



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart

Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

Prof. Dr.-Ing. T. Maier

Franziska Kern

Untersuchung zum Designalter der Produktgestalt im automobilen Kontext

Bericht Nr. 716

Untersuchung zum Designalter der Produktgestalt im automobilen Kontext

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

von
Franziska Kern
geboren in Dortmund

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier
Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Wagner

Tag der mündlichen Prüfung: 19.09.2023

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

2023

D 93

ISBN-13: 978-3-946924-24-1

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

*"Müde macht uns die Arbeit, die wir liegen lassen,
nicht die, die wir tun."*

(Marie von Ebner-Eschenbach)

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als akademische Mitarbeiterin am Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design des Instituts für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Universität Stuttgart.

Dessen Leiter Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier danke ich herzlich für das in mich gesetzte Vertrauen und seine Unterstützung bei der Umsetzung meiner Forschungs idee. Seiner Fürsprache verdanke ich die Forschungsförderung der Firma Index, mit der die umfangreichen Probandenversuche realisiert werden konnten.

Ebenfalls danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Andreas Wagner für das Interesse an meiner Arbeit und das Verfassen des Mitberichtes sowie Frau Prof. Dr.-Ing. Katharina Hölzle für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes meiner mündlichen Doktorprüfung.

Des Weiteren möchte ich den Kollegen und Kolleginnen am IKTD, allen voran Herrn Dr.-Ing. Daniel Holder, meinen Dank aussprechen für die angenehme Zusammenarbeit. Die fachlichen Diskussionen und Anregungen zu meiner Forschungsarbeit habe ich stets als bereichernd empfunden.

Ich danke auch Herrn Dr.-Ing. Philipp Pomiersky, Herrn Florian Reichelt M.Sc. und Herrn Lutz Fischer M.Sc. für die sorgfältige Durchsicht dieser Arbeit. Nicht zuletzt ihre kritischen Hinweise und Fragen haben der Dissertation ihren Feinschliff gegeben.

Besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich über all die Jahre meiner Ausbildung und meiner Promotionszeit in meinem Weg unterstützt und stets bestärkt hat.

Zuletzt danke ich Lars, der mich durch die Höhen und Tiefen dieser intensiven Zeit begleitet hat. Vielen Dank für deine Geduld und dein Verständnis.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	VI
Formelzeichen	VIII
Abstract.....	IX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit.....	3
1.3 Struktur der Arbeit.....	5
2 Stand der Forschung	7
2.1 Produktgestaltung im Technischen Design.....	7
2.1.1 Definition der Produktgestalt.....	7
2.1.2 Nutzerzentrierte Produktgestaltung.....	9
2.2 Visuelle Wahrnehmung.....	10
2.2.1 Grundlagen des menschlichen Sehens	10
2.2.2 Physiologische und psychologische Aspekte.....	13
2.2.3 Bedeutung für die Produktwahrnehmung.....	15
2.3 Einflussgröße Zeit	15
2.3.1 Produkttrends und Designzyklen	17
2.3.2 Designobsoleszenz.....	19
2.3.3 Designalter.....	23
3 Produktbeispiel Automobil.....	25
3.1 Begründung der Produktwahl	25
3.1.1 Gesellschaftliche Bedeutung des Automobils	26
3.1.2 Technologisches und gestalterisches Potenzial.....	28
3.2 Wissenschaftliche Untersuchungen zum Fahrzeugexterieur	30
3.2.1 Strukturierung der Fahrzeuggestalt.....	30
3.2.2 Wahrnehmung der Fahrzeuggestalt.....	34
3.2.3 Wahrnehmung von Designalter.....	37
3.3 Weitergehender Forschungsbedarf.....	41
4 Versuchsplanung	43
4.1 Hypothesen.....	43
4.1.1 Gestaltung des Designalters	43

4.1.2	Vergleich von Wahrnehmung und Konfiguration	44
4.1.3	Einfluss von Designelementen	45
4.2	Versuchsmethodik.....	46
4.2.1	Conjoint-Analyse	47
4.2.1.1	Theoretische Grundlagen	47
4.2.1.2	Anwendungsbeispiele.....	54
4.2.1.3	Adaptierung für das Designalter	56
4.2.2	Produktkonfigurator.....	58
4.2.2.1	Einsatz von Produktkonfiguratoren.....	58
4.2.2.2	Entwicklung eines Fahrzeugkonfigurators	59
4.2.3	Virtuelle Versuchsumgebung	69
4.2.3.1	Technische Voraussetzungen und Möglichkeiten	69
4.2.3.2	Aufbau der Versuchsumgebung mit Unreal Engine.....	70
4.2.3.3	Implementierung des Fahrzeugkonfigurators	73
4.2.4	Probandenbeurteilung	80
4.2.4.1	Demografischer Fragebogen.....	80
4.2.4.2	Räumliches Wahrnehmungsvermögen.....	81
5	Studie zum Designalter	83
5.1	Versuchsdurchführung	83
5.1.1	Versuchsaufbau und Ablauf	83
5.1.2	Stichprobe	85
5.2	Charakterisierung des Probandenkollektivs	86
5.2.1	Demografie.....	86
5.2.2	Vermögen und Kompetenzen.....	86
6	Ergebnisse	89
6.1	Auswertung der Conjoint-Analyse	91
6.1.1	Aggregierte Teilnutzen	91
6.1.2	Individuelle Teilnutzen.....	95
6.1.3	Normierung der Teilnutzen.....	95
6.2	Auswertung des Konfiguratorexperiments	97
6.2.1	Datenbereinigung.....	97
6.2.2	Häufigkeitsverteilungen.....	97
6.3	Ergebnisse zur Gestaltung des Designalters	99
6.3.1	Vergleich der Designalter	99
6.3.2	Interpretationsraum zum Kühlergrill	102
6.3.3	Statistische Auswertung zur Zeiteinschätzung und Altersdifferenz	104
6.4	Ergebnisse zur Wahrnehmung und Konfiguration des Designalters	107
6.4.1	Clusteranalyse	107
6.4.1.1	Wahrnehmungskcluster.....	107

6.4.1.2 Konfigurationscluster.....	112
6.4.2 Statistische Auswertung der Cluster	113
6.5 Ergebnisse zum Einfluss von Designelementen	115
6.5.1 Vorüberlegungen	115
6.5.2 Statistische Auswertung.....	117
6.6 Zusammenfassung	125
7 Interpretation der Studienergebnisse und Fazit	126
7.1 Interpretationsgrundlage	126
7.2 Anwendung im Fahrzeugdesign.....	127
7.3 Bedeutung für das Produktdesign.....	130
8 Zusammenfassung.....	131
9 Ausblick	133
Literaturverzeichnis	137
Anhang	157
A1 Reizmuster des Conjoint-Fragebogens.....	157
A2 Fahrzeugkonfigurator	158
A3 Demografischer Fragebogen	159
A4 Häufigkeitsverteilung des Konfiguratorexperiments	163
A5 Dendrogramme aus hierarchischer Clusteranalyse nach Ward	164
A6 Demografie der Wahrnehmungscluster	165
Lebenslauf.....	171

Abkürzungsverzeichnis

Abk.	Erläuterung
AA	Additiv-additiver Fahrzeugaufbau
AC	Additiv-kubischer Fahrzeugaufbau
ADAC	Allgemeiner Deutsche Automobil-Club e.V.
AI	Additiv-integrativer Fahrzeugaufbau
APA	American Psychological Association
AR	Augmented Reality
AV	Abhängige Variable
AVP	Automobile Visualization Plattform
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BEV	Battery Electric Vehicle
BMW	Bayrische Motorenwerke
CAD	Computer Aided Design
CAS	Computer Aided Selling
CPP	C++ Quelltextdatei
CPQ	Configure Price Quote
Ebd.	Ebenda
FZV	Fahrzeug-Zulassungsverordnung
HCI	Human Computer Interaction
HUD	Head-Up-Display
IAA	Internationale Automobil-Ausstellung
IC	Integrativ-kubischer Fahrzeugaufbau
II	Integrativ-integrativer Fahrzeugaufbau
IQ	Intelligenzquotient
ISO	Internationale Organisation für Normung

KBA	Krafftahrt-Bundesamt
KBAG	Gesetz über die Errichtung eines Krafftahrt-Bundesamtes
LED	Light Emitting Diode
M	Mittelwert
MAYA	Most advanced, yet acceptable
MMI	Mensch-Maschine-Interaktion
N	Stichprobenumfang
NAIAS	North American International Auto Show
nm	Nanometer
OLS	Ordinary Least Square
PCS	Product Configuration System
PEP	Produktentwicklungsprozess
RBC	Recognition by Components
SD	Standardabweichung
Sig.	Signifikanz
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Std.	Standard
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
UCD	User Centered Design
UE	Unreal Engine
UV	Unabhängige Variable
VL	Versuchsleiter
VR	Virtual Reality
VW	Volkswagen
WTS	Wiener Testsystem
ZFZR	Zentrales Fahrzeugregister

Formelzeichen

Symbol	Einheit	Erläuterung
β_0	[a]	Basisnutzen
β_{jm}	[a]	Teilnutzenwert für Ausprägung m von Merkmal j
β_j^{Min}	[a]	minimaler Teilnutzenwert von Merkmal j
η_p^2		partielles Eta-Quadrat
M		Anzahl der Ausprägungen von Merkmal j
p		Wahrscheinlichkeit
\hat{U}_k	[a]	geschätzter Gesamtnutzenwert
U_k	[a]	beobachteter Gesamtnutzenwert (aus Probandenbewertungen)
V		Cramers V
w_j	[%]	Relative Wichtigkeit des Merkmals j
x_{jm}		Dummyvariable: 1, falls das Merkmal j in Ausprägung m vorliegt, andernfalls 0
χ^2		Chi-Quadrat
y^k	[a]	geschätzter Gesamtnutzenwert für das Reizmuster k

Hinweis für die Leserschaft

Der Verweis auf Primärliteratur erfolgt innerhalb des fortlaufenden Texts in eckigen Klammern, wobei sich Kurzbelege am Ende eines Absatzes auf den gesamten Absatz beziehen. Sekundärliteratur ist durch runde Klammern bzw. einen kursiven Schriftschnitt gekennzeichnet. Die vollständigen Quellenangaben finden sich im Literaturverzeichnis.

Im Interesse einer besseren Lesbarkeit wird diese Arbeit nicht ausdrücklich in geschlechtsspezifische Personenbezeichnungen differenziert. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Abstract

The design age describes the temporal classification that a product receives based on its external appearance. Previous studies have shown that this time stamp can be perceived by observers.

The present work is dedicated to the question of whether the design age can also be actively shaped and which factors affect the designer and the product. The solution of this task requires the successful handling of two essential elements: A suitable experimental environment must be created for researching the design age, and data on the design age of exemplary products must be collected, analysed and evaluated.

In Chapter 2, the basics of product gestalt in industrial design engineering, the functioning of visual perception and the influence of time are presented. Time influences products in three possible ways. In addition to design age, there are design obsolescence and design cycles (see figure 1). Obsolescence effects make products appear outdated and reduce their attractiveness. This can lead to the termination of use despite full functionality and trigger the purchase of a new product. Design cycles set the pace at which products change. The extent of this depends strongly on the product category. For product renewal rates, there are extreme examples in the textile industry or in architecture.

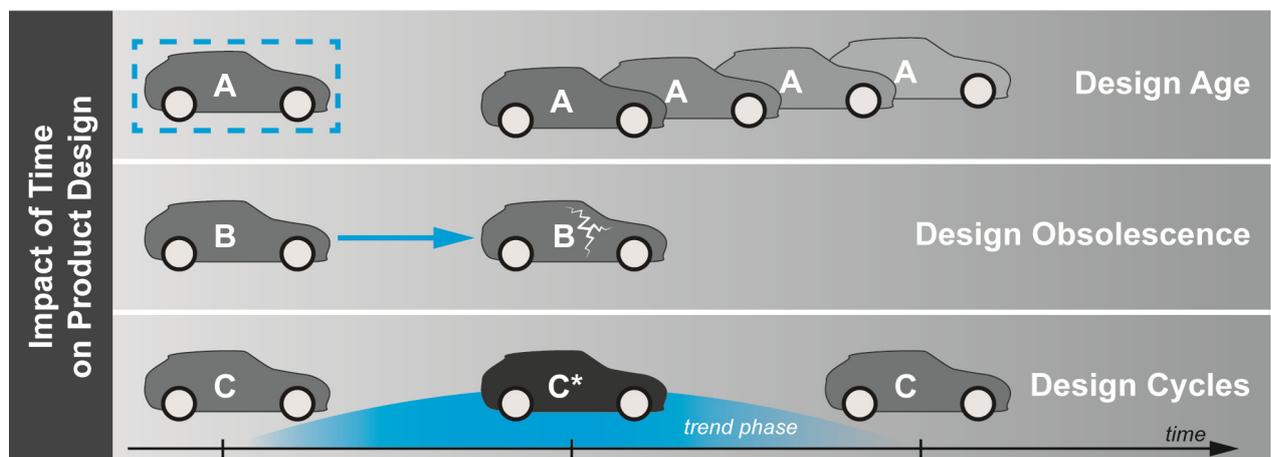


Figure 1: Design age (A), design obsolescence (B) and design cycles (C) as impact of time on product design

For the research of the design age, a product with moderate trend dynamics and a justifiable resilience to obsolescence is sought. Chapter 3 sets out the suitability of the automobile and gives a general overview of user-centered research on vehicle exteriors. This includes previous studies on automotive design age and the resulting need for further research.

Building on this, the fourth chapter is devoted to the design of experiments. The research questions are structured into three hypothesis complexes, which are to be investigated with the help of a dual research approach. According to the basic scheme of human-product interaction, the product perception of the participants is recorded with a conjoint analysis, while their designing performance is tracked in a configuration experiment. In addition, demographic data is collected and spatial perception is tested. A vehicle configurator is implemented with the Unreal Engine and allows the variation of six concise design features on the automobile: layout, radiator grille and radiator inlay, headlights, bumper and rims. The participants move through a virtual test environment in the first-person perspective and manipulate the vehicle design in order to create specific design ages.

A detailed description of the experimental setup can be found in chapter 5. In addition to the characterisation of the test group, the assessment of the collected study data is explained.

The sixth chapter tests the hypothesis complexes using the findings from the combination of conjoint analysis and the configurator experiment. This includes the calculation of the aggregated, individual and standardised part worth utilities from the conjoint analysis. These values provide information about the perceptual preferences of the participants. The data from the configuration experiment are checked for plausibility, adjusted and compiled into frequency distributions.

The results show that the participants are able to adequately configure the vehicles according to the given design ages. The age estimates of the configured vehicles as well as the age differences between two design ages show significant differences.

For further interpretation, the participants are divided into clusters according to their perceptual preferences and their configuration activity. It becomes apparent that the affiliations to the clusters correlates with each other. People who perceive the design age in a certain way also have similar configuration results. No significant meaningful demographic correlations are found. However, the sample is comparatively young, has above-average qualifications and lives mostly in the Stuttgart area, which limits the predictive power.

Deeper insights are gained into the design elements under examination. These include the hierarchy among each other on the basis of relative importance and the ability of individual design elements to distinguish specific design ages with their respective characteristics. The headlights stood out in particular as they can distinguish all design ages from each other. The findings are verified by statistical methods.

The interpretation of the results in chapter 7 reveals the potential for application in vehicle design and the significance for product design. For example, it could be beneficial to adapt future product development or model maintenance measures according to the design age perception in order to act in a resource-efficient manner.

While the headlights, due to their omnipotence at altering the temporal perception in every desired direction, are already set as the starting point for shaping the design age of a car, other design elements may respond well with certain customer groups or car types. The rims seem to have a limited effect in the overall population, but strongly influence the perception of a small group of enthusiasts. The even less notable radiator grille and radiator inlay could thrive in future car concepts as the observers' expectations evolve with a changing vehicle fleet. As the technical necessity for radiators diminishes in BEVs, the car front opens up for new design impulses. The design age may be used to create an appropriate temporal context while maintaining the reference to previous product generations.

Chapter 8 summarises the previous chapters and the thesis is completed with an outlook in chapter 9.

1 Einleitung

1.1 Motivation und Problemstellung

Wenn vom Zeitgeist [KLOSE, 1991, S. 27] oder vom Geschmack einer Zeit („*flavour of an era*“ [DOWLEN, 2013, S. 186]) im Kontext von Produktdesign gesprochen wird, geht es um das Designalter. Jedes Industrieprodukt trägt einen individuellen Zeitstempel in seiner Gestalt, aufgeprägt durch die zeitspezifischen Designentscheidungen während der Produktentwicklung. Heimann und Schütz sehen diese Kultur- und Zeitgeistdimension als eigenständige Wirkebene des Designs an [HEIMANN UND SCHÜTZ, 2020, S. 110]. Werden die einmal entworfenen Produkte in Serie fortlaufend produziert und über den rentablen Zeitraum verkauft, kann das Designalter über Jahre konserviert werden.

Vorausgegangene Untersuchungen konnten belegen, dass Menschen in der Lage sind, das Designalter wahrzunehmen und Produkte entsprechend ihrer chronologischen Reihenfolge zu ordnen (u. a. [KERN UND MAIER, 2020], [KIESSLING ET AL., 2021]). Diese Fähigkeit kann in Abbildung 1.1 am Beispiel des VW T1 Samba von 1950 und dem 72 Jahre später in den Markt eingeführten VW ID.Buzz nachvollzogen werden. Trotz identischer Farbgebung und Darstellungsweise ist der Unterschied im Designalter offensichtlich.



Abbildung 1.1: VW T1 Samba (1950) und VW ID.Buzz (2022) [Volkswagen Newsroom, 2017]

Wenn Designfreeze und Markteinführung weit auseinanderliegen oder das Produkt absehbar über einen langen Zeitraum produziert werden soll, resultieren daraus neue Herausforderungen für die zeitkohärente Produktgestaltung. Im ersten Fall muss das Produkt die sich ändernden Ansprüche an das Design, die innerhalb dieser Zeitspanne entstehen, kompensieren können, damit es nicht bereits beim Markteintritt als veraltet wahrgenommen wird. Dieser Veralterungseffekt kann ebenfalls innerhalb langer Produktionszeiträume auftreten. Ein Generationswechsel verursacht dann zusätzliches Konfliktpotenzial, wenn Kunden im kritischen Zeitfenster die letzten „alten Produkte“ und die ersten Nachfolgemodelle erwerben können. Neben den bekannten Hürden stellt das Designalter somit eine weitere Ursache dar, warum ein Produkt im Wettbewerb unterliegen kann.

Im Kontext des Designalters definiert Dowlen drei Gruppen von zeitlich unpassenden Produkten: Produkte, die in jeder Zeit deplatziert wären, und jene Produkte, die zu früh oder zu spät auf den Markt gekommen sind. Hierbei ist zu betonen, dass es sich bei seinen Untersuchungen um Formbetrachtungen handelt, unabhängig vom zeitlich bedingten technologischen Fortschritt. [DOWLEN, 2013, S. 177]

Um dem zeitlichen Dilemma zu entgehen, gibt es bereits verschiedene Lösungsansätze. In der Automobilindustrie ist es beispielsweise üblich, mit Modellüberarbeitungen, den sogenannten Facelifts, Modelle circa vier Jahre nach Markteinführung vorrangig formal-ästhetisch zu modernisieren. In anderen Bereichen wie etwa der Möbelbranche wird auf minimalistische Formen und zeitloses Design gesetzt, um die Aktualität der Produkte zu gewährleisten. Ein weiterer Ansatz ist die fortwährende Erneuerung des Produktportfolios, wie sie bei Unterhaltungselektronik zu beobachten ist.

Doch nicht jeder Hersteller kann auf diese Strategien zurückgreifen und alternativ alle Produkte so futuristisch wie möglich zu gestalten ist nicht zielführend. Schon Loewy implizierte 1951 mit seiner Aussage „*Most advanced, yet acceptable*“ eine Gestaltungsgrenze für neue Produkte: Das MAYA-Prinzip verspricht ein erfolgreiches Design und eine hohe Nutzerakzeptanz, wenn eine Balance aus Neuheit und Vertrautheit bewerkstelligt werden kann. [HEKKERT ET AL., 2003, S. 122]

Es stellt sich daher die Frage, wie mit dem Designalter weiter zu verfahren ist. Als Teilaspekt der allgemeinen Produktwahrnehmung hat das Designalter Einfluss auf alle industriellen Produkte. Für den Umgang mit dem Designalter stehen bisher allerdings nur Insellösungen wie die oben genannten Ansätze zur Verfügung. Dieses Forschungsgebiet verspricht demnach einen breiten Anwendungsbereich mit geringer Erschließung. Um Produkte zukünftig bewusst zeitkohärent zu gestalten, gilt es das Designalter und seine Effekte weitergehend zu erforschen.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit

Der Forschungsfokus dieser Arbeit liegt auf dem Designalter mit den Zielen, den bestehenden Wissensstand zu erweitern, ein Fundament für zukünftige Untersuchungen in diesem Gebiet zu legen und das Gestaltungspotenzial des Designalters zu eruieren.

Dazu zählt unter anderem die Ergründung der Frage, ob das Designalter eine freie Gestaltungsgröße im Produktentwicklungsprozess (PEP) darstellt. Diese Fragestellung lässt sich unter qualitativen und quantitativen Aspekten betrachten. Im Sinne der qualitativen Beurteilung des Designalters im PEP wird lediglich die prinzipielle Möglichkeit der bewussten und zielgerichteten Gestaltung geprüft. Sollte sich diese Annahme bewahrheiten, kann darauf aufbauend eine quantitative Analyse erfolgen, in welchem Maße und mit welchen Mitteln das Designalter auslegbar ist.

Bei der Überlegung, wie ein solcher Forschungsansatz in der Praxis realisiert werden kann, kommt man unweigerlich zu der Erkenntnis, dass eine rein retrospektive Betrachtung diesem Thema nicht gerecht wird. Bekannte kognitive Effekte wie der Survivorship-Bias würden bei der Beurteilung vergangener Produktportfolios marktwirtschaftlich erfolgreiche Produkte übervorteilen. Ein weiteres Risiko ebendieser Best-Practice-Beispiele stellt die heutige Verfügbarkeit von Informationen dar. Es ist davon auszugehen, dass diese Produkte und ihre Werbemittel sorgfältiger dokumentiert wurden und überproportional im Datenmaterial vertreten sind. Eine wertfreie und unverzerrte Beurteilung früherer Produkte kann demnach nicht sicher gewährleistet werden.

Um das Designalter und seine Gestaltbarkeit zu erforschen, kommt man daher nicht umhin, die Produktgestaltung in einer Studiensituation zu simulieren. Daraus ergeben sich zwei grundlegende Aufgabenkomplexe. Zum einen muss ein geeignetes Versuchsetting entwickelt werden, das die Gestaltung des Designalters an einem beispielhaften Produkt erlaubt. Zum anderen ist eine Studie durchzuführen, in der die Teilnehmenden eigenständig vergangene und zukünftige Designalter entwerfen.

Als Produktbeispiel für den Versuch wird das Automobil gewählt. Ziel ist es, nach Abschluss der Untersuchung Aussagen zum Gestaltungspotenzial mittels des Designalters am Fahrzeug treffen zu können.

Die Herausforderung in der Auswertung der Probandenstudie besteht darin, eine geeignete Bewertungsgrundlage zu definieren. Da bisher keine objektiven Maßstäbe für das Designalter existieren, wird auf die Erkenntnisse aus früheren Untersuchungen zurückgegriffen und die Wahrnehmung der Probanden zur Beurteilung ihrer eigenen Entwürfe herangezogen. Sie sollen zum Maßstab ihrer selbst werden und ihre Entwurfstätigkeit evaluieren.

In diesem Forschungsvorhaben wird demnach ein dualer Methodenansatz implementiert. Dafür wird mithilfe einer präferenzmessenden Methode für jeden Probanden die individuelle Wahrnehmung des Designalters analysiert. Die Gestaltungsaufgaben zum Designalter werden von den Studienteilnehmern in einer Konfiguratorumgebung bearbeitet. Die methodische Zusammenführung der Erkenntnisse erlaubt es, die Gestaltung auf Basis der Wahrnehmung zu evaluieren, d. h. zu beurteilen, ob die Probanden das Designalter entsprechend ihrer eigenen Ansprüche formen konnten.

Die anschließenden Betrachtungen widmen sich demografischen Auffälligkeiten des Probandenkollektivs im Hinblick auf den Gestaltungserfolg sowie die spezielle Eignung einzelner Designelemente zur Beeinflussung des Designalters.

Das Designalter bietet aufgrund der Vielfalt an Produkten und Betrachtungszeiträumen extensive Forschungsoptionen, sodass eine gewisse Limitation und Abgrenzung innerhalb dieser Thesis sinnvoll erscheint. Wenngleich eine Längsschnittstudie zum Designalter interessante Ergebnisse verspricht, kann ein solches nicht in angemessener Art und Weise innerhalb einer einzigen Dissertation erschlossen werden. Das hier angewendete Verfahren stellt daher eine klassische Querschnittsstudie dar.

In der Mensch-Produkt-Interaktion resultieren aus den Prozessen der Wahrnehmung und kognitiven Verarbeitung weitere Reaktionen des Nutzers. Diese Konsequenzen der Wahrnehmung, wie die ästhetische Bewertung oder die Verhaltensanpassung gegenüber dem Produkt liegen außerhalb des Betrachtungsrahmens. Auch die User Experience und Usability sind damit ausgeschlossen.

Zu guter Letzt werden die Untersuchungen zum Designalter im Bereich der Ingenieurwissenschaften betrieben und in entsprechender Manier ausgewertet. Zwar können auch andere fachliche Disziplinen Interesse und Kompetenzen am Designalter zeigen, wie beispielsweise die Wahrnehmungspsychologie oder das Marketing. Ihre Perspektiven werden jedoch nur eingeschränkt berücksichtigt.

1.3 Struktur der Arbeit

Die Erforschung des Designalters in dieser Arbeit ist in acht inhaltliche Abschnitte gegliedert, die sich der Theorie, der Empirie oder der Konklusion widmen (siehe Abbildung 1.2). Der Stand der Forschung in Kapitel Zwei erläutert die Grundlagen der anschließenden Betrachtungen. Dazu zählen die Produktgestaltung im Technischen Design, die Funktionsweise der visuellen Wahrnehmung beim Menschen und der Einfluss der Zeit auf das Produktdesign. Neben dem Designalter, das einen zeitlichen Zustand beschreibt, können Produkte zeitlichen Veränderungen und einem zeitlichen Rhythmus unterliegen.

1	Einleitung		
2	Stand der Forschung	Grundlagen der Produktgestaltung, visuellen Wahrnehmung und Zeit als Einflussgröße im Produktdesign	THEORIE
3	Produktbeispiel Automobil	Auswahl des Automobils als Untersuchungsobjekt und Ableitung des weiteren Forschungsbedarfs	
4	Versuchsplanung	Formulierung der Forschungshypothesen und Darlegung der Versuchsmethodik	EMPIRIE
5	Studie zum Designalter	Durchführung einer Probandenstudie zur Wahrnehmung und Gestaltung des Designalters	
6	Ergebnisse	Statistische Auswertung und Überprüfung der Forschungshypothesen zum Designalter	
7	Interpretation und Fazit	Bedeutung für das allgemeine Produktdesign und Anwendungspotenzial im Fahrzeugdesign	KONKLUSION
8	Zusammenfassung	Résumé der Untersuchung zum Designalter	
9	Ausblick	Zukunftsszenario zum automobilen Designalter und weiterführende Forschungsoptionen	

Abbildung 1.2: Struktur der Arbeit

Im dritten Kapitel geht es darum, ein geeignetes Produkt für die Erforschung des Designalters zu identifizieren. In einer Begründung zur Produktwahl wird dargelegt, warum sich das Automobil für diese Aufgabe empfiehlt. Anschließend wird der wissenschaftliche Forschungsstand zur Wahrnehmung der Fahrzeuggestalt im Allgemeinen und speziell bezogen auf das Designalter erörtert. Aus den vorangegangenen Betrachtungen und der Zieldefinition dieser Arbeit kann der weitere Forschungsbedarf abgeleitet werden.

Um diese Forschungslücke zu schließen, widmet sich das vierte Kapitel der Versuchsplanung. Arbeitsgrundlage sind drei Hypothesenkomplexe, die auf die Gestaltbarkeit des

Designalters, demografische Einflussfaktoren und die Bedeutung einzelner Designelemente abzielen. Die Versuchsmethodik für eine Probandenstudie beinhaltet eine Conjoint-Analyse, die Entwicklung eines automobilen Produktkonfigurators in einer virtuellen Versuchsumgebung und Methoden zur Beurteilung der Teilnehmenden.

Im fünften Kapitel werden die Durchführung und die Auswertung der Studie beschrieben. Das Probandenkollektiv wird bezüglich seiner Demografie und Kompetenzen charakterisiert sowie Eigenheiten ebendieser Stichprobe vorgestellt.

Es folgt die Auswertung der Conjoint-Analyse und des Konfiguratorexperiments im sechsten Kapitel. Dieses führt das erhobene Datenmaterial aus den einzelnen Versuchsteilen zusammen und wertet die Ergebnisse entsprechend der zuvor formulierten Hypothesen statistisch aus. Diese Ergebnisse erlauben es, Aussagen zur Gestaltbarkeit des Designalters, zu seiner Wahrnehmung und Konfiguration sowie dem Einfluss der im Versuch eingesetzten Designelemente zu treffen.

Im anschließenden siebten Kapitel werden die Erkenntnisse hinsichtlich ihrer allgemeinen Bedeutung für das Produktdesign und ihrem Anwendungspotenzial im Fahrzeugdesign im Speziellen diskutiert. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick in Kapitel Acht und Neun.

2 Stand der Forschung

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit beleuchtet. Dazu zählt die Produktgestaltung im Technischen Design, die visuelle Wahrnehmung und die Einflussgröße Zeit.

2.1 Produktgestaltung im Technischen Design

Das Technische Design zeichnet sich durch seine Schnittstellenkompetenz zwischen klassischem Maschinenbau und Industriedesign aus. Diese ermöglicht den Praktizierenden ein gleichzeitig methodisches als auch kreatives Vorgehen. Dabei steht der Mensch stets im Zentrum der Produktgestaltung.

2.1.1 Definition der Produktgestalt

Für die Produktgestalt gibt es zahlreiche sinnverwandte Begriffe im Deutschen und im Englischen wie z. B. das Produktdesign, die Formgestalt, *product form* oder *product shape*. Je nachdem aus welchem Blickwinkel die Forschung an das Produkt herantritt, werden die Bezeichnungen und ihre Implikationen angepasst. Creusen und Schoorman sprechen beispielsweise von *product appearance*, um ihre Fokussierung auf die für Kunden sichtbaren Teile zu verdeutlichen [CREUSEN UND SCHOORMANS, 2005, S. 64].

Diese Arbeit orientiert sich an Seegers recht allgemeinen Begriffsbestimmung bzw. ihrer erweiterten Form. In seinem Buch „Design technischer Produkte“ schreibt er: „*Unter einer Produktgestalt (Abkürzung „Gestalt“)* wird im folgenden ein dreidimensionales und materiales Gebilde verstanden, das beschriftet, farbig, geformt und einen Aufbau besitzt.“ [SEEGER, 2005, S. 47].

Diese Definition wurde vom VDI/VDID-Fachausschusses „Industriedesign“ aufgegriffen und um den Aspekt der Wahrnehmung erweitert. Die VDID-Norm 2424 beschreibt die Gestalt als die „*äußere Form von Gegenständen, bestehend aus den Teilgestalten Aufbau, Form, Farbe, Grafik und Oberfläche und ihrer olfaktorischen, haptischen/ taktilen, visuellen, auditiven und thermisch wahrnehmbaren Eigenschaften*“ [VDI/VDID 2424:2023, S. 8].

Aus diesen Definitionen geht hervor, dass die Produktgestalt in einzelne Teilgestalten aufgeteilt werden kann. Dies wird in Abbildung 2.1 visualisiert. Üblicherweise erfolgt im Produktentwicklungsprozess die Festlegung der einzelnen Teilgestalten in der dargestellten Reihenfolge beginnend beim Aufbau. Ausnahmen kann es allerdings geben, wenn beispielsweise die Produktfarbpalette oder das Grafikdesign bereits durch das Corporate

Design des Herstellers reguliert sind. Der Abstraktionsgrad der Produktgestalt sinkt ausgehend von der Definition des Aufbaus, der Form, der Farbe und der Grafik, während das finale Produkt konkretisiert wird. [HOLDER UND MAIER, 2021, S. 14]

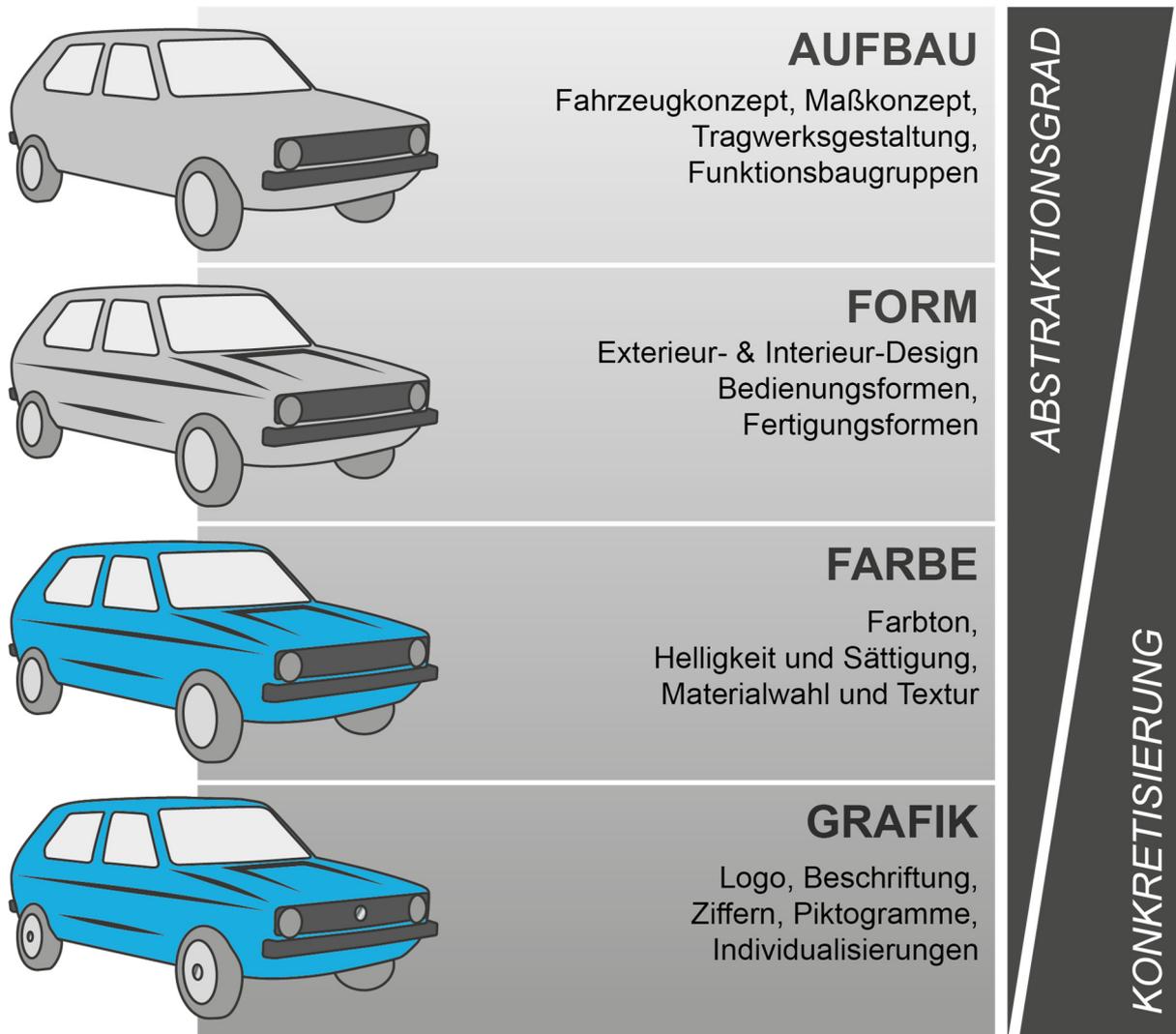


Abbildung 2.1: Teilgestalten am Automobil in Anlehnung an [HOLDER UND MAIER, 2021, S. 14]

Creusen und Schoormans leiten aus einer Literaturrecherche sechs Rollen für die Produktgestalt ab. Die Gestalt ist für die Kommunikation von *ästhetischen*, *symbolischen*, *funktionalen* und *ergonomischen* Informationen verantwortlich, hilft bei der *Kategorisierung* und soll *Aufmerksamkeit* auf sich ziehen. Da die Rollen widersprüchliche Anforderungen an das Design stellen können, müssen im Gestaltungsprozess gegebenenfalls Abwägungen getroffen werden. Die Autoren empfehlen, sich an dem Wert zu orientieren, der von der Zielgruppe des Produktes präferiert wird. [CREUSEN UND SCHOORMANS, 2005, S. 75]

Die Auseinandersetzung mit potenziellen Nutzern und ihren Ansprüchen und Bedürfnissen ist Teil einer nutzerzentrierten Produktgestaltung.

2.1.2 Nutzerzentrierte Produktgestaltung

Von nutzerzentrierter Produktgestaltung oder *User Centered Design* (UCD) wird dann gesprochen, wenn Nutzer und ihre Charakteristika im Entwurfsprozess berücksichtigt werden. Der Fachausschuss „Industriedesign“ empfiehlt „[...] Produkte zu gestalten, so dass sie im Kontext ihres jeweiligen Gebrauchs von verschiedenen Nutzern und Nutzerinnen bestmöglich genutzt werden können und eine vorgesehene Wirkung entfalten.“ [VDI/VDID 2424:2023, S. 12].

Die Beziehung zwischen Nutzer und Produkt entsteht in einem vielschichtigen Prozess, der vorrangig unter dem Überbegriff Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) erforscht wird. Dabei bilden Produktgruppen mit starken spezifischen Eigenschaften eigene Forschungszweige wie etwa Human Computer Interaction (HCI).

Die wesentlichen Bestandteile der MMI sind in Abbildung 2.2 im Basisschema nach Seeger dargestellt, der von Mensch-Produkt-Beziehung spricht [SEEGER, 2005, S. 22].

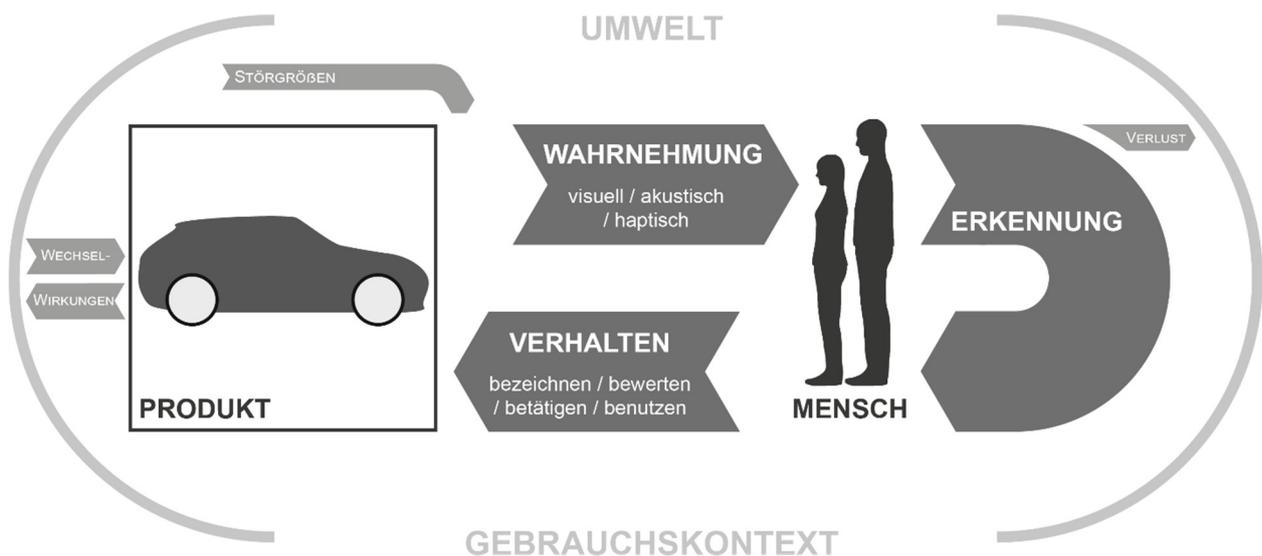


Abbildung 2.2: Basisschema der Mensch-Produkt-Beziehung in Anlehnung an [SEEGER, 2005, S. 22] und [SCHMID UND MAIER, 2017, S. 57]

Das Produkt mit seinen Teilgestalten steht den Menschen gegenüber, die diese wahrnehmen. Die wahrgenommenen Reize werden kognitiv verarbeitet und führen zur Erkennung der Produkteigenschaften und einer Reaktion des Menschen. Mögliche Verhaltensreaktionen sind Bezeichnung, Bewertung, Betätigung oder Benutzung.

Die Mensch-Produkt-Beziehung ist in einen Gebrauchskontext und die Umwelt eingebettet, was zu Wechselwirkungen führen kann. Die Produktgestalt muss den äußeren Anforderungen seiner Umwelt gerecht werden wie beispielsweise Fertigungstoleranzen.

Ein weiteres Beispiel für Wechselwirkungen sind Störgrößen wie etwa Beleuchtung oder Betrachtungswinkel, welche u. a. die visuelle Wahrnehmung beeinflussen können. Auf den Themenkomplex der Wahrnehmung wird daher im nächsten Kapitel eingegangen.

2.2 Visuelle Wahrnehmung

Bratfisch et al. definieren die visuelle Wahrnehmung „als die Fähigkeit Farben, Formen, Größen, Richtung, Schiefe von Linien, Abstände, Bewegungen, Geschwindigkeiten, Lichtstärke und Kontraste auffassen zu können.“ [BRATFISCH ET AL., 2018]

Wie im Basisschema der Mensch-Maschine-Interaktion erkennbar, leitet die visuelle Wahrnehmung einen kognitiven Verarbeitungsprozess in Form der Erkennung ein, der eine entsprechende Verhaltensreaktion induziert. Dieses Kapitel beleuchtet die Grundlagen des menschlichen Sehens, die damit verbundenen psychologischen und physiologischen Aspekte sowie die Bedeutung für die Produktwahrnehmung.

2.2.1 Grundlagen des menschlichen Sehens

Der Prozess des Sehens wird in drei Abschnitten betrachtet, die sich auf das zu sehende Objekt, das Auge als optisches Sinnesorgan und die neuronale Verarbeitung im Gehirn konzentrieren (siehe Abbildung 2.3).

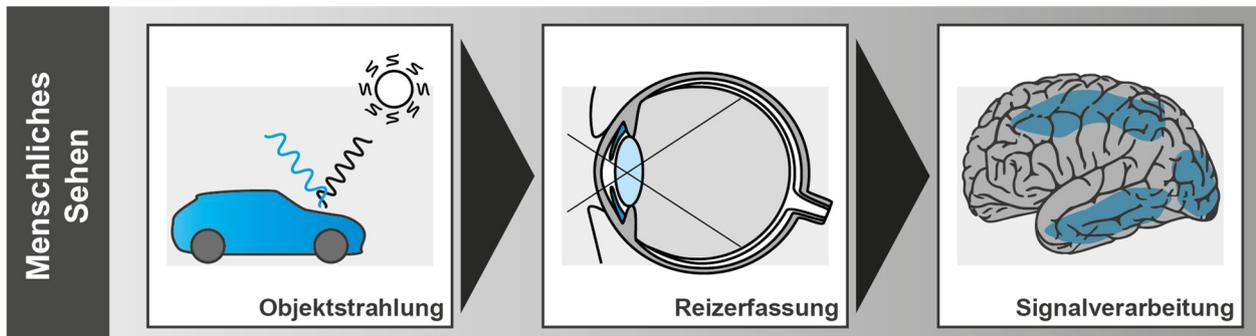


Abbildung 2.3: Menschliches Sehen, eigene Darstellung in Anlehnung an [EYSEL, 2007]

Objektstrahlung

Um für den Menschen sichtbar zu sein, muss ein Objekt Licht bzw. elektromagnetische Strahlung im Bereich von 400 – 700 nm reflektieren oder emittieren. Der Sinneseindruck entsteht aus dem Produkt von Beleuchtung und Reflektanz. [KARNATH UND THIER, 2006, S. 34]

Ein klassisches Beispiel ist ein blaues Auto, das alle Wellenlängen adsorbiert und nur den Blau-Bereich reflektiert. Nassau beschäftigt sich mit den chemischen und physikalischen Effekten rund um die Adsorption und der von Objekten ausgehende Strahlung. Die fünfzehn Ursachen für Farben lassen sich fünf übergeordneten Prinzipien zuordnen und sind in Tabelle 2.1 aufgeführt. [NASSAU, 2001, S. 30]

Tabelle 2.1: Ursachen für Farben nach [NASSAU, 2001, S. 30]

Vibrationen und einfache Anregung	
Inkandeszenz	<i>Flammen, Lampen, Kohlebogen, Drummondsches Licht</i>
Gasanregung	<i>Gasentladungslampen, Blitze, Polarlichter, einige Laserarten</i>
Vibrationen und Rotation	<i>Wasser, Eis, Jod, blaue Gasflamme</i>
Übergänge nach der Ligandenfeldtheorie	
Übergangsmetallverbindungen	<i>Türkis, viele Pigmente, einige Fluoreszenzen, Laser, Phosphor</i>
Metallische Übergangsverunreinigungen	<i>Rubin, Smaragd, Roteisenerz, einige Fluoreszenzen, Laser</i>
Übergänge zwischen Molekülorbitalen	
Organische Verbindungen	<i>Die meisten Farbstoffe und biologischen Färbungen, einige Fluoreszenzen und Laser</i>
Ladungsübergang	<i>Blauer Saphir, Magnetit, Lapislazuli, viele Pigmente</i>
Übergänge nach dem Energiebändermodell	
Metalle	<i>Kupfer, Silber, Gold, Eisen, Messing, Rubinglas</i>
Reine Halbleiter	<i>Silizium, Bleiglanz, Zinnober, Diamant</i>
Dotierte und aktivierte Halbleiter	<i>Blaue und gelbe Diamanten, LEDs, einige Laser, Phosphor</i>
Farbzentren	<i>Amethyst, Rauchquarz, Wüstenglas, einige Fluoreszenzen, Laser</i>
Geometrische und physikalische Optik	
Dispersive Lichtbrechung, Polarisation, ect.	<i>Regenbogen, Halo, Parhelion, Grüner Blitz, „Leuchten“ in Edelsteinen</i>
Streuung	<i>Blauer Himmel, roter Sonnenuntergang, blauer Mond, Mondstein, Raman-Streuung, blaue Augen und einige andere biologische Farben</i>
Interferenz	<i>Ölteppich, Seifenblasen, Beschichtung auf Kameralinsen, einige biologische Farben</i>
Beugung	<i>Aureole, Heiligenschein, Beugungsgitter, Opal, einige biologische Farben, die meisten flüssigen Kristalle</i>

Reizerfassung

Das in das Auge einfallende Licht wird durch den dioptrischen Apparat bestehend aus der Hornhaut, den vorderen und hinteren Augenkammern, der Pupille, der Linse und dem Glaskörper auf die Netzhaut geleitet. Mittels Adaption (u. a. Anpassung der Pupillengröße) und Akkommodation (Anpassung der Linsenkrümmung) kann auf wechselnden Lichteinfall und Betrachtungsabstände reagiert werden, sodass die Projektion auf der Netzhaut scharf bleibt. In der Netzhaut befinden sich Photorezeptoren, die sogenannten Stäbchen und Zapfen. Sie enthalten Sehfärbstoffe, chemische Verbindungen, die bei Lichtadsorption zerfallen und ein elektrisches Signal erzeugt. Die Signale der einzelnen

Rezeptorzellen werden in rezeptiven Feldern gebündelt und über Nervenfasern zum Sehnerv geleitet. Das Auge besitzt circa 120 Millionen Stäbchen, die für das skotopische Sehen bei Nacht verantwortlich sind. Die 6 Millionen Zapfen kommen hauptsächlich tagsüber zum Einsatz beim photopischen Sehen. Während die Stäbchen nur Hell-Dunkel-Unterschiede registrieren, können Zapfen zusätzlich auch Farben differenzieren. Ihre spektralen Absorptionsmaxima liegen bei 420 nm, 535 nm und 565 nm. In der Dämmerung beim mesopischen Sehen ist das Farbsehen eingeschränkt. [EYSEL, 2007, S. 380 ff.]

Signalverarbeitung im Gehirn

Für die Verarbeitung werden die visuellen Signale über die Sehnerven ins Gehirn geleitet. Das zentrale visuelle System ist retinotop organisiert, d. h. die retinalen Nachbarschaftsverhältnisse bleiben bestehen [EYSEL, 2007, S. 402]. Die primäre Sehrinde im okzipitalen Großhirn wird auch als Area V1 bezeichnet und besitzt einfache, komplexe und hyperkomplexe rezeptive Felder. Diese reagieren auf unterschiedliche Stimuli. Während einfache rezeptive Felder schon durch kleine Lichtpunkte angeregt werden können, antworten komplexe und hyperkomplexe rezeptive Felder besonders stark auf Lichtbalken in spezifischen räumlichen Orientierungen oder Bewegungsrichtungen. Man spricht deshalb von Orientierungs- und Richtungsspezifität. Nervenzellen im zytochromoxidasereichen Bereich haben meist keine Orientierungsspezifität, reagieren aber selektiv auf bestimmte Farben und besitzen eine Farbspezifität. [ebd., S. 402 ff.]

Von der primären Sehrinde erfolgt die Projektion in angeschlossene Areale im Parietallappen über den dorsalen Strom und in den Temporallappen über den ventralen Strom [GOLDSTEIN, 2011, S. 83]. Diese Kortexareale unterscheiden sich hinsichtlich der analysierten Objektklassen und Merkmalsdimensionen. So sind im sekundären visuellen Kortex, der Area V2, die Gestalterkennung stationärer Reizmuster, Farben, Formen, Bewegungen und Tiefe verortet. Area V3 widmet sich der Gestalterkennung kohärent bewegter Objekte und in der Area V4 findet sich die Objekterkennung auf Basis von Oberflächenfarben und Farbkontrasten. Bei Primaten konnten bisher mehr als 30 Großhirnareale mit visuellen oder visuell-motorischen Funktionen identifiziert werden ([EYSEL, 2007, S. 403], [KARNATH UND THIER, 2006, S. 57]). Der Forschungsbedarf in der Neuropsychologie bleibt jedoch hoch und Modellvorstellungen werden kontrovers diskutiert. Einige Erkenntnisse zur Gestaltbildung auf Basis visueller Reize werden im anschließenden Kapitel vorgestellt.

2.2.2 Physiologische und psychologische Aspekte

Um aus der Gesamtwahrnehmung einzelne Objekte herauszulösen, müssen zusammengehörende Bildbereiche als solche erkannt werden. Diese sogenannte Segmentierung erfolgt auf Basis von Merkmalsbindungen, d. h. ähnlicher Farbe, vergleichbarer räumlicher Nähe oder anderen übereinstimmenden Merkmalskonstellationen.

Die **physiologischen Mechanismen** hinter dem Wahrnehmungsprozess sind schwierig zu erforschen, da, wie zuvor beschrieben, nicht einzelne Neuronen, sondern rezeptive Felder die Verarbeitung der Signale übernehmen. Die Wahrnehmung eines Objektes und seiner Eigenschaften erfolgt demnach in einer Vielzahl von Nervenzellen, rezeptiven Felder und kortikalen Areale, die wiederum prädestinierte Fähigkeiten zur Kodierung aufweisen. Nach aktueller Lehrmeinung können fragmentierte Objekteigenschaften synchronisiert werden, indem parallel auftretende Reize zusammengeführt werden. Aus der zeitlichen Korrelation der neuronalen Signale resultiert ein dynamischer Bindungsprozess, der die unterschiedlichen Erkenntnisse zu Farbe, Form, Oberfläche und Bewegung des Objekts wieder vereint. [KARNATH UND THIER, 2006, S. 56 ff.]

Bei den **psychologischen Aspekten** der visuellen Wahrnehmung stehen sich Theorien der ganzheitlichen Betrachtung und der prozeduralen Erschließung gegenüber [BLOCH, 1995, S. 19]. Als exemplarische Vertreter dieser konträren Betrachtungsweisen werden im Folgenden die Gestalttheorie und die Geon-Theorie vorgestellt.

Aus der Gestalttheorie oder Gestaltpsychologie gehen die Gestaltgesetze hervor. Erste Experimente zur Wahrnehmung der Gestalt fanden bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts statt. [ERLHOFF, 2008, S. 178]

Die Gestaltgesetze oder Gestaltprinzipien beschreiben, wie Einzelelemente und ihre Beziehung zueinander wahrgenommen werden. Erlhoff spricht von über 100 nachgewiesenen Gestaltgesetzen [ebd., S. 179]. Diese Gestaltprinzipien werden von Designschaffenden bewusst angewendet, um den gewünschten visuellen Eindruck zu erzeugen. In Tabelle 2.2 wird eine kleine Auswahl dieser Regeln vorgestellt und mit Beispielen aus der Automobilindustrie illustriert.

Einen alternativen Ansatz zur Erklärung der visuellen Wahrnehmung bietet die *Recognition-by-Components* (RBC), auch Geon-Theorie genannt. Anders als bei der Gestalttheorie wird das Produkt nicht in seiner Gesamtheit wahrgenommen und anschließend weiter unterteilt, sondern ausgehend von geometrischen Grundbausteinen zusammengesetzt. Diese Geone differenzieren sich durch ihre Krümmung, Kollinearität, Symmetrie, Parallelität und Koterminierung. Laut Biederman reicht ein Set bestehend aus

36 Geonen aus, um jedes beliebige Produkt adäquat zu repräsentieren. Bei einem bekannten Produkt genügen sogar nur zwei bis drei Geone zur Wiedererkennung. [BIEDERMAN, 1987, S. 128 ff.]

Bloch spricht sich dafür aus, dass beide Wirkmechanismen bei der visuellen Wahrnehmung zum Tragen kommen. So können Produkte zunächst als Ganzes wahrgenommen und erkannt werden. Anschließend folgt der Betrachter den für ihn salienten Reizen und widmet seine Aufmerksamkeit prägnanten Designelemente. [BLOCH, 1995, S. 19]

Tabelle 2.2: Gestaltprinzipien in Anlehnung an [GOLDSTEIN, 2011, S. 108 ff.]

Gestaltprinzip	Beschreibung	Beispiel
Prinzip der Prägnanz (Prinzip der Einfachheit, Prinzip der guten Gestalt)	<i>Jedes Reizmuster wird so gesehen, dass die resultierende Struktur so einfach wie möglich ist.</i>	<i>Audi-Logo aus vier Ringen</i>
Prinzip der Ähnlichkeit	<i>Ähnliche Dinge erscheinen zu Gruppen geordnet.</i>	<i>Geteilte Heckleuchten in Karosserie und Kofferraumklappe werden als Einheit wahrgenommen</i>
Das Prinzip des guten Verlaufs (Prinzip der gestaltgerechten Linienfortsetzung, Prinzip der Fortsetzung)	<i>Punkte, die als gerade oder sanft geschwungene Linien gesehen werden, wenn man sie verbindet, werden als zusammengehörig wahrgenommen. Linien werden tendenziell so gesehen, als folgten sie dem einfachsten Weg.</i>	<i>Charakterlinie entsteht optisch aus der Formgebung verschiedener Karosserieteile</i>
Prinzip der Nähe	<i>Dinge, die sich nahe beieinander befinden, erscheinen als zusammengehörig.</i>	<i>Gruppierung von Bedienelementen am Lenkrad bündeln verwandte Funktionalitäten</i>
Prinzip des gemeinsamen Schicksals	<i>Dinge, die sich in die gleiche Richtung bewegen, erscheinen als zusammengehörig.</i>	<i>Scheibenwischer-Synchronisation</i>
Prinzip der Vertrautheit (Prinzip der Bedeutung)	<i>Dinge bilden mit größerer Wahrscheinlichkeit Gruppen, wenn die Gruppen vertraut erscheinen oder etwas bedeuten</i>	<i>Digitale Fahrzeuganzeigen in Anlehnung an analoge Drehzahlmesser</i>
Prinzip der gemeinsamen Region	<i>Elemente, die innerhalb einer gemeinsamen Region liegen, werden zusammengruppiert.</i>	<i>Kühlergrillstrukturen werden unter Überform gebündelt</i>
Prinzip der Verbundenheit	<i>Verbundene Elemente innerhalb einer Region mit gemeinsamen visuellen Charakteristiken wie Helligkeit, Farbe, Textur oder Bewegung werden als Einheit gesehen.</i>	<i>Integration der Sonnenblende in den Dachhimmel</i>

2.2.3 Bedeutung für die Produktwahrnehmung

Das Sehvermögen gilt als wichtigster Sinn der Menschen. Dies spiegelt sich u. a. in der Größe der Gehirnareale wider, die für die visuelle Wahrnehmung und Verarbeitung verantwortlich sind, und in der Informationsmenge, die visuelle Rezeptoren bewältigen können. Während über die Haut circa 400.000 bit/s an Reizen aufgenommen werden, sprechen Schmidt und Maier bei den Augen von 10 Millionen bit/s. [SCHMID UND MAIER, 2017, S. 57]

Diese Dominanz prägt gleichwohl die Produktwahrnehmung. Der Erstkontakt zwischen Produkt und Nutzer ist primär visueller Art, etwa bei einer Begegnung mit dem realen Produkt oder Repräsentationen im Rahmen von Werbemaßnahmen. Dies lässt sich mit dem Basisschema der Mensch-Produkt-Beziehung nachvollziehen. Die visuelle Wahrnehmung führt zum Erkennen des Produktes und aktiven Nutzung. Erst die Betätigung und Benutzung generiert neue, sekundäre Sinneseindrücke der Haptik oder Akustik, die wiederum wahrgenommen und erkannt werden. Ausnahmen stellen Produkte dar, die z. B. bereits vor der eigentlichen Interaktion selbständig starke akustische Reize aussenden. Eine Multimodalität, d. h. das Ansprechen verschiedener Wahrnehmungskanäle, kann auch gezielt genutzt werden, um Aufmerksamkeit zu erzeugen und den Nutzer vor Gefahren zu warnen. [ebd., S. 63]

2.3 Einflussgröße Zeit

Die Zeit ist in den Ingenieurwissenschaften ein wichtiger Parameter. Sie dient nicht nur als aktive Versuchsvariable, sondern findet sich auch in fast jeder Formel der Mechanik als Standard-SI-Einheit. Neben den Kosten und der Qualität residiert die Zeit im magischen Dreiecks der Produktentwicklung und beeinflusst über die Entwicklungszeit die potenzielle Innovationskraft neuer Produkte.

Doch die Zeit wirkt auch jenseits ihrer Funktion als Mess- und Prozessgröße. Im Produktdesign sind der zeitliche Zustand eines Produktes, seine Veränderungen und der damit verbundene Rhythmus von Interesse. Diese Formen des zeitlichen Einflusses auf das Produktdesign sind in Abbildung 2.4 schematisch dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

Der zeitliche Zustand wird durch das Designalter abgebildet. Während des Produktentwicklungsprozesses erhält jedes industriell gefertigte Objekt einen Zeitstempel, der je nach Prägnanz den Zeitgeist seiner Entstehungszeit widerspiegelt. In der kontinuierlichen Produktion bleiben diese zeitlichen Eigenschaften erhalten. In Abbildung 2.4 ist die Vielfältigkeit und Konservierung der zeitlichen Eigenschaften mit A gekennzeichnet.

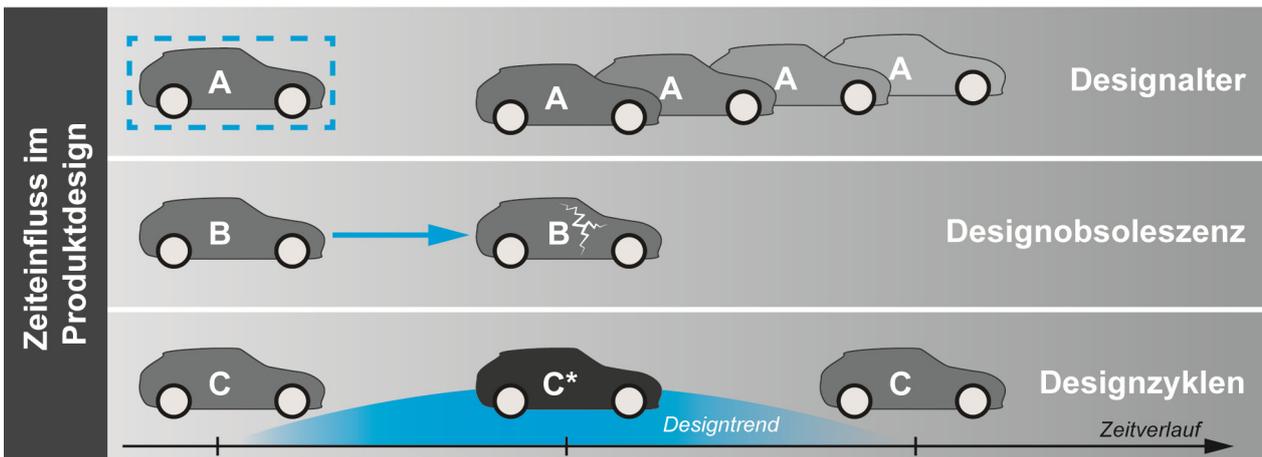


Abbildung 2.4: Zeiteinfluss im Produktdesign in Form von Zustand (A), Veränderung (B) und Rhythmus (C)

Die zeitlichen Veränderungen am Einzelprodukt können aus der fortwährenden Einwirkung von Umweltfaktoren, wie zum Beispiel der UV-Strahlung, aber auch aus dem Gebrauch resultieren (siehe Abbildung 2.4 B). Verschleiß- und Nutzungsspuren sind typische Merkmale und mögliche Ursachen einer subjektiven Veralterung des Produktdesigns. Veränderte Ansprüche und Erwartungen der Nutzer können ebenfalls eine Designobsoleszenz bedingen. Im schlimmsten Fall wird das Produkt aufgrund mangelhafter Designqualitäten nicht mehr verwendet, obwohl es technisch noch funktionsfähig wäre.

Produktrends fungieren als zeitliche Taktgeber. Ihr Rhythmus ist abhängig von der jeweiligen Produktart. Textilerzeugnisse unterliegen einem schnelleren, saisonal geprägten Lebenszyklus im Vergleich zu Investitionsgütern oder Architekturentwürfen. Aus der Repräsentanz der vorherrschenden Trenderscheinungen und ihrer Repetition resultieren produktspezifischen Designzyklen. So ist in Abbildung 2.4 ein beispielhafter Zyklus von Automobil C dargestellt, das nach der Trendphase von C* wieder an Bedeutung gewinnt. Um Zyklen frühzeitig zu erkennen und bewusst auszunutzen wird Trendforschung betrieben.

Die Einflussfaktoren der Zeit werden in den nachfolgenden Kapiteln erörtert.

2.3.1 Produkttrends und Designzyklen

Trends haben eine ordnende und leitende Wirkung. Durch die Sammlung verschiedener Designentwürfe unter einem Oberbegriff, werden gestalterische Strömungen zeitlich, personell und objektspezifisch strukturiert. Gleichzeitig gibt ein beginnender Trend für laufende Produktentwicklungsprozesse Orientierung und kann Designentscheidungen beeinflussen.

Produkttrends

Auswirkung und Prägnanz des Trends können stark variieren und finden sich in allen Produktgestalten von Aufbau, Form, Farbe und Grafik wieder. So schreibt Bürdek:

„Trends können sich in Farbe und Oberfläche, in Materialien, in Kombinationen von Werkstoffen oder Ähnlichem niederschlagen. „Trends“ können aber auch zu ganzen Marktsegmenten werden, was man am Beispiel von Fahrzeugen der SUV-Klasse (Sports Utility Vehicles) sehen kann.“ [BÜRDEK, 2005, S. 400].

Schmid-Isler grenzt zusätzlich den „modischen Trend“ ab, der sich beginnend in der Postmoderne vom Dogma „form follows function“ löst und vor allem in den USA zelebriert wird: *„Für den wachsenden Absatz wird der modische Trend mitbestimmend, d.h. eine dauernde „Aktualisierung“ auch des Produkt-Images, nicht nur die Erneuerung bzw. Verfeinerung der Produkte-Funktionalität.“* [SCHMID-ISLER, 2007, S. 102]

Evans sieht Trends als Anzeichen für einen tieferliegenden Wandel, warnt gleichzeitig aber auch vor kausalen Fehlschlüssen: *“A trend by definition [...] has already begun – its existence implies that it already has an inclination. A trend is spotted rather than created (Cornish 2004). This can lead to the situation of ‘self-fulfilling prophesy’ where the act of identifying a trend confirms its existence and thus reinforces its direction or tendency.”* [EVANS, 2005]

Zu bekannten Trends im Industriedesign zählen u. a. das Retro-Design, das Techno-Design, das Purismus-Design, das Modernismus-Design, das Dark-World-Design, das Customizing-Design und das Bionic-Design. [MAIER UND SCHMID, 2022, S. 134 ff.]

Automobile Produktbeispiele sind in Abbildung 2.5 und Abbildung 2.6 dargestellt. Erstere zeigt das Konzeptfahrzeug „*Bionic Car*“ von Mercedes-Benz, das sich an der Form eines Kofferrisches orientiert [Mercedes-Benz Group Media, 2008].



Abbildung 2.5: Mercedes-Benz Bionic Car [Mercedes-Benz Group Media, 2008]

Die zweite Abbildung zeigt das New Beetle Cabriolet als Beispiel für das Retro-Design, welches „bewusst auf Gestaltungselemente früherer Stilrichtungen zurückgreift.“ [MAIER UND SCHMID, 2022, S. 135].



Abbildung 2.6: New Beetle Cabriolet und VW 1200 Cabriolet [Volkswagen Newsroom, 2002]

In den letzten Jahren ist der Nachhaltigkeitsgedanke verstärkt in den Fokus der Gestaltenden getreten. Daraus entstehen neue Trends wie z. B. das Eco-Design. Beim Eco-Redesign wird auf ein Vergleichsprodukt (Referenzprodukt) Bezug genommen, das entweder aus der eigenen Produktion, oder aus der eines Konkurrenzunternehmens stammt. Für dieses Produkt sind Markt- und Herstellungsbedingungen bekannt und Verbesserungspotenziale lassen sich aufgrund der praktischen Erfahrungen mit dem Produkt bereits erkennen. [TISCHNER, 2000]

Designzyklen

Das Wiederauftreten von Trends kann in Designzyklen abgebildet werden. Koppelman und Kütke leiteten bereits in den 90er Jahren aus der Beobachtung verschiedener Produktbereiche einen eigenen Farbzyklus ab [KOPPELMANN UND KÜTKE, 1987]. Dieser beginnt bei Spektralfarben und geht über in die Phase der abgedunkelten Farben, den Braunbereich, die Pastellfarben, den Unbunt-Bereich, den Violett-Bereich und wieder zum Beginn des Zyklus. Angeregt wurde Koppelman durch Betrachtungen von Christel Darmstadt zur Architektur zwischen 1860 und 1980. Hier wurde ein 15- bis 25-jähriger Rhythmus mit einer starkbunten, schwachbunten, erdigen und unbunten Phase in den Farbkonzepten von Gebäuden ermittelt. [KOPPELMANN, 2001, S. 393]

Abshof widmet sich ebenfalls Formpräferenzwellen. In ihrer Arbeit untersucht sie die deutsche Mode zwischen 1900 und 1991 anhand von Mänteln, Kostümen, Hosen bzw. Röcken, Blusen und Kleidern. Aus den Ergebnissen definiert sie Silhouetten-, Formstruktur-, Stoff- und Dessinierungstrends und weißt deren Periodizität nach. [ABSHOF, 1992]

Ähnliche Betrachtungen existieren auch in anderen Kulturen, wie beispielsweise die Ausarbeitungen von Kim zur koreanischen Mode zwischen 1967 und 2012. [KIM, 2013]

In neuerer Zeit finden sich auch zunehmend Big-Data-Ansätze, die sich mit Trendzyklen beschäftigen. Vor allem im Textildesign sind verlässliche Farbprognosen von Interesse. Die Forschungsansätze zielen daher meist auf eine möglichst präzise Beschreibung des Farbzyklus und die Bestimmung der aktuellen Position im Zyklus ab (u. a. [HSIAO ET AL., 2017], [ZHAO ET AL., 2021])

Beobachtungen aus unterschiedlichen Trendbereichen wie Möbelindustrie [FLETCHER, 19. November 1999] oder Textildesign [WONG ET AL., 2016] deuten auf eine Verkürzung der Zyklen und schneller wandelnde Präferenzen bei den Kunden hin. Diese Beschleunigung kann auch von Firmen bewusst vorangetrieben werden. Durch vorhersehbare Markteinführungen neuer Produkte wird den Kunden eine Erwartungshaltung antrainiert. Ein prominentes Beispiel ist Apple mit seiner jährlichen Veröffentlichung einer neuen iPhone-Generation. [PARDO-VICENTE ET AL., 2022, S. 4]

Welche Folgen dieser Marktdruck haben kann, wird im nächsten Kapitel betrachtet.

2.3.2 Designobsoleszenz

Unter Obsoleszenz versteht man eine Veralterung des Produktes und die daraus resultierende Einstellung der Produktnutzung.

In seinem 1961 erschienenen Buch „Die große Verschwendung“ (eng. „*The Waste Maker*“) wirft Packard dem Automobilhersteller General Motors vor, seine Marktposition zu

missbrauchen und mit jährlich neuen Modellen Modetrends zu seinen Gunsten zu verzerren. Kleinere Firmen waren dadurch gezwungen, den formalästhetischen Vorgaben zu folgen oder als unmodisch und veraltet wahrgenommen zu werden. Diese geplante psychologische Obsoleszenz hatte vollkommen unabhängig vom tatsächlichen technischen Entwicklungsstand massive Auswirkungen auf die Verkaufszahlen. [PACKARD, 1961, S. 47 ff.]

Modetrends sind jedoch nicht die einzige Ursache für Veralterungseffekte. In Tabelle 2.3 werden Obsoleszenzformen aus diversen Quellen vorgestellt und beschrieben.

Tabelle 2.3: Obsoleszenzformen von [PACKARD, 1961], [ZALLES-REIBER, 1996], [COOPER, 2004] und [BURNS, 2016] nach [KERN ET AL., 2019]

Quelle	Obsoleszenzform	Beschreibung	Beispiel
[PACKARD, 1961]	Funktionell	Einführung eines neuen, besseren Produktes	<i>Düsenantrieb ersetzt Kolbenflugzeuge</i>
	Psychologisch	Veränderte Mode reduziert Attraktivität	<i>Jährlich neue Modelle bei General Motors</i>
	Qualitativ	Produkt versagt zu einem geplanten Zeitpunkt	<i>General Electric verkürzte Brenndauer von Glühlampen</i>
[ZALLES-REIBER, 1996]	Ingenieurstechnisch	Produkt entspricht nicht mehr dem Stand der Technik	<i>Aerodynamische Fahrzeugkarosserie lösen Kutschform ab</i>
	Gebrauchstechnisch	Einführung eines ergonomischeren Produkts	<i>Wegfall von Hardwaretastaturen bei Smartphones</i>
	Ästhetisch-kulturell	Produkt entspricht nicht mehr dem ästhetischen Verständnis	<i>Mode</i>
	Sozial	Produkt erfüllt beworbene Symbolfunktion nicht mehr	<i>Statussymbol Uhr abgelöst vom Smartphone</i>
	Ökonomisch	Neues Produkt mit besserem Preis-Leistungs-Verhältnis	<i>Neue Fertigungsverfahren senken Produktionskosten</i>
	Ökologisch	Produkt belastet Umwelt in unnötigem Maße	<i>FCKW-haltige Kühlmittel</i>
[COOPER, 2004]	Absolut	Technische Lebensdauer des Produktes erreicht	<i>Lagerschaden</i>
	Ökonomisch	Reparaturkosten höher als Neuananschaffung	<i>Konsumerelektronik</i>
	Technologisch	Veränderung der Funktion, Qualität und Effizienz	<i>Siehe Packard (1961), „funktionell“</i>
	Psychologisch	Veränderung der wahrgenommenen Bedürfnisse	<i>Siehe Packard (1961)</i>
[BURNS, 2016]	Ästhetisch	Style, Fashion des Produktes überholt	<i>Trendfarben, Lieblingsfarben</i>
	Sozial	Verändertes gesellschaftliches Bewusstsein	<i>Gesundheitsrisiko durch unbeschichtete Aluminiumtöpfe</i>
	Ökonomisch	Wartung, Reparatur oder Upgrade zu kostenintensiv	<i>Möbel</i>
	Technologisch	Technologisch fortschrittlicheres Produkt	<i>Computer im Vergleich zur Schreibmaschine</i>

Zwischen den Autoren finden sich Schnittmengen und Redundanzen. Für eine bessere Übersicht werden die einzelnen Obsoleszenzformen in Abbildung 2.7 grafisch verortet.

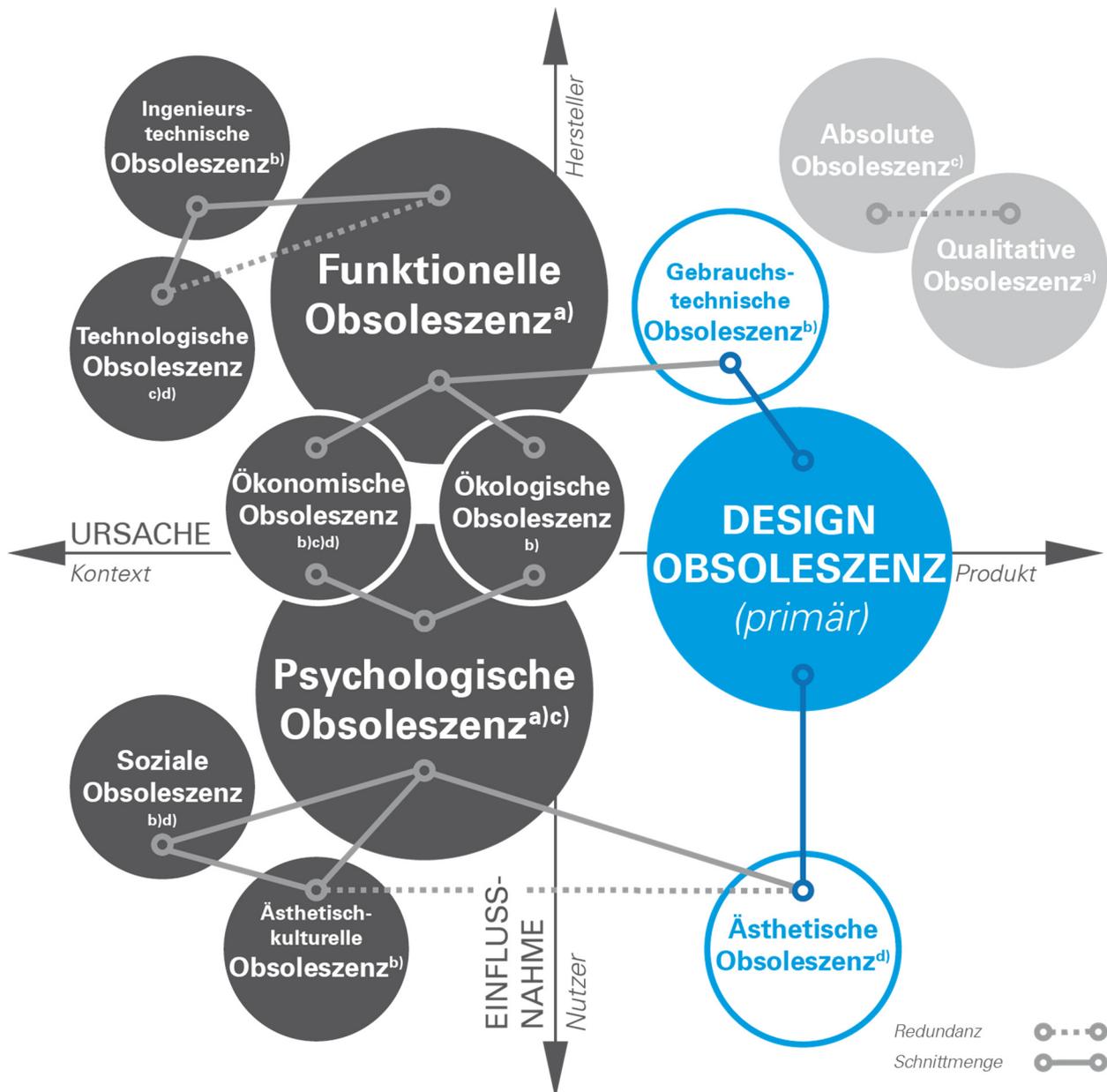


Abbildung 2.7: Obsoleszenzlandkarte nach [KERN ET AL., 2019] mit Referenzierung auf
 a)[PACKARD, 1961] b)[ZALLES-REIBER, 1996] c)[COOPER, 2004] d)[BURNS, 2016]

Die ordnenden Kriterien in der Abbildung sind die Ursache der Obsoleszenz, aufgetragen auf der Abszisse, und die auf der Ordinate festgehaltene Einflussnahme.

Bei der Ursache wird bewertet, ob die Veralterung durch den Kontext, d. h. Konkurrenzprodukte, neue technische Anforderungen, gesellschaftlichen Wandel oder andere äußere Faktoren hervorgerufen wird oder vom Produkt selbst ausgeht. In diesem Fall

könnte sich beispielsweise die Lieblingsfarbe des Nutzers geändert haben, was eine ästhetische Obsoleszenz hervorrufen kann oder die Gebrauchstauglichkeit des Produktes ist nicht zufriedenstellend, sodass der Nutzer von einer weiteren Verwendung absieht.

Das Kriterium Einflussnahme ermittelt, wer Obsoleszenzeffekte maßgeblich verzögern kann. Der Einfluss des Herstellers oder des Nutzers ist jedoch nicht als absolut zu betrachten, sondern stellt ein relatives Verhältnis dar. Mit innovativen Produkten vermag der Hersteller beispielsweise bis zu einem gewissen Punkt die technologische Obsoleszenz zurückzudrängen. Der Nutzer kann diese Bemühungen unterstützen, indem er den technologischen Stand über eine entsprechende Zeitspanne akzeptiert. Er sabotiert sie jedoch, wenn er beim ersten technischen Fortschritt auf ein Konkurrenzprodukt wechselt. Einen Sonderfall stellt die absolute, respektive qualitative Obsoleszenz dar. Sie unterscheidet sich von den anderen Formen dahingehend, dass das Produkt durch einen Schadfall tatsächlich unbrauchbar wird.

Im Schaubild ist eine zusätzliche Obsoleszenzform dargestellt, die in Tabelle 2.3 nicht aufgeführt wurde. Die Designobsoleszenz beschreibt die Veralterung, die aufgrund der Produktgestalt hervorgerufen wird. Vorstellbar sind etwa Differenzen zwischen Erwartungshaltung und tatsächlicher Produktwahrnehmung oder Probleme an den Schnittstellen zur ästhetischen oder gebrauchstechnischen Obsoleszenz. Der Fachausschuss „Industriedesign“ empfiehlt, bereits im PEP Maßnahmen zu ergreifen. *„Durch die Berücksichtigung von Gestaltungsfaktoren, die beispielsweise zur Motivation, Attraktion und Emotionalität des Produkts beitragen, kann Industriedesign eine emotionale Bindung zwischen Nutzer/Nutzerin und Produkt erzeugen. Diese Bindung kann dazu führen, dass Produkte beispielsweise besser „gepflegt“, bei Bedarf repariert und somit länger genutzt werden.“* [VDI/VDID 2424:2023, S. 18 f.]

Die Designobsoleszenz kann ebenfalls durch ein unpassendes Designalter ausgelöst werden, auf das im nächsten Kapitel näher eingegangen wird.

2.3.3 Designalter

“Designers design for the future. [...] The timescale may vary, often dependant upon the lead times associated with a particular sector, but they design for the future. That’s what they do.” [EVANS, 2003, S. 3]

Im Produktentwicklungsprozess müssen nicht nur klar definierte Anforderungen erfüllt werden, sondern auch noch unbekannte Aspekte antizipiert oder *Wicked Problems* gelöst werden. Dabei kann es sich beispielsweise um Fragen der Trendentwicklung oder die wandelnde Wahrnehmung der Nutzer handeln. Mit der Festlegung der äußeren Produktgestalt geben Gestaltende ihre jeweilige Antwort und ihre Annahmen für die Zukunft preis, die zusätzlich von ihrer eigenen Prägung, durch den kulturellen Hintergrund und dem Zeitgeist beeinflusst sein können. Dieser formalästhetische Zeitstempel wird als Designalter bezeichnet und kann von Nutzern wahrgenommen werden.

Das Designalter beschreibt die zeitliche Einordnung eines Produktes durch den Betrachter basierend auf der wahrgenommenen Produktgestalt.

Die Motivation, das Alter von Produkten tiefergehend zu untersuchen, kann aus einem wesentlich besser erschlossenen Fachbereich abgeleitet werden: das Alter der Menschen.

Die menschliche Alterswahrnehmung ist in ganz unterschiedlichen Bereichen von Interesse, woraus variierende methodische Herangehensweisen resultieren.

In der Kriminologie ist das Alter u. a. für die Berufung auf die geltende Rechtslage z. B. in Form von Jugend- oder Erwachsenenstrafrecht wichtig. Hier erfolgt die Altersbestimmung vor allem mit biologischen Merkmalen wie der Zahnstruktur, den Handknochen oder dem Schlüsselbein [SCHMELING ET AL., 2008]. Das wahrgenommene Alter kann auch zur Identifikation von Personen herangezogen werden. Anastasi und Rhodes zeigen jedoch, dass bei Augenzeugenberichten die Alterseinschätzung vom Alter der Zeugen abhängt. So liefern jüngere Probanden in der Studie verlässlichere Alterseinschätzungen als ältere Probanden. [ANASTASI UND RHODES, 2006]

Schwerpunkt in vielen Ansätzen zur Alterserkennung ist das Gesicht. Burt und Perret überlagern in ihrem Experiment verschiedenaltige Gesichter und lassen diese bewerten [BURT UND PERRET, 1995]. Matts et al. leiten anhand der Bewertung von Hautfarbe und -struktur der Wange die Alterseinschätzung sowie die jeweilige Attraktivität und den Gesundheitszustand ab [MATTS ET AL., 2007].

Neben den klassischen Probandenversuchen kommen immer öfter auch Algorithmen und automatisierte Bilderkennung zum Einsatz. Die Forschenden versprechen sich dadurch

beispielsweise Unterstützung in der Strafverfolgung oder wollen die Technologie für virtuelle Zugangskontrollen nutzen. ([GENG ET AL., 2007], [GUO ET AL., 2009], [BAUCKHAGE ET AL., 2010], [KHALIFA UND SENGUL, 2018])

Das wahrgenommene Alter führt bei den Betrachtenden zu mittelbaren und unmittelbaren Reaktionen. Chasteen et al. beschäftigen sich mit der Verschleierung des Alters durch kosmetische Eingriffe und dem resultierenden gesellschaftlichen Urteil. Abhängig vom wahrgenommenen Alter zeigen die Probanden mehr oder weniger Verständnis für den Eingriff. [CHASTEEN ET AL., 2011]

Chang untersucht die Alterswahrnehmung in der Produktwerbung. Wenn das eigene kognitive Alter mit dem wahrgenommenen Alter der Werbemodells übereinstimmt, triggert dies positive Effekte wie eine stärkere Markenbindung und das „Für-mich“-Gefühl. [CHANG, 2008]

Allerdings kann eine Diskrepanz zwischen gefühltem und chronologischem Alter gerade bei älteren Menschen zu Konflikten führen, wenn ihre Produktpräferenzen nicht mehr zum marketingtechnischen Nutzerprofil passen. Diese Nichtbeachtung bzw. das Absprechen der eigenen Interessen durch das Produktmarketing kann Frustration auslösen. [CARVER, 2019]

Für das Designalter lassen sich viele Parallelen ziehen, wenngleich der Forschungsstand hinter der Erforschung des menschlichen Alter liegt. Das Wissen um die zeitliche Einordnung, die entscheidungsrelevanten Merkmale, ihre Manipulation und die wahrscheinliche Reaktion der Betrachter kann für den Entwicklungsprozess von Nutzen sein. Ob es möglich ist, dem Produkt gezielt eine angemessene Gestalt für seine zeitliche Positionierung im Markt zu geben, wird am Beispiel des Automobils in den folgenden Kapiteln untersucht.

3 Produktbeispiel Automobil

Für die Untersuchung des Designalters wird das Produktbeispiel Automobil gewählt. Im ersten Unterkapitel werden sowohl die gesellschaftliche Bedeutung als auch das technologische und gestalterische Potenzial des Automobils erörtert und für die Begründung der Produktwahl herangezogen. Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich mit wissenschaftlichen Untersuchungen zum Fahrzeugexterieur. Hierbei werden verschiedene Methodiken zur Strukturierung der Fahrzeuggestalt und Forschungsansätze zur Wahrnehmung ebendieser präsentiert. Der aktuelle Kenntnisstand zur Wahrnehmung des Designalters am Automobil wird im darauffolgenden Kapitel dargestellt. Als Ergebnis dieser Betrachtungen kann abschließend der weitergehende Forschungsbedarf umrissen werden.

3.1 Begründung der Produktwahl

Im Automobil vereinen sich zahlreiche Eigenschaften, die es für Forschungsarbeiten im Allgemeinen interessant machen. So profitieren Probandenversuche von der Omnipräsenz von Fahrzeugen in unserer Gesellschaft. Die Funktionsweise ist den Testpersonen bekannt, die Handhabung vertraut und das Interesse am Versuch durch Selbstidentifikation mit dem Produkt hoch. Involviertheit und Motivation unterstützen nachweislich die Aussagewilligkeit von Probanden, woraus eine höhere Datenqualität und Ergebnisgüte resultiert [PELZ, 2012, S. 61 ff.].

Eine weitere förderliche Eigenschaft ist die Gliederung der Gestalt. Das Fahrzeug lässt sich in das Exterieur mit entsprechender Außenwirkung und das Interieur mit Mensch-Maschine-Schnittstellen unterteilen. In beiden Bereichen können Funktionsbaugruppen auf größtenteils unabhängige Designelemente heruntergebrochen werden. Diese lassen sich gezielt für Manipulationen im Forschungsdesign nutzen.

Das Automobil ist außerdem ein Produkt mit starker zeitlicher Bindung und bietet somit Wirkraum für das Designalter. Gesellschaftlich war das Automobil richtungsweisend für das 20. Jahrhundert. Individualmobilität und Lebensumstände beeinflussen sich noch heute wechselseitig. Aus technischer Perspektive besitzt das Automobil eine lange Entwicklungshistorie mit Generationen an Konstruktionsvarianten. Gleichzeitig fordert es einen steten technologischen und gestalterischen Fortschritt in Form neuer Modelle.

Dieses mehrdimensionale Spannungsfeld, das in den nachfolgenden Kapiteln weiter detailliert wird, verspricht eine Prädisposition für die Erforschung des Designalters.

3.1.1 Gesellschaftliche Bedeutung des Automobils

Über die Verknüpfung von Gesellschaft und Automobil könnte eine eigenständige Dissertation verfasst werden und vergleichbare Schriftwerke finden sich bereits in den Sozial- und Geisteswissenschaften (u. a. [ROSENTHAL, 1999]). Die folgenden Abschnitte sind daher nur als grober Anriss dieser Thematik zu verstehen und fokussieren sich vornehmlich auf die individuelle Bedeutungsebene. Volkswirtschaftliche und sozioökonomische Betrachtungen werden nicht angestellt.

„Autos sind im 20. Jahrhundert nicht nur für breite Teile der Bevölkerung zu einem unverzichtbaren Gebrauchsgegenstand, sondern auch zum Symbol für Freiheit, Fortschritt und Wohlstand geworden.“ [HAAS, 2018, S. 545].

Die Bedeutung, die dem Auto beigemessen wird, kann sowohl entsprechenden Statistiken zum Mobilitätsverhalten entnommen werden, schlägt sich aber auch in der deutschen Sprache nieder. Begriffe wie *Familienkutsche*, *Nuckelpinne* oder *Rennpappe* wären einem Fremdsprachler wohl schwer zu erklären, verdeutlichen aber gerade die höchst subjektive Beziehung zum Produkt Auto.

Auf persönlicher Ebene ist das Auto vornehmlich als Befähigung zu sehen. Es befähigt zu einer individuellen Mobilität, einer ortsunabhängigen Berufswahl und zu freien Konsumentscheidungen. Für einen kleinen Anteil der Bevölkerung dient das Auto auch dem Selbstzweck in Form des reinen Fahrvergnügens.

Damit alleine lässt sich der Stellenwert des Autos in unserer Gesellschaft jedoch nicht erklären. Als Gegenbeispiel sei der Kühlschrank angeführt. Auch er ermöglicht eine individuelle Ernährung und freie Konsumentscheidungen aufgrund längerer Haltbarkeiten und anpassbaren Lagerungsbedingungen für Lebensmittel. Obwohl Nahrung zur untersten Stufe der Bedürfnispyramide nach Maslow zählt [MASLOW, 1978], wäre eine vergleichbare emotionale Bindung, wie man sie bei Automobilen beobachtet (u. a. [SHELLER, 2004]), an einen Kühlschrank abwegig.

Eine mögliche Antwort findet sich durch einen Perspektivwechsel. Sheldon et al. beschreiben zehn psychologische Bedürfnisse („needs“), die dafür verantwortlich sind, ob ein Erlebnis („event“) als erfüllend wahrgenommen wird oder nicht [SHELDON ET AL., 2001]. Sie etablieren damit eine nicht-hierarchische Alternative zu Maslows Ansatz.

In ihrer Arbeit transferieren Hassenzahl et al. diese Erkenntnisse auf interaktive Produkte und reduzieren mithilfe von Validierungsstudien für ihren Anwendungskontext die Anzahl relevanter Bedürfnisse [HASSENZAHL ET AL., 2013]. Die für Human Computer Interaction gewonnenen Einsichten können zurückgeführt werden in die Räumlichkeit zur Mensch-Produkt-Interaktion. In Tabelle 3.1 sind die Bedürfnisse nach Hassenzahl ergänzt mit den ursprünglichen *needs* nach Sheldon dargestellt.

Tabelle 3.1: Psychologische Grundbedürfnisse am Beispiel Auto nach [HASSENZAHL ET AL., 2013], [SHELDON ET AL., 2001]

Bedürfnisse		Bezug zum Automobil „Durch das Auto fühle ich mich ...“
[HASSENZAHL ET AL., 2013]	Autonomie	Unabhängig und frei in meinen Entscheidungen
	Kompetenz	Fähig und in der Lage Aufgaben effizient zu lösen
	Popularität	Respektiert und um meine Meinung geschätzt
	Sicherheit	Sicher und geschützt vor unklaren Situationen und Bedrohungen
	Stimulation	Angeregt durch neue Eindrücke und Aktivitäten
	Verbundenheit	In Kontakt und näher bei den Menschen, denen ich wichtig bin
[SHELDON ET AL., 2001]	Luxury	In der Lage, Dinge zu besitzen, die ich begehre
	Meaning	Erfüllt und auf dem Weg zu meiner wahren Bestimmung
	Physical thriving	Körperlich in einer guten Verfassung
	Self-esteem	Bestärkt und zuversichtlich in Bezug auf meine Fähigkeiten

Je besser ein Produkt diese Bedürfnisse des Nutzers befriedigen kann, umso höher ist die User Experience, die wiederum mit der emotionalen Nutzerreaktion korreliert [MAHLKE, 2008]. Unter diesem Überbegriff sammeln sich u. a. auch die Nutzungsdauer, Nutzungshäufigkeit und die emotionale Produktbindung. Die Optimierung einzelner Bedürfnisse kann demnach in direktem Bezug zum Markterfolg stehen. So untersuchen Gierl et al. beispielsweise das Bedürfnis der Kunden nach Stimulation und decken Wirkmechanismen auf, welche die Markentreue beim Neuwagenkauf beeinflussen [GIERL ET AL., 2002].

Mit dem Automobil steht dem Einzelnen ein Produkt zur Verfügung, das nicht nur den funktionalen Ansprüchen, eine Person von A nach B zu transportieren, Genüge tut, sondern auch die psychologischen Bedürfnisse erfolgreich befriedigt. Sei es die Autonomie, selber zu bestimmen, wann man sich auf den Weg ins Büro macht; die Kompetenz, das Fahrzeug zu steuern oder die Popularität, die man durch die Fahrzeugwahl im Bekanntenkreis gewinnen kann. Das Fahrzeug vermittelt Sicherheit vor Umwelteinflüssen wie Wind und Regen und trennt den Fahrer von fremden Menschen, denen man z. B. im

öffentlichen Nahverkehr begegnet wäre. Für Bekannte, Familie und Freunde ist es zusätzlich ein soziales Vehikel: man fährt zum Training, bringt die Kinder in die Schule und am Wochenende geht es zu den Schwiegereltern. Nicht zuletzt sorgen Autos durch ihr Design, ihre Ausstattung und das Infotainment für fortwährende Stimulation. Die Kopplung mit Smart Devices fügt dem eine weitere Dimension hinzu.

All dies führt dazu, dass dem Automobil auch gesamtgesellschaftlich eine hohe Bedeutung beigemessen wird. In der Stadtplanung und Infrastrukturentwicklung ist das Automobil der Maßstab unserer Zeit. So ist es auch nicht verwunderlich, dass es sich bei der höchsten Brücke Deutschlands, der Kochertalbrücke, um eine Autobahnbrücke handelt und das Bundesfernstraßennetz 51.018 km umfasst, während das deutsche Schienennetz lediglich 38.600 km besitzt. Insgesamt wird die Ausbreitung des deutschen Straßennetzes auf 830.000 km geschätzt. [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2022]

Als weitere Argumente ließen sich die Führerscheinquote, die Repräsentation in den Medien oder das deutsche Straßenverkehrsrecht heranziehen, was die Darstellungen allerdings ausufern lassen würde. Zusammenfassend lässt sich aber sagen, dass die Allgegenwärtigkeit in unserer Gesellschaft verbunden mit der Wirkung auf Probanden das Automobil zu einem vielversprechenden Testobjekt macht. Speziell für das Designalter müssen jedoch auch die technologischen und gestalterischen Voraussetzungen stimmen.

3.1.2 Technologisches und gestalterisches Potenzial

Ein Potenzial beschreibt die „Gesamtheit aller vorhandenen, verfügbaren Mittel, Möglichkeiten, Fähigkeiten, Energien“ [Duden, 2018]. Dieses Kapitel ergründet diese in Bezug auf das Automobil. Bereits vor über einhundert Jahren haben sich Clayden und Spencer mit den Trends und Möglichkeiten des Automobildesigns beschäftigt und sind zu folgendem Schluss gekommen:

“We are not going to be at the end of passenger car chassis development within ten years, nor within fifty.”

[CLAYDEN UND SPENCER, 1916, S. 220]

Ihre Kernaussage ist heute genauso aktuell wie damals, denn das Ende der Produktentwicklung beim Automobil ist noch lange nicht absehbar. Neue Gestaltungsräume öffnen und schließen sich durch den technologischen Fortschritt.

Höhere Fahrgeschwindigkeiten rückten Anfang des 20. Jahrhunderts die Aerodynamik in den Fokus der Entwicklung und forderten neue Karosserieformen mit geringerem Luftwiderstand und niedrigerem Schwerpunkt [KIESELBACH, 1998, S. 184 ff.]. Ein Technologietreiber unserer Zeit ist das assistierte und automatisierte Fahren, was sich gestalterisch auf das Exterieur, beispielsweise bei der Sensorintegration (siehe [FISCHER ET AL., 2021a]), und das Interieur, in Form neuer Mensch-Maschine-Schnittstellen und Nutzungsszenarien, auswirkt.

Wenn man von einer Entwicklungszeit von 52 Monaten [BRAESS UND SEIFFERT, 2007, S. 44] oder sogar 5 – 7 Jahren [SJÖSTEDT, 1987, S. 5] ausgeht, hat die Konzeptentwicklung für die Automobile der nahen Zukunft bereits begonnen. Kraus betont, dass ein Auto, das *„über eine mittlere Produktionszeit von acht Jahren auf der Straße sichtbar sein wird, [...] eine eigene moderne Formensprache haben [muss]“* [KRAUS, 2007, S. 38].

Zieht man diese Aussagen zusammen, wird die Relevanz des Designalters für das Produktbeispiel Auto deutlich. Lange Entwicklungszeiträume in Kombination mit langanhaltender Produktpräsenz schaffen aufgrund der temporären Verschiebungen zwischen Gestaltungs- und Nutzungszeitpunkt ein reales Anwendungspotenzial.

Neben der Motivation an einem Testobjekt zu forschen, das von den Erkenntnissen nachhaltig profitieren kann, besitzt das Automobil eine weitere Stärke. Dafür muss der Begriff des Potenzials zunächst freier aufgegriffen werden. Nicht nur das zukünftig „Mögliche“ ist von Interesse, sondern auch das bereits Erreichte. So besitzt das Automobil im Vergleich zu anderen Produkten eine Vielzahl gut dokumentierter Gestaltungsvarianten und eine breite Marken- und Modellhistorie. In dieser Sammlung finden sich Designrevolutionen, technologische Meilensteine, aber auch gestalterische Fehlschläge und Sackgassen. Dieses Wissen und die Spannweite über Jahrzehnte macht das Auto zu einem empfehlenswerten Testobjekt. Das Potenzial der Retrospektive kann für die Generierung vielversprechender Versuchssettings und Forschungsstimuli genutzt werden.

Forschungsarbeiten am Automobil profitieren zusätzlich von der Aufgliederung der Fahrzeuggestalt in distinktive Funktionsbaugruppen und Designelemente. Eine klare Differenzierbarkeit der Gestaltungsparameter vereinfacht die Erforschung und Rückführung von Effekten auf singuläre Faktoren. Diese Eigenschaften ermöglichen zudem die Implementierung von modularen Forschungskonzepten.

Die nachfolgenden Kapitel geben einen Einblick in die Forschungspraxis und zeigen Beispiele für die Verwendung des Automobils.

3.2 Wissenschaftliche Untersuchungen zum Fahrzeugexterieur

Aufgrund dargelegten Charakteristika erfreut sich das Automobil hoher Beliebtheit in der Forschungsgemeinschaft. Es wird nicht nur um seiner selbst willen untersucht, sondern dient auch als Versuchsträger für weiterreichende wissenschaftliche Fragestellungen. So wird das Automobil unter anderem gerne für Ästhetik- oder Wahrnehmungsstudien als repräsentatives Industrieprodukt herangezogen (bspw. [FISCHER ET AL., 2021b], [HEKKERT ET AL., 2003]). Es ist ebenfalls prädestiniert für die Erforschung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, wobei der Betrachtungsschwerpunkt dieser Arbeit auf dem Exterieur und nicht dem Interieur liegt. In den nächsten Kapiteln werden Möglichkeiten zur Strukturierung der Fahrzeuggestalt, die Wahrnehmung dieser in wissenschaftlichen Studien und der fahrzeugspezifische Forschungsstand zum Designalter erörtert.

3.2.1 Strukturierung der Fahrzeuggestalt

Die Gliederung des Fahrzeugexterieurs wurde als einer der Gründe für die Wahl des Automobils als Testobjekt angeführt. Dieses Argument wird auf den folgenden Seiten mit dem entsprechenden Wissen untermauert. Dabei wird es zunächst um verschiedene Systematiken gehen, die zur generellen Einordnung von Fahrzeugen verwendet werden. Die Betrachtungen führen von den einzelnen Klassifizierungen weiter zur strukturellen Gliederung der Fahrzeuggestalt, die für die Analyse von Wahrnehmungsprozessen genutzt werden kann.

Die **Systematisierung** der Fahrzeuggestalt dient unterschiedlichen Zwecken. Auf ihrer Basis lassen sich beispielsweise rechtliche Rahmenbedingungen fixieren oder internationale Übereinkommen treffen.

Das Kraftfahrt-Bundesamt publiziert jährlich das „Verzeichnis zur Systematisierung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern“ [Kraftfahrt-Bundesamt, 2022]. Hintergrund ist die gesetzliche Verpflichtung zur einheitlichen Erfassung und statistischen Auswertung von Fahrzeugdaten im Zentralen Fahrzeug-Register (ZFZR) (gem. §6 Abs. 7 Nr. 1 und Nr. 7 Buchstabe a (FZV), § 2 Abs. 1 Nr. 3 Buchstabe a (KBAG)). Von Interesse für dieses Forschungsvorhaben ist die EG-Fahrzeugklasse M₁. Darunter fallen alle Vehikel, *„die für die Personenbeförderung ausgelegt und gebaut sind, mit mindestens vier Rädern und höchstens acht Sitzplätzen außer dem Fahrersitz“* [Kraftfahrt-Bundesamt, 2022, S. 16]. Mit zweistelligen Codes erfolgt eine Unterscheidung der Aufbauarten in die Limousine (AA), die Schräghecklimousine (AB), die Kombilimousine (AC), das Coupé (AD), die Kabrio-Limousine (AE), Mehrzweckfahrzeuge (AF) und den Pkw-Pick-up (AG).

Je nach Größe, Motorisierung und Ausstattung werden Fahrzeuge außerdem unterschiedlichen Segmenten zugeordnet. Diese umfassen Minis, Kleinwagen, Kompaktklasse, Mittelklasse, obere Mittelklasse, Oberklasse, SUVs, Geländewagen, Sportwagen, Mini-Vans, Großraum-Vans, Utility-Fahrzeuge und Wohnmobile. [Kraftfahrt-Bundesamt, 2022]]

Das Deutsche Institut für Normung e.V. veröffentlicht eine eigene „*Systematik der Straßenfahrzeuge*“ [DIN 70010:2001]. Im Folgenden werden die unter Nummer 1.2.1 aufgeführten Typen von Personenkraftwagen betrachtet. Mit der Limousine (Nr. 1.2.1.1), der Kabrio-Limousine (Nr. 1.2.1.2), dem Coupé (Nr. 1.2.1.4), dem Kabriolett (Nr. 1.2.1.5), dem Kombi (Nr. 1.2.1.6) und dem Mehrzweck-Personenkraftwagen (Nr. 1.2.1.9) zeigt sich eine große Schnittmenge mit der Systematik des Kraftfahrtbundesamtes. Allerdings gibt es auch Eigenheiten, wie etwa die Pullman-Limousine (Nr. 1.2.1.3). [ebd., S. 5 ff.]

Das internationale Pendant zur DIN 70010 stellt die ISO 3833 „*Road Vehicles – Types – Terms and definitions*“ [ISO 3833:1977] dar. Dieses unscheinbare zwölfseitige Dokument ist ein Grundstein internationaler Übereinkommen und wird im Fünfjahresrhythmus überprüft, so zuletzt 2019.

Aus diesen Systematiken gehen Kategorisierungsmerkmale hervor wie z. B. die notwendige Anzahl an Türen und Fenstern, die Anordnung von Sitzen im Insassenraum oder die Art des Fahrzeugdaches. Abgesehen von diesen grundlegenden Festlegungen existieren jedoch keine gestalterischen Vorgaben im eigentlichen Sinne, anders als im folgenden Beispiel.

Systematiken eignen sich ebenfalls für die Schöpfung eines berufsspezifischen Wortschatzes und die Etablierung von Fachtermini, die mithilfe einer Aufbau-logik festgehalten und weitervermittelt werden. Im Handbuch der Kraftfahrzeugtechnik sprechen Wolff et al. im Vergleich zum KBA nicht von Aufbauarten, sondern Aufbauausprägungen und Größenklassen statt Segmenten [WOLFF ET AL., 2021, S. 140]. Diese Systematik richtet sich an Fachnutzer wie Fahrzeugkonstrukteure und Automobil-designer. So wird bei den Aufbauausprägungen eine sprachliche Verbindung zur Form hergestellt. Das Fließheck, das Stufenheck oder das Steilheck beschreiben zumindest für einen Teil des Fahrzeugexteri-riours den angestrebten Gestaltaufbau. Diese Bindung ist beim Großraum oder der offenen Ausprägung diffiziler. Auch bei den ursprünglich als Funktionsbezeichnung eingeführten SUVs und Pickups hat sich mittlerweile ein formaler Rahmen etabliert.

Die Aufbauausprägungen lassen sich nach dieser Systematik in verschiedene Größenklassen übertragen. In Tabelle 3.2 sind die typischen Kombinationen dargestellt.

Tabelle 3.2: Aufbauausprägungen und Anwendungen nach [WOLFF ET AL., 2021, S. 140]

Aufbauausprägungen und Anwendungen der Aufbaukonzepte in unterschiedlichen Größenklassen (Blau = verbreitet, Hellblau = Einzelanwendung)

Aufbauausprägung	Bemerkung	Minicars	Kleinwagen	Kompaktklasse	Mittelklasse	Ob. Mittelklasse	Luxusklasse
Offen	Als Roadster (2-sitzig) oder Cabriolet (meist 4-sitzig): Cabriolets häufig von Stufenheck oder Steilheckfahrzeugen abgeleitet						
Fließheck	„Klassisches Coupé“ oder Differenzierung von Stufenheck- oder Steilheckkonzepten						
Stufenheck	Die klassische Ausprägung der Limousine (u. Klappdachcabrios)						
Steilheck	In den unteren Fahrzeugsegmenten als „Hatchback“ in den oberen Segmenten als Kombifahrzeug						
Großraum	Auch als MPV bezeichnete Fahrzeuge mit mehr als 5 Sitzplätzen oder vergrößertem Raumangebot, große Fahrzeughöhe						
„SUV“	Geländefahrzeuge, Hauptdifferenzierung über Bodfreiheit und Böschungswinkel. Basis: höhergelegte Steilheckfahrzeuge oder eigenständige Konzepte						
„Pickup“	Vor allem in den USA verbreitete Aufbauform, meist von SUVs oder Trucks abgeleitet						

Die Autoren bieten einen alternativen Vorschlag zur **Strukturierung** an, der sich an geometrischen Grundformen orientiert. Dazu wird das Fahrzeug aus der seitlichen Perspektive in distinktive Abschnitte, sogenannte Boxen eingeteilt. Eine klassische Limousine kann so in die drei Boxen „Motorraum“, „Fahrgastzelle“ und „Kofferraum“ unterteilt werden. Bei einem Kombifahrzeug oder einer Kompaktklasse verschmelzen Kofferraum und Fahrgastzelle zu einer Box, wodurch diese Fahrzeuge dem 2-Box-Design zugeordnet werden. Das 1-Box-Design findet sich bei Automobilen, die als ein Volumen wahrgenommen werden wie beispielsweise Vans oder Kleinwagenkonzepte. [WOLFF ET AL., 2021, S. 141]

Holder nutzt eine Teilungsebene in der Karosseriemitte um das Automobil in Vorder- und Hinterwagen zu gliedern (siehe Abbildung 3.1). Der Aufbau dieser Abschnitte kann den geometrischen Ausprägungen additiv (A), integrativ (I) oder kubisch (C) zugeordnet werden. Aus der Kombination entsprechender Formen ergeben sich charakteristische Fahrzeugtypen. Die Limousine lässt sich beispielsweise aus einer additiven Front und einem additiven Heck bilden. Die Umwandlung zum Kombi gelingt durch den Umbau der Heckpartie in eine kubische Form. [HOLDER, 2016, S. 9]

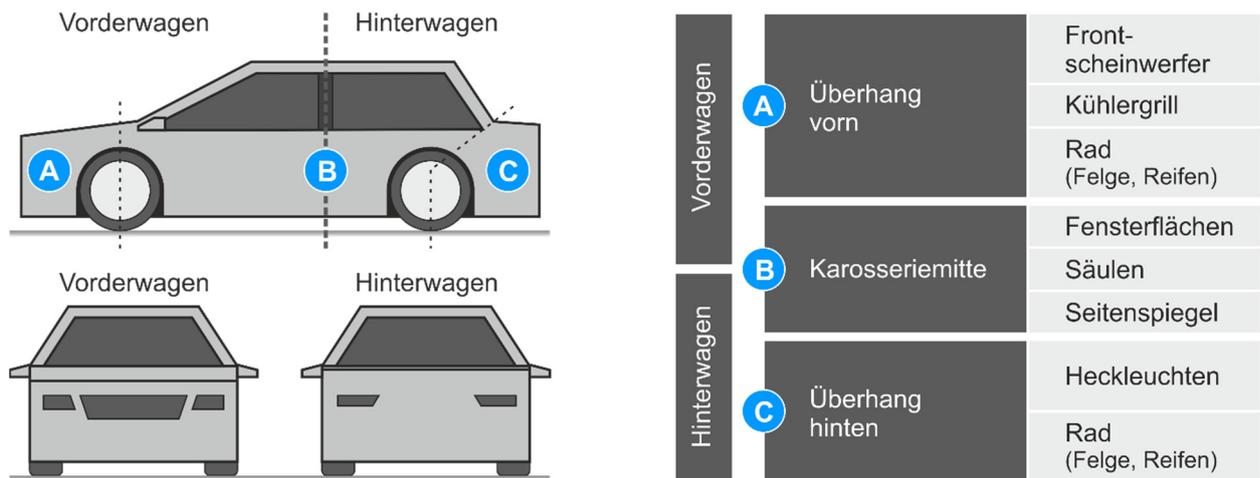


Abbildung 3.1: Gliederung der Fahrzeugkarosserie nach [HOLDER, 2016, S. 9]

Anders als Holder orientiert sich Tumminelli nicht an Volumen, sondern vorrangig an Linien. Seine Taxonomie nutzt charakteristische Designlinien am Fahrzeug, um 20 Fahrzeuggruppen zu differenzieren. Diese lassen sich grob in die Überkategorien Shell, Line, Box und Body einteilen. Da die Übergänge zum Teil fließend sind, zeigt Tabelle 3.3 nur eine neutrale Übersicht ohne weitere Verbindungen zwischen den Gruppen. Eine detaillierte Erklärung zu den einzelnen Stilrichtungen findet sich in Tumminellis Buch „Car Design“. [TUMMINELLI, 2006, S. 19]

Tabelle 3.3: Fahrzeugformen nach [TUMMINELLI, 2006]

Fahrzeugformen nach Tumminelli			
PreModern	Classic	Retro	New Classic
Flow Shell	Flow Line	Flow Box	Smooth Body
Soft Shell	New Line	Edge Box	New Edge Box
Baroque	Edge Line	New Baroque	Edge Body
Graph	Wedge Line	Rocket	Carved Body

3.2.2 Wahrnehmung der Fahrzeuggestalt

Dieses Kapitel knüpft an die theoretischen Grundlagen zur visuellen Wahrnehmung an. Andersartige Sinneseindrücke wie haptische oder akustische Reize am Automobil werden zwar erforscht (bspw. [TONDERA ET AL., 2022]), sind in diesem Rahmen allerdings nicht von Belang. Die nachfolgend vorgestellten Studien beschäftigen sich nicht zwingendermaßen mit der Wahrnehmung der Fahrzeuggestalt an sich, sondern können auch in einem weiterführenden Kontext einen automobilen Bezug aufweisen.

In Tabelle 3.4 sind exemplarische Publikationen aufgeführt, die das Fahrzeugexterieur für ihre Zwecke nutzen. Der Bezug und die Notwendigkeit am Automobil zu forschen differiert deutlich. Während bei Hekkert et al. das Auto nur eines von mehreren Produktbeispielen ist, um die Zusammenhänge zwischen neuartigen und typischen Designs zu analysieren [HEKKERT ET AL., 2003], existieren in den aufgeführten Studien zur **Designbewertung** konkrete Anwendungsfälle in der Automobilindustrie. Dabei handelt es sich zum Beispiel um ästhetische Bewertungsmethoden [RANSCOMBE ET AL., 2011] oder Empfehlungen zur Produktpräsentation im Hinblick auf neue Technologien wie VR [KATO, 2019].

Der **Markeneinfluss** und die **Nutzerwahrnehmung** sind sowohl in der Produktentwicklung als auch im Marketing von Interesse. Burnap et al. beschäftigen sich mit dem Zielkonflikt zwischen Designfreiheit und Markenerkennung. Ihre Untersuchungen zeigen unter anderem, dass BMW im Vergleich mit anderen ausgewählten Marken einen hohen Wiedererkennungswert besitzt, jedoch resultierend Einschränkungen in der Gestaltungsfreiheit hinnehmen muss. [BURNAP ET AL., 2016]

In der Kategorie **Kulturelle Prägung** finden sich zwei diametrale Ansätze. Zhang et al. wollen sich abgrenzen und eine eigene nationale und traditionsgeprägte Designsprache für das Fahrzeugexterieur etablieren [ZHANG ET AL., 2021]. Koyama et al. hingegen betrachten das automobilen Designmanagement in Japan, den USA und Europa, um die besten Eigenschaften und Vorgehensweisen zu vereinen [KOYAMA ET AL., 2009]. Das Automobil fungiert als globales Produktbeispiel mit starken nationalen Industrien. Die übergeordnete Fragestellung von Abgrenzung und Kooperation lässt sich aber auch auf andere Produktsysteme übertragen.

Ein wachsendes Forschungsfeld stellen **Datenanalysen** dar, sei es die Aufbereitung und Analyse von historischen Fahrzeugdaten [HOLDER, 2021] oder die Einbeziehung von künstlicher Intelligenz [LEE ET AL., 2022]. Mit Machine-Learning dekonstruieren Ma et al. das Designexpertenwissen aus tausenden Fahrzeugfrontansichten und transferieren dieses in ein kategoriales System, das den zukünftigen Entwicklungsprozess unterstützen soll [MA ET AL., 2022].

Tabelle 3.4: Beispielhafte Forschungsarbeiten zur Fahrzeuggestalt

Kategorie	Quelle	Forschungsfokus
Anthropomorphismus	HOBACK UND GREENE, 2021	Geschlechtsspezifische Unterschiede bei Pareidolie am Automobil
	PURUCKER ET AL., 2014	Auswirkung von anthropomophen Fahrzeugfronten auf Aufmerksamkeit
Case Study	WINDHAGER ET AL., 2008	Pareidolie in der Fahrzeugfront
	FRIZZIERO ET AL., 2022	Erprobung einer neuen Entwicklungsmethode am Beispiel eines SUV
Datenanalysen	HOLDER, 2021	Historische Entwicklung von Dimensionen und Proportionen beim Automobil
	LEE ET AL., 2022	Automatisierte Bilderkennung von Fahrzeugdesignelementen
Designbewertung	MA ET AL., 2022	Transfer von Designexpertenwissen in eine Machine-Learning-Datenbank
	KATO, 2019	Auswirkungen der Darstellungsform auf die Produktwahrnehmung
Kulturelle Prägung	LUO ET AL., 2012	Optisches Zusammenspiel zwischen Fahrzeug- und Felgentyp
	MOON ET AL., 2021	Voraussage der Produktwahrnehmung
Markeneinfluss	RANSCOMBE ET AL., 2011	Methodenentwicklung für Ästhetikbewertungen am Automobil
	KOYAMA ET AL., 2009	Designentscheidungen in der japanischen, europäischen und amerikanischen Automobilindustrie
Nutzerwahrnehmung	ZHANG ET AL., 2021	Tradition und Kultur in charakteristische Designsprache überführen
	BURNAP ET AL., 2016	Tradeoff zwischen Designfreiheit und Markenerkennung
Nutzerwahrnehmung	FISCHER ET AL., 2021b	Zusammenhang zwischen wahrgenommener Ähnlichkeit und Markenzuordnung
	FETSCHERIN UND TONCAR, 2010	Einfluss von Ursprungsland und Produktionsland auf den wahrgenommenen Markencharakter
Nutzerwahrnehmung	HEKKERT ET AL., 2003	Auswirkung von Neuartigkeit und Typik auf die ästhetische Produktwahrnehmung
	MILIOS UND MATSUMOTO, 2019	Nutzerakzeptanz von Remanufakturing und Implementierung von Circular Economy
Nutzerwahrnehmung	TAKEBUCHI ET AL., 2012	Verknüpfung von Farbe und Form bei der Fahrzeugwahrnehmung

Ebenfalls mit Fahrzeugfronten beschäftigt sich **Anthropomorphismus**. Darunter versteht man im Allgemeinen die Projektion menschlicher Eigenschaften auf Tiere oder Objekte. Die Pareidolie ist eine spezielle Form davon und bezeichnet das Erkennen von Gesichtern in unbelebten Objekten. Windhager et al. weisen das Vorliegen dieser Effekte bei der Fahrzeugfront nach und zeigen unter anderem, dass Scheinwerfer als Augen gelesen werden [WINDHAGER ET AL., 2008]. Auf der Suche nach geschlechtsspezifischen Wahrnehmungsunterschieden finden Hoback und Greene heraus, dass Frauen sensibler auf aggressive Fahrzeugfronten reagieren und spekulieren über evolutionshistorische Gründe [HOBACK UND GREENE, 2021].

Purucker et al. folgen ebenfalls dem evolutionären Forschungszweig. Sie zeigen mit ihrer Eyetracking-Studie, dass aggressive Fahrzeugfronten zwar initial mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Langfristig jedoch wird von den Probanden die Betrachtung bedrohlich wirkender Designelemente und der daraus resultierende Diskomfort vermieden [PURUCKER ET AL., 2014]. Mit dem Wissen um die anthropomorphe Wirkung lassen sich somit gezielte Nutzerreaktionen kreieren.

Die hier vorgestellten Arbeiten bilden nur einen kleinen Teil der Forschung zum Fahrzeugexterieur ab und haben einen nutzerzentrierten Bezug. Bewusst außer Acht gelassen wurden werkstoffliche, konstruktions- und fertigungstechnische Untersuchungen ebenso wie individuelle Technologieentwicklungen. Ihre Bedeutung für das Fahrzeugexterieur soll damit in keinsten Weise in Frage gestellt werden. Der Ausschluss bedingt sich vielmehr durch die differierende Granularität der Betrachtungen und den Wirkungsbereich des Technischen Designs als Ausgangspunkt dieses Forschungsvorhabens. So kommen Studien zum Beschichtungsverhalten von Karosserieteilen definitiv dem Fahrzeugexterieur zu Gute, beachten allerdings nicht zwingenderweise die ganzheitliche Fahrzeuggestalt. Ähnlich verhält es sich mit der Weiterentwicklung von Fertigungstechnologien. Das heutige Fahrzeugdesign wird erst durch ausgeklügelte Biege- und Schweißverfahren umsetzbar, doch die Bereitstellung dieser Kompetenzen liegt nicht beim Technischen Design, sondern anderen Fachbereichen.

Nach diesem allgemeinen Abriss vertieft sich das nächste Kapitel in die wissenschaftlichen Untersuchungen zum Designalter am Fahrzeug.

3.2.3 Wahrnehmung von Designalter

Das Designalter kann als eine Fassade der Fahrzeugwahrnehmung aufgefasst werden. Der zeitlichen Komponente der Produktgestalt wird jedoch im Vergleich zur Ästhetik oder der Markenerkennung bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Dies zeigt sich schon allein in der Benennung. Autoren widmen sich zwar der Erforschung von temporalen Parameter innerhalb von Fahrzeuggenerationen oder Entwicklungslinien. Ein einheitlicher Begriff für den Zeitzustand per se hat sich allerdings nicht etabliert.

Klose koppelt den Zeitzustand von Automobilen an den vorherrschenden Stil. Für ihn ist Stil *„der sichtbar gewordene Ausdruck im Denken und im Handeln einer Zeitepoche – der Zeitgeist. Niemand kann diesen Zeitgeist fassen, jeder aber unterliegt ihm.“* [KLOSE, 1991, S. 27] Demnach negiert Klose die willentliche Formung des Designalters und spricht von Generationseffekten, die in einem 25-jährigen Rhythmus zu stilistischen Weiterentwicklungen führen [ebd.].

Dowlen betrachtet die Automobilentwicklung zwischen 1878 – 2013 und spricht von einem *„flavor of an era“* [DOWLEN, 2013, S. 186]. Anhand ihrer Aufbau- und Formgestalt werden 575 Fahrzeuge analysiert und kategorisiert. Dabei zeichnen sich drei Kategorien von Fahrzeugen ab, die sich vom jeweils zeitlich vorherrschenden Design abgrenzen. In der ersten Gruppe befinden sich Automobile, die nie dem allgemeinen Trend folgen, weil beispielsweise ungewöhnlich Rad- und Lenkkonzepte realisiert werden. Typische Herausforderungen des Designalters finden sich in der zweiten und dritten Gruppe, ohne diesen Begriff als solchen zu verwenden. Fahrzeuge in der zweiten Gruppe wirken zu alt, da sie einem früheren Zeitgeist nachempfunden werden. In der dritten Gruppe sammeln sich Automobile, die ihrer Zeit voraus sind und mit einer gewissen Wartezeit in das allgemeine Erwartungsbild hineingepasst hätten. [ebd.]

Ein prominentes Beispiel ist der Audi A2, der erst mit Verzögerung auf dem Gebrauchtwagenmarkt an Popularität gewinnen konnte ([Spotpress, 30. Oktober 2013]; [LÜBBEHÜSEN, 5. November 2013]).

Das Designalter ist ebenfalls bei der Untersuchung von Fahrzeuggenerationen involviert. In *„Automobildesign und Technik“* schreibt Kraus folgendes über die Wahrnehmung des Alters und die Alterung:

„Fahrzeugformen, die modischen Trends folgen, reizen die Sinne übermäßig und verlieren schnell an Aufmerksamkeit. Der Alterungsprozess in Bezug auf die visuelle Erscheinung setzt dann früher ein. Nimmt dann das neue Fahrzeug keinen Bezug auf die vorhergehende Fahrzeuggeneration, unterliegen diese Fahrzeuge einer größeren Entwertung, sie „altern“ schneller. Ein Prozess, der auf die Empfindungen der Betrachter

zielt und mit der tatsächlichen technisch-, physikalischen Welt nichts zu tun haben muss.“ [KRAUS, 2007, S. 64 f.]

Um dieser Entwertung entgegenzutreten, empfiehlt er das Prinzip der vertikalen Bindung. Hierbei werden „Produkte über die Zeit über Form- und Stilelemente verbunden“ [ebd. S. 64]. Ein Beispiel ist der „Hofmeister-Knick“, der seit 1961 im BMW-Design präsent ist. Designelemente können jedoch auch genutzt werden, um Produkte einer Zeit zu verbinden und die Markenzugehörigkeit zu betonen. Dies nutzt Mechanismen der horizontalen Bindung. Andere Autoren sprechen auch von horizontaler und vertikaler Produkthomogenität [KIESELBACH, 1998, S. 138]. In Abbildung 3.2 sind beide Prinzipien am Audi A6 illustriert.



Abbildung 3.2: Bindungsprinzipien nach [KRAUS, 2007] visualisiert

Für die Verdeutlichung der horizontalen Bindung werden Fahrzeugmodelle mit vergleichbarem Markteinführungszeitpunkt herangezogen. Das ist zum einen das Facelift des Audi A4 B8, in der Abbildung links platziert, und der Audi A8 D4, rechts angeordnet. Die Modelle sind durch charakteristische Designelemente wie die Scheinwerfer oder den Kühlergrill verbunden, differenzieren sich jedoch entsprechend ihrer Klasse beispielsweise im Hinblick auf die Wertigkeit der Felgen oder der Beleuchtungstechnologie. So zählen Alu-Felgen für den A6 und A8 zur Serienausstattung und für den A8 besteht eine kostenfreie Option Xenon-Scheinwerfer zu verbauen. [ADAC, 2023]

Die vertikale Bindung spannt sich exemplarisch zwischen den Baureihen C5 (Facelift), C7 und C8 des Audi A6 auf. Interessanterweise bricht das Facelift des C5 von 2002 den ehemals durchgehenden Bereich der unteren Frontschütze optisch auf und teilt die Luft-einlässe in drei Segmente. Ein Jahr später veröffentlicht Audi auf dem Genfer Autosalon seine neue Konzeptstudie Nuvolari quattro, die als erstes Modell den später ikonischen

Singleframe-Kühlergrill besitzt [Audi AG, 2003]. Mit dem Doppelsegment-Kühlergrill des C5 gelingt es, die zukünftige Designentwicklung der Marke anzudeuten und gleichzeitig eine optische Anbindung zu gewährleisten, u. a. an die ab 2004 produzierte C6-Baureihe mit Singleframe.

Einen Versuch, das Designalter aus der allgemeinen Wahrnehmung zu extrahieren, unternahmen Kern und Maier [KERN UND MAIER, 2020]. In ihren Ausführungen sprechen sie allerdings noch von „Produktalter“ und inkludieren diverse Produktkategorien. Dieser Begriff kann leicht fehlinterpretiert werden im Sinne der Alterung eines einzelnen Produktes und nicht der Alterswahrnehmung eines Produktdesigns.

Kießling et al. liefern eine erste qualitative Studie zum Designalter am Fahrzeugexterior [KIESSLING ET AL., 2021]. In einer Onlinestudie werden Probanden gebeten, retuschierten Fahrzeugbildern Alter, Modell und Marke zuzuweisen. Die Reizmuster umfassen Kompaktwagen, Mittelklasse-, obere Mittelklasse- und Oberklassemodelle der Automarken Audi, BMW und Mercedes [ebd., S. 2985]. In Abbildung 3.3 sind die erhobenen Alters-einschätzungen dargestellt.

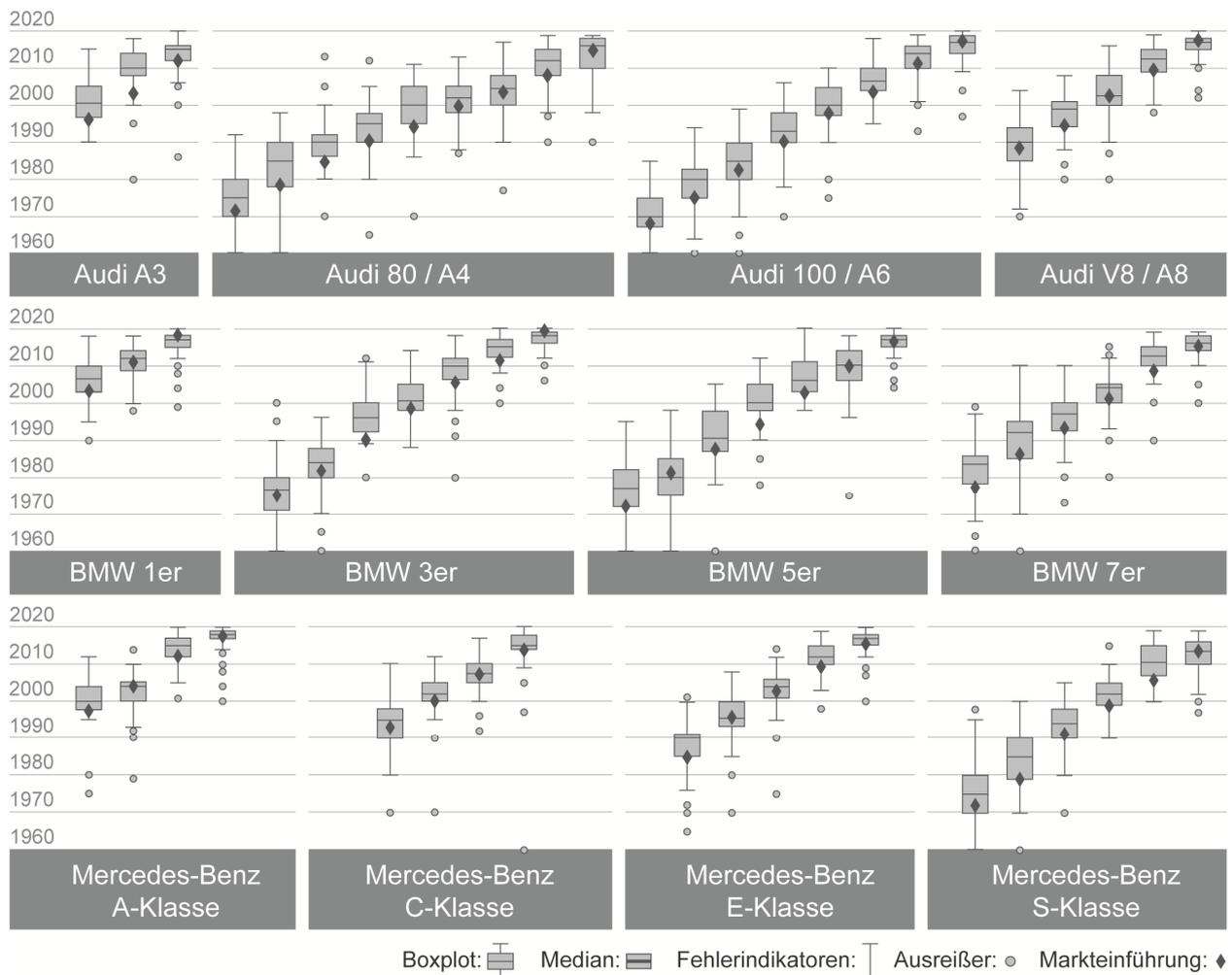


Abbildung 3.3: Alterseinschätzung in Anlehnung an [KIESSLING ET AL., 2021, S. 2987]

Die Boxplotdarstellungen setzen sich aus den Werten des zweiten und dritten Quantils in Form der grauen Rechtecke zusammen, welche durch eine Linie, die den Median kennzeichnet, getrennt sind. Die Spannweite des ersten bis vierten Quantils bzw. der Fehlerindikatoren sind als Linien visualisiert. Ausreißer werden als Punkte dargestellt. Die graue Raute kennzeichnet den tatsächlichen Zeitpunkt der Markteinführung des jeweiligen Modells.

Eine wichtige Erkenntnis hinsichtlich des Designalters ist die chronologisch korrekte Wahrnehmung. Produktgenerationen werden von den Probanden demnach an ihrer jeweiligen zeitlichen Position verortet. Durch die sequentielle Einzelpräsentation und die hohe Anzahl an Reizmustern unterschiedlicher Marken sowie die Randomisierung ist ein mentaler Vergleich bei der Bewertung unwahrscheinlich. Das Experiment gibt vielmehr Grund zur Annahme, dass Probanden das Designalter am Fahrzeugexterieur festgemacht haben. [ebd., S. 2988]

Mithilfe eines Conjoint-Ansatzes gehen Kern et al. dieser Vermutung nach. Als repräsentative Designelemente des Fahrzeugexterieurs werden der Aufbau, die Farbe, die Scheinwerfer und der Kühlergrill ausgewählt. Für jedes Merkmal werden Ausprägungen gesammelt und mit einem Bildbearbeitungsprogramm sechszehn synthetische Fahrzeuge zusammengesetzt, die anschließend von Probanden hinsichtlich des wahrgenommenen Designalters bewertet werden. Abbildung 3.4 zeigt diesen Prozess für ein beispielhaftes Reizmuster. [KERN ET AL., 2022]

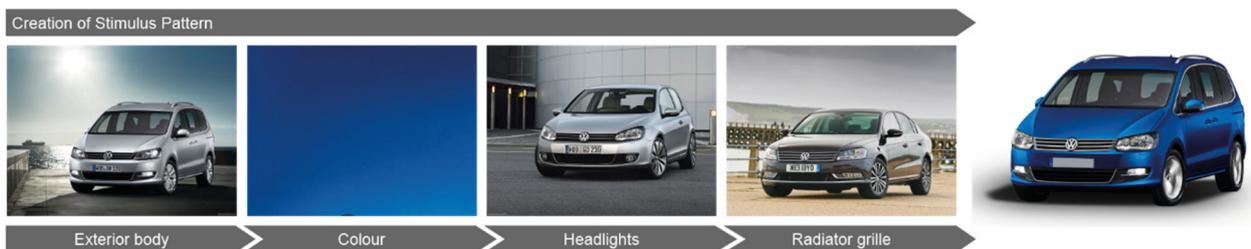


Abbildung 3.4: Erzeugung von Conjoint-Reizmustern [KERN ET AL., 2022]

Durch das wiederholte Auftreten der Ausprägungen in multiplen Kombinationen kann mathematisch der Einfluss einzelner Elemente, der sogenannte Teilnutzenwert, mit dem Conjoint-Ansatz berechnet werden. Diese Methode kommt ebenfalls im empirischen Teil dieser Arbeit zum Einsatz und wird in Kapitel 4.2.1 detailliert beschrieben.

Aus der Onlinestudie gehen die Scheinwerfer und der Aufbau als wichtigste Designelemente für die Bestimmung des Designalters hervor. Dahingegen haben der Kühler und die Farbe einen unterproportionalen Einfluss. Der Faktor Markenerkennung kann mit dem

Versuchssetting isoliert werden, da nur Fahrzeuge der Marke VW als Spender für einzelne Ausprägungen herangezogen wurden. Das gleiche gilt für eventuell vorhandenes Vorwissen zu den Fahrzeugmodellen, da diese nicht als reale Modelle existieren.

Neben diesen Einflussfaktoren gibt es weitere Aspekte des Designalters am Fahrzeug, die es noch zu erforschen gilt.

3.3 Weitergehender Forschungsbedarf

In den vorausgegangenen Kapiteln konnte die Bedeutung des Automobils wie auch die Eignung für wissenschaftliche Untersuchungen dargelegt werden. Mithilfe ausgewählter Studien wurden zusätzlich nutzerzentrierte Forschungsbestrebungen aufgezeigt, wozu im Speziellen auch die Untersuchungen zum Designalter zählen. In Probandenstudien konnte die Wahrnehmung des Designalters bereits nachgewiesen und der Einfluss einzelner Designelemente quantifiziert werden.

Die bisherigen Bestrebungen offenbaren jedoch weiteren Forschungsbedarf in struktureller, methodischer und strategischer Hinsicht.

Aus **struktureller Perspektive** bedarf es weiterer konkreter Studien zum Designalter am Automobil und anderen Produktgruppen. Dadurch ließen sich eine Vielzahl empirischer Daten erheben und in ein solides Fundament für diesen Forschungszweig verwandeln. Interessant wäre dabei auch die Betrachtung des Designalters aus dem Blickwinkel von Marketing, Gestaltpsychologie oder angrenzenden Disziplinen.

Methodisch wäre eine Diversifizierung der zukünftigen Versuchssettings zu begrüßen. Das betrifft beispielsweise die Auswahl und die Art der Präsentation von Stimuli. In den bisherigen Untersuchungen kommen vorrangig statische Abbildungen in fixierter Perspektive zum Einsatz. Diese Art von Reizmustern sichert eine hohe interne Validität des Versuchsdesigns, muss im Gegenzug jedoch Abstriche bei der Immersion hinnehmen. Der Einsatz von Simulatoren für die Erforschung der MMI im Fahrzeuginterieur zählt bereits als State-of-the-Art. Zunehmende Rechenleistung sowie VR- und AR-Technologien werden zukünftig auch für das Exterieur der Schlüssel zu komplexen Versuchsszenarien sein und Testobjekte dreidimensional, hochauflösend und gegebenenfalls sogar interaktiv darstellen.

Aus **strategischer Sicht** fehlt ein reales Einsatzszenario für das Designalter. Nach aktuellem Forschungsstand ist es möglich, Aussagen über eine begrenzte Anzahl an automobilen Designelementen zu treffen. Diese Beurteilung der Wahrnehmung erfolgt jedoch retrospektiv. Für Automobilhersteller ergeben sich daraus zwei strategische Fragen. Zum einen muss der Einfluss des Designalters und der potenzielle monetäre Mehrwert quantifiziert werden. Zum anderen ist der Gestaltungsraum des Designalters zu ergründen.

Wie in Kapitel 1.2 bereits angesprochen, ist abzuklären, ob das Designalter eine freie Entwurfsgröße ist und von Designschaffenden willentlich manipuliert werden kann. Erst mit diesem Hebel eröffnet sich ein reales Anwendungspotenzial für das Designalter, das über archivarische Erhebungen hinausgeht.

Der aufgezeigte Forschungsbedarf stellt weder einen Anspruch an Vollständigkeit, noch kann er alleine mit dieser Dissertation befriedigt werden. In der anschließenden Versuchsplanung werden jedoch Aspekte aus allen Kategorien aufgegriffen.

4 Versuchsplanung

Wie in der Zielstellung dargelegt, gilt es die Gestaltbarkeit des Designalters nachzuweisen. Im Folgenden werden dazu die Forschungsfragen in Form von Hypothesenkomplexen und die zur Beantwortung ausgewählten Methoden vorgestellt.

4.1 Hypothesen

Es werden drei Hypothesenkomplexe betrachtet. Sie beschäftigen sich mit der Gestaltung von Designalter, den Unterschieden zwischen Wahrnehmung und Konfiguration und dem individuellen Einfluss von einzelnen Designelementen. Wenn von Konfiguration gesprochen wird, ist hierbei die Gestaltung des Designalters durch die Probanden im Rahmen des Versuchsaufbaus gemeint.

4.1.1 Gestaltung des Designalters

Wie bereits im Stand der Forschung dargelegt, konnte die Wahrnehmung und korrekte Identifizierung von Designalter in mehreren Studien nachgewiesen werden. Aufbauend darauf wurde das Designalter als Teil der Produktwahrnehmung anerkannt. Als Voraussetzung für die Integration in den Produktentwicklungsprozess ist nun herauszufinden, ob es sich beim Designalter um einen kontextuell abhängigen Umwelteinfluss oder eine veränderliche und beeinflussbare Entwurfsgröße handelt.

Im ersten Fall resultieren daraus lediglich Schritte zur Sensibilisierung von Entwerfenden und Designschaffenden. Analog zur kulturellen Prägung, die zwar erweitert oder bewusstgemacht werden kann, wird sich das individuelle Verständnis von Designalter im jeweiligen Produkt wiederfinden. Möglicherweise gibt es auch Designschaffende und Hersteller mit einer starken zeitlichen Handschrift oder mit einem dezenteren Ausdruck ihrer Entwurfszeit. Eine Beurteilung kann nur nachgelagert an den abgeschlossenen Produktentwicklungsprozess und im zeitlichen Verlauf erfolgen.

Die zweite Option birgt ein größeres Anwendungspotenzial. Sollte das Designalter eine Entwurfsgröße darstellen, ergibt sich dadurch die Möglichkeit zur Erarbeitung von geeigneten Methoden, Definition von Wirkungsbereichen, Identifizierung von Einflussfaktoren und die Quantifizierung dieser. Ausgehend von dieser Annahme leiten sich die folgenden Hypothesen zur Gestaltung des Designalters ab:

*H1a: Individuen können, entsprechend der **eigenen** Wahrnehmung, das Designalter korrekt gestalten.*

*H1b: Individuen können, entsprechend der **allgemeinen** Wahrnehmung, das Designalter korrekt gestalten.*

Die Hypothesen unterscheiden sich hinsichtlich den Bewertungsmaßstabes. Ähnlich wie bei ästhetischen Bewertungen wird zwischen der eigenen und der allgemeinen Wahrnehmung differenziert. Dadurch lassen sich die Einschätzungen von zu un- oder selbstkritischen Probanden identifizieren und für die weiteren Schritte relativieren.

Als Erfolgskriterium wird für beide Hypothesen eine Quote von mindestens 60% der Probanden mit zeitkohärent gestalteten Designaltern angesetzt. Dieser Wert resultiert aus der Annahme, dass die Untersuchung als Bernoulli-Experiment mit Erfolg oder Misserfolg in der Gestaltungsaufgabe interpretiert werden kann. Aus der Anzahl der Erfolge wird mithilfe eines Tabellenwerkes zur kumulierten binomialen Wahrscheinlichkeit die Erfolgswahrscheinlichkeit p in jedem Einzelexperiment abgeschätzt. Bei einem idealen Münzwurf, bei dem zwei gleichwahrscheinliche Optionen existieren, entspricht $p=0,5$. Ist die Erfolgswahrscheinlichkeit größer als dieser Wert, neigt das Experiment mehr zur Erfolgsoption. Im Fall der Konfiguration würden demnach mehr zeitkohärente Designalter erzeugt werden.

Bei mindestens 60 Gestaltungserfolgen aus einer Stichprobe von 100 liegt die Wahrscheinlichkeit, dass die Teilnehmenden eine individuelle Erfolgswahrscheinlichkeit von $p=0,5$ aufweisen nur noch bei 1,76 % ($B(100;0,5;60): P(X \geq 60) = 0.0176$). Dieser Wert steigt proportional mit höheren Erfolgswahrscheinlichkeiten. So besitzt etwa die Annahme von $p=0,75$ eine Eintretenswahrscheinlichkeit von 99,93% für das beschriebene Szenario ($B(100;0,75;60): P(X \geq 60) = 0.9993$). [BECKER ET AL., 2003, S. 61]

Bei einem Erfolgskriterium von mindestens 60% kann demnach davon ausgegangen werden, dass eine klare Neigung hin zur korrekten Gestaltung des Designalters vorliegt.

4.1.2 Vergleich von Wahrnehmung und Konfiguration

Der zweite Hypothesenkomplex beschäftigt sich mit den Zusammenhängen zwischen Wahrnehmung und Konfiguration des Designalters. Dafür werden die Probanden in entsprechende Cluster aufgeteilt. Bereits in der Studie von Kern et al. wird nachgewiesen, dass Probanden unterschiedliche Betrachtungsschwerpunkte wählen und anhand dieser in Gruppen mit spezifischen Wahrnehmungspräferenzen aufgeteilt werden können [KERN ET AL., 2022]. Daher liegt die Vermutung nahe, dass auch bei der Konfiguration des Designalters verschiedenen Herangehensweisen an die Gestaltung identifiziert werden und zur Clusterung geeignet sind.

Da die Wahrnehmung wesentlich einfacher zu messen ist, als das Konfigurationsvermögen, wird für die zukünftige Arbeit am Designalter angestrebt, die Zusammenhänge zwischen beiden genauer zu durchdringen. Das würde bedeuten, dass Probanden, die einem Wahrnehmungscluster angehören, das Designalter in ähnlicher Weise gestalten.

Wenn es im nächsten Schritt noch gelingt, den Clustern typische demografische Charakteristiken zuzuordnen, können im Produktentwicklungsprozess die entsprechenden Projektstellen mit geeigneten Personen besetzt werden und kundenspezifische Designentscheidungen getroffen werden. Die zu prüfenden Hypothesen lauten demzufolge:

H2a: Die Demografie bedingt die Zugehörigkeit zu einem Wahrnehmungscluster.

H2b: Die Demografie bedingt die Zugehörigkeit zu einem Konfigurationscluster.

H2c: Die Wahrnehmungscluster stimmen mit den Konfigurationsclustern überein.

4.1.3 Einfluss von Designelementen

Der letzte Hypothesenkomplex beschäftigt sich mit dem Einfluss einzelner Designelemente auf das Designalter. Dabei geht es um die Frage, ob Designelemente und ihre Ausprägungen maßgeblich für das Designalter verantwortlich sind bzw. wie stark sich das Designalter durch die gewählten Designelemente differenzieren lässt. Die zugrundeliegende Vermutung ist, dass der Einfluss unterschiedlicher Designelemente auf das Designalter variiert (vgl. [KERN ET AL., 2022]). Dadurch kann es im Produktentwicklungsprozess zu Konflikten kommen, wenn sich Designelemente in ihrer Stärke und Wirkrichtung bezüglich des Designalters widersprechen. Der Hypothesenkomplex überprüft deshalb den Einfluss aller ausgewählten Designelemente und stellt idealerweise eine Hierarchie in Bezug auf die Bedeutsamkeit her.

Für die Beurteilung dieser Hypothesen werden die später konfigurierten Designalter aus der Probandenstudie herangezogen. Da die Hypothesen spezifisch auf die untersuchten Designelemente eingehen, erfolgt ein kurzer Vorgriff auf Kapitel 4.2.2.2, das sich mit der Auswahl geeigneter Designelemente beschäftigt. Die Hypothesen lauten:

*H3a: Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement **Aufbau** differenzieren.*

*H3b: Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement **Kühlergrill** differenzieren.*

*H3c: Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement **Kühlerinlay** differenzieren.*

*H3d: Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement **Scheinwerfer** differenzieren.*

*H3e: Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement **Stoßstange** differenzieren.*

*H3f: Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement **Felgen** differenzieren.*

4.2 Versuchsmethodik

Um den Dualismus von Wahrnehmung und Gestaltung von Designalter gerecht zu werden, ist auch die Versuchsmethodik in zwei Methodenbereiche aufgegliedert. Abbildung 4.1 zeigt das abgewandelte Basisschema der Mensch-Produkt-Interaktion [SEEGER, 2005].

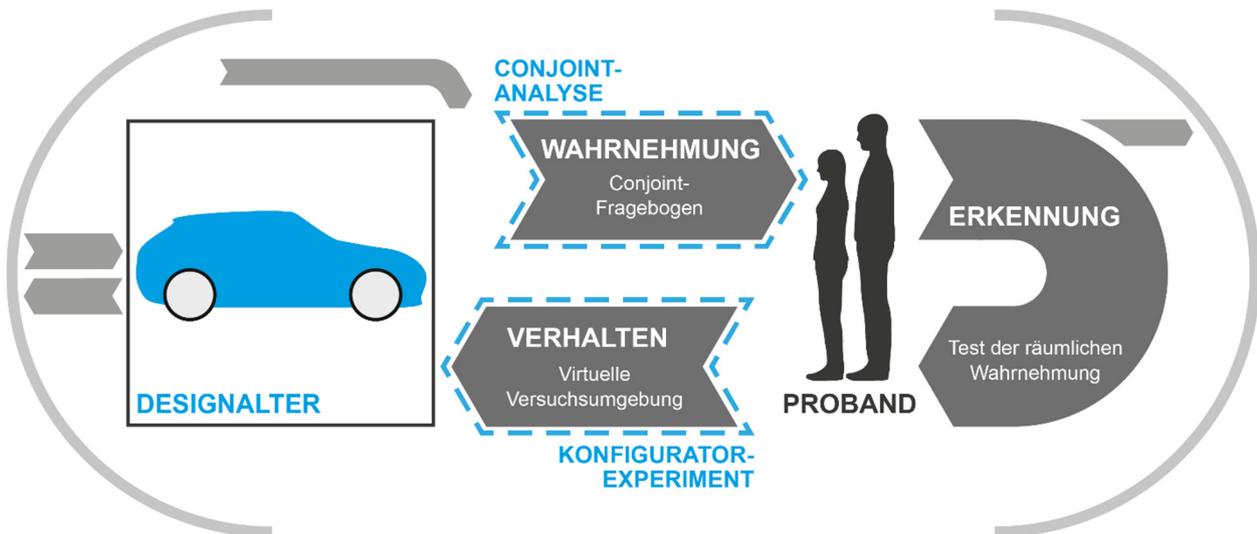


Abbildung 4.1: Verortung der Versuchsmethodik im Basisschema in Anlehnung an [SEEGER, 2005]

Das Fahrzeug und das damit verbundene Designalter nehmen die Position des Produktes ein und werden von den Probanden wahrgenommen. Dieser Prozess kann mit der Conjoint-Analyse, einer Methode zur Präferenzmessung, erfasst werden und erlaubt es, die Einflussfaktoren auf die Wahrnehmung zu quantifizieren. Basis dafür ist ein spezieller Conjoint-Fragebogen.

Das Verhalten der Nutzer wird mithilfe eines Konfiguratorexperiments simuliert. Dabei erhalten die Probanden verschiedene Gestaltungsaufgaben, die sie mit einem Fahrzeugkonfigurator in einer virtuellen Versuchsumgebung erfüllen sollen. Ähnlich wie bei einem Computerspiel mit Ego-Perspektive bewegen sich die Probanden durch Versuchsräume, in denen sie Fahrzeugen ein bestimmtes Designalter geben müssen. Aus dem Experiment lassen sich die präferierten Designelemente für verschiedene Designalter ableiten. Die Daten aus der Conjoint-Analyse und dem Konfiguratorexperiment werden in der Auswertung zusammengeführt und zur wechselseitigen Evaluation bzw. Testung der Hypothesen genutzt.

Zusätzlich werden zur Probandenbeurteilung demografische Daten erhoben und das räumliche Wahrnehmungsvermögen als Zugangsvoraussetzung für den Versuch getestet. Die Methoden werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

4.2.1 Conjoint-Analyse

Die Conjoint-Analyse geht zurück auf Luce und Tukey, und ist eine etablierte Methode der Marktforschung, die allerdings auch in anderen Disziplinen zum Einsatz kommt [LUCE UND TUKEY, 1964]. Diese Methode ermöglicht die Separierung und Gewichtung von sich überlagernden Einflussfaktoren und empfiehlt sich daher für Präferenzmessungen. Für ein grundlegendes Verständnis werden im Folgenden die theoretischen Grundlagen und ausgewählte Anwendungsbeispiele dargelegt. Im Anschluss erfolgt die methodische Adaptierung für die Messung des Designalters.

4.2.1.1 Theoretische Grundlagen

Die Conjoint-Analyse kann als praktische Anwendung des von Luce und Tukey vorgestellten „Conjoint Measurement“ begriffen werden [LUCE UND TUKEY, 1964]. Erste Vorarbeiten zu diesem axiomatischen Verfahren lieferte Debreu bereits 1960 [ebd., S. 12]. Zu einer etablierten Methode der Marktforschung entwickelte sich die Conjoint-Analyse allerdings erst durch die treibende Kraft von Paul E. Green. Als Professor für Marketing an der University of Pennsylvania publizierte er zusammen mit Rao 1971 eine detaillierte Beschreibung des traditionellen Conjoint-Verfahrens und fixierte den dekompositionellen Kerngedanken:

“Conjoint measurement is a new development in mathematical psychology, that can be used to measure the joint effects of a set of independent variables on the ordering of a dependent variable.” [GREEN UND RAO, 1971, S. 356]

Bei den abhängigen Variablen (AV) handelt es sich um Entscheidungsmöglichkeiten oder Gestaltungsoptionen, die bewertet und sortiert werden sollen, um das beste Konzept zu bestimmen. Dies geschieht mit Hilfe der unabhängigen Variablen (UV), welche relevante Merkmale (eng. *attributes*) mit möglichen Ausprägungen (eng. *level*) repräsentieren. In ihrem Paper analysieren Green und Rao zum Beispiel die Präferenzen von Hausfrauen bei Kunden-Coupons in Bezug auf die Anzahl der kooperierenden Geschäfte, die Höhe des Rabattes oder die Anfangskosten einer Kundenkarte. [GREEN UND RAO, 1971]

Ein neueres Beispiel findet sich bei Halbey et al., die sich mit der Frage beschäftigen, wie die Merkmale Reichweite, Ladezeit, Ladenetzwerk und Ladeort die Akzeptanz von batterieelektrischen Fahrzeugen beeinflussen. [HALBEY ET AL., 2017]

In beiden Fällen werden systematisch Varianten aus den verfügbaren Ausprägungen gebildet und von Probanden hinsichtlich der zu untersuchenden Fragestellung bewertet. Anders als bei einem morphologischen Kasten ist es unerlässlich, dass jede Ausprägung mehrmals verwendet wird. Zwar erhöht das die Anzahl der Reizmuster für die Probanden,

doch durch die multiple Bewertung in variierenden Zusammenstellungen können mathematisch die individuellen Einflüsse ermittelt werden. Der Conjoint-Ansatz ermöglicht es, Produkt- oder Systemvarianten miteinander zu vergleichen und die Kundenpräferenzen bezüglich der Merkmale zu berechnen.

Der Einfluss einzelner Ausprägungen wird durch sogenannte Teilnutzenwerte abgebildet, die sich nach dem Teilnutzenmodell aufaddieren. Teichert leitet aus ihnen Handlungsempfehlungen für das Marketing ab in Form eines „*relativen Nutzenbeitrag[s] einzelner Produktmerkmale und somit z.B. Gestaltungsanregungen für neue Produkte*“ [TEICHERT, 1997, S. 4] und als Basis für weitergehende Marktsimulationen.

Die Vorgehensweise einer Conjoint-Analyse lässt sich in fünf Phasen beschreiben [BAIER UND BRUSCH, 2021, S. 5]:

1. *Identifikation relevanter Merkmale und Ausprägungen,*
2. *Konstruktion des Erhebungsdesigns,*
3. *Erhebung von Beurteilungen bei Auskunftspersonen,*
4. *Berechnung der Nutzenbeiträge der Ausprägungen und Interpretation sowie*
5. *Prognose von Auswahlentscheidungen in interessierenden Szenarien*

Die einzelnen Phasen werden im Hinblick auf das notwendige Verständnis für diese Arbeit nachfolgend erläutert.

Identifikation relevanter Merkmale und Ausprägungen

In der ersten Phase der Conjoint-Analyse werden am zu untersuchenden Produkt geeignete Merkmale abgeleitet. Diese sollten relevant, beeinflussbar, realisierbar und möglichst unabhängig voneinander sein. Im Anschluss werden Ausprägungsformen dieser Merkmale gesammelt. Stellt sich heraus, dass nur eine Ausprägung existiert oder ein K.O.-Kriterium auftritt, sind die betroffenen Merkmale aus dem Versuch zu entfernen. Eine zwingend zu gewährleistende Eigenschaft des Produktes, wie beispielsweise eine sicherheitsrelevante Funktion, steht über dem Kundenwunsch. Eine Präferenzmessung würde daher zu verzerrten bzw. irrelevanten Aussagen führen. [HILLIG, 2006, S. 42]

In der Ausgestaltung der Conjoint-Analyse sehen Baier und Bruschi eine natürliche Grenze bei vier bis fünf Merkmalen [BAIER UND BRUSCH, 2021, S. 8], während Backhaus bis zu sechs Merkmale als akzeptabel erachtet [BACKHAUS ET AL., 2021, S. 584]. Pelz setzt für die traditionelle Conjoint-Analyse einen noch höheren Wert an und beruft sich auf Miller (1956), laut dem bei einer Entscheidung „*nicht mehr als sieben Merkmale (plus minus zwei) bei einer Entscheidung gleichzeitig*“ berücksichtigt werden können [PELZ, 2012, S. 15]. In diesem Kontext sollte auch die Anzahl der Ausprägungen beachtet wer-

den, um eine mentale Überlastung der Probanden zu verhindern. Die technischen Grenzen sind ebenfalls zu berücksichtigen. Die Statistiksoftware SPSS erlaubt maximal 99 Ausprägungen je Merkmal, bzw. maximal 9 Ausprägungen, wenn man ORTHOPLAN verwenden möchte. Diese Funktion kombiniert und erstellt automatisiert Reizmuster aus den vorhandenen Ausprägungen [IBM, 2020].

Konstruktion des Erhebungsdesigns

Eine grundlegende Frage beim Erhebungsdesign ist die Form der geplanten Conjoint-Analyse. In den letzten Jahrzehnten haben sich zahlreiche Verfahrensvarianten gebildet, um sich den unterschiedlichen Ansprüchen und Möglichkeiten der Marktforschung anzupassen. Es werden prinzipiell bewertungsbasierte und auswahlbasierte Conjoint-Analysen unterschieden. In Abbildung 4.2 sind erstere dargestellt und in weitere Untergruppen aufgeteilt. Der im Rahmen dieser Arbeit verfolgte Ansatz ist farblich hervorgehoben.

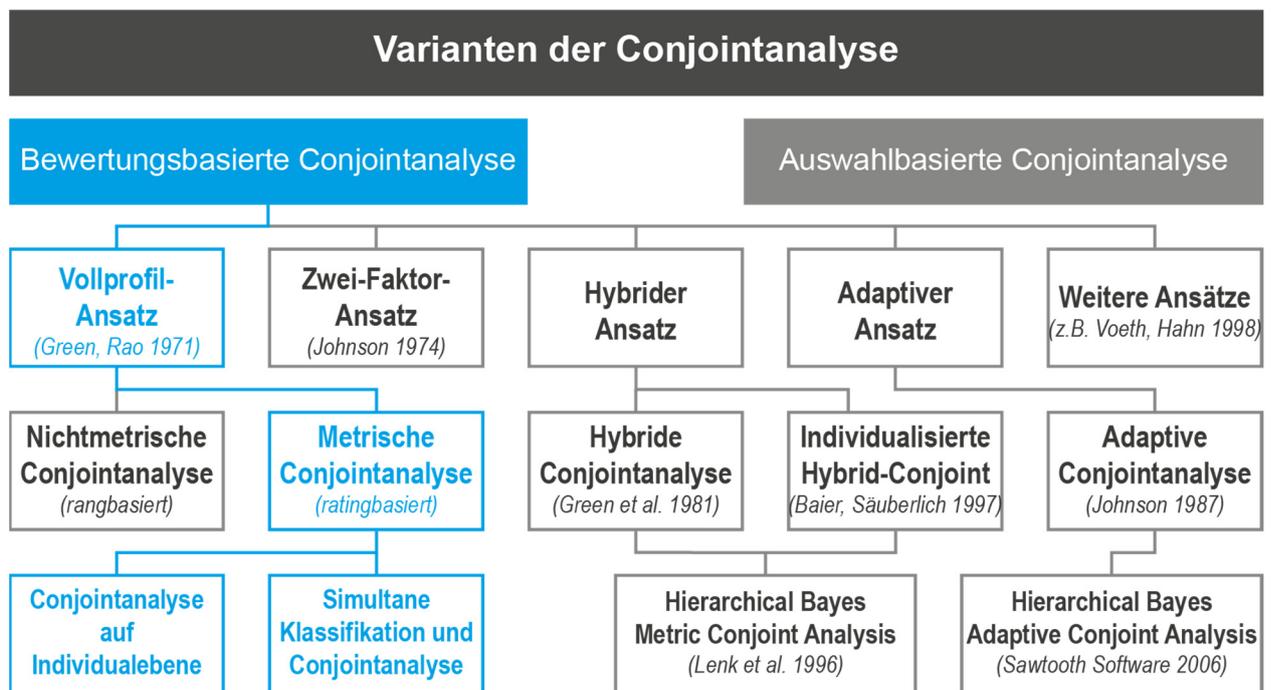


Abbildung 4.2: Varianten der Conjoint-Analyse nach [BAIER UND BRUSCH, 2021, S. 10]

Bei der traditionellen Conjoint-Analyse nach Green und Rao handelt es um eine Vollprofilmethode [GREEN UND RAO, 1971]. Das bedeutet, dass in jedem Reizmuster stets alle Merkmale präsent und durch eine entsprechende Ausprägung vertreten sind. Bei der Stimulanzahl kann in vollständige Designs und in reduzierte Designs unterschieden werden [HILLIG, 2006, S. 44]. Erstere verlangen alle Kombinationsmöglichkeiten und eignen sich daher nur für eine stark begrenzte Anzahl an Merkmalen und Ausprägungen. Der Kombinatorik folgend müssten Probanden bei drei Merkmalen mit vier Ausprägungen bereits 64 Reizmuster beurteilen.

Um die Beanspruchung für die Probanden zu verringern, kann ein reduziertes Versuchsdesign eingesetzt werden. Die Anzahl der Stimuli lässt sich zum Beispiel durch die Verwendung von orthogonalen Feldern senken. Dazu zählen unter anderem der YATES-Standard, der PLACKETT-BURMAN- und der TAGUCHI-Versuchsplan [SIEBERTZ ET AL., 2017, S. 33 ff.].

IBM bietet mit der bereits erwähnten ORTHOPLAN eine Funktion zur automatischen Erstellung orthogonaler Designs [IBM, 2020]. Es finden sich aber auch experimentelle Ansätze, die sich mit der kontrollierten Reduzierung von Versuchstimuli beschäftigen [IKEMOTO UND YAMAOKA, 2011].

Nach der Festlegung des Versuchsplans, ist die Art der zu erhebenden Daten zu bestimmen. Die Beurteilung der Reizmuster kann entweder via Ranking (intervallskalierte Daten) oder via Rating (quasi-metrische Daten) erfolgen. Für die metrische Bewertung stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, zu denen klassische Rating-Skalen wie die Likert-Skala, die Konstant-Summen-Skala oder die Dollar-Metrik zählen [HILLIG, 2006, S. 39]. Bei der Verwendung eigener oder modifizierter Skalen ist darauf zu achten, dass die ermittelten Teilnutzenwerte die Skaleneinheit übernehmen. Im Fall dieser Arbeit wird für die Beurteilung des Designalters „Jahr“ als Zeiteinheit gewählt.

Da die Daten aus der Conjoint-Analyse auch zur Interpretation des Konfiguratorexperiments genutzt werden sollen, wird sowohl eine individuelle als auch eine aggregierte Conjoint-Analyse durchgeführt.

Erhebung von Beurteilungen bei Auskunftspersonen

Das Conjoint-Verfahren erlaubt eine Vielzahl von Darstellungsmöglichkeiten für Stimuli. So können die Reizmuster in visueller, verbaler, multimedialer oder realer Form, sowie als Kombination den Probanden präsentiert werden [HILLIG, 2006, S. 39]. Diese Flexibilität erlaubt es, die Methode in jeder Phase der Produktentwicklung anzuwenden, d. h. noch nicht existierende Produkte zu evaluieren oder auch immaterielle Eigenschaften wie den Preis durch verbale Merkmale auszudrücken.

Ernst und Sattler haben sich in ihrer Arbeit mit der Güte verschiedener Präsentationsformen beschäftigt und wissenschaftliche Vergleichsstudien zur Reliabilität und Validität gebündelt [ERNST UND SATTLER, 2000]. In Tabelle 4.1 sind Auszüge davon aufgeführt. Aus dieser Betrachtungen ergibt sich kein dominierendes Medium, allerdings weisen die Autoren auch auf grundsätzliche Aspekte der Versuchsdurchführung hin. So kann „[...] die multimediale Präsentation [...] zu einer verstärkten Motivation durch eine interessantere und weniger ermüdende Teilnahme (Green/Srinivasan, 1978) an der Befragung führen, was ebenfalls zu einer Validitätssteigerung [...] beitragen kann.“ [ebd., S. 2]

Tabelle 4.1: Auszug nach [ERNST UND SATTLER, 2000, S. 5]

Präsentationsformen	Quelle	Testprodukt	Stichprobengröße
Text versus Bild	<i>Louvriere et al., 1987</i>	Nationalparks	100 versus 123
	<i>de Bont, 1992</i>	Kaffeemaschinen ^{c)}	20 versus 21
	<i>Huismann, 1997</i>	Diverse	215 versus 145
	<i>Vriens et al., 1998</i>	Autoradios ^{a) c)}	160
Text versus reales Produkt	<i>Anderson, 1987</i>	Kleidung ^{a)}	25
	<i>Weisenfeld, 1989</i>	Zigaretten ^{a) c)} Fleischsalat ^{a) c)} Rucksäcke ^{a) c)}	24 versus 42 27 versus 29 27 versus 53
	<i>Sattler, 1994</i>	Konfitüre ^{b)}	145 versus 141
Text versus Prototyp	<i>Tscheulin, 1996</i>	Bier	81

a) Text besser für Prognosevalidität, b) gleiche Prognosevalidität, c) gleiche Reliabilität

Berechnung der Nutzenbeiträge der Ausprägungen und Interpretation

Aus den erhobenen Probandenbeurteilungen lassen sich die Präferenzen ermitteln. Für die Berechnung der Nutzenbeiträge existieren verschiedenen mathematische Modelle wie das *Vektormodell*, das *Idealpunktmodell* oder das *Nutzenbeitragsmodell* [BAIER UND BRUSCH, 2021, S. 83]. Die Schätzmethoden sind in SPSS im Unterbefehl FACTORS vertortet [IBM, 2020, S. 8]. Tabelle 4.2 zeigt die verfügbaren Befehloptionen. Baier und Bruschi empfehlen die Verwendung des Nutzenbeitragsmodells, „[...] da dabei a priori keine Annahmen über den Funktionsverlauf getroffen werden müssen.“ [BAIER UND BRUSCH, 2021, S. 87].

Tabelle 4.2: Implementierte Schätzmethoden in SPSS [IBM, 2020, S. 8]

SPSS-Befehl	Beschreibung	Modell
DISCRETE	Standardeinstellung, kategoriale Ausprägungen	Nutzenbeitragsmodell
LINEAR	Lineare Beziehung zwischen Ausprägungen	Vektormodell
IDEAL	Quadratischer Zusammenhang, ideale Ausprägung vorhanden	Idealpunktmodell
ANTIIDEAL	Quadratischer Zusammenhang, schlechteste Ausprägung vorhanden	Invertiertes Idealpunktmodell

Andere Autoren bezeichnen dieses Modell auch als *Teilnutzenmodell* (u.a. [HILLIG, 2006], [PELZ, 2012]) oder im angloamerikanischen Raum *part-worth function* (u.a. [HAGERTY, 1985], [GREEN UND SRINIVASAN, 1990]).

Die Auswertung erfolgt je nach Art der erhobenen Daten mit nicht-metrischen oder metrischen Algorithmen. Nachfolgend wird das metrische Regressionsverfahren *Ordinary Least Square* (Methode der kleinsten Quadrate), kurz OLS-Regression, nach Hillig vorgestellt [HILLIG, 2006, S. 37 ff.], da dieser Ansatz auch in SPSS implementiert ist.

Nach dem Teilnutzenmodell addieren sich alle Nutzenbeiträge der repräsentierten Ausprägungen zu einem Gesamtnutzenwert y_k für das entsprechende Reizmuster. Dies kann mathematisch durch die Formel 4.1 ausgedrückt werden:

$$y_k = \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} \beta_{jm} \cdot x_{jm} \quad (4.1)$$

Es gilt:

y_k : geschätzter Gesamtnutzenwert für das Reizmuster k ,

β_{jm} : Teilnutzenwert für Ausprägung m von Merkmal j ,

M : Anzahl der Ausprägungen von Merkmal j ,

x_{jm} : 1, falls das Merkmal j in Ausprägung m vorliegt, andernfalls 0

Die obige Summenformel bündelt alle Teilnutzenwerte und filtert mit der Dummy-Variable x_{jm} die nicht vorhandenen Ausprägungen heraus, um ein spezifisches Reizmuster abzubilden. Für die OLS-Regression wird zusätzlich die Annahme getroffen, dass ein Basisnutzen existiert:

$$y_k = \beta_0 + \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} \beta_{jm} \cdot x_{jm} \quad (4.2)$$

Mit: y_k : geschätzter Gesamtnutzenwert für das Reizmuster k ,

β_0 : Basisnutzen

Die erweiterte Formel zur Berechnung der Gesamtnutzenwerte einzelner Reizmuster kann nun in die Regressionsgleichung eingesetzt werden. Die Zieldefinition der OLS-Schätzung ist hierbei, die quadratische Abweichung zwischen dem empirisch erhobenen Gesamtnutzen U_k und geschätzten Gesamtnutzen \hat{U}_k zu minimieren:

$$\sum_{k=1}^K (U_k - \hat{U}_k)^2 = \sum_{k=1}^K \left[U_k - \beta_0 + \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j-1} \beta_{jm} \cdot x_{jm} \right]^2 \xrightarrow{\beta_{jm}} \min! \quad (4.3)$$

Mit: U_k : beobachteter Gesamtnutzenwert (aus Probandenbewertungen),

\hat{U}_k : geschätzter Gesamtnutzenwert

Dieser Ansatz ermöglicht es, die individuellen Teilnutzenwerte einzelner Probanden zu ermitteln. Ein hoher Teilnutzenwert deutet auf eine starke Präferenz der jeweiligen Aus-

prägung hin. Die Werte können allerdings auch negativ ausfallen und somit den Gesamtnutzen reduzieren. Für die Interpretation empfiehlt es sich, sowohl innerhalb eines Merkmals die beste Ausprägung zu bestimmen, als auch merkmalsübergreifend die stärksten und schwächsten Teilnutzen zu lokalisieren.

Die Differenz zwischen größten und kleinsten Teilnutzenwert eines Merkmals wird als Spannweite definiert. Merkmale mit großer Spannweite sind bedeutender für den Gesamtnutzen, da sie die Conjoint-Formel mit ihren extremen Ausprägungen stärker beeinflussen können. Die relative Wichtigkeit w_j eines Merkmals wird daher aus der eigenen Spannweite im Verhältnis zu allen Spannweiten berechnet:

$$w_j = \frac{\max_m\{\beta_{jm}\} - \min_m\{\beta_{jm}\}}{\sum_{j=1}^J \max_m\{\beta_{jm}\} - \min_m\{\beta_{jm}\}} \quad (4.4)$$

Die bis hierhin aufgeführten Betrachtungen beziehen sich auf jeweils einzelne Probanden und ihre jeweiligen Präferenzen. Diese Daten sind allerdings nicht ohne weiteres vergleichbar und können auch nicht direkt aggregiert werden. Es wäre denkbar, dass Probanden übereinstimmende Präferenzprofile besitzen, einer der Probanden den Bewertungsrahmen jedoch nur zu 75% ausschöpft. Um eine verzerrte Interpretation der Ergebnisse zu verhindern, „sind die Teilnutzenwerte zu normieren, wodurch sichergestellt werden soll, dass die errechneten Teilnutzenwerte für alle Befragten auf dem gleichen Nullpunkt und den gleichen Skaleneinheiten basieren.“ [HILLIG, 2006, S. 50]

Die Normierung erfolgt in zwei Schritten und überführt die individuellen Teilnutzen, d. h. die Präferenz je Ausprägung, für jeden Probanden in normierte und vergleichbare Werte. Dabei handelt es sich nicht um eine Reduzierung von Variablen oder Zusammenführung von Daten. Die folgenden Berechnungsschritte werden separat für jeden Probanden durchgeführt und erzeugen für alle Ausprägungen neue Variablen mit den normierten Teilnutzenwerten.

Zunächst werden alle Teilnutzenwerte um den kleinsten Teilnutzenwert reduziert, wodurch ein gemeinsamer Nullpunkt gesetzt wird. Die neuen Teilnutzenwerte β_{jm}^* ergeben sich aus:

$$\beta_{jm}^* = \beta_{jm} - \beta_j^{Min} \quad (4.5)$$

Mit: β_{jm} : Teilnutzenwert für Ausprägung m von Merkmal j ,

β_j^{Min} : minimaler Teilnutzenwert von Merkmal j

Anschließend wird die obere Grenze definiert, indem die Summe aller Teilnutzen auf Eins herunterskaliert wird. Die folgende Transformation ordnet alle Teilnutzenwerte $\hat{\beta}_{jm}$ maßstabstreu in den Bereich zwischen Null und Eins ein:

$$\hat{\beta}_{jm} = \frac{\beta_{jm}^*}{\sum_{j=1}^J \max_m \{\beta_{jm}^*\}} \quad (4.6)$$

Die Teilnutzenwerte können nun für die weitere Auswertung personenübergreifend aggregiert oder für eine Clusteranalyse genutzt werden. Durch die Normierung ist es jedoch nicht mehr möglich, einen direkten Bezug zur ursprünglichen Bewertungsskala herzustellen oder den ursprünglichen Gesamtnutzen aus verschiedenen Ausprägungen zu errechnen.

Prognose von Auswahlentscheidungen in interessierenden Szenarien

Mit den Daten aus der Conjoint-Analyse können Produkte oder Systeme auf Basis einzelner Merkmale bewertet, optimiert und für Nutzergruppen adaptiert werden. Im Fall einer Produktevaluation würden der Gesamtnutzen für die tatsächlichen Produktvarianten mithilfe der ermittelten Teilnutzen berechnet werden. Daraus können eine Prognose für die beste Auswahl und den Markterfolg, oder Empfehlungen zur Produktoptimierung anhand spezifischer Merkmale abgeleitet werden. Bei einem umfangreichen Probandenkollektiv ist auch die Aufteilung in Cluster und gezielte Ansprache ausgewählter Kundengruppen mit dem finalen Produktdesign vorstellbar.

4.2.1.2 Anwendungsbeispiele

Für die Conjoint-Analyse finden sich eine Vielzahl von Anwendungsbeispielen. In einer Retrospektive bündeln Green et al. wichtige Forschungsarbeiten und beispielhafte Industrieaufträge [GREEN ET AL., 2001]. Cattin und Wittink betrachten die Anwendung der Conjoint-Analyse zusätzlich quantitativ und analysieren den jeweiligen Einsatzzweck. Dieser liegt bei 72% der untersuchten Analysen in der Identifikation neuer Produkte und Produktkonzepte, gefolgt von 61% fokussierend auf Preisgestaltung. [CATTIN UND WITTINK, 1982, S. 45]

Auch neuere Publikationen sehen die Conjoint-Analyse als etabliertes Verfahren und belegen dies mit Softwarezugriffen. Baier und Bruschi untersuchen 3.883 kommerzielle Anwendungen zwischen 1995 und 2020, deren Daten von den zwei Marktführern im deutschsprachigen Raum zur Verfügung gestellt wurden [BAIER UND BRUSCHI, 2021, S. 37]. Die nachfolgenden Beispiele sind daher nur als einige von vielen zu sehen.

Courtyard-Studie von Marriott [WIND ET AL., 1989]

Die von der Hotelkette Marriott in den 80ern in Auftrag gegebene Studie zur Gestaltung ihrer Courtyard-Tochter zählt zu den umfangreichsten bekannten Conjoint-Analysen. Um für Geschäftsreisende und Pläsiergäste attraktiver zu erscheinen, wurden 50 Merkmale mit insgesamt 167 Ausprägungen evaluiert [ebd., S. 26]. Das Untersuchungsdesign integriert neben verbalen Beschreibungen auch eine Vielzahl an visuellen Reizen in Form

von Bildern, dreidimensionalen Modellen und experimentellen Hotelzimmern [GREEN ET AL., 2001, S. 68]. Eine Herausforderung bestand darin, die Kundenwünsche und Präferenzen zu realisieren ohne Konkurrenzeffekte zwischen dem neuen Courtyard-Format und dem bestehenden Portfolio von Marriott auszulösen.

Mobilitätspräferenz [REED UND LEVINE, 1997]

Mit Hilfe einer Conjoint-Studie erforschen Reed et al. die Präferenzen zwischen Bus- und Autonutzung. Interessant ist daran aus heutiger Sicht vor allem, dass neben den trivialen Kategorien wie Parkkosten, Fahrkartenpreisen, Entfernung, Fahrdauer und Zuverlässigkeit auch das Merkmal „Informationsformat“ betrachtet wird. Die Probanden bewerten einen analogen und einen telefonischen Busfahrplan, der zusätzlich Informationen über aktuelle Verspätungen enthält. In der monatlichen Betrachtung schneidet die Informationsdarbietung am schlechtesten ab und erlangt nur 2,8% der relativen Wichtigkeit für die Entscheidung zwischen Bus und Auto. Handelt es sich jedoch um eine tagesaktuelle Situation, steigt die relative Wichtigkeit des Informationsformates auf 22,5% und erzielt den höchsten merkmalsinternen Teilnutzen in der telefonischen Benachrichtigung bei Verspätungen. [ebd., S. 38] In Anbetracht der Omnipräsenz von Smartphones heutzutage, könnte eine Wiederholung dieser Studie durchaus spannende Parallelbetrachtungen ermöglichen.

Wirkung von Produktdesign [KÖHLER, 2003]

In seiner Dissertation erarbeitet Kohler eine Methode um die Wirkung von Produktdesign zu messen. Im empirischen Teil werden am Beispiel des 3er BMWs zunächst relevante emotionale Wahrnehmungsdimensionen ermittelt. Diese werden anschließend in zwei auswahlbasierte Conjoint-Analyse eingebunden, in der unterschiedliche Designelemente des Fahrzeugs als Merkmale untersucht werden. Als äußere Formparameter werden das Heckkonzept, die A&B-Linie, der Überhang vorne und der Überhang hinten variiert [ebd., S. 193]. Die inneren Formparameter werden durch die Stoßleiste, den Steinschlagschutz, die Felgen und die Leuchten repräsentiert [ebd., S. 211]. Mit den Conjoint-Analysen gelingt es, die gestalterischen Ausprägungen mit subjektiven Wahrnehmungseindrücken wie Sportlichkeit und Hochwertigkeit in Verbindung zu bringen.

4.2.1.3 Adaptierung für das Designalter

Um die Wahrnehmung des Designalters mit der Conjoint-Analyse zu messen, werden die Phasen entsprechend der Fragestellung adaptiert. Im Vergleich zu einer Marktforschungsstudie sind nicht mehr das Gefallen und die Kaufabsicht von Interesse, sondern der aus der äußeren Gestalt resultierende Zeiteindruck.

Dementsprechend müssen in der ersten Phase relevante Merkmale identifiziert werden, die einer zeitlichen Veränderung unterliegen können. Da die Versuchsmethodik die Validierung des Konfiguratorexperiments mit den Ergebnissen der Conjoint-Analyse vorsieht, sollten die Merkmale und Ausprägungen in beiden Versuchsteilen übereinstimmen. Die Auswahl und Erstellung wird im Kapitel 4.2.2.2, das sich mit der Entwicklung des Fahrzeugkonfigurators beschäftigt, detailliert beschrieben.

Das Erhebungsdesign entspricht einer traditionellen Conjoint-Analyse mit einem orthogonalen Versuchsplan. Dieser wird automatisiert mit der SPSS-Funktion ORTHOPLAN erstellt und umfasst 49 Reizmuster, die im Anhang A1, Abbildung A.1 eingesehen werden können.

Basierend auf den Erfahrungen aus der Studie zu Einflussfaktoren auf die Designalterswahrnehmung (vgl. [KERN ET AL., 2022]) wird ebenfalls eine Skalenbewertung verwendet. Anders als bei der vorausgegangenen Untersuchung, die auf weiche Pole einer Likert-Skala setzte, werden jedoch eindeutige Jahreszahlen in 10-Jahresschritten zwischen 1970 und 2030 angeboten. Der Zeitrahmen orientiert sich an den Gestaltungsaufgaben im Konfigurator-Experiment.

Die Darstellung der Reizmuster erfolgt visuell in einer Dreiviertelperspektive. Dabei wird der Fahrzeugkonfigurator dieser Arbeit genutzt, um anhand der Vorgaben des ORTHOPLANs die jeweiligen Kombinationen zu bilden und als Grafik zu exportieren.

Die Reizmuster und Fragestellungen werden in einem PDF-Formular zusammengeführt, sodass jedes Reizmuster eine eigene Seite füllt. Die verwendete Software Adobe Acrobat Pro DC ermöglicht es, die Antwortoptionen als interaktive Schaltflächen anzulegen und später für einen automatisierten Datenexport in Excel zu nutzen. Außerdem kann die Reihenfolge der Reizmuster durch eine systematische Veränderung der Seitensortierung randomisiert werden. In Abbildung 4.3 ist eine beispielhafte Seite dargestellt.

Die Probanden bearbeiten den Conjoint-Fragebogen selbständig auf einem Tablet. Das PDF enthält neben den Reizmustern eine Einführung, eine Pausen-Aufforderung nach 26 Bewertungen und eine Abschlussseite mit dem Verweis, sich an die Versuchsleiterin zu wenden.

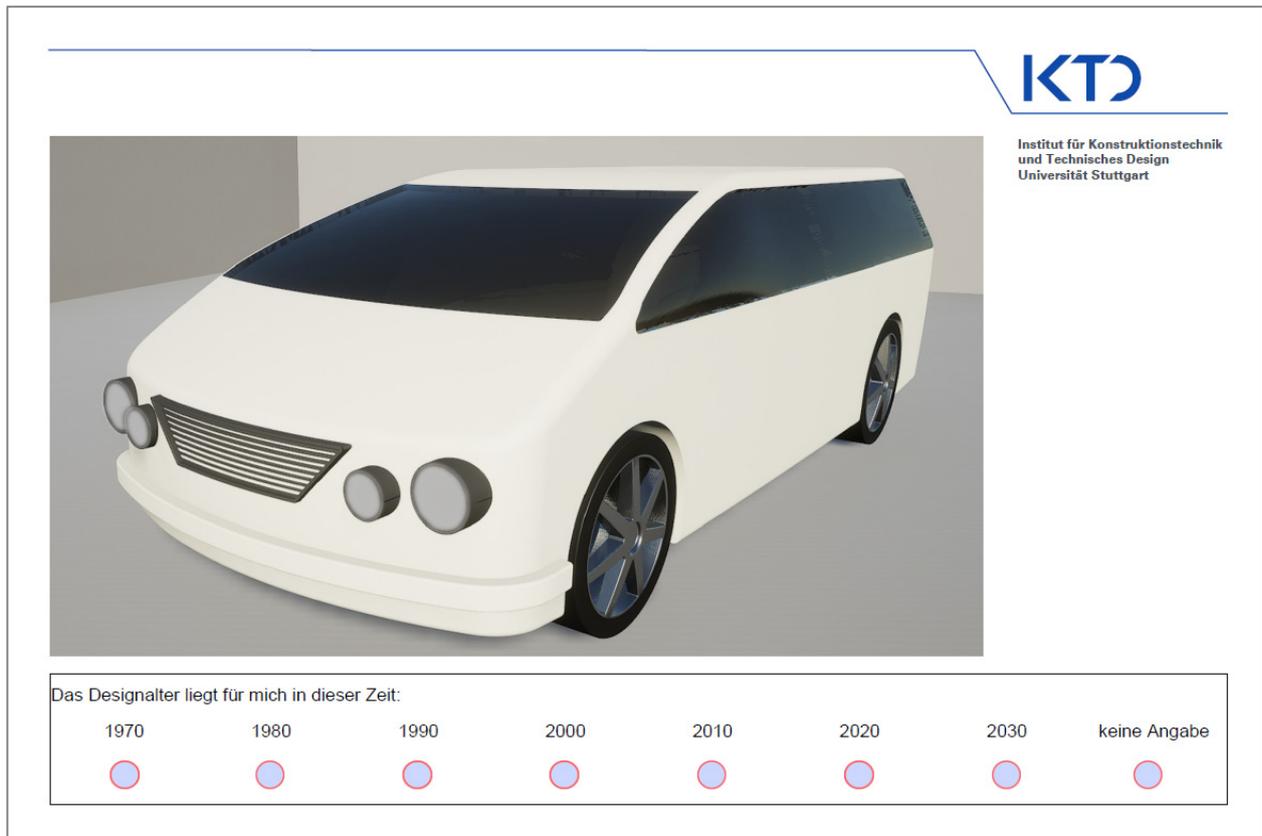


Abbildung 4.3: Beispielseite Conjoint-Fragebogen

Die erhobenen Daten werden für die weitere Auswertung in SPSS überführt. Der Einfluss einzelner Ausprägungen auf das Designalter wird nach dem Teilnutzenmodell, wie im Kapitel 4.2.1.1 erläutert, berechnet. Aus der Adaptierung für das Designalter ergeben sich keine mathematischen Unterschiede für die Conjoint-Analyse. Jedoch sind die ermittelten Präferenzen nun als Maß des Zeiteindrucks zu interpretieren und die Teilnutzen addieren sich zu einer Jahreszahl. Mit den je Proband erhobenen Werten können später die Ergebnisse aus dem Fahrzeugkonfigurator quantitativ bewertet werden.

4.2.2 Produktkonfigurator

„Produktkonfiguration ist die Zusammenstellung standardisierter Bauteile, Module und Komponenten zu kundenspezifischen Endproduktvarianten unter Beachtung von Konfigurationsregeln.“ [SCHUH UND RIESENER, 2018, S. 211]

Die Produktkonfiguration stellt einen essentiellen Bestandteil der Versuchsmethodik dar. Das Gestaltungsvermögen eines jeden Probanden hängt von Begabung, Übung und Motivation ab. Deshalb muss für den Versuch ein Medium gefunden werden, das diese Faktoren weitergehend neutralisieren kann.

Demgemäß darf das motorische Fähigkeitslevel, das als trainierbar angesehen wird, nicht zu einer Beeinträchtigung im Gestaltungsprozess führen. Das gleiche gilt für künstlerische Begabungen, welche weder die Art noch die visuelle Qualität der Endergebnisse beeinflussen sollen. Diese Ziele lassen sich erreichen, indem allen Probanden die identischen Bausteine im Rahmen eines Produktkonfigurators zur Verfügung gestellt werden. Bei der Definition eines neuen Produktes unterscheidet Brinkop in Produktkonfiguration und Produktparametrierungen. Erstere erstellen ein Produkt aus vorher bekannten Komponenten, während bei der Parametrierung auch Eigenschaften in einer gewissen Bandbreite variiert werden. [BRINKOP, 2020, S. 3]

Da ein Conjoint-Ansatz in den Versuch implementiert wird, ist eine Parametrierung nicht zielführend. Das Variablenniveau im Experiment entspräche einem ordinalen Wert, der mit einer nominalen Größe aus der Conjoint-Analyse in Verbindung gesetzt werden müsste. Um hier systematische Fehlerquellen auszuschließen, wird ein Produktkonfigurator mit positions- und größenkonstanten Modulen entwickelt.

Die folgenden Kapitel geben einen kurzen Einblick zum Einsatz von Produktkonfiguratoren und widmen sich dann der Erstellung eines automobilen Produktkonfigurators.

4.2.2.1 Einsatz von Produktkonfiguratoren

Produktkonfiguratoren eignen sich für den Einsatz in der Variantenfertigung und in der kundenindividuellen Massenfertigung. Die Variantenfertigung kann auftragsorientiert erfolgen, d. h. der Kunde stellt die gewünschten Produktkomponenten vor der Fertigung zusammen, oder programmorientiert, d. h. der Hersteller bietet vordefinierte Produktvarianten an. Die Variationsbreite wird dabei vorrangig durch den Automatisierungsgrad und die Stückkosten bestimmt. Ein Anwendungsbeispiel sind individuelle Textildrucke. Die Grundprodukte, in diesem Fall Kleidungsstücke unterschiedlicher Größe und Farbe, können entsprechend der Vorgaben wie Druckbereich und Farbpalette variiert werden.

Die kundenindividuelle Massenfertigung wird auch als Mass-Customization bezeichnet und ist gekennzeichnet durch individualisierbare Komponenten, deren Preis durch Standardisierungs- und Synergieeffekte kontrolliert wird. Ein typisches Einsatzgebiet für Mass-Customization ist die Automobilindustrie. Aufgrund hoher Stückzahlen und modellübergreifender Baugruppen bzw. Plattformstrategien können die Kosten gesenkt und gleichzeitig Kundenwünsche flexibel erfüllt werden. [LIEBISCH, 2014, S. 11 ff.]

Nach Stormer hat erst die Mass-Customization, d. h. die „*Produktion von Produkten oder Dienstleistungen [für] das individuelle Bedürfnis eines Kunden*“ zum Einsatz von Produktkonfiguratoren im B2C geführt [STORMER, 2007, S. 322]. Detaillierte Informationen, wie Produktkonfiguratoren gestaltet werden können, finden sich etwa unter den Schlagworten CAS (Computer Aided Selling) [PILLER, 2006, S. 247], PCS (Product Configuration System) [RASMUSSEN ET AL., 2020] oder CPQ-Prozess (Configure Price Quote) [JORDAN ET AL., 2020].

Es gibt mittlerweile ebenfalls kommerzielle Anbieter, die bei der Implementierung von B2B- und B2C-Konfiguratoren helfen. Eine Übersicht verschiedener deutschsprachiger Firmen und ihrer Expertise bietet der „Marktführer Produktkonfiguration“ von Brinkop [BRINKOP, 2020, S. 11 ff.]. Ähnliche Auflistungen lassen sich aber auch im Internet finden (siehe bspw. [CPQ-select, 2021]).

Produktkonfiguratoren sind nicht zuletzt auch in der Wissenschaft von Interesse. Dabei zeichnen sich zwei Kategorien ab: Forschungsansätze, die Produktkonfigurationen ihrer selbst willen erforschen (siehe [LIEBISCH, 2014]), und Untersuchungen, die Produktkonfiguratoren als Werkzeug in einen neuen Forschungskontext transferieren (bspw. [KÜSTNER, 2020]). Letzteres entspricht der vorgesehenen Anwendung des Fahrzeugkonfigurators in dieser Arbeit.

4.2.2.2 Entwicklung eines Fahrzeugkonfigurators

Die Entwicklung des Fahrzeugkonfigurators ist an einige grundlegende Anforderungen geknüpft. Der Konfigurator muss für den Versuch und die Nutzung durch ungeschulte Probanden geeignet sein. Dies erfordert ein hohes Maß an Intuitivität, gute Usability und ein niederschwelliges Bedienkonzept.

Der Konfigurator soll markenunabhängige und dreidimensionale Visualisierungen verwenden. Für die veränderlichen Komponenten sind prägnante und eigenständige Designelemente am Fahrzeug zu wählen. Diese werden auf Basis einer Literaturrecherche systematisch herausgearbeitet.

Ausgeschlossen werden Veränderungen der Größe oder der Position der Designelemente (siehe [BRINKOP, 2020] zur Parametrisierung) sowie eine Veränderung der Farbgebung. Die Farbe trägt zwar stark zum Charakter eines Produktes und seinem emotionalen Erleben bei. Aus Herstellersicht erweist sich die Farbe allerdings als flexibles Gestaltungsmittel, das auch nach der Markteinführung eine Anpassung mit vergleichsweise geringem Aufwand ermöglicht, wenn die Farbe unabhängig vom Material bestimmt werden kann. [KÖHLER, 2003, S. 62]

Mit dem Ausschluss von Farbe geht auch der Verzicht auf die Produktgestalt Grafik einher, die eine weitergehende Konkretisierung darstellen würde (vgl. [HOLDER UND MAIER, 2021])

Identifizierung

Für die Identifizierung prägnanter Designelemente werden Fahrzeugstudien bezüglich der betrachteten Fahrzeugbestandteile analysiert. In klassischen Probandenstudien werden vornehmlich Wahrnehmung, Gefallen und Wiedererkennung erforscht (siehe [CHEN ET AL., 2007], [HYUN ET AL., 2015], [KARJALAINEN, 2007] und [LIEM ET AL., 2009]). Andere Autoren nutzen in ihren Untersuchungen Bild- und Produktanalysen (vgl. [CHEUTET, 2007], [TOVEY ET AL., 2003]). Mathematisch-analytische Ansätze wie die Shape Grammar Rules runden die Auswahl ab [McCORMACK ET AL., 2004].

Aus diesen Veröffentlichungen können 78 Nennungen von individuellen Designelementen am Fahrzeugexterieur extrahiert werden. Um den Differenzierungsgrad zwischen den Autoren auszugleichen, erfolgt anschließend eine Clusterung in 20 Hauptkategorien. In Abbildung 4.4 sind die untersuchten Designelemente in den jeweiligen Publikationen grafisch als Ringmarkierung dargestellt. Die Markierungen sind zusätzlich grau gefüllt, wenn die Autoren diesen Elementen eine besondere Bedeutung attestieren. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Auszeichnung im ursprünglichen Forschungskontext erfolgt und daher kein genereller Vergleich zwischen den Publikationen möglich ist. So geht beispielsweise die Einschätzung des Kühlergrills von Liem et al. auf die Befragung von 46 Probanden zurück [LIEM ET AL., 2009], während McCormack et al. mathematische Verfahren zur Konturbeschreibung verwenden [McCORMACK ET AL., 2004].

Die Abbildung 4.4 stellt den Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen und die Auswahl der Designelemente dar. *Frontscheinwerfer*, *Kühlergrill* und *Stoßstange* werden für den Einsatz im Konfigurator ausgewählt, da sie von mindesten zwei Quellen als bedeutende Elemente benannt werden (siehe blaue Markierung). Beim Kühlergrill erfolgt zusätzlich die Aufspaltung in die äußere Kontur, welche weiterhin als *Kühlergrill* geführt wird, und die innere Struktur, die fortan als *Kühlerinlay* bezeichnet wird. Die Bewertungen von

Greenhouse, Kotflügel und Profilansicht werden zusammengefasst und finden als übergeordnetes Designelement *Aufbau* in der Studie Berücksichtigung (siehe hellblaue Markierung). Die seitlichen Lufteinlässe und die Rücklichter werden trotz Auszeichnung nicht weiter betrachtet. Stattdessen werden die Räder bzw. *Felgen* in den Konfigurator aufgenommen (siehe rote Markierung). Sie sind als Antipol zu den präferierten Designelementen zu sehen und dienen als Gradmesser für die Validität der Auswahl.

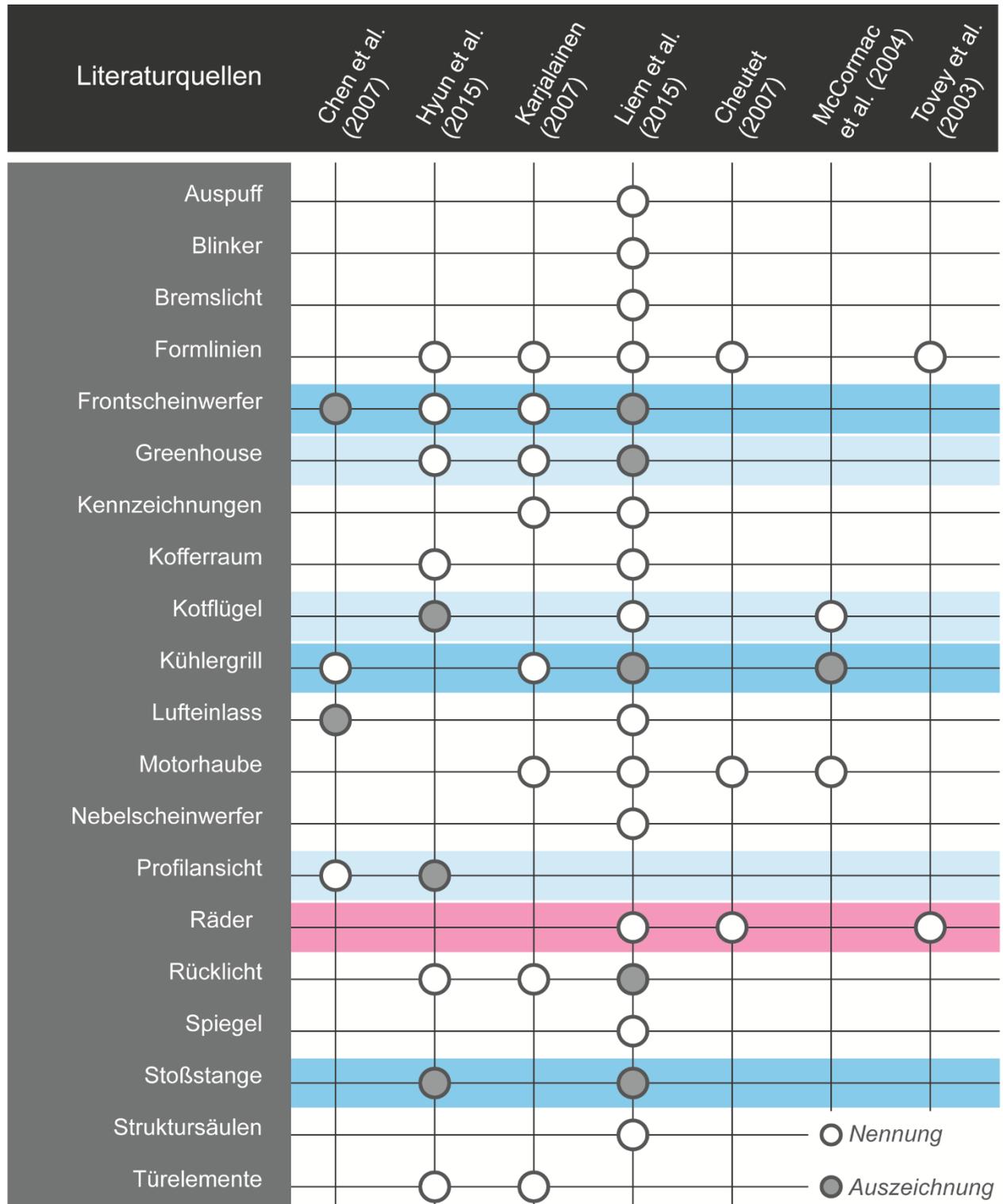


Abbildung 4.4: Clustering relevanter Designelemente

Auswahlkriterien und Vorgehen

Für die ausgewählten Designelemente müssen repräsentativen Varianten gesammelt werden, aus denen später die Komponenten für den Fahrzeugkonfigurator entstehen. Der Auswahlprozess und seine Kriterien sind in Abbildung 4.5 visualisiert und wird im Folgenden erläutert.

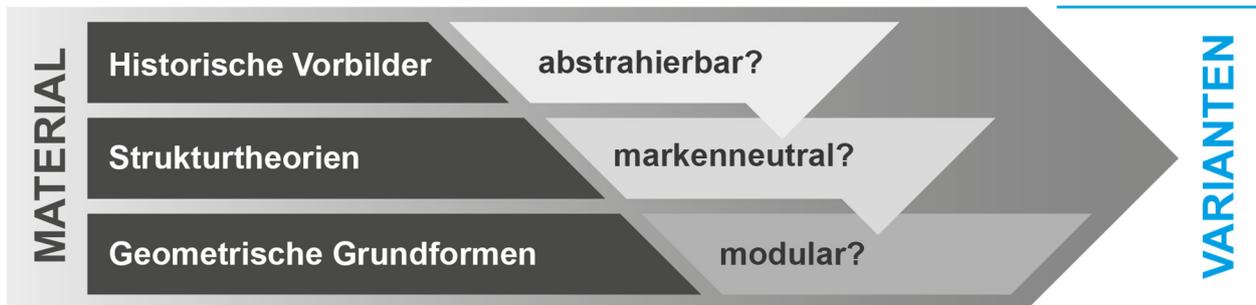


Abbildung 4.5: Dreistufiger Auswahlprozess für Designelemente

Zunächst wird jedes Designelement dahingehend untersucht, ob charakteristische historische Ausprägungen bekannt sind. Für eine erste Orientierung empfiehlt sich der Designatlas von Braess und Seiffert [BRAESS UND SEIFFERT, 2007, S. 317 ff.] oder Tumminellis Sammlung mit über 300 Fahrzeugen [TUMMINELLI, 2006]. Wichtig für die Variantenbildung sind das Abstraktionsvermögen und die Eindeutigkeit der historischen Vorbilder. Sind diese Kriterien erfüllt, kann auf Basis der Designgeschichte eine Sammlung von potenzieller Ausprägungen erstellt werden.

Wenn keine historischen Ausprägungen identifiziert werden können oder diese nicht den Anforderungen gerecht werden, wird auf strukturelle Methodiken bezüglich des Designelements zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um systematische Ansätze, die sich mit den Variationsmöglichkeiten eines Designelements beschäftigen. Beispiele sind die Arbeiten von Holder zur Aufbaugestalt von Fahrzeugen [HOLDER, 2016] oder die systematischen Formanalysen zum Kühlergrill [HOLDER ET AL., 2017].

Aus der Strukturtheorie gehen Varianten hervor, die bereits abstrahiert wurden. Die bisher gefundenen Ausprägungen, auch die aus den historischen Vorbildern, sind hinsichtlich ihrer Markenneutralität zu prüfen. Mit diesem zweiten Eignungskriterium soll der Einfluss markenspezifischer Charakteristika auf die Designelemente reduziert und nach Möglichkeit verhindert werden. Wenn dieses Kriterium nicht erfüllbar ist oder wenn weder historische noch systematische Ausprägungen existieren, werden die Varianten aus geometrischen Grundformen aufgebaut.

Als letzte Anforderung für die Auswahl geeigneter Varianten ist die Modularität festgesetzt. Damit soll gewährleistet werden, dass die Designelemente im Fahrzeugkonfigurator unabhängig voneinander verändert werden können ohne den Anschluss an die Gesamtgestalt zu verlieren.

Sammlung der Ausprägungen

Das Wesen des Versuchs macht eine Begrenzung der möglichen Ausprägungen unumgänglich. Zum einen müssen alle angebotenen Ausprägungen mittels Conjoint-Analyse beurteilt werden. Die Anzahl nötiger Reizmuster ergibt sich bei der Verwendung eines orthogonalen Versuchsplans aus dem Quadrat der maximalen Ausprägungsanzahl. Zum anderen sollen die Auswahloptionen im Fahrzeugkonfigurator die Probanden nicht überfordern. Deshalb wird die maximale Variantenzahl je Designelement auf Sieben begrenzt (siehe auch [PELZ, 2012, S. 15]). Die weiteren zugrundeliegenden Gedanken für die Sammlung werden nachfolgend für jedes Designelement dargelegt.

Für den **Aufbau** wird die Gliederung des Fahrzeugexterieurs nach Holder herangezogen. Wie bereits in Kapitel 3.2.1 beschrieben, kann mit den additiven, integrativen und kubischen Vorder- und Hinterwagen jedes übliche Automobil abgebildet werden. Dazu zählen das 3-Box-Design (AA), das 2-Box-Design (AC), das Coupé (AI), das Flowbox-Design (IC) und Flow-Design (II). Außen vor bleibt das 1-Box-Design (CC), das durch seine kubische Gesamtform formalästhetisch näher bei einem Minibus oder People Mover, als einem Pkw verortet ist. [HOLDER, 2016]

Die Ausprägungen des **Kühlergrills** werden der Veröffentlichung von Holder et al. entnommen. In ihrer Publikation modifizieren die Autoren die geometrischen Grundformen Kreis, Rechteck, Dreieck und Trapez, um Kühlergrillvariationen zu erzeugen. Mithilfe eines Benchmarks werden die wichtigsten Formen identifiziert und in einer Probandenstudie hinsichtlich ihrer wahrgenommenen Eigenschaften wie Attraktivität oder Sicherheit evaluiert. Parallel dazu wird ebenfalls die Nutzerwahrnehmung bei kühlerlosen Fahrzeugfronten, typisch für batterieelektrische Fahrzeugkonzepte, erhoben. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Größe des Kühlergrills mit der wahrgenommenen Attraktivität korreliert. [HOLDER ET AL., 2017]

Diese potenzielle Störgröße wird mit dem Packaging eingedämmt, d. h. alle Ausprägungen erhalten identische Bauraumvorgaben für Höhe und Breite. Realisiert werden jeweils eine rechteckige, eine runde, eine halbrunde, eine dreieckige und eine trapezförmige Ausprägung sowie eine kühlerlose Front.

Die **Kühlerinlays** werden aus historischen Vorbildern abgeleitet. In Abbildung 4.6 sind beispielhafte Rippen- und Gitterstrukturen der letzten 120 Jahre von Mercedes Benz zu sehen [Mercedes-Benz Group Media, 2022]. Sie dienen als Inspiration für abstrahierte Varianten.

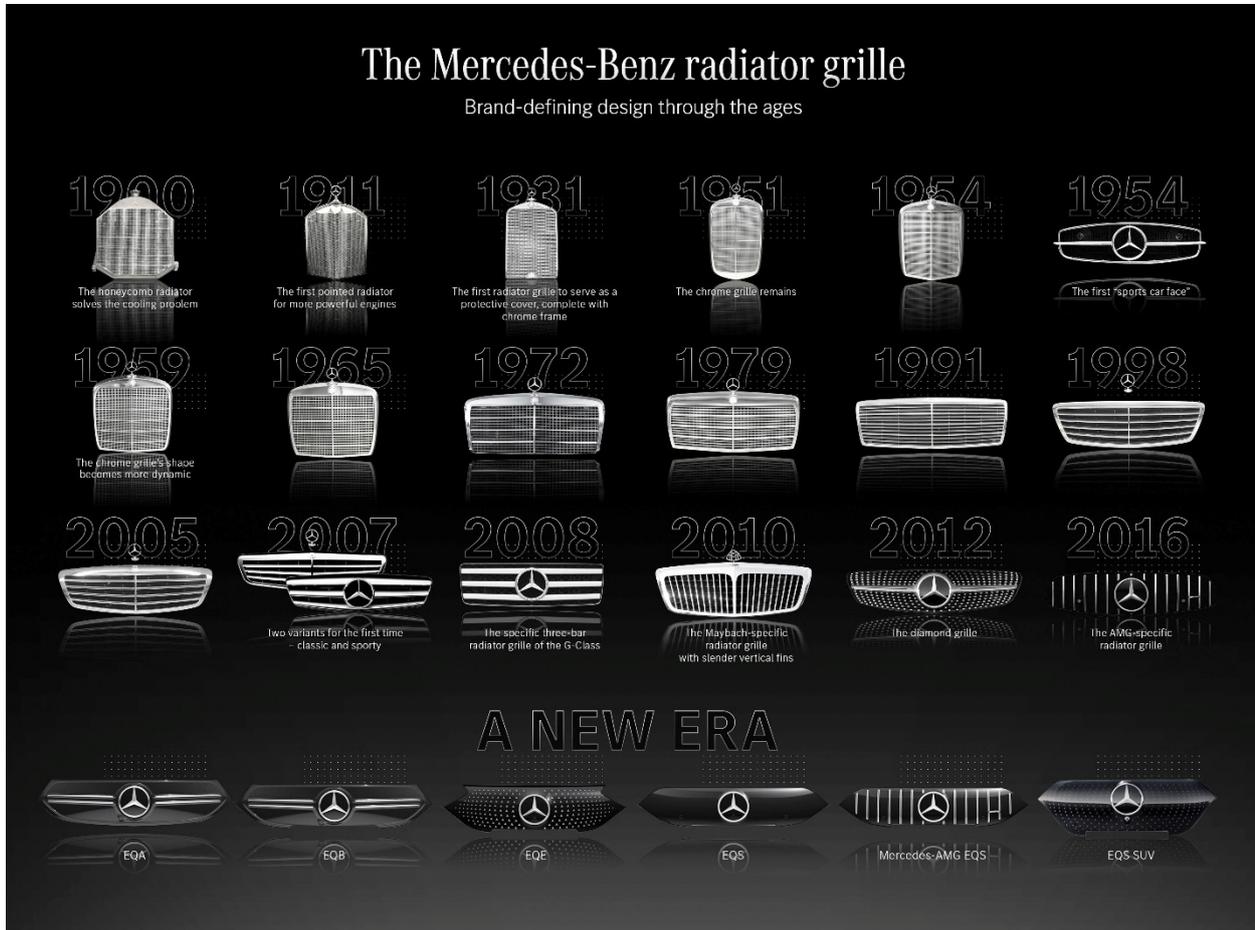


Abbildung 4.6: Mercedes-Benz markenprägende Kühlergrill Designs von der Erfindung 1900 bis zur neuen Ära der Elektromobilität [Mercedes-Benz Group Media, 2022]

Die **Scheinwerfer** sind eine Herausforderung für die Variantenbildung. Wie sich bereits im Kapitel zur Wahrnehmung der Fahrzeuggestalt gezeigt hat, tragen sie maßgeblich zum Charakter und „Gesicht“ des Automobils bei (u. a. [WINDHAGER ET AL., 2008]). Ausgehend von historischen Vorbildern besteht eine hohe Gefahr der Wiedererkennung. Auch Strukturtheorien können das starke Markenimage einiger Hersteller nicht verbergen. Dieser Umstand wird in Abbildung 4.7 exemplarisch illustriert. Die Scheinwerfer sind darin bereits auf ihre Flächen reduziert worden, d. h. das innere LED-Design wurden entfernt. Trotzdem reichen die Formen aus, um die Marke adäquat zu kommunizieren.

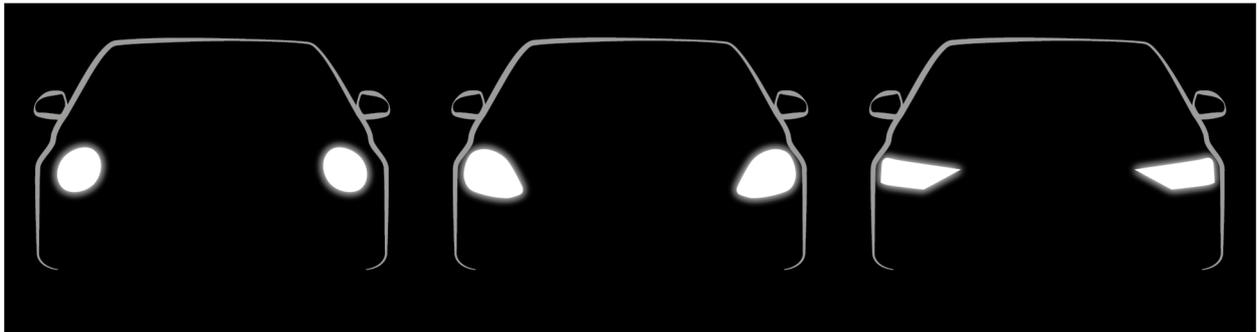


Abbildung 4.7: Scheinwerfer mit starken Markenimage (v.l. Mini, Porsche, Audi)

Weitere Einschränkungen ergeben sich aus dem Vergleich von historischen und modernen Automobilen. Die Scheinwerfer früherer Modelle waren oftmals eben in die Fahrzeugfront integriert. Sie konnten zwar durchaus Untergliederungen, Überwölbungen oder anderen gestalterische Strukturierungen innerhalb ihrer selbst besitzen, doch das Gesamtelement orientierte sich in Fahrtrichtung. Moderne Frontscheinwerfer haben durch die funktionale Integration von Fahrtrichtungsanzeigern und Leuchtelementen an räumlicher Tiefe gewonnen und können sich in Richtung Kühlergrill, Motorhaube und Kotflügel erstrecken (siehe Abbildung 4.8).

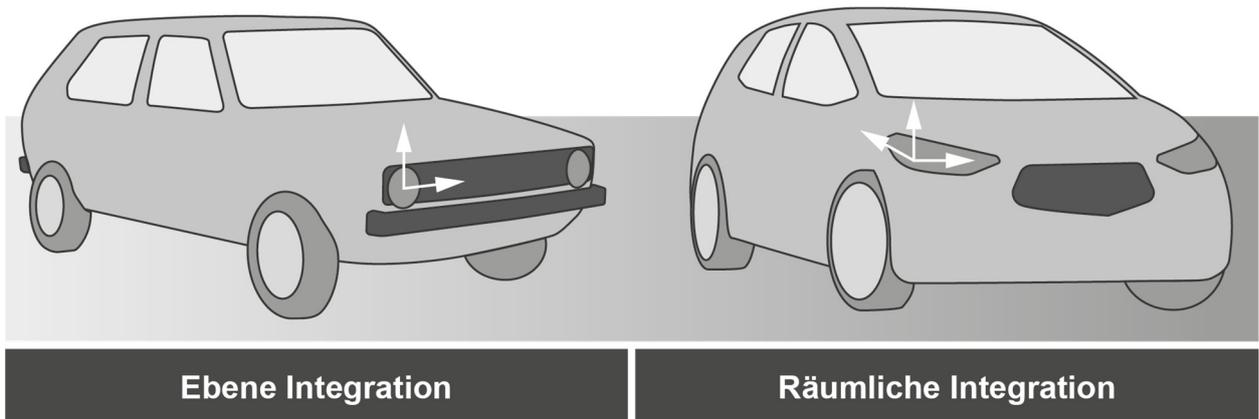


Abbildung 4.8: Integrationsoptionen für Frontscheinwerfer

Um diese zeitlichen Spuren aus der Gestalt zu tilgen, wird für alle Ausprägungen eine ebene Integration gewählt. Ähnliches gilt für die Beleuchtungstechnologie. Auch hier könnte die Art der Lichtquelle die Wahrnehmung des Designalters beeinflussen, da beispielsweise Reflektorformen historische Assoziationen bedingen. Die Scheinwerfer erhalten daher einheitliche Leuchtfelder ohne weitere Unterteilung, die auf geometrische Grundformen bzw. Geone zurückgreifen.

Bei der **Stoßstange** wurden historische Vorbilder herangezogen und abstrahiert. Aus den Bemühungen, das Fahrzeug vor ernsthaftem Schaden zu bewahren, gehen distinktive konstruktive Lösungen hervor. Sie unterscheiden sich vornehmlich in der Materialwahl, dem Anbringungsort und der Integration in das Design des Fahrzeugextérieurs. Erstere

ist, wie bereits zu Beginn dieses Kapitels dargelegt, im Rahmen dieser Arbeit nicht von Interesse.

Beim Anbringungsort wurden drei Varianten identifiziert. Die Stoßstange kann durchgehend an der Fahrzeugfront montiert sein oder zusätzlich über Eck verlaufen, um auch die Seiten der Frontschürze zu schützen. Eine weitere, wenn auch seltenere Option ist die geteilte Stoßstange. Wie am Beispiel des NSU Prinz 4 in Abbildung 4.9 ersichtlich, wird der Freiraum für die Anbringung des Kennzeichens genutzt.



Abbildung 4.9: Werbung für den NSU Prinz 4 [Scuderia NSU Süddeutschland e.V., 2018]

Die Einbindung in das Fahrzeugdesign erfolgt vornehmlich in den Teilgestalten Form und Farbe. Mit der Farbwahl kann ein bewusster Akzent gesetzt werden, wobei die hochglänzend verchromten Stoßfänger der 60er und 70er Jahre ihre eigentliche Funktion ad absurdum führten. Da die Eigenschaften von Farbe und Material eng miteinander verknüpft sind, wird dieser Aspekt ebenfalls von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Die Formgestalt kann ähnlich wie der Aufbau additiv oder integrativ ausfallen. Additive Stoßstangen setzen auf der Karosserie auf und besitzen ein eigenes Volumen, während integrierte Stoßstangen Teil einer komplexen Frontschürze sind. Letztere können optisch nicht vom Fahrzeug getrennt werden.

Das Design der **Felgen** orientiert sich an der Strukturtheorie von Luo et al.. Aus einer Analyse des chinesischen Marktes können die Forscher 92 Felgentypen extrahieren. Diese unterscheiden sich maßgeblich durch die Anzahl, die Dicke und die Form der Speichen sowie zusätzliche Dekorelemente. Für ihren Versuch reduzieren Luo et al. die Anzahl schließlich auf 20 repräsentative Felgenformen (siehe Abbildung 4.10). [LUO ET AL., 2012, S. 92 f.]

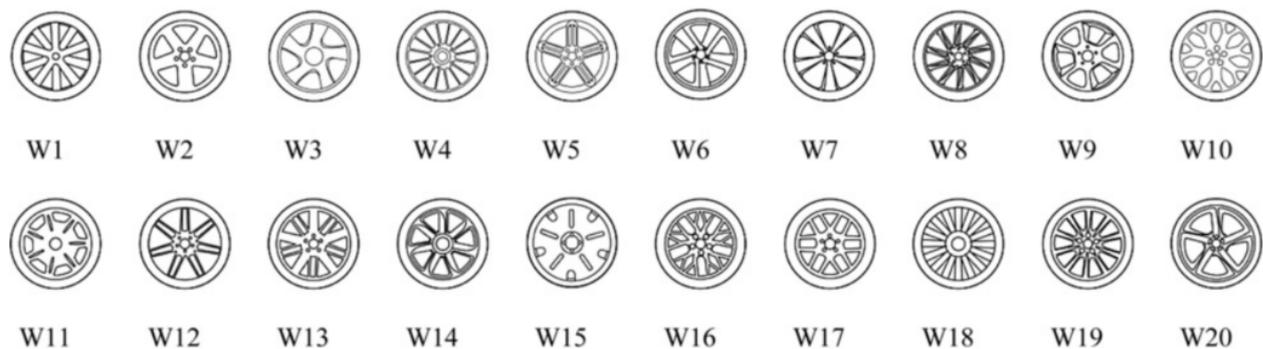


Abbildung 4.10: Profilansicht von 20 charakteristischen Felgenbeispielen des chinesischen Marktes [LUO ET AL., 2012, S. 93]

Für den Fahrzeugkonfigurator müssen die Auswahloptionen weiter eingegrenzt werden. Deshalb werden Dicke und Dekor vernachlässigt und die entsprechenden Felgen zu 5-Speichen-, 7-Speichen oder Vielspeichen-Designs zusammengefasst. Gleichzeitig bildet die Untersuchung von Luo et al. nur ein sehr beschränktes Zeitfenster und regionales Produktportfolio ab. Die Recherche wird daher mithilfe des Fahrzeug-Atlas von Tumminelli auf europäische Fahrzeuge ausgedehnt [TUMMINELLI, 2006]. Die Ausführungen von Klose zur Entwicklung des Rades bereichern die Variantenauswahl in zeitlicher Hinsicht [KLOSE, 1984, S. 45]. Die Sammlung kann dadurch um Designs mit gerader Speichenanzahl, flächiger Ausprägung und Doppelspeichen ergänzt werden.

CAD-Modellierung

Die abstrahierten Ausprägungen der Designelemente werden mit Siemens NX in CAD-Daten überführt. Hierbei können dankenswerterweise die Modelle von Holder für den Aufbau weiterverwendet werden [HOLDER, 2016]. Die weiteren Designelemente orientieren sich größen- und positionstechnisch an den Vorgaben des Aufbaus sowie dem definierten Packaging. Bei der Modellierung werden außerdem die gesetzlichen Vorgaben, etwa zur Höhe der Scheinwerfer und ihrem Abstand zueinander nach StVZO §50, beachtet.

Tabelle 4.3 zeigt eine Übersicht der gewählten Designelemente und verfügbaren Ausprägungen für die Fahrzeugkonfiguration. Die konkrete Ausgestaltung der einzelnen Elemente ist in Anhang A2, Abbildung A.2 einsehbar. Für die spätere Kodierung erhalten die Ausprägungen eine eigene ID.

Tabelle 4.3: Ausgewählte Designelemente und Ausprägungen

ID	Aufbau	Kühlergrill	Kühlerinlay	Scheinwerfer	Stoßstange	Felgen
0	II	Rechteck	Horizontalrippen	Rund	Durchgehend	5-Speichen
1	AI	Trapez	Vertikalrippen	Doppelrund	Über Eck	6-Speichen
2	AC	Rund	Vertikalrippen (breit)	Doppelrund (asym.)	Zweiteilig	7-Speichen
3	IC	Halbrund	Gitter	Mandel (asym.)	Integriert	8- Speichen
4	AA	Dreieck	Geschlossene Front	Mandel		Vielspeichen
5		Kein Kühler		Dreieck		Doppelspeichen
6				Rechteck		Scheibenfelgen

4.2.3 Virtuelle Versuchsumgebung

Vorausgehende Studien, Überlegungen zur Machbarkeit und eigene Ansprüche haben die Wahl einer virtuellen Versuchsumgebung ebenso beeinflusst wie die äußeren Anforderungen durch das SARS-COV-2-Virus. Die Unsicherheiten zu Beginn der Planungsphase, wie etwaige Kontaktbeschränkungen, haben das Versuchsdesign sowohl im Hinblick auf die Studienautonomie als auch die Anforderungen an die Probanden geprägt.

Im Folgenden werden die technischen Rahmenparameter, der Aufbau einer virtuellen Versuchsumgebung und die Implementierung des Fahrzeugkonfigurators sowie die Interfacegestaltung vorgestellt.

4.2.3.1 Technische Voraussetzungen und Möglichkeiten

Die technischen Voraussetzungen ergeben sich aus den Erfordernissen der Versuchsmethodik und den äußeren Umständen der Versuchsdurchführung.

Die virtuelle Versuchsumgebung als ein Kernelement der Methodik soll das Fahrzeug möglichst realistisch abbilden und einen hohen Immersionsgrad aufweisen. Dafür wird entsprechende Rechenleistung und ein adäquates Visualisierungsmedium benötigt. Dreidimensionale Inhalte wären prädestiniert für eine VR-Wand oder eine VR-Brille. Allerdings können diese Geräte Simulation Sickness verursachen und liegen derzeit noch hinter qualitativ hochwertigen Monitoren was Auflösung und Farbraum betrifft. Für den Versuch ist daher ein Bildschirmarbeitsplatz mit einem 4K-Monitor vorgesehen.

Ein Vorteil davon ist, dass die Probanden dadurch ein bekanntes Computer-Setting mit vertrauten Eingabegeräten in Form von Tastatur und Maus bekommen. So wird die Wahrscheinlichkeit von Fehlbedienungen, wie sie etwa mit einem unbekanntem VR-Controller auftreten könnten, verringert. Der hochauflösende Monitor garantiert geringe Qualitätsverluste in der visuellen Darstellung. Zudem wird der Versuch tageszeitunabhängig, da eine gleichbleibende Helligkeit gewährleistet werden kann.

Im Hinblick auf den physischen Versuchsaufbau verspricht der Bildschirmarbeitsplatz ein reproduzierbares und ortsunabhängiges Setting. Die virtuelle Versuchsumgebung wird als Offline-Anwendung konzipiert, d. h. nur eine Stromquelle ist für den Betrieb des Versuchsplatzes nötig. Zusätzlich bleibt eine technische Rückfallebene, wenn die Versuchsdurchführung in Präsenz nicht gestattet worden wäre. In diesem Fall hätte die Testumgebung via USB-Stick oder Downloaddatei an die Probanden verteilt und ein „Homeoffice-Versuch“ initiiert werden können.

Zu den weiteren technischen Voraussetzungen zählt die Auswahl geeigneter Software. Für die Generierung dreidimensionaler Modelle wird die CAD-Anwendung Siemens NX

verwendet. Die Gestaltung des Versuchsraums erfolgt mit der Unreal Engine 4.27. Die einzelnen Entwicklungsschritte werden im nächsten Kapitel erörtert.

4.2.3.2 Aufbau der Versuchsumgebung mit Unreal Engine

Unreal Engine (UE) ist eine Entwicklungsumgebung für fotorealistische Echtzeit-Visualisierungen von Epic Games [Epic Games, 19. August 2021]. Sie wird vor allem für die Spieleentwicklung genutzt, findet aufgrund ihres Grafikpotenzials allerdings auch Anwendung im Film- und Animationsbereich, der Architektur oder der Automobilindustrie. Mit der *Automobile Visualization Plattform* (AVP) hat die Volkswagenengruppe unter der Führung von Audi Business Innovation 2021 ein eigenes Tool mit der Unreal Engine entwickelt und erfolgreich in die internen Prozesse integriert. AVP kann unter anderem Fahrzeugkonfigurationen auf Basis von CAD-Daten in Echtzeit hochautomatisiert verarbeiten und für den Endkunden visualisieren. [WENZ, 2021]

Neben der Visualisierungsstärke zeichnet sich Unreal Engine durch den leichten Zugang und etablierte Support-Strukturen aus. Seit 2015 kann die Entwicklungsumgebung kostenfrei genutzt werden, solange mit den Produkten ein Jahresumsatz von weniger als einer Millionen US-Dollar erwirtschaftet wird. Unreal bietet außerdem eine solide Dokumentation, themenspezifische Kurse und Tutorials, eine Vielzahl kostenloser Assets und einen breiten Communitysupport.

Im Rahmen der Dissertation wird UE genutzt, um eine virtuelle Versuchsumgebung zu schaffen, in der sich der Proband mithilfe eines Avatars durch den Versuchsraum bewegt und unterschiedliche Handlungsoptionen hat.

Der Avatar hat keine visuelle Manifestation, sondern bestimmt durch die Ego-Perspektive das Sichtfeld des Probanden, wobei die Position und Blickrichtung mit Maus und Tastatur vom Probanden gesteuert wird. Mit dem Drücken der Tasten W, A, S und D kann der Avatar nach vorne, links, zurück oder rechts gelenkt werden (siehe Abbildung 4.11 A).

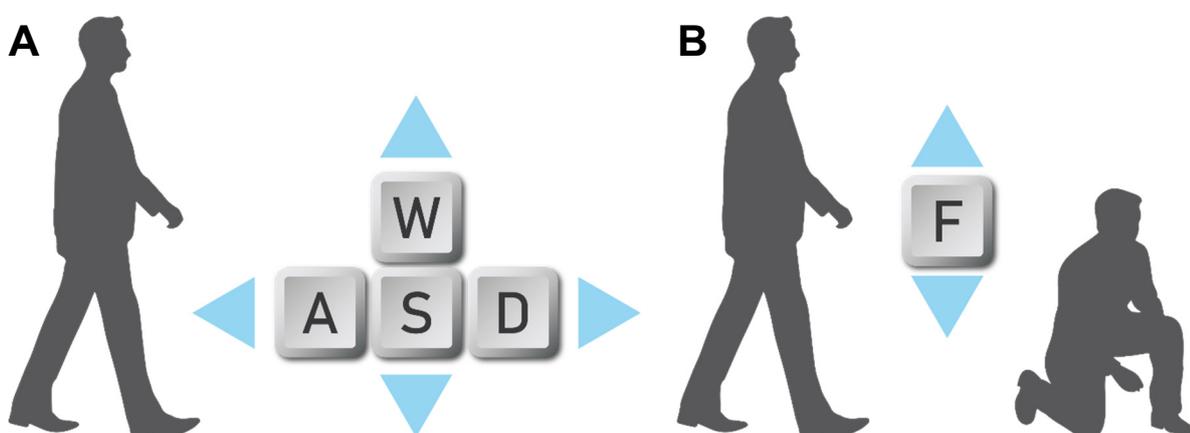


Abbildung 4.11: Tastensteuerung des Avatars für die Bewegung im Raum (A) und Augpunkthöhe (B)

Das Drücken und Schwenken der Maus verändert die Kopfposition und somit das Sichtfeld des Avatars. Die Tastenorientierung ist immer an die Kopfposition des Avatars geknüpft. Will man einen Kreis laufen, kann kontinuierlich die W-Taste gedrückt werden, um nach vorne zu laufen und die Laufrichtung durch das Schwenken der Maus in eine Kreisbahn überführt werden. Die Augpunkthöhe des Avatars entspricht der eines stehenden Erwachsenen. Mit dem einmaligen Drücken der Taste F geht der Avatar in die Knie (siehe Abbildung 4.11 B). Dadurch wird die Augpunkthöhe und die Laufgeschwindigkeit des Avatars halbiert. Mit erneutem Drücken steht der Avatar auf und erhält alle Ursprungseigenschaften zurück. Für den Avatar gelten die Regeln der Physik. Es ist nicht möglich, durch Objekte oder Wände zu laufen.

Der virtuelle Versuchsraum ist in einen Hauptraum und vier Aufgaben-Räume aufgeteilt. Im Hauptraum befindet sich ein Podest, das als Startposition für den Avatar fungiert und Instruktionen auf einem Screen bereitstellt. Abbildung 4.12 zeigt diese Ausgangssituation.



Abbildung 4.12: Startposition des Probanden im Hauptraum

Im Raum befinden sich außerdem vier sogenannte Teleportationsfelder. Sie sind baulich hervorgehoben und stellen die Verbindung zu den Aufgabenräumen dar. Seitlich beim Podest befindet sich ein Ausgang, über den der Versuch beendet werden kann.

Angelehnt an ein Museum sind die Aufgabenräume als großräumige, helle Pavillons gestaltet, in deren Mitte jeweils ein Fahrzeug auf einem Podest steht (siehe Abbildung 4.13). Jeder Raum hat eine eigene Aufgabennummer, die an der Wand hinter dem Fahrzeug angebracht ist.



Abbildung 4.13: Blick in Aufgabenraum 1

Mit Hilfe des Fahrzeugkonfigurators ist entsprechend der Aufgabenstellung das Fahrzeug zu modifizieren, sodass es dem vorgegebenen Designalter entspricht. Die Aufgabenstellungen beinhalten die Jahre 1970, 1990, 2010 und 2030, wobei die Reihenfolge für jeden Probanden randomisiert wird. Das älteste Designalter orientiert sich an der Herausbildung des Automobildesigns als eigenständige Profession in den 70er Jahren. Zuvor war die gestalterische Entwicklung meist bei den Karosseriebauern angesiedelt [KRAUS, 2007, S. 33]. Das jüngste Designalter simuliert den Entwurf eines zukünftigen Automobils.

Die Aufgabenräume sind durch eine Tür mit dem Hauptraum verbunden und können über diese verlassen werden. In Abbildung 4.14 ist die Raumarchitektur schematisch dargestellt.

Die Räume sind in UE als separate Level angelegt, wodurch es möglich ist, jedem Raum separate Eigenschaften bzw. Variablen für die Handlungsoptionen zuzuweisen. In der Versuchsumgebung hat der Proband neben der Eigenbewegung zwei generelle Handlungsoptionen.

Zum einen können Ereignisse durch die eigene Position ausgelöst werden, sogenannte Trigger-Events. Ein Beispiel ist der Wechsel zwischen Haupt- und Aufgabenräumen über die Teleportationsfelder. Die Aktion wird ausgelöst, wenn der Proband den Avatar in die entsprechenden Zonen lenkt. Gleiches gilt in den Aufgabenräumen für den Fahrzeugkonfigurator, dessen Interface in Form eines Head-Up-Displays (HUD) erst sichtbar wird, wenn der Avatar an das Fahrzeug herantritt.

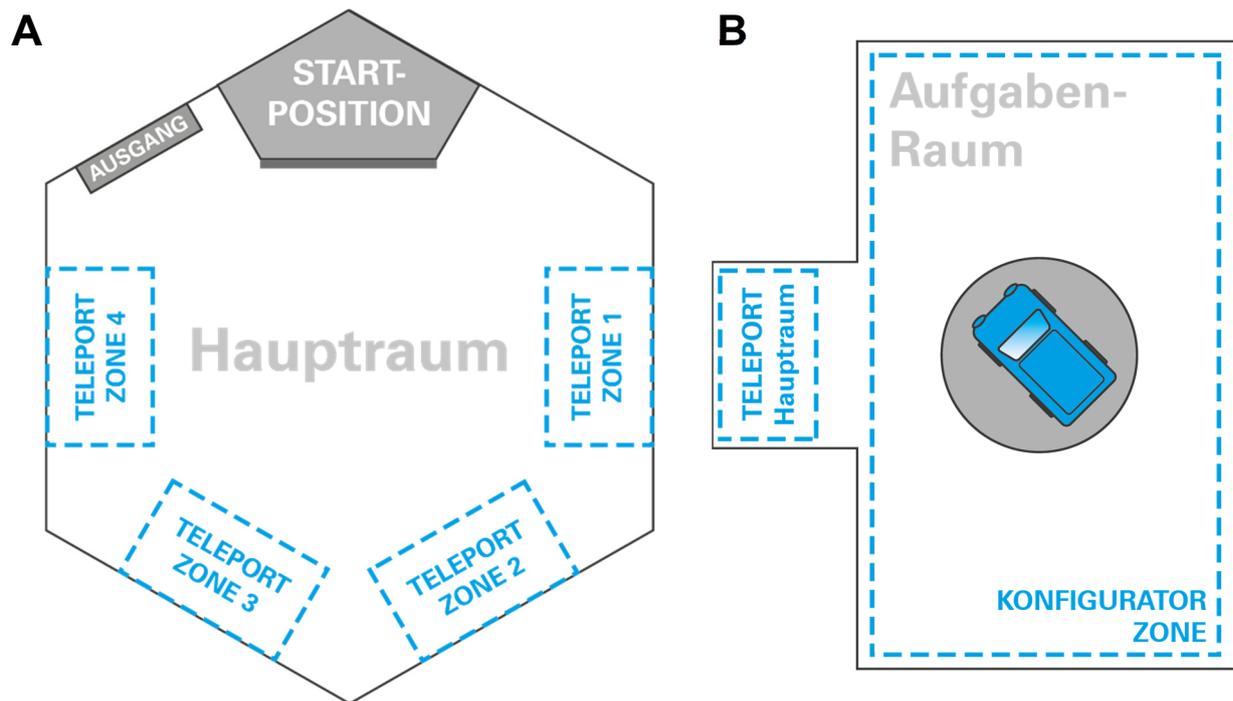


Abbildung 4.14: Schema der virtuellen Versuchsumgebung mit Hauptraum (A) und einem beispielhaften Aufgabenraum (B)

Zum anderen können Handlungen durch Klick-Events ausgeführt werden. Das ist dann der Fall, wenn mit dem Mauscursor eine Schaltfläche bewusst angeklickt wird. Diese Möglichkeit besteht während der Interaktion mit dem Fahrzeugkonfigurator um Designelemente zu verändern oder um Aktionen wie die Beendigung des Versuches zu bestätigen.

4.2.3.3 Implementierung des Fahrzeugkonfigurators

Ein Grundbaustein in UE-Projekten ist das *Blueprint Visual Scripting*. Bei dieser grafischen Programmierung werden mithilfe von *Nodes* (eng. Knotenpunkt) Objekte verknüpft und manipuliert.

Die Teleportation zwischen den Räumen nutzt beispielsweise ein masseloses, unsichtbares Triggervolumen und einen einfachen Blueprint. Sobald sich der Proband mit seinem Avatar in das Volumen begibt, löst dieses Event das Laden eines neuen Levels und den Wechsel in den entsprechenden Raum aus.

Die Programmierung des Blueprints für den Fahrzeugkonfigurator fällt deutlich umfangreicher aus, kann allerdings auf einige standardisierte Lösungen von UE zurückgreifen. Die Entwicklung erfolgt in drei Schritten. Im ersten Schritt geht es um den Datenimport und die Zusammenstellung der Designelemente im Variantenmanager. Im zweiten Schritt wird die Steuerung des Konfigurators mittels Blueprint in Form eines HUDs programmiert.

Der letzte Schritt beschäftigt sich mit der Dokumentation der Konfiguration und dem Export dieser Daten für die Versuchsauswertung. Der Konfigurator wird als eigenständiges Level angelegt und kann dann als Sublevel in jeden Aufgabenraum eingefügt werden.

Datenimport und Variantenmanager

Die CAD-Modelle aus Siemens NX können als OBJ-Dateien in die Unreal Engine geladen werden. Beim Transfer ist auf die Skalierungsverhältnisse zu achten, da die meisten CAD-Programme Millimeter als Basiseinheit verwenden, Unreal jedoch standardmäßig Zentimeter nutzt. Mit dem Data Smith Tool könnten auch andere Formate in Unreal importiert werden.

UE behält die Koordinatenursprünge bei jedem importierten Designelement. Dadurch bleibt die Positionierung der einzelnen Teile zueinander aus der ursprünglichen Baugruppe erhalten. Die CAD-Elemente werden in *Static Meshes* umgewandelt und können mit Materialparametern belegt werden. Hierzu wird eine freie Materialbibliothek zu Fahrzeuglacken von Epic Games verwendet.

Der Variantenmanager hilft dabei, alle Elemente zu einem konfigurierbaren Baukasten (*Level Variant Sets*) zusammenzustellen. Für jedes Designelement wird eine Kategorie angelegt und die möglichen Ausprägungen zugeordnet. Anschließend müssen alle Ausprägungen mit Regeln verknüpft werden. Dies kann innerhalb einer Kategorie passieren, z. B. in dem Sinne, dass immer nur eine Ausprägung angezeigt und die nicht aktiven Meshes ausgeblendet werden müssen. Beim Kühlergrill und Kühlerinlay wird eine gemeinsame Kategorie im Variantenmanager angelegt und die Ansteuerung später im Blueprint entsprechend ausgelegt.

Konfigurator-Blueprint

Der Konfigurator-Blueprint ist die zentrale Programmierschnittstelle, die den Variantenmanager mit der virtuellen Versuchsumgebung zusammenbringt. Mit einem Interface sollen die Probanden später alle Designelemente kombinieren, die mit dem Variantenmanager als *Level Variant Sets* angelegt wurden.

Für grafische Benutzeroberflächen bietet UE sogenannte *Widget Blueprints* an. Dieser Typ besitzt einen *Graph Editor Mode*, zur Programmierung, und einen *Designer Mode* für die Gestaltung des Interfaces, angelehnt an die klassische Aufteilung in Backend- und Frontend-Development.

Im Designer-Modus werden die spätere Bildschirmauflösung eingestellt und grafische Inhalte angeordnet. Dabei kann es sich um importierte Bilddateien, Textinhalte, interaktive Platzhalter oder andere für die Interaktion nötige Elemente wie Knöpfe und Schaltflächen handeln. Für den Versuch wird ein HUD genutzt, das sich einblendet, sobald der Avatar

nah genug an das Fahrzeug herangeführt wird. Es besteht aus einem linksbündigen Band, in dem alle Designelemente aufgelistet werden (siehe Abbildung 4.15). Zusätzlich ist die gerade ausgewählte Ausprägung aufgeführt und von zwei Pfeilen rechts und links eingerahmt, mit denen die Auswahl verändert werden kann. Ganz unten befindet sich ein Speichern-Knopf, den die Probanden klicken, wenn sie mit ihrem Konfigurationsergebnis zufrieden sind.



Abbildung 4.15: Head-Up-Display in Aufgabenraum 1

Im Graph-Modus wird die Funktionalität des Konfigurators und aller interaktiven Elemente aus dem Designer-Modus programmiert. Das Vorgehen wird im Folgenden am Beispiel der Stoßstange illustriert (siehe Abbildung 4.16).

Das Designelement „Stoßstange“ erhält eine Index-Variable, die mittels der Pfeil-Schaltflächen im Interface um Eins erhöht oder verringert werden kann. Diese Klickevents lösen eine Kette von Aktionen aus. Da es vier mögliche Ausprägungen der Stoßstange gibt, liegt der Index zwischen Null und Drei. Der Wert wird um Eins erhöht oder verringert. Die angeschlossene MODULO-Funktion (%) teilt den Index durch den Maximalwert und setzt den Restwert als neuen Variablen-Index an, was zur Implementierung einer Index-Schleife führt. Sobald der höchstmögliche Index (3) weiter erhöht wird (4), führt die Division durch den Maximalwert (4) zu einem Restwert (0), der wieder Teil der Index-Optionen ist. Im Fall der Subtraktion ist eine Betragsfunktion (Abs) angeschlossen, um mit einer positiven Index-Variable in den nächsten Programmschritt zu gehen.

Die Funktion SWITCH ON INT ist eine klassische Fallunterscheidung auf Basis von Integer-Werten, die in diesem Fall aus der Index-Variable gelesen werden. Jede Option leitet auf eine eigene SWITCH ON VARIANT BY NAME-Funktion weiter. Diese ruft als Target das zuvor definierte *Variant Level Set* des Fahrzeugkonfigurators auf, bestimmt die Kategorie und ändert die Ausprägung auf Basis der Benennung. Dies führt für den Probanden zur Anzeige einer neuen Ausprägung. Über eine Textvariable wird als letzter Schritt die Anzeige im Head-Up-Display aktualisiert. Das Programm greift dabei auf eine hinterlegte Datentabelle zurück ähnlich Tabelle 4.3.

Die Programmstruktur der Stoßstange findet sich in gleicher Weise mit einer anderen Anzahl von Ausprägungen beim Aufbau, den Scheinwerfern und den Felgen wieder. Beim Kühlergrill und dem Kühlerinlay ist eine zusätzliche Stufe eingebaut, die auf den Index-Wert der aktuellen Ausprägung des jeweils anderen Designelements zugreift, wodurch dieser konstant gehalten wird.

Datenexport

Die Unreal-Umgebung ist normalerweise ein in sich geschlossenes System. Im Computerspielbereich werden der aktuelle Spielstand, Modifikationen am Avatar oder das Inventar in eigenen Speicher-Blueprints (*SaveGame-Objects*) festgehalten. Für die Versuchsauswertung muss eine Schnittstelle geschaffen werden, um Daten unkompliziert und sicher zu exportieren. Mit Microsoft Visual Studio wird eine Funktion in C++ implementiert, welche die Ausgabe von Daten als Textdatei erlaubt. Die Header-Datei definiert den gewünschten Funktionsnamen (SAVE_TXT) und die Eingabeparameter für den Blueprint. Hier ist es wichtig, dass ein Dateiname (DATEINAME) und der Textinhalt (INTXT) festgelegt werden können. Mit der CPP-Datei erfolgt der Export mit dem Kommando SAVE_STRING_TO_FILE unter Angabe des Dokumentenpfades und der obigen Parameter.

In Abbildung 4.17 und Abbildung 4.18 sind Ausschnitte der Header-Datei und der CPP-Datei aufgeführt.

```
UCLASS()
class TESTCONFIGURATOR_API UTextSpeichern : public UBlueprintFunctionLibrary
{
    GENERATED_BODY() public:

    UFUNCTION(BlueprintCallable,
        Category = "Custom", meta = (Keywords = "SaveTxt"))
        static bool SaveTxt(FString InText, FString Dateiname);
};
```

Abbildung 4.17: Ausschnitt der Header-Datei für den Datenexport

```
#include "TextSpeichern.h"

bool UTextSpeichern::SaveTxt(FString InText, FString Dateiname)
{
    return FFileHelper::SaveStringToFile(InText, *(FPaths::ProjectDir() +
Dateiname));
}
```

Abbildung 4.18: Ausschnitt der CPP-Datei für den Datenexport

Diese Speicherfunktion muss nun mit den bereits vorhandenen Index-Variablen verknüpft werden. Abbildung 4.19 zeigt die Prozedur.

Das Drücken der SPEICHERN-Schaltfläche im Interface startet eine Sequenz von Aktionen. Zunächst wird die Integervariable SPEICHERPLATZ aufgerufen und um Eins erhöht. Im zweiten Schritt wird der Name des aktuellen Levels in eine APPEND-Funktion geleitet, die verschiedene Strings zusammenfügen kann. An die Raumbezeichnung wird PROBAND, der in einen String konvertierte aktuelle Speicherplatz sowie die Endung .TXT gehängt, um später als Dateiname zu fungieren. Im letzten Schritt wird die programmierte Speicherfunktion SAVETXT aufgerufen. Die ebenfalls mit der APPEND-Funktion gebündelten Index-Variablen der Designelemente werden über den Parameter INTEXT in ein Textdokument exportiert und unter DATEINAME gespeichert.

Der Speicherplatzindex verhindert das Überspeichern von bereits gesicherten Fahrzeugkonfigurationen und ermöglicht zusätzlich, den Gestaltungsprozess der Probanden nachzuvollziehen. Die Probanden sind nicht unmittelbar dem Stress einer finalen Entscheidung ausgesetzt und können das Fahrzeug auch nach dem erstmaligen Speichern weiter optimieren, wenn sie es für angemessen halten. In der Auswertung wird nur die letzte gespeicherte Konfiguration berücksichtigt.

Die Ausprägungen der Designelemente benötigen für die Programmierung der Index-Variablen im Konfigurator-Blueprint einen individuellen Wert. Hierfür werden die bereits in Tabelle 4.3 zugewiesenen IDs verwendet. Die Kodierungen kommen ebenfalls in der Auswertung zum Einsatz.

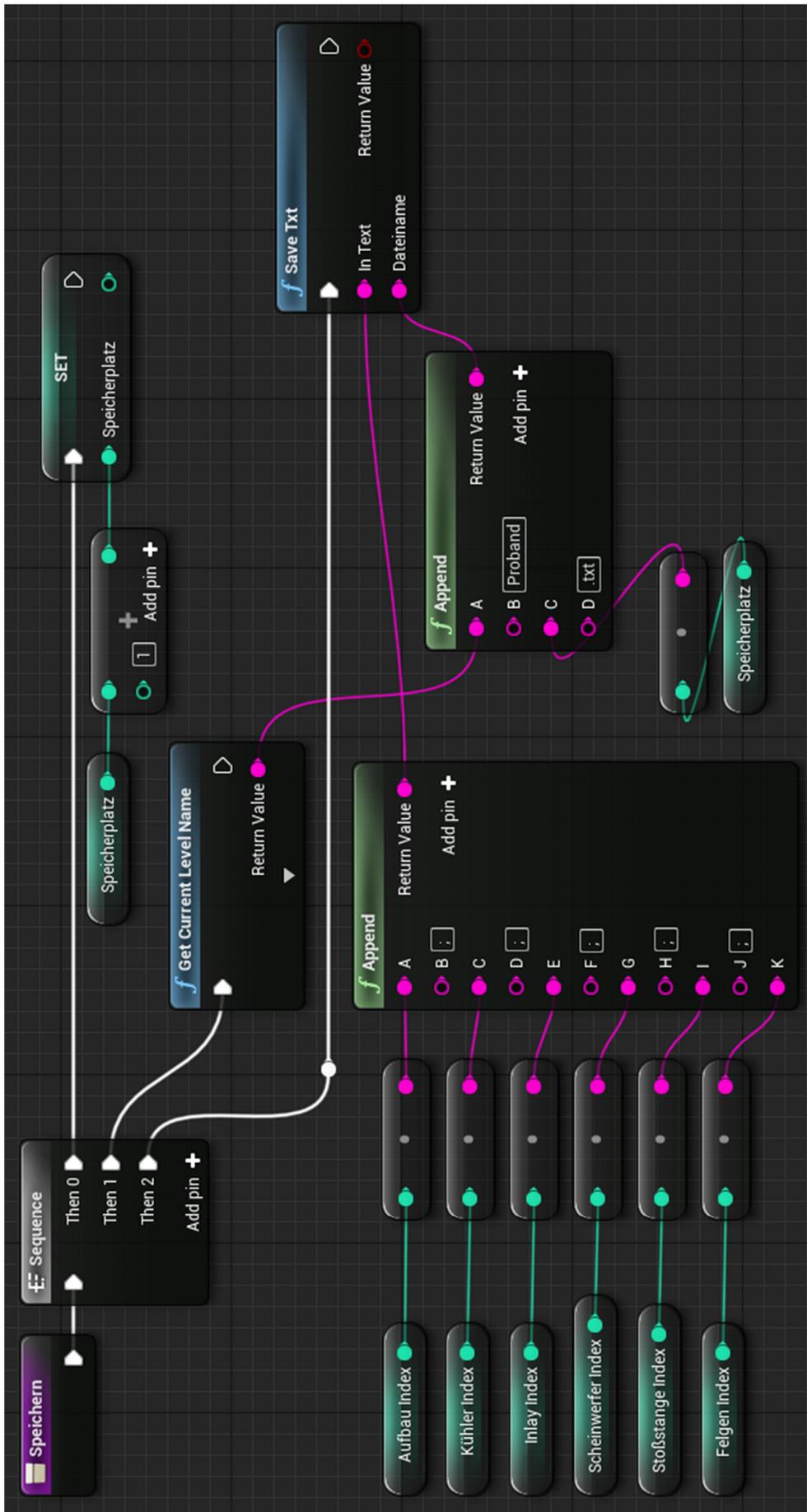


Abbildung 4.19: Visual Scripting der Speicherfunktion

4.2.4 Probandenbeurteilung

Im Hinblick auf die Auswertung der Studie ist es unerlässlich, Daten der Teilnehmenden zu erheben. Dies erlaubt es, demografische Zusammenhänge oder experimentell bedingte Effekte zu analysieren und zu bewerten. Im Folgenden wird die Entwicklung eines demografischen Fragebogens sowie die Überprüfung des räumlichen Wahrnehmungsvermögens vorgestellt.

4.2.4.1 Demografischer Fragebogen

Mit dem Fragebogen sollen die Probanden charakterisiert und eine Interpretationsgrundlage für die Versuchsergebnisse aus Conjoint-Analyse und Konfiguratorexperiment geschaffen werden. Streng genommen handelt es sich nicht um eine rein demografische Erhebung, weil auch die Verbindung zum Versuchsobjekt, dem Automobil, und die vorhandene Gestaltungskompetenz, z. B. in Form von kreativen Hobbies, erfragt werden. Die drei Fragebogenteile werden nachfolgend betrachtet. Der vollständige Fragebogen kann in Anhang A3, Abbildung A.3 bis A.6, eingesehen werden.

Demografische Fragen

Die für den Versuch interessanten Erhebungsmerkmale sind Geschlecht, Alter, Bildungsstand, Erwerbssituation und Lebensumstände. Um ein hohes Maß an Vergleichbarkeit für spätere Forschungsvorhaben zu generieren, wird der „Demographische Standard“ des Statistischen Bundesamtes in der aktuellen 6. Auflage von 2016 herangezogen [BECKMANN ET AL., 2016]. Die Fragen D1 bis D6 entsprechen den Empfehlungen. Allerdings wird die Frage D1 erweitert um die Antwortmöglichkeit „Divers“, die seit 2018 als dritte Option in das Geburtsregister eingetragen werden kann (§ 22 Abs. 3 PStG).

Die Fragen nach dem Lebensmittelpunkt (D7) und dem räumlichen Umfeld (D8) ergeben sich aus den Erkenntnissen einer vorausgegangenen Studie [KERN ET AL., 2022]. Hier konnte eine signifikante Korrelation und ein mittlerer Effekt nachgewiesen werden zwischen Wohnort und Produktwahrnehmung.

Automobil-Fragen

Die Fragen zum Automobil sind darauf ausgerichtet, den Kontakt zum Versuchsobjekt zu spezifizieren. Dies geschieht beispielsweise über Besitzfragen zu Führerschein (A1) und Auto (A3) oder durch Quantifizierung des Kontaktes über Zeitangaben (A2) und Kilometerleistung (A4). Die Kategorien zur Jahresfahrleistung in Frage A4 orientieren sich dabei an den Abstufungen der jährlichen Bundesstatistik [Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse, 17. November, 2021].

Von Interesse ist ebenfalls die Verfügbarkeit von, die Erfahrung mit und die Präferenzen bei Autos (Frage A5-A7).

Kreativ-Fragen

In diesem Fragenkomplex wird den gestalterischen Vorkenntnissen und der Computerkompetenz nachgegangen. Auf Basis der Antworten soll analysiert werden, ob bestimmte Fähigkeiten der Bearbeitung der Konfigurationsaufgaben zugutekommen. Die Fragen K1 und K2 ergründen gestalterische oder kreative Aufgaben im privaten und beruflichen Bereich. Der Umgang mit Computern (K3) und speziell das Spielen von Computerspielen in dreidimensionalen Räumen (K4) könnten das Experiment ebenfalls beeinflussen.

Alle Fragen werden in einem PDF-Formular zusammengeführt. Mit Adobe Acrobat Pro DC können innerhalb des Formular-Werkzeuges interaktive Optionsfelder angelegt und nach Abschluss aller Versuche gebündelt in ein Excel-Dokument exportiert werden.

4.2.4.2 Räumliches Wahrnehmungsvermögen

Im Anbetracht der Tatsache, dass die Probanden sich selbständig durch eine virtuelle Versuchsumgebung bewegen und dreidimensionale Gestaltungsaufgaben erfüllen sollen, erscheint es sinnvoll, das räumliche Wahrnehmungsvermögen zu testen.

Dazu wird das Wiener Testsystem (WTS) der Firma SCHUHFRIED GmbH, Mödlingen (AT) und im speziellen der Test „3D“ verwendet. Die Durchführung erfolgt an einem Bildschirmarbeitsplatz und ist in drei Abschnitte geteilt: die Instruktionsphase, die Übungsphase und die Testphase. [BRATFISCH ET AL., 2018]

In der ersten Phase wird der Proband durch das Programm über den Ablauf des Tests informiert. Die Instruktionen sind in verschiedenen Sprachen verfügbar und können bei Bedarf angepasst werden. Die Standardeinstellung des Versuches ist Deutsch.

In der Übungsphase werden die Stimuli und Aufgabenstruktur vorgestellt. Aus mehreren identischen Bausteinen sind neue geometrische Formen zusammengesetzt und perspektivisch dargestellt. Ein Pfeil in der Darstellung legt die Betrachtungsrichtung fest. Die Probanden müssen aus vier Antwortmöglichkeiten eben jene auswählen, die in korrekter Weise die Bausteine aus der vorgegebenen Blickrichtung abbildet. Abbildung 4.20 zeigt eine beispielhafte Aufgabe. Zur Fortsetzung des Testes ist es erforderlich, die Übungsphase erfolgreich abzuschließen.

Die Testphase besteht aus 30 Aufgaben respektive Stimuli und besitzt in der Testversion S1 ein Zeitlimit von drei Minuten. Bewertungsgrundlage für das räumliche Wahrnehmungsvermögen ist die Anzahl korrekter Antworten. Diese werden mit einer Normstichprobe verglichen, die vom Hersteller in den Jahren 2004 bis 2007 nach einem Quotenplan (N=357) erhoben wurde [BRATFISCH ET AL., 2018, S. 14].

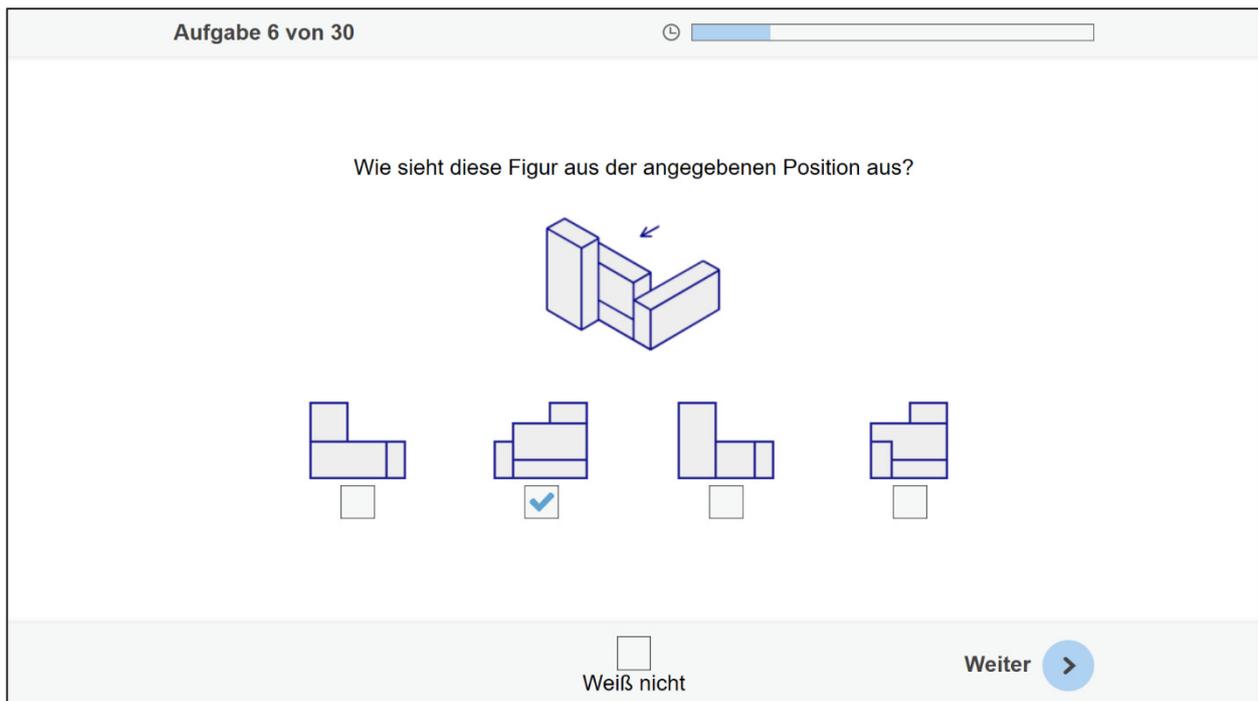


Abbildung 4.20: Beispielaufgabe aus dem Test „3D“ [BRATFISCH ET AL., 2018]

Die Ausgabe der Ergebnisse kann in unterschiedlichen Normwertskalen erfolgen. Der Prozentrang sortiert die Testergebnisse des Probanden in die Normstichprobe ein und gibt über die Platzierung Auskunft. Bei einem Prozentrang von 84 haben 84% der Normstichprobe schlechter und 16% besser abgeschnitten. Das Programm bietet ebenfalls Skalen für T-Werte, Z-Werte oder IQ-Werte.

Für die Teilnahme an der weiteren Studie wird eine Mindestanforderung für die räumliche Wahrnehmung definiert, die sich am Anwendungsbereich im Personalwesen orientiert. Ab einem Prozentrang von 25 geht man hier von einem durchschnittlichen Vermögen aus. Im Vergleich dazu gelten in der Neuro- und Verkehrspsychologie bereits Werte ab 16 als durchschnittlich. Als Zugangsvoraussetzung wird demnach der konservativere Maßstab mit einem Prozentrang von 25 als untere Grenze gewählt. [BRATFISCH ET AL., 2018, S. 19]

Während die Werte zu Beginn der Studie zur Überprüfung der generellen Qualifikation genutzt werden, besteht nach Abschluss zudem die Option, diese Daten zur Interpretation der Ergebnisse aus der Conjoint-Analyse und dem Konfiguratorexperiment heranzuziehen.

5 Studie zum Designalter

Die im Kapitel 4 vorgestellte Versuchsmethodik stellt die Grundlage des Hauptversuches zur Wahrnehmung und Gestaltung des Designalters dar. Im Folgenden werden die Versuchsdurchführung und die Charakterisierung des Probandenkollektives dargelegt.

5.1 Versuchsdurchführung

Die Studie wurde in den Räumlichkeiten des Instituts für Konstruktionstechnik und Technisches Design, an der Universität Stuttgart durchgeführt. An 27 Versuchstagen im Frühjahr 2022 leitete die Autorin 101 Probanden durch den nachfolgend beschriebenen Versuchsaufbau.

5.1.1 Versuchsaufbau und Ablauf

Für den Versuchsraum wurde ein Zonenkonzept entwickelt, was sowohl experimentellen Zwecken als auch der Umsetzung eines soliden Hygienekonzeptes diene. Den Anforderungen der Universität Stuttgart wurde im vollen Umfang entsprochen und das Abstandsgebot, sowie der Eigen- und Fremdschutz durch Masken und Maßnahmen zur Handhygiene bereits in der Planung berücksichtigt und konsequent eingehalten. Zusätzlich wurden zwischen den Versuchen alle relevanten Oberflächen gereinigt und der Raum regelmäßig gelüftet. Die Raumaufteilung ist in Abbildung 5.1 schematisch dargestellt.

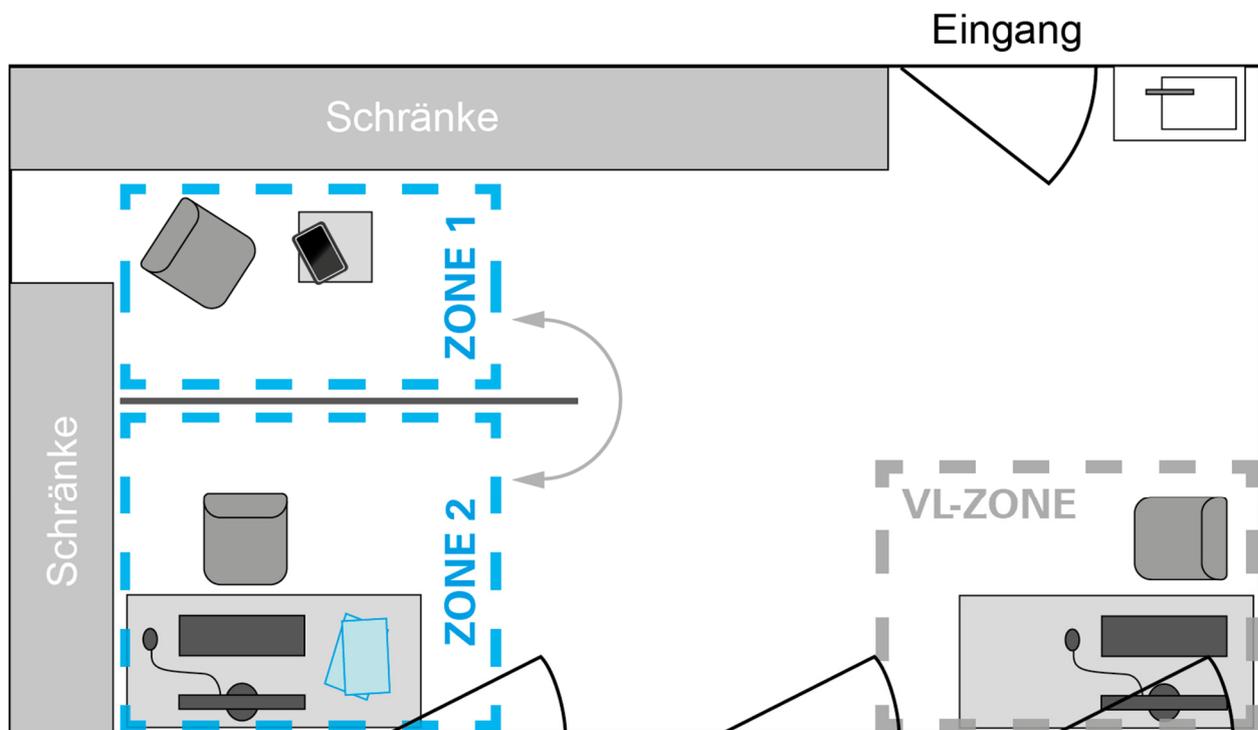


Abbildung 5.1: Schematischer Versuchsaufbau

In der Versuchsleiterzone (VL-Zone) befindet sich das Materiallager und die Versuchsunterlagen. Gleichzeitig ist hier der Aufenthaltsbereich für die Versuchsleiterin während des Versuchs. Die Instruktionen an den Probanden werden von hier aus akustisch gegeben und durch schriftliche Anweisungen im Versuchsaufbau ergänzt.

Zone 1 und Zone 2 sind Probandenzonen. In ersterer steht eine Sitzgelegenheit mit einem Beistelltisch, auf dem die schriftlichen Versuchsunterlagen und ein Tablet bereitliegen. In Zone 2 befindet sich ein Bildschirmarbeitsplatz mit einem höhenverstellbaren Bürostuhl. Die Zonen sind durch mobile Trennwände separiert.

Der Proband wird am Eingang des Gebäudes abgeholt und nach Kontrolle des 3G-Status zum Raum geleitet. Im Eingangsbereich des Versuchsraums wird der Proband gebeten seine Hände zu waschen oder zu desinfizieren. Anschließend kann er sich in Zone 1 setzen und wird in den Versuch eingewiesen. Hier gibt der Proband seine Einwilligungserklärung und eine Corona-Selbstauskunft ab und quittiert die Datenschutzeinweisung.

Anschließend beginnt die Erfassung der räumlichen Wahrnehmungsfähigkeit mittels des Wiener-Testsystems. Diesen Test führt der Proband eigenständig am Bildschirmarbeitsplatz in Zone 2 aus.

Nach Abschluss begibt sich der Proband zurück in Zone 1 und bearbeitet selbständig den demografischen Fragebogen auf dem Tablet. Die Versuchsleiterin nutzt diese Zeit, um am Bildschirmarbeitsplatz von der WTS-Software in die virtuelle Versuchsumgebung der Fahrzeugkonfigurators zu wechseln. Da die Programme parallel auf unterschiedlichen Rechnern laufen, muss dafür nur der Bildeingang am Monitor umgeschaltet werden.

Im nächsten Versuchsteil gelangt der Proband über den Bildschirmarbeitsplatz in die virtuelle Versuchsumgebung. Hier bearbeitet er die in Kapitel 4.2.3.2 vorgestellten Aufgaben und konfiguriert das Designalter für vier Fahrzeuge. Die Anleitung erfolgt über schriftliche Anweisungen in der Versuchsumgebung und zusätzlich bereit gestelltes Versuchsmaterial im direkten Greifbereich. Hierbei handelt es sich um Kärtchen mit dem zu gestaltenden Designalter, mit denen ein hybrides Randomisierungskonzept umgesetzt werden kann. Die Probanden arbeiten die Räume in der virtuellen Versuchsumgebung in gleicher Reihenfolge ab, erhalten allerdings physisch eine variierende Sequenz der Altersangaben. In Abbildung 5.2 ist links der Bildschirmarbeitsplatz (A), sowie rechts im Detail das Ziehen der jeweiligen Aufgabenkarte (B) zu sehen.

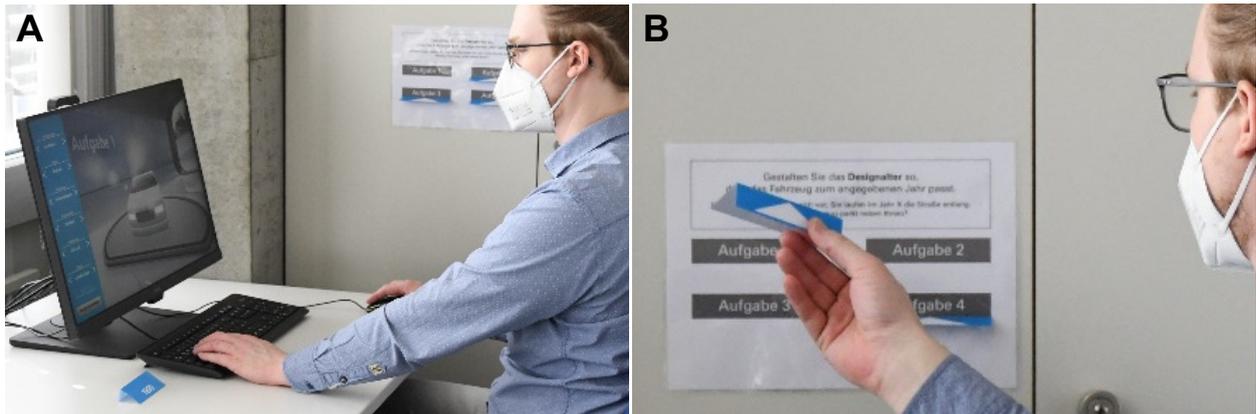


Abbildung 5.2: Proband am Bildschirmarbeitsplatz (A) und beim Ziehen eines randomisierten Designalters (B)

Im letzten Abschnitt begibt sich der Proband zurück in Zone 1 und bearbeitet den Conjoint-Fragebogen. Die Erfassung der individuellen Wahrnehmung des Designalters wurde bewusst an das Ende gestellt, um eine Beeinflussung oder Vorprägung durch die Reizmuster bei den Konfigurationsaufgaben auszuschließen.

5.1.2 Stichprobe

Für den Versuch wurde ein Stichprobenumfang von 100 Personen anvisiert. Die Probandenakquise erfolgte über multiple Kanäle, u. a. über Mailverteiler, Beiträge auf der Institutswebsite und Social-Media. Weitere Maßnahmen waren die Direktakquise, klassische Aushänge und Anwerbung aus parallellaufenden Probandenstudien am Institut. Auch auf Basis von Mundpropaganda und Weiterempfehlung von Probanden konnten Teilnehmer mobilisiert werden. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Geschlechterverteilung. Hier wurde eine ausgewogene Repräsentation der Geschlechter angestrebt und mit gezielten Werbemaßnahmen unterstützt.

Grundvoraussetzung für die Studienteilnahme war ein Mindestalter von 18 Jahren. Die Affinität zum Versuchsobjekt hingegen war kein ausschlaggebender Parameter für die Probandenauswahl. Frühere Studien haben hier keine signifikanten Korrelationen bezüglich der Wahrnehmung des Designalters nachweisen können ([KIESSLING ET AL., 2021], [KERN ET AL., 2022]). Ebenfalls kein Ausschlusskriterium war der Besitz bzw. das Nichtvorhandenseins eines Führerscheins. In der heutigen Gesellschaft haben auch Personen ohne Fahrerlaubnis ausreichend Berührungspunkte mit dem Automobil, sei es als Fußgänger, Beifahrer oder durch mediale Repräsentation von Fahrzeugen in Filmen oder Computerspielen.

5.2 Charakterisierung des Probandenkollektivs

Dieses Kapitel soll einen Eindruck von den Studienteilnehmern vermitteln. Dafür werden die Demografie und die Fähigkeiten des Probandenkollektivs vorgestellt.

5.2.1 Demografie

Das Testkollektiv besteht aus 101 Probanden, die ihren Lebensmittelpunkt zu einem Großteil in und um Stuttgart verorten, wodurch das direkte Wohnumfeld überwiegend urban geprägt ist. Dieser Umstand resultiert aus der lokalen Probandenakquise und der Versuchsdurchführung in Präsenz. Regionale Unterschiede in der Wahrnehmung des Designalters, wie etwa von Kern et al. beschrieben, werden daher nicht abgebildet werden können [KERN ET AL., 2022].

Das Geschlechterverhältnis ist annähernd ausgeglichen mit 55 Männern (54,5%) zu 46 Frauen (45,5%). Allerdings ist die Altersverteilung linksschief, d. h. das Probandenkollektiv ist deutlich jünger als der Bevölkerungsdurchschnitt. Der Jahrgangs-Mittelwert liegt im Jahr 1991 mit einer Standardabweichung von 11,2 Jahren, was einem Durchschnittsalter von 31 Jahren entspricht. Die jüngste Probandin aus dem Jahrgang 2004 hat das Mindestalter für die Teilnahme gerade erreicht, während der älteste Proband zum Zeitpunkt der Studie 75 Jahre alt war.

Eine überwiegende Mehrheit von 85 Teilnehmenden (84,2%) hat die allgemeine Hochschulreife als höchsten Schulabschluss erworben und der häufigste berufliche Abschluss ist der Bachelor (53,5%). Die Angaben zur Erwerbssituation lassen jedoch erahnen, dass die berufliche Qualifizierung bei einigen Probanden noch nicht abgeschlossen ist. So liegt die Vollzeitbeschäftigung mit 46,5% und Teilzeitbeschäftigung mit 9,9% deutlich unter der bundesdeutschen Erwerbstätigenquote von 75,6% [Statistisches Bundesamt, 2023].

5.2.2 Vermögen und Kompetenzen

In diesem Kapitel geht es darum, welche Kompetenzen die Probanden mitbringen, die den Versuch beeinflussen könnten. Der Fokus liegt auf dem Umgang mit der virtuellen Versuchsumgebung, der Affinität zum Automobil und gestalterischen Fähigkeiten, die durch Beruf oder Hobby erworben wurden. Die Ergebnisse entstammen den Eigenangaben der Probanden und dem Wiener Testsystem.

Das Vermögen mit der virtuellen Versuchsumgebung erfolgreich zu interagieren wird anhand von drei Parametern eingeschätzt. Dazu zählt zunächst das Ergebnis des Wiener Testsystems bezüglich der räumlichen Wahrnehmung. Mit einem Mittelwert von 115,6 IQ-Punkten ($SD=14,2$) zeigt sich, dass die Probanden überdurchschnittlich gut ab-

schneiden. Alle Teilnehmenden konnten die Mindestanforderungen an das räumliche Sehen nachweisen. In der Selbsteinschätzung attestieren sich ein Großteil der Probanden einen sehr sicheren (35,6%) oder sicheren (41,6%) Umgang mit Computern. Außerdem haben 62,4% der Probanden schon einmal ein Computerspiel in einer dreidimensionalen Umgebung gespielt. In Bezug auf die technischen Anforderungen ist das Probandenkollektiv demnach gut aufgestellt.

Um die Vertrautheit mit dem Automobil zu bewerten, werden Führerscheinbesitz, Nutzungsdauer und Interaktionsweise herangezogen. Von den 101 Probanden besitzen 85,15% einen deutschen Führerschein, 6,93% eine ausländische und 7,92% keine Fahrerlaubnis. Die Fahrprüfung scheint einen hohen Stellenwert bei den Probanden zu haben und wird meist so früh wie rechtlich möglich abgelegt, was das Durchschnittsalter von 18,3 Jahren beim Ablegen der Prüfung und eine Standardabweichung von nur 2,6 Jahren belegen. Der späteste Führerscheinwerb gelingt einem Probanden mit 36 Jahren.

In einem Monat fahren die Probanden an durchschnittlich 11,5 Tagen ($SD=9,2$) selber Auto und sind an 5,5 Tagen ($SD=5,7$) Beifahrer. Ihre häufigste Mobilitätsoption ist das Familienauto (63%), gefolgt vom eigenen Fahrzeug (48%) oder dem Fahrzeug von Freunden (35%). Im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt von 19.038 km im Jahr 2020 fällt die jährliche Fahrstrecke der Probanden deutlich geringer aus [Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse, 17. November, 2021].

Details finden sich in der Abbildung 5.3 zur Automobil-Kompetenz. In der ersten Box wird das durchschnittliche Prüfungsjahr sowie der Anteil an Führerschein- und Autobesitzern dargestellt. Das Kalenderblatt zeigt die Fahrertage in Cyan und die Mitfahrertage in Hellblau, wobei die Mittelwerte nach den allgemeinen Rundungsregeln auf ganze Tage auf- oder abgerundet werden. Ganz rechts ist die gefahrene Jahresstrecke je Proband mit absoluten Häufigkeiten dargestellt. Da die Probanden Bereichsangaben abgegeben haben, sind die Balken zwischen den gekennzeichneten Werten platziert. Der hellgraue Balken kennzeichnet Fälle ohne Angaben.

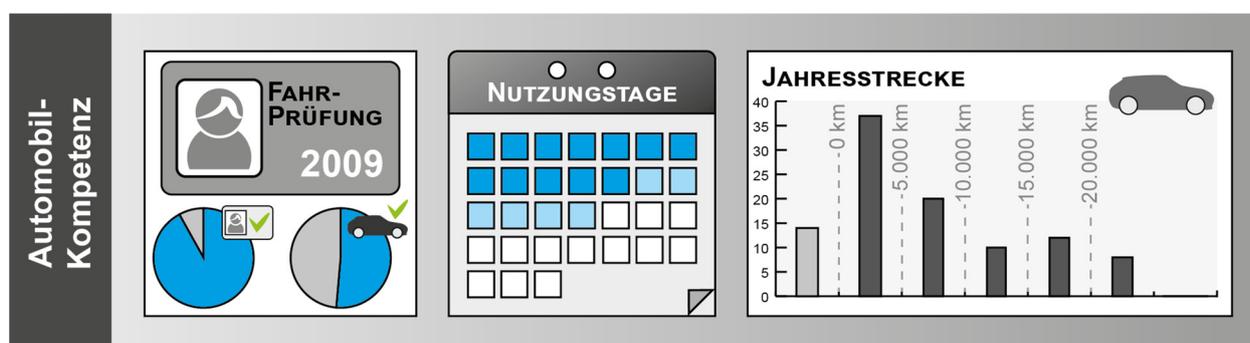


Abbildung 5.3: Automobilkompetenz des Probandenkollektivs

Bei den gestalterischen Fähigkeiten geben 83 Probanden vorhandene Erfahrungen an. Von diesen Teilnehmenden üben 55,4% gestalterische Tätigkeiten im Zusammenhang mit ihrem Beruf aus. In der Freizeit werden vor allem künstlerische (38,6%) und handwerkliche (33,7%) Hobbies betrieben. Immerhin 27,7% der gestalterisch Tätigen widmet ihre Zeit Digitalprojekten.

6 Ergebnisse

Die aus der Studie hervorgegangenen Daten werden bereinigt und in einem übergeordneten SPSS-Dokument zusammengefasst. Auf diese Weise können die Ergebnisse aus der Conjoint-Analyse, dem Konfiguratorexperiment und der Probandenbefragung verknüpft und statistisch ausgewertet werden. Das Vorgehen bei der Auswertung ist in Abbildung 6.1 schematisch dargestellt und richtet seine Aufmerksamkeit auf die anfangs formulierten Hypothesenkomplexe.

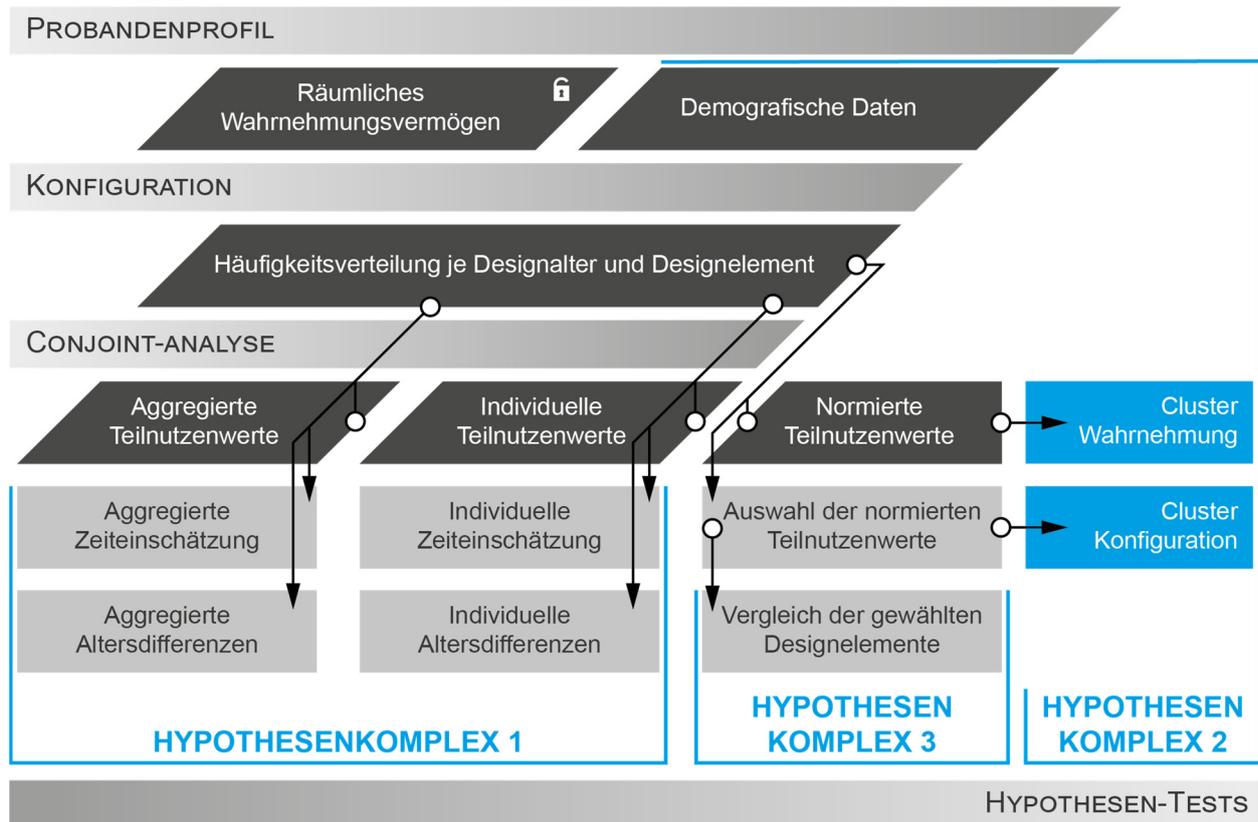


Abbildung 6.1: Vorgehensschema der weiteren Auswertung

Die drei oberen grauen Balken im Schema visualisieren die Datenherkunft in Bezug auf das Studiendesign. Die Auswertungen der Probandendaten, die Häufigkeitsverteilung aus dem Konfigurationsexperiment und die Teilnutzenwerten aus der Conjoint-Analyse finden sich in den dunkelgrauen Boxen wieder. Da das räumliche Wahrnehmungsvermögen als Zulassungskriterium verwendet wird, ist dieses Feld mit einem Schloss gekennzeichnet.

In den grauen Feldern werden die weitergehenden Auswertungsschritte dargestellt und mit den jeweils verwendeten Informationen durch Pfeilverläufe verbunden. So entstehen beispielsweise die Daten zur aggregierten Zeiteinschätzung aus der Verknüpfung der Häufigkeitsverteilung aus der Konfiguration mit den aggregierten Teilnutzen aus der Conjoint-Analyse.

Farblich herausgestellt sind die Cluster der Wahrnehmung und Konfiguration. Die blauen Boxen sind am rechten Rand des Schemas verortet, um ihre Abhängigkeit von den normierten Teilnutzen und deren Auswahl zu versinnbildlichen.

Für die Tests der einzelnen Hypothesenkomplexe werden verschiedene Datenstände herangezogen. Die blaue Linienführung visualisiert, auf welche Informationen in den jeweiligen Komplexen zurückgegriffen wird. Eine detaillierte Erläuterung aller Abläufe folgt in den nächsten Unterkapiteln, die den Hypothesenkomplexen folgend strukturiert sind.

6.1 Auswertung der Conjoint-Analyse

Die Daten aus dem Conjoint-Fragebogen werden in die Statistiksoftware SPSS übertragen. Für die Auswertung benötigt das Programm genaue Informationen über die Zusammenstellung der Reizmuster. Diese Informationen werden in einem ORTHOPLAN angelegt und gespeichert. Die Conjoint-Analyse ist in SPSS nicht als eigenständige Schaltfläche angelegt, kann aber über das Syntax-Menü aufgerufen werden. Im Code müssen weitere Parameter und die Speicherorte definiert werden. Die Struktur ist in Abbildung 6.2 exemplarisch dargestellt. Um Verwechslungen zwischen Kühlergrill und Kühlerinlay im Quellcode zu verhindern, wird das Kühlerinlay auf „Inlay“ reduziert.

```
CONJOINT PLAN='C:\Speicherort\Orthoplan.SAV'  
  /FACTORS=Aufbau (DISCRETE) Kühlergrill (DISCRETE) Inlay (DIS-  
  CRETE) Scheinwerfer (DISCRETE) Stoßstange (DISCRETE) Felgen  
  (DISCRETE)  
  /SUBJECT=ID  
  /SCORE=R1 TO R49  
  /UTILITY='C:\Speicherort\Ergebnisse.SAV'  
  /PLOT=SUMMARY.
```

Abbildung 6.2: Exemplarische Conjoint-Syntax

Die Conjoint-Analyse berechnet nach dem vorgegebenen orthogonalen Versuchsplan (PLAN) für die Merkmale (FACTORS) Aufbau, Kühlergrill, Inlay, Scheinwerfer, Stoßstange und Felgen bewertungsbasiert (SCORE) aus den Reizmustern R1 bis R49 die Teilnutzenwerte. Die Ergebnisse werden in einer neuen Datei gespeichert (UTILITY) und eine Übersicht angezeigt (PLOT).

Nach der Durchführung der Conjoint-Analyse weist die Software darauf hin, dass bei 17 Probanden keine individuellen Werte berechnet werden konnten. Durch die Option keine Angaben zu einzelnen Reizmustern zu machen oder gering variierende Antworten, kann es passieren, dass eine Differenzierung der Präferenzen unterbunden wird. Diese Teilnehmenden werden in den folgenden Kapiteln aus den Betrachtungen zur Conjoint-Analyse ausgeschlossen.

6.1.1 Aggregierte Teilnutzen

Zunächst werden die aggregierten Teilnutzen betrachtet. Diese liefern als Durchschnitt der Gruppenwahrnehmung einen ersten Eindruck zur Präferenzstruktur zwischen den Ausprägungen. In Tabelle 6.1 sind die Teilnutzen in aufsteigender Reihenfolge je Merkmal aufgelistet.

Tabelle 6.1: Aggregierte Teilnutzenwerte aus Conjoint-Analyse

Merkmal	Ausprägung	Geschätzter Teilnutzen	Std.-Fehler
Aufbau	AA	-4,358	0,528
	AC	-1,977	0,528
	AI	-1,301	0,425
	IC	2,547	0,528
	II	5,089	0,412
Kühlergrill	Rund	-2,135	0,531
	Halbrund	-0,706	0,531
	Rechteck	0,195	0,414
	Dreieck	1,225	0,570
	Trapez	1,420	0,414
Kühlerinlay	Vertikal	-1,243	0,412
	Horizontal	-0,913	0,416
	Vertikal (breit)	-0,457	0,600
	Eben	0,592	0,532
	Gitter	2,021	0,532
Scheinwerfer	Rund	-8,233	0,562
	Doppelrund	-4,508	0,562
	Doppelrund (asym.)	-2,484	0,562
	Rechteck	1,376	0,562
	Mandel	2,295	0,562
	Mandel (asym.)	2,757	0,543
	Dreieck	8,797	0,638
Stoßstange	Über Eck	-0,696	0,337
	Durchgehend	-0,112	0,318
	Geteilt	0,808	0,340
Felgen	Scheiben	-3,675	0,562
	8-Speichen	-0,563	0,562
	5-Speichen	-0,321	0,543
	Doppelspeichen	-0,171	0,562
	6-Speichen	0,543	0,562
	7-Speichen	0,781	0,562
	Vielspeichen	3,406	0,638
(Konstante)		2005,506	0,276

Ausgehend von der Konstanten im Jahr 2005 und den maximalen und minimalen Teilnutzen, umfasst dieses Präferenzmodell Fahrzeuge von 1985 bis 2027. In der Abbildung 6.3 sind oben das älteste (A) und unten das jüngste (B) konfigurierbare Designalter gegenübergestellt.



Abbildung 6.3: Konfigurationsbandbreite von ältestem (A) zu neuem (B) Modell

Diese Beispiele fußen auf der Kumulation der maximalen Teilnutzwerten, berücksichtigen allerdings keine integrierten Elemente. Die Optionen, die Stoßstange in die Fahrzeugfront zu integrieren oder komplett auf einen Kühlergrill zu verzichten, können das Designalter über die mathematischen Grenzen der Conjoint-Berechnung hinaus beeinflussen.

Die Wirkrichtung der einzelnen Ausprägungen ist nachfolgend in Abbildung 6.4 zusätzlich visuell aufgearbeitet.

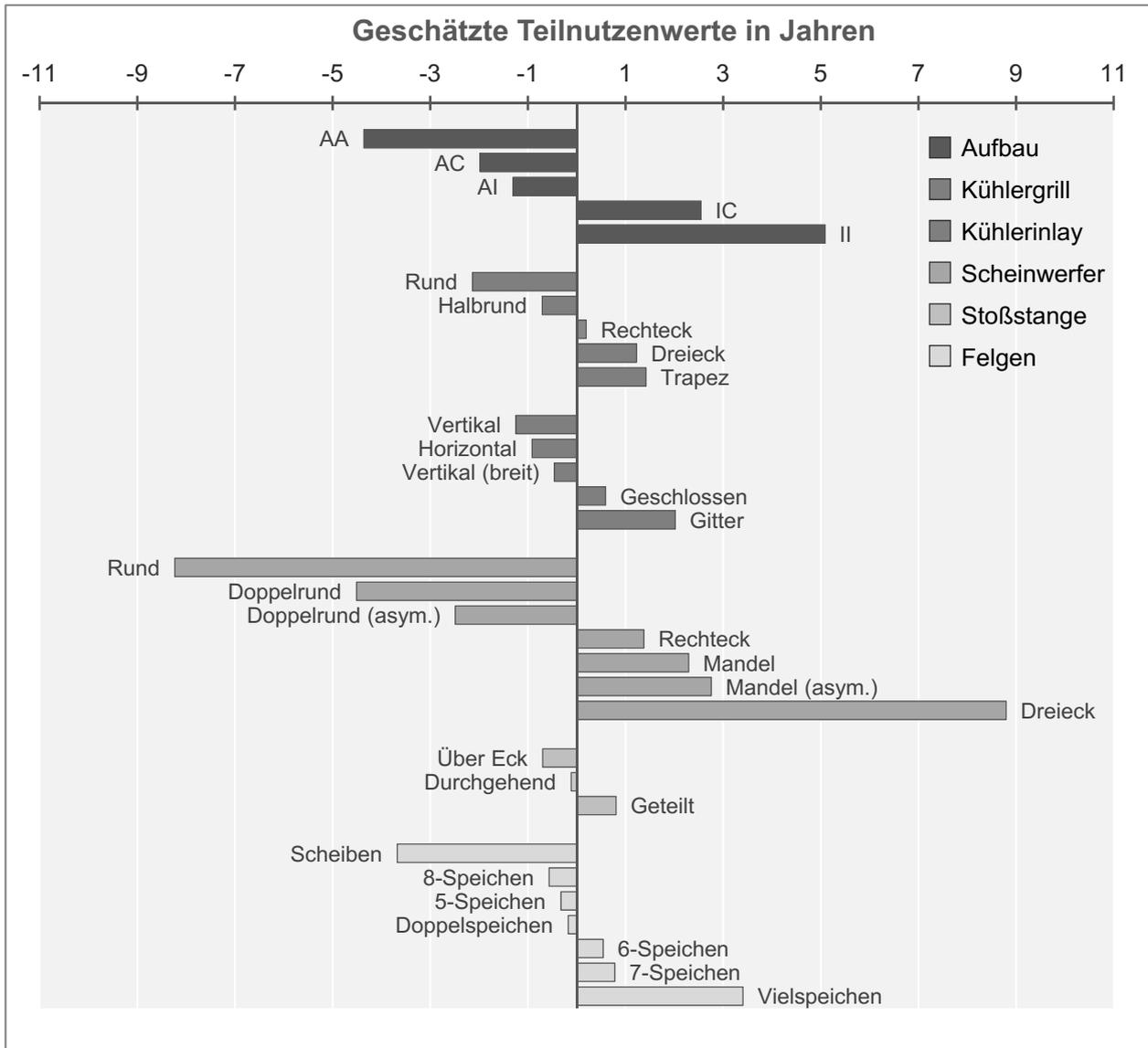


Abbildung 6.4: Aggregierte Teilnutzenwerte visualisiert

In diesem Diagramm werden die aggregierten Teilnutzenwerte als Balken dargestellt. Ein Ausschlag nach links verringert die Jahreszahl und erhöht somit das Designalter, während ein Ausschlag nach rechts das genaue Gegenteil bewirkt. Diese Grafik vermittelt zusätzlich ein Gefühl für den Hebeleffekt einzelner Ausprägungen. Die Scheinwerfer spannen ihren Einfluss über 17 Jahre. Dahingegen können die Stoßstangen das Designalter nur in einem Bereich von 1,5 Jahren verändern.

Diese Ungleichverteilung spiegelt sich auch in Tabelle 6.2 wider, in der die relative Wichtigkeit aller Merkmale berechnet ist. Zusätzlich wird in der letzten Spalte der Bedeutungsgewinn im Vergleich zur theoretischen Gleichwertigkeit aller Designelemente angegeben. Dieser Wert resultiert aus der Aufteilung von 100% auf sechs Designelemente und entspricht demnach einem Prozentwert von 16,6.

Die bereits ausgeführten Beispiele von Scheinwerfer und Stoßstange sind die klaren Gewinner und Verlierer in der Gruppenwahrnehmung des Designalters. Frühere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass es unterschiedliche Präferenzprofile gibt. Für die Auswertung des Konfiguratorexperiments und eine Clusteranalyse werden nachfolgend die individuellen Teilnutzen ermittelt.

Tabelle 6.2: Relative Wichtigkeit der Designelemente

Merkmal	Relative Wichtigkeit [%]	Bedeutungsgewinn [%]
Scheinwerfer	25,92	9,25
Aufbau	20,20	3,53
Felgen	19,95	3,28
Kühlergrill	14,00	-2,66
Kühlerinlay	13,50	-3,17
Stoßstange	6,45	-10,22

6.1.2 Individuelle Teilnutzen

Neben den aggregierten Werten ermittelt die Conjoint-Syntax für alle Probanden auch die individuellen Teilnutzen. Durch den Einsatz des UTILITY-Befehls werden diese automatisch in einen neuen SPSS-Datensatz gespeichert.

Diese Werte sind ohne Kontext und Verarbeitung von geringem Nutzen für die weitere statistische Auswertung, da keine Vergleichbarkeit gegeben ist (siehe Kapitel 4.2.1.1). Die Daten werden daher parallel zur Zusammenführung mit dem Konfiguratorexperiment für die Überprüfung der Hypothesen vorbereitet. An dieser Stelle erfolgt ein kurzer Vorgriff auf das Kapitel 6.2.1, in dem es um die Datenbereinigung geht. Aufgrund von Unregelmäßigkeiten müssen die Konfigurationen von zwei Probanden aus der Auswertung ausgeschlossen werden. Die detaillierte Begründung ist im oben genannten Kapitel nachzulesen. Für die nachfolgenden Betrachtungen bedeutet dies eine Reduktion der validen Datensätze auf 82 Stück. Um diese Daten auszuwerten und später zu clustern, wird im nächsten Kapitel die Normierung der Teilnutzenwerte erläutert.

6.1.3 Normierung der Teilnutzen

Die Berechnung der normierten Teilnutzen wird in SPSS durchgeführt und orientiert sich an den Formeln 4.5. und 4.6 aus Kapitel 4.2.1.1. Für die 32 Ausprägungen werden je eine Hilfsvariable für die Standardisierung und eine neue Variable mit dem normierten

Teilnutzen definiert. Die dazu verwendete Syntax ist in Abbildung 6.5 beispielhaft für die erste Grundform des Aufbaus dargestellt.

Im ersten Abschnitt wird analog zu Formel 4.5 der Wertebereich eingegrenzt und exemplarisch *SAufbau1* berechnet. Die Überführung in standardisierte Teilnutzen muss für alle Ausprägungen erfolgen, damit im zweiten Abschnitt die Normierung entsprechend Formel 4.6 erfolgen kann. Hierbei wird *SAufbau1* mathematisch ins Verhältnis zu den anderen standardisierten Werten gesetzt. Durch das vorangestellte „N“ gekennzeichnet kann der normierte Wert *NAufbau1* nun probandenübergreifend verglichen und für die weitere Auswertung herangezogen werden.

```

COMPUTE SAufbau1=
  Aufbau1-MIN(Aufbau1,Aufbau2,Aufbau3,Aufbau4,Aufbau5) .
  //Berechnung der Hilfsvariable SAufbau1 analog zu Formel 4.5

COMPUTE NAufbau1=
  SAufbau1/SUM(
  MAX(SAufbau1,SAufbau2,SAufbau3,SAufbau4,SAufbau5)
  MAX(SKühlergrill1,SKühlergrill2,SKühlergrill3
      SKühlergrill4,SKühlergrill5),
  MAX(SInlay1,SInlay2,SInlay3,SInlay4,SInlay5)
  MAX(SScheinwerfer1,SScheinwerfer2,SScheinwerfer3,
      SScheinwerfer4,SScheinwerfer5,SScheinwerfer6,
      SScheinwerfer7),
  MAX(SStoßstange1,SStoßstange2,SStoßstange3),
  MAX(SFelgen1,SFelgen2,SFelgen3,SFelgen4,SFelgen5,SFelgen6,
      SFelgen7)
  ) .
  //Berechnung der Variable NAufbau1 analog zu Formel 4.6

EXECUTE.

```

Abbildung 6.5: Normierungssyntax am Beispiel einer Aufbau-Ausprägung

6.2 Auswertung des Konfiguratorexperiments

Aus dem Konfiguratorexperiment gehen je Proband mindestens vier Datensätze aus den vier Aufgabenräumen mit jeweils sechs Kodierziffern für die Designelemente hervor. Wenn es Mehrfachspeicherungen in einem Raum gibt, wird der letzte Speicherstand ausgewertet.

6.2.1 Datenbereinigung

Alle Datensätze werden in einer Excel-Datei gebündelt. Die Probanden sind dabei zeilenweise angeordnet und die Designalter spaltenweise in vier Blöcken mit je sechs separaten Feldern für jedes Designelement. Daraus spannt sich ein Datenfeld aus 101 Zeilen mal 24 Spalten auf.

Da die Designalter randomisiert den Räumen zugewiesen werden, muss die Anordnung der Designalter-Blöcke korrigiert werden, sodass die Werte zeilenübergreifend verglichen werden können. Bei der Plausibilitätsprüfung der Daten kristallisierten sich zwei Datensätze mit unstimmgigen Informationen heraus. Die betroffenen Probanden haben in zwei der vier Räumen keine Veränderung am Fahrzeug vorgenommen und die Grundeinstellung des Konfigurators gespeichert. Weil die Beweggründe im Nachhinein nicht mehr nachvollziehbar sind, werden diese Datensätze von der Auswertung ausgeschlossen.

Eine weitere Anpassung betrifft das Kühlerinlay. Wurde in der Konfiguration bewusst kein Kühlergrill ausgewählt, wird die Kodierziffer für das Kühlerinlay gelöscht. Der abgespeicherte Wert ist irreführend, da das ausgewählte Designelement in der finalen Konfiguration nicht mehr sichtbar ist. Möglichweise hat ein Proband zunächst ein Fahrzeug mit Kühlergrill und Kühlerinlay entworfen, sich dann aber für eine kühlerlose Front entschieden. Mit dem Zurücksetzen wird das Kühlerinlay in den betroffenen Fällen nicht weiter betrachtet und kann dadurch auch die Auswertung insgesamt und die Häufigkeitsverteilung im speziellen nicht verfälschen.

6.2.2 Häufigkeitsverteilungen

In der Abbildung 6.6 sind die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Designelemente je Designalter grafisch aufgearbeitet. Für die Farbcodierung wird Cyan (1970), Magenta (1990), Gelb (2010) und Schwarz (2030) verwendet. Eine Tabelle mit den zugehörigen Zahlenwerten findet sich im Anhang A4, Tabelle A.1.

Die Grafik zeigt für Designelemente, wie beispielsweise die Scheinwerfer, distinktive Profile für die unterschiedlichen Designalter. Auffällig sind auch die Ähnlichkeiten zwischen den Konfigurationen für 1970 und 1990 beim Aufbau, Kühlergrill und der Stoßstange.

Diese Beobachtungen werden im nächsten Kapitelkomplex genauer betrachtet und hinsichtlich der aufgestellten Hypothesen statistisch überprüft.

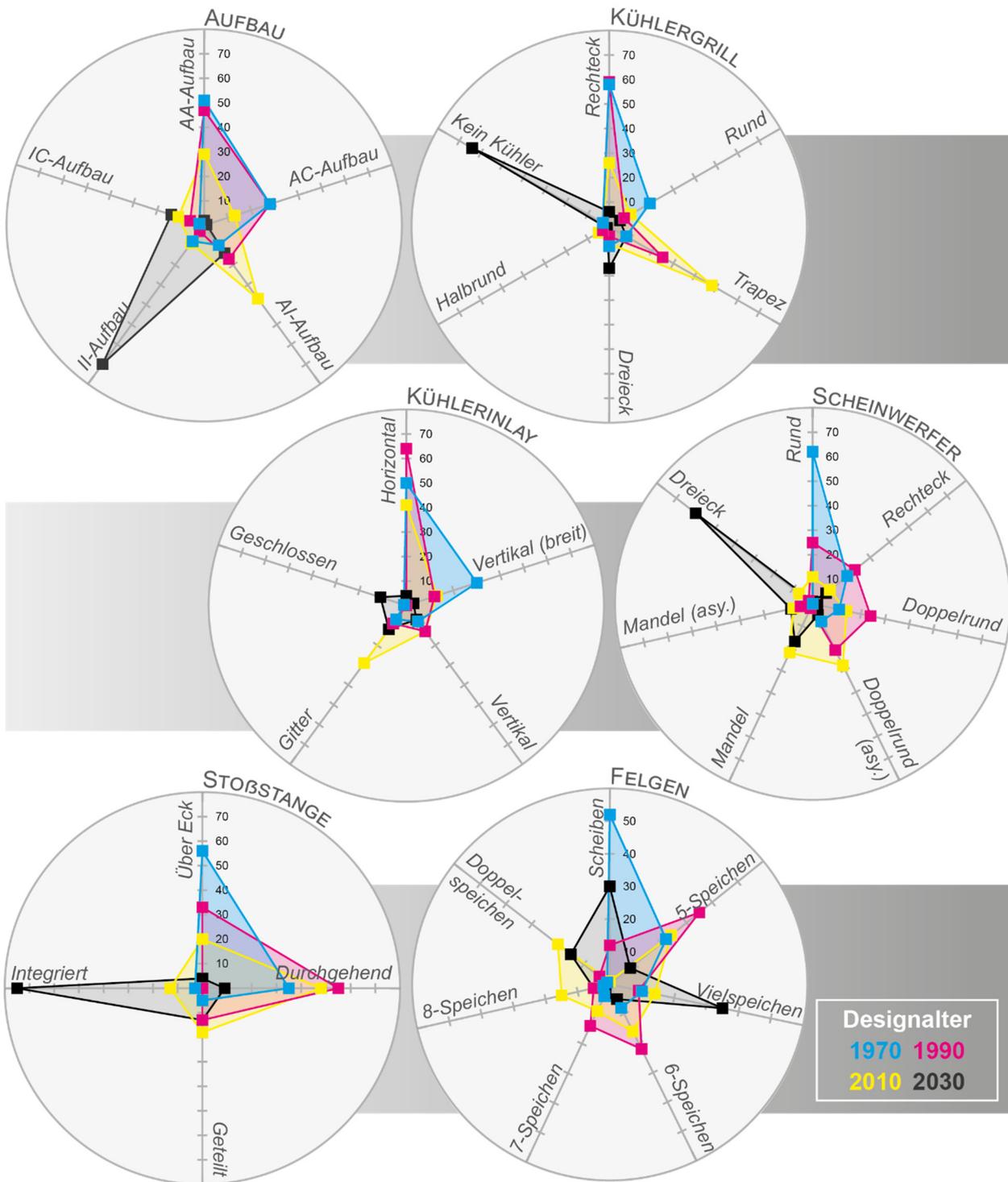


Abbildung 6.6: Häufigkeitsverteilung der Designelemente im Konfiguratorexperiment

6.3 Ergebnisse zur Gestaltung des Designalters

Dieses Kapitel widmet sich dem ersten Hypothesenkomplex und überprüft, ob das Designalter eine freie Entwurfsgröße ist und zielgerichtet gestaltet werden kann. Dazu wird die Wahrnehmung der Probanden, ermittelt durch die Conjoint-Analyse, mit den konfigurierten Fahrzeugen zusammengeführt, analysiert und bewertet.

6.3.1 Vergleich der Designalter

Um die Designalter der Konfigurationen miteinander vergleichen zu können, ist eine Quantifizierung nötig. Diese wird mithilfe der Conjoint-Ergebnisse angestrebt. Die Wahrnehmung der Designelemente am Fahrzeug wurde mit den Conjoint-Fragebögen für jeden Probanden in individuelle Teilnutzen übersetzt. Bringt man das Wahrnehmungsprofil in Form der Teilnutzen zusammen mit den von den Probanden ausgewählten Designelementen je Designalter, erhält man über die Conjoint-Formel 4.2 die Zeiteinschätzung für jedes Designalter. Das Ansteigen dieses Wertes bei konsekutiven Designaltern zeigt an, dass die Fahrzeuge in korrekter zeitlicher Reihenfolge gestaltet wurden.

Der erste Hypothesenkomplex differenziert zwischen der Gestaltungsfähigkeit nach eigenen Wahrnehmung und nach der Gruppenwahrnehmung. Zur Überprüfung dieser Thesen werden die Zeiteinschätzungen je Designalter jeweils mit den individuellen Teilnutzen und mit dem aggregierten Teilnutzen berechnet. Tabelle 6.3 beinhaltet die deskriptive Statistik zur Zeiteinschätzung auf Basis von individuellen und aggregierten Teilnutzen. Dazu zählen die Minimal- und Maximalwerte, der Mittelwert, die Standardabweichung sowie Schiefe und Kurtosis als Maße der horizontalen Verschiebung bzw. vertikalen Stauchung im Vergleich zu einer gaußschen Normalverteilungskurve.

Tabelle 6.3: Deskriptive Statistik der Zeiteinschätzung

	Zeiteinschätzung	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abw.	Schiefe	Kurtosis
Individuell	1970	1954	2022	1989,3	15,748	-0,135	-0,128
	1990	1956	2024	1996,1	14,080	-0,444	0,308
	2010	1965	2036	2004,8	14,824	-0,450	0,003
	2030	2001	2053	2025,5	10,031	0,211	0,360
Aggregiert	1970	1985	2011	1995,0	5,819	0,606	-0,322
	1990	1988	2018	1999,7	5,374	0,339	1,084
	2010	1993	2017	2004,9	5,737	0,074	-0,616
	2030	2003	2025	2016,4	5,440	-0,396	-0,271

Die Mittelwerte steigen über die Designalter kontinuierlich an, was für eine zeitkohärente Gestaltung spricht. Dieser Anstieg kann ebenfalls den Boxplots zur Zeiteinschätzung in Abbildung 6.7 entnommen werden.

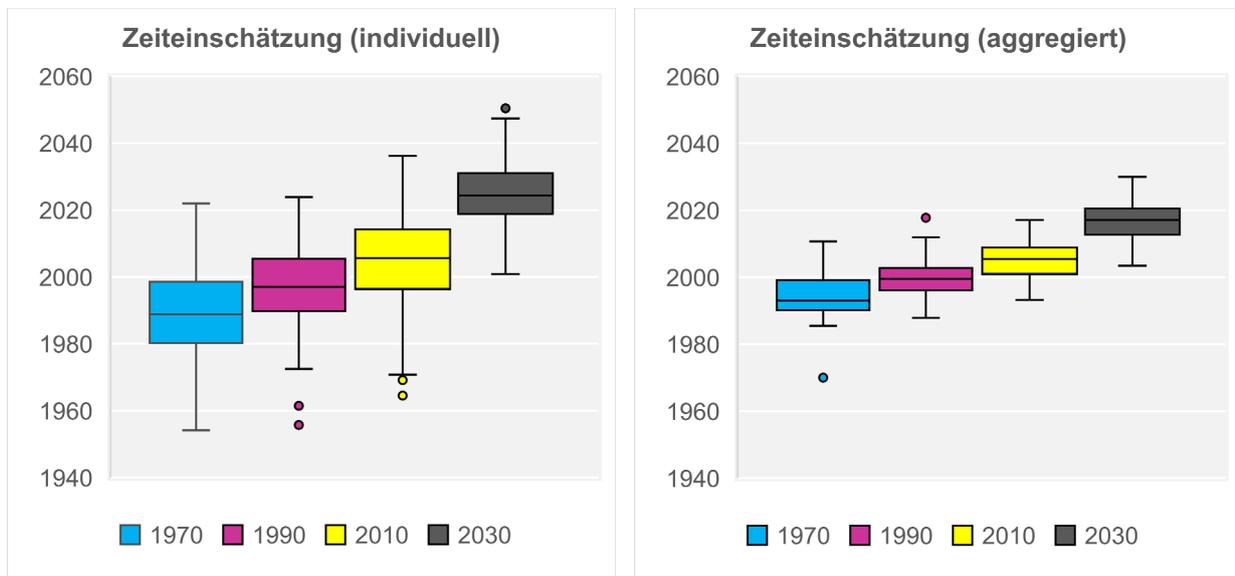


Abbildung 6.7: Boxplots zur individuellen und aggregierten Zeiteinschätzung

Allerdings handelt es sich in beiden Fällen um eine Tendenz. Um den Konfigurationserfolg bei allen Probanden nachzuweisen, ist daher ein weiterer mathematischer Zwischenschritt nötig.

Indem die Differenz benachbarter Designalter gebildet wird, entstehen drei neue Bewertungsgrößen, die Altersdifferenzen 1970–1990, 1990–2010 und 2010–2030. Die Benennung der Altersdifferenzen folgt der Einfachheit halber dem üblichen Sprachgebrauch bei Zeitabschnitten, d. h. die weiter zurückliegende Jahreszahl wird zuerst genannt und der Halbgeviertstrich als „bis“ gelesen. Im mathematischen Sinne wird jedoch der Wert ebendieser Zeit vom benachbarten Designalters subtrahiert.

Beispiel

Proband (Nr. 87) mit individuellen Teilnutzen:

Zeiteinschätzung 1970: 1969,07

Zeiteinschätzung 1990: 1986,56

Altersdifferenz 1970–1990: $1986,56 - 1969,07 = 17,49$ Jahre

Ist die Altersdifferenz positiv, so sind die eingesetzten Zeit-Werte ansteigend und das ältere Fahrzeug besitzt in der Wahrnehmung des Probanden ein höheres Designalter. Bei einem negativen Wert ist die Gestaltung des Designalters nicht zeitkohärent und muss als gescheitert betrachtet werden.

Die zeitliche Reihung der Konfigurationen wird sowohl mit individuellen als auch aggregierten Teilnutzen bewertet. Dies entspricht der Unterscheidung des Hypothesenkomplexes in persönliche Wahrnehmung (H1a) und allgemeine Wahrnehmung (H1b) (siehe Kapitel 4.1.1). In den Kreuztabellen Tabelle 6.4, Tabelle 6.5 und Tabelle 6.6 werden die Ereignishäufigkeiten von korrekter und falscher Reihungen inklusive der prozentualen Anteile gesammelt. Die Summe der zeitkohärenten Konfigurationen kann in den blau hinterlegten Feldern abgelesen werden.

Tabelle 6.4: Kreuztabelle zur Altersdifferenz 1970–1990

Altersdifferenz 1970–1990	Individuelle Teilnutzen		
	Korrekte Reihung	Falsche Reihung	
Aggregierte Teilnutzen			
Korrekte Reihung	42 51,2%	21 25,6%	63 76,8%
Falsche Reihung	9 11,0%	10 12,2%	19 23,2%
	51 62,2%	31 37,8%	N=82

Tabelle 6.5: Kreuztabelle zur Altersdifferenz 1990–2010

Altersdifferenz 1990–2010	Individuelle Teilnutzen		
	Korrekte Reihung	Falsche Reihung	
Aggregierte Teilnutzen			
Korrekte Reihung	49 59,8%	14 17,1%	63 76,8%
Falsche Reihung	10 12,2%	9 11,0%	19 23,2%
	59 72,0%	23 28,0%	N=82

Tabelle 6.6: Kreuztabelle zur Altersdifferenz 2010–2030

Altersdifferenz 2010–2030	Individuelle Teilnutzen		
	Korrekte Reihung	Falsche Reihung	
Aggregierte Teilnutzen			
Korrekte Reihung	69 84,1%	6 7,3%	75 91,5%
Falsche Reihung	5 6,1%	2 2,4%	7 8,5%
	74 90,2%	8 9,8%	N=82

Die Leseweise der Tabellen soll kurz am Beispiel der Altersdifferenz 1970–1990 erläutert werden. In der Tabelle 6.4 wird zunächst zwischen den individuellen und aggregierten Teilnutzen unterschieden (dunkelgraue Felder). Für beide Gruppen wird erhoben, wie viele Probanden in der Lage waren, die Designalter 1970 und 1990 in ihre korrekte Reihung zu bringen oder nicht (graue Felder). Im Zentrum der Kreuztabelle werden die absoluten Häufigkeiten und die prozentualen Anteile eingetragen (hellgraue Felder). So gelingt es beispielsweise 42 Probanden sowohl nach ihren individuellen und den aggregierten Teilnutzenwerten eine korrekte Reihung der Designalter zu gestalten (blau umrandetes Feld). Am rechten und unteren Tabellenrand werden die Summen der Ereignishäufigkeiten gebildet. Von allen Probanden (N=82) gelingt 51 (62,2%) eine zeitkohärente Altersdifferenz nach den Maßstäben ihrer individuellen Wahrnehmung. In der Gruppenwahrnehmung erfüllen sogar 63 Probanden (76,8%) die Anforderungen an eine korrekte Reihung ihrer Konfigurationen (blaue Felder).

Es zeigt sich, dass die Altersdifferenz 1970–1990 die niedrigste Erfolgsquote aufweist. Allerdings erreichen alle Altersdifferenzen auf Basis individueller Teilnutzen das geforderte Mindestmaß von 60% um die Hypothese H1a zu bestätigen. In der allgemeinen Wahrnehmung schneiden die Altersdifferenzen deutlich besser ab und zeigen sogar in mindestens 76,8% der Fälle eine korrekte zeitliche Reihung. Das Urteil scheint in der Gruppenwahrnehmung weniger streng auszufallen, was auch der hohe Prozentsatz an „Wechslern“ von einer falsch-individuellen zu einer korrekt-aggregierten Konfigurationsreihung in der Kreuztabelle bestätigt (z. B. 25,6% in der Altersdifferenz 1970–1990). Die Daten unterstützen demnach auch die Bestätigung der Hypothese H1b.

6.3.2 Interpretationsraum zum Kühlergrill

Das folgende Kapitel bietet einen kurzen Exkurs zum Interpretationsraum des Kühlergrills. Die Bewertung des Kühlergrills in der Konfiguration unterscheidet sich maßgeblich von den anderen Designelementen. Das liegt daran, dass das Nichtvorhandensein bzw. das bewusste Verzicht auf einen Kühlergrill eine valide Gestaltungsoption ist. Für batterieelektrische Fahrzeuge handelt es sich nicht mehr um eine zwingend notwendige Baugruppe, wodurch sich gestalterische Freiräume im Fahrzeugexterieur eröffnen. Diese Entwicklung wird auch von vielen Probanden antizipiert und spiegelt sich in der überproportionalen Verwendung für das Designalter 2030 wider. Dies führt jedoch zu einer methodischen Zwickmühle.

Die traditionelle Conjoint-Analyse ist nur dafür ausgelegt, vorhandenen Ausprägungen zu bewerten. Für den Fall, keinen Kühlergrill zu sehen, gibt es keinen Teilnutzenwert, der in

die Conjoint-Formel für die Berechnung des Designalters einfließen könnte. Im Folgenden werden daher zwei Optionen diskutiert, wie der fehlende Teilnutzenwert zu ersetzen und zu interpretieren ist.

Neutralannahme

Die Neutralannahme orientiert sich stark an der traditionellen Conjoint-Analyse. Ein nicht-vorhandenes Element kann in der Produktwahrnehmung auch keine Wirkung entfalten, weder positiv noch negativ. Unter dieser Prämisse ist der Teilnutzenwert des nicht vorhandenen Kühlergrills mit Null anzusetzen. Allerdings führt dies vor allem für das Designalter 2030 zu verzerrten Werten. Möglicherweise fällt das Designalter durch den fehlenden Summanden niedriger aus und könnte in der Berechnung der Altersdifferenz zu Fehlentscheidungen führen.

Maximalannahme

Die Maximalannahme löst sich von den traditionellen Vorgaben und beruft sich auf Annahmen für die Bestimmung des Teilnutzenwertes. Aus der Häufigkeitsverteilung geht deutlich hervor, dass die kühlerlose Front vor allem in modernen und zukünftigen Fahrzeugen Anwendung findet. Dies kann als klares Indiz für die zeitliche Verortung interpretiert werden. Im Vergleich zu allen anderen Kühlergrillausprägungen sollte die kühlerlose Option daher einen vergleichbaren oder sogar stärkeren Einfluss in der Conjoint-Betrachtung erhalten. Um dies zu realisieren, wird der höchste Teilnutzen in der Kategorie Kühlergrill bei jedem Probanden auf den kühlerlosen Teilnutzenwert übertragen. Der stärkste messbare und zukunftsgerichtete Effekt wird somit kopiert und gleicht die Schwäche der traditionellen Conjoint-Analyse aus.

In Tabelle 6.7 werden die Auswirkungen beider Annahmen in Bezug auf den ersten Hypothesenkomplex simuliert. Aufgeführt sind die Ereignishäufigkeiten korrekter Reihungen.

Tabelle 6.7: Ereignishäufigkeiten in Abhängigkeit der Annahme

Korrekte Reihungen (N=82)			
Altersdifferenz	1970–1990	1990–2010	2010–2030
Individuelle Teilnutzen			
Neutralannahme	51	58	64
Maximalannahme	51	59	74
Aggregierte Teilnutzen			
Neutralannahme	63	63	73
Maximalannahme	63	63	75

Für die Altersdifferenzen 1970–1990 und 1990–2010 sind die Annahmen unerheblich und unterscheiden sich in ihrer Wirkung nur marginal. Unter der Maximalannahme gelingt jedoch deutlich mehr Probanden auch der Zukunftssprung zwischen 2010 und 2030. Daher ist davon auszugehen, dass unter dieser Annahme der Interpretationsraum besser gefüllt wird und die ursprüngliche Probandenintention abbildet. Die Auswertung für den Kühlergrill beruhen deshalb auf der Maximalannahme. An dieser Stelle sei angemerkt, dass auch das Kühlerinlay und die Stoßstange von fehlender Repräsentation betroffen sein können. Da diese Designelemente in der Conjoint-Analyse allerdings geringere Spannweiten besitzen, werden sie entsprechend der Neutralannahme behandelt.

6.3.3 Statistische Auswertung zur Zeiteinschätzung und Altersdifferenz

Die Daten zur Zeiteinschätzung und den Altersdifferenzen werden basierend auf den individuellen Teilnutzen vertiefend mit SPSS 27 ausgewertet. Die Angabe statistischer Daten im Text folgt dabei dem APA-Standard, d. h. die Dezimalstellen werden mit einem Punkt getrennt, während Komata der Werttrennung vorbehalten bleiben. Um die Einheitlichkeit mit früheren Tabellen zu gewährleisten und eine intuitive Interpretation zu ermöglichen, bleibt das Komma in den Tabellen erhalten.

Zeiteinschätzung

Mit Hilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholung wird überprüft, ob sich die Zeiteinschätzungen für die Messzeitpunkte 1970, 1990, 2010 und 2030 unterscheiden. Sphärität kann angenommen werden, da der Mauchley-Test nicht signifikant ausfällt (*Mauchley-W*(5)=.911; $p=.191$). Die Analyse weist einen Zusammenhang zwischen den vorgegebenen Designaltern und den individuellen Zeiteinschätzungen nach ($F(3,243)=20269.354$; $p<.001$; $\eta_p^2=.820$; $N=82$).

Im paarweisen Vergleich mit Bonferroni-Korrektur (siehe Tabelle 6.8) zeigt sich, dass sich die Zeiteinschätzungen höchst signifikant voneinander unterscheiden und entsprechend ihrer Chronologie von 1970 ($M=1989.28$; $SD=1.739$), zu 1990 ($M=1996.11$; $SD=1.555$), zu 2010 ($M=2004.78$; $SD=1.637$) und zu 2030 ($M=2025.5$; $SD=1.108$) ansteigen.

Die Effektstärke f nach Cohen beträgt 0,73, was als starker Effekt interpretiert werden kann [ELLIS, 2010, S. 41]. Das vorgegebene Designalter bestimmt demzufolge maßgeblich, wie die individuelle Zeiteinschätzung ausfällt.

Tabelle 6.8: Paarweiser Vergleich der Zeiteinschätzungen

(I) Zeiteinschätzung	(J) Zeiteinschätzung	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970	1990	-6,841*	2,074	0,009	-12,452	-1,231
	2010	-15,500*	2,367	0,000	-21,901	-9,099
	2030	-36,220*	1,897	0,000	-41,351	-31,088
1990	1970	6,841*	2,074	0,009	1,231	12,452
	2010	-8,659*	2,032	0,000	-14,154	-3,163
	2030	-29,378*	1,835	0,000	-34,340	-24,416
2010	1970	15,500*	2,367	0,000	9,099	21,901
	1990	8,659*	2,032	0,000	3,163	14,154
	2030	-20,720*	2,108	0,000	-26,420	-15,019
2030	1970	36,220*	1,897	0,000	31,088	41,351
	1990	29,378*	1,835	0,000	24,416	34,340
	2010	20,720*	2,108	0,000	15,019	26,420

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Altersdifferenz

Die Altersdifferenz wird ergänzend statistisch untersucht, um der Frage nachzugehen, ob es Unterschiede bei der Abstufung zwischen den Designaltern gibt. Die Nullhypothese nimmt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersdifferenzen an. Dies bedeutet, dass die Stufen zwischen den Designaltern homogen sind.

Der Datensatz weist ebenfalls die nötige Sphärizität ($Mauchly-W(2)=.963; p=.222$) auf. Die Varianzanalyse zu den Altersdifferenzen ermittelt einen Zusammenhang zwischen den Designalter-Paarungen und der Stufenbreite ($F(2,162)=4664.326; p<.001; \eta_p^2=.107; N=82$). Die Ergebnisse des paarweisen Vergleiches finden sich in Tabelle 6.9.

Dabei unterscheidet sich die Altersdifferenz zwischen 2010 und 2030 höchst signifikant ($p<.001$; Bonferroni-Korrektur) von den beiden anderen und fällt deutlich größer aus ($M=20.739; SD=2.102$). Als mögliche Ursachen kommen zeitliche Stauchungseffekte in Betracht. Kern und Maier stellen fest, dass bei standardisierter visueller Präsentation sehr alte Produkte jünger bewertet werden, während jüngere Produkte älter eingeschätzt werden. Der Wahrnehmungsrahmen wird von den Probanden zusammengestaucht, ohne die chronologische Reihenfolge der Produkte zu verändern [KERN UND MAIER, 2020]. Die

Mittelwerte aus den individuellen Zeiteinschätzungen untermauern die vorangegangenen Beobachtungen.

Tabelle 6.9: Paarweiser Vergleich der Altersdifferenzen

(I) Altersdifferenz	(J) Altersdifferenz	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970-1990	1990-2010	-1,618	3,359	1,000	-9,830	6,594
	2010-2030	-13,797*	3,159	0,000	-21,520	-6,073
1990-2010	1970-1990	1,618	3,359	1,000	-6,594	9,830
	2010-2030	-12,179*	3,716	0,005	-21,264	-3,094
2010-2030	1970-1990	13,797*	3,159	0,000	6,073	21,520
	1990-2010	12,179*	3,716	0,005	3,094	21,264

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Nach Betrachtung der Häufigkeiten, der Mittelwerte, der Altersdifferenzen und der statistischen Auswertung kann der Hypothesenkomplex Eins bestätigt werden (siehe auch Tabelle 6.22). Die Designalter unterscheiden sich in der Conjoint-Summierung auf Basis der individuellen Teilnutzen statistisch signifikant voneinander. Zudem werden konsekutive Designalter von mindestens 60% der Probanden korrekt gestaltet. Über die Stufen zwischen den Designaltern kann keine allgemeine Aussage getroffen werden. Es zeigt sich eine inhomogene Verteilung, wenn zukünftige Designalter involviert sind.

6.4 Ergebnisse zur Wahrnehmung und Konfiguration des Designalters

Dieses Kapitel widmet sich dem zweiten Hypothesenkomplex (siehe Kapitel 4.1.2). Von Interesse ist zunächst die Frage, ob sich aus dem Probandenkollektiv charakteristische Gruppen im Hinblick auf die Wahrnehmung und die Gestaltung des Designalters bilden lassen. Dazu werden Clusteranalysen auf Basis der normierten Teilnutzen und der im Experiment ausgewählten Designelemente durchgeführt. Die gewonnenen Clusterinformationen werden mit statistischen Methoden ausgewertet und auf demografische und psychografische Zusammenhänge geprüft.

6.4.1 Clusteranalyse

Die Zielstellung von Clusteranalysen besteht darin, eine Sortierung mit „*maximaler Homogenität innerhalb der Gruppen und maximaler Heterogenität zwischen den Gruppen*“ zu erreichen [WIEDENBECK UND ZÜLL, 2010, S. 526]. Ähnlich wie bei der Conjoint-Analyse stehen dazu eine Vielzahl methodischer Ansätze zur Verfügung. Für die Bildung des Wahrnehmung- und Konfigurationsclusters wird ein kombiniertes Vorgehen aus hierarchisch-agglomerativer Clusterung mit der Ward-Methode und der K-Means-Clusteranalyse, als partitionierenden Verfahren gewählt. Die Ward-Methode nutzt die quadrierte euklidische Distanz als Distanzmaß, bietet konservative Fusionierungseigenschaften und neigt somit weder zu Dilatation noch Kontraktion bei der Gruppenbildung [BACKHAUS ET AL., 2021, S. 521]. Die hierarchische Clusterung kann grafisch mit einem Dendrogramm überprüft werden. Nachfolgend wird die ermittelte Clusteranzahl in die K-Means-Clusteranalyse eingespeist, um die Gruppenzuordnung nochmals zu optimieren. Wiedenbeck und Züll sehen in diesem Vorgehen „*eine geradezu natürliche Ergänzung, da der Index bei Ward und das Kriterium von K-Means übereinstimmen*“ [WIEDENBECK UND ZÜLL, 2010, S. 534].

6.4.1.1 Wahrnehmungskcluster

Für die Bestimmung der Wahrnehmungskcluster werden die normierten Teilnutzenwerte verwendet. Die hierarchische Clusteranalyse liefert das in Anhang A5, Abbildung A.7 dargestellte Dendrogramm. Aus ihm wird ersichtlich, dass sich nach zehn Durchläufen drei Gruppen gebildet haben. Mit der K-Means-Clusteranalyse, ausgelegt auf drei Cluster, erfolgt eine optimierte Sortierung der Probanden. Die Aufteilung ist in Tabelle 6.10 in Absolutwerten und prozentualen Anteilen aufgelistet.

Tabelle 6.10: Aufteilung der Wahrnehmungscluster

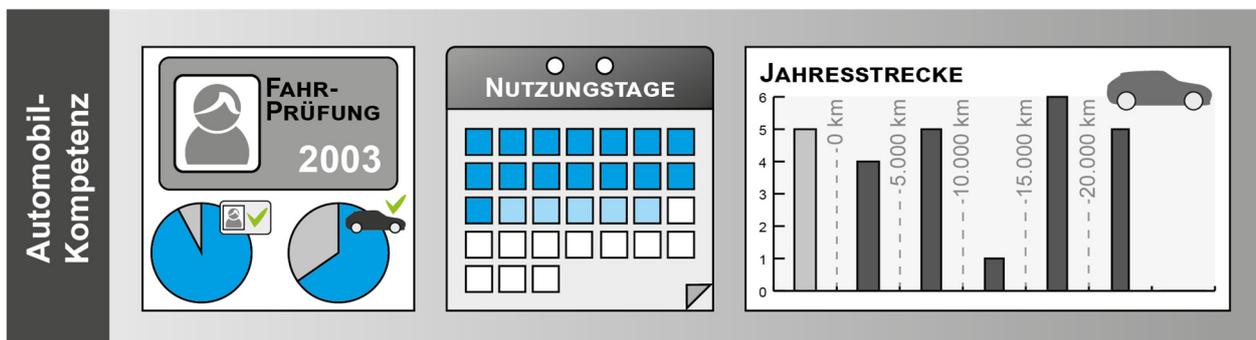
Clusteraufteilung (N=82)			
Cluster	1	2	3
Probanden [N]	26	46	10
Probanden [%]	31,7	56,1	12,2

Die ermittelten Cluster unterscheiden sich in ihrer Wahrnehmungspräferenz, die für die Gruppenbildung herangezogen wurde, ebenso wie in ihren Gruppencharakteristika. Im Folgenden werden die einzelnen Cluster und ihre prägnantesten Eigenschaften vorgestellt. Dabei wird die Automobilkompetenz analog zu Kapitel 5.2.2 visualisiert. Eine vollständige Übersicht aller demografischen Eigenschaften ist in Anhang A6 aufgeführt (siehe Abbildung A.8 bis A.16 sowie Tabelle A.2 und A.3).

Gruppencharakteristika

Das *erste Cluster* besteht aus 26 Probanden und fällt im Vergleich zur Gesamtstichprobe durch seinen hohen Männeranteil von 69,2% ($N=18$) auf. Gleichzeitig ist es das älteste Cluster ($M=1987$, $SD=13,47$ Jahre) mit einem Durchschnittsalter von 35 Jahren und besitzt die höchste Quote an Vollzeiterwerbstätigen (61,5%).

Das Mobilitätsverhalten dieser Gruppe ist stark durch das Automobil geprägt. Dies zeigt sich bei der Führerscheinquote, beim Autobesitz, den Nutzungstagen und der jährlichen Fahrstrecke (siehe Abbildung 6.8). Die genutzten Mobilitätsoptionen sind dabei vielfältig und reichen vom eigenen (Leasing-)Auto, über Autos von Familie und Freunden, Firmenwagen, Mietwagen bis zu Carsharing.

**Abbildung 6.8:** Automobilkompetenz Cluster 1

Das *zweite Cluster* fällt durch seine Größe von 46 Probanden und seine Spannweite auf. In diesem Cluster befindet sich sowohl die älteste Person mit 85 Jahren als auch die jüngste mit 18 Jahren ($M=1992$; $SD=11,34$ Jahre). Ähnliche differierende Effekte lassen sich bei der Erwerbssituation beobachten. Dem Anteil an Vollzeitbeschäftigten (41,3%)

stehen 26,1% geringfügig Beschäftigte und 13,0% nur gelegentlich beschäftigte Personen gegenüber. Das Wohnumfeld der Probanden ist urban geprägt, wobei 54,3% ($N=25$) der Probanden in einer Großstadt leben. Obwohl die Führerscheinquote vergleichbar ist mit dem ersten Cluster (93,4%; $N=43$), besitzen deutlich weniger Probanden ein eigenes Auto (43,5%; $N=20$). Gleichwohl werden dieselben Mobilitätsoptionen ausgeschöpft, wenn auch zu einem geringeren Anteil. Abbildung 6.9 zeigt die reduzierten Nutzungstage als auch den hohen Anteil von Probanden, die pro Jahr weniger als 5.000 km fahren.

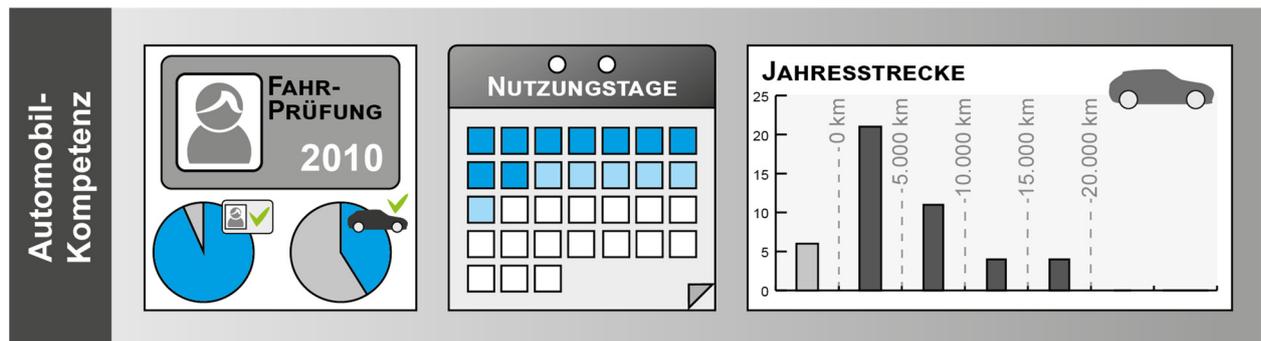


Abbildung 6.9: Automobilkompetenz Cluster 2

Das *dritte Cluster* ist die kleinste ($N=10$) und jüngste Gruppe ($M=1994$; $SD=7,27$ Jahre). Prägnante Merkmale sind die Gleichverteilung der Geschlechter und ein hohes Bildungsniveau beginnend bei der allgemeinen Hochschulreife (90%), Bachelorzeugnissen (80%) und Diplomabschlüssen (50%). Aus dem Test der räumlichen Wahrnehmung ging ein Mittelwert von 117,9 IQ-Punkten hervor. Dieser Wert übertrifft die anderen, ebenfalls überdurchschnittlich guten Cluster um weitere 10 Punkte.

Aus Abbildung 6.10 wird ersichtlich, dass dieses Cluster zwar eine hohe Pkw-Verfügbarkeit von 60% aufweist, aber selten auf das Auto zurückgreift. Bei den Mobilitätsoptionen entfallen Firmen- und Leasingwagen.

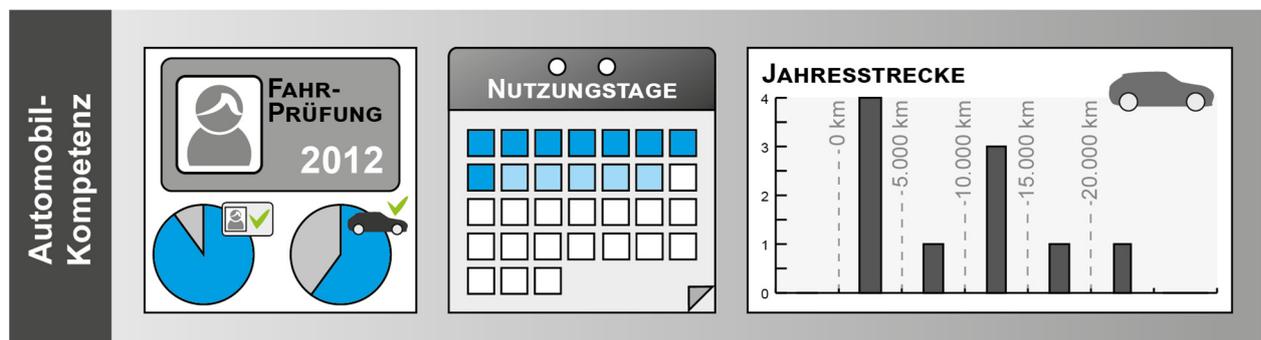


Abbildung 6.10: Automobilkompetenz Cluster 3

Wahrnehmungspräferenzen

In Tabelle 6.11 sind die Teilnutzenwerte der Cluster den aggregierten Werten gegenübergestellt. Die maximalen Beträge je Ausprägung wurden blau hervorgehoben.

Tabelle 6.11: Vergleich der clusterspezifischen und aggregierten Teilnutzenwerte

Merkmal	Ausprägung	Aggregierter Teilnutzen	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Aufbau	AA	-4,358	-2,270	-5,639	-4,495
	AC	-1,977	-2,160	-2,254	-0,495
	AI	-1,301	0,479	-1,775	-3,878
	IC	2,547	0,533	3,553	2,934
	II	5,089	3,417	6,115	5,934
Kühlergrill	Rund	-2,135	-3,369	-1,850	-0,947
	Halbrund	-0,706	-0,621	-0,545	-1,232
	Rechteck	0,195	0,203	-0,359	2,268
	Dreieck	1,225	2,403	1,312	-0,714
	Trapez	1,420	1,384	1,442	0,625
Kühlerinlay	Vertikal	-1,243	-0,377	-2,144	0,115
	Horizontal	-0,913	-1,180	-0,794	-0,651
	Vertikal (breit)	-0,457	-0,423	-0,164	-0,591
	Eben	0,592	1,457	0,340	-1,151
	Gitter	2,021	0,523	2,762	2,278
Scheinwerfer	Rund	-8,233	-16,288	-4,520	-4,788
	Doppelrund	-4,508	-6,672	-3,247	-5,360
	Doppelrund (asym.)	-2,484	-1,562	-2,719	-3,217
	Rechteck	1,376	3,328	-0,017	2,355
	Mandel	2,295	3,067	3,152	1,171
	Mandel (asym.)	2,757	3,493	1,722	1,640
	Dreieck	8,797	14,635	5,628	8,199
Stoßstange	Über Eck	-0,696	-1,136	-0,549	0,210
	Durchgehend	-0,112	-0,139	-0,035	-0,369
	Geteilt	0,808	1,275	0,584	0,159
Felgen	Scheiben	-3,675	-1,782	-2,005	-16,360
	8-Speichen	-0,563	-0,793	-1,104	1,926
	5-Speichen	-0,321	-0,889	-0,481	2,314
	Doppelspeichen	-0,171	-0,079	-0,980	3,212
	6-Speichen	0,543	0,086	0,294	3,212
	7-Speichen	0,781	-1,233	1,505	2,497
	Vielspeichen	3,406	4,690	2,771	3,199
(Konstante)		2005,506	2004,428	2005,692	2007,068

In der Wahrnehmungspräferenz zeigen sich deutliche Verschiebungen zum Gruppendurchschnitt und Rangfolge der Ausprägungen innerhalb eines Merkmals.

Das Cluster 1 legt großen Wert auf das Designelement Scheinwerfer. Allein mit diesen Teilnutzenwerten kann eine Spannweite von fast 31 Jahren erzeugt werden. Den stärksten Einfluss auf das Designalter haben die runden (-16,3 Jahre) und die dreieckigen Scheinwerfer (+14,6 Jahre).

Probanden aus dem Cluster 2 fokussieren sich primär auf den Aufbau. Zwischen den Polen der AA-Gestalt, d. h. dem klassischen 3-Box-Design, und der II-Gestalt, dem Flow-Design, spannen sich 11 Jahre Unterschied im Designalter. Zweitplatziert folgen die Scheinwerfer mit einer Spannweite von 10 Jahren.

Das dritte Cluster startet bei der Berechnung des Designalters mit der höchsten Konstanten im Jahr 2007. Für die Wahrnehmungspräferenz sind die Felgen das entscheidende Designelement. Wie in Tabelle 6.11 zu sehen, beansprucht dieses Cluster für sechs von sieben Felgenausprägungen die Extremwerte und erzeugt mit seinen Teilnutzen eine Spannweite von 19 Jahren. Es zeigt sich, dass die als Antipol gewählten Felgen einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf eine wenn auch kleine Zielgruppe haben.

Aus den Spannweiten werden die relativen Wichtigkeiten für alle Designelemente berechnet und in Tabelle 6.12 gebündelt. Die Maximalwerte innerhalb der einzelnen Cluster sind blau markiert.

Tabelle 6.12: Vergleich der relativen Wichtigkeiten

Merkmal	Relative Wichtigkeit [%]			
	Gesamtheit (N=82)	Cluster 1 (N=26)	Cluster 2 (N=46)	Cluster 3 (N=10)
Scheinwerfer	25,92	36,82	20,72	20,98
Aufbau	20,20	14,40	24,34	18,33
Felgen	19,95	17,30	18,87	31,67
Kühlergrill	14,00	14,23	14,14	11,98
Kühlerinlay	13,50	11,58	14,87	11,81
Stoßstange	6,45	5,66	7,07	5,23

Analog zu Kapitel 6.1.1 liegt der Basiswert für eine Gleichverteilung bei 16,6%. Die Daten zeigen, mit Ausnahme des Aufbaus in Cluster 1, dass den Scheinwerfern, dem Aufbau und den Felgen in allen Gruppen eine höhere Wichtigkeit beigemessen wird. In Cluster 1 liegen die Scheinwerfer sogar 20 Prozentpunkte über dem Erwartungswert. Demgegenüber büßen Kühlergrill, Kühlerinlay und Stoßstange ihren Bedeutungsanteil ein. Bei der

Stoßstange zeigen sich zum Teil gravierende Verluste von über 10 Prozentpunkten. Die Verteilung der relativen Wichtigkeit ist in Abbildung 6.11 grafisch nochmals aufgearbeitet.

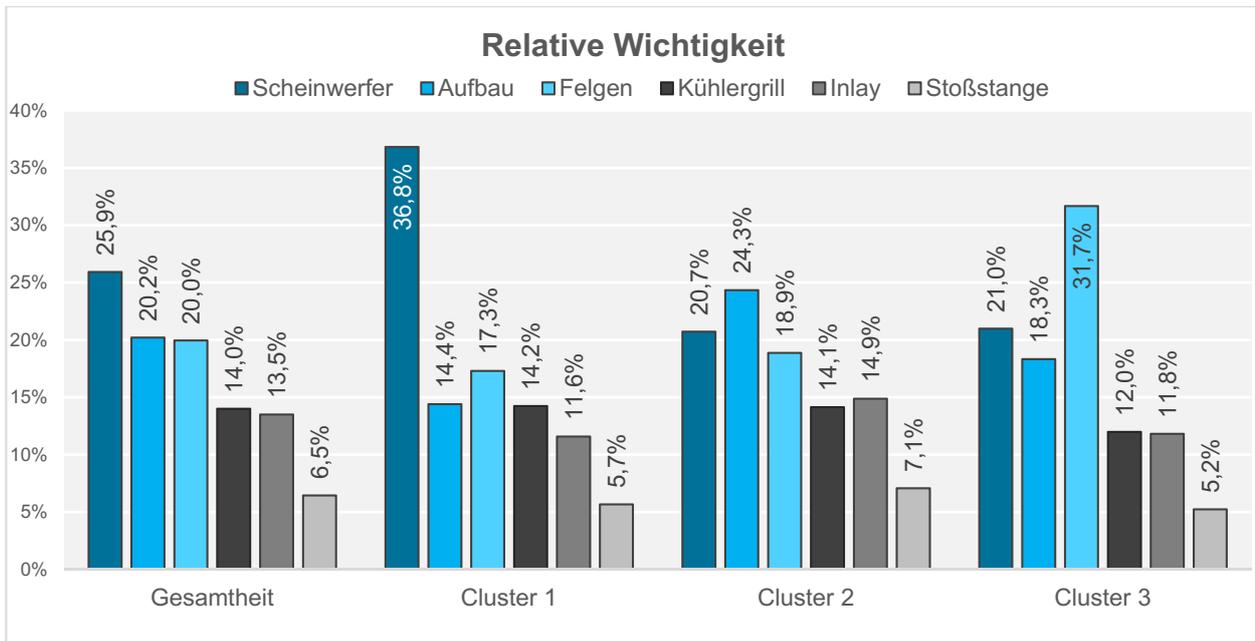


Abbildung 6.11: Verteilung der relativen Wichtigkeit der Gesamtheit und der Cluster

Die konkreten Zahlenwerte zur relativen Wichtigkeit einzelner Designelemente besitzen nur in der beschriebenen Studienkonfiguration Gültigkeit. Allerdings können aus der Rangfolge und dem Verhalten der Cluster langfristige Tendenzen und qualitative Erkenntnisse zur Präferenz abgeleitet werden.

6.4.1.2 Konfigurationscluster

Das methodische Vorgehen zur Berechnung der Konfigurationscluster deckt sich mit den Wahrnehmungsklustern. Diese haben indes verdeutlicht, wie differenziert die Probanden das Designalter und die repräsentativen Designelemente wahrnehmen und gewichten. Demnach wäre es höchst insuffizient, die Clusterbildung mit den ursprünglichen Konfigurationsdaten zu betreiben. In diesem Datensatz sind die gewählten Optionen für jedes Designelement und jedes Designalter aus dem Konfigurator-Experiment gebündelt. Eine Clusterung auf dieser Basis würde die Probanden zwar in sinnfällige Gruppen einteilen doch ohne weitere Bedeutungstiefe.

Dies sei an einem kurzen hypothetischen Beispiel veranschaulicht. In dieser Simulation sei nur das älteste Designalter ausschlaggebend für die Gruppenzuordnung. Eine Probandin aus dem Scheinwerfer-affinen Wahrnehmungskcluster hat eine identische Konfiguration erstellt wie ein Proband aus dem Felgen-Wahrnehmungskcluster. Für sie waren die runden Scheinwerfer (*Teilnutzen -16,29 Jahre*) das entscheidende Merkmal um das Designalter wie gefordert abzusenken (siehe auch Tabelle 6.11). Er hat zwar die gleichen

Scheinwerfer gewählt (*Teilnutzen -4,52 Jahre*), doch eigentlich hat er sich hauptsächlich auf die Scheibenfelgen konzentriert (*Teilnutzen -16,36 Jahre*). Am Ende landen beide aus unterschiedlichen Gründen im gleichen Konfigurationscluster. Diese Art der zusammenhangslosen Gruppenbildung versagt jede weitere kausale Exploration.

Deshalb wird für das Konfigurationscluster eine neue Datenbasis geschaffen. Indem die bereits normierten Teilnutzen mit den Auswahlentscheidungen der Probanden gekreuzt werden, entstehen 24 neue gewichtete Konfigurationsvariablen für jedes Designelement jedes Designalters.

Aus der hierarchischen Clusteranalyse und der Interpretation des dazugehörigen Dendrogramms (siehe Anhang A5, Abbildung A.7) empfiehlt sich eine Aufteilung in 4 Gruppen. Diese werden mit einer K-Means-Clusteranalyse erzeugt und sind in Tabelle 6.13 aufgelistet.

Tabelle 6.13: Aufteilung der Konfigurationscluster

Clusteraufteilung (N=82)				
Konfigurationscluster	1	2	3	4
Probanden [N]	15	37	16	14
Probanden [%]	18,3	45,1	19,5	17,1

6.4.2 Statistische Auswertung der Cluster

Mögliche Überschneidungen der Cluster werden in SPSS mittels Kreuzvergleich untersucht. In Tabelle 6.14 sind die Gruppenzugehörigkeiten dargestellt und hinsichtlich ihrer Konzentration farblich hervorgehoben.

Tabelle 6.14: Kreuztabelle der Wahrnehmungs- und Konfigurationscluster

Wahrnehmungscluster	Konfigurationscluster				Gesamt
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	
Cluster 1 (Scheinwerfer)	14	10	1	1	26
Cluster 2 (Aufbau)	1	25	7	13	46
Cluster 3 (Felgen)	0	2	8	0	10
Gesamt	15	37	16	14	N=82

Der Kreuzvergleich der Wahrnehmungs- und Konfigurationscluster weist auf eine höchst signifikante Korrelation ($\chi^2(6)=59.051$; $p<.001$) hin. Cramers V belegt zusätzlich einen starken Effekt dieser Zusammenhänge ($V=0.600$; $p<.001$) [ELLIS, 2010, S. 41].

Der Einfluss äußerer Faktoren auf die Zugehörigkeit zu einem Cluster wird mit statistischen Mitteln in Form des Chi-Quadrattests, Cramers V und des Eta-Koeffizienten überprüft. Die im Versuch erhobenen Daten weisen jedoch nur im geringen Maße Korrelationen auf, d. h. die Gruppenzugehörigkeit ist unter anderem unabhängig vom Alter, Geschlecht oder dem Besitz und Prüfungsjahr des Führerscheins. Gleiches gilt für das Wohnumfeld, die Erwerbssituation, die berufliche Qualifikation und die Freizeitgestaltung der Probanden.

Die Wahrnehmungscluster weisen Korrelationen ($p<.05$) zur gefahrenen Jahresstrecke ($V=0.379$; $p<.01$) und zur Verfügbarkeit von Leasing-Autos ($V=0.266$, $p<.05$) und Mietwagen ($V=0.270$; $p<.05$) auf. Eine Erklärung könnte darin bestehen, dass die betroffenen Probanden aufgrund ihrer Mobilitätsoptionen eine differierende Wahrnehmung der aktuellen Automobilflotte haben. Die Jahresstrecke beeinflusst die Wahrnehmung anderer Verkehrsteilnehmer und Automobile im Straßenverkehr. Bei Miet- und Leasingautos ist zudem die Quote an Neuwagen deutlich höher als im Flottendurchschnitt.

Bei den Konfigurationsclustern finden sich Zusammenhänge zu den Beifahrertagen ($\chi^2(33)=50.508$; $p<.05$) und zum Schulabschluss ($\chi^2(18)=30.085$; $p<.05$).

Die gefundenen Einflussfaktoren reichen nicht aus, um die Hypothesen H2a und H2b zu bestätigen. Die Annahme, dass die Clusterzugehörigkeit von der Demografie bestimmt wird, muss daher abgelehnt werden. Gleichwohl besteht eine Verbindung zwischen Wahrnehmungs- und Konfigurationsclustern. Die Hypothese H2c wird daher angenommen (siehe auch Tabelle 6.22).

6.5 Ergebnisse zum Einfluss von Designelementen

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Hypothesenkomplex Eins, der die generelle Gestaltbarkeit des Designalters nachweist, geht dieses Kapitel der Frage nach, welchen Einfluss einzelne Designelemente auf das Designalter haben. Dazu werden zunächst einige Vorüberlegungen angestellt, um anschließend die Verwendung einzelner Designelemente statistisch auszuwerten.

6.5.1 Vorüberlegungen

In den vorausgegangenen Kapiteln wurde ausführlich die Wahrnehmung von Designelementen, in Form von Teilnutzen, generiert aus der Conjoint-Analyse (siehe Kapitel 6.1.1) und die Verwendungshäufigkeit im Konfiguratorexperiment (siehe Kapitel 6.2.2) erläutert. Der Einfluss eines Designelements kann jedoch nicht singulär von diesen Größen abgeleitet werden. Ein gehäufte Einsatz bei niedriger Wirkung trägt ebenso wenig zum finalen Designalter bei, wie ein Designelement mit großem theoretischen Effekt ohne Anwendung. Für die Bildung der Konfigurationscluster wurden daher die Daten aus den individuellen, normierten Teilnutzen und den tatsächlich verwendeten Ausprägungen je Konfiguration zusammengebracht. In den neu geschaffenen Variablen bündeln sich die Informationen zur Wahrnehmung und zur tatsächlichen Anwendung für jedes Designalter und jede Ausprägung. Außerdem ist auf Grund der Normierung die Vergleichbarkeit zwischen Probanden gewährleistet.

Dieses Konglomerat aus Informationen kann nicht nur für die Gruppenbildung genutzt werden, sondern auch für die Differenzierung des Designalters durch einzelne Ausprägungen eines Designelements. Dieser Gedankengang beginnt zunächst bei der Annahme, dass sich die normierten Teilnutzenwerte innerhalb eines Merkmals unterscheiden und für die Probanden eine Staffelung der Ausprägungen existiert, da die normierten Teilnutzen nur eine skalierte Form der ursprünglichen Bewertungen darstellen. Probanden ohne eindeutige Präferenzen wurden bereits bei der Auswertung der Conjoint-Analyse aussortiert und sind nicht im aktuellen Datenpool vertreten.

Im Rahmen der Konfigurationsaufgaben wird für jedes Designalter eine Ausprägung und der damit verbundenen Teilnutzenwert gewählt. Im Idealfall wären diese Werte ebenfalls gestaffelt, d. h. für 1970 wird von den Probanden eine Ausprägung mit kleinerem Teilnutzen herangezogen als für 2030. Durch die Bildung der Mittelwerte kann diese Stufung zwischen den Designaltern sichtbar gemacht werden. Auch hier wäre eine aufsteigende Reihung z. B. für das Designelement Aufbau von 1970 bis 2030 wünschenswert. Anschließend werden die Werte ähnlich wie bei der Zeiteinschätzung im Kapitel 6.3.3 statistisch mit einer Varianzanalyse mit paarweisem Vergleich oder bei fehlender Sphärizität

mit dem Friedman-Test überprüft. Die zu verwerfende Nullhypothese lautet hierbei, dass die Gruppen übereinstimmen bei einem Konfidenzniveau von 95%.

Der Rückschluss beginnt an dieser Stelle. Wenn sich die Gruppen signifikant voneinander unterscheiden, müssen auch die zugrundeliegenden Einzelwerte unterschiedlich sein. Die individuellen normierten Teilnutzen bleiben für die Probanden während der Gestaltung unterschiedlicher Designalter konstant. Der einzige variable Faktor, der zu der nachgewiesenen Differenzierung zwischen den Gruppen führen kann, ist daher die gewählte Ausprägung selbst. Dies führt zu der Erkenntnis, dass für jede Konfigurationsaufgabe unterschiedliche Ausprägungen des Merkmals verwendet werden, um das Designalter zu differenzieren. Die Argumentationsstruktur ist in Abbildung 6.12 auch nochmals als Schema aufgearbeitet.

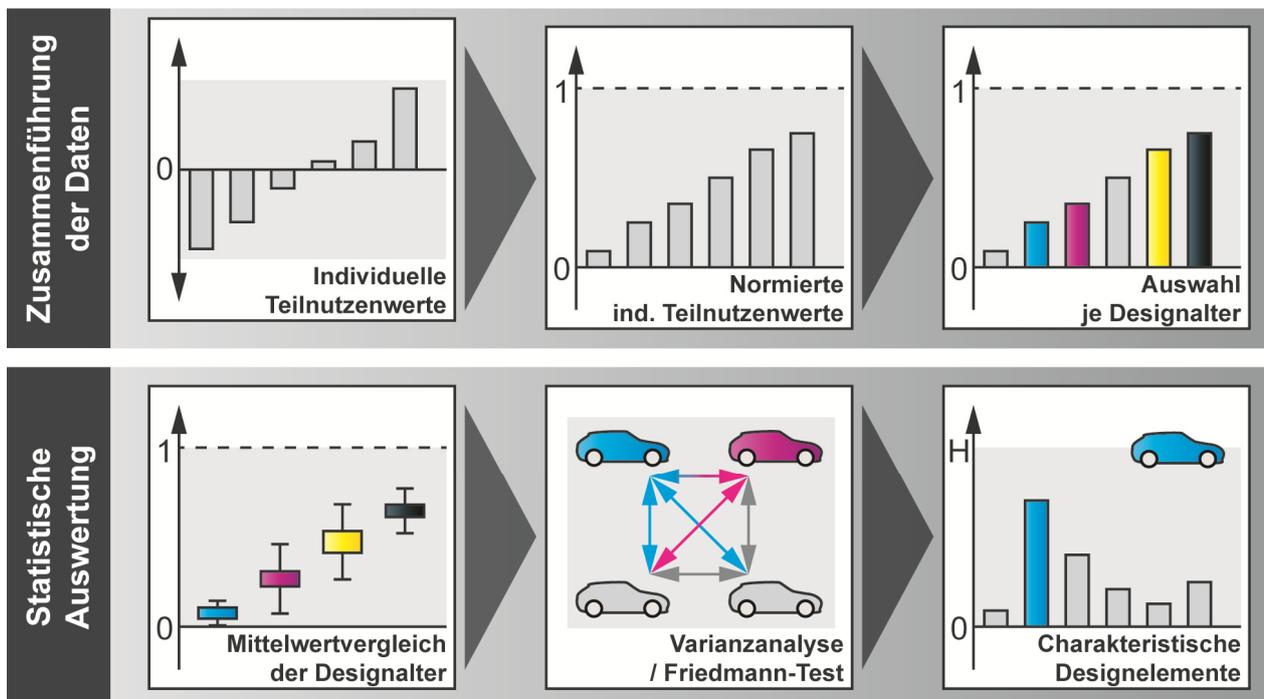


Abbildung 6.12: Schematische Übersicht des Auswertevorgehens

Interessant ist auch der negative Fall. Wenn sich die Designalter nicht signifikant voneinander unterscheiden oder die Mittelwerte sogar identisch sind, deutet das auf die Verwendung ähnlicher Teilnutzenwerte in unterschiedlichen Konfigurationsaufgaben hin. Da durch den Hypothesenkomplex Eins die Fähigkeit des Probandenkollektivs zur Gestaltung des Designalters bereits belegt ist, bleibt nur die Option übrig, dass das betroffene Designelement mit seinen unterschiedlichen Ausprägungen von geringer Bedeutung ist. Eine Differenzierung zwischen den Designaltern mithilfe dieses Designelements ist nicht notwendig, da sein Einfluss als marginal betrachtet werden kann.

Diese Herleitung verdeutlicht damit auch noch einmal, warum die alleinige Betrachtung der Häufigkeiten zu keinen suffizienten Ergebnissen führt. Erst durch die Verknüpfung

mit den Wahrnehmungsprofilen wird eine verlässliche Beurteilung der verwendeten Ausprägungen möglich. Werden signifikante Unterschiede ermittelt, können die jeweiligen Designalter ex post auf charakteristische Ausprägungen untersucht werden.

6.5.2 Statistische Auswertung

Auf den folgenden Seiten werden alle Designelemente nach dem oben beschriebenen Schema untersucht. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Teilnutzen sind in Tabelle 6.15 zusammengefasst. Ergänzend dazu bietet Abbildung 6.13 einen visuellen Überblick in Form von Box-Plots.

Tabelle 6.15: Deskriptive Statistik der angewendeten normierten Teilnutzenwerte

Angewendete normierte Teilnutzenwerte		Designalter			
		1970	1990	2010	2030
Merkmal					
Aufbau	Mittelwert	0,064	0,075	0,094	0,167
	Standardabweichung	0,070	0,087	0,086	0,109
Kühlergrill	Mittelwert	0,069	0,069	0,087	0,120
	Standardabweichung	0,056	0,051	0,058	0,062
Kühlerinlay	Mittelwert	0,064	0,055	0,058	0,032
	Standardabweichung	0,053	0,051	0,052	0,062
Scheinwerfer	Mittelwert	0,047	0,082	0,133	0,219
	Standardabweichung	0,064	0,078	0,111	0,116
Stoßstange	Mittelwert	0,029	0,031	0,028	0,010
	Standardabweichung	0,034	0,034	0,036	0,024
Felgen	Mittelwert	0,058	0,096	0,103	0,122
	Standardabweichung	0,074	0,084	0,080	0,095

Bei der Prüfung auf Sphärizität erfüllen die Designelemente Aufbau ($Mauchly-W(5)=.963$; $p=.381$), Kühlergrill ($Mauchly-W(5)=.955$; $p=.592$), Kühlerinlay ($Mauchly-W(5)=.908$; $p=.175$), Scheinwerfer ($Mauchly-W(5)=.935$; $p=.370$) und Stoßstange ($Mauchly-W(5)=.951$; $p=.548$) die Anforderungen. Die Felgen bestehen den Mauchley-Test hingegen nicht ($Mauchly-W(5)=.756$; $p=.000$). Daher wird in diesem Fall die Varianzanalyse durch den nicht-parametrischen Friedman-Test substituiert.

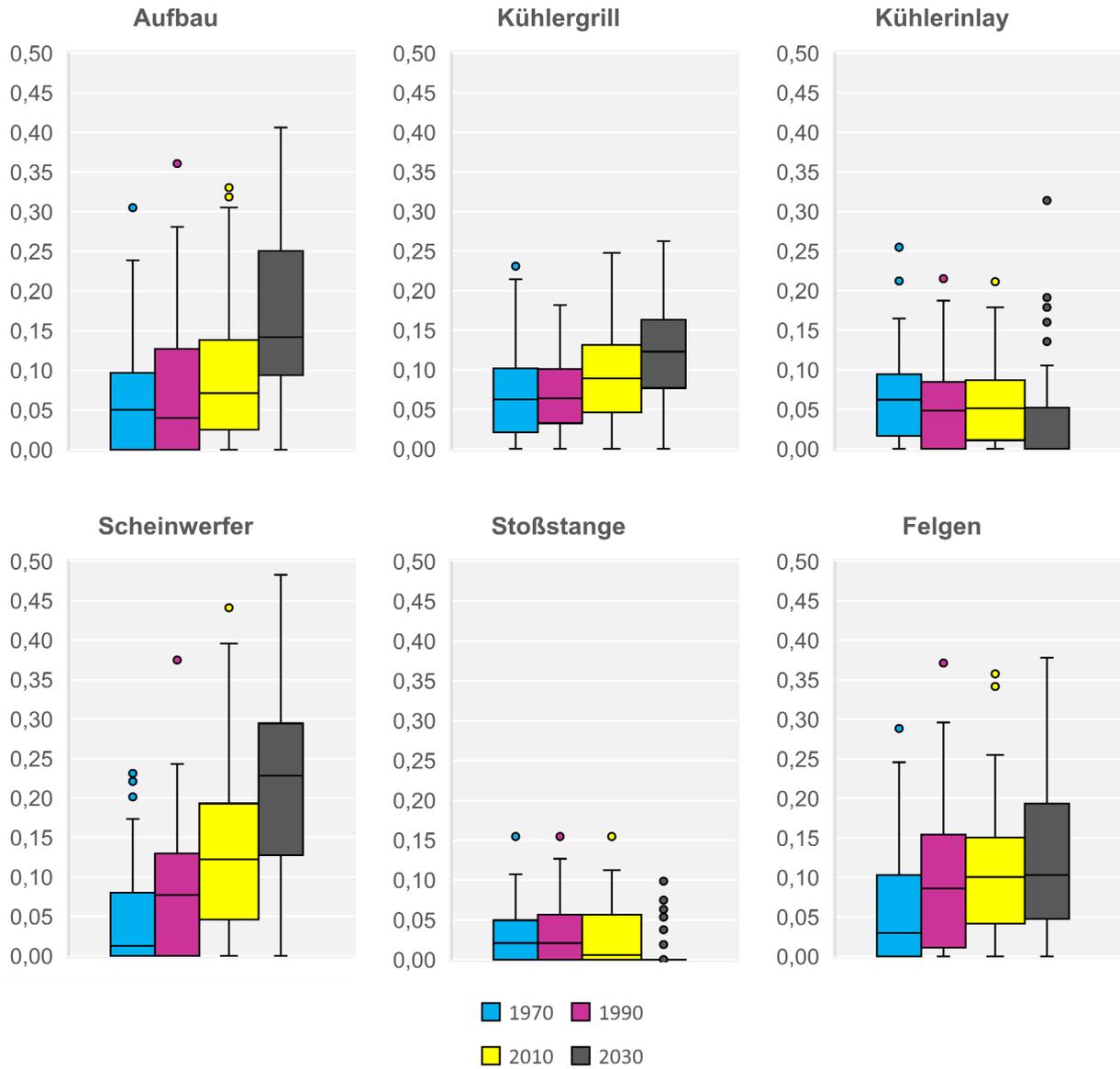


Abbildung 6.13: Boxplots der angewendeten normierten Teilnutzen je Designelement

Aufbau

Die Mittelwerte der Aufbau-Teilnutzenwerte steigen zeitkohärent mit den Designaltern an (siehe Tabelle 6.15). Aus der Varianzanalyse gehen zusätzlich höchst signifikante Innersubjekteffekte hervor ($F(3,243)=27,779$; $p<.001$; $\eta_p^2=.256$; $N=82$). Der paarweise Vergleich mit Bonferroni-Korrektur (siehe Tabelle 6.16) ermöglicht eine Präzisierung auf den Aufbau von 2030. Dieses Designalter unterscheidet sich signifikant von den drei anderen. Die II-Aufbaugestalt prägt die Wahrnehmung und Konfiguration des zukünftigen Automobils für 2030.

Tabelle 6.16: Paarweiser Vergleich des Aufbaus je Designalter

(I) Aufbau	(J) Aufbau	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970	1990	-0,010	0,013	1,000	-0,047	0,026
	2010	-0,030	0,012	0,081	-0,062	0,002
	2030	-,102*	0,014	0,000	-0,139	-0,066
1990	1970	0,010	0,013	1,000	-0,026	0,047
	2010	-0,020	0,011	0,525	-0,050	0,011
	2030	-,092*	0,012	0,000	-0,125	-0,059
2010	1970	0,030	0,012	0,081	-0,002	0,062
	1990	0,020	0,011	0,525	-0,011	0,050
	2030	-,072*	0,012	0,000	-0,104	-0,041
2030	1970	,102*	0,014	0,000	0,066	0,139
	1990	,092*	0,012	0,000	0,059	0,125
	2010	,072*	0,012	0,000	0,041	0,104

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Kühlergrill

Die Mittelwerte der Kühlergrill-Teilnutzen differenzieren sich ebenfalls ($F(3,243)=22,667$; $p<.001$; $\eta_p^2=.219$; $N=82$). Die paarweisen Vergleiche sind in Tabelle 6.17 dargestellt. Aus den Werten geht hervor, dass sich die älteren Designalter weniger präzise abgrenzen lassen. So geht die Mittelwertdifferenz zwischen 1970 und 1990 gegen Null, was auf die Verwendung gleicher Teilnutzen respektive Ausprägungen zurückgeführt werden kann. Höchst signifikante Unterschiede finden sich hingegen in allen Paarungen mit dem Designalter von 2030 sowie zwischen 1990 und 2010.

Tabelle 6.17: Paarweiser Vergleich des Kühlergrills je Designalter

(I) Kühlergrill	(J) Kühlergrill	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970	1990	-7,56E-05	0,007	1,000	-0,018	0,018
	2010	-0,018	0,007	0,074	-0,037	0,001
	2030	-,051*	0,007	0,000	-0,071	-0,030
1990	1970	7,56E-05	0,007	1,000	-0,018	0,018
	2010	-,018*	0,007	0,049	-0,036	-4,05E-05
	2030	-,051*	0,008	0,000	-0,071	-0,030
2010	1970	0,018	0,007	0,074	-0,001	0,037
	1990	,018*	0,007	0,049	4,05E-05	0,036
	2030	-,033*	0,007	0,000	-0,052	-0,014
2030	1970	,051*	0,007	0,000	0,030	0,071
	1990	,051*	0,008	0,000	0,030	0,071
	2010	,033*	0,007	0,000	0,014	0,052

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Kühlerinlay

Die Kühlerinlays der verschiedenen Designalter besitzen ähnliche Mittelwerte mit Ausnahme des zukünftigen Designalters 2030. Dies spiegelt sich sowohl in der gesamtheitlichen Betrachtung der Innersubjekteffekte ($F(3,243)=7,226; p<.001; \eta_p^2=.082; N=82$) als auch im paarweisen Vergleich (siehe Tabelle 6.18) wider. Aus der Symbiose mit dem Kühlergrill ergeben sich auch für das Kühlerinlay hoch signifikante Unterschiede zwischen 2030 und den anderen Designaltern. Die Neutralannahme führt zu einem Absacken des Teilnutzen-Mittelwertes, da der Kühler in einer Vielzahl der zukunftsorientierten Konfigurationen entfällt. In den anderen Designaltern ist das Kühlerinlay von geringer Bedeutung und eine Zuordnung spezifischer Ausprägungen zu bestimmten Designaltern ist auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht indiziert.

Tabelle 6.18: Paarweiser Vergleich des Kühlerinlays je Designalter

(I) Kühlerinlay	(J) Kühlerinlay	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970	1990	0,010	0,007	0,909	-0,008	0,027
	2010	0,006	0,007	1,000	-0,013	0,024
	2030	,033*	0,008	0,001	0,010	0,055
1990	1970	-0,010	0,007	0,909	-0,027	0,008
	2010	-0,004	0,007	1,000	-0,023	0,015
	2030	,023*	0,008	0,028	0,002	0,044
2010	1970	-0,006	0,007	1,000	-0,024	0,013
	1990	0,004	0,007	1,000	-0,015	0,023
	2030	,027*	0,008	0,011	0,004	0,049
2030	1970	-,033*	0,008	0,001	-0,055	-0,010
	1990	-,023*	0,008	0,028	-0,044	-0,002
	2010	-,027*	0,008	0,011	-0,049	-0,004

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Scheinwerfer

Die Mittelwerte für die Teilnutzen der Scheinwerfer steigen zeitkohärent an und die Varianzanalyse bestätigt höchst signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Designalternativen ($F(3,243)=68,415$; $p<.001$; $\eta_p^2=.458$; $N=82$). In Tabelle 6.19 wird ersichtlich, dass sich alle Paarungen ebenfalls signifikant bzw. höchst signifikant unterscheiden. Die differierenden Teilnutzen lassen sich auf eine differierende Auswahl bei der Konfiguration zurückführen. Mit den angebotenen Ausprägungen der Scheinwerfer gelingt es den Probanden demnach, klare Zugehörigkeiten zu einem bestimmten Designalter auszudrücken. Die Scheinwerfer besitzen dadurch ein deutlich größeres Gestaltungspotenzial. Während die anderen untersuchten Designmerkmale vor allem die Erwartungshaltung gegenüber einer zukünftigen Designsprache befriedigen und von vergangenem Design abgrenzen, unterliegen die Scheinwerfer nicht dieser Limitation. Mit der Auswahl der Scheinwerfer können beliebige zeitliche Narrative bedient werden.

Tabelle 6.19: Paarweiser Vergleich der Scheinwerfer je Designalter

(I) Scheinwerfer	(J) Scheinwerfer	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970	1990	-,035*	0,012	0,021	-0,067	-0,003
	2010	-,085*	0,014	0,000	-0,124	-0,047
	2030	-,172*	0,013	0,000	-0,208	-0,136
1990	1970	,035*	0,012	0,021	0,003	0,067
	2010	-,050*	0,012	0,000	-0,083	-0,018
	2030	-,137*	0,012	0,000	-0,170	-0,104
2010	1970	,086*	0,014	0,000	0,047	0,124
	1990	,050*	0,012	0,000	0,018	0,083
	2030	-,087*	0,013	0,000	-0,122	-0,052
2030	1970	,172*	0,013	0,000	0,136	0,208
	1990	,137*	0,012	0,000	0,104	0,170
	2010	,087*	0,013	0,000	0,052	0,122

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Stoßstange

Bei der Stoßstange zeigt sich ein vergleichbares Bild wie beim Kühlerinlay. Die Designalter unterscheiden sich laut Varianzanalyse höchst signifikant ($F(3,243)=9,223$; $p<.001$; $\eta_p^2=.102$; $N=82$). Diese Signifikanz konzentriert sich jedoch wieder auf die Abgrenzung des Designalters von 2030, wie in Tabelle 6.20 erkennbar. So etabliert sich die integrierte Stoßstange als typische Ausprägung für 2030. Dies erklärt ebenfalls den Abfall des Teilnutzen-Mittelwertes, da für diese Ausprägung mit einer Neutralannahme gearbeitet wird.

Tabelle 6.20: Paarweiser Vergleich der Stoßstangen je Designalter

(I) Stoßstange	(J) Stoßstange	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1970	1990	-0,002	0,005	1,000	-0,014	0,011
	2010	0,001	0,005	1,000	-0,012	0,015
	2030	,020*	0,004	0,000	0,007	0,032
1990	1970	0,002	0,005	1,000	-0,011	0,014
	2010	0,003	0,004	1,000	-0,008	0,015
	2030	,021*	0,005	0,000	0,009	0,034
2010	1970	-0,001	0,005	1,000	-0,015	0,012
	1990	-0,003	0,004	1,000	-0,015	0,008
	2030	,018*	0,005	0,002	0,005	0,031
2030	1970	-,020*	0,004	0,000	-0,032	-0,007
	1990	-,021*	0,005	0,000	-0,034	-0,009
	2010	-,018*	0,005	0,002	-0,031	-0,005

Basiert auf geschätzten Randmitteln

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Felgen

Für die Felgen wird eine zweifaktorielle Varianzanalyse für Ränge nach Friedman mit verbundenen Stichproben durchgeführt und ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen (*Friedman-Test*: $\chi^2(3)=21,921$; $p<.001$; $N=82$). Im paarweisen Vergleich (siehe Tabelle 6.21) kann dieser Umstand weiter spezifiziert werden. Interessant ist bei den Felgen die Umkehr der Wirkrichtung. Bei den zuvor betrachteten Designelementen gelingt stets die Differenzierung vom zukünftigen Designalter 2030. Die signifikanten Unterschiede bei den Felgen gehen jedoch vom ältesten Designalter 1970 aus (siehe blaue Felder). Eine Einschränkung gibt es lediglich für den Vergleich von 1970 und 1990. Durch die Bonferroni-Korrektur muss die ursprüngliche Signifikanz von 0,014 erhöht werden. Das Konfidenzniveau liegt anschließend nur noch bei 91,4%, wodurch zwar eine Tendenz deutlich wird, die Nullhypothese allerdings nicht mehr verworfen werden kann.

Tabelle 6.21: Paarweiser Vergleich der Felgen je Designalter

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Angepasste Sig. ^a
1970 - 1990	-0,494	0,202	-2,450	0,014	0,086
1970 - 2010	-0,598	0,202	-2,964	0,003	0,018
1970 - 2030	-0,884	0,202	-4,385	0,000	0,000
1990 - 2010	-0,104	0,202	-0,514	0,607	1,000
1990 - 2030	-0,390	0,202	-1,936	0,053	0,318
2010 - 2030	-0,287	0,202	-1,421	0,155	0,931

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Asymptotische Signifikanzen (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050.
a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

6.6 Zusammenfassung

Im sechsten Kapitel wurden die Hypothesenkomplexe 1–3 überprüft. Mit statistischen Methoden konnte nachgewiesen werden, dass die Probanden das Designalter nach eigener und allgemeiner Wahrnehmung formen können. Es bilden sich bei der Wahrnehmung und Konfiguration charakteristische Gruppen heraus, die spezielle Designelemente favorisieren. Ein Zusammenhang mit demografischen Faktoren wie Alter oder Geschlecht konnte nicht nachgewiesen werden. Die untersuchten Designelemente und ihre Ausprägungen eignen sich in unterschiedlicher Weise für die Abgrenzung von spezifischen Designaltern. Mit den Scheinwerfern lassen sich alle Designalter differenzieren.

Die anfangs formulierten Hypothesen sind in Tabelle 6.22 nochmals aufgeführt. In der letzten Spalte wird vermerkt, ob die Hypothese angenommen wird. In diesem Fall ist die entsprechende Zelle blau markiert und durch ein Häkchen gekennzeichnet. Im dritten Hypothesenkomplexe werden zusätzlich hellblaue Felder mit geklammerten Häkchen für Teildifferenzierungen des Designalters verwendet.

Tabelle 6.22: Übersicht der bestätigten und verworfenen Hypothesen

Nummer		Hypothese	Status
H1	a	Individuen können, entsprechend der eigenen Wahrnehmung, das Designalter korrekt gestalten.	✓
	b	Individuen können, entsprechend der allgemeinen Wahrnehmung, das Designalter korrekt gestalten.	✓
H2	a	Die Demografie bedingt die Zugehörigkeit zu einem Wahrnehmungscluster.	✗
	b	Die Demografie bedingt die Zugehörigkeit zu einem Konfigurationscluster.	✗
	c	Die Wahrnehmungscluster stimmen mit den Konfigurationsclustern überein.	✓
H3	a	Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement Aufbau differenzieren.	(✓)
	b	Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement Kühlergrill differenzieren.	(✓)
	c	Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement Kühlerinlay differenzieren.	(✓)
	d	Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement Scheinwerfer differenzieren.	✓
	e	Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement Stoßstange differenzieren.	(✓)
	f	Die konfigurierten Designalter lassen sich maßgeblich durch das Designelement Felgen differenzieren.	(✓)

7 Interpretation der Studienergebnisse und Fazit

Das vorausgegangene Kapitel hat sich mit der Ergebnisauswertung beschäftigt. Im Folgenden geht es darum, diese Erkenntnisse in einen größeren Kontext zu setzen und ihre Bedeutung zu interpretieren. Dafür wird zunächst die Interpretationsgrundlage diskutiert. Anschließend wird der Betrachtungswinkel auf das Fahrzeugdesign und das Produktdesign im Allgemeinen erweitert.

7.1 Interpretationsgrundlage

Die Hypothesenkomplexe und die ihnen zugrundeliegenden Daten sind der Ausgangspunkt der Interpretation. Die Datenauswertung und ihre Qualität sollten dabei nicht unerwähnt bleiben.

Im Rahmen der Auswertung wurden die zuvor aufgestellten Hypothesen statistisch überprüft. Dabei wurden allgemeine Fehlerwahrscheinlichkeiten von 5% akzeptiert. Um eine Alphafehler-Kumulation bei wiederholten bzw. verketteten Tests zu verhindern, fanden Bonferroni-Korrekturen in den entsprechenden Fällen statt. Für den Hypothesenkomplex Eins wurde ein individueller Wert von 60% als Erfolgskriterium definiert. Die Annahme oder Ablehnung einzelner Hypothesen wird im Bewusstsein dieser Unschärfe interpretiert.

Ein weiterer zu beachtender Aspekt ist die Datenqualität, insbesondere der Conjoint-Analyse. Die zur Wahrnehmung erhobenen Daten werden zur Verifizierung des Konfigurationserfolges als auch der Gruppenbildung innerhalb des Probandenkollektives herangezogen. Mit 49 Reizmustern bei sechs Merkmalen wird das Verfahren mit ausreichend Informationen gespeist (siehe [IKEMOTO UND YAMAOKA, 2011]). Die errechneten Teilnutzenwerte je Proband können daher als fundiert betrachtet werden. Zusätzlich ist eine Kontrollfunktion in SPSS implementiert, die den Anwender über fehlende Präferenzprofile informiert. Im Fall dieser Forschungsarbeit betraf dies 17 Probanden, bei denen keine eigenen Wahrnehmungspräferenzen bezüglich des Designalters ermittelt werden konnten. Diese Gruppe wurde aus der Auswertung des Konfiguratorexperiments und der Clusterbildung ausgeschlossen.

Mit dieser Maßnahme kann eine hohe Datenqualität gewährleistet werden, da keine Substitution oder Interpolation der fehlenden Werte erfolgt. Langfristig sollte jedoch dem Grund nachgegangen werden, warum ein Sechstel der Probanden keine messbaren Präferenzen besitzt. Möglicherweise ist das gewählte Conjoint-Verfahren nicht sensibel genug für marginale Unterschiede oder die betroffenen Probanden sind tatsächlich indifferent in ihrer Wahrnehmung. Mit dem Ausschluss der Probanden aus der weiteren Auswertung wurde die Beantwortung dieser Frage zunächst vertagt. Der Datenpool

wurde demnach bewusst verkleinert, um die Qualität auf dem angestrebten Level zu halten.

Die hier vorgestellten Hintergründe zur Interpretationsgrundlage fließen in die nachfolgenden Überlegungen ein und sind auch dann präsent, wenn sie nicht ausdrücklich in den Formulierungen erwähnt werden.

7.2 Anwendung im Fahrzeugdesign

Um das Anwendungspotential des Designalters speziell im Fahrzeugdesign zu begreifen, lohnt es sich einen Blick auf die zeitlichen Rahmenbedingungen der Branchen zu werfen. Das Fahrzeugdesign bzw. die Automobilindustrie hat sich einem strikten Takt unterworfen. Dieser bestimmt den Produktentwicklungsprozess genauso wie den Produktlebenszyklus. Herstellerseitig werden vier Jahre nach der Markteinführung eines Autos spätestens Modellpflagemassnahmen realisiert. Nach sieben bis acht Jahren kann man eine neue Generation erwarten, außer eine Modellreihe wird eingestellt.

Die Präsentation von neuen Fahrzeugen, technischen Innovationen und Konzeptstudien findet bevorzugt auf namhaften Automobilmessen wie der IAA (Internationale Automobil-Ausstellung), der NAIAS (North American International Auto Show) in Detroit oder dem Genfer Autosalon statt. Da diese Messen in jährlichem oder zweijährlichem Turnus stattfinden, erzeugen sie zusätzliche zeitliche Herausforderungen. Für große Automobilhersteller ist es schlicht undenkbar, ohne Neuheiten auf diesen Leitmessens zu erscheinen oder die Teilnahme abzusagen.

Aus diesem „Zwang zur Innovation“ ist das Fahrzeugdesign im Gegensatz zu anderen Industrieprodukten geradezu prädestiniert für die Anwendung der Erkenntnisse zum Designalter. Die Entwicklung neuer Produktgenerationen ist ein elementarer Bestandteil dieses Industriezweiges, das Zeitmanagement für den Entwicklungsprozess bewährt und die Persistenz einzelner Modelle in der Fahrzeugflotte statistisch dokumentiert. Daraus lassen sich konkrete Anforderungen für das Designalter ablesen wie etwa der Zeitpunkt der Markteinführung und die effektive Zeitspanne, in der das Fahrzeug in der Öffentlichkeit präsent sein wird, aber auch potenziell zu beachtende Bindungen im Produktportfolio. Dafür liefert diese Arbeit erste konkrete Anhaltspunkte zur generellen Gestaltbarkeit, zum Einfluss ausgewählter Designelemente und zu ihrer Hierarchie bzw. empfehlenswerten Priorisierung.

Ob es sich nun um die Einführung eines neuen Modells oder eine Modellpflege handelt, ist zunächst unerheblich. Die Studienergebnisse zeigen auf, welche Designelemente maßgeblichen Einfluss auf das Designalter haben und für die Gestaltung zu utilisieren sind.

In Abbildung 7.1 wurden die Erkenntnisse aus Hypothesenkomplex Drei visuell aufgearbeitet. Die Linien zwischen den Designaltern bilden die signifikanten Unterschiede bei der Auswahl der Designelemente ab (siehe auch Kapitel 6.5.2). Die Scheitelpunkte der Verbindungsparabeln sind durch Kreismarkierungen hervorgehoben, welche auf der Höhe des jeweiligen Designelements liegen. So kann beispielsweise bei den Scheinwerfern eine Abgrenzung zwischen allen untersuchten Designaltern abgelesen werden. Dies spricht dafür, dass mit den Scheinwerfern auch ein beliebiges Designalter individuell repräsentiert werden kann.

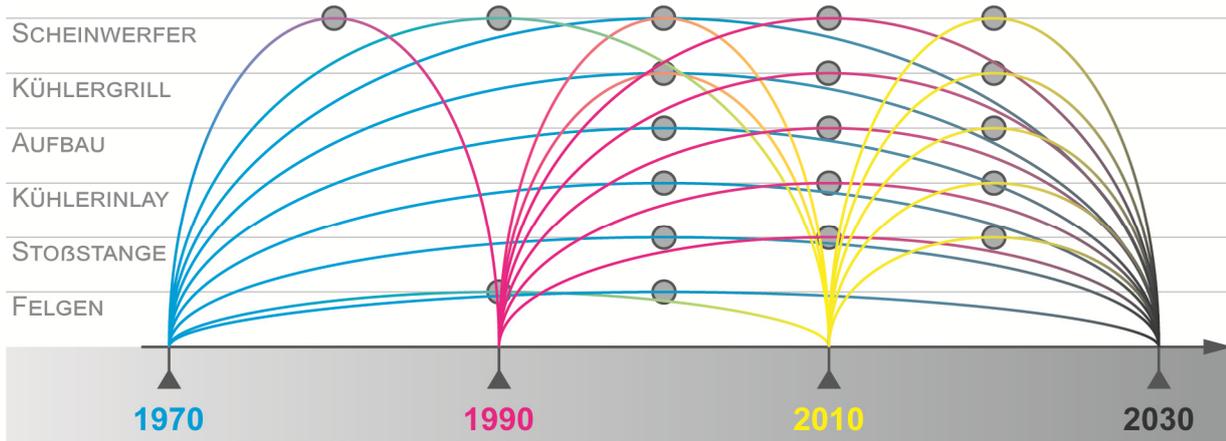


Abbildung 7.1: Abgrenzung zwischen den Designaltern

Neben den Scheinwerfern, als prägnantestes Designelement, kann dem Verlauf der Signifikanzlinien weiterhin entnommen werden, dass

- 1970 und 1990 keine weiteren Unterscheidungsmerkmale besitzen
- 1970 und 2010 sich zusätzlich durch die Felgen unterscheiden
- 1970 und 2030 sich in allen Designelementen unterscheiden
- 1990 und 2010 sich zusätzlich durch den Kühlergrill unterscheiden
- 1990 und 2030 sich in allen Designelementen außer den Felgen unterscheiden
- 2010 und 2030 sich in allen Designelementen außer den Felgen unterscheiden.

Diese Erkenntnisse beziehen sich auf die Gesamtheit der Probanden. Es ist durchaus denkbar, dass einzelne Probandengruppen zusätzliche Designelemente zur Differenzierung heranziehen.

Anhand der Abbildung 7.1 wird auch die Abgrenzung des zukünftigen Designalters 2030 zu den bereits vergangenen Designaltern noch einmal deutlich. In der Studie standen nur begrenzte Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung. Dennoch hat sich eine klare Erwartungshaltung in der Gestaltung manifestiert. Dieses Zukunftsprofil kann in den PEP integriert oder mit weiteren Untersuchungen präzisiert werden.

Eine gewisse Ambivalenz der Studienergebnisse zeigt sich bei der Modellpflege, bei der ein Fahrzeugmodell überarbeitet und auf den aktuellen Stand der Technik gehoben wird.

Zwar ermöglicht das Wissen um das Designalter theoretisch eine zielgenaue Aktualisierung von Designelementen, die im Auge der Betrachter einer schnelleren Veralterung unterliegen. Im Hinblick auf die ermittelten Wahrnehmungskcluster ergeben sich jedoch praktische Hindernisse in der Umsetzung.

Auf die Wünsche und veränderten Ansprüche des Scheinwerfer- oder Felgenclusters kann adäquat reagiert werden. Durch die klare Abgrenzung zum restlichen Fahrzeug ist es möglich, diesen Designelementen eine neue Gestalt zu geben. Im Rahmen von Mass-Customization-Konzepten bieten Hersteller bereits vielfach unterschiedliche Ausstattungslinien und Produktvarianten beim Neukauf an. Zu diesen Individualisierungen zählen beispielsweise unterschiedliche Beleuchtungstechnologien in den Scheinwerfern wie Voll-LED, Xenon- oder Laserlicht, die sich auch auf das Design auswirken können. Das Felgendesign kann ebenfalls adaptiert werden, entweder innerhalb des Variantenpools, den der Hersteller bereitstellt, oder über Aftermarket-Anbieter. Die bauteiltechnischen Schnittstellen empfehlen sich gleichwohl für designalterspezifische Anpassungen.

Dies ist beim Aufbau nicht der Fall. Ein als Limousine konzipiertes Fahrzeug mit AA-Aufbau kann nicht ohne weiteres zum Van mit IC-Aufbau werden. Eine solche Transformation würde den Fahrzeugtyp ändern und ein neues Modell schaffen. Im Versuch wurden 46 Probanden dem Aufbauccluster zugeordnet, d. h. ca. 45,5% aller Teilnehmenden bzw. 56% der Probanden, deren Präferenz erfasst werden konnte. Die Stichprobe ist nicht repräsentativ, doch eine überschlägige Hochrechnung lässt die Anzahl betroffener Kunden erahnen.

Auch die Probanden mit gescheiterten Conjoint-Analysen stellen in der Realität potenzielle Käufer dar. Die Gruppe der indifferenten Nutzer könnte sich prozentual gleichmäßig auf die bekannten Wahrnehmungskcluster aufteilen oder ein eigenständiges Cluster stellen. Denkbar wäre auch eine Abstufung zwischen diesen beiden Polen. Aufgrund der fehlenden Informationen können jedoch noch keine zuverlässigen Aussagen und Empfehlungen für diese Kunden getroffen werden.

Es erscheint daher für alle Zielgruppen sinnvoll, auch Designelemente mit einer niedrigeren bzw. unbekannter Wichtigkeit respektive geringerem Effekt für die Modellpflege heranzuziehen. Die Scheinwerfer können sicherlich als „low hanging fruits“, d. h. leicht zu realisierende Designelemente, priorisiert werden, der Gesamteindruck entsteht jedoch aus der Summe aller Designelemente.

7.3 Bedeutung für das Produktdesign

Die Ergebnisse aus dem Fahrzeugkonfigurator können nur bedingt auf andere Produkte übertragen werden, da typisch automobiler Designelemente betrachtet wurden. Wichtige Erkenntnisse für das Produktdesign lassen sich aus der Wahrnehmung der Probanden abstrahieren.

Im Versuch konnten zwar keine bedeutenden demografischen Abhängigkeiten nachgewiesen werden, allerdings hat sich die vermutete Korrelation zwischen Wahrnehmung und Gestaltung bestätigt. Die Studiendaten deuten darauf hin, dass die Probanden bei der Erstellung eines spezifischen Designalters auf ebensolche Designelemente setzen, die ihren persönlichen Zeiteindruck vorrangig prägen. Dadurch treffen sich die meisten Personen aus einem Wahrnehmungsknoten in einem Konfigurationsknoten wieder.

Wie auch beim individuellen Geschmack müssen sich Designschaffende diese Voreingenommenheit ihrer selbst bewusst machen. Bei der Konzeptionierung und Ausarbeitung eines neuen Produktes können Methoden, die einen Perspektivwechsel anstreben, erweitert werden, um die Auswirkungen des Designalters zu antizipieren. Denkbar wäre die Integration von temporalen Eigenschaften in Personas oder User Stories.

Ein weiterer Gestaltungsaspekt ist der angedachte Zeithorizont des Produktes. Je ausgedehnter der Produktlebenszyklus ausgelegt wird, desto größer fallen mögliche Einflüsse durch das Designalter ins Gewicht. Für das Produktdesign bedeutet ein langlebiges Produkt größere Herausforderungen und weniger Freiraum in der zeitkohärenten Gestaltung.

Ein utopischer Lösungsansatz ist das zeitlose Design. Unter diesem Begriff sammeln sich Designklassiker, die durch ihre überragende Formgestaltung über Jahre ihre Attraktivität für Nutzer erhalten können. Bekannte Beispiele sind der Phonosuper SK4, auch „*Schneewittchensarg*“ genannt, von Dieter Rams [WILKINSON, 2020, S. 144–145], der Barcelona-Sessel von Mies van der Rohe [WILKINSON, 2020, S. 58–59] oder der Porsche 911er.

Es ist jedoch ein Trugschluss, dass dieses zeitlose Design kein Designalter besäße. Anhand stiltypischer Merkmale lässt sich durchaus der Entwurfszeitpunkt abschätzen. Das Designalter dieser Produkte wird von den Betrachtenden jedoch akzeptiert und kann sogar als wertsteigernde Eigenschaft interpretiert werden [WALLNER ET AL., 2020].

Mit Blick auf alle Erzeugnisse des Industriedesigns ist der Anteil derer, die es zum Klassiker schaffen, jedoch verschwindend gering. Für die überwiegende Mehrheit müssen andere Lösungsansätze gefunden werden. Dazu werden sicherlich die horizontale Produkthomogenität im Produktportfolio und eine Bewertung der Nachhaltigkeit von kurz- und mittelfristigen Trendentwicklungen gehören.

8 Zusammenfassung

Das Designalter beschreibt die zeitliche Einordnung, die ein Produkt aufgrund seines äußeren Erscheinungsbildes erhält. Frühere Studien haben nachgewiesen, dass dieser Zeitstempel von Betrachtern wahrgenommen werden kann.

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage, ob das Designalter darüber hinaus aktiv gestaltet werden kann und welche Faktoren auf Seiten der Gestaltenden und auf Seiten des Produktes wirken. Die Lösung dieser Aufgabe erfordert die erfolgreiche Bearbeitung von zwei wesentlichen Teilkomplexen: Zum einen muss eine geeignete Versuchsumgebung für die Erforschung des Designalters erschaffen und zum anderen müssen Daten zum Designalter von exemplarischen Produkten erhoben, analysiert und ausgewertet werden.

Dazu werden in Kapitel 2 zunächst die Grundlagen der Produktgestaltung im Technischen Design, die Funktionsweise der visuellen Wahrnehmung und die Einflussgröße Zeit betrachtet. Die Zeit beeinflusst Produkte auf drei mögliche Arten. Neben dem Designalter sind dies die Designobsoleszenz und Designzyklen. Obsoleszenzeffekte lassen Produkte veraltern und senken ihre Attraktivität. Das kann dazu führen, dass die Nutzung trotz voller Funktionstüchtigkeit eingestellt und ein Neuprodukt erworben wird. Trends und Designzyklen geben einen zeitlichen Takt vor, in dem sich Produkte verändern. Der Grad und der Umfang hängen dabei stark von der Produktkategorie ab. Für die Produkterneuerung finden sich extreme Beispiele von wenigen Monaten in der Textilindustrie oder Dekaden in der Architektur.

Für die Erforschung des Designalters wird ein Produkt mit moderater Trendgeschwindigkeit und einer vertretbaren Resilienz gegenüber Veralterungen gesucht. Das Kapitel 3 legt die Eignung des Automobils dar und gibt einen allgemeinen Überblick zur nutzerzentrierten Forschung am Fahrzeugexterieur. Dies beinhaltet gleichwohl die bisherigen Studien zum automobilen Designalter und den resultierenden weitergehenden Forschungsbedarf.

Darauf aufbauend widmet sich das vierte Kapitel der Versuchsplanung. Die Forschungsfragen werden in drei Hypothesenkomplexe aufgeteilt, die mithilfe eines dualen Methodenansatzes zu ergründen sind. Hierbei wird nach dem Basisschema der Mensch-Produkt-Interaktion die Produktwahrnehmung der Probanden mit einer Conjoint-Analyse erfasst, während ihr Verhalten bei der Produktgestaltung in einem Konfiguratorexperiment nachvollzogen wird. Zusätzlich werden demografische Daten erhoben und das räumliche Wahrnehmungsvermögen der Probanden getestet.

Der Fahrzeugkonfigurator wird mit der Unreal Engine implementiert und erlaubt die Variation von sechs prägnanten Designmerkmalen am Automobil: Aufbau, Kühlergrill und

Kühlerinlay, Scheinwerfer, Stoßstange und Felgen. Die Probanden bewegen sich in der Ego-Perspektive durch eine virtuelle Versuchsumgebung und manipulieren das Fahrzeugdesign, um vorgegebenen Designalter abzubilden.

Eine detaillierte Beschreibung des Versuchsablaufs findet sich in Kapitel 5. Mit der Charakterisierung des Probandenkollektivs werden demografische Daten und Kompetenzen der Teilnehmenden erläutert.

Das sechste Kapitel überprüft die Hypothesenkomplexe anhand der Erkenntnisse aus der Zusammenführung von Conjoint-Analyse und dem Konfiguratorexperiment. Dazu erfolgt die Berechnung der aggregierten, individuellen und normierten Teilnutzen aus der Conjoint-Analyse. Diese Werte geben Auskunft über die Wahrnehmungspräferenzen der Probanden. Die Daten aus dem Konfiguratorexperiment werden auf Plausibilität geprüft, bereinigt und in Häufigkeitsverteilungen überführt. In ersten Visualisierungen sind bereits charakteristische und designalterspezifische Häufungen erkennbar.

Demnach waren die Probanden in der Lage, die Fahrzeuge nach vorgegebenen Designaltern adäquat zu gestalten. Die Zeiteinschätzungen der konfigurierten Fahrzeuge als auch die Altersdifferenzen zwischen zwei Designaltern unterscheiden sich signifikant.

Die Probanden wurden nach ihren Wahrnehmungspräferenzen und ihrer Konfigurationsfähigkeit in Cluster eingeteilt. Hierbei zeigte sich, dass die Zugehörigkeit zu den beiden Clustern miteinander korreliert. Menschen, die in einer bestimmten Art und Weise das Designalter wahrnehmen, haben auch ähnliche Konfigurationsergebnisse. Ein bedeutender demografischer Zusammenhang konnte nicht nachgewiesen werden. Allerdings ist die Stichprobe vergleichsweise jung, überdurchschnittlich gut qualifiziert und Großteils im Raum Stuttgart wohnhaft, was die Aussagekraft einschränkt. Tiefere Erkenntnisse konnten über die untersuchten Designelemente gewonnen werden. Dazu zählen die Hierarchie untereinander auf Basis der relativen Wichtigkeit und das Vermögen einzelner Designelemente, mit ihren jeweiligen Ausprägungen dezidierte Designalter zu unterscheiden. Die Scheinwerfer haben sich hierbei besonders hervorgehoben, da sie alle Designalter voneinander abgrenzen können. Alle Ergebnisse aus dem dritten Hypothesenkomplex wurden statistisch mit Varianzanalysen überprüft.

Aus der Interpretation der Ergebnisse in Kapitel 7 gehen Anwendungspotenziale im Fahrzeugdesign und die Bedeutung für das Produktdesign hervor. So wäre es denkbar, die zukünftige Produktentwicklung oder die Modellpflagemassnahmen gemäß der Designalterswahrnehmung anzupassen, um ressourcenschonend zu agieren. Weitere Chancen beschreibt der anschließende Ausblick.

9 Ausblick

Die Zukunft der automobilen Individualmobilität wurde im Februar 2023 besiegelt. Mit ihrer Entscheidung ab 2035 keine Neuwagen mit Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen, ebnete das EU-Parlament den Weg für nachhaltige Antriebstechnologien. [Tagesschau, 14. Februar 2023]

Diese Entscheidung soll der Automobilbranche Planungssicherheit geben, wobei viele Hersteller bereits weit ehrgeizigere Ziele verfolgen. Audi will ab 2026 nur noch elektrifizierte Modelle auf den Markt bringen. Produktionsende für Verbrennermodelle ist spätestens 2033. Opel folgt ab 2028 mit einem vollständig batterieelektrischen Portfolio. Der Volkswagenkonzern konzentriert sich auf den Ausbau seiner Elektroflotte. Bis 2029 werden 75 neue Modelle in der Produktfamilie erwartet. [LEICHSENRING UND RUDSCHIES, 10. Februar 2022]

Diese Zahlen verblassen jedoch im Vergleich zu Chinas Bestrebungen. So sollen bis Ende 2023 über 80 E-Fahrzeuge auf den internationalen Markt gebracht werden. [Tagesschau, 14. Februar 2023]

Die Automobilbranche ist im Umbruch und wird sich in den nächsten Jahren etlichen konstruktiven und designtechnischen Herausforderungen stellen müssen. Es wird auch darum gehen, den technologischen Fortschritt mit der Produktgestalt des Fahrzeugexteriours zu kommunizieren. Baugruppen wie Kühlergrills oder klassische Antriebsstränge sind für batterieelektrische Vehikel (BEVs) nicht mehr von Belang. Dadurch eröffnen sich Gestaltungsfreiräume in der inneren und äußeren Gestalt des Automobils, die für die Distanzierung von früheren Fahrzeugen geeignet sind. Vorstellbar wäre, dass sich einige Hersteller für einen bewussten Bruch mit ihrer evolutionären Fahrzeugstrategie entscheiden und radikale Innovationen zum Zuge kommen. Zusätzlich kann mit einem geeigneten zukunftsgerichteten Designalter Druck auf ebenjene Hersteller aufgebaut werden, die in ihrer Entwicklungsarbeit zurückliegen.

Neben der Abgrenzung von anderen Marktteilnehmern muss innerhalb einer Marke die entstehende Misch-Flotte aus den vorhandenen älteren Verbrennermodellen und den neu hinzukommenden BEVs zusammengehalten und das Markenimage bewahrt werden, zumindest bis zum Auslaufen der Verbrenner. Hier kann das Designalter für Übergangslösungen genutzt werden. Denkbar wäre etwa, dass mit Facelifts ältere Fahrzeuge aktualisiert werden und zukünftige Modelle zwar ein modernes Designalter besitzen, aber mit charakteristischen „Anker“-Designelementen Bezug auf die Vergangenheit nehmen.

Dafür würde sich beispielsweise die Kühlergrillform empfehlen. Sie hat nach aktuellen Erkenntnissen nur wenig Einfluss auf das wahrgenommene Designalter, zählt mit ihrer

zentralen Positionierung jedoch zum Gesicht des Fahrzeugs. Außerdem sind mit dem Wegfall des Kühlbedarfs beim Verbrennungsmotor konstruktive Freiheiten absehbar. Dieser Gestaltungsraum ist ideal, um vertikale Bindungen zu festigen ohne das Produkt wesentlich älter wirken zu lassen. Einen Einstiegspunkt für diesen Ansatz bietet die Funktionsüberschreibung in Form der Sensorintegration. Das ehemalige Designelement „Kühlergrill“ kann so formalästhetisch konserviert werden, während Radar- und Abstandssensoren den Bauraum funktional übernehmen.

Die Anforderungen, die auf die Automobilindustrie zukommen, werden sich in produktspezifischer Weise auch auf andere Industrieerzeugnisse auswirken. Mit dem CO₂-Äquivalent lassen sich verschiedene Emissionsarten mathematisch bündeln. Wir werden nicht umhinkommen, dass dieses Nachhaltigkeits-Preisschild Teil der Produktgestaltung wird. In der Design-Forschungslandschaft zeichnen sich bereits unterschiedliche Strategien ab, wie Produkte effizienter genutzt werden können. So setzen einige Forschende auf die Verlängerung der Nutzungsdauer oder emotionale Bindung an das Produkt (u. a. [DESMET ET AL., 2001], [VAN NES UND CRAMER, 2006], [CHAPMAN, 2009], [ROSNER ET AL., 2013], [GIACCARDI ET AL., 2014]).

Diese Konzepte funktionieren allerdings nur solange, bis die Funktionalität überholt ist. An dieser Stelle setzen Remanufacturing und Refurbishing an. Durch Generalüberholung und den Austausch veralteter Bauteile soll dem Produkt ein zweites Leben geschenkt werden. Dieses „Geschenk“ wird jedoch aus verschiedenen Gründen nicht von allen Nutzern angenommen. Hierbei kann es sich um Befürchtungen über mindere Qualität, mangelnde Informationen oder die Auswirkungen des Designalters handeln. Um dem entgegenzutreten untersuchen Wallner et al., wie mit zeitlosem Design die Akzeptanz von Refurbishing erhöht werden kann. Dabei wird mithilfe von Retrodesign das Designalter maßgeblich erhöht, um Nostalgie beim Nutzer zu induzieren, oder versucht mit minimalistischem Design so viele Zeithinweise wie möglich zu tilgen. [WALLNER ET AL., 2020]. Für alltägliche Produkte erscheint es allerdings impraktikabel, das Designalter nur in die Extreme zu treiben.

Mit weiteren Forschungsarbeiten sollte sowohl die untersuchte Produktpalette erweitert als auch die Granularität des Designalters erhöht werden. Spannende Untersuchungsobjekte für das Designalter wären sicherlich auch digitale Produkte und User-Interfaces, da Veränderungen und Adaptionen des Designalters in der Software zeitnah realisiert werden können.

Auf einer abstrakten Ebene kann das Designalter auch angrenzende Disziplinen inspirieren. Diese Forschungsarbeit verdeutlicht die potenzielle Diskrepanz zwischen Absicht der Designer und Interpretation der Nutzer in zeitlicher Hinsicht. Doch diese Art von Konflikt

ist in der Produktgestaltung nicht unbekannt. In einer vergleichbaren Situation befindet sich das Eco-Design. Hier müssen nicht nur nachhaltige Produkte entwickelt werden, sondern die entsprechenden Eigenschaften auch für die Kunden sichtbar und erkennbar sein. Gritzbach et al. zeigen in ihrer Untersuchung am Beispiel eines Straßenbahn-Interieurs, welche Designelemente das Urteil der Nutzer maßgeblich bestimmen. Die wahrgenommene scheinbare Nachhaltigkeit muss jedoch nicht den tatsächlichen Umständen entsprechen. Es ist die Aufgabe der Designforschung Nachhaltigkeitsparameter zu identifizieren und Methoden zu entwickeln, um diese in aufrichtiger Weise zu gestalten. [GRITZBACH ET AL., 2023]

Gleiches gilt für das Designalter. Der jetzige Forschungsstand soll nach bestem Wissen und Gewissen dazu verwendet und erweitert werden, um die durch die Zeit verursachten gestalterischen Herausforderungen anzugehen und beständige Lösungen anzubieten.

Literaturverzeichnis

- [ABSHOF, 1992] Abshof, I.-A.: *Modetrends deutscher Mode – Dargestellt an der Damenbekleidung des 20. Jahrhunderts*. Zugl.: Köln, Univ., Diss., 1992. Köln: Förderges. Produkt-Marketing, 1992.
- [ADAC, 2023] ADAC: Autokatalog: Internet 2023-02-11, <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/markenmodelle/audi>.
- [ANASTASI UND RHODES, 2006] Anastasi, J. S.; Rhodes, M. G.: Evidence for an Own-Age Bias in Face Recognition. In: *North American Journal of Psychology* 8 (2006), Nr. 2, S. 237–252.
- [ANDERSON, 1987] Anderson, J. C.: The Effect of Type of Representation on Judgement of New Product Acceptance. In: *Industrial Marketing & Purchasing* (1987), Nr. 2, S. 29–46.
- [Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse, 17. November, 2021] Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse: Autofahrer In Deutschland nach selbst gefahrenen Kilometern pro Jahr von 2018 bis 2021. In: *Statista* (17. November, 2021), <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/183003/umfrage/pkw-gefahren-kilometer-pro-jahr/>.2023-01-27.
- [Audi AG, 2003] Audi AG (Hrsg.): *Audi Nuvolari quattro – Basisinformationen*. Ingolstadt, 2003, <https://www.audi-mediacyber.com/de/audi-nuvolari-quattro-2942>.
- [BACKHAUS ET AL., 2021] Backhaus, K.; Erichson, B.; Gensler, S.; Weiber, R.; Weiber, T.: *Multivariate Analysemethoden*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021.
- [BAIER UND BRUSCH, 2021] Baier, D.; Brusch, M.: *Conjointanalyse*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021.
- [BAIER UND SÄUBERLICH, 1997] Baier, D.; Säuberlich, F.: Kundennutzenschätzung mittels individueller Hybrid-Conjointanalyse. In: *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 49 (1997), Nr. 11, S. 951–972.

- [BAUCKHAGE ET AL., 2010] Bauckhage, C.; Jahanbekam, A.; Thurau, C.: Age Recognition in the Wild. In: *20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2010): Istanbul, Turkey, 23 - 26 August 2010*. Piscataway, NJ: IEEE, 2010, S. 392–395.
- [BECKER ET AL., 2003] Becker, F.-M.; Bossek, H.; Engelmann, L.; Ernst, C.; Fanghänel, G.; Höhne, H.; Kalenberg, A.; Lenertat, R.; Liesenberg, M.; Löffler, R.; Liesenberg, G.; Meyer, L.; Pews-Hocke, C.; raum, B.; Schmidt, D.; Seidel, P.; Simon, H.; Stamm, R.; Weber, K.; Wehser, A.: *Formelsammlung – Formeln, Tabellen, Daten; Mathematik, Physik, Astronomie, Chemie, Biologie, Informatik*. 3. Aufl. Berlin, Mannheim: Duden Paetec Schulbuchverlag, 2003.
- [BECKMANN ET AL., 2016] Beckmann, K.; Glemser, A.; Heckel, C.; Heyde, C. von der; Hoffmeyer-Zlotnik, J. H.P.; Hanefeld, U.; Herter-Eschweiler, R.; Kühne, C.: *Statistik und Wissenschaft – Demographische Standards Ausgabe 2016*. 6., überarb. Aufl. Wiesbaden, 2016.
- [BIEDERMAN, 1987] Biederman, I.: Recognition-by-Components: A Theory of Human Image Understanding. In: *Psychological Review* 94 (1987), Nr. 2, S. 115–147.
- [BLOCH, 1995] Bloch, P. H.: Seeking the Ideal Form: Product Design and Consumer Response. In: *Journal of Marketing* 59 (1995), Nr. 3, S. 16–29.
- [BRAESS UND SEIFFERT, 2007] Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): *Automobildesign und Technik – Formgebung, Funktionalität, Technik*. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg, 2007.
- [BRATFISCH ET AL., 2018] Bratfisch, O.; Hagman, E.; Egle, J.: *Manual: Räumliches Vorstellungsvermögen – Kurzbezeichnung 3D*. 53. Aufl. Mödling: SCHUHFRIED GmbH, 2018.
- [BRINKOP, 2020] Brinkop, A.: *Marktführer Produktkonfiguration*. 45. Aufl. Oberschlettenbach: Brinkop Consulting GmbH, 2020.
- [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2022] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): *Verkehr in Zahlen 2021/2022*. 50. Jahrgang. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt, 2022.

- [BÜRDEK, 2005] Bürdek, B. E.: *Design – Geschichte, Theorie und Praxis der Produktgestaltung*. 3. Aufl. Basel: De Gruyter, 2005.
- [BURNAP ET AL., 2016] Burnap, A.; Hartley, J.; Pan, Y.; Gonzalez, R.; Papalambros, P. Y.: Balancing design freedom and brand recognition in the evolution of automotive brand styling. In: *Design Science 2* (2016), Nr. 9, S. 1–28.
- [BURNS, 2016] Burns, B.: Re-evaluating Obsolescence and Planning for It. In: Cooper, T. (Hrsg.): *Longer Lasting Products: Alternatives to the throwaway society*. London: Routledge, 2016, S. 65–86.
- [BURT UND PERRET, 1995] Burt, D. M.; Perret, D.: Perception of age in adult Caucasian male faces: computer graphic manipulation of shape and colour information. In: *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences 259* (1995), S. 137–143.
- [CARVER, 2019] Carver, L. F.: The mask we wear: Chronological age versus subjective ‘age inside’. In: *International Journal of Aging research 2* (2019), Nr. 29, S. 1–14.
- [CATTIN UND WITTINK, 1982] Cattin, P.; Wittink, D. R.: Commercial Use of Conjoint Analysis: A Survey. In: *Journal of Marketing 46* (1982), Nr. 3, S. 44–53.
- [CHANG, 2008] Chang, C.: Chronological Age Versus Cognitive Age For Younger Consumers: Implications for Advertising Persuasion. In: *Journal of Advertising 37* (2008), Nr. 3, S. 19–32.
- [CHAPMAN, 2009] Chapman, J.: Design for (Emotional) Durability. In: *Design Issues 25* (2009), Nr. 4, S. 29–35.
- [CHASTEEN ET AL., 2011] Chasteen, A. L.; Bashir, N. Y.; Gallucci, C.; Visekruna, A.: Age and antiaging technique influence reactions to age concealment. In: *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences 66* (2011), Nr. 6, S. 719–724.
- [CHEN ET AL., 2007] Chen, L.-L.; Kang, H.-C.; Hung, W.-K.: Effects of Design Features on Automobile Styling Perception. In: *Proceedings of*

- IASDR 07: Emerging trends in design research*. Hong Kong, China: The Hong Kong Polytechnic University, 2007.
- [CHEUTET, 2007] Cheutet, V.: 2D semantic sketcher for a car aesthetic design. In: *Proceedings of CPI*, 2007, S. 1–14.
- [CLAYDEN UND SPENCER, 1916] Clayden, A. L.; Spencer, L. V.: Trends and Possibilities of Automobile Design. In: *Transactions* 11 (1916), S. 220–237.
- [COOPER, 2004] Cooper, T.: Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence. In: *Journal of Consumer Policy* 27 (2004), Nr. 4, S. 421–449.
- [CORNISH, 2004] Cornish, E.: *Futuring: The exploration of the future*. World Future Society: 2004.
- [CPQ-select, 2021] CPQ-select: Wichtige Produktkonfiguratoren und Anbieter im Überblick: Internet 2023-04-06, <https://cpq-select.org/produktkonfiguratoren/>.
- [CREUSEN UND SCHOORMANS, 2005] Creusen, M. E.H.; Schoormans, J. P.L.: The Different Roles of Product Appearance in Consumer Choice*. In: *Journal of Product Innovation Management* 22 (2005), S. 63–81.
- [DE BONT, 1992] De Bont, C. J. P. M.: *Consumer evaluations of early product-concepts*. Delft, TU Delft, Doctoral Thesis 1992.
- [DESMET ET AL., 2001] Desmet, P.; Overbeeke, K.; Tax, S.: Designing Products with Added Emotional Value: Development and Application of an Approach for Research through Design. In: *The Design Journal* 4 (2001), Nr. 1, S. 32–47.
- [DIN 70010:2001] Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 70010: Systematik der Straßenfahrzeuge - Begriffe für Kraftfahrzeuge, Fahrzeugkombinationen und Anhängerfahrzeuge*. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2001.
- [DOWLEN, 2013] Dowlen, C.: Automobile design history: what can we learn from the behavior at the edges? In: *International Journal of Design Creativity and Innovation* 1 (2013), Nr. 3, S. 177–192.
- [Duden, 2018] Duden: Potenzial: Internet 2023-02-20, <https://www.duden.de/rechtschreibung/Potenzial>.

- [ELLIS, 2010] Ellis, P. D.: *The essential guide to effect sizes – Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [Epic Games, 19. August 2021] Epic Games(Hrsg.): *Unreal Engine 4.27 is Now available*. 19.08.2021, <https://www.epicgames.com/site/de/news/unreal-engine-4-27-is-now-available.2023-02-20>.
- [ERLHOFF, 2008] Erlhoff, M.: *Wörterbuch Design – Begriffliche Perspektiven des Design*. Basel, Berlin: Birkhäuser, 2008.
- [ERNST UND SATTLER, 2000] Ernst, O.; Sattler, H.: Multimediale versus traditionelle Conjoint-Analyse – Ein empirischer Vergleich alternativer Produktpräsentationsformen. In: *Marketing ZfP* 2 (2000), S. 161–172.
- [EVANS, 2003] Evans, M.: Trend Forecasting for Design Futures. In: *EAD Conference* (2003), S. 1–10.
- [EVANS, 2005] Evans, M.: I-SPY: Utilising Forecasting and Scenario Planning for Design Futures. In: University of the Arts Bremen (Hrsg.): *Proceedings of the 6th International Conference of the European Academy of Design*. Bremen, 2005.
- [EYSEL, 2007] Eysel, U.: Sehen und Augenbewegungen. In: Schmidt, R. F.; Lang, F. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen*. 30., neu bearb. und aktualisierte Aufl. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2007, S. 377–420.
- [FETSCHERIN UND TONCAR, 2010] Fetscherin, M.; Toncar, M.: The effects of the country of brand and the country of manufacturing of automobiles. In: *International Marketing Review* 27 (2010), Nr. 2, S. 164–178.
- [FISCHER ET AL., 2021a] Fischer, L.; Holder, D.; Krogmann, S.; Maier, T.: Integration von Sensoren in das Exterieur-Design automatisierter/autonomer Fahrzeuge. In: Binz, H.; Bertsche, B.; Spath, D.; Roth, D. (Hrsg.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2021*. Stuttgart: Universität Stuttgart, 2021, S. 523–534.
- [FISCHER ET AL., 2021b] Fischer, M. S.; Holder, D.; Maier, T.: Are Brand Affiliation Tasks and Similarity Evaluations Comparable? An Examination Using the Example of the Vehicle Front. In: Shin, C. S.; Di Bucchianico, G.; Fukuda, S.; Ghim, Y.-G.; Montagna, G.;

- Carvalho, C. (Hrsg.): *Advances in Industrial Design: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Design for Inclusion, Affective and Pleasurable Design, Interdisciplinary Practice in Industrial Design, Kansei Engineering, and Human Factors for Apparel and Textile Engineering*. Cham: Springer International Publishing, 2021, S. 805–812.
- [FLETCHER, 19. November 1999] Fletcher, J.: *Furniture Trend Cycles Shorten; Yesterday's 'In' Lamp Goes Out*. In: *The Wall Street Journal* (1999-11-19).
- [FRIZZIERO ET AL., 2022] Frizziero, L.; Polpatelli, E.; Martini, F.; Fiorentini, L.; Freddi, M.: On the Avant-Garde IDeS Method for the Future of Car Design Applied to an SUV Project. In: *Inventions* 7 (2022), Nr. 4, S. 106.
- [GENG ET AL., 2007] Geng, X.; Zhou, Z.-H.; Smith-Miles, K.: Automatic age estimation based on facial aging patterns. In: *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 29 (2007), Nr. 12, S. 2234–2240.
- [GIACCARDI ET AL., 2014] Giaccardi, E.; Karana, E.; Robbins, H.; D'Olivo, P.: Growing traces on objects of daily use. In: Wakkary, R.; Harrison, S.; Neustaedter, C.; Bardzell, S.; Paulos, E. (Hrsg.): *Proceedings of the 2014 Conference on Designing Interactive Systems*. New York, NY: ACM, 2014 (ACM Digital Library), S. 473–482.
- [GIERL ET AL., 2002] Gierl, H.; Helm, R.; Stumpp, S.: Markentreue und Kaufintervalle bei langlebigen Konsumgütern. In: *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 54 (2002), Nr. 3, S. 215–232.
- [GOLDSTEIN, 2011] Goldstein, E. B.: *Wahrnehmungspsychologie – Der Grundkurs*. 7. Aufl., Nachdr. Berlin: Spektrum Akad. Verl., 2011.
- [GREEN UND SRINIVASAN, 1978] Green, P. E.; Srinivasan, V.: Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook. In: *Journal of Consumer Research* 5 (1978), Nr. 2, S. 103–123.
- [GREEN UND SRINIVASAN, 1990] Green, P. E.; Srinivasan, V.: Conjoint Analysis in Marketing: New Developments with Implications for Research and Practice. In: *Journal of Marketing* 54 (1990), Nr. 4, S. 3–19.

- [GREEN UND RAO, 1971] Green, P. E.; Rao, V. R.: Conjoint Measurement for Quantifying Judgmental Data. In: *Journal of Marketing Research* 8 (1971), Nr. 3, S. 355.
- [GREEN ET AL., 1981] Green, P. E.; Goldberg, S. M.; Montemayor, M.: A Hybrid Utility Estimation Model for Conjoint Analysis. In: *Journal of Marketing* 45 (1981), Nr. 1, S. 33–41.
- [GREEN ET AL., 2001] Green, P. E.; Krieger, A. M.; Wind, Y.: Thirty Years of Conjoint Analysis: Reflections and Prospects. In: *Interfaces* 31 (2001), 3 - Supplement, S. 56–S73.
- [GRITZBACH ET AL., 2023] Gritzbach, J.; Kern, F.; Pomiersky, P.; Remlinger, W.; Maier, T.: Identification of design elements in vehicle interiors for creating an appearance associated with sustainability. In: *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2023)*. San Francisco, 2023.
- [GUO ET AL., 2009] Guo, G.; Mu, G.; Fu, Y.; Huang, T. S.: Human age estimation using bio-inspired features. In: *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition: IEEE, 2009*, S. 112–119.
- [HAAS, 2018] Haas, T.: Das Ende des Autos, wie wir es kannten? Automobile Subjektivitäten im Wandel. In: *PROKLA* 48 (2018), Nr. 4, S. 545–559.
- [HAGERTY, 1985] Hagerty, M. R.: Improving the Predictive Power of Conjoint Analysis: The use of Factor Analysis and Cluster Analysis. In: *Journal of Marketing Research* 22 (1985), Nr. 2, S. 168–184.
- [HALBEY ET AL., 2017] Halbey, J.; Philipsen, R.; Schmidt, T.; Ziefle, M.: Range Makes All the Difference? Weighing up Range, Charging Time and Fast-Charging Network Density as Key Drivers for the Acceptance of Battery Electric Vehicles. In: Stanton, N. A. (Hrsg.): *Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors in Transportation, July 17–21, 2017, Los Angeles, USA*. Cham: Springer International Publishing, 2017, S. 939–950.

- [HASSENZAHN ET AL., 2013] Hassenzahl, M.; Eckoldt, K.; Diefenbach, S.; Laschke, M.; Lenz, E.; Kim, J.: Designing moments of meaning and pleasure. Experience design and happiness. In: *International Journal of Design* 7 (2013), Nr. 3, S. 21–31.
- [HEIMANN UND SCHÜTZ, 2020] Heimann, M.; Schütz, M.: *Wie Design wirkt – Psychologische Prinzipien erfolgreicher Gestaltung*. 1. Auflage, 4., korrigierter Nachdruck. Bonn: Rheinwerk Verlag GmbH, 2020.
- [HEKKERT ET AL., 2003] Hekkert, P.; Snelders, D.; van Wieringen, P. C. W.: 'Most advanced, yet acceptable': typicality and novelty as joint predictors of aesthetic preference in industrial design. In: *British Journal of Psychology* 94 (2003), Nr. 1, S. 111–124.
- [HILLIG, 2006] Hillig, T.: *Verfahrensvarianten der Conjoint-Analyse zur Prognose von Kaufentscheidungen – Eine Monte-Carlo-Simulation*. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2004. 1. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2006.
- [HOBACK UND GREENE, 2021] Hoback, A. S.; Greene, H. H.: Gender Differences in Pareidolia and Anger Perception of Vehicle Front Ends. In: *TPM* 28 (2021), Nr. 2, S. 207–220.
- [HOLDER UND MAIER, 2021] Holder, D.; Maier, T.: *Skript zur Vorlesung Fahrzeug-Design – Sommersemester 2021*. Kapitel: Grundlagen. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2021.
- [HOLDER, 2016] Holder, D.: *Gefallensurteil und Blickanalyse zum Fahrzeugdesign zukünftiger Aufbaugestalten anhand einer technischen Prognose*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation 2016.
- [HOLDER, 2021] Holder, D.: Systematic Analysis of Changing Vehicle Exterior Dimensions And Relevant Vehicle Proportions. In: *Proceedings of the Design Society* 1 (2021), S. 2921–2930.
- [HOLDER ET AL., 2017] Holder, D.; Benz, T.; Maier, T.: Semantic Influence of the Radiator Grille on Vehicle Front Design in the Course of Current EV-Design, Bd. 585. In: Chung, W.; Shin, C. S. (Hrsg.): *Advances in Affective and Pleasurable Design: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Affective and*

- Pleasurable Design, July 17-21, 2017, Los Angeles, USA.*
Cham: Springer International Publishing, 2017, S. 53–64.
- [HSIAO ET AL., 2017] Hsiao, S.-W.; Lee, C.-H.; Chen, R.-Q.; Yen, C.-H.: An intelligent system for fashion colour prediction based on fuzzy C-means and gray theory. In: *Color Research & Application* 42 (2017), Nr. 2, S. 273–285.
- [HUISMAN, 1997] Huisman, D.: Creating End User Value with Multi-Media Interviewing Systems. In: *Proceedings of the Sawtooth Software Conference* (1997), S. 49–55.
- [HYUN ET AL., 2015] Hyun, K. H.; Lee, J.-H.; Kim, M.; Cho, S.: Style synthesis and analysis of car designs for style quantification based on product appearance similarities. In: *Advanced Engineering Informatics* (2015), S. 483–494.
- [IBM, 2020] IBM: IBM SPSS Conjoint V27: Internet 2023-02-11, https://www.ibm.com/docs/en/SSLVMB_27.0.0/pdf/de/IBM_SPSS_Conjoint.pdf.
- [IKEMOTO UND YAMAOKA, 2011] Ikemoto, H.; Yamaoka, T.: Conjoint Analysis Method That Minimizes the Number of Profile Cards. In: *International Conference on Human-Computer Interaction*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011, S. 23–28.
- [ISO 3833:1977] International Organization for Standardization: *ISO 3833 1977. Road vehicles – Types – Terms and definitions*. 1977.
- [JOHNSON, 1974] Johnson, R. M.: Trade-off analysis of consumer values. In: *Journal of Marketing Research* 11 (1974), Nr. 2, S. 121–127.
- [JOHNSON, 1987] Johnson, R. M.: Adaptive conjoint analysis. In: *Sawtooth Software Conference Proceedings*. Ketchum, 1987, S. 253–265.
- [JORDAN ET AL., 2020] Jordan, M.; Auth, G.; Jokisch, O.; Kühn, J.-U.: Knowledge-based systems for the Configure Price Quote (CPQ) process – A case study in the IT solution business. In: *Online Journal of Applied Knowledge Management* 8 (2020), Nr. 2, S. 17–30.

- [KARJALAINEN, 2007] Karjalainen, T.-M.: It Looks Like a Toyota: Educational Approaches to Designing for Visual Brand Recognition. In: *International Journal of Design* 1 (2007), Nr. 1, S. 67–81.
- [KARNATH UND THIER, 2006] Karnath, H.-O.; Thier, P. (Hrsg.): *Neuropsychologie*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006.
- [KATO, 2019] Kato, T.: Verification of perception difference between actual space and VR space in car design. In: *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 13 (2019), Nr. 3, S. 1233–1244.
- [KERN UND MAIER, 2020] Kern, F.; Maier, T.: Eine Frage der Zeit – Alterswahrnehmung in der Mensch-Produkt-Interaktion. In: GfA (Hrsg.): *Frühjahrskongress 2020: Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch*. Dortmund, 2020.
- [KERN ET AL., 2022] Kern, F.; Holder, D.; Maier, T.: Quantifying Influences on Perceived Design Age in Cars: A Conjoint Analysis. In: *DS 118: Proceedings of NordDesign 2022*, 2022, S. 1–10.
- [KERN ET AL., 2019] Kern, F.; Holder, D.; Okuka, A.-M.; Maier, T.: Ist das Kunst oder kann das weg? Zur Obsoleszenz von Design. In: Binz, H.; Bertsche, B.; Bauer, W.; Riedel, O.; Spath, D. (Hrsg.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2019 - Agilität und kognitives Engineering*, 2019.
- [KHALIFA UND SENGUL, 2018] Khalifa, T.; Sengul, G.: The Integrated Usage of LBP and HOG Transformations and Machine Learning Algorithms for Age Range Prediction from Facial Images. In: *Tehnicky vjesnik - Technical Gazette* 25 (2018), Nr. 5, S. 1356–1362.
- [KIESELBACH, 1998] Kieselbach, R. J. F. (Hrsg.): *The drive to design – Geschichte, Ausbildung und Perspektiven im Autodesign*. Stuttgart: av-Ed, 1998.
- [KIESSLING ET AL., 2021] Kiessling, J. M.; Kern, F.; Reichelt, F.; Holder, D.; Maier, T.: The Age of Design - How Users Perceive the Chronological Order Within Automobile Generations, Bd. 1. In: *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21)*, 2021, S. 2981–2990.

- [KIM, 2013] Kim, S.: The Analysis of Pant Style Trend to Establish a Fashion Cycle Theory: Focus on 1967 to 2012. In: *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles* 37 (2013), Nr. 6, S. 786–798.
- [KLOSE, 1984] Klose, O.: *Autoform – Das Auto in Design, Kunst und Unterricht*. 1. Aufl. Stuttgart: Motorbuch-Verlag, 1984.
- [KLOSE, 1991] Klose, O.: *Faszination Autodesign*. 1. Aufl. Königswinter: Heel, 1991.
- [KÖHLER, 2003] Kohler, T. C.: *Wirkungen des Produktdesigns – Analyse und Messung am Beispiel Automobildesign*. Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2003. 1. Aufl. Wiesbaden: Dt Univ.-Verl., 2003.
- [KOPPELMANN UND KÜTHE, 1987] Koppelman, U.; Küthe, E.: Präferenzwellen beim Gestaltungsmittel Farbe. In: *Zeitschrift für Forschung und Praxis* (1987), S. 113–122.
- [KOPPELMANN, 2001] Koppelman, U.: *Produktmarketing – Entscheidungsgrundlage für Produktmanager*. 6., überarb. u. erw. Aufl. Berlin: Springer, 2001.
- [KOYAMA ET AL., 2009] Koyama, N.; Yamashita, M.; Fujito, M.; Kawarabayashi, K.; Moringaga, Y.; Kitani, Y.: Differences Of Design Decision On Product Design Development Through Comparative Research On Japanese, European And American Automobile Industries. In: *Kansei Engineering International* 8 (2009), Nr. 2, S. 169–174.
- [Kraftfahrt-Bundesamt, 2022] Kraftfahrt-Bundesamt: *Verzeichnis zur Systematisierung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern: Februar 2022*. SV 1. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt, 2022.
- [KRAUS, 2007] Kraus, W.: Grundsätzliche Aspekte des Automobildesigns. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): *Automobildesign und Technik: Formgebung, Funktionalität, Technik*. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg, 2007.
- [KÜSTNER, 2020] Küstner, C.: *Assistenzsystem zur Unterstützung der datengetriebenen Produktentwicklung*. FAU University Press, Dissertation 2020.

- [LEE ET AL., 2022] Lee, G.; Kim, T.; Suk, H.-J.: GP22: A Car Styling Dataset for Automotive Designers. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2022*, S. 2268–2272.
- [LEICHSENRING UND RUDSCHIES, 10. Februar 2022] Leichsenring, J.; Rudschies, W.: *Ausstieg Verbrennungsmotor: Wann wird welcher Hersteller elektrisch?* (2022-02-10)
- [LENK ET AL., 1996] Lenk, P. J.; DeSarbo, W. S.; Green, P. E.; Young, M. R.: Hierarchical Bayes conjoint analysis: recovery of partworth heterogeneity from reduced experimental designs. In: *Marketing Science 15 (1996), Nr. 2*, S. 173–191.
- [LIEBISCH, 2014] Liebisch, M.: *Aspektorientierte Datenhaltung in Produktkonfiguratoren – Anforderungen, Konzepte und Realisierung*. Jena, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Dissertation 2014.
- [LIEM ET AL., 2009] Liem, A.; Abidin, S. Z.; Warell, A.: Designers' Perceptions of Typical Characteristics of Form Treatment in Automobile Styling. In: *5th International Workshop on Design & Semantics of Form and Movement, 2009*, S. 1–17.
- [LOUVIERE ET AL., 1987] Louviere, J. J.; Schroeder, H.; Louviere, C. H.; Woodworth, G. G.: Do the parameters of choice models depend on differences in stimulus presentation: Visual versus verbal presentation?. In: *Advances in Consumer Research 14 (1987)*, S. 79–82)
- [LÜBBEHÜSEN, 5. November 2013] Lübbehüsen, H.: *Audi A2: Der plötzlich begehrte Flop*. In: *Die Zeit (2013-11-05)*
- [LUCE UND TUKEY, 1964] Luce, R. D.; Tukey, J. W.: Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement. In: *Journal of Mathematical Psychology 1 (1964), Nr. 1*, S. 1–27.
- [LUO ET AL., 2012] Luo, S.-J.; Fu, Y.-T.; Zhou, Y.-X.: Perceptual matching of shape design style between wheel hub and car type. In: *International Journal of Industrial Ergonomics 42 (2012), Nr. 1*, S. 90–102.

- [MA ET AL., 2022] Ma, L.; Wu, Y.; Li, Q.; Yuan, X.: Recognition of Car Front Facing Style for Machine-Learning Data Annotation: A Quantitative Approach. In: *Symmetry* 14 (2022), Nr. 6, S. 1181.
- [MAHLKE, 2008] Mahlke, S.: *User Experience of Interaction with Technical Systems – Theories, Methods, Empirical Results, and Their Application to the Development of Interactive Systems*. Berlin, TU Berlin, Dissertation 2008.
- [MAIER UND SCHMID, 2022] Maier, T.; Schmid, M.: *Skript zur Vorlesung Technisches Design – Wintersemester 2022/23*. Kapitel: Werterelevante Parameter des Technischen Designs. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2022.
- [MASLOW, 1978] Maslow, A. H.: *Motivation und Persönlichkeit*. 2., erw. Aufl. Olten: Walter-Verl., 1978.
- [MATTS ET AL., 2007] Matts, P. J.; Fink, B.; Grammer, K.; Burquest, M.: Color homogeneity and visual perception of age, health, and attractiveness of female facial skin. In: *Journal of the American Academy of Dermatology* 57 (2007), Nr. 6, S. 977–984.
- [McCORMACK ET AL., 2004] McCormack, J. P.; Cagan, J.; Vogel, C. M.: Speaking the Buick language: capturing, understanding, and exploring brand identity with shape grammars. In: *Design Studies* 25 (2004), Nr. 1, S. 1–29.
- [Mercedes-Benz Group Media, 2008] Mercedes-Benz Group Media: Ausstellung „Meilensteine Automobil-Design - Beispiel Mercedes-Benz“: Internet 2023-02-14, <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMedia-Site/de/instance/picture.xhtml?oid=7427271>
- [Mercedes-Benz Group Media, 2022] Mercedes-Benz Group Media: Die Evolution des Kühlergrills: Von der chromveredelten Kühlermaske zum avantgardistischen Designobjekt und Sensorträger: Internet , <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMedia-Site/ko/de/54004827>.
- [MILIOS UND MATSUMOTO, 2019] Milios, L.; Matsumoto, M.: Consumer Perception of Remanufactured Automotive Parts and Policy Implications for Transitioning to a Circular Economy in Sweden. In: *Sustainability* 11 (2019), Nr. 22, S. 6264.

- [MILLER, 1956] Miller, G. A.: The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. In: *Psychological Review* 63 (1956), Nr. 2, S. 81.
- [MOON ET AL., 2021] Moon, S.-E.; Kim, J.-H.; Kim, S.-W.; Lee, J.-S.: Prediction of Car Design Perception Using EEG and Gaze Patterns. In: *IEEE Transactions on Affective Computing* 12 (2021), Nr. 4, S. 843–856.
- [NASSAU, 2001] Nassau, K.: *The physics and chemistry of color – The fifteen causes of color*. 2nd ed. New York: Wiley, 2001.
- [PACKARD, 1961] Packard, V. O.: *Die große Verschwendung*: Econ-Verlag, 1961.
- [PARDO-VICENTE ET AL., 2022] Pardo-Vicente, M.-A.; Camacho-Magriñan, P.; Pavon-Dominguez, P.: Influence of Technology on Perceived Obsolescence through Product Design Properties. In: *Sustainability* 14 (2022), Nr. 21, S. 14555.
- [PELZ, 2012] Pelz, J. R.: *Aussagefähigkeit und Aussagewilligkeit von Probanden bei der Conjoint-Analyse*. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2012.
- [PILLER, 2006] Piller, F. T.: *Mass customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter*. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006.
- [PURUCKER ET AL., 2014] Purucker, C.; Sprott, D. E.; Herrmann, A.: Consumer response to car fronts: eliciting biological preparedness with product design. In: *Review of Managerial Science* 8 (2014), Nr. 4, S. 523–540.
- [RANSCOMBE ET AL., 2011] Ranscombe, C.; Hicks, B.; Mullineux, G.; Singh, B.: Characterizing and evaluating aesthetic features in vehicle design. In: Chakrabarti, A. (Hrsg.): *Supporting sustainable product development: Proceedings of the 3rd International Conference on Research into Design*. Singapore: Research Publishing Services, 2011.
- [RASMUSSEN ET AL., 2020] Rasmussen, J. B.; Hvam, L.; Kristjansdottir, K.; Mortensen, N. H.: Guidelines for Structuring Object-Oriented Product

- Configuration Models in Standard Configuration Software. In: *Journal of Universal Computer Science* 26 (2020), Nr. 3, S. 374–401.
- [REED UND LEVINE, 1997] Reed, T.; Levine, J.: Changes in Traveler Stated Preference for Bus and Car Modes Due to Real-Time Schedule Information: A Conjoint Analysis. In: *Journal of Public Transportation* 1 (1997), Nr. 2, S. 25–48.
- [ROSENTHAL, 1999] Rosenthal, P.: *Automobildesign und Gesellschaft – Zu Attraktivitätsaspekten der automobilen Gestaltsymbolik als Medien der sozialen Strukturierung*. Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, Dissertation 1999.
- [ROSNER ET AL., 2013] Rosner, D. K.; Ikemiya, M.; Kim, D.; Koch, K.: Designing with Traces. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2013*, S. 1649–1658.
- [SATTLER, 1994] Sattler, H.: Die Validität von Produkttests: Ein empirischer Vergleich zwischen hypothetischer und realer Produktpräsentation. In: *Marketing: Zeitschrift für Forschung und Praxis* (1994), S. 31–41.
- [SCHMELING ET AL., 2008] Schmeling, A.; Grundmann, C.; Fuhrmann, A.; Kaatsch, H.-J.; Knell, B.; Ramsthaler, F.; Reisinger, W.; Riepert, T.; Ritz-Timme, S.; Rösing, F. W.; Rötzscher, K.; Geserick, G.: Criteria for age estimation in living individuals. In: *International Journal of Legal Medicine* 122 (2008), Nr. 6, S. 457–460.
- [SCHMID UND MAIER, 2017] Schmid, M.; Maier, T.: *Technisches Interface Design – Anforderungen, Bewertung und Gestaltung*. 1. Aufl. 2017. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [SCHMID-ISLER, 2007] Schmid-Isler, S.: *Design: Geschichte und aktuelle Tendenzen – Vorlesungsskript für das Kontextstudium Masterstufe*. Universität St. Gallen 2007.
- [SCHUH UND RIESENER, 2018] Schuh, G.; Riesener, M.; Breunig, Stefan (Mitarb.); Dölle, Christian; u. a. (Mitarb.): *Produktkomplexität managen – Strategien - Methoden - Tools*. 3., vollständig überarbeitete Auflage. München: Hanser, 2018.

- [Scuderia NSU Süd-
deutschland e.V., 2018] Scuderia NSU Süddeutschland e.V.: NSU Prinz 4 L S (1961-1973): Internet 2023-02-11, https://www.scuderia-nsu.de/s/cc_images/cache_16637706.jpg.
- [SEEGER, 2005] Seeger, H.: *Design technischer Produkte, Produktprogramme und -systeme – Industrial Design Engineering. 2.*, bearb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.
- [SHELDON ET AL., 2001] Sheldon, K. M.; Elliot, A. J.; Kim, Y.; Kasser, T.: What is satisfying about satisfying events? Testing 10 candidate psychological needs. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 80 (2001), Nr. 2, S. 325–339.
- [SHELLER, 2004] Sheller, M.: Automotive Emotions – Feeling the Car. In: *Theory, Culture & Society* 21 (2004), 4-5, S. 221–242.
- [SIEBERTZ ET AL., 2017] Siebertz, K.; van Bebber, D.; Hochkirchen, T.: *Statistische Versuchsplanung – Design of Experiments (DoE)*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2017.
- [SJÖSTEDT, 1987] Sjöstedt, L.: *The Role Of Technology In Automobile Design And Production*. Working Paper. Laxenburg, 1987.
- [Spotpress,
30. Oktober 2013] Spotpress: *Gebrauchtwagen-Check: Audi A2: Zu früh ist auch unpünktlich*. In: *Handelsblatt* (2013-10-30).
- [Statistisches Bundes-
amt, 2023] Statistisches Bundesamt: Erwerbstätigenquoten 1991 bis 2021: Internet 2023-02-14, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Tabellen/erwerbstaetigenquoten-gebietsstand-geschlecht-altergruppe-mikrozensus.html>.
- [STORMER, 2007] Stormer, H.: Kundenbasierte Produktkonfiguration. In: *Informatik-Spektrum* 30 (2007), Nr. 5, S. 322–326.
- [Tagesschau,
14. Februar 2023] Tagesschau: *EU-Parlament besiegelt Verbrenner-Aus ab 2035*. In: *tagesschau.de* (2023-02-14).
- [TAKEBUCHI ET AL., 2012] Takebuchi, S.; Asami, H.; Amasaka, K.: An Automobile Exterior Design Approach Model Linking Form and Color. In: *China-USA Business Review* 11 (2012), Nr. 8, S. 1113–1123.

- [TEICHERT, 1997] Teichert, T. A.: *Schätzgenauigkeit von Conjoint-Analysen*. Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel. Kiel, 1997.
- [TISCHNER, 2000] Tischner, U.: *Was ist EcoDesign? – Ein Handbuch für ökologische und ökonomische Gestaltung*. Frankfurt am Main: Verl. Form, 2000.
- [TONDERA ET AL., 2022] Tondera, M.; Reichelt, F.; Fischer, L.; Kern, F.; Kiessling, J.; Holder, D.; Maier, T.: Auditory perceived quality of manual-mechanical control elements in cars. In: Bargende, M. (Hrsg.): *22. Internationales Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik*. Wiesbaden, Germany: Springer Vieweg, 2022, S. 337–349.
- [TOVEY ET AL., 2003] Tovey, M.; Porter, S.; Newman, R.: Sketching, concept development and automotive design. In: *Design Studies* 24 (2003), Nr. 2, S. 135–153.
- [TSCHEULIN, 1996] Tscheulin, D. K.: Determinanten der Validität der Conjoint-Analyse. In: Ahsen, A. V.; Czenkowsky, T. (Hrsg.): *Marketing und Marktforschung: Entwicklungen, Erweiterungen und Schnittstellen im nationalen und internationalen Kontext*. Hamburg: Lit Verlag, 1996, S. 585–98.
- [TUMMINELLI, 2006] Tumminelli, P.: *Car design*. Kempen: teNeues, 2006.
- [VAN NES UND CRAMER, 2006] van Nes, N.; Cramer, J.: Product lifetime optimization: a challenging strategy towards more sustainable consumption patterns. In: *Journal of Cleaner Production* 14 (2006), 15-16, S. 1307–1318.
- [VDI/VDID 2424:2023] Verein Deutscher Ingenieure e.V.: *VDI/VDID 2424: Industriedesign - Nutzerzentrierte Gestaltung im Produktentwicklungsprozess*. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2023.
- [VOETH UND HAHN, 1998] Voeth, M.; Hahn, C.: Limit conjoint-analyse. In: *Marketing: Zeitschrift für Forschung und Praxis* (1998), S. 119–132.
- [Volkswagen Newsroom, 2002] Volkswagen Newsroom: New Beetle Cabriolet und VW 1200 Cabriolet: Internet 2023-02-14, <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/bilder/detail/new-beetle-cabriolet-14979>.

- [Volkswagen Newsroom, 2017] Volkswagen Newsroom: Volkswagen Showcar ID. BUZZ: Internet 2023-02-24, <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/bilder/detail/volkswagen-showcar-id-buzz-11910>.
- [VRIENS ET AL., 1998] Vriens, M.; Loosschilder, G. H.; Rosbergen, E.; Wittink, D. R.: Verbal versus realistic pictorial representations in conjoint analysis with design attributes. In: *Journal of Product Innovation Management* 15 (1998), Nr. 5, S. 455–467.
- [WALLNER ET AL., 2020] Wallner, T. S.; Magnier, L.; Mugge, R.: An Exploration of the Value of Timeless Design Styles for the Consumer Acceptance of Refurbished Products. In: *Sustainability* 12 (2020), Nr. 3, S. 1213.
- [WEISENFELD, 2019] Weisenfeld, U.: Die Einflüsse von Verfahrensvariationen und der Art des Kaufentscheidungsprozesses auf die Reliabilität der Ergebnisse bei der Conjoint Analyse. In: *Schriften zum Marketing* 24. Berlin: Duncker & Humblot GmbH, 2019.
- [WENZ, 2021] Wenz, S.: Audi Business Innovation drives industrial-scale visualization at VW Group: Internet 2023-02-05, <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/audi-business-innovation-drives-industrial-scale-visualization-at-vw-group>.
- [WIEDENBECK UND 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.
- [WILKINSON, 2020] Wilkinson, P.: *Design-Klassiker – Von der Tiffany-Lampe bis zum iPad*. München: Dorling Kindersley, 2020.
- [WIND ET AL., 1989] Wind, J.; Green, P. E.; Shifflet, D.; Scarbrough, M.: Courtyard by Marriott : Designing a Hotel Facility with Consumer-Based Marketing Models. In: *Interfaces* 19 (1989), Nr. 1, S. 25–47.
- [WINDHAGER ET AL., 2008] Windhager, S.; Slice, D. E.; Schaefer, K.; Oberzaucher, E.; Thorstensen, T.; Grammer, K.: Face to Face : The Perception of Automotive Designs. In: *Human Nature* 19 (2008), Nr. 4, S. 331–346.

- [WOLFF ET AL., 2021] Wolff, K.; Futschik, H. D.; Achleitner, A.; Burgers, C.; Döllner, G.: Gesamtfahrzeug. In: Pischinger, S.; Seiffert, U. (Hrsg.): *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. 9., erweiterte und ergänzte Auflage. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2021, S. 125–167.
- [WONG ET AL., 2016] Wong, M. Y.; Zhou, Y.; Xu, H.: Big Data in Fashion Industry: Color Cycle Mining from Runway Data. In: *Twenty-second Americas Conference on Information Systems*, 2016.
- [ZALLES-REIBER, 1996] Zalles-Reiber, M.: *Produktveralterung und Industrie-Design*. Zugl.: München, Univ., Diss. München: Akad. Verl., 1996.
- [ZHANG ET AL., 2021] Zhang, X.; Huang, L.; Li, M.: Research on the Shape of Automobile Face Based on Cultural Translation. In: *E3S Web of Conferences* 236 (2021), S. 2042.
- [ZHAO ET AL., 2021] Zhao, L.; Li, M.; Sun, P.: Neo-Fashion: A Data-Driven Fashion Trend Forecasting System Using Catwalk Analysis. In: *Clothing and Textiles Research Journal* (2021), S. 1-16.

Anhang

A1 Reizmuster des Conjoint-Fragebogens



Abbildung A.1: Reizmuster R1 – R49 des Conjoint-Fragebogens

A2 Fahrzeugkonfigurator

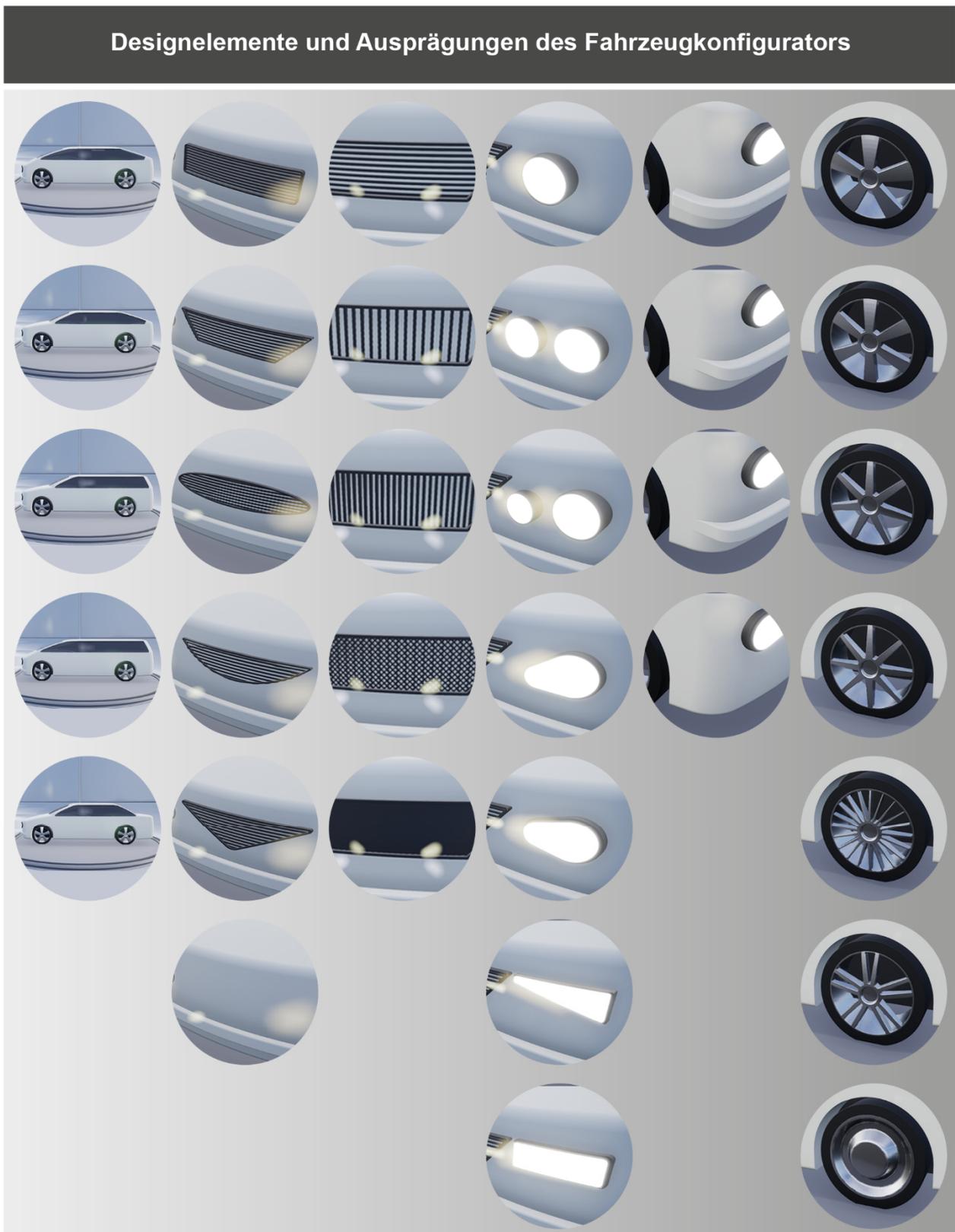


Abbildung A.2: Designelemente und Ausprägungen des Fahrzeugkonfigurators

A3 Demografischer Fragebogen

Demografische Fragen

D1	<p>Welches Geschlecht haben Sie?</p> <p>Männlich</p> <p>Weiblich</p> <p>Divers</p>
D2	<p>Die Ergebnisse dieser Befragung werden auch für unterschiedliche Altersgruppen ausgewertet. Bitte nennen Sie dazu Monat und Jahr Ihrer Geburt.</p> <p>Geburtsmonat</p> <p>Geburtsjahr</p>
D3	<p>Welchen höchsten allgemeinbildenden Schulabschluss haben Sie?</p> <p>Schüler/-in, besuche eine allgemeinbildende Vollzeitschule</p> <p>Von der Schule abgegangen ohne Schulabschluss</p> <p>Hauptschulabschluss (Volksschulabschluss) oder gleichwertiger Abschluss</p> <p>Polytechnische Oberschule der DDR mit Abschluss der 8. oder 9. Klasse</p> <p>Realschulabschluss (Mittlere Reife) oder gleichwertiger Abschluss</p> <p>Polytechnische Oberschule der DDR mit Abschluss der 10. Klasse</p> <p>Fachhochschulreife</p> <p>Abitur/Allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife (Gymnasium bzw. EOS, auch EOS mit Lehre)</p> <p>Einen anderen Schulabschluss,</p> <p>und zwar: _____</p>
D4	<p>Welche beruflichen Ausbildungsabschlüsse haben Sie? Was in dieser Liste trifft alles auf Sie zu?</p> <p>Noch in beruflicher Ausbildung (Berufsvorbereitungsjahr, Auszubildende/r, Praktikant/-in, Student/-in)</p> <p>Schüler/-in und besuche eine berufsorientierte Aufbau-, Fachschule oder Ähnliches</p> <p>Keinen beruflichen Abschluss und bin nicht in beruflicher Ausbildung</p> <p>Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre) abgeschlossen</p> <p>Berufsqualifizierender Abschluss einer beruflich-schulischen Ausbildung (Berufsfachschule, Kollegschule)</p> <p>Vorbereitungsdienst für den mittleren Dienst in der öffentlichen Verwaltung</p> <p>Abschluss einer einjährigen Ausbildung an einer Schule des Gesundheitswesens</p> <p>Abschluss einer zwei- bis dreijährigen Ausbildung an einer Schule des Gesundheitswesens</p> <p>Abschluss einer Ausbildung zum Erzieher/zur Erzieherin</p> <p>Abschluss einer Fachschule der DDR</p> <p>Abschluss einer Fach-, Meister-, Technikerschule, Verwaltungs- und Wirtschaftsakademie oder Fachakademie</p> <p>Bachelor</p> <p>Diplom</p> <p>Master, Magister, Staatsexamen</p> <p>Promotion</p> <p>Einen anderen beruflichen Abschluss,</p> <p>und zwar: _____</p>

Abbildung A.3: Demografischer Fragebogen (Teil 1)

D5	<p>Welche Erwerbssituation passt für Sie? Was in dieser Liste trifft auf Sie zu? (Nur eine Nennung möglich)</p> <p>Vollzeiterwerbstätig Teilzeiterwerbstätig Altersteilzeit Geringfügig erwerbstätig, 450-Euro-Job, Minijob „Ein-Euro-Job“ (bei Bezug von Arbeitslosengeld II) Gelegentlich oder unregelmäßig beschäftigt In einer beruflichen Ausbildung/Lehre In Umschulung Freiwilliger Wehrdienst Bundesfreiwilligendienst oder Freiwilliges Soziales Jahr Mutterschafts-, Erziehungsurlaub, Elternzeit oder sonstige Beurlaubung (Altersteilzeit unter C angeben) Nicht erwerbstätig</p>
D6	<p>Welche berufliche Tätigkeit üben Sie derzeit hauptsächlich aus? Wenn Sie nicht mehr erwerbstätig sind, welche Tätigkeit haben Sie bei Ihrer früheren hauptsächlichsten Erwerbstätigkeit zuletzt ausgeübt?</p> <p>_____</p> <p>Bitte beschreiben Sie diese berufliche Tätigkeit genau.</p> <p>_____</p> <p>Hat dieser Beruf noch eine besondere Bezeichnung?</p> <p>Ja und zwar: _____</p> <p>Nein</p>
D7	<p>Wo lag in den letzten 5 Jahren Ihr Lebensmittelpunkt?</p> <p>Stadt _____</p> <p>PLZ _____</p>
D8	<p>In welchem räumlichen Umfeld haben Sie in den letzten 5 Jahren vorrangig gelebt?</p> <p>Dorf Kleinstadt (5.000 – 20.000 Einwohner) Mittelstadt (20.001 – 100.000 Einwohner) Großstadt (>100.000 Einwohner) Andere und zwar: _____</p>

Abbildung A.4: Demografischer Fragebogen (Teil 2)

Automobil-Fragen

A1	<p>Besitzen Sie eine gültige deutsche Fahrerlaubnis? Wann wurde Ihnen die Fahrerlaubnis erteilt? (<i>Besitzen Sie keine Fahrerlaubnis, steht es Ihnen frei weitere Angaben zu machen.</i>)</p> <p>Ja</p> <p style="padding-left: 20px;">Jahr der Prüfung</p> <p>Nein</p> <p style="padding-left: 20px;">Entzug der Fahrerlaubnis</p> <p style="padding-left: 20px;">Rückgabe der Fahrerlaubnis</p> <p style="padding-left: 20px;">Ausländische Fahrerlaubnis liegt vor</p>
A2	<p>Wie häufig fahren Sie Auto? Schätzen Sie bitte die durchschnittliche Anzahl an Tagen pro Monat, an denen Sie Fahrer oder Beifahrer sind. (<i>Wenn Sie an einem Tag Fahrer als auch Beifahrer sind, zählen Sie den Tag bitte in beiden Kategorien.</i>)</p> <p>Als Fahrer Tage pro Monat</p> <p>Als Beifahrer Tage pro Monat</p>
A3	<p>Besitzen Sie ein eigenes Auto?</p> <p>Ja</p> <p>Nein</p>
A4	<p>Wie viele Kilometer fahren Sie durchschnittlich pro Jahr als Fahrer? (<i>Nur eine Nennung möglich.</i>)</p> <p>Bis 5.000 km</p> <p>5.001 bis 10.000 km</p> <p>10.001 bis 15.000 km</p> <p>15.001 bis 20.000 km</p> <p>Mehr als 20.000 km</p> <p>Keine Angabe, weiß nicht, ganz unterschiedlich</p>
A5	<p>Welche Art von Auto sind Sie im letzten Jahr gefahren? (<i>Mehrfachnennungen möglich.</i>)</p> <p>Eigenes Auto (Kauf)</p> <p>Eigenes Auto (Leasing)</p> <p>Familienauto (Zugelassen auf Familienangehörige)</p> <p>Auto von Freunden / Bekannten</p> <p>Firmenwagen</p> <p>Abonnement-Wagen</p> <p>Mietwagen</p> <p>Car Sharing</p> <p>Mir steht kein Auto zur Verfügung.</p>
A6	<p>Welches Automodell und welche Automarke sind Sie im letzten Jahr am meisten gefahren?</p> <p>Automarke</p> <p>_____</p> <p>Modellname</p> <p>_____</p>
A7	<p>Haben Sie eine Lieblings-Automarke oder -Modell?</p> <p>Automarke</p> <p>_____</p> <p>Modellname</p> <p>_____</p>

Abbildung A.5: Demografischer Fragebogen (Teil 3)

Kreativ-Fragen

K1	<p>Haben Sie ein gestalterisches oder kreatives Hobby, das Sie regelmäßig ausüben? (Mehrfachnennungen möglich.)</p> <p>Kunst (Malen, Zeichnen, o.ä.) Handwerk (Töpfern, Holzarbeiten, o.ä.) Modellbau (Modelleisenbahn, Lego Technik, o.ä.) Digitalprojekte (CAD, 3D-Druck, o.ä.) Sonstige</p> <hr/>
K2	<p>Haben Sie in Ihrem Beruf gestalterische oder kreative Aufgaben?</p> <p>Ja</p> <hr/> <p>Nein Weiß nicht</p>
K3	<p>Wie sicher sind Sie im Umgang mit dem Computer?</p> <p>Sehr unsicher Unsicher Eher unsicher Eher sicher Sicher Sehr sicher Weiß nicht</p>
K4	<p>Spielen Sie Computerspiele, in denen Sie sich durch einen dreidimensionalen Raum bewegen?</p> <p>Nie Selten Gelegentlich Oft Weiß nicht</p>

Abbildung A.6: Demografischer Fragebogen (Teil 4)

A4 Häufigkeitsverteilung des Konfiguratorexperiments

Tabelle A.1: Häufigkeitsverteilung der Designelemente je Designalter

		1970	1990	2010	2030
Aufbau	AA	51	47	29	2
	AC	28	28	13	1
	AI	10	17	37	14
	IC	2	6	11	14
	II	8	3	9	70
Kühlergrill	Rechteck	58	59	26	6
	Rund	19	7	10	5
	Trapez	8	25	48	8
	Dreieck	8	4	7	17
	Halbrund	3	3	5	1
	Kein Kühler	3	3	3	64
Kühlerinlay	Horizontalrippen	50	64	41	4
	Vertikalrippen (breit)	30	12	13	3
	Vertikalrippen (eng)	8	13	13	7
	Gitterstruktur	7	9	29	12
	Eben	1	0	0	11
Scheinwerfer	Rund	62	25	11	1
	Rechteck	18	22	9	7
	Doppelrund	11	24	14	2
	Doppelrund (asym.)	8	21	28	5
	Mandel	0	2	22	17
	Mandel (asym.)	0	5	8	9
	Dreieck	0	2	7	60
Stoß- stange	Über Eck	56	33	20	4
	Durchgehend	35	55	48	9
	Geteilt	5	13	18	13
	Integriert	3	0	13	75
Felgen	Scheiben	52	12	1	30
	5-Speichen	22	35	24	8
	Vielspeichen	10	9	14	35
	6-Speichen	8	22	16	5
	7-Speichen	4	14	9	3
	8-Speichen	2	5	15	5
	Doppelspeichen	1	4	20	15

A5 Dendrogramme aus hierarchischer Clusteranalyse nach Ward

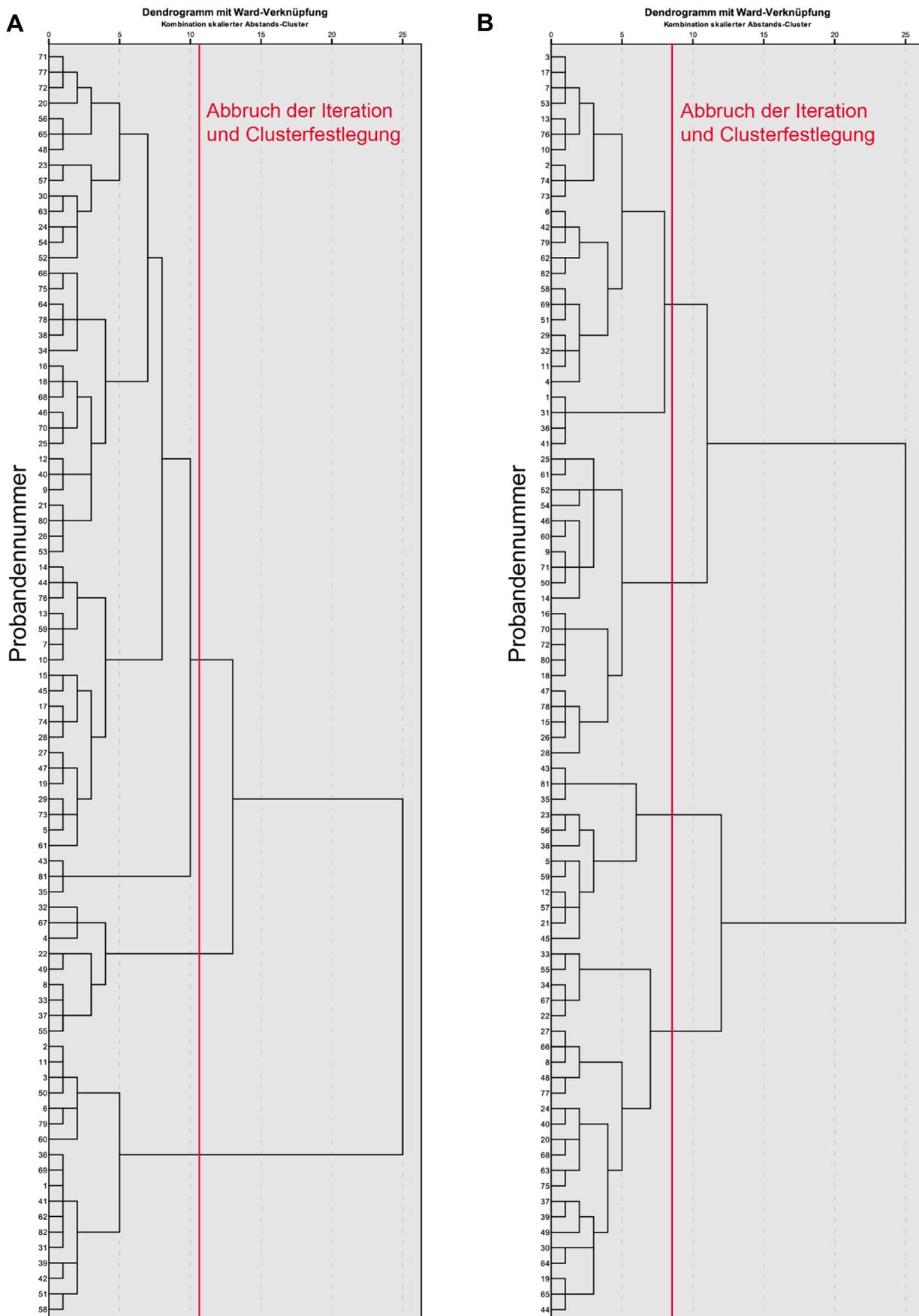


Abbildung A.7: Dendrogramme für Wahrnehmungs- (A) und Konfigurationscluster (B)

A6 Demografie der Wahrnehmungscluster

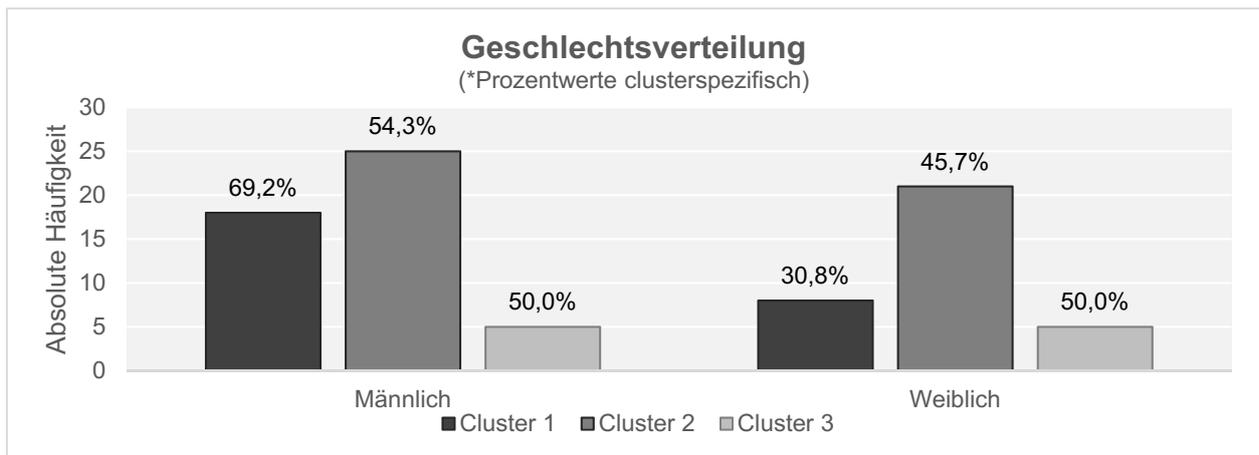


Abbildung A.8: Geschlechtsverteilung der Wahrnehmungscluster

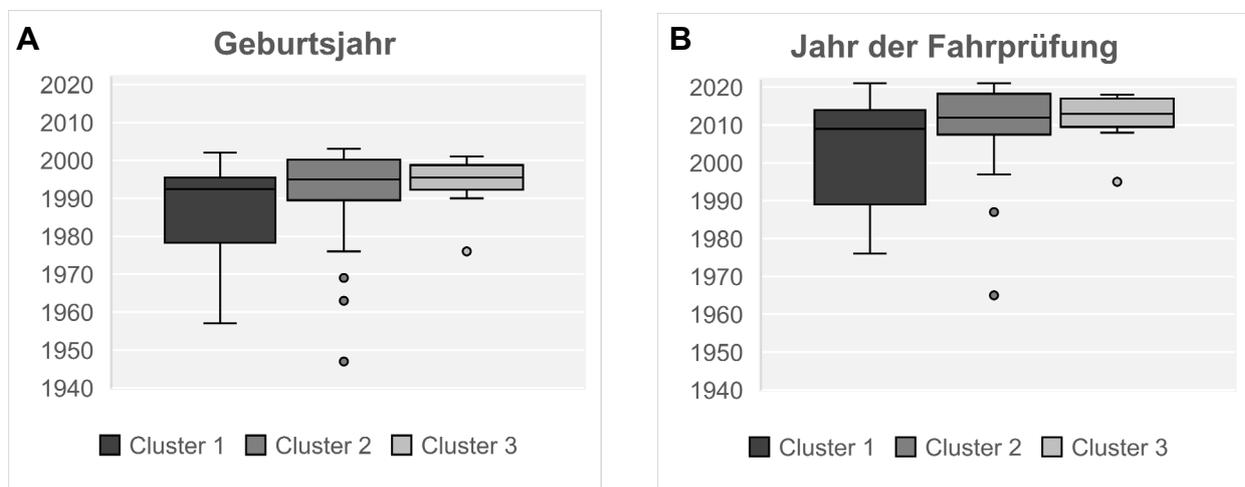


Abbildung A.9: Geburtsjahr und Prüfungsjahr der Wahrnehmungscluster

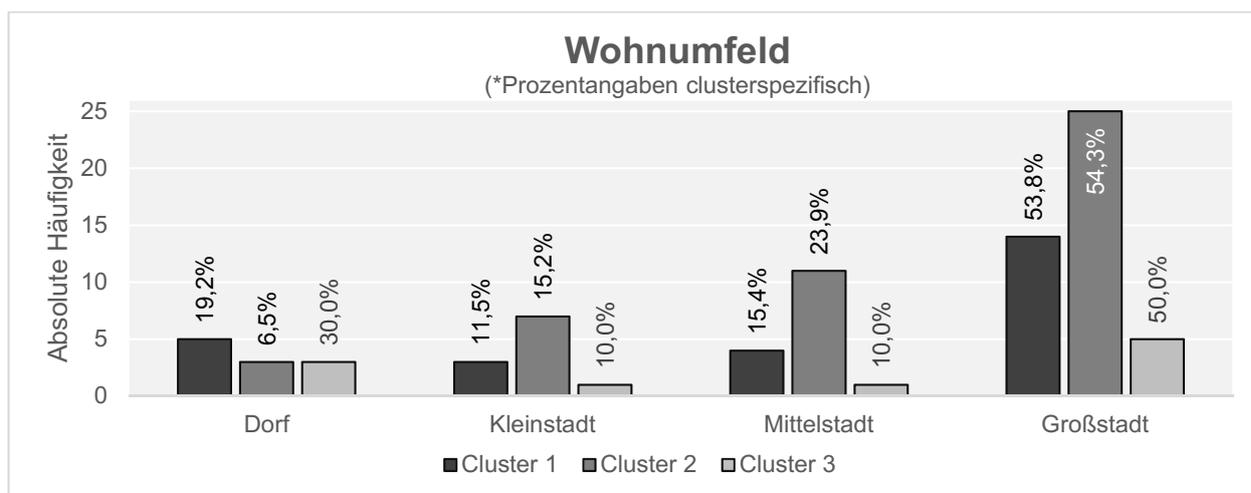


Abbildung A.10: Wohnumfeld der Wahrnehmungscluster

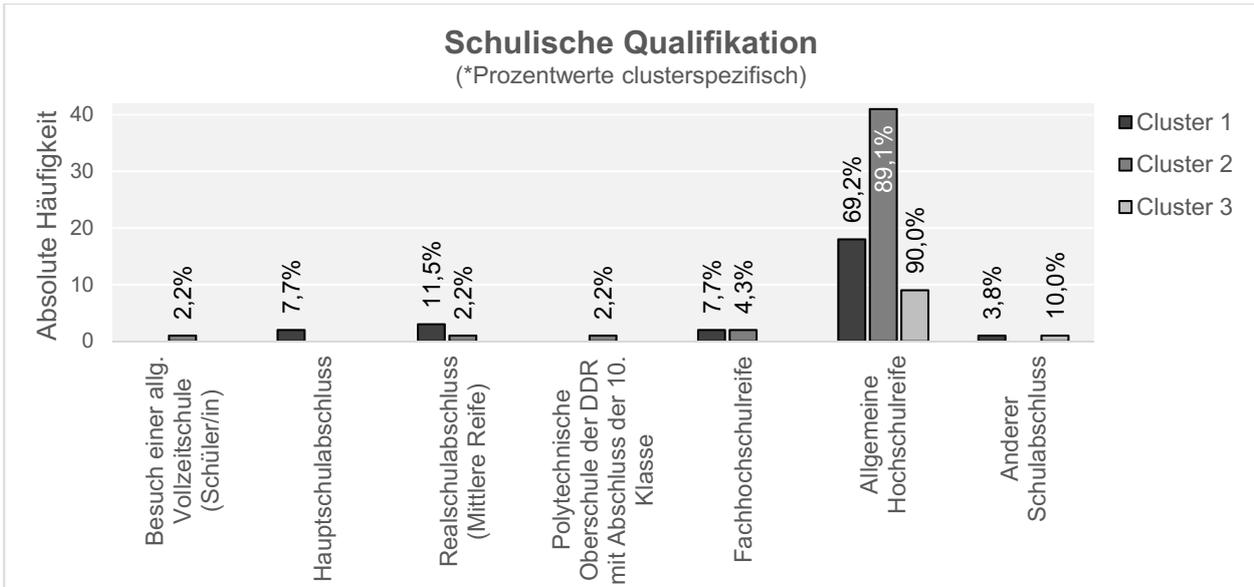


Abbildung A.11: Schulische Qualifikation der Wahrnehmungscluster

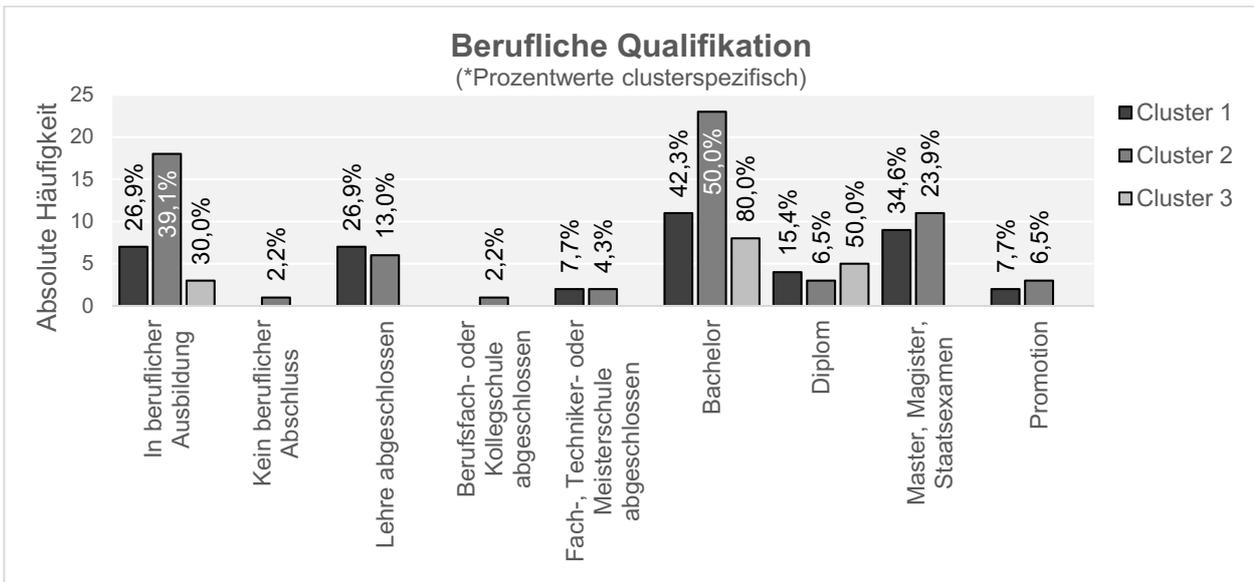


Abbildung A.12: Berufliche Qualifikation der Wahrnehmungscluster

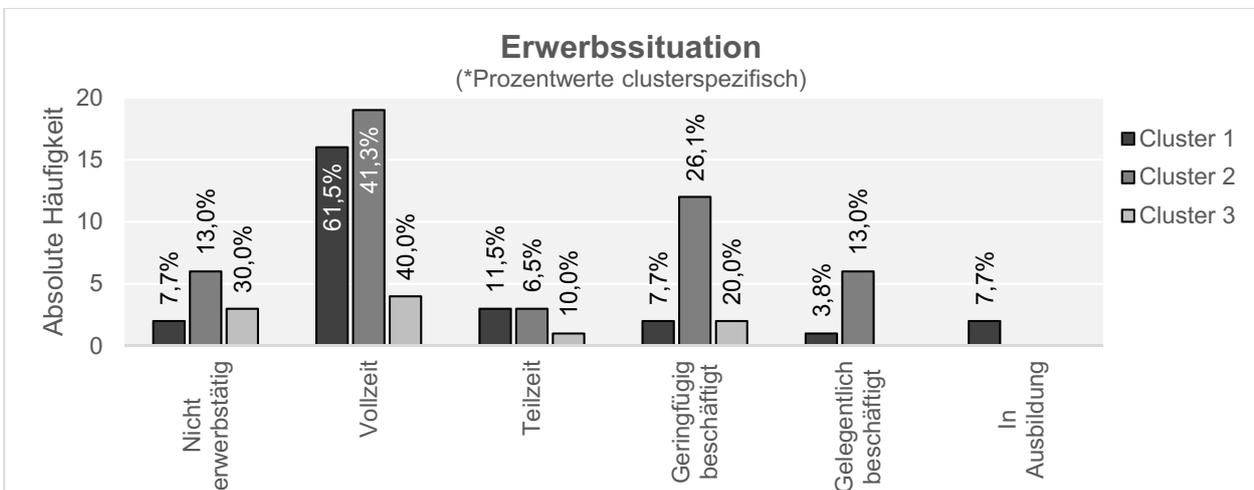


Abbildung A.13: Erwerbssituation der Wahrnehmungscluster

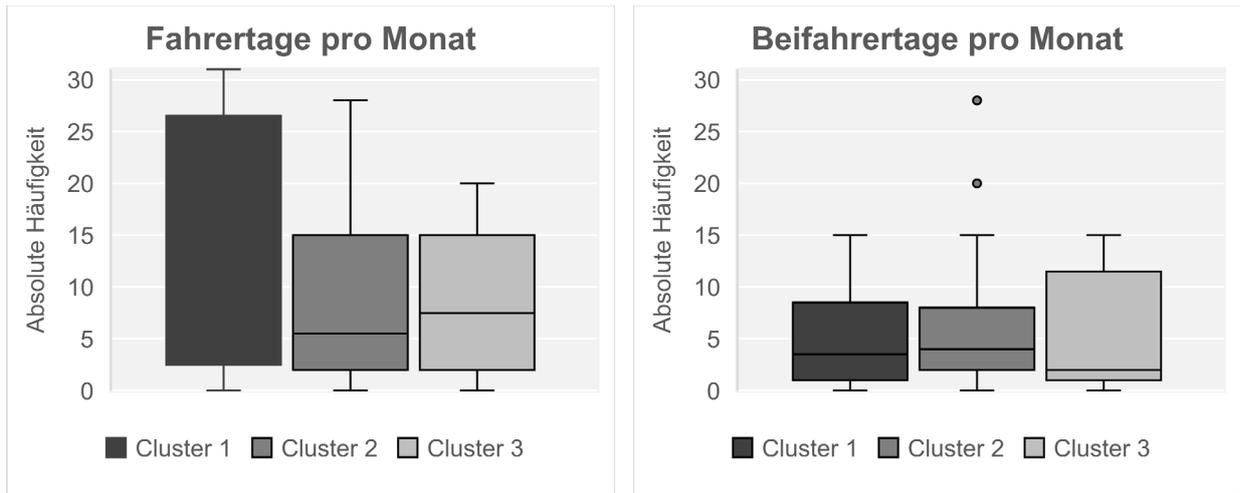


Abbildung A.14: Clusterspezifische Fahrer- und Beifahrertage pro Monat

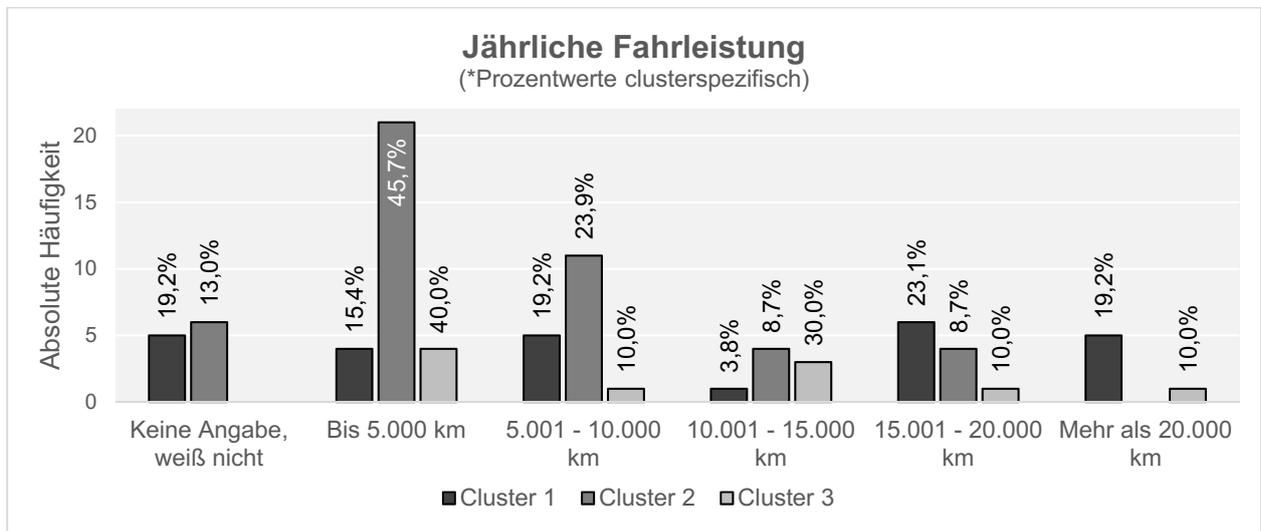


Abbildung A.15: Jährliche Fahrleistung der Wahrnehmungscluster

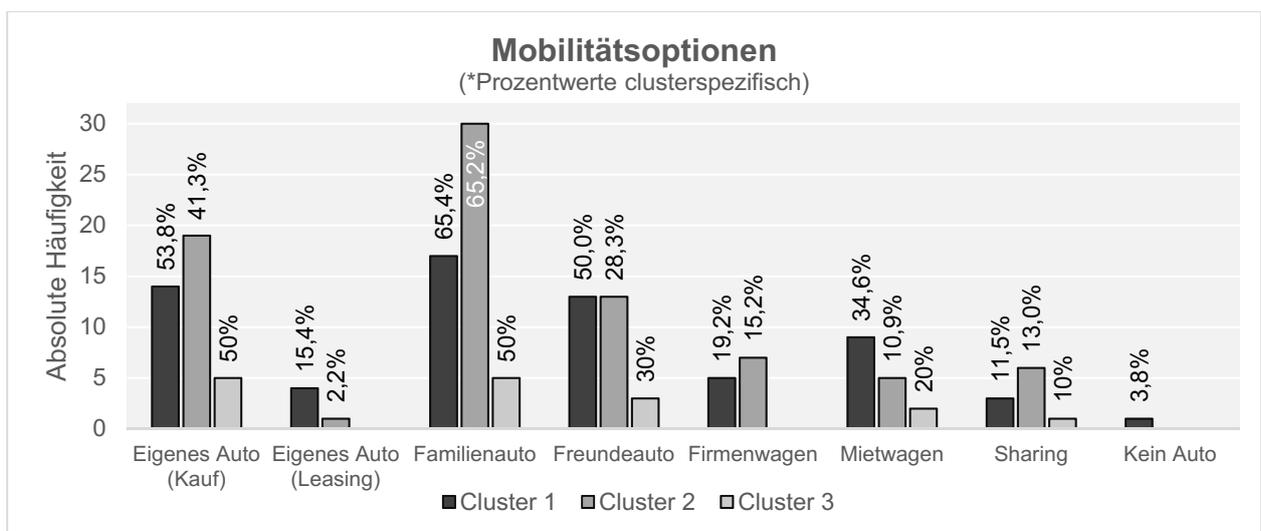


Abbildung A.16: Mobilitätsoptionen der Wahrnehmungscluster

Tabelle A.2: Demografische Daten der Gesamtstichprobe und Wahrnehmungscluster

Kategorie		Gesamt	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Stichprobe		82	26	46	10
Geschlecht	Männlich	58,5%	69,2%	54,3%	50,0%
	Weiblich	41,5%	30,8%	45,7%	50,0%
Geburtsjahr	Mittelwert [a]	1990,9	1987,1	2010,4	1994,2
	Standardabweichung [a]	11,9	13,5	11,0	7,3
	Maximum [a]	2003	2002	2003	2001
	Minimum [a]	1947	1957	1947	1976
Wohnumfeld	Dorf	13,4%	19,2%	6,5%	30,0%
	Kleinstadt	13,4%	11,5%	15,2%	10,0%
	Mittelstadt	19,5%	15,4%	23,9%	10,0%
	Großstadt	53,7%	53,8%	54,3%	50,0%
Schulische Qualifikation	Besuch einer allg. Vollzeitschule (Schüler/in)	1,2%		2,2%	
	Hauptschulabschluss	2,4%	7,7%		
	Realschulabschluss (Mittlere Reife)	4,9%	11,5%	2,2%	
	Polytechnische Oberschule der DDR mit Abschluss der 10. Klasse	1,2%		2,2%	
	Fachhochschulreife	4,9%	7,7%	4,3%	
	Allgemeine Hochschulreife	82,9%	69,2%	89,1%	90,0%
	Anderer Schulabschluss	2,4%	3,8%		10,0%
Berufliche Qualifikation	In beruflicher Ausbildung	22,2%	26,9%	26,5%	18,8%
	Kein beruflicher Abschluss	0,8%		1,5%	
	Lehre abgeschlossen	10,3%	26,9%	8,8%	
	Berufsfach- oder Kollegschule abgeschlossen	0,8%		1,5%	
	Fach-, Techniker- oder Meisterschule abgeschlossen	3,2%	7,7%	2,9%	
	Bachelor	33,3%	42,3%	33,8%	50,0%
	Diplom	5,6%	15,4%	4,4%	31,3%
	Master, Magister, Staatsexamen	19,8%	34,6%	16,2%	100,0%
	Promotion	4,0%	7,7%	4,4%	
Erwerbssituation	Nicht erwerbstätig	13,4%	7,7%	13,0%	30,0%
	Vollzeiterwerbstätig	47,6%	61,5%	41,3%	40,0%
	Teilzeiterwerbstätig	8,5%	11,5%	6,5%	10,0%
	Geringfügig beschäftigt	19,5%	7,7%	26,1%	20,0%
	Gelegentlich beschäftigt	8,5%	3,8%	13,0%	
	In Ausbildung	2,4%	7,7%		
Räumlicher IQ	Mittelwert	116,7	116,5	116,5	117,9
	Standardabweichung	14,7	13,6	15,0	17,4
	Maximum	145	145	145	145
	Minimum	76	94	76	88

Tabelle A.3: Demografische Daten der Gesamtstichprobe und Wahrnehmungscluster (Fortsetzung)

Kategorie		Gesamt	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Führerscheinbesitz	Nein	7,3%	7,7%	6,5%	10,0%
	Ja	87,8%	84,6%	89,1%	90,0%
	Ausländischer Führerschein	4,9%	7,7%	4,3%	
Prüfungsjahr	Mittelwert [a]	2008,6	2003,5	1992,3	2011,9
	Standardabweichung [a]	11,9	14,0	11,3	7,2
	Maximum [a]	2021	2021	2021	2018
	Minimum [a]	1965	1976	1965	1995
Fahrertage	Mittelwert [d]	10,62	15,08	8,61	8,30
	Standardabweichung [d]	9,348	11,431	7,707	6,651
Beifahrertage	Mittelwert [d]	5,27	4,58	5,63	5,44
	Standardabweichung [d]	5,376	4,149	5,927	5,940
Autobesitz	Nein	48,8%	34,6%	58,7%	40,0%
	Ja	51,2%	65,4%	41,3%	60,0%
Jahresstrecke	Keine Angabe, weiß nicht	13,4%	19,2%	13,0%	
	Bis 5.000 km	35,4%	15,4%	45,7%	40,0%
	5.001 - 10.000 km	20,7%	19,2%	23,9%	10,0%
	10.001 - 15.000 km	9,8%	3,8%	8,7%	30,0%
	15.001 - 20.000 km	13,4%	23,1%	8,7%	10,0%
	Mehr als 20.000 km	7,3%	19,2%	0,0%	10,0%
Mobilität	Eigenes Auto (Kauf)	46,3%	53,8%	41,3%	50%
	Eigenes Auto (Leasing)	6,1%	15,4%	2,2%	
	Familienauto	63,4%	65,4%	65,2%	50%
	Freundeauto	35,4%	50,0%	28,3%	30%
	Firmenwagen	14,6%	19,2%	15,2%	
	Mietwagen	19,5%	34,6%	10,9%	20%
	Sharing	12,2%	11,5%	13,0%	10%
	Kein Auto verfügbar	1,2%	3,8%		
Gestalterische Tätigkeiten	Beruf	55,9%	58,3%	58,3%	37,5%
	Kunst	41,2%	41,7%	44,4%	25,0%
	Handwerk	35,3%	37,5%	33,3%	37,5%
	Modellbau	19,1%	29,2%	16,7%	37,5%
	Digitalprojekte	30,9%	29,2%	30,6%	
	Sonstiges	22,1%	25,0%	22,2%	12,5%
Computer-Kompetenz	Sehr unsicher	6,1%	3,8%	8,7%	
	Unsicher	1,2%		2,2%	
	Eher unsicher	2,4%	15,4%	4,3%	
	Eher sicher	15,9%		17,4%	10,0%
	Sicher	41,5%	38,5%	43,5%	40,0%
	Sehr sicher	32,9%	42,3%	23,9%	50,0%
Computerspiele	Nie	39,0%	50,0%	37,0%	20,0%
	Selten	30,5%	26,9%	28,3%	50,0%
	Gelegentlich	20,7%	19,2%	21,7%	20,0%
	Oft	9,8%	3,8%	13,0%	10,0%

Lebenslauf

Persönliche Angaben:

Name: Franziska Kern
Geburtsdatum: 24.07.1990
Geburtsort: Dortmund
Staatsangehörigkeit: Deutsch

Ausbildung:

1997 – 2000 Grundschule Unterpörlitz
2000 – 2001 Grundschule Ziolkowski, Ilmenau
2001 – 2009 Goetheschule Ilmenau, staatliches Gymnasium mit naturwissenschaftlichen Spezialklassen, Abschluss mit Allgemeiner Hochschulreife
10/2009 – 05/2016 Studium an der TU Dresden, Allgemein-konstruktiver Maschinenbau, Vertiefung Technisches Design

Beruflicher Werdegang:

Seit 01/2017 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD), Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design, Universität Stuttgart

ISBN-13: 978-3-946924-24-1