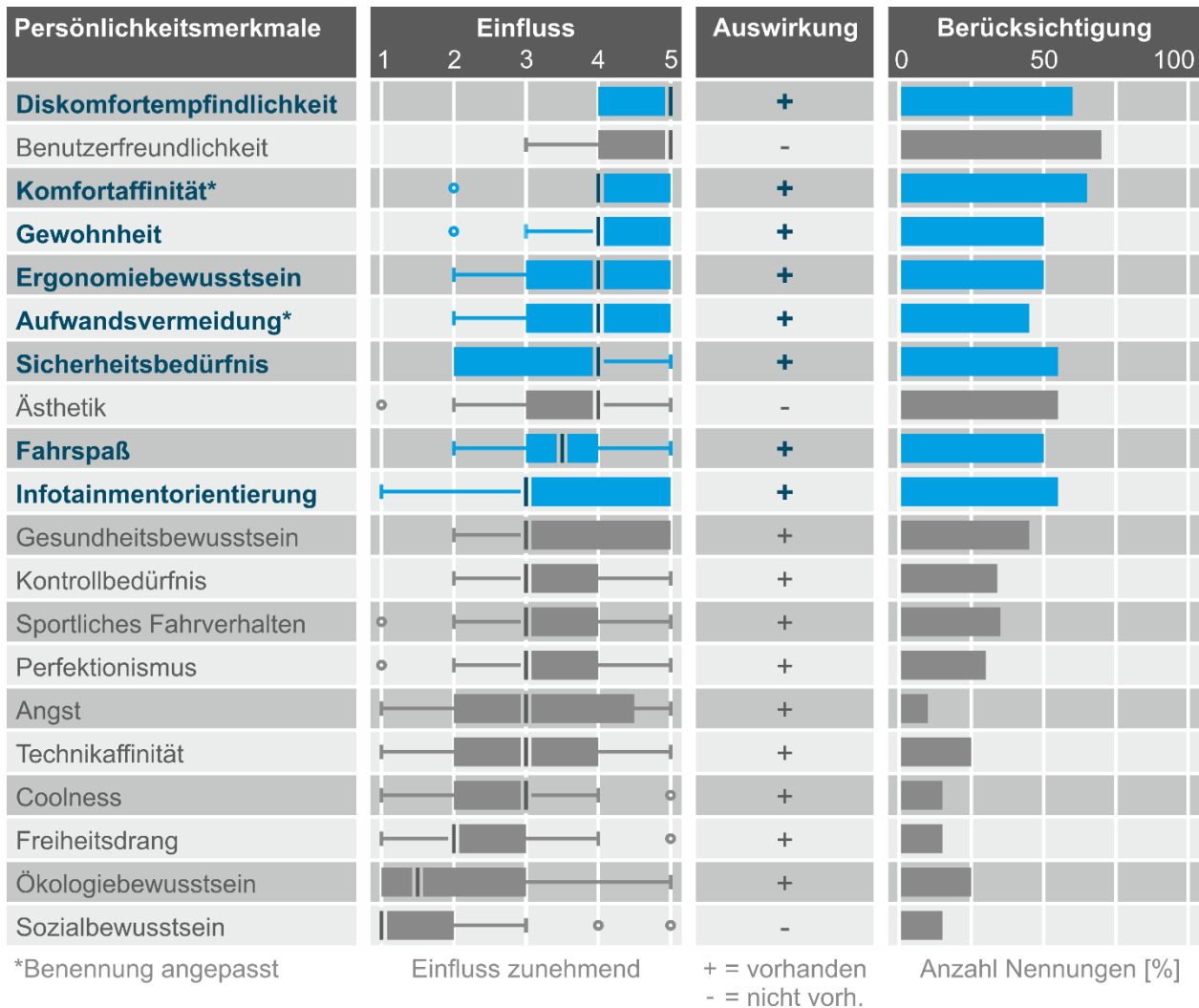


Bild 4.2: Relevante Ergebnisse für die Auswahl der Persönlichkeitsmerkmale

Für die finale Auswahl wurden alle Persönlichkeitsmerkmale ausgeschlossen, die keinen direkten Einfluss auf die Makroergonomie haben. Der Verbindung zur Makroergonomie wird eine hohe Bedeutung zugesprochen, da sie als wichtig für die Akzeptanz der späteren Anwender erachtet wird und davon ausgegangen wird, dass Ergebnisse beim Einsatz von Persönlichkeitsmerkmalen mit Bezug zum Thema leichter zu interpretieren sind [vgl. HUMMEL 2008, S. 69]. Dementsprechend wurden *Benutzerfreundlichkeit*, *Ästhetik* und *Sozialbewusstsein* ausgeschlossen (vgl. Bild 4.2). Im Weiteren wurden Persönlichkeitsmerkmale mit überdurchschnittlichem Einfluss und / oder gewünschter Berücksichtigung ausgewählt. Hierbei wurden auch die Antworten der offenen Fragen herangezogen. Bei

der Auswahl der Persönlichkeitsmerkmale wurde auf eine geringe Überschneidung geachtet. Einige der ausgeschlossenen Persönlichkeitsmerkmale finden sich in den eingeschlossenen Persönlichkeitsmerkmalen wieder. So ist *Gesundheitsbewusstsein* ein Teil von *Ergonomiebewusstsein* und *Kontrollbedürfnis* ist die Basis für *Sicherheitsbedürfnis* und *Fahrspaß*, der zusätzlich *sportliches Fahrverhalten* beinhaltet. Weiterhin ist *Ästhetik* auch in *Komfortaffinität* enthalten, *Perfektionismus* bildet das Gegenstück zu *Aufwandsvermeidung*, Aspekte von *Angst* sind in *Sicherheitsbedürfnis* enthalten und *Infotainmentorientierung* umfasst Teile von *Technikaffinität*. Die acht ausgewählten Persönlichkeitsmerkmale, die in Bild 4.2 hervorgehoben sind, bilden ein breites Spektrum ab und haben einen ausgeprägten Bezug zur Makroergonomie.

4.2.3 Definitionen und Bedeutung der ausgewählten Persönlichkeitsmerkmale

In diesem Kapitel erfolgt die Definition der ausgewählten Persönlichkeitsmerkmale (vgl. Kapitel 4.2.2) und es wird erläutert, warum diese Persönlichkeitsmerkmale für die makroergonomische Auslegung von Bedeutung sind. Der Begriff Persönlichkeitsmerkmal wird in dieser Arbeit weit gefasst und umfasst alle zumindest mittelfristig stabilen Aspekte der Persönlichkeit (vgl. Kapitel 3.1.3). Die Fahrzeugnutzung lässt sich dabei aufteilen in die eigentliche Fahraufgabe, die Ausführung von Nebentätigkeiten sowie die Positionierung in einem ergonomischen Sinne, die durch das Verstellen von Sitz, Lenkrad und weiteren Verstellungsmöglichkeiten erfolgt (vgl. Kapitel 2.2). Die Schwerpunkte der ausgewählten Konstrukte variieren dabei. Teilweise liegt der Fokus auf der Ergonomie (*Ergonomiebewusstsein*, *Diskomfortempfindlichkeit*, *Komfortaffinität*), auf dem Autofahren (*Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität*) oder auf der ergänzenden Nutzung (*Infotainmentorientierung*, *Gewohnheit*, *Aufwandsvermeidung*). Im Folgenden werden die Konstrukte definiert und ihre zunächst hypothetisch angenommene Bedeutung für die Makroergonomie auf Basis der Expertenbefragung im industriellen Umfeld erläutert:

Fahrspaß ist ein durch aktives Handeln bestimmter, positiver emotionaler Zustand einer Person, der durch ein momentanes sinnliches Erleben der Interaktion Mensch-Fahrzeug-Umwelt bestimmt wird [vgl. TISCHLER & RENNER 2007]. Der *Fahrspaß* wird auf Sportlichkeit, Dynamik und aktives, eigeninitiatives Handeln beschränkt. Komfortorientierte Aspekte des *Fahrspaßes* (z. B. komfortables Gleiten) werden im Konstrukt *Komfortaffinität* gesondert betrachtet.

Dem Konstrukt *Fahrspaß* wird aus makroergonomischer Sicht ein Einfluss auf die Körperhaltung und die Fokussierung auf die Fahraufgabe zugeschrieben. Darüber hinaus wird ein Zusammenhang mit dem Wissen hinsichtlich Autos sowie der Bewertung von unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten vermutet.

Sicherheitsbedürfnis ist das Verlangen nach Vorsicht, so dass nichts Unerwünschtes geschehen kann. Das Grundmotiv des Handelns ist das Absichern, das sich unter anderem in der Vermeidung von Gefahren und der Wichtigkeit von Kontrolle über die Situation zeigt. Das *Sicherheitsbedürfnis* ist sowohl für das Fahrverhalten als auch die sonstige Bedienung des Fahrzeugs relevant.

Es werden bezüglich der Makroergonomie, vergleichbar mit dem Konstrukt *Fahrspaß*, Auswirkungen auf die Körperhaltung, die Fokussierung auf die Fahraufgabe und die Bewertung von Fahrzeugen vermutet.

Komfortaffinität ist die Neigung hin zu Komfort im Sinne von Entlastung, Annehmlichkeit, Entspannung, Gefallen und Wohlbefinden. Der Komfort bezieht sich sowohl auf die Nutzung des Fahrzeugs im ergonomischen Sinne als auch auf das Fahrverhalten im Sinne eines passiven Fahrvergnügens. [vgl. ZHANG ET AL. 1996]

Bezüglich der Makroergonomie wird der *Komfortaffinität* ein Einfluss auf die Bewertung von komfortrelevanten Aspekten und Funktionen des Fahrzeugs zugeschrieben.

Diskomfortempfindlichkeit ist die Sensibilität gegenüber Diskomfort im Sinne von Erleiden, Ermüdung und Schmerz. Diskomfort ergibt sich vor allem aus der körperlichen, aber auch geistigen Beanspruchung während des Autofahrens. Mit der Empfindlichkeit geht ein verstärktes Vermeiden von Diskomfort einher. Der Diskomfort bezieht sich sowohl auf die Nutzung des Fahrzeugs im ergonomischen Sinne als auch auf das Fahrverhalten. [vgl. ZHANG ET AL. 1996]

Hinsichtlich der Makroergonomie wird vermutet, dass die Ausprägung der *Diskomfortempfindlichkeit* das Auffinden einer zufriedenstellenden Körperhaltung, die Häufigkeit der Anpassung der Körperhaltung und diskomfortrelevante Bewertungen beeinflusst.

Infotainmentorientierung ist die Fokussierung auf das Infotainmentsystem in Konkurrenz zur eigentlichen Fahraufgabe. Sie geht mit Interesse, Wissen und einer positiven Einstellung hinsichtlich Multimedia und Technik einher.

Übertragen auf die Makroergonomie wird vermutet, dass die Ausprägung der *Infotainmentorientierung* beeinflusst, ob die Anzeigen und Stellteile des Infotainmentsystems während des Einstellprozess berücksichtigt werden und die Körperhaltung entsprechend angepasst wird.

Gewohnheit ist das Anstreben und Beibehalten von Vertrautem und Bekanntem. Sie bezieht sich auf die Orientierung am eigenen Fahrzeug und die Übernahme alter Verhaltensweisen sowie auf die Ablehnung von Neuem und Unbekanntem.

Hinsichtlich der Makroergonomie beeinflusst die *Gewohnheit* das Erstreben der Bedingungen im gewohnten Fahrzeug hinsichtlich Körperhaltung, Fahrzeugkonzept, etc.

Ergonomiebewusstsein ist die wahrgenommene Wichtigkeit von Ergonomie, insbesondere der anthropometrischen Ergonomie. Sie zeigt sich im vorhandenen Wissen über Ergonomie und geht mit dem Anstreben einer korrekten Ergonomie einher. Überdies hinaus wird eine Tendenz zu gesundheitszuträglichem Verhalten impliziert.

Dementsprechend variieren bezüglich der Makroergonomie die Genauigkeit der Einstellung von Sitz und Lenkrad sowie die Fundiertheit der Bewertung bei ergonomierelevanten Fragestellungen.

Aufwandsvermeidung ist das Anstreben eines möglichst geringen geistigen und körperlichen sowie zeitlichen Aufwands. *Aufwandsvermeidung* bezieht sich vor allem auf den Einstellprozess von Sitz und Lenkrad und die Interaktion mit dem Fahrzeug.

Hinsichtlich der Makroergonomie wird ein Einfluss auf die Geschwindigkeit des Einstellprozesses und die Reproduzierbarkeit von Sitz- und Lenkradposition vermutet.

4.3 Ermittlung relevanter Items je Persönlichkeitsmerkmal

Nach der Festlegung der relevanten Persönlichkeitsmerkmale, wird in diesem Kapitel die Ermittlung zugehöriger Items beschrieben. Dabei werden die Vorauswahl von Items und die daran anschließende Faktorenanalyse getrennt voneinander betrachtet.

4.3.1 Vorgehensweise zur Vorauswahl von Items

Die Vorauswahl von Items umfasst sowohl die Sammlung von Items als auch deren Reduktion auf ein handhabbares Maß für die anschließende Faktorenanalyse. Zur Sammlung von Items wird eine ausführliche Literaturrecherche in den Fachgebieten Differentielle, Persönlichkeits- und Verkehrspsychologie, Ergonomie, Fahr- und Fahrzeugeigenschaften sowie Fahrzeuggestaltung und -entwicklung durchgeführt. Dabei werden sowohl passende Items aus vorhandenen Fragebögen als auch einzelne Schlagwörter, Überbegriffe, Beschreibungen, Assoziationen und andere Aspekte mit Bezug zu den Konstrukten aus Basisliteratur und mit dieser Arbeit thematisch vergleichbaren Veröffentlichungen detektiert. Darauf aufbauend erfolgt eine systematische Generierung ergänzender Items. Das Ziel der Generierung ist nicht die Bildung einer möglichst großen Anzahl an Items, sondern die gezielte Ergänzung der Literaturrecherche um fehlende Aspekte der Konstrukte. Zum Abschluss der Sammlung werden für alle Items aussagekräftige Kurzformen und Ausformulierungen generiert. Hierbei werden die Grundlagen der Itemformulierung (vgl. Kapitel 3.2.3) berücksichtigt. Entsprechend werden biographiebezogene, personalisierte Items mit indirekter Ansprache und konkretem Inhalt formuliert. Um die Anzahl der Items zu verringern, wird zunächst eine systematische Reduktion durchgeführt. Dabei werden sowohl die Kurzformen als auch die Ausformulierungen der

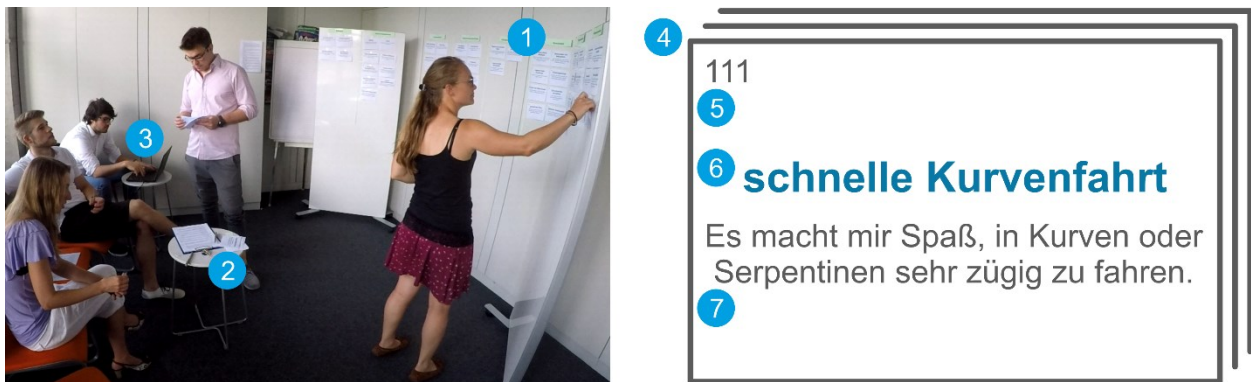
Items berücksichtigt. Im ersten Schritt werden nicht gut passende, nicht ausformulierbare, unverständliche und doppeldeutige Items aussortiert. Danach werden sehr ähnliche Items eliminiert oder zusammengefasst. Schließlich werden die Items so ausgewählt, dass sie alle wichtigen Aspekte und gleichzeitig ein möglichst breites Spektrum der Konstrukte abdecken. Zur Übersichtlichkeit werden die Überkategorien *Allgemein*, *Handlung & Interaktion mit dem Fahrzeug*, *Fahrzeugeigenschaften* und *Umwelt* verwendet. Hierbei muss ein Konstrukt nicht Items zu jeder Überkategorie enthalten.

Das Ziel der systematischen Reduktion ist die Verringerung der Anzahl an Items und eine gleichmäßige Verteilung auf die Persönlichkeitsmerkmale. Als Zielgröße werden 20 Items je Persönlichkeitsmerkmal (Gesamt: 160 Items) festgelegt. Dieser Wert ergibt sich aus der maximalen menschlichen Aufnahmekapazität von 300 Items [FELNEMETI ET AL. 1987, S. 41] im Kontext des folgenden Expertenworkshops.

In diesem Expertenworkshop werden die Items hinsichtlich Eindeutigkeit und Verständlichkeit überprüft und die besten Items je Konstrukt ausgewählt. Als Methode wird das Card Sorting [SPENCER 2009] gewählt. Mithilfe von Card Sorting ist es möglich, zugrundeliegende Strukturen zu detektieren oder zu überprüfen. Die Methode wird häufig im Bereich von Menüstrukturen oder Informationsarchitekturen eingesetzt. Generell werden vorgegebene Begriffe auf Karten entweder vorgegebenen Kategorien zugeordnet (geschlossenes Card Sorting) oder frei sortiert (offenes Card Sorting). Das Ergebnis ist gleichzusetzen mit dem mentalen Modell der Sortierenden. Die Methode kann sowohl in Einzel- als auch in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Allerdings werden nach ROBERTSON [2001] in der Gruppe aufgrund von Diskussionen häufig bessere Strukturen gefunden. Die Diskussionen liefern oft sogar wertvollere Erkenntnisse als die eigentlichen Ergebnisse [SPENCER 2009, S. 54]. Da das Ziel des Workshops die Überprüfung der Zuordnung der Items zu den vorgegebenen Konstrukten ist, wird ein geschlossenes Card Sorting als Gruppenarbeit mit Experten durchgeführt.

Der Workshop wird mit zwei separaten Gruppen mit je vier Experten der Mensch-Maschine-Interaktion durchgeführt. In einer kurzen Einführung werden das Forschungsvorhaben, die Methode Card Sorting inklusive Beispiel und die Definitionen der Konstrukte ohne die angenommenen Bedeutungen für die Makroergonomie (vgl. Kapitel 4.2.3) vorgestellt. Als Erstes werden in einem geschlossenen Card Sorting in Gruppenarbeit die vorgegebenen Items den acht vorgegebenen Konstrukten zugeordnet. Eine Zuordnung erfolgt nur, wenn sich alle Experten einig sind. Nicht zuordenbare Items werden zunächst beiseitegelegt, um in einer zweiten Runde erneut eine eindeutige Zuordnung zu einem Konstrukt zu prüfen. Dazu sind die Konstrukte auf Stellwänden im Halbkreis angeordnet und die Items auf Karten in Kurzform sowie ausformuliert

abgedruckt (vgl. Bild 4.3). Damit es den Experten nicht möglich ist aus der Reihenfolge der Items Rückschlüsse auf die angedachten Konstrukte zu ziehen, werden ihnen die Item-Karten in alphabetischer Reihenfolge der Kurzformen zur Verfügung gestellt. Außerdem werden die Experten darauf hingewiesen, dass die Formulierungen sowohl positiv als auch negativ gepolt sein können. Als Nebenaufgabe werden die Formulierungen von den Experten auf Verständlichkeit überprüft. Bei Bedarf ist eine Anpassung der Formulierung oder Polung möglich. Für die Zuordnung der 160 Items zu den acht Konstrukten haben die Experten in der ersten Runde 120 Minuten Zeit, für die Zuordnung der zunächst nicht zuordenbaren Items weitere 30 Minuten.



- 1 Stellwände mit Kategorien 2 Nicht zuordenbare Items 3 Live-Protokollierung
 4 Item-Karten 5 Item-Nr 6 Item in Kurzform 7 Item ausformuliert

Bild 4.3: Aufbau des Card Sorting Workshops

Im zweiten Teil des Workshops werden die zugeordneten Items jedes Konstrukts anhand ihrer Wichtigkeit für das Konstrukt sortiert. Dafür sollen die Experten Unterkategorien bilden, darauf achten, welche Items einen Mehrwert bieten oder überflüssig sind, und überprüfen, ob Items zur vollständigen Beschreibung des jeweiligen Konstrukts fehlen. Für den zweiten Teil des Workshops stehen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Auswertung der Workshops und die Auswahl der Items erfolgt anhand einer Live-Protokollierung, die während der Workshops durch den Versuchsleiter an einem Laptop durchgeführt wird. In den Protokollen der beiden Workshops wird festgehalten, ob und zu welchem Konstrukt die Items zugeordnet werden, ob die Zuordnung in der ersten oder zweiten Runde erfolgt und ob die Items als wichtig oder unwichtig für das jeweilige Konstrukt angesehen werden. Zusätzlich zur Live-Protokollierung werden die Workshops per Video aufgezeichnet, damit bei der Zuordnung kritischer Items oder der Auswahl der besten Items im Nachhinein auf die Diskussionen der Experten zurückgegriffen werden kann. Für die finale Auswahl der Items werden im ersten Schritt Items ausgeschlossen, die nicht von beiden Expertengruppen dem vorab angedachten Konstrukt zugeordnet werden (Passung). Im zweiten Schritt werden Items eingeschlossen, die von beiden Gruppen als

wichtig für das jeweilige Konstrukt angesehen werden. Für die Ergänzung weiterer Items werden die Abdeckung verschiedener Aspekte des Konstrukts, die Bewertung mit hoher Wichtigkeit durch eine Gruppe, die erwartete Itemschwierigkeit (Streuung der Itemantworten) und die Schwierigkeit der Zuordnung für die Expertengruppen berücksichtigt (Eindeutigkeit). Es wird darauf geachtet, dass für jedes Konstrukt 12 Items ausgewählt werden. Die sich daraus ergebende Gesamtanzahl von 96 Items wird als noch handhabbar für die anschließende Onlineumfrage und Faktorenanalyse angesehen.

4.3.2 Ergebnis: vorausgewählte Items

Die Anzahl der gesammelten und ergänzten Items ist übersichtlich in Tabelle 4.1 dargestellt. Durch die Literaturrecherche konnten insgesamt 547 Items gesammelt werden. Auffällig ist hierbei, dass für die Konstrukte *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität* und *Diskomfortempfindlichkeit* deutlich mehr Items gefunden werden konnten als für die restlichen Persönlichkeitsmerkmale. Ausformulierte Items aus standardisierten Fragebögen lagen ebenfalls vor allem für diese vier Konstrukte vor. Die gefundenen Items wurden um insgesamt 99 generierte Items ergänzt.

| Item-Sammlung [Anzahl] | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV | Ges |
|---------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|
| Literaturrecherche | 123 | 99 | 117 | 86 | 46 | 21 | 19 | 36 | 547 |
| Systematische Generierung | 6 | 24 | 10 | 4 | 11 | 17 | 13 | 14 | 99 |
| Summe | 129 | 123 | 127 | 90 | 57 | 38 | 32 | 50 | 646 |

Tabelle 4.1: Anzahl der gesammelten und generierten Items

Bei der Item-Ausformulierung wurde auf die Verwendung des Begriffs Infotainment verzichtet und stattdessen der Begriff Multimedia verwendet. Dadurch sind bei gleicher Bedeutung der Items keine Begriffsdefinitionen im Fragebogen notwendig. Auf weitere Ergebnisse der Item-Ausformulierung und der systematischen Reduktion wird hier nicht im Detail eingegangen. Eine vollständige Übersicht der vorausgewählten Items befindet sich in Tabelle A.1 bis Tabelle A.8. Auf Basis der Card Sorting Workshops wurden je Konstrukt 12 Items anhand von Passung, Eindeutigkeit, Wichtigkeit und Abdeckung ausgewählt. Die Zusammenfassung des Auswahlprozesses ist in Tabelle 4.2 dargestellt. Die Passung zwischen den beiden Expertengruppen und dem angedachten Konstrukt ist bei den meisten Konstrukten gut. Insgesamt ist die Passung bei 132 von 160 Items gegeben. Lediglich bei *Infotainmentorientierung* (13 von 20) und *Aufwandsvermeidung* (12 von 20) ist die Übereinstimmung prozentual geringer. Einige Items der *Infotainmentorientierung* werden von den Experten dem *Sicherheitsbedürfnis* zugeordnet, da eine Fokussierung auf das Infotainmentsystem zwangsläufig mit einem Sicherheitsverlust aufgrund von Ablenkung einhergeht. Bei der *Aufwandsvermeidung* werden einige Items, die sich auf die Sitz- und Lenkradverstellung beziehen, dem *Ergonomiebewusstsein* zugeordnet.

| Konstrukt | Item ausformuliert (Item-Nr.) | Aspekt | Passung | Eindeutigkeit | Wichtigkeit | Auswahl / Ausschlussgrund |
|---|---|-----------|---------|---------------|-------------|------------------------------------|
| Fahrspaß | Autofahren macht mir einfach Spaß. (122) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Autofahren finde ich langweilig. (86) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Das Auto ist für mich nur ein Zweckgegenstand, um von A nach B zu kommen. (160) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich fahre in der Regel gerne schnell und sportlich. (110) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich beschleunige mein Auto gerne richtig kräftig. (18) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich liebe es, dynamisch durch Kurven zu fahren. (23) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich genieße das Gefühl, am Limit zu fahren. (2) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto mit einem Sportpaket ausgestattet ist. (127) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Ein sportlicher Motorklang ist mir wichtig. (126) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Autofahren ist für mich auch eine sportliche Herausforderung. (124) | Allgemein | + | + | o | zu stark in Richtung Wettkampf |
| | Ich liebe es, die Kraft des Motors zu spüren. (91) | Handlung | + | + | o | abgedeckt durch 18, 92 |
| | Es ist mir wichtig, dass mein Auto eine hohe Motorleistung hat. (92) | Fahrzeug | + | + | o | ✓ |
| | Ich lege großen Wert auf eine sportliche Lenkung mit direktem Ansprechverhalten und Rückmeldung. (125) | Fahrzeug | + | + | o | ✓ |
| | Eine gute Straßenlage mit einem direkten Fahrbahnkontakt ist mir wichtig. (129) | Fahrzeug | + | + | o | ✓ |
| | Autofahren betrachte ich als notwendiges Übel. (101) | Allgemein | + | + | - | abgedeckt durch 160 |
| | Es macht mir Spaß, in Kurven oder Serpentinen sehr zügig zu fahren. (111) | Handlung | + | + | - | abgedeckt durch 23, 2 |
| | Von der Ampel möchte ich immer sehr flott wegkommen. (5) | Handlung | + | + | - | abgedeckt durch 18 |
| | In Kurven versuche ich, die Grenzen meines Fahrzeugs auszutesten. (59) | Handlung | - | n.b. | n.b. | abgedeckt durch 23, 2 |
| | Ich überhole langsamere Fahrzeuge, auch wenn es stärkeren Gegenverkehr gibt. (133) | Handlung | - | n.b. | n.b. | eher Sicherheitsbedürfnis |
| Ich bevorzuge Sportsitze mit einem guten Seitenhalt. (128) | Fahrzeug | - | n.b. | n.b. | | |
| Sicherheitsbedürfnis | Ich würde mich als ein Mensch mit einem hohen Bedürfnis nach Sicherheit beschreiben. (115) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Beim Autofahren denke ich immer an die Unfallgefahr. (137) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Das Überholen von anderen Fahrzeugen empfinde ich als sehr gefährlich. (134) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Wenn Autos von hinten dicht auffahren, fühle ich mich sehr unsicher. (21) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich achte immer sehr auf einen großen Sicherheitsabstand zum Fahrzeug vor mir. (61) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich empfinde es als sehr wichtig, alle Verkehrsregeln einzuhalten. (143) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Es ist mir sehr wichtig, dass mein Auto zuverlässig ist und dass ich ihm vertrauen kann. (159) | Fahrzeug | + | + | + | anderer Bereich; Itemschwierigkeit |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine sehr umfangreiche Sicherheitsausstattung verfügt. (114) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Ich würde in kein Auto ohne Airbags mehr einsteigen. (1) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Im Winter achte ich sehr genau darauf, dass alle Scheiben von Schnee und Eis befreit sind. (38) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Sehr schnelles Fahren flößt mir Angst ein. (136) | Handlung | + | o | + | ✓ |
| | Ich habe manchmal Angst beim Autofahren. (7) | Allgemein | + | + | o | abgedeckt durch 137 |
| | Ich fahre sehr vorsichtig. (149) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Ich versuche jedes Risiko und gefährliche Situationen beim Autofahren zu vermeiden. (107) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Ich bremsen lieber einmal zu viel als einmal zu wenig. (19) | Handlung | + | + | o | zu unspezifisch |
| | Das Fahren bei schlechten Witterungsbedingungen empfinde ich als sehr gefährlich. (108) | Umwelt | + | + | o | Itemschwierigkeit |
| | Ich bin immer aufmerksam und bereit auf Fahrmanöver anderer Verkehrsteilnehmer zu reagieren. (65) | Handlung | + | + | - | Itemschwierigkeit |
| | Ich halte mich immer an die vorgegebene Geschwindigkeit. (47) | Handlung | + | + | - | abgedeckt durch 143 |
| | Ich fühle mich beim Autofahren immer sicher. (116) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | |
| Wenn es auf der Straße hektisch zugeht, fühle ich mich sehr unwohl. (141) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | | |

Tabelle 4.2: Auswahl der Items auf Basis der Card Sorting Workshops (Teil 1/4)

+ = vorhanden o = eingeschränkt - = nicht vorhanden n.b. = nicht bewertet

| Konstrukt | Item ausformuliert (Item-Nr.) | Aspekt | Passung | Eindeutigkeit | Wichtigkeit | Auswahl / Ausschlussgrund |
|----------------------------|--|-----------|---------|---------------|-------------|--------------------------------|
| Komfort-affinität | Ich lege bei einem Auto großen Wert auf ein schönes und ästhetisches Design. (112) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Mein Auto soll mich entlasten und unterstützen, wo immer es geht. (31) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ein Auto muss gemütlich und bequem sein, damit ich mich während der Fahrt entspannen und erholen kann. (33) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich bevorzuge eine ruhige, gleichförmige und komfortorientierte Fahrweise. (56) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich lege großen Wert darauf, dass alle Systeme im Auto einfach zu bedienen sind. (25) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Beim Autokauf sind mir hochwertige Materialien und eine überdurchschnittliche Verarbeitungsqualität wichtig. (152) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Ich genieße es, wenn Motor- und Fahrgeräusche während der Fahrt nur sehr leise im Hintergrund zu hören sind. (44) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Ich bevorzuge eine leichtgängige Lenkung, bei der kein großer Kraftaufwand benötigt wird. (88) | Fahrzeug | + | o | + | ✓ |
| | Ich bevorzuge einen komfortablen Sitz mit einer gemütlichen Polsterung. (73) | Fahrzeug | + | o | + | ✓ |
| | Ich bevorzuge ein komfortables Fahrwerk, bei dem Fahrbahnunebenheiten nicht spürbar sind. (74) | Fahrzeug | + | o | + | ✓ |
| | Ich lege großen Wert auf einen ansprechenden Fahrzeuginnenraum, der mir gut gefällt. (41) | Allgemein | + | + | o | Itemschwierigkeit |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine umfangreiche Komfortausstattung verfügt. (75) | Fahrzeug | + | + | o | ✓ |
| | Ich bevorzuge eine entspannte Körperhaltung während der Fahrt. (32) | Handlung | + | o | o | Itemschwierigkeit |
| | Ich lege großen Wert auf ein geräumiges Interieur mit viel Kopf- und Beinfreiheit. (82) | Fahrzeug | + | o | o | ✓ |
| | Es ist mir wichtig, mich im Auto wohl zu fühlen. (154) | Allgemein | + | + | - | Itemschwierigkeit |
| | Ich genieße es, mit dem Auto komfortabel und entspannt dahinzugleiten. (57) | Handlung | + | + | - | abgedeckt durch 56 |
| | Umso luxuriöser ein Auto ist, umso besser ist es für mich geeignet. (90) | Allgemein | + | o | - | unspezifische Definition Luxus |
| | Ich versuche abrupte Tempowechsel und Spurwechsel zu vermeiden. (9) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich genieße es, während der Fahrt die umliegende Gegend zu betrachten. (42) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Bei einem Auto ist mir wichtig, dass es einen hohen Langstreckenkomfort hat. (87) | Fahrzeug | - | n.b. | n.b. | |
| Diskomfort-empfindlichkeit | Ich fühle mich während des Autofahrens regelmäßig müde und schläfrig. (93) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Während einer langen Autofahrt, habe ich das Gefühl, dass meine Beine und Arme stark ermüden. (58) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich wechsele meine Körperhaltung häufig während der Fahrt, da ich mich unwohl fühle. (138) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Es kommt vor, dass ich beim Autofahren Schmerzen im Rücken oder anderen Körperteilen habe. (109) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Es fällt mir sehr schwer eine passende Sitzposition, bei der mich nichts drückt oder kneift, zu finden. (121) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich empfinde den Gurt während der Fahrt als störend und unangenehm. (62) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich reagiere sehr empfindlich auf Veränderungen meiner Umgebung (Temperatur, Licht, Gerüche, Lärm). (135) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Autofahren ist für mich sehr anstrengend. (11) | Allgemein | + | o | + | ✓ |
| | Während einer Autofahrt bin ich oft angespannt und verkrampft. (6) | Allgemein | + | o | + | ✓ |
| | Bei längerem Autofahren leide ich körperlich. (83) | Allgemein | + | + | o | abgedeckt durch 109 |
| | Ich habe häufig das Gefühl im Auto eingeengt zu sein. (27) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Ich empfinde während des Autofahrens oft Zeitdruck. (156) | Allgemein | + | + | o | Bezug zu Konstrukt |
| | Autofahren ist für mich der reine Stress. (130) | Allgemein | + | + | o | abgedeckt durch 11 |
| | Es macht mir nichts aus, auch einmal harte Stöße aufgrund der Straßenbeschaffenheit "einzustecken". (64) | Fahrzeug | + | + | o | ✓ |
| | Ich empfinde Druckstellen am Autositz als sehr störend und unangenehm. (22) | Fahrzeug | + | + | o | ✓ |
| | Nach längeren Autofahrten fühle ich mich regelmäßig verspannt und steif. (146) | Allgemein | + | + | - | abgedeckt durch 6 |
| | Während längerer Autofahrten habe ich regelmäßig schwere oder sogar taube Beine. (113) | Allgemein | + | + | - | abgedeckt durch 58 |
| | Ich habe das Gefühl, nicht sehr belastbar zu sein. (16) | Allgemein | + | + | - | zu allgemein |
| | Es fällt mir schwer, während einer längeren Autofahrt konzentriert zu bleiben. (80) | Allgemein | + | o | - | geistiger Diskomfort |
| | Ich finde die Bedienung der meisten Autos ist kompliziert und umständlich. (79) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |

Tabelle 4.2: Auswahl der Items auf Basis der Card Sorting Workshops (Teil 2/4)

+ = vorhanden o = eingeschränkt - = nicht vorhanden n.b. = nicht bewertet

| Konstrukt | Item ausformuliert (Item-Nr.) | Aspekt | Passung | Eindeutigkeit | Wichtigkeit | Auswahl / Ausschlussgrund |
|---|---|-----------|---------|---------------|-------------|---------------------------------|
| Infotainment-orientierung | Ich vertreibe mir gerne die Zeit mit dem Multimediasystem des Autos. (158) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich informiere mich regelmäßig über die neusten Multimediafunktionen für Autos. (66) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Es macht mir Spaß, ein neues Multimediasystem im Auto auszuprobieren. (123) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich kenne die meisten Funktionen des Multimediasystems meines Autos. (71) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Es fällt mir leicht, die Bedienung eines elektronischen Geräts zu lernen. (77) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich möchte durch das Multimediasystem des Autos unterhalten werden. (139) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Es ist mir wichtig, dass das Kommunikationssystem in meinem Auto gut ist. (76) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Bei meinem nächsten Autokauf werde ich auf eine gute Integration von Internet und Apps achten. (20) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine überdurchschnittlich gute Multimediaausstattung verfügt. (95) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Ich bediene das Multimediasystem des Autos häufig während der Fahrt. (14) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Ich bin ein technisch sehr interessierter Mensch. (131) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Das Display des Multimediasystems des Autos sollte möglichst groß sein. (60) | Fahrzeug | + | o | o | ✓ |
| | Ich lege großen Wert auf ein sehr gutes Radio in meinem Fahrzeug. (105) | Fahrzeug | + | + | - | Itemschwierigkeit, veraltet |
| | Ich fühle mich durch das Multimediasystem des Autos häufig gestört. (96) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Während der Fahrt konzentriere ich mich vollständig auf die Fahraufgabe. (81) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Ein neues Navigationsziel stelle ich nur ein, wenn das Fahrzeug steht. (28) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Auch in einer schwierigen Verkehrssituation bediene ich das Multimediasystem des Autos. (94) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Auf ein Navigationsgerät im Auto möchte ich auf gar keinen Fall mehr verzichten. (98) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | |
| | Es ist mir wichtig, dass das Multimediasystem meines Autos sehr gut bedienbar ist. (13) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | |
| Es ist mir wichtig, dass der Bildschirm des Multimediasystems des Autos gut sichtbar ist. (117) | Fahrzeug | - | n.b. | n.b. | | |
| Gewohnheit | Ich fahre am liebsten mit meinem eigenen Auto. (24) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Wenn ich mit einem fremden Auto fahren muss, fühle ich mich am Anfang sehr unwohl. (4) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Das nächste Auto, das ich mir kaufe, wird sehr ähnlich wie mein aktuelles Auto sein. (15) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich probiere gerne neue Sachen aus. (104) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Ich würde mich als Gewohnheitsmenschen bezeichnen. (53) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Wenn ich Vertrauen in eine Sache gewonnen habe, bleibe ich dieser Sache treu ohne es zu hinterfragen. (148) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | An ein neues Bedienkonzept in einem Auto kann ich mich nur sehr schwer gewöhnen. (100) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Bei einem neuen Auto ist mir wichtig, dass alles an seinem gewohnten Platz ist. (54) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Wenn ich in einem fremden Auto sitze, versuche ich alles so anzupassen wie ich es von meinem eigenen Auto kenne. (10) | Handlung | + | o | + | ✓ |
| | Ich wechsele häufig die Automarke. (150) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | An der Aussage "früher war alles besser" ist etwas Wahres dran. (40) | Allgemein | + | + | o | zu allgemein, Itemschwierigkeit |
| | Ich kann mir nicht vorstellen ein Auto mit einem ganz neuen Fahrzeugkonzept zu kaufen. (37) | Allgemein | + | + | o | abgedeckt durch 15, 99 |
| | Neuentwicklungen beim Auto stehe ich skeptisch gegenüber und lehne sie zunächst ab. (99) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Ich fahre regelmäßig mit Autos, die mir nicht gehören (z. B. Mietwagen). (145) | Allgemein | + | o | o | ✓ |
| | Ich fahre prinzipiell nur mit meinem eigenen Auto. (102) | Allgemein | + | + | - | abgedeckt durch 24 |
| | Wenn ich ein neues Auto kaufe, tendiere ich dazu, das gleiche Automodell nochmal zu kaufen. (55) | Allgemein | + | + | - | abgedeckt durch 15 |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass die Ausstattung vergleichbar mit meinem aktuellen Auto ist. (142) | Fahrzeug | + | + | - | abgedeckt durch 15 |
| | Egal in welchem Fahrzeug ich sitze, stelle ich mir den Sitz immer identisch ein. (120) | Handlung | + | o | - | unklar, abgedeckt durch 10 |
| | Ich kann es gar nicht leiden, wenn jemand anderes an meinem Auto etwas verstellt hat. (36) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | |
| Ich teile mir mein Auto mit anderen Fahrern (z. B. Familienmitglieder). (3) | Handlung | - | n.b. | n.b. | | |

Tabelle 4.2: Auswahl der Items auf Basis der Card Sorting Workshops (Teil 3/4)

+ = vorhanden o = eingeschränkt - = nicht vorhanden n.b. = nicht bewertet

| Konstrukt | Item ausformuliert (Item-Nr.) | Aspekt | Passung | Eindeutigkeit | Wichtigkeit | Auswahl / Ausschlussgrund |
|---|--|-----------|---------|---------------|-------------|---------------------------|
| Ergonomie- bewusstsein | Ich weiß welche Sitz- und Lenkradposition für mich gesundheitlich optimal ist. (51) | Allgemein | + | + | + | ✓ |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass Sitz und Armauflagen alle meine Körperteile gut unterstützen (140) | Fahrzeug | + | + | + | ✓ |
| | Es ist mir wichtig, dass Anzeigen und Stellteile so angeordnet und ausgelegt sind, dass ich sie gut bedienen kann. (8) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Bevor ich ein Auto kaufe, teste ich genau, ob ich alle wichtigen Elemente gut erreiche. (132) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Eine verstellbare Lordosenstütze im Auto ist mir sehr wichtig. (89) | Fahrzeug | + | o | + | ✓ |
| | Ich hatte bereits Kontakt mit dem Fachgebiet Ergonomie. (17) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Ich versuche die für Autos empfohlene Körperhaltung während der Fahrt einzunehmen. (30) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Ich strebe eine gesundheitszuträgliche Körperhaltung im Fahrzeug an. (50) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Ich wechsele die Körperhaltung regelmäßig während der Fahrt, weil das gut für meinen Körper ist. (151) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Ich versuche statische Körperhaltungen während der Fahrt zu vermeiden. (144) | Handlung | + | + | o | abgedeckt durch 151 |
| | Ich kenne die Grundregeln, wie ein Sitz im Fahrzeug optimal einzustellen ist. (34) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Ich achte immer sehr auf meinen Körper und seine Bedürfnisse. (84) | Allgemein | + | o | o | abgedeckt durch 48 |
| | Ich würde meine Lebensweise als gesundheitsorientiert beschreiben. (48) | Allgemein | + | o | o | ✓ |
| | Wenn beim Autokauf ein Gesundheitspaket angeboten wird, werde ich dieses wahrscheinlich kaufen. (49) | Fahrzeug | + | o | o | abgedeckt durch 52 |
| | Ich kenne die empfohlene Körperhaltung für das Auto. (153) | Allgemein | + | + | - | abgedeckt durch 51, 30 |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass der Sitz zu meiner Körpergröße passt oder angepasst werden kann. (103) | Fahrzeug | + | + | - | abgedeckt durch 140 |
| | Es ist mir wichtig, dass ich alle Bedienelemente während der Fahrt gut erreichen kann. (35) | Handlung | + | + | - | abgedeckt durch 132 |
| | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über einen gesundheitszuträglichen Sitz verfügt. (52) | Fahrzeug | + | o | - | ✓ |
| | Es ist mir sehr wichtig, dass ich in alle Richtungen gut aus dem Auto heraussehen kann. (119) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| Ich achte darauf, dass die Sicht auf den Tacho nicht durch das Lenkrad verdeckt wird. (118) | Handlung | - | n.b. | n.b. | | |
| Aufwands- vermeidung | Ich nutze höchstens die Basisfunktionen der Verstellungsmöglichkeiten im Auto. (12) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Lenkrads fast nie. (69) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Sitzes fast nie. (70) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich nehme mir viel Zeit, um Lenkrad und Sitz einzustellen. (155) | Handlung | + | + | + | ✓ |
| | Ich fahre beim Einstellprozess mit dem Sitz mehrmals hin und her. (68) | Handlung | + | o | + | ✓ |
| | Wenn ich nicht sofort verstehe, wie etwas funktioniert, nutze ich es nicht. (26) | Allgemein | + | o | + | ✓ |
| | Ich arbeite lieber genau und liefere das Ergebnis dann entsprechend später ab. (43) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Ich bin ein Freund von schnellen Entscheidungen. (63) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Bevor ich etwas beginne, plane ich sorgfältig. (85) | Allgemein | + | + | o | ✓ |
| | Wenn ich in ein Auto steige, will ich sofort losfahren. Für die Einstellung von Sitz und Lenkrad habe ich keine Zeit. (46) | Handlung | + | + | o | ✓ |
| | Schwierig einzustellende Verstellmechanismen nutze ich nicht. (78) | Allgemein | + | + | - | ✓ |
| | Unter Zeitdruck nutze ich die Verstellmöglichkeiten des Autos nicht. (157) | Allgemein | + | o | - | ✓ |
| | Wenn ich die Wahl hätte, würde ich eher ein Spiel wählen, bei dem der schnellere gewinnt. (45) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich fahre erst einmal los. Sitz und Lenkrad kann ich auch noch später einstellen. (29) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich kenne alle Verstellmöglichkeiten von Sitz und Lenkrad in meinem Auto. (72) | Allgemein | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich nutze alle Verstellmöglichkeiten von Sitz und Lenkrad in meinem Auto. (147) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich passe während der Fahrt die Sitz- und Lenkradposition immer wieder an. (97) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich stelle mir den Sitz nach ganz bestimmten Regeln ein. (106) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| | Ich stelle mir den Sitz intuitiv ein. (67) | Handlung | - | n.b. | n.b. | |
| Es macht mir Spaß, die optimale Sitz- und Lenkradposition für mich zu finden. (39) | Handlung | - | n.b. | n.b. | | |

Tabelle 4.2: Auswahl der Items auf Basis der Card Sorting Workshops (Teil 4/4)

+ = vorhanden o = eingeschränkt - = nicht vorhanden n.b. = nicht bewertet

Alle Items, die eine unzureichende Passung aufweisen, wurden ausgeschlossen und alle Items, die von beiden Gruppen als wichtig angesehen werden, wurden eingeschlossen. Einzige Ausnahme bildet das Item *Zuverlässigkeit / Vertrauen* (Item-Nr. 159) des *Sicherheitsbedürfnisses*. Dieses Item wurde trotz hoher Wichtigkeit nicht eingeschlossen, da es im Vergleich zu den anderen Items einen Bereich der Sicherheit abbildet, dem bezüglich der Makroergonomie eine geringere Bedeutung als anderen Items zugeschrieben wird. Der Einschluss der ergänzenden Items erfolgte hauptsächlich nach inhaltlichen Überlegungen und zielt auf die Abbildung eines breiten Spektrums innerhalb der Konstrukte bei gleichzeitiger Vermeidung von Dopplungen ab.

Zusätzlich wurden auf Basis der Expertenmeinungen die Ausformulierungen von sieben Items leicht angepasst. Hierbei wurden aufgrund der Eindeutigkeit einzelne Begriffe ersetzt (Item-Nr.: 58, 136), Füllwörter gestrichen (Item-Nr.: 68, 97, 155) oder der Kontext zum Auto betont (Item-Nr.: 3, 11). Keine der Änderungen führt zu einer Verzerrung der Bedeutung der Items.

4.3.3 Vorgehensweise zur Überprüfung von Faktoren und Ableitung finaler Items

Die Überprüfung der Zuordnung der Items zu den Konstrukten wurde bereits expertenbasiert im Zuge des Card Sorting Workshops durchgeführt. Im nächsten Schritt soll durch eine Faktorenanalyse die Struktur der Konstrukte und die Passung der Items zu den Konstrukten statistisch überprüft sowie die Itemanzahl weiter reduziert werden [vgl. BORTZ & SCHUSTER 2010, S. 385].

Faktorenanalysen sind multivariate Analyseverfahren zur Strukturierung großer Datenmengen [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 326]. Die Grundannahme der Faktorenanalyse ist, dass die beobachtbaren Variablen (Items) korrelieren, weil sie auf ein nicht direkt beobachtbares, gemeinsames Konstrukt (Faktor) zurückzuführen sind [DEVELLIS 2017]. Grundsätzlich werden die explorative Faktorenanalyse (EFA) und die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) unterschieden [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 326].

Das Ziel der EFA ist die Reduzierung und Strukturierung einer großen Datenmenge. Da eine EFA ein theoriefreies Verfahren [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 340] ist, werden keine genauen Vorgaben hinsichtlich Anzahl Faktoren, Faktorenladungen etc. benötigt. Im Gegensatz dazu ist eine CFA ein theoriegeleitetes Verfahren, bei der die Faktoren bereits vorab festgelegt sind. Die CFA überprüft die Struktur anhand von Hypothesen und benötigt dafür genaue Vorgaben hinsichtlich Faktorenanzahl, Korrelation zwischen den Faktoren und der Zuordnung der Items zu den Faktoren [EBD., S. 341]. Obwohl im hier vorliegenden Fall vorab acht Konstrukte expertenbasiert

festgelegt wurden, wird keine CFA sondern eine EFA durchgeführt, da es keine theoretische Basis, beispielsweise hinsichtlich der Korrelationen zwischen den Konstrukten gibt. Außerdem dient die EFA dem hier vorliegenden Hauptziel der Datenreduktion und es besteht grundsätzlich die Möglichkeit, dass die Faktorenanzahl von der zunächst angenommenen Anzahl von acht abweicht und somit den Daten eine andere Struktur zugrunde liegt.

4.3.3.1 Aufbau Befragung

Die Daten für die Faktorenanalyse werden mithilfe einer Onlineumfrage unter Fahrzeugnutzern erhoben. Die Ergebnisse und die Reliabilität einer Onlineumfrage sind vergleichbar mit denen von klassischen Umfragen [SULLMAN 2008, S. 120]. Allerdings bieten sie Vorteile wie eine breite Streuung, ein geringerer Zeitaufwand bei Erhebung und Auswertung sowie die Gewährleistung der Anonymität [BATINIC & BOSNJAK 2000]. Dem Nachteil des fehlenden Ansprechpartners bei Unklarheiten kann durch eindeutige und einfache Instruktionen und Formulierungen entgegengewirkt werden.

Die Umfrage wird mit dem Onlinetool www.umfrageonline.com erstellt. Das Tool wurde bei einem Vergleich mehrerer frei verfügbarer Tools ausgewählt, da es alle benötigten geschlossenen und offenen Fragetypen zur Verfügung stellt, logische Abfolgen programmiert werden können, große Stichproben erfasst werden können, Mobilgeräte wie Smartphone und Tablet unterstützt werden, die Daten als CSV-Datei exportiert werden können und das Layout der Umfrage in weiten Teilen angepasst werden kann. Zusätzlich wird die Formatierung der Umfrage mithilfe der Verwendung von HTML5-Elementen optimiert. Durch diese Elemente werden beispielsweise Schriftgröße, -hervorhebungen und -farbe sowie Weiterleitungen programmiert.

Bei der Gestaltung und dem Aufbau werden nach GRÄF [1999] die folgenden Kriterien für Onlinebefragungen beachtet: klare Kommunikation des Ziels der Umfrage, transparente Darstellung des Fortschritts innerhalb der Umfrage, Vermeiden von Scrollen, Möglichkeit innerhalb der Umfrage zu blättern, einfache Bedienung, übersichtliche Fragenpräsentation, Hervorhebung von Schlüsselwörtern, Verwendung von Filterfragen zur individuellen Weiterleitung sowie die Überprüfung der Umfrage mittels Pretest.

Im Folgenden wird auf den Aufbau (vgl. Bild 4.4) und die Details der Umfrage eingegangen. Die gesamte Umfrage inklusive zusätzlicher Abfragen wird auf einen Zeitaufwand von 20 Minuten konzipiert.

Auf der Startseite der Onlineumfrage erfolgt eine Aufklärung hinsichtlich des Zwecks und des Ablaufs der Umfrage. Zusätzlich ist die Datenschutzerklärung verlinkt. Die Teilnehmenden müssen ihr Einverständnis sowohl zur Datenschutzerklärung als auch zum

Zweck der Umfrage bestätigen. Die einzige Voraussetzung für die Teilnahme an der Umfrage ist der Besitz eines Autoführerscheins.

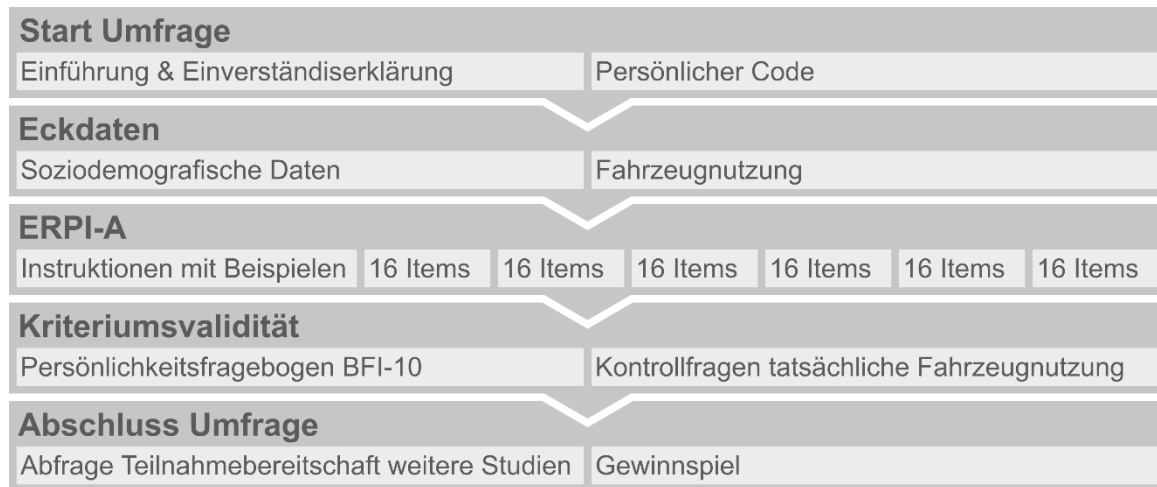


Bild 4.4: Aufbau der Onlinebefragung

Im nächsten Schritt wird von den Teilnehmenden selbst ein individueller siebenstelliger Code aus zeitstabilen persönlichen Merkmalen (z. B. erster Buchstabe Vorname Mutter) generiert. Ein solcher Code wird häufig bei Studien mit mehreren Messzeitpunkten eingesetzt [PÖGE 2011, S. 110]. In dieser Studie dient der Code der anonymisierten Verknüpfung dieser Umfrage mit dem späteren Hauptversuch, der auch für die Ermittlung der Retest-Reliabilität des Fragebogens ERPI-A verwendet wird. Der größte Vorteil eines solchen Codes ist, dass er von den Testpersonen reproduziert werden kann ohne ihn sich merken zu müssen und gleichzeitig vom Versuchsleiter nicht dekodiert werden kann. So ist nach PÖGE [2011, S. 132] die Verschlüsselungssicherheit durch einen derartigen siebenstelligen Code gegeben. Da eine konsistente Beantwortung der Fragen häufig nicht vorliegt, muss die Zuordnung der Codes fehlertolerant sein [EBD., S. 110].

Im Anschluss werden die soziodemografischen Daten Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht, Familienstand, Haushaltsgröße, höchster Bildungsabschluss und Beruf abgefragt. Bei den folgenden Fragen zur Fahrzeugnutzung ist eine Kontrollfrage zum Besitz eines Autoführerscheins integriert. Besitzt ein Teilnehmender keinen Autoführerschein, wird er direkt zum Ende der Umfrage weitergeleitet. Weiterhin werden die jährliche Fahrleistung, die Häufigkeit der Fahrzeugnutzung, der Besitz eines eigenen Autos sowie die Eckdaten Marke, Modell und Baujahr des eigenen Fahrzeugs abgefragt.

Es folgen die Instruktionen und Hinweise (vgl. Bild A.5) für den Hauptteil der Befragung sowie zwei Beispielfragen, die zur Sicherstellung des Verständnisses der Instruktionen beitragen (vgl. Kapitel 3.2.4). Der eigentliche Hauptteil der Befragung stellt die Beantwortung der 96 Items dar. Für die Beantwortung jedes Items steht eine bipolare fünfstufige Ratingskala vom Likert-Typ ohne Ausweichkategorie zur Verfügung (vgl. Kapitel 3.2.2).

Alle Skalenpunkte sind eindeutig benannt und lauten: *starke Ablehnung*, *Ablehnung*, *Neutral*, *Zustimmung* und *starke Zustimmung*. Auf eine Blockbildung der Konstrukte wird verzichtet und die Abfolge der acht Skalen ist immer gleich (vgl. Kapitel 3.2.4). Nacheinander wird je ein Item zu *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität*, *Dis-komfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung*, *Gewohnheit*, *Ergonomiebewusstsein* und *Aufwandsvermeidung* abgefragt. Innerhalb der Skalen wird die Reihenfolge der Items durch eine einmalige Randomisierung festgelegt. Es muss jedes Item beantwortet werden. Die 96 Items sind auf 6 Seiten mit je 16 Items aufgeteilt. Dadurch muss an einem üblichen PC-Bildschirm nicht gescrollt werden.

Zur Ermittlung der Kriteriumsvalidität folgt im Anschluss der Persönlichkeitsfragebogen BFI-10 [RAMMSTEDT & JOHN 2007] mit insgesamt 10 Fragen zu den „Big Five“-Persönlichkeitsdimensionen. Zusätzlich wird hinsichtlich der tatsächlichen Fahrzeugnutzung je eine Kontrollfrage je ERPI-A Skala gestellt. Genaue Erläuterungen zu der Skala BFI-10 und zu den Kontrollfragen zur Fahrzeugnutzung erfolgen in Kapitel 4.4.3.

Zum Abschluss der Onlineumfrage wird abgefragt, ob die Teilnehmenden sich für weitere Versuche zur Verfügung stellen. Zusätzlich wird die Möglichkeit, an einem Gewinnspiel teilzunehmen, angeboten. Aus datenschutzrechtlichen Gründen müssen diese Abfragen in separaten Onlineumfragen erfolgen, die an den entsprechenden Stellen verlinkt sind. Nur so kann gewährleistet werden, dass die eigentliche Umfrage anonym ist.

4.3.3.2 Pretest

Um die gesamte Onlineumfrage sowie die einzelnen Items aus dem Blickwinkel von verschiedenen Autofahrern auf Verständlichkeit und Fehlerfreiheit zu überprüfen, wird ein Pretest [vgl. RAAB-STEINER & BENESCH 2012, S. 61] mit 6 Teilnehmenden (4 männlich, 2 weiblich) in Form einer retrospektiven Befragung durchgeführt. Zusätzlich dient der Pretest der Ermittlung des tatsächlichen Zeitaufwands für die Umfrage. Bei der Zusammenstellung der Teilnehmenden wird auf die Abdeckung einer großen Bandbreite hinsichtlich Fahrhäufigkeit, grundsätzliche Einstellung zum Auto sowie Wissen über Fahrzeuge und Ergonomie geachtet. Außerdem werden für den Pretest alle relevanten Endgeräte (PC, Tablet, Smartphone) eingesetzt. Zunächst führen die Teilnehmenden eigenständig in Abwesenheit des Versuchsleiters die gesamte Onlineumfrage mit dem Endgerät ihrer Wahl durch. Während der Umfrage dürfen sie sich bei Unklarheiten kurze Notizen machen. Direkt im Anschluss werden die gesamte Umfrage gemeinsam mit dem Versuchsleiter erneut durchgeklickt und die Unklarheiten besprochen.

Insgesamt werden die Umfrage und die Items als eindeutig und verständlich bewertet. Auf Basis des Pretests werden innerhalb der Instruktionen des Fragebogens zwei

Formulierungen vereinfacht. Trotz der jeweils einmaligen Rückmeldung, dass die Wörter *gesundheitszuträglich* und *Lordosenstütze* nicht bekannt sind, wird auf eine Anpassung verzichtet. Bei dem Wort *gesundheitszuträglich* wird davon ausgegangen, dass der Sinn aus der Wortzusammensetzung erschlossen werden kann, auch wenn das Wort nicht bekannt ist. Mit dem Item *Lordosenstütze* wird u. a. das Wissen über Ergonomie abgefragt. Ergänzend wird davon ausgegangen, dass jemand, der die Lordosenstütze nicht kennt, sie als unwichtig bewerten wird, was letztendlich den Zweck der Frage erfüllt.

Hinsichtlich des Layouts werden die Weiterleitung zu den zusätzlichen Abfragen und die Rückleitung zur eigentlichen Onlineumfrage stärker hervorgehoben, um einen reibungslosen Ablauf zu garantieren. Die Bearbeitungszeit durch die Teilnehmenden liegt für die gesamte Umfrage zwischen 16 und 28 Minuten.

4.3.3.3 Stichprobe

Eine Faktorenanalyse stellt eine mathematisch-statistische Methode dar, die für eine sinnvolle Interpretation einzelner Aspekte eine ausreichend große Stichprobe benötigt. Außerdem muss die durch die Teilnehmenden verursachte Fehlervarianz eliminiert werden [DEVELLIS 2017]. Nach BANNING [1987, S. 187] liegt die Stichprobengröße bei den meisten psychografischen Studien zwischen 500 und 2000 Testpersonen. KLINE [2011] empfiehlt für eine CFA eine Stichprobengröße, die mindestens dem fünffachen der Itemanzahl entspricht. Der Faktor 5 führt bei 96 Items zu 480 benötigten Teilnehmenden. Auch für eine EFA gilt: umso größer die Stichprobe ist, umso besser werden die Ladungen der Faktorenanalyse geschätzt und die Stabilität der Faktorenlösung steigt [BÜHNER 2011, S. 345]. Aus ökonomischen Gründen sollte die Teilnehmendenanzahl allerdings auch nicht zu hoch sein. FIELD [2018, S. 797] empfiehlt aufgrund der Stabilität der Faktorenstruktur mindestens 300 Testpersonen. Selbst bei schlechtesten Voraussetzungen können 500 Testpersonen ausreichend sein [BÜHNER 2011, S. 345]. Eine allgemeine Regel zur Stichprobengröße ist nach MACCALLUM ET AL. [2001] nicht möglich. Sie ist abhängig von der Faktorenanzahl, der Itemanzahl je Faktor und der Höhe der Kommunalitäten (durch Faktoren erklärbare Varianz einer Variablen). Beispielsweise empfehlen MUNDFROM ET AL. [2005, S. 167] bei mittleren Kommunalitäten für 6 Items je Faktor eine Mindeststichprobengröße von 200 Personen.

Die genannten Erkenntnisse abwägend, wird für die Onlinestudie eine Stichprobengröße von 480 angestrebt. Als Anreiz für die Teilnahme an der Umfrage besteht am Ende der Umfrage die Möglichkeit verschiedene Preise zu gewinnen. Um unterschiedliche Zielgruppen anzusprechen, sind die Preise breit gestreut und reichen von Gutscheinen für Onlineshops bis zu einem Fahrsicherheitstraining. Um Mehrfachteilnahmen an der Onlineumfrage zu verhindern, werden die Browser-Session-IDs gesperrt und Cookies

gesetzt. Die Verteilung der Umfrage erfolgte über die Vorstellung der Umfrage in mehreren Vorlesungen, Verteilerlisten von Fachschaften, Institutsmitarbeiter, Verwandte und Bekannte. Zusätzlich werden die Onlinetools *thesius.de* und *surveycircle.com* eingesetzt. Überdies wird um die Weiterleitung des Teilnahmelinks zur Umfrage gebeten.

4.3.3.4 Auswertung

Die Ermittlung und Überprüfung von Faktoren und Items erfolgt nach einem systematischen Ablauf (vgl. Bild 4.5). Im Folgenden werden die einzelnen Schritte erläutert.



Bild 4.5: Ablauf Auswertung Onlinebefragung

Bei der Aufbereitung des Datensatzes werden den Itemantworten unter der Berücksichtigung der Polung die entsprechenden Punktzahlen (0 - 4) zugeordnet. Weiterhin werden fehlende Werte mit 999 im Datensatz gekennzeichnet, offensichtlich falsche Eingaben bei den demografischen Daten (z. B. 1,65 bei Körpergröße in cm) werden korrigiert und die individuelle Probanden-ID wird aus den zeitstabilen persönlichen Merkmalen gebildet. Zur Bereinigung des Datensatzes werden zunächst alle Teilnehmenden ausgeschlossen, die nicht alle 96 Fragen des Hauptteils der Befragung beantwortet haben. Es wird auf die Möglichkeit fehlende Werte zu schätzen [BACKHAUS ET AL. 2016, S. 442] verzichtet, da davon ausgegangen wird, dass bereits vor dem Abbruch die Motivation der betroffenen Teilnehmenden gering und dementsprechend die Neigung zum schnellen Durchklicken der Fragen erhöht ist. Außerdem erfolgt eine Plausibilitätsprüfung anhand der Bearbeitungszeit (Differenz aus Start- und Endzeit) und der Antwortverteilung. Bei sehr geringen

Bearbeitungszeiten wird stichprobenartig überprüft, ob einzelne Antworten innerhalb einer Skala konsistent sind. Die Aufbereitung und Bereinigung des Datensatzes erfolgen in Microsoft Excel 2016. Die weitere Auswertung erfolgt mit IBM SPSS 24.

Vor der eigentlichen Faktorenanalyse erfolgt die statistische Analyse aller Items nach der klassischen Testtheorie (vgl. Kapitel 3.2). Diese Überprüfung gibt erste Hinweise darauf, ob die Items für eine Faktorenanalyse geeignet sind und dient dem Ausschluss ungeeigneter Items. Neben der Ermittlung der deskriptiven Eigenschaften (Minimum, Maximum, Modalwert, Mittelwert, Standardabweichung) erfolgt die Überprüfung auf Normalverteilung. Da beim Kolmogorov-Smirnov-Test bei großen Stichproben schon geringste Abweichungen zur Normalverteilung signifikant werden [STEINSKOG ET AL. 2007], wird zur Beurteilung der Normalverteilung zusätzlich auf Schiefe und Kurtosis zurückgegriffen. Sind für die Items die Schiefe kleiner 2 und die Kurtosis kleiner 7 kann Normalverteilung angenommen werden [WEST ET AL. 1995, S. 68].

Die Eignung der einzelnen Items zur reliablen und validen Messung wird mittels Itemschwierigkeit und Itemtrennschärfe überprüft. Die Itemschwierigkeit ist rechnerisch der Quotient aus dem Mittelwert aller Itemantworten und der maximal erreichbaren Punktzahl [KELAVA & MOOSBRUGGER 2012, S. 76]. Die Itemschwierigkeit gibt an, inwieweit das Item geeignet ist, die Testpersonen anhand ihrer Merkmalsausprägung zu trennen. Bei sehr leichten oder sehr schweren Items sind die Antworten aller Testpersonen unabhängig von ihrer Merkmalsausprägung gleich. Dementsprechend sind Items mit mittlerer Schwierigkeit anzustreben. Nach FISSENI [2004, S. 80] liegt eine mittlere Schwierigkeit für Werte zwischen 0,20 und 0,80 vor. In Anlehnung an KARRER ET AL. [2009, S. 195] wird in dieser Arbeit der mittlere Bereich von 0,30 bis 0,70 noch enger gefasst. Items, die außerhalb dieses Bereichs liegen, werden von der EFA ausgeschlossen. Gleiches gilt für Items mit extremen Modalwerten von 0 oder 4 [vgl. KARRER ET AL. 2009, S. 195].

Der Trennschärfekoeffizient gibt an, wie gut ein Item die zu messende Eigenschaft erfasst [BÜHNER 2011, S. 171]. Er entspricht der Korrelation des Items mit dem Summenwert der restlichen Items der entsprechend Skala. Nach FISSENI [2004, S. 80] ist die Trennschärfe für Werte kleiner 0,30 niedrig, für Werte zwischen 0,30 und 0,50 mittel und für Werte größer 0,50 hoch. Allerdings ist eine niedrige Trennschärfe nicht zwangsläufig ein Ausschlussgrund für das entsprechende Item [BÜHNER 2011, S. 81]. Daher werden Items nur aufgrund einer geringen Trennschärfe nicht ausgeschlossen.

Vor der Durchführung einer EFA müssen die Extraktionsmethode, das Abbruchkriterium und die Rotationsmethode festgelegt werden [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 327]. Als Extraktionsmethode wird die Hauptkomponentenanalyse verwendet.

Diese hat im Gegensatz zu anderen Verfahren keine zwingenden Voraussetzungen hinsichtlich Normalverteilung und Intervallskalenniveau [BÜHNER 2011, S. 318]. Außerdem ist sie optimal geeignet für das Ziel der Datenreduzierung [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 327]. Bei der Hauptkomponentenanalyse wird nacheinander der Faktor extrahiert, der den größten Teil der verbliebenen Gesamtvarianz erklärt. Dementsprechend erklärt der erste Faktor den größten Anteil der Gesamtvarianz, der zweite Faktor den zweitgrößten Anteil usw. [BROSIOUS 2013, S. 798 f.].

Zur Ermittlung der Faktorenanzahl gibt es verschiedene Abbruchkriterien. Da das Kaiser-Guttman-Kriterium die Faktorenanzahl überschätzt und der Scree-Test subjektiv ist [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 329 ff.] empfiehlt BÜHNER [2011, S. 328], sowohl die Parallelanalyse nach Horn als auch den Minimum-Average-Partial-Test (MAP-Test) durchzuführen. Bei unterschiedlichen Ergebnissen sollte die besser zu interpretierende Lösung gewählt werden. Generell sollte nur eine Faktorenanzahl extrahiert werden, die inhaltlich interpretierbar und plausibel ist [EBD.]. Bei der Parallelanalyse werden nur Faktoren extrahiert, deren empirisch beobachtete Eigenwerte größer sind als die Eigenwerte, die auf Hauptkomponentenanalysen von vielen Zufallsstichproben beruhen [EBD., S. 323]. Entscheidend sind hierbei die Vergleiche mit dem Eigenwert je Faktor, unter dem ein vorher definierter Prozentsatz der Eigenwerte aus den Zufallszahlen liegt. Die Anzahl von Personen und Items der Zufallsstichproben entsprechen dabei denen der empirischen Stichprobe. Für diese Arbeit werden 1000 Datensätze generiert und ein Grenzwert von 99 Perzentil verwendet. Für die Berechnung wird der SPSS-Syntax für Parallelanalysen von O'CONNOR [2000] verwendet. Der MAP-Test beruht auf Partialkorrelationen der jeweiligen extrahierten Komponenten [BÜHNER 2011, S. 325]. Die mittlere quadrierte Partialkorrelation sinkt zunächst mit der Anzahl an auspartialisierten Komponenten ab, um danach wieder anzusteigen. Die Anzahl der Komponenten am Minimum der mittleren quadrierten Partialkorrelationen entspricht der zu extrahierenden Faktorenanzahl. Die Berechnung erfolgt mit dem SPSS-Syntax für MAP-Tests von O'CONNOR [2000]. Um eindeutige Faktorladungen zu erhalten und die Faktorenstruktur besser interpretieren zu können, muss der Faktorraum durch eine Faktorenrotation gedreht werden. Das Ziel ist eine Einfachstruktur zu erzeugen, bei der jedes Item auf nur einen Faktor lädt [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012, S. 332]. Die Verfahren lassen sich in orthogonale und oblique Rotationsverfahren aufteilen. Orthogonale Verfahren führen zu unkorrelierten Faktoren. Dies erleichtert die Interpretierbarkeit, ist aber nicht realistisch [vgl. AMELANG ET AL. 2006, S. 59]. Im Gegensatz dazu lassen oblique Rotationsverfahren zu, dass die Faktoren miteinander korrelieren und liefern somit realistischere Zusammenhänge. Allerdings ist zu beachten, dass bei korrelierten Faktoren auch Items ohne

vorhandene Nebenladungen korrelieren [BÜHNER 2011, S. 338]. Während in der Strukturmatrix die Korrelation zwischen Items und Faktoren abgebildet wird, werden in der Mustermatrix die Ladungen der Items auf die Faktoren dargestellt. Zusätzlich sind in der Komponentenkorrelationsmatrix die Korrelationen zwischen den Faktoren angegeben. Entsprechend der Empfehlung von BÜHNER [2011, S. 338] wird für diese Arbeit das oblique Rotationsverfahren Promax (Kappa-Wert = 4) verwendet. Die Promax-Rotation führt nach GORSUCH [1983, S. 204] zu guten Lösungen.

Unabhängig von der Stichprobengröße muss überprüft werden, ob die Daten für eine EFA geeignet sind. Hierfür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die auf Basis einer unrotierten Hauptkomponentenanalyse durchgeführt werden. Der Kaiser-Meyer-Olkin-Koeffizient (KMO) gibt an, ob substantielle Korrelationen in der Korrelationsmatrix vorliegen und ob die Stichprobe geeignet ist. Werte größer als 0,8 gelten nach BÜHNER [2011, S. 347] als gut. Die Nullhypothese des Bartlett-Test auf Sphärizität ist, dass alle Korrelationen gleich null sind [BROSIOUS 2013, S. 795]. Dementsprechend sollte das Ergebnis signifikant sein. Das MSA-Kriterium entspricht dem KMO-Koeffizienten auf Indikatorebene. Nach BACKHAUS ET AL. [2016, S. 399] sollten Indikatoren kleiner 0,5 entfernt werden. Die Kommunalitäten geben an, inwieweit die Varianz eines Items durch die extrahierten Faktoren erklärt werden kann. Die Kommunalitäten nach der Extraktion sollten größer als 0,3 sein [FIELD 2018, S. 811].

Für die Bestimmung der Faktoren und die Auswahl der besten Items werden mehrere EFAs mit anschließender Eliminierung des am wenigsten passenden Items durchgeführt. Dementsprechend werden für die erste EFA alle vorausgewählten Items berücksichtigt, für die zweite EFA ein Item weniger, für die dritte EFA zwei Items weniger usw. Durch die schrittweise Eliminierung der Items inkl. Überprüfung der Faktorenanzahl und Zuordnung der Items wird sichergestellt, dass das Gesamtkonzept gewährleistet bleibt. Schrittweise Vorgehen sind bei der Fragebogenentwicklung üblich und in ähnlicher Form beispielsweise in [HASSENZAHL ET AL. 2003] oder [ENGELBRECHT 2013] zu finden.

Für die Auswahl der Items werden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Einfachstruktur: Ausschluss von Items mit einem Ladungsunterschied zwischen höchster und zweithöchster Ladung kleiner als 0,20 [KARRER ET AL. 2009, S. 195];
- Bedeutsame Items: Entfernen von Items mit niedrigen Ladungen kleiner 0,30 [FIELD 2018, S. 795] und Beibehalten von Items mit hohen Ladungen größer 0,50;
- Inhaltsvalidität: Beibehalten von Items mit hoher Bedeutung für die Inhaltsvalidität auch bei Verstößen gegen andere Kriterien [BÜHNER 2011, S. 350];
- Itemverteilung: Anstreben einer gleichmäßigen Verteilung der Items auf die Faktoren und einer gleichen Gewichtung der Konstruktaspekte innerhalb der Faktoren;

- Testlänge: Kompromiss zwischen hoher Reliabilität durch viele Items und Vermeidung von Motivationsproblemen bei hoher Testlänge [JONKISZ ET AL. 2012, S. 34 f.], mindestens jedoch 4 Items je Faktor [BÜHNER 2011, S. 344].

Nach der entsprechenden Reduzierung der Items erfolgt die finale Anpassung der Itemauswahl. Nacheinander werden alle Skalen einzeln hinsichtlich inhaltlicher Zusammenstellung, Ladungsverteilung und interner Konsistenz analysiert. Dazu werden bereits ausgeschlossene Items der jeweiligen Skala erneut aufgenommen und es wird überprüft, ob durch die Ergänzung von Items die Ladungsverteilung optimiert oder Cronbachs Alpha erhöht werden kann. Cronbachs Alpha ist ein gebräuchliches Maß für die interne Konsistenz einer Skala [DÖRING & BORTZ 2016, S. 468]. Bei unterschiedlichen Itemvarianzen wird das standardisierte Cronbachs Alpha verwendet [BÜHNER 2011, S. 241]. Im Gegensatz zur Individualdiagnostik sind bei Gruppenvergleichen nach NUNNALLY & BERNSTEIN [1994] Reliabilitätskoeffizienten über 0,7 als befriedigend und über 0,8 als gut anzusehen. Zu berücksichtigen ist, dass eine geringe Itemanzahl und heterogene Items innerhalb einer Skala zu einer niedrigeren internen Konsistenz führen [RAMMSTEDT 2004, S. 15]. Zusätzlich wird überprüft, ob die Skalen Unterfaktoren besitzen und welche Unterfaktoren dies sind. Die Ermittlung der Anzahl an Unterfaktoren erfolgt mittels Kaiser-Guttman-Kriterium und Scree-Test.

Nach der finalen Itemauswahl erfolgt die abschließende Analyse dieser. Dazu werden die Voraussetzungen für die Durchführungen einer EFA mit der finalen Itemanzahl mittels KMO-Koeffizient, Bartlett-Test, MSA-Kriterium und Kommunalitäten überprüft. Weiterhin wird mit Hilfe von Parallelanalyse und MAP-Test ermittelt, ob die Anzahl der extrahierten Faktoren mit der ursprünglichen Anzahl übereinstimmt. Außerdem wird die aufgeklärte Gesamtvarianz berechnet.

Um zu überprüfen, ob die Faktorenstruktur stabil ist, wird zusätzlich zu der obliquen eine orthogonale Rotation nach Varimax berechnet [BÜHNER 2011, S. 338]. Ist die Zuordnung der Items zu den Faktoren bei beiden Rotationstechniken gleich, kann von einer sehr stabilen Faktorenstruktur ausgegangen werden [ENGELBRECHT 2013, S. 92].

Abschließend werden für die Analyse der Kriteriumsvalidität und weiterführende Korrelationen die Faktorwerte und Summenwerte der Skalen berechnet. Faktorwerte sind die anhand von Ladungen gewichtete Ausprägung einer Person auf einen Faktor [BÜHNER 2011, S. 340].

4.3.4 Ergebnis: Faktoren und finale Items

Die Onlineumfrage wurde von insgesamt 550 Teilnehmenden begonnen. Durch die Bereinigung des Datensatzes (Entfernung Durchklicker, unplausible und unvollständige

Antworten) verbleiben 460 Datensätze für die Durchführung der Faktorenanalyse und weitere Untersuchungen. Die Daten zu Demografie und Fahrzeugnutzung sind ausschnittsweise in Tabelle 4.3 und vollständig in Tabelle A.9 dargestellt.

| Soziodemografische Daten | | | Fahrzeugnutzung | | |
|--|----------------|-------------|----------------------------|------------------|-------------|
| Merkmal | Ausprägung | Prozent | Merkmal | Ausprägung | Prozent |
| Geschlecht | männlich | 56,3 | Autobesitz | ja | 73,7 |
| | weiblich | 43,7 | | nein | 26,3 |
| Bildungsabschluss (nur 3 größte Gruppen) | Universität | 43,9 | Fahrfähigkeit | täglich | 38,7 |
| | Gymnasium | 18,3 | | mehrmals / Woche | 32,6 |
| | Fachhochschule | 17,8 | | 1 mal / Woche | 10 |
| Beruf (nur 3 größte Gruppen) | Angestellte/r | 48,7 | | gelegentlich | 10 |
| | Student/in | 26,7 | | selten | 7,6 |
| | Beamter/in | 6,7 | | nie | 1,1 |
| Merkmal | Einheit | M ± SD | Merkmal | Einheit | M ± SD |
| Alter | [Jahre] | 35,2 ± 14,3 | Führerschein | [Jahre] | 17,2 ± 13,8 |
| Körpergröße | [cm] | 175,6 ± 9,5 | Fahrleistung | [1000 km] | 12,7 ± 11,7 |
| Körpergewicht ¹ | [kg] | 74,7 ± 14,6 | Fahrzeugalter ² | [Jahre] | 8,0 ± 5,9 |

N = 460; ¹N = 359; ²N = 418

Tabelle 4.3: Ausschnitt soziodemografische Daten und Fahrzeugnutzung

Die vollständigen Ergebnisse der Itemanalyse sind in Tabelle A.10 dargestellt. Die Schiefe-Werte liegen zwischen -1,041 und 1,273 und die Kurtosis-Werte zwischen -1,289 und 1,595. Dementsprechend liegt für alle Items Normalverteilung vor. Aufgrund extremer Modalwerte werden 6 Items und aufgrund zu niedriger oder hoher Itemschwierigkeit 15 Items ausgeschlossen (vgl. Tabelle A.10). Somit werden die Überprüfung der Voraussetzungen für eine EFA und die EFA selbst mit den 75 verbliebenen Items durchgeführt. Die Überprüfung der Voraussetzungen für eine EFA ist in Tabelle 4.4 dargestellt. Die Ergebnisse aller Tests zeigen, dass die Daten für eine EFA gut geeignet sind. Die vollständigen Ergebnisse der MSA-Werte (Tabelle A.11) und Kommunalitäten (Tabelle A.12) befinden sich im Anhang.

| Verfahren | Vorgabe | Ergebnis | Erfüllt |
|-----------------|------------|------------------------|---------|
| KMO-Koeffizient | KMO > 0,8 | KMO = 0,862 | ✓ |
| Bartlett-Test | p < 0,05 | p < 0,001 ¹ | ✓ |
| MSA-Kriterium | MSA > 0,5 | MSA = 0,605 - 0,932 | ✓ |
| Kommunalitäten | Kom. > 0,3 | Kom. = 0,398 - 0,785 | ✓ |

¹Chi-Quadrat(2775) = 13560,709

Tabelle 4.4: Prüfung Voraussetzungen EFA mit 75 Items

Sowohl die Parallelanalyse als auch der MAP-Test liefern als Ergebnis 8 Faktoren (vgl. Tabelle 4.5). Dieses Ergebnis entspricht der ursprünglich angedachten Anzahl von

Konstrukten und ist somit inhaltlich interpretierbar und plausibel. Die vollständige Darstellung der Parallelanalyse befindet sich in Bild A.1, des MAP-Tests in Bild A.2.

| Parallelanalyse | | | | MAP-Test | | |
|-----------------|---------------------|------------------------|-----------|----------|-------------------------------|--------|
| Faktor | Eigenwert empirisch | Eigenwert Zufallsdaten | | Faktor | mittlere Partialkorrelationen | |
| | | Mittelwert | Perzentil | | quadriert | power4 |
| 1 | 9,675162 | 1,905324 | 2,010589 | 0 | 0,0285 | 0,0034 |
| 2 | 7,926348 | 1,836023 | 1,911424 | 1 | 0,0194 | 0,0012 |
| 3 | 3,950111 | 1,781646 | 1,848970 | 2 | 0,0096 | 0,0004 |
| 4 | 2,866339 | 1,736554 | 1,794940 | 3 | 0,0079 | 0,0002 |
| 5 | 2,616772 | 1,697335 | 1,751170 | 4 | 0,0070 | 0,0002 |
| 6 | 2,218813 | 1,660188 | 1,708638 | 5 | 0,0063 | 0,0001 |
| 7 | 1,938910 | 1,625659 | 1,676676 | 6 | 0,0060 | 0,0001 |
| 8 | 1,658708 | 1,593201 | 1,638109 | 7 | 0,0058 | 0,0001 |
| 9 | 1,573555 | 1,562497 | 1,607017 | 8 | 0,0055 | 0,0001 |
| 10 | 1,521781 | 1,532540 | 1,575072 | 9 | 0,0056 | 0,0001 |

N = 460; Items = 75 ; Datensätze = 1000; Perzentil = 99

Matrix hat 75 Reihen und 75 Spalten

Tabelle 4.5: Ausschnitte aus Parallelanalyse und MAP-Test

Die Itemverteilung der ersten EFA mit 75 Items (Tabelle A.13) bestätigt die vorab festgelegten acht Konstrukte *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität*, *Diskomfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung*, *Gewohnheit*, *Ergonomiebewusstsein* und *Aufwandsvermeidung* als Faktoren. Im Zuge der systematischen Eliminierung wurden nacheinander insgesamt 35 Items entfernt, sodass jedes Konstrukt zunächst noch fünf Items enthält. In Tabelle A.14 ist eine Übersicht der ausgeschlossenen Items dargestellt. Zunächst wurden Items aufgrund von nicht eindeutiger Ladungsverteilungen ausgeschlossen, dann Items wegen geringer Bedeutsamkeit und inhaltlichen Überlegungen. Der Ausschluss der letzten Items erfolgte durch das Abwägen von Ladungsverteilung, Bedeutsamkeit und inhaltlichen Aspekten zwischen sich ähnlichen Items.

In der abschließenden Analyse der Einzelskalen konnten durch Anpassungen der Itemzusammensetzung und die Aufstockung auf sechs Items je Skala sowohl die Ladungsverteilung als auch Cronbachs Alpha optimiert werden. Tabelle A.15 zeigt welche Anpassungen im Zuge der Optimierung der Einzelskalen vorgenommen wurden. Unter den eingeschlossenen Items befinden sich fünf Items, die aufgrund ihrer Modalwerte oder Itemschwierigkeit von der ursprünglichen Analyse ausgeschlossen wurden. Trotzdem befindet sich die Schwierigkeit aller Items nach der Definition von FISSENI [2004, S. 80] im mittleren Bereich.

Die Promax-rotierte Mustermatrix (vgl. Tabelle 4.6), die Varimax-rotierte Mustermatrix (vgl. Tabelle 4.7) und die Zusammenfassung der statistischen Skaleneckdaten (vgl. Tabelle 4.8) zeigen die Ergebnisse der Faktorenanalyse und Skalenoptimierung.

| Nr. | Item | FS | IO | EB | KA | DE | AV | SB | GE |
|-------|---|------|------|------|----|------|------|------|------|
| FS04 | Ich beschleunige mein Auto gerne richtig kräftig. | ,931 | | | | | | | |
| FS09 | Ich fahre in der Regel gerne schnell und sportlich. | ,862 | | | | | | | |
| FS07 | Ich genieße das Gefühl, am Limit zu fahren. | ,811 | | | | | | | |
| FS01 | Ich liebe es, dynamisch durch Kurven zu fahren. | ,759 | | | | | | | |
| FS06 | Es ist mir wichtig, dass mein Auto eine hohe Motorleistung hat. | ,649 | | | | | | | |
| FS02 | Autofahren macht mir einfach Spaß. | ,560 | | | | | | | |
| IO10 | Ich vertreibe mir gerne die Zeit mit dem Multimediastem des Autos. | | ,823 | | | | | | |
| IO01 | Ich möchte durch das Multimediastem des Autos unterhalten werden. | | ,817 | | | | | | |
| IO02 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine überdurchschnittlich gute Multimediaausstattung verfügt. | | ,754 | | | | | | |
| IO04 | Es macht mir Spaß, ein neues Multimediastem im Auto auszuprobieren. | | ,733 | | | | | | |
| IO08 | Das Display des Multimediastems des Autos sollte möglichst groß sein. | | ,669 | ,223 | | | | | |
| IO11 | Ich bediene das Multimediastem des Autos häufig während der Fahrt. | | ,637 | | | | | | |
| EB09 | Ich weiß weiche Sitz- und Lenkradposition für mich gesundheitlich optimal ist. | | | ,779 | | | | | |
| EB10 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über einen gesundheitszuträglichen Sitz verfügt. | | | ,704 | | | | | |
| EB08 | Ich strebe eine gesundheitszuträgliche Körperhaltung im Fahrzeug an. | | | ,690 | | | | | |
| EB12 | Ich versuche die für Autos empfohlene Körperhaltung während der Fahrt einzunehmen. | | | ,685 | | | | | |
| EB04 | Ich kenne die Grundregeln, wie ein Sitz im Fahrzeug optimal einzustellen ist. | | | ,508 | | | | | |
| EB07 | Bevor ich ein Auto kaufe, teste ich genau, ob ich alle wichtigen Elemente gut erreiche. | | | ,421 | | | | | |
| KA05 | Ich bevorzuge ein komfortables Fahrwerk, bei dem Fahrbahnunebenheiten nicht spürbar sind. | | | ,718 | | | | | |
| KA07 | Ich bevorzuge einen komfortablen Sitz mit einer gemütlichen Polsterung. | | | ,715 | | | | | |
| KA12 | Ich bevorzuge eine leichtgängige Lenkung, bei der kein großer Kraftaufwand benötigt wird. | | | ,686 | | | | | |
| KA08 | Ein Auto muss gemütlich und bequem sein, damit ich mich während der Fahrt entspannen und erholen kann. | | | ,649 | | | | | |
| KA09 | Mein Auto soll mich entlasten und unterstützen, wo immer es geht. | | | ,624 | | | | | |
| KA11 | Ich genieße es, wenn Motor- und Fahrgeräusche während der Fahrt nur sehr leise im Hintergrund zu hören sind. | | | ,610 | | | | | |
| DE08 | Ich wechsle meine Körperhaltung häufig während der Fahrt, da ich mich unwohl fühle. | | | | | ,745 | | | |
| DE11 | Ich fühle mich während des Autofahrens regelmäßig müde und schläfrig. | | | | | ,679 | | | |
| DE05 | Es fällt mir sehr schwer eine passende Sitzposition, bei der mich nichts drückt oder kneift, zu finden. | | | | | ,661 | | | |
| DE02 | Während einer langen Autofahrt, habe ich das Gefühl, dass meine Beine und Arme stark ermüden. | | | | | ,647 | | | |
| DE10 | Es kommt vor, dass ich beim Autofahren Schmerzen im Rücken oder anderen Körperteilen habe. | | | | | ,645 | | | |
| DE03 | Ich reagiere sehr empfindlich auf Veränderungen meiner Umgebung (Temperatur, Licht, Gerüche, Lärm). | | | | | ,439 | | | ,223 |
| AV07 | Unter Zeitdruck nutze ich die Verstellmöglichkeiten des Autos nicht. | | | | | | ,782 | | |
| AV11 | Wenn ich in ein Auto steige, will ich sofort losfahren. Für die Einstellung von Sitz und Lenkrad habe ich keine Zeit. | | | | | | ,747 | | |
| AV08 | Schwierig einzustellende Verstellmechanismen nutze ich nicht. | | | | | | ,606 | | |
| AV12i | Ich nehme mir viel Zeit, um Lenkrad und Sitz einzustellen. | | | | | | ,596 | | |
| AV01 | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Sitzes fast nie. | | | | | | ,533 | | |
| AV06 | Ich nutze höchstens die Basisfunktionen der Verstellmöglichkeiten im Auto. | | | | | | ,510 | | |
| SB02 | Ich würde mich als ein Mensch mit einem hohen Bedürfnis nach Sicherheit beschreiben. | | | | | | | ,673 | |
| SB10 | Beim Autofahren denke ich immer an die Unfallgefahr. | | | | | ,288 | | ,628 | |
| SB06 | Ich fahre sehr vorsichtig. | | | | | | | ,620 | |
| SB07 | Ich achte immer sehr auf einen großen Sicherheitsabstand zum Fahrzeug vor mir. | | | | | | | ,600 | |
| SB01 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine sehr umfangreiche Sicherheitsausstattung verfügt. | | | | | | | ,508 | |
| SB04 | Im Winter achte ich sehr genau darauf, dass alle Scheiben von Schnee und Eis befreit sind. | | | | | | | ,491 | |
| GE05 | Ich fahre am liebsten mit meinem eigenen Auto. | | | | | | | ,208 | ,695 |
| GE08i | Ich fahre regelmäßig mit Autos, die mir nicht gehören (z. B. Mietwagen). | | | | | | | | ,668 |
| GE06i | Ich wechsle häufig die Automarke. | | | | | | | | ,658 |
| GE11 | Das nächste Auto, das ich mir kaufe, wird sehr ähnlich wie mein aktuelles Auto sein. | | | | | | | | ,478 |
| GE12 | Ich würde mich als Gewohnheitsmenschen bezeichnen. | | | | | | | | ,474 |
| GE09 | Wenn ich mit einem fremden Auto fahren muss, fühle ich mich am Anfang sehr unwohl. | | | | | ,267 | | | ,411 |

Tabelle 4.6: Promax-rotierte Mustermatrix mit den 48 ausgewählten Items; Ladungen < 0,20 nicht dargestellt, > 0,30 hellblau, > 0,40 mittelblau, > 0,50 dunkelblau eingefärbt

Extraktionsmethode: Analyse der Hauptkomponente; Rotationsmethode: Promax mit Kaiser-Normalisierung; in 7 Iterationen konvergiert;

| Nr. | Item | FS | IO | EB | KA | DE | AV | SB | GE |
|-------|---|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|
| FS04 | Ich beschleunige mein Auto gerne richtig kräftig. | ,842 | | | | | | | |
| FS09 | Ich fahre in der Regel gerne schnell und sportlich. | ,828 | | | | | | -,204 | |
| FS07 | Ich genieße das Gefühl, am Limit zu fahren. | ,774 | | | | | | | |
| FS01 | Ich liebe es, dynamisch durch Kurven zu fahren. | ,733 | | | | | | | |
| FS06 | Es ist mir wichtig, dass mein Auto eine hohe Motorleistung hat. | ,635 | ,325 | | | | | | |
| FS02 | Autofahren macht mir einfach Spaß. | ,583 | ,213 | | | -,338 | | | |
| IO10 | Ich vertreibe mir gerne die Zeit mit dem Multimediastem des Autos. | | ,783 | | | | | | |
| IO01 | Ich möchte durch das Multimediastem des Autos unterhalten werden. | | ,774 | | | | | | |
| IO02 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine überdurchschnittlich gute Multimediaausstattung verfügt. | | ,742 | | | | | | |
| IO04 | Es macht mir Spaß, ein neues Multimediastem im Auto auszuprobieren. | ,221 | ,724 | | | | | | |
| IO11 | Ich bediene das Multimediastem des Autos häufig während der Fahrt. | ,254 | ,635 | | | | | | |
| IO08 | Das Display des Multimediastems des Autos sollte möglichst groß sein. | | ,622 | ,255 | | | | | |
| EB09 | Ich weiß welche Sitz- und Lenkposition für mich gesundheitlich optimal ist. | | | ,744 | | | | | |
| EB10 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über einen gesundheitszuträglichen Sitz verfügt. | | | ,684 | | | | | |
| EB08 | Ich strebe eine gesundheitszuträgliche Körperhaltung im Fahrzeug an. | | | ,667 | ,202 | | | | |
| EB12 | Ich versuche die für Autos empfohlene Körperhaltung während der Fahrt einzunehmen. | | | ,652 | | | | | |
| EB04 | Ich kenne die Grundregeln, wie ein Sitz im Fahrzeug optimal einzustellen ist. | | | ,519 | | | | | |
| EB07 | Bevor ich ein Auto kaufe, teste ich genau, ob ich alle wichtigen Elemente gut erreiche. | | | ,452 | | | | ,205 | |
| KA07 | Ich bevorzuge einen komfortablen Sitz mit einer gemütlichen Polsterung. | | | | ,691 | | | | |
| KA05 | Ich bevorzuge ein komfortables Fahrwerk, bei dem Fahrhahnebenheiten nicht spürbar sind. | | | | ,688 | | | | |
| KA12 | Ich bevorzuge eine leichtgängige Lenkung, bei der kein großer Kraftaufwand benötigt wird. | | | | ,665 | | | | ,209 |
| KA08 | Ein Auto muss gemütlich und bequem sein, damit ich mich während der Fahrt entspannen und erholen kann. | | | | ,633 | | | | |
| KA09 | Mein Auto soll mich entlasten und unterstützen, wo immer es geht. | | | ,203 | ,585 | | | | |
| KA11 | Ich genieße es, wenn Motor- und Fahrgeräusche während der Fahrt nur sehr leise im Hintergrund zu hören sind. | -,302 | | | ,584 | | | | |
| DE08 | Ich wechsle meine Körperhaltung häufig während der Fahrt, da ich mich unwohl fühle. | | | | | ,733 | | | |
| DE02 | Während einer langen Autofahrt, habe ich das Gefühl, dass meine Beine und Arme stark ermüden. | | | | | ,658 | | | |
| DE11 | Ich fühle mich während des Autofahrens regelmäßig müde und schläfrig. | | | | | ,652 | | | |
| DE05 | Es fällt mir sehr schwer eine passende Sitzposition, bei der mich nichts drückt oder kneift, zu finden. | | | | | ,650 | | | |
| DE10 | Es kommt vor, dass ich beim Autofahren Schmerzen im Rücken oder anderen Körperteilen habe. | | | | | ,626 | | | |
| DE03 | Ich reagiere sehr empfindlich auf Veränderungen meiner Umgebung (Temperatur, Licht, Gerüche, Lärm). | | | | | ,448 | | | ,256 |
| AV07 | Unter Zeitdruck nutze ich die Verstellmöglichkeiten des Autos nicht. | | | | | | ,743 | | |
| AV11 | Wenn ich in ein Auto steige, will ich sofort losfahren. Für die Einstellung von Sitz und Lenkrad habe ich keine Zeit. | | | | | | ,733 | | |
| AV12i | Ich nehme mir viel Zeit, um Lenkrad und Sitz einzustellen. | | | -,290 | | | ,617 | | |
| AV08 | Schwierig einzustellende Verstellmechanismen nutze ich nicht. | | | | | | ,597 | | |
| AV06 | Ich nutze höchstens die Basisfunktionen der Verstellmöglichkeiten im Auto. | | -,254 | -,272 | | | ,548 | | |
| AV01 | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Sitzes fast nie. | | | | | | ,531 | | |
| SB02 | Ich würde mich als ein Mensch mit einem hohen Bedürfnis nach Sicherheit beschreiben. | | | | | | | ,652 | ,219 |
| SB06 | Ich fahre sehr vorsichtig. | -,326 | | | | | | ,608 | |
| SB10 | Beim Autofahren denke ich immer an die Unfallgefahr. | | | | | ,316 | | ,581 | |
| SB07 | Ich achte immer sehr auf einen großen Sicherheitsabstand zum Fahrzeug vor mir. | -,259 | | | | | | ,581 | |
| SB01 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine sehr umfangreiche Sicherheitsausstattung verfügt. | | | ,290 | | | | ,510 | |
| SB04 | Im Winter achte ich sehr genau darauf, dass alle Scheiben von Schnee und Eis befreit sind. | | | ,294 | | | | ,503 | |
| GE05 | Ich fahre am liebsten mit meinem eigenen Auto. | | | | | | | ,226 | ,687 |
| GE08i | Ich fahre regelmäßig mit Autos, die mir nicht gehören (z. B. Mietwagen). | | | | ,218 | | | | ,654 |
| GE06i | Ich wechsle häufig die Automarke. | | | | | | | | ,621 |
| GE11 | Das nächste Auto, das ich mir kaufe, wird sehr ähnlich wie mein aktuelles Auto sein. | | | | | | | ,201 | ,473 |
| GE12 | Ich würde mich als Gewohnheitsmenschen bezeichnen. | | | | | | | | ,466 |
| GE09 | Wenn ich mit einem fremden Auto fahren muss, fühle ich mich am Anfang sehr unwohl. | | | | | ,306 | | | ,432 |

Extraktionsmethode: Analyse der Hauptkomponente; Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung; in 7 Rotationen konvergiert

Tabelle 4.7: Varimax-rotierte Mustermatrix mit den 48 ausgewählten Items; Ladungen < 0,20 nicht dargestellt, > 0,30 hellblau, > 0,40 mittelblau, > 0,50 dunkelblau eingefärbt

Die finale Itemauswahl führt zu einer Einfachstruktur mit ausschließlich bedeutsamen Items und sehr wenigen und geringen Querladungen. Zusätzlich ist die Faktorenstruktur sehr stabil, da die Zuordnung der Items zu den Faktoren für die Varimax- und die Promax-rotierte Lösung identisch ist und die Ladungsverteilungen eine hohe Überdeckung haben. Durch die identifizierte Lösung können insgesamt 50,161 % der Varianz aufgeklärt werden. Die Konstrukte in Tabelle 4.6 sind entsprechend ihres Anteils an der Varianzaufklärung sortiert. Dementsprechend erklären die Konstrukte *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung* den größten Anteil der Varianz.

| Skala | Items | Faktoren | Cronbachs α | Faktorladung | Trennschärfe | Itemschwierigkeit |
|-------|-------|----------|--------------------|---------------|---------------|-------------------|
| FS | 6 | 1 | 0,874 | 0,560 - 0,930 | 0,567 - 0,802 | 0,35 - 0,72 |
| SB | 6 | 1 | 0,718 | 0,491 - 0,673 | 0,380 - 0,523 | 0,40 - 0,71 |
| KA | 6 | 1 | 0,764 | 0,610 - 0,718 | 0,445 - 0,548 | 0,63 - 0,72 |
| DE | 6 | 1 | 0,733 | 0,439 - 0,744 | 0,331 - 0,576 | 0,29 - 0,43 |
| IO | 6 | 1 | 0,832 | 0,637 - 0,823 | 0,450 - 0,678 | 0,39 - 0,60 |
| GE | 6 | 2 | 0,618 | 0,411 - 0,694 | 0,237 - 0,502 | 0,41 - 0,71 |
| EB | 6 | 1 | 0,743 | 0,421 - 0,778 | 0,392 - 0,587 | 0,51 - 0,69 |
| AV | 6 | 1 | 0,735 | 0,509 - 0,782 | 0,378 - 0,534 | 0,34 - 0,56 |

Tabelle 4.8: Statistische Eckdaten je Skala

Die Trennschärfen liegen für alle Items bis auf die Items GE11 und GE12 (vollständige Übersicht der Item-Abkürzungen und -Formulierungen befindet sich in Tabelle A.1 bis Tabelle A.8) im mittleren bis guten Bereich (vgl. Tabelle 4.8). Die Einzelskalen weisen für Cronbachs Alpha trotz der eher geringen Anzahl von sechs Items je Skala befriedigende bis gute Werte auf. Eine Ausnahme bildet die Skala *Gewohnheit* mit einem Cronbachs Alpha von 0,618. Dieser geringere Wert lässt sich durch die Besonderheit von zwei statistisch ermittelten Unterfaktoren der Skala *Gewohnheit* erklären. Der erste Faktor bezieht sich vor allem auf das Fahren mit eigenen oder fremden Autos (GE05, GE08, GE09), der zweite Faktor auf den Kauf und das Festhalten an Gewohntem (GE06, GE11, GE12).

Die Skala *Komfortaffinität* bestand ursprünglich ebenfalls aus zwei Unterfaktoren: ein physisch erlebbarer Faktor (Schwingungen, Sitzkomfort, Bequemlichkeit, Geräusche, Kraftaufwand) und ein Faktor des Gefallens / Luxus (Qualität, Komfortausstattung, Design, Geräumigkeit). Im Zuge der Gesamtanalyse laden die vier Items des Unterfaktors Gefallen / Luxus (KA03, KA04, KA06, KA10) mit geringen Ladungen auf verschiedene Faktoren und nur teilweise auf die *Komfortaffinität*. Da sich die Aspekte von Gefallen / Luxus auch in einer neunfaktoriellen Gesamtlösung nicht als Faktor darstellen lassen, werden sie verworfen. Dementsprechend muss der Faktor *Komfortaffinität* enger gefasst werden und bildet vor allem die Aspekte Gemütlichkeit und Entspannung ab.

In Tabelle 4.9 sind die Korrelationen zwischen den Faktoren dargestellt. Nach der Einteilung von COHEN [1988, S. 79 ff.] sind die meisten Korrelationen gering ($r > 0,1$). Nur zwischen *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung* sowie zwischen *Komfortaffinität* und *Sicherheitsbedürfnis* liegen mittlere Korrelationen ($r > 0,3$) vor.

| Faktor | FS | IO | EB | KA | DE | AV | SB | GE |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|----|
| FS | | | | | | | | |
| IO | 0,401 | | | | | | | |
| EB | 0,115 | 0,182 | | | | | | |
| KA | -0,291 | 0,111 | 0,186 | | | | | |
| DE | -0,225 | -0,055 | -0,076 | 0,161 | | | | |
| AV | -0,057 | -0,132 | -0,279 | -0,019 | 0,147 | | | |
| SB | -0,208 | 0,018 | 0,286 | 0,343 | 0,103 | -0,174 | | |
| GE | -0,142 | -0,073 | 0,058 | 0,260 | 0,125 | 0,056 | 0,224 | |

Extraktionsmethode: Analyse der Hauptkomponente. Rotationsmethode: Promax mit Kaiser-Normalisierung.

Tabelle 4.9: Komponentenkorrelationsmatrix der Promax-rotierten Lösung mit 48 Items

Die abschließende Analyse der finalen Itemauswahl ergibt, dass die Kriterien für die Durchführung einer EFA weiterhin erfüllt sind und die Faktorenanzahl mit der ursprünglichen Lösung übereinstimmt (vgl. Tabelle 4.10). Die vollständigen MSA-Werte sind in Tabelle A.16, die Kommunalitäten in Tabelle A.17, die Parallelanalyse in Bild A.3 und der MAP-Test in Bild A.4 dargestellt.

| Verfahren | Vorgabe | Ergebnis | Erfüllt |
|-----------------|------------|----------------------|---------|
| KMO-Koeffizient | KMO > 0,8 | KMO = 0,835 | ✓ |
| Bartlett-Test | $p < 0,05$ | $p < 0,001^1$ | ✓ |
| MSA-Kriterium | MSA > 0,5 | MSA = 0,640 - 0,917 | ✓ |
| Kommunalitäten | Kom. > 0,3 | Kom. = 0,389 - 0,795 | ✓ |
| Faktorenanzahl | Anzahl = 8 | PA = 8; MAP = 8 | ✓ |

¹Chi-Quadrat(1128) = 7391,180

Tabelle 4.10: Prüfung finale Itemauswahl

4.4 Statistische Überprüfung der Gütekriterien

Die Überprüfung der Gütekriterien erfolgt hauptsächlich anhand der Daten aus der Onlineumfrage. Die Grundlagen sind in Kapitel 3.2.5 aufgeführt.

4.4.1 Objektivität des Messinstruments

Die Durchführungsobjektivität wird bei dem hier vorliegenden Fragebogen vor allem durch die eindeutigen und vollständigen Instruktionen sichergestellt (vgl. Bild A.5). Somit kann der Fragebogen von den Teilnehmenden ausgefüllt werden, ohne dass eine Interaktion mit dem Versuchsleiter notwendig ist.

Die Auswertung des Fragebogens ist durch die einheitliche fünfstufige Likertskala mit exakter Zuordnung von gegebener Antwort zu Punktzahl sowie der exakten Zuordnung der Items zu den Persönlichkeitsdimensionen objektiv. Somit ergibt sich unabhängig vom Auswerter immer die gleiche Punktzahl je Persönlichkeitsdimension.

Für den Vergleich innerhalb einer Stichprobe, wie er in dieser Arbeit durchgeführt wird, ist die Interpretationsobjektivität aufgrund ausreichend geprüfter Gütekriterien erfüllt. Zur Gewährleistung einer allgemeingültigen Interpretationsobjektivität müssten zusätzlich standardisierte Interpretationsmöglichkeiten geschaffen werden - beispielsweise mit einer repräsentativen Stichprobe.

4.4.2 Reliabilität des Messinstruments

Die Überprüfung der Messgenauigkeit erfolgt anhand der Berechnung der internen Konsistenz mittels Cronbachs Alpha aus den Daten der Onlineumfrage (vgl. Kapitel 4.3.3.4). Zusätzlich erfolgt im Zuge des Hauptversuchs eine erneute Überprüfung anhand der Retest-Reliabilität. Der Abstand zwischen Onlineumfrage und Hauptversuch beträgt abhängig vom Zeitpunkt der jeweiligen Teilnahme drei bis fünf Monate. Die Verknüpfung der Daten erfolgt anonym mittels der individuellen Probanden-IDs aus den zeitstabilen persönlichen Merkmalen (vgl. Kapitel 4.3.3.1). Die herangezogene Stichprobengröße für die Berechnung der Retest-Reliabilität beträgt 43. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.11 dargestellt. Die Werte liegen hauptsächlich im befriedigenden ($> 0,7$) und guten ($> 0,8$) Bereich [vgl. NUNNALLY & BERNSTEIN 1994].

| Skala | Interne Konsistenz | Retest-Reliabilität |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Fahrspaß | 0,874 | 0,934 |
| Sicherheitsbedürfnis | 0,718 | 0,820 |
| Komfortaffinität | 0,764 | 0,725 |
| Diskomfortempfindlichkeit | 0,733 | 0,753 |
| Infotainmentorientierung | 0,832 | 0,813 |
| Gewohnheit | 0,618 | 0,817 |
| Ergonomiebewusstsein | 0,743 | 0,745 |
| Aufwandsvermeidung | 0,735 | 0,651 |

Tabelle 4.11: Reliabilität des Fragebogens ERPI-A

Für die interne Konsistenz ist lediglich die Skala *Gewohnheit* nicht befriedigend. Dies liegt an dem zweifaktoriellen Aufbau der Skala (vgl. Kapitel 4.3.4). Es ist bekannt, dass die interne Konsistenz die Reliabilität bei heterogenen Items unterschätzt [SCHERMELLEH-ENGEL & WERNER 2012, S. 135].

Bei der Retest-Reliabilität weist die Skala *Aufwandsvermeidung* einen geringeren Wert von 0,651 auf. Der geringere Wert ist auf das Setting, in dem der Hauptversuch stattgefunden hat, zurückzuführen. Im Hauptversuch findet direkt vor dem Ausfüllen des

Fragebogens ERPI-A die Simulatorgewöhnung inkl. individuelle Einstellung von Sitz und Lenkrad statt. Dadurch werden die Testpersonen für das Thema Verstellmöglichkeiten, auf das sich die *Aufwandsvermeidung* bezieht, sensibilisiert. Generell sind bei der Interpretation der Retest-Reliabilität die methodischen Unterschiede zwischen Onlinebefragung und Hauptversuch zu berücksichtigen. So unterscheiden sich die beiden Erhebungen hinsichtlich Durchführungsort, Unterbrechungsmöglichkeit, verwendetem Eingabegerät, Anwesenheit des Versuchsleiter und Itemumfang (96 vs. 48).

Insgesamt zeigen interne Konsistenz und Retest-Reliabilität, dass die Merkmale stabil und zuverlässig erfasst werden.

4.4.3 Validität des Messinstruments

Die Überprüfung der Validität erfolgt mittels Inhaltsvalidität und Kriteriumsvalidität (vgl. Kapitel 3.2.5). Inhaltsvalidität ist gegeben, wenn die Items des Tests eine repräsentative Stichprobe des Itemuniversums des Konstrukts darstellen [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A, S. 15]. Die Überprüfung erfolgt üblicherweise mittels logischer Überlegungen. Die Entwicklung des Fragebogens ERPI-A baut auf einem breiten Grundstock an literaturbasiert gesammelten Items, die um weitere inhaltsbasierte Items ergänzt wurden, auf. Somit wird das Itemuniversum gut abgebildet. Die Reduzierung der Items erfolgte expertenbasiert mittels eines Card Sorting Workshops, Pretests mit Nutzern und einer umfassenden Onlinestudie mit Nutzern (vgl. Kapitel 4.3.3). Aufgrund dieses systematischen Vorgehens kann davon ausgegangen werden, dass die Inhaltsvalidität ausreichend erfüllt ist.

Zur Ermittlung der Kriteriumsvalidität werden die Skalenwerte mit der tatsächlich vorhandenen Fahrzeugausstattung und -nutzung korreliert. Dafür wird im Zuge der Onlinebefragung nach der Beantwortung des Fragebogens ERPI-A zu jedem Konstrukt eine Kontrollfrage gestellt (vgl. Tabelle A.18). Die Fragen sind dabei als Aussagen formuliert. Für die Beantwortung steht eine fünfstufige Likertskala (trifft überhaupt nicht zu; trifft eher nicht zu; weder noch; eher zutreffend; trifft voll und ganz zu) zur Verfügung. Die Umfrage ist so programmiert, dass die Kontrollfragen nur von Teilnehmenden mit einem eigenen Auto (N = 338) beantwortet werden.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.12 dargestellt. Auf der Diagonalen befinden sich die Korrelationen der Konstrukte mit ihren Kontrollfragen. Bis auf die Kontrollfrage für *Komfortaffinität* korrelieren alle Kontroll-Items signifikant mit den entsprechenden Konstrukten. Wie bereits in Kapitel 4.3.4 erläutert, lässt sich beim Konstrukt *Komfortaffinität* der Unterfaktor *Gefallen / Luxus* in der Faktorenanalyse nicht abbilden und wird daher verworfen. Da sich die Kontrollfrage auf diesen Unterfaktor bezieht, ist es logisch, dass das Kontroll-Item nicht mit dem Konstrukt *Komfortaffinität* korreliert.

| ERPI-A Skalen | Kontrollfragen | | | | | | | |
|------------------|----------------|----------|----------|----------|-----------|--------|-----------|-----------|
| | K-FS | K-SB | K-KA | K-DE | K-IO | K-GE | K-EB | K-AV |
| FS | 0,338*** | 0,105 | 0,106 | 0,019 | 0,224*** | 0,091 | 0,148** | 0,232*** |
| SB | 0,121* | 0,320*** | 0,136* | -0,109* | 0,086 | 0,021 | 0,184*** | 0,090 |
| KA | -0,011 | 0,161** | 0,061 | -0,058 | 0,082 | -0,026 | 0,121* | 0,003 |
| DE | -0,085 | 0,004 | -0,096 | 0,310*** | -0,065 | -0,040 | -0,301*** | -0,040 |
| IO | 0,305*** | 0,226*** | 0,046 | 0,109* | 0,463*** | 0,029 | 0,114* | 0,246*** |
| GE | 0,088 | 0,109* | 0,256*** | 0,058 | -0,001 | 0,109* | 0,095 | -0,139* |
| EB | 0,106 | 0,184*** | 0,048 | -0,064 | 0,109* | 0,064 | 0,223*** | 0,391*** |
| AV | -0,113* | -0,151** | -0,078 | 0,067 | -0,181*** | -0,033 | -0,280*** | -0,588*** |

Pearson-Korrelation; N = 338; Signifikanzniveau (zweiseitig) * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tabelle 4.12: Korrelationen zw. ERPI-A Skalen und Kontrollfragen zum eigenen Auto

Die Kontroll-Items *Gewohnheit* („Mein Auto ist von einer Marke, mit der ich bereits vor dem Kauf oft gefahren bin.“) und *Ergonomiebewusstsein* („Der Sitz meines Autos kann sehr gut an meinen Körper angepasst werden.“) korrelieren zwar signifikant, aber nur gering mit ihren Konstrukten. Bei beiden Items kann die relativ junge Stichprobe einen Erklärungsansatz liefern. Da es sich bei 123 Teilnehmenden (36,3 %) um das erste eigene Auto handelt, sind sie vor dem Kauf wahrscheinlich noch nicht mit vielen anderen Autos gefahren. Außerdem verfügen diese Teilnehmenden vermutlich nicht über das Budget, sich ein Auto zu kaufen, das allen ihren Ansprüchen, z. B. hinsichtlich des Sitzes, genügt. Für die *Aufwandsvermeidung* korrelieren die Kontrollfrage und das Konstrukt hoch ($r > 0,5$). Das negative Vorzeichen resultiert aus dem negativ gepolten Kontroll-Item. Die Korrelationen der Kontrollfragen mit anderen Konstrukten lassen sich durch die vorhandenen Korrelationen der Konstrukte untereinander erklären (vgl. Tabelle 4.9).

Als weiteres externes Kriterium werden die Korrelation der ERPI-A Skalen mit den Skalen des Fünf-Faktoren-Modells, welches das am meisten verbreitete Persönlichkeitsmodell darstellt, verwendet. Zur Messung der Persönlichkeitsdimensionen *Extraversion*, *Verträglichkeit*, *Gewissenhaftigkeit*, *Neurotizismus* und *Offenheit* wird der Fragebogen BFI-10 [RAMMSTEDT & JOHN 2007] verwendet. Dieser Fragebogen liefert valide Ergebnisse, wurde speziell für den Einsatz außerhalb der Psychologie entwickelt und ist äußerst ökonomisch [RAMMSTEDT ET AL. 2013, S. 233]. Er besteht aus einem positiv und einem negativ gepolten Item je Persönlichkeitsdimension. Für die Beantwortung steht eine fünfstufige Likertskala (*trifft überhaupt nicht zu; trifft eher nicht zu; weder noch; eher zutreffend; trifft voll und ganz zu*) zur Verfügung. Die Fragen des BFI-10 sind in Tabelle A.19 und die Korrelationen mit den ERPI-A Skalen in Tabelle 4.13 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen teilweise konstrukt-konforme Korrelationen. *Extraversion* und *Verträglichkeit* beziehen sich vor allem auf interpersonelles Verhalten und weisen daher erwartungsgemäß fast keine signifikanten Korrelationen mit den ERPI-A Skalen auf. Lediglich *Extraversion* und

Gewohnheit korrelieren schwach negativ. Die Korrelationen von *Gewissenhaftigkeit* mit *Sicherheitsbedürfnis*, *Ergonomiebewusstsein* und *Aufwandsvermeidung* (negativ) sind inhaltlich passend. Die negative Korrelation mit *Diskomfortempfindlichkeit* wurde nicht erwartet. Eine mögliche Erklärung ist, dass eine geringe Ausprägung der *Gewissenhaftigkeit* in einer falschen Sitzeinstellung resultiert, was wiederum zu Diskomfort und einer höheren Empfindlichkeit demgegenüber führen kann.

| ERPI-A Skalen | BFI-10 Skalen | | | | |
|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|-----------|
| | Extraversion | Verträglichkeit | Gewissenhaft. | Neurotizismus | Offenheit |
| FS | 0,061 | -0,089 | 0,013 | -0,119* | -0,122** |
| SB | -0,077 | -0,080 | 0,217*** | 0,073 | 0,147** |
| KA | 0,030 | 0,032 | 0,004 | 0,129** | 0,019 |
| DE | -0,009 | -0,064 | -0,126** | 0,312*** | 0,039 |
| IO | 0,018 | 0,021 | 0,029 | -0,020 | -0,027 |
| GE | -0,100* | 0,034 | -0,033 | 0,269*** | -0,038 |
| EB | 0,053 | -0,021 | 0,243*** | -0,139** | 0,110* |
| AV | 0,055 | -0,001 | -0,099* | 0,113* | -0,168*** |

Pearson-Korrelation; N = 459; Signifikanzniveau (zweiseitig) * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tabelle 4.13: Korrelationen zw. ERPI-A Skalen und BFI-10 Skalen

Neurotizismus korreliert mit fast allen ERPI-A Konstrukten signifikant. Besonders die Korrelation mit *Diskomfortempfindlichkeit* und *Gewohnheit*, aber auch die negative Korrelation mit *Ergonomiebewusstsein* erscheinen dabei treffend. Zusätzlich wäre eine positive Korrelation mit *Sicherheitsbedürfnis* zu erwarten gewesen. Die vorhandenen Korrelationen von *Offenheit* mit den ERPI-A Skalen sind schwer interpretierbar, da sich *Offenheit* im BFI-10 ausschließlich auf künstlerisches Interesse und Phantasie bezieht. Insgesamt deuten die Analysen, vor allem die Korrelationen mit der tatsächlichen Fahrzeugnutzung, darauf hin, dass Kriteriumsvalidität angenommen werden kann.

Da der Einsatz und die Entwicklung von Persönlichkeitsfragebögen im makroergonomischen Kontext in der Vergangenheit nicht üblich waren, ist ein Vergleich mit vorhandenen Theorien und Tests nicht durchführbar. Dementsprechend wird auf die Erfassung der Konstruktvalidität verzichtet. Anhand der logischen und fachlichen Überlegungen zur Inhaltsvalidität und der aufgeführten Ergebnisse zur Kriteriumsvalidität kann davon ausgegangen werden, dass die Skalen valide erfasst werden. Da auch Objektivität und Reliabilität gegeben sind, ist das Messinstrument insgesamt als valide zu bewerten.

4.4.4 Weiterführende Korrelationen für ein vertieftes Verständnis

Zum besseren Verständnis der ERPI-A Konstrukte werden Korrelationen mit den soziodemografischen Daten und mit allgemeinen Daten der Fahrzeugnutzung durchgeführt.

Für intervallskalierte Daten werden Korrelationen nach Pearson mit der Effektgröße r berechnet. Für das nominalskalierte Geschlecht wird mittels Chi-Quadrat-Tests ermittelt, ob die Zusammenhänge mit den ERPI-A Skalen signifikant sind. Als Effektgröße wird Cramer's V verwendet. Entsprechend des Korrelationskoeffizienten r liegen bei Cramer's V für Werte $> 0,1$ ein kleiner, $> 0,3$ ein mittlerer und $> 0,5$ ein großer Effekt vor [COHEN 1988; zitiert nach ELLIS 2010, S. 41]. Da Cramer's V richtungslos ist, ist in Tabelle 4.14 zusätzlich die Richtung mit angegeben.

| ERPI-A Skalen | Geschlecht | | Alter | Körpergröße | BMI ¹ | Fahrleistung | Fahrzeugalter ² |
|---------------|------------|----------|-----------|-------------|------------------|--------------|----------------------------|
| | Cramer V | Richtung | | | | | |
| FS | 0,344*** | m > w | -0,208*** | 0,229*** | 0,018 | 0,184*** | 0,023 |
| SB | 0,300** | m < w | 0,245*** | -0,066 | 0,096 | 0,011 | -0,131** |
| KA | 0,271* | m < w | 0,112* | -0,150** | 0,054 | -0,025 | -0,141** |
| DE | 0,248 | m < w | -0,013 | 0,015 | -0,065 | -0,037 | -0,041 |
| IO | 0,274 | m > w | -0,246*** | 0,121** | -0,035 | 0,102* | -0,148** |
| GE | 0,278* | m < w | 0,124** | -0,210*** | 0,017 | -0,061 | -0,069 |
| EB | 0,235 | m > w | 0,233*** | 0,052 | 0,121* | 0,161*** | -0,057 |
| AV | 0,263 | m < w | 0,033 | -0,085 | -0,005 | -0,030 | 0,108* |

N = 460; ¹N = 359; ²N = 418; Signifikanzniveau (zweiseitig) * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tabelle 4.14: Korrelationen von ERPI-A Skalen u. Daten zu Demographie / Fzg.nutzung

Während Männer eine höhere Ausprägung bei *Fahrspaß* aufweisen, sind *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität* und *Gewohnheit* bei Frauen höher ausgeprägt. Mit steigendem Alter werden die Dimensionen *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität*, *Gewohnheit* und *Ergonomiebewusstsein* wichtiger. Gleichzeitig verlieren *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung* an Bedeutung. Die Korrelationen der Körpergröße mit den ERPI-A Skalen sind wahrscheinlich auf den Hohen Einfluss des Geschlechts auf die Körpergröße zurückzuführen. Ansonsten scheint die Körpergröße keinen weiteren unabhängigen Einfluss auf die Ausprägungen zu haben. Da das Körpergewicht stark mit der Körpergröße korreliert wird stattdessen der BMI verwendet. Mit steigendem BMI nimmt die Bedeutung von *Ergonomiebewusstsein* zu. Eine hohe Fahrleistung korreliert mit einer hohen Ausprägung für *Fahrspaß*, *Infotainmentorientierung* und *Ergonomiebewusstsein*. Personen mit hohen Ausprägungen bei *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität* oder *Infotainmentorientierung* haben signifikant jüngere Autos, während Personen mit einer hohen Ausprägung bei *Aufwandsvermeidung* signifikant ältere Autos fahren. Insgesamt erscheinen alle vorhandenen Korrelationen konstruktkonform und den allgemeinen gesellschaftlichen Vorstellungen entsprechend.

4.5 Vorstellung des finalen Messinstruments

In diesem Abschnitt wird das finale *ergonomierelevante Persönlichkeitsinventar für das Auto* (ERPI-A) vorgestellt und dessen Entwicklung zusammengefasst. Die faktoranalytische Entwicklung des Messinstruments ist ausführlich in den Kapiteln 4.1 bis 4.4 dargestellt. ERPI-A stellt eine computerbasierte multidimensionale Testbatterie zur Selbstbeurteilung dar. ERPI-A besteht aus acht Skalen mit jeweils 6 Items: *Fahrspaß* (FS), *Sicherheitsbedürfnis* (SB), *Komfortaffinität* (KA), *Diskomfortempfindlichkeit* (DE), *Infotainmentorientierung* (IO), *Gewohnheit* (GE), *Ergonomiebewusstsein* (EB) und *Aufwandsvermeidung* (AV). Das Inventar wurde für makroergonomische Fragestellungen im Auto konzipiert. Es ermöglicht die Berücksichtigung von subjektiven Persönlichkeitsmerkmalen bei der makroergonomischen Auslegung von Fahrzeugen. Für die Beantwortung der Items steht eine bipolare fünfstufige Ratingskala vom Likert-Typ (*starke Ablehnung, Ablehnung, Neutral, Zustimmung* und *starke Zustimmung*) ohne Ausweichkategorie zur Verfügung. Für den Fragebogen wurden, wie in Kapitel 4.3.1 erläutert, teilweise Items aus anderen, standardisierten Fragebögen wörtlich oder sinngemäß übernommen. Alle verwendeten Items inkl. Ursprungsquellen sind in Tabelle A.20 aufgeführt.

Die zum Fragebogen zugehörigen Instruktionen sind in Bild A.5 dargestellt. Da es sich bei dem Messinstrument um ein Selbstbeurteilungsinstrument handelt, das auch ohne Anwesenheit eines Versuchsleiters anwendbar ist, sind diese ausführlich und eindeutig formuliert. Bei der Entwicklung wurde auf eine einfache Anwendbarkeit des Fragebogens geachtet. Die Bearbeitungszeit beträgt ca. 10 Minuten.

Die Auswertung von ERPI-A erfolgt rechnergestützt. Je nach gegebener Antwort wird unter Berücksichtigung der Itempolung eine Punktzahl von 0 bis 4 Punkte je Item vergeben. Für weitere Analysen werden aufgrund der leichteren Interpretierbarkeit im Vergleich zu Faktorwerten [RUSSELL 2002, S. 1637] je Skala Summenwerte (0 - 24 Punkte) berechnet. Der Haupteinsatzzweck von ERPI-A ist der Vergleich innerhalb einer Stichprobe. Daher liegen keine Grenzwerte auf Basis einer Normstichprobe vor.

In Kapitel 4.4 wurde gezeigt, dass der Fragebogen die gängigen Gütekriterien erfüllt. Das Messinstrument ist unabhängig von den durchführenden Personen und dementsprechend objektiv. Die Werte von interner Konsistenz und Retest-Reliabilität belegen eine mittlere bis gute Zuverlässigkeit. Die Inhaltsvalidität kann durch das systematische Vorgehen innerhalb der Entwicklung angenommen werden. Zusätzlich kann anhand von Korrelationen mit der tatsächlichen Fahrzeugnutzung die Kriteriumsvalidität bestätigt werden. Zusammenfassend kann eine valide Messung angenommen werden.

Der Fragebogen ERPI-A erfüllt alle am Anfang von Kapitel 4 gestellten Anforderungen an das Messinstrument. Die Auswertung der Gütekriterien zeigt, dass die ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale zuverlässig erfasst werden und valide zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale differenziert werden kann. Der Fragebogen ist unabhängig von der spezifischen Frage und kann bei allen makroergonomischen Fragestellungen in allen Phasen der Fahrzeugentwicklung angewendet werden. Zusätzlich ist der Fragebogen prinzipiell standardisierbar. Hierfür muss ergänzend zu dieser Arbeit eine Studie mit einer repräsentativen Stichprobe durchgeführt werden. Außerdem ist der Fragebogen aufgrund der kurzen Bearbeitungszeit sowie der rechnergestützten Anwendung und Auswertung äußerst ökonomisch und einfach.

5 Versuchsdesign der Anwendungsstudie

Die Anwendungsstudie hat die beiden folgenden Ziele. Erstens soll der Einsatz des Fragebogens ERPI-A (vgl. Kapitel 4) innerhalb einer wissenschaftlichen Untersuchung erprobt werden. Zweitens sollen erste Zusammenhänge zwischen den Ausprägungen der ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale und Aspekten der Makroergonomie überprüft werden. Dafür werden in Kapitel 5.1 zunächst Hypothesen aufgestellt. In Kapitel 5.2 werden für die Hypothesenbeantwortung geeignete Untersuchungen abgeleitet. In den folgenden Kapiteln 5.3 bis 5.6 werden die Versuchsparameter und Messinstrumente definiert und beschrieben. Abschließend wird in Kapitel 5.7 der Versuchsablauf festgelegt.

5.1 Hypothesen

Zur objektiven Überprüfung der Eignung von ERPI-A für den Bereich der Makroergonomie und des Einflusses der ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale auf die Makroergonomie werden Alternativhypothesen H_x formuliert (vgl. Tabelle 5.1). Auf die Darstellung der korrespondierenden Nullhypothesen H_{0x} wird verzichtet.

| | |
|-----------------|--|
| H ₁ | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf die Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition. |
| H ₂ | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf den Einstellvorgang von Sitz und Lenkrad. |
| H ₃ | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf die Berücksichtigung des Infotainmentsystems. |
| H ₄ | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf die Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept. |
| H ₅ | Es gibt natürliche Gruppen von Menschen (= Cluster) mit charakteristischen Kombinationen an Persönlichkeitsmerkmalen. |
| H ₆ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition. |
| H ₇ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich des Einstellvorgangs von Sitz- und Lenkrad. |
| H ₈ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich der Berücksichtigung des Infotainmentsystems. |
| H ₉ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich der Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept. |
| H ₁₀ | Durch den Fragebogen ERPI-A können Persönlichkeitsmerkmale innerhalb der Makroergonomie berücksichtigt werden. |

Tabelle 5.1: Alternativhypothesen H_x

Aufgrund des explorativen Charakters der Anwendungsstudie sind die Hypothesen relativ allgemein gehalten und werden im Zuge der Ableitung von Untersuchungen spezifiziert. Die Hypothesen H₁ bis H₄ beziehen sich auf den Einfluss der acht Dimensionen von ERPI-A auf unterschiedliche Aspekte der Makroergonomie. Hierbei wird jede Dimension für sich betrachtet. Dementsprechend besteht jede der Hypothesen H₁ bis H₄ aus acht Unterhypothesen. Diese Einzelbetrachtung dient dem Verständnis, wie makroergonomische Parameter und Persönlichkeitsmerkmale zusammenhängen, damit die Parameter

gezielt angepasst werden können. In der Praxis werden Fahrzeuge für spezifische Zielgruppen konzipiert (vgl. Kapitel 3.3.2). Da jeder Mensch auf jeder Skala eine Ausprägung besitzt, ist eine Typisierung (vgl. Kapitel 3.1.2) von besonderer Bedeutung für die praktische Auslegung. Entsprechend bezieht sich H_5 auf die Kombinierbarkeit der acht ERPI-A Skalen zu Clustern. H_6 bis H_9 entsprechen H_1 bis H_4 , beziehen sich aber auf die Cluster und nicht die einzelnen Merkmale. Abschließend bezieht sich H_{10} auf die Eignung von ERPI-A für die Einbeziehung der Persönlichkeit in die makroergonomische Auslegung.

5.2 Ableitungen von Untersuchungen zur Hypothesenüberprüfung

Zur Überprüfung der Hypothesen müssen korrespondierende Untersuchungen abgeleitet werden. Besonders für die Hypothesen H_1 bis H_4 ist dabei relevant, welcher Einfluss auf die Makroergonomie von den einzelnen Merkmalen zu erwarten ist. Auf Basis des erwarteten Einflusses werden spezifische Überprüfungsmöglichkeiten abgeleitet. Bild 5.1 zeigt, ob ein Einfluss der Persönlichkeitsdimensionen auf die Hypothesen erwartet wird und welche Untersuchungen zur Überprüfung notwendig sind. Eine ausführliche Darstellung befindet sich in Tabelle A.21. Der Hauptteil der Untersuchungen soll real im Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand (vgl. Kapitel 2.3.5) durchgeführt werden. Aufgrund der Möglichkeit verschiedene Varianten schneller und einfacher bzw. überhaupt darzustellen, werden einige Untersuchungen im Zuge einer ergänzenden Befragung virtuell am PC ausgeführt.

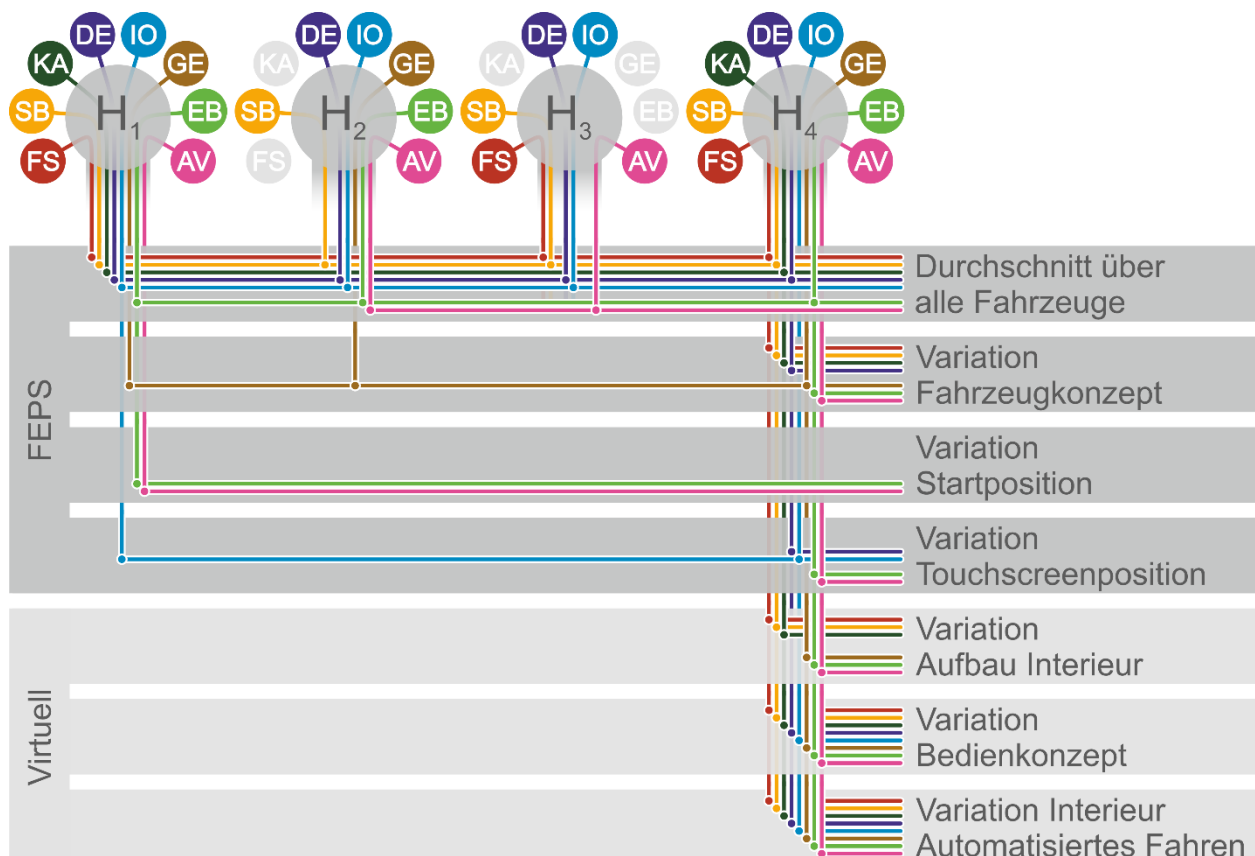


Bild 5.1: Ableitung von spezifischen Untersuchungen aus den Hypothesen

Bezüglich H_1 wird von allen Persönlichkeitsmerkmalen ein Einfluss auf Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition erwartet. Um diesen Einfluss zu ermitteln, sind reale Versuche im FEPS notwendig. Für die meisten Konstrukte wird von einem generellen Einfluss ausgegangen. Dementsprechend ist es ausreichend, die durchschnittliche Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition in unterschiedlichen Fahrzeugen zu betrachten.

Eine Ausnahme bildet die *Gewohnheit*. Personen fahren im Normalfall mit einem bestimmten Fahrzeugkonzept (vgl. Kapitel 2.2.2 f.). Bei hoher Ausprägung der Dimension *Gewohnheit* wird eine Person versuchen, eine ähnliche Körperhaltung wie im gewohnten Fahrzeug einzunehmen, auch wenn das Fahrzeug ein abweichendes Maßkonzept aufweist. Um diese Unterhypothese zu untersuchen, werden Körperhaltung, Sitz- und Lenkradeinstellung bei unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten miteinander verglichen. Die Verwendung unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte bietet für H_1 zusätzlich den Vorteil ein breites Abbild von Sitz- und Lenkradpositionen zu erhalten.

Eine weitere Unterhypothese von H_1 ist die geringere Reproduzierbarkeit von Sitz- und Lenkradposition von Personen mit einer hohen Ausprägung bzgl. *Aufwandsvermeidung*. Als Untersuchung wird das gleiche Maßkonzept mit zwei unterschiedlichen Startpositionen von Sitz und Lenkrad verwendet. Je kleiner die Differenzen bzgl. der Sitz- und Lenkradpositionen nach der individuellen Einstellung durch die Testperson sind, je genauer passt sich diese Testperson Sitz und Lenkrad an die individuellen Bedürfnisse an. Dementsprechend wird zusätzlich ein Einfluss des *Ergonomiebewusstseins* erwartet.

Weiterhin wird als Unterhypothese von H_1 erwartet, dass die eingenommene Körperhaltung von infotainmentorientierten Personen von der Position der Anzeigen und Stellteile des Infotainments abhängig ist. Um einen solchen Effekt nachzuweisen, werden im FEPS zwei Varianten dargestellt, die sich bei sonst identischem Maßkonzept nur hinsichtlich der Touchscreenposition unterscheiden.

Der Einstellvorgang von Sitz und Lenkrad (H_2) kann nur mit realen Versuchen im Fahr Simulator untersucht werden. Es wird ein genereller Einfluss von *Sicherheitsbedürfnis*, *Diskomfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung*, *Ergonomiebewusstsein* und *Aufwandsvermeidung* erwartet. Wie bei H_1 kann der Einfluss der *Gewohnheit* nur gekoppelt mit unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten betrachtet werden.

Die Berücksichtigung des Infotainments (H_3) wird mithilfe einer sekundären Aufgabe auf dem Touchscreen im FEPS überprüft. Es wird ein Einfluss von *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Diskomfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung* und *Aufwandsvermeidung* vermutet. Die Betrachtung der durchschnittlichen Werte über alle Fahrzeugvarianten ist ausreichend.

Neben der tatsächlichen Nutzung des Fahrzeugs ($H_1 - H_3$) wird auch die subjektive Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept (H_4) untersucht. Im Fokus sind hierbei die Themen Anordnung, Erreichbarkeit, Unterstützungsflächen, Freiräume, Sicht, Fahrspaß, Sicherheit, Komfort, Diskomfort, Beanspruchung und Gefallen. Zur Bewertung dieser Themen werden nach jeder dargebotenen Variante des FEPS eine Befragung sowie nach der letzten Variante eine abschließende Befragung durchgeführt. Um ein breites Bild hinsichtlich des Einflusses der Persönlichkeitsmerkmale auf den bevorzugten Aufbau des Interieurs, die bevorzugten Bedienkonzepte sowie makroergonomische Aspekte des automatisierten Fahrens zu erhalten, sind zusätzliche Fahrzeugvarianten notwendig. Aufgrund der Möglichkeit viele Varianten in kurzer Zeit zu untersuchen, erfolgt die Bewertung virtuell mittels eines bildbasierten Verfahrens am PC.

Die Hypothese H_5 kann auf Basis der Beantwortung von ERPI-A mithilfe einer Clusteranalyse überprüft werden. Die Hypothesen H_6 bis H_9 werden anhand der Datenerhebung im Zuge der Untersuchungen zu H_1 bis H_4 beantwortet. Hypothese H_{10} stellt eine Art zusammenfassende Hypothese dar und kann anhand der Hypothesen H_1 bis H_9 und Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung und -auswertung überprüft werden.

5.3 Reizmuster Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand

Um geeignete Reizmuster für die Untersuchung der Hypothesen zu ermitteln, werden zunächst die für die Makroergonomie relevanten Fahrzeugelemente bestimmt. Anschließend wird anhand von Maßkonzepten realer Fahrzeuge untersucht, inwieweit die Parameter dieser Elemente bei unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten variieren. Danach wird festgelegt, welche Parameter für die Erzeugung von Reizmustern verwendet werden, wie viele Ausprägungen es je Parameter gibt und welche Werte die Parameter annehmen. Im letzten Schritt werden die ermittelten Reizmuster auf den Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand übertragen.

5.3.1 Ableitung von geeigneten Reizmustern und Parametern

In Anlehnung an die primäre und sekundäre Fahraufgabe (vgl. Kapitel 2.2.5) lassen sich die für die Makroergonomie entscheidenden Elemente des Fahrer Arbeitsplatzes in primäre und sekundäre Elemente unterteilen (vgl. Bild 5.2). Für die Grundpositionierung von digitalen Menschmodellen im Fahrzeug werden lediglich die primären Elemente berücksichtigt [vgl. SPEYER 2005, S. 9 ff.]. Zusätzlich zu den aufgeführten gibt es viele weitere Elemente, die allerdings keine Auswirkungen auf die Gestaltung des Fahrer Arbeitsplatzes hinsichtlich der Tätigkeiten während der Fahrt haben.

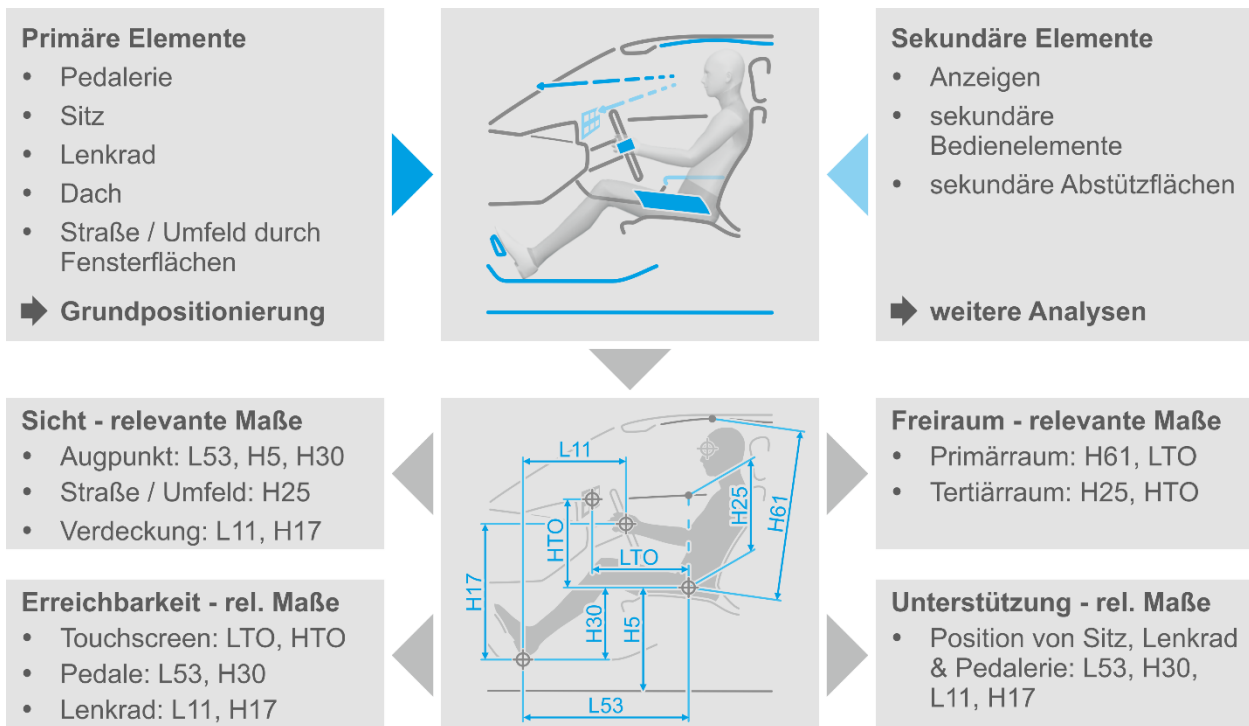


Bild 5.2: Ergonomierelevante Elemente und für diese Arbeit abgeleitete Maße

Bei einigen Elementen ist die Zuordnung nicht eindeutig und abhängig von der Anthropometrie. Beispielsweise sind das Dach und die damit verbundene Kopffreiheit nur für sehr große Menschen ein primäres Element (vgl. Kapitel 2.4.1.9). Für die folgende Betrachtung werden die primären Elemente vollständig und die sekundären Elemente beispielhaft anhand des Touchscreen des Infotainmentsystems mit einbezogen. Die maßliche Beschreibung der Elemente erfolgt nach SAE J1100 (vgl. Kapitel 2.2.2), ergänzt um eigene Maße. Die wichtigsten Maße, die zur Erzeugung von Varianten für diese Arbeit herangezogen werden, sind in Bild 5.2 dargestellt. Als Einschränkung werden Breiten- und Winkelmaße für die Variantenerzeugung nicht herangezogen. Aus makroergonomischer Sicht beeinflussen die dargestellten Maße Sicht, Erreichbarkeit, Freiraum und / oder Körperunterstützung. In Bild 5.2 werden beispielhaft die Zusammenhänge zwischen den Maßen und der Makroergonomie aufgezeigt.

Zur Erzeugung unterschiedlicher Reizmuster sind ein kategoriertypischer und ein parametrischer Ansatz denkbar. Beim kategoriertypischen Ansatz werden exemplarisch typische Maßkonzepte von unterschiedlichen Fahrzeugkategorien dargeboten. Dadurch können eher Rückschlüsse auf die Serie gezogen werden und die Testpersonen müssen sich nicht mit ungewöhnlichen Maßkonzepten auseinandersetzen. Dementsprechend kann auch das bevorzugte Fahrzeugkonzept ermittelt werden. Allerdings können Änderungen der abhängigen Variablen nicht auf die Variation bestimmter Maße des Maßkonzepts zurückgeführt werden. Beim parametrischen Ansatz werden die einzelnen

Parameter der Maßkonzepte getrennt voneinander variiert, während die anderen Parameter konstant gehalten werden. Der Vorteil dieser Variante ist, dass Änderungen von abhängigen Variablen auf einzelne Parameter zurückgeführt werden können. Dafür entstehen Reizmuster mit unrealistischen Maßkonzepten. Die Interpretation der Ergebnisse und die Ableitung von Rückschlüssen für die praktische Auslegung sind erschwert. Überdies ist eine höhere Anzahl an Reizmustern notwendig.

Letztendlich werden für die Ableitung der Reizmuster in dieser Arbeit beide Varianten zu einem neuen kategorieparametrischen Ansatz kombiniert. Es werden ganze Parametergruppen systematisch variiert, während alle anderen Parameter des Maßkonzepts konstant gehalten werden. Dadurch entstehen Maßkonzepte die realistisch und typisch für die Fahrzeugkategorien sind und sich trotzdem systematisch und parametrisch voneinander unterscheiden. Folglich sind sowohl Rückschlüsse auf die Serie als auch auf die Auswirkungen einzelner Parameter möglich.

Um den kategorieparametrischen Ansatz zu verwirklichen, muss untersucht werden, welche Parameter über Kategorien hinweg konstant und welche variabel sind. Dafür werden die Maßkonzepte von Serienfahrzeugen anhand von Datenblättern, die von der Firma Autograph Dimensions GmbH zur Verfügung gestellt werden [Autograph 2018], analysiert. Für die Fahrzeugauswahl werden nur die Fahrzeugkategorien Limousine, SUV, Van und Sportwagen berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.2.3). Der offensichtlichste Unterschied aus makroergonomischer Sicht stellt dabei die relative (H30) und absolute (H5) Sitzhöhe dar. Aufgrund der besonderen Kombination von kleinem H30-Wert bei gleichzeitig großem H5-Wert werden Elektrofahrzeuge separat als eigene Kategorie betrachtet (vgl. Kapitel 2.4.1.1). Eine genauere Differenzierung nach der Aufbauform erfolgt nicht, da sich Fahrzeuge der gleichen Kategorie und Größenklasse hinsichtlich der Makroergonomie nur geringfügig unterscheiden (vgl. Kapitel 2.4.1.1). Als Basis für die Größenklasse wird die Kompaktklasse gewählt, da sie zusammen mit den SUV den größten Marktanteil in Deutschland hat [KBA 2019]. Um die Auswirkungen der Fahrzeuggröße nicht zu vernachlässigen, werden innerhalb der Kategorien Limousine und SUV nicht nur Fahrzeuge der Kompaktklasse, sondern auch der Mittelklasse / oberen Mittelklasse mitbetrachtet.

Die OEMs haben hinsichtlich des Maßkonzepts unterschiedliche Philosophien, die auch den Kern der Marke präsentieren. Um den Einfluss der Marke zu eliminieren, werden Fahrzeuge von zehn unterschiedlichen Herstellern ausgewählt. Es werden hauptsächlich OEMs ausgewählt, von denen ein breites Spektrum an Fahrzeugen der ausgewählten Fahrzeugkategorien zur Verfügung steht. Dadurch können Parameterunterschiede zwischen den Fahrzeugkategorien besser analysiert werden. Tabelle 5.2 zeigt eine Übersicht der 42 analysierten Serienfahrzeuge.

| OEM | Van | SUV | Elektro- fahrzeug | Kompakt- klasse | (Obere) Mittelklasse | Sportwagen |
|----------|--------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Audi | | Q3 2012 & Q5 2017 | | A3 ¹ 2015 | A4 2008 & A6 2012 | TT Coupe 2015 |
| BMW | 2er Grand Tourer 2015 | X1 2016 | i3 2015 | 1er ² 2012 | 3er 2014 & 5er 2011 | Z4 2010 |
| Ferrari | | | | | | F430 Spider 2008 |
| Mazda | | CX-5 2016 | | 3 ² 2014 | | MX-5 2016 |
| Mercedes | B-Klasse 2012 | GLA 2014 & GLC 2018 | | A-Klasse ² 2014 | E-Klasse 2009 | SLK 2004 |
| Nissan | | Quashqai 2014 | Leaf 2017 | Pulsar ² 2015 | | 370Z Roadster 2017 |
| Porsche | | | | | | 911 2007 & Cayman 2010 |
| Renault | | Kadjar 2016 | Zoe 2014 | Megane ² 2016 | | |
| Toyota | Verso 2012 | RAV4 2014 | Prius 2017 | Auris ² 2013 | | GT 86 2014 |
| VW | Touran 2016 | Tiguan 2016 | | Golf ² 2013 | Passat 2015 | Scirocco 2009 |

¹ = 3-Türer; ² = 5-Türer

Tabelle 5.2: Übersicht analysierter Serienfahrzeuge

Bild 5.3 zeigt die absoluten Positionsvariationen der ausgewählten Elemente bezogen auf den AHP und aufgeteilt nach Fahrzeugkategorien. Der Zusammenhang zwischen Sitz-, Lenkrad und Augenposition sowie der Einfluss der Fahrzeugkategorie sind deutlich zu erkennen.

Die relativen Maßdarstellungen in Bild 5.4 sind für die Einteilung in fixe und variable Elemente und die Festlegung der Parameterwerte besser geeignet. Die Diagramme zeigen die erwarteten Zusammenhänge zwischen H30 und L53, H30 und H5 sowie H17 und L11. Diese Maße variieren in Abhängigkeit von der Fahrzeugkategorie und werden daher als variable Parameter verwendet. Da die gesamte Variationsbreite durch die Fahrzeugkategorien Sportwagen, Kompaktklasse, SUV und Elektrofahrzeug abgedeckt wird, werden diese vier Fahrzeugkonzepte als Reizmuster festgelegt. Das Positionsverhältnis von Lenkrad zu Sitz streut innerhalb der Fahrzeugkategorien breit. Während in Längsrichtung keine Unterschiede zwischen den Fahrzeugkategorien erkennbar sind, sinkt die Lenkradposition im Verhältnis zu Sitzposition mit steigender Fahrzeughöhe tendenziell. Aufgrund der großen Streuung ist es trotzdem möglich sowohl für die Längs- als auch für die Höhendifferenz einen fixen Wert für alle Fahrzeugkategorien auszuwählen. Durch die fixe Differenz müssen die Stufensprünge von H30 und H17 sowie von L53 und L11 jeweils identisch sein.

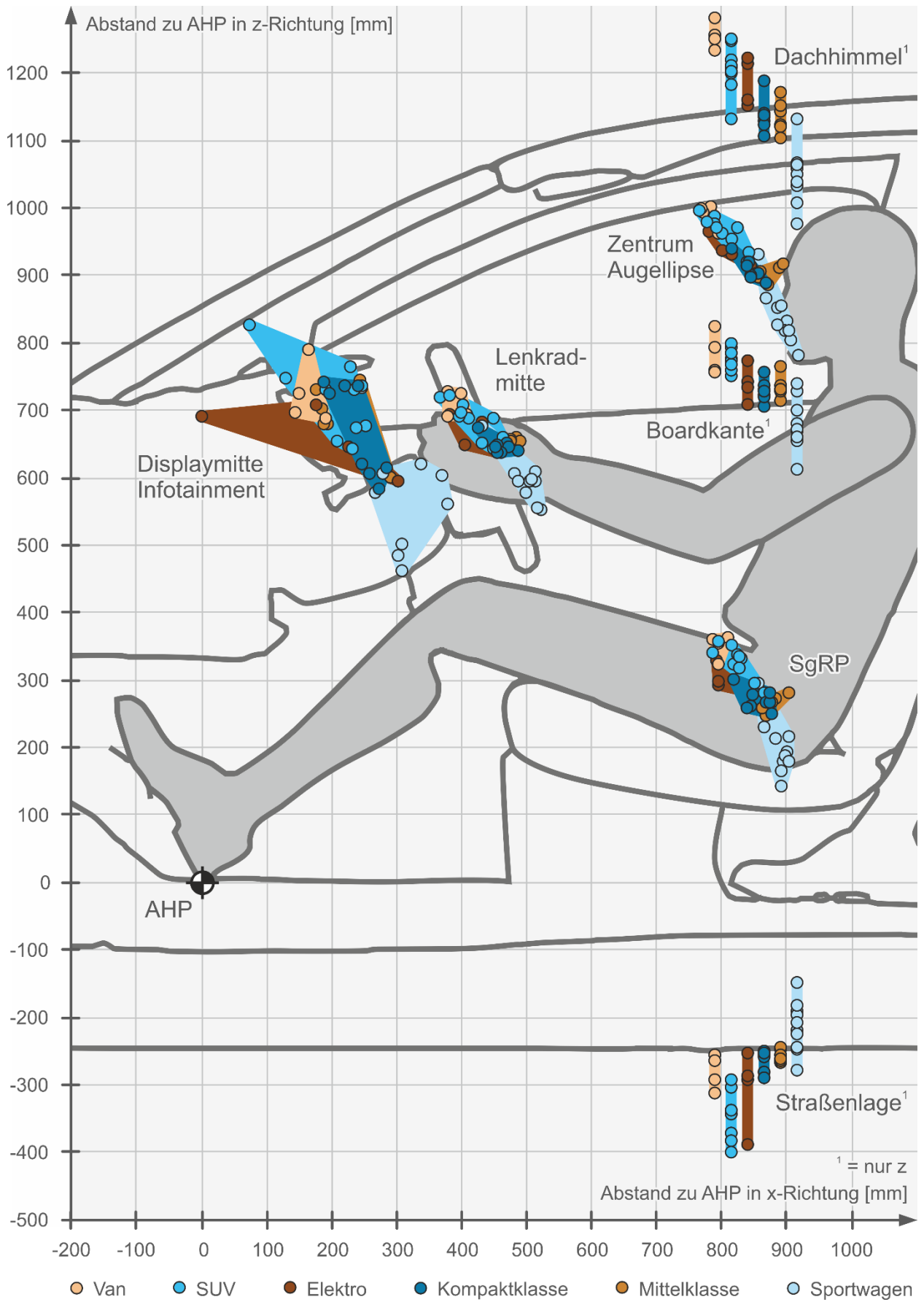
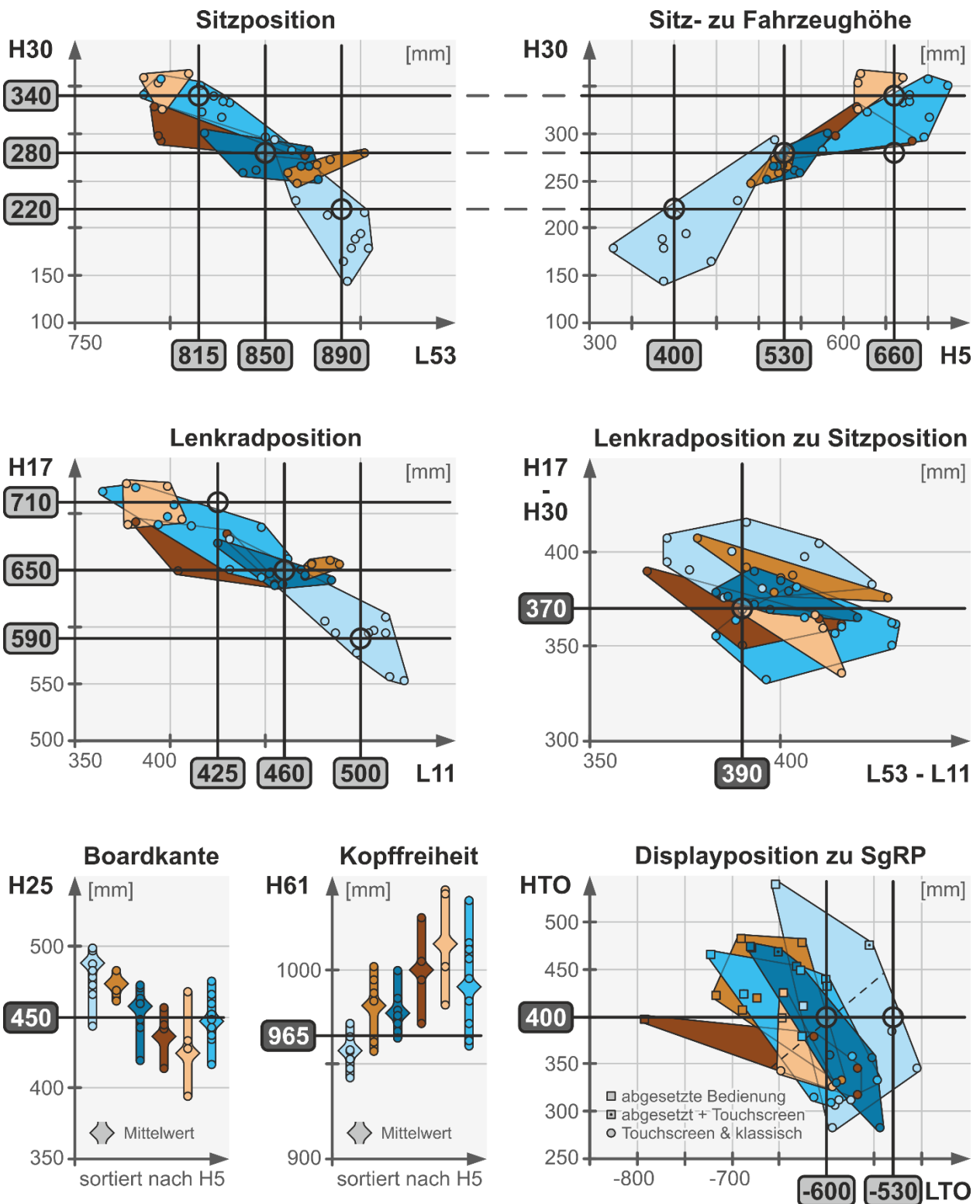


Bild 5.3: Absoluter Vergleich und Streuung der relevanten Fahrzeugelemente



● Sportwagen
 ● Mittelklasse
 ● Kompaktklasse
 ● Elektro
 ● SUV
 ● Van
123 gewählter Wert für fixen Parameter
123 gewählte Werte für variablen Parameter

Bild 5.4: Ableitung von fixen und variablen Parametern

Bei allen Parametern wird ein einheitlicher Stufensprung innerhalb des Parameters angestrebt. Für die Werte H30, H17 und H5 wird das mit einem Stufensprung von 60 mm bzw. 130 mm umgesetzt. Aus den H30-Werten lässt sich für jede Fahrzeugkategorie das

entsprechende Maß für L53 und somit auch für L11 berechnen (vgl. Kapitel 2.2.2 und 2.4.1.1). Aufgrund des nicht linearen Zusammenhangs zwischen H30 und L53 sind die Stufensprünge für L53 und L11 nicht konstant.

Als Beispielparаметer für die Sicht ist in Bild 5.4 die Boardkantenhöhe H25 abgebildet. Diese sinkt relativ zum Sitzreferenzpunkt mit steigender Fahrzeughöhe ab. Trotzdem kann ein einheitlicher Wert für die Fahrzeugkategorien Sportwagen, Kompaktklasse, SUV und Elektrofahrzeug festgelegt werden. Gleiches gilt für die Kopffreiheit, die unter anderem durch H61 beschrieben wird.

Zur Ermittlung des Einflusses der *Infotainmentorientierung* muss der Touchscreen, stellvertretend für das Infotainmentsystem, variiert werden (vgl. Kapitel 5.2). Die sehr große Streuung der Displaypositionen in Bild 5.4 resultiert aus den unterschiedlichen Bedienkonzepten der untersuchten Fahrzeuge. Konzepte mit abgesetzter Bedienung verfügen aufgrund der besseren Sichtbarkeit häufig über ein reines Display ohne Touchfunktion, das sich oben auf der Instrumententafel und weit weg vom Fahrer befindet. Im Gegensatz dazu wird ein Touchscreen aufgrund der Erreichbarkeit näher beim Fahrer positioniert. Da der Wert LTO größere Auswirkungen auf die Erreichbarkeit hat als HTO, wird LTO zur Ableitung von Reizmustern herangezogen. Aufgrund des Trends zur Kombination von abgesetzter Bedienung und Touchbedienung wird ein großer Wert für HTO gewählt.

Die identifizierten Bereiche, in denen die Parameter je Fahrzeugkategorie liegen, stimmen weitgehend mit denen anderer Analysen überein [vgl. BANDOW & STAHLCKER 2001, S. 914], [vgl. ACHLEITNER ET AL. 2016, S. 148f, 160f], [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 352]. Dementsprechend sind die ausgewählten Werte charakteristisch für die Fahrzeugkategorien. Bei den hier abgeleiteten Maßen sind bereits Maßverschiebungen berücksichtigt, die sich durch Einschränkungen des FEPS ergeben. Dadurch weichen H25, L11 und L53 geringfügig von den ursprünglich geplanten Werten ab.

Breiten- und Winkelmaße werden für die Variation von Reizmustern nicht weiter betrachtet. Für alle Varianten werden die Maße der Kompaktklasse verwendet. In Tabelle 5.3 sind die gewählten Werte einiger wichtiger Parameter nach [SAE J1100] angegeben.

| Sitz | | Lenkrad | | | | Touchscreen | | |
|--------|------|---------|--------|-----|-----|-------------|------------------|------------------|
| W20 | A19 | W7 | W9 | A17 | A18 | WTO | ATO _y | ATO _z |
| 351 mm | 5,4° | 351 mm | 374 mm | 0° | 22° | 351 mm | 0° | 0° |

Tabelle 5.3: Konstante Breiten- und Winkelmaße

Insgesamt ergeben sich sechs unterschiedliche Reizmuster, deren Zusammenhänge in Bild 5.5 dargestellt sind. *Sportwagen*, *Kompaktklasse* und *SUV* unterscheiden sich nur hinsichtlich H5, H30, L53, H17 und L11. Beim *Elektroauto* stimmt H5 mit dem *SUV*

überein, alle anderen Maße mit der *Kompaktklasse*. Das Reizmuster *Touchscreenposition* entspricht, bis auf den nach vorne versetzten Touchscreen, der *Kompaktklasse*.

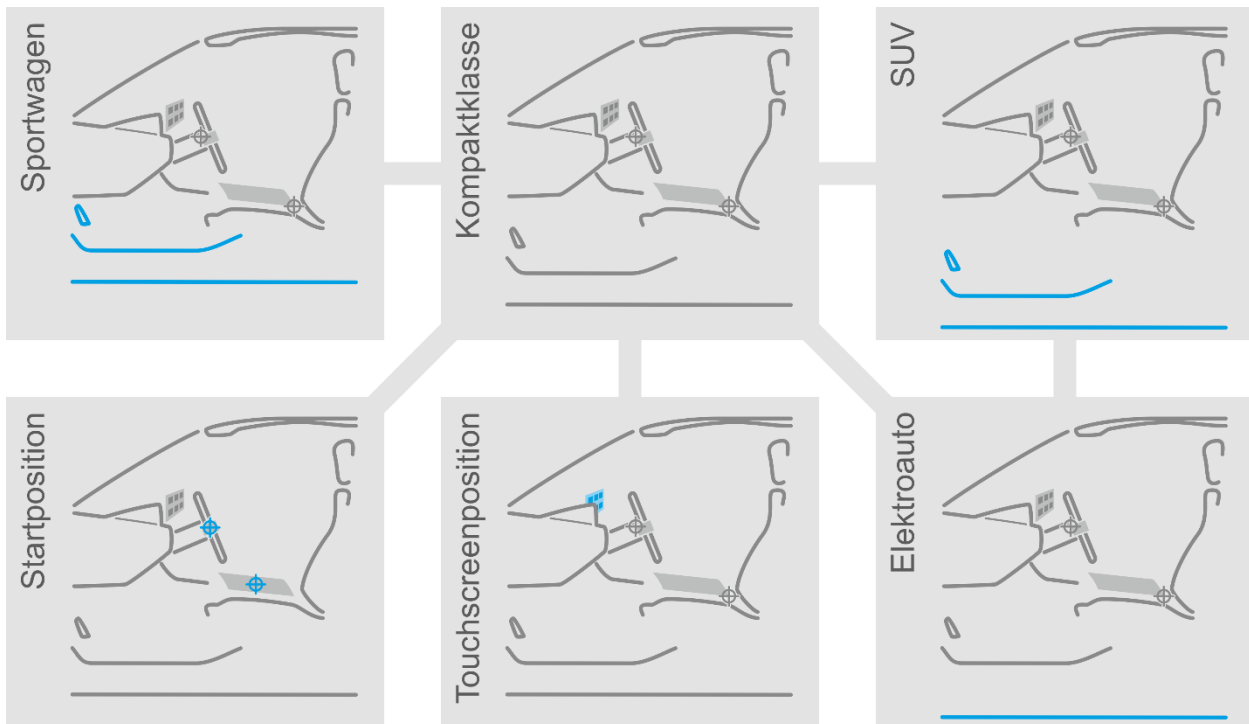


Bild 5.5: Ausgewählte Reizmuster und deren Zusammenhänge

Das Reizmuster *Startposition* unterscheidet sich nur hinsichtlich der Startposition von Sitz und Lenkrad von der *Kompaktklasse*. Die standardmäßige Startposition für den Sitz ist hinten unten mit senkrechter Lehne (0°) und für das Lenkrad vorne oben. Durch diese Extremposition ist gewährleistet, dass alle Testpersonen Einstellungen vornehmen müssen. Außerdem ist der Einstieg in das Fahrzeug für alle Teilnehmenden möglich. Für das Reizmuster *Startposition* entspricht diese der Einstellung von Sitz und Lenkrad bei der Messung des SgRP und den weiteren Maßen nach SAE J1100. Somit befindet sich der Sitz von hinten unten betrachtet tendenziell in der Mitte des Sitzverstellfelds, die Lehnenneigung beträgt 25° und das Lenkrad befindet sich in seiner Längs- und Höheneinstellung jeweils in Mittelposition. Diese Einstellung unterscheidet sich deutlich von der Grundposition, lässt aber trotzdem das Einsteigen für Testpersonen aller Perzentile zu.

5.3.2 Übertragung der Reizmuster auf den Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand

Für die vollständige Darstellung der Reizmuster und Versuchsbestandteile muss der FEPS (vgl. Kapitel 2.3.5) in Details angepasst und erweitert werden. Damit das Interface und die Stützbereiche angepasst werden können, wird der FEPS mit einer manuell verstellbaren Mittelkonsole inkl. Center Stack (vgl. Kapitel 2.2.4) und Touchscreen ausgestattet (vgl. Bild 5.6) [vgl. SCHÄFFNER 2016]. Die Grundgerüste der Mittelkonsole sind an Instrumententafel und Sitzunterkonstruktion angebunden. Dadurch ist

gewährleistet, dass die relativen Abstände bei allen Fahrzeugkonzepten identisch sind. Die Verstellung der Mittelkonsole überlagert sich mit der Verstellung des FEPS.



Bild 5.6: Verstellbare Mittelkonsole (links) und H-Punkt-Messmaschine (rechts)

Damit die große Höhenspreizung von einem Sportwagen bis zu einem SUV realisiert werden kann, wird die Verbindung zwischen Lenksäule und Lenkkradsimulator konstruktiv angepasst. Weitere notwendige Anpassungen zur Vergrößerung der Spreizung hinsichtlich der Längsabstände können über die Steuerung des FEPS und die Verschiebung des Referenzfahrzeugs nach hinten realisiert werden.

Die Umfeldsimulation über die fünf Monitore wird um einen darüber positionierten Beamer erweitert. Ohne diese Erweiterung würden insbesondere kleinere Testpersonen, die sich im vorderen Bereich des Sitzverstellfelds positionieren, oberhalb der Monitore auf einen Bereich ohne Umfeldsimulation blicken. Auch wenn die Dachrahmenanlage vor allem für große Personen relevant für die Sitzeinstellung ist (vgl. Kapitel 2.4.1.9), kann ein fehlendes Umfeld im oberen Sichtbereich auch für kleine Personen einen Einfluss auf die Sitzposition haben. Zusätzlich kann eine reduzierte Sichtdarstellung zu Motion Sickness führen (vgl. Kapitel 2.3.4). Die Erweiterung ist zusätzlich für die Sicht auf Ampeln wichtig und somit für alle Testpersonen relevant.

Für eine exakte Ausmessung von Sitz- und Lenkradposition wird eine komplett neue Steuerung von Sitz und Lenkrad aufgebaut. Die Ansteuerung der Motoren erfolgt dabei über einen Microcontroller Arduino Mega 2560 und Relais. Zur Positionsbestimmung wird auf die Daten der serienmäßig verbauten Hall-Sensoren in Sitz und Lenkrad zurückgegriffen. Mittels eines Kippschalters kann zwischen einem manuellen Verfahrmodus und dem Messmodus gewechselt werden. Im Messmodus wird jedes Verfahren inkl. gefahrener Motor, Endpositionen aller Motoren, Dauer und Zeitstempel in eine Textdatei auf einer entnehmbaren Mikro SD Karte gespeichert. Zusätzlich können auf der Mikro SD Karte zwei Referenzpositionen gespeichert und einzelne Motoren softwareseitig deaktiviert werden. Das Anfahren der Referenzpositionen wird über zwei Taster am Sitz

aktiviert. Vor jedem Anfahren einer Referenzposition fährt jeder aktive Motor zunächst in seinen Endschalter, um den Sensorwert auf null zu setzen und eine exakte Messung zu gewährleisten. Das System verfügt über einen zusätzlichen Taster zur Synchronisation mit anderen Messsystemen.

Die Übertragung der ausgewählten Reizmuster auf den FEPS erfolgt mithilfe einer H-Punkt-Messmaschine nach SAE J826. Diese wird von der Ergonomieabteilung der Daimler AG zur Verfügung gestellt. Nach der Einstellung auf das jeweilige Fahrzeugkonzept anhand der Sensorwerte der Verstellmotoren wird die H-Punkt-Messmaschine entsprechend des standardisierten Verfahrens nach SAE J826 positioniert. Alle relevanten Punkte werden laserbasiert, bezogen auf das absolute Referenzsystem des FEPS ausgemessen (vgl. Bild 5.6). Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen werden die Sensorwerte der Motoren des FEPS in einem iterativen Prozess solange angepasst bis die gemessenen mit den vorgegebenen Maßen übereinstimmen. In diesem Zuge wird zusätzlich das Sitzverstellfeld anhand der Position des H-Punkts an den Eckpunkten des Verstellfelds für alle Reizmuster ausgemessen

Die Höhenvariation zwischen den Fahrzeugvarianten wird durch die Verstellung von Sitz, Beifahrersitz, Lenkrad, Instrumententafel, A-, B- und C-Säule sowie Dach um einen einheitlichen Betrag von 60 mm erzielt. Für die Anpassung der Längsmaße ist nur die Verstellung des Fußraums notwendig. Beim automatischen Verfahren des FEPS ist die Reihenfolge, in der die Motoren fahren von großer Bedeutung, da ansonsten Kollisionen zwischen den Komponenten auftreten können. Die Anpassung der Längsposition des Touchscreens erfolgt manuell und die Startposition wird über die neue Sitz- und Lenkradsteuerung eingestellt. Alle geometrischen Varianten des Innenraums sind in Bild 5.7 dargestellt. Die Grundposition des Beifahrersitzes entspricht immer der des Fahrersitzes. Zusätzlich befindet er sich im Verstellfeld in der Position hinten unten.



Bild 5.7: Geometrische Variation des Innenraums

Neben der geometrischen Anpassung wird H5 virtuell in SILAB angepasst, indem der Blick auf die Straße über die Augpunktlage entsprechend eingestellt wird. Exemplarisch

sind in Bild 5.8 die Varianten Sport, Kompaktklasse und SUV dargestellt. Rechts in der Abbildung ist zu erkennen, dass der Blick auf das Interieur bei gleicher Sitz- und Lenkradposition in den Verstellfeldern unabhängig von der Fahrzeugvariante ist.

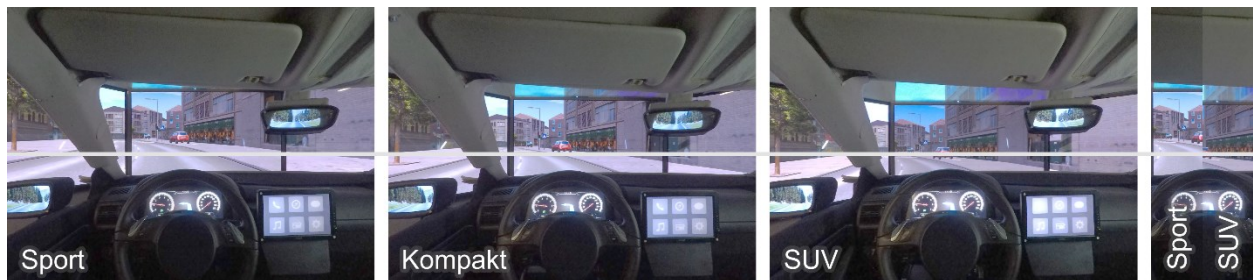


Bild 5.8: Sichtvariation durch geometrische und virtuelle Anpassung von H5

5.4 Fahrstrecken mit sekundärer Aufgabe

Damit sich die Testpersonen einen realistischen Eindruck von den unterschiedlichen Fahrzeugvarianten verschaffen und eine fundierte Bewertung abgeben können, ist es notwendig, die Fahrzeugvariante inkl. Touchscreen während der Fahrtätigkeit zu erleben (vgl. Kapitel 2.3.4). Dementsprechend fahren die Testpersonen eine Teststrecke ab und bearbeiten eine sekundäre Aufgabe auf dem Touchscreen des FEPS (vgl. Bild 5.9).

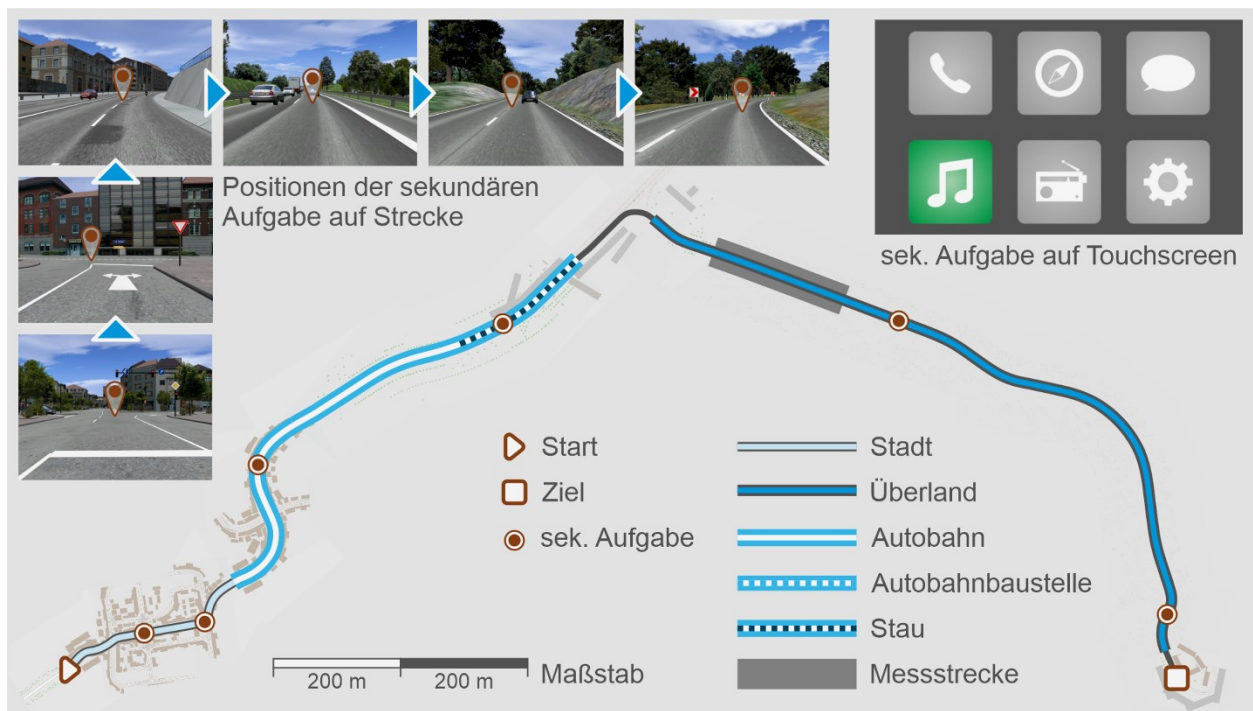


Bild 5.9: Streckenverlauf mit sekundärer Aufgabe am Beispiel von Strecke 3

Bei jeder Fahrt wird eine neue Strecke durchfahren, um valide Ergebnisse zu erhalten, zur Aufrechterhaltung der Motivation und zur Vermeidung von Manipulationen aufgrund der Kenntnis von Streckenverlauf und Verkehrsgeschehen [vgl. CARSTEN & JAMSON 2011, S. 95]. Während die Reizmuster randomisiert sind, ist die Reihenfolge der Strecken für

jede Testperson gleich. Trotz der randomisierten Zuordnung von Fahrstrecke zu Reizmuster wird bei der Erzeugung der Strecken in SILAB auf eine prinzipielle Ähnlichkeit hinsichtlich Fahrzeit (ca. 6 Minuten), Anteile Stadt, Landstraße und Autobahn, Verkehrsgeschehen, notwendige Fahrmanöver, Kurvenradien etc. geachtet. Dabei werden keine identischen, sondern ähnliche Streckenabschnitte verwendet. Tabelle 5.4 zeigt eine Übersicht über die Zusammenstellung der Strecken. Der Aufsetzpunkt auf die Strecke ist immer gleich und befindet sich in der Stadt (vgl. Bild 5.8). Der Start in der Stadt bietet den Vorteil, dass die Testpersonen Anhaltspunkte zur Einstellung von Sitz und Lenkrad haben. Auf jeder Strecke befindet sich im hinteren Fahrabschnitt eine lange Gerade, während der die Körperhaltung gemessen wird.

| Strecke | Start | Abschnitt 1 | Abschnitt 2 | Abschnitt 3 | Ende | Messung | Länge |
|-----------|-------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|--------|
| Gewöhnung | | Landstraße | | | | Landstraße | 7,7 km |
| Beispiel | Stadt | Autobahn | Stadt | Landstraße | Parkbucht | Landstraße | 5,6 km |
| Strecke 1 | Stadt | Stadt | Landstraße | Autobahn | Stadt | Baustelle | 5,9 km |
| Strecke 2 | Stadt | Landstraße | Autobahn | Stadt | Stadt | Autobahn | 6,4 km |
| Strecke 3 | Stadt | Stadt | Autobahn | Landstraße | Parkbucht | Landstraße | 4,8 km |
| Strecke 4 | Stadt | Landstraße | Stadt | Autobahn | Parkplatz | Baustelle | 5,9 km |
| Strecke 5 | Stadt | Stadt | Landstraße | Autobahn | Parkplatz | Baustelle | 5,6 km |

Tabelle 5.4: Streckenparameter

Die Testpersonen werden über Navigationspfeile im Kombiinstrument durch die jeweilige Strecke geführt. Eine akustische Ansage erfolgt nicht. Verfährt sich eine Testperson, wird sie über die Navigationspfeile zurück auf die eigentliche Fahrstrecke geleitet. Durch die Programmierung in SILAB ist es an manchen Stellen möglich, trotz eines falschen Abbiegeprozesses den ursprünglich geplanten Streckenabschnitt direkt anzuschließen. Auf dem Touchscreen des FEPS sind permanent sechs Tasten abgebildet (vgl. Bild 5.9). Diese stellen eine Art Hauptmenü dar. Als sekundäre Aufgabe leuchtet an definierten Stellen auf jeder Strecke jeweils eine der Tasten grün auf. Welche Taste aufleuchtet, ist zufallsbedingt. Die Testpersonen haben 20 Sekunden Zeit, die Taste zu betätigen, ansonsten erlischt sie automatisch. Die Schwierigkeit der Aufgabe variiert in Abhängigkeit von der Streckenposition an der sie erscheint. Beispielsweise ist die Aufgabe bei ruhiger Geradeausfahrt leichter auszuführen als während eines Abbiegevorgangs in der Stadt. Die Programmierung der Aufgabe erfolgt über LabView und wird als EXE-Datei ausgeführt. Für jede aufleuchtende Taste werden Probanden-ID, Streckenvariante, Fahrzeugvariante, Taste und Reaktionszeit in eine Excel-Datei geschrieben. Durch die sekundäre Aufgabe kann die Fokussierung gemessen werden. Außerdem sind die Testpersonen gezwungen, den Touchscreen zu benutzen und können ihn dementsprechend fundiert bewerten.

Zur Vermeidung der Simulatorkrankheit [HOFFMANN & BULD 2006] und zur Gewöhnung an die Sensibilität des Fahrsimulators [HOFFMANN 2013, S. 3] wird zum Beginn des Versuchs eine Eingewöhnungsfahrt absolviert (vgl. Kapitel 2.3.4). Diese findet ausschließlich auf der Landstraße, ohne andere Verkehrsteilnehmer und ohne sekundäre Aufgabe statt. Die Geschwindigkeit wird durch Verkehrszeichen geregelt und ist zunächst sehr langsam. Der Streckenverlauf ist sehr ruhig mit einem großen Anteil Geradeausfahrt und nur leichten Kurven. Die Fahrtzeit beträgt ca. sieben bis zehn Minuten.

5.5 Messinstrumente und Aufbereitung der Daten

In diesem Kapitel werden die eingesetzten Messinstrumente beschrieben und darauf eingegangen, wie die Daten auf Basis der Rohdaten für die Auswertung aufbereitet werden.

5.5.1 Erfassung relevanter Eckdaten und Fragebogen ERPI-A

Die Erfassung der Eckdaten erfolgt anhand eines Fragebogens mit offenen und geschlossenen Fragen, der im Versuchsraum an einem Hochkant-Monitor ausgefüllt wird. Die Befragung wird, wie alle Befragungen des Versuchs auf www.umfrageonline.com erstellt. Das Hochkantformat bietet den Vorteil, dass die Testpersonen nicht scrollen müssen. Es werden soziodemografische Daten (Alter, Geschlecht, Familienstand, Haushaltsgröße, höchster Bildungsabschluss und Beruf), Daten zur Fahrzeugnutzung (Dauer Führerscheinbesitz, jährliche Fahrleistung in km, Häufigkeit Autofahren, Autobesitz und Anzahl Mitbenutzer, Nutzung von unterschiedlichen Fahrzeugkategorien, Nutzung von Fahrzeugen unterschiedlicher Antriebsarten), Daten zum meistgenutzten Auto (Marke, Modell, Baujahr, Getriebart, Art Sitzverstellung, Art Lenkradverstellung) und Daten zur Nutzung fremder Autos (Häufigkeit Nutzung fremder Autos) erhoben. Die Fragen zum meistgenutzten Auto werden nur Testpersonen angezeigt, die ein eigenes Auto besitzen oder angegeben haben, häufig mit dem gleichen Auto zu fahren. Die Fragen zur Fahrzeugnutzung (allgemein, meistgenutztes und fremde Autos) werden für die Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich der *Gewohnheit* benötigt. Anhand des meistgefahrenen Autos und den Häufigkeitsverteilungen zur Benutzung unterschiedlicher Fahrzeugkategorien wird die gewohnte Fahrzeugkategorie für die Teilnehmenden ermittelt.

Es folgen der selbstentwickelte Fragebogen ERPI-A (vgl. Kapitel 4) und der Fragebogen BFI-10 (vgl. Kapitel 4.4.3) zur Ermittlung der ergonomierelevanten und allgemeinen Persönlichkeitsmerkmale. In Anlehnung an NACHTWEI [2008B] wird zusätzlich die Expertise hinsichtlich wissenschaftlichen Versuchen, Fahrsimulatoren, Computerspielen und Touchscreens mittels unipolarer fünfstufiger Ratingskala erfasst.

5.5.2 Messung der Anthropometrie mittels 3D-Scan

Für interindividuelle Vergleiche sind die exakte Erfassung der Anthropometrie und die Abbildung der Testpersonen als digitale Manikins in RAMSIS notwendig. Der Prozess von der realen Person zum digitalen Manikin ist beispielhaft in Bild 5.10 dargestellt.

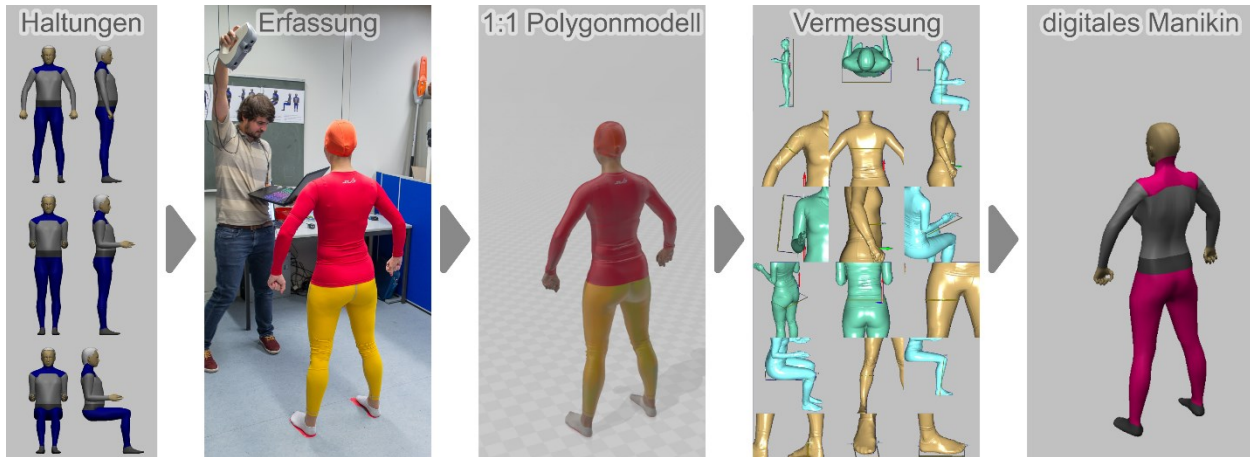


Bild 5.10: Erzeugung digitaler Manikins auf Basis der Scandaten

Die Testpersonen werden mit dem handgeführten Scanner Artec Eva [Artec 2020A] in drei Haltungen *Standard*, *Standing Arms Bent* und *Sitting* erfasst. Dafür müssen die Personen enganliegende lange Unterwäsche und eine Bademütze tragen. Ein Scan dauert ca. ein bis zwei Minuten, in denen die Testperson sich nicht bewegen darf.

Die Rohdaten in Form von Punktwolken werden in der Software Artec Studio 12 [Artec 2020B] zu wasserdichten Polygonmodellen aufbereitet. Dabei können auch etwaige Körperbewegungen der Testpersonen teilweise kompensiert werden. Die Polygonmodelle werden im OBJ-Format exportiert und in Anthroscan 3.6.1 [Avalution 2020] importiert. Mittels des integrierten RAMSIS V2.0 Wizard können die für RAMSIS benötigten Körpermaße anhand der Scans teilautomatisiert ermittelt werden. Insgesamt müssen 32 Marker mit dem Measure Inspector gesetzt werden, um 22 Maße zu ermitteln. Die Marker entsprechen dabei den definierten Messpunkten aus [GREIL 2001]. Eine Ausnahme bilden die Marker für die Oberarmlänge. Gemäß der Bemaßung im RAMSIS Bodybuilder werden die Marker für die Schulter-Ellenbogen-Länge aus DIN EN ISO 7250-1 [S. 16] verwendet.

Die Übertragung der Maße in den RAMSIS NextGen Bodybuilder erfolgt mittels einer CSV-Datei und der Funktion individuelle Maße. Als anthropometrische Datenbank wird SizeGERMANY [SizeGERMANY 2020] gewählt, da diese die neuste und umfangreichste anthropometrische Datenbank für RAMSIS ist und auf Bodyscans beruht [vgl. SEIDL ET AL. 2009]. Weiterhin wird die Altersgruppe 18 - 70 Jahre sowie das Bezugsjahr 2018 (= Jahr des Hauptversuchs) gewählt. Auf Basis der 22 übertragenen Maße und der Datenbank SizeGERMANY bestimmt RAMSIS die zusätzlichen Maße für Handlänge,

Handtellerlänge, Handbreite, Handdicke, Höhe 7. Halswirbel im Sitzen, Schulterbreite acromial und Halsumfang automatisch. Die Anthropometriedaten aller Teilnehmenden werden in einer Körpermaßliste in RAMSIS NextGen gespeichert.

Zusätzlich zu den anthropometrischen Maßen aus den 3D-Scans wird das Körpergewicht mittels Waage ermittelt. Zum Versuch werden nur Testpersonen ohne relevante Bewegungseinschränkungen zugelassen.

5.5.3 Messung des Einstellprozesses von Sitz und Lenkrad

Durch die neue Steuerung von Sitz und Lenkrad (vgl. Kapitel 5.3.2) ist es möglich, den Einstellprozess detailliert aufzuzeichnen. Auf Basis der Rohdaten werden folgende Daten in Excel teilautomatisiert mit Hilfe von Makros für jede Fahrt berechnet:

- Anzahl der Betätigungen vor der Fahrt,
- Anzahl der Betätigungen während der Fahrt,
- Einstelldauer vor der Fahrt (Start erste Betätigung bis Ende letzte Betätigung),
- Überlegdauer vor der Fahrt (= Einstelldauer - Fahrdauer der Stellmotoren),
- Gesamtverstellweg vor der Fahrt,
- auf den Gesamtverstellweg genormte Einstelldauer vor der Fahrt.

Dabei ist der Gesamtverstellweg die Summe der Einzelwege der fünf Motoren. Jeder Motor wird auf seinen maximalen Weg normiert. Dementsprechend liegt der Wert für jeden Motor zwischen 0 und 1 und der theoretische, maximale Gesamtverstellweg ist 5.

Während des Einstellprozesses wird die Simulation angehalten. Dieser Zustand ist mit einem ausgeschalteten Fahrzeug oder einem Fahrzeug im Leerlauf vergleichbar. Dementsprechend können die Testpersonen auch das Gaspedal betätigen, ohne dass das Fahrzeug losfährt.

Neben dem tatsächlichen Einstellprozess wird auch das subjektive Empfinden während des Einstellprozesses im Zuge der Fahrzeugbewertung erfasst. Durch zwei Fragen bewerten die Teilnehmenden auf einer bipolaren, fünfstufigen Ratingskala von *trifft überhaupt nicht zu* bis *trifft voll und ganz zu*, wie leicht sie die richtige Sitz- bzw. Lenkradposition bei den unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten gefunden haben (vgl. Bild A.6).

Zusätzlich wird im Zuge einer abschließenden Befragung nach der letzten Fahrt erfasst, welche Elemente die Testpersonen während des Einstellvorgangs berücksichtigen. Dafür stehen in einer geschlossenen Frage vom Typ Mehrfachauswahl 22 Elemente unterteilt nach Sicht, Erreichbarkeit, Abstützung und Freiraum zur Wahl (vgl. Bild A.11). Mit einer weiteren Frage wird ermittelt, wie gut sich die Testpersonen mit den Verstellmöglichkeiten im Fahrzeug auskennen und inwieweit sie diese nutzen. Auf einer fünfstufigen Ratingskala (*kenne ich nicht, kenne ich, habe ich bereits benutzt, benutze ich häufig,*

benutze ich sehr häufig) bewerten die Teilnehmenden 16 Verstellfunktionen von Sitz und Lenkrad. Da die Kenntnis der Fachbegriffe nicht vorausgesetzt werden kann, werden alle Funktionen anhand von Bildern erläutert (vgl. Bild A.11).

5.5.4 Messung der Körperhaltung

Die Erfassung der Körperhaltung erfolgt durch die Messung der wichtigsten Punkte für die Ergonomie: Hüftpunkt, Augpunkt, Torsowinkel, Griffpunkte und rechter Fersenpunkt. Nach REED ET AL. [2002] bestimmt der Hüftpunkt Sitzposition und Haltung der unteren Extremitäten. Der Augpunkt ist entscheidend für die Sicht. Torsohaltung und Griffpunkte legen die Haltung der oberen Extremitäten fest. Folglich lassen sich auf Basis der gemessenen Punkte die Körperhaltung ableiten und die wichtigsten ergonomischen Analysen hinsichtlich Erreichbarkeit und Sicht durchführen. Die Erfassung dieser Punkte kann weitgehend berührungslos und für die Testpersonen nicht wahrnehmbar erfolgen. Dadurch werden Beobachtereffekte vermieden [vgl. ALBERT & MARX 2017, S. 22]. Als Koordinatensystem wird das Koordinatensystem des FEPS gemäß SAE J182 mit angepasstem Y_0 und Z_0 verwendet. Die Y_0 -Ebene geht durch Sitz- und Lenkradverstellfeld, die Z_0 -Ebene entspricht der theoretischen Aufstandsebene des Fersenpunkts.

Die Messung der gesamten Körperhaltung erfolgt zweimal je Reizmuster. Die erste Messung findet bei stehendem Fahrzeug, nachdem sich die Teilnehmenden Sitz und Lenkrad eingestellt haben, statt. Die Testpersonen werden gebeten, die Standardfahrrhaltung (Hände auf 3 und 9 Uhr, Blick geradeaus, rechter Fuß auf Gaspedal aufgelegt) einzunehmen. Mittels zwei Kameras wird die korrekte Einnahme der Standardfahrrhaltung überprüft. Die Teilnehmenden werden darauf hingewiesen, dass dies nur der „*Initialisierung der Sensoren*“ dient und sie sich ansonsten frei und ganz natürlich bewegen können. Die zweite Messung erfolgt während der Fahrt, da sich die Körperhaltung im Laufe der Fahrt verändert, beispielsweise sinkt die Augenposition [vgl. MANARY ET AL. 1998, S. 7]. Auf jeder Strecke befindet sich im zweiten Streckenabschnitt eine längere Gerade als Messstrecke (vgl. Kapitel 5.4). Die eigentliche Messung findet statt, sobald eine ruhige Körperhaltung mit Fuß auf dem Gaspedal vorliegt. Auf eine längere Fahrt wird verzichtet, da nach REED & SCHNEIDER [1996, S. 21] die Haltung bei einer fünfminütigen Fahrt repräsentativ für eine einstündige Fahrt ist.

Die Erfassung des Hüftpunkts erfolgt indirekt über die eingestellte Sitzposition auf Basis des mit der H-Punkt-Messmaschine gemessenen relativen Sitzverstellfelds für den H-Punkt (vgl. Kapitel 5.3.2). Neben dem H-Punkt wird während des Versuchs auch die Sitzlehnenneigung als Absicherung für die eigentliche Messung des Torsowinkels aufgezeichnet. Da die Sitzflächenneigung einen direkten Einfluss auf die Position des H-Punkts

hat [REED ET AL. 2002, S. 563] und die Position der Kopfstütze die Torsoneigung beeinflusst [KOLICH 2010], werden diese beiden Freiheitsgrade für die Vermessung und den gesamten Versuch softwareseitig blockiert (vgl. Kapitel 2.4.1.2).

Durch die exakte Nachbildung der Sitzkinematik (vgl. Bild 5.11) kann die Position des H-Punkts und die Lehnenneigung aus den Sensordaten der Sitz- und Lenkradsteuerung teilautomatisiert in Excel berechnet werden. Im ersten Schritt werden die Sensorwerte, die in einer Textdatei gespeichert werden, in geometrische Maße umgerechnet. Im zweiten Schritt erfolgt die Berechnung der absoluten Positionen für H-Punkt und Lehnenneigung unter Berücksichtigung des Reizmusters anhand der in Bild 5.11 aufgeführten Formeln.

$$x_H = x_0 + \cos(\alpha_0 - \alpha) \times b - \cos(\delta) \times c_1 + \sin(\delta) \times c_2 + \cos(\varphi_0) \times l$$

$$z_H = z_0 + \sin(\alpha_0 - \alpha) \times b + \sin(\delta) \times c_1 + \cos(\delta) \times c_2 - \sin(\varphi_0) \times l$$

$$n_T = \beta + \delta - \delta_{VO}$$

mit:

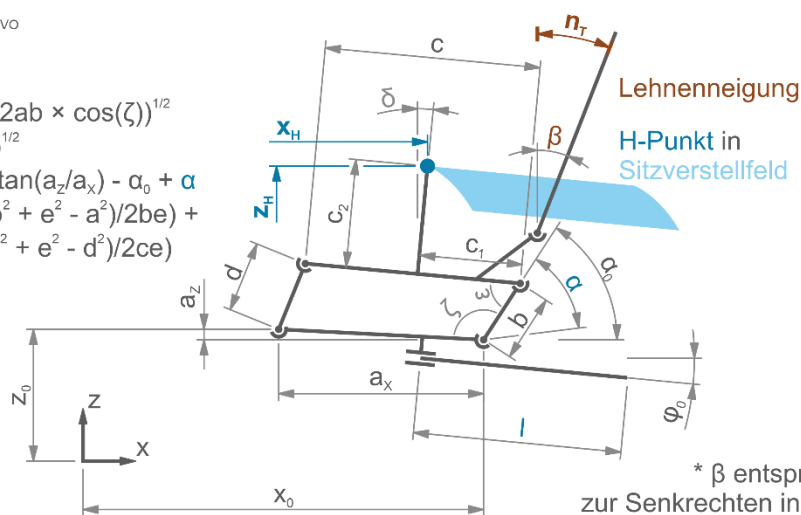
$$e = (a^2 + b^2 - 2ab \times \cos(\zeta))^{1/2}$$

$$a = (a_x^2 + a_z^2)^{1/2}$$

$$\zeta = 180 - \arctan(a_z/a_x) - \alpha_0 + \alpha$$

$$\varepsilon = \arccos((b^2 + e^2 - a^2)/2be) + \arccos((c^2 + e^2 - d^2)/2ce)$$

$$\delta = \varepsilon - \alpha_0 + \alpha$$



| | |
|-----------------|-------------|
| x_0 | = 1261,5 mm |
| $z_{0-Sport}$ | = 37 mm |
| $z_{0-Kompakt}$ | = 97 mm |
| z_{0-SUV} | = 157 mm |
| a_x | = 274,5 mm |
| a_z | = 14,0 mm |
| b | = 90,0 mm |
| c | = 289,0 mm |
| c_1 | = 138,0 mm |
| c_2 | = 145,0 mm |
| d | = 95,0 mm |
| α_0 | = 57° |
| φ_0 | = 5,4° |
| δ_{VO} | = 5,3° |

| | |
|-----------|----------------|
| α | = 0 - 55,7° |
| l | = 0 - 278,2 mm |
| β^* | = -6,6 - 40° |

* β entspricht der Lehnenneigung zur Senkrechten in Sitzposition vorne oben

Bild 5.11: Berechnung von H-Punkt und Lehnenneigung anhand der Sitzkinematik

Während der Fahrt wird jede Einstellung durch die Testpersonen in Echtzeit in die Textdatei geschrieben. Durch das zusätzliche Setzen von Synchronisationspunkten durch den Versuchsleiter während der Fahrt sind die zum zweiten Messzeitpunkt aktuellen Sensorwerte eindeutig mit dem Messzeitpunkt verknüpft.

Die Erfassung der Griffpunkte erfolgt ebenfalls indirekt über die individuell eingestellte Lenkradposition. Bei der ersten Messung befinden sich die Hände der Teilnehmenden immer auf 3 und 9 Uhr. Unabhängig davon hat die Griffposition am Lenkrad nach REED ET AL. [2002, S. 562] keinen Einfluss auf die Torsionhaltung. Die Lenkradposition wird wie der H-Punkt anhand der neuen Steuerung erfasst. Die Berechnung der Griffpunkte erfolgt mithilfe der exakten Nachbildung der Kinematik der Lenkradverstellung und den Formeln in Bild 5.12 teilautomatisiert in der erwähnten Excel-Datei. Die Messgenauigkeit des Systems wurde anhand eines Vorversuchs überprüft.

$$x_G = x_0 + \sin(\alpha_0 - \alpha) \times h_0 + \cos(\alpha_0 - \alpha) \times (l_0 + l)$$

$$z_G = z_0 - \cos(\alpha_0 - \alpha) \times h_0 + \sin(\alpha_0 - \alpha) \times (l_0 + l)$$

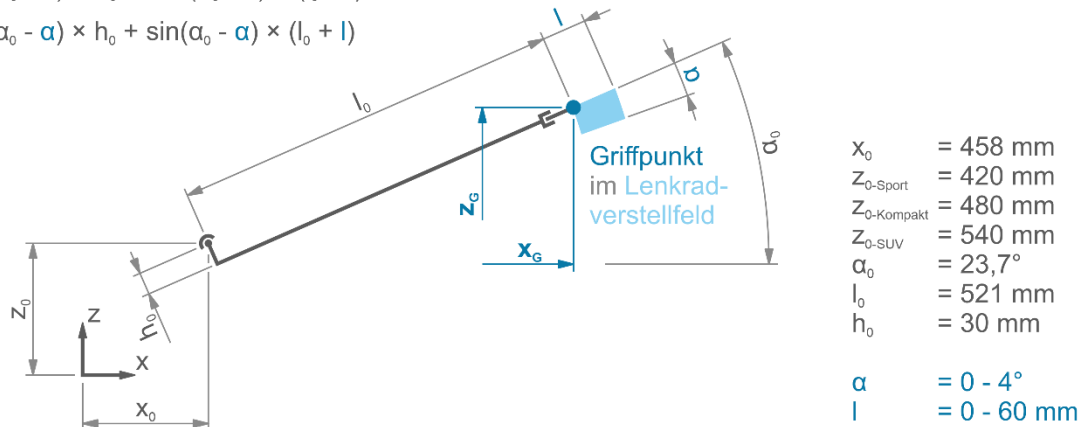


Bild 5.12: Berechnung der Griffpunkte anhand der Lenkradkinematik

Die Messung des Mittenauges und des rechten Fersenpunkts erfolgen optisch anhand von Kameraaufnahmen mit zwei GoPro Hero5 Black Kameras. Die Position der Kameras ist reproduzierbar und die Kameras für die Testpersonen fast nicht sichtbar. Die Augpunkt-Kamera befindet sich vor der rechten Türverkleidung knapp unter der Boardkante, die Fersenpunkt-Kamera unterhalb des Gaspedals im Fußraum. Die Fersenpunkt-Kamera ist für bessere Aufnahmen mit einer zusätzlichen LED-Beleuchtung bestückt. Um aus den Bildern Maße ermitteln zu können, werden im ersten Schritt Referenzaufnahmen mit Messrastern [vgl. KONZACK 2018, S. 30ff] aufgenommen und laserbasierte Vermessungen durchgeführt. Darauf aufbauend werden Berechnungsformeln abgeleitet und in Excel teilautomatisiert. In Bild 5.13 sind Referenzaufnahmen, Versuchsaufnahmen und spätere Auswertung überlagert dargestellt.

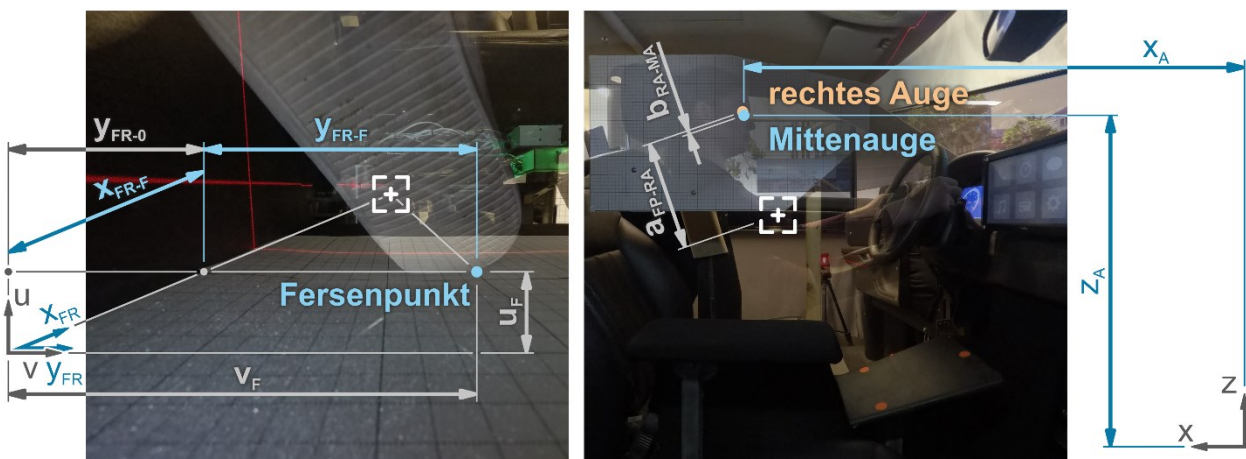


Bild 5.13: Optische Ermittlung von Fersen- und Augpunkt durch Überlagerung

Es wird ein linearisierter Aufnahmemodus verwendet. Zusätzlich werden die Bilder mittels Photoshop in Stapelverarbeitung nachbearbeitet. Dabei werden die Objektivverzerrung und die verbleibende optische Verzerrung eliminiert. Die seitlichen Aufnahmen werden anhand der Referenzbilder mit tatsächlichem Raster auf den Maßstab 1:1 skaliert. Die

anschließende Vermessung der Bilder erfolgt in CorelDraw 2018 und Berechnungen in Excel 2016. Bei der Messung des Augpunkts kann durch die Kameraposition nur die Position des rechten Auges gemessen werden. Unter Berücksichtigung der Zentralperspektive der Kamera kann die Position des Mittenauges berechnet werden. Der Umrechnungsfaktor für die y-Richtung (b_{RA-MA}) hängt dabei vom Abstand des rechten Auges zum Fokuspunkt der Kamera (a_{FP-RA}) in der Y_0 -Ebene ab. Als Vereinfachung wird für alle Testpersonen ein Abstand von 32,5 mm von rechtem Auge zu Mittenaug (50. Perzentil Augabstand = 65,0 mm [SizeGERMANY 2020]) angenommen und entsprechend des Umrechnungsfaktors für jede Aufnahme angepasst. Der dadurch entstehende Messfehler ist in Kombination mit der optischen Perspektive gering. Da die Kameraposition nicht von der eingestellten Fahrzeugvariante abhängt, kann die geometrisch abgeleitete Position des Mittenauges zum absoluten Nullpunkt des FEPS gemessen werden (x_A, z_A) und muss nicht weiter umgerechnet werden.

Die optische Messung des Fersenpunkts erfolgt relativ in der Bildebene uv (vgl. Bild 5.13). Dabei wird immer der mittlere Hackenpunkt gemessen. Befindet sich dieser in der aktuellen Fußstellung nicht auf dem Boden, wird der Schnittpunkt des senkrechten Lots des mittleren Hackenpunkts mit der Standebene Z_0 verwendet. Aufgrund der Perspektive können x_{FR-F} und y_{FR-F} nicht direkt im Bild gemessen werden. Aufbauend auf der Vermessung der Referenzbilder des Fußraums lässt sich x_{FR-F} im Koordinatensystem des Fußraums mithilfe eines Polynoms vierten Grades aus u_F berechnen. Für die Berechnung von y_{FR-F} müssen zunächst in Abhängigkeit von u_F der Startwert y_{FR-0} (lineare Funktion) und der Tiefenfaktor T (Polynom vierten Grades) errechnet werden. Mit der Formel $y_{FR-F} = (v_F - y_{FR-0}) \times T$ lässt sich die Position des Fersenpunkts im Koordinatensystem des Fußraums bestimmen. Abschließend lassen sich unter Berücksichtigung der Position des Fußraums aus x_{FR-F} und y_{FR-F} durch eine lineare Koordinatentransformation die absoluten Werte x_F und y_F berechnen. Die gesamte Berechnung wird in Excel automatisiert und es müssen je Messung nur die grafisch bestimmten Messwerte u_F und v_F eingegeben werden.

Der Torsowinkel wird mittels eines Motion Capture Systems mit Inertialsensoren (vgl. Kapitel 2.3.3) gemessen und mit der Software CAPTIV L7000 Premier, Version 2.3.4 [TEA 2020] ausgewertet. In einem Vorversuch wurde festgestellt, dass das System im FEPS aufgrund von Störquellen zu einem starken Positionsdrift neigt. Daher wird im Hauptversuch auf die Messung des gesamten Körpers verzichtet und mit einem reduzierten Setup zur Messung des Torsowinkels gearbeitet. Die Testpersonen müssen lediglich einen Sensor im Brustbereich tragen. Da das System Gelenkwinkel nur relativ zueinander misst, wird ein zweiter Sensor an der B-Säule befestigt. Die Anbringung der Sensoren und die Kalibrierung mit rückseitiger Wand wird entsprechend dem Vorgehen in

[POMIERSKY ET AL. 2018] durchgeführt. Zur Kontrolle des Systems müssen die Testpersonen vor jeder Fahrt erneut die Kalibrierhaltung direkt an der Messwand einnehmen. Der dort ermittelte Kalibrier-Wert entspricht einer Torsoneigung von Null Grad. Zur Ermittlung des tatsächlichen Torsowinkels im FEPS wird dieser Kalibrier-Wert vom Messwert der Torsoneigung abgezogen. Mit dem reduzierten Setup konnten in einem Vorversuch zufriedenstellende Ergebnisse für die Messung des absoluten Torsowinkels erzielt werden. Da es aufgrund der Anthropometrie sehr starke Unterschiede der Körperhaltung gibt (vgl. Bild 5.14), können die Testpersonen nicht hinsichtlich der im Prüfstand gemessenen Absolutwerte miteinander verglichen werden. Beispielsweise sitzt eine Person mit langen Beinen unabhängig von der Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale weiter hinten im Sitzverstellfeld als eine Person mit kurzen Beinen. Aus diesem Grund werden die Messergebnisse aus dem Versuch mithilfe von RAMSIS normiert. Dafür werden die Delta-Werte aus realem Messergebnis und in RAMSIS ermitteltem Ergebnis gebildet. Für interindividuelle Vergleiche werden nur die Delta-Werte herangezogen.

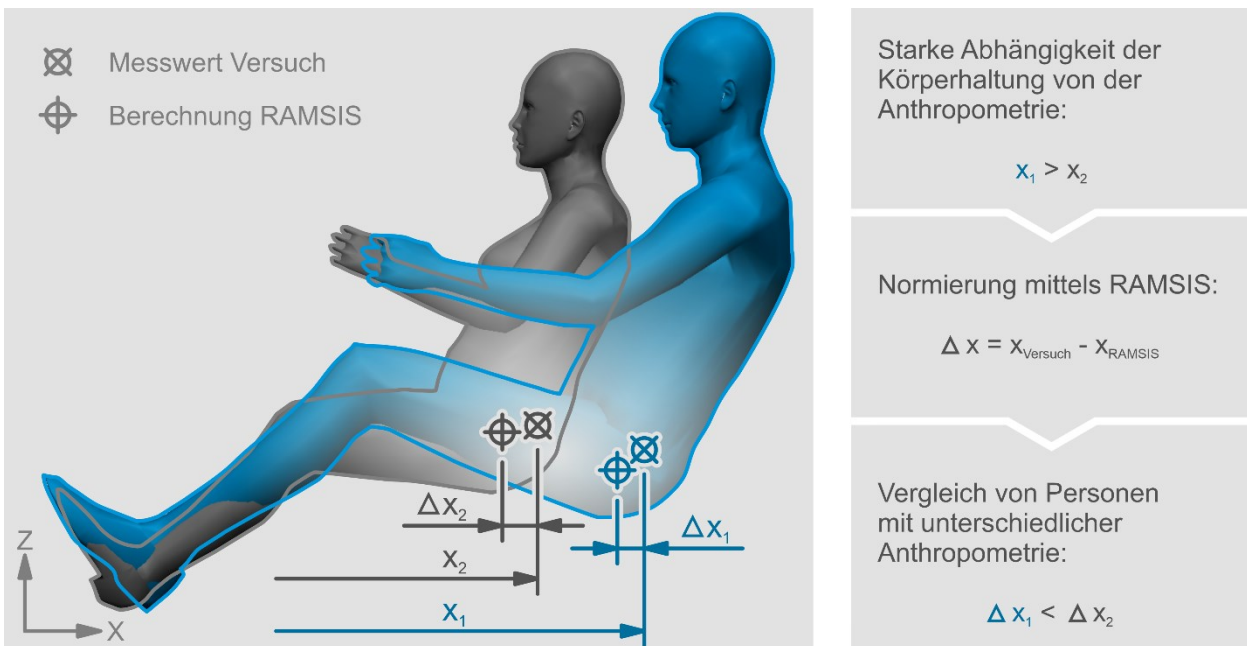


Bild 5.14: Beispielhafte Normierung der Messergebnisse mittels RAMSIS

Für die Berechnung der Körperhaltung werden die für die Positionierung entscheidenden Flächen der Reizmuster maßgetreu in CATIA V5 R19 modelliert. Das Vorgehen zur Ermittlung der wichtigen Punkte in RAMSIS NextGen ist in Bild 5.15 dargestellt. In der eingesetzten RAMSIS-Session befinden sich die drei Geometrievarianten Kompaktklasse, Sportwagen und SUV, eine Körpermaßliste mit den anthropometrischen Daten aller Testpersonen und ein Testkollektiv von je drei männlichen und weiblichen Manikins, die über Restriktionen mit je einem Reizmuster verbunden sind. Abhängig vom Geschlecht der zu untersuchenden Testperson werden über Testkollektivfilter alle

männlichen oder weiblichen Manikins aufgerufen. Über die Körpermaßliste wird den Manikins die Anthropometrie der Testperson aufgeprägt. Danach werden die drei Manikins in neutraler Haltung mit ihrem Schwerpunkt auf den Punkt (2000/0/18000) positioniert. Im Anschluss erfolgt die Haltungsberechnung für alle Manikins inkl. Vorpositionierung, Haltungsoptimierung und Restriktionsaktualisierung. Im letzten Schritt werden die Skelett- und Hautpunkte aller Manikins als CSV-Datei über die Funktion Dokumentation exportiert.

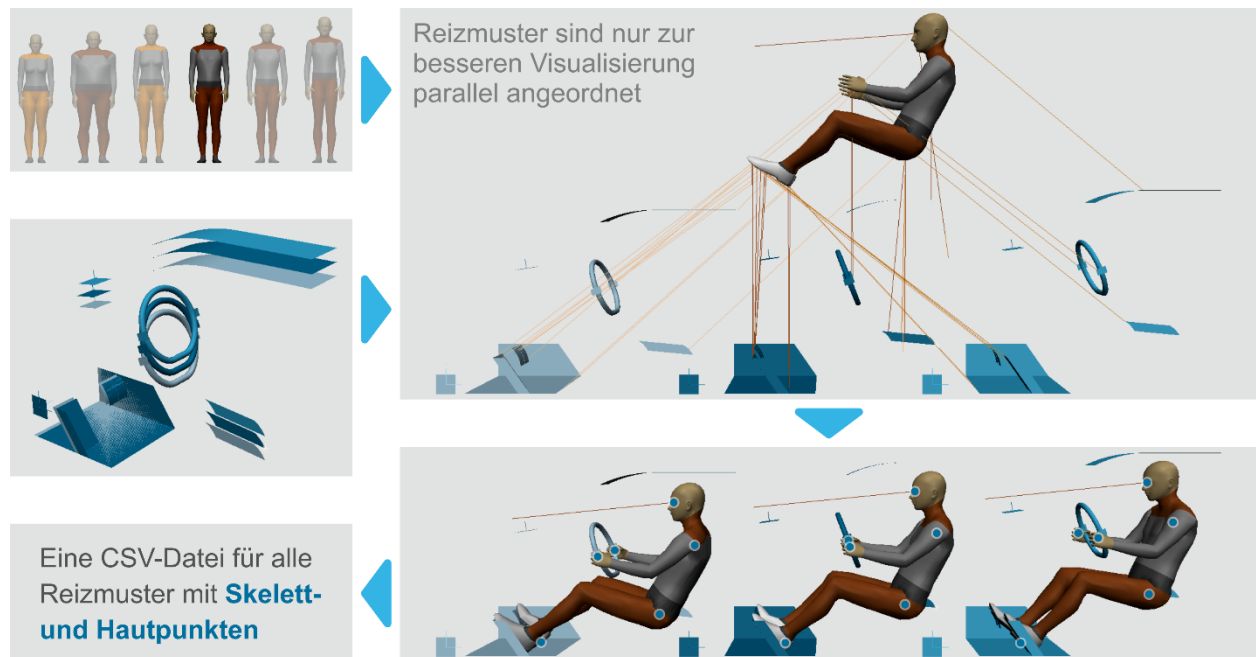


Bild 5.15: Vorgehen bei der Positionierung in RAMSIS NextGen

Bei einer idealen Normierung sind die Delta-Werte aus gemessener und berechneter Körperhaltung unabhängig von Geschlecht und Anthropometrie. Daher kann das Vorgehen bei der Haltungsberechnung inkl. finaler Auswahl von Restriktionen, Beweglichkeit, H-Punkt-Offset, Korpulenzanpassung und Haltungsmodell erst auf Basis der tatsächlichen Messwerte anhand eines iterativen Verfahrens ermittelt werden.

Alle erhobenen und berechneten Daten aus Sitz- und Lenkradsteuerung, optischer Messung und CAPTIV sowie die Berechnungsergebnisse aus RAMSIS werden für jede Testperson über eine Eingabemaske in eine separate Excel-Datei übertragen. In dieser Tabelle erfolgt die Berechnung aller benötigten Daten automatisiert.

5.5.5 Erfassung der Griff- und Armabstützungspositionen

Die Griff- und Armabstützungspositionen stellen Unter Aspekte der Körperhaltung dar. Sie werden während der Fahrt mittels Live-Coding und anschließender Nachbearbeitung anhand von Videoaufnahmen in der Software CAPTIV L7000 Premier, Version 2.3.4 [TEA 2020] erfasst (vgl. Bild 5.16). Für die linke Hand stehen dabei in Anlehnung an eine

analoge Uhr die Griffpositionen 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 und nicht am Lenkrad (NAL) zur Verfügung. Korrespondierend sind die Positionen für die rechte Hand 6, 5, 4, 3, 2, 1, 12 und NAL. Für die Arme werden die Abstützpositionen Oberschenkel, Armauflage, Tür oben (nur linker Arm) und nicht abgestützt definiert. Anhand der entstehenden Zeitkurven (vgl. Bild 5.16 rechts) werden je Fahrt und über alle Fahrten hinweg die bevorzugten Griff- und Armabstützungspositionen ermittelt. Als bevorzugte Griff- und Armabstützungsposition wird hierbei die Haltung während einer ruhigen Geradeausfahrt oder leichten Kurvenfahrt auf einer Landstraße definiert. Dies muss nicht zwangsläufig die Haltung sein, die während des Großteils der Fahrt eingenommen wird. Um Beobachtereffekte zu vermeiden, sind die Kameras so angebracht, dass sie von den Testpersonen nicht bemerkt werden. Werden sie doch bemerkt, wird angegeben, dass sie lediglich dem Zweck der Überprüfung der Standardhaltung dienen [vgl. ALBERT & MARX 2017, S. 22].



Bild 5.16: Erfassung Griffposition und Armabstützung

Im Zuge der Auswertung wird aus der bevorzugten Griffposition ein Wert berechnet, der angibt, wie stark die Abweichung von der vorbildlichen Griffposition ist. Als vorbildliche Griffposition wird für die linke Hand 9 - 10 Uhr, für die rechte Hand 2 - 3 Uhr definiert [vgl. KOLLING 1997, S. 67]. Je größer die Abweichung von der vorbildlichen Position ist, desto größer ist der Wert. Für eine Hand, die überhaupt nicht am Lenkrad ist, wird der Maximalwert 4 vergeben. Aus den Einzelwerten (jeweils 0 - 4) für die linke und rechte Hand wird der Gesamtwert (0 - 8) durch Summenbildung errechnet.

5.5.6 Erfassung der Fokussierung mittels sekundärer Aufgabe

Zur Messung der Fokussierung wird eine sekundäre Aufgabe auf dem Touchscreen des FEPS verwendet (vgl. Kapitel 5.4). Es wird davon ausgegangen, dass Teilnehmende, die sich auf die Fahraufgabe fokussieren, eine verlangsamte Reaktionszeit und erhöhte Fehleranzahl aufweisen. Von Teilnehmenden mit dem Fokus auf die sekundäre Aufgabe, in Vertretung für das Infotainmentsystem, werden eine niedrigere Reaktionszeit und Fehleranzahl erwartet.

Bei einer Beispielfahrt, in der auch die sekundäre Aufgabe getestet werden kann, werden die Teilnehmenden darauf hingewiesen, dass, wie im echten Straßenverkehr, die Fahraufgabe die primäre Aufgabe ist und die Betätigung der Buttons die Nebenaufgabe darstellt [vgl. RAUCH ET AL. 2007, S. 96]. Meistens leuchten die Buttons an kritischen Stellen der Strecke auf, an denen die Teilnehmenden mit der Fahraufgabe beschäftigt sind [vgl. RAUCH ET AL. 2007, S. 91]. Dadurch wird eine breitere Streuung hinsichtlich der Aufgabenbewältigung und demzufolge eine vereinfachte Interpretierbarkeit erwartet.

Für die Auswertung werden die Reaktionsgeschwindigkeit und die Anzahl der Fehler aufgezeichnet. Die Reaktionsgeschwindigkeit entspricht der Zeit vom Aufleuchten der Taste bis zur erfolgreichen Betätigung dieser. Ein Fehler entspricht einem Nichtbetätigen einer Taste innerhalb der Zeitfrist von 20 Sekunden. Die Betätigung einer falschen Taste wird nicht als Fehler gewertet, sondern über die sich dadurch verlängerte Reaktionszeit in die Auswertung mit einbezogen. Die Auswertung der Fehler erfolgt prozentual, da es in besonderen Situationen, beispielsweise durch Verlassen der Fahrspur oder durch einen Fahrtabbruch, passieren kann, dass nicht alle Aufgaben auf einer Strecke ausgelöst werden. Insgesamt müssen die Teilnehmenden 30 Aufgaben (je sechs Aufgaben bei fünf Strecken; Beispielfahrt wird nicht ausgewertet) bearbeiten. Die Auswertung erfolgt in Excel mithilfe von Makros.

5.5.7 Erfassung von subjektiver Bewertung, Diskomfort, Beanspruchung und Gesamtbefindlichkeit

Neben den tatsächlichen Messwerten ist auch das subjektive Empfinden der Teilnehmenden wichtig. Zur Erfassung wird anhand eines selbstentwickelten Fragebogens (vgl. Bild A.6) jede Fahrzeugvariante am PC bewertet. Bei der Entwicklung des Fragebogens werden die allgemein gültigen Regeln der Fragebogenentwicklung berücksichtigt [vgl. RAAB-STEINER & BENESCH 2012], [vgl. PORST 2011]. Der Fragebogen enthält sechs fahrzeugspezifische Aussagen zu Komfort, Fahrspaß, Sportlichkeit, Sicherheit, Wohlbefinden und Gesamtgefallen. Weiterhin werden ergonomische Aspekte wie Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition, Unterstützung durch die Armauflage, Freiraum, Übersichtlichkeit, Sicht auf Straße, Kombiinstrument und Touchscreen sowie Erreichbarkeit von Lenkrad, Pedalerie und Touchscreen anhand von zwölf Aussagen beurteilt. Für die Bewertung der Aussagen steht eine bipolare fünfstufige Ratingskala ohne Ausweichkategorie von *trifft überhaupt nicht zu* über *trifft eher nicht zu*, *weder noch*, *eher zutreffend* bis *trifft voll und ganz zu* zur Verfügung.

Neben der Bewertung der Fahrzeugvarianten mittels Ratingskala, wird der Diskomfort anhand des Komfortfragebogens von KRIST [1994, S. 138-139] erfasst (vgl. Bild A.7). Die Teilnehmenden bewerten nach der Body Map Methode [CORLETT & BISHOP 1976, S. 179]

auf einer siebenstufigen Ratingskala, inwieweit sie während der Fahrt in den Körperteilen Nacken, Schulter, Rücken, Arme, Hände, Gesäß, Beine und Füße Verspannungen oder Druckstellen gespürt haben. Zusätzlich erfolgt die Bewertung der Sitzhaltung hinsichtlich Komfort und Ermüdung mit je einer Frage.

Die Beanspruchung zu jedem Reizmuster wird anhand des Fragebogens NASA-TLX [HART & STAVELAND 1988, S. 178] gemessen (vgl. Bild A.8). Dieser ist nach SCHLICK ET AL. [2010, S. 416] das am häufigsten eingesetzte subjektive Messinstrument zur Ermittlung der Beanspruchung. Der Fragebogen besteht aus den sechs Teilskalen *geistige Anforderungen*, *körperliche Anforderungen*, *zeitliche Anforderungen*, *Leistung*, *Anstrengung* und *Frustration*, die auf einer analogen, bipolaren Skala (gering - hoch, bzw. gut - schlecht) bewertet werden. Da auf die Gewichtung der Teilskalen verzichtet wird, entspricht der Gesamtscore dem Mittelwert der Einzelbewertungen.

Ergänzend zur subjektiven Bewertung der Reizmuster, des Diskomforts und der Beanspruchung nach jeder Fahrt erfolgt nach der letzten Fahrt eine abschließende Befragung zur Erfassung der kognitiven Aspekte der Bewertung, die bei den Teilnehmenden längerfristig im Gedächtnis verbleiben. Dabei werden die unterschiedlichen Fahrzeugvarianten hinsichtlich Sitzhöhe im Fahrzeug (*niedrig / mittel / hoch*), Fahrzeughöhe über der Fahrbahn (*niedrig / mittel / hoch*) und Touchscreenposition (*nah dran / weit weg*) gegenübergestellt (vgl. Bild A.9). Die Teilnehmenden sollen jeweils die Variante auswählen, die ihnen hinsichtlich Komfort, Fahrspaß, Sicherheit, Körperhaltung und insgesamt am besten gefällt. Zusätzlich gibt es die Ausweichkategorie *alle gleich*.

Zur Erfassung der situationsgebundenen Gesamtbefindlichkeit und den Auswirkungen des Versuchs auf diese müssen die Teilnehmenden nach der Beispielfahrt und nach der letzten Fahrt den Fragebogen EZK von KLEINERT & ENGELHARD [2002; zitiert nach STEINBACHER 2010, S. 114] bearbeiten (vgl. Bild A.10). EZK ist eine Kurzform der Eigenzustandsskala von NITSCH & UDRIS [1976]. Mithilfe dieses Fragebogens wird der Eigenzustand, der sich aus Motivationslage und Beanspruchungslage ergibt, gemessen. Die Unterfaktoren der Motivationslage sind soziale Anerkennung, Selbstsicherheit, Kontaktbereitschaft und Anstrengungsbereitschaft [STEINBACHER 2010, S. 113]. Die Beanspruchungslage setzt sich zusammen aus innerer Ruhe, Stimmungslage, Erholtheit und Ausgeruhtheit [EBD.]. Für die Bewertung von 16 Items (zwei je Unterfaktor) steht eine sechsstufige Likertskala zur Verfügung. Bei der Auswertung werden negativ gepolte Items umkodiert. Die Faktorwerte (0 - 5) für Motivationslage und Beanspruchungslage ergeben sich durch Mittelwertbildung.

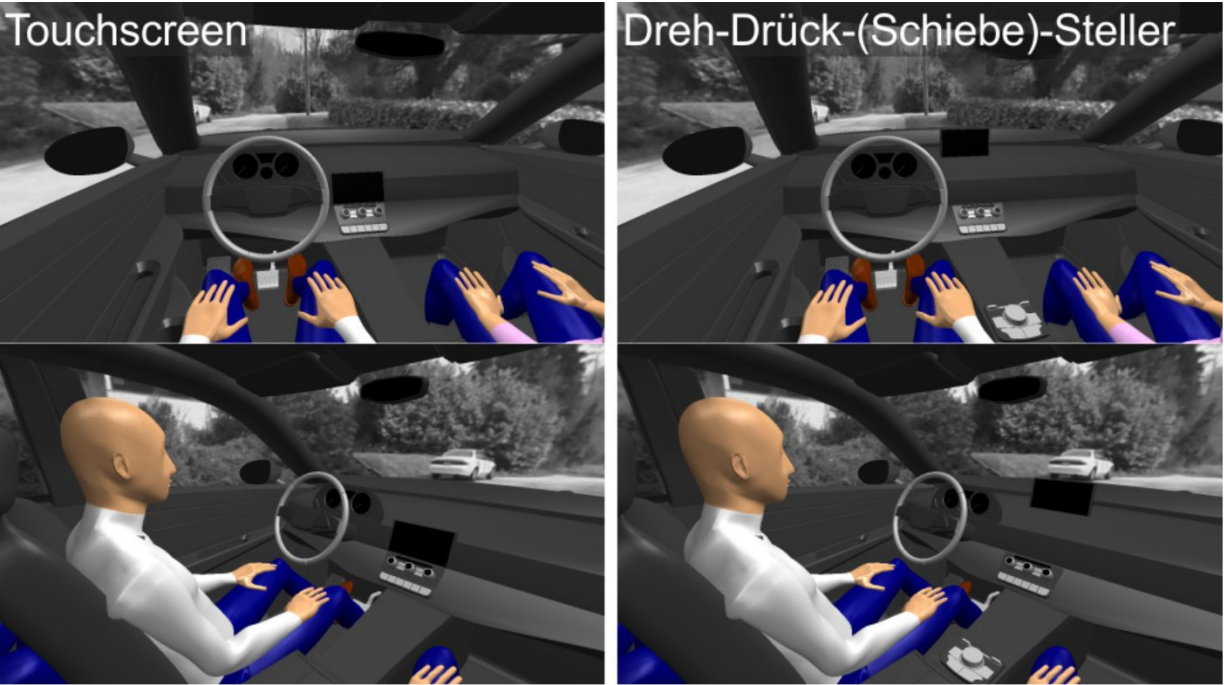
5.6 Ergänzende Befragung

Die Darstellung von Reizmustern im FEPS ist sowohl vom Arbeitsaufwand in der Vorbereitung als auch vom Zeitaufwand für die Versuchsteilnehmenden aufwendig. Daher werden für die Hypothesenprüfung zusätzliche Reizmustervarianten und Fragestellungen in einer ergänzenden Befragung dargeboten (vgl. Kapitel 5.2).

5.6.1 Festlegung von Darstellungs-, Präsentations- und Bewertungsart

Als Darstellungsart für die Reizmuster wird ein anpassbares, erweiterbares, parametrisches CAD-Modell gewählt (vgl. Bild 5.17). 3D-CAD-Modelle bieten den Vorteil, dass sie den Teilnehmenden einen realitätsnahen Eindruck vermitteln und gleichzeitig vergleichsweise einfach angepasst werden können. So ist es möglich, eine hohe Anzahl sich sehr ähnlicher Reizmuster zu erstellen, die sich nur in den zu untersuchenden Details unterscheiden und markenunspezifisch sind. Die Reizmuster in dieser Arbeit werden auf Basis des CAD-Modells von KERAMATI NOORI [2018] in SolidWorks 2017 aufgebaut.

Touchscreen vs. Dreh-Drück-(Schiebe)-Steller



Bitte vergleichen und bewerten Sie die unterschiedlichen Bedienkonzepte spontan anhand der Bilder. *

| | Variante Links | Beide gleich | Variante Rechts |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Welches Bedienkonzept gefällt Ihnen besser? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Bild 5.17: Beispielhafte Darstellung des paarweisen Vergleichs

Die Reizmuster werden den Teilnehmenden in Form von Bildern am PC präsentiert und die Bewertung mittels paarweisem Vergleich erhoben. Das Reizmuster wird dabei immer sowohl aus Fahrersicht als auch aus Sicht auf den Fahrer gezeigt, damit sich die Teilnehmenden möglichst gut in die Situation hineinversetzen können (vgl. Bild 5.17).

Die Wahl dieser Präsentations- und Bewertungsart basiert auf Erkenntnissen im Zuge einer Vorstudie [vgl. KERAMATI NOORI 2018]. Die Darstellung mittels VR-Brille hat gegenüber einer bildlichen Darstellung zwar Vorteile hinsichtlich Immersion, Erlebbarkeit und Bewertbarkeit. Dafür sind der Bewertungsprozess schwieriger und der zeitliche Aufwand höher. Zur Beurteilung mehrerer Fahrzeugvarianten, die sich nur in Details unterscheiden, ist der paarweise Vergleich gegenüber Ratingskalen zu bevorzugen, da den Teilnehmenden die Bewertung leichter fällt. Entsprechend führt die gewählte Präsentations- und Bewertungsart nach den bereits anstrengenden Fahrversuchen zu einer geringeren Belastung für die Teilnehmenden.

Beim paarweisen Vergleich müssen alle Varianten separat miteinander verglichen werden. Bei mehr als zwei Varianten kann durch die Aufsummierung der Einzelbewertungen für jede Variante ein Gesamtwert berechnet werden, der die Varianten miteinander vergleichbar macht.

Die gewählte Darstellungs-, Präsentations- und Befragungsart bestimmt mit, welche Reizmuster und Fragestellungen möglich sind. Beispielsweise ist es nicht möglich, Detailfragen zu Erreichbarkeit oder Sicht zu stellen, da diese anhand der Bilder nicht bewertet werden können. Dafür können grundsätzlich unterschiedliche Konzepte hinsichtlich des Gesamtgefallens gut miteinander verglichen werden.

5.6.2 Reizmuster für die ergänzende Befragung

Entsprechend der Ableitung von Untersuchungen zur Hypothesenüberprüfung (vgl. Kapitel 5.2) sollen in der ergänzenden Befragung der Einfluss der Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale auf die Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept untersucht werden. Dazu werden verschiedene Reizmuster für das Bedien- und Anzeigenkonzept, den Aufbau und die Elemente des Fahrzeuginterieurs sowie Interieurvarianten für das automatisierte Fahren erstellt (vgl. Bild 5.18). In der Übersicht sind im Gegensatz zur Präsentation der Reizmuster im Versuch nur die Bilder aus Perspektive des Fahrers dargestellt (vgl. Kapitel 5.6.1).

Das **Bedien- und Anzeigenkonzept** des Infotainmentsystems hat durch die Anordnung von Anzeigen und Stellteilen großen Einfluss auf die Makroergonomie (vgl. Kapitel 2.2.4, Kapitel 2.2.6. & Kapitel 2.4.2). Die sechs ausgewählten Reizmuster in Bild 5.18 unterscheiden sich in Interaktionsart und -ort. Für einen vollständigen paarweisen Vergleich

sind 15 Gegenüberstellungen notwendig. Um den Einfluss der *Gewohnheit* zu ermitteln, muss bekannt sein, wie vertraut die Teilnehmenden mit den unterschiedlichen Bedienkonzepten sind. Daher wird vor dem paarweisen Vergleich die Erfahrung mit den Systemen anhand einer fünfstufigen Ratingskala (*kenne ich nicht, kenne ich, habe ich bereits benutzt, benutze ich häufig, benutze ich sehr häufig*) erfasst.

Der Aufbau und die Elemente des Fahrzeuginnenraums beeinflussen die Makroergonomie stark (vgl. Kapitel 2.2.7 & Kapitel 2.4.1.2 ff.). Exemplarisch werden für die Variation des **Aufbaus des Fahrzeuginnenraums** je zwei Varianten hinsichtlich der Art der Instrumententafel, der Art der Mittelkonsole und der Breite der Mittelkonsole miteinander verglichen. Zusätzlich wird die Variation der **Elemente des Fahrzeuginnenraums** am Beispiel der Lenkradart mit drei Ausprägungen und an den Beispielen von Spiegelart und Lenkungsart mit je zwei Reizmustern miteinander verglichen.

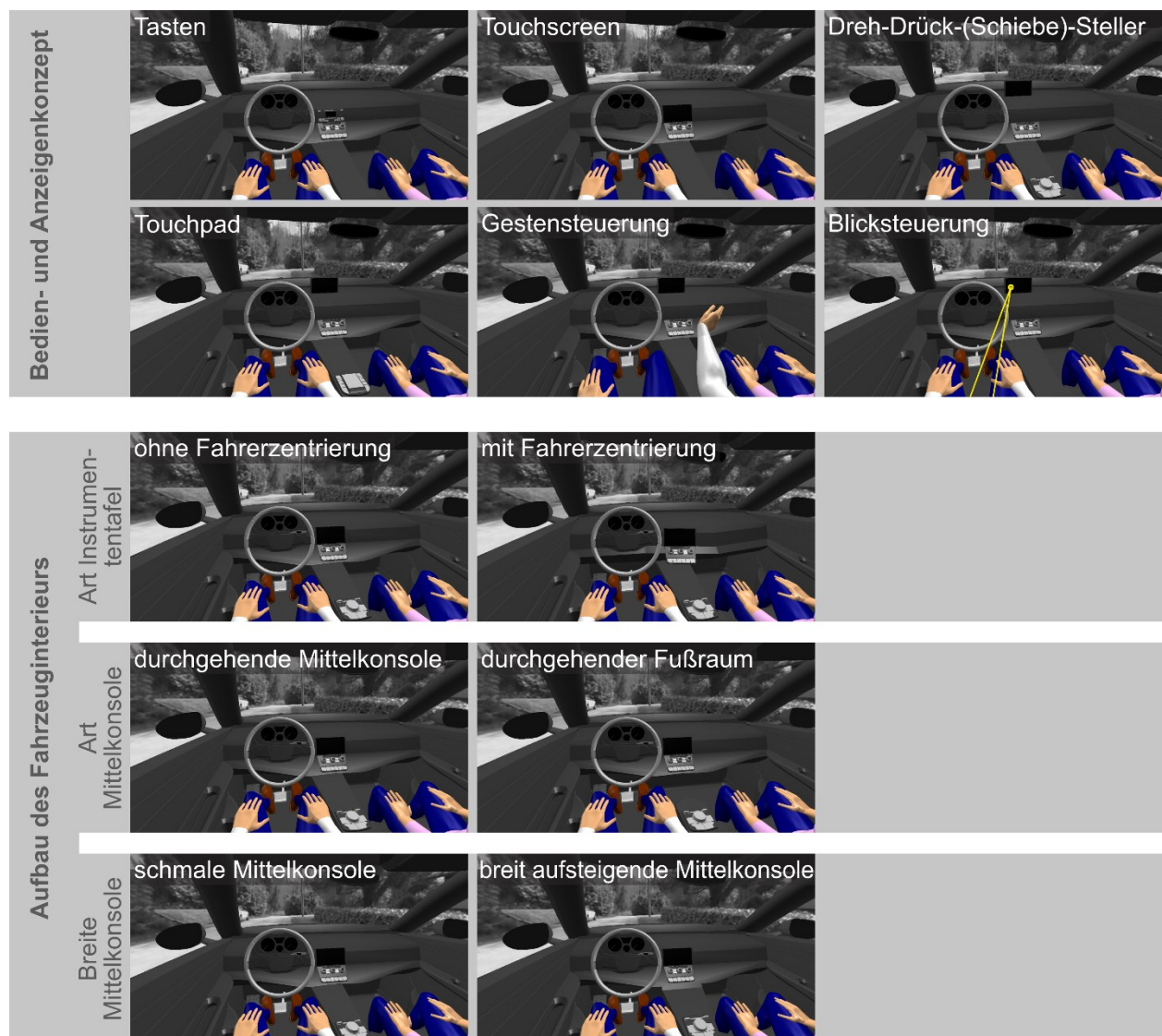


Bild 5.18: Übersicht der Reizmuster der ergänzenden Befragung (Teil 1/2)

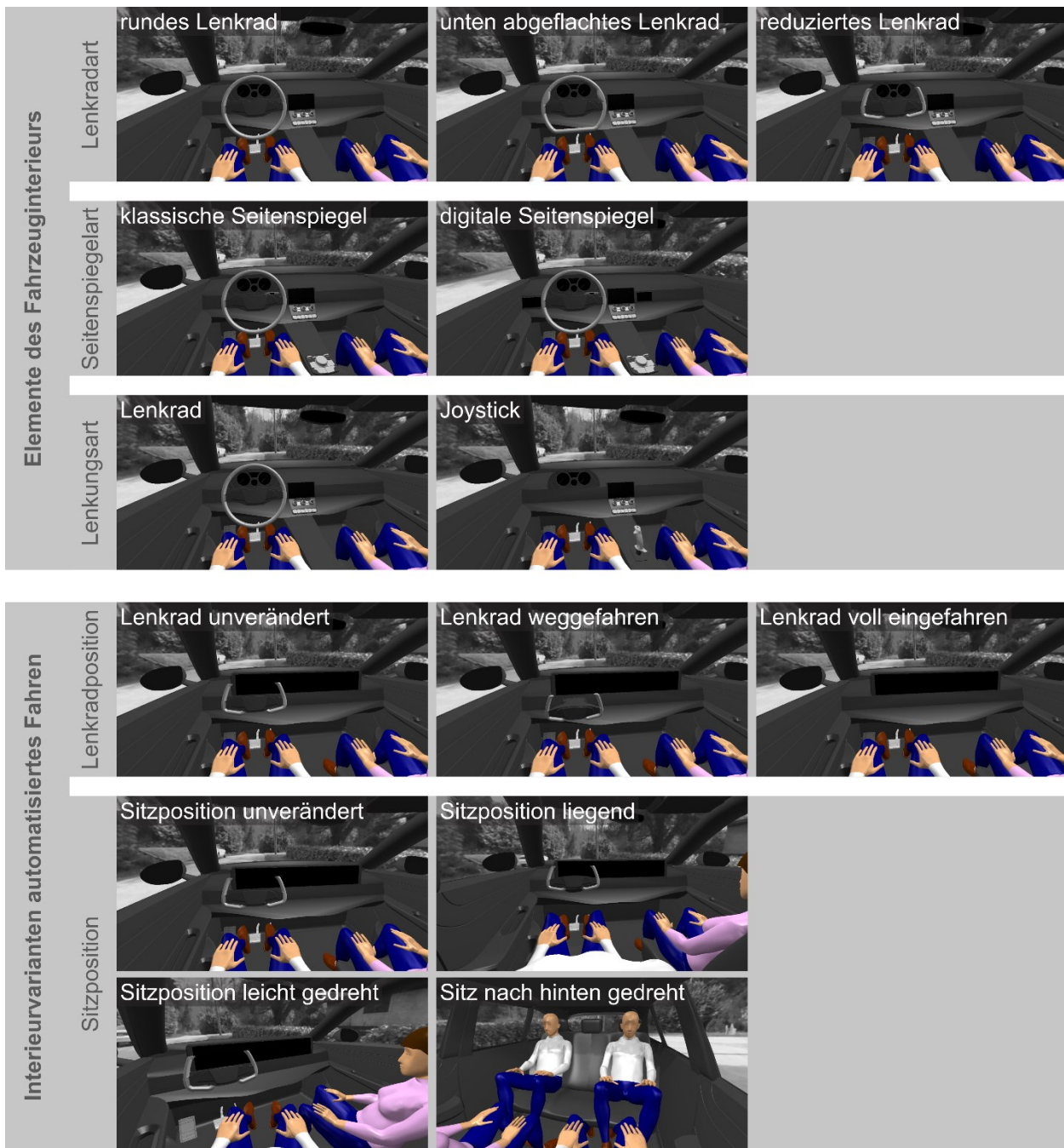
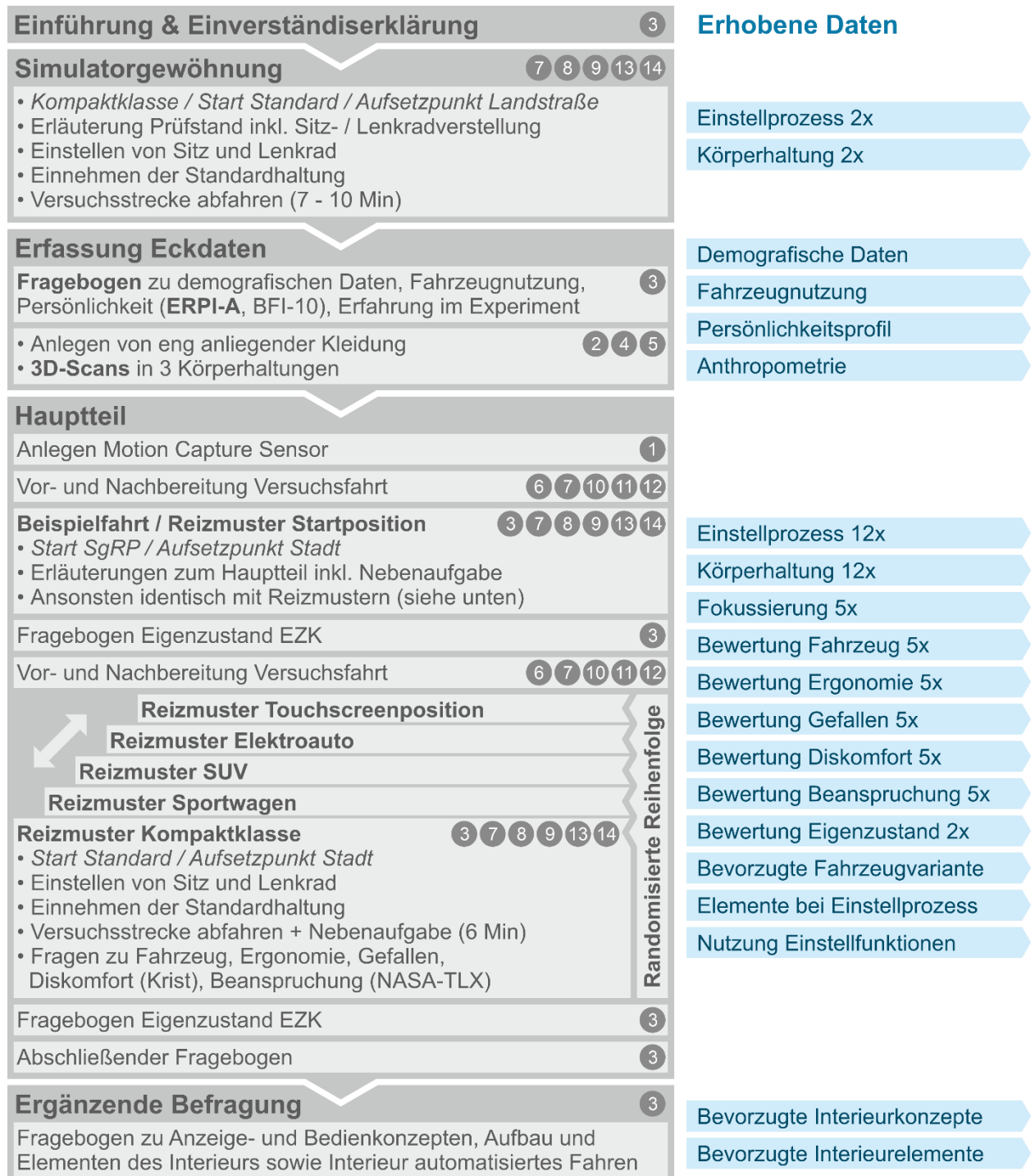


Bild 5.18: Übersicht der Reizmuster der ergänzenden Befragung (Teil 2/2)

Das **automatisierte Fahren** wird die Nutzung des Fahrzeuginnenraums und somit auch die Makroergonomie während der automatisierten Fahrt grundsätzlich verändern [vgl. FLEISCHER & CHEN 2020, S. 33]. Bei vollautomatisierter Fahrt (*high driving automation*) ist es nicht mehr notwendig, dass der Mensch als Rückfallebene zur Verfügung steht [SAE J3016, S. 19]. Daher können die Position des Lenkrads im entsprechenden Modus variiert und von der Fahrhaltung unabhängige Sitzpositionen eingenommen werden. Diesbezüglich werden drei Varianten der Lenkradposition und vier Varianten der Sitzposition für den paarweisen Vergleich herangezogen.

5.7 Versuchsablauf

In diesem Kapitel werden der Versuchsablauf (vgl. Bild 5.19) und der Versuchsaufbau erläutert (vgl. Bild 5.20). Die für den Versuch benötigten Elemente, Erweiterungen und Messinstrumente, inklusive deren Eignung für den Versuch, wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben.



(X) beteiligte Versuchselemente (vgl. Bild 5.20)

Bild 5.19: Versuchsablauf mit den wichtigsten erhobenen Daten

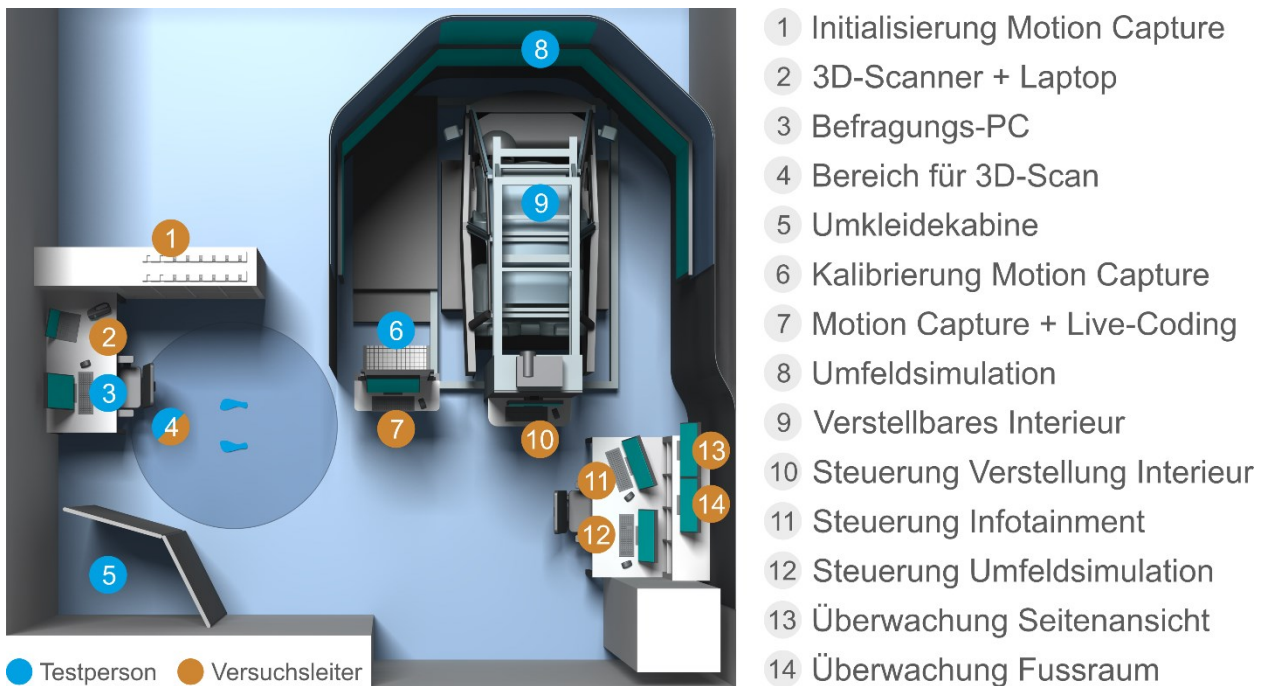


Bild 5.20: Versuchsaufbau

Der gesamte Versuchsablauf mit allen darin enthaltenen Messinstrumenten wird in einem Pretest mit drei Teilnehmenden (zwei männlich / eine weiblich) überprüft. Dabei zeigt sich, dass der gesamte Versuch hinsichtlich organisatorischem und zeitlichem Ablauf wie geplant durchführbar ist.

Bis auf die Begrüßung ist die gesamte Kommunikation zwischen Versuchsleiter und Teilnehmenden standardisiert. Wo möglich, werden schriftliche Anweisungen und Beschreibungen eingesetzt. Insbesondere die Erläuterungen zur Funktionsweise des FEPS, den Einstellmöglichkeiten und des Infotainments werden verbal anhand auswendig gelernter Formulierungen gegeben. Bei Unklarheiten dürfen die Teilnehmenden jederzeit Fragen stellen, wobei teilnehmerübergreifend auf eine konsistente Beantwortung der Fragen geachtet wird.

Der Versuch wird an einem Tag in zwei Stunden durchgeführt, damit der Aufwand für die Versuchspersonen vertretbar bleibt. Aufgrund dieser ökonomischen Versuchsdurchführung ist es nicht möglich, eine Simulatorgewöhnung (vgl. Kapitel 2.3.4) an einem separaten Tag durchzuführen. Folglich wird eine höhere Ausfallrate durch Motion Sickness erwartet [vgl. HOFFMANN & BULD 2006]. Um das Risiko zu minimieren, wird als Kompromiss der Abstand zwischen Simulatorgewöhnung (vgl. Kapitel 5.4) und Hauptteil maximiert, indem die Eingewöhnungsfahrt vor die Erfassung der Eckdaten geschoben wird. Zusätzlich verlassen die Testpersonen nach jeder Fahrt den Prüfstand und können den Frageteil auch als Erholungspause nutzen. Durch die abwechselnde Belastungsform sinkt die Leistungsfähigkeit der Teilnehmenden langsamer [SCHLICK ET AL. 2010, S. 204].

Tritt bei einer Testperson im Verlauf des Versuchs Motion Sickness in einer subjektiv schwächeren Form auf, wird der Versuch für die folgenden Reizmuster ohne das Abfahren der Strecke durchgeführt. Nach dem Einstellprozess von Sitz und Lenkrad müssen die Betroffenen als Alternative zur Fahrt eine kurze Aufgabe auf dem Touchscreen ausführen und werden gebeten, alle Stellteile auszuprobieren. Danach haben sie die Möglichkeit sich Sitz und Lenkradposition noch einmal anzupassen. Durch die fehlende Fahrt ist nur eine eingeschränkte Auswertung der gewonnenen Daten möglich.

Zur Erhöhung der Versuchseffizienz werden sowohl die Simulatorgewöhnung als auch die Beispielfahrt zur Datenerhebung genutzt. Bei der Simulatorgewöhnung werden der Einstellprozess und Teile der Körperhaltung aufgezeichnet. Mit der Beispielfahrt wird bereits das Reizmuster *Startposition* abgedeckt, das im weiteren Versuchsablauf nicht noch einmal dargestellt werden muss.

Neben der Erfassung der physischen Daten, dient die Beispielfahrt mit anschließendem Ausfüllen des Fragebogens der Sensibilisierung der Teilnehmenden für die Befragungsinhalte. Die Antworten der Befragung der Beispielfahrt werden dabei nicht in die Auswertung des Versuchs mit einbezogen. Durch die Sensibilisierung wissen die Versuchspersonen auf was sie bei den anschließenden Fahrten achten müssen, damit sie eine fundierte Bewertung abgeben können.

Zur Vermeidung des Primacy-Recency-Effekts [vgl. DÖRING & BORTZ 2016, S. 254], auch als Reihenfolgeeffekt bekannt, werden die Reizmuster in randomisierter Reihenfolge dargeboten. Das Reizmuster *Startposition* wird immer bei der Beispielfahrt verwendet. Die restlichen fünf Reizmuster lassen sich in 120 unterschiedlichen Reihenfolgen kombinieren. Anhand von Zufallszahlen wird jeder Testperson eine Kombinatorik zugewiesen. Dabei kommt keine Kombinatorik doppelt vor. Da der Versuch eine Zielgröße von 100 Teilnehmenden, die keine Motion Sickness Symptome aufweisen, hat, entspricht dies einer nahezu vollständigen Randomisierung.

Zur Verkürzung der Versuchsdauer führt der Versuchsleiter Vor- und Nachbereitungsaufgaben aus, wenn die Teilnehmenden mit Aufgaben an einem anderen System beschäftigt sind. Beispielsweise bereitet der Versuchsleiter die nächste Befragung vor, während die Versuchsperson sich im Simulator befindet. Parallel zur Befragung am PC stellt der Versuchsleiter am FEPS das nächste Reizmuster ein, fährt den Sitz in Referenzposition und startet das nächste Szenario in SILAB inkl. Wahl des Augpunkts. Die Vor- und Nachbereitung der Körperscans und die Vorbereitung der Motion Capture Sensoren erfolgt während sich die Teilnehmenden in der Umkleidekabine befinden.

5.8 Akquirierung von Teilnehmenden

Die Akquirierung von Teilnehmenden erfolgt mittels Aufrufen in sozialen Medien über die Hochschulkommunikation der Universität Stuttgart und das Studium Generale. Zusätzlich werden E-Mail-Verteiler verschiedener Fachschaften genutzt. Weitere Teilnehmende werden über die Mitarbeitenden des IKTD und Bekannte unter Nutzung des Schneeballprinzips akquiriert. Ebenso werden Teilnehmende früherer Studien im FEPS, die ihre Einwilligung zur Kontaktaufnahme gegeben haben, angeschrieben. Bei diesen ist die Verträglichkeit mit dem Simulator gewährleistet. Es wird eine Stichprobe von 100 Testpersonen ohne Motion Sickness Symptome angestrebt. Der Fokus liegt auf eher jüngeren Personen, da diese weniger von der Simulatorkrankheit betroffen sind [vgl. BITTNER ET AL. 1997, S. 1092]. Als Aufwandsentschädigung werden 10 € pro Teilnehmendem ausgezahlt.

6 Studie zum Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale

In diesem Kapitel werden die Stichprobe, die Anpassungen des Berechnungsverfahrens in RAMSIS und das Vorgehen bei der Versuchsauswertung beschrieben. Außerdem werden die Studienergebnisse vorgestellt und diskutiert sowie die Hypothesen überprüft. Dabei erfolgt sowohl eine separate Betrachtung der einzelnen Persönlichkeitsmerkmale als auch die Untersuchung aller Persönlichkeitsmerkmale im Kontext einer Typologie im Verbund. Für eine vereinfachte Lesbarkeit befindet sich im Anhang auf Seite 273 eine Ausklappseite mit Hinweisen, Abkürzungen und Symbolen für die Anwendungsstudie.

6.1 Stichprobe der Anwendungsstudie

Insgesamt haben 113 Testpersonen an dem Versuch teilgenommen. Davon konnten 13 Teilnehmende den Versuch aufgrund der Simulatorkrankheit nicht regulär beenden. Vier der 13 Personen zeigten dabei stärkere Symptome von Motion Sickness, sodass auch die Bewertung der Reizmuster ohne Fahrtätigkeit nicht möglich war. Alle 113 Testpersonen waren in der Lage die abschließende und ergänzende Befragung auszufüllen.

6.1.1 Soziodemografische Daten der Stichprobe

Die soziodemografischen Daten der Teilnehmenden sind in Tabelle 6.1 zusammengestellt. Zusätzliche Daten sind in Tabelle A.22 zu finden. Die Stichprobe ist im Vergleich zu der Stichprobe bei der Entwicklung von ERPI-A oder zur Gesamtbevölkerung relativ jung, hoch gebildet und hat einen hohen Männeranteil. Dies liegt daran, dass es sich bei dem Testkollektiv um eine Gelegenheitsstichprobe [vgl. DÖRING & BORTZ 2016, S. 305] handelt und die Personen zu einem großen Teil aus dem Umfeld der technischen Fakultäten der Universität Stuttgart stammen. Somit ist die Stichprobe zwar nur bedingt repräsentativ, bietet durch die Homogenität aber Vorteile hinsichtlich der benötigten Teilnehmendenanzahl [vgl. VOLLRATH 2015, S. 665]. Zusätzlich senkt die relativ junge Stichprobe das Risiko für Ausfälle durch die Simulatorkrankheit [vgl. BITTNER ET AL. 1997, S. 1092].

| Merkmal | Ausprägung | % | Merkmal | Einheit | M ± SD | Min | Max |
|--|------------------|------|---------------|----------------------|-------------|-------|-------|
| Geschlecht | männlich | 71,7 | Alter | [Jahre] | 29,7 ± 10,2 | 18 | 65 |
| | weiblich | 28,3 | Körpergröße | [cm] | 177,7 ± 8,5 | 156,9 | 198,1 |
| Bildungsabschluss (nur 3 größte Gruppen) | Universität | 57,5 | Körpergröße m | [cm] | 181,3 ± 6,4 | 168,5 | 198,1 |
| | Gymnasium | 24,8 | Körpergröße w | [cm] | 168,7 ± 6,3 | 156,9 | 180,4 |
| | Fachhochschule | 9,7 | Körpergewicht | [kg] | 77,2 ± 15,6 | 47,9 | 140,0 |
| Beruf (nur 3 größte Gruppen) | Student/in | 46,0 | BMI | [kg/m ²] | 24,3 ± 4,3 | 17,4 | 47,5 |
| | Angestellte/r | 43,4 | | | | | |
| | Selbstständige/r | 4,4 | | | | | |

N = 113

Tabelle 6.1: Soziodemografische und anthropometrische Daten

6.1.2 Anthropometrie der Stichprobe

Für eine Studie mit dem Fokus auf die Makroergonomie ist es besonders wichtig, dass eine große Bandbreite hinsichtlich der Anthropometrie abgedeckt wird (vgl. Tabelle 6.1). Bei der gegebenen Stichprobe reicht die Bandbreite bei den Frauen vom 7. bis zum 95. Perzentil und bei den Männern vom 6. bis zum 98. Perzentil bezogen auf die Datenbank [SizeGERMANY 2020], Bezugsjahr 2018 und Altersgruppe 18 - 70 Jahre. Somit wird die gesamte relevante Bandbreite für beide Geschlechter abgedeckt (vgl. Bild 6.1).

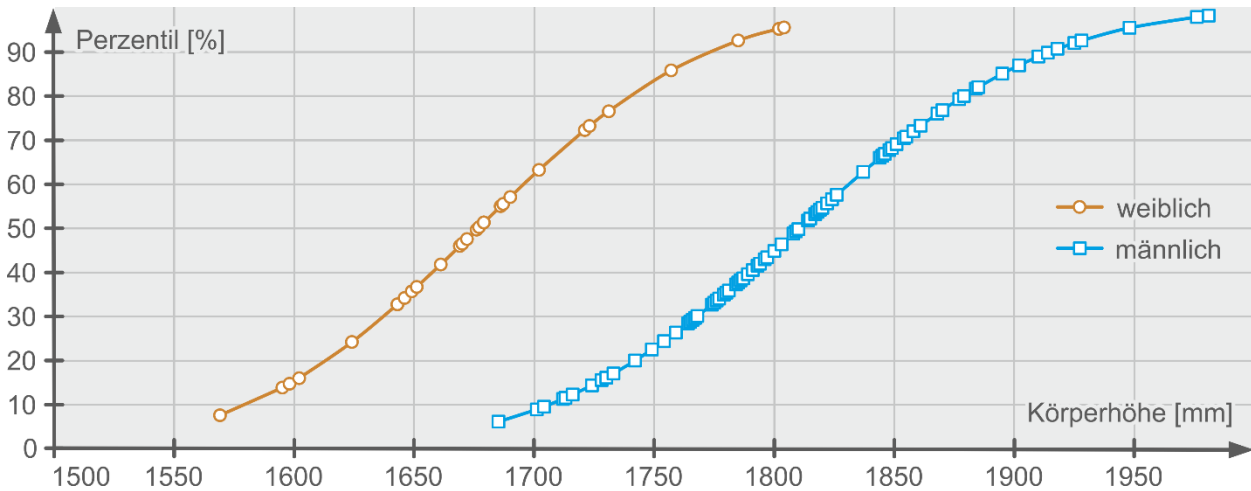


Bild 6.1: Verteilung der Teilnehmenden hinsichtlich der Körperhöhe

6.1.3 Fahrzeugnutzung der Stichprobe

Neben den soziodemografischen Daten hat die Fahrzeugnutzung (vgl. Tabelle 6.2) eine hohe Bedeutung für diese Studie. Der Großteil der Testpersonen ist an das Fahren von Limousinen, im Versuch vertreten durch die Kompaktklasse, gewöhnt. 22,1 % der Versuchspersonen fahren regelmäßig (mindestens 1 mal / Woche) mit fremden Fahrzeugen und sind dementsprechend an unterschiedliche Fahrzeuge gewöhnt.

| Merkmal | Ausprägung | % |
|---|------------------|-------------|
| Autobesitz | ja | 60,2 |
| | Mitbenutzung | 29,2 |
| | nein | 10,6 |
| Fahrfähigkeit gesamt fremde Autos | täglich | 23,9 2,7 |
| | mehrmals / Woche | 41,6 9,7 |
| | 1 mal / Woche | 12,4 9,7 |
| | gelegentlich | 14,2 55,8 |
| | selten | 6,2 19,5 |
| | nie | 1,8 2,7 |

| Merkmal | Ausprägung | % |
|-----------------------|------------|------|
| gewohntes Fahrzeug | Limousine | 80,5 |
| | SUV | 17,7 |
| | Sport | 1,8 |

| Merkmal | Einheit | M ± SD | Min | Max |
|---------------------------|-----------|-------------|-----|-----|
| Führerschein ¹ | [Jahre] | 12,0 ± 9,8 | 1 | 46 |
| Fahrleistung ² | [1000 km] | 13,0 ± 12,2 | 0 | 80 |

¹seit ²pro Jahr

N = 113

Tabelle 6.2: Allgemeine Daten zur Fahrzeugnutzung

Ergänzend zur hier dargestellten, durchschnittlichen Fahrzeugnutzung befinden sich in Tabelle A.23 Daten zu den meistgenutzten Fahrzeugen der Teilnehmenden.

6.1.4 Ergonomierelevante Persönlichkeitsmerkmale der Stichprobe

Die deskriptive Statistik für die ERPI-A Skalen befindet sich in Tabelle 6.3. Dabei wird der theoretische Wertebereich der meisten Skalen (0 - 24) durch die Testpersonen annähernd ausgenutzt. Die Mittelwerte und Mediane sind bei den meisten Skalen im Vergleich zur theoretischen Mitte leicht erhöht, nur für *Diskomfortempfindlichkeit* und *Aufwandsvermeidung* sind sie geringer. Für den Vergleich der Extremtypen (vgl. Kapitel 6.3.1) werden die Testpersonen je Skalen anhand der Skalenwerte in drei Gruppen eingeteilt. Die Grenzwerte werden so gewählt, dass die Gruppen annähernd gleich groß sind und die mittlere Gruppe (in Tabelle 6.3 nicht dargestellt) die kleinste Gruppe ist.

| ERPI-A Skala | Gesamtstichprobe (N = 113) | | | | | niedrige Ausprägung | | hohe Ausprägung | |
|---------------------------|----------------------------|-----|----|-----|-----|---------------------|--------------|-----------------|--------------|
| | M | SD | MD | Min | Max | N | Wertebereich | N | Wertebereich |
| Fahrspaß | 14,9 | 5,1 | 16 | 1 | 24 | 38 | 1 - 12 | 42 | 18 - 24 |
| Sicherheitsbedürfnis | 13,9 | 4,1 | 14 | 5 | 23 | 44 | 5 - 12 | 42 | 16 - 23 |
| Komfortaffinität | 15,0 | 4,1 | 16 | 3 | 23 | 41 | 3 - 14 | 46 | 17 - 23 |
| Diskomfortempfindlichkeit | 8,9 | 4,5 | 9 | 1 | 20 | 40 | 1 - 6 | 39 | 12 - 20 |
| Infotainmentorientierung | 12,6 | 5,0 | 13 | 0 | 24 | 44 | 0 - 10 | 38 | 16 - 24 |
| Gewohnheit | 13,6 | 3,9 | 13 | 4 | 22 | 38 | 4 - 11 | 40 | 16 - 22 |
| Ergonomiebewusstsein | 13,9 | 3,8 | 14 | 5 | 23 | 39 | 5 - 12 | 42 | 16 - 23 |
| Aufwandsvermeidung | 10,1 | 4,7 | 9 | 1 | 22 | 38 | 1 - 7 | 48 | 11 - 22 |

Tabelle 6.3: Deskriptive Statistik und Gruppeneinteilung der ERPI-A Skalen

In Tabelle 6.4 sind die Korrelationen zwischen den ERPI-A Skalen für die Stichprobe des Hauptversuchs aufgeführt. Wie bereits in Kapitel 4.3.4 aufgeführt, sind die Skalen nicht unabhängig voneinander. Nach COHEN [1988, S. 79 ff.] sind die Effektstärken der Korrelationen gering ($r > 0,1$) bis mittel ($r > 0,3$).

| ERPI-A | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|--------|---------------------|---------------------|--------------------|--------|----------|-------|-----------|----|
| FS | | | | | | | | |
| SB | -0,366*** | | | | | | | |
| KA | -0,319*** | 0,308*** | | | | | | |
| DE | -0,101 | 0,063 | 0,177 ^T | | | | | |
| IO | 0,397*** | -0,179 ^T | 0,198* | -0,009 | | | | |
| GE | -0,176 ^T | 0,286** | 0,196* | 0,207* | -0,119 | | | |
| EB | 0,111 | 0,290** | 0,139 | -0,011 | 0,074 | 0,024 | | |
| AV | -0,282** | -0,027 | 0,073 | 0,027 | -0,244** | 0,120 | -0,389*** | |

Pearson-Korrelation; N = 113; Signifikanzniveau (zweiseitig) ^T p < 0,1; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tabelle 6.4: Pearson-Korrelationen r zwischen den ERPI-A Skalen

6.2 Berechnungsverfahren in RAMSIS

Unterschiede zwischen realer Messung und RAMSIS sind im Idealfall unabhängig von Geschlecht und Anthropometrie (vgl. Kapitel 5.5.4). Daher erfolgt die finale Festlegung

des Vorgehens inklusive der Restriktionen in RAMSIS iterativ auf Basis der Messwerte aus dem Versuch.

Trotz des erfolgreichen Vorversuchs sind die Messdaten des Torsowinkels mittels Captiv häufig unplausibel und nicht systematisch nachvollziehbar. Stattdessen werden als Alternative die Werte der Lehneneigung mit dem Torsowinkel aus RAMSIS verglichen. Obwohl Lehneneigung und Torsowinkel nicht identisch sind [BUBB & GRÜNEN 2015, S. 375], liefert die Lehneneigung ein Indiz für die Torsoneigung.

Um von Geschlecht und Anthropometrie unabhängige Ergebnisse zu erzielen, werden auf Basis des Standardvorgehens [vgl. POMIERSKY ET AL. 2016] sechs verschiedene Vorgehen zur Positionierung der Manikins in RAMSIS NextGen mit dem gesamten Testkollektiv durchgeführt. Dabei werden die Auswahl der Restriktionen, die Parameter der Restriktionen, die Anzahl der Stufen bei der Positionierung, das Haltungsmodell, die Beweglichkeitsgrenzen und der H-Punkt-Offset inkl. Korpulenzanpassung variiert. Es wird darauf verzichtet, alle Varianten im Detail vorzustellen. Die Ergebnisse zur Abhängigkeit der Deltawerte des ausgewählten Vorgehens sind in Tabelle 6.5 dargestellt.

| Mittelwert Reizmuster | | H-Punkt X | H-Punkt Z | Torsoneigung W | Griffpunkt X | Griffpunkt Z | Augpunkt X | Augpunkt Z | Fersenkpunkt X | Fersenkpunkt Y |
|-----------------------|-----|--------------------|-----------|--------------------|--------------|--------------|-------------------|------------|--------------------|----------------|
| Geschlecht | d | -0,23 | 0,87** | -0,27 | -0,9*** | 1,07*** | -0,54** | 0,55** | 0,53* | -0,54* |
| Körperhöhe | m r | -0,20 ^T | -0,08 | -0,26* | -0,61*** | 0,31** | -0,36** | 0,33** | -0,19 ^T | -0,11 |
| | w r | -0,02 | 0,27 | -0,00 | -0,48** | 0,81*** | 0,13 | 0,44* | -0,39* | -0,11 |
| Stamm-länge | m r | -0,09 | 0,18 | -0,21 ^T | -0,42*** | 0,27* | -0,17 | 0,48*** | -0,24* | -0,00 |
| | w r | 0,06 | 0,44* | -0,07 | -0,19 | 0,63*** | 0,11 | 0,65*** | -0,26 | -0,02 |
| Taillen-umfang | m r | 0,29** | 0,08 | -0,02 | -0,10 | 0,08 | 0,19 ^T | 0,04 | 0,15 | -0,36** |
| | w r | 0,19 | 0,13 | -0,25 | -0,16 | 0,36* | 0,01 | 0,28 | -0,15 | -0,10 |

d = Cohens d, d>0 = m>w; r = Pearson-Korrelation; ^T p < 0,1; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tabelle 6.5: Abhängigkeit Deltawerte (Real - RAMSIS) von Geschlecht / Anthropometrie

Obwohl die Abhängigkeit der makroergonomischen Analysen von Geschlecht und Anthropometrie durch die Normierung mit keinem der analysierten Berechnungsverfahren vollständig eliminiert werden kann, ist die Normierung sinnvoll, da nur durch sie die Testpersonen miteinander vergleichbar sind.

In Tabelle 6.6 sind die final verwendeten Restriktionen zusammengefasst. Die Positionierung erfolgt einstufig. Als Haltungsmodell wird das *H30-Modell* verwendet. Je nach Reizmuster wird ein H30-Wert von 220 mm (Sportwagen), 280 mm (Kompaktklasse) oder 340 mm (SUV) gewählt. Weiterhin werden die Beweglichkeitsgrenzen von *Kapandji* voreingestellt. Da im FEPS ein Sitz von Mercedes verbaut ist, wird als H-Punkt-Offset *Mercedes* mit zusätzlicher *Korpulenzanpassung* verwendet. Der *PHPT* (H-Punkt) dient als Vorpositionierungspunkt.

| Restriktion | Komponente | Definition |
|----------------|--------------------------------------|--|
| Ziel | PHPT (H-Punkt) | Sitzverstellfeld |
| Ziel | Griffpunkt rechts | Lenkradverstellfeld recht |
| Ziel | Griffpunkt links | Lenkradverstellfeld links |
| Ziel | Hacke(m) / Hacke oben(w) rechter Fuß | Boden |
| Ziel | rechter mittlerer Ballenpunkt | Mittellinie 1/3 getretenes Gaspedal |
| Ziel | rechter äußerer Ballenpunkt | Ebene 1/3 getretenes Gaspedal |
| Ziel | rechter mittlerer Zehenpunkt | Ebene 1/3 getretenes Gaspedal |
| Ziel | Hacke(m) / Hacke oben(w) linker Fuß | Boden |
| Ziel | linker mittlerer Ballenpunkt | Fußstütze |
| Ziel | linker mittlerer Zehenpunkt | Fußstütze |
| Ziel | GAUM (Mittenaug) | Y0-Ebene |
| Grenzfläche | linker äußerer Zehenpunkt | rechts (> 0 mm) von Begrenzung Fußstütze |
| Grenzfläche | GAUM (Mittenaug) | oberhalb (> 30 mm) von Ebene Sichttangente |
| Grenzfläche | Kopfspitze | unterhalb (> 50 mm) von Dachhimmel |
| Greifart | rechte Hand | Greifen lose |
| Greifart | linke Hand | Greifen lose |
| Beckenrotation | Kippen seitlich und Rotation | fixiert auf 0 |
| Richtung | Tangente Sehstrahl | kollinear zu -6° (-0,95 0,00 -0,10) |

Tabelle 6.6: Im Hauptversuch verwendete Restriktionen in RAMSIS NextGen

6.3 Vorgehen bei der Versuchsauswertung der Anwendungsstudie

Das Vorgehen wird separat für den Einfluss der einzelnen Persönlichkeitsmerkmale sowie die Ableitung einer Typologie und anschließender Untersuchungen beschrieben.

6.3.1 Einfluss einzelner Persönlichkeitsmerkmale

Nach der Aufbereitung der Daten (vgl. Kapitel 5.5 und 5.6) in Excel 2016 und der Übertragung der Daten zu SPSS 25 erfolgt die eigentliche Auswertung.

Überprüfung Normalverteilung: Zur Überprüfung der Daten auf Normalverteilung werden Histogramme, Kolmogorov-Smirnov-Tests mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors und Shapiro-Wilk-Tests sowie die Werte für Schiefe und Kurtosis herangezogen. Sind Kolmogorov-Smirnov-Tests und Shapiro-Wilk-Tests nicht signifikant, sind die Daten normalverteilt. Allerdings werden beide Tests bei großen Stichproben bereits bei geringen Verletzungen signifikant [vgl. STEINSKOG ET AL. 2007]. Ein weiteres Indiz für eine Normalverteilung sind Schiefe-Werte kleiner 2 und Kurtosis-Werte kleiner 7 [WEST ET AL. 1995, S. 68]. Es wird nicht aufgrund eines einzelnen Ergebnisses, sondern auf Basis aller Analysen entschieden, ob Normalverteilung angenommen wird. Die Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung werden wegen des Umfangs nicht gesondert in dieser Arbeit aufgeführt. Entsprechend des Skalenniveaus und der Verteilung werden bei den folgenden Analysen Tests für parametrische oder nicht parametrische Daten verwendet.

Unterschiedsprüfung Extremtypen je ERPI-A Skala: Zunächst wird jedes Persönlichkeitsmerkmal für sich betrachtet und der gesonderte Einfluss auf die abhängigen Variablen wie Körperhaltung oder Gefallen ermittelt. Dazu wird je die Gruppe mit hoher Ausprägung der jeweiligen ERPI-A Skala mit der Gruppe mit niedriger Ausprägung (vgl. Tabelle 6.3) hinsichtlich der abhängigen Variablen verglichen. Für die Unterschiedsprüfung werden je nach Skalenniveau und Normalverteilung t-Tests, Mann-Whitney-U-Tests oder Chi-Quadrat-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt und die zugehörigen Effektstärken d , r , ϕ oder V berechnet. Um den Einfluss der *Gewohnheit* zu untersuchen und unterschiedliche Fahrzeugvarianten miteinander zu vergleichen, werden in diesen Fällen als abhängige Variable die Deltawerte der Varianten verwendet.

Für intervallskalierte und normalverteilte Daten werden t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. Dabei ist Varianzhomogenität eine Voraussetzung, die mittels Levene-Test überprüft wird. Bei Varianzheterogenität werden anstelle der Ergebnisse des t-Tests die Ergebnisse des Welch-Tests berichtet. Auf Basis von Stichprobengrößen, Mittelwerten und Standardabweichungen der beiden Gruppen wird die Effektstärke d berechnet. Diese ist nach COHEN [1988, S. 25 f.] für Werte $> 0,2$ klein, $> 0,5$ mittel und $> 0,8$ groß.

Für nicht normalverteilte und / oder ordinalskalierte Daten wird der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Er prüft anhand einer Rangbildung der abhängigen Variablen, ob sich die Gruppen signifikant unterscheiden. Da $N > 30$ ist, wird die asymptotische Signifikanz (2-seitig) verwendet. Die Effektstärke r wird aus dem z-Wert und der Stichprobengröße berechnet. Nach COHEN [1988, S. 79 ff.] ist die Effektstärke r für Werte $> 0,1$ klein, $> 0,3$ mittel und $> 0,5$ groß.

Sind die abhängigen Variablen nominalskaliert, wird der Chi-Quadrat-Test verwendet. Er überprüft anhand von Häufigkeitsverteilungen, ob die Variablen voneinander unabhängig sind und berechnet die asymptotische Signifikanz (2-seitig). Liegen erwartete Zellhäufigkeiten vor, die kleiner fünf sind, wird der exakte Test nach Fischer verwendet. Als Maß für die Effektstärke wird für 2x2 Kreuztabellen ϕ , ansonsten Cramers V berechnet. Sowohl ϕ als auch Cramers V sind nach COHEN [1988; zitiert nach ELLIS 2010, S. 41] für Werte $> 0,1$ klein, $> 0,3$ mittel und $> 0,5$ groß.

Aufgrund der Vielzahl an Tests werden unabhängig vom Testverfahren lediglich Mittelwerte oder Mediane, Signifikanzniveau ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) und Effektstärke berichtet, die dazugehörigen Teststatistiken werden nicht berichtet. Es kann vorkommen, dass die Alternativhypothese abgelehnt wird, obwohl sie eigentlich richtig ist. Gründe hierfür können eine geringe Stichprobengröße und daraus resultierend eine zu geringe Teststärke sein [FIELD 2018, S. 97ff]. Daher wird als zusätzliche Grenze $p < 0,1$ [vgl. ELLIS 2010, S. 85] als *tendenziell signifikant* verwendet. Das Signifikanzniveau gibt an, wie hoch

die Irrtumswahrscheinlichkeit ist, sagt aber nichts über die Bedeutsamkeit eines Effekts aus. Im Gegensatz zur Signifikanz sind Effektgrößen unabhängig von der Stichprobengröße. Um zu vermeiden, dass ein bedeutsamer Effekt nur aufgrund einer zunächst abgelehnten Alternativhypothese übersehen wird [vgl. ELLIS 2010, S. 33], werden die Effektstärken immer berichtet und ab einer geringen Effektstärke als *mögliche Tendenz* interpretiert. Die Ergebnisse werden meist in tabellarischer Form berichtet. Dabei wird das Signifikanzniveau gekennzeichnet und die Höhe der Effektstärke farblich betont. Für eine bessere Lesbarkeit der Ergebnisse befinden sich Erläuterungen zu den wichtigsten Abkürzungen, Symbole, Kennzeichnungen und Hervorhebungen auf einer Ausklappseite im Anhang auf Seite 273.

Schrittweise multiple Regression: Neben den solitären Unterschiedsprüfungen zwischen den Extremtypen werden die jeweils wichtigsten Prädiktoren für die abhängigen Variablen ermittelt. Dazu werden unter Berücksichtigung aller ERPI-A Skalen schrittweise multiple lineare Regressionen mit der Methode Backward Elimination berechnet. Durch die Regressionen wird erkennbar, welche ERPI-A Skalen für die Variation der abhängigen Variablen entscheidend sind. Als unabhängigen Variablen werden die acht ERPI-A Skalen verwendet, als abhängige Variable das jeweils zu betrachtende Kriterium, wie beispielsweise Sitzposition oder Reaktionsgeschwindigkeit. Bei der Methode Backward Elimination werden zunächst alle unabhängigen Variablen in die Regression aufgenommen. Schrittweise wird dann immer die Variable entfernt, die den geringsten Beitrag, gemessen am Signifikanzwert, liefert. Es werden alle unabhängigen Variablen ausgeschlossen, die keinen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die abhängige Variable haben. Nach BORTZ & SCHUSTER [2010, S. 358] wird das schrittweise Vorgehen vor allem zur Erkundung, weniger zur Überprüfung von Hypothesen empfohlen. Aufgrund des explorativen Charakters der Studie bietet sich die Verwendung der Methode hier trotzdem an. Es wird vorab die Annahme getroffen, dass alle ERPI-A Skalen einen Einfluss auf die abhängigen Variablen haben. Als Bestimmtheitsmaß wird das korrigierte R-Quadrat angegeben. Dieses berücksichtigt die Anzahl der unabhängigen Variablen und beschreibt, inwieweit die Streuung der abhängigen Variable durch die unabhängigen Variablen erklärt werden kann. Nach COHEN [1988; zitiert nach ELLIS 2010, S. 41] entspricht $R^2 > 0,02$ einer kleinen, $R^2 > 0,13$ einer mittleren und $R^2 > 0,26$ einer großen Effektgröße. Die Ergebnisse der Anovas, die das gesamte Modell auf Signifikanz testen, werden zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht separat angegeben. Liegt ein signifikantes Gesamtmodell vor, werden die standardisierten Koeffizienten der signifikanten, unabhängigen Variablen berichtet. Zusätzlich werden unabhängige Variablen mit $p < 0,1$ als Tendenz ohne exakte Koeffizienten angegeben. In die Berechnung des korrigierten R-Quadrats

werden nur die signifikanten Variablen mit einbezogen. Für eine übersichtliche Darstellung werden die Ergebnisse von mehreren multiplen Regressionen, bei denen die abhängigen Variablen thematisch zusammengehörig sind, in einem einzigen Diagramm zusammengefasst. Hierbei ist zu beachten, dass es sich um unabhängige multiple Regressionen handelt und mögliche Wechselwirkungen zwischen den abhängigen Variablen nicht berücksichtigt werden.

Für binäre abhängige Variablen wird eine logistische Regressionsanalyse mit Rückwärtselimination auf Basis des Likelihood-Quotienten durchgeführt. Es wird geprüft, ob das Gesamtmodell, die Regressionskoeffizienten und die Odds Ratios ($\text{Exp}(B)$) signifikant sind. Bei signifikantem Gesamtmodell werden Nagelkerkes R-Quadrat und die signifikanten Koeffizienten berichtet. Zur Interpretation des Einflusses wird in den Pfeilen der Wert $\text{Exp}(B) - 1$ angegeben. Dieser Wert entspricht der relativen Wahrscheinlichkeit.

6.3.2 Untersuchungen zur Bildung einer Typologie

Zur Ableitung einer Typologie wird eine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt. Diese hat nur geringe Voraussetzungen [vgl. WIEDENBECK & ZÜLL 2010, S. 541 f.]. Der Datensatz darf keine fehlenden Werte in den Klassifikations-Variablen aufweisen und das Skalenniveau der Variablen sollte auf dem gleichen Niveau sein. Als Klassifikations-Variablen werden die acht ERPI-A Skalen herangezogen [vgl. ADEL T ET AL. 1999, S. 18].

Im ersten Schritt werden Testpersonen entfernt, die sich zu stark von den anderen unterscheiden. Dafür bietet sich nach BACKHAUS ET AL. [2016, S. 483] eine Clusteranalyse nach dem Single-Linkage-Verfahren an. Als Proximitätsmaß wird die quadrierte euklidische Distanz [EBD., S. 469] verwendet. Bei dem Verfahren werden schrittweise diejenigen Cluster zusammengefasst, welche den geringsten Einzelabstand zueinander aufweisen. Dadurch sind die Testpersonen, die am Ende einzeln zu dem Gesamtcluster hinzugefügt werden, als Ausreißer im Dendrogramm erkennbar.

Anschließend wird die eigentliche Clusteranalyse mit dem Ward-Verfahren [vgl. BACKHAUS ET AL. 2016, S. 484] durchgeführt. Beim Ward-Verfahren werden immer die Cluster zusammengefasst, bei denen durch die Zusammenführung die Varianz innerhalb des Clusters am wenigsten erhöht wird. Dadurch werden homogene Untergruppen mit möglichst kleiner Varianz je Untergruppe erzielt. Als Distanzmaß wird die quadrierte euklidische Distanz verwendet.

Es gibt unterschiedliche Methoden zur Bestimmung der Anzahl an Clustern. Ein weit verbreitetes Verfahren ist das Elbow-Kriterium [vgl. BACKHAUS ET AL. 2016, S. 495]. Bei diesem wird als Entscheidungshilfe ein Sprung in der Zunahme der Heterogenität identifiziert. Besonders anschaulich gelingt dies indem der Koeffizientensprung (Zunahme des

Koeffizienten im Vergleich zum vorherigen Cluster) aufgetragen wird [vgl. BORTZ & SCHUSTER 2010, S. 464]. Die Heterogenität kann auch im Dendrogramm abgelesen werden. Letztendlich muss die Bestimmung der Anzahl an Clustern nach inhaltlichen Überlegungen erfolgen.

Für die erste Beschreibung der Cluster werden die Mittelwerte der ERPI-A Skalen herangezogen. Auf Basis der Skalen mit sehr hoher und sehr niedriger Ausprägung im Vergleich zum Mittelwert der Gesamtstichprobe erfolgt eine charakterbeschreibende Benennung der Cluster. Um ein genaueres Bild der Cluster zu erhalten, werden die soziodemografischen und Fahrzeugnutzungsdaten als Deskriptions-Variablen verwendet [vgl. ADEL T ET AL. 1999, S. 18]. Zusätzlich erfolgt die interferenzstatistische Auswertung entsprechend den Hypothesen H5 - H9 und korrespondierend zu den Analysen zur Ermittlung des Einflusses der einzelnen Persönlichkeitsmerkmale.

Obwohl die meisten Daten intervallskaliert sind, werden für die Unterschiedsprüfung zwischen den Clustern keine ANOVAs verwendet, da diese nach FIELD [2018, S. 536 f.] gegenüber der Verletzung der Voraussetzungen wie Normalverteilung, Varianzhomogenität und unterschiedlichen Gruppengrößen weniger robust sind als von vielen Forschenden angenommen. Stattdessen empfiehlt FIELD [2018, S. 537] die Verwendung der robusten Welch-ANOVA oder des nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Tests. Aufgrund der geringen und zudem unterschiedlichen Gruppengrößen wird sowohl für intervall- als auch für ordinalskalierte Daten der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt. Dieser hat keine besonderen Voraussetzungen und vergleicht die Gruppen anhand ihrer Ränge. Bei tendenziell signifikantem Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,1$) werden als Post-hoc-Tests paarweise Vergleiche mit Dunn-Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Als Effektstärke wird r aus dem z -Wert und der Stichprobengröße berechnet. Nach COHEN [1988, S. 79 ff.] ist der Effekt für $r > 0,1$ klein, $r > 0,3$ mittel und $r > 0,5$ groß. Aufgrund der Übersichtlichkeit wird r nur für zumindest tendenziell signifikante Post-hoc-Tests angegeben. Da durch die geringen Gruppengrößen keine Normalverteilung angenommen werden kann, werden auch für intervallskalierte Daten die Mediane und nicht die Mittelwerte angegeben.

Bei nominalskalierten Daten wird der Chi-Quadrat-Test verwendet. Bei Zellhäufigkeiten kleiner fünf wird der exakte Test nach Fischer berechnet. Als Maß für die Effektstärke wird Cramers V angegeben. Nach COHEN [1988; zitiert nach ELLIS 2010, S. 41] ist der Effekt bei $V > 0,1$ klein, $V > 0,3$ mittel und $V > 0,5$ groß.

Für eine schnelle Erfassung der Ergebnisse erfolgt eine farbliche Kennzeichnung von Signifikanzniveau und Effektstärke. Zusätzlich werden bei signifikanten Post-hoc-Tests die Mediane der Gruppen, die sich signifikant unterscheiden, entsprechend der Effektstärke farblich hervorgehoben.

6.4 Ergebnisse der Anwendungsstudie

In diesem Kapitel werden sowohl die Ergebnisse der Anwendungsstudie hinsichtlich der einzelnen ERPI-A Skalen als auch der Typologie zusammengefasst. Für die abhängigen Variablen einer Kategorie werden jeweils nacheinander die Vergleiche der Extremtypen, die multiplen Regressionen und der Clustervergleich betrachtet. Aufgrund der Vielzahl an Analysen werden hier nur die wichtigsten Ergebnisse in kompakter Weise aufgeführt.

6.4.1 Typologie

Die Voraussetzungen für eine Clusteranalyse sind erfüllt, da bei den ERPI-A Skalen, die als Klassifikations-Variablen eingesetzt werden, keine fehlenden Werte vorhanden sind und die Skalen das gleiche Niveau besitzen. Im ersten Schritt werden drei Testpersonen als Ausreißer identifiziert und entfernt.

Die hierarchische Clusteranalyse nach Ward-Verfahren liefert das in Bild 6.2 dargestellte Dendrogramm und Koeffizientensprung-Diagramm, die als Orientierung zur Auswahl der Anzahl an Clustern dienen. Der Koeffizientensprung legt eine Lösung mit fünf Clustern nahe. Weiterhin ist im Dendrogramm zu erkennen, dass bei Lösungen mit sieben oder mehr Clustern Gruppen entstehen, die zu klein (≤ 5 Personen) für weitere Analysen sind.

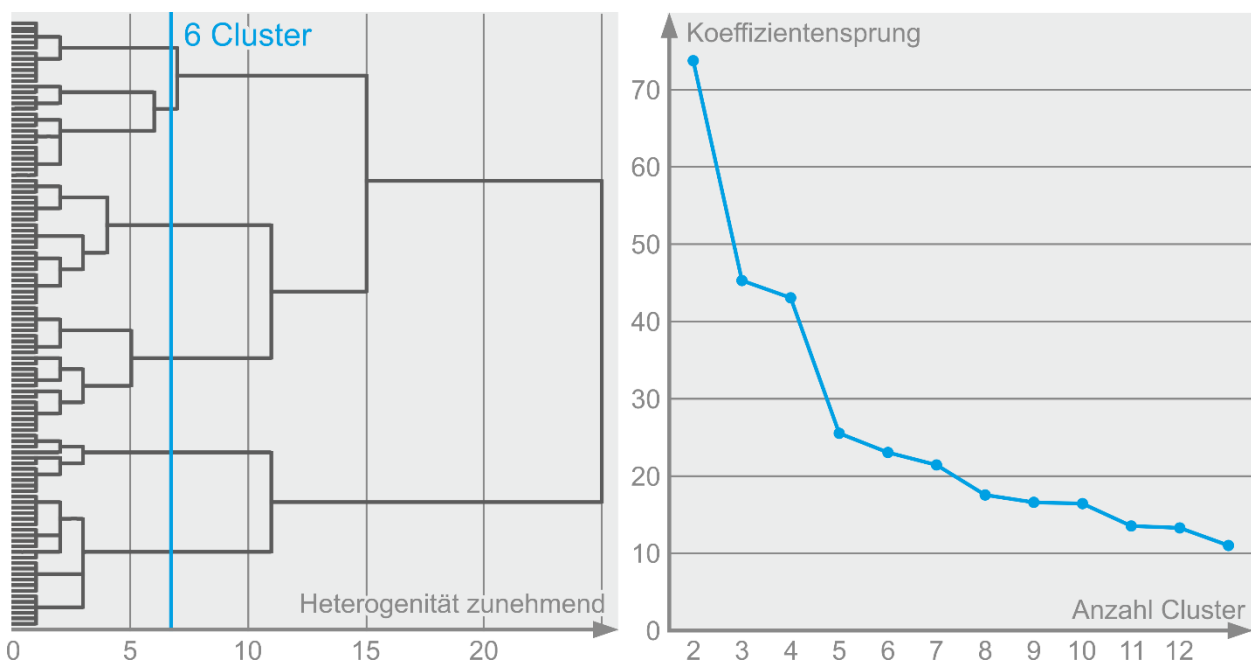


Bild 6.2: Dendrogramm mit Ward-Verknüpfung und Koeffizientensprung-Diagramm

Bei der inhaltlichen Analyse liefert die Variante mit sechs Clustern die beste sachlogische Lösung, da die Cluster voneinander abgrenzbar sind und die gebildeten Gruppen homogen sind. Lösungen mit fünf oder weniger Clustern scheiden aus, da sie Gruppen zusammenfassen, die sich stark hinsichtlich der Skalenausprägung, beispielsweise bei

Fahrspaß, *Diskomfortempfindlichkeit* und *Infotainmentorientierung*, unterscheiden. Letztendlich wird die Lösung mit sechs Clustern weiterverfolgt.

In Bild 6.3 sind die auf den jeweiligen Mittelwerten der ERPI-A Skalen basierenden Wertepprofile der sechs Cluster *komfortorientiert Empfindliche*, *Fahrspaßfokussierte*, *bedenkenlos Infotainmentorientierte*, *Anspruchsvolle*, *sicherheitsbedürftige Ergonomen* und *Aufwandsvermeider* dargestellt. Zusätzlich sind die Mittelwerte der Gesamtstichprobe und die Gruppengrößen bei der Stichprobe der Anwendungsstudie gegeben.

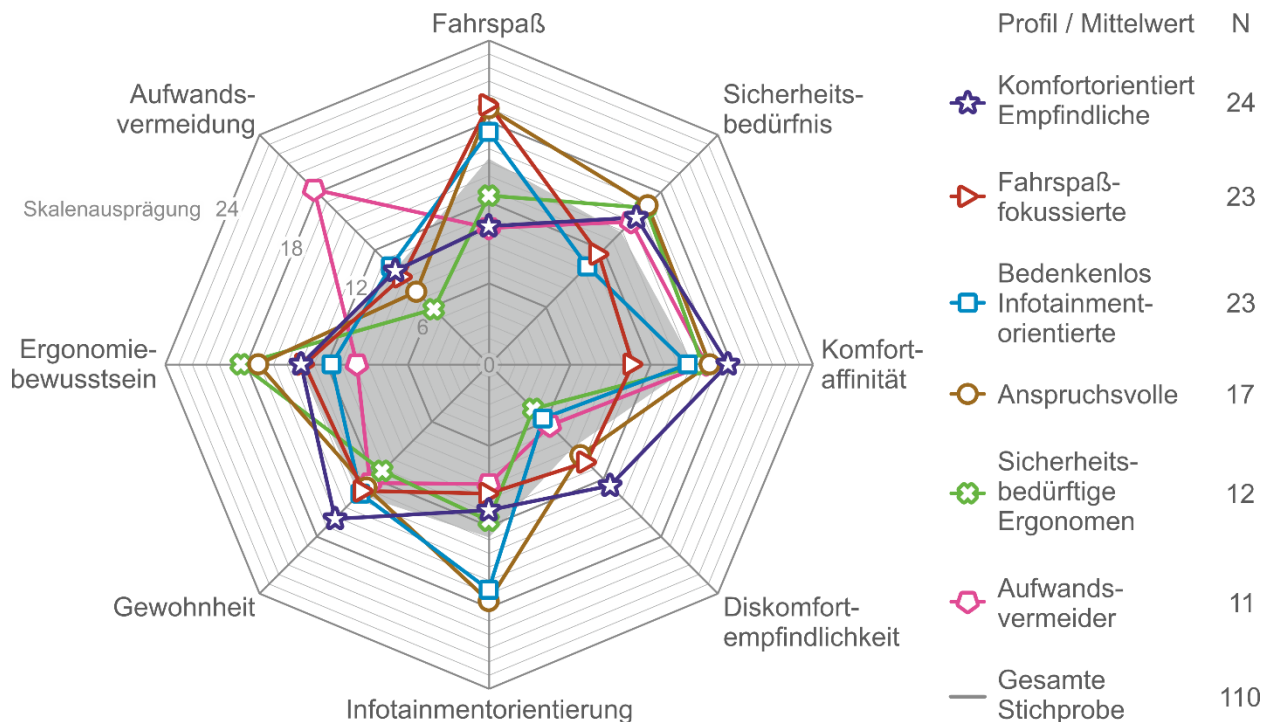


Bild 6.3: Vergleich der Cluster anhand der Mittelwerte der ERPI-A Skalen

Die *komfortorientiert Empfindlichen* haben eine sehr hohe Ausprägung bei *Diskomfortempfindlichkeit*, *Komfortaffinität* und *Gewohnheit* sowie eine sehr niedrige Ausprägung des *Fahrspaßes*. Die *Fahrspaßfokussierten* haben nur bei *Fahrspaß* eine sehr hohe Ausprägung, die restlichen ERPI-A Skalen sind mittel bis sehr niedrig ausgeprägt. Für die *bedenkenlos Infotainmentorientierten* ist eine sehr hohe Ausprägung der *Infotainmentorientierung* und eine sehr geringe Ausprägung des *Sicherheitsbedürfnisses* charakteristisch. Die *Anspruchsvollen* haben in den Skalen *Fahrspaß*, *Infotainmentorientierung*, *Ergonomiebewusstsein* und *Sicherheitsbedürfnis* eine sehr hohe Ausprägung und lediglich bei der *Aufwandsvermeidung* eine geringere Ausprägung. Für die *sicherheitsbedürftigen Ergonomen* sind eine sehr hohe Ausprägung bei *Ergonomiebewusstsein* und *Sicherheitsbedürfnis* sowie eine sehr niedrige Ausprägung bei *Aufwandsvermeidung* und *Diskomfortempfindlichkeit* typisch. Die *Aufwandsvermeider* haben nur bei der *Aufwandsvermeidung* eine sehr hohe Ausprägung und ansonsten mittlere bis sehr niedrige Ausprägungen.

6.4.2 Personenbezogene Einflüsse auf ERPI-A Ausprägungen

Vor der eigentlichen Auswertung des Versuchs soll aufgezeigt werden, wie die ERPI-A Skalen mit soziodemografischen, anthropometrischen und Fahrnutzungsdaten (hier: unabhängige Variablen) zusammenhängen. Diese Betrachtung ist für die spätere Interpretation der Ergebnisse hilfreich. Entsprechend des Vorgehens in Kapitel 6.3.1 und 6.3.2 werden die Auswirkungen der unabhängigen Variablen solitär, zusammen in einer linearen Regression und im Zuge des Clustervergleichs analysiert.

Für die Einzelbetrachtung sind in Tabelle 6.7 die Ergebnisse für einen t-Test für das Geschlecht und Korrelationen für die sonstigen Daten aufgeführt. Da sich Männer und Frauen hinsichtlich der Anthropometrie stark unterscheiden erfolgt die Analyse der anthropometrischen Daten nach Geschlechtern getrennt.

Die linearen Regressionen sind in Bild 6.4 dargestellt. Das Geschlecht ist dabei als Dummy-Variable codiert. Entsprechend weisen Männer bei positivem Regressionskoeffizienten (z. B. *Fahrspaß*) und Frauen bei negativem Regressionskoeffizienten (z. B. *Komfortaffinität*) eine höhere Skalenausprägung auf. Für die anderen Variablen zeigt das Vorzeichen des Regressionskoeffizienten, ob ein positiver oder negativer Zusammenhang zwischen unabhängiger und abhängiger Variable besteht. Erläuterungen zu der grafischen Darstellung werden im Anhang auf der Ausklappseite auf Seite 273 gegeben.

| ERPI-A Skalen | Geschlecht | Alter | Körperhöhe | | Stammlänge | | Taillenumfang | | Fahrleistung | Fahrhäufigkeit | |
|---------------|------------|--------------------|--------------------|--------|------------|--------|---------------|--------|----------------|---------------------|----------------|
| | | | m | w | m | w | m | w | | ges. | fremd |
| | d | r _s | r | r | r | r | r | r | r _s | r _s | r _s |
| FS | 0,85** | -0,125 | -0,029 | 0,016 | 0,040 | 0,117 | 0,058 | -0,122 | 0,297** | 0,273** | ,354** |
| SB | -0,61** | 0,157 ^T | -0,132 | -0,219 | -0,296** | -0,240 | 0,151 | 0,157 | -0,082 | 0,087 | -0,051 |
| KA | -0,43* | -0,100 | 0,007 | -0,106 | -0,032 | -0,216 | 0,091 | 0,278 | -0,251** | -0,158 ^T | -,233* |
| DE | 0,20 | -0,088 | 0,205 ^T | -0,003 | 0,131 | -0,084 | 0,074 | -0,137 | 0,052 | -0,060 | -,186* |
| IO | 0,21 | -0,095 | -0,026 | -0,049 | -0,055 | -0,037 | 0,184 | 0,086 | 0,154 | 0,130 | 0,049 |
| GE | -0,05 | 0,120 | 0,104 | -0,045 | -0,139 | 0,014 | 0,066 | -0,008 | -0,082 | 0,067 | -,294** |
| EB | -0,09 | 0,143 | -0,039 | -0,111 | -0,061 | 0,027 | 0,086 | -0,082 | 0,121 | 0,209* | ,206* |
| AV | -0,17 | 0,077 | -0,040 | 0,156 | 0,021 | -0,103 | -0,239* | 0,258 | -0,220** | -0,114 | -,232* |

d>0 = m>w; N = 113, N_m = 81, N_w = 32; ges.= gesamt

Tabelle 6.7: Zusammenhänge zw. personenbezogenen Daten und ERPI-A Skalen

Die Ergebnisse zeigen, dass Männer eine höhere Ausprägung für *Fahrspaß* sowie niedrigere Ausprägungen für *Sicherheitsbedürfnis* (nur Unterschiedsprüfung) und *Komfortaffinität* als Frauen aufweisen. Das Alter hat solitär betrachtet nur geringen Einfluss. So hängt ein höheres Alter tendenziell mit einem höheren *Sicherheitsbedürfnis* zusammen. Bei der Miteinbeziehung aller personenbezogenen Daten in den Regressionen liefert das Alter signifikante Erklärungsanteile. Mit steigendem Alter sinken die Werte von *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung*, die Werte für *Aufwandsvermeidung* steigen.

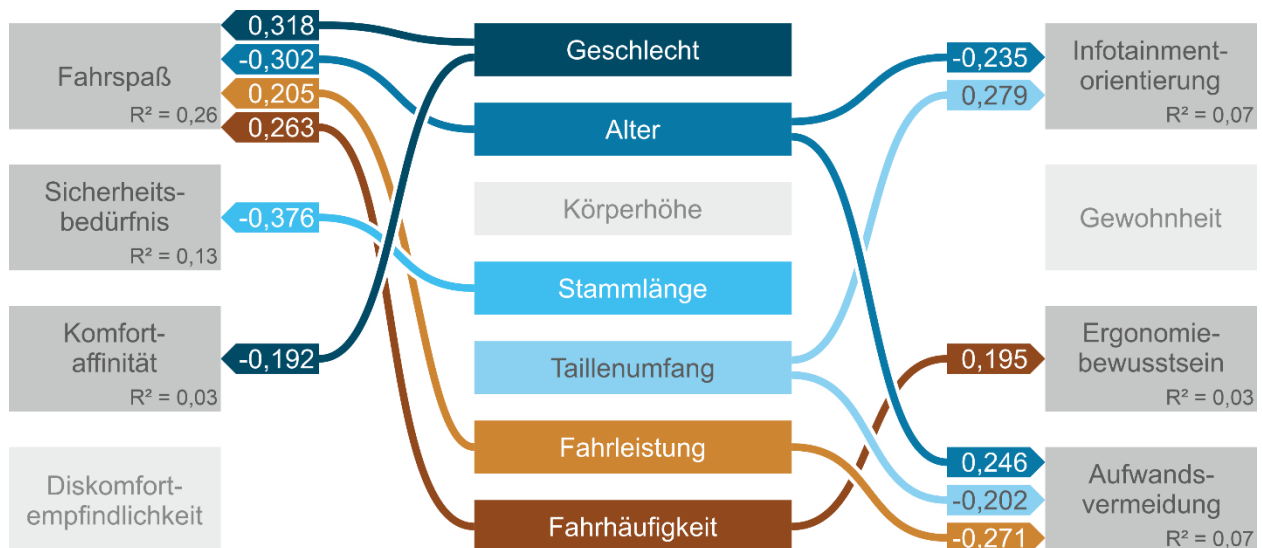


Bild 6.4: Multiple lineare Regressionen zw. personenbezogenen Daten u. ERPI-A Skalen

Die Auswirkungen der Variation der anthropometrischen Daten sind geringer als bei Geschlecht und Alter. Bei Männern korreliert die Körperhöhe tendenziell mit der *Diskomfortempfindlichkeit*. Zwischen der Stammlänge und dem *Sicherheitsbedürfnis* besteht ein signifikanter negativer Zusammenhang. Dementsprechend haben Personen mit einer kleinen Stammlänge ein höheres *Sicherheitsbedürfnis*. Taillenumfang und *Infotainmentorientierung* hängen positiv zusammen. Die Beziehung zwischen Taillenumfang und *Aufwandsvermeidung* ist nicht eindeutig. Während die Regression und die Korrelation für Männer eine signifikante negative Beziehung nahelegen, korreliert der Taillenumfang für Frauen positiv, wenn auch nicht signifikant.

Die Fahrzeugnutzung weist signifikante Zusammenhänge mit den meisten ERPI-A Skalen auf. Personen mit größeren jährlichen Fahrleistungen weisen höhere Werte für *Fahrspaß* und niedrigere Werte für *Komfortaffinität* (nur Korrelation) und *Aufwandsvermeidung* auf. Die Fahrhäufigkeit hängt positiv mit *Fahrspaß* und *Ergonomiebewusstsein* sowie negativ mit *Komfortaffinität* (nur Korrelation) zusammen. Die Fahrhäufigkeit mit fremden Autos korreliert entsprechend der gesamten Fahrhäufigkeit und zusätzlich negativ mit *Gewohnheit*, *Aufwandsvermeidung* und *Diskomfortempfindlichkeit*.

Die Ergebnisse des Clustervergleichs sind für das Geschlecht in Tabelle 6.8 und für die sonstigen personenbezogenen Daten in Tabelle 6.9 zusammengefasst.

| Geschlecht | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | Gesamt | p | V |
|--------------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| männlich [%] | 58,3 | 87,0 | 87,0 | 76,5 | 58,3 | 45,5 | 71,8 | 0,027 | 0,34 |

Tabelle 6.8: Geschlecht - Clustervergleich

Die Cluster unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Verteilung von Männern und Frauen. Die Cluster *Fahrspaßfokussierte* und *bedenkenlos Infotainmentorientierte* weisen den größten Männeranteil, die *Aufwandsvermeider* den größten Frauenanteil auf.

| Personenbezogene Daten | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|------------------|--------|----------------------|--------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Alter [Jahre] | 24,5 | 29,0 | 27,0 | 25,0 | 31,5 | 28,0 | 0,385 | | |
| Körperhöhe [mm] | 1791,5 | 1809,0 | 1802,0 | 1780,0 | 1746,5 | 1784,0 | 0,066 | | |
| Stammlänge [mm] | 919,5 | 950,0 | 943,0 | 930,0 | 910,5 | 901,0 | 0,036 | | |
| Taillenumfang [mm] | 819,5 | 835,0 | 836,0 | 884,0 | 847,5 | 799,0 | 0,728 | | |
| Fahrleistung [1000 km] | 5,0 | 15,0 | 10,0 | 15,0 | 13,5 | 3,0 | 0,024 | KoEm-FaFo | 0,40 ^T |
| Fahrhäufigkeit [0-5] | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 0,089 | KoEm-AnVo | 0,44 ^T |
| Fahrhäufigkeit fremde Autos [0-5] | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 ¹ | 2,0 | 2,0 ² | 0,003 | KoEm-FaFo | 0,40 ^T |
| | | | | | | | | KoEm-AnVo | 0,58 ^{**} |
| | | | | | | | | AuVe-AnVo | 0,52 ^T |

1: M(AnVo) = 2,76; 2: M(AuVe) = 1,82

Tabelle 6.9: Personenbezogene Daten - Clustervergleich

Hinsichtlich des Alters liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Clustern vor. Bei Körperhöhe und Stammlänge unterschieden sich die Cluster zwar statistisch, aber es liegen keine signifikanten Post-hoc Tests vor. Die Cluster FaFo und Beln weisen jeweils die größten Werte auf, die Cluster SiEr und AuVe die niedrigsten. Diese Verteilung entspricht der Geschlechtsverteilung.

Bei der Fahrzeugnutzung gibt es signifikante Unterschiede zwischen den *komfortorientiert Empfindlichen*, die am wenigsten Auto fahren, und den *Fahrspaßfokussierten* sowie den *Anspruchsvollen*, die am meisten Auto fahren.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Cluster decken sich weitgehend mit den Ausprägungen der ERPI-A Skalen der unterschiedlichen Cluster (vgl. Bild 6.3) und den jeweils korrespondierenden Ergebnissen für die einzelnen ERPI-A Skalen.

6.4.3 Körperhaltung

Die Ergebnisse bezüglich der durchschnittlichen Körperhaltung zu Fahrtbeginn über alle sieben Fahrten sind für die Vergleiche der Extremtypen grafisch aufbereitet in Bild 6.5 und für die multiplen Regressionen in Bild 6.6 dargestellt. Für das Verständnis der Ergebnisse ist es wichtig zu berücksichtigen, dass immer die Unterschiede zu RAMSIS und keine Absolutwerte betrachtet werden (vgl. Kapitel 5.5.4). Aufgrund der Vielzahl an Analysen sind die Ergebnisse in der gesamten Arbeit sehr kompakt dargestellt. Entsprechend werden in Bild 6.5 und den folgenden Ergebnisdarstellungen in diesem Kapitel nur die Mittelwerte angegeben sowie signifikante Unterschiede und Tendenzen auf Basis der Effektstärke kenntlich gemacht. Zur Veranschaulichung befindet sich in Tabelle 6.10 die vollständige Darstellung der t-Tests für die *Infotainmentorientierung* als Beispiel für die Herleitung der im Folgenden angegebenen Werte. Die Effektstärke, in Tabelle 6.10 in der letzten Spalte, wird entsprechend des jeweiligen Signifikanzwerts p gekennzeichnet.

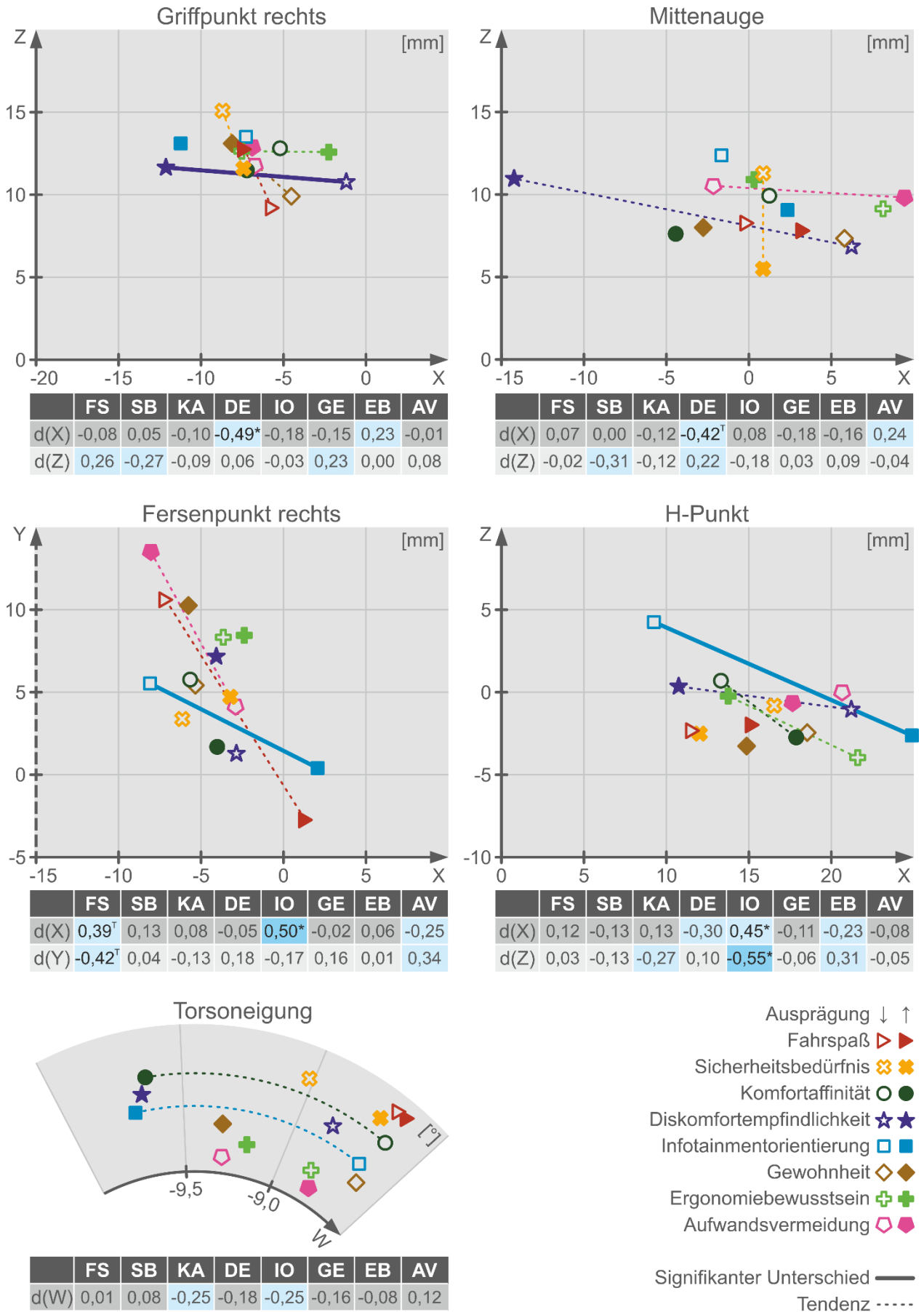


Bild 6.5: Durchschnittlichen Körperhaltung - Vergleich Extremtypen

| Durchschnittl. Körperhaltung | IO↑ | | IO↓ | | t-Test | | | |
|------------------------------|-----|--------|-----|--------|--------|----|--------|--------|
| | N | M [mm] | N | M [mm] | T | df | p | d |
| H-Punkt X | 38 | 24,90 | 44 | 9,23 | 2,035 | 80 | 0,045* | 0,45* |
| H-Punkt Z | 38 | -2,67 | 44 | 4,20 | -2,472 | 80 | 0,016* | -0,55* |
| Torsoneigung W | 38 | -9,71 | 44 | -8,67 | -1,109 | 80 | 0,271 | -0,25 |
| Griffpunkt X | 38 | -11,28 | 44 | -7,28 | -0,817 | 80 | 0,417 | -0,18 |
| Griffpunkt Z | 38 | 13,11 | 44 | 13,51 | -0,133 | 80 | 0,894 | -0,03 |
| Mittenaug X | 38 | 2,33 | 44 | -1,61 | 0,373 | 80 | 0,710 | 0,08 |
| Mittenaug Z | 38 | 9,07 | 44 | 12,38 | -0,817 | 80 | 0,416 | -0,18 |
| Fersenpunkt X | 38 | 2,07 | 44 | -8,10 | 2,242 | 80 | 0,028* | 0,50* |
| Fersenpunkt Y | 38 | 0,42 | 44 | 5,52 | -0,748 | 80 | 0,457 | -0,17 |

Tabelle 6.10: Vollständige Darstellung der t-Tests für Infotainmentorientierung

Die Ergebnisse des Extremgruppenvergleichs zeigen, dass die *Infotainmentorientierung* einen signifikanten Einfluss auf die Lage des H-Punkts hat. Personen mit einer hohen Ausprägung sitzen weiter hinten und tiefer. Gleichzeitig befindet sich der Fersenpunkt der oberen Extremgruppe signifikant weiter hinten und die Lehne steht tendenziell steiler.

Weiterhin hat die *Diskomfortempfindlichkeit* einen statistisch belegbaren Einfluss auf die Körperhaltung. Die Körperhaltung der oberen Extremgruppe ist generell nach vorne verlagert. Dabei ist der Unterschied der Extremgruppen für den Griffpunkt signifikant und für das Mittenaug tendenziell signifikant.

Die Ausprägung des *Fahrspaßes* hat tendenziell signifikante Auswirkungen auf den rechten Fersenpunkt. Die Extremgruppe mit hohen FS-Werten positioniert die Ferse weiter hinten und weiter links. Die restlichen ERPI-A Skalen weisen zwar Tendenzen auf Basis der Effektstärke auf, aber keine signifikanten Unterschiede.

Die multiplen linearen Regressionen bestätigen die Ergebnisse und zeigen, dass *Infotainmentorientierung* und *Fahrspaß* den größten Einfluss auf die Körperhaltung haben.

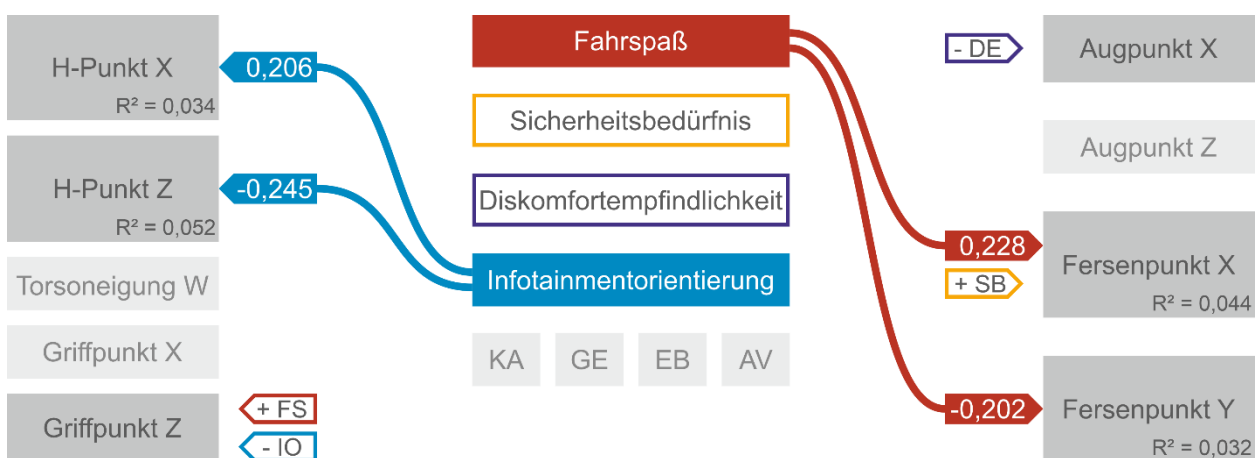
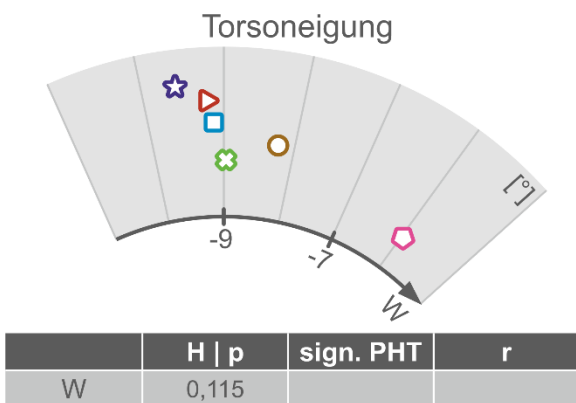
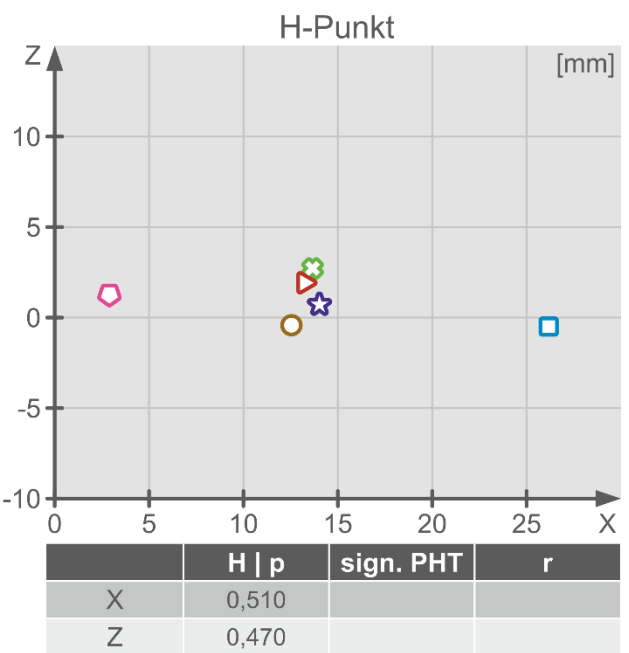
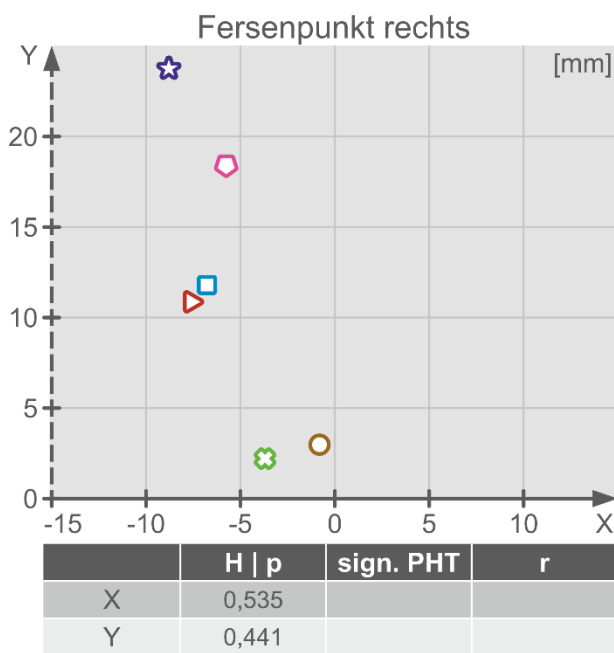
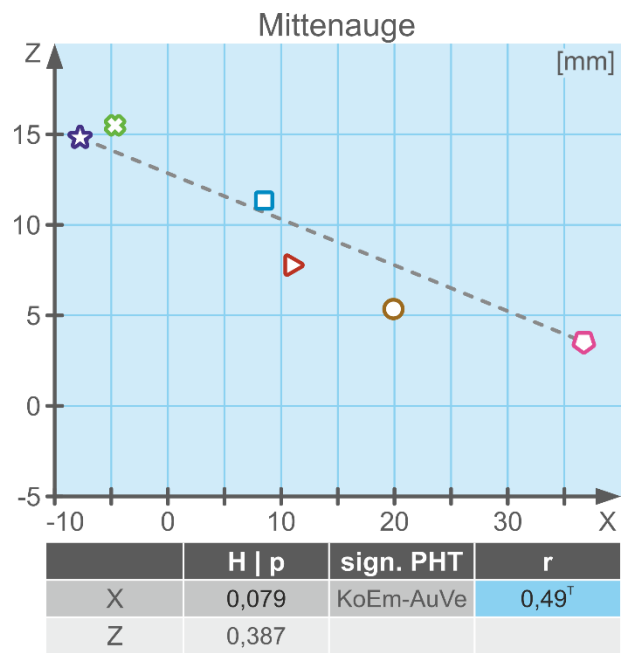
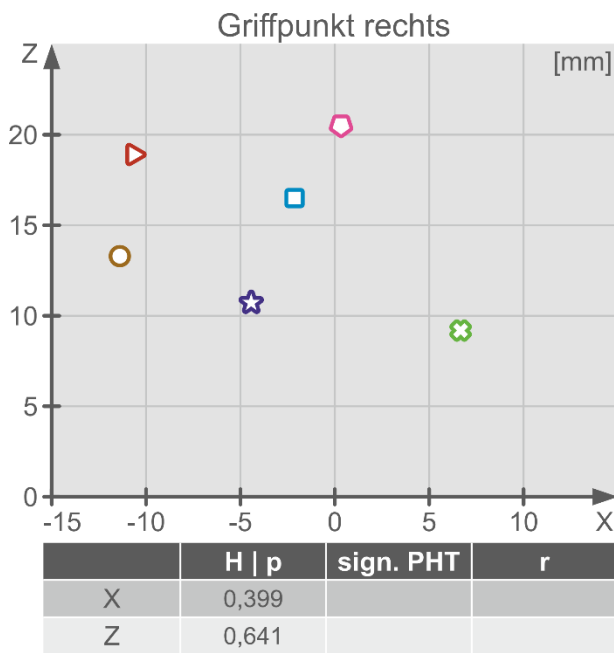


Bild 6.6: Durchschnittlichen Körperhaltung - multiple Regressionen

Der Clustervergleich bzgl. der durchschnittlichen Körperhaltung ist in Bild 6.7 dargestellt.



- Komfortorientiert Empfindliche ☆
- Fahrspaßfokussierte ▷
- Bedenkenlos Infotainmentorientierte □
- Anspruchsvolle ○
- Sicherheitsbedürftige Ergonomen ⊗
- Aufwandsvermeider ◇
- Signifikanter Kruskal-Wallis-Test ▒
- Signifikanter Post-Hoc-Test —
- Tendenz ...

H | p = Signifikanzwert aus dem H-Test
 sign. PHT = signifikanter Post-hoc-Test

Bild 6.7: Durchschnittliche Körperhaltung anhand der Mediane - Clustervergleich

Die aufgetragenen Punkte in Bild 6.7 entsprechen aufgrund der geringen Gruppengröße den Medianen und nicht den Mittelwerten (vgl. Kapitel 6.3.2). Die Mediane der Cluster unterscheiden sich teilweise sehr deutlich, doch nur für die Position des Mittenauges in X-Richtung wird der Kruskal-Wallis-Test tendenziell signifikant. Das Mittenaugen der *komfortorientiert Empfindlichen* ist signifikant weiter vorne als das der *Aufwandsvermeider*.

Neben der durchschnittlichen Körperhaltung werden auch Detailanalysen zu bestimmten Fragestellungen durchgeführt (vgl. Kapitel 5.2). Die *Gewohnheit* muss in Verbindung mit dem gewohnten Fahrzeugkonzept betrachtet werden. Dazu werden für jede Testperson anhand der Befragung das gewohnte Fahrzeug bestimmt und verschiedene Analysen mit den Reizmustern, die dem gewohnten und den ungewohnten Fahrzeugen entsprechen, durchgeführt. Beispielsweise wird das Delta des gewohnten Fahrzeugs zum Mittelwert der ungewohnten Fahrzeuge als abhängige Variable für eine Unterschiedsprüfung zwischen den Gruppen mit hoher und niedriger Ausprägung der *Gewohnheit* verwendet.

Die Ergebnisse in Tabelle 6.11 und weiterer Analysen zeigen, dass es hinsichtlich der Variation von gewohnten zu ungewohnten Fahrzeugen keine signifikanten Unterschiede der Körperhaltung zwischen den Gruppen mit hoher und niedriger *Gewohnheit* gibt. Ebenso gibt es zwischen den Clustern keine signifikanten Unterschiede.

| Delta (GEF - UGEF) | H-Punkt X [mm] | H-Punkt Z [mm] | Torso-neigung W [°] | Griff-punkt X [mm] | Griff-punkt Z [mm] | Aug-punkt X [mm] | Aug-punkt Z [mm] | Fersen-punkt X [mm] | Fersen-punkt Y [mm] |
|--------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| M(GE↑) | -3,49 | 2,92 | 0,27 | -2,04 | 2,22 | -1,05 | 2,21 | -0,21 | -0,72 |
| M(GE↓) | -5,48 | 5,03 | 0,67 | -3,26 | 1,88 | -2,86 | 0,29 | -1,32 | 3,73 |
| t d | 0,10 | -0,14 | -0,13 | 0,09 | 0,03 | 0,06 | 0,15 | 0,05 | -0,26 |

GEF = gewohntes Fahrzeug; UGEF = Mittelwert ungewohnte Fahrzeuge

Tabelle 6.11: Haltung in Abhängigkeit der Gewohnheit und dem gewohnten Fahrzeug

Der Einfluss der Touchscreenposition wird ebenfalls anhand der Delta-Werte analysiert. Als abhängige Variable wird das Delta zwischen den Reizmustern mit Touchscreenposition weiter hinten und weiter vorne in X-Richtung gebildet. Die Ergebnisse in Tabelle 6.12 zeigen, dass sich die Gruppe mit hoher und niedriger *Infotainmentorientierung* hinsichtlich ihrer Haltung tendenziell unterscheiden. Die Gruppe mit hoher IO richtet ihre Haltung dabei an der Position des Touchscreens aus. Bei einer Position des Touchscreens weiter hinten, setzen sie sich dementsprechend im Sitzverstellfeld weiter hinten hin. Damit sie in dieser Position das Gaspedal erreichen können, befindet sich ihr Fersenpunkt folglich weiter rechts. Der Clustervergleich liefert bezüglich des Einflusses der Touchscreenposition keine signifikanten Unterschiede zwischen den Clustern.

| Delta (TS+X - TS-X) | H-Punkt X [mm] | H-Punkt Z [mm] | Torso-neigung W [°] | Griff-punkt X [mm] | Griff-punkt Z [mm] | Aug-punkt X [mm] | Aug-punkt Z [mm] | Fersen-punkt X [mm] | Fersen-punkt Y [mm] |
|---------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| M(IO↑) | 6,24 | -0,35 | 0,22 | 3,17 | -1,05 | 9,86 | -0,65 | -5,58 | 9,77 |
| M(IO↓) | 1,07 | 1,95 | 0,70 | 2,76 | 0,14 | 1,94 | -0,75 | 0,06 | -7,78 |
| t d | 0,25 | -0,34 | -0,17 | 0,04 | -0,23 | 0,33 | 0,01 | -0,32 | 0,81*** |

TS+X = Touchscreen hinten in X-Richtung; TS-X = Touchscreen vorne in X-Richtung; Delta X = +

Tabelle 6.12: Haltung in Abhängigkeit von IO und Touchscreenposition

Neben der Körperhaltung zu Beginn wird auch die Anpassung der Haltung während der Fahrt untersucht. Die Gesamtanpassung entspricht dabei der Summe der Beträge aller Einzelanpassungen über sieben Fahrten hinweg. Bei den Einzelanpassungen wird die Richtung berücksichtigt. Die Ergebnisse des Extremgruppenvergleichs sind in Tabelle 6.13 und die Regressionen in Bild 6.8 dargestellt. Die Ergebnisse zur Anpassung von Sitz, Lehne und Lenkrad sind nicht dargestellt, da die meisten Testpersonen keine Einstellung während der Fahrt vornehmen (Sitz = 72,5 %; Lehne = 56,9 %; Lenkrad = 79,8 %). Dementsprechend sind alle Mediane 0, die Daten nicht normalverteilt und eine Interpretation der Mann-Whitney-U Tests nicht sinnvoll.

| Anpassung | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|--------------------|-------|--------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|
| Gesamt [] | M↑ | 77,40 | 64,52 | 64,15 | 70,93 | 82,30 | 66,06 | 70,69 | 72,95 |
| | M↓ | 70,33 | 76,79 | 73,56 | 60,20 | 71,98 | 68,23 | 67,31 | 68,70 |
| | t d | 0,20 | -0,32 | -0,28 | 0,31 | 0,28 | -0,06 | 0,10 | 0,12 |
| Augpunkt X [mm] | M↑ | -19,77 | -16,51 | -16,25 | -19,10 | -22,86 | -17,91 | -17,12 | -18,79 |
| | M↓ | -18,44 | -21,85 | -17,44 | -13,95 | -18,20 | -18,17 | -17,87 | -16,02 |
| | t d | -0,07 | 0,27 | 0,07 | -0,30 | -0,25 | 0,01 | 0,04 | -0,14 |
| Augpunkt Z [mm] | M↑ | -5,21 | -5,23 | -6,06 | -4,12 | -7,56 | -6,23 | -4,86 | -5,73 |
| | M↓ | -5,83 | -6,54 | -3,35 | -4,56 | -3,76 | -5,96 | -6,30 | -5,02 |
| | t d | 0,08 | 0,14 | -0,35 | 0,05 | -0,44 ^T | -0,03 | 0,16 | -0,08 |
| Fersenpunkt X [mm] | M↑ | 4,24 | 2,56 | 1,40 | 4,15 | 0,45 | 1,76 | 1,30 | 3,31 |
| | M↓ | 2,75 | 1,87 | 7,00 | -0,27 | 4,26 | 3,02 | 0,72 | 2,50 |
| | t d | 0,08 | 0,04 | -0,36 | 0,26 | -0,20 | -0,08 | 0,04 | 0,05 |
| Fersenpunkt Y [mm] | M↑ | -31,90 | -23,08 | -21,53 | -26,18 | -27,70 | -20,58 | -28,87 | -25,13 |
| | M↓ | -21,21 | -26,79 | -32,72 | -21,22 | -29,65 | -26,23 | -23,73 | -31,06 |
| | t d | -0,43 ^T | 0,15 | 0,45* | -0,23 | 0,07 | 0,27 | -0,21 | 0,23 |

Tabelle 6.13: Anpassung der Haltung während der Fahrt - Vergleich Extremtypen

Die Daten zeigen, dass der Augpunkt unabhängig von der ERPI-A Ausprägung während der Fahrt nach vorne und unten wandert. Dabei haben die *Infotainmentorientierung* und das *Ergonomiebewusstsein* in Z-Richtung einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Anpassung. Eine hohe Ausprägung von IO führt zu einem stärkeren Einsacken, eine hohe Ausprägung von EB zu einer geringeren Abwärtsbewegung.

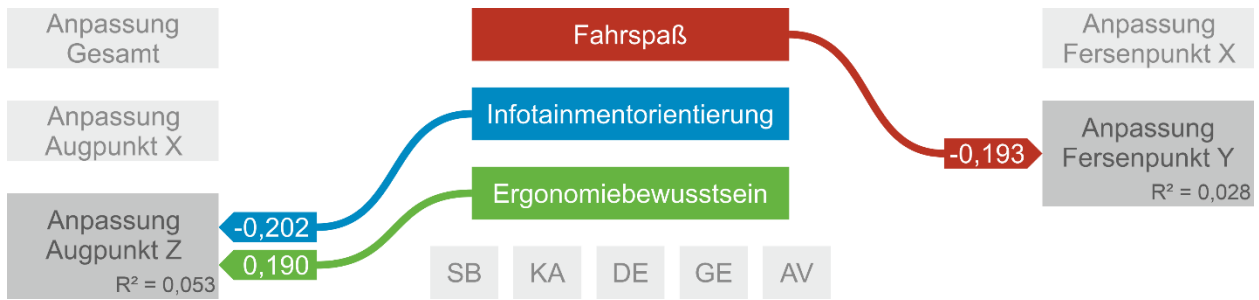


Bild 6.8: Anpassung der Haltung während der Fahrt - Multiple Regressionen

Der Fersenpunkt verschiebt sich während der Fahrt nach hinten und links. *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* haben dabei einen signifikanten Einfluss. Die Extremgruppe mit hohen FS-Werten verschiebt die Position des Fersenpunkts besonders stark, die Extremgruppe mit hohen KA-Werten passt die Position weniger an. Die Regression zeigt, dass die Ausprägung des *Fahrspaßes* maßgeblich für die Verschiebung ist. Hinsichtlich der Gesamtanpassung liegen keine signifikanten Ergebnisse vor. Ebenso unterscheiden sich die Cluster bezüglich der Anpassung während der Fahrt nicht signifikant.

Um zu ermitteln, wie exakt die Testpersonen ihre Körperhaltung reproduzieren, werden zwei Reizmuster mit identischer Geometrie, aber unterschiedlichen Startpositionen von Sitz und Lenkrad dargeboten. Als abhängige Variable für die Berechnung werden die Beträge der Deltawerte der Reizmuster zu Beginn verwendet. Die Variable *Sitz & Lenkrad* entspricht der Summe der Abweichungen von H-Punkt, Torstoneigung und Griffpunkten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.14 und Bild 6.9 dargestellt. Aus dem Vorzeichen von d ist direkt ablesbar, ob und in welche Richtung die Ausprägung der ERPI-A Skalen die Abhängigkeit von der Startposition beeinflusst. Bei negativem Vorzeichen ist die Haltung der Gruppe mit hoher Ausprägung weniger abhängig von der Startposition als für die Gruppe mit geringer Ausprägung.

| Startposition Delta | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|----------------------|-------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Sitz & Lenkrad [] | t d | -0,41 ^T | 0,58 ^{**} | 0,30 | 0,28 | 0,07 | 0,30 | 0,07 | -0,15 |
| H-Punkt X [mm] | t d | -0,15 | 0,28 | 0,20 | 0,47 [*] | 0,31 | 0,20 | 0,07 | -0,36 |
| H-Punkt Z [mm] | t d | -0,21 | -0,04 | -0,02 | 0,04 | -0,09 | -0,23 | -0,49 [*] | 0,08 |
| Torstoneigung W [°] | t d | -0,23 | 0,21 | 0,52 [*] | 0,06 | 0,28 | 0,75 ^{**} | 0,20 | 0,00 |
| Griffpunkt X [mm] | t d | -0,46 [*] | 0,87 ^{***} | 0,26 | -0,29 | -0,51 [*] | 0,16 | 0,25 | 0,22 |
| Griffpunkt Z [mm] | t d | -0,15 | -0,11 | -0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,19 | -0,02 | 0,10 |
| Augpunkt X [mm] | t d | -0,45 ^T | 0,31 | 0,34 | -0,45 ^T | -0,14 | 0,60 [*] | -0,03 | 0,39 ^T |
| Augpunkt Z [mm] | t d | -0,10 | 0,09 | -0,09 | 0,15 | 0,13 | -0,08 | -0,41 ^T | 0,19 |
| Fersenpunkt X [mm] | t d | 0,04 | -0,35 | -0,10 | -0,34 | -0,12 | -0,34 | 0,02 | 0,01 |
| Fersenpunkt X [mm] | t d | 0,06 | -0,18 | -0,15 | -0,26 | -0,04 | -0,17 | -0,43 ^T | 0,14 |

Tabelle 6.14: Abhängigkeit der Haltung von der Startposition - Vergleich Extremtypen

Die Ergebnisse des Vergleichs der Extremtypen zeigen, dass alle ERPI-A Skalen einen mindestens tendenziell signifikanten Einfluss auf die Reproduzierbarkeit gewisser Anteile der Körperhaltung haben. Werden alle abhängigen Variablen zusammen betrachtet, führen eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* und *Ergonomiebewusstsein* zu einer genaueren Reproduzierung der Körperhaltung. Im Gegensatz dazu variiert die Haltung der Extremtypen mit einer hohen Ausprägung von *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität* und *Gewohnheit* stärker. Die Auswirkungen von *Diskomfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung* und *Aufwandsvermeidung* sind nicht eindeutig, da es jeweils Teilbereiche der Körperhaltung gibt, die besser und welche die schlechter reproduziert werden.

Werden in der multiplen Regression alle ERPI-A Skalen zusammen betrachtet, hat das *Sicherheitsbedürfnis* den größten Einfluss auf die Reproduzierbarkeit, gefolgt von *Diskomfortempfindlichkeit*, *Infotainmentorientierung* und *Gewohnheit*. Die gefundenen Zusammenhänge entsprechen weitgehend den Ergebnissen der Unterschiedsprüfung der Extremtypen. FS und KA haben bei den multiplen Regressionen im Gegensatz zur Unterschiedsprüfung keinen Einfluss.

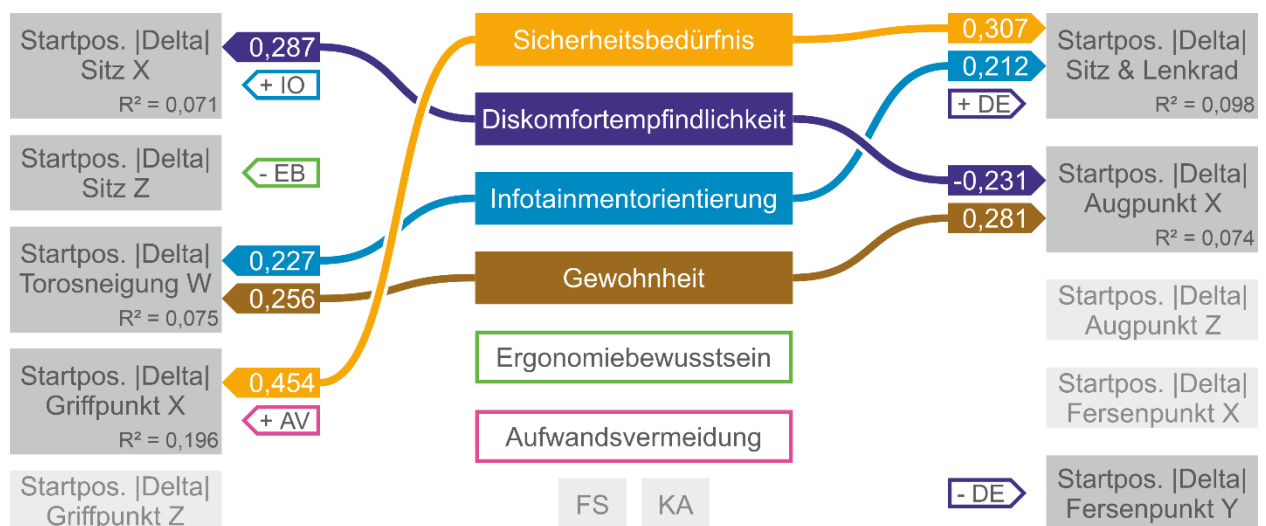


Bild 6.9: Abhängigkeit der Haltung von der Startposition - Multiple Regressionen

Die Ergebnisse des Clustervergleichs sind in Tabelle 6.15 zusammengefasst. Sie zeigen, dass sich vor allem die *komfortorientiert Empfindlichen* und die *bedenkenlos Infotainmentorientierten* voneinander unterscheiden. Bei den KoEm ist die Variation der Körperhaltung signifikant größer. Die beiden Cluster unterscheiden sich auch stark bei den entscheidenden ERPI-A Skalen *Sicherheitsbedürfnis*, *Infotainmentorientierung*, *Diskomfortempfindlichkeit* und *Fahrspaß*.

| Startposition Delta | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post- hoc-Tests | r |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------------------|-------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Sitz & Lenkrad [] | 82,39 | 63,97 | 55,19 | 82,16 | 87,31 | 63,22 | 0,002 | Beln-KoEm | 0,50* |
| H-Punkt X [mm] | 32,70 | 22,98 | 18,80 | 48,68 | 36,38 | 15,39 | 0,048 | | |
| H-Punkt Z [mm] | 14,27 | 13,44 | 13,89 | 11,18 | 16,19 | 13,31 | 0,585 | | |
| Torsoneigung W [°] | 9,57 | 6,29 | 6,06 | 6,05 | 7,80 | 5,24 | 0,063 | | |
| Griffpunkt X [mm] | 30,13 | 22,83 | 8,70 | 16,68 | 27,90 | 27,06 | 0,026 | Beln-KoEm | 0,48* |
| Griffpunkt Z [mm] | 6,16 | 5,95 | 6,17 | 6,12 | 3,48 | 6,16 | 0,262 | | |
| Mittenaug X [mm] | 49,08 | 25,56 | 45,50 | 21,99 | 36,55 | 42,18 | 0,098 | | |
| Mittenaug Z [mm] | 8,69 | 10,04 | 9,71 | 8,18 | 7,32 | 11,76 | 0,675 | | |
| Fersenpunkt X [mm] | 7,25 | 11,30 | 11,18 | 6,46 | 11,66 | 9,47 | 0,474 | | |
| Fersenpunkt Y [mm] | 8,81 | 12,20 | 13,72 | 11,88 | 8,68 | 13,15 | 0,581 | | |

Tabelle 6.15: Abhängigkeit der Haltung von der Startposition - Clustervergleich

6.4.4 Griff- und Armabstützposition

Neben der Gesamtkörperhaltung werden zusätzlich die gewählten Griffpositionen und das Abstützverhalten der Testpersonen untersucht. In Bild 6.10 ist die Häufigkeitsverteilung am Beispiel der *Infotainmentorientierung* abgebildet. Personen mit hoher *Infotainmentorientierung* greifen mit der linken Hand eher weiter unten und haben die rechte Hand häufiger nicht am Lenkrad. Außerdem stützen sie die Arme häufiger ab.

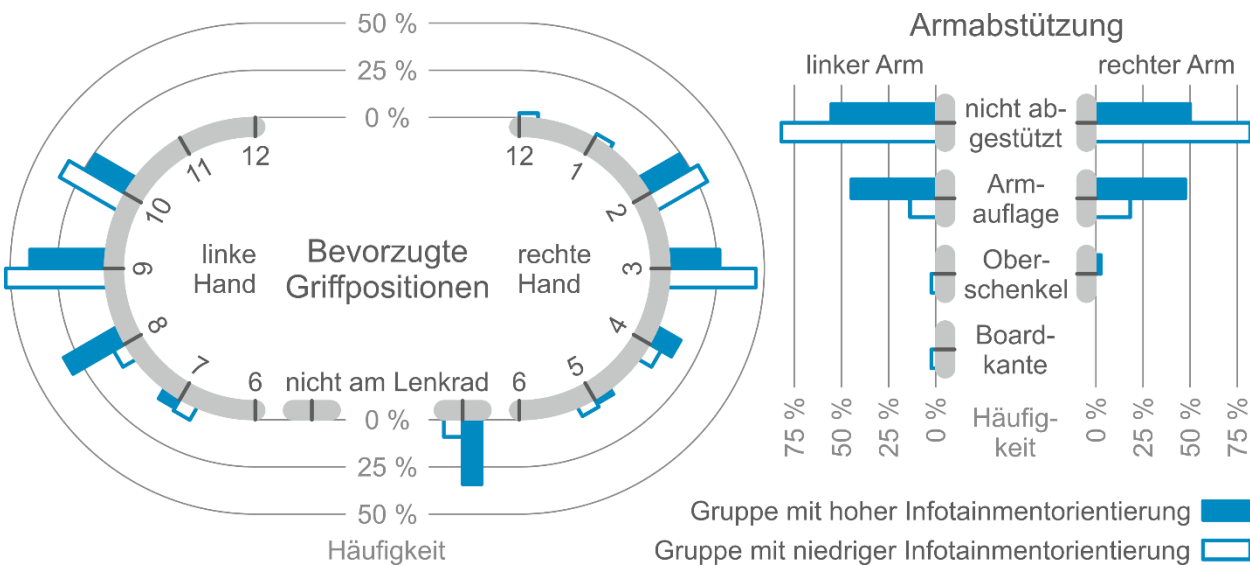


Bild 6.10: Griffposition u. Armabstützung - Häufigkeitsverteilung Infotainmentorientierung

Die Vergleiche der Extremtypen sind in Tabelle 6.16 und die multiplen Regressionen in Bild 6.11 dargestellt. Bei der Bewertung der Griffpositionen entsprechen 0 Punkte einer vorbildlichen Griffposition (linke Hand: 9 - 10 Uhr; rechte Hand: 2 - 3 Uhr). Je mehr von dieser Position abgewichen wird, je höher fällt die Bewertung aus (je Seite maximal 4 Punkte). Die Gesamtbewertung ergibt sich durch Aufsummierung von linker und rechter Seite (maximal 8 Punkte). Bei der Abstützung wird nur zwischen abgestützt und nicht abgestützt unterschieden. Zu beachten ist, dass beim Mann-Whitney-U-Test die

Effektstärke r immer positiv ist. Die Richtung kann aus dem Vergleich der Mittelwerte, die hier anstatt der Mediane gegeben sind, abgelesen werden.

| Abhängige Variable | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|--------------------|---------------------|---------|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------------------|
| Griffposition | M↑ | 1,62 | 0,83 | 1,57 | 1,36 | 1,97 | 1,03 | 1,02 | 1,15 |
| Bewertung Gesamt | M↓ | 0,76 | 1,68 | 1,32 | 1,53 | 0,86 | 1,47 | 1,64 | 1,47 |
| [0 - 8] | U r | 0,26* | 0,21* | 0,01 | 0,06 | 0,29** | 0,13 | 0,17 | 0,11 |
| Griffposition | M↑ | 0,36 | 0,19 | 0,39 | 0,36 | 0,42 | 0,15 | 0,24 | 0,31 |
| Bewertung Links | M↓ | 0,18 | 0,36 | 0,32 | 0,33 | 0,20 | 0,42 | 0,36 | 0,29 |
| [0 - 4] | U r | 0,18 | 0,13 | 0,00 | 0,09 | 0,25* | 0,18 | 0,06 | 0,07 |
| Griffposition | M↑ | 1,26 | 0,64 | 1,17 | 1,00 | 1,55 | 0,88 | 0,79 | 0,83 |
| Bewertung Rechts | M↓ | 0,58 | 1,32 | 1,00 | 1,20 | 0,66 | 1,05 | 1,28 | 1,18 |
| [0 - 4] | U r | 0,23* | 0,20 ^T | 0,02 | 0,06 | 0,27* | 0,06 | 0,18 | 0,11 |
| Abstützung Links | %↑ | 47,62 | 16,67 | 23,91 | 28,21 | 44,74 | 22,50 | 30,95 | 20,83 |
| [Prozent | %↓ | 13,16 | 38,64 | 39,02 | 40,00 | 18,18 | 36,84 | 33,33 | 39,47 |
| abgestützt] | Chi ² φ | 0,37*** | -0,25* | -0,16 | -0,12 | 0,29** | -0,16 | -0,03 | -0,20 ^T |
| Abstützung Rechts | %↑ | 47,62 | 19,05 | 30,43 | 33,33 | 50,00 | 27,50 | 28,57 | 27,08 |
| [Prozent | %↓ | 18,42 | 40,91 | 41,46 | 40,00 | 18,18 | 36,84 | 43,59 | 36,84 |
| abgestützt] | Chi ² φ | 0,31** | -0,24* | -0,12 | -0,07 | 0,34** | -0,10 | -0,16 | -0,10 |

Tabelle 6.16: Bewertung Griffposition und Armabstützung - Vergleich Extremtypen

Die Testpersonen mit einer hohen Ausprägung hinsichtlich *Infotainmentorientierung* und *Fahrspaß* weichen signifikant stärker von der empfohlenen Griffposition ab und stützen die Arme signifikant häufiger ab als die Personen mit niedrigen Ausprägungen in diesen Skalen. Im Gegensatz dazu führt eine hohe Ausprägung des *Sicherheitsbedürfnisses* zu signifikant vorbildlicheren Griffpositionen und selteneren Armabstützungen.

Bei den multiplen Regressionen zeigt sich, dass die *Infotainmentorientierung* die größten Erklärungsanteile liefert. *Fahrspaß* und *Sicherheitsbedürfnis* können die Varianzen nicht weiter aufklären. Stattdessen liefert die *Komfortaffinität* signifikante Erklärungsanteile. Personen mit hoher Ausprägung von KA stützen beide Arme weniger ab.

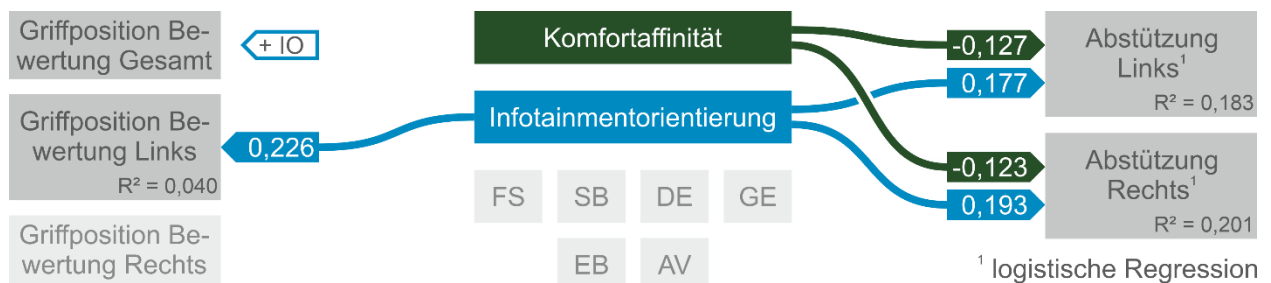


Bild 6.11: Bewertung Griffposition und Armabstützung - Multiple Regressionen

Die Ergebnisse des Clustervergleichs sind in Tabelle 6.17 und Tabelle 6.18 abgebildet. Die beiden Cluster mit einer hohen Ausprägung der *Infotainmentorientierung*, die *bedenkenlos Infotainmentorientierten* und die *Anspruchsvollen*, nutzen entsprechend der

Einzelbetrachtung der ERPI-A Skalen die Abstütmöglichkeit mehr und weichen von den vorbildlichen Griffpositionen ab.

| Bewertung Griffposition | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post- hoc-Tests | r |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|--------------------------|--|
| | MD | | | | | | p | | |
| Gesamt [0-8] | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,019 | | |
| Links [0-4] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,557 | | |
| Rechts [0-4] | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,013 | SiEr-Beln SiEr-AnVo | 0,48 ^T 0,52 ^T |

Tabelle 6.17: Bewertung der Griffposition - Clustervergleich

Bei der Auswertung konnte beobachtet werden, dass die Testpersonen aufgrund der Feinfühligkeit der Lenkung erst im Laufe des Versuchs ihre natürliche Griff- und Armabstützposition einnehmen. Bei höheren Geschwindigkeiten auf der Autobahn tendieren die meisten Teilnehmenden dazu, mit beiden Händen am Lenkrad zu fahren.

| Abstützung | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | Gesamt | p | v |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| links abgestützt [%] | 12,5 | 26,1 | 47,8 | 58,8 | 16,7 | 27,3 | 31,8 | 0,012 | 0,36 |
| rechts abgestützt [%] | 16,7 | 34,8 | 56,5 | 58,8 | 0,0 | 36,4 | 35,5 | 0,002 | 0,41 |

Tabelle 6.18: Nutzung der Abstützung - Clustervergleich

6.4.5 Einstellprozess

Der Einstellprozess wird anhand objektiver und subjektiver Daten untersucht. Die Ergebnisse des Vergleichs der Extremtypen sind in Tabelle 6.19 und die Ergebnisse der Regressionen in Bild 6.12 zusammengefasst. Es ist zu beachten, dass die Effektstärke r beim Mann-Whitney-U-Test nur zwischen 0 und 1 liegen kann. Die Richtung des Effekts kann durch den Vergleich der Mediane ermittelt werden.

Alle ERPI-A Skalen weisen sowohl hinsichtlich des Vergleichs der Extremtypen als auch hinsichtlich der multiplen linearen Regressionen signifikante Ergebnisse auf.

Eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* führt zu einer schnelleren Einstelldauer und geringeren Überlegdauer. Nach den Ergebnissen der Befragung kennen sich die Personen mit hoher Ausprägung des *Fahrspaßes* gut mit den Verstellmöglichkeiten aus und es fällt ihnen leicht, eine für sie geeignete Position von Sitz und Lenkrad zu finden.

Personen mit einem starken *Sicherheitsbedürfnis* haben ebenfalls eine geringe Überleg- und Einstelldauer. Die Sicherheitsbedürftigen berücksichtigen beim Einstellprozess weniger Parameter und stellen sich ihre Position mit weniger Betätigungen ein.

Eine hohe Ausprägung der *Komfortaffinität* führt zu einer geringen Anzahl an Betätigungen vor und während der Fahrt. Im Gegensatz dazu passen sich diskomfortempfindliche Personen ihre Position während der Fahrt häufiger an und haben Probleme die richtige Sitz- und Lenkradposition für sich zu finden.

| Einstellprozess | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|--|-------|---------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------------------|---------|--------------------|
| Anzahl Betätigungen [N] | M↑ | 18,10 | 15,30 | 16,50 | 18,18 | 18,22 | 16,97 | 18,56 | 16,52 |
| | M↓ | 16,39 | 20,30 | 20,47 | 18,54 | 16,56 | 18,42 | 18,06 | 20,07 |
| | t d | 0,25 | -0,69** | -0,54* | -0,05 | 0,24 | -0,20 | 0,06 | -0,49* |
| Einstelldauer [s] | M↑ | 44,86 | 42,05 | 44,74 | 49,44 | 43,72 | 46,77 | 48,84 | 45,75 |
| | M↓ | 47,56 | 50,08 | 48,89 | 44,97 | 46,51 | 46,20 | 44,75 | 49,69 |
| | t d | -0,17 | -0,49* | -0,25 | 0,26 | -0,17 | 0,04 | 0,23 | -0,24 |
| Überlegdauer [s] | M↑ | 23,02 | 22,33 | 23,86 | 27,34 | 22,87 | 26,24 | 26,36 | 25,08 |
| | M↓ | 26,28 | 26,47 | 25,64 | 23,03 | 24,76 | 23,41 | 23,42 | 27,10 |
| | t d | -0,26 | -0,33 | -0,14 | 0,34 | -0,15 | 0,24 | 0,22 | -0,16 |
| Fahrt: Anzahl Betätigungen [N] | MD↑ | 0,29 | 0,21 | 0,00 | 0,29 | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 0,14 |
| | MD↓ | 0,17 | 0,14 | 0,43 | 0,14 | 0,23 | 0,29 | 0,14 | 0,29 |
| | U r | 0,01 | 0,09 | 0,24* | 0,17 | 0,06 | 0,15 | 0,03 | 0,08 |
| Berücksichtigung bei Einstellprozess [0 - 22] | M↑ | 10,69 | 9,55 | 9,65 | 10,08 | 10,79 | 9,83 | 10,52 | 9,35 |
| | M↓ | 9,00 | 10,91 | 9,98 | 10,78 | 8,84 | 10,79 | 10,00 | 10,71 |
| | t d | 0,45* | -0,39 ^T | -0,10 | -0,19 | 0,58* | -0,27 | 0,15 | -0,37 ^T |
| Wissen und Nutzung Verstellmöglichkeiten [1 - 5] | M↑ | 2,86 | 2,61 | 2,61 | 2,68 | 2,85 | 2,53 | 2,91 | 2,44 |
| | M↓ | 2,49 | 2,73 | 2,79 | 2,75 | 2,50 | 2,73 | 2,52 | 3,00 |
| | t d | 0,77*** | -0,24 | -0,36 ^T | -0,14 | 0,69** | -0,39 ^T | 0,83*** | -1,26*** |
| Auffinden Sitzposition [0 - 4] | M↑ | 2,46 | 2,25 | 2,28 | 2,16 | 2,45 | 2,28 | 2,44 | 2,17 |
| | M↓ | 2,03 | 2,38 | 2,29 | 2,52 | 2,22 | 2,30 | 2,26 | 2,24 |
| | t d | 0,60* | -0,18 | -0,01 | -0,52* | 0,30 | -0,03 | 0,24 | -0,10 |
| Auffinden Lenkradposition [0 - 4] | M↑ | 2,75 | 2,66 | 2,62 | 2,48 | 2,72 | 2,58 | 2,79 | 2,58 |
| | M↓ | 2,41 | 2,55 | 2,56 | 2,60 | 2,52 | 2,66 | 2,57 | 2,56 |
| | t d | 0,47* | 0,16 | 0,09 | -0,16 | 0,26 | -0,10 | 0,29 | 0,03 |

Tabelle 6.19: Einstellprozess objektiv und subjektiv - Vergleich Extremtypen



Bild 6.12: Einstellprozess objektiv und subjektiv - Multiple Regressionen

Bei einer hohen Ausprägung der *Infotainmentorientierung* und des *Ergonomiebewusstseins* berücksichtigen Personen mehr Elemente während des Einstellprozesses und kennen sich besser mit den verschiedenen Verstellmöglichkeiten aus. Dementsprechend ist die Einstell- und Überlegdauer bei ergonomiebewussten Personen länger.

Demgegenüber kennen und nutzen Personen mit einer hohen Ausprägung der *Aufwandsvermeidung* die Verstellmöglichkeiten sehr wenig. Dementsprechend führen sie weniger Betätigungen während des Einstellvorgangs aus.

Die *Gewohnheit* liefert ohne die Berücksichtigung des gewohnten Fahrzeugs nur tendenziell signifikante Ergebnisse bzgl. einer höheren Überlegdauer und geringerem Wissen über die Verstellmöglichkeiten. Um die *Gewohnheit* im Kontext des gewohnten Fahrzeugs zu betrachten, werden die Differenzen aus dem gewohnten Fahrzeug und dem Mittelwert der ungewohnten Fahrzeuge als abhängige Variablen betrachtet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.20 dargestellt. Bei den Mittelwerten bedeuten positive Werte, dass das gewohnte Fahrzeug hinsichtlich dieser abhängigen Variablen größere Werte als die ungewohnten Fahrzeuge aufweist. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Personen mit hoher *Gewohnheit* vor allem in der subjektiven Bewertung hinsichtlich des Auffindens einer passenden Einstellung signifikant von den Personen mit niedriger *Gewohnheit* unterscheiden. Bei hoher *Gewohnheits*-Ausprägung finden sich die Testpersonen im gewohnten Fahrzeug deutlich besser zurecht als in ungewohnten Fahrzeugen. Außerdem unterscheiden sich Personen mit hoher und niedriger *Gewohnheits*-Ausprägung tendenziell signifikant hinsichtlich der Überlegdauer. Personen mit hohen *Gewohnheits*-Werten müssen in ungewohnten Fahrzeugen länger überlegen, wie sie sich Sitz und Lenkrad einstellen wollen.

| Delta (GEF - UGEF) | Anzahl Betätigungen [N] | Einstell-dauer [s] | Überleg-dauer [s] | Auffinden Sitz-position [0 - 4] | Auffinden Lenkradpos. [0 - 4] |
|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| M(GE↑) | 0,59 | -1,99 | -1,53 | 0,50 | -0,04 |
| M(GE↓) | -1,64 | -0,81 | 1,14 | -0,12 | -0,22 |
| t d | 0,27 | -0,07 | -0,22 | 0,58* | 0,19 |

GEF = gewohntes Fahrzeug; UGEF = Mittelwert ungewohnte Fahrzeuge

Tabelle 6.20: Einstellprozess - Abhängigkeit von Gewohnheit und gewohntem Fahrzeug

Die Ergebnisse des Clustervergleichs sind in Tabelle 6.21 dargestellt. Trotz der teilweise deutlichen Gruppenunterschiede ist nur das Ergebnis für *Wissen und Nutzung der Verstellmöglichkeiten* signifikant. Die *Aufwandsvermeider* und die *komfortorientiert Empfindlichen* haben hierbei besonders niedrige Ausprägungen, die *Anspruchsvollen* und die *sicherheitsbedürftigen Ergonomen* besonders hohe Werte. Für die abhängige Variable *Berücksichtigung bei Einstellprozess*, die tendenziell signifikant ist, haben die Cluster AuVe und KoEm ebenfalls die geringsten Werte.

| Bewertung Griffposition | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post- hoc-Tests | r |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------------------|---------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Anzahl Betätigungen [N] | 14,79 | 18,86 | 21,29 | 16,86 | 16,79 | 12,57 | 0,122 | | |
| Einstelldauer [s] | 42,28 | 43,08 | 45,68 | 38,44 | 47,13 | 39,54 | 0,843 | | |
| Überlegdauer [s] | 25,19 | 20,03 | 20,67 | 19,00 | 23,42 | 21,48 | 0,872 | | |
| Fahrt: Anzahl Betätigungen [N] | 0,14 | 0,43 | 0,14 | 0,33 | 0,14 | 0,00 | 0,210 | | |
| Berücksichtigung bei Einstellprozess [0-22] | 9,00 | 11,00 | 10,00 | 11,00 | 10,00 | 7,00 | 0,067 | | |
| Wissen und Nutzung Verstellmöglichkeiten [1 - 5] | 2,38 | 2,81 | 2,56 | 3,00 | 2,91 | 2,06 | <0,001 | AuVe-Beln | 0,57* |
| | | | | | | | | AuVe-FaFo | 0,67** |
| | | | | | | | | AuVe-SiEr | 0,90*** |
| | | | | | | | | AuVe-AnVo | 0,92*** |
| | | | | | | | | KoEm-SiEr | 0,55* |
| | | | | | | | | KoEm-AnVo | 0,62** |
| Auffinden Sitzposition [0 - 4] | 2,00 | 2,30 | 2,60 | 2,60 | 2,70 | 2,40 | 0,225 | | |
| Auffinden Lenkradposition [0-4] | 2,40 | 2,50 | 2,60 | 2,60 | 2,80 | 2,60 | 0,187 | | |

Tabelle 6.21: Einstellprozess objektiv und subjektiv - Clustervergleich

Die Ergebnisse decken sich mit der Einzelbetrachtung der ERPI-A Skalen. Beispielsweise nehmen die *Fahrspaßfokussierten* entsprechend ihrer Ausprägung von DE und KA die meisten Einstellungen während der Fahrt vor. Die *komfortorientiert Empfindlichen* haben entsprechend ihrer Ausprägung von FS und DE die größten Probleme die richtige Sitzposition zu finden.

6.4.6 Fokussierung

Die Fokussierung auf die Straße oder das Infotainmentsystem wird mit Hilfe der sekundären Aufgabe gemessen. Bei einer Fokussierung auf die Fahrtätigkeit ist mit größeren Werten bei Reaktionszeit und Fehlern zu rechnen. Die Ergebnisse des Vergleichs der Extremtypen sind in Tabelle 6.22 und die Regressionen in Bild 6.13 dargestellt. Bei der Variable *Fehler* kann die Richtung des Effekts nur aus dem Vergleich der Mediane ermittelt werden, nicht aus der Effektgröße r , die aufgrund der Berechnung immer positiv ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reaktionszeit signifikant größer wird, je größer das *Sicherheitsbedürfnis* ausgeprägt ist. Durch eine hohe *Infotainmentorientierung* sinkt die Reaktionszeit tendenziell. Für sich betrachtet führt auch eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* zu einer tendenziell geringeren Reaktionszeit.

| Sekundäre Aufgabe | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|-------------------|-------|--------------------|-------|------|-------------------|-------|------|-------------------|-------|
| Reaktionszeit [s] | M↑ | 4,47 | 5,01 | 4,78 | 4,94 | 4,45 | 4,42 | 4,98 | 4,76 |
| | M↓ | 5,29 | 4,15 | 4,42 | 4,32 | 5,19 | 4,34 | 4,54 | 5,01 |
| | t d | -0,43 ^T | 0,45* | 0,18 | 0,32 | -0,36 | 0,04 | 0,21 | -0,12 |
| Fehler [%] | MD↑ | 3,45 | 6,78 | 5,00 | 6,67 | 3,33 | 3,57 | 6,90 | 6,67 |
| | MD↓ | 8,33 | 3,33 | 3,33 | 0,00 | 6,90 | 3,33 | 3,33 | 6,67 |
| | U r | 0,17 | 0,14 | 0,07 | 0,20 ^T | 0,25* | 0,11 | 0,19 ^T | 0,03 |

Tabelle 6.22: Fokussierung - Vergleich Extremtypen

Für die Anzahl an Fehlern ist die Ausprägung der *Infotainmentorientierung* entscheidend. Je höher diese ist, desto weniger Fehler passieren. Tendenziell führen eine hohe Ausprägung von DE und EB zu einer höheren Fehleranzahl.

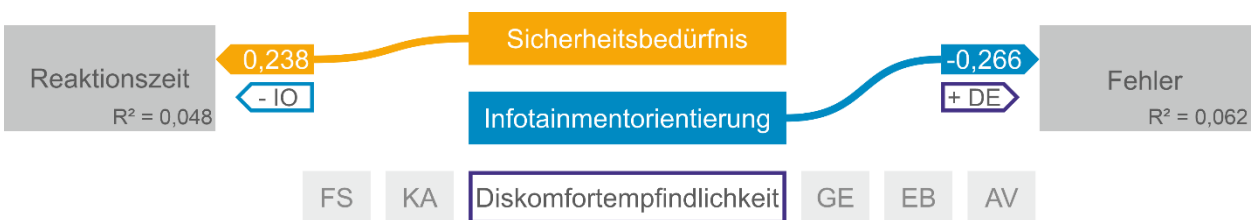


Bild 6.13: Fokussierung - Multiple Regressionen

Die Ergebnisse für den Clustervergleich sind in Tabelle 6.23 zusammengefasst. Es liegen keine signifikanten Ergebnisse vor. Trotzdem ist zu erkennen, dass die *bedenkenlos Infotainmentorientierten* entsprechend ihrer ERPI-A Ausprägungen die geringste Reaktionszeit und Fehlerquote aufweisen. Die *sicherheitsbewussten Ergonomen* haben die größten Werte für Reaktionszeit und Fehlerquote.

| Sekundäre Aufgabe | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|--------|----------------------|---|
| | MD | | | | | | p | | |
| Reaktionszeit [s] | 4,57 | 4,82 | 4,04 | 4,10 | 6,47 | 4,85 | 0,183 | | |
| Fehler [%] | 5,00 | 6,67 | 0,00 | 3,45 | 8,45 | 5,24 | 0,331 | | |

Tabelle 6.23: Fokussierung - Clustervergleich

6.4.7 Bewertung

Um generelle Einflüsse auf die Bewertung von makroergonomischen Fragen zu ermitteln, wird die durchschnittliche Bewertung der fünf Reizmuster des Hauptteils des Versuchs herangezogen. Die Ergebnisse für die Vergleiche der Extremtypen sind in Tabelle 6.24 und Regressionen in Bild 6.14 dargestellt. Auf die Darstellung der Mittelwerte wird verzichtet, da die Richtung des Effekts aus der Effektstärke *d* direkt ablesbar ist.

Mit Ausnahme von *Gewohnheit* und *Aufwandsvermeidung* unterscheiden sich die Extremtypen bei allen ERPI-A Skalen in Teilaspekten der Bewertung signifikant. Gleiches gilt für die Erklärungsanteile bei den multiplen linearen Regressionen.

| Durchschnitt Bewertung [0-4] | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|------------------------------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------|-------|-------------------|-------|
| Komfort | t d | 0,24 | -0,28 | 0,09 | -0,45* | -0,03 | -0,09 | 0,08 | -0,24 |
| Fahrspaß | t d | 0,03 | -0,23 | 0,09 | -0,25 | 0,02 | -0,11 | -0,13 | -0,12 |
| Sportlichkeit | t d | 0,03 | -0,16 | -0,03 | -0,16 | -0,01 | -0,15 | -0,08 | 0,06 |
| Sicherheit | t d | 0,08 | -0,08 | 0,28 | -0,27 | 0,21 | 0,10 | -0,05 | -0,10 |
| Wohlbefinden | t d | 0,55* | -0,40 ^T | 0,05 | -0,40 ^T | 0,26 | 0,03 | -0,06 | 0,05 |
| Gesamtgefallen | t d | 0,21 | -0,14 | 0,00 | -0,25 | 0,00 | -0,09 | -0,11 | 0,00 |
| Körperhaltung | t d | 0,43 ^T | -0,17 | 0,13 | -0,67** | 0,09 | 0,10 | 0,16 | 0,07 |
| Sitzposition | t d | 0,39 ^T | -0,07 | 0,19 | -0,47* | 0,18 | -0,01 | 0,29 | 0,06 |
| Lenkradposition | t d | 0,36 | 0,06 | 0,06 | -0,28 | 0,24 | -0,01 | 0,42 ^T | -0,09 |
| Unterstützung Armauflage | t d | 0,72** | -0,25 | -0,01 | -0,60** | 0,72** | -0,08 | -0,18 | -0,10 |
| Freiraum | t d | 0,13 | 0,09 | 0,17 | -0,34 | -0,04 | -0,10 | 0,14 | -0,12 |
| Übersichtlichkeit | t d | 0,04 | 0,56* | 0,51* | -0,32 | 0,03 | 0,30 | 0,01 | 0,22 |
| Sicht Straße | t d | 0,10 | 0,31 | 0,20 | -0,02 | 0,05 | 0,12 | 0,34 | 0,09 |
| Sicht Kombiinstrument | t d | -0,06 | 0,12 | 0,40 ^T | -0,22 | 0,25 | 0,21 | -0,02 | 0,37 |
| Sicht Touchscreen | t d | 0,14 | -0,14 | 0,30 | -0,38 ^T | 0,27 | -0,29 | 0,17 | -0,12 |
| Erreichbarkeit Lenkrad | t d | 0,35 | 0,11 | 0,20 | -0,41 ^T | 0,17 | -0,27 | 0,39 ^T | -0,07 |
| Erreichbarkeit Pedalerie | t d | 0,53* | 0,03 | 0,11 | -0,41 ^T | -0,10 | -0,12 | 0,01 | 0,03 |
| Erreichbarkeit Touchscreen | t d | 0,46* | -0,14 | 0,23 | -0,21 | 0,23 | -0,24 | 0,24 | -0,29 |

Tabelle 6.24: Durchschnittliche Fahrzeugbewertung - Vergleich Extremtypen

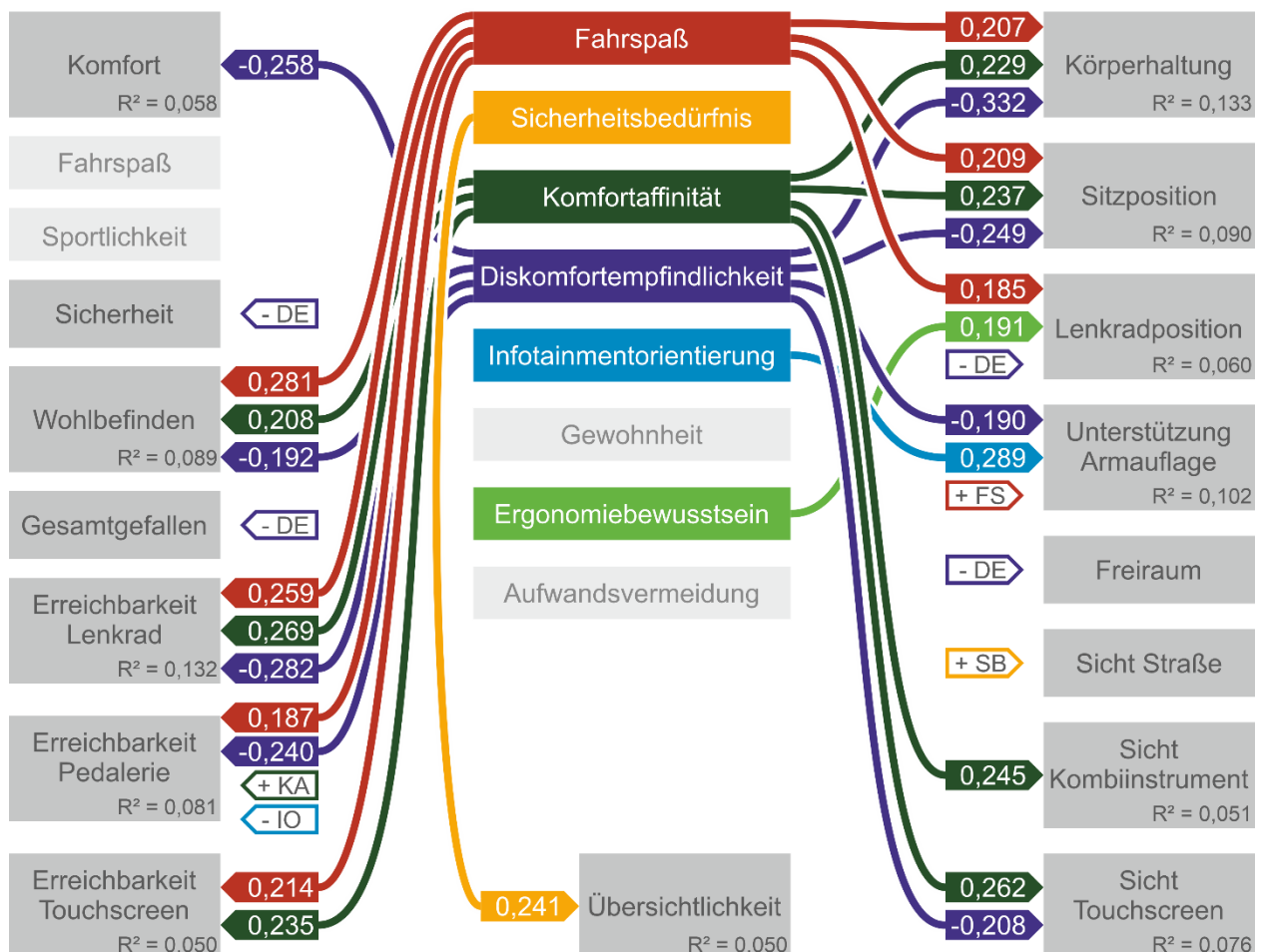


Bild 6.14: Durchschnittliche Fahrzeugbewertung - Multiple Regressionen

Fahrspaß, *Diskomfortempfindlichkeit* und *Komfortaffinität* haben die größten Einflüsse auf die Bewertung makroergonomischer Fahrzeugaspekte. Hohe Ausprägungen von *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* führen dabei generell zu höheren Bewertungen. Im Gegensatz dazu bewerten Personen mit einer hohen *Diskomfortempfindlichkeit* die Fahrzeuge generell schlechter.

Bei einer hohen *Infotainmentorientierung* bewerten die Testpersonen die Unterstützung durch die Armauflage besser und die Erreichbarkeit der Pedalerie tendenziell schlechter. Bei der Interpretation muss berücksichtigt werden, dass eine hohe *Infotainmentorientierung* mit einer Sitzposition weiter hinten im Sitzverstellfeld (vgl. Kapitel 6.4.3) und einer stärkeren Nutzung der Armabstützung (vgl. Kapitel 6.4.4) einhergeht.

Der Einfluss der *Gewohnheit* in Kombination mit dem gewohnten Fahrzeug wird anhand der allgemeinen Bewertungskriterien überprüft. In Tabelle 6.25 ist zu sehen, dass sich die Gruppen mit hoher und niedriger Ausprägung der *Gewohnheit* hinsichtlich der Bewertung zu Komfort signifikant und zu Gesamtgefallen und Sitzposition auf Basis der Effektstärke unterscheiden. Die Gruppe mit hoher *Gewohnheit* bewertet dabei das gewohnte Fahrzeug besser als ungewohnte Fahrzeuge. Bei Personen mit niedriger *Gewohnheits*-Ausprägung sind die Bewertungen von gewohntem Fahrzeug und ungewohnten Fahrzeugen vergleichbar.

| Delta (GEF - UGEF) | Komfort | Fahrspaß | Sportlichkeit | Sicherheit | Wohlbefinden | Gesamtgefallen | Körperhaltung | Sitzposition | Lenkradposition |
|--------------------|---------|----------|---------------|------------|--------------|----------------|---------------|--------------|-----------------|
| M(GE↑) | 0,45 | 0,08 | -0,16 | 0,01 | 0,27 | 0,28 | 0,35 | 0,45 | -0,03 |
| M(GE↓) | -0,04 | 0,04 | -0,04 | 0,07 | 0,16 | 0,07 | 0,33 | 0,05 | 0,04 |
| t d | 0,57* | 0,04 | -0,10 | -0,07 | 0,11 | 0,21 | 0,02 | 0,38 | -0,07 |

GEF = gewohntes Fahrzeug; UGEF = Mittelwert ungewohnte Fahrzeuge

Tabelle 6.25: Bewertung in Abhängigkeit der Gewohnheit und dem gewohnten Fahrzeug

Die Ergebnisse für den Clustervergleich befinden sich in Tabelle 6.26. Für Wohlbefinden, Unterstützung Armauflage und Sicht Touchscreen unterscheiden sich die Cluster signifikant, für die Erreichbarkeit von Touchscreen und Pedalerie tendenziell.

Entsprechend der Ausprägungen von FS, KA und DE weisen die *komfortorientiert Empfindlichen* die geringsten Werte, die *bedenkenlos Infotainmentorientierten* und die *Anspruchsvollen* die höchsten Werte auf. Die Einzelausprägung KA scheint dabei einen geringeren Einfluss als FS und DE zu haben.

| Durchschnittliche Bewertung [0-4] | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|-------------------------------------|--|
| | MD | | | | | | p | | |
| Komfort | 2,40 | 2,40 | 2,60 | 3,00 | 2,60 | 2,60 | 0,401 | | |
| Fahrspaß | 2,20 | 2,20 | 2,40 | 2,60 | 2,30 | 2,60 | 0,418 | | |
| Sportlichkeit | 2,00 | 2,10 | 2,00 | 2,40 | 2,10 | 2,20 | 0,597 | | |
| Sicherheit | 2,20 | 2,50 | 2,60 | 3,00 | 2,50 | 2,80 | 0,300 | | |
| Wohlbefinden | 2,20 | 2,50 | 2,60 | 3,00 | 2,30 | 2,60 | 0,042 | KoEm-Beln KoEm-AnVo | 0,41 ^T 0,43 ^T |
| Gesamtgefallen | 2,40 | 2,40 | 2,60 | 2,80 | 2,30 | 2,80 | 0,393 | | |
| Körperhaltung | 2,20 | 2,50 | 2,60 | 2,80 | 2,30 | 2,80 | 0,137 | | |
| Sitzposition | 2,40 | 2,60 | 2,80 | 3,00 | 2,40 | 2,80 | 0,156 | | |
| Lenkradposition | 2,40 | 2,80 | 2,80 | 3,00 | 2,90 | 2,80 | 0,102 | | |
| Unterstützung Armauflage | 2,00 | 2,40 | 2,80 | 2,60 | 2,00 | 2,00 | 0,002 | KoEm-AnVo KoEm-Beln SiEr-Beln | 0,44 ^T 0,55 ^{**} 0,48 ^T |
| Freiraum | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,90 | 2,80 | 0,308 | | |
| Übersichtlichkeit | 2,80 | 2,60 | 3,00 | 2,80 | 3,00 | 2,80 | 0,801 | | |
| Sicht Straße | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,10 | 3,00 | 0,706 | | |
| Sicht Kombiinstrument | 3,00 | 2,90 | 3,00 | 3,20 | 2,90 | 3,00 | 0,543 | | |
| Sicht Touchscreen | 2,20 | 2,00 | 2,80 | 2,80 | 2,20 | 3,00 | 0,012 | FaFo-Beln FaFo-AnVo | 0,43 ^T 0,50 [*] |
| Erreichbarkeit Lenkrad | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,20 | 3,20 | 3,00 | 0,063 | KoEm-SiEr | 0,47 ^T |
| Erreichbarkeit Pedalerie | 2,80 | 3,10 | 3,20 | 3,20 | 3,00 | 3,00 | 0,097 | | |
| Erreichbarkeit Touchscreen | 2,60 | 2,80 | 2,80 | 3,00 | 2,80 | 3,00 | 0,288 | | |

Tabelle 6.26: Durchschnittliche Fahrzeugbewertung - Clustervergleich

Neben der durchschnittlichen Bewertung werden im Speziellen die Auswirkungen der Touchscreenposition auf die Bewertung untersucht. Die unterschiedlichen Positionen des Touchscreens bringen ergonomische Vor- und Nachteile mit sich. Beispielsweise ist die Erreichbarkeit des Touchscreens besser, wenn er sich näher am Fahrer befindet (TS+X). Bei einem weiter entfernten Touchscreen (TS-X) ist dafür die Sicht besser. Anhand des Vergleichs der beiden Touchscreenvarianten wird überprüft, ob die Extremtypen der ERPI-A Skalen die Vor- und Nachteile richtig einschätzen. Daher sind in Tabelle 6.27, in der die Ergebnisse zusammengefasst sind, die tatsächlichen Vor- und Nachteile in Form der tatsächlichen Auswirkung aufgeführt. Positive Werte bedeuten, dass die Variante mit nahem Touchscreen (TS+X) besser ist bzw. besser bewertet wird. Zur einfacheren Vergleichbarkeit sind negative Werte orange eingefärbt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppen mit einer hohen Ausprägung bei *Fahrspaß*, *Infotainmentorientierung* und *Ergonomiebewusstsein* die Bewertung eher entsprechend der tatsächlichen Auswirkungen

vornehmen. Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich der Bewertung in Abhängigkeit von der Touchscreenposition statistisch nicht voneinander.

| Delta (TS+X - TS-X) | | tatsächliche Auswirkung | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|----------------------|-------|-------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|
| Körperhaltung | t d | + | 0,14 | 0,01 | 0,21 | 0,09 | 0,27 | 0,11 | 0,43 ^T | 0,08 |
| Sitzposition | t d | + | 0,42 ^T | -0,08 | 0,42 ^T | -0,09 | 0,48* | 0,30 | 0,17 | -0,07 |
| Armunterstützung | t d | + | 0,39 ^T | 0,11 | 0,06 | -0,13 | 0,53* | -0,12 | 0,17 | 0,00 |
| Übersichtlichkeit | t d | - | -0,22 | 0,21 | 0,22 | 0,09 | -0,28 | 0,26 | -0,24 | -0,08 |
| Sicht Touchscreen | t d | - | -0,23 | -0,08 | -0,12 | 0,38 ^T | -0,26 | -0,07 | -0,25 | 0,09 |
| Erreichbarkeit Touch | t d | + | -0,05 | -0,28 | 0,08 | 0,18 | 0,26 | 0,15 | -0,12 | -0,16 |
| Gesamtgefallen | t d | | 0,41 ^T | 0,22 | 0,09 | 0,25 | 0,17 | -0,02 | 0,50* | -0,20 |

TS+X = Touchscreen hinten in X-Richtung; TS-X = Touchscreen vorne in X-Richtung

Tabelle 6.27: Bewertung in Abhängigkeit der Touchscreenposition

Die kognitiven Aspekte der Bewertung werden im Anschluss an die letzte Fahrt anhand der bevorzugten Fahrzeugvariante bewertet. In Bild 6.15 sind die Ergebnisse für die bevorzugte Sitzposition und in Bild 6.16 für die bevorzugte Touchscreenposition dargestellt. Neben der Häufigkeitsverteilung sind bei signifikantem Gruppenunterschied die Effektstärke V inkl. Signifikanzniveau angegeben.

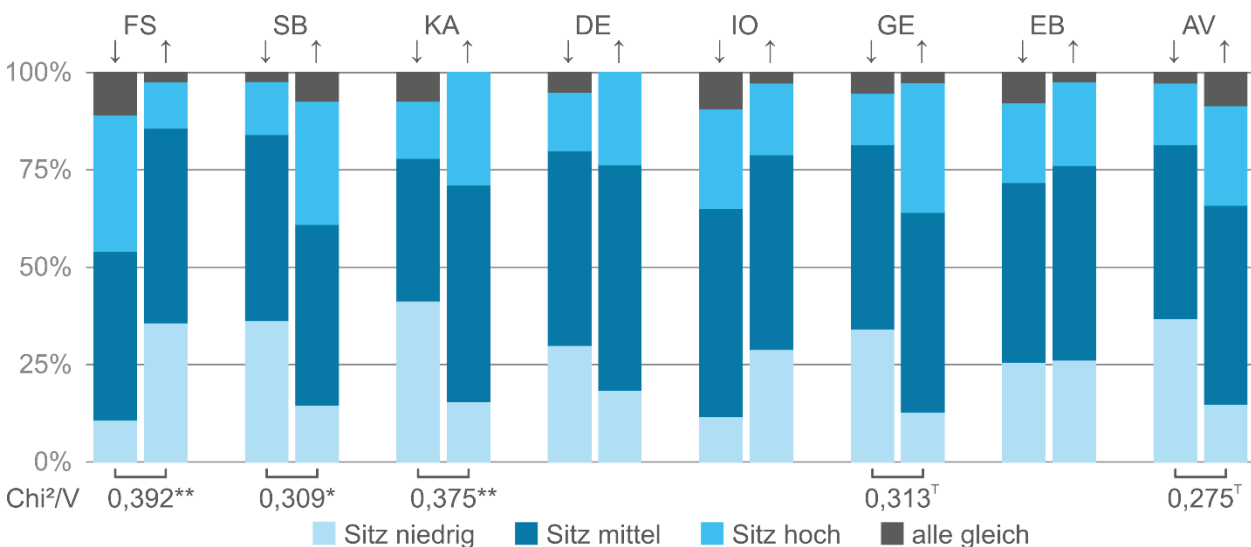


Bild 6.15: Kognitive Bewertung: bevorzugte Sitzposition - Vergleich Extremtypen

Bezüglich der bevorzugten Sitzposition unterscheiden sich die Extremtypen von *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis* und *Komfortaffinität* jeweils signifikant, die Extremtypen von *Gewohnheit* und *Aufwandsvermeidung* tendenziell. Testpersonen mit hoher *Fahrspaß*-Ausprägung bevorzugen häufiger eine niedrige Sitzposition und lehnen eine hohe Sitzposition ab. Beim *Sicherheitsbedürfnis* verhält es sich entgegengesetzt. Ebenso wird bei hoher *Komfortaffinität* eine niedrige Sitzposition eher abgelehnt.

Bei der bevorzugten Touchscreenposition wird die nahe Position gegenüber der weiter entfernten Position bevorzugt. Nur die Gruppen mit hoher und niedriger *Infotainmentorientierung* unterschieden sich signifikant. Der Gruppe mit niedriger IO kann sich dabei häufiger nicht zwischen den beiden Varianten entscheiden. Die erläuterten Zusammenhänge gelten tendenziell auch für die *Gewohnheit*.

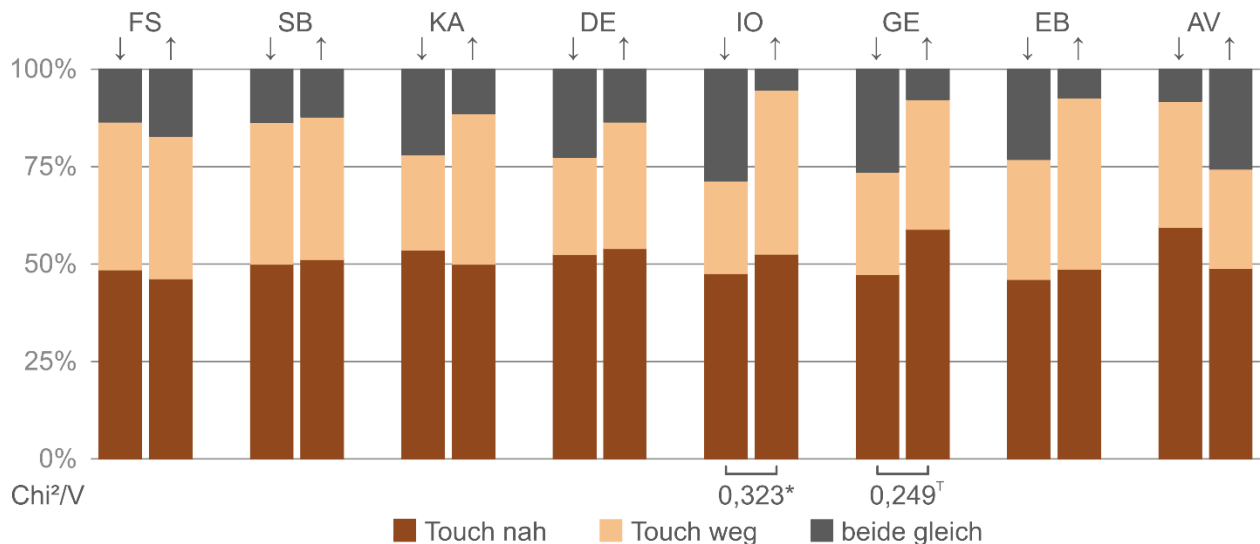


Bild 6.16: Kognitive Bewertung: bevorzugte Touchposition - Vergleich Extremtypen

Die Ergebnisse für den Clustervergleich sind in Bild 6.17 zusammengefasst. Obwohl bei der Sitzhöhe kein signifikanter Unterschied vorliegt, ist erkennbar, dass die *komfortorientiert Empfindlichen* eine niedrige Sitzposition ablehnen. Weiterhin bewerten die *Aufwandsvermeider* häufiger als die anderen Cluster alle Varianten gleich.

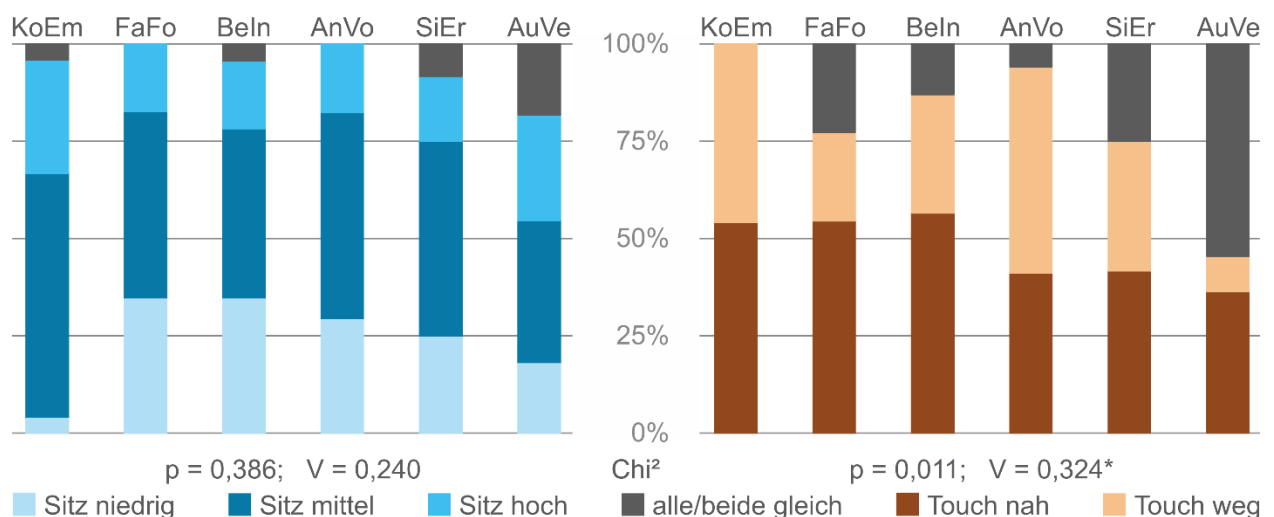


Bild 6.17: Kognitive Bewertung: bevorzugte Sitz- und Touchposition- Clustervergleich

Bezüglich der bevorzugten Touchscreenposition unterscheidet sich die Verteilung innerhalb der Cluster signifikant. Mehr als die Hälfte der *Aufwandsvermeider* bewerten beide Touchscreenpositionen gleich. Das kann bedeuten, dass sie keinen Unterschied zwischen den Varianten feststellen können, ihnen der Unterschied egal ist oder sie sich nicht

entscheiden können. Die *Anspruchsvollen* sind das einzige Cluster, das die entfernte Touchscreenposition der nahen Position vorzieht.

6.4.8 Diskomfort

Der Diskomfort wird nach der Bodymap-Methode erfasst. Die Ergebnisse für die Vergleiche der Extremtypen sind in Tabelle 6.28 und für die Regressionen in Bild 6.18 zusammengefasst. Beim Diskomfort kann die Richtung des Effekts nicht aus dem Vergleich der Mediane geschlossen werden, da diese sehr häufig bei null liegen. Als Alternative wird die Differenz der mittleren Ränge (DMR) zwischen den Gruppen mit hoher und niedriger Ausprägung angegeben. Aus diesem Wert kann anhand des Vorzeichens direkt die Richtung abgelesen werden. Dies ist notwendig, da r immer positiv ist. Zusätzlich ist zu beachten, dass hohe Werte bei der Skala *Ermüdung Sitzhaltung* einer langsamen Ermüdung entsprechen, also wie bei der Skala *Komfort Sitzhaltung* als positiv zu bewerten sind. Ansonsten gilt, dass hohe Diskomfort-Werte für einen hohen Diskomfort stehen und damit negativ zu bewerten sind.

| Diskomfort | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|----------------------------|-------|-------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| Nacken | DMR | -5,80 | 5,61 | 4,63 | 21,09 | -0,99 | 4,88 | -2,21 | -0,17 |
| | U r | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,49*** | 0,02 | 0,12 | 0,05 | 0,00 |
| Schulter | DMR | -7,48 | 7,83 | 9,92 | 16,27 | 2,99 | 1,12 | -2,81 | 0,15 |
| | U r | 0,18 | 0,17 | 0,21 ^T | 0,37*** | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,00 |
| Rücken | DMR | -5,86 | 7,18 | 5,01 | 16,68 | 2,38 | 0,03 | -1,48 | 0,12 |
| | U r | 0,13 | 0,15 | 0,10 | 0,37*** | 0,05 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| Arme | DMR | -5,34 | 3,82 | 6,68 | 10,65 | -0,15 | 7,41 | 0,65 | 3,27 |
| | U r | 0,13 | 0,08 | 0,14 | 0,25* | 0,00 | 0,18 | 0,02 | 0,07 |
| Hände | DMR | -4,57 | 3,51 | 4,89 | 11,85 | -1,34 | 0,80 | 4,34 | -1,32 |
| | U r | 0,13 | 0,09 | 0,12 | 0,35** | 0,04 | 0,02 | 0,12 | 0,03 |
| Gesäß | DMR | -4,26 | 2,27 | 1,89 | 10,01 | 7,96 | 1,20 | 0,13 | 6,63 |
| | U r | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 0,26* | 0,20 ^T | 0,03 | 0,00 | 0,15 |
| Beine | DMR | -0,88 | 1,07 | 4,32 | 9,44 | 7,05 | 3,39 | 8,07 | -6,66 |
| | U r | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,23* | 0,17 | 0,09 | 0,19 ^T | 0,15 |
| Füße | DMR | -1,86 | 6,25 | 1,09 | 7,75 | 3,70 | -1,17 | 4,29 | -4,49 |
| | U r | 0,05 | 0,16 | 0,03 | 0,21 ^T | 0,10 | 0,03 | 0,11 | 0,11 |
| Mittelwert | DMR | -1,59 | 3,65 | 5,98 | 19,08 | 5,10 | 2,71 | -2,89 | 0,22 |
| | U r | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,46*** | 0,12 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| Komfort Sitzhaltung [1-7] | M↑ | 4,74 | 4,44 | 4,58 | 4,28 | 4,75 | 4,68 | 4,81 | 4,43 |
| | M↓ | 4,35 | 4,90 | 4,61 | 4,95 | 4,62 | 4,71 | 4,62 | 4,60 |
| | t d | 0,38 | -0,42 ^T | -0,03 | -0,65** | 0,11 | -0,03 | 0,17 | -0,16 |
| Ermüdung Sitzhaltung [1-7] | M↑ | 4,23 | 4,03 | 4,10 | 3,95 | 4,32 | 4,11 | 4,34 | 3,95 |
| | M↓ | 3,91 | 4,24 | 4,20 | 4,42 | 4,14 | 4,08 | 4,12 | 4,19 |
| | t d | 0,36 | -0,23 | -0,10 | -0,54* | 0,19 | 0,03 | 0,24 | -0,29 |

Tabelle 6.28: Durchschnittliche Bewertung Diskomfort - Vergleich Extremtypen

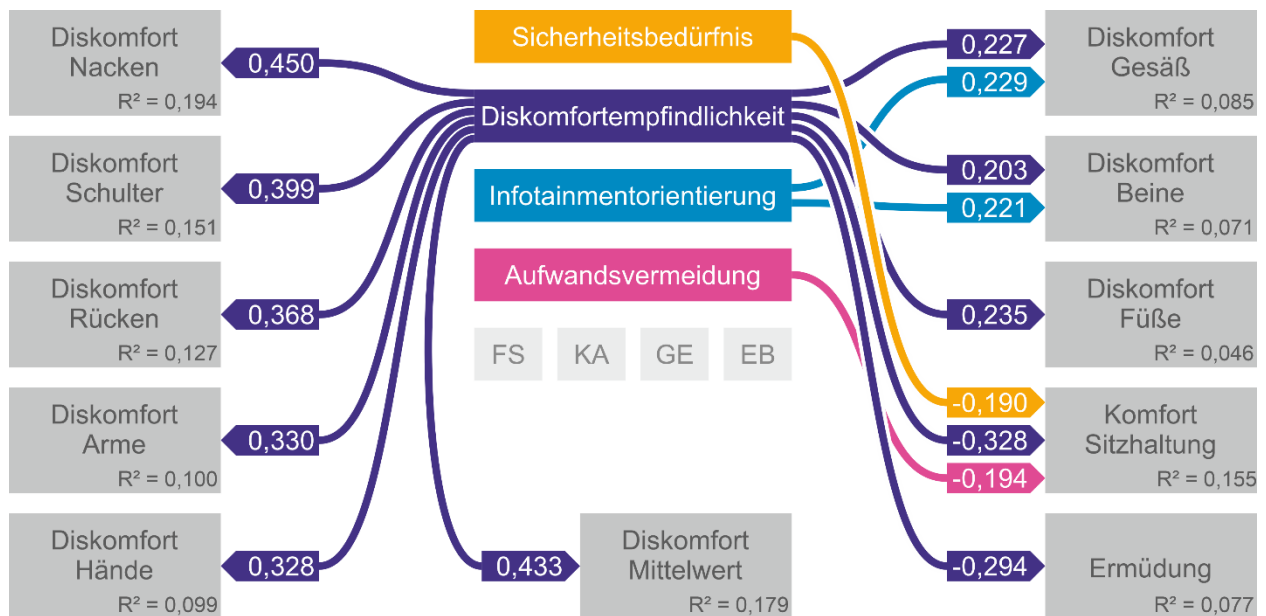


Bild 6.18: Durchschnittliche Bewertung Diskomfort - Multiple Regressionen

Die Ergebnisse zeigen, dass die *Diskomfortempfindlichkeit* unabhängig von der Analyse-methode den größten Einfluss auf die Bewertung des Diskomforts hat. Bei einer hohen Ausprägung der Skala *Diskomfortempfindlichkeit* wird der Diskomfort durchgängig höher bewertet. Lediglich der Diskomfort im Bereich Gesäß und Beine wird durch eine hohe Ausprägung der *Infotainmentorientierung* zusätzlich verstärkt. Bei der abschließenden Bewertung des Komforts der Sitzhaltung wirken sich *Sicherheitsbedürfnis* und *Aufwandsvermeidung* darüber hinaus negativ aus.

Die korrespondierenden Ergebnisse der Bewertung des Diskomforts für den Clustervergleich sind in Tabelle 6.29 dargestellt.

| Durchschnittlicher Diskomfort | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------------------------|-----------------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Nacken [0-6] | 1,30 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,101 | | |
| Schulter [0-6] | 1,30 | 0,00 | 0,40 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,023 | AuVe-KoEm FaFo-KoEm | 0,54* 0,44 ^T |
| Rücken [0-6] | 1,30 | 0,70 | 0,60 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 0,309 | | |
| Arme [0-6] | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,034 | | |
| Hände [0-6] | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,006 | Beln-KoEm AuVe-KoEm | 0,56** 0,51 ^T |
| Gesäß [0-6] | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,039 | SiEr-KoEm | 0,51 ^T |
| Beine [0-6] | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,016 | AuVe-AnVo AuVe-KoEm | 0,55 ^T 0,60* |
| Füße [0-6] | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,121 | | |
| Mittelwert [0-6] | 1,05 | 0,29 | 0,28 | 0,33 | 0,15 | 0,06 | 0,025 | AuVe-KoEm | 0,57* |
| Komfort Haltung [1-7] | 4,10 | 4,70 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 0,497 | | |
| Ermüdung [1-7] | 3,90 | 3,70 | 4,20 | 4,60 | 3,80 | 4,00 | 0,054 | | |

Tabelle 6.29: Durchschnittliche Bewertung Diskomfort - Clustervergleich

Das Cluster *komfortorientiert Empfindliche* hat entsprechend der DE-Ausprägung deutlich höhere Ausprägungen für den Diskomfort als die anderen Cluster. Vor allem im Vergleich zu den *Aufwandsvermeidern* sind die Unterschiede signifikant. Es liegen aber auch signifikante Unterschiede zu den Clustern der *Fahrspaßfokussierten*, *bedenkenlos Infotainmentorientierten* und *sicherheitsbedürftigen Ergonomen* vor. Im Bereich der Beine haben die *Anspruchsvollen* signifikant höheren Diskomfort als die *Aufwandsvermeider*.

6.4.9 Beanspruchung

Die Beanspruchung je Fahrt wird mittels NASA-TLX gemessen. Für die Auswertung wird der Mittelwert über die fünf Reizmuster des Hauptteils des Versuchs (ohne Beispielfahrt) herangezogen. Die Ergebnisse für die Vergleiche der Extremtypen sind in Tabelle 6.30 und für die Regressionen in Bild 6.19 dargestellt. Beim NASA-TLX entsprechen große Werte einer hohen Beanspruchung bzw. einer schlechten Leistung. Die Richtung kann nicht anhand der Effektstärke r , sondern nur anhand des Vergleichs der Mediane ermittelt werden.

| NASA-TLX durchschnittl. | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|-------------------------|-------|-------------------|-------------------|---------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|
| Geistig [0 - 100] | MD↑ | 25,90 | 42,08 | 41,20 | 38,63 | 30,40 | 41,25 | 38,43 | 33,40 |
| | MD↓ | 44,22 | 27,92 | 25,87 | 30,69 | 33,52 | 30,86 | 32,91 | 28,94 |
| | U r | 0,44*** | 0,33** | 0,37*** | 0,19 | 0,08 | 0,21 ^T | 0,13 | 0,09 |
| Körperlich [0 - 100] | MD↑ | 24,62 | 34,25 | 38,12 | 36,30 | 27,86 | 35,06 | 33,81 | 31,26 |
| | MD↓ | 39,10 | 26,17 | 23,50 | 27,15 | 27,58 | 29,46 | 29,38 | 24,12 |
| | U r | 0,34** | 0,14 | 0,32** | 0,23 ^T | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,17 |
| Zeitlich [0 - 100] | MD↑ | 25,95 | 33,67 | 33,44 | 29,67 | 26,26 | 30,66 | 32,97 | 27,31 |
| | MD↓ | 34,42 | 25,93 | 22,61 | 27,41 | 27,16 | 27,70 | 26,08 | 23,70 |
| | U r | 0,21 ^T | 0,20 ^T | 0,30** | 0,09 | 0,03 | 0,04 | 0,23 ^T | 0,07 |
| Leistung [0 - 100] | MD↑ | 20,33 | 31,11 | 30,17 | 29,28 | 22,63 | 28,25 | 28,24 | 25,26 |
| | MD↓ | 33,17 | 22,62 | 20,34 | 23,28 | 27,66 | 25,00 | 24,06 | 25,12 |
| | U r | 0,38** | 0,22 ^T | 0,29** | 0,13 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,02 |
| Anstrengung [0 - 100] | MD↑ | 28,31 | 39,86 | 40,61 | 36,14 | 31,46 | 39,25 | 35,73 | 34,05 |
| | MD↓ | 45,79 | 30,45 | 26,68 | 31,67 | 33,99 | 33,03 | 33,72 | 26,82 |
| | U r | 0,44*** | 0,23* | 0,34** | 0,13 | 0,07 | 0,13 | 0,05 | 0,19 |
| Frustration [0 - 100] | MD↑ | 18,15 | 29,72 | 31,83 | 30,02 | 23,46 | 28,88 | 26,54 | 25,55 |
| | MD↓ | 33,69 | 20,96 | 16,68 | 20,67 | 24,67 | 21,05 | 23,20 | 21,94 |
| | U r | 0,38** | 0,23* | 0,38*** | 0,22 ^T | 0,02 | 0,20 ^T | 0,07 | 0,10 |
| Gesamt [0 - 100] | MD↑ | 23,88 | 35,12 | 35,89 | 33,34 | 27,01 | 33,89 | 32,62 | 29,47 |
| | MD↓ | 38,40 | 25,67 | 22,61 | 26,81 | 29,10 | 27,85 | 28,23 | 25,11 |
| | U r | 0,43*** | 0,26* | 0,41*** | 0,20 ^T | 0,04 | 0,17 | 0,13 | 0,12 |

Tabelle 6.30: Durchschnittliche Bewertung NASA-TLX - Vergleich Extremtypen

Die Ergebnisse zeigen, dass die beiden ERPI-A Skalen *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* den größten Einfluss auf die Bewertung der Beanspruchung haben. Personen mit einer hohen *Fahrspaß*-Ausprägung bewerten die Beanspruchung anhand des NASA-TLX signifikant geringer, Personen mit einer hohen *Komfortaffinität* signifikant höher.

Solitär betrachtet empfinden Personen mit einem hohen *Sicherheitsbedürfnis* die Beanspruchung signifikant höher. Allerdings liefert das *Sicherheitsbedürfnis* bei der Betrachtung aller ERPI-A Skalen in den Regressionen keine signifikanten Erklärungsanteile.

Weitere ERPI-A Skalen, die signifikante Erklärungsanteile liefern, sind die *Diskomfortempfindlichkeit* und die *Infotainmentorientierung*. Eine hohe DE-Ausprägung führt zu einer höheren Bewertung der körperlichen Anforderungen. Die Frustration wird sowohl durch eine hohe DE- als auch eine hohe IO-Ausprägung verstärkt.

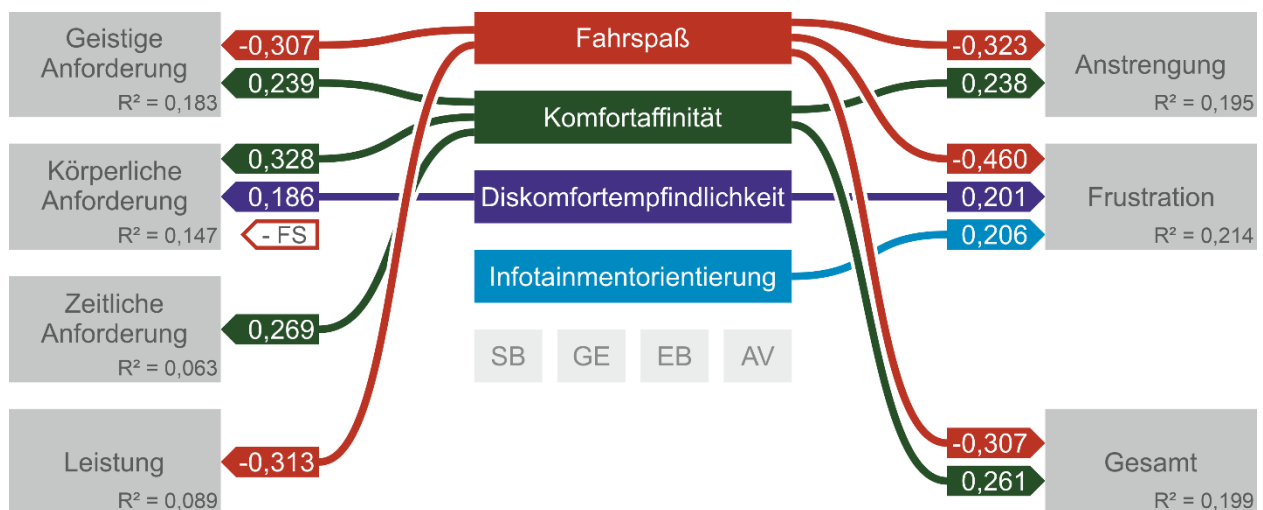


Bild 6.19: Durchschnittliche Bewertung NASA-TLX - Multiple Regressionen

Die Ergebnisse des Clustervergleichs sind in Tabelle 6.31 dargestellt. Die Bewertung der Beanspruchung unterscheidet sich dabei für alle NASA-TLX Skalen signifikant. Die *komfortorientiert Empfindlichen* weisen entsprechend ihrer niedrigen FS- und hohen KA- und DE-Ausprägung im Vergleich zu den anderen Clustern sehr hohe Beanspruchungswerte auf. Lediglich die *Aufwandsvermeider* unterscheiden sich trotz deutlich niedrigerer Werte nicht signifikant von den *komfortorientiert Empfindlichen*.

| NASA-TLX durch- schnittlich [0-100] | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post- hoc-Tests | r |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------------------|-------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Geistig | 53,50 | 16,50 | 27,00 | 28,00 | 30,00 | 35,50 | <0,001 | FaFo-KoEm | 0,73*** |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,68*** |
| Körperlich | 52,00 | 16,50 | 21,00 | 26,00 | 27,00 | 22,50 | <0,001 | FaFo-KoEm | 0,65*** |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,57** |
| | | | | | | | | SiEr-KoEm | 0,54* |
| | | | | | | | | AnVo-KoEm | 0,48 ^T |
| Zeitlich | 39,00 | 17,00 | 21,00 | 36,00 | 23,00 | 23,00 | 0,004 | FaFo-KoEm | 0,56** |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,46* |
| Leistung | 41,50 | 14,50 | 20,00 | 21,00 | 25,00 | 21,00 | 0,002 | FaFo-KoEm | 0,62** |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,52** |
| Anstrengung | 51,00 | 15,50 | 26,00 | 31,00 | 32,00 | 36,00 | <0,001 | FaFo-KoEm | 0,71*** |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,56** |
| | | | | | | | | AnVo-KoEm | 0,52* |
| Frustration | 47,50 | 9,00 | 15,00 | 23,00 | 7,00 | 13,50 | <0,001 | FaFo-KoEm | 0,75*** |
| | | | | | | | | SiEr-KoEm | 0,61* |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,53** |
| Gesamt | 47,17 | 14,00 | 23,00 | 26,83 | 23,67 | 25,33 | <0,001 | FaFo-KoEm | 0,79*** |
| | | | | | | | | Beln-KoEm | 0,65*** |
| | | | | | | | | SiEr-KoEm | 0,52 ^T |
| | | | | | | | | AnVo-KoEm | 0,47 ^T |

Tabelle 6.31: Durchschnittliche Bewertung NASA-TLX - Clustervergleich

6.4.10 Gesamtbefinden

Unabhängig von den unterschiedlichen Fahrzeugvarianten wurde die Gesamtbefindlichkeit nach der Beispielfahrt, also zu Beginn des Versuchs und nach der letzten Fahrt mittels EZK-Fragebogen ermittelt. Hohe Werte entsprechen dabei einer hohen Motivation und guten, also niedrigen Beanspruchungslage. Die Ergebnisse für die Vergleiche der Extremtypen sind in Tabelle 6.32 und die Regressionen in Bild 6.20 dargestellt.

Eine hohe *Fahrspaß*-Ausprägung führt zu einer signifikant höheren Motivations- und Beanspruchungslage zu Beginn und am Ende des Versuchs. Die multiplen Regressionen zeigen, dass der *Fahrspaß* dabei die wichtigste ERPI-A Skala darstellt.

Sicherheitsbedürfnis und *Gewohnheit* beeinflussen Motivation und Beanspruchung sowohl zu Beginn als auch am Ende des Versuchs negativ. Der Einfluss von GE ist dabei meistens größer als der Einfluss von SB, aber nicht so groß wie der Einfluss von FS. Auch die *Diskomfortempfindlichkeit*, die *Aufwandsvermeidung* und die *Komfortaffinität* haben einen negativen Einfluss in Teilaspekten.

Sowohl Motivations- als auch Beanspruchungslage verschlechtern sich während des Versuchs leicht. Dabei hat keine der ERPI-A Skalen einen signifikanten Einfluss auf die Motivation. Die Veränderung der Beanspruchungslage wird durch eine hohe Ausprägung

der *Diskomfortempfindlichkeit* negativ beeinflusst. Je nach Analyseverfahren haben FS und KA bzw. EB und IO einen positiven Einfluss auf die Veränderung.

| Abhängige Variable | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|--|-------|---------|--------|--------|--------------------|-------------------|----------|-------------------|--------------------|
| Motivationslage zu Beginn [0 - 5] | M↑ | 3,27 | 2,81 | 2,94 | 2,80 | 3,15 | 2,82 | 3,10 | 2,90 |
| | M↓ | 2,67 | 3,12 | 3,16 | 3,09 | 2,92 | 3,15 | 2,95 | 3,22 |
| | t d | 0,88*** | -0,46* | -0,32 | -0,42 ^T | 0,32 | -0,49* | 0,20 | -0,46* |
| Beanspruchungslage zu Beginn [0 - 5] | M↑ | 2,99 | 2,77 | 2,79 | 2,85 | 2,93 | 2,75 | 2,92 | 2,85 |
| | M↓ | 2,76 | 3,03 | 3,01 | 2,88 | 2,89 | 3,06 | 2,95 | 2,92 |
| | t d | 0,48* | -0,53* | -0,43* | -0,06 | 0,09 | -0,69** | -0,07 | -0,15 |
| Motivationslage am Ende [0 - 5] | M↑ | 3,08 | 2,70 | 2,90 | 2,75 | 3,04 | 2,71 | 3,04 | 2,86 |
| | M↓ | 2,62 | 3,09 | 3,00 | 3,06 | 2,80 | 3,13 | 2,92 | 3,06 |
| | t d | 0,62** | -0,53* | -0,14 | -0,40 ^T | 0,29 | -0,64** | 0,15 | -0,28 |
| Beanspruchungslage am Ende [0 - 5] | M↑ | 3,03 | 2,72 | 2,84 | 2,71 | 2,99 | 2,68 | 3,00 | 2,82 |
| | M↓ | 2,66 | 3,01 | 2,97 | 2,94 | 2,79 | 3,08 | 2,84 | 3,02 |
| | t d | 0,73** | -0,57* | -0,26 | -0,44 ^T | 0,37 | -0,89*** | 0,33 | -0,42 ^T |
| Motivationslage Veränderung [0 - 5] | M↑ | -0,19 | -0,13 | -0,05 | -0,04 | -0,11 | -0,13 | -0,05 | -0,05 |
| | M↓ | -0,05 | -0,03 | -0,18 | -0,03 | -0,14 | -0,01 | -0,04 | -0,19 |
| | t d | -0,20 | -0,15 | 0,20 | -0,03 | 0,06 | -0,21 | -0,02 | 0,22 |
| Beanspruchungslage Veränderung [0 - 5] | M↑ | 0,04 | -0,06 | 0,04 | -0,14 | 0,05 | -0,08 | 0,08 | -0,04 |
| | M↓ | -0,10 | -0,02 | -0,04 | 0,06 | -0,11 | 0,02 | -0,12 | 0,08 |
| | t d | 0,34 | -0,11 | 0,19 | -0,46* | 0,38 ^T | -0,26 | 0,54 ^T | -0,28 |

Tabelle 6.32: Bewertung Eigenzustand (EZK) - Vergleich Extremtypen

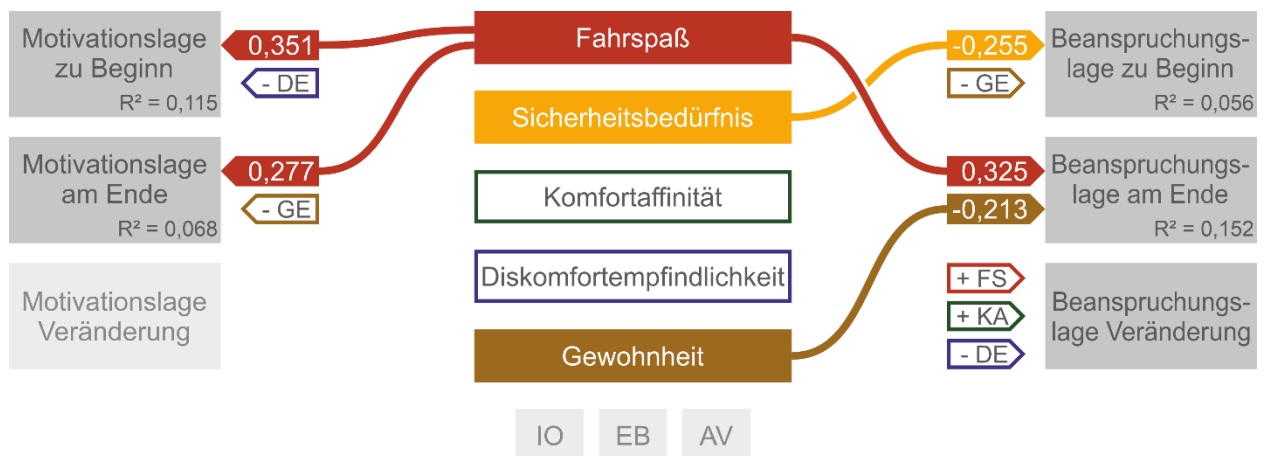


Bild 6.20: Bewertung Eigenzustand (EZK) Multiple Regressionen

Die Ergebnisse für den Clustervergleich sind in Tabelle 6.33 zusammengefasst. Hier zeigt sich, dass sich das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen* entsprechend seiner Ausprägung von FS, GE, SB und DE hinsichtlich der Gesamtbefindlichkeit deutlich von den anderen Clustern unterscheidet. Sowohl zu Beginn als auch am Ende des Versuchs weisen die KoEm eine signifikant niedrigere Motivation und höhere Beanspruchung als die anderen Cluster auf.

| Eigenzustand EZK [0-5] | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post- hoc-Tests | r |
|-----------------------------------|------|-------|------|------|-------|-------|--------|--------------------------|-------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Motivationslage zu Beginn | 2,56 | 3,13 | 3,25 | 3,50 | 3,38 | 3,00 | <0,001 | KoEm-FaFo | 0,49* |
| | | | | | | | | KoEm-Beln | 0,62*** |
| | | | | | | | | KoEm-SiEr | 0,59** |
| | | | | | | | | KoEm-AnVo | 0,63*** |
| Beanspruchungslage zu Beginn | 2,75 | 3,13 | 3,00 | 3,00 | 3,19 | 2,88 | 0,014 | KoEm-Beln | 0,40 ^T |
| | | | | | | | | KoEm-FaFo | 0,42 ^T |
| | | | | | | | | KoEm-SiEr | 0,52* |
| Motivationslage am Ende | 2,38 | 3,06 | 3,00 | 3,38 | 3,13 | 2,75 | <0,001 | KoEm-FaFo | 0,41 ^T |
| | | | | | | | | KoEm-SiEr | 0,48 ^T |
| | | | | | | | | KoEm-Beln | 0,55** |
| | | | | | | | | KoEm-AnVo | 0,60** |
| Beanspruchungslage am Ende | 2,50 | 3,00 | 3,00 | 3,25 | 3,19 | 3,00 | <0,001 | KoEm-AuVe | 0,50* |
| | | | | | | | | KoEm-Beln | 0,54** |
| | | | | | | | | KoEm-FaFo | 0,57** |
| | | | | | | | | KoEm-SiEr | 0,73*** |
| Beanspruchungslage Veränderung | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,38 | 0,00 | 0,13 | 0,042 | KoEm-AnVo | 0,47* |
| | | | | | | | | Beln-AnVo | 0,44 ^T |
| Motivationslage Veränderung | 0,00 | -0,06 | 0,13 | 0,13 | -0,13 | -0,13 | 0,943 | | |

Tabelle 6.33: Bewertung Eigenzustand (EZK) - Clustervergleich

6.4.11 Bedien- und Anzeigenkonzept

Mithilfe des paarweisen Vergleichs wird das Gefallen zu verschiedenen Bedien- und Anzeigenkonzepten (BAK) erfasst. Zusätzlich wird anhand einer fünfstufigen Ratingskala erfasst, wie häufig die Testpersonen die BAK-Systeme benutzen. Dementsprechend werden die Systeme je Testperson in gewohnte und ungewohnte BAK eingeteilt. Hinsichtlich des Innovationsgrads werden Touchpad, Gestensteuerung und Blicksteuerung zu neuen BAK zusammengefasst. Die Ergebnisse sind für die Vergleiche der Extremtypen in Tabelle 6.34 und für die Regressionen in Bild 6.21 dargestellt. Höhere Werte entsprechen einer besseren Bewertung. Die Richtung des Effekts kann nur aus dem Vergleich der Mediane ermittelt werden.

Unter den gängigen BAK wird der Dreh-Drück-Schiebe-Steller (DDSS) von den meisten Testpersonen bevorzugt, gefolgt von Touchscreen und der klassischen Bedienung mit Tasten. Eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung* führt zu einer verstärkten Bevorzugung des DDSS und zu einer stärkeren Ablehnung der klassischen Bedienung mit Tasten. Durch ein schwach ausgeprägtes *Ergonomiebewusstsein* und eine hohe Ausprägung der *Gewohnheit* wird der Touchscreen eher bevorzugt. Weiterhin

hängt eine hohe Ausprägung der *Gewohnheit* mit einer geringeren Bevorzugung des DDSS zusammen.

| Bevorzugtes BAK | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|-------------------------------------|-------|--------|-------------------|-------|------|--------|-------|-------|------|
| Klassisch ¹ [0 - 4] | MD↑ | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 2,00 | 0,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| | U r | 0,23* | 0,21 ^T | 0,02 | 0,13 | 0,32** | 0,09 | 0,03 | 0,09 |
| Touchscreen ¹ [0 - 4] | MD↑ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 |
| | U r | 0,13 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,16 | 0,24* | 0,02 |
| DDSS ¹ [0 - 4] | MD↑ | 3,50 | 2,50 | 3,00 | 2,00 | 3,50 | 2,00 | 3,50 | 3,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,50 | 2,00 | 3,00 |
| | U r | 0,35** | 0,17 | 0,05 | 0,02 | 0,22* | 0,27* | 0,23* | 0,03 |
| neue BAK [2 - 8] | MD↑ | 3,17 | 3,33 | 3,33 | 3,00 | 3,33 | 3,50 | 3,33 | 3,00 |
| | MD↓ | 3,33 | 3,33 | 2,67 | 3,17 | 2,67 | 3,17 | 2,67 | 3,33 |
| | U r | 0,05 | 0,01 | 0,22* | 0,01 | 0,25* | 0,08 | 0,13 | 0,02 |
| gewohntes BAK ¹ [0 - 4] | MD↑ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 1,75 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | U r | 0,15 | 0,31** | 0,03 | 0,12 | 0,18 | 0,10 | 0,05 | 0,08 |
| ungewohnte BAK ¹ [0 - 4] | MD↑ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 2,25 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | U r | 0,15 | 0,25* | 0,04 | 0,16 | 0,14 | 0,10 | 0,02 | 0,06 |

¹ nur Klassisch, Touchscreen und Dreh-Drück-Schiebe-Steller (DDSS) berücksichtigt

Tabelle 6.34: Bevorzugtes Bedien- und Anzeigenkonzept - Vergleich Extremtypen

Ein hohes *Sicherheitsbedürfnis* führt zu einer Bevorzugung des gewohnten BAK gegenüber den ungewohnten BAK. Die anderen ERPI-A Skalen haben keinen signifikanten Einfluss im Zusammenhang mit dem gewohnten BAK. Nur die *Infotainmentorientierung* wirkt tendenziell entgegengesetzt zum *Sicherheitsbedürfnis*.



¹ nur Klassisch, Touchscreen und Dreh-Drück-(Schiebe)-Steller berücksichtigt

DE AV

³ Methode schrittweise Selektion

Bild 6.21: Bevorzugtes Bedien- und Anzeigenkonzept - Multiple Regressionen

Eine hohe Ausprägung von *Infotainmentorientierung* und *Komfortaffinität* führt dazu, dass die Testpersonen offener gegenüber den neuen BAK Touchpad, Gestensteuerung und Blicksteuerung sind.

Die Ergebnisse für den Clustervergleich sind in Tabelle 6.35 dargestellt. Die Cluster unterscheiden sich nur bezüglich der Bewertung des DDSS signifikant. Entsprechend der Ausprägungen von FS und GE bevorzugen die *Fahrspaßfokussierten* und die *Anspruchsvollen* den DDSS jeweils signifikant stärker als die *komfortorientiert Empfindlichen*.

| Bevorzugtes BAK | KoEm | FaFo | BeIn | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------------------------|----------------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Klassisch [0-4] | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 1,00 | 0,190 | | |
| Touchscreen [0-4] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,50 | 2,00 | 0,133 | | |
| DDSS [0-4] | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 3,50 | 3,00 | 0,016 | KoEm-FaFo KoEm-AnVo | 0,43 ^T 0,49* |
| neue BAK [2-8] | 3,00 | 2,67 | 3,00 | 3,33 | 3,17 | 4,00 | 0,393 | | |
| gewohntes BAK [0-4] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 0,944 | | |
| ungewohnte BAK [0-4] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 0,861 | | |

Tabelle 6.35: Bevorzugtes Bedien- und Anzeigenkonzept - Clustervergleich

6.4.12 Aufbau und Elemente des Fahrzeuginterieurs

Ebenfalls durch den paarweisen Vergleich werden die bevorzugten Elemente des Fahrzeuginterieurs ermittelt. Für eine vereinfachte Interpretation der Ergebnisse werden bei Analysen mit nur zwei Ausprägungen die Aussage *beide gleich* nicht in die Auswertung mit einbezogen. Die Ergebnisse für die Vergleiche der Extremtypen sind in Tabelle 6.36 und für die multiplen Regressionen in Bild 6.22 zusammengefasst. Bei der Analyse des Lenkrads kann die Richtung nur aus den Medianen ermittelt werden.

Das klassische runde Lenkrad stellt das am meisten bevorzugte Lenkrad dar. Eine hohe Ausprägung von *Gewohnheit* und *Sicherheitsbedürfnis* verstärkt die Bevorzugung, eine hohe Ausprägung von *Infotainmentorientierung* und *Fahrspaß* schwächt sie ab.

Das unten abgeflachte Sportlenkrad wird vor allem von Personen mit einer hohen Ausprägung von *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung* bevorzugt. Eine hohe Ausprägung von *Gewohnheit* und *Sicherheitsbedürfnis* wirkt entgegengesetzt.

Das reduzierte futuristische Lenkrad wird insgesamt eher abgelehnt. Die multiple Regression zeigt, dass eine höhere *Infotainmentorientierung* und eine niedrigere Ausprägung des *Fahrspaßes* tendenziell zu einer höheren Akzeptanz dieses Lenkrads führen.

| Bevorzugte Elemente | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|-----------------------------|--------|---------|--------|-------------------|-------|---------|-------------------|-------|-------|
| Klassisches Lenkrad [0 - 4] | MD↑ | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 4,00 |
| | MD↓ | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 |
| | U r | 0,32** | 0,31** | 0,04 | 0,01 | 0,39*** | 0,28* | 0,13 | 0,13 |
| Sportlenkrad [0 - 4] | MD↑ | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,50 | 2,00 | 2,50 | 2,00 | 2,50 |
| | U r | 0,43*** | 0,23* | 0,12 | 0,02 | 0,34** | 0,22 ^T | 0,07 | 0,15 |
| Zukunftslenkrad [0 - 4] | MD↑ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | MD↓ | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | U r | 0,31** | 0,07 | 0,13 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,06 |
| Fahrerzentrierung | %↑ | 87,18 | 91,18 | 86,49 | 90,91 | 84,85 | 82,86 | 81,82 | 86,05 |
| | %↓ | 93,55 | 82,93 | 87,18 | 77,78 | 83,33 | 79,41 | 86,49 | 78,13 |
| | Chi² φ | -0,11 | 0,12 | -0,01 | 0,18 | 0,02 | 0,04 | -0,06 | 0,10 |
| Durchgehender Fußraum | %↑ | 17,50 | 30,77 | 30,95 | 27,03 | 23,53 | 18,42 | 20,51 | 20,45 |
| | %↓ | 26,47 | 17,07 | 13,51 | 18,92 | 21,95 | 22,86 | 21,62 | 26,47 |
| | Chi² φ | -0,11 | 0,16 | 0,21 ^T | 0,10 | 0,02 | -0,05 | -0,01 | -0,07 |
| Breite Mittelkonsole | %↑ | 38,24 | 28,57 | 35,14 | 40,00 | 48,48 | 41,94 | 40,00 | 38,89 |
| | %↓ | 22,58 | 44,44 | 38,71 | 30,00 | 25,00 | 27,27 | 28,13 | 25,81 |
| | Chi² φ | 0,17 | -0,16 | -0,04 | 0,10 | 0,24* | 0,15 | 0,12 | 0,14 |
| Digitale Seitenspiegel | %↑ | 27,50 | 21,62 | 26,32 | 27,27 | 32,35 | 17,65 | 22,86 | 20,00 |
| | %↓ | 22,58 | 31,71 | 24,32 | 22,22 | 18,42 | 17,65 | 25,00 | 28,57 |
| | Chi² φ | 0,06 | -0,11 | 0,02 | 0,06 | 0,16 | 0,00 | -0,03 | -0,10 |
| Joystick | %↑ | 4,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,41 | 0,00 | 2,44 | 2,13 |
| | %↓ | 0,00 | 4,65 | 2,44 | 2,56 | 0,00 | 5,41 | 0,00 | 2,78 |
| | Chi² φ | 0,15 | -0,15 | -0,11 | -0,11 | 0,17 | -0,17 | 0,11 | -0,02 |

Tabelle 6.36: Bevorzugter Aufbau und Elemente Fahrzeuginterieur - Vergl. Extremtypen



Bild 6.22: Bevorzugter Aufbau und Elemente Fahrzeuginterieur - Multiple Regressionen

Bezüglich der Ausführung der Mittelkonsole wird ein durchgehender Fußraum im Vergleich zu einer durchgehenden Mittelkonsole von den meisten Testpersonen abgelehnt.

¹ logistische Regression

Eine hohe Ausprägung der *Komfortaffinität* führt tendenziell zu einer Verschiebung der Bevorzugung hin zu einem durchgehenden Fußraum. Weiterhin lehnen die meisten Teilnehmenden eine breite im Vergleich zu einer schmalen Mittelkonsole ab. Verstärkt wird diese Beobachtung durch eine hohe Ausprägung des *Sicherheitsbedürfnisses* und eine niedrige Ausprägung des *Ergonomiebewusstseins*. Die Extremtypen mit einer hohen IO-Ausprägung bevorzugen am ehesten eine breite Mittelkonsole.

Hinsichtlich des Vorhandenseins einer Fahrerzentrierung, der Art der Seitenspiegel und der Steuerungsart des Fahrzeugs ist kein Einfluss durch die ERPI-A Skalen statistisch belegbar. Generell wird das Vorhandensein einer Fahrerzentrierung bevorzugt. Digitale Seitenspiegel und eine Steuerung mittels Joystick werden jeweils abgelehnt.

Die Ergebnisse für den Clustervergleich sind für das Lenkrad in Tabelle 6.37 und für die restlichen Elemente des Fahrzeuginterieurs in Tabelle 6.38 zusammengefasst.

Beim bevorzugten Lenkrad unterscheiden sich vor allem die *Anspruchsvollen* von den *komfortorientiert Empfindlichen*. Die AnVo sind das einzige Cluster, das das Sportlenkrad bevorzugt, die KoEm lehnen es am meisten ab.

| Bevorzugtes Lenkrad [0-4] | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|----------------------|-------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Klassisches Lenkrad | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,50 | 4,00 | 0,149 | | |
| Sportlenkrad | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 0,014 | KoEm-AnVo | 0,48 ^T |
| Zukunftslenkrad | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,137 | | |

Tabelle 6.37: Bevorzugtes Lenkrad - Clustervergleich

Hinsichtlich der restlichen Elemente des Fahrzeuginterieurs gibt es keine signifikanten Unterschiede. Am ehesten unterscheiden sich die Cluster hinsichtlich der bevorzugten Breite der Mittelkonsole. Die *Fahrspaßfokussierten* sind das einzige Cluster, das eine breite Mittelkonsole bevorzugt. Demgegenüber bevorzugen die *sicherheitsbewussten Ergonomen* und die *Aufwandsvermeider* eindeutig eine schmale Mittelkonsole.

| Bevorzugte Elemente [%] | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | Gesamt | p | v |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|
| Fahrerzentrierung | 89,5 | 87,0 | 81,8 | 85,7 | 66,7 | 88,9 | 84,4 | 0,749 | 0,17 |
| Durchgehender Fußraum | 23,8 | 8,7 | 14,3 | 31,3 | 30,0 | 18,2 | 19,6 | 0,508 | 0,21 |
| Breite Mittelkonsole | 36,8 | 56,3 | 40,0 | 40,0 | 10,0 | 11,1 | 36,0 | 0,134 | 0,31 |
| Digitale Seitenspiegel | 16,7 | 18,2 | 23,8 | 40,0 | 18,2 | 10,0 | 21,6 | 0,521 | 0,21 |
| Joystick | 0,0 | 0,0 | 4,5 | 6,3 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 0,598 | 0,19 |

Tabelle 6.38: Bevorzugter Aufbau und Elemente Fahrzeuginterieur - Clustervergleich

6.4.13 Automatisiertes Fahren

In Tabelle 6.39 und Bild 6.23 sind die Ergebnisse zu den bevorzugten Sitz- und Lenkradpositionen beim automatisierten Fahren dargestellt. Da die Mediane beim Vergleich der Extremtypen trotz signifikanter Unterschiede häufig identisch sind, werden zusätzlich die Differenzen der mittleren Ränge (DMR) angegeben. Das Vorzeichen der DMR entspricht der Richtung des Effekts.

| Automatisiertes Fahren | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV |
|----------------------------------|-------|--------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|---------|--------|
| Lenkung unverändert [0 - 4] | MD↑ | 3,50 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,50 | 2,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 |
| | DMR | 6,57 | 0,77 | -0,07 | 8,96 | 4,07 | 7,39 | 1,04 | -3,14 |
| | U r | 0,15 | 0,02 | 0,00 | 0,20 ^T | 0,09 | 0,17 | 0,02 | 0,07 |
| Lenkung weggefahren [0 - 4] | MD↑ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 |
| | DMR | -11,13 | 1,44 | 2,24 | -4,38 | -6,03 | -2,72 | -16,89 | 11,27 |
| | U r | 0,27* | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,07 | 0,39*** | 0,25* |
| Lenkung voll eingefahren [0 - 4] | MD↑ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | MD↓ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | DMR | 1,90 | -1,28 | -0,55 | -5,32 | 0,91 | -2,85 | 9,91 | -5,71 |
| | U r | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,13 | 0,02 | 0,08 | 0,25* | 0,13 |
| Sitz unverändert [0 - 6] | MD↑ | 4,50 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,50 | 4,50 | 4,00 | 4,00 |
| | MD↓ | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| | DMR | 1,55 | 1,47 | -4,06 | -4,43 | 5,86 | 2,08 | 0,42 | -0,83 |
| | U r | 0,03 | 0,03 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,05 | 0,01 | 0,02 |
| Sitz liegend [0 - 6] | MD↑ | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 |
| | DMR | 14,51 | -8,80 | 3,34 | -3,60 | 15,57 | -2,08 | 7,96 | -12,54 |
| | U r | 0,32** | 0,18 ^T | 0,07 | 0,08 | 0,33** | 0,05 | 0,17 | 0,25* |
| Sitz leicht gedreht [0 - 6] | MD↑ | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | MD↓ | 3,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | DMR | -14,46 | 1,02 | 4,96 | 6,03 | -9,39 | 2,62 | -1,31 | 11,58 |
| | U r | 0,32** | 0,02 | 0,10 | 0,14 | 0,20 ^T | 0,06 | 0,03 | 0,24* |
| Sitz nach hinten gedreht [0 - 6] | MD↑ | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,50 |
| | MD↓ | 2,00 | 1,50 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,50 | 2,00 | 2,00 |
| | DMR | -2,18 | 4,77 | -3,94 | 1,95 | -9,81 | -2,54 | -3,02 | -1,04 |
| | U r | 0,05 | 0,10 | 0,08 | 0,04 | 0,21 ^T | 0,06 | 0,07 | 0,02 |

Tabelle 6.39: Sitz- und Lenkradposition automatisiertes Fahren - Vergleich Extremtypen

Als bevorzugte Lenkradposition während einer automatisierten Fahrt werden die unveränderte Position des Lenkrads und ein weggefahrenes, aber noch erreichbares Lenkrad (vgl. Bild 5.18) durchschnittlich bevorzugt. Ein voll eingefahrenes Lenkrad wird abgelehnt. Die Wahl wird vor allem durch das *Ergonomiebewusstsein* beeinflusst. Bei schwach ausgeprägtem *Ergonomiebewusstsein* wird ein weggefahrenes Lenkrad bevorzugt. Eine

hohe Ausprägung des *Ergonomiebewusstseins* führt zu einer geringeren Ablehnung des voll eingefahrenen Lenkrads.

Hinsichtlich des Sitzes wird eine unveränderte Position durchschnittlich am meisten bevorzugt. Eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* führt zu einer verstärkten Zustimmung zur liegenden Sitzposition. Weiterhin hängt der *Fahrspaß* negativ mit der Bevorzugung der leicht gedrehten Sitzposition zusammen. Personen mit einer hohen IO-Ausprägung lehnen die nach hinten gedrehte Sitzposition am meisten ab.

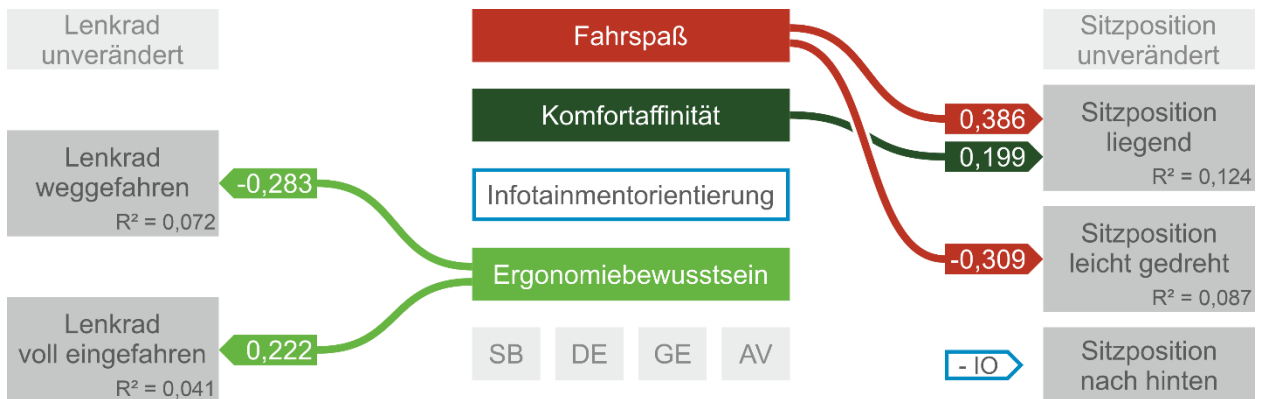


Bild 6.23: Sitz- und Lenkradposition automatisiertes Fahren - Multiple Regressionen

Die Ergebnisse der Clusteranalyse sind in Tabelle 6.40 zusammengefasst. Die *Aufwandsvermeider* sind das einzige Cluster, das eine weggefahrne, aber noch erreichbare Lenkradposition während der automatisierten Fahrt bevorzugt. Darin unterscheiden sie sich signifikant von den *Anspruchsvollen* und den *Fahrspaßfokussierten*.

| Durchschnittliche Bewertung [0-4] | KoEm | FaFo | Beln | AnVo | SiEr | AuVe | H-Test | sign. Post-hoc-Tests | r |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------------------------|-----------------------------|
| | MD | | | | | | p | | |
| Lenkung unverändert [0-4] | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 0,216 | | |
| Lenkung weggefahren [0-4] | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,028 | AnVo-AuVe FaFo-AuVe | 0,56* 0,48 ^T |
| Lenkung voll eingefahren [0-4] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,520 | | |
| Sitz unverändert [0-6] | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 4,50 | 4,00 | 0,796 | | |
| Sitz liegend [0-6] | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 3,50 | 3,00 | 0,011 | KoEm-Beln KoEm-AnVo | 0,41 ^T 0,55** |
| Sitz leicht gedreht [0-6] | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 0,047 | | |
| Sitz nach hinten gedreht [0-6] | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 2,00 | 0,00 | 0,589 | | |

Tabelle 6.40: Sitz- und Lenkradposition automatisiertes Fahren - Clustervergleich

Hinsichtlich der Sitzposition lehnen die *komfortorientiert Empfindlichen* die liegende Sitzposition signifikant stärker ab als die *Anspruchsvollen* und die *bedenkenlos Infotainmentorientierten*. Auch die Verteilung für eine leicht gedrehte Sitzposition ist signifikant. Obwohl die Post-hoc-Tests nicht signifikant sind, scheinen die *komfortorientiert Empfindlichen* diese Sitzposition stärker zu bevorzugen als die anderen Cluster.

6.5 Diskussion der Ergebnisse und Hypothesenüberprüfung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert und die Hypothesen aus Kapitel 5.1 überprüft. Die Gliederung orientiert sich dabei an der Gliederung der Ergebnisse.

Zunächst werden das Versuchsdesign, die eingesetzten Analysemethoden und die gewählte Stichprobe betrachtet. Das Ziel der Studie ist, die generelle Eignung von ERPI-A zu ermitteln und ein breites Bild möglicher Auswirkungen auf die Makroergonomie am Fahrerarbeitsplatz zu generieren. Dadurch ist der Analyseumfang für eine einzelne Studie sehr groß bei gleichzeitig geringerer Analysetiefe. Für die valide Übertragung der Erkenntnisse in die Praxis sind weitere Studien notwendig.

Die Kombination aus realen Versuchen im FEPS und virtuellen Versuchen am PC ist gut geeignet, um die unterschiedlichen Aspekte der Makroergonomie zu betrachten. Die eingesetzten Messmethoden liefern für den Zweck der Studie ausreichend genaue Daten. Kritisch ist die Messung der Torsoneigung über den Winkel der Rückenlehne [vgl. SEIDL 1994, S. 94], auf die durch den Ausfall des Motion-Tracking-Systems zurückgegriffen werden muss. Weiterhin haben systematische Fehler, wie sie beispielsweise bei der optischen Messung der Augposition (vgl. Kapitel 5.5.4) auftreten können, aufgrund des vergleichenden Charakters der Studie nur geringe Relevanz und sind somit in diesem Rahmen nicht ausschlaggebend.

Die Stichprobe entspricht mit einem Umfang von 113 Testpersonen der Zielgröße. Für den Zweck einer ersten Betrachtung der Auswirkungen von ERPI-A auf die Makroergonomie und zur Überprüfung der Hypothesen ist sie ausreichend groß. Aufgrund der hohen Anzahl von acht Skalen und der Aufteilung der Testpersonen in Extremgruppen sind für Detailanalysen noch größere Stichprobenumfänge empfehlenswert. Die gesamte relevante Anthropometrie ist durch die Stichprobe abgedeckt. Dies ist für eine Studie im Bereich Makroergonomie besonders wichtig. Allerdings ist die Stichprobe hinsichtlich Geschlecht, Alter und Bildung nicht repräsentativ. Dies bietet jedoch Vorteile für eine erste Analyse, wie sie hier durchgeführt wird. Beispielsweise sind jüngere Testpersonen weniger von Motion Sickness betroffen [vgl. BITTNER ET AL. 1997, S. 1092]. Unabhängig davon unterscheiden sich die Testpersonen hinsichtlich der Fahrzeugnutzung und der Ausprägung auf den ERPI-A Skalen stark und decken die möglichen Bandbreiten gut ab.

Trotzdem sollten vor der Übertragung in die Praxis die gewonnenen Erkenntnisse mit repräsentativen Stichproben abgesichert werden. Insgesamt ist die Stichprobe für diese Studie gut geeignet.

Trotz der iterativen Anpassung des Berechnungsverfahrens in RAMSIS korrelieren die normierten Messergebnisse für die Körperhaltung teilweise mit Geschlecht und Anthropometrie. Dabei ist es nicht offensichtlich, warum kein Positionierungsverfahren gefunden werden konnte, das unabhängige Ergebnisse liefert. Daher sollte in zukünftigen Studien das hier angewendete Berechnungsverfahren in RAMSIS unter Verwendung präziserer Messmethoden für die Körperhaltung optimiert werden. Beispielsweise kann der H-Punkt direkt und nicht über die Sitzeinstellung gemessen werden [vgl. KOLLING 1997, S. 42]. Weiterhin kann die Berechnung in RAMSIS durch die Verwendung eines sitzspezifisch gemessenen H-Punkt Offsets oder des Moduls *Seat Design* [SCHALLER & WIRSCHING 2014], welches das tatsächliche Einsinkverhalten in den Sitz simuliert, optimiert werden. Unabhängig davon ist die vorgenommene Normierung für diese Studie sinnvoll, um die Testpersonen miteinander vergleichen zu können. Weiterhin hat die nicht vollständige Normierung für diese Studie nur einen geringen Einfluss, da die meisten ERPI-A Skalen nur geringe Zusammenhänge mit der Anthropometrie aufweisen (vgl. Kapitel 6.4.2). Lediglich das Geschlecht korreliert mit den ERPI-A Skalen *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis* und *Komfortaffinität*.

Die gewählten Auswertemethoden gewähren Einblicke auf unterschiedlichen Ebenen und liefern dadurch ein gutes Gesamtbild, wie ERPI-A die Makroergonomie beeinflusst. Beim Extremtypenvergleich wird für jede ERPI-A Skala einzeln analysiert, ob sich Menschen mit hoher Ausprägung des Persönlichkeitsmerkmals von denen mit niedriger Ausprägung hinsichtlich der abhängigen Variablen unterscheiden. Durch die multiplen Regressionen wird ermittelt, welche Skalen für die Variation der abhängigen Variablen entscheidend sind. Beim Clustervergleich werden alle Persönlichkeitsmerkmale gleichzeitig betrachtet, da Menschen mit typische Kombinationen an Skalenausprägungen miteinander verglichen werden.

Die ERPI-A Skalen korrelieren teilweise bei mittlerer Effektgröße miteinander. Die bedeutsamen Korrelationen sind dabei sowohl erwartbar als auch erklärbar. So sind *Fahrspaß* und *Sicherheitsbedürfnis* (vgl. Kapitel 3.3.3) sowie *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* (vgl. Kapitel 3.3.5) natürliche Gegenspieler, die sich teilweise gegenseitig ausschließen. Gleiches gilt für die ERPI-A Skalen *Ergonomiebewusstsein* und *Aufwandsvermeidung*. Die hohe Korrelation zwischen *Infotainmentorientierung* und *Fahrspaß* lässt sich auf eine positive Haltung zum Auto und Spaß an der Benutzung des Autos und seiner Systeme zurückführen [vgl. HUMMEL 2008]. *Sicherheitsbedürfnis* und *Komfortaffinität* sind

über das Wohlbefinden miteinander verbunden [vgl. BAUER MEDIA 2008; zitiert nach DIEZ 2015, S. 22]. Bei der Interpretation der Einzelanalysen (Vergleich der Extremtypen) müssen diese Korrelationen berücksichtigt werden. Die multiplen Regressionen und die Typologie liefern hier teilweise Erkenntnisse, ob ein Persönlichkeitsmerkmal tatsächlich einen Einfluss auf die abhängigen Variablen hat oder ob die gefundenen Unterschiede bei den Extremtypen eigentlich auf ein anderes Persönlichkeitsmerkmal zurückzuführen sind.

6.5.1 Typologie

Besonders für die Bildung einer Typologie ist eine große und repräsentative Stichprobe wichtig. Die gefundene Typologie und die weiterführenden Ergebnisse zur Typologie sind aufgrund der nicht repräsentativen Stichprobe als erste Annäherung zu betrachten.

Unabhängig davon zeigen die Ergebnisse, dass die Bildung einer Typologie mit voneinander abgrenzbaren und für die Praxis relevanten Clustern auf Basis der Verwendung von ERPI-A möglich und sinnvoll ist. Die sechs Cluster *komfortorientiert Empfindliche*, *Fahrspaßfokussierte*, *bedenkenlos Infotainmentorientierte*, *Anspruchsvolle*, *sicherheitsbedürftige Ergonomen* und *Aufwandsvermeider* (vgl. Bild 6.24) weisen alle charakteristische ERPI-A Profile auf. Dabei gibt es Cluster, die sich nur in ein paar wenigen Skalen unterscheiden und welche, die in nahezu allen Skalen voneinander abweichende Ausprägungen haben.

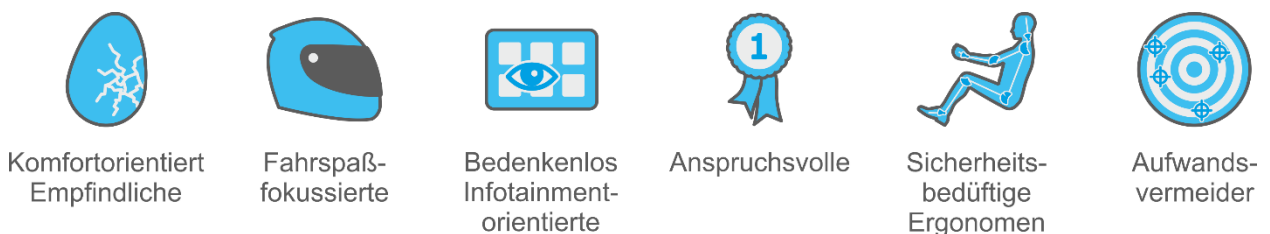


Bild 6.24: Visualisierung der Haupteigenschaften der Cluster

Gleiches zeigt sich bei den personenbezogenen Daten der Cluster und den Studienergebnissen, die in den folgenden Kapiteln diskutiert werden. Fast alle Cluster unterscheiden sich zumindest in Teilbereichen. Besonders das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen* unterscheidet sich in vielen Bereichen stark von den anderen Clustern. Entsprechend der ERPI-A Profile ist das Cluster der *Aufwandsvermeider* den *komfortorientiert Empfindlichen* noch am ähnlichsten.

Die gefundenen, signifikanten Unterschiede weisen alle mittlere bis große Effektstärken auf. Dies deutet darauf hin, dass sich die Cluster tatsächlich deutlich unterscheiden. Bei einer umfangreicheren und repräsentativen Stichprobe kann damit gerechnet werden, weitere signifikante Unterschiede mit relevanten Effektstärken zu finden. Weiterhin ist es

bei einer entsprechend großen Stichprobe möglich, anstelle der hier verwendeten nicht-parametrischen Kruskal-Wallis-Tests parametrische ANOVAs zu berechnen und somit eine stärkere statistische Power zu erhalten.

Bei den meisten abhängigen Variablen decken sich die Beobachtung aus der solitären Betrachtung der ERPI-A Skalen und aus dem Clustervergleich. So verhalten sich die Cluster entsprechend der relevanten Einzelausprägungen. Dies ist sowohl für die Einzelinterpretation als auch für die Typologie positiv, da sich die Analysen gegenseitig bestätigen und die gefundenen Unterschiede und Zusammenhänge als tatsächlich vorhanden angenommen werden können. Weiterhin sind durch die Konsistenz Rückschlüsse in beide Richtungen möglich.

Zusammenfassend lassen sich trotz der eher geringen Stichprobengröße charakteristische Cluster finden. Diese unterscheiden sich deutlich in ihren ERPI-A Profilen und lassen sich klar voneinander abgrenzen. Dementsprechend wird die Alternativhypothese H_5 (natürliche Cluster) angenommen. In weiteren Studien mit größeren und repräsentativen Stichproben muss überprüft werden, ob die sechs gefundenen Cluster der Gesamtheit an relevanten Clustern entsprechen oder ob noch weitere, sinnvoll abgrenzbare Cluster zu ergänzen sind.

6.5.2 Personenbezogene Einflüsse auf ERPI-A Ausprägungen

Insgesamt entspricht die Beeinflussung der ERPI-A Skalen durch die personenbezogenen Daten den Erwartungen und lässt sich weitgehend erklären. Das Geschlecht hat insgesamt den größten Einfluss und entspricht dabei dem in der Gesellschaft verbreiteten Bild von Männern und Frauen. Beispielsweise lassen sich die höhere Ausprägung von *Fahrspaß* und die geringere Ausprägung von *Sicherheitsbedürfnis* bei Männern auf eine höhere Ausprägung der Risikobereitschaft [vgl. CROSS ET AL. 2011] zurückführen.

Ebenso entspricht der Einfluss des Alters der Erwartung. Während mit dem Alter das Bedürfnis nach *Fahrspaß* im Sinne des sportlichen Fahrens und *Infotainmentorientierung* sinken, steigt das *Sicherheitsbedürfnis* [vgl. ELLINGHAUS & SCHLAG 1984]. Die Korrelation zwischen Alter und *Aufwandsvermeidung* könnte durch die Vermeidung von anstrengenden Tätigkeiten, aber auch durch eine höhere Erfahrung und der daraus gezielteren Vorgehensweise erklärt werden.

Die Anthropometrie hat insgesamt einen geringen Einfluss auf ERPI-A. Einige Zusammenhänge sind allerdings sehr interessant. So korreliert die Stammlänge unabhängig vom Geschlecht negativ mit dem *Sicherheitsbedürfnis*. Dies kann auf Sichtprobleme durch eine geringe Stammlänge [vgl. LORENZ 2013, S. 56] und dadurch wichtiger erscheinende Sicherheitsaspekte hindeuten. Der positive Zusammenhang zwischen Taillen-

umfang und *Infotainmentorientierung* kann mit der Korrelation zwischen Computerspielen und Korpulenz [MARKER ET AL. 2019] in Verbindung gebracht werden. Die negative Korrelation zwischen Taillenumfang und *Aufwandsvermeidung*, die nur bei Männern auftritt, lässt sich eventuell auf Positionierungsprobleme im Fahrzeug, die durch eine hohe Korpulenz entstehen, und den damit verbundenen Aufwand zum Auffinden einer geeigneten Position begründen. Weiterhin korreliert die Körperhöhe nur bei Männern tendenziell mit der *Diskomfortempfindlichkeit*. Dies deutet auf ein tatsächliches Problem mit dem Platzangebot in Autos für große Personen hin [vgl. BRÜCKNER 2011], [vgl. LORENZ 2013].

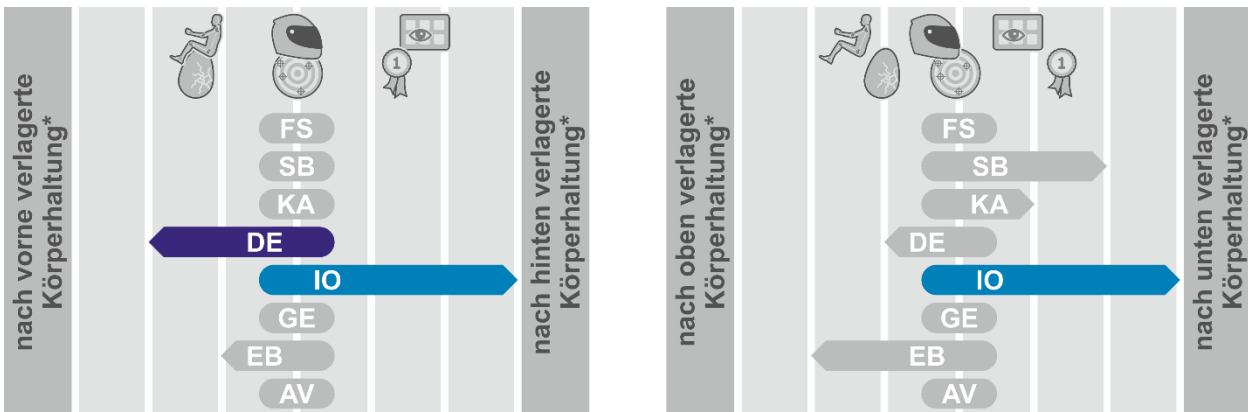
Eine intensive Fahrzeugnutzung und die damit unterstellte positive Grundhaltung gegenüber Autos schlagen sich erwartungsgemäß in hohen Werten für *Fahrspaß* nieder. Außerdem führt eine hohe Fahrleistung zu einer geringen *Aufwandsvermeidung*. Personen mit hohen Fahrleistungen wissen anscheinend, dass sich der Aufwand beim Einstellprozess durch die Erhöhung der Konditionssicherheit [BUBB ET AL. 2015C, S. 263] langfristig auszahlt. Weiterhin führt häufiges Fahren und damit auch häufigeres Einstellen von Sitz und Lenkrad zu mehr Kenntnissen hinsichtlich Ergonomie und einer Sensibilisierung für das Thema, was sich in hohen Werten für *Ergonomiebewusstsein* widerspiegelt. Interessant ist auch die negative Korrelation der *Gewohnheit* mit der Fahrhäufigkeit mit fremden Autos, die bei der Fahrhäufigkeit insgesamt nicht auftritt. Menschen mit hoher *Gewohnheits*-Ausprägung vermeiden es offensichtlich mit fremden Autos zu fahren, um sich nicht umgewöhnen zu müssen. Andersherum kann das Fahren mit wechselnden Autos zu einer geringeren *Gewohnheits*-Ausprägung führen. Rein statistisch kann an dieser Stelle nicht geklärt werden, wie sich die Kausalkette gestaltet. Hierfür sind weiterführende Studien, z. B. mit retrospektiven Befragungen notwendig.

Die Ergebnisse für den Clustervergleich decken sich entsprechend den ERPI-A Skalen ausprägungen mit den bis hierhin gemachten Beobachtungen. Beispielsweise haben die *Fahrspaßfokussierten* den höchsten Männeranteil und die *komfortorientiert Empfindlichen* einen vergleichsweise hohen Frauenanteil. Weiter sind die *sicherheitsbewussten Ergonomen* das älteste Cluster. Bei der Fahrzeugnutzung zeigt sich, dass die *komfortorientiert Empfindlichen* das Auto erwartungsgemäß am wenigsten und die *Fahrspaßfokussierten* und die *Anspruchsvollen* am meisten nutzen.

6.5.3 Körperhaltung

Die Ergebnisse hinsichtlich der Körperhaltung zeigen weniger Beeinflussung durch die ERPI-A Skalen als zunächst angenommen. Dies könnte beispielsweise an der Stichprobengröße, den verwendeten Messmethoden oder der Normierung mittels RAMSIS liegen. Trotzdem liegen einige interessante und auch erwartete Zusammenhänge vor. In

Bild 6.25 sind die Erkenntnisse zur Grundpositionierung qualitativ zusammengefasst. Erläuterungen zur Darstellungsart werden auf der Ausklappseite auf Seite 273 gegeben.



* berücksichtigt: Position H-Punkt und Position Mittenaug

Bild 6.25: Qualitative Zusammenfassung der Grundpositionierung

Den größten Einfluss auf die Körperhaltung hat die *Infotainmentorientierung*. Die Personen mit hoher IO-Ausprägung wählen durchschnittlich eine Körperhaltung mit Sitzposition und Mittenaug hinten / unten, Fersenpunkt nach hinten versetzt und vorverlagertem Griffpunkt. Dies entspricht nicht der idealen Fahrhaltung [vgl. GRÜNEN ET AL. 2015, S. 170] und führt zu einer schlechteren Sicht nach draußen [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 400]. Daraus kann rückgeschlossen werden, dass für diese Personen die Bedienung des Infotainmentsystems im Vergleich zur Fahraufgabe eine höhere Priorität hat als für die durchschnittlichen Nutzer. Im Extremfall wäre die Bedienung des Infotainmentsystems sogar wichtiger als die Fahraufgabe (vgl. Kapitel 2.2.5). Bestätigt wird dies durch die gefundene Abhängigkeit der Sitzposition von der Touchscreenposition für Personen mit hoher IO-Ausprägung. Ebenso spricht das stärkere Einsacken während der Fahrt bei Personen mit hoher IO-Ausprägung für die Fokussierung auf das Infotainmentsystem. Auf Basis dieser Erkenntnisse sollte bei der Grundpositionierung von digitalen Menschmodellen auch die Position des Infotainmentsystems berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 2.3.1). Zusätzlich wird die Wichtigkeit der Art und Positionierung von Anzeigen und Stellteilen bestätigt. Die Bedeutung des Infotainments und damit auch der gefundenen Zusammenhänge wird durch den steigenden Grad der Automatisierung noch wichtiger werden.

Anders als erwartet führt eine hohe Ausprägung der Dimension *Fahrspaß* nicht zu einem geringen Abstand zum Lenkrad und der damit verbundenen fahroptimalen Haltung. Dafür befindet sich der rechte Fersenpunkt bei hoher FS-Ausprägung weiter links und auch weiter hinten. Möglicherweise streben Personen mit hoher FS-Ausprägung einen schnellen Wechsel zwischen Gas- und Bremspedal an und wählen daher diese Position. Allerdings könnte der Zusammenhang auch auf den Einfluss des Geschlechts auf die

Dimension *Fahrspaß* in Kombination mit der nicht vollständigen Normierung in RAMSIS zurückzuführen sein [vgl. BÄUMLER 1992, S. 42], [vgl. KOLLING 1997, S. 69]. Hierzu sind weitere Untersuchungen notwendig.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Körperhaltung bei hoher Ausprägung der *Diskomfortempfindlichkeit* für H-Punkt, Torsoneigung, Mittenaugene und Griffpunkt nach vorne verschoben ist. Eventuell erhofft sich die Gruppe der *Diskomfortempfindlichen* durch diese kompakte Haltung mehr Körperunterstützung und damit einen geringeren Diskomfort [vgl. ZENK 2008, S. 69]. Eigentlich wurde bei hoher DE-Ausprägung eine starke Anpassung der Körperhaltung während der Fahrt erwartet. Die Mittelwerte zeigen zwar, dass die Anpassung bei hoher DE-Ausprägung durchschnittlich höher ist, aber die Ergebnisse sind nicht signifikant. Weitere Untersuchungen mit einer größeren Stichprobe können hier zusätzliche Ergebnisse liefern.

Der bekannte Zusammenhang zwischen ungewohntem Fahrzeug und steilerer Rückenlehne [I. FISCHBEIN, EXPERTE FAHRERARBEITSPLATZ BEI FORD, PERSÖNLICHES GESPRÄCH 3. APRIL 2017] lässt sich indirekt nachweisen, da die Gruppe mit hoher Ausprägung der *Gewohnheit* die Rückenlehnen steiler einstellt. Allerdings kann kein signifikanter Einfluss der *Gewohnheit* auf die Körperhaltung bei verschiedenen Fahrzeugkonzepten gefunden werden. Dies ist verwunderlich, da aus der durchgeführten Expertenfrage [POMIERSKY & MAIER 2018] hervorgeht, dass Personen, die einen Sportwagen gewohnt sind, die gewohnte Körperhaltung auf einen SUV übertragen. Hier könnte die Tatsache, dass auch das gewohnte Fahrzeugkonzept im ungewohnten FEPS eher ungewohnt ist, eine Rolle spielen. Weiterhin sind die meisten Testpersonen an die Kompaktklasse, also das mittlere Reizmuster, gewöhnt. Um eindeutiger Ergebnisse zu erhalten, können bei weiteren Versuchen gezielt Testpersonen, die eine sehr niedrige oder sehr hohe Sitzposition gewohnt sind, ausgewählt werden und auch extreme Reizmuster betrachtet werden.

Der erwartete Zusammenhang zwischen *Ergonomiebewusstsein* und einer ergonomisch sinnvollen Körperhaltung [vgl. GRÜNEN ET AL. 2015, S. 170] ist nicht signifikant, aber tendenziell vorhanden. So sitzen die Personen mit hoher Ausprägung von EB tendenziell weiter vorne und oben mit steilerer Rückenlehne und einer Lenkradposition, die zu kleineren Ellenbogenwinkeln führt. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse, dass eine hohe Ausprägung von EB zu einem geringeren Einsacken während der Fahrt führt, was ein Indiz für das tatsächlich vorhandene Bewusstsein für die Wichtigkeit einer korrekten, aufrechten Sitzposition ist. Weiterhin reproduzieren die Personen mit hoher EB-Ausprägung wie erwartet ihre Körperhaltung in Teilaspekten genauer.

Für das *Sicherheitsbedürfnis* wurde bei hoher Ausprägung eine Sitzposition vorne / oben [vgl. WETTLAUFRER 2004, S. 166] und eine genaue Reproduzierbarkeit erwartet. Beides

kann anhand der Ergebnisse nicht bestätigt werden. Hinsichtlich der Reproduzierbarkeit führt eine hohe SB-Ausprägung sogar zu einer stärkeren Variation der Haltung, besonders das Lenkrad wird nahezu nicht eingestellt. Dies deutet darauf hin, dass die Personen mit hoher SB-Ausprägung nicht gerne Autofahren und nach dem Motto „Augen zu und durch“ agieren.

Der erwartete negative Zusammenhang zwischen *Aufwandsvermeidung* und Reproduzierbarkeit konnte nicht gefunden werden. Allerdings heißt das nicht, dass die gewählte Körperhaltung der *Aufwandsvermeider* präzise auf die Bedürfnisse eingestellt und ergonomisch korrekt ist. Eine Begründung kann sein, dass die *Aufwandsvermeider* weniger Einstellungsmöglichkeiten kennen und nutzen (vgl. Kapitel 6.5.5). Dementsprechend haben sie gar nicht die Möglichkeit so viele Freiheitsgrade zu verstellen und somit eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine genaue Reproduzierbarkeit.

Die erwartete eher zurückgelehnte Haltung bei hoher *Komfortaffinität* wird durch die Ergebnisse nicht bestätigt. Eine Begründung könnte sein, dass eine hohe KA-Ausprägung zu einer schlechten Reproduzierbarkeit, besonders bei der Torsioneigung, führt, da die Lehne nur wenig verstellt wird. Dementsprechend hat die sehr steile Grundposition der Rückenlehne bei sechs von sieben Reizmustern einen Einfluss auf die Ergebnisse.

Der Clustervergleich liefert ebenfalls statistisch signifikante Unterschiede. Beispielsweise befindet sich das Mittenaugen der *komfortorientiert Empfindlichen* deutlich weiter vorne als das der *Aufwandsvermeider*. Weiterhin scheinen die *bedenkenlos Infotainmentorientierten* eine Sitzposition weit hinten zu wählen. Diese Ergebnisse lassen sich auf die bereits diskutierten Einzelbetrachtungen der ERPI-A Skalen zurückführen.

6.5.4 Griff- und Armabstützposition

Ein Teilaspekt der Körperhaltung ist die Griff- und Armabstützposition. In Bild 6.26 sind die Ergebnisse qualitativ zusammengefasst. Insgesamt geht eine vorbildliche Griffposition mit einer nicht abgestützten Haltung einher.

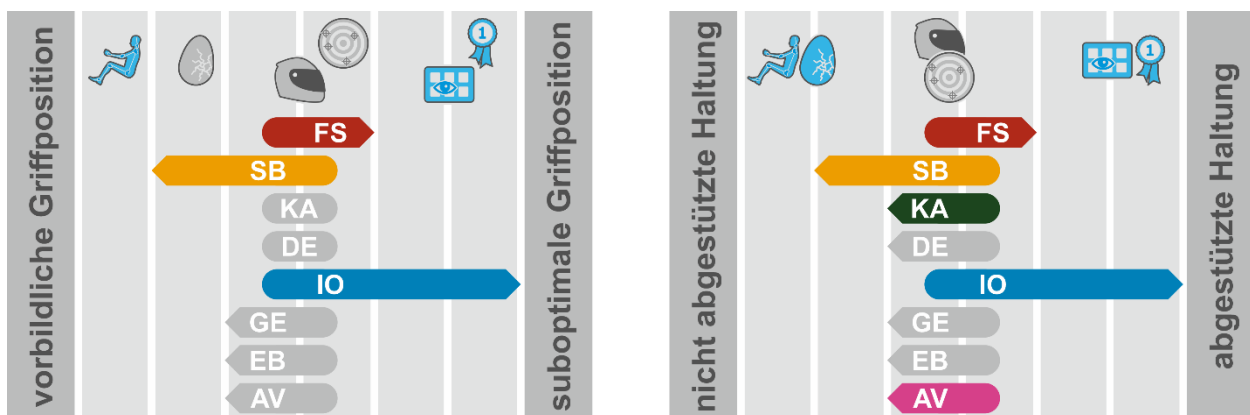


Bild 6.26: Qualitative Zusammenfassung zur Griff- und Armabstützposition

Wie vermutet, führt eine hohe Ausprägung der *Infotainmentorientierung* zu einer verstärkten Abstützung des rechten, aber auch des linken Ellenbogens. Zusätzlich befindet sich die rechte Hand deutlich seltener am Lenkrad. Beides lässt sich durch die Fokussierung auf das Infotainmentsystem und den Willen, den Touchscreen schnell und präzise zu bedienen, begründen.

Für das *Sicherheitsbedürfnis* wurde ein entgegengesetzter Einfluss vermutet. Der Vergleich der Extremtypen bestätigt, dass Personen mit einem hohen *Sicherheitsbedürfnis* eher eine vorbildliche Griffposition [vgl. KOWALEWSKI 2016] einnehmen und sich weniger abstützen. Zurückzuführen ist dies wiederum auf die Fokussierung, in diesem Fall auf die Fahraufgabe, und die Tatsache, dass sich Ängstliche nach ADELT ET AL. [1999, S. 28] überdurchschnittlich an die Verkehrsregeln halten.

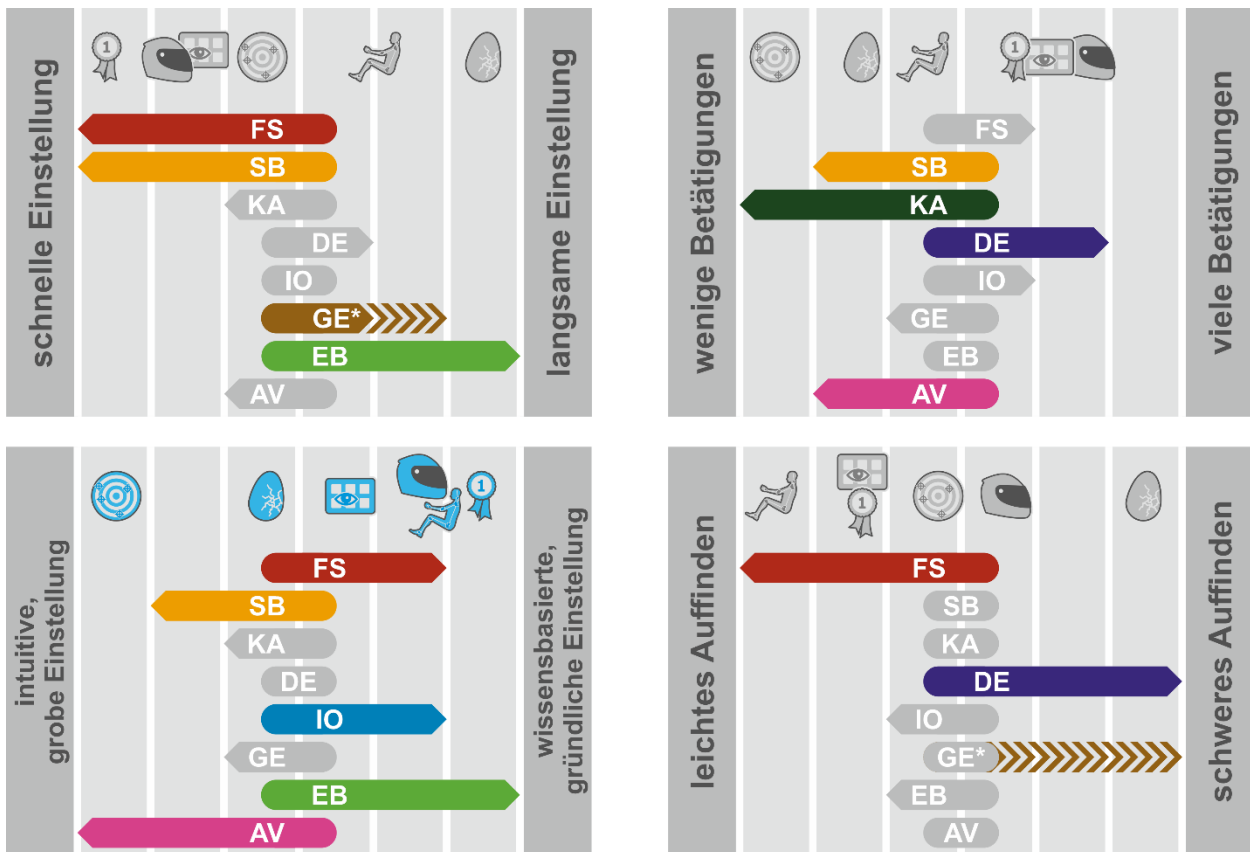
Die Ergebnisse der Clusteranalyse bestätigen diese Zusammenhänge. So wählen die *sicherheitsbedürftigen Ergonomen* (hohe SB-Werte) eher eine vorbildliche Griffposition und stützen sich weniger ab. Im Gegensatz dazu sind die Griffpositionen der *Bedenkenlos Infotainmentorientierten* und der *Anspruchsvollen* (jeweils hohe IO-Werte) weniger vorbildlich und sie stützen sich vermehrt ab.

Der vermutete Zusammenhang zwischen hoher *Komfortaffinität* und vermehrter Abstützung lässt sich nicht nachweisen. Tatsächlich stützen sich Personen mit hoher KA laut den Ergebnissen weniger ab. Eventuell spielt hier die Korrelation zwischen Geschlecht und KA und die Tatsache, dass Frauen die Armauflagen seltener benutzen (vgl. Kapitel 2.4.1.5), eine Rolle.

Zusammenfassend haben alle ERPI-A Skalen einen Einfluss auf Teilaspekte der Körperhaltung sowie der Griff- und Armabstützposition. Dementsprechend wird die Alternativhypothese H_1 angenommen. Während die Ausprägung von IO die größten Auswirkungen hat, entsprechen die gefundenen Effekte für KA und AV nicht den Erwartungen. Gleiches gilt teilweise auch für GE und SB. Hinsichtlich der korrespondierenden Hypothese H_6 für den Clustervergleich liegen nur sehr wenige statistisch signifikante Unterschiede vor. Trotzdem wird die Alternativhypothese aufgrund der Vielzahl an Tendenzen bei der gleichzeitig geringen Stichprobengröße für eine Typologie angenommen. Um die Effekte zu bestätigen und weitere zu entdecken, sollte in zukünftigen Studien der Fokus auf exaktere Messmethoden für die Körperhaltung, die Anpassung der Restriktionen für die Normierung in RAMSIS sowie große, repräsentative Stichproben gelegt werden.

6.5.5 Einstellprozess

Anders als erwartet, liefern alle ERPI-A Skalen unabhängige Erklärungsanteile für Teilaspekte des Einstellprozesses. In Bild 6.27 sind die Erkenntnisse zusammengefasst.



* >>> = für ungewohnte Fahrzeuge im Vergleich zum gewohnten Fahrzeug

Bild 6.27: Qualitative Zusammenfassung zum Einstellprozess

Unabhängig von den ERPI-A Dimensionen ist zu erkennen, dass die Einstelldauer nicht zwangsläufig mit der Anzahl an Betätigungen oder der Einstellstrategie (intuitiv / grob vs. wissensbasiert / gründlich) zusammenhängt. Folglich kann eine schnelle Einstelldauer auf unterschiedliche Gründe zurückgeführt werden. Ein stärkerer Zusammenhang besteht zwischen der Strategie und der Anzahl an Betätigungen. Außerdem besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der individuell empfundenen Schwierigkeit der Einstellung und der Einstelldauer.

Personen mit einer hohen *Fahrspaß*-Ausprägung fahren gerne und viel mit dem Auto und kennen sich dementsprechend auch gut mit den Verstellmöglichkeiten im Fahrzeuginterieur aus. Durch diese Erfahrung und Wissen fällt es ihnen leicht die für sie richtige Position zu finden. Dies zeigt sich auch in den geringen Überleg- und Einstellzeiten.

Anders als erwartet führt ein hohes *Sicherheitsbewusstsein* nicht zu einer genauen Überprüfung, ob die gewählte Einstellung korrekt ist und somit zu einer sicheren Fahrt führt. Die Ergebnisse zeigen das Gegenteil. Personen mit einer hohen Ausprägung von SB berücksichtigen weniger Elemente beim Einstellprozess, führen weniger Betätigungen aus und überlegen weniger. All das führt zu einer Reduzierung der Einstelldauer. Wie bereits bei der Körperhaltung macht es den Anschein als ob die Personen mit einem

hohen *Sicherheitsbedürfnis* ungerne Autofahren und auch aus Angst die Handlungsstrategie „Augen zu und durch“ anwenden.

Personen mit einer hohen *Komfortaffinität* führen vor und während der Fahrt weniger Betätigungen aus. Als Begründung kann die Vermeidung von psychischer und physischer Beanspruchung, die durch diese Tätigkeit hervorgerufen wird und die für Personen mit hoher *Komfortaffinität* besonders relevant ist (vgl. Kapitel 6.5.9), aufgeführt werden.

Die Auswirkungen der Ausprägung der *Diskomfortempfindlichkeit* entsprechen den Erwartungen. So haben Testpersonen mit hoher DE-Ausprägung Schwierigkeiten eine passende Sitz- und Lenkradposition zu finden. Außerdem nehmen sie während der Fahrt mehr Veränderung an den gewählten Einstellungen vor.

Wie erwartet, berücksichtigen Personen mit einer stark ausgeprägten *Infotainmentorientierung* bei der Einstellung von Sitz und Lenkrad die Sicht auf das Zentraldisplay und die Erreichbarkeit der Bedienelemente des Multimediasystems deutlich häufiger. Daraus ergibt sich, dass sie insgesamt auf mehr Elemente beim Einstellprozess achten.

Ebenso entspricht der Einfluss der *Gewohnheit* der Erwartung und hat vor allem Auswirkungen, wenn das gewohnte Fahrzeug ungewohnten Fahrzeugen gegenübergestellt wird. Bei einer hohen Ausprägung der *Gewohnheit* treten bei den verschiedenen Fahrzeugkonzepten Unterschiede auf, die bei einer niedrigen GE-Ausprägung nicht zu beobachten sind. So haben Personen mit hoher GE-Ausprägung in ungewohnten Fahrzeugen Probleme, eine passende Sitzposition zu finden. Daher sind ihre Überleg- und Einstellzeiten in ungewohnten Fahrzeugen länger als im gewohnten Fahrzeug. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Expertenumfrage [POMIERSKY & MAIER 2018], dass Personen zunächst versuchen die Körperhaltung ihres gewohnten Fahrzeugs auf das neue Fahrzeugkonzept zu übertragen. Da der FEPS generell ungewohnt ist, ist die Überlegdauer über alle Fahrzeugvarianten bei hoher Ausprägung der *Gewohnheit* tendenziell ebenfalls höher.

Für eine hohe Ausprägung des *Ergonomiebewusstseins* wurde ein gewissenhafter und dadurch langsamerer Einstellprozess erwartet. Die Ergebnisse bestätigen diese Vermutung. Durch das vorhandene Wissen und die Nutzung von mehr Verstellmechanismen sowie die Berücksichtigung von mehr Elementen beim Einstellprozess steigen sowohl die Überleg- als auch die Einstelldauer mit steigendem EB.

Das erwartete Verhalten für die *Aufwandsvermeidung* bestätigt sich ebenfalls. So stellen sich Testpersonen mit einer hohen AV-Ausprägung Sitz- und Lenkrad tendenziell schneller ein, wobei sie weniger Betätigungen vornehmen. Dies wird durch die geringe Nutzung der Verstellmöglichkeiten bei hoher AV-Ausprägung bestätigt.

Beim Clustervergleich gibt es weniger signifikante Unterschiede. Die Unterschiede bestätigen aber die Ergebnisse der ERPI-A Skalen. Insgesamt nehmen die *Anspruchsvollen* und die *Aufwandsvermeider* die Einstellungen am schnellsten vor, wobei die Gründe dafür sehr unterschiedlich sind. Während die Schnelligkeit der AnVo auf ein großes Interesse am Auto und Routine zurückzuführen sind, interessieren sich die AuVe nicht für den Einstellprozess. Dies wird durch die Ergebnisse hinsichtlich der Berücksichtigung der Elemente beim Einstellprozess und die Nutzung der Verstellmöglichkeiten bestätigt. Die *sicherheitsbedürftigen Ergonomen* benötigen am längsten für die Einstellungen. Hier scheinen die Ausprägungen von EB und AV gegenüber SB dominant zu sein. Weiterhin haben die *komfortorientiert Empfindlichen* subjektiv die größten Probleme eine geeignete Sitzposition zu finden, was sich auch in der längsten Überlegzeit zeigt.

Insgesamt können sowohl die Alternativhypothese H₂, dass die ERPI-A Skalen einen Einfluss auf den Einstellprozess haben, als auch die korrespondierende Alternativhypothese H₇ für die Cluster angenommen werden.

6.5.6 Fokussierung

Hinsichtlich der Fokussierung wurde ein Einfluss der ERPI-A Skalen FS, SB, DE, IO und AV erwartet. Die Zusammenfassung der Erkenntnisse sind in Bild 6.28 qualitativ dargestellt. Wie vermutet hat die *Infotainmentorientierung* einen großen Einfluss. Die geringere Anzahl an Fehlern und die tendenziell schnelleren Reaktionszeiten für die Personen mit hoher IO-Ausprägung lassen den Schluss zu, dass sich mit steigenden IO-Werten der Fokus tatsächlich von der Fahraufgabe hin zur Bedienung des Infotainments verschiebt. Zu erwähnen ist hierbei, dass die IO-Ausprägung mit steigendem Alter abnimmt und sich die Reaktionszeit im Alter verringert [vgl. BUBB & GRÜNEN 2015, S. 455]. Allerdings kann der Alterseinfluss aufgrund der jungen Stichprobe vernachlässigt werden.

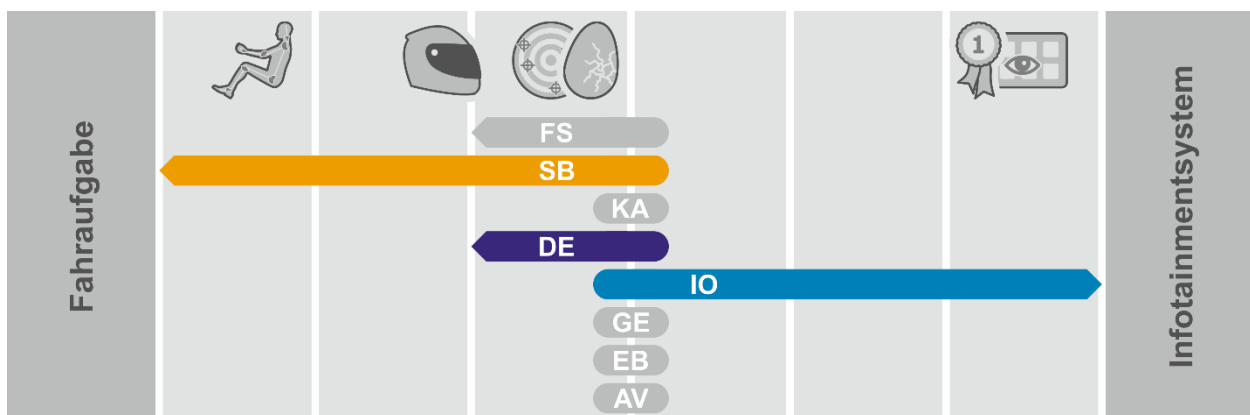


Bild 6.28: Qualitative Zusammenfassung zur Fokussierung

Ein gegensätzlicher Effekt wurde vom *Sicherheitsbedürfnis* erwartet und in den Untersuchungen ebenfalls bestätigt. SB hat dabei vor allem auf die Reaktionszeit einen Einfluss.

Mit steigendem *Sicherheitsbedürfnis* verlangsamt sich die Reaktionszeit. Dies deutet darauf hin, dass Personen mit einer hohen SB-Ausprägung solange warten, bis die Fahrsituation eine sichere Bedienung des Infotainmentsystems zulässt. Entsprechend geht mit der höheren SB-Ausprägung eine Erhöhung des Situationsbewusstseins einher [vgl. RAUCH ET AL. 2007, S. 98].

Weiterhin wurde vermutet, dass Personen mit hoher *Diskomfortempfindlichkeit* sich auf die Fahraufgabe konzentrieren, um zusätzliche Bewegungen zu vermeiden. Tatsächlich kann der positive Zusammenhang zwischen DE und prozentualer Fehlerhäufigkeit derart interpretiert werden.

Alle anderen ERPI-A Skalen haben keinen entscheidenden Einfluss auf die Fokussierung. Besonders interessant ist, dass eine hohe *Fahrspaß*-Ausprägung zunächst anscheinend nicht mit einer Fokussierung auf die Fahraufgabe einhergeht. Stattdessen zeigen die Ergebnisse mit steigenden FS-Werten tendenziell sogar reduzierte Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten bei der sekundären Aufgabe. Bei der Interpretation hilft ein Blick auf die Clusteranalyse. So haben die Cluster *bedenkenlos Infotainmentorientierte* und *Anspruchsvolle* sowohl für FS als auch IO hohe Werte. Folglich schließen sich *Fahrspaß* und *Infotainmentorientierung* für diese beiden Cluster nicht aus. Lediglich das Cluster *Fahrspaßfokussierte* hat bei einer hohen FS- eine niedrige IO-Ausprägung. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse, dass sich das Cluster FaFo verstärkt auf die Fahraufgabe und die Cluster Beln und AnVo auch auf das Infotainment konzentrieren. Dementsprechend scheint der reine *Fahrspaß* wie ursprünglich vermutet doch auf die Fokussierung auf die Fahraufgabe hinzudeuten.

Weiterhin fokussieren sich die *sicherheitsbedürftigen Ergonomen* wie erwartet im Clustervergleich am meisten auf die Fahraufgabe. Während die ERPI-A Skala AV für sich betrachtet keinen Einfluss vermuten lässt, scheint das Cluster der *Aufwandsvermeider* sich eher auf die Fahraufgabe als das Infotainment zu konzentrieren. Allerdings sind die Clusterunterschiede generell nicht signifikant.

In dieser Untersuchung wurde die Fokussierung indirekt über die sekundäre Aufgabe gemessen. Obwohl sich daraus Rückschlüsse auf den Hauptschwerpunkt der Fokussierung ziehen lassen, muss in weiteren Untersuchungen Eye-Tracking eingesetzt werden, um detailliertere Aussagen treffen zu können. Weiterhin entspricht die sekundäre Aufgabe nicht einer natürlichen Bedienung im realen Fahrzeug [vgl. RAUCH ET AL. 2007, S. 94]. Eine Möglichkeit wäre die Durchführung von Langzeitversuchen mit indirekter Beobachtung des natürlichen Nutzungsverhaltens. Nichtsdestotrotz kann die Alternativhypothese H₃ aufgrund des ermittelten Einflusses von IO und SB auf die Berücksichtigung des Infotainmentsystems angenommen werden. Obwohl bei den Clustern

Unterschiede erkennbar sind, muss H_8 aufgrund der fehlenden statistisch signifikanten Ergebnisse zunächst abgelehnt werden.

6.5.7 Bewertung

Bei der affektiven, subjektiven Bewertung der Fahrzeugvarianten wurden viele unterschiedliche Aspekte des Erlebens und der Ergonomie bewertet. Aufgrund der Vielzahl wird hier nicht der Einfluss auf einzelne Aspekte, sondern der Gesamteinfluss durch die ERPI-A Dimensionen diskutiert. In Bild 6.29 befindet sich eine Zusammenfassung.

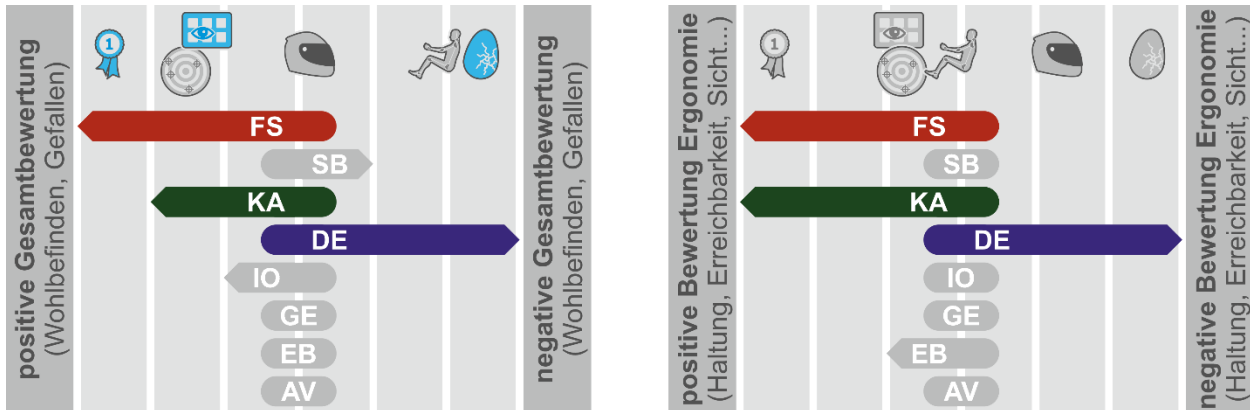


Bild 6.29: Qualitative Zusammenfassung der affektiven Bewertung der Fzgv.varianten

Bei den Einzelaspekten des Erlebens (Komfort, Fahrspaß, Sportlichkeit, Sicherheit) hat lediglich die *Diskomfortempfindlichkeit* einen negativen Einfluss auf die Bewertung von Komfort und Sicherheit. Generell ist der Einfluss von DE auf die Bewertung negativ. Eine Begründung für die negative Bewertung kann die Korrelation von DE mit *Neurotizismus* und den damit verbundenen Eigenschaften wie negative Affektlage, Unzufriedenheit etc. sein (vgl. Tabelle 4.13).

Im Gegensatz zu DE wirken die Ausprägungen von *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* bei der Bewertung entgegengesetzt. Bei FS kann die positive Bewertung auf eine generelle positive Einstellung zum Fahrzeug und die Erfahrung mit Autos zurückgeführt werden. Der Zusammenhang zwischen KA und der positiven Bewertung wurde nicht erwartet und muss in weiterführenden Untersuchungen genauer betrachtet werden. Die meisten anderen ERPI-A Skalen haben zwar Einfluss auf einzelne Aspekte, weisen aber keinen generellen Einfluss auf.

Die Clusteranalyse bestätigt, dass für die Bewertung alle drei Dimensionen FS, KA und DE relevant sind und keine davon vernachlässigt werden darf. So bewerten die *komfortorientiert Empfindlichen*, trotz hoher KA-Werte, aufgrund der hohen DE- und niedrigen FS-Werten generell schlechter. Die *Anspruchsvollen* bewerten, trotz leicht erhöhter DE-Werte, aufgrund der hohen KA- und FS-Werte generell besser. Die *Fahrspaßfokussierten*

bewerten, trotz der höchsten FS-Ausprägung, aufgrund der niedrigen KA- und erhöhten DE-Werte eher negativ.

Der Einfluss der *Gewohnheit* zeigt sich auch bei der Bewertung erst, wenn die unterschiedlichen Fahrzeugvarianten mitbetrachtet werden. Wie erwartet, wird das gewohnte Fahrzeug gegenüber den ungewohnten Fahrzeugen besser bewertet. Dies verdeutlicht, dass das Vorgehen geeignet ist, die *Gewohnheit* zu berücksichtigen.

In Zusammenhang mit der Touchscreenposition wurde untersucht, ob die Testpersonen die ergonomischen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Konzepte richtig einschätzen können. Eine korrekte Bewertung erfolgte wie erwartet bei den Personen mit hoher Ausprägung von *Fahrspaß*, *Infotainmentorientierung* und *Ergonomiebewusstsein*. Bei FS ist die korrekte Bewertung auf die Erfahrung mit Autos zurückzuführen, bei EB auf die Kenntnisse hinsichtlich Ergonomie und bei IO auf die Wichtigkeit des Infotainmentsystems. Der Zusammenhang zwischen IO und der Wichtigkeit des Infotainmentsystems wird durch die abschließende kognitive Befragung bestätigt. So bilden sich die Infotainmentorientierten am ehesten eine Meinung zur Position des Touchscreens, während die Nicht-Infotainmentorientierten beide Touchscreen-Varianten im Gruppenvergleich am häufigsten als gleich bewerten. Zu berücksichtigen ist, dass sich die genannten Erkenntnisse auf die Bewertung des Touchscreens als eine Variante von Bedien- und Anzeigekonzepten beziehen. Eine allgemeine Fähigkeit hinsichtlich einer ergonomisch korrekten Bewertung kann erst durch die Einbeziehung weiterer Varianten von Infotainmentsystemen und anderen Interieur-Elementen in ergänzenden Untersuchungen bestätigt werden.

Die abschließende kognitive Bewertung zeigt weitgehend die erwarteten Ergebnisse hinsichtlich der bevorzugten Fahrzeugvarianten. So bevorzugen Personen mit einer hohen *Fahrspaß*-Ausprägung erwartungsgemäß eher eine niedrigere Sitzposition und Personen mit einer hohen *Sicherheitsbedürfnis*-Ausprägung oder *Komfortaffinität*-Ausprägung eher eine höhere Sitzposition. Bestätigt werden die Ergebnisse durch den Clustervergleich. Während die *komfortorientiert Empfindlichen* eine niedrige Sitzposition ablehnen, hat diese bei den Clustern FaFo, Beln und AnVo (alle hohe *Fahrspaß*-Ausprägung) im Vergleich zu den anderen Clustern deutlich höhere Zuspruchswerte.

Außerdem bestätigen die Ergebnisse der kognitiven Bewertung, dass eine hohe Ausprägung von *Aufwandsvermeidung* zu geringeren Unterschieden bei der Bewertung führt, da alle Varianten tendenziell gleich bewertet werden. Letztendlich halten diese Personen auch bei der Bewertung den Aufwand niedrig.

6.5.8 Diskomfort

Wie erwartet ist die *Diskomfortempfindlichkeit* die einzige ERPI-A Dimension mit einem entscheidenden Einfluss auf die Bewertung des Diskomforts. Dies zeigt sich auch im Clustervergleich. Die *komfortorientiert Empfindlichen* unterscheiden sich deutlich von allen anderen Clustern und weisen im Vergleich hohe Diskomfort-Werte auf. Die anderen ERPI-A Dimensionen beeinflussen zwar einzelne Aspekte, haben aber keinen generellen Einfluss. Die Ergebnisse sind links in Bild 6.30 qualitativ zusammengefasst.

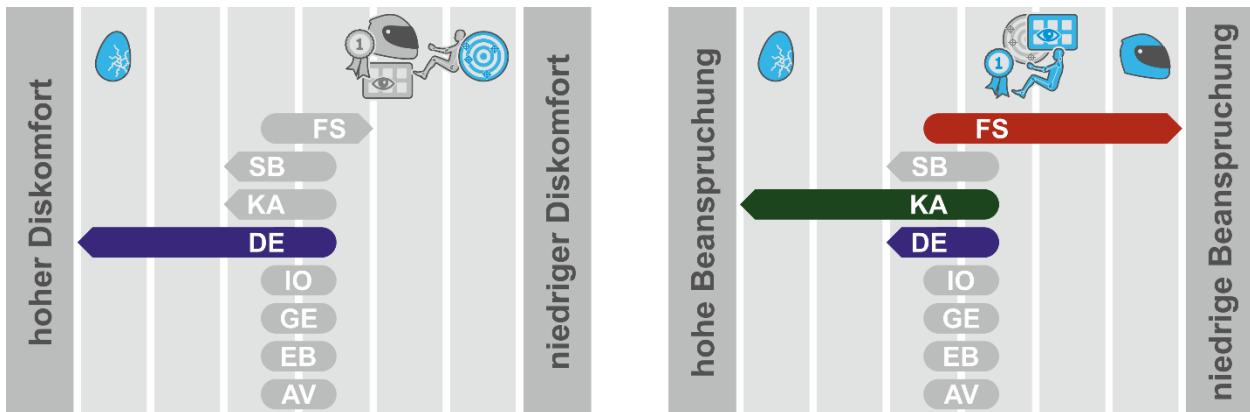


Bild 6.30: Qualitative Zusammenfassung bezüglich Diskomfort und Beanspruchung

6.5.9 Beanspruchung

Hinsichtlich der Beanspruchung wurde korrespondierend zum Diskomfort vor allem ein Einfluss der *Diskomfortempfindlichkeit* erwartet. Zwar zeigt sich dieser in höheren Bewertungen der körperlichen Anforderungen und der Frustration bei hohen DE-Werten [vgl. ENGELBRECHT 2013, S. 150], aber andere ERPI-A Skalen haben einen stärkeren Einfluss (vgl. Bild 6.30, rechts). So wirkt sich eine hohe *Fahrspaß*-Ausprägung positiv auf die Beanspruchung aus. Dies kann auf die positive Einstellung zum Fahrzeug, aber auch auf die große Erfahrung dieser Personen und die damit einhergehende Automatisierung der Abläufe zurückgeführt werden.

Im Gegensatz dazu wirkt sich eine hohe Ausprägung der *Komfortaffinität* negativ auf die Beanspruchung aus. Für Personen mit hoher KA-Ausprägung sind Entspannung und Entlastung relevante Kriterien. Entgegengesetzt zu diesen Kriterien ist die Fahraufgabe im Fahrsimulator in Kombination mit der relativ häufig auftretenden sekundären Aufgabe eher fordernd. Durch diesen Widerspruch lässt sich der negative Einfluss der *Komfortaffinität* auf die Beanspruchung erklären.

Trotz der unterschiedlich relevanten ERPI-A Dimensionen ergeben sich im Clustervergleich für die Beanspruchung ähnliche Ergebnisse wie beim Diskomfort. So unterscheidet sich das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen* deutlich von allen anderen Clustern und weist deutlich höhere Beanspruchungswerte auf.

6.5.10 Gesamtbefinden

Das Gesamtbefinden bzw. der Eigenzustand, bestehend aus Motivations- und Beanspruchungslage, wird am stärksten durch eine hohe *Fahrspaß*-Ausprägung positiv beeinflusst. Dies kann auf die positive Korrelation zwischen FS und Interesse am Fahrzeug zurückgeführt werden. So nehmen diese Personen gerne an Versuchen zum Thema Auto teil und empfinden den Versuch als Bereicherung, was sich in einer hohen Motivation und guten Beanspruchungslage zu Beginn und nach dem Versuch ausdrückt. Die beiden ERPI-A Skalen, *Sicherheitsbedürfnis* und *Gewohnheit*, wirken sich negativ auf Motivation und Beanspruchung aus. Bei SB können die Gründe, gegensätzlich zu FS, die negative Einstellung zum Auto und wenig Interesse an diesem sein. Bei GE kann die Tatsache, dass der Versuch etwas Ungewohntes darstellt, das alleine durch diese Tatsache nicht gerne ausgeführt wird, der Grund für die negativen Auswirkungen sein.

Durch den Versuch selbst wird die Motivationslage nur wenig beeinflusst. Dies deutet auf ein geeignetes Versuchsdesign hin, bei dem trotz der langen Versuchsdauer von zwei Stunden die Motivation der Testpersonen nicht sinkt. Hinsichtlich der Beanspruchungslage wirkt sich vor allem eine hohe *Diskomfortempfindlichkeit* negativ auf die Entwicklung der Beanspruchungslage aus. Zusätzlich verschlechtert sich die Beanspruchungslage durch eine niedrige *Fahrspaß*-Ausprägung, niedriges *Ergonomiebewusstsein* und niedrige *Komfortaffinität*. Besonders der Zusammenhang mit der *Komfortaffinität* erscheint hier nicht logisch, da er gegensätzlich zu den Ergebnissen hinsichtlich des NASA-TLX (vgl. Kapitel 6.5.9) ist. Hierzu sind weitere Untersuchungen notwendig.

Bei der Clusteranalyse ist es, wie bei Diskomfort und Beanspruchung, das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen*, das sich deutlich von allen anderen Clustern unterscheidet und deutlich schlechtere Werte für das Gesamtbefinden in Form von Motivations- und Beanspruchungslage aufweist.

6.5.11 Bedien- und Anzeigenkonzept

Hinsichtlich der Bedien- und Anzeigenkonzepte entspricht der Einfluss der ERPI-A Skalen weitgehend den Erwartungen. So bevorzugen Personen mit einer hohen Ausprägung von *Fahrspaß* eher einen Dreh-Drück-(Schiebe)-Steller. Der Grund hierfür ist vermutlich die vergleichsweise geringe Ablenkung, die durch das System verursacht wird.

Von Personen mit einem hohen *Sicherheitsbedürfnis* wurde erwartet, dass sie ein System bevorzugen, das sie persönlich gut kennen und daher sicher bedienen können. Dementsprechend zeigen die Ergebnisse, dass Personen mit einer hohen SB-Ausprägung das von ihnen gewohnte BAK bevorzugen und ungewohnte BAK ablehnen.

Ebenso entspricht es der Erwartung, dass Personen mit einer hohen *Komfortaffinität* den neuen BAK (u. a. Gesten- und Blicksteuerung) positiver gegenüberstehen, da diese versprechen, für mehr Komfort bei der Bedienung zu sorgen.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine hohe Ausprägung der *Infotainmentorientierung* wie erwartet die klassische Bedienung mit Tasten abgelehnt wird und neuen BAK offen gegenüber gestanden wird [vgl. BEIER 2004, S. 154]. Der Grund dürfte das Interesse am Infotainment selbst und eine gewisse Technologieaffinität sein.

Bei einer hohen Ausprägung der *Gewohnheit* wurde erwartet, dass das gewohnte BAK bevorzugt wird und neue BAK abgelehnt werden. Beides wird durch die Ergebnisse nicht bestätigt. Stattdessen hängt die Ausprägung von GE negativ mit der Bewertung des Dreh-Drück-(Schiebe)-Stellers und positiv mit der Bewertung des Touchscreens zusammen. Dies ist verwunderlich, da bei den Versuchspersonen unabhängig von den ERPI-A Skalen mehr Kenntnisse hinsichtlich des Dreh-Drück-(Schiebe)-Stellers gegenüber des Touchscreens vorhanden sind. Hierzu sind weitere Untersuchungen notwendig.

Von Personen mit einer hohen Ausprägung des *Ergonomiebewusstseins* wurde die Bevorzugung von ergonomischen Bedienkonzepten erwartet. Tatsächlich bestätigen die Ergebnisse diese Erwartung, da die Ausprägung von EB und die Bewertung des Touchscreens negativ miteinander zusammenhängen. Besonders während der Fahrt hat ein Touchscreen ergonomische Nachteile, da er nicht blind betätigt werden kann.

Die Ergebnisse des Clustervergleichs lassen sich weitgehend auf die Einzelausprägungen der relevanten ERPI-A Skalen zurückführen. So lehnen beispielsweise die *komfortorientiert Empfindlichen* entsprechend der Ausprägung von *Gewohnheit* und *Fahrspaß* den Dreh-Drück-(Schiebe)-Steller ab, während die *Fahrspaßfokussierten* und die *Anspruchsvollen* ihn bevorzugen.

6.5.12 Aufbau und Elemente des Fahrzeuginterieurs

Hinsichtlich der Lenkradform konnten einige Erwartungen erfüllt werden. So führt eine hohe *Fahrspaß*-Ausprägung zu einer Bevorzugung des unten abgeflachten Sportlenkrads. Weiterhin wird das reduzierte Lenkrad mit steigenden FS-Werten tendenziell stärker abgelehnt. Ein Grund hierfür könnte sein, dass ein Positionswechsel der Hand bei dieser Lenkradform nicht möglich ist.

Personen mit hoher *Infotainmentorientierung* lehnen, vermutlich aufgrund ihrer Neuheitenorientierung, das klassische, runde Lenkrad eher ab. Aus dem gleichen Grund stehen sie dem reduzierten Lenkrad, das unabhängig von der ERPI-A Skala das am wenigsten beliebte Lenkrad ist, tendenziell positiver gegenüber.

Weiterhin entspricht der Einfluss der *Gewohnheit* der Erwartung. So korreliert die *Gewohnheit* mit einer Bevorzugung der am meisten verbreiteten, runden Lenkradform und einer Ablehnung des weniger verbreiteten Sportlenkrads.

Die Ergebnisse der Clusteranalyse lassen sich auf die Einzelausprägungen der ERPI-A Skalen der Cluster zurückführen. So lehnen beispielsweise die *komfortorientiert Empfindlichen* aufgrund der Ausprägungen von FS und GE das Sportlenkrad ab während die *Anspruchsvollen* es bevorzugen.

Bei der Mittelkonsole wurde vermutet, dass Personen mit hoher *Komfortaffinität* mehr Freiraum im Sinne der Raumwirkung und somit einen durchgehenden Fußraum bevorzugen. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse, dass dies tendenziell der Fall ist.

Weiterhin bevorzugen Personen mit hoher Infotainmentorientierung signifikant häufiger eine breite Mittelkonsole. Dies kann auf den größeren Bauraum für die Infotainment-Elemente bei einer breiten Mittelkonsole zurückgeführt werden. Ebenso bevorzugt das Cluster der *Fahrspaßfokussierten* eine breite Mittelkonsole. Dies lässt sich mit der Erwartung einer knappen Raumwirkung mit guter Führung [vgl. WAGNER 2014] begründen.

Die anderen Erwartungen, beispielsweise hinsichtlich Fahrerzentrierung oder futuristischen Bedienelementen, konnten nicht bestätigt werden. Dies kann durch die nur geringen Unterschiede bezüglich dieser Fragestellungen über alle Testpersonen hinweg begründet werden. Für weitere Untersuchungen, die diese Aspekte fokussieren wollen, ist eine größere Fragenanzahl mit einer Variation der Fragenschwierigkeit wichtig.

6.5.13 Automatisiertes Fahren

Bei der Lenkradposition während einer automatisierten Fahrt wird unabhängig von der ERPI-A Skalenausprägung eine unveränderte Lenkradposition bevorzugt. Dies ist ein Zeichen für die Skepsis der Personen gegenüber der Abgabe der Kontrolle an das Fahrzeug. Am ehesten wird das etwas zurückgefahrenen Lenkrad akzeptiert. Die Personen wollen also die Möglichkeit des Eingreifens bei automatisierter Fahrt behalten. Lediglich durch eine hohe Ausprägung des *Ergonomiebewusstseins* wird das vollständig eingefahrene Lenkrad weniger stark abgelehnt. Der Grund hierfür kann das Erkennen der eindeutigen ergonomischen Vorteile und des Raumgewinn bei einem vollständig versenkten Lenkrad sein.

Ebenso wird beim Sitz die unveränderte Sitzposition unabhängig von der ERPI-A Skala bevorzugt. Hinsichtlich der alternativen Sitzpositionen führt eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* zu einer Bevorzugung der liegenden und einer Ablehnung der leicht gedrehten Sitzposition. Die Gründe hierfür sind unklar. Im Gegensatz dazu kann die Bevorzugung der liegenden Position bei steigender *Komfortaffinität* mit der angestrebten Entspannung

und Entlastung dieser Personen begründet werden. Die starke Ablehnung der nach hinten gedrehten Sitzposition von Personen mit hoher *Infotainmentorientierung* kann durch den Verlust des Kontakts zum im Armaturenbrett verorteten Infotainmentsystem beim präsentierten Konzept begründet werden.

6.5.14 Zusammenfassung der Hypothesenüberprüfung

Im Folgenden werden die Erkenntnisse aus der Anwendungsstudie in Tabelle 6.41 und Tabelle 6.42 zusammengefasst. Die Annahme oder Ablehnung der Hypothesen H_1 bis H_3 und H_5 bis H_8 wurde ausführlich in den vorangegangenen Kapiteln erläutert. Eine erneute Darlegung erfolgt nicht.

Die Hypothesen H_4 und H_9 hinsichtlich der Bewertung wurden bereits in den Kapiteln 6.5.7 bis 6.5.13 mit unterschiedlichen Schwerpunkten diskutiert. Auf dieser Basis haben alle ERPI-A Skalen einen Einfluss auf Teilaspekte der Bewertung. Abhängig von den Aspekten der Bewertung haben die Ausprägungen von *Fahrspaß*, *Komfortaffinität* und *Diskomfortempfindlichkeit* den größten Einfluss. Einen sehr geringen Einfluss hat die *Aufwandsvermeidung*, die sich lediglich darin ausdrückt, dass es nur eine geringe Differenzierung zwischen den Varianten, die zu bewerten sind, gibt. Bei der Clusteranalyse zeigen sich die Auswirkungen durch die geringe Anzahl an Personen je Cluster. Trotzdem liegen zu jedem Cluster signifikante Unterschiede vor. Besonders das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen* unterscheidet sich hinsichtlich der Bewertung häufig von den anderen Clustern. In weiteren Untersuchungen müssen die Hintergründe, die zu den Bewertungen führen, noch genauer beleuchtet werden. Insgesamt können sowohl die Alternativhypothese H_4 , dass die ERPI-A Skalen einen Einfluss auf Aspekte der Bewertung haben, als auch die korrespondierende Alternativhypothese H_9 für die Cluster angenommen werden.

| H_x | Beschreibung | H_{0x} verworfen | | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | | FS | SB | KA | DE | IO | GE | EB | AV | Σ |
| H_1 | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf die Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| H_2 | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf den Einstellvorgang von Sitz und Lenkrad. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| H_3 | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf die Berücksichtigung des Infotainmentsystems. | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| H_4 | Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale hat einen Einfluss auf die Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Tabelle 6.41: Hypothesenüberprüfung bzgl. einzelner Persönlichkeitsmerkmale

| H _x | Beschreibung | H _{0x} verworfen |
|-----------------|--|---------------------------|
| H ₅ | Es gibt natürliche Gruppen an Menschen (= Cluster) mit charakteristischen Kombinationen an Persönlichkeitsmerkmalen. | ✓ |
| H ₆ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition. | ✓ |
| H ₇ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich des Einstellvorgangs von Sitz- und Lenkrad. | ✓ |
| H ₈ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich der Berücksichtigung des Infotainmentsystems. | X |
| H ₉ | Die Cluster unterscheiden sich hinsichtlich der Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept. | ✓ |
| H ₁₀ | Durch den Fragebogen ERPI-A können Persönlichkeitsmerkmale innerhalb der Makroergonomie berücksichtigt werden. | ✓ |

Tabelle 6.42: Hypothesenüberprüfung bzgl. Cluster und übergeordneter Hypothese

Die Hypothese H₁₀ wurde bis hierhin noch nicht separat diskutiert. Sie stellt eine zusammenfassende Hypothese dar, deren Beantwortung sich aus der gesamten Durchführung der Studie sowie den Ergebnissen und deren Diskussion ergibt. Durch die Studie kann bestätigt werden, dass der Fragebogen ERPI-A in der Praxis einfach anwendbar ist und verschiedene, für die Makroergonomie relevante Persönlichkeitsmerkmale abbildet.

Nichtsdestotrotz können die Items des Fragebogens, gerade im Hinblick auf eine internationale Anwendung optimiert werden. Ggfs. ist es notwendig länderspezifische Items zu entwickeln, welche die jeweiligen Gegebenheiten hinsichtlich Straßenzustand, üblichem Verkehrsgeschehen, Bedeutung des Autos, Klima etc. berücksichtigen.

Zu erwähnen ist, dass die Dimension *Gewohnheit* in der Praxis etwas komplizierter anzuwenden ist, da das gewohnte Fahrzeug ebenfalls ermittelt und in der Auswertung berücksichtigt werden muss. Eine weitere Einschränkung betrifft die Interpretation von Ergebnissen, die in Verbindung mit der Dimension *Komfortaffinität* stehen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass ERPI-A nur die physisch erlebbaren Aspekte und nicht Gefallen, Luxus und Ästhetik als einen Faktor von Komfort erfasst (vgl. Kapitel 4).

Weiterhin wurde in dieser Arbeit eine Vielzahl an statistischen Methoden angewendet, mit denen der Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale auf die Makroergonomie, sowohl bei solitärer als auch gemeinsamer Betrachtung mehrerer Persönlichkeitsmerkmale, ermittelt werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass die ERPI-A Skalen die Makroergonomie in vielen Bereichen beeinflussen und zur Aufklärung der Varianz zwischen den Testpersonen und zwischen den Clustern beitragen. Dementsprechend wird die Alternativhypothese H₁₀ insgesamt angenommen.

Letztendlich werden alle Alternativhypothesen bis auf H₈, die aufgrund der fehlenden statistischen Signifikanz abgelehnt wird, angenommen.

7 Empfehlungen zur praktischen Anwendung

In diesem Kapitel wird auf Basis der durchgeführten Anwendungsstudie, deren Ergebnisse und Diskussion (vgl. Kapitel 6) darauf eingegangen, welche ERPI-A Skalen bei der praktischen, makroergonomischen Auslegung von Fahrzeugen und der Interpretation von Studienergebnissen zukünftig berücksichtigt werden sollten.

7.1 Durchführung und Interpretation von Untersuchungen

Generell konnte in der durchgeführten Anwendungsstudie gezeigt werden, dass der in dieser Arbeit entwickelte Fragebogen ERPI-A in der Praxis gut und ohne großen Aufwand in Probandenuntersuchungen anwendbar ist. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse durch die Vielzahl an extrahierten Persönlichkeitsmerkmalen aufwendig gestalten kann.

Bei der Durchführung von zukünftigen Studien wird empfohlen, den Fragebogen ERPI-A zu Beginn der Untersuchung durchzuführen. Ansonsten werden die Testpersonen durch den Versuch thematisch sensibilisiert und die Ergebnisse von ERPI-A ggfs. verfälscht. Da es zu der Bearbeitung des Fragebogens in der durchgeführten Studie keine Fragen gab und die Bearbeitungszeit kurz ist, kann der Fragebogen alternativ auch vor dem eigentlichen Versuch selbstständig von den Testpersonen ausgefüllt werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse wird empfohlen immer alle ERPI-A Dimensionen und abhängig vom Untersuchungszweck auch andere Persönlichkeitsmerkmale wie beispielsweise die Big Five Dimensionen, Sensation Seeking oder Geschwindigkeits- und Lageorientierung miteinzubeziehen. Zwar haben auch die solitären Betrachtungen einzelner ERPI-A Dimensionen ihre Berechtigung, da sie anschauliche, einfacher zu interpretierende Ergebnisse liefern. Trotzdem sollten die Ergebnisse, beispielsweise durch die Berechnung von multiplen Regressionen, abgesichert werden. Nur so ist es möglich, herauszufinden, welche Persönlichkeitsmerkmale einen entscheidenden Einfluss liefern und welche nur aufgrund von Korrelationen mit anderen Dimensionen zunächst relevant erscheinen. Je nach Untersuchungskontext bietet sich die Clusterbildung der Testpersonen an. In der durchgeführten Clusteranalyse wurde deutlich, dass gerade das Zusammenspiel mehrerer Dimensionen typisch für bestimmte Personengruppen und somit potenzielle Nutzer und Kunden ist. Konkret müssen bei der Konzeption von Studien, der Testpersonenauswahl und der Interpretation der Ergebnisse folgende Aspekte berücksichtigt werden.

Testpersonen mit einer hohen Ausprägung der *Gewohnheit* fällt es generell schwer sich in ungewohnten Fahrzeugkonzepten zurecht zu finden. Beispielsweise haben sie dann

Probleme, eine für sie passende Sitz- und Lenkradposition einzustellen. Weiterhin bewerten sie ungewohnte Fahrzeugkonzepte schlechter als das gewohnte Fahrzeug. Eine Möglichkeit, um den Einfluss der *Gewohnheit* teilweise zu eliminieren, ist die Durchführung einer sehr ausgedehnten Gewöhnungsphase. Allerdings ist das mit einem großen zeitlichen Aufwand verbunden, der die Testpersonen unter Umständen zu stark belastet und aus pragmatischer Sicht nicht zielführend ist. Für die Testpersonen ist es deutlich angenehmer, wenn die Ausprägung der *Gewohnheit* erst bei der Auswertung und Interpretation der Studie berücksichtigt wird. In diesem Fall müssen zu allen relevanten Untersuchungsobjekten die gewohnten Varianten ermittelt werden, damit eine Interpretation möglich ist. Der in dieser Arbeit dargebotene Versuchsablauf stellt dafür eine praktikable Blaupause dar. Alternativ können auch nur die Ergebnisse der Testpersonen mit niedriger Ausprägung der *Gewohnheit* interpretiert werden. Dies führt aber zu einer nicht repräsentativen Stichprobe und zu einer geringeren statistischen Power.

Hinsichtlich der Auswertung von Körperhaltung, Sitz- und Lenkradposition zeigen die Ergebnisse, dass es Personen gibt, die sich den Sitz nur grob und intuitiv einstellen. Charakteristisch für diese Personen sind höhere Ausprägungen von *Aufwandsvermeidung*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität* und *Gewohnheit* sowie niedrigere Werte bei *Ergonomiebewusstsein*, *Fahrspaß*, *Diskomfortempfindlichkeit* und *Infotainmentorientierung*. Bei diesen Personen hat die Startposition von Sitz und Lenkrad einen Einfluss auf die letztendlich gewählten Positionen. Um den Einfluss der Startposition auf die Ergebnisse zu reduzieren, kann die gleiche Fahrzeugvariante mit unterschiedlichen Startpositionen getestet werden. Weniger aufwendig ist die Eliminierung des Einflusses bei der Auswertung. Allerdings sind hierfür ergänzende Studien notwendig, um den Einfluss der verschiedenen ERPI-A Dimensionen auf die Abhängigkeit der letztendlich gewählten von der ursprünglichen Sitz- und Lenkradposition genauer zu quantifizieren.

Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass eine sekundäre Aufgabe auf dem Infotainmentsystem während der Fahrt in Abhängigkeit von den ERPI-A Dimensionen unterschiedlich starke Effekte hat. Vor allem Personen mit hoher *Infotainmentorientierung* fokussieren sich auf diese sekundäre Aufgabe und passen daher ihre Körperhaltung inkl. Griffposition an. Personen mit einem hohen *Sicherheitsbedürfnis* lassen sich am wenigsten von der sekundären Aufgabe beeinflussen, fokussieren sich auf die Fahraufgabe und liefern folglich schlechtere Ergebnisse bei der sekundären Aufgabe ab. Diese Zusammenhänge müssen sowohl bei der Interpretation der Körperhaltung als auch der Bewertung der Leistung im Kontext von sekundären Aufgaben berücksichtigt werden.

Ebenso muss bei der Interpretation von subjektiven Bewertungen von Fahrzeugvarianten und deren Ergonomie beachtet werden, dass die Ausprägung der ERPI-A Dimensionen

einen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* und *Komfortaffinität* führt zu durchschnittlich positiveren Bewertungen. Im Gegensatz dazu hat eine hohe Ausprägung von *Diskomfortempfindlichkeit* einen negativen Einfluss auf die generelle Bewertung. Eine objektiv korrekte Bewertung ergonomischer Aspekte gelingt vor allem Personen mit hohen Ausprägungen von *Ergonomiebewusstsein* und *Fahrspaß*. Zumindest im Kontext des Infotainmentsystems bewerten auch Infotainmentorientierte objektiv korrekt.

Besonders bei der Interpretation von Diskomfort-Werten muss berücksichtigt werden, dass Personen mit hoher Ausprägung der *Diskomfortempfindlichkeit* den Diskomfort deutlich höher bewerten. Bei der Beanspruchung (hier: NASA-TLX) führt eine hohe Ausprägung von *Fahrspaß* zu niedrigen Beanspruchungswerten. Auf der anderen Seite beeinflussen vor allem *Komfortaffinität*, aber auch *Diskomfortempfindlichkeit* die Beanspruchung negativ.

Weiterhin muss bei subjektiven Befragungen beachtet werden, dass das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen* unabhängig von den Bewertungskriterien (Wohlbefinden, Gefallen, Ergonomie, Diskomfort, Beanspruchung) durchschnittlich immer am schlechtesten bewertet.

Für die generelle Konzeption von Versuchen kann die Berücksichtigung des Gesamtbefindens der Testpersonen relevant sein, da sich ein schlechtes Gesamtbefinden auf die Qualität der Ergebnisse auswirken kann. Besonders kritische Teilnehmende sind dabei solche, die niedrige Werte für *Fahrspaß* und hohe Werte für *Sicherheitsbedürfnis*, *Gewohnheit* und *Diskomfortempfindlichkeit* aufweisen. Diese Kombination entspricht dem Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen*. Diese Personen weisen bereits zu Beginn eine schlechtere Motivations- und Beanspruchungslage als andere Personen auf, die sich durch den Versuch zusätzlich noch verschlechtert.

Die genannten Aspekte aus den unterschiedlichen Bereichen ergonomischer Fragestellungen zeigen, dass ERPI-A in einem breiten Kontext von Studien Erklärungsanteile liefern kann und standardmäßig mit erfasst werden sollte.

7.2 Anpassung der Fahrzeugkonzeption

Die Anwendungsstudie hatte vor allem das Ziel, die Eignung von ERPI-A für die Ermittlung des Einflusses ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale in Abhängigkeit von der Art der makroergonomischen Fragestellungen zu ermitteln. Trotzdem konnten bereits einige Einflussfaktoren detektiert werden, die für die allgemeine Fahrzeugkonzeption inkl.

des Maßkonzepts relevant sind. Es ist davon auszugehen, dass durch ergänzende Studien weitere Einflussfaktoren ermittelt werden können und der Einfluss quantifiziert werden kann.

Die ERPI-A Skala mit dem größten Einfluss auf die Körperhaltung ist die *Infotainmentorientierung*. Die Ergebnisse zeigen, dass Personen mit hohen Werten für IO bei der Grundpositionierung im Fahrzeug auch das Infotainmentsystem berücksichtigen. Ergänzend dazu wird das Infotainmentsystem unter anderem durch die zunehmende Automatisierung an Bedeutung gewinnen. Es ist davon auszugehen, dass auch Personen mit geringerer *Infotainmentorientierung* in automatisiert fahrenden Fahrzeugen ihre Körperhaltung stärker am Infotainmentsystem ausrichten werden. Aus diesen Erkenntnissen lassen sich mehrere Rückschlüsse ableiten.

Bereits bei der Grundpositionierung von digitalen Manikins, sowohl bei manuell gefahrenen als auch automatisiert fahrenden Fahrzeugen, sollten die Elemente des Infotainmentsystems berücksichtigt werden. Im Umkehrschluss kann die eingenommene Körperhaltung der Insassen durch die Positionierung des Infotainmentsystems beeinflusst werden, um beispielsweise ein flacheres oder kürzeres Fahrzeug zu realisieren. Ebenso könnte dem Einsacken der Insassen während der Fahrt, das ebenfalls durch hohe IO-Werte verstärkt wird, durch die Positionierung von BAK-Elementen weiter oben oder sogar im Dachhimmel entgegengewirkt werden. Zuletzt sollte bei Fahrzeugen, welche die Zielgruppe der Infotainmentorientierten anvisieren, das Infotainmentsystem stärker in den Fokus der Entwicklung gerückt werden. Aus Sicht der Maßkonzeption und Ergonomie betrifft dies vor allem die Erreichbarkeit und Sicht auf die Bedienelemente und Anzeigen, aber auch die Sitzposition in automatisiert fahrenden Fahrzeugen. Um trotz der Fokussierung auf das Infotainmentsystem eine für die Gewährleistung der Sicherheit ausreichende Wahrnehmung der Umgebung zu ermöglichen, müssen die Anzeigen möglichst hoch im Fahrzeug positioniert werden. Weiterhin zeigen die Ergebnisse im Kontext automatisierter Fahrzeuge, dass Sitze, die zur Kommunikation mit den anderen Insassen nach hinten gedreht sind, von den Infotainmentorientierten abgelehnt werden, zumindest solange in dieser Position kein Infotainmentsystem zur Verfügung steht. Beim Infotainmentsystem selbst wünschen sich Personen mit hoher IO innovative Systeme und sind offen gegenüber neuen Konzepten.

Hinsichtlich des Infotainmentsystems stellt das *Sicherheitsbedürfnis* den Gegenpol zur Infotainmentorientierung dar. Personen mit einem hohen *Sicherheitsbedürfnis* fühlen sich im Auto generell nicht sehr wohl, empfinden das Infotainmentsystem eher als Belastung und fokussieren sich auf die Fahraufgabe. Dementsprechend sollte für diese Personen zur Vermeidung von Ablenkung ein reduziertes Infotainmentsystem mit einer bekannten

und vereinfachten Bedienung verbaut sein. Insbesondere in kritischen Fahrsituationen sollte das Infotainmentsystem keine mentalen Ressourcen der Personen binden.

Personen, denen *Fahrspaß* besonders wichtig ist, haben unterschiedliche Meinungen zur Wichtigkeit des Infotainmentsystems. Allerdings sind sie sich einig, dass das Bedienkonzept die Fahraufgabe möglichst wenig beeinträchtigen sollte. Dementsprechend stellt für diese Zielgruppe eine abgesetzte Bedienung, beispielsweise mit Dreh-Drück-(Schiebe)-Steller und vorverlagertem Display, ein geeignetes Bedien- und Anzeigenkonzept dar.

Ein weiterer Aspekt für die Fahrzeugkonzeption ist die unterschiedliche Herangehensweise und Gründlichkeit bei der Einstellung von Sitz- und Lenkrad. Aus verschiedenen Gründen, wie generelle Einstellung zum Auto, Wichtigkeit der Ergonomie oder Komfort- und Aufwandsaspekten, lassen sich die Personen hinsichtlich der Einstellstrategie in zwei Gruppen aufteilen. Die Personen auf der einen Seite (hohe Ausprägung von *Ergonomiebewusstsein*, *Fahrspaß*, *Infotainmentorientierung*) nehmen die Einstellungen wissensbasiert, gründlich und unter der Nutzung vieler Verstellmechanismen vor. Demgegenüber stellt sich die andere Gruppe (hohe Ausprägung von *Aufwandsvermeidung*, *Sicherheitsbedürfnis*, *Komfortaffinität*) Sitz und Lenkrad intuitiv und nur grob ein. Daher macht es Sinn, für beide Personengruppen unterschiedliche Ausstattungsvarianten hinsichtlich der Verstellmechanismen oder zumindest verschiedene Modi zur Verfügung zu stellen. Während die Variante für die erstgenannte Gruppe viele verschiedene Verstellmöglichkeiten aufweisen sollte, muss die Variante für die zweite Gruppe auf die notwendigsten Verstellmöglichkeiten reduziert sein.

Für die Personengruppe, die sich Sitz und Lenkrad nur grob einstellen, würde sich auch eine automatisierte Einstellung durch das Fahrzeug anbieten, da die Personen keine besonderen Bedürfnisse an die eingestellte Position haben. Bei der Gruppe, die die Einstellungen gründlich vornimmt, könnte eine solche Automatisierung eher auf Ablehnung stoßen, da die sich ergebende Position wahrscheinlich nicht genau den individuellen Vorlieben der Personen entspricht.

Über dies hinaus haben Personen mit hoher *Diskomfortempfindlichkeit* Probleme, die für sie passenden Einstellungen von Sitz und Lenkrad zu finden. Eventuell ist die mit der falsch gewählten Einstellung einhergehende falsche Belastung auch ursächlich für die höhere Diskomfortbewertung dieser Personen. Abhilfe könnte hier ein System schaffen, das die Insassen bei der ergonomisch korrekten Einstellung von Sitz und Lenkrad, beispielsweise durch Handlungsanweisungen und Tipps, unterstützt.

Weiterhin führt eine hohe *Gewohnheits*-Ausprägung zu Problemen, sich in fremden Autos zurecht zu finden und wohl zu fühlen. Für die betroffenen Personen können Systeme hilfreich sein, die ihnen bei der ersten Benutzung des Autos Hilfestellungen, wie eine

Einführung in die Verstellmöglichkeiten oder das Infotainmentsystem, geben. Dies gilt insbesondere für neuartige Fahrzeugfunktionen. Prädestiniert sind solche Systeme auch für den Einsatz in Carsharing-Fahrzeugen.

Um die hohe Beanspruchung von komfortaffinen Menschen zu reduzieren, sollten für diese Zielgruppe neben der erwähnten automatisierten Sitzeinstellung auch möglichst viele andere Systeme im Fahrzeug automatisiert werden, damit sich diese Personen auch während der Fahrt entspannen und erholen können.

Hinsichtlich des Fahrzeugkonzepts bevorzugen die meisten Personen unabhängig von der Ausprägung der ERPI-A Dimensionen eine Sitzposition mittlerer Höhe. Jedoch lehnt vor allem das Cluster der *komfortorientiert Empfindlichen* eine niedrige Sitzposition ab und bevorzugt eher ein Maßkonzept mit hohem Sitz. Die entscheidenden ERPI-A Dimensionen sind dabei der *Fahrspaß*, der bei hoher Ausprägung eine Verschiebung zu einer niedrigen Sitzposition bewirkt sowie *Sicherheitsbedürfnis* und *Komfortaffinität*, die positiv mit einer hohen Sitzposition korrelieren.

Hinsichtlich der Elemente des Aufbaus von konventionell und automatisiert fahrenden Autos zeigen die Ergebnisse einige Zusammenhänge mit den ERPI-A Dimensionen auf. Diese sind allerdings nicht ausreichend, um allgemein gültige Empfehlungen abzuleiten. Da erkennbar ist, dass die Differenzierung nach den ERPI-A Dimensionen auch in diesem Bereich Erkenntnisse liefert, können in spezifisch auf diese Fragestellung zielenden Studien Empfehlungen abgeleitet werden.

Die in diesem Kapitel genannten Aspekte und weitere Aspekte, die mit Hilfe von ERPI-A ermittelt werden können, sollten in Abhängigkeit von der anvisierten Zielgruppe für das zu konzipierende Fahrzeug berücksichtigt werden, um den individuellen Wünschen der Zielgruppen zu genügen.

8 Zusammenfassung

Bei der makroergonomischen Auslegung von Fahrzeugen spielt neben den technischen Gegebenheiten der Mensch bereits heute die zentrale und entscheidende Rolle (vgl. Kapitel 2). Dabei wird vor allem die Variation der Anthropometrie betrachtet, um das Fahrzeug entsprechend der Bedürfnisse der anvisierten Zielgruppe zu gestalten. Die wichtigsten anthropometrischen Maße stellen dabei Körperhöhe, Stammlänge und Körperlänge dar, da auf diesen die größten interindividuellen Unterschiede hinsichtlich der Makroergonomie beruhen. Ebenso werden Bereiche wie Beweglichkeit und Kraft berücksichtigt. Außerdem sind Aspekte der visuellen, auditiven und haptischen Sinnesphysiologie sowie soziodemografische Daten wie Geschlecht, Alter und Herkunft relevant.

Trotz der Berücksichtigung all dieser Parameter verbleiben große interindividuelle Unterschiede, beispielsweise hinsichtlich Sitz- und Lenkradposition sowie Körperhaltung (vgl. Kapitel 2). Als Grund hierfür wurde als Ausgangsbasis für diese Arbeit der Einfluss der individuellen Persönlichkeit vermutet. Allerdings würde die Verwendung von allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen aufgrund des fehlenden Bezugs zur Makroergonomie wahrscheinlich nur unzureichende Ergebnisse liefern, die in der Praxis nicht anwendbar sind. Da es für den Bereich der Makroergonomie kein spezifisches Messinstrument gibt (vgl. Kapitel 3), wurde in dieser Arbeit der Fragebogen ERPI-A (*Ergonomierelevantes Persönlichkeitsinventar für das Auto*) entwickelt (vgl. Kapitel 4). Mit diesem Messinstrument können zukünftig die vorhandenen Unterschiede im Bereich der Makroergonomie, die durch unterschiedliche Ausprägungen von Persönlichkeitsmerkmalen hervorgerufen werden, weiter erforscht und die Fahrzeuge noch stärker auf die anvisierte Zielgruppe zugeschnitten werden.

Den Kern dieser Arbeit stellt die systematische Entwicklung des Fragebogens ERPI-A in vier Phasen dar (vgl. Kapitel 4). Die erste Phase diente der Ermittlung von potenziell relevanten Persönlichkeitsmerkmalen für die Makroergonomie. Da zur Anwendung von Persönlichkeitsmerkmalen in der Makroergonomie wenige Vorarbeiten bekannt sind, wurde neben der wissensbasierten Literaturrecherche und der Kreativitätstechnik Brainstorming auch eine Expertenbefragung durchgeführt. Darauf aufbauend wurden in der zweiten Phase die wichtigsten Persönlichkeitsmerkmale detektiert. Dazu wurden neben einer systematischen Reduktion die Bedürfnisse und Wünsche von Anwendern aus der Industrie und Forschung mithilfe einer Expertenbefragung erfasst. Als Ergebnis der ersten beiden Phasen wurden die acht ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale

Fahrspaß, Sicherheitsbedürfnis, Komfortaffinität, Diskomfortempfindlichkeit, Infotainmen- torientierung, Gewohnheit, Ergonomiebewusstsein und Aufwandsvermeidung extrahiert. Um diese acht Persönlichkeitsmerkmale messbar zu machen, wurden in der dritten Phase mittels Literaturrecherche und systematischer Generierung Items zu den Persönlichkeitsmerkmalen gesammelt und ausformuliert. In der vierten Phase wurden die Items zunächst mittels einer systematischen Reduktion, einem Card Sorting Workshop mit zwei Expertengruppen und einem Pretest reduziert und angepasst. Anschließend erfolgte die finale Auswahl der Items mithilfe einer Onlineumfrage unter 550 Autofahrenden und einer anschließenden Faktorenanalyse.

Der finale Fragebogen ERPI-A enthält sechs Items je Persönlichkeitsmerkmal. Entsprechend der Faktorenanalyse liegen die Items in einer sehr stabilen Einfachstruktur vor, sind alle bedeutsam und weisen nur wenige sowie geringe Querladungen auf. Auch die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität werden durchgängig befriedigend bis gut erfüllt. Insgesamt ist der Fragebogen sehr gut geeignet, um die ergonomierelevanten Persönlichkeitsmerkmale stabil, zuverlässig und valide zu erfassen.

Die anschließende Anwendungsstudie diente vor allem der Erprobung des Fragebogens ERPI-A in einer wissenschaftlichen Studie und der Ermittlung eines breiten Abbilds erster Zusammenhänge zwischen den Persönlichkeitsmerkmalen und makroergonomischen Aspekten (vgl. Kapitel 5 und 6). Dazu wurden für die Persönlichkeitsmerkmale und eine darauf aufbauende Typologie Hypothesen zum Einfluss auf Körperhaltung, Sitz und Lenkradposition, Einstellvorgang von Sitz und Lenkrad, Berücksichtigung des Infotainmentsystems sowie die Bewertung von Fahrzeug-, Maß- und Bedienkonzept aufgestellt. Um die Hypothesen überprüfen zu können, wurden spezifische Untersuchungen abgeleitet, die teilweise im Fahrzeug-Ergonomie-Prüfstand (FEPS) und teilweise am PC durchgeführt wurden.

Für die Versuche im FEPS wurden auf Basis der für die Makroergonomie relevanten Elemente und Parameter und unter Berücksichtigung der spezifischen Untersuchungen sechs Reizmuster abgeleitet. In diesem Zusammenhang wurden für möglichst realitätsnahe Maßkonzepte 42 Serienfahrzeuge analysiert. Durch einen kategorieparametrischen Ansatz unterscheiden sich die Reizmuster systematisch und weisen trotzdem typische Maßkonzepte für Sportwagen, Kompaktklasse, SUV und Elektrofahrzeug auf. Die Übertragung der Reizmuster auf den FEPS erfolgte mit einer H-Punkt-Messmaschine. Zusätzlich wurden für die Versuche im FEPS sieben Fahrstrecken mit einer sekundären Aufgabe auf dem Touchscreen programmiert, das Sichtfeld des FEPS und die Verstellbarkeit im Bereich der Mittelkonsole erweitert sowie ein Messsystem für die Erfassung

der Positionen von Sitz, Lenkrad und wichtigen Körperpunkten aufgebaut. Um die Messergebnisse der Testpersonen vergleichbar zu machen, wurde die Anthropometrie der Testpersonen mit einem 3D-Scanner erfasst und die realen Messergebnisse mit Messergebnissen aus RAMSIS in korrespondierenden Reizmustern mit 1:1 Manikins normiert. Die subjektive Bewertung der Fahrzeugvarianten sowie die Erfassung von Diskomfort, Beanspruchung und Gesamtbefindlichkeit erfolgten fragebogenbasiert am PC. Für die ergänzenden Versuche am PC wurden die zu untersuchenden Konzepte und Fahrzeugparameter mithilfe eines modularen Fahrzeuginnenraums in CAD visualisiert.

Bei der Auswertung der Anwendungsstudie mit 113 Testpersonen wurden neben der deskriptiven Statistik verschiedene statistische Verfahren eingesetzt. Für die anschauliche Darstellung des Einflusses von ERPI-A auf die Makroergonomie wurden als Unterschiedsprüfung zwischen den Extremtypen mit hoher und niedriger Ausprägung der ERPI-A Dimensionen je nach Skalenniveau t-Tests, Mann-Whitney-U-Tests und Chi-Quadrat-Tests mit den zugehörigen Effektstärken eingesetzt. Zusätzlich wurden schrittweise multiple lineare und logistische Regressionen berechnet, um die entscheidenden ERPI-A Dimensionen im Kontext der jeweiligen makroergonomischen Fragestellung zu ermitteln. Zur Bildung einer Typologie wurde eine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt. Für die Cluster wurden zur Unterschiedsprüfung je nach Skalenniveau Kruskal-Wallis-Tests und Post-hoc-Tests mit Dunn-Bonferroni-Korrektur oder Chi-Quadrat-Tests verwendet und die entsprechenden Effektstärken berechnet.

Das wichtigste Ergebnis der Anwendungsstudie ist, dass ERPI-A für den Einsatz in zukünftigen Studien in der Praxis im deutschsprachigen Raum sehr gut geeignet ist und durch die Studie ein Verständnis für die ERPI-A Dimensionen aufgebaut werden konnte. Außerdem konnten bei der Stichprobe die sechs Cluster *komfortorientiert Empfindliche*, *Fahrspaßfokussierte*, *bedenkenlos Infotainmentorientierte*, *Anspruchsvolle*, *sicherheitsbedürftige Ergonomen* und *Aufwandsvermeider*, die sich hinsichtlich ihrer ERPI-A Profile eindeutig voneinander unterscheiden, gefunden werden.

Die erste Anwendung des Fragebogens zeigte bereits viele interessante Zusammenhänge. So konnte nachgewiesen werden, dass alle ERPI-A Dimensionen einen Einfluss auf Teilaspekte der Makroergonomie haben. Außerdem konnten erste Empfehlungen und Möglichkeiten für die praktische Anwendung von ERPI-A abgeleitet werden (vgl. Kapitel 7).

Die gewonnenen Erkenntnisse können helfen, Studienergebnisse, die durch die Ausprägung der ERPI-A Dimensionen beeinflusst werden, besser zu interpretieren. Zum Beispiel beeinflusst die Ausprägung der *Gewohnheit* die Bewertung verschiedener Fahrzeugvarianten in Abhängigkeit vom Bekanntheitsgrad. Weiterhin hängen die Positionen

von Sitz und Lenkrad, die sich eine Testperson einstellt, in Abhängigkeit der Ausprägung mehrerer ERPI-A Dimensionen auch von der Startposition ab. Bei der Interpretation von sekundären Aufgaben müssen die Ausprägungen von *Infotainmentorientierung* und *Sicherheitsbedürfnis* berücksichtigt werden. Die subjektive Bewertung, aber auch Beanspruchung und Diskomfort werden vor allem durch die Ausprägung von *Fahrspaß*, *Komfortaffinität* und *Diskomfortempfindlichkeit* beeinflusst.

Neben der Interpretation von Studienergebnissen hat die Ausprägung der ERPI-A Skalen auch direkte Auswirkungen auf die Fahrzeugkonzeption. Beispielsweise wurde herausgefunden, dass bei der Grundpositionierung von digitalen Manikins auch das Infotainmentsystem mitbetrachtet werden sollte, da Personen mit hoher *Infotainmentorientierung* ihre Körperhaltung auch von diesem abhängig machen. Durch die Berücksichtigung von ERPI-A können die Fahrzeuge zukünftig auch hinsichtlich der Makroergonomie an die anvisierte Zielgruppe angepasst werden. Ein Beispiel hierfür ist die Abhängigkeit der bevorzugten Sitzhöhe von den Ausprägungen von *Fahrspaß*, *Sicherheitsbedürfnis* und *Komfortaffinität*.

Insgesamt kann die Integration von Persönlichkeitsmerkmalen durch den in dieser Arbeit entwickelten und erfolgreich erprobten Fragebogen ERPI-A in den Entwicklungsprozess in vielen Bereichen zu einer Verbesserung führen. So können passende Nutzer für Studien ausgewählt werden, Studienergebnisse besser interpretiert und in die Praxis übertragen werden, ergonomische Analysen verfeinert werden sowie Produkte gezielter entwickelt, optimiert und validiert werden.

9 Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde der Fragebogen ERPI-A zur Erfassung ergonomierelevanter Persönlichkeitsmerkmale entwickelt und seine Anwendung in der Praxis getestet. Die Anwendungsstudie hatte aufgrund der neuartigen Verwendung von Persönlichkeitsmerkmalen in der Makroergonomie einen explorativen Charakter und konnte viele Bereiche der Makroergonomie detektieren, in denen die Berücksichtigung der ERPI-A Dimensionen zu neuen Erkenntnissen führen kann. In zukünftigen Untersuchungen sollten die einzelnen Bereiche mit einer größeren Analysetiefe betrachtet und noch präzisere Messmethoden eingesetzt werden. Für die Übertragung in die Praxis ist bei zukünftigen Studien auch die Verwendung von größeren und repräsentativen Stichproben sinnvoll.

Durch die Verwendung exakterer Messmethoden bei größeren, repräsentativen Stichproben kann beispielsweise der Einfluss von Persönlichkeitsmerkmalen in Form der ERPI-A Dimensionen auf die Körperhaltung quantifiziert und auf digitale Menschmodelle übertragen werden. Damit kann die Körperhaltung durch die Einstellung des ERPI-A Profils der anvisierten Zielgruppe passgenauer für eben diese Zielgruppe berechnet werden. Umgekehrt ist eine Bewertung vorhandener Fahrzeugkonzepte hinsichtlich der Eignung für unterschiedliche Cluster möglich.

Um das Verhalten der Menschen realitätsnaher zu erfassen, wird empfohlen in zukünftigen Studien Serienfahrzeuge einzusetzen und Langzeitstudien durchzuführen. Hierbei ist auch der Einsatz von Big Data Methoden denkbar.

Bis jetzt ist ERPI-A vor allem für vergleichende Studien geeignet. Um eine standardisierte Interpretationsmöglichkeit und somit die Möglichkeit der Einordnung von Individuen hinsichtlich der Ausprägung einzelner ERPI-A Dimensionen zu schaffen, ist die Bildung von Normwerten unter Verwendung größerer und repräsentativer Stichproben notwendig. Die in dieser Arbeit gewonnenen Grenzwerte können nur als erste Richtwerte verwendet werden. Unabhängig davon ist der Einsatz von ERPI-A bei Studien mit dem Zweck eines Gruppenvergleichs uneingeschränkt möglich und empfehlenswert.

Im Zuge der Ermittlung von Normwerten mithilfe einer größeren und repräsentativen Stichprobe kann erneut versucht werden, die Aspekte Gefallen, Luxus und Ästhetik als den zweiten Faktor von Komfort in das ERPI-A Konstrukt Komfortaffinität zu integrieren. Außerdem sollte ERPI-A für andere Zielmärkte und Kulturen übersetzt und an die jeweiligen Gegebenheiten hinsichtlich Straßenzustand, üblichem Verkehrsgeschehen, Bedeutung des Autos und Klima angepasst werden. Ebenso sollte die vorgestellte Typologie für die jeweiligen Zielmärkte überprüft und entsprechend der regionalen Unterschiede überarbeitet werden.

Die Anwendungsstudie dieser Arbeit hat gezeigt, dass ERPI-A auch bei der Entwicklung von neuen Fahrzeuginnenraumkonzepten, z. B. für das automatisierte Fahren, zwischen den Personen differenzieren und einen sinnvollen Beitrag leisten kann. Durch die zunehmende Verbreitung von automatisierten Fahrfunktionen wird erwartet, dass sich die Grundausrichtung der Nutzer immer mehr von Fahrenden zu Mitfahrenden verschiebt. Dementsprechend könnte hier zukünftig eine Anpassung von ERPI-A in Form einer spezifischen Fragebogenvariante notwendig sein.

Literaturverzeichnis

- [ABEL & BLUME 2011] Abel, B.; Blume, H.-J.: Elektrik / Elektronik / Software / Cockpit-Instrumentierung. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 6., aktualisierte und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 703 - 707.
- [ACHLEITNER ET AL. 2016] Achleitner, A.; Burgers, C.; Döllner, G.: Fahrzeugkonzept und Package. In: Pischinger, S.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 8. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016, S. 140 - 173.
- [ADELT ET AL. 1999] Adelt, P. J.; Grimmer, W.; Stephan, E. R.: Autofahrer-Typen auf Deutschlands Straßen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 1999.
- [ALBERT & MARX 2017] Albert, R.; Marx, N.: Empirisches Arbeiten in Linguistik und Sprachlehrforschung. Tübingen: Narr Francke Attempto, 2017.
- [AMELANG ET AL. 2006] Amelang, M.; Bartussek, D.; Stemmler, G.; Hagemann, D.: Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung. 6., vollst. überarb. Aufl., Stuttgart: Kohlhammer, 2006.
- [AMERELLER 2014] Amereller, M.: Die Gelenkbeweglichkeit des Menschen im Altersgang als Fokus wissenschaftlicher Forschung im automobilen Kontext. Technische Universität München, Dissertation, 2014.
- [ANDERSON & GERBING 1991] Anderson, J.; Gerbing, D. W.: Predicting the Performance of Measures in a Confirmatory Factor Analysis With a Pretest Assessment of Their Substantive Validities. In: Journal of Applied Psychology, Vol. 76, Nr. 5, 1991, S. 732 - 740.
- [ARNDT & ENGELN 2008] Arndt, S.; Engeln, A.: Prädiktoren der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen. In: Schade, J.; Engeln, A. (Hrsg.): Fortschritte der Verkehrspsychologie, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008, S. 313 - 337.
- [ARTEC 2020A] Artec Europe: Artec Eva. Schneller 3D-Scanner für Profis, <https://www.artec3d.com/de/portable-3d-scanners/artec-eva>, zuletzt geprüft am 28.05.2020.
- [ARTEC 2020B] Artec Europe: Artec Studio 15, <https://www.artec3d.com/de/3d-software/artec-studio>, zuletzt geprüft am 28.05.2020.
- [ASENDORPF & NEYER 2012] Asendorpf, J. B.; Neyer, F. J.: Psychologie der Persönlichkeit. 5., vollständig überarbeitete Auflage, Springer, 2012.
- [ATZWANGER & NEGELE 2006] Atzwanger, K.; Negele, H.-J.: Fahrdynamikstudie 2008 - Kundenorientierung in der Fahrwerkstechnik. In: ATZ (Automobiltechnische Zeitung), Vol. 108, Nr. 6, 2006, S. 510 - 514.
- [AUTOGRAPH 2018] Autograph Dimensions GmbH: Datasheets verschiedener Fahrzeuge. Zur Verfügung gestellt 2018.

- [AVALUTION 2020] Avalution GmbH: Bodyscanning-Systeme, <https://www.avalution.net/de/solutions/bodyscanning/index.html>, zuletzt geprüft am 28.05.2020.
- [BACKHAUS ET AL. 2016] Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R.: Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. 14., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 2016.
- [BANDOW & STAHLCKER 2001] Bandow, F.; Stahlecker, H.: Ableitung der Hauptabmessungen eines Fahrzeugs. In: ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift, Vol. 103, Nr. 10, 2001, S. 912 - 921.
- [BANNING 1987] Banning, T. E.: Lebensstilorientierte Marketing-Theorie. Heidelberg: Physica-Verlag, 1987.
- [BATINIC & BOSNJAK 2000] Batinic, B.; Bosnjak, M.: Fragebogenuntersuchungen im Internet. In: Batinic, B. (Hrsg.): Internet für Psychologen, 2., überarb. Aufl., Göttingen: Hogrefe, 2000, S. 287 - 319.
- [BAUER MEDIA 2008] Bauer Media: Pkw-Typologie. 2008.
- [BÄUMLER 1992] Bäumlner, M.: Ermittlung einer ergonomisch optimalen Pedalanordnung für Personenkraftwagen. Katholische Universität Eichstätt, Diplomarbeit, 1992.
- [BECKER 2006] Becker, K. (Hrsg.): Subjektive Fahreindrücke sichtbar machen. Renningen: Expert-Verlag, 2006.
- [BECKER 2013] Becker, J.: Marketing-Konzeption. 10., überarb. und erw. Aufl., München: Vahlen, 2013.
- [BEIER 2004] Beier, G.: Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik. Humboldt-Universität zu Berlin, Dissertation, 2004.
- [BENGLER 2015] Bengler, K.: Das ergonomische Fahrzeug. In: mobiles, Vol. 38, 2015, S. 46 - 49.
- [BHISE 2012] Bhise, V. D.: Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton: CRC Press, 2012.
- [BIER ET AL. 2018] Bier, L.; Joisten, P.; Abendroth Bettina: Untersuchung zum erlebten Fahrspaß unterschiedlicher Verkehrsmittelnutzer. In: ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(f)T - Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung, 64. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. in Frankfurt am Main, Dortmund: GfA-Press, 2018.
- [BITTNER ET AL. 1997] Bittner, A. C.; Gore, B. F.; Hooey, B. L.: Meaningful assessment of simulator performance and sickness: Can't have one without the other? In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting, 1997, S. 1089 - 1093.
- [BOOTZ ET AL. 2013] Bootz, A.; Hohenöcker, O.; Niklas, J.; Seethaler, L.: Fahrwerksauslegung. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 7., aktual. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013, S. 726 - 794.

- [BORTZ & SCHUSTER 2010] Bortz, J.; Schuster, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- [BOTHE 2010] Bothe, A.: Entwicklung eines parameterbasierten CAD-Modells zur Ergonomieabsicherung einer Mittelklasselimousine. Universität Stuttgart, Diplomarbeit, 2010.
- [BRÄHLER ET AL. 2002] Brähler, E.; Holling, H.; Leutner, D.; Petermann, F. (Hrsg.): Brickenkamp Handbuch psychologischer und pädagogischer Tests. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl., Göttingen: Hogrefe, 2002.
- [BRAUN 1999] Braun, M.: Entwicklung eines variablen Ergonomie-Prüfstandes mit CAD-Anbindung und Validierung einer Arbeitsmethodik. Technische Universität München, Dissertation, In: Fortschritt-Berichte VDI, Verkehrstechnik. 1999.
- [BRENNER 2013] Brenner, M. G.: Altersspezifische Ergonomie im Fahrzeug. Technische Universität München, Dissertation, 2013.
- [BREUER ET AL. 2002] Breuer, P.; Craemer-Kühn, D.; Schröder, J.: Ohne Emotionen kein Autoverkauf. In: Auto Marketingjournal, Nr. 4, 2002, S. 18 - 21.
- [BROSIUS 2013] Brosius, F.: SPSS 21. 1. Aufl., Heidelberg: mitp Verlag, 2013.
- [BRÜCKNER 2011] Brückner, B.: Neue Ansätze für die Ergonomieabsicherung. In: 3. Symposium Human Machine Interaction Design – Von der nutzergerechten bis zur energieeffizienten Gestaltung, Stuttgart: 2011.
- [BRYANT 2010] Bryant, F. B.: Assessing the Validity of Measurement. In: Grimm, L. G.; Yarnold, P. R. (Hrsg.): Reading and Understanding MORE Multivariate Statistics, 6. Aufl., Washington, DC: American Psychological Association, 2010, S. 99 - 146.
- [BUBB 1995] Bubb, H.: Ergonomie in Mensch-Maschine-Systemen, Lehrgangsunterlagen „Komfort und Ergonomie im Kraftfahrzeug“. Haus der Technik, Essen: 1995.
- [BUBB 2003] Bubb, H.: Komfort und Diskomfort. In: Ergonomie Aktuell, Ausgabe 4. Lehrstuhl für Ergonomie, TUM, München. 2003, S. 5 - 7.
- [BUBB 2015A] Bubb, H.: Einführung. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): Automobilergonomie, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 1 - 26.
- [BUBB 2015B] Bubb, H.: Methoden der ergonomischen Fahrzeugentwicklung. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): Automobilergonomie, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 583 - 616.
- [BUBB & GRÜNEN 2015] Bubb, H.; Grünen, R. E.: Anthropometrische Fahrzeuggestaltung. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): Automobilergonomie, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 345 - 470.
- [BUBB ET AL. 2015A] Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): Automobilergonomie. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.

- [BUBB ET AL. 2015B] Bubb, H.; Bengler, K.; Lange, C.; Aringer, C.; Trübswetter, N.: Messmethoden. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): *Automobilergonomie*, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 618 - 662.
- [BUBB ET AL. 2015C] Bubb, H.; Bengler, K.; Breuninger, J.; Gold, C.; Helmbrecht, M.: Systemergonomie des Fahrzeugs. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): *Automobilergonomie*, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 259 - 344.
- [BÜDENBENDER & WINKLER 2006] Büdenbender, T.; Winkler, R.: Systematische Entwicklung eines nutzergerichten ganzheitlichen Fahrerinformationssystems- Wie bedienfreundlich ist das System? In: *USEWARE - Nutzergerechte Gestaltung technischer Systeme*; VDI-Berichte Nr. 1946, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2006, S. 225 - 234.
- [BÜHLER ET AL. 2009] Bühler, F.; Rösler, D.; Wege, C.; Krems, J. F.: Driving experience matters! Comparison of experienced and inexperienced drivers in driving situations of varying complexity. In: Lichtenstein, A.; Stößel, C.; Clemens, C. (Hrsg.): *8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme*, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2009, S. 104 - 109.
- [BÜHNER 2011] Bühner, M.: *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. 3., aktualisierte und erw. Aufl., München: Pearson Studium, 2011.
- [BULLINGER 1994] Bullinger, H.-J.: *Ergonomie*. Stuttgart: Teubner, 1994.
- [BULLINGER-HOFFMANN & MÜHLSTEDT 2016] Bullinger-Hoffmann, A. C.; Mühlstedt, J. (Hrsg.): *Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.
- [BURNS & EVANS 2001] Burns, A.; Evans, S.: Beyond Satisfaction - an Investigation of the Delighted Customer and Implications for the Design of Desirable Products. In: *International Conference on Engineering Design*, Glasgow: 2001, S. 429 - 436.
- [CARSTEN & JAMSON 2011] Carsten, O.; Jamson, A. H.: Driving Simulators as Research Tools in Traffic Psychology. In: *Handbook of Traffic Psychology*, Elsevier, 2011, S. 87 - 96.
- [CHURCHILL 1979] Churchill, G. A.: A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs. In: *Journal of Marketing Research*, Vol. 16, Nr. 1, 1979, S. 64 - 73.
- [CLOETE & SCHEFFER 2008] Cloete, T.; Scheffer, C.: Benchmarking of a full-body inertial motion capture system for clinical gait analysis. In: *30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2008, S. 4579 - 4582.
- [COHEN 1988] Cohen, J.: *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2. Aufl., Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.

- [CORLETT & BISHOP 1976] Corlett, E. N.; Bishop, R. P.: A technique for assessing postural discomfort. In: Ergonomics, Vol. 19, Nr. 2, 1976, S. 175 - 182.
- [CROSS ET AL. 2011] Cross, C. P.; Copping, L. T.; Campbell, A.: Sex differences in impulsivity - a meta-analysis. In: Psychological bulletin, Vol. 137, Nr. 1, 2011, S. 97 - 130.
- [DA SILVA ET AL. 2012] da Silva, L.; Bortolotti, S. L. V.; Campos, I. C. M.; Merino, E. A. D.: Comfort model for automobile seat. In: Work, Vol. 41, 2012, S. 295 - 302.
- [DEML ET AL. 2007] Deml, B.; Freyer, J.; Färber, B.: Ein Beitrag zur Prädiktion des Fahrstils. In: VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.): Fahrer im 21. Jahrhundert, Düsseldorf: VDI-Verl., 2007, S. 47 - 59.
- [DEVELLIS 2017] DeVellis, R. F.: Scale development. 4. Aufl., Thousand Oaks: Sage Publications, 2017.
- [DICKINSON & ZELLINGER 1980] Dickinson, T. L.; Zellinger, P. M.: A comparison of the behaviorally anchored rating and mixed standard scale formats. In: Journal of Applied Psychology, Vol. 65, Nr. 2, 1980, S. 147 - 154.
- [DIEZ 2015] Diez, W.: Automobil-Marketing. 6. Aufl., München: Franz Vahlen GmbH, 2015.
- [DIN 70010] DIN 70010. 2001-04. Systematik der Straßenfahrzeuge - Begriffe für Kraftfahrzeuge, Fahrzeugkombinationen und Anhängerfahrzeuge. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
- [DIN 33402-2] DIN 33402-2. 2005-12. Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
- [DIN EN ISO 7250-1] DIN EN ISO 7250-1. 2010-06. Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung - Teil 1: Körpermaßdefinitionen und -messpunkte. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
- [DÖRING & BORTZ 2016] Döring, N.; Bortz, J.: Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer, 2016.
- [EBERL 2014] Eberl, T. X.: Charakterisierung und Gestaltung des Fahr-Erlebens der Längsführung von Elektrofahrzeugen. Technische Universität München, Dissertation, 2014.
- [EHLERS & BREITLING 2011] Ehlers, C.; Breitling, T.: Produktentstehungsprozess / Fahrzeugkonzeption in der frühen Entwicklungsphase. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 6., aktualisierte und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 896 - 901.
- [ELANDER ET AL. 1993] Elander, J.; West, R.; French, D.: Behavioral Correlates of Individual Differences in Road-Traffic Crash Risk: An Examination of Methods and Findings. In: Psychological bulletin, Vol. 113, Nr. 2, 1993, S. 279 - 294.
- [ELLINGHAUS & SCHLAG 1984] Ellinghaus, D.; Schlag, B.: Alter und Autofahren . Eine zukunftsorientierte Studie über ältere Kraftfahrer. Köln: Uniroyal, 1984.

- [ELLINGHAUS & STEINBRECHER 2004] Ellinghaus, D.; Steinbrecher, J. (Hrsg.): Fahren im Winter, Untersuchung über objektive Risiken und subjektiv empfundene Gefahren, Hannover: IFAPLAN, 2004.
- [ELLIS 2010] Ellis, P. D.: The Essential Guide to Effect Sizes. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [ENGELBRECHT 2013] Engelbrecht, A.: Fahrkomfort und Fahrspaß bei Einsatz von Fahrerassistenzsystemen. Humboldt-Universität zu Berlin, Dissertation, 2013.
- [ENGELN & VRATIL 2008] Engeln, A.; Vratil, B.: Fahrkomfort und Fahrgenuss durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen. In: Schade, J.; Engeln, A. (Hrsg.): Fortschritte der Verkehrspsychologie, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008, S. 275 - 288.
- [ENTENMANN ET AL. 2016] Entenmann, V.; Nölscher, A. B.; Straub, B.; Vennebörger, S.; Fritz, O.; Boll, M.; Ribeiro, C.; Anand, R.; Kreibich, L.; Gunkel, T.: Neue Maßstäbe bei der Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. In: ATZ Extra - Die neue E-Klasse von Mercedes Benz. 2016, S. 50 - 59.
- [ESCHEN 2013] Eschen, S. C. S.: Persönlichkeit als Prädiktor für Leistung in hoch automatisierten Mensch-Maschine-Teams der Luftfahrt. Universität Hamburg, Dissertation, 2013.
- [ESTERMANN 1999] Estermann, S.: Komfortprognose für ein CAD-Menschmodell auf der Basis realer Fahrversuche. Technische Universität München, Dissertation, 1999.
- [EYSENCK 1953] Eysenck, H. J.: The structure of human personality. London: Methuen, 1953.
- [FELNEMETI ET AL. 1987] Felnemeti, A.; Gheri, M. F.; Krainz, E.; Schmidt, L.; Wenninger, U.: Verkehrspsychologische Beurteilung von Persönlichkeitsmerkmalen im Hinblick auf die Fahreignung. 2. Aufl., Wien: Literas Univ.-Verl., 1987.
- [FIELD 2018] Field, A.: Discovering statistics using IBM SPSS statistics. 5th edition, Los Angeles: Sage, 2018.
- [FISHBEIN & AJZEN 1975] Fishbein, M.; Ajzen, I.: Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1975.
- [FISSENI 2004] Fisseni, H.-J.: Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. 3., überarb. und erw. Aufl., Göttingen: Hogrefe, 2004.
- [FLEISCHER & CHEN 2020] Fleischer, M.; Chen, S.: How Do We Sit When Our Car Drives for Us? In: Duffy, V. G. (Hrsg.): Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management - Posture, Motion and Health. HCII 2020, Cham: Springer, 2020, S. 33 - 49.
- [FLÜGEL ET AL. 1986] Flügel, B.; Greil, H.; Sommer, K.: Anthropologischer Atlas. 1. Aufl., Frankfurt/Main: Edition Wötzel, 1986.
- [FRANZ ET AL. 2011] Franz, M.; Kamp, I.; Durt, A.; Kilincsoy, Ü.; Bubb, H.; Vink, P.: A light weight car seat shaped by human body contour. In: International Journal of Human Factors Modelling and Simulation, Vol. 2, Nr. 4, 2011, S. 314 - 314.

- [FUTSCHIK 2011] Futschik, H. D.: Formen und neue Konzepte / Design. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 6., aktual. und erw. Aufl., Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 84 - 92.
- [GEISER 1985] Geiser, G.: Mensch-Maschine-Kommunikation im Kraftfahrzeug. In: Automobiltechnische Zeitschrift ATZ, Vol. 87, Nr. 2, 1985, S. 77 - 84.
- [GENGENBACH 1997] Gengenbach, R.: Fahrerverhalten im Pkw mit Head-Up-Display. Technische Universität München, Dissertation, 1997.
- [GEUß 1994] Geuß, H.: Entwicklung eines anthropometrischen Meßverfahrens für das CAD-Menschmodell RAMSIS. Technische Universität München, Dissertation, 1994.
- [GKIKAS 2013] Gkikas, N. (Hrsg.): Automotive ergonomics, Driver-vehicle interaction, Boca Raton: CRC Press, 2013.
- [GORSUCH 1983] Gorsuch, R. L.: Factor Analysis. 2. Aufl., Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1983.
- [GOUTHIER 2013] Gouthier, M. H. J.: Die Produkte und Dienstleistungen aufwerten und weiterentwickeln. In: Esch, F.-R. (Hrsg.): Strategie und Technik des Automobilmarketing, Wiesbaden: Springer Gabler, 2013, S. 131 - 146.
- [GRABNER & NOTHHAFT 2006] Grabner, J.; Nothhaft, R.: Konstruieren von Pkw-Karosserien. 3., erw. Aufl., Berlin: Springer, 2006.
- [GRÄF 1999] Gräf, L.: Optimierung von WWW-Umfragen: Das Online-Pretest-Studio. In: Batinic, B.; Werner, A.; Gräf, L.; Bandilla, W. (Hrsg.): Online Research - Methoden, Anwendungen und Ergebnisse, Göttingen: Hogrefe, 1999, S. 159 - 177.
- [GREIL 2001] Greil, H.: Körpermaße 2000: aktuelle Perzentilwerte der deutschen Bevölkerung im jungen Erwachsenenalter. In: Brandenburgische Umwelt Berichte 10, 2001, S. 23 - 53.
- [GROSS & NACHTWEI 2006] Gross, B.; Nachtwei, J.: Assistenzsysteme effizient entwickeln und nutzen - Die Mikrowelt als Methode zur Wissensakquisition für Entwickler und Operateure. DGLR-Bericht, 2006.
- [GRÜNEN ET AL. 2015] Grünen, R. E.; Günzkofer, F.; Bubb, H.: Anatomische und anthropometrische Eigenschaften des Fahrers. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): Automobilergonomie, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 163 - 219.
- [GYI 2013] Gyi, D. E.: Driving Posture and Healthy Design. In: Gkikas, N. (Hrsg.): Automotive ergonomics, Boca Raton: CRC Press, 2013, S. 123 - 131.
- [HAASE ET AL. 2012] Haase, T.; Nawka, B.; Berner, M.: Funktionale Ästhetik dank durchgängiger Prozesskette. In: ATZ Extra, Vol. 17, Nr. 5, 2012, S. 42 - 47.
- [HABÖCK ET AL. 2016] Haböck, U.; Klier, J.; Schwenninger, J.; Maier, S.: Systemadaption als Schlüssel für das automatisierte Fahren. In: ATZ, Vol. 118, Nr. 4, 2016, S. 26 - 31.

- [HALFMANN 2014] Halfmann, M. (Hrsg.): Zielgruppen im Konsumentenmarketing, Segmentierungsansätze - Trends - Umsetzung, Wiesbaden: Springer Gabler, 2014.
- [HART & STAVELAND 1988] Hart, S. G.; Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: Human Mental Workload, Vol. 52, Elsevier, 1988, S. 139 - 183.
- [HARTUNG 2006] Hartung, J.: Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz. Technische Universität München, Dissertation, 2006.
- [HASSENZAHL ET AL. 2003] Hassenzahl, M.; Burmester, M.; Koller, F.: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: Mensch & Computer 2003. Interaktion in Bewegung, Nr. 57, 2003, S. 187 - 196.
- [HASSENZAHL ET AL. 2008] Hassenzahl, M.; Burmester, M.; Koller, F.: Der User Experience (UX) auf der Spur: zum Einsatz von www.attrakdiff.de. In: Brau, H. (Hrsg.): Usability Professionals 2008, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008.
- [HECKHAUSEN & HECKHAUSEN 2010] Heckhausen, J.; Heckhausen, H.: Motivation und Handeln. 4., überarb. und erw. Aufl., Berlin: Springer, 2010.
- [HEIßING & BRANDL 2002] Heißing, B.; Brandl, H. J.: Subjektive Beurteilung des Fahrverhaltens. Würzburg: Vogel, 2002.
- [HELANDER & ZHANG 1997] Helander, M. G.; Zhang, L.: Field studies of comfort and discomfort in sitting. In: Ergonomics, Vol. 40, Nr. 9, 1997, S. 895 - 915.
- [HERPEL & WAGNER 2011] Herpel, T.; Wagner, P.-O.: Aufbau / Ergonomie und Komfort. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 6., aktual. und erw. Aufl., Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 445 - 456.
- [HERPEL & WAGNER 2013] Herpel, T.; Wagner, P.-O.: Ergonomie und Komfort. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 7., aktual. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013, S. 581 - 593.
- [HERRMANN 1976] Herrmann, T.: Lehrbuch der empirischen Persönlichkeitsforschung. 3. Aufl., Göttingen: Hogrefe, 1976.
- [HETTINGER 1993] Hettinger, T.: Isometrisches Muskeltraining. 6. Aufl., Landsberg/Lech: ecomed, 1993.
- [HIAMTOE ET AL. 2012] Hiamtoe, P.; Steinhardt, F.; Köhler, U.; Bengler, K.: Subjective and objective evaluation of sense of space for vehicle occupants based on anthropometric data. In: Work. A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, Vol. 41, Nr. Supplement 1, 2012, S. 252 - 257.
- [HIESGEN 2011] Hiesgen, G.: Effiziente Entwicklung eines menschenzentrierten Querführungsassistenzsystems mit einem Fahrsimulator. Universität Duisburg-Essen, Dissertation, 2011.

- [HOFFMANN 2013] Hoffmann, S.: Simulorgewöhnung. Beschreibung und Instruktionen zur Durchführung eines kurzen Gewöhnungsprogramms für PKW-Fahrersimulationen. Würzburg: Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH, 2013.
- [HOFFMANN & BULD 2006] Hoffmann, S.; Buld, S.: Darstellung und Evaluation eines Trainings zum Fahren in der Fahrersimulation. In: VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.): Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme (VDI-Berichte, Nr. 1960), Düsseldorf: VDI-Verlag, 2006, S. 113 - 132.
- [HOLDER & MAIER 2018] Holder, D.; Maier, T.: Skript zur Vorlesung Fahrzeug-Design. Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart, 2018.
- [HOLODYSKI 2009] Holodyski, M.: Entwicklung der Motive. In: Brandstätter, V.; Otto, J. H. (Hrsg.): Handbuch der Allgemeinen Psychologie: Motivation und Emotion, Göttingen: Hogrefe, 2009, S. 272 - 283.
- [HOLTE 2012] Holte, H.: Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2012.
- [HOMBURG 2020] Homburg, C.: Marketingmanagement. 7., überarb. und erw. Aufl., 2020.
- [HOWALDT 2007] Howaldt: Zielgruppe verzweifelt gesucht - Segmentierung in der Zukunft und deren Konsequenzen für das moderne Marketing am Beispiel der Automobilindustrie, https://www.rolandberger.de/media/pdf/rb_press/RB_NewwayofMarketing_revised_20070926.pdf, zuletzt geprüft am 17.10.2016.
- [HUBER ET AL. 2008] Huber, S.; Kain, S.; Nachtwei, J.: Effekte sicherer nachweisen: Persönlichkeitsmerkmale als Kontrollvariablen in der Human Factors Forschung. In: Grandt, M.; Bauch, A. (Hrsg.): 50. Fachausschusssitzung Anthropotechnik: Beiträge der Ergonomie, Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e. V., 2008, S. 143 - 159.
- [HUDELMAIER 2003] Hudelmaier, J.: Sichtanalyse im Pkw unter Berücksichtigung von Bewegung und individuellen Körpercharakteristika. Technische Universität München, Dissertation, 2003.
- [HUMMEL ET AL. 2007] Hummel, S.; Sacher, H.; Härtle, C.; Bubb, H.: Beitrag einer Nutzertypisierung aufgrund von Persönlichkeitsmerkmalen für die Entwicklung von Infotainmentsystemen im Kraftfahrzeug. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen, Dortmund: GfA-Press, 2007, S. 387 - 390.
- [HUMMEL 2008] Hummel, S.: Akzeptanzentwicklung bei multimedialen Bedienkonzepten. Technische Universität München, Dissertation, 2008.
- [HUMMEL & BETZ 2016] Hummel, S.; Betz, M.: Bedienung und Anzeige im Audi virtual cockpit. In: ATZ, Vol. 118, Nr. 4, 2016, S. 60 - 63.

- [JAMSON 2000] Jamson, H.: Driving Simulator Validity: Issues of Field of View and Resolution. In: Proceedings of the Driving Simulation Conference Paris. 2000, S. 57 - 64.
- [JOHANNSEN ET AL. 1979] Johannsen, G.; Moray, N.; Pew, R.; Rasmussen, J.; Sanders, A.; Wickens, C.: Final Report of Experimental Psychology Group. In: Moray, N. (Hrsg.): Mental Workload, Boston, MA: Springer, 1979, S. 101 - 114.
- [JONKISZ ET AL. 2012] Jonkisz, E.; Moosbrugger, H.; Brandt, H.: Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In: Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion, 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, S. 27 - 74.
- [JONSSON ET AL. 2008] Jonsson, B.; Stenlund, H.; Svensson, M. Y.; Björnstig, U.: Seat adjustment - capacity and repeatability among occupants in a modern car. In: Ergonomics, Vol. 51, Nr. 2, 2008, S. 232 - 241.
- [JÜRGENS ET AL. 1989] Jürgens, H. W.; Aune, I. A.; Pieper, U. (Hrsg.): Internationaler anthropometrischer Datenatlas. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW Verl. für Neue Wissenschaft GmbH, 1989.
- [KAISER 2009] Kaiser, R.: Ergonomie-Absicherung des Fahrerarbeitsplatzes - exemplarischer Ansatz und Eignung einer dynamischen Fahrsimulation. In: Winner, H.; Bruder, R. (Hrsg.): Tagungsband Darmstädter Kolloquium Mensch & Fahrzeug: Wie realitätsnah lässt sich Fahrverhalten messen?, Stuttgart: ergonomia Verlag, 2009, S. 29 - 42.
- [KARRER ET AL. 2009] Karrer, K.; Glaser, C.; Clemens, C.; Bruder, C.: Technikaffinität erfassen - der Fragebogen TA-EG. In: Lichtenstein, A.; Stößel, C.; Clemens, C. (Hrsg.): 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2009, S. 194 - 199.
- [KAUßNER 2003] Kaußner, A.: Dynamische Szenerien in der Fahrsimulation. Bayrische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Dissertation, 2003.
- [KBA 2019] Krafffahrt-Bundesamt: Jahresbilanz der Neuzulassungen 2019, https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/n_jahresbilanz.html, zuletzt geprüft am 17.05.2020.
- [KBA 2020] Krafffahrt-Bundesamt: Methodische Erläuterungen zu Statistiken über Fahrzeugzulassungen, https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fz_methodische_erlaeueterungen_202009_pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 23.12.2020.
- [KELAVA & MOOSBRUGGER 2012] Kelava, A.; Moosbrugger, H.: Deskriptivstatistische Evaluation von Items (Itemanalyse) und Testwertverteilungen. In: Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion, 2., aktual. und überarb. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 75 - 102.
- [KIM & NUSSBAUM 2013] Kim, S.; Nussbaum, M. A.: Performance evaluation of a wearable inertial motion capture system for capturing physical exposures during manual material handling tasks. In: Ergonomics, Vol. 56, Nr. 2, 2013, S. 314 - 326.

- [KIRCHNER 1986] Kirchner, J.-H.: Belastungen und Beanspruchungen - Einige begriffliche Klärungen zum Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: Hackstein, R.; Heeg, F.-J.; Below, F. (Hrsg.): Arbeitsorganisation und Neue Technologien, Berlin, Heidelberg: Springer, 1986, S. 553 - 569.
- [KLEIMANN ET AL. 2013] Kleimann, P. G.; Posdorf, D.; Brenner, A.; Beyer, S.; Keine, R.; Hunstock, T.: Maßkonfektion im Aftersales - Servicedifferenzierung entlang der Kundenwünsche, https://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Masskonfektion_im_Aftersales_20131014.pdf, zuletzt geprüft am 17.10.2016.
- [KLEINERT & ENGELHARD 2002] Kleinert, J.; Engelhard, K.: EZ-K. Konstruktvalidität einer 16-Item-Kurzform der EZ-Skala nach Nitsch. Vortrag im Forschungskolloquium im Psychologischen Institut der Deutschen Sporthochschule Köln, 2002.
- [KLIEME ET AL. 2007] Klieme, E.; Avenarius, H.; Blum, W.; Döbrich, P.; Gruber, H.; Prenzel, M.; Reiss, K.; Riquarts, K.; Rost, J.; Tenorth, H.-E.; Vollmer, H. J.: Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandard - Expertise. Berlin: BMBF, 2007.
- [KLINE 2011] Kline, R. B.: Principles and practice of structural equation modeling. 3. Aufl., New York: Guilford Press, 2011.
- [KNOBEL ET AL. 2016] Knobel, C.; Pöltenstein, A.; Knoller, S.: Vorausschauende EfficientDynamics-Funktionen. In: ATZ, Vol. 118, Nr. 4, 2016, S. 16 - 21.
- [KNOLL 2007] Knoll, C. M.: Einfluss des visuellen Urteils auf den physisch erlebten Komfort am Beispiel von Sitzen. Technische Universität München, Dissertation, 2007.
- [KOLICH 2010] Kolich, M.: Occupant Preferred Back Angle Relative to Head Restraint Regulations. In: SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, Vol. 3, Nr. 1, 2010, S. 626 - 632.
- [KOLLING 1997] Kolling, J.: Validierung und Weiterentwicklung eines CAD-Menschmodells für die Fahrzeuggestaltung. Technische Universität München, Dissertation, 1997.
- [KOLTKO-RIVERA 2004] Koltko-Rivera, M. E.: Personality Theory and Human Factors Research. In: Vincenzi, D.; Mustapha, M.; Hancock, P. A. (Hrsg.): Human Performance, Situation Awareness, and Automation, New Jersey: Erlbaum, 2004, S. 161 - 165.
- [KÖLZER & ZIEHE 2014] Kölzer, B.; Ziehe, N.: Zielgruppenansätze im Einzelhandelsmarketing. In: Halfmann, M. (Hrsg.): Zielgruppen im Konsumentenmarketing, Wiesbaden: Springer Gabler, 2014, S. 275 - 294.
- [KOPPELMANN 2001] Koppelman, U.: Produktmarketing. 6., überarb. u. erw. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2001.

- [KORTUS-SCHULTES 2012] Kortus-Schultes, D.: Frau und Auto - Ergebnisse empirischer Untersuchungen aus 2005 und 2009. Schriftenreihe Kompetenzzentrum Frau und Auto Bd. 9, Göttingen: 2012.
- [KRAMPEN 1993] Krampen, G.: Effekte von Bewerbungsinstruktionen und Subskalenextraktion in der Fragebogendiagnostik. In: Diagnostica, Vol. 39, Nr. 2, 1993, S. 97 - 108.
- [KRAUS 2007] Kraus, W.: Grundsätzliche Aspekte des Automobildesign. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Automobildesign und Technik, 1. Aufl., Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2007, S. 30 - 65.
- [KRIST 1994] Krist, R.: Modellierung des Sitzkomforts. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Dissertation, 1994.
- [KROSNICK & BERENT 1993] Krosnick, J. A.; Berent, M. K.: Comparisons of Party Identification and Policy Preferences: The Impact of Survey Question Format. In: American Journal of Political Science, Vol. 37, Nr. 3, 1993, S. 941 - 964.
- [KUIJT-EVERS ET AL. 2004] Kuijt-Evers, L. F. M.; Groenesteijn, L.; Looze, M. P. de; Vink, P.: Identifying factors of comfort in using hand tools. In: Applied ergonomics, Vol. 35, Nr. 5, 2004, S. 453 - 458.
- [KYUNG ET AL. 2010] Kyung, G.; Nussbaum, M. A.; Babski-Reeves, K. L.: Enhancing digital driver models: Identification of distinct postural strategies used by drivers. In: Ergonomics, Vol. 53, Nr. 3, 2010, S. 375 - 384.
- [KYUNG & NUSSBAUM 2009] Kyung, G.; Nussbaum, M. A.: Specifying comfortable driving postures for ergonomic design and evaluation of the driver workspace using digital human models. In: Ergonomics, Vol. 52, Nr. 8, 2009, S. 939 - 953.
- [LANGENS ET AL. 2017] Langens, T. A.; Sokolowski, K.; Schmalt, H.-D.: Das Multi-Motiv-Gitter. In: Erpenbeck, J.; Rosenstiel, L. v.; Grote, S.; Sauter, W. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2017, S. 388 - 396.
- [LAUKART & VORBERG 2011] Laukart, G.; Vorberg, T.: Aufbau / Fahrzeuginnenausstattung. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 6., aktual. und erw. Aufl., Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 472 - 482.
- [LEMMER 2011] Lemmer, K.: Elektrik/Elektronik/Software / Mensch-Maschine-Interaktion. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 6., aktual. und erw. Aufl., Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2011, S. 740 - 747.
- [LEWRICK ET AL. 2018] Lewrick, M.; Link, P.; Leifer, L.: Das Design Thinking Playbook. 2., überarb. Aufl., München: Verlag Franz Vahlen GmbH, 2018.
- [LFE 2020] Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München: Modularer Ergonomieprüfstand (MEPS), <https://www.mw.tum.de/lfe/forschung/labor/modularer-ergonomiepruefstand/>, zuletzt geprüft am 29.12.2020.

- [LIENERT & RAATZ 1998] Lienert, G. A.; Raatz, U.: Testaufbau und Testanalyse. 6. Aufl., Weinheim: Beltz, 1998.
- [LOOZE ET AL. 2003] Looze, M. P. de; Kuijt-Evers, L. F. M.; van Dieen, J.: Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. In: Ergonomics, Vol. 46, Nr. 10, 2003, S. 985 - 997.
- [LORENZ 2011] Lorenz, S.: Assistenzsystem zur Optimierung des Sitzkomforts im Fahrzeug. Technische Universität München, Dissertation, 2011.
- [LORENZ 2013] Lorenz, D.: Äußere Einflussparameter auf Sitzpositionen im Fahrzeug. Technische Universität München, Dissertation, 2013.
- [LOZANO ET AL. 2008] Lozano, L. M.; García-Cueto, E.; Muñiz, J.: Effect of the Number of Response Categories on the Reliability and Validity of Rating Scales. In: Methodology, Vol. 4, Nr. 2, 2008, S. 73 - 79.
- [MACCALLUM ET AL. 2001] MacCallum, R. C.; Widaman, K. F.; Preacher, K. J.; Hong, S.: Sample Size in Factor Analysis: The Role of Model Error. In: Multivariate behavioral research, Vol. 36, Nr. 4, 2001, S. 611 - 637.
- [MACEY & WARDLE 2014] Macey, S.; Wardle, G.: H-Point - The fundamentals of car design & packaging. 2. Aufl., Culver City: Design Studio Press, 2014.
- [MAIER & SCHMID 2006] Maier, T.; Schmid, M.: Neuer Bewertungsansatz für Fahrzeugcockpits. In: USEWARE - Nutzergerechte Gestaltung technischer Systeme; VDI-Berichte Nr. 1946, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2006, S. 187 - 196.
- [MANARY ET AL. 1998] Manary, M. A.; Flannagan, C. A. C.; Reed, M.; Schneider, L. W.: Development of an Improved Driver Eye Position Model. SAE Technical Paper 980012. Detroit: SAE Publication Group, 1998.
- [MANDEL ET AL. 2015] Mandel, R.; Pomiersky, P.; Maier, T.: Der vollvariable Fahrzeug-Ergonomieprüfstand – Absicherung des digitalen Auslegungsprozesses. In: Binz, H.; Bertsche, B.; Bauer, W.; Roth, D. (Hrsg.): Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015, Stuttgart: 2015.
- [MANDEL 2019] Mandel, R.: Komfortmodell und Untersuchung zum Einfluss der Innenraumgeometrie auf die Wahrnehmung und Wirkung von Fahrzeugeigenschaften. Universität Stuttgart, Dissertation, 2019.
- [MANSTEAD 1996] Manstead, A. S. R.: Attitudes and behaviour. In: Semin, G. R.; Fiedler, K. (Hrsg.): Applied Social Psychology, London: Sage, 1996, S. 3 - 29.
- [MARKER ET AL. 2019] Marker, C.; Gnambs, T.; Appel, M.: Exploring the myth of the chubby gamer - A meta-analysis on sedentary video gaming and body mass. In: Social science & medicine, 2019.
- [MARTIN ET AL. 2008] Martin, M.; Zehnder, F.; Zimprich, D.: Kognitive Entwicklung im mittleren Lebensalter. In: Wirtschaftspsychologie, Nr. 3, 2008, S. 6 - 17.
- [MASLOW 1943] Maslow, A.: A Theory of Human Motivation. In: Psychological Review, Vol. 50, 1943, S. 370 - 396.

- [MATTHEWS ET AL. 1998] Matthews, G.; Dorn, L.; Hoyes, T. W.; Davies, D. R.; Glendon, A. I.; Taylor, R. G.: Driver Stress and Performance on a Driving Simulator. In: Human factors, Vol. 40, Nr. 1, 1998, S. 136 - 149.
- [MAYDEU-OLIVARES ET AL. 2009] Maydeu-Olivares, A.; Kramp, U.; García-Forero, C.; Gallardo-Pujol, D.; Coffman, D.: The effect of varying the number of response alternatives in rating scales: Experimental evidence from intra-individual effects. In: Behavior research methods, Vol. 41, Nr. 2, 2009, S. 295 - 308.
- [MCCRAE & COSTA, JR. 2008] McCrae, R. R.; Costa, P. T., JR.: A five-factor theory of personality. In: John, O. P.; Robins, R. W.; Pervin, L. A. (Hrsg.): Handbook of personality: Theory and research, New York: The Guilford Press, 2008, S. 159 - 181.
- [MEFFERT ET AL. 2012] Meffert, H.; Burmann, C.; Kirchgeorg, M.: Marketing - Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. Wiesbaden: Gabler, 2012.
- [MERGL 2006] Mergl, C.: Entwicklung eines Verfahrens zur Optimierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen. Technische Universität München, Dissertation, 2006.
- [MEYER ET AL. 2009] Meyer, C.; Nachtwei, J.; Kain, S.: Empirische Realität versus subjektive Repräsentation: Einfluss von Persönlichkeitsmerkmalen auf die Prozessüberwachung und -führung in Mensch-Maschine-Systemen. In: MMI-Interaktiv, Nr. 12, 2009, S. 1 - 14.
- [MICHEL & CONRAD 1982] Michel, L.; Conrad, W.: Testtheoretische Grundlagen psychometrischer Tests. In: Groffmann, K. J.; Michel, L. (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich B: Methodologie und Methoden, Serie II: Psychologische Diagnostik, Band 1: Grundlagen Psychologischer Diagnostik, Göttingen: Hogrefe, 1982, S. 1 - 129.
- [MIES 1987] Mies: Experimentelle Bestimmungen der Kopfhüllkurven im Fahrzeug mit einer photogrammetrischen Methode. Technische Universität München, Dissertation, 1987.
- [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012A] Moosbrugger, H.; Kelava, A.: Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In: Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion, 2., aktual. und überarb. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 7 - 27.
- [MOOSBRUGGER & KELAVA 2012B] Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 2., aktual. und überarb. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.
- [MOOSBRUGGER & SCHERMELLEH-ENGEL 2012] Moosbrugger, H.; Schermelleh-Engel, K.: Exploratorische (EFA) und Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA). In: Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion, 2., aktual. und überarb. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, S. 325 - 343.
- [MORE & BINDU 2015] More, R. U.; Bindu, R. S.: Comfort Analysis of Passenger Car Vehicle Seat. In: International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT), Vol. 4, Nr. 4, 2015, S. 95 - 100.

- [MÜHLSTEDT 2016] Mühlstedt, J.: Digitale Menschmodelle. In: Bullinger-Hoffmann, A. C.; Mühlstedt, J. (Hrsg.): Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016, S. 73 - 182.
- [MÜLLER 2005] Müller, A.: Konzeption kundentypischer und auswechselbarer Türinnenmodule für einen PKW. Universität Stuttgart, Diplomarbeit, 2005.
- [MÜLLER 2010] Müller, A.: Systematische und nutzerzentrierte Generierung des Pkw-Maßkonzepts als Grundlage des Interior- und Exterior-Design. Universität Stuttgart, Dissertation, 2010.
- [MUNDFROM ET AL. 2005] Mundfrom, D. J.; Shaw, D. G.; Ke, T. L.: Minimum Sample Size Recommendations for Conducting Factor Analyses. In: International Journal of Testing, Vol. 5, Nr. 2, 2005, S. 159 - 168.
- [NACHTWEI 2008A] Nachtwei, J.: Ein experimenteller Ansatz in der Kognitiven Ergonomie. Saarbrücken: VDM Verlag, 2008.
- [NACHTWEI 2008B] Nachtwei, J.: Handlungsstrategie als Kontrollvariable in Laborexperimenten - Konstruktion und Evaluation des Fragebogeninstruments FESE-R. In: Khader, P.; Jost, K.; Lachnit, H.; Rösler, F. (Hrsg.): Experimentelle Psychologie. 50. Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP), Lengerich: Pabst Science Publ., 2008.
- [NAGEL 2001] Nagel, K.: Anthropometrische Komfortbewertung des Fahrzeuginnenraums. In: Brandenburgische Umwelt Berichte 10, 2001, S. 100 - 107.
- [NEGELE 2007] Negele, H. J.: Anwendungsgerechte Konzipierung von Fahr simulatoren für die Fahrzeugentwicklung. Technische Universität München, Dissertation, 2007.
- [NETEMEYER ET AL. 2003] Netemeyer, R. G.; Bearden, W. O.; Sharma, S.: Scaling procedures. Thousand Oaks: Sage Publications, 2003.
- [NILSSON 1999] Nilsson, G.: Validity of Comfort Assessment in RAMSIS. In: SAE International (Hrsg.): SAE Technical Paper Series, Warrendale, USA: SAE International, 1999.
- [NITSCH & UDRIS 1976] Nitsch, J. R.; Udris, I.: Beanspruchung im Sport - Beitrag zur psychologischen Analyse sportlicher Leistungssituation. 1. Aufl., Bad Homburg v.d.H.: Limpert, 1976.
- [NUNNALLY & BERNSTEIN 1994] Nunnally, J. C.; Bernstein, I. H.: Psychometric theory. 3. Auflage, New York: McGraw-Hill, 1994.
- [O'MUIRCHERTAI GH ET AL. 2000] O'Muircheartaigh, C.; Krosnick, J. A.; Helic, A.: Middle Alternatives, Acquiescence, and the Quality of Questionnaire Data. Working Paper, University of Chicago. 2000.
- [O'CONNOR 2000] O'Connor, B. P.: SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. In: Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, Vol. 32, Nr. 3, 2000, S. 396 - 402.

- [PARKIN ET AL. 1995] Parkin, S.; Mackay, G. M.; Cooper, A.: How Drivers Sit in Cars. In: Accident Analysis and Prevention, Vol. 27, Nr. 6, 1995, S. 777 - 783.
- [PARKINSON & REED 2006] Parkinson, M. B.; Reed, M. P.: Optimizing Vehicle Occupant Packaging. In: SAE International (Hrsg.): SAE Technical Paper Series, Warrendale, USA: SAE International, 2006.
- [PFEFFER 2017] Pfeffer, S.: Entwicklung einer modularen Methode zur Bewertung der Mensch-Maschine-Interaktion mit Applikation bei Medizinprodukten. Universität Stuttgart, Dissertation, 2017.
- [PÖGE 2011] Pöge, A.: Persönliche Codes bei Längsschnittuntersuchungen III. In: Methoden - Daten - Analysen, Vol. 5, Nr. 1, 2011, S. 109 - 134.
- [POMIERSKY ET AL. 2016] Pomiersky, P.; Renschler, M.; Wackenhut, A.; Maier, T.: Automatisierte Erzeugung von Ergonomievorgaben für den Fahrerarbeitsplatz mittels eines parametrischen CAD-Modells und eines digitalen Menschmodells. In: 8. VDI Fachtagung USEWARE 2016 - Mensch-Technik-Interaktion im Industrie 4.0 Zeitalter, Dresden: 2016, S. 111 - 124.
- [POMIERSKY ET AL. 2018] Pomiersky, P.; Karlovic, K.; Maier, T.: Usability-Optimization of Inertial Motion Capture Systems. In: Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). Volume VII: Ergonomics in Design, Design for All, Activity Theories for Work Analysis and Design, Affective Design, 2018, S. 345 - 355.
- [POMIERSKY & MAIER 2018] Pomiersky, P.; Maier, T.: Einfluss von Persönlichkeitsmerkmalen auf die anthropometrische Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes. In: GfA (Hrsg.): ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(f)T - Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung, 64. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. in Frankfurt am Main, Dortmund: GfA-Press, 2018.
- [PORST 2000] Porst, R.: Question Wording - zur Formulierung von Fragebogen-Fragen. Mannheim: Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen -ZUMA-, 2000.
- [PORST 2011] Porst, R.: Fragebogen. 3. Aufl., Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2011.
- [PRESTON & COLMAN 2000] Preston, C. C.; Colman, A. M.: Optimal number of response categories in rating scales. In: Acta Psychologica, Vol. 104, Nr. 1, 2000, S. 1 - 15.
- [RAABE 2013] Raabe, R.: Ein rechnergestütztes Werkzeug zur Generierung konsistenter PKW-Maßkonzepte und parametrischer Designvorgaben. Universität Stuttgart, Dissertation, 2013.
- [RAAB-STEINER & BENESCH 2012] Raab-Steiner, E.; Benesch, M.: Der Fragebogen. 3., aktual. und überarb. Aufl., Wien: Facultas-Verlag, 2012.
- [RAMMSTEDT 2004] Rammstedt, B.: Zur Bestimmung der Güte von Multi-Item-Skalen: Eine Einführung. Mannheim: 2004.

- [RAMMSTEDT ET AL. 2013] Rammstedt, B.; Kemper, C. J.; Klein, M. C.; Beierlein, C.; Kovaleva, A.: Eine kurze Skala zur Messung der fünf Dimensionen der Persönlichkeit. In: Methoden - Daten - Analysen, Vol. 7, Nr. 2, 2013, S. 233 - 249.
- [RAMMSTEDT & JOHN 2007] Rammstedt, B.; John, O. P.: Measuring personality in one minute or less. In: Journal of Research in Personality, Vol. 41, Nr. 1, 2007, S. 203 - 212.
- [RASSL 2004] Rassel, R.: Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im Pkw - Systemergonomische Analyse und Prognose. Technische Universität München, Dissertation, 2004.
- [RAUCH ET AL. 2007] Rauch, N.; Gradenegger, B.; Krüger, H.-P.: Der situationsbewusste Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren. In: VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.): Fahrer im 21. Jahrhundert, Düsseldorf: VDI-Verl., 2007, S. 91 - 103.
- [REED ET AL. 2002] Reed, M. P.; Manary, M. A.; Flannagan, C. A. C.; Schneider, L. W.: A Statistical Method for Predicting Automobile Driving Posture. In: Human factors, Vol. 44, Nr. 4, 2002, S. 557 - 568.
- [REED & SCHNEIDER 1996] Reed, M. P.; Schneider, L. W.: Lumbar Support in Auto Seats: Conclusions from a Study of Preferred Driving Posture. SAE Technical Paper 960478. Detroit: SAE Publication Group, 1996.
- [REMLINGER 2013] Remlinger, W. M.: Analyse von Sichteinschränkungen im Fahrzeug. Technische Universität München, Dissertation, 2013.
- [RICHARDS ET AL. 1978] Richards, L. G.; Jacobson, I. D.; Kuhlthau, A. R.: What the passenger contributes to passenger comfort. In: Applied ergonomics, Vol. 9, Nr. 3, 1978, S. 137 - 142.
- [RIEDL 2012] Riedl, M.: Potential eines virtuellen Fahrerplatzmodells in der Fahrzeugkonzeptentwicklung. Technische Universität München, Dissertation, 2012.
- [RIEF & STENZEL 2017] Rief, W.; Stenzel, N.: Fertigkeiten. In: Psychotherapeut, Vol. 62, Nr. 2, 2017, S. 121 - 127.
- [ROBERTS ET AL. 2006] Roberts, B. W.; Walton, K. E.; Viechtbauer, W.: Patterns of mean-level change in personality traits across the life course: A meta-analysis of longitudinal studies. In: Psychological bulletin, Vol. 132, Nr. 1, 2006, S. 1 - 25.
- [ROBERTSON 2001] Robertson: Information design using card sorting, <https://www.steptwo.com.au/papers/cardsorting/>, zuletzt geprüft am 30.01.2020.
- [ROHMERT 1984] Rohmert, W.: Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Vol. 38, Nr. 4, 1984, S. 193 - 200.
- [ROHRMANN 1978] Rohrmann, B.: Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung. In: Zeitschrift für Sozialpsychologie, Vol. 9, Nr. 3, 1978, S. 222 - 245.

- [ROLAND & FAIRBANK 2000] Roland, M.; Fairbank, J.: The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. In: Spine, Vol. 25, Nr. 24, 2000, S. 3115 - 3124.
- [ROST 1999] Rost, J.: Was ist aus dem Rasch-Modell geworden? In: Psychologische Rundschau, Vol. 50, Nr. 3, 1999, S. 140 - 156.
- [RUSSELL 2002] Russell, D. W.: In Search of Underlying Dimensions: The Use (and Abuse) of Factor Analysis in Personality and Social Psychology Bulletin. In: Personality and Social Psychology Bulletin, Vol. 28, Nr. 12, 2002, S. 1629 - 1646.
- [SACHER 2009] Sacher, H.: Gesamtheitliche Analyse des Bedienverhaltens von Fahrzeugfunktionen in der täglichen Nutzung. Technische Universität München, Dissertation, 2009.
- [SAE J182] SAE J182. 1997-08. Motor Vehicle Fiducial Marks and Three-dimensional Reference System. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J287] SAE J287. 1988-06. Driver Hand Control Reach. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J826] SAE J826. 2008-11. Devices for Use in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J1100] SAE J1100. 2009-11. Motor Vehicle Dimensions. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J1516] SAE J1516. 1998-12. Accommodation Tool Reference Point. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J1517] SAE J1517. 1998-12. Driver Selected Seat Position. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J3016] SAE J3016. 2018-06. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAE J4002] SAE J4002. 2010-01. H-Point Machine (HPM-II) Specifications and Procedure for H-Point Determination - Auditing Vehicle Seats. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc,
- [SAGBERG ET AL. 2015] Sagberg, F.; Selpi; Piccinini, G. F. B.; Engström, J.: A Review of Research on Driving Styles and Road Safety. In: Human factors, Vol. 57, Nr. 7, 2015, S. 1248 - 1275.
- [SCHALLER & WIRSCHING 2014] Schaller, F.; Wirsching, H.-J.: Der Sitz im Blickpunkt - Ergonomische Analysen von Fahrzeugsitzen mit RAMSIS. Köln: 2014.

- [SCHERMELLEH-ENGEL & WERNER 2012] Schermelleh-Engel, K.; Werner, C. S.: Methoden der Reliabilitätsbestimmung. In: Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion, 2., aktual. und überarb. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 119 - 141.
- [SCHLICK ET AL. 2010] Schlick, C. M.; Bruder, R.; Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
- [SCHMID & MAIER 2017] Schmid, M.; Maier, T.: Technisches Interface Design. Springer, 2017.
- [SCHMIDT ET AL. 2014] Schmidt, S.; Amereller, M.; Franz, M.; Kaiser, R.; Schwirtz, A.: A literature review on optimum and preferred joint angles in automotive sitting posture. In: Applied ergonomics, Vol. 45, Nr. 2, 2014, S. 247 - 260.
- [SCHMIDT ET AL. 2015] Schmidt, S.; Seiberl, W.; Schwirtz, A.: Influence of different shoulder-elbow configurations on steering precision and steering velocity in automotive context. In: Applied ergonomics, Vol. 46 Teil A, 2015, S. 176 - 183.
- [SCHMIDT & LANG 2007] Schmidt, R. F.; Lang, F. (Hrsg.): Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie, 30., neu bearb. und aktual. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2007.
- [SCHMIDTKE 1989] Schmidtke, H. (Hrsg.): Handbuch der Ergonomie, mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien und Methoden, 2., überarb. und erw. Aufl., München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 1989.
- [SCHULZ ET AL. 2000] Schulz, U.; Kerwien, H.; Gresch, H.: Motivationale und emotionale Aspekte des Autofahrens. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, Vol. 46, Nr. 2, 2000, S. 49 - 56.
- [SEEGER 2005] Seeger, H.: Design technischer Produkte, Produktprogramme und -systeme. Industrial design engineering. 2. Aufl., Berlin: Springer, 2005.
- [SEEGER 2014] Seeger, H.: Basiswissen Transportation-Design. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [SEIDL 1994] Seidl, A.: Das Menschmodell RAMSIS - Analyse, Synthese und Simulation dreidimensionaler Körperhaltungen des Menschen. Technische Universität München, Dissertation, 1994.
- [SEIDL ET AL. 2009] Seidl, A.; Trieb, R.; Wirsching, H.-J.: SizeGERMANY - the new German Anthropometric Survey: Conceptual Design, Implementation and Results. In: IEA 17th World Congress on Ergonomics, 2009.
- [SEIDLER ET AL. 2016] Seidler, U.; Nebel, M.; Melchger, N.; Raible, M.; Rindfleisch, O.; Decker, F.; Scheible, K.: Der Umwelt zuliebe. In: ATZ Extra - Die neue E-Klasse von Mercedes Benz. 2016, S. 116 - 123.
- [SINUS 2021] Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH: Sinus-Mileus Deutschland, <https://www.sinus-institut.de/sinus-loesungen/sinus-milieus-deutschland/>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

- [SIZEGERMANY 2020] Human Solutions GmbH: SizeGERMANY-Portal, <https://portal.sizegermany.de/SizeGermany/pages/home.seam>, zuletzt geprüft am 18.05.2020.
- [SKIPPON ET AL. 2010] Skippon, S. M.; Reed, N.; Luke, T.; Robbins, R.; Chattington, M.; Harrison, A. H.: Relationships Between Driving Style, Selfreported Driving Behaviour and Personality. In: Dorn, L. (Hrsg.): Driver behaviour and training, Farnham, Surrey, England, Burlington, VT: Ashgate, 2010, S. 89 - 103.
- [SPENCER 2009] Spencer, D.: Card Sorting: Designing Usable Categories. Brooklyn, New York: Rosenfeld Media, 2009.
- [SPEYER 2005] Speyer, H. J.: RAMSIS Anwendungsleitfaden - Testkollektiv und Abbildung einer Aufgabe auf Restriktionen. Kaiserslautern: Human Solutions GmbH, 2005.
- [SRIVASTAVA ET AL. 2003] Srivastava, S.; John, O. P.; Gosling, S. D.; Potter, J.: Development of personality in early and middle adulthood - Set like plaster or persistent change? In: Journal of personality and social psychology, Vol. 84, Nr. 5, 2003, S. 1041 - 1053.
- [STEINBACHER 2010] Steinbacher, A.: Erfassung körperlicher Befindlichkeit im Sport. Deutsche Sporthochschule Köln, Dissertation, 2010.
- [STEINSKOG ET AL. 2007] Steinskog, D. J.; Tjøstheim, D. B.; Kvamstø, N. G.: A Cautionary Note on the Use of the Kolmogorov–Smirnov Test for Normality. In: Monthly Weather Review, Vol. 135, Nr. 3, 2007, S. 1151 - 1157.
- [STEYER & EID 2001] Steyer, R.; Eid, M.: Messen und Testen. 2., korrigierte Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2001.
- [STRÜMPFLER ET AL. 2018] Strümpfler, C.; Alt, D.; Sohr, S.: Reduzierte Lenkräder für die Automatisierung. In: ATZ, Vol. 120, Nr. 4, 2018, S. 28 - 33.
- [SULLMAN 2008] Sullman, M.: Can the internet replace postal surveys? In: International Journal of Psychology, Vol. 43, Nr. 3-4, 2008, S.120.
- [TAUBMAN-BEN-ARI ET AL. 2004] Taubman-Ben-Ari, O.; Mikulincer, M.; Gillath, O.: The multidimensional driving style inventory—scale construct and validation. In: Accident Analysis & Prevention, Vol. 36, Nr. 3, 2004, S. 323 - 332.
- [TEA 2020] Tech Ergo Appliquées: TEA CAPTIV – L7000 Premier, <https://www.teaergo.com/products/tea-captiv-l7000-premier-2/>.
- [TIMPE ET AL. 2000] Timpe, K.-P.; Jürgensohn, T.; Kohlrep, H.: Mensch-Maschine-Systemtechnik. Düsseldorf: Symposium Publishing GmbH, 2000.
- [TISCHLER 2013] Tischler, M. A.: Entwicklungsziel Fahrspaß: Gestaltungsempfehlungen für die Auslegung von Kraftfahrzeugen zur Optimierung des subjektiven Erlebens der Fahrzeugführung. Humboldt-Universität zu Berlin, Dissertation, 2013.

- [TISCHLER & RENNER 2007] Tischler, M. A.; Renner, G.: Ansatz zur Messung von positivem Fahrverhalten. In: VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.): Fahrer im 21. Jahrhundert, Düsseldorf: VDI-Verl., 2007, S. 105 - 117.
- [TOMASKE & FORTMÜLLER 2001] Tomaske, W.; Fortmüller, T.: Der Einfluss von Wahrnehmungsschwellen auf die Auslegung von Bewegungssystemen in der Fahrsimulation. In: Gärtner, K.-P.; Grandt, M. (Hrsg.): Human Factors bei der Entwicklung von Fahrzeugen. Anhang 1 zum DGLR-Bericht 2001-06, 2001.
- [ULLEBERG & RUNDMO 2003] Ulleberg, P.; Rundmo, T.: Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. In: Safety Science, Vol. 41, Nr. 5, 2003, S. 427 - 443.
- [UPMANN 2016] Upmann, A.: Application of Digital Human Modeling for the Ergonomic Evaluation of Handbrakes in Passenger Vehicles. Deutsche Sporthochschule Köln, Dissertation, 2016.
- [VERGARA & PAGE 2000] Vergara, M.; Page, Á.: System to measure the use of the backrest in sitting-posture office tasks. In: Applied ergonomics, Vol. 31, Nr. 3, 2000, S. 247 - 254.
- [VLASIC ET AL. 2007] Vlastic, D.; Adelsberger, R.; Vannucci, G.; Barnwell, J.; Gross, M.; Matusik, W.; Popović, J.: Practical motion capture in everyday surroundings. In: ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, Nr. 3, Article 35, 2007, S. 1-9.
- [VOGT ET AL. 2005] Vogt, C.; Mergl, C.; Bubb, H.: Interior layout design of passenger vehicles with RAMSIS. In: Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 15, Nr. 2, 2005, S. 197 - 212.
- [VOLLRATH 2015] Vollrath, M.: Statistische Methoden. In: Bubb, H.; Bengler, K.; Grünen, R. E.; Vollrath, M. (Hrsg.): Automobilergonomie, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015a, S. 663 - 684.
- [VUMA 2020] VuMA Arbeitsgemeinschaft: Verbrauchs- und Medienanalyse - VuMA 2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171605/umfrage/wichtige-kriterien-beim-autokauf/>, zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- [WAARD 1996] Waard, D. de: The Measurement of Drivers' Mental Workload. Rijksuniversiteit Groningen, Dissertation, 1996.
- [WAGNER 2014] Wagner, P.-O.: Der Mensch im Zentrum der Produktentwicklung. Vortrag auf der Tagung RAMSIS User Conference. Köln: 2014.
- [WAN ET AL. 2013] Wan, J.; Kozak, K.; Wang, N.; Gomez-Levi, G. (Hrsg.): Integration of Motion Capture with CAD for Camera Placement. 2013.
- [WANG ET AL. 2013] Wang, N.; Gomez-Levi, G.; Kozak, K.; Wan, J. (Hrsg.): Motion Capture and Its Application for Vehicle Ingress/Egress. 2013.
- [WAWZYNIAK 2016] Wawzyniak, M.: Innenraumbehaglichkeit/Thermischer Komfort. In: Pischinger, S.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 8. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016, S. 701 - 713.

- [WEATHERS ET AL. 2005] Weathers, D.; Sharma, S.; Niedrich, R. W.: The impact of the number of scale points, dispositional factors, and the status quo decision heuristic on scale reliability and response accuracy. In: *Journal of Business Research*, Vol. 58, Nr. 11, 2005, S. 1516 - 1524.
- [WEIJTERS ET AL. 2010] Weijters, B.; Cabooter, E.; Schillewaert, N.: The effect of rating scale format on response styles: The number of response categories and response category labels. In: *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 27, Nr. 3, 2010, S. 236 - 247.
- [WEINERT 2001] Weinert, F. E.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen*, Weinheim: Beltz, 2001, S. 17 - 31.
- [WEST ET AL. 1995] West, S. G.; Finch, J. F.; Curran, P. J.: Structural equation models with nonnormal variables: Problems and remedies. In: Hoyle, R. H. (Hrsg.): *Structural Equation Modeling: Concepts, Issues, and Applications*, Thousand Oaks: Sage Publications, 1995, S. 56 - 75.
- [WETTLAUFER 2004] Wettlaufer, B.: Vergleich von Fahrer-Sitzposition des RAMSIS-Haltungsmodells mit der realen Sitz- Referenzhaltung im PKW. Universität Stuttgart, Diplomarbeit, 2004.
- [WIEDENBECK & ZÜLL 2010] Wiedenbeck, M.; Züll, C.: Clusteranalyse. In: Wolf, C.; Best, H. (Hrsg.): *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2010, S. 525 - 552.
- [WILKE 2004] Wilke, H.-J.: Möglichkeiten zur Bestimmung der Wirbelsäulenbelastung und Konsequenzen für die Empfehlungen für das Sitzen. In: *Ergomechanics - Interdisziplinärer Kongress Wirbelsäulenforschung*, Aachen: Shaker Verlag, 2004.
- [WIRSCHING 2016] Wirsching, H.-J.: Mit RAMSIS in drei Schritten zur ergonomischen Fahrzeugkonstruktion. In: Bullinger-Hoffmann, A. C.; Mühlstedt, J. (Hrsg.): *Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016, S. 287 - 295.
- [WIVW 2020] Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH: Fahrsimulation und SILAB, <https://wivw.de/de/silab>, zuletzt geprüft am 01.05.2020.
- [WOLF 2009] Wolf, H. J.: Ergonomische Untersuchung des Lenkgefühls an Personenkraftwagen. Technische Universität München, Dissertation, 2009.
- [WOYNA 2014] Woyna, L.: Fahrerzentrierter Kriterienkatalog zur Außensichtbeurteilung im PKW. Technische Universität Darmstadt, Dissertation, 2014.
- [ZANDER ET AL. 2016] Zander, K.; Sokolov, D.; Schwarz, W.; Frohnäpfel, M.: Scheinwerfer 2025 - bionisch inspiriert und generativ gefertigt. In: *lightweight.design*, Vol. 9, Nr. 3, 2016, S. 88 - 93.
- [ZENK 2008] Zenk, R.: Objektivierung des Sitzkomforts und seine automatische Anpassung. Technische Universität München, Dissertation, 2008.

- [ZHANG ET AL. 1996] Zhang, L.; Helander, M. G.; Drury, C. G.: Identifying Factors of Comfort and Discomfort in Sitting. In: Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 38, Nr. 3, 1996, S. 377 - 389.
- [ZIMBARDO & GERRIG 2004] Zimbardo, P. G.; Gerrig, R. J.: Psychologie. 16., aktual. Aufl., München: Pearson Studium, 2004.

Zitierte studentische Arbeiten unter Anleitung des Verfassers

- [DOBRINSKY 2016] Dobrinsky, D.: Untersuchung zum Einfluss psychografischer Orientierungen auf das bevorzugte Fahrverhalten. Universität Stuttgart, Masterarbeit, 2016.
- [KERAMATI NOORI 2018] Keramati Noori, N.: Aufbau eines CAD-Modells zum Vergleich verschiedener Varianten des Fahrzeuginnenraums und Umsetzung in Virtual Reality. Universität Stuttgart, Masterarbeit, 2018.
- [KONZACK 2018] Konzack, S.: Konzeption und Umsetzung einer Methode zum Abgleich realer Messwerte aus Ergonomieuntersuchungen mit Simulationsergebnissen aus RAMSIS. Universität Stuttgart, Studienarbeit, 2018.
- [KOWALEWSKI 2016] Kowalewski, S.: Entwicklung einer psychographischen Typologie für Fahrzeuge unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte. Universität Stuttgart, Studienarbeit, 2016.
- [MÜLLER 2016] Müller, B.: Untersuchung zur Bestimmung der psychografischen Orientierung unter Einbeziehung des bevorzugten Fahrverhaltens. Universität Stuttgart, Studienarbeit, 2016.
- [SCHÄFFNER 2016] Schäffner, P.: Konstruktion und Umsetzung einer Mittelkonsole mit adaptiven Stütz- und Interfacebereichen für den Fahrzeugergonomieprüfstand. Universität Stuttgart, Studienarbeit, 2016.

A Anhang

A.1 Fragebogenentwicklung

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|----------------------------|--|---------|---------|---------|----------|
| Am Limit fahren | Ich genieße das Gefühl, am Limit zu fahren. | 2 | FS07 | FS5 | 33 |
| Anfahrverhalten | Von der Ampel möchte ich immer sehr flott wegkommen. | 5 | --- | --- | --- |
| Beschleunigung | Ich beschleunige mein Auto gerne richtig kräftig. | 18 | FS04 | FS3 | 17 |
| Dynamische Kurvenfahrt | Ich liebe es, dynamisch durch Kurven zu fahren. | 23 | FS01 | FS1 | 1 |
| Grenzen austesten | In Kurven versuche ich, die Grenzen meines Fahrzeugs auszutesten. | 59 | --- | --- | --- |
| Langeweile | Autofahren finde ich langweilig. | 86 | FS03 | --- | --- |
| Motorkraft spüren | Ich liebe es, die Kraft des Motors zu spüren. | 91 | --- | --- | --- |
| Motorleistung | Es ist mir wichtig, dass mein Auto eine hohe Motorleistung hat. | 92 | FS06 | FS4 | 25 |
| Notwendiges Übel | Autofahren betrachte ich als notwendiges Übel. | 101 | --- | --- | --- |
| schnell / sportlich fahren | Ich fahre in der Regel gerne schnell und sportlich. | 110 | FS09 | FS6 | 41 |
| Schnelle Kurvenfahrt | Es macht mir Spaß, in Kurven oder Serpentinaen sehr zügig zu fahren. | 111 | --- | --- | --- |
| Spaß | Autofahren macht mir einfach Spaß. | 122 | FS02 | FS2 | 9 |
| Sportliche Herausforderung | Autofahren ist für mich auch eine sportliche Herausforderung. | 124 | --- | --- | --- |
| Sportliche Lenkung | Ich lege großen Wert auf eine sportliche Lenkung mit direktem Ansprechverhalten und Rückmeldung. | 125 | FS12 | --- | --- |
| Sportlicher Motorklang | Ein sportlicher Motorklang ist mir wichtig. | 126 | FS08 | --- | --- |
| Sportpaket | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto mit einem Sportpaket ausgestattet ist. | 127 | FS11 | --- | --- |
| Sportsitz | Ich bevorzuge Sportsitze mit einem guten Seitenhalt. | 128 | --- | --- | --- |
| Straßenlage | Eine gute Straßenlage mit einem direkten Fahrbahnkontakt ist mir wichtig. | 129 | FS10 | --- | --- |
| Überholen | Ich überhole langsamere Fahrzeuge, auch wenn es stärkeren Gegenverkehr gibt. | 133 | --- | --- | --- |
| Zweckgegenstand | Das Auto ist für mich nur ein Zweckgegenstand, um von A nach B zu kommen. | 160 | FS05 | --- | --- |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.1: Übersicht Items Fahrspaß inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|----------------------------------|---|---------|---------|---------|----------|
| Airbag | Ich würde in kein Auto ohne Airbags mehr einsteigen. | 1 | SB03 | --- | --- |
| Angst | Ich habe manchmal Angst beim Autofahren. | 7 | --- | --- | --- |
| Bremsbereitschaft | Ich bremsen lieber einmal zu viel als einmal zu wenig. | 19 | --- | --- | --- |
| dichtes Auffahren | Wenn Autos von hinten dicht auffahren, fühle ich mich sehr unsicher. | 21 | SB09 | --- | --- |
| Fenster eisfrei | Im Winter achte ich sehr genau darauf, dass alle Scheiben von Schnee und Eis befreit sind. | 38 | SB04 | SB3 | 18 |
| Geschwindigkeitsbegrenzung | Ich halte mich immer an die vorgegebene Geschwindigkeit. | 47 | --- | --- | --- |
| großer Sicherheitsabstand | Ich achte immer sehr auf einen großen Sicherheitsabstand zum Fahrzeug vor mir. | 61 | SB07 | SB5 | 34 |
| hohe Aufmerksamkeit | Ich bin immer aufmerksam und bereit auf Fahrmanöver anderer Verkehrsteilnehmer zu reagieren. | 65 | --- | --- | --- |
| Risikovermeidung | Ich versuche jedes Risiko und gefährliche Situationen beim Autofahren zu vermeiden. | 107 | SB08 | --- | --- |
| schlechte Witterung | Das Fahren bei schlechten Witterungsbedingungen empfinde ich als sehr gefährlich. | 108 | --- | --- | --- |
| Sicherheitsausstattung | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine sehr umfangreiche Sicherheitsausstattung verfügt. | 114 | SB01 | SB1 | 2 |
| Sicherheitsbedürfnis | Ich würde mich als ein Mensch mit einem hohen Bedürfnis nach Sicherheit beschreiben. | 115 | SB02 | SB2 | 10 |
| sicheres Gefühl | Ich fühle mich beim Autofahren immer sicher. | 116 | --- | --- | --- |
| Überholen gefährlich | Das Überholen von anderen Fahrzeugen empfinde ich als sehr gefährlich. | 134 | SB11 | --- | --- |
| Unbehagen durch schnelles Fahren | Sehr schnelles Fahren flößt mir Angst ein. | 136 | SB05 | --- | --- |
| Unfallgefahr | Beim Autofahren denke ich immer an die Unfallgefahr. | 137 | SB10 | SB6 | 42 |
| Unwohlsein durch Hektik | Wenn es auf der Straße hektisch zugeht, fühle ich mich sehr unwohl. | 141 | --- | --- | --- |
| Verkehrsregeln einhalten | Ich empfinde es als sehr wichtig, alle Verkehrsregeln einzuhalten. | 143 | SB12 | --- | --- |
| vorsichtiges Fahren | Ich fahre sehr vorsichtig. | 149 | SB06 | SB4 | 26 |
| Zuverlässigkeit / Vertrauen | Es ist mir sehr wichtig, dass mein Auto zuverlässig ist und dass ich ihm vertrauen kann. | 159 | --- | --- | --- |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.2: Übersicht Items Sicherheitsbedürfnis inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|--------------------------------|--|---------|---------|---------|----------|
| abrupte Tempo- und Spurwechsel | Ich versuche abrupte Tempowechsel und Spurwechsel zu vermeiden. | 9 | --- | --- | --- |
| einfache Bedienung | Ich lege großen Wert darauf, dass alle Systeme im Auto einfach zu bedienen sind. | 25 | KA01 | --- | --- |
| Entlastung | Mein Auto soll mich entlasten und unterstützen, wo immer es geht. | 31 | KA09 | KA4 | 27 |
| entspannte Haltung | Ich bevorzuge eine entspannte Körperhaltung während der Fahrt. | 32 | --- | --- | --- |
| Entspannung | Ein Auto muss gemütlich und bequem sein, damit ich mich während der Fahrt entspannen und erholen kann. | 33 | KA08 | KA3 | 19 |
| Gefallen | Ich lege großen Wert auf einen ansprechenden Fahrzeuginnenraum, der mir gut gefällt. | 41 | --- | --- | --- |
| Gegend betrachten | Ich genieße es, während der Fahrt die umliegende Gegend zu betrachten. | 42 | --- | --- | --- |
| Geräuschkomfort | Ich genieße es, wenn Motor- und Fahrgeräusche während der Fahrt nur sehr leise im Hintergrund zu hören sind. | 44 | KA11 | KA5 | 35 |
| gleichförmige Fahrweise | Ich bevorzuge eine ruhige, gleichförmige und komfortorientierte Fahrweise. | 56 | KA02 | --- | --- |
| Gleiten | Ich genieße es, mit dem Auto komfortabel und entspannt dahinzugleiten. | 57 | --- | --- | --- |
| komfortabler Sitz | Ich bevorzuge einen komfortablen Sitz mit einer gemütlichen Polsterung. | 73 | KA07 | KA2 | 11 |
| komfortables Fahrwerk | Ich bevorzuge ein komfortables Fahrwerk, bei dem Fahrbahnunebenheiten nicht spürbar sind. | 74 | KA05 | KA1 | 3 |
| Komfortausstattung | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine umfangreiche Komfortausstattung verfügt. | 75 | KA06 | --- | --- |
| Kopf und Beinfreiheit | Ich lege großen Wert auf ein geräumiges Interieur mit viel Kopf- und Beinfreiheit. | 82 | KA04 | --- | --- |
| Langstreckenkomfort | Bei einem Auto ist mir wichtig, dass es einen hohen Langstreckenkomfort hat. | 87 | --- | --- | --- |
| leichtgängige Lenkung | Ich bevorzuge eine leichtgängige Lenkung, bei der kein großer Kraftaufwand benötigt wird. | 88 | KA12 | KA6 | 43 |
| Luxus | Umso luxuriöser ein Auto ist, umso besser ist es für mich geeignet. | 90 | --- | --- | --- |
| Schönheit / Ästhetik | Ich lege bei einem Auto großen Wert auf ein schönes und ästhetisches Design. | 112 | KA10 | --- | --- |
| Wertigkeit / Qualität | Beim Autokauf sind mir hochwertige Materialien und eine überdurchschnittliche Verarbeitungsqualität wichtig. | 152 | KA03 | --- | --- |
| Wohlbefinden | Es ist mir wichtig, mich im Auto wohl zu fühlen. | 154 | --- | --- | --- |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.3: Übersicht Items Komfortaffinität inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|----------------------------|---|---------|---------|---------|----------|
| angespannt / verkrampft | Während einer Autofahrt bin ich oft angespannt und verkrampft. | 6 | DE06 | --- | --- |
| Autofahren anstrengend | Autofahren ist für mich sehr anstrengend. | 11 | DE01 | --- | --- |
| Belastbarkeit | Ich habe das Gefühl, nicht sehr belastbar zu sein. | 16 | --- | --- | --- |
| Druckstellen störend | Ich empfinde Druckstellen am Autositz als sehr störend und unangenehm. | 22 | DE12 | --- | --- |
| eingeeengt | Ich habe häufig das Gefühl im Auto eingeeengt zu sein. | 27 | DE04 | --- | --- |
| Gliedmaßen ermüden | Während einer langen Autofahrt, habe ich das Gefühl, dass meine Beine und Arme stark ermüden. | 58 | DE02 | DE1 | 4 |
| Gurt störend | Ich empfinde den Gurt während der Fahrt als störend und unangenehm. | 62 | DE09 | --- | --- |
| harte Stöße | Es macht mir nichts aus, auch einmal harte Stöße aufgrund der Straßenbeschaffenheit "einzustecken". | 64 | DE07 | --- | --- |
| kompliziert / umständlich | Ich finde die Bedienung der meisten Autos ist kompliziert und umständlich. | 79 | --- | --- | --- |
| Konzentration | Es fällt mir schwer, während einer längeren Autofahrt konzentriert zu bleiben. | 80 | --- | --- | --- |
| körperliches Leiden | Bei längerem Autofahren leide ich körperlich. | 83 | --- | --- | --- |
| Müdigkeit | Ich fühle mich während des Autofahrens regelmäßig müde und schläfrig. | 93 | DE11 | DE6 | 44 |
| Schmerzen | Es kommt vor, dass ich beim Autofahren Schmerzen im Rücken oder anderen Körperteilen habe. | 109 | DE10 | DE5 | 36 |
| schwere Beine | Während längerer Autofahrten habe ich regelmäßig schwere oder sogar taube Beine. | 113 | --- | --- | --- |
| Sitzposition finden | Es fällt mir sehr schwer eine passende Sitzposition, bei der mich nichts drückt oder kneift, zu finden. | 121 | DE05 | DE3 | 20 |
| Stress | Autofahren ist für mich der reine Stress. | 130 | --- | --- | --- |
| Umgebungsveränderungen | Ich reagiere sehr empfindlich auf Veränderungen meiner Umgebung (Temperatur, Licht, Gerüche, Lärm). | 135 | DE03 | DE2 | 12 |
| Unruhe aufgrund Unwohlsein | Ich wechsle meine Körperhaltung häufig während der Fahrt, da ich mich unwohl fühle. | 138 | DE08 | DE4 | 28 |
| verspannt / steif | Nach längeren Autofahrten fühle ich mich regelmäßig verspannt und steif. | 146 | --- | --- | --- |
| Zeitdruck | Ich empfinde während des Autofahrens oft Zeitdruck. | 156 | --- | --- | --- |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.4: Übersicht Items Diskomfortempfindlichkeit inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|---------------------------------|--|---------|---------|---------|----------|
| Bedienbarkeit Multimedia-system | Es ist mir wichtig, dass das Multimediasystem meines Autos sehr gut bedienbar ist. | 13 | --- | --- | --- |
| Bedienung während Fahrt | Ich bediene das Multimediasystem des Autos häufig während der Fahrt. | 14 | IO11 | IO6 | 45 |
| Connectivity | Bei meinem nächsten Autokauf werde ich auf eine gute Integration von Internet und Apps achten. | 20 | IO12 | --- | --- |
| Einstellen Navigationsziel | Ein neues Navigationsziel stelle ich nur ein, wenn das Fahrzeug steht. | 28 | --- | --- | --- |
| Großer Bildschirm | Das Display des Multimediasystems des Autos sollte möglichst groß sein. | 60 | IO08 | IO4 | 29 |
| Informiertheit Multimedia | Ich informiere mich regelmäßig über die neusten Multifunktionsfunktionen für Autos. | 66 | IO03 | --- | --- |
| Kenntnis Multimediasystem | Ich kenne die meisten Funktionen des Multimediasystems meines Autos. | 71 | IO05 | --- | --- |
| Kommunikation | Es ist mir wichtig, dass das Kommunikationssystem in meinem Auto gut ist. | 76 | IO07 | --- | --- |
| Kompetenz elektronische Geräte | Es fällt mir leicht, die Bedienung eines elektronischen Geräts zu lernen. | 77 | IO06 | --- | --- |
| Konzentration auf Fahraufgabe | Während der Fahrt konzentriere ich mich vollständig auf die Fahraufgabe. | 81 | --- | --- | --- |
| Multimedia im Verkehr | Auch in einer schwierigen Verkehrssituation bediene ich das Multimediasystem des Autos. | 94 | --- | --- | --- |
| Multimediaausstattung | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine überdurchschnittlich gute Multimediaausstattung verfügt. | 95 | IO02 | IO2 | 13 |
| Multimediasystem stört | Ich fühle mich durch das Multimediasystem des Autos häufig gestört. | 96 | --- | --- | --- |
| Navigation | Auf ein Navigationsgerät im Auto möchte ich auf gar keinen Fall mehr verzichten. | 98 | --- | --- | --- |
| Radio | Ich lege großen Wert auf ein sehr gutes Radio in meinem Fahrzeug. | 105 | --- | --- | --- |
| Sichtbarkeit Bildschirm | Es ist mir wichtig, dass der Bildschirm des Multimediasystems des Autos gut sichtbar ist. | 117 | --- | --- | --- |
| Spaß mit Multimedia | Es macht mir Spaß, ein neues Multimediasystem im Auto auszuprobieren. | 123 | IO04 | IO3 | 21 |
| Technikinteresse | Ich bin ein technisch sehr interessierter Mensch. | 131 | IO09 | --- | --- |
| Unterhaltung | Ich möchte durch das Multimediasystem des Autos unterhalten werden. | 139 | IO01 | IO1 | 5 |
| Zeitvertreib Multimediasystem | Ich vertreibe mir gerne die Zeit mit dem Multimediasystem des Autos. | 158 | IO10 | IO5 | 37 |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.5: Übersicht Items Infotainmentorientierung inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|---------------------------------|--|---------|---------|---------|----------|
| andere Autofahrern | Ich teile mir mein Auto mit anderen Fahrern (z. B. Familienmitglieder). | 3 | --- | --- | --- |
| andere Autos ablehnen | Wenn ich mit einem fremden Auto fahren muss, fühle ich mich am Anfang sehr unwohl. | 4 | GE09 | GE4 | 30 |
| Auto an Bekanntes anpassen | Wenn ich in einem fremden Auto sitze, versuche ich alles so anzupassen wie ich es von meinem eigenen Auto kenne. | 10 | GE02 | --- | --- |
| Beibehalten von Bekanntem | Das nächste Auto, das ich mir kaufe, wird sehr ähnlich wie mein aktuelles Auto sein. | 15 | GE11 | GE5 | 38 |
| eigenes Auto bevorzugt | Ich fahre am liebsten mit meinem eigenen Auto. | 24 | GE05 | GE1 | 6 |
| Fahrzeugeinstellungen verstellt | Ich kann es gar nicht leiden, wenn jemand anderes an meinem Auto etwas verstellt hat. | 36 | --- | --- | --- |
| Fahrzeugkonzept | Ich kann mir nicht vorstellen ein Auto mit einem ganz neuen Fahrzeugkonzept zu kaufen. | 37 | --- | --- | --- |
| früher war alles besser | An der Aussage "früher war alles besser" ist etwas Wahres dran. | 40 | --- | --- | --- |
| Gewohnheitsmenschen | Ich würde mich als Gewohnheitsmenschen bezeichnen. | 53 | GE12 | GE6 | 46 |
| gewohnter Platz | Bei einem neuen Auto ist mir wichtig, dass alles an seinem gewohnten Platz ist. | 54 | GE04 | --- | --- |
| gleiches Automodell | Wenn ich ein neues Auto kaufe, tendiere ich dazu, das gleiche Automodell nochmal zu kaufen. | 55 | --- | --- | --- |
| Neues ablehnen | Neuentwicklungen beim Auto stehe ich skeptisch gegenüber und lehne sie zunächst ab. | 99 | GE03 | --- | --- |
| neues Bedienkonzept | An ein neues Bedienkonzept in einem Auto kann ich mich nur sehr schwer gewöhnen. | 100 | GE10 | --- | --- |
| nur eigenes Auto | Ich fahre prinzipiell nur mit meinem eigenen Auto. | 102 | --- | --- | --- |
| Probierlust | Ich probiere gerne neue Sachen aus. | 104 | GE07 | --- | --- |
| Sitzeinstellung identisch | Egal in welchem Fahrzeug ich sitze, stelle ich mir den Sitz immer identisch ein. | 120 | --- | --- | --- |
| vergleichbar Ausstattung | Beim Autokauf achte ich darauf, dass die Ausstattung vergleichbar mit meinem aktuellen Auto ist. | 142 | --- | --- | --- |
| verschiedene Autos | Ich fahre regelmäßig mit Autos, die mir nicht gehören (z. B. Mietwagen). | 145 | GE08 | GE3i | 22 |
| Vertrauen in Bewährtes | Wenn ich Vertrauen in eine Sache gewonnen habe, bleibe ich dieser Sache treu ohne es zu hinterfragen. | 148 | GE01 | --- | --- |
| Wechsel Automarke | Ich wechsele häufig die Automarke. | 150 | GE06 | GE2i | 14 |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.6: Übersicht Items Gewohnheit inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|--------------------------------------|--|---------|---------|---------|----------|
| Anordnung Anzeige / Stellteile | Es ist mir wichtig, dass Anzeigen und Stellteile so angeordnet und ausgelegt sind, dass ich sie gut bedienen kann. | 8 | EB03 | --- | --- |
| beruflich Kontakt Ergonomie | Ich hatte bereits Kontakt mit dem Fachgebiet Ergonomie. | 17 | EB02 | --- | --- |
| empfohlene Körperhaltung | Ich versuche die für Autos empfohlene Körperhaltung während der Fahrt einzunehmen. | 30 | EB12 | EB6 | 47 |
| Ergonomische Regeln | Ich kenne die Grundregeln, wie ein Sitz im Fahrzeug optimal einzustellen ist. | 34 | EB04 | EB1 | 7 |
| Erreichbarkeit | Es ist mir wichtig, dass ich alle Bedienelemente während der Fahrt gut erreichen kann. | 35 | --- | --- | --- |
| Gesundheitsorientierung | Ich würde meine Lebensweise als gesundheitsorientiert beschreiben. | 48 | EB06 | --- | --- |
| Gesundheitspaket | Wenn beim Autokauf ein Gesundheitspaket angeboten wird, werde ich dieses wahrscheinlich kaufen. | 49 | --- | --- | --- |
| gesundheitszuträgliche Körperhaltung | Ich strebe eine gesundheitszuträgliche Körperhaltung im Fahrzeug an. | 50 | EB08 | EB3 | 23 |
| gesundheitszuträgliche Position | Ich weiß welche Sitz- und Lenkradposition für mich gesundheitlich optimal ist. | 51 | EB09 | EB4 | 31 |
| Gesundheitszuträglicher Sitz | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über einen gesundheitszuträglichen Sitz verfügt. | 52 | EB10 | EB5 | 39 |
| Körperwahrnehmung | Ich achte immer sehr auf meinen Körper und seine Bedürfnisse. | 84 | --- | --- | --- |
| Lordosenstütze | Eine verstellbare Lordosenstütze im Auto ist mir sehr wichtig. | 89 | EB05 | --- | --- |
| Passung Sitz | Beim Autokauf achte ich darauf, dass der Sitz zu meiner Körpergröße passt oder angepasst werden kann. | 103 | --- | --- | --- |
| Sichtbarkeit Kombiinstrument | Ich achte darauf, dass die Sicht auf den Tacho nicht durch das Lenkrad verdeckt wird. | 118 | --- | --- | --- |
| Sichtbarkeit Umgebung | Es ist mir sehr wichtig, dass ich in alle Richtungen gut aus dem Auto heraussehen kann. | 119 | --- | --- | --- |
| Test Erreichbarkeit | Bevor ich ein Auto kaufe, teste ich genau, ob ich alle wichtigen Elemente gut erreiche. | 132 | EB07 | EB2 | 15 |
| Unterstützung Körper | Beim Autokauf achte ich darauf, dass Sitz und Armauflagen alle meine Körperteile gut unterstützen. | 140 | EB01 | --- | --- |
| Vermeidung statischer Sitzhaltung | Ich versuche statische Körperhaltungen während der Fahrt zu vermeiden. | 144 | --- | --- | --- |
| Wechsel Körperhaltung | Ich wechsle die Körperhaltung regelmäßig während der Fahrt, weil das gut für meinen Körper ist. | 151 | EB11 | --- | --- |
| Wissen über Ergonomie | Ich kenne die empfohlene Körperhaltung für das Auto. | 153 | --- | --- | --- |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.7: Übersicht Items Ergonomiebewusstsein inkl. Nummern und Positionen

| Kurzform | Ausformuliert | Nr. CSW | Nr. EFA | Nr. FFB | Pos. FFB |
|---------------------------|---|---------|---------|---------|----------|
| Basisfunktionen | Ich nutze höchstens die Basisfunktionen der Verstellungsmöglichkeiten im Auto. | 12 | AV06 | AV2 | 16 |
| Einfache Nutzbarkeit | Wenn ich nicht sofort verstehe, wie etwas funktioniert, nutze ich es nicht. | 26 | AV02 | --- | --- |
| Einstellung sekundär | Ich fahre erst einmal los. Sitz und Lenkrad kann ich auch noch später einstellen. | 29 | --- | --- | --- |
| Freude an Optimierung | Es macht mir Spaß, die optimale Sitz- und Lenkradposition für mich zu finden. | 39 | --- | --- | --- |
| Genauigkeit | Ich arbeite lieber genau und liefere das Ergebnis dann entsprechend später ab. | 43 | AV05 | --- | --- |
| Geschwindigkeit | Wenn ich die Wahl hätte, würde ich eher ein Spiel wählen, bei dem der schnellere gewinnt. | 45 | --- | --- | --- |
| Geschwindigkeit | Wenn ich in ein Auto steige, will ich sofort losfahren. Für die Einstellung von Sitz und Lenkrad habe ich keine Zeit. | 46 | AV11 | AV5 | 40 |
| Handlungsorientierung | Ich bin ein Freund von schnellen Entscheidungen. | 63 | AV10 | --- | --- |
| Intuitiv | Ich stelle mir den Sitz intuitiv ein. | 67 | --- | --- | --- |
| Iterative Einstellung | Ich fahre beim Einstellprozess mit dem Sitz mehrmals hin und her. | 68 | AV09 | --- | --- |
| keine Lenkradverstellung | Ich nutze die Verstellungsmöglichkeiten des Lenkrads fast nie. | 69 | AV04 | --- | --- |
| keine Sitzverstellung | Ich nutze die Verstellungsmöglichkeiten des Sitzes fast nie. | 70 | AV01 | AV1 | 8 |
| Kenntnis Verstellung | Ich kenne alle Verstellungsmöglichkeiten von Sitz und Lenkrad in meinem Auto. | 72 | --- | --- | --- |
| Komplexität | Schwierig einzustellende Verstellmechanismen nutze ich nicht. | 78 | AV08 | AV4 | 32 |
| Lageorientierung | Bevor ich etwas beginne, plane ich sorgfältig. | 85 | AV03 | --- | --- |
| Nachregeln | Ich passe während der Fahrt die Sitz- und Lenkradposition immer wieder an. | 97 | --- | --- | --- |
| Regelbasiert | Ich stelle mir den Sitz nach ganz bestimmten Regeln ein. | 106 | --- | --- | --- |
| Verstellungsmöglichkeiten | Ich nutze alle Verstellungsmöglichkeiten von Sitz und Lenkrad in meinem Auto. | 147 | --- | --- | --- |
| Zeit | Ich nehme mir viel Zeit, um Lenkrad und Sitz einzustellen. | 155 | AV12 | AV6i | 48 |
| Zeitdruck | Unter Zeitdruck nutze ich die Verstellungsmöglichkeiten des Autos nicht. | 157 | AV07 | AV3 | 24 |

CSW = Card Sorting Workshop; EFA = explorative Faktorenanalyse; FFB = finaler Fragebogen

Tabelle A.8: Übersicht Items Aufwandsvermeidung inkl. Nummern und Positionen

| Soziodemografische Daten | | |
|----------------------------|--------------------|------|
| Merkmal | Ausprägung | % |
| Geschlecht | männlich | 56,3 |
| | weiblich | 43,7 |
| Familienstand | ledig | 35,9 |
| | feste Beziehung | 27,0 |
| | verheiratet | 35,0 |
| | geschieden | 2,0 |
| | verwitwet | 0,2 |
| Haushaltsgröße | 1 | 20,0 |
| | 2 | 38,7 |
| | 3 | 19,1 |
| | 4 | 17,4 |
| | 5 | 3,7 |
| | 6 | 0,4 |
| | 7 | 0,7 |
| | >7 | 0,0 |
| Höchster Bildungsabschluss | keinen | 0,0 |
| | Hauptschule | 0,2 |
| | Realschule | 5,9 |
| | Fachhochschulreife | 5,0 |
| | Gymnasium | 18,3 |
| | Berufsausbildung | 7 |
| | Meister | 1,5 |
| | Fachhochschule | 17,8 |
| | Universität | 43,9 |
| | keine Angaben | 0,4 |
| Beruf | keinen | 0,4 |
| | Schüler/in | 0 |
| | Auszubildende/r | 1,1 |
| | Student/in | 26,7 |
| | Arbeiter/in | 2,4 |
| | Angestellte/r | 48,7 |
| | Beamter/in | 6,7 |
| | Selbständige/r | 6,3 |
| | Hausmann/frau | 2 |
| | Rentner/in | 2,6 |
| | Sonstiges | 3,0 |

| Fahrzeugnutzung | | |
|-----------------|---------------------|--------|
| Merkmal | Ausprägung | % |
| Autobesitz | ja | 73,7 |
| | nein | 26,3 |
| Fahrfähigkeit | nie | 1,1 |
| | selten | 7,6 |
| | gelegentlich | 10 |
| | einen Tag pro Woche | 10 |
| | mehrmals pro Woche | 32,6 |
| | täglich | 38,7 |
| | meistgefahrte Marke | Abarth |
| Alpina | | 0,2 |
| Audi | | 4,1 |
| BMW | | 8,3 |
| Chevrolet | | 0,4 |
| Chrysler | | 0,2 |
| Citroen | | 1,7 |
| Dacia | | 0,4 |
| Daihatsu | | 0,2 |
| Dodge | | 0,2 |
| Fiat | | 1,3 |
| Ford | | 7,0 |
| Honda | | 0,4 |
| Hyundai | | 0,7 |
| Kia | | 0,7 |
| Lada | | 0,4 |
| Lancia | | 0,2 |
| Lexus | | 0,2 |
| Mazda | | 1,3 |
| Mercedes Benz | | 8,9 |
| Mini | | 1,3 |
| Mitsubishi | | 1,1 |
| Nissan | | 2,6 |
| Opel | | 9,6 |
| Peugeot | | 0,9 |
| Porsche | | 0,2 |
| Renault | | 2,2 |
| Seat | | 2,4 |
| Skoda | | 7,8 |
| Smart | | 2,0 |
| Subaru | | 0,2 |
| Suzuki | | 0,9 |
| Toyota | 1,1 | |
| Volvo | 0,9 | |
| VW | 23,3 | |
| Sonstiges | 0,4 | |
| keine Angaben | 6,1 | |

| Merkmal | Einheit | M ± SD | Min | Max |
|----------------|---------|-------------|------|------|
| Alter | [Jahre] | 35,2 ± 14,3 | 18 | 87 |
| Körpergröße | [cm] | 175,6 ± 9,5 | 157 | 200 |
| Körpergewicht* | [kg] | 74,7 ± 14,6 | 45 | 125 |
| BMI* | [kg/m²] | 24,0 ± 3,7 | 17,4 | 40,4 |

N = 460; *N = 359; **N = 418

| Merkmal | Einheit | M ± SD | Min | Max |
|--------------|-----------|-------------|-----|-----|
| Führerschein | [Jahre] | 17,2 ± 13,8 | 1 | 70 |
| Fahrleistung | [1000 km] | 12,7 ± 11,7 | 0 | 100 |
| Fzg.alter** | [Jahre] | 8,0 ± 5,9 | 0 | 30 |

Tabelle A.9: Ergänzende soziodemografische Daten der Onlinebefragung

| K | Item | Min | Max | Mo | M | SD | P | r | v | w | KS | p (KS) |
|----------------------|-------|-----|-----|----|------|-------|-----|-----|-------|--------|------|--------|
| Fahrspaß | FS01 | 0 | 4 | 3 | 2,53 | 1,069 | ,63 | ,63 | -,450 | -,503 | ,239 | ,000 |
| | FS02 | 0 | 4 | 4 | 2,90 | 1,063 | ,72 | ,63 | -,791 | -,004 | ,223 | ,000 |
| | FS03i | 0 | 4 | 3 | 2,96 | 1,002 | ,74 | ,50 | -,838 | ,168 | ,243 | ,000 |
| | FS04 | 0 | 4 | 3 | 2,27 | 1,199 | ,57 | ,68 | -,294 | -,856 | ,210 | ,000 |
| | FS05i | 0 | 4 | 1 | 1,63 | 1,261 | ,41 | ,63 | ,262 | -1,114 | ,215 | ,000 |
| | FS06 | 0 | 4 | 3 | 2,11 | 1,107 | ,53 | ,69 | -,226 | -,797 | ,211 | ,000 |
| | FS07 | 0 | 4 | 1 | 1,39 | 1,255 | ,35 | ,67 | ,586 | -,761 | ,234 | ,000 |
| | FS08 | 0 | 4 | 0 | 1,15 | 1,218 | ,29 | ,69 | ,721 | -,670 | ,244 | ,000 |
| | FS09 | 0 | 4 | 3 | 2,08 | 1,199 | ,52 | ,72 | -,149 | -,966 | ,199 | ,000 |
| | FS10 | 0 | 4 | 3 | 2,52 | ,973 | ,63 | ,39 | -,519 | -,061 | ,253 | ,000 |
| | FS11 | 0 | 4 | 1 | 1,32 | 1,113 | ,33 | ,67 | ,473 | -,661 | ,209 | ,000 |
| | FS12 | 0 | 4 | 3 | 1,94 | 1,140 | ,49 | ,66 | -,102 | -,893 | ,184 | ,000 |
| Sicherheitsbedürfnis | SB01 | 0 | 4 | 3 | 2,85 | ,828 | ,71 | ,36 | -,524 | ,234 | ,276 | ,000 |
| | SB02 | 0 | 4 | 3 | 2,65 | ,901 | ,66 | ,47 | -,376 | -,117 | ,243 | ,000 |
| | SB03 | 0 | 4 | 1 | 2,28 | 1,302 | ,57 | ,30 | -,134 | -1,251 | ,199 | ,000 |
| | SB04 | 0 | 4 | 3 | 2,75 | 1,013 | ,69 | ,39 | -,547 | -,524 | ,264 | ,000 |
| | SB05 | 0 | 4 | 1 | 1,55 | 1,288 | ,39 | ,51 | ,444 | -,957 | ,232 | ,000 |
| | SB06 | 0 | 4 | 2 | 2,07 | ,998 | ,52 | ,53 | -,122 | -,555 | ,182 | ,000 |
| | SB07 | 0 | 4 | 3 | 2,60 | ,984 | ,65 | ,55 | -,398 | -,433 | ,243 | ,000 |
| | SB08 | 0 | 4 | 3 | 2,80 | ,993 | ,70 | ,53 | -,734 | ,014 | ,282 | ,000 |
| | SB09 | 0 | 4 | 3 | 2,33 | 1,110 | ,58 | ,43 | -,268 | -,833 | ,231 | ,000 |
| | SB10 | 0 | 4 | 1 | 1,60 | 1,165 | ,40 | ,44 | ,344 | -,832 | ,227 | ,000 |
| | SB11 | 0 | 4 | 1 | 1,53 | 1,115 | ,38 | ,45 | ,535 | -,484 | ,256 | ,000 |
| | SB12 | 0 | 4 | 3 | 2,88 | ,931 | ,72 | ,44 | -,806 | ,555 | ,272 | ,000 |
| Komfortaffinität | KA01 | 0 | 4 | 3 | 3,02 | ,872 | ,76 | ,32 | -,582 | -,295 | ,233 | ,000 |
| | KA02 | 0 | 4 | 3 | 2,69 | ,978 | ,67 | ,29 | -,294 | -,721 | ,219 | ,000 |
| | KA03 | 0 | 4 | 3 | 2,28 | 1,020 | ,57 | ,37 | -,309 | -,562 | ,230 | ,000 |
| | KA04 | 0 | 4 | 3 | 2,41 | ,985 | ,60 | ,42 | -,210 | -,558 | ,216 | ,000 |
| | KA05 | 0 | 4 | 3 | 2,59 | ,904 | ,65 | ,52 | -,512 | ,121 | ,265 | ,000 |
| | KA06 | 0 | 4 | 2 | 2,13 | ,975 | ,53 | ,53 | -,128 | -,538 | ,191 | ,000 |
| | KA07 | 0 | 4 | 3 | 2,73 | ,804 | ,68 | ,54 | -,528 | ,334 | ,300 | ,000 |
| | KA08 | 0 | 4 | 3 | 2,53 | ,874 | ,63 | ,52 | -,369 | -,271 | ,270 | ,000 |
| | KA09 | 0 | 4 | 3 | 2,80 | ,795 | ,70 | ,46 | -,418 | ,010 | ,288 | ,000 |
| | KA10 | 0 | 4 | 3 | 2,40 | 1,181 | ,60 | ,29 | -,463 | -,714 | ,246 | ,000 |
| | KA11 | 0 | 4 | 3 | 2,68 | ,960 | ,67 | ,31 | -,623 | ,162 | ,261 | ,000 |
| | KA12 | 0 | 4 | 3 | 2,87 | ,880 | ,72 | ,41 | -,865 | ,947 | ,299 | ,000 |

Ausgeschlossene Items und potenzielle Ausschlussgründe sind blau hervorgehoben;
 K = Konstrukt; Min = Minimum; Max = Maximum; Mo = Modalwert; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; P = Itemschwierigkeit; r = Trennschärfe; v = Schiefe; w = Kurtosis; KS = Kolmogorow-Smirnow; p(KS) = Signifikanz; i = invertiertes Item; n = 460

Tabelle A.10: Itemstatistik Onlineumfrage (Teil 1/3)

| K | Item | Min | Max | Mo | M | SD | P | r | v | w | KS | p (KS) |
|---------------------------|-------|-----|-----|----|------|-------|-----|-----|--------|--------|------|--------|
| Diskomfortempfindlichkeit | DE01 | 0 | 4 | 1 | 1,05 | ,980 | ,26 | ,45 | ,914 | ,496 | ,267 | ,000 |
| | DE02 | 0 | 4 | 1 | 1,53 | 1,057 | ,38 | ,57 | ,493 | -,641 | ,289 | ,000 |
| | DE03 | 0 | 4 | 1 | 1,73 | 1,158 | ,43 | ,41 | ,294 | -,861 | ,231 | ,000 |
| | DE04 | 0 | 4 | 1 | 1,00 | ,886 | ,25 | ,37 | ,840 | ,442 | ,281 | ,000 |
| | DE05 | 0 | 4 | 1 | 1,15 | ,959 | ,29 | ,48 | ,892 | ,480 | ,307 | ,000 |
| | DE06 | 0 | 4 | 1 | 1,06 | 1,030 | ,26 | ,55 | 1,029 | ,545 | ,291 | ,000 |
| | DE07i | 0 | 4 | 3 | 2,13 | 1,054 | ,53 | ,24 | -,079 | -,941 | ,222 | ,000 |
| | DE08 | 0 | 4 | 1 | 1,46 | ,950 | ,36 | ,57 | ,686 | ,111 | ,296 | ,000 |
| | DE09 | 0 | 4 | 0 | ,76 | ,949 | ,19 | ,27 | 1,273 | 1,201 | ,289 | ,000 |
| | DE10 | 0 | 4 | 1 | 1,61 | 1,206 | ,40 | ,43 | ,344 | -,988 | ,247 | ,000 |
| | DE11 | 0 | 4 | 1 | 1,20 | ,908 | ,30 | ,43 | ,671 | -,004 | ,304 | ,000 |
| | DE12 | 0 | 4 | 3 | 2,78 | ,936 | ,69 | ,22 | -,630 | ,008 | ,277 | ,000 |
| Infotainmentorientierung | IO01 | 0 | 4 | 3 | 2,41 | 1,047 | ,60 | ,58 | -,494 | -,281 | ,239 | ,000 |
| | IO02 | 0 | 4 | 1 | 1,62 | 1,121 | ,40 | ,66 | ,315 | -,701 | ,213 | ,000 |
| | IO03 | 0 | 4 | 0 | ,97 | 1,156 | ,24 | ,63 | ,951 | -,222 | ,278 | ,000 |
| | IO04 | 0 | 4 | 3 | 2,25 | 1,195 | ,56 | ,70 | -,265 | -,881 | ,209 | ,000 |
| | IO05 | 0 | 4 | 3 | 2,90 | 1,072 | ,72 | ,52 | -,848 | -,048 | ,261 | ,000 |
| | IO06 | 0 | 4 | 4 | 3,14 | ,915 | ,79 | ,34 | -1,041 | ,766 | ,241 | ,000 |
| | IO07 | 0 | 4 | 3 | 2,29 | 1,046 | ,57 | ,55 | -,405 | -,385 | ,221 | ,000 |
| | IO08 | 0 | 4 | 2 | 2,08 | 1,068 | ,52 | ,48 | -,210 | -,527 | ,195 | ,000 |
| | IO09 | 0 | 4 | 4 | 2,75 | 1,263 | ,69 | ,38 | -,641 | -,760 | ,226 | ,000 |
| | IO10 | 0 | 4 | 1 | 1,56 | 1,156 | ,39 | ,65 | ,358 | -,787 | ,220 | ,000 |
| | IO11 | 0 | 4 | 3 | 2,00 | 1,163 | ,50 | ,50 | -,146 | -,953 | ,202 | ,000 |
| | IO12 | 0 | 4 | 1 | 1,52 | 1,182 | ,38 | ,57 | ,347 | -,789 | ,189 | ,000 |
| Gewohnheit | GE01 | 0 | 4 | 3 | 2,20 | 1,004 | ,55 | ,27 | -,270 | -,691 | ,234 | ,000 |
| | GE02 | 0 | 4 | 3 | 2,14 | 1,121 | ,53 | ,08 | -,221 | -,911 | ,231 | ,000 |
| | GE03 | 0 | 4 | 1 | 1,12 | ,926 | ,28 | ,27 | ,617 | ,133 | ,237 | ,000 |
| | GE04 | 0 | 4 | 2 | 1,90 | ,960 | ,48 | ,31 | ,127 | -,583 | ,195 | ,000 |
| | GE05 | 0 | 4 | 3 | 2,84 | 1,040 | ,71 | ,42 | -,614 | -,270 | ,208 | ,000 |
| | GE06i | 0 | 4 | 2 | 2,67 | ,990 | ,67 | ,34 | -,315 | -,253 | ,211 | ,000 |
| | GE07i | 0 | 4 | 1 | 1,13 | ,899 | ,28 | ,39 | ,549 | -,292 | ,270 | ,000 |
| | GE08i | 0 | 4 | 3 | 2,37 | 1,351 | ,59 | ,41 | -,342 | -1,168 | ,223 | ,000 |
| | GE09 | 0 | 4 | 1 | 1,64 | 1,134 | ,41 | ,37 | ,369 | -,771 | ,243 | ,000 |
| | GE10 | 0 | 4 | 1 | 1,17 | ,883 | ,29 | ,42 | ,638 | ,185 | ,284 | ,000 |
| | GE11 | 0 | 4 | 2 | 2,28 | 1,014 | ,57 | ,28 | -,322 | -,209 | ,199 | ,000 |
| | GE12 | 0 | 4 | 3 | 2,42 | ,895 | ,60 | ,35 | -,476 | -,130 | ,267 | ,000 |

Ausgeschlossene Items und potenzielle Ausschlussgründe sind blau hervorgehoben;

K = Konstrukt; Min = Minimum; Max = Maximum; Mo = Modalwert; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; P = Itemschwierigkeit; r = Trennschärfe; v = Schiefe; w = Kurtosis; KS = Kolmogorow-Smirnow; p(KS) = Signifikanz; i = invertiertes Item; n = 460

Tabelle A.10: Itemstatistik Onlineumfrage (Teil 2/3)

| K | Item | Min | Max | Mo | M | SD | P | r | v | w | KS | p (KS) |
|----------------------|-------|-----|-----|----|------|-------|-----|-----|-------|--------|------|--------|
| Ergonomiebewusstsein | EB01 | 0 | 4 | 3 | 2,63 | 1,007 | ,66 | ,53 | -,457 | -,434 | ,248 | ,000 |
| | EB02 | 0 | 4 | 3 | 1,93 | 1,381 | ,48 | ,27 | -,023 | -1,289 | ,187 | ,000 |
| | EB03 | 0 | 4 | 3 | 3,15 | ,722 | ,79 | ,40 | -,855 | 1,595 | ,287 | ,000 |
| | EB04 | 0 | 4 | 3 | 2,76 | 1,001 | ,69 | ,39 | -,751 | -,093 | ,307 | ,000 |
| | EB05 | 0 | 4 | 2 | 1,97 | 1,003 | ,49 | ,47 | ,009 | ,027 | ,253 | ,000 |
| | EB06 | 0 | 4 | 3 | 2,64 | ,948 | ,66 | ,19 | -,498 | -,030 | ,249 | ,000 |
| | EB07 | 0 | 4 | 3 | 2,30 | ,949 | ,58 | ,43 | -,226 | -,456 | ,220 | ,000 |
| | EB08 | 0 | 4 | 3 | 2,64 | ,825 | ,66 | ,54 | -,345 | -,248 | ,282 | ,000 |
| | EB09 | 0 | 4 | 3 | 2,19 | 1,076 | ,55 | ,56 | -,239 | -,754 | ,222 | ,000 |
| | EB10 | 0 | 4 | 2 | 2,05 | 1,016 | ,51 | ,58 | ,033 | -,565 | ,185 | ,000 |
| | EB11 | 0 | 4 | 2 | 1,96 | ,933 | ,49 | ,25 | ,070 | -,556 | ,188 | ,000 |
| | EB12 | 0 | 4 | 2 | 2,27 | ,854 | ,57 | ,44 | -,378 | ,070 | ,219 | ,000 |
| Aufwandsvermeidung | AV01 | 0 | 4 | 1 | 1,46 | 1,289 | ,37 | ,41 | ,510 | -,990 | ,257 | ,000 |
| | AV02 | 0 | 4 | 1 | 1,25 | 1,022 | ,31 | ,25 | ,687 | -,123 | ,271 | ,000 |
| | AV03i | 0 | 4 | 1 | 1,44 | ,940 | ,36 | ,29 | ,408 | -,251 | ,252 | ,000 |
| | AV04 | 0 | 4 | 3 | 2,49 | 1,293 | ,62 | ,45 | -,433 | -1,043 | ,237 | ,000 |
| | AV05i | 0 | 4 | 1 | 1,48 | ,872 | ,37 | ,28 | ,374 | -,456 | ,284 | ,000 |
| | AV06 | 0 | 4 | 1 | 1,78 | 1,091 | ,45 | ,50 | ,051 | -,904 | ,197 | ,000 |
| | AV07 | 0 | 4 | 3 | 2,16 | 1,097 | ,54 | ,40 | -,158 | -,903 | ,223 | ,000 |
| | AV08 | 0 | 4 | 3 | 2,15 | 1,031 | ,54 | ,44 | -,301 | -,712 | ,233 | ,000 |
| | AV09i | 0 | 4 | 1 | 1,86 | 1,104 | ,47 | ,20 | ,268 | -1,082 | ,276 | ,000 |
| | AV10 | 0 | 4 | 1 | 1,76 | 1,118 | ,44 | ,17 | ,153 | -,845 | ,202 | ,000 |
| | AV11 | 0 | 4 | 1 | 1,34 | 1,046 | ,34 | ,50 | ,656 | -,204 | ,277 | ,000 |
| | AV12i | 0 | 4 | 3 | 2,24 | ,985 | ,56 | ,50 | -,214 | -,541 | ,213 | ,000 |

Ausgeschlossene Items und potenzielle Ausschlussgründe sind blau hervorgehoben;
 K = Konstrukt; Min = Minimum; Max = Maximum; Mo = Modalwert; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; P = Itemschwierigkeit; r = Trennschärfe; v = Schiefe; w = Kurtosis; KS = Kolmogorow-Smirnow; p(KS) = Signifikanz; i = invertiertes Item; n = 460

Tabelle A.10: Itemstatistik Onlineumfrage (Teil 3/3)

| Item | MSA | Item | MSA | Item | MSA | Item | MSA |
|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| FS01 | ,905 | KA02 | ,908 | IO04 | ,880 | EB07 | ,845 |
| FS04 | ,925 | KA03 | ,922 | IO07 | ,883 | EB08 | ,863 |
| FS05i | ,910 | KA04 | ,894 | IO08 | ,896 | EB09 | ,861 |
| FS06 | ,925 | KA05 | ,805 | IO10 | ,890 | EB10 | ,884 |
| FS07 | ,923 | KA06 | ,907 | IO11 | ,884 | EB11 | ,740 |
| FS09 | ,922 | KA07 | ,825 | IO12 | ,891 | EB12 | ,825 |
| FS10 | ,871 | KA08 | ,861 | GE01 | ,700 | AV01 | ,789 |
| FS11 | ,890 | KA09 | ,837 | GE02 | ,856 | AV02 | ,765 |
| FS12 | ,920 | KA10 | ,910 | GE04 | ,801 | AV03i | ,776 |
| SB02 | ,812 | KA11 | ,889 | GE06i | ,606 | AV04 | ,876 |
| SB03 | ,781 | DE02 | ,821 | GE08i | ,719 | AV05i | ,715 |
| SB04 | ,840 | DE03 | ,844 | GE09 | ,786 | AV06 | ,890 |
| SB05 | ,932 | DE07i | ,790 | GE11 | ,734 | AV07 | ,701 |
| SB06 | ,904 | DE08 | ,717 | GE12 | ,690 | AV08 | ,804 |
| SB07 | ,872 | DE10 | ,724 | EB01 | ,882 | AV09i | ,716 |
| SB08 | ,882 | DE11 | ,785 | EB02 | ,770 | AV10 | ,605 |
| SB09 | ,830 | DE12 | ,819 | EB04 | ,834 | AV11 | ,771 |
| SB10 | ,834 | IO01 | ,869 | EB05 | ,875 | AV12i | ,855 |
| SB11 | ,897 | IO02 | ,901 | EB06 | ,809 | | |

i = invertiertes Item;

Tabelle A.11: MSA-Werte für 75 Items

| Item | Kom. | Item | Kom. | Item | Kom. | Item | Kom. |
|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| FS01 | ,624 | KA02 | ,604 | IO04 | ,718 | EB07 | ,486 |
| FS04 | ,729 | KA03 | ,589 | IO07 | ,622 | EB08 | ,575 |
| FS05i | ,611 | KA04 | ,552 | IO08 | ,549 | EB09 | ,679 |
| FS06 | ,674 | KA05 | ,688 | IO10 | ,668 | EB10 | ,622 |
| FS07 | ,679 | KA06 | ,682 | IO11 | ,664 | EB11 | ,587 |
| FS09 | ,785 | KA07 | ,645 | IO12 | ,599 | EB12 | ,537 |
| FS10 | ,598 | KA08 | ,653 | GE01 | ,527 | AV01 | ,559 |
| FS11 | ,748 | KA09 | ,591 | GE02 | ,508 | AV02 | ,626 |
| FS12 | ,633 | KA10 | ,627 | GE04 | ,548 | AV03i | ,554 |
| SB02 | ,589 | KA11 | ,506 | GE06i | ,637 | AV04 | ,512 |
| SB03 | ,633 | DE02 | ,549 | GE08i | ,695 | AV05i | ,536 |
| SB04 | ,499 | DE03 | ,513 | GE09 | ,579 | AV06 | ,659 |
| SB05 | ,670 | DE07i | ,646 | GE11 | ,500 | AV07 | ,636 |
| SB06 | ,559 | DE08 | ,663 | GE12 | ,513 | AV08 | ,640 |
| SB07 | ,599 | DE10 | ,583 | EB01 | ,622 | AV09i | ,568 |
| SB08 | ,622 | DE11 | ,505 | EB02 | ,663 | AV10 | ,678 |
| SB09 | ,581 | DE12 | ,398 | EB04 | ,691 | AV11 | ,635 |
| SB10 | ,532 | IO01 | ,670 | EB05 | ,524 | AV12i | ,613 |
| SB11 | ,595 | IO02 | ,668 | EB06 | ,583 | | |

Anfängliche Kommunalitäten für alle Items = 1,000; i = invertiertes Item;

Tabelle A.12: Kommunalitäten nach der Extraktion für 75 Items

```

Run MATRIX procedure:
PARALLEL ANALYSIS:
Principal Components & Random Normal Data Generation
Specifications for this Run:
  Ncases      460
  Nvars       75
  Ndatsets   1000
  Percent    99

Raw Data Eigenvalues, & Mean & Percentile Random Data Eigenvalues
      Root      Raw Data      Means      Prcntyle
1,000000  9,675162  1,905324  2,010589
2,000000  7,926348  1,836023  1,911424
3,000000  3,950111  1,781646  1,848970
4,000000  2,866339  1,736554  1,794940
5,000000  2,616772  1,697335  1,751170
6,000000  2,218813  1,660188  1,708638
7,000000  1,938910  1,625659  1,676676
8,000000  1,658708  1,593201  1,638109
9,000000  1,573555  1,562497  1,607017
10,000000 1,521781  1,532540  1,575072
11,000000 1,394965  1,503357  1,540693
12,000000 1,344729  1,476144  1,512269
13,000000 1,246262  1,450030  1,484645
14,000000 1,163375  1,424812  1,462487
15,000000 1,124808  1,399184  1,434428
16,000000 1,114686  1,375508  1,409037
17,000000 1,054426  1,352134  1,384222
18,000000 1,014520  1,329214  1,363397
19,000000  ,990841  1,306334  1,339876
20,000000  ,985596  1,284575  1,316918
21,000000  ,949624  1,262954  1,292806
22,000000  ,920987  1,240826  1,271738
23,000000  ,888674  1,220052  1,251684
24,000000  ,881198  1,199999  1,228114
25,000000  ,846953  1,180287  1,208830
26,000000  ,832959  1,160566  1,187482
27,000000  ,802876  1,141599  1,167192
28,000000  ,781863  1,122703  1,149070
29,000000  ,747874  1,103781  1,130327
30,000000  ,734720  1,085426  1,111510
31,000000  ,704839  1,067611  1,094552
32,000000  ,688892  1,049928  1,076513

      33,000000  ,684537  1,032141  1,057625
      34,000000  ,662322  1,015091  1,038378
      35,000000  ,656620  ,997672  1,021291
      36,000000  ,638897  ,980465  1,005404
      37,000000  ,619250  ,963661  ,988275
      38,000000  ,596990  ,947517  ,972158
      39,000000  ,588449  ,931030  ,954849
      40,000000  ,570668  ,914500  ,936550
      41,000000  ,554901  ,898874  ,922342
      42,000000  ,542005  ,883141  ,906890
      43,000000  ,530964  ,867032  ,891328
      44,000000  ,516433  ,851540  ,875002
      45,000000  ,502230  ,836098  ,859293
      46,000000  ,493836  ,820268  ,841939
      47,000000  ,473886  ,805417  ,827283
      48,000000  ,470415  ,790532  ,813569
      49,000000  ,459513  ,775265  ,797266
      50,000000  ,453907  ,760496  ,782348
      51,000000  ,439552  ,745906  ,767127
      52,000000  ,430884  ,731370  ,753571
      53,000000  ,425100  ,716645  ,738390
      54,000000  ,417202  ,702246  ,723230
      55,000000  ,401247  ,687933  ,708159
      56,000000  ,397866  ,673526  ,695496
      57,000000  ,367022  ,659098  ,681997
      58,000000  ,364461  ,644679  ,665640
      59,000000  ,356688  ,630198  ,652427
      60,000000  ,352655  ,616180  ,636968
      61,000000  ,344853  ,601775  ,622788
      62,000000  ,328208  ,587477  ,609023
      63,000000  ,307415  ,573755  ,595018
      64,000000  ,297455  ,559251  ,580383
      65,000000  ,292445  ,544370  ,563646
      66,000000  ,276922  ,530366  ,550970
      67,000000  ,268803  ,515699  ,537322
      68,000000  ,251759  ,500894  ,523719
      69,000000  ,248798  ,485500  ,508402
      70,000000  ,243786  ,470130  ,493527
      71,000000  ,231687  ,454042  ,481232
      72,000000  ,223069  ,437150  ,463399
      73,000000  ,194923  ,419326  ,445187
      74,000000  ,181985  ,399482  ,426761
      75,000000  ,177227  ,374274  ,406398

----- END MATRIX -----

```

Bild A.1: Vollständige Parallelanalyse mit 75 Items in Originaldarstellung

| Nr. | Item | FS | IO | EB | AV | KA | DE | GE | SB |
|-------|--|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| FS01 | Ich liebe es, dynamisch durch Kurven zu fahren. | ,798 | | | | | | | |
| FS04 | Ich beschleunige mein Auto gerne richtig kräftig. | ,976 | | | | | | | |
| FS05i | Das Auto ist für mich nur ein Zweckgegenstand, um von A nach B zu kommen. | ,406 | | | | | -,211 | | |
| FS06 | Es ist mir wichtig, dass mein Auto eine hohe Motorleistung hat. | ,593 | | | | | | | |
| FS07 | Ich genieße das Gefühl, am Limit zu fahren. | ,864 | | | | | | | |
| FS09 | Ich fahre in der Regel gerne schnell und sportlich. | ,938 | | | | | | | |
| FS10 | Eine gute Straßenlage mit einem direkten Fahrbahnkontakt ist mir wichtig. | | | | | | | | ,360 |
| FS11 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto mit einem Sportpaket ausgestattet ist. | ,329 | ,385 | | | -,303 | | | |
| FS12 | Ich lege großen Wert auf eine sportliche Lenkung mit direktem Ansprechverhalten und Rückmeldung. | ,428 | ,277 | ,212 | | | | | |
| SB02 | Ich würde mich als ein Mensch mit einem hohen Bedürfnis nach Sicherheit beschreiben. | | | | | | | | ,525 |
| SB03 | Ich würde in kein Auto ohne Airbags mehr einsteigen. | | | | | | | | |
| SB04 | Im Winter achte ich sehr genau darauf, dass alle Scheiben von Schnee und Eis befreit sind. | | -,219 | ,237 | | | -,222 | | ,360 |
| SB05 | Sehr schnelles Fahren flößt mir Angst ein. | -,689 | | | | | | ,223 | |
| SB06 | Ich fahre sehr vorsichtig. | -,411 | | | | | | | ,488 |
| SB07 | Ich achte immer sehr auf einen großen Sicherheitsabstand zum Fahrzeug vor mir. | -,364 | | | | | | | ,417 |
| SB08 | Ich versuche jedes Risiko und gefährliche Situationen beim Autofahren zu vermeiden. | -,576 | | | | | | | ,439 |
| SB09 | Wenn Autos von hinten dicht auffahren, fühle ich mich sehr unsicher. | | | | | | ,343 | | ,298 |
| SB10 | Beim Autofahren denke ich immer an die Unfallgefahr. | | | | | | ,231 | | ,474 |
| SB11 | Das Überholen von anderen Fahrzeugen empfinde ich als sehr gefährlich. | -,425 | | -,218 | | | | | ,278 |
| KA02 | Ich bevorzuge eine ruhige, gleichförmige und komfortorientierte Fahrweise. | -,594 | | | | | | | |
| KA03 | Beim Autokauf sind mir hochwertige Materialien und eine überdurchschnittliche Verarbeitungsqualität wichtig. | | ,286 | ,251 | | | | | ,235 |
| KA04 | Ich lege großen Wert auf ein geräumiges Interieur mit viel Kopf- und Beinfreiheit. | | | ,334 | | ,275 | | | |
| KA05 | Ich bevorzuge ein komfortables Fahrwerk, bei dem Fahrbahnunebenheiten nicht spürbar sind. | | | | | ,774 | | | |
| KA06 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine umfangreiche Komfortausstattung verfügt. | | ,428 | ,214 | | ,223 | | ,244 | |
| KA07 | Ich bevorzuge einen komfortablen Sitz mit einer gemütlichen Polsterung. | | | | | ,738 | | | |
| KA08 | Ein Auto muss gemütlich und bequem sein, damit ich mich während der Fahrt entspannen und erholen kann. | | | | | ,645 | | | |
| KA09 | Mein Auto soll mich entlasten und unterstützen, wo immer es geht. | | | | | ,556 | | | |
| KA10 | Ich lege bei einem Auto großen Wert auf ein schönes und ästhetisches Design. | ,291 | ,405 | | | | | ,201 | |
| KA11 | Ich genieße es, wenn Motor- und Fahrgeräusche während der Fahrt nur sehr leise im Hintergrund zu hören sind. | -,238 | | | | ,528 | | | |
| DE02 | Während einer langen Autofahrt, habe ich das Gefühl, dass meine Beine und Arme stark ermüden. | | | | | | ,603 | | |
| DE03 | Ich reagiere sehr empfindlich auf Veränderungen meiner Umgebung (Temperatur, Licht, Gerüche, Lärm). | | | | | | ,395 | ,361 | |
| DE07i | Es macht mir nichts aus, auch einmal harte Stöße aufgrund der Straßenbeschaffenheit "einzustecken". | | | | | ,609 | | | -,238 |
| DE08 | Ich wechsele meine Körperhaltung häufig während der Fahrt, da ich mich unwohl fühle. | | ,222 | | | ,736 | | | |
| DE10 | Es kommt vor, dass ich beim Autofahren Schmerzen im Rücken oder anderen Körperteilen habe. | | ,203 | | | ,629 | | | |
| DE11 | Ich fühle mich während des Autofahrens regelmäßig müde und schläfrig. | | | | | ,680 | | | |
| DE12 | Ich empfinde Druckstellen am Autositz als sehr störend und unangenehm. | | | ,424 | | ,227 | ,261 | | |
| IO01 | Ich möchte durch das Multimediasystem des Autos unterhalten werden. | | ,803 | -,264 | | | | | |
| IO02 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine überdurchschnittlich gute Multimediaausstattung verfügt. | | ,803 | | | | | | |
| IO04 | Es macht mir Spaß, ein neues Multimediasystem im Auto auszuprobieren. | | ,742 | | | | | -,296 | |
| IO07 | Es ist mir wichtig, dass das Kommunikationssystem in meinem Auto gut ist. | | ,665 | ,256 | | | | | |
| IO08 | Das Display des Multimediasystems des Autos sollte möglichst groß sein. | | ,686 | | | | | | |
| IO10 | Ich vertreibe mir gerne die Zeit mit dem Multimediasystem des Autos. | | ,841 | | | | | -,226 | |
| IO11 | Ich bediene das Multimediasystem des Autos häufig während der Fahrt. | ,223 | ,589 | -,225 | | | | | |
| IO12 | Bei meinem nächsten Autokauf werde ich auf eine gute Integration von Internet und Apps achten. | -,308 | ,852 | | | | | | |

Extraktionsmethode: Analyse der Hauptkomponente; Rotationsmethode: Promax mit Kaiser-Normalisierung; in 8 Iterationen konvergiert;

Tabelle A.13: Promax-rotierte Mustermatrix mit allen 75 Items; Ladungen < .20 sind nicht dargestellt (Teil 1/2)

| Nr. | Item | FS | IO | EB | AV | KA | DE | GE | SB |
|-------|---|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GE01 | Wenn ich Vertrauen in eine Sache gewonnen habe, bleibe ich dieser Sache treu ohne es zu hinterfragen. | | | | | -,205 | | ,535 | |
| GE02 | Wenn ich in einem fremden Auto sitze, versuche ich alles so anzupassen wie ich es von meinem eigenen Auto kenne. | | | | -,468 | | | ,218 | |
| GE04 | Bei einem neuen Auto ist mir wichtig, dass alles an seinem gewohnten Platz ist. | | | | | | | ,401 | |
| GE06i | Ich wechsle häufig die Automarke. | | | | | | | ,556 | |
| GE08i | Ich fahre regelmäßig mit Autos, die mir nicht gehören (z. B. Mietwagen). | | | | | | | ,504 | |
| GE09 | Wenn ich mit einem fremden Auto fahren muss, fühle ich mich am Anfang sehr unwohl. | | | -,268 | | | ,264 | ,392 | ,204 |
| GE11 | Das nächste Auto, das ich mir kaufe, wird sehr ähnlich wie mein aktuelles Auto sein. | | | | | | | ,471 | |
| GE12 | Ich würde mich als Gewohnheitsmenschen bezeichnen. | | | -,215 | | | | ,531 | |
| EB01 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass Sitz und Armauflagen alle meine Körperteile gut unterstützen. | | | ,539 | | | | | |
| EB02 | Ich hatte bereits Kontakt mit dem Fachgebiet Ergonomie. | | | ,378 | | | | | |
| EB04 | Ich kenne die Grundregeln, wie ein Sitz im Fahrzeug optimal einzustellen ist. | | | ,467 | | | | | |
| EB05 | Eine verstellbare Lordosenstütze im Auto ist mir sehr wichtig. | | | ,535 | | | | | |
| EB06 | Ich würde meine Lebensweise als gesundheitsorientiert beschreiben. | -,281 | | ,307 | | | | -,274 | ,214 |
| EB07 | Bevor ich ein Auto kaufe, teste ich genau, ob ich alle wichtigen Elemente gut erreiche. | | | ,395 | | | | | |
| EB08 | Ich strebe eine gesundheitszuträgliche Körperhaltung im Fahrzeug an. | | | ,703 | | | | | |
| EB09 | Ich weiß welche Sitz- und Lenkradposition für mich gesundheitlich optimal ist. | | | ,741 | | | | | |
| EB10 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über einen gesundheitszuträglichen Sitz verfügt. | -,241 | | ,743 | | | | | |
| EB11 | Ich wechsle die Körperhaltung regelmäßig während der Fahrt, weil das gut für meinen Körper ist. | | | ,446 | | | ,619 | | |
| EB12 | Ich versuche die für Autos empfohlene Körperhaltung während der Fahrt einzunehmen. | | | ,653 | | | | | |
| AV01 | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Sitzes fast nie. | | | | ,514 | | | | |
| AV02 | Wenn ich nicht sofort verstehe, wie etwas funktioniert, nutze ich es nicht. | | | | ,223 | | | ,502 | |
| AV03i | Bevor ich etwas beginne, plane ich sorgfältig. | | | | | | | | -,469 |
| AV04 | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Lenkrads fast nie. | | | -,315 | ,446 | | | | |
| AV05i | Ich arbeite lieber genau und liefere das Ergebnis dann entsprechend später ab. | | | | | | | ,211 | -,609 |
| AV06 | Ich nutze höchstens die Basisfunktionen der Verstellmöglichkeiten im Auto. | -,201 | | -,238 | ,505 | | | | |
| AV07 | Unter Zeitdruck nutze ich die Verstellmöglichkeiten des Autos nicht. | | | | ,716 | | | | |
| AV08 | Schwierig einzustellende Verstellmechanismen nutze ich nicht. | | | | ,511 | | | | |
| AV09i | Ich fahre beim Einstellprozess mit dem Sitz mehrmals hin und her. | | | | ,247 | | -,345 | | -,283 |
| AV10 | Ich bin ein Freund von schnellen Entscheidungen. | | | ,270 | ,224 | | | | -,386 |
| AV11 | Wenn ich in ein Auto steige, will ich sofort losfahren. Für die Einstellung von Sitz und Lenkrad habe ich keine Zeit. | | | | ,690 | | | | |
| AV12i | Ich nehme mir viel Zeit, um Lenkrad und Sitz einzustellen. | | | | ,572 | | | | |

Extraktionsmethode: Analyse der Hauptkomponente; Rotationsmethode: Promax mit Kaiser-Normalisierung; in 8 Iterationen konvergiert;

Tabelle A.13: Promax-rotierte Mustermatrix mit allen 75 Items; Ladungen < .20 sind nicht dargestellt (Teil 2/2)

| Pos | Item | Grund | Pos | Item | Grund | Pos | Item | Grund |
|-----|------|---------|-----|------|---------|-----|------|---------|
| 1 | FS11 | ?? | 13 | SB08 | ?? | 25 | DK07 | IN |
| 2 | KA10 | ?? / FF | 14 | SB11 | ?? | 26 | GE01 | IN |
| 3 | KA04 | ?? | 15 | AV03 | IN | 27 | AV04 | !! / ?? |
| 4 | KA03 | ?? / FF | 16 | AV05 | IN | 28 | AV11 | AE |
| 5 | SB03 | ?? | 17 | AV02 | ?? | 29 | EB11 | AE |
| 6 | KA06 | ?? / FF | 18 | DK12 | ?? / IN | 30 | EB01 | ?? |
| 7 | EB02 | ?? | 19 | KA02 | IN | 31 | EB05 | AE |
| 8 | AV10 | ?? | 20 | SB05 | IN | 32 | EB09 | AE |
| 9 | AV09 | ?? | 21 | FS10 | ?? | 33 | IO07 | AE |
| 10 | GE09 | ?? | 22 | FS12 | !! | 34 | IO12 | AE |
| 11 | EB06 | ?? | 23 | FS05 | !! | 35 | IO10 | AE |
| 12 | SB09 | ?? | 24 | GE02 | IN | | | |

?? = Einfachstruktur; !! = Bedeutsamkeit; FF = Falscher Faktor; IN = Inhalt; AE = Ähnlichkeit

Tabelle A.14: Ausschlussreihenfolge (Pos) und Ausschlussgrund der Eliminierung

| Item | urspr. Ausschlussgrund | Aktion | Begründung |
|------|------------------------------|------------|---|
| FS02 | Modalwert; Itemschwierigkeit | Aufnahme | Inhalt |
| SB01 | Itemschwierigkeit | Aufnahme | Cronbachs α + Inhalt |
| KA12 | Itemschwierigkeit | Aufnahme | Cronbachs α + Bedeutsamkeit |
| DE05 | Itemschwierigkeit | Aufnahme | Cronbachs α + Bedeutsamkeit |
| IO10 | Ähnlichkeit mit IO01 | Aufnahme | Bedeutsamkeit |
| GE04 | | Ausschluss | Ladungsverteilung |
| GE05 | Itemschwierigkeit | Aufnahme | Cronbachs α + Bedeutsamkeit |
| GE09 | Ladungsverteilung | Aufnahme | besser G04 (Cronbachs α / Ladungsverteilung) |
| EB09 | Ähnlichkeit mit EB04 / EB12 | Aufnahme | Bedeutsamkeit |
| AV11 | Ähnlichkeit mit AV07 | Aufnahme | Bedeutsamkeit |

Tabelle A.15: Finale Anpassung der Itemauswahl aufgrund der Skalenanalyse

| Item | MSA | Item | MSA | Item | MSA | Item | MSA |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FS01 | 0,907 | KA05 | 0,841 | IO01 | 0,845 | EB04 | 0,805 |
| FS02 | 0,888 | KA07 | 0,822 | IO02 | 0,851 | EB07 | 0,854 |
| FS04 | 0,888 | KA08 | 0,862 | IO04 | 0,880 | EB08 | 0,856 |
| FS06 | 0,882 | KA09 | 0,835 | IO08 | 0,850 | EB09 | 0,792 |
| FS07 | 0,915 | KA11 | 0,901 | IO10 | 0,839 | EB10 | 0,824 |
| FS09 | 0,894 | KA12 | 0,850 | IO11 | 0,870 | EB12 | 0,825 |
| SB01 | 0,819 | DE02 | 0,824 | GE05 | 0,672 | AV01 | 0,780 |
| SB02 | 0,815 | DE03 | 0,824 | GE06i | 0,648 | AV06 | 0,847 |
| SB04 | 0,851 | DE05 | 0,774 | GE08i | 0,711 | AV07 | 0,708 |
| SB06 | 0,899 | DE08 | 0,768 | GE09 | 0,778 | AV08 | 0,767 |
| SB07 | 0,907 | DE10 | 0,725 | GE11 | 0,640 | AV11 | 0,751 |
| SB10 | 0,823 | DE11 | 0,793 | GE12 | 0,679 | AV12i | 0,804 |

i = invertiertes Item;

Tabelle A.16: MSA-Werte für 48 Items

| Item | Komm. | Item | Komm. | Item | Komm. | Item | Komm. |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FS01 | 0,631 | KA05 | 0,548 | IO01 | 0,676 | EB04 | 0,529 |
| FS02 | 0,607 | KA07 | 0,641 | IO02 | 0,639 | EB07 | 0,389 |
| FS04 | 0,748 | KA08 | 0,582 | IO04 | 0,640 | EB08 | 0,532 |
| FS06 | 0,589 | KA09 | 0,579 | IO08 | 0,541 | EB09 | 0,632 |
| FS07 | 0,680 | KA11 | 0,513 | IO10 | 0,680 | EB10 | 0,641 |
| FS09 | 0,795 | KA12 | 0,569 | IO11 | 0,535 | EB12 | 0,522 |
| SB01 | 0,621 | DE02 | 0,564 | GE05 | 0,627 | AV01 | 0,508 |
| SB02 | 0,573 | DE03 | 0,639 | GE06i | 0,602 | AV06 | 0,601 |
| SB04 | 0,479 | DE05 | 0,552 | GE08i | 0,684 | AV07 | 0,604 |
| SB06 | 0,599 | DE08 | 0,615 | GE09 | 0,685 | AV08 | 0,634 |
| SB07 | 0,531 | DE10 | 0,581 | GE11 | 0,566 | AV11 | 0,621 |
| SB10 | 0,534 | DE11 | 0,513 | GE12 | 0,609 | AV12i | 0,570 |

Anfängliche Kommunalitäten für alle Items = 1,000; i = invertiertes Item;

Tabelle A.17: Kommunalitäten nach der Extraktion für 48 Items

| Nr. | Frage | Konstrukt |
|-----|---|-----------|
| 1 | Mein Auto verfügt über ein sehr sportliches Fahrwerk. | FS |
| 2 | Mein Auto verfügt über eine überdurchschnittliche Sicherheitsausstattung. | SB |
| 3 | Mein Auto gefällt mir sehr gut. | KA |
| 4 | Mein Auto ist unbequem. | DE |
| 5 | Mein Auto verfügt über ein überdurchschnittliches Multimediasystem. | IO |
| 6 | Mein Auto ist von einer Marke, mit der ich bereits vor dem Kauf oft gefahren bin. | GE |
| 7 | Der Sitz meines Autos kann sehr gut an meinen Körper angepasst werden. | EB |
| 8 | Ich kenne und nutze alle Verstellmöglichkeiten meines Autos. | AV |

Tabelle A.18: Kontrollfragen Fahrzeugnutzung

| Nr. | Frage | Konstrukt | Polung |
|-----|--|--------------------|---------|
| 1 | Ich bin eher zurückhaltend, reserviert. | Extraversion | negativ |
| 2 | Ich schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen. | Verträglichkeit | positiv |
| 3 | Ich bin bequem, neige zur Faulheit. | Gewissenhaftigkeit | negativ |
| 4 | Ich bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen. | Neurotizismus | negativ |
| 5 | Ich habe nur wenig künstlerisches Interesse. | Offenheit | negativ |
| 6 | Ich gehe aus mir heraus, bin gesellig. | Extraversion | positiv |
| 7 | Ich neige dazu, andere zu kritisieren. | Verträglichkeit | negativ |
| 8 | Ich erledige Aufgaben gründlich. | Gewissenhaftigkeit | positiv |
| 9 | Ich werde leicht nervös und unsicher. | Neurotizismus | positiv |
| 10 | Ich habe eine aktive Vorstellungskraft, bin fantasievoll. | Offenheit | positiv |

Tabelle A.19: BFI-10 Fragen


```

Run MATRIX procedure:
PARALLEL ANALYSIS:
Principal Components & Random Normal Data Generation
Specifications for this Run:
Ncases      460
Nvars       48
Ndatsets    1000
Percent     95

Raw Data Eigenvalues, & Mean & Percentile Random Data Eigenvalues
Root      Raw Data      Means      Percentile Random Data      Eigenvalues
1,000000  6,340576  1,683156  1,749249  Prcntyle
2,000000  5,113984  1,613670  1,664807
3,000000  3,325632  1,560955  1,607485
4,000000  2,358777  1,517186  1,556765
5,000000  2,196360  1,475883  1,511241
6,000000  1,834238  1,439431  1,473645
7,000000  1,500115  1,404981  1,436355
8,000000  1,407515  1,373054  1,403238
9,000000  1,250743  1,342383  1,371378
10,000000 1,133024  1,312528  1,339314
11,000000 1,063541  1,284766  1,310903
12,000000 1,047823  1,257469  1,283746
13,000000 953720    1,231701  1,258121
14,000000 933005    1,205124  1,229985
15,000000 912056    1,179841  1,200860
16,000000 866555    1,155770  1,177307
17,000000 830011    1,131736  1,154327
18,000000 788818    1,108768  1,130816
19,000000 763786    1,086224  1,107234
20,000000 713375    1,063811  1,085314
21,000000 701091    1,041346  1,062266
22,000000 655951    1,020051  1,040089
23,000000 649748    998687    1,018847
24,000000 636593    977682    997002
25,000000 617005    956980    976673
26,000000 583048    936351    957096
27,000000 575473    916582    936972
28,000000 563126    896061    915626
29,000000 521115    876448    895966
30,000000 508846    856902    875535
31,000000 495355    837714    856165
32,000000 468596    818938    838038

----- END MATRIX -----
33,000000 452657
34,000000 451665
35,000000 435442
36,000000 421737
37,000000 411189
38,000000 394815
39,000000 374381
40,000000 367893
41,000000 349846
42,000000 339013
43,000000 332938
44,000000 308198
45,000000 298569
46,000000 280853
47,000000 260823
48,000000 210381

,817656
,800362
,781091
,761041
,742423
,723891
,704403
,685195
,662663
,666214
,646714
,626830
,607208
,586737
,564767
,587708
,564129
,540780
,513473

,799764
,780778
,761549
,742733
,723891
,704403
,685195
,662663
,666214
,646714
,626830
,607208
,586737
,564767
,541215
,515725
,484044

```

Bild A.3: Vollständige Parallelanalyse mit 48 Items in Originaldarstellung

```

Run MATRIX procedure:
MGFT created matrix CR.
The matrix has 48 rows and 48 columns.
The matrix was read from the record(s)
of row type CORR.

Velicer's Minimum Average Partial (MAP)
Test:
Eigenvalues
6,3406
5,1140
3,3256
2,3588
2,1964
1,8342
1,5001
1,4075
1,2507
1,1330
1,0635
1,0478
,9537
,9330
,9121
,8666
,8300
,7888
,7638
,7134
,7011
,6560
,6497
,6366
,6170
,5830
,5755
,5631
,5211
,5088
,4954
,4686
,4527
,4517
,4354
,4217
,4112
,3948
,3744
,3679
,3498
,3390
,3329
,3082
,2986
,2809
,2608
,2104

Average Partial Correlations squared
,0000
1,0000
2,0000
3,0000
4,0000
5,0000
6,0000
7,0000
8,0000
9,0000
10,0000
11,0000
12,0000
13,0000
14,0000
15,0000
16,0000
17,0000
18,0000
19,0000
20,0000
21,0000
22,0000
23,0000
24,0000
25,0000
26,0000
27,0000
28,0000
29,0000
30,0000
31,0000
32,0000
33,0000
34,0000
35,0000
36,0000
37,0000
38,0000
39,0000
40,0000
41,0000
42,0000
43,0000
44,0000
45,0000
46,0000
47,0000
1,0000

power4
,0037
,0016
,0006
,0004
,0003
,0002
,0002
,0002
,0003
,0003
,0003
,0004
,0005
,0005
,0006
,0007
,0007
,0009
,0010
,0010
,0012
,0015
,0018
,0021
,0024
,0027
,0031
,0036
,0043
,0049
,0057
,0065
,0076
,0091
,0113
,0129
,0154
,0181
,0215
,0245
,0311
,0396
,0482
,0646
,0964
,1435
,2406
,4377
1,0000

The smallest average squared partial
correlation is
,0081

The smallest average 4rth power partial
correlation is
,0002

The Number of Components According to the
Original (1976) MAP Test is
8

The Number of Components According to the
Revised (2000) MAP Test is
5

```

Bild A.4: Vollständiger MAP-Test mit 48 Items in Originaldarstellung

Bitte lesen Sie die folgenden Instruktionen für den Hauptteil der Befragung aufmerksam durch.

Die folgenden 3* Seiten enthalten jeweils 16 **Aussagen**, mit welchen Ihre **Fahrzeugnutzung** beschrieben werden könnte. Bitte lesen Sie die Aussagen nacheinander aufmerksam durch und überlegen Sie, ob diese Aussagen auf Sie **persönlich** zutreffen oder nicht. Zur Bewertung jeder der Aussagen steht Ihnen eine fünffach abgestufte Skala zur Verfügung. Wählen Sie bitte aus:

Starke Ablehnung, wenn Sie der Aussage auf keinen Fall zustimmen oder sie für völlig unzutreffend halten.

Ablehnung, wenn Sie der Aussage eher nicht zustimmen oder sie für unzutreffend halten.

Neutral, wenn die Aussage weder richtig noch falsch, also weder zutreffend noch unzutreffend ist.

Zustimmung, wenn Sie der Aussage eher zustimmen oder sie für zutreffend halten.

Starke Zustimmung, wenn Sie der Aussage nachdrücklich zustimmen oder sie für völlig zutreffend halten.

Es gibt bei diesem Fragebogen keine richtigen oder falschen Antworten. Sie erfüllen den Zweck der Befragung am besten, indem Sie die Fragen so wahrheitsgemäß wie möglich beantworten. Da die Befragung anonym durchgeführt wird, können die Antworten auch nicht mit Ihrer Person verknüpft werden.

Bitte lesen Sie jede Aussage genau durch und wählen Sie als Antwort die Kategorie aus, die Ihre Sichtweise am besten ausdrückt. Falls Sie Ihre Meinung nach der Auswahl einmal ändern sollten, können Sie einfach eine andere Kategorie wählen. Bitte bewerten Sie die Aussagen zügig, aber sorgfältig und lassen Sie keine Aussage aus. Wenn Ihnen einmal die Entscheidung schwerfallen sollte, wählen Sie bitte diejenige Antwort aus, die noch am ehesten auf Sie zutrifft. Sollten Sie bei einer Aussage nicht auf eigene Erfahrungen zurückgreifen können, versuchen Sie sich in die Situation hinein zu versetzen und beantworten Sie die Frage dementsprechend.

*bei der Onlineumfrage (Faktorenanalyse) waren es 6 Seiten mit je 16 Aussagen

Bild A.5: Instruktionen für den Fragebogen ERPI-A

| Nr | Item | Ausformulierung | Quelle | Zitierart |
|----|------|---|--|------------|
| 1 | FS1 | Ich liebe es, dynamisch durch Kurven zu fahren. | [TISCHLER & RENNER 2007] | inhaltlich |
| 2 | SB1 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine sehr umfangreiche Sicherheitsausstattung verfügt. | [ADELT ET AL. 1999] | angepasst |
| 3 | KA1 | Ich bevorzuge ein komfortables Fahrwerk, bei dem Fahrbahnunebenheiten nicht spürbar sind. | [KRIST 1994], [HEIBING & BRANDL 2002], [TISCHLER 2013] | inhaltlich |
| 4 | DE1 | Während einer langen Autofahrt, habe ich das Gefühl, dass meine Beine und Arme stark ermüden. | [EBERL 2014] | inhaltlich |
| 5 | IO1 | Ich möchte durch das Multimediasystem des Autos unterhalten werden. | [HUMMEL 2008] | inhaltlich |
| 6 | GE1 | Ich fahre am liebsten mit meinem eigenen Auto. | | |
| 7 | EB1 | Ich kenne die Grundregeln, wie ein Sitz im Fahrzeug optimal einzustellen ist. | [WETTLAUFER 2004] | inhaltlich |

Tabelle A.20: ERPI-A Items inkl. Ursprungsquellen (Teil 1/3)

| Nr | Item | Ausformulierung | Quelle | Zitierart |
|----|------|--|---|------------|
| 8 | AV1 | Ich nutze die Verstellmöglichkeiten des Sitzes fast nie. | | |
| 9 | FS2 | Autofahren macht mir einfach Spaß. | [ELLINGHAUS & SCHLAG 1984], [ENGELBRECHT 2013] | wörtlich |
| 10 | SB2 | Ich würde mich als ein Mensch mit einem hohen Bedürfnis nach Sicherheit beschreiben. | [NACHTWEI 2008B] | wörtlich |
| 11 | KA2 | Ich bevorzuge einen komfortablen Sitz mit einer gemütlichen Polsterung. | [KRIST 1994], [ESTERMANN 1999], [MORE & BINDU 2015] | inhaltlich |
| 12 | DE2 | Ich reagiere sehr empfindlich auf Veränderungen meiner Umgebung (Temperatur, Licht, Gerüche, Lärm). | [KRIST 1994] | inhaltlich |
| 13 | IO2 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über eine überdurchschnittlich gute Multimediaausstattung verfügt. | | |
| 14 | GE2i | Ich wechsele häufig die Automarke. | | |
| 15 | EB2 | Bevor ich ein Auto kaufe, teste ich genau, ob ich alle wichtigen Elemente gut erreiche. | [GYI 2013] | angelehnt |
| 16 | AV2 | Ich nutze höchstens die Basisfunktionen der Verstellungsmöglichkeiten im Auto. | | |
| 17 | FS3 | Ich beschleunige mein Auto gerne richtig kräftig. | [KRIST 1994], [GENGENBACH 1997], [ESTERMANN 1999] | wörtlich |
| 18 | SB3 | Im Winter achte ich sehr genau darauf, dass alle Scheiben von Schnee und Eis befreit sind. | [ELLINGHAUS & STEINBRECHER 2004] | inhaltlich |
| 19 | KA3 | Ein Auto muss gemütlich und bequem sein, damit ich mich während der Fahrt entspannen und erholen kann. | [KRIST 1994], [ZHANG ET AL. 1996], [KNOLL 2007], [ENGELBRECHT 2013] | inhaltlich |
| 20 | DE3 | Es fällt mir sehr schwer eine passende Sitzposition, bei der mich nichts drückt oder kneift, zu finden. | | |
| 21 | IO3 | Es macht mir Spaß, ein neues Multimediasystem im Auto auszuprobieren. | [KARRER ET AL. 2009] | angepasst |
| 22 | GE3i | Ich fahre regelmäßig mit Autos, die mir nicht gehören (z. B. Mietwagen). | | |
| 23 | EB3 | Ich strebe eine gesundheitszuträgliche Körperhaltung im Fahrzeug an. | | |
| 24 | AV3 | Unter Zeitdruck nutze ich die Verstellmöglichkeiten des Autos nicht. | | |
| 25 | FS4 | Es ist mir wichtig, dass mein Auto eine hohe Motorleistung hat. | [SACHER 2009] | angepasst |
| 26 | SB4 | Ich fahre sehr vorsichtig. | [KRIST 1994], [GENGENBACH 1997], [ESTERMANN 1999] | angelehnt |
| 27 | KA4 | Mein Auto soll mich entlasten und unterstützen, wo immer es geht. | [ZHANG ET AL. 1996], [ENGELBRECHT 2013] | inhaltlich |
| 28 | DE4 | Ich wechsele meine Körperhaltung häufig während der Fahrt, da ich mich unwohl fühle. | [ROLAND & FAIRBANK 2000] | angepasst |
| 29 | IO4 | Das Display des Multimediasystems des Autos sollte möglichst groß sein. | | |
| 30 | GE4 | Wenn ich mit einem fremden Auto fahren muss, fühle ich mich am Anfang sehr unwohl. | | |

Tabelle A.20: ERPI-A Items inkl. Ursprungsquellen (Teil 2/3)

| Nr | Item | Ausformulierung | Quelle | Zitierart |
|----|------|---|--|--------------------|
| 31 | EB4 | Ich weiß welche Sitz- und Lenkradposition für mich gesundheitlich optimal ist. | | |
| 32 | AV4 | Schwierig einzustellende Verstellmechanismen nutze ich nicht. | | |
| 33 | FS5 | Ich genieße das Gefühl, am Limit zu fahren. | [TAUBMAN-BEN-ARI ET AL. 2004] | wörtlich übersetzt |
| 34 | SB5 | Ich achte immer sehr auf einen großen Sicherheitsabstand zum Fahrzeug vor mir. | [ADELT ET AL. 1999] | angelehnt |
| 35 | KA5 | Ich genieße es, wenn Motor- und Fahrgeräusche während der Fahrt nur sehr leise im Hintergrund zu hören sind. | [TISCHLER 2013] | angelehnt |
| 36 | DE5 | Es kommt vor, dass ich beim Autofahren Schmerzen im Rücken oder anderen Körperteilen habe. | [ZHANG ET AL. 1996], [KNOLL 2007] | inhaltlich |
| 37 | IO5 | Ich vertreibe mir gerne die Zeit mit dem Multimediasystem des Autos. | | |
| 38 | GE5 | Das nächste Auto, das ich mir kaufe, wird sehr ähnlich wie mein aktuelles Auto sein. | [KOPPELMANN 2001] | inhaltlich |
| 39 | EB5 | Beim Autokauf achte ich darauf, dass das Auto über einen gesundheitszuträglichen Sitz verfügt. | | |
| 40 | AV5 | Wenn ich in ein Auto steige, will ich sofort losfahren. Für die Einstellung von Sitz und Lenkrad habe ich keine Zeit. | | |
| 41 | FS6 | Ich fahre in der Regel gerne schnell und sportlich. | [KRIST 1994], [GENGENBACH 1997], [ESTERMANN 1999], [SACHER 2009] | wörtlich |
| 42 | SB6 | Beim Autofahren denke ich immer an die Unfallgefahr. | [ELLINGHAUS & SCHLAG 1984], [ENGELBRECHT 2013] | wörtlich |
| 43 | KA6 | Ich bevorzuge eine leichtgängige Lenkung, bei der kein großer Kraftaufwand benötigt wird. | [BOOTZ ET AL. 2013], [BUBB ET AL. 2015C] | inhaltlich |
| 44 | DE6 | Ich fühle mich während des Autofahrens regelmäßig müde und schläfrig. | [KRIST 1994], [ZHANG ET AL. 1996], [KNOLL 2007] | inhaltlich |
| 45 | IO6 | Ich bediene das Multimediasystem des Autos häufig während der Fahrt. | | |
| 46 | GE6 | Ich würde mich als Gewohnheitsmenschen bezeichnen. | | |
| 47 | EB6 | Ich versuche die für Autos empfohlene Körperhaltung während der Fahrt einzunehmen. | | |
| 48 | AV6i | Ich nehme mir viel Zeit, um Lenkrad und Sitz einzustellen. | | |

Tabelle A.20: ERPI-A Items inkl. Ursprungsquellen (Teil 3/3)

A.2 Anwendungsstudie - Studiendesign

| Hyp | ERPI-A | erwarteter Einfluss | spezifische Untersuchung | Prüfstand |
|-------------------------------------|--|---|--------------------------|-----------|
| H1 | FS | Haltung nahe Lenkrad | | FEPS |
| | SB | Haltung vorne/oben | | FEPS |
| | | Genaue Einstellung der Haltung | | FEPS |
| | KA | Vorbildliche Handhaltung während der Fahrt | | FEPS |
| | | Eher zurückgelehnte Haltung | | FEPS |
| | DE | Abstützung der Ellenbogen während der Fahrt | | FEPS |
| | | Starke Anpassung der Körperhaltung während der Fahrt | | FEPS |
| | IO | Sitz-/Lenkradposition abhängig von Infotainmentsystem | Touchscreenposition | FEPS |
| | | Abstützung des rechten Ellenbogens, um Touch besser bedienen zu können | | FEPS |
| | GE | Steilere Einstellung der Rückenlehne | | FEPS |
| | | Übernahme von Körperhaltung, Sitz- / Lenkradposition aus gewohntem Fahrzeugkonzept | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | EB | Geringe Variation von Körperhaltung, Sitz-/Lenkradposition | Startposition | FEPS |
| Ergonomisch sinnvolle Körperhaltung | | | FEPS | |
| AV | Starke Variation von Körperhaltung Sitz-/Lenkradposition | Startposition | FEPS | |
| H2 | SB | Genaue Überprüfung der vorgenommenen Einstellungen | | FEPS |
| | DE | Problematisch richtige Sitz- und Lenkradposition zu finden | | FEPS |
| | | Verstellung von Sitz und Lenkrad während der Fahrt | | FEPS |
| | IO | Berücksichtigung des Touchscreens bei Einstellprozess | | FEPS |
| | GE | Bei ungewohnten Fahrzeugkonzepten dauert Einstellvorgang länger | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | EB | Einstellung von Sitz / Lenkrad erfolgt eher langsam, da gewissenhaft | | FEPS |
| | | Berücksichtigung von Sicht / Erreichbarkeit / Unterstützungsflächen bei Einstellprozess | | FEPS |
| AV | Einstellung von Sitz / Lenkrad erfolgt sehr schnell | | FEPS | |
| | Beim Einstellvorgang werden nicht alle Möglichkeiten genutzt | | FEPS | |
| H3 | FS | Fokussierung auf Fahraufgabe | | FEPS |
| | SB | Fokussierung auf Fahraufgabe | | FEPS |
| | DE | Fokussierung auf Fahraufgabe → Vermeidung von zusätzlicher Bewegung | | FEPS |
| | IO | Fokussierung auf Infotainment (sekundäre Aufgabe) | | FEPS |
| | AV | Fokussierung auf Fahraufgabe → Vermeidung von Aufwand | | FEPS |

Tabelle A.21: Ausführliche Übersicht Unterhypothesen und Untersuchungen (Teil 1/2)

| Hyp | ERPI-A | erwarteter Einfluss | spezifische Untersuchung | Prüfstand |
|-----|---|--|--------------------------|-----------|
| H4 | FS | Generell positive Bewertung des Fahrzeugs | | FEPS |
| | | Bevorzugung von sportlichem Fahrzeugkonzept | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | | Fahrerzentrierung bevorzugt | Aufbau | PC |
| | | Sportlenkrad bevorzugt | Aufbau | PC |
| | | Bevorzugung von Bedienkonzept mit geringer Ablenkung | Bedienkonzept | PC |
| | SB | Generell negative Bewertung des Fahrzeugs | | FEPS |
| | | Gute Übersicht wichtig (Hohes H30 / H5) | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | | Bevorzugung von sicheren, bekannten Bedienkonzepten | Bedienkonzept | PC |
| | | Bevorzugung von bekannter Anordnung und Elemente | Aufbau | PC |
| | | Bevorzugung von Sitz mit Sicht nach vorne bei Automatisierung | Autom. Fahren | PC |
| | KA | Schlechtere Bewertung des Komforts, da hoher Anspruch | | FEPS |
| | | Bevorzugen von mittlerem/hohem H30 | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | | Freiraum (Wegfall Mittelkonsole) bevorzugt | Aufbau | PC |
| | | Bevorzugung von komfortablen Bedienkonzepten | Bedienkonzept | PC |
| | DE | Generell höhere Bewertung des Diskomforts | | FEPS |
| | | Höhere mentale Beanspruchung | | FEPS |
| | | Höhere körperliche Beanspruchung | | FEPS |
| | | Schlechtere Bewertung des Eigenzustands | | FEPS |
| | | Bevorzugen von mittlerem/hohem H30 | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | IO | Meinung zu Touchscreenposition vorhanden | Touchscreenposition | PC |
| | | Neue Bedienkonzepte bevorzugt | Bedienkonzept | PC |
| | GE | Gewohntes Fahrzeugkonzept wird besser bewertet | Fahrzeugkonzept | FEPS |
| | | Bevorzugung von bekanntem Bedienkonzept | Bedienkonzept | PC |
| | | Neue Bedienkonzepte abgelehnt | Bedienkonzept | PC |
| | | Ungewohnte Interieurelemente abgelehnt | Aufbau | PC |
| | | Neue Sitzkonzepte abgelehnt | Autom. Fahren | PC |
| | EB | Generell kritische Bewertung der Ergonomie | | PC |
| | | Korrekte Bewertung der Vorteile der Konzepte hinsichtlich Sicht und Erreichbarkeit | Touchscreenposition | FEPS |
| | | Bevorzugung von ergonomischen Bedienkonzepten | Bedienkonzept | PC |
| | | Bevorzugung von ergonomischer Variante | Autom. Fahren | PC |
| AV | Geringe Unterschiede bei der Bewertung der unterschiedlichen Konzepte | | PC | |

Tabelle A.21: Ausführliche Übersicht Unterhypothesen und Untersuchungen (Teil 2/2)

| Bewertung der Fahrzeugvariante | | | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Bitte bewerten Sie die soeben getestete Fahrzeugvariante anhand der folgenden Aussagen. Inwieweit treffen die folgenden Aussagen aus Ihrer Sicht auf das Fahrzeug zu? * | | | | | |
| | trifft überhaupt nicht zu | trifft eher nicht zu | weder noch | eher zutreffend | trifft voll und ganz zu |
| Das Fahrzeug ist sehr komfortabel. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Fahrzeug vermittelt einen sehr großen Fahrspaß. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Fahrzeug ist sehr sportlich. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Fahrzeug ist sehr sicher. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Körperhaltung im Fahrzeug gefällt mir sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Sitzposition gefällt mir sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Lenkradposition gefällt mir sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich habe die richtige Sitzposition sehr leicht gefunden. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich habe die richtige Lenkradposition sehr leicht gefunden. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ich fühle mich im Fahrzeug sehr wohl. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Armauflagen unterstützen meinen Körper sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Fahrzeug bietet einen sehr guten Freiraum. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Fahrzeug ist sehr übersichtlich. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Sicht auf die Straße ist sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Sicht auf das Kombiinstrument ist sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Sicht auf den Touchscreen ist sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Erreichbarkeit des Lenkrads ist sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Erreichbarkeit der Pedalerie ist sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Die Erreichbarkeit des Touchscreens ist sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Das Fahrzeug gefällt mir insgesamt sehr gut. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

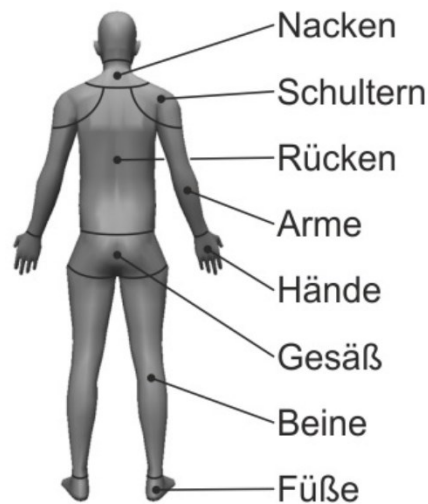
Bild A.6: Fragebogen zur Bewertung der Fahrzeugvariante

Verspannungen und Druckstellen bei der Fahrzeugvariante

Bitte bewerten Sie im Folgenden, inwieweit Sie während der Fahrt in den einzelnen Körperteilen Verspannungen und/oder Druckstellen gespürt haben. *

| | keine Verspannungen / Druckstellen | | | | | starke Verspannungen / Druckstellen | |
|-----------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|
| Nacken | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Schultern | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Rücken | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Arme | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Hände | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Gesäß | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Beine | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Füße | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Einteilung Körperteile



Wie komfortabel empfanden Sie die Sitzhaltung bei dieser Fahrzeugvariante? *

| | unkomfortabel | | | | | komfortabel | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ich sitze äußerst | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Wie schnell ermüden Sie, wenn Sie für längere Zeit in dieser Fahrzeugvariante fahren? *

| | schnell | | | normal | | | langsam | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ich glaube, in dieser Sitzhaltung ermüde ich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Bild A.7: Fragebogen Bewertung Diskomfort nach [KRIST 1994, S. 138 f.]

Beanspruchung durch Fahrzeugvariante

Mit den folgenden Fragen soll überprüft werden, wie anstrengend oder belastend Sie die Fahrt empfunden haben. Sie sollen dabei die Gesamtaufgabe, die aus dem Zusammenspiel der Fahraufgabe und der sekundären Aufgabe auf dem Touchscreen besteht, bewerten.

Bitte positionieren Sie den Schieberegler bei jeder Skala an die Stelle, die Ihre Empfindung am besten widerspiegelt.

Geistige Anforderungen *

Wie viel geistige Anstrengung war bei der Informationsaufnahme und bei der Informationsverarbeitung erforderlich (z. B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Hinsehen, Suchen...)? War die Aufgabe leicht oder anspruchsvoll, einfach oder komplex, erforderte sie hohe Genauigkeit oder war sie fehlertolerant?

gering  hoch

Körperliche Anforderungen *

Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z. B. Ziehen, Drücken, Drehen, Steuern, Aktivieren...)? War die Aufgabe leicht oder schwer, einfach oder anstrengend, erholsam oder mühselig?

gering  hoch

Zeitliche Anforderungen *

Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt, mit dem die Aufgaben oder Aufgabenelemente auftraten? War die Aufgabe langsam und geruhsam oder schnell und hektisch?

gering  hoch

Leistung *

Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung bei der Verfolgung dieser Ziele?

gut  schlecht

Anstrengung *

Wie hart mussten Sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen?

gering  hoch

Frustration *

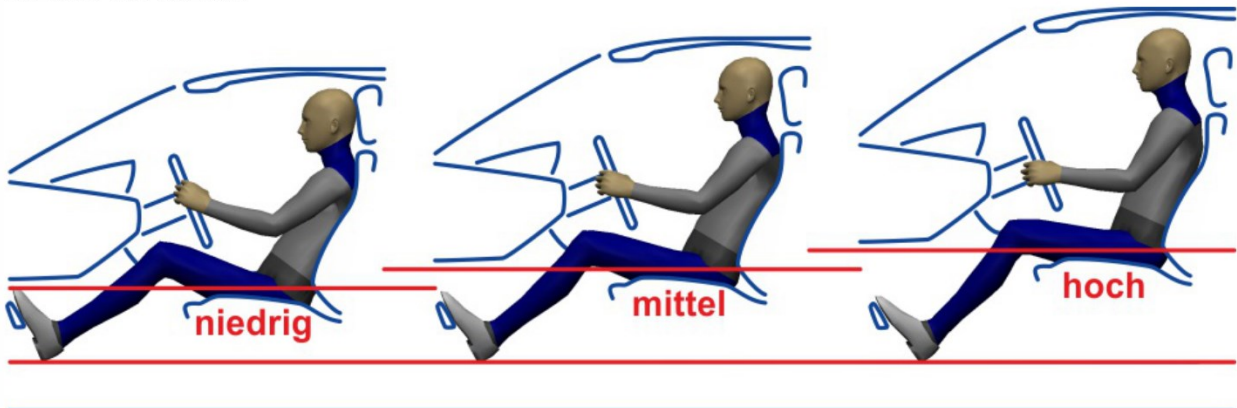
Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe?

gering  hoch

Bild A.8: Fragebogen NASA-TLX nach [HART & STAVELAND 1988, S. 178]

Vergleich der Fahrzeugvarianten

Sitzhöhe im Fahrzeug

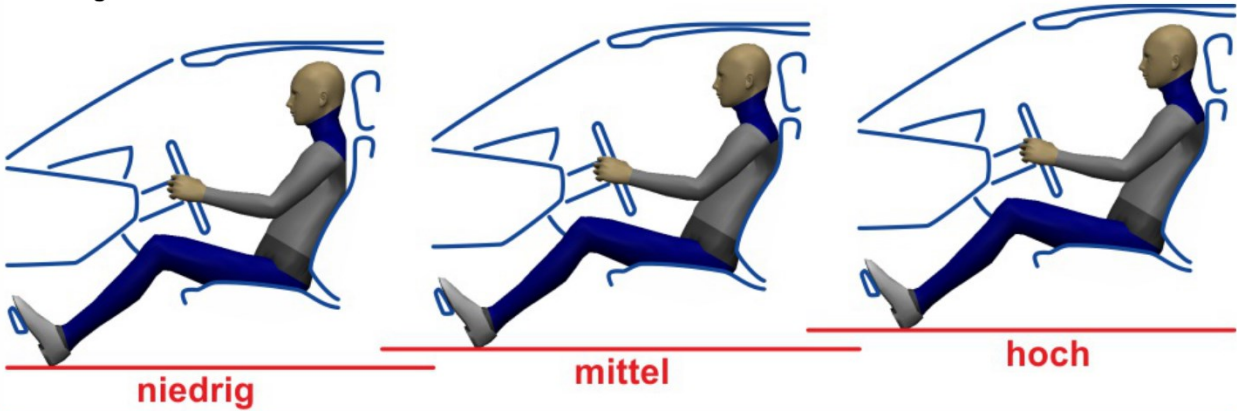


Im vorangegangenen Versuch sind Sie mit mehreren Fahrzeugvarianten gefahren, die sich unter anderem in der **Sitzhöhe im Fahrzeug** unterschieden haben. Bitte vergleichen Sie die Fahrzeugvarianten anhand der folgenden Frage.

Welche Fahrzeugvariante gefällt Ihnen hinsichtlich der folgenden Eigenschaften am besten?

| | Sitz niedrig | Sitz mittel | Sitz hoch | alle gleich |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Komfort | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fahrspaß | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sicherheit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Körperhaltung | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Insgesamt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fahrzeughöhe über der Fahrbahn



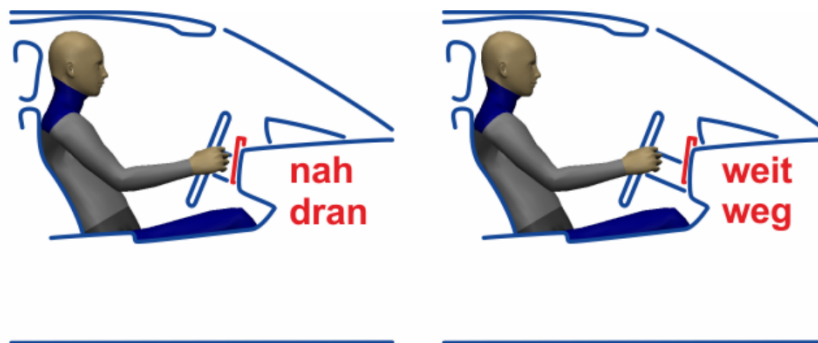
Im vorangegangenen Versuch sind Sie mit mehreren Fahrzeugvarianten gefahren, die sich unter anderem in der **Fahrzeughöhe über der Fahrbahn** unterschieden haben. Bitte vergleichen Sie die Fahrzeugvarianten anhand der folgenden Frage.

Bild A.9: Abschließende Befragung - Vergleich Fahrzeugvarianten (Teil 1/2)

Welche Fahrzeugvariante gefällt Ihnen hinsichtlich der folgenden Eigenschaften am besten?

| | Fahrzeug niedrig | Fahrzeug mittel | Fahrzeug hoch | alle gleich |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Komfort | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fahrspaß | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sicherheit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Körperhaltung | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Insgesamt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Position des Touchscreens



Im vorangegangenen Versuch sind Sie mit mehreren Fahrzeugvarianten gefahren, die sich unter anderem in der **Position des Touchscreens** unterschieden haben. Bitte vergleichen Sie die Fahrzeugvarianten anhand der folgenden Frage.

Welche Fahrzeugvariante gefällt Ihnen hinsichtlich der folgenden Eigenschaften am besten?

| | Touchscreen nah dran | Touchscreen weit weg | beide gleich |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Komfort | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fahrspaß | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sicherheit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Körperhaltung | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Insgesamt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Bild A.9: Abschließende Befragung - Vergleich Fahrzeugvarianten (Teil 2/2)

Allgemeinbefinden im Augenblick

Mit der folgenden Fragen soll überprüft werden, wie Ihr Allgemeinbefinden aktuell ist.

Bitte schätzen Sie spontan, ohne viel zu überlegen ein, inwieweit die folgenden Aussagen auf Ihr Allgemeinbefinden im Augenblick zutreffen.

Insgesamt fühle ich mich im Augenblick... *

| | gar nicht 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | völlig 5 |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| gutgelaunt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| erholt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| kraftvoll | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| fröhlich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| selbstsicher | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| matt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| energiegeladen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| mitteilsam | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| schläfrig | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| beliebt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| anerkannt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| ausgeruht | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| ruhig | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| kontaktbereit | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| routiniert | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| gelassen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Bild A.10: Fragebogen EZK nach [KLEINERT & ENGELHARD 2002; zitiert nach STEINBACHER 2010, S. 114]

Einstellprozess von Sitz und Lenkrad

Achten Sie während der Einstellung von Sitz und Lenkrad auf die folgenden Dinge?

Sie können eine beliebige Anzahl an Elementen auswählen.

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Sicht auf Straße | <input type="checkbox"/> Sicht auf Klimamodul | <input type="checkbox"/> Abstützmöglichkeit Mittelkonsole |
| <input type="checkbox"/> Sicht auf Motorhaube | <input type="checkbox"/> Gute Übersichtlichkeit | <input type="checkbox"/> Abstützmöglichkeit Türe |
| <input type="checkbox"/> Sicht nach oben (z. B. auf Ampeln) | <input type="checkbox"/> Erreichbarkeit Pedalerie | <input type="checkbox"/> Kopffreiheit |
| <input type="checkbox"/> Sicht zur Seite | <input type="checkbox"/> Erreichbarkeit Fußstütze | <input type="checkbox"/> Abstand von Brust zu Lenkrad |
| <input type="checkbox"/> Sicht auf Seitenspiegel | <input type="checkbox"/> Erreichbarkeit Lenkrad | <input type="checkbox"/> Abstand von Beinen zu Lenkrad |
| <input type="checkbox"/> Sicht auf Innenspiegel | <input type="checkbox"/> Erreichbarkeit Multimediasystem | <input type="checkbox"/> Kniefreiheit |
| <input type="checkbox"/> Sicht auf Kombiinstrument | <input type="checkbox"/> Erreichbarkeit Schaltung | |
| <input type="checkbox"/> Sicht auf Zentraldisplay | <input type="checkbox"/> Erreichbarkeit sonstige Bedienelemente | |

Welche der folgenden Einstellfunktionen von Sitz und Lenkrad kennen und nutzen Sie? *

| | kenne ich nicht | kenne ich | habe ich bereits benutzt | benutze ich häufig | benutze ich sehr häufig |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Sitzlängsposition (1) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sitzhöhe (2) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sitzlehnenneigung (3) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sitzflächenneigung (4) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Kopfstützenhöhe (5) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Kopfstützentiefe (6) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sitzflächentiefe (7) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sitzflächenbreite (8) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Seitenabstützung der Sitzfläche (9) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lordosstütze (10) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sitzlehnenbreite (11) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Seitenabstützung der Sitzlehne (12) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lehnenkopferstellung (13) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lenkradlängsposition (14) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lenkradhöhe (15) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lenkradneigung (16) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Bild A.11: Abschließende Befragung - Einstellprozess von Sitz und Lenkrad (Teil 1/2)

Erklärung Einstellfunktionen

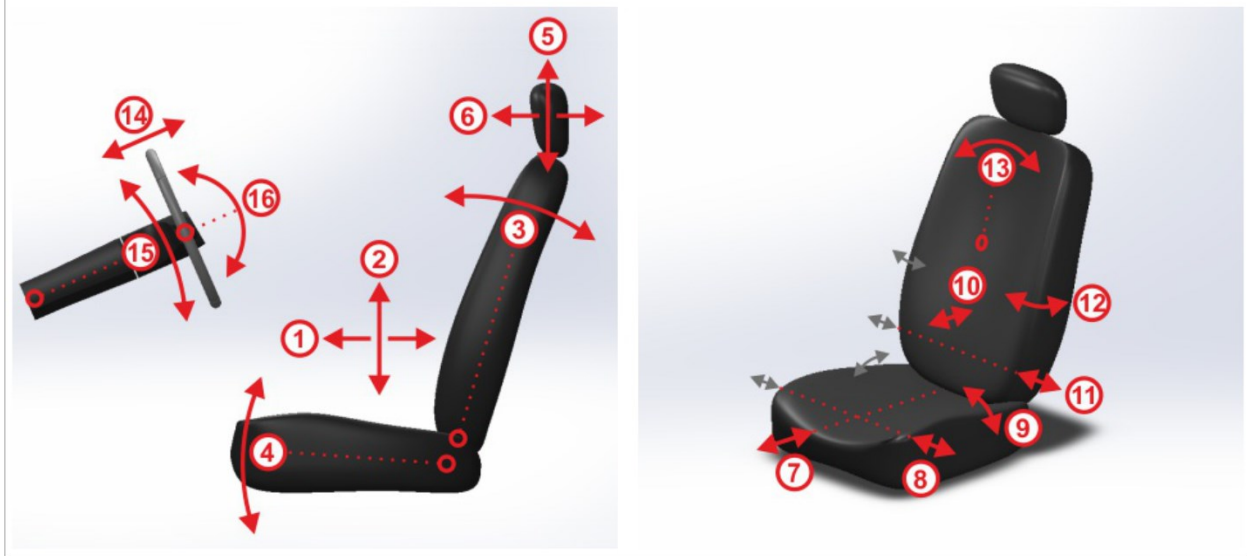


Bild A.11: Abschließende Befragung - Einstellprozess von Sitz und Lenkrad (Teil 2/2)

A.3 Anwendungsstudie - Ergebnisse

| Merkmal | Ausprägung | % |
|-------------------|------------------|------|
| Bildungsabschluss | Universität | 57,5 |
| | Gymnasium | 24,8 |
| | Fachhochschule | 9,7 |
| | Berufsausbildung | 4,4 |
| | Realschule | 1,8 |
| | Meister | 0,9 |
| | FH-reife | 0,9 |
| Beruf | Student/in | 46,0 |
| | Angestellte/r | 43,4 |
| | Selbstständige/r | 4,4 |
| | Beamter/in | 3,5 |
| | keinen | 1,8 |
| Familienstand | ledig | 46,9 |
| | feste Beziehung | 32,7 |
| | verheiratet | 19,5 |
| | geschieden | 0,9 |

| Merkmal | Ausprägung | % |
|----------------|------------|------|
| Haushaltsgröße | 2 | 36,3 |
| | 1 | 18,6 |
| | 3 | 18,6 |
| | 4 | 17,7 |
| | 5 | 8,0 |
| | 6 | 0,9 |

| Merkmal | Einheit | M ± SD | Min | Max |
|---------------|---------|-------------|------|-------|
| Stammlänge | [cm] | 92,6 ± 4,1 | 83,5 | 102,9 |
| Stammlänge m | [cm] | 94,1 ± 3,3 | 86,4 | 102,9 |
| Stammlänge w | [cm] | 88,7 ± 3,0 | 83,5 | 95,8 |
| Taillenumfang | [cm] | 85,4 ± 1,2 | 63,3 | 137,1 |
| Taillenumf. m | [cm] | 88,1 ± 11,6 | 72,8 | 137,1 |
| Taillenumf. w | [cm] | 78,3 ± 8,9 | 63,3 | 97,7 |

N = 113

Tabelle A.22: Ergänzung soziodemografische und anthropometrische Daten

| Merkmal | Ausprägung | % |
|--------------|--------------------|------|
| Image | Volumen | 72,3 |
| | Premium | 27,7 |
| Kategorie | Limousine | 84,2 |
| | Van | 8,9 |
| | SUV | 4,0 |
| | Sportwagen | 2,0 |
| | Transporter | 1,0 |
| Größenklasse | Kompaktklasse | 36,6 |
| | Kleinwagen | 23,8 |
| | Mittelklasse | 15,8 |
| | Minicar | 12,9 |
| | Obere Mittelklasse | 9,9 |
| | Leichtkraftfzg. | 1,0 |

| Merkmal | Ausprägung | % |
|--------------------|------------|------|
| Schaltung | manuell | 64,4 |
| | Automatik | 35,6 |
| Sitzverstellung | manuell | 85,1 |
| | elektrisch | 14,9 |
| Lenkradverstellung | manuell | 74,3 |
| | keine | 13,9 |
| | elektrisch | 5,9 |
| | weiß nicht | 5,9 |

| Merkmal | Einheit | M ± SD | Min | Max |
|---------------|---------|-----------|-----|-----|
| Fahrzeugalter | [Jahre] | 8,6 ± 6,8 | 0 | 33 |

N = 101

Tabelle A.23: Daten zum eigenen / meistgenutzten Fahrzeug

A.4 Hinweise, Abkürzungen und Symbolen für Anwendungsstudie

Signifikanzniveau

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$ \dagger $p < 0,1$

Effektstärke

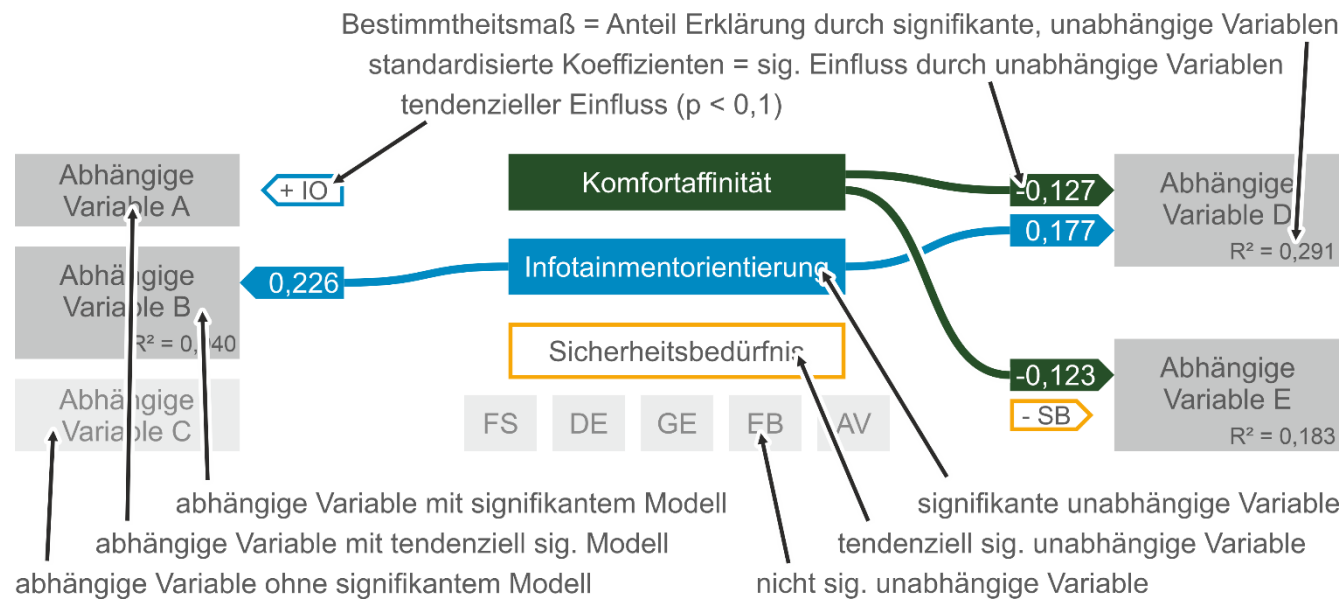
| Effektstärke | Farbgebung | Cohens d | Korrelationskoeffizient | | Phi (ϕ) | Cramers V | korrigiertes R-Quadrat (R^2) |
|--------------|------------|----------|-------------------------|--------------------|----------------|-----------|----------------------------------|
| | | | Pearson (r) | Spearman (r_s) | | | |
| schwach | | 0,20 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,02 |
| mittel | | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,13 |
| stark | | 0,80 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,26 |

Vergleich Extremtypen

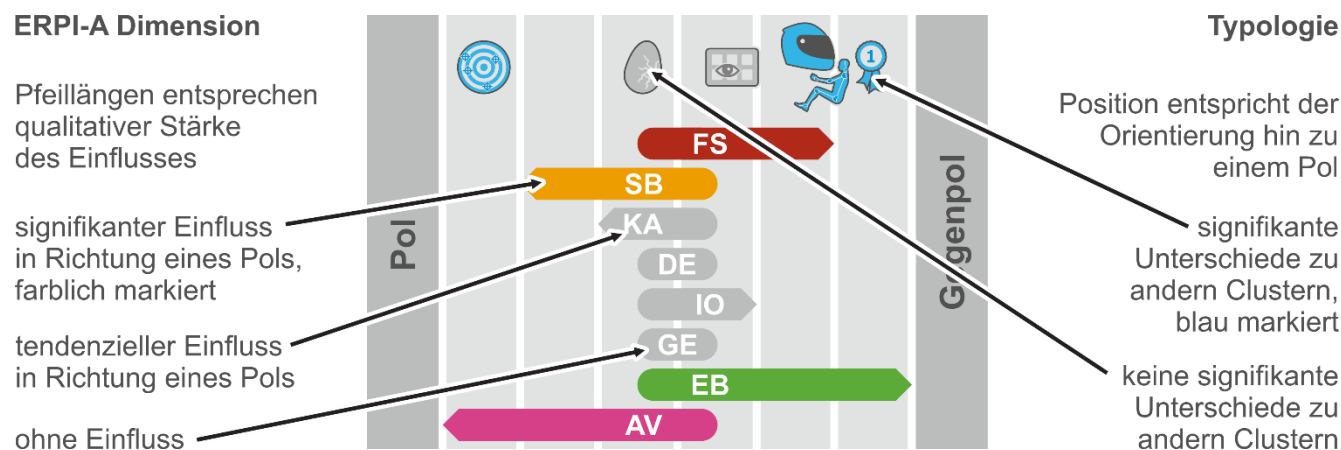
| Vergleichsmaß, z. B. Mittelwert | FS | SB | KA | Interpretation am Beispiel von Fahrspaß |
|---------------------------------|---------|--------|-------|---|
| M \uparrow | 3,27 | 2,81 | 2,94 | M die Gruppe mit hoher FS-Ausprägung weist einen höheren Mittelwert auf |
| M \downarrow | 2,67 | 3,12 | 3,16 | |
| t d | 0,88*** | -0,46* | -0,32 | *** der Unterschied zwischen den Gruppen ist höchst signifikant |

berichtetes Maß für Effektstärke, z. B. Cohens d 0,88 es liegt ein starker Effekt vor (siehe oben)

Multiple Regressionen: Erklärung zur grafischen Darstellung



Qualitativer Einfluss: Erklärung zur grafischen Darstellung



Übersicht Kürzel ERPI-A = Ergonomierelevantes Persönlichkeitsinventar für das Auto

| Dimension | Kürzel | Symbol | Cluster / Typ | Kürzel | Symbole |
|---------------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|---------|
| Fahrspaß | FS | ▶ ▶ | Komfortorientiert Empfindliche | KoEm | ☆ 🧠 |
| Sicherheitsbedürfnis | SB | ⊗ ⊗ | Fahrspaßfokussierte | FaFo | ▶ 🧠 |
| Komfortaffinität | KA | ○ ● | Bedenkenlos Infotainmentorientierte | Beln | □ 🧠 |
| Diskomfortempfindlichkeit | DE | ☆ ☆ | Anspruchsvolle | AnVo | ○ 🏆 |
| Infotainmentorientierung | IO | □ ■ | Sicherheitsbedürftige Ergonomen | SiEr | ⊕ 🧠 |
| Gewohnheit | GE | ◇ ◆ | Aufwandsvermeider | AuVe | ⬡ 🎯 |
| Ergonomiebewusstsein | EB | ⊕ ⊕ | | | |
| Aufwandsvermeidung | AV | ⬡ ⬡ | | | |

Auswahl Abkürzungen

- m = männlich
- w = weiblich
- N = Anzahl
- M = Mittelwert
- M \uparrow = Mittelwert Extremgruppe oberes Drittel
- M \downarrow = Mittelwert Extremgruppe unteres Drittel
- SD = Standardabweichung
- MD = Median
- MD \uparrow = Median Extremgruppe oberes Drittel
- MD \downarrow = Median Extremgruppe unteres Drittel
- % \uparrow = prozentuale Zustimmung oberes Dritte
- % \downarrow = prozentuale Zustimmung unteres Drittel
- Min = Minimum
- Max = Maximum
- DMR = Differenz der mittleren Ränge (oberes - unteres Drittel)
- \uparrow = Extremgruppe oberes Drittel
- \downarrow = Extremgruppe unteres Drittel
- t = t-Test
- U = Mann-Whitney-U-Test
- Chi 2 = Chi-Quadrat-Test
- H = H-Test; Kruskal-Wallis-Test
- d = Cohens d
- r = Korrelationskoeffizient Pearson
- r_s = Korrelationskoeffizient Spearman
- ϕ = Phi
- V = Cramers V
- R^2 = korrigiertes R-Quadrat

Abgrenzung Extremtypen zu Clustern

- Extremtypen = Gruppen mit minimaler und maximaler Ausprägung (oberes und unteres Dritte) je ERPI-A Skala
- Clustern = Gruppen mit unterschiedlichen Profilen hinsichtlich der ERPI-A Ausprägungen basierend auf einer Clusteranalyse mit allen acht ERPI-A Skalen

Lebenslauf

Persönliche Angaben:

Name: Philipp Pomiersky
Geburtsdatum, -ort: 10.04.1987, Ulm
Staatsangehörigkeit: deutsch

Ausbildung:

09/1997 – 06/2006 Gymnasium Studienkolleg St. Johann in Blönried
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
08/2006 – 04/2007 Zivildienst in der Onkologischen Fachklinik Parksanatorium
in Aulendorf
10/2007 – 08/2013 Studium der Fahrzeug- und Motorentchnik an der Universi-
tät Stuttgart
Abschluss: Diplom

Studienbegleitende Tätigkeiten:

11/2009 – 07/2011 Tutor für Konstruktionslehre am Institut für Konstruktions-
technik und Technisches Design, Universität Stuttgart
11/2011 – 06/2012 Studentische Hilfskraft am Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design (IKTD), Forschungs- und Lehrge-
biet Technisches Design, Universität Stuttgart
08/2012 – 01/2013 Fachpraktikum bei der Daimler AG in Sindelfingen in der
Abteilung Studio Engineering HMI & BAK
02/2013 – 08/2013 Diplomarbeit bei der BMW AG in München in der
Abteilung Ergonomie und Komfort

Berufserfahrung:

10/2013 – 01/2020 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Konstruktions-
technik und Technisches Design (IKTD), Forschungs- und
Lehrgebiet Technisches Design, Universität Stuttgart
seit 08/2020 Akademischer Rat am Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design (IKTD), Lehrstuhl für Interior Design En-
gineering, Universität Stuttgart

ISBN-13: 978-3-946924-15-9