TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

FACHGEBIET FÜR AGRARMARKTANALYSE UND AGRARMARKETING

# Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen - Eine Anwendung adaptiver hybrider Verfahren der Choice-based-Conjoint-Analyse

**Robert Josef Bauer**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktors der Wirtschaftswissenschaften (Dr. rer. pol.)**

genehmigten Dissertation.

| | |
|---|---|
| Vorsitzender: | Univ.-Prof. Dr. Michael Suda |
| Prüfer der Dissertation: | 1. Priv.-Doz. Dr. Klaus Menrad |
| | 2. Univ.-Prof., Ph. D. Jutta Roosen |

Die Dissertation wurde am 12.12.2014 bei der Technischen Universität München eingereicht und von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften am 15.10.2015 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

**Inhaltsverzeichnis** ..... **2**
**Abbildungsverzeichnis** ..... **5**
**Tabellenverzeichnis** ..... **6**
**1. Einleitung und Zielsetzung** ..... **7**
1.1. Einleitung ..... 7
1.2. Zielsetzung ..... 8
1.3. Aufbau der Arbeit ..... 8
**2. Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen** ..... **11**
2.1. Alternative Antriebssysteme – Eine Übersicht ..... 11
2.1.1. Verbrennungsmotoren (thermische Antriebe) ..... 12
2.1.2. Elektrische Antriebe ..... 13
2.1.3. Hybride Antriebe (Kombinationen von Antriebssystemen) ..... 14
2.2. Literaturüberblick zu Präferenzstudien für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ..... 16
2.3. Untersuchungsgegenstand der Präferenzstudie ..... 20
**3. Präferenzmodell (für Automobile mit alternativen Antriebssystemen)** ..... **23**
3.1. Präferenzen und Nutzen ..... 23
3.1.1. Zufallsnutzentheorie und Logit-Choice-Modelle ..... 24
3.1.1.1. Spezifikation der deterministischen Modellkomponente ..... 25
3.1.1.2. Spezifikation der stochastischen Modellkomponente ..... 27
3.1.1.3. Modellierung homogener Präferenzstrukturen ..... 28
3.1.1.4. Modellierung heterogener Präferenzstrukturen ..... 30
3.1.2. Hierarchische bayesianische Logit Choice- Modelle ..... 31
3.1.2.1. Einführung in die Bayes-Statistik ..... 31
3.1.2.2. Spezifikation hierarchischer bayesianischer Logit-Choice-Modelle ..... 36
3.2. Integrierte Modelle zum Einbezug von psychografischen Merkmalen in das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell ..... 38
3.3. Sozialpsychologische Modelle zur Verhaltensanalyse ..... 39
3.3.1. Theory of planned behaviour ..... 40
3.3.2. Reduziertes Theory-of-planned-Behaviour-Modell ..... 42

3.4. Präferenzmodell für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ..... 43
3.4.1. Psychografische Faktoren im Präferenzmodell ..... 43
3.4.2. Integriertes Modell zur Präferenzmessung ..... 44
3.4.3. Hypothesenformulierung ..... 45
**4. Methoden zur Präferenzmessung ..... 47**
4.1. Choice-based-Conjoint-Analyse ..... 48
4.1.1. Experimentelles Design ..... 49
4.1.1.1. Auswahl von Attributen und deren Ausprägungen ..... 49
4.1.1.2. Effizienzkriterien bei der Erstellung experimenteller Designs ..... 50
4.1.1.3. Verfahren zur Erstellung experimenteller Designs ..... 53
4.1.2. Experimentelle Befragung ..... 55
4.2. Gütekriterien der Messung ..... 57
4.3. Adaptive hybride Verfahren ..... 61
4.3.1. Adaptive Choice-based-Conjoint-Analyse (ACBC) ..... 61
4.3.2. Hybrid individualized two-level Choice-based-Conjoint (HIT-CBC) ..... 66
4.3.3. Konzeptioneller Vergleich von ACBC und HIT-CBC ..... 68
4.3.4. Literaturüberblick bisheriger Vergleichsstudien ..... 70
4.3.4.1. Vergleichsstudien zur ACBC ..... 70
4.3.4.2. Vergleichsstudien zur HIT-CBC ..... 72
4.3.5. Monte-Carlo-Simulationsstudie zum Vergleich von ACBC und HIT-CBC ..... 73
4.3.5.1. Design der Simulationsstudie ..... 73
4.3.5.2. Ergebnisse der Simulationsstudie ..... 75
**5. Empirischer Teil der Arbeit ..... 78**
5.1. Studiendesign ..... 79
5.1.1. Choice-Experiment ..... 80
5.1.1.1. Attribute und Ausprägungen ..... 80
5.1.1.2. Experimentelles Design ..... 82
5.1.2. Psychografische Merkmale ..... 85
5.1.3. Modellspezifikation ..... 86
5.2. Empirischer Vergleich der adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC ..... 87
5.3. Ergebnisse der Präferenzstudie zu Automobilen mit alternativen Antrieben ..... 92
5.3.1. Modellauswertung: Integriertes Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ..... 93

5.3.1.1. Attributwichtigkeiten ..... 94
5.3.1.2. Nutzenwerte ..... 94
5.3.1.3. Einfluss der psychografischen Merkmale ..... 104
5.3.1.4. Nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten ..... 110
5.3.2. Segmentbildung ..... 111
5.3.2.1. Segment 1 („Kostenfixierte“) ..... 114
5.3.2.2. Segment 2 („Performance-Fixierte“) ..... 115
5.3.2.3. Segment 3 („Präferierende elektrischer Antriebe“) ..... 117
5.3.2.4. Segment 4 („Moderate“) ..... 120
5.3.2.5. Psychografische Charakterisierung der Segmente ..... 121
**6. Diskussion ..... 124**
6.1. Diskussion der Ergebnisse des Vergleichs von ACBC und HIT-CBC ..... 124
6.2. Diskussion der Ergebnisse der Präferenzstudie ..... 129
6.2.1. Batterie-elektrischer Antrieb ..... 130
6.2.2. Hybridfahrzeuge ..... 135
6.2.3. Erdgasantrieb ..... 137
6.2.4. Andere Fahrzeugattribute ..... 139
6.2.5. Einfluss der psychografischen Merkmale ..... 142
6.3. Diskussion der methodischen Herangehensweise und der Limitationen ..... 145
6.3.1. Vergleich von ACBC und HIT-CBC ..... 145
6.3.2. Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ..... 148
6.3.3. Modelltheoretische Aspekte ..... 152
6.4. Schlussbemerkungen ..... 157
**Literaturverzeichnis ..... 158**
**Anhang ..... 170**
Anhang 1: Ergebnisse der Vorbefragung ..... 170
Psychografische Merkmale ..... 170
Wichtigkeit unterschiedlicher Fahrzeugattribute ..... 172
Anhang 2: Onlinefragebogen ..... 173

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Aufbau der Arbeit ..... 8
Abbildung 3.1: Modelldarstellung der *theory of planned behaviour* ..... 41
Abbildung 3.2: Darstellung des reduzierten Theory-of-planned-Behaviour-Modells ..... 42
Abbildung 4.1: Beispiel einer Choice-Task ..... 49
Abbildung 5.1: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Marke“ ..... 96
Abbildung 5.2: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Antriebssystem“ ..... 97
Abbildung 5.3: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Leistung“ ..... 98
Abbildung 5.4: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Ausstattung“ ..... 99
Abbildung 5.5: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Design“ ..... 100
Abbildung 5.6: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Reichweite“ ..... 101
Abbildung 5.7: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Energiekosten“ ..... 102
Abbildung 5.8: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Anschaffungspreis“ ..... 103
Abbildung 5.9: Relative Wichtigkeiten der Attribute im Segmentvergleich ..... 114
Abbildung 5.10: Segmentmittelwerte für das Attribut „Marke“ ..... 115
Abbildung 5.11: Segmentmittelwerte für das Attribut „Antriebssystem“ ..... 116
Abbildung 5.12: Segmentmittelwerte für das Attribut „Leistung“ ..... 117
Abbildung 5.13: Segmentmittelwerte für die Attribute „Design“ und „Ausstattung“ ..... 118
Abbildung 5.14: Segmentmittelwerte für das Attribut „Reichweite“ ..... 119
Abbildung 5.15: Segmentmittelwerte für das Attribut „Energiekosten“ ..... 120
Abbildung 5.16: Segmentmittelwerte für das Attribut „Anschaffungspreis“ ..... 121
Abbildung 6.1: Layout des ersten Befragungsteils der HIT-CBC 2.0 ..... 128
Abbildung A.1: Choice-Task der ersten Holdout-Aufgabe ..... 173
Abbildung A.2: Choice-Task der zweiten Holdout-Aufgabe ..... 174
Abbildung A.3: Choice-Task der dritten Holdout-Aufgabe ..... 174
Abbildung A.4: ACBC: Identifikation der besten Ausprägungen (*BYO section)* ..... 175
Abbildung A.5: ACBC: Beispiel für die *screening section* ..... 176
Abbildung A.6: ACBC: Beispiel für die Identifikation unakzeptabler Ausprägungen ..... 177
Abbildung A.7: ACBC: Beispiel für Choice-Tasks ..... 178
Abbildung A.8: HIT-CBC: Identifikation der besten und schlechtesten Ausprägungen ..... 179
Abbildung A.9: HIT-CBC: Beispiel für Choice-Tasks ..... 180
Abbildung A.10: HIT-CBC: Beispiel für die Rating-Aufgaben ..... 181

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Neuzulassungen unterschiedlicher Antriebssysteme in Deutschland .....11
Tabelle 2.2: Literaturüberblick zu Automobilen mit alternativen Antriebssystemen .....19
Tabelle 4.1: Befragungsteile der ACBC .....62
Tabelle 4.2: Befragungsteile der HIT-CBC.....66
Tabelle 4.3: Festgelegte Nutzenwerte in der Monte-Carlo-Simulationsstudie .....74
Tabelle 4.4: Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulationsstudie .....76
Tabelle 5.1: Attribute und Attributausprägungen in der Onlinebefragung .....81
Tabelle 5.2: Übersicht der in den drei Holdout-Aufgaben analysierten Stimuli .....85
Tabelle 5.3: Psychografische Faktoren bzw. Items in der empirischen Befragung.....86
Tabelle 5.4: Pseudo-$R^2$-Werte der Modellschätzungen.....88
Tabelle 5.5: Auswahlanteile in den drei Holdout-Aufgaben .....89
Tabelle 5.6: Trefferquoten und Marktanteilsschätzungen für ACBC und HIT-CBC .....90
Tabelle 5.7: Qualitative Kriterien beim Vergleich von ACBC und HIT-CBC.....91
Tabelle 5.8: Relative Attributwichtigkeiten .....94
Tabelle 5.9: Präferenzverteilung für das Attribut „Marke“.....95
Tabelle 5.10: Präferenzverteilung für das Attribut „Antriebssystem“ .....96
Tabelle 5.11: Präferenzverteilung für das Attribut „Leistung“ .....98
Tabelle 5.12: Präferenzverteilung für das Attribut „Ausstattung“.....99
Tabelle 5.13: Präferenzverteilung für das Attribut „Design“.....100
Tabelle 5.14: Präferenzverteilung für das Attribut „Reichweite“ .....101
Tabelle 5.15: Präferenzverteilung für das Attribut „Energiekosten“ .....102
Tabelle 5.16: Präferenzverteilung für das Attribut „Anschaffungspreis“.....103
Tabelle 5.17: Ergebnisse zu psychografischen Merkmalen und den zugehörigen Items.....104
Tabelle 5.18: Parameterschätzungen im Präferenzmodell.....106
Tabelle 5.19: Ergebnisse zu nicht-kompensatorischem Entscheidungsverhalten .....111
Tabelle 5.20: Ergebnisse der Clusteranalyse zur Segmentbildung .....113
Tabelle 5.21: Ergebnisse zu psychografischen Merkmalen nach Segmenten.....122
Tabelle 6.1: Befragungsteile der HIT-CBC 2.0.....129
Tabelle A.1: Ergebnisse der Vorbefragung zu psychografischen Faktoren .....171
Tabelle A.2: Ergebnisse der Vorbefragung zu kaufrelevanten Fahrzeugattributen.....172

# 1. Einleitung und Zielsetzung

## 1.1. Einleitung

In Deutschland ist das Automobil eines der wichtigsten Transportmittel. Die Zahl der zugelassenen Fahrzeuge lag im Jahr 2012 bei 540 je 1.000 Einwohner (Kraftfahrtbundesamt 2013a: 10). Große gesellschaftliche Herausforderungen im Automobilbereich sind die negativen Umwelteinflüsse des Autoverkehrs und der erwartete zukünftige Anstieg der Energie- und Rohölpreise. Der Automobilsektor ist aktuell in hohem Maß von fossilen Brennstoffen abhängig und einer der größten Emittenten von Treibhausgasen, die mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht werden (Campbell et al. 2012: 1318; Umweltbundesamt 2013). Insbesondere elektrische Fahrzeuge besitzen ein großes Potenzial, die Abhängigkeit des Mobilitätssektors von Rohöl zu reduzieren. Gleichzeitig ermöglichen sie es, Treibhausgas-, Schadstoff- und Schallemissionen im Straßenverkehr einzudämmen und gelten daher als umweltfreundlich (Egbue & Long 2012: 717; Campbell et al. 2012: 1318; Ziegler 2012: 1373).

Die deutsche Bundesregierung von CDU, CSU und FDP (Legislaturperiode 2009 bis 2013) hatte in ihrem Regierungsprogramm die Förderung der Elektromobilität beschlossen. Als Ziel wurde angegeben, im Jahr 2020 eine Million elektrische Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu haben (Bundesregierung 2009: 2). Im Koalitionsvertrag der folgenden Bundesregierung von CDU, CSU und SPD wurde dieses Ziel bestätigt (Bundesregierung 2013: 44). Neben der Förderung von elektrischen Fahrzeugen sind alternative Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren ein Thema. Außer Biokraftstoffen sind dabei Autogas (LPG) und Erdgas (CNG) zu nennen (Bundesregierung 2013: 44). Für die Zukunft werden Brennstoffzellen als ein weiteres interessantes alternatives Antriebssystem gehandelt (Bundesregierung 2013: 44). Im Rahmen dieser Untersuchung werden Brennstoffzellenfahrzeuge aufgrund ihrer zum Studienzeitpunkt sehr frühen Marktphase nicht betrachtet (vgl. Kapitel 5).

In den letzten Jahren brachten immer mehr Hersteller Automobile mit alternativen Antriebssystemen auf den Markt. Der Marktanteil von alternativen Antriebssystemen in Deutschland ist aktuell jedoch noch sehr gering. Zu Beginn dieser Arbeit im Jahr 2012 lag beispielsweise der Neuzulassungsanteil von Hybridfahrzeugen bei 0,70 %, von Erdgasfahrzeugen bei 0,17 % und von Batterie-elektrischen Automobilen bei 0,10 % (Kraftfahrtbundesamt 2013b: 10). Auch im Jahr 2013 veränderten sich diese Zahlen nicht wesentlich. Somit hängt die weitere Entwicklung der alternativen Antriebssysteme insbesondere auch von der Frage ab, ob die Autofahrer in Deutschland diese neuen Antriebssysteme annehmen werden.

## 1.2. Zielsetzung

In dieser Arbeit sollen Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen im Rahmen einer empirischen Befragung analysiert werden. In das Präferenzmodell werden dabei sowohl Präferenzdaten für unterschiedliche Fahrzeugkonzepte als auch individuelle psychografische Merkmale integriert. Im Einzelnen soll den folgenden Fragen nachgegangen werden: Welche (alternativen) Antriebssysteme werden präferiert? Welchen Einfluss haben psychografische Merkmale auf die Präferenzbewertung für alternative Antriebe? Welche Rolle spielt das Antriebssystem im Vergleich zu anderen Fahrzeugattributen bei der Präferenzbeurteilung?

Zur Durchführung der Präferenzanalyse werden in dieser Arbeit Befragungsmethoden der adaptiven hybriden Choice-based-Conjoint-Analyse verwendet. Neben der inhaltlichen Fragestellung zu Automobilen mit alternativen Antriebssystemen wird auch der folgenden methodischen Fragestellung nachgegangen: Welches der adaptiven hybriden Verfahren ist zur Präferenzmessung besser geeignet?

## 1.3. Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit wird im Folgenden dargestellt und findet sich in Kurzform auch in Abbildung 1.1.

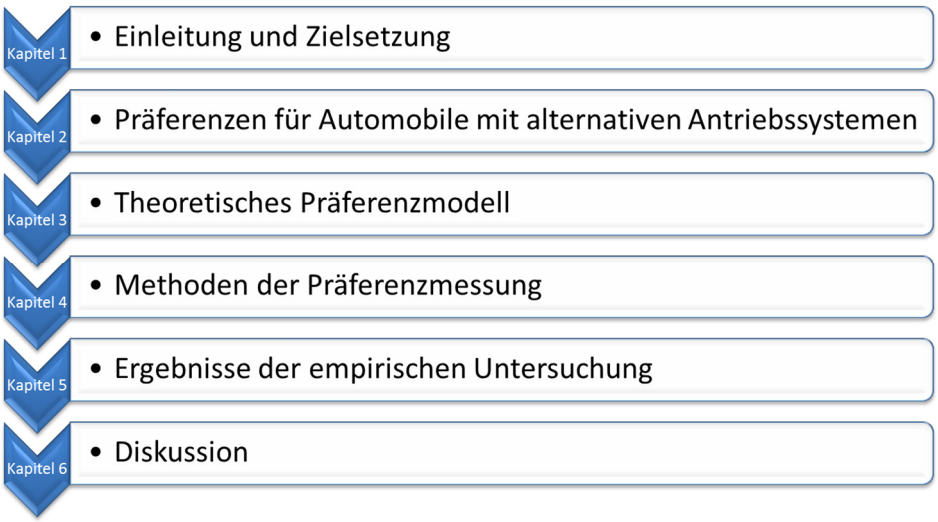


Abbildung 1.1: Aufbau der Arbeit

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

Im Anschluss an das Einleitungskapitel werden in Kapitel 2 Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen thematisiert. Zunächst erfolgt dabei eine Übersicht verschiedener Antriebssysteme, bei der auf technische Belange und aktuelle Verkaufszahlen eingegangen wird (Kapitel 2.1). Auch die Umwelteigenschaften (insbesondere hinsichtlich $CO_2$-

Emissionen) der vorgestellten Antriebssysteme werden in diesem Teilkapitel dargestellt. In Kapitel 2.2 wird die Präferenzsituation bei alternativen Antriebssystemen thematisiert. Insbesondere werden dabei die Ergebnisse früherer wissenschaftlicher Studien in diesem Themenfeld dargestellt. In Kapitel 2.3 erfolgt eine wissenschaftliche Einordnung und Abgrenzung der vorliegenden Arbeit.

Im dritten Kapitel wird das im Rahmen dieser Arbeit verwendete Präferenzmodell für Automobile mit alternativen Antriebssystemen eingeführt. Zunächst werden dazu generelle theoretische Aspekte der Präferenzmodellierung dargestellt und es wird das Logit-Choice-Modell erläutert (Kapitel 3.1). Ein Fokus liegt dabei auf Modellen zur Berücksichtigung von heterogenen Präferenzen und insbesondere den hierarchischen bayesianischen Modellen, die die Schätzung von individuellen Nutzenwerten ermöglichen. In Kapitel 3.2 wird ein generelles Modell vorgestellt, das den Einbezug von individuellen psychografischen Merkmalen in Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modelle ermöglicht. In Kapitel 3.3 erfolgt dann ein Überblick über sozialpsychologische Modelle, die zur Analyse von Kauf- bzw. Auswahlentscheidungen herangezogen werden. Insbesondere wird die *theory of planned behaviour* eingeführt. In Kapitel 3.4 wird das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen spezifiziert, das die modelltheoretische Grundlage für die vorliegende Arbeit bildet. Dieses Modell verbindet das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell mit den als relevant identifizierten psychografischen Faktoren. In diesem Rahmen erfolgt auch die Formulierung von Detailhypothesen, die anhand des Modells überprüft werden sollen (Kapitel 3.4.3).

Zur Überprüfung des in Kapitel 3 aufgestellten Präferenzmodells wird eine empirische Befragung durchgeführt. Aufgrund ihrer Eignung zur Präferenzmessung bei komplexen Produkten mit vielen Attributen und Attributausprägungen sollen dazu adaptive hybride Verfahren der Choice-based-Conjoint-Analyse verwendet werden. Zunächst wird in Kapitel 4.1 die klassische Choice-based-Conjoint-Analyse eingeführt. Gütekriterien zur Bewertung von Präferenzmessungsverfahren werden in Kapitel 4.2 erläutert. In Kapitel 4.3 werden die beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC vorgestellt und konzeptionell miteinander verglichen. Ein Überblick von bisherigen Vergleichsstudien erfolgt in Kapitel 4.3.4. Als ein erster direkter Vergleich von ACBC und HIT-CBC wird in Kapitel 4.3.5 die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Monte-Carlo-Simulationsstudie dargestellt.

In Kapitel 5 wird die Konzeption der empirischen Studie dargestellt und die Ergebnisse der empirischen Befragung werden gegeben. Die Details zur Konzeption der Befragung finden sich in Kapitel 5.1. Dort wird insbesondere die Auswahl der analysierten Fahrzeugattribute und -ausprägungen diskutiert. Die Ergebnisse der empirischen Vergleichsstudie von ACBC und HIT-CBC werden in Kapitel 5.2 vorgestellt. Die Ergebnisse der Modellschätzung für das integrierte Präferenzmodell für alternative Antriebssysteme finden sich in Kapitel 5.3.1. Zur

tiefergehenden Analyse wird in Kapitel 5.3.2 eine Segmentanalyse (Cluster-Analyse) der Probanden durchgeführt.

Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 6. In Kapitel 6.1 finden sich die Ergebnisse des Vergleichs von ACBC und HIT-CBC und es werden Vorschläge zur methodischen Verbesserung des HIT-CBC-Verfahrens gegeben. Die Diskussion der Ergebnisse der Präferenzstudie zu alternativen Antriebssystemen erfolgt in Kapitel 6.2. Die Diskussion der generellen methodischen Herangehensweise erfolgt in Kapitel 6.3. Dabei werden auch die Limitationen der Studie erläutert. In Kapitel 6.4 finden sich Schlussbemerkungen zur Arbeit.

# 2. Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen

## 2.1. Alternative Antriebssysteme – Eine Übersicht

In Tabelle 2.1 findet sich eine Übersicht der Neuzulassungszahlen verschiedener Antriebssysteme in Deutschland für das Jahr 2012 (vor Beginn der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten empirischen Befragung). Die Anteile der Antriebssysteme an den Neuzulassungszahlen haben sich im Jahr 2013 nicht wesentlich geändert. Es zeigt sich aber, dass bei Elektroautos, den Hybriden und den Erdgasfahrzeugen ein Wachstum verzeichnet werden konnte, während die Zulassungszahlen bei Diesel und Benziner rückläufig waren (Tabelle 2.1). Die Gliederung der Antriebssysteme erfolgt analog zur Gliederung des Kraftfahrtbundesamtes.

| Antriebe | 2012 (absolut) | 2012 (%) | 2013 (absolut) | 2013 (%) |
|---|---|---|---|---|
| Benzin | 1.555.241 | 50,5 | 1.502.784 | 50,9 |
| Diesel | 1.486.119 | 48,2 | 1.403.113 | 47,5 |
| Flüssiggas (LPG) | 11.465 | 0,4 | 6.257 | 0,2 |
| Erdgas (CNG) | 5.215 | 0,2 | 7.835 | 0,3 |
| Elektro | 2.956 | 0,1 | 6.051 | 0,2 |
| Hybrid | 21.438 | 0,7 | 26.348 | 0,9 |
| **Insgesamt** | **3.082.504** | | **2.952.431** | |

Tabelle 2.1: Neuzulassungen unterschiedlicher Antriebssysteme in Deutschland

Quellen: Kraftfahrtbundesamt (2013b: 10), Kraftfahrtbundesamt (2014)

Der Fokus dieser Arbeit liegt nicht auf der technischen Bewertung oder Diskussion von alternativen Antriebssystemen (vgl. Kapitel 2.3). Zur Begriffsklärung soll im Folgenden lediglich ein Überblick hierzu gegeben werden. Zudem erfolgt eine Diskussion der Umwelteigenschaften unterschiedlicher Antriebssysteme. Im Wesentlichen wird dabei auf den in der Öffentlichkeit am häufigsten herangezogenen Indikator „$CO_2$-Emissionen“ eingegangen. Die Ermittlung der $CO_2$-Emissionen von Fahrzeugen ist komplex und neben der Festlegung von Fahrzyklen (wie zum Beispiel dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ)) ist auch die Wahl des Bilanzierungsansatzes (zum Beispiel Well-to-Wheels-Ansatz) relevant (Edwards et al. 2011: 5; Lienkamp 2012: 16). Eine detaillierte technische Analyse der unterschiedlichen Bilanzierungsarten würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Daher werden hier nur grundsätzliche Aussagen zu $CO_2$-Reduzierungspotenzialen unterschiedlicher Antriebssysteme erläutert.

### 2.1.1. Verbrennungsmotoren (thermische Antriebe)

Die überwiegende Mehrheit der Automobile auf Deutschlands Straßen hat einen klassischen Verbrennungsmotor (z. B. Otto- oder Dieselmotor). Der Neuzulassungsanteil dieser Fahrzeuge lag im Jahr 2012 bei 99,2 % (Kraftfahrtbundesamt 2013a: 10; Kraftfahrtbundesamt 2013b: 10). Neben den klassischen fossilen Kraftstoffen „Diesel“ und „Benzin“ können u. a. auch die folgenden alternativen Kraftstoffe in Verbrennungsmotoren verwendet werden: Erdgas (CNG), Autogas (LPG), Alkohole (Methanol und Ethanol), Wasserstoff, Pflanzenöle, Dimethylether und synthetische Kraftstoffe (Stan 2012: 163 f.).

Die Verwendung von Biokraftstoffen erfolgt in Deutschland aufgrund gesetzlicher Regelungen überwiegend als Beimischung zu fossilen Kraftstoffen. Die rechtliche Grundlage ist das Biokraftstoffquotengesetz, das entsprechende Vorgaben der Europäischen Union in deutsches Recht übertragen hat (Peters 2011: 7). Mit dem Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen vom 15. Juli 2009 wurde eine wesentliche Änderung des Biokraftstoffquotengesetzes erreicht, die zum Ziel hat, Konkurrenz um Anbauflächen auf dem Ackerland zu vermeiden und den Ausbau der Biokraftstoffe stärker auf die Minderung der Treibhausgasemissionen auszurichten (Peters 2011: 7). Die Sinnhaftigkeit des Einsatzes verschiedener Arten von Biokraftstoffen wird in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert (Stichwort: Teller-Tank-Problematik). Die $CO_2$-Bilanz solcher Kraftstoffe hängt wesentlich vom Produktionsprozess ab (Edwards et al. 2011: 30). Wird beispielsweise Biogas aus organischen Reststoffen erzeugt, so ergibt sich ein großes (und relativ kostengünstiges) $CO_2$-Einsparungspotenzial (Edwards et al. 2011: 6).

Einen vergleichsweise großen Neuzulassungsanteil haben in Deutschland die alternativen Gaskraftstoffe (Jahr 2012: Flüssiggas (LPG): 0,37 %; entspricht 11.465 Fahrzeugen; Erdgas (CNG): 0,17 %; entspricht 5.215 Fahrzeugen). Aufgrund der energieträgerbedingten niedrigeren $CO_2$-Emissionen werden insbesondere Erdgasfahrzeuge als eine umweltfreundliche Alternative zu Dieseln und Benzinern angesehen (Mischner et al. 2007: 432; Peters 2011: 7). Die Kraftstoffinfrastruktur für diese Fahrzeuge ist in Deutschland mit insgesamt ca. 900 Tankstellen gut ausgeprägt (Initiative Erdgasmobilität 2014). Viele der am Markt verfügbaren Fahrzeuge haben einen zusätzlichen Benzintank. Die Reichweiten der Erdgasfahrzeuge liegen damit häufig im Bereich von Fahrzeugen, deren Verbrennungsmotor (nur) mit Diesel oder Benzin betrieben wird (Erdgas Mobil 2014).

Wasserstoff wird häufig als ideale Alternative für die Antriebe der Zukunft gehandelt (Stan 2012: 207). Seine Herstellung ist theoretisch auf Basis von Strom und Wasser möglich (Elektrolyse). Dabei entstehen keine schädlichen Nebenprodukte (Stan 2012: 207). Falls für die Produktion des benötigten Stroms regenerative Energiequellen verwendet werden, ließe sich Wasserstoff somit $CO_2$-neutral herstellen. Die Anlagen zur Wasserstoffherstellung könnten auch gezielt dazu eingesetzt werden, um die Produktionsschwankungen bei den

erneuerbaren Energien (Wind- und Solarstrom) auszugleichen (Der Bund 2014). Die Nutzung des Wasserstoffs führt wieder zu Wasser (Stan 2012: 207).

Die Speicherung von Wasserstoff stellt eine große Herausforderung dar, da entweder ein hoher Druck oder extrem niedrige Temperaturen notwendig sind (Stan 2012: 208 f.). Eine erfolgreiche Marktetablierung hängt insbesondere auch von der Schaffung einer flächendeckenden Infrastruktur von Wasserstofftankstellen ab, die in Deutschland derzeit nicht vorhanden ist (Eckstein & Thoennes 2012: 27). In der Praxis erfolgt die Herstellung von Wasserstoff bislang in den allermeisten Fällen aus Erdgas, wobei $CO_2$ oder Kohlenstoff entsteht (Stan 2012: 208). Hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit von Wasserstoffverbrennungsmotoren kommen Edwards et al. (2011: 7) zu dem Schluss, dass, solange für die Produktion von Wasserstoff Erdgas eingesetzt wird, keine Reduzierung der Treibhausgasemissionen möglich ist (Well-to-Wheels-Ansatz). Wird der so produzierte Wasserstoff nicht in Verbrennungsmotoren, sondern in Brennstoffzellen eingesetzt, können die Treibhausgasemissionen reduziert werden (Edwards et al. 2011: 7). Auf die Brennstoffzellentechnologie wird im Abschnitt über elektrische Antriebe eingegangen.

### 2.1.2. Elektrische Antriebe

Elektromotoren funktionieren auf Basis elektrisch generierter elektromagnetischer Felder, die infolge einer Induktion magnetische Kräfte hervorrufen, und haben als Antriebssysteme für Automobile bemerkenswerte Vorteile gegenüber thermischen Antrieben (Stan 2012: 235). So ist die Drehmomentcharakteristik nahezu ideal und es kann unmittelbar das maximale Drehmoment erreicht werden. Die Beschleunigung vom Stillstand übertrifft damit die thermischen Antriebe (Stan 2012: 235). Getriebe und Kupplung sind nicht erforderlich und es ergibt sich ein Einsparungspotenzial bei Wartungs- und Reparaturkosten (Lienkamp 2012: 33; Stan 2012: 235). Hinsichtlich des Betriebs ergeben sich bei Elektromotoren keine $CO_2$-Emissionen (lokale Emissionsfreiheit) und die Schallemissionen sind wesentlich geringer als bei thermischen Antrieben (Schneider & Groesser 2013: 36).

In Deutschland lag der Neuzulassungsanteil für Elektroautos im Jahr 2012 bei 0,10 % (entspricht 2.956 Fahrzeugen). Die meisten dieser elektrischen Fahrzeuge sind Batterie-elektrisch, d. h., die Elektroenergie an Bord wird mittels Batterien gespeichert. Diese Art der Energieversorgung ist bis heute im Vergleich zu thermischen Antrieben ineffizient (Stan 2012: 241). Zu vergleichbaren Herstellungskosten lassen sich bei Batterie-elektrischen Antrieben nur geringe Fahrzeugreichweiten erzielen (Stan 2012: 243). Auch die Ladezeiten für die Batterien sind wesentlich länger als der Tankvorgang bei thermischen Antrieben (Stan 2012: 267). Für die Well-to-Wheels-$CO_2$-Bilanz Batterie-elektrischer Fahrzeuge ist der Strommix des zur Ladung der Batterien verwendeten Stroms relevant. Je nachdem ergibt sich eine unterschiedliche $CO_2$-Bilanz (Lienkamp 2012: 37). Verwendet man beispielsweise Strom aus Kohle, ist die $CO_2$-Bilanz eines Elektroautos erheblich schlechter als die eines mit

Benzin oder Diesel betriebenen Fahrzeugs (Lienkamp 2012: 37). Wird Strom aus Windenergieanlagen oder anderen erneuerbaren Energieträgern verwendet, verbessert sich die $CO_2$-Bilanz (Lienkamp 2012: 37). Da aus Uran erzeugter Atomstrom $CO_2$-frei ist, wirkt sich auch die Nutzung von Atomstrom positiv auf die $CO_2$-Bilanz aus (Lienkamp 2012: 37). Die Ladung von Elektroautos ist grundsätzlich an der Steckdose möglich, sodass Energie auch zu Hause, z. B. an einer Steckdose in einer Garage, geladen werden kann. Die Zahl der öffentlichen Ladesäulen in Deutschland ist von ca. 1.300 Stationen im August 2013 auf ca. 1.900 Stationen im Dezember 2013 angestiegen; etwa die Hälfte der Stationen verfügt über eine Schnelladefunktion, d. h., dass eine 80%ige Aufladung von Elektroautos in weniger als einer Stunde möglich ist (Chargemap 2014).

Eine Alternative zur Speisung von Elektromotoren stellen Brennstoffzellen dar. Die Umwandlung anderer Energieformen in Strom erfolgt dabei direkt an Bord des Fahrzeugs. Somit ist keine Stromspeicherung in (teuren) Batterien notwendig (Stan 2012: 245). In der Brennstoffzelle werden Wasserstoff- und Sauerstoffströmungen mithilfe von Elektrolyten getrennt, die im Zusammenwirken mit einem Katalysator einen Protonenaustausch von Wasserstoff zum Sauerstoff bewirken (Stan 2012: 246). Ein Wasserstofftank enthält den notwendigen Wasserstoff. Im Jahr 2013 gab es in Deutschland nur 15 öffentliche Wasserstofftankstellen (Bähnisch 2013). Die Industrieinitiative H2 Mobility, der u. a. die Unternehmen Air Liquide, Daimler, Linde, OMV, Shell und Total angehören, arbeitet aktuell am Aufbau eines größeren Wasserstofftankstellennetzes für Brennstoffzellenfahrzeuge in Deutschland (Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2014).

Die geschilderten Probleme hinsichtlich der Produktion, Speicherung und Ladeinfrastruktur für Wasserstoff sind für Brennstoffzellen in gleichem Maße relevant wie für Wasserstoffverbrennungsmotoren (vgl. Kapitel 2.1.1). Eine Alternative ist es, anstatt reinem Wasserstoff Kohlenwasserstoffe (Benzin, Dieselkraftstoff) oder Alkohole (z. B. Methanol, Ethanol) als Träger von Wasserstoff zu verwenden (Stan 2012: 250). Der Kraftstoff wird dann an Bord des Fahrzeugs anhand eines Reformers in Wasserstoff umgewandelt und in der Brennstoffzelle verwendet (Edwards et al. 2011: 54). Allerdings erhöht dies die Komplexität des Fahrzeugs und bei der Verwendung von fossilen Energieträgern wird zusätzlich $CO_2$ freigesetzt (Edwards et al. 2011: 54).

### 2.1.3. Hybride Antriebe (Kombinationen von Antriebssystemen)

Die Bewertung von Antriebssystemen nach Energiebedarf und -ressourcen, sowie nach ökologischen, technischen und wirtschaftlichen Kriterien führt nach Stan (2012: 273) zu der Schlussfolgerung, dass eine universell einsetzbare Konfiguration als optimale Form nicht realistisch ist. Hybride Antriebssysteme setzen an diesem Punkt an und kombinieren verschiedene Antriebssysteme. Die erhöhte Komplexität der Antriebssysteme birgt u. a. den Nachteil, dass die Produktionskosten und das Gewicht des Fahrzeugs steigen (Lienkamp

2012: 28). Das steigende Gewicht und der daraus resultierende zusätzliche Energiebedarf beeinflussen auch das $CO_2$-Reduzierungspotenzial der Hybriden (Lienkamp 2012: 21). Grundsätzlich sind verschiedenste Kombinationen von Antriebssystemen denkbar. Im Folgenden wird ein Überblick von Antriebskonfigurationen gegeben, die Gegenstand der aktuellen Entwicklung sind.

**Serielle Hybride**

Serielle Hybride haben einen Verbrennungsmotor (z. B. Ottomotor) mit flüssigem oder gasförmigem Kraftstoff, der im begrenzten Funktionsbereich als Stromgenerator eingesetzt wird, und kombinieren diesen mit einem Stromspeicher (Batterie). Der Antrieb ist der Elektromotor (Stan 2012: 275). Den seriellen hybriden Fahrzeugen können auch Elektroautos mit Range-Extender zugeordnet werden, bei denen ein sehr kleiner abgekoppelter Verbrennungsmotor wie ein Notstromaggregat Strom erzeugt (Lienkamp 2012: 28).

**Elektrische Hybride**

Elektrische Hybride haben einen Antriebselektromotor mit Energieumwandlung in einer Brennstoffzelle an Bord und zusätzlich eine Batterie zur Stromspeicherung (Stan 2012: 274).

**Parallele Hybride**

Parallele Hybride haben einen Verbrennungsmotor mit flüssigem oder gasförmigem Kraftstoff als Antriebsmodul, der mit einem oder mehreren Elektromotoren zusammenwirkt. Der Elektromotor wird aus einem Stromspeicher (Batterie) gespeist. Die Antriebe sind der Elektromotor und die Wärmekraftmaschine (Stan 2012: 299). Innerhalb dieser Gruppe wird nach der absoluten elektrischen Antriebsleistung kategorisiert (Stan 2012: 299). Mikro- und Mildhybride verfügen über eine elektrische Antriebsleistung unter 20 kW. Der Elektromotor wird für die Start-/Stopp-Funktion genutzt (Mikrohybrid). Beim Mildhybrid wird der Elektromotor zusätzlich zur Unterstützung des Verbrennungsmotors bei der Beschleunigung verwendet (Stan 2012: 299). Zudem wirkt der Elektromotor beim Mildhybrid als Generator, um die Bremsenergie in Elektroenergie umzuwandeln, welche dann in der Batterie gespeichert wird (Stan 2012: 299). Vollhybride haben eine deutlich größere elektrische Leistung (> 40 kW) (Stan 2012: 300). Als klassische Lösung des Parallel-Vollhybriden wird ein Antriebselektromotor verwendet, der zusammen mit dem Antriebsverbrennungsmotor arbeitet.

Gemischte Hybride haben zusätzlich zum Antriebsverbrennungsmotor mehrere Antriebselektromotoren. Diese können auch rein elektrisch betrieben werden und der Verbrennungsmotor schaltet sich bei Bedarf zu bzw. an (Stan 2012: 300). Den gemischten Hybriden sind auch die Plug-in-Hybride zuzuordnen, die einen vergrößerten Stromspeicher haben und rein elektrische Fahrstrecken von 25 bis 50 Kilometern ermöglichen (Lienkamp 2012: 28).

Die überwiegende Mehrheit der in Deutschland zugelassenen Hybridfahrzeuge kann den seriellen und parallelen Hybriden zugeordnet werden. In der Neuzulassungsstatistik des Kraftfahrtbundesamtes werden hybride Fahrzeuge gesammelt erfasst. Der Neuzulassungsanteil lag im Jahr 2012 bei 0,70 %. In der Statistik werden seit 2012 die Plug-in-Hybride gesondert erfasst. Unter den im Jahr 2012 21.438 neu zugelassenen Hybriden befanden sich 408 Plug-in-Hybride.

Hinsichtlich der $CO_2$-Emissionen ergeben sich Einsparpotenziale durch die Nutzung des elektrischen Motors sowie durch einen effizienten Einsatz der Motoren. Die potenziellen Einsparungen hängen aber vom Fahrzyklus ab (Struwe 2011: 67). Hybride eignen sich insbesondere im Stadtverkehr (Stop&Go). Auf Autobahnfahrten (Konstantfahrten) verbrauchen sie aufgrund des zusätzlichen Gewichts eher mehr (Lienkamp 2012: 21; Stan 2012: 298).

## 2.2. Literaturüberblick zu Präferenzstudien für Automobile mit alternativen Antriebssystemen

In der wissenschaftlichen Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien, die sich mit Beweggründen für den Kauf von Automobilen mit alternativen Antriebsystemen befassen. In diesem Kapitel soll der Stand des Wissens dargestellt werden.

Das Thema „Antriebssystem“ zieht sich durch die gesamte Automobilgeschichte. Unter den ersten entwickelten Fahrzeugen befanden sich ebenso elektrische Fahrzeuge wie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Obwohl sich der Verbrennungsmotor im Laufe des zwanzigsten Jahrhunderts durchsetzte, wurden über die Jahre auch immer wieder alternative Antriebssysteme entwickelt. Im Rahmen der Präferenzforschung tauchte das Thema „alternative Antriebe“ daher ebenfalls immer wieder auf. Für einen Überblick älterer Studien zum Thema sei auf Struwe (2011: 115) verwiesen.

Innerhalb der letzten Jahre hat das Thema „alternative Antriebe“ immer mehr an Bedeutung gewonnen und mittlerweile bietet nahezu jeder Automobilhersteller auch Alternativen zu Diesel und Benziner an. Tabelle 2.2 bietet eine Übersicht von wissenschaftlichen Präferenzstudien der letzten Jahre. Im Folgenden wird der gewählte Suchvorgang beschrieben. Es wurden aktuelle Studien ausgewählt, die in der Zeit von Januar 2012 bis August 2014 in wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht wurden. Der Fokus des Suchvorgangs lag auf Präferenzanalysen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen bei Privatpersonen. Für die Suche nach Studien wurden die Datenbanken „Web of Knowledge“ und „Science Direct“ ausgewählt. In der Datenbank „Web of Knowledge“ wurden jeweils zwei Schlagworte (*topics*) für die Suche verwendet. Das erste Schlagwort war immer „preference“; das zweite war einer der folgenden Begriffe: „alternative fuel vehicles“, „alternative energy sources and propulsion“, „electric vehicles“, „hybrid vehicles“, „natural gas

vehicles“, „CNG“, „electromobility“. Als Wissenschaftsdisziplin (*research domain*) wurden die Sozialwissenschaften ausgewählt. Der Suchvorgang in der Datenbank „Science Direct“ wurde ähnlich gestaltet. Dieselben Suchbegriffe wurden im Auswahlfeld „Abstract, title, keywords“ verwendet.

Für den deutschen Markt konnten anhand des geschilderten Suchvorgangs nur die Studien von Ziegler (2012) und Hackbarth & Madlener (2013) identifiziert werden. Da der Fokus dieser Arbeit auf dem deutschen Markt liegt, wurde die Suche nach Studien für diesen Markt intensiviert. Durch Recherchen in den Literaturverzeichnissen der im Suchvorgang identifizierten Studien und Gespräche mit anderen Wissenschaftlern wurden weitere Studien für den deutschen Markt gefunden (vgl. Tabelle 2.2).

| **Studie** | **Ergebnisse** |
|---|---|
| Achtnicht (2012)<br>Der Fokus der Studie für den deutschen Markt lag auf Umweltaspekten und dabei insbesondere auf den $CO_2$-Emissionen von Automobilen. Anhand eines Choice-Experiments sollte herausgefunden werden, wie relevant die $CO_2$-Emissionen eines Fahrzeugs für die Auswahl-entscheidungen von potenziellen Autokäufern sind. | Die Ergebnisse ließen vermuten, dass die $CO_2$-Emissionen eine Rolle bei den Auswahlentscheidungen spielen. Die Wichtigkeit dieses Attributs hing von sozio-demografischen Merkmalen ab, insbesondere dem Alter der Probanden. |
| Axsen & Kurani (2013)<br>In der Studie für die Vereinigten Staaten von Amerika sollten Präferenzen für Geschäftsmodelle untersucht werden, die Plug-in-Hybride (PEV) und Ökostromtarife kombinieren. Dazu wurden Personen befragt, die kürzlich einen Neuwagen gekauft hatten. | Die Ergebnisse zeigten, dass die Kombination von Fahrzeug- und Stromtarifangeboten insbesondere von Personen begrüßt wurde, die bereits ein Hybridfahrzeug gekauft hatten. Beweggründe für das Interesse an solchen Produkten waren finanzielle Einsparmöglichkeiten, Umweltschutz und Interesse an neuen Technologien. |
| Baltas & Saridakis (2013)<br>Der Fokus der Studie lag auf Auswahlentscheidungen für unterschiedliche Fahrzeugsegmente (z. B. Kleinwagen oder SUVs). Als unabhängige Variablen wurden das Nutzungsverhalten sowie sozio-demografische und psychografische Merkmale in ein Choice-Modell integriert. Die Grundgesamtheit waren Europäer, die im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis waren. | Hinsichtlich alternativer Antriebssysteme konnte festgestellt werden, dass Hybridantriebe insbesondere von Personen bevorzugt wurden, die eine große Präferenz für Kleinstwagen haben. Für Personen mit einer großen Präferenz für Luxus- und Sportwagen zeigte sich eine geringe Präferenz für Hybridantriebe. |
| Dimitropoulos et al. (2013)<br>In der Metastudie wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen zu Präferenzen für Automobile mit alternativen Antrieben auf ihre Aussagen zu Fahrzeugreichweiten untersucht. | Es zeigte sich, dass geringe Reichweiten von Elektroautos sich negativ auf die Präferenzen auswirkten. Für Präferenzanalysen sollten neben Reichweiten auch weitere damit in Zusammen-hang stehende Faktoren wie Ladezeiten und Ladeinfrastruktur betrachtet werden. |
| Egbue & Long (2012)<br>In der Studie wurden Studierende und Beschäftigte einer technischen Universität in den Vereinigten Staaten von Amerika zu ihren Präferenzen für Elektroautos befragt. Als Methode wurde eine direkte Befragung gewählt und diese in einem Onlinefragebogen umgesetzt. | Die Ergebnisse ließen auf eine große Unsicherheit der Probanden in Hinblick auf Elektromobilität schließen. Neben den hohen Kosten waren die geringen Reichweiten von Elektroautos die größte Besorgnis der Probanden. Nachhaltigkeitsaspekte spielten eine untergeordnete Rolle. |
| Eggers & Eggers (2011)<br>Die Autoren fokussierten in ihrer Studie für den deutschen Markt auf die Adoption von Automobilen mit elektrischen Antrieben und verwendeten für ihre Markt-prognosen ein Choice-based-Conjoint-Adoption-Modell. Als Grundgesamtheit wurden Personen in Deutschland herangezogen, die sich für Fahrzeuge aus dem Bereich der Kompaktklasse und Kleinwagen interessieren. | Die größten Nutzenwerte erzielten Hybridfahrzeuge. Für die Adoption von voll-elektrischen Automobilen wurden Preis, Reichweite, Zeitpunkt des Markteintritts und die Umweltinnovation als kritische Faktoren identifiziert. Generell konnte eine große Präferenzheterogenität bei alternativen Antriebssystemen festgestellt werden. |

| Studie | Ergebnisse |
|---|---|
| Hackbarth & Madlener (2013)<br>Die Autoren führten ein Choice-Experiment für den deutschen Markt durch. Es wurden Personen in Deutschland befragt, die entweder im Jahr vor der Befragung ein Auto gekauft hatten oder beabsichtigten, im Jahr nach der Befragung einen Neuwagen zu kaufen. In das Choice-Modell wurden auch sozio-demografische Merkmale, Nutzungseigenschaften und das Umweltbewusstsein integriert. | Die Ergebnisse zeigten, dass elektrische Antriebe kritisch gesehen wurden. Dies gilt für Plug-in-Hybride in geringerem Maß als für Batterie-elektrische Fahrzeuge. Unter den alternativen Antrieben erzielten klassische parallele Hybride (HEV) und Erdgasautos die größten Präferenzwerte. Jüngere Personen, Personen mit höherer Bildung und Umweltbewusste zeigten größere Präferenzwerte für alternative Antriebe. |
| Hoen & Koetse (2014)<br>In der Präferenzstudie für den niederländischen Markt wurden Privatpersonen befragt, die ein Fahrzeug besitzen. Dazu wurde ein Online-Choice-Experiment durchgeführt, in dem auch das aktuelle Nutzungsverhalten der Probanden abgefragt wurde. | Die aggregierten Ergebnisse zeigten geringe Präferenzen für alternative Antriebe (insbesondere für elektrische Antriebe). Es zeigte sich, dass die Präferenzen für diese Fahrzeuge stark von den Reichweiten abhängen. Bei den elektrischen Fahrzeugen war allerdings auch eine große Heterogenität in den individuellen Präferenzen zu beobachten. Durch die Analyse des Nutzungsverhaltens konnte diese Heterogenität teilweise erklärt werden. Personen, die ihr Fahrzeug stark nutzten (in Bezug auf die jährliche Kilometerleistung), hatten geringere Präferenzen für Elektroautos. |
| Jensen et al. (2013)<br>Die Präferenzstudie für den dänischen Markt bestand aus zwei Choice-Experimenten. Im ersten Schritt bewerteten die Befragten verschiedene Fahrzeugkonzepte. Danach wurden den Probanden Elektroautos für eine dreimonatige Testphase zur Verfügung gestellt. Nach Abschluss der Testphase wurde dasselbe Choice-Experiment nochmals durchgeführt. | Die Ergebnisse zeigten einen großen Präferenzunterschied vor und nach der Testphase; zum Beispiel hinsichtlich der Attribute „Reichweite“ und „Höchstgeschwindigkeit“. Es zeigte sich, dass umweltfreundlich eingestellte Probanden eine überdurchschnittlich große Präferenz für Elektroautos hatten. |
| Knez et al. (2014)<br>In der Präferenzstudie für den slowenischen Markt untersuchten die Autoren Faktoren, die den Kauf von emissionsarmen Fahrzeugen beeinflussen. Für die Studie wurden sowohl Primär- als auch Sekundärdaten herangezogen. | Die Ergebnisse zeigten, dass finanzielle Aspekte eine zentrale Rolle spielten. Das Segment der potenziellen Käufer von Automobilen mit alternativem Antriebssystem hatte einen Anteil von 38 % der Studienteilnehmer und insbesondere ältere Personen präferierten diese Fahrzeuge. |
| Petschnig et al. (2014)<br>In einer empirischen Studie für den deutschen Markt untersuchten die Autoren Faktoren, die die Intention zum Kauf von Autos mit alternativen Antriebssystemen beeinflussen. Die theoretische Basis bildeten die *theory of innovation adoption* und die *theory of reasoned action*. Für die Auswahl der Grundgesamtheit gab es keine speziellen Kriterien und die Probanden wurden nach sozio-demografischen Merkmalen quotiert. Präferenzen für unterschiedliche Fahrzeugkonzepte wurden nicht analysiert. | Die Modellauswertung anhand eines Strukturgleichungsmodells ergab, dass neben einer positiven Umwelteinstellung insbesondere Designmerkmale der Fahrzeuge und deren Alltagstauglichkeit die Intention zum Kauf von Autos mit alternativen Antriebssystemen positiv beeinflussten. |
| Struwe (2011)<br>In der Präferenzstudie für den deutschen Markt lag der Fokus auf der Reduktion von $CO_2$-Emissionen von Automobilen. Dazu wurde eine Choice-based-Conjoint-Analyse unter Privatpersonen mit Einfluss auf ihre Fahrzeugwahl durchgeführt, die innerhalb der nächsten vier Jahre den Kauf eines Neufahrzeugs in Erwägung ziehen. | Für die analysierten Fahrzeugsegmente ergaben sich unterschiedliche Ergebnisse. Im Kleinwagensegment und in der Mittelklasse erzielten klassische Verbrennungsmotoren die größten Präferenzwerte, in der Kompaktklasse ergaben sich die größten durchschnittlichen Nutzenwerte für den Hybridantrieb. U. a. wurde auch der Lebensstil der Probanden in die Analyse mit einbezogen (Lebensstilansatz: SIGMA-Milieus) und es konnte festgestellt werden, dass in den Milieus unterschiedliche Antriebssysteme präferiert wurden. Die erhobenen Merkmale wurden allerdings nicht zur Schätzung der Nutzenparameter im Präferenzmodell, sondern nur zur A-posteriori-Segmentierung verwendet. |

| Studie | Ergebnisse |
|---|---|
| Tran et al. (2013)<br>Auf Basis von bisherigen empirischen Ergebnissen führten die Autoren eine Monte-Carlo-Simulationsstudie durch. Die modelltheoretische Grundlage dafür war ein Choice-Modell. | Es wurden Bedingungen für die Marktdurchdringung von Batterie-elektrischen Fahrzeugen identifiziert. Neben niedrigeren Anschaffungskosten und höheren Reichweiten spielten auch Treibstoffeffizienz und $CO_2$-Emissionen eine Rolle. Generell spielten bei alternativen Antrieben finanzielle Aspekte eine größere Rolle als Umweltaspekte. |
| Weiss (2012)<br>In einer Onlinebefragung zu den Automobilpräferenzen von 8.800 Europäern im Alter von 18 bis 65 Jahren wurden auch „alternative Antriebe“ thematisiert. Der Fragebogen bestand aus direkten Fragen zu verschiedenen Themenkomplexen. | Alternative Antriebssysteme wurden als wichtiger Baustein für eine nachhaltige Mobilität identifiziert. Für die Befragten stand die Alltagstauglichkeit der Fahrzeuge im Vordergrund. Die geringen Reichweiten von aktuell am Markt verfügbaren Elektroautos wurden von einer großen Mehrheit der Befragten nicht akzeptiert. Positiv sahen die Befragten die geringen Schallemissionen von elektrischen Antrieben. |
| Ziegler (2012)<br>In der Präferenzstudie für den deutschen Markt wurden neben Fahrzeugattributen auch sozio-demografische Merkmale, das Kaufverhalten hinsichtlich umweltfreundlicher Produkte und das tatsächliche Nutzungs- bzw. Kaufverhalten in das Choice-Modell integriert. Als Grundgesamtheit wurden Personen mit einer gültigen Fahrerlaubnis herangezogen, die sich zumindest vorstellen könnten, in nächster Zeit ein Automobil zu kaufen. | Wie in den anderen Studien konnte eine große Heterogenität in den Präferenzen festgestellt werden. Beispielsweise hatten Personen, die gewöhnlich umweltfreundliche Produkte kaufen, eine größere Präferenz für Elektroautos und Hybridfahrzeuge. |

Tabelle 2.2: Literaturüberblick zu Automobilen mit alternativen Antriebssystemen

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

Die Analyse der in Tabelle 2.2 aufgelisteten wissenschaftlichen Studien zeigt, dass bei alternativen Antriebssystemen Heterogenität in den Präferenzen besteht. Kein Antriebssystem kann als generell überlegen identifiziert werden. Auch hinsichtlich der zur Erklärung der Heterogenität herangezogenen persönlichen Merkmale potenzieller Käufer ergibt sich kein klares Bild. Teilweise finden sich auch widersprüchliche Ergebnisse, z. B. präferieren nach Knez et al. (2014) insbesondere ältere Personen alternative Antriebe, während nach Hackbarth & Madlener (2013) jüngere Personen eine größere Präferenz für alternative Antriebe haben.

Als persönliche Präferenzeinflussfaktoren wurden in den genannten Studien sozio-demografische Merkmale, psychografische Merkmale und das tatsächliche Nutzungs- bzw. Kaufverhalten betrachtet. Die Analyse der Studien für den deutschen Markt zeigt, dass psychografische Merkmale nicht oder nur in geringem Maße berücksichtigt wurden. In der Arbeit von Struwe (2011) wurde eine tiefergehende Analyse psychografischer Merkmale vorgenommen. Die definierten Variablen wurden allerdings nicht in das aufgestellte Präferenzmodell für alternative Antriebe integriert, sondern nur zur A-posteriori-Segmentierung verwendet.

Zur Präferenzmessung wurden in den analysierten Studien häufig Befragungen anhand von Choice-Experimenten durchgeführt, in denen die Probanden aus verschiedenen

Produktkonzepten präferierte Konzepte auswählten. Diese Art der Befragung ähnelt tatsächlichen Auswahl- bzw. Kaufentscheidungen. Präferenzwerte für einzelne Produktattribute (wie zum Beispiel ein spezielles Antriebssystem) können nach der Datenerhebung anhand eines statistischen Schätzverfahrens berechnet werden (vgl. Kapitel 4).

Es sei angemerkt, dass sich in der wissenschaftlichen Literatur auch Studien zu Brennstoffzellenfahrzeugen finden. Aufgrund ihrer zum Studienzeitpunkt sehr frühen Marktphase werden Brennstoffzellenfahrzeuge im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht betrachtet (vgl. Kapitel 5). Aus diesem Grund wurden Arbeiten über Brennstoffzellenfahrzeuge auch nicht in die Literaturübersicht in Tabelle 2.2 aufgenommen.

## 2.3. Untersuchungsgegenstand der Präferenzstudie

Die Analyse bisheriger wissenschaftlicher Studien zu alternativen Antriebssystemen offenbart einen großen Bedarf an weiteren Präferenzstudien für den deutschen Automobilmarkt. Die bisherigen Ergebnisse für den deutschen Markt deuten auf eine große Heterogenität in den Präferenzen hin, können aber insbesondere hinsichtlich der psychografischen Merkmale potenzieller Käufer nur wenige Erkenntnisse liefern. Die Zielsetzung dieser Arbeit ist daher eine Präferenzanalyse für Automobile mit alternativen Antriebssystemen in Deutschland. Das herangezogene Modell integriert individuelle psychografische Merkmale in das Präferenzmodell für alternative Antriebssysteme (Kapitel 3). Der Einbezug der psychografischen Merkmale erfolgt auf Basis der *theory of planned behaviour*, einem sozialpsychologischen Modell, das von Ajzen (1991) entwickelt wurde.

Für die Präferenzstudie zu Automobilen mit alternativen Antriebssystemen werden die folgenden Forschungsfragen formuliert:

- *Forschungsfrage 1: Welche (alternativen) Antriebssysteme werden präferiert?*
  Im Rahmen der Arbeit werden fünf unterschiedliche Antriebssysteme analysiert. Neben den klassischen Verbrennungsmotoren „Diesel“ und „Benziner“ sind dies Erdgas (CNG), Batterie-elektrische Antriebe und Hybridfahrzeuge. Die Forschungsfrage zielt darauf ab, ob sich die alternativen Antriebssysteme gegenüber klassischen Verbrennungsmotoren behaupten können und wenn ja, welche alternativen Antriebssysteme die besten Zukunftschancen haben.

- *Forschungsfrage 2: Welchen Einfluss haben psychografische Merkmale auf die Präferenzbewertung für alternative Antriebe?*
  Bisherige wissenschaftliche Studien lassen vermuten, dass bei Fahrzeugauswahlentscheidungen Heterogenität in den Präferenzen besteht (vgl. Kapitel 2.2). Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Modell aufgestellt, das Präferenzheterogenität berücksichtigt. Insbesondere werden individuelle psychografische Merkmale in das Modell integriert. In der empirischen Befragung soll herausgefunden werden, inwiefern verschiedene psychografische Merkmale einen Einfluss auf die Präferenzen für (alternative) Antriebssysteme haben. Den theoretischen Rahmen für den Einbezug der psychografischen Merkmale stellt die *theory of planned behaviour* dar. Detailhypothesen werden in Kapitel 3.4.3 formuliert.

Die Präferenzdaten werden in einer empirischen Befragung anhand eines Choice-Experiments generiert. Obgleich der Fokus der Arbeit auf (alternativen) Antriebssystemen liegt, werden im Rahmen des Präferenzmodells sieben weitere Fahrzeugattribute (z. B. Marke, Leistung und Anschaffungspreis) definiert und im Choice-Experiment abgefragt. Diese Vorgehensweise erlaubt es, Fahrzeugkonzepte im Detail zu beschrieben. Der Fokus der Probanden wird damit nicht einseitig auf das Antriebsattribut gerichtet. Diese Herangehensweise erhöht zwar die Komplexität des Choice-Experiments, ist aber notwendig, um realistischere Einschätzungen der Probanden zu erhalten. Insbesondere soll dies der Analyse der nächsten Forschungsfrage dienen.

- *Forschungsfrage 3: Welche Rolle spielt das Antriebssystem im Vergleich zu anderen Fahrzeugattributen bei der Präferenzbeurteilung?*
  Im Rahmen der Ergebnisanalysen lassen sich relative Wichtigkeiten für die insgesamt acht analysierten Fahrzeugattribute ermitteln. Es soll der Frage nachgegangen werden, wie wichtig das Antriebsattribut im Vergleich zu anderen Attributen ist (zum Beispiel dem Anschaffungspreis).

Im Rahmen der empirischen Befragung wird ein Choice-Experiment durchgeführt. Dafür stellen die adaptiven hybriden Verfahren „*adaptive choice-based conjoint* (ACBC)“ und „*hybrid individualized two-level choice-based conjoint* (HIT-CBC)“ sinnvolle methodische Alternativen dar (vgl. Kapitel 4). Die Frage, welches der beiden adaptiven hybriden Verfahren zu bevorzugen ist, ließ sich vor Beginn der empirischen Befragung nicht klären, da noch keine direkten empirischen Vergleichsstudien zu ACBC und HIT-CBC vorlagen. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, eine erste empirische Vergleichsstudie zwischen ACBC und HIT-CBC durchzuführen. Für die späteren Ergebnisanalysen zu Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen soll dann das überlegene adaptive hybride Verfahren herangezogen werden. Es ergibt sich folgende Fragestellung:

- *Forschungsfrage 4: Welches der adaptiven hybriden Verfahren ist zur Präferenzmessung besser geeignet?*
  Aufgrund fehlender direkter Vergleichsstudien wird eine Vergleichsstudie zwischen ACBC und HIT-CBC durchgeführt. Nach einem konzeptionellen Vergleich (Kapitel 4.3.3) werden Detailhypothesen formuliert. Die Überprüfung der Detailhypothesen und die Analyse genereller Gütekriterien erfolgt anhand einer Simulationsstudie (Kapitel 4.3.5) und einer empirischen Vergleichsstudie (Kapitel 5.2). In Kapitel 4.2 wird zuvor eine Einführung zu unterschiedlichen Gütekriterien für den methodischen Vergleich gegeben.

Ein Unterschied zwischen der vorliegenden Studie zu bisherigen Studien für den deutschen Markt besteht in der gewählten Grundgesamtheit. Während in den bisherigen Studien die Präferenzen von potenziellen Autokäufern analysiert wurden, wird in der vorliegenden Untersuchung eine spezielle Grundgesamtheit gewählt. Dies sind Studierende, die sich in ihrem Studium mit den Themen „Automobile bzw. Verkehr“ beschäftigen. Eine Präferenzanalyse für diese Grundgesamtheit ist für die weitere Entwicklung von alternativen Antriebssystemen von besonderer Bedeutung, da die Studierenden nicht nur potenzielle Käufer bzw. Nutzer sind. Aufgrund ihrer gewählten Ausbildung sind sie insbesondere auch zukünftig wichtige Multiplikatoren und potenzielle Entscheidungsträger in Industrie, Verbänden und Politik. In einer vergleichbaren Studie analysierten Egbue & Long (2012) die Präferenzen von Studierenden und Universitätsmitarbeitern in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Zur wissenschaftlichen Einordnung der Arbeit werden folgende Abgrenzungen getroffen. Es ist nicht Ziel der Arbeit, verschiedene Antriebsalternativen im technischen Kontext zu diskutieren und zu bewerten, das Konsumentenverhalten bzw. Adoptions- und Diffusionsprozesse im Detail zu beleuchten oder politische Prozesse zu beschreiben und zu bewerten. Des Weiteren fokussiert die Studie auf den deutschen Markt und strebt keine Generalisierung der Ergebnisse auf andere Märkte an. Es wird das Auswahlverhalten bei hypothetischen privaten Neuwagenkäufen analysiert. Etwaige Auswahlentscheidungen von Organisationen (z. B. Flottenmanagement) und deren Beweggründe (Stichwort: *green logistics*) werden im Rahmen dieser Arbeit genauso wenig betrachtet wie das Auswahlverhalten von Privatpersonen bei anderen Nutzungs- bzw. Besitzformen (z. B. Carsharing, Leasing oder Miete). Eine Analyse des tatsächlichen bzw. geplanten Nutzungsverhaltens der Probanden erfolgt genauso wenig wie die Betrachtung von soziodemografischen Merkmalen. Entsprechende Variablen werden nicht in das Modell integriert.

# 3. Präferenzmodell (für Automobile mit alternativen Antriebssystemen)

## 3.1. Präferenzen und Nutzen

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Präferenz als eindimensionaler alternativbezogener Indikator verstanden. Die Präferenz resultiert aus dem Vergleich von mindestens zwei Produkten bzw. Eigenschaften, wobei der Nutzen als Vergleichskriterium für den Konsumenten aufgefasst wird (Höser 1998: 27; Goerdt 1999: 173; Hein 2002: 31; Lehnert 2009: 96).

Werden Kaufrestriktionen (z. B. Budget oder Zeit) bei der Präferenzmessung herangezogen, so spricht man von *constrained preferences* und die Präferenz wird als Ergebnis eines Beurteilungsprozesses zwischen zwei Objekten anhand des sogenannten Nettonutzens interpretiert (Little 1949; Heidbrink 2007: 13; Lehnert 2009: 97). Dabei spiegeln sich (realitätsnahe) Kaufrestriktionen im Nettonutzen wider und Präferenzurteile beinhalten somit im Grundsatz eine Aussage über die relative Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Alternativen (Trommsdorff et al. 1980: 270; Nieschlag et al. 2002: 224; Beck 2004: 159 f.; Lehnert 2009: 97, 98). Im Rahmen dieser Arbeit bildet die Zufallsnutzentheorie (engl.: random utility theory) die theoretische Basis zur Nutzen- bzw. Präferenzmodellierung. Diese wird in Kapitel 3.1.1 eingeführt. Zunächst werden aber noch einige generelle Aspekte von Präferenzbildungsprozessen diskutiert.

Bei Annahme von rationalen Entscheidungsträgern (*rational choice theory*) werden klar definierte Präferenzen (*well-defined preferences*) angenommen (Balderjahn & Scholderer 2007: 19). Jede Option in einem Choice-Set stiftet einen gewissen Nutzen, der nur von dieser Option abhängt. Entscheidungsträger haben die Fähigkeit, nutzenoptimale Optionen zu identifizieren, und entscheiden sich für diese Alternative (Bettman et al. 1998: 187). Bei alternativen Herangehensweisen aus dem Forschungsbereich der Informationsverarbeitung wird argumentiert, dass die *rational choice theory* nicht ausreichend ist (Bettman et al. 1998: 187). Vielmehr wird eingeschränkte Rationalität (*bounded rationality*) vermutet und angenommen, dass das Verhalten von Entscheidungsträgern bei einer Interaktion aus Informationsverarbeitungsfähigkeiten und Eigenschaften der gestellten Entscheidungsaufgaben geformt wird (Simon 1955; Simon 1990: 8-11; Bettman et al. 1998: 187).

Nach Bettman et al. (1998: 188) wird jegliche Art von Präferenz im Laufe des Entscheidungsprozesses konstruiert. Individuen haben demnach keine klar definierten Präferenzen, sondern konstruieren diese bei Bedarf, zum Beispiel wenn sie eine (Kauf-)Entscheidung treffen. Insbesondere vertreten Bettman et al. (1998: 188) auch die These, dass Präferenzen von

Individuen nicht zwangsläufig anhand eines speziellen invarianten Algorithmus generiert werden, vielmehr scheinen Individuen verschiedene Strategien heranzuziehen. Primäre Aspekte zur Charakterisierung solcher Strategien sind: die zu verarbeitende Informationsmenge, die Selektivität in der Informationsverarbeitung, das Verarbeitungsmuster (nach Alternative (Marke) oder nach Attribut) und die Frage, ob eine kompensatorische oder nicht-kompensatorische Strategie herangezogen wird (Bettman et al. 1998: 189). In Abhängigkeit davon, wie gründlich der Bewertungsprozess und die Auswahlentscheidungen erfolgen, können verschiedene Entscheidungstypen beschrieben werden (Balderjahn & Scholderer 2007: 21).

Neue sowie für den Entscheidungsträger wichtige Produkte werden nach Howard (1994: 17 f.) dabei besonders genau beurteilt, bevor eine Kaufentscheidung getroffen wird (High-Involvement-Produkte). Entscheidungsträger setzen sich vor der Entscheidung sehr intensiv mit den Vor- und Nachteilen der angebotenen Produkte auseinander (Balderjahn & Scholderer 2007: 21). Bei einfachen Produkten des täglichen Bedarfs (Low-Involvement-Produkte) kann ein habituelles Entscheidungsverhalten vorausgesetzt werden (Balderjahn & Scholderer 2007: 22).

Im Rahmen der Markt- bzw. Präferenzforschung werden häufig invariante Algorithmen der Entscheidungsträger angenommen (Bettman et al. 1998: 188). Beispielsweise werden zur Präferenzmodellierung (gewichtete) additive Modelle herangezogen (Bettman et al. 1998: 188-190; Lehnert 2009: 101). Es wird davon ausgegangen, dass sich der Nutzen eines Stimulus aus den Teilnutzenwerten der einzelnen Attribute des Stimulus verknüpfen lässt und dass Individuen kompensatorische Strategien verfolgen, d. h. negative Ausprägungen eines Stimulus durch positive kompensieren können (Bettman et al. 1998: 190). Es wird argumentiert, dass additive Modelle sich in vielen empirischen Studien als prognosetauglich bewährt haben und auch für komplexere Verknüpfungen als gute Annäherung geeignet sind (vgl. z. B. Trommsdorff et al. 1980: 274; Thaden 2002: 10; Lehnert 2009: 101). Auch im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird ein solches additives Modell zugrunde gelegt (vgl. Kapitel 3.1.1).

### 3.1.1. Zufallsnutzentheorie und Logit-Choice-Modelle

Die theoretische Grundlage der in diesem Kapitel vorgestellten Logit-Choice-Modelle bildet die Zufallsnutzentheorie *(random utility theory)*, die im Wesentlichen von McFadden (1974) entwickelt wurde. Grundsätzlich besagt die *random utility theory*, dass jedes Individuum mit der Wahl eines bestimmten Stimulus seinen Nutzen maximiert. Da am Bewertungs- bzw. Entscheidungsprozess eine Vielzahl von Faktoren beteiligt ist, von denen viele dem Analysten unbekannt, zeitlich instabil oder nur schwer messbar sind, ist es zweckmäßig, diesen Prozess probabilistisch zu begreifen (Balderjahn 1993: 126). Der durch Stimulus k gestiftete Nutzen $u_k$ eines Individuums kann unter diesen Gesichtspunkten in eine deterministische und eine stochastische Komponente zerlegt werden (Hensher et al. 2007: 75):

$$u_k = v_k + \varepsilon_k \tag{3.1}$$

mit

$v_k$: deterministische, beobachtbare Nutzenkomponente

$\varepsilon_k$: stochastische, unbeobachtbare Komponente

Die deterministische Komponente $v_k$ beschreibt sowohl den systematischen Einfluss der vom Individuum subjektiv wahrgenommenen Attribute der Stimuli auf den Nutzen als auch den Einfluss seiner persönlichen Merkmale (z. B. sozio-demografische oder psychografische Merkmale) (Balderjahn 1993: 127). Alle Zufallseinflüsse auf die individuelle Nutzenbewertung werden anhand der stochastischen Nutzenkomponente $\varepsilon_k$ erfasst (Balderjahn 1993: 127).
Die Nutzenmaximierungshypothese der Zufallsnutzentheorie besagt, dass der präferierte Stimulus k', unter allen Stimuli k (k=1, ... K) den größten Nutzen stiftet (Hensher et al. 2007: 82). Es muss also gelten:

$$u_{k'} \geq u_k \quad \text{für alle} \quad (k = 1, \dots, K) \tag{3.2}$$

Stellt man die Ungleichung (3.2) so um, dass auf einer Seite eine deterministische und auf der anderen Seite eine stochastische Größe steht, so ergibt sich (Hensher et al. 2007: 83):

$$v_{k'} - v_k \geq \varepsilon_k - \varepsilon_{k'} \tag{3.3}$$

Aufgrund ihrer stochastischen Natur kann die Größe $\varepsilon_k - \varepsilon_{k'}$ nicht beobachtet werden (Train 2009: 15). Es ist allerdings möglich, die Auswahlwahrscheinlichkeit $P_k$ für einen Stimulus k zu ermitteln (Train 2009: 15):

$$P_k = P(\varepsilon_k - \varepsilon_{k'} \leq v_{k'} - v_k) \tag{3.4}$$

Zur Bestimmung der Auswahlwahrscheinlichkeiten $P_k$ müssen in Formel (3.4) sowohl die deterministische Komponente $v_k$ als auch die stochastische Komponente $\varepsilon_k$ spezifiziert werden. Im Folgenden wird zunächst die deterministische Modellkomponente behandelt (Kapitel 3.1.1.1). Die stochastische Komponente wird in Kapitel 3.1.1.2 erläutert.

#### 3.1.1.1. Spezifikation der deterministischen Modellkomponente

Zur Modellierung des Einflusses bestimmter Ausprägungen eines Attributs auf den Nutzen eines Stimulus werden Teilnutzenmodelle verwendet. Es wird dabei angenommen, dass ein Individuum nicht direkt einen Nutzen aus den Stimuli als Ganzes hat, sondern diesen aus den einzelnen Attributen des Stimulus zieht (Telser 2002: 49). Im Wesentlichen unterscheidet man drei elementare Teilnutzenmodelle (Hair et al. 2010: 285, 286; Backhaus et al. 2013: 185):

- Vektor-Modell
  Beim Vektor-Modell gilt: „Je mehr, desto besser.“ Es wird unterstellt, dass der Nutzen mit zunehmender Ausprägung eines betrachteten nutzenstiftenden Attributs linear oder quadratisch zunimmt (oder auch abnimmt).
- Idealpunkt-Modell
  Beim Idealpunkt-Modell gilt: „Zuviel oder zu wenig ist jeweils von Nachteil.“
  Es wird unterstellt, dass der Nutzen für ein Attribut ein Maximum besitzt. Das Modell eignet sich für physische Merkmale. Beispiele sind die Temperatur beim Tee oder die Lautstärke von Musik (Backhaus et al. 2013: 185).
- Teilwert-Modell (*partworth model*)
  Das Teilwert-Modell ist ein diskretes Modell, das für qualitative Merkmale (z. B. Marke, Farbe) anwendbar ist. Da quantitative Merkmale diskretisiert werden können, lassen sich mit dem Teilwert-Modell u. a. auch die Nutzenverläufe des Vektor- und des Idealpunkt-Modells approximieren. Das quantitative Attribut „Preis“ kann so zum Beispiel durch die drei Ausprägungen hoch, mittel, niedrig diskretisiert werden. Mit einer solchen Diskretisierung geht ein Informationsverlust einher, der die Effizienz des Modells schmälert. Vorteil des Teilwert-Modells ist seine große Flexibilität.

Der Gesamtnutzen $v_k$ eines Produkts (Stimulus) k kann durch eine Verknüpfung der Teilnutzenwerte aller Attribute ermittelt werden. Die Verknüpfung kann additiv oder multiplikativ erfolgen. Es lassen sich dabei auch unterschiedliche Teilnutzenmodelle, zum Beispiel Teilwert-Modell und Vektor-Modell, miteinander verknüpfen (Backhaus et al. 2013: 187). Zudem können auch individuelle sozio-demografische bzw. psychografische Merkmale, Interaktionsterme oder Alternativen-spezifische Effekte als Variablen zur Ermittlung des Gesamtnutzens herangezogen werden (Balderjahn 1993: 127; Enneking 2003: 259, 260).

Grundsätzlich sind Logit-Choice-Modelle nicht an ein bestimmtes Nutzenmodell gebunden (Backhaus et al. 2013: 188). Als Standardmodell wird aber häufig das additive Teilwert-Nutzen-Modell verwendet, welches im Folgenden vorgestellt wird (Backhaus et al. 2013: 187).

**Additives Teilwert-Nutzen-Modell**

Das Modell stellt eine additive Verknüpfung von Teilwert-Modellen für die einzelnen Attribute der Stimuli dar (Backhaus et al. 2013: 187). Für den deterministischen Nutzen $v_k$ eines Stimulus k gilt:

$$v_k = \sum_{j=1}^{J} \sum_{m=1}^{M_J} \beta_{jm} x_{jmk} \tag{3.5}$$

mit

$\beta_{jm}$: Teilnutzen von Ausprägung m des Attributs j

$x_{jmk} = \begin{cases} 1 & \text{falls Stimulus k bezüglich Attribut j die Ausprägung m hat} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

J: Anzahl der Attribute

$M_J$: Anzahl der Ausprägungen von Attribut J

k: (k=1,..., K) Stimulus aus der Menge aller zur Verfügung stehenden Stimuli K. Zum Beispiel kann K die Anzahl der Stimuli eines Choice-Sets sein.

Verwendet man statt der Summennotation eine Vektornotation, so kann $v_k$ auch folgendermaßen dargestellt werden:

$$v_k = \beta' x_k \tag{3.6}$$

mit

$$\beta \in \mathbb{R}^M, \qquad x_k \in \mathbb{R}^M \qquad \text{wobei } M = \sum_{j=1}^{J} M_J$$

Da ein geringerer Nutzenbeitrag eines Attributs durch einen höheren Nutzenbeitrag eines anderen kompensiert werden kann, werden die additiven Nutzenmodelle auch als kompensatorische Nutzenmodelle bezeichnet (Backhaus et al. 2013: 187). Im Rahmen dieser Arbeit wird bei der Modellspezifikation von einem additiven Teilwert-Nutzen-Modell ausgegangen.

#### 3.1.1.2. Spezifikation der stochastischen Modellkomponente

Zur empirischen Ermittlung der Auswahlwahrscheinlichkeiten in Formel (3.4) muss eine Annahme über die Verteilung der stochastischen Modellkomponente $\varepsilon_k$ getroffen werden. Häufig wird angenommen, dass die stochastische Modellkomponente $\varepsilon_k$ unabhängig und identisch weibullverteilt ist (Enneking 2003: 257). Die Differenz zweier weibullverteilter Zufallsvariablen ist logistisch verteilt. Es ergibt sich folgendes Modell, welches üblicherweise als multinominales Logit-Modell oder konditionales Logit-Modell bezeichnet wird (Hensher et al. 2007: 86):

$$P_k = \frac{e^{v_k}}{\sum_{n=1}^{K} e^{v_n}} \tag{3.7}$$

Geht man für die deterministische Komponente $v_k$ vom additiven Teilwert-Nutzen-Modell aus, so folgt aus Gleichung (3.7):

$$P_k = \frac{e^{\beta' x_k}}{\sum_{n=1}^{K} e^{\beta' x_n}} \tag{3.8}$$

Für die Spezifizierung der stochastischen Modellkomponente $\varepsilon_k$ sind auch andere Modellannahmen möglich. In der Literatur wird u. a. das multinominale Probit-Modell (Annahme: $\varepsilon_k$ sind normalverteilt) genannt (Train 2009: 16). Eine Diskussion über die Einsatzmöglichkeiten verschiedener Spezifikationen der stochastischen Komponente findet sich in Train (2009: 16 f.). Eine tiefergehende Darstellung dieses Aspekts würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Für die weiteren Analysen wird das multinominale Logit-Modell verwendet.

Auf Basis des multinominalen Logit-Modells (Formel (3.8) können (Teil-)Nutzenwerte für die unterschiedlichen Attributausprägungen geschätzt werden (Kapitel 3.1.1.3). Beim multinominalen Logit-Modell geschieht dies typischerweise auf aggregierter Ebene (homogene Präferenzstruktur). Die Auswahlentscheidungen aller Probanden (Individuen) werden dabei zusammen analysiert, das bedeutet, es wird nicht zwischen den einzelnen untersuchten Individuen unterschieden (Backhaus et al. 2013: 176). Neuere Verfahren erlauben auch die Analyse heterogener Präferenzen (Kapitel 3.1.1.4). In diesem Zusammenhang ist insbesondere das Hierarchical-Bayes-Verfahren zu nennen, das die Schätzung von individuellen Nutzenwerten ermöglicht und vermehrt seit Ende der 1990er-Jahre eingesetzt wird (Allenby & Ginter 1995; Wirth 2010: 117).

#### 3.1.1.3. Modellierung homogener Präferenzstrukturen

Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, werden anhand von multinominalen Logit-Modellen typischerweise nur Analysen auf aggregierter Ebene durchgeführt, das heißt, die gesammelten Daten werden gemeinsam betrachtet und es wird nicht nach einzelnen Individuen unterschieden (Backhaus et al. 2013: 176). Diese Herangehensweise ist notwendig, da die Datengrundlage für eine sinnvolle individuelle Nutzenschätzung meist nicht ausreicht (Backhaus et al. 2013: 176). Deshalb werden zur Nutzenschätzung alle erhobenen Auswahlentscheidungen zusammen betrachtet. Dies bedeutet, dass lediglich die Schätzung einer homogenen Nutzenstruktur möglich ist (Lehnert 2009: 202). Im Folgenden wird das multinominale Logit-Modell zur Schätzung von Nutzenwerten auf aggregierter Ebene vorgestellt.

**Multinominales Logit-Modell**

Zur Schätzung der Nutzenwerte werden alle R getätigten Auswahlentscheidungen herangezogen. Insbesondere erfolgt dabei keine Unterscheidung der einzelnen Probanden (homogene Nutzenstruktur). Zur Unterscheidung der R unterschiedlichen Auswahlsituationen (Choice-Tasks) wird dabei der Index r (r = 1, ..., R) verwendet. Es ergibt sich folgende Gleichung (vgl. Formeln (3.5) und (3.7).

$$P_{rk} = \frac{e^{v_{rk}}}{\sum_{n=1}^{K} e^{v_{rn}}} \qquad k = (1, \dots, K); \;\; r = (1, \dots, R) \tag{3.9}$$

mit

$$v_{rk} = \sum_{j=1}^{J} \sum_{m=1}^{M_J} \beta_{jm} x_{jmrk} \quad \text{bzw.} \quad v_{rk} = \beta' x_{rk}$$

In Formel (3.9) wird davon ausgegangen, dass in jeder Auswahlsituation r gleich viele Stimuli K zur Verfügung stehen. Falls dies nicht der Fall ist, verwendet man stattdessen den Index $K_r$, um die unterschiedliche Anzahl an Stimuli in den Auswahlsituationen zu erfassen (Backhaus et al. 2011: 478).

Konkret sollen nun die Teilnutzenwerte $\beta_{jm}$ der Attributausprägungen geschätzt werden. Dabei besteht das folgende Problem: Die Wahrscheinlichkeiten $P_k$ sind nicht beobachtbar und somit liegen keine Daten für sie vor (Backhaus et al. 2013: 194). Allerdings liegen die Auswahlentscheidungen der Probanden aus den Choice-Sets der Befragung vor (nominale Daten). Zur Schätzung der Teilnutzenwerte wird aufgrund der Datenstruktur die Maximum-Likelihood-Methode verwendet (Backhaus et al. 2013: 194). Die unbekannten Teilnutzenwerte $\beta_{jm}$ sind dabei so zu schätzen, dass sich die beobachteten Wahlentscheidungen der Testpersonen möglichst plausibel erklären lassen (Backhaus et al. 2013: 194). Dies ist dann der Fall, wenn die Wahrscheinlichkeit für den jeweils gewählten Stimulus k in einer bestimmten Auswahlsituation (Choice-Task) r möglichst groß wird. Dies soll für alle R Auswahlsituationen gelten. Es ergibt sich folgende zu maximierende Likelihood-Funktion (Backhaus et al. 2013: 194, 195):

$$L(\beta) = \prod_{r=1}^{R} \prod_{k=1}^{K} {P_{rk}}^{y_{rk}} \tag{3.10}$$

mit

$$y_{rk} = \begin{cases} 1 & \text{falls in Situation r Stimulus k gewählt wurde} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Daraus ergibt sich folgende Log-Likelihood-Funktion (Backhaus et al. 2013: 195):

$$\ln\big(L(\beta)\big) = \sum_{r=1}^{R} \sum_{k=1}^{K} y_{rk} \ln(p_{rk}) \tag{3.11}$$

Wendet man Formel (3.9) auf $P_{rk}$ bzw. $v_{rk}$ an, so ergibt sich (Backhaus et al. 2013: 195):

$$\ln\big(L(\beta)\big) = \sum_{r=1}^{R} \sum_{k=1}^{K} y_{rk} \left( \beta' x_{rk} - \ln\left[ \sum_{n=1}^{K} e^{\beta' x_{rk}} \right] \right) \tag{3.12}$$

Gesucht ist nun ein Vektor β*, der ln(L(β)) maximiert. Es soll also gelten:

$$\ln\left(L(\beta^*)\right) = \max_{\beta} \ln(L(\beta)) \tag{3.13}$$

Die Bestimmung des Maximums von ln(L(β)) bezüglich des Vektors β erfordert die Anwendung eines numerischen Iterationsverfahrens. Insbesondere kommen das Quasi-Newton-Verfahren und das Gradientenverfahren infrage (Backhaus et al. 2013: 196). Da sie keine inhaltlich interpretierbare Skala aufweisen, haben die geschätzten Teilnutzenwerte β* zunächst keine Aussagekraft. Vergleicht man allerdings die unterschiedlichen Teilnutzenwerte der verschiedenen Ausprägungen eines Attributs, können präferierte Ausprägungen identifiziert werden (Backhaus et al. 2013: 190). Zudem können die Gesamtnutzenwerte unterschiedlicher Stimuli ermittelt werden. Anhand dieser lassen sich dann auch Auswahlwahrscheinlichkeiten für bestimmte Stimuli schätzen (Backhaus et al. 2013: 210, 211).

#### 3.1.1.4. Modellierung heterogener Präferenzstrukturen

Eine Einschränkung des multinominalen Logit-Modells besteht bei der Abbildung heterogener Präferenzen (Hartl 2008: 120). Grundsätzlich variiert der beigemessene Wert von Attributausprägungen von Individuum zu Individuum. Mithilfe des multinominalen Logit-Modells kann Heterogenität in die deterministische Komponente $v_k$ der Nutzenfunktion aufgenommen werden (vgl. Kapitel 3.1.1). Im Allgemeinen kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass der Analyst die Heterogenität der Individuen vollständig erfassen kann. Es verbleibt unbeobachtete Heterogenität, welche durch die stochastische Komponente des Nutzens modelliert werden müsste. Dies kann im multinominalen Logit-Modell nicht umgesetzt werden (Hartl 2008: 120). Bei unbeobachteter Heterogenität, wäre das multinominale Logit-Modell folglich eine Fehlspezifikation und es würden sich verzerrte Nutzenparameter ergeben (Breffle & Morey 2000: 1; Hartl 2008: 121). Um die erläuterten Probleme des multinominalen Logit-Modells einzuschränken, wurden unterschiedliche modelltechnische Erweiterungen entwickelt. Zu nennen sind insbesondere das Nested-Logit-Modell, das Mixed-Logit-Modell und das Latent-Class-Choice-Modell (Train 2009: 16 f.). Für eine vertiefte Befassung mit diesem und weiteren Modellen sind u. a. der Artikel von Hensher & Greene (2003) sowie das Buch von Train (2009: 76 f.) zu empfehlen. Eine Anwendung des Panel-Random-Parameters-Logit-Modells, das eine Modellvariante von Mixed-Logit-Modellen darstellt und insbesondere für Choice-Experimente geeignet ist, findet sich in Rouvinen & Matero (2013).

Eine weitere Möglichkeit zur Modellierung von Präferenzheterogenität stellen hierarchische bayesisanische Modelle dar (Allenby & Ginter 1995; Wirth 2010: 117). Im Rahmen dieser Arbeit wird die Präferenzmodellierung anhand hierarchischer bayesianischer Modelle durchgeführt. Daher werden im folgenden Kapitel 3.1.2 diese Modelle im Detail vorgestellt.

### 3.1.2. Hierarchische bayesianische Logit Choice- Modelle

Hierarchische bayesianische Verfahren lassen sich im Rahmen der Präferenzmodellierung zur Ermittlung von individuellen Nutzenwerten verwenden (Wirth 2010: 117). In Kapitel 3.1.2.1 wird eine Einführung in die Bayes-Statistik und hierarchische bayesianische Modelle gegeben. Die Spezifikation eines hierarchischen bayesanischen Logit-Choice-Modells erfolgt in Kapitel 3.1.2.2.

#### 3.1.2.1. Einführung in die Bayes-Statistik

In diesem Kapitel werden lediglich jene Bereiche und Grundlagen der Bayes-Statistik eingeführt, die für das Verständnis des Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modells notwendig bzw. hilfreich sind. Eine generelle Einführung in die Bayes-Statistik bieten u. a. Gelman (2004) und Koch (2007). Eine Einführung in bayesianische Verfahren, die im Marketing eingesetzt werden, bietet das Buch von Rossi et al. (2012).

**Konzeptionelle Grundlagen**

Die Herangehensweise der bayesianischen Statistik unterscheidet sich fundamental von der Herangehensweise der klassischen Inferenz. Alle Schlüsse über die Parameter werden im Rahmen der bayesianischen Statistik auf Basis der Daten einer konkret beobachteten Stichprobe und weiteren datenunabhängigen Informationen gezogen. Die beobachtete Stichprobe wird als fix angesehen und die zu schätzenden Parameter als Zufallsvariablen.

Dieser Grundgedanke steht der klassischen Inferenz gegenüber, bei der Parameter grundsätzlich als unbekannt, aber fix angesehen werden. Alle statistischen Schlüsse basieren bei der klassischen Inferenz auf Annahmen bezüglich der Verteilung von Stichprobenfunktionen über eine große Anzahl von Stichproben hinweg (Wirth 2010: 80).

Das Kernelement der Bayes-Statistik ist der Satz von Bayes (Bayes 1763), der eine Formel für bedingte Wahrscheinlichkeiten darstellt.

$$P(B|A) = \frac{P(A|B) \cdot P(B)}{P(A)} \tag{3.14}$$

mit

P(B|A): Bedingte Wahrscheinlichkeit von Ereignis A bei gegebenem Ereignis B

P(A|B) Bedingte Wahrscheinlichkeit von Ereignis B bei gegebenem Ereignis A

In der Bayes-Statistik wird dieser Satz herangezogen, um datenunabhängiges Wissen über unbekannte Parameter mit Informationen aus den beobachteten Daten (Stichprobe) zu kombinieren (Wirth 2010: 79; Rossi et al. 2012: 13 f.). Verwendet man y als Vektor bzw. Matrix der beobachteten Daten und θ als Vektor bzw. Matrix unbekannter Parameter so folgt aus Formel (3.14):

$$p(\theta|y) = \frac{p(y|\theta) \cdot p(\theta)}{p(y)} \tag{3.15}$$

Dabei wird durch p(·) anstelle von P(·) ausgedrückt, dass es sich bei der Formalisierung in Formel (3.15) um Wahrscheinlichkeitsverteilungen und nicht um tatsächliche Wahrscheinlichkeiten handelt.

Da es sich bei der Wahrscheinlichkeitsverteilung von y um eine von den Parametern θ unabhängige Größe handelt und diese somit für Rückschlüsse bezüglich der Parameter θ irrelevant ist, wird Formel (3.15) in der Regel in einer abgekürzten Schreibweise angegeben (Wirth 2010: 79):

$$p(\theta|y) \propto p(y|\theta) \cdot p(\theta) \tag{3.16}$$

Der Fokus bayesianischer Statistik liegt auf der Posteriori-Verteilung der Parameter p(θ|y). Formel (3.16) sagt aus, dass die Posteriori-Verteilung proportional zum Produkt aus der Priori-Verteilung der Parameter p(θ) und der Likelihood-Funktion p(y|θ) ist (Wirth 2010: 79).

Die Betrachtung von Formel (3.16) zeigt auch, wie datenunabhängige und datenbezogene Informationen über die interessierenden Parameter θ kombiniert werden (Wirth 2010: 80). Während die Likelihood-Funktion p(y|θ) datenbezogen ist und die bedingte Verteilung der Daten bei gegebenen Parametern darstellt, hängt die Priori-Verteilung p(θ) nicht von den Daten ab.

Die Priori-Verteilung enthält alle Informationen über die Parameter, die vor der Beobachtung der konkreten Stichprobe zur Verfügung stehen (Wirth 2010: 80). Eine Herausforderung stellt die geschickte Wahl der Priori-Verteilung dar. Häufig werden in der Bayes-Statistik auch non-informative Priori-Verteilungen verwendet (Koop 2003: 6).

Die bayesianische Inferenz ist grundsätzlich auf die Ermittlung der gesamten Posteriori-Verteilung bzw. auf die Bestimmung von Posteriori-Randverteilungen einzelner Parameter $\theta_k$ des Parametervektors θ ausgerichtet (Rossi et al. 2012: 16). Die Posteriori-Randverteilung für einen Parameter $\theta_k$ ist folgendermaßen definiert:

$$p(\theta_k|y) = \int \dots \int p\,(\theta|y) d\theta_{-k} \tag{3.17}$$

mit

K: k = (1, …, K); Anzahl der Parameter

$p(\theta_k|y)$: Posteriori-Randverteilung des Parameters $\theta_k$,

$p(\theta|y)$: gemeinsame Posteriori-Verteilung aller Parameter θ,

$\theta_{-k}$: alle Parameter außer $\theta_k$

Zur Informationsverdichtung werden auch Punktschätzer interessierender Parameter ermittelt (Koop 2003: 7; Wirth 2010: 81). Ein gebräuchlicher Schätzer für die Lage eines Parameters $\theta_k$ des Parametervektors θ ist der Posteriori-Mittelwert:

$$E(\theta_k|y) = \int \dots \int \theta_k p(\theta|y) d\theta \tag{3.18}$$

mit

K: k=(1, …, K); Anzahl der Parameter

Zur Berechnung interessierender Größen ist in der Bayes-Statistik häufig die Bestimmung von Integralen erforderlich (vgl. Formeln (3.17) und Formel (3.18)). In der Vergangenheit stellte diese Tatsache eine Limitation des bayesianischen Ansatzes dar. Die Multiplikation von Priori-Verteilung und Likelihood-Funktion führt in vielen Fällen zu unbekannten und/oder analytisch nicht zugänglichen Posteriori-Verteilungen. Die Bestimmung der entsprechenden Integrale war daher nicht möglich (Allenby et al. 1995: 153; Wirth 2010: 92, 93). Heute stellt dies kein Problem mehr dar. Mithilfe von numerischen Verfahren können beliebige Verteilungen mit dem Computer simuliert werden und relevante Punktschätzer der Parameter θ abgeleitet werden (Wirth 2010: 93). Solche numerischen Verfahren sind auch für die Bestimmung der für diese Arbeit relevanten Posteriori-Verteilungen notwendig. Im Folgenden wird daher nur auf die Simulation von Posteriori-Verteilungen (Posteriori-Simulation) und nicht auf analytische Verfahren eingegangen.

**Posteriori-Simulation**

Zur Simulation von Verteilungen kann der Metropolis-Hastings-Algorithmus verwendet werden. Dieser geht auf die Arbeiten von Metropolis et al. (1953) und Hastings (1970) zurück. Ein großer Vorteil dieses Algorithmus ist es, dass er im Gegensatz zu anderen Verfahren grundsätzlich für alle Verteilungen verwendet werden kann. Einen Überblick über verschiedene Verfahren (z. B. Gibbs-Sampling) und Details zur Anwendung des Metropolis-Hastings-Algorithmus gibt zum Beispiel (Train 2009: 212 f.). Eine detaillierte Schilderung des Algorithmus erfolgt im Rahmen dieser Arbeit nicht. Häufig wird der Metropolis-Hastings-Algorithmus als Markov-Chain-Monte-Carlo-Methode (MCMC) bezeichnet (Train 2009: 214).

**Hierarchische bayesianische Modelle**

Hierarchische Bayes- bzw. Hierarchical-Bayes-Modelle sind als hierarchische Modelle definiert, die anhand von Methoden der Bayes-Statistik geschätzt werden (Allenby & Rossi 2006: 420). Hierarchische Modelle sind modular aufgebaut und umfassen mehrere miteinander verknüpfte Submodelle. Im Präferenzmessungsbereich werden hierarchische Bayes-Modelle zumeist eingesetzt, um Verhalten auf individueller Ebene zu modellieren (Wirth 2010: 111). Einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten geben Rossi & Allenby (2003). Bei hierarchischen bayesianischen Modellen wird ein Submodell zur

Beschreibung des individuellen Verhaltens mit einem Submodell zur Beschreibung der Heterogenität der individuellen Beobachtungen verknüpft (Allenby & Rossi 2006: 420; Wirth 2010: 111). Somit werden die häufig spärlichen Informationen auf individueller Ebene mit weiteren, aus der Analyse der gesamten Stichprobe abgeleiteten Informationen angereichert (Wirth 2010: 111). Im Folgenden wird die modelltheoretische Ausgestaltung allgemeiner hierarchischer Bayes-Modelle vorgestellt.

Unter Anwendung des Satzes von Bayes ist die Posteriori-Verteilung für ein Individuum n gegeben durch (Rossi & Allenby 1993 173; Wirth 2010: 111):

$$p(\theta_n|y_n) \propto p(y_n|\theta_n) \cdot p(\theta_n) \qquad n = (1, \dots, N) \tag{3.19}$$

mit

N: Anzahl der Individuen in der Stichprobe

$p(\theta_n|y_n)$: Posteriori-Verteilung der individuellen Parameter $\theta_n$

$p(y_n|\theta_n)$: individuelle Likelihood-Funktion

$p(\theta_n)$: Priori-Verteilung der individuellen Parameter $\theta_n$

Die gemeinsame Posteriori-Verteilung $p(\theta_1, \dots, \theta_N|y_1, \dots, y_N)$ für die individuellen Parameter aller N Individuen in der Stichprobe ist unter Annahme bedingter Unabhängigkeit gegeben durch (Wirth 2010: 111):

$$p(\theta_1, \dots, \theta_N|y_1, \dots, y_N) \propto \left[\prod_{n=1}^{N} p(y_n|\theta_n)\right] \cdot p\,(\theta_1, \dots, \theta_N|\,\tau) \tag{3.20}$$

mit

$p(\theta_1, \dots, \theta_N|y_1, \dots, y_N)$: gemeinsame Posteriori-Verteilung der Parameter $\theta_1, \dots, \theta_N$

$\prod_{n=1}^{N} p(y_n|\theta_n)$: Likelihood-Funktion

$p\,(\theta_1, \dots, \theta_N|\,\tau)$: gemeinsame Priori-Verteilung der Parameter $\theta_1, \dots, \theta_N$ mit Priori-Hyperparameter $\tau$

Es wird zudem angenommen, dass die Parameter $\{\theta_1, \dots, \theta_N\}$ der gemeinsamen Priori-Verteilung $p(\theta_1, \dots, \theta_N\,|\tau)$ bei gegebenem Hyperparameter $\tau$ unabhängige Realisationen einer multivariaten Normalverteilung sind. Die Hyperparameter $\tau$ werden durch die Parameter der Normalverteilung (Mittelwertvektor $\bar{\theta}$, Kovarianzmatrix $V_\theta$) konkretisiert (Allenby & Rossi, 1999: 63; Wirth 2010: 112):

$$\theta_n \sim N(\bar{\theta}, V_\theta) \tag{3.21}$$

Die Normalverteilung stellt eine sinnvolle Möglichkeit zur Modellierung einer stetigen heterogenen Verteilung dar (Allenby & Rossi 1999: 63) und alle weiteren Modellspezifizierungen in dieser Arbeit beruhen auf der Normalverteilungsannahme. Es sind aber auch An-

nahmen flexiblerer Verteilungen möglich (Allenby & Rossi 1999: 63). Die Parameter $\bar{\theta}$, $V_\theta$ werden im Folgenden auch als Hyperparameter der gemeinsamen Priori-Verteilung $p(\theta_1, \ldots, \theta_N)$ bezeichnet. Für die gemeinsame Posteriori-Verteilung in Formel (3.20) ergibt sich:

$$p(\theta_1, \ldots, \theta_N | y_1, \ldots, y_N) \propto \prod_{n=1}^{N} p(y_n|\theta_n)\, p(\theta_n|\bar{\theta}, V_\theta) \tag{3.22}$$

Die gemeinsame Posteriori-Verteilung kann somit durch N unabhängige „gewöhnliche" bayesianische Analysen bestimmt werden (Wirth 2010: 112; Rossi et al. 2012: 131). Bei Datenknappheit auf individueller Ebene hat die gemeinsame Priori-Verteilung einen starken Einfluss auf die gemeinsame Posteriori-Verteilung und somit auch auf die bayesianischen Punktschätzer der individuellen Parameter (Wirth 2010: 112). Die Wahl der Hyperparameter $\bar{\theta}$, $V_\theta$ der gemeinsamen Priori-Verteilung ist dann von großer Bedeutung für alle Schätzungen und gestaltet sich insbesondere dann als schwierig, wenn keine präzisen subjektiven Priori-Informationen über die Parameter vorliegen (Wirth 2010: 112, 113).

Hierarchische bayesianische Modelle umgehen diese Schwierigkeit durch ihren modularen Aufbau. Es wird eine weitere Priori-Verteilung $p(\bar{\theta}, V_\theta)$ aufgenommen, wodurch die Unsicherheit bezüglich der Hyperparameter $\bar{\theta}$, $V_\theta$ explizit berücksichtigt wird (Wirth 2010: 113). Für das hierarchische bayesianische Modell ergibt sich folgende hierarchische Modellspezifizierung:

Individuelle Likelihood-Funktionen:

$$p(y_n|\theta_n) \qquad (n=1, \ldots, N) \tag{3.23}$$

First-Stage-priori-Verteilungen:

$$p(\theta_n|\bar{\theta}, V_\theta) \qquad (n=1, \ldots, N) \tag{3.24}$$

Second-Stage-priori-Verteilung:

$$p(\bar{\theta}, V_\theta) \tag{3.25}$$

Daraus ergibt sich die gemeinsame Posteriori-Verteilung aller unbekannten Parameter (Rossi & Allenby 2003: 312; Wirth 2010: 113):

$$p(\theta_1, \ldots, \theta_N, \bar{\theta}, V_\theta | y_1, \ldots, y_N) \propto \left[\prod_{n=1}^{N} p(y_n|\theta_n)\, p(\theta_n|\bar{\theta}, V_\theta)\right] p(\bar{\theta}, V_\theta)) \tag{3.26}$$

Die beschriebene hierarchische Struktur (Formeln (3.23) bis (3.26)) erleichtert die Schätzung der Modellparameter und ihrer Verteilungen anhand numerischer Verfahren wie zum Beispiel dem Metropolis-Hastings-Algorithmus (Rossi & Allenby 2003: 312; Wirth 2010: 113). Dies wird in Bezug auf das hierarchische bayesianische Logit-Choice-Modell im nächsten Kapitel näher ausgeführt.

#### 3.1.2.2. Spezifikation hierarchischer bayesianischer Logit-Choice-Modelle

Das in dieser Arbeit vorgestellte hierarchische bayesianische Logit-Choice-Modell verwendet zur Spezifizierung der Likelihood-Funktion im hierarchischen Modell das klassische multinominale Logit-Modell. Nach Formeln (3.23) bis (3.25) müssen die individuelle Likelihood-Funktion sowie die First-Stage- und Second-Stage-priori-Verteilungen spezifiziert werden. Wie bereits erwähnt, werden im hier verwendeten Modell die Auswahlwahrscheinlichkeiten $P(y_{nrk}=1|\beta_n)$ anhand des multinominalen Logit-Modells berechnet, welches in Kapitel 3.1.1.3 vorgestellt wurde. Es ergibt sich folgende individuelle Likelihood-Funktion $L(y_n|\beta_n)$:

$$L(y_n|\beta_n) = \prod_{r=1}^{R}\prod_{k=1}^{K} P(y_{nrk} = 1|\beta_n)^{y_{nrk}} \qquad (n = 1, \dots, N) \tag{3.27}$$

mit

| | |
|---|---|
| $y_n$: | Vektor der R Auswahlentscheidungen von Individuum n |
| $\beta_n$: | Nutzenparametervektor für Individuum n; (b×1-Vektor; b: Anzahl der Nutzenparameter) |
| $P(y_{nrk} = 1|\beta_n)$: | Wahrscheinlichkeit, dass Individuum n in Auswahlentscheidung r die Alternative k wählt |

$$y_{nrk} = \begin{cases} 1 & \text{falls Individuum n im r-ten Choice-Set die k-te Alternative wählt} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Die First-Stage-priori-Verteilung stellt die Verteilung der individuellen Nutzenparameter $\{\beta_1, \dots, \beta_N\}$ dar. Diese werden typischerweise als unabhängige Realisationen einer gemeinsamen multivariaten Normalverteilung angenommen (Rossi & Allenby 2012: 132, 133):

$$\beta_n \sim N(\bar{\beta}, V_\beta) \qquad (n = 1, \dots, N) \tag{3.28}$$

Die Second-Stage-priori-Verteilung spezifiziert die Verteilung der Hyperparameter $\bar{\beta}$ und $V_\beta$. Für die bayesianische Inferenz bezüglich der Hyperparameter kommt der First-Stage-priori-Verteilung die Rolle einer Likelihood-Funktion zu (Wirth 2010: 121). Aufgrund der getroffenen Normalverteilungsannahme der First-Stage-priori-Verteilung ist eine geschlossene Darstellung der Second-Stage-priori-Verteilung möglich und es ist insbesondere keine numerische Approximation mit dem Metropolis-Hastings-Algorithmus notwendig (vgl. Kapitel 3.1.2.1). Für

die Bestimmung der geschlossenen Darstellung wird u. a. auf die Tatsache zurückgegriffen, dass die normal-inverse Wishart-Verteilung (NIW) natürlich konjugiert zur multivariaten Normalverteilung ist (Koop 2007: 25 f.; Wirth 2010: 121). Es folgt:

$$p(\bar{\beta}, V_\beta) \propto |V_\beta|^{-\left(\frac{v_{[0]}+K}{3}\right)} \exp\left(-\frac{1}{2}\mathrm{tr}\left(V_{[0]}V_\beta^{-1}\right) - \frac{a_{[0]}}{2}\left(\bar{\beta} - b_{[0]}\right)' V_\beta^{-1}\left(\bar{\beta} - b_{[0]}\right)\right) \tag{3.29}$$

mit

$v_{[0]}, V_{[0]}$: Parameter der normal-inversen Wishart-Verteilung

K: Anzahl der pro Individuum zu schätzenden Nutzenparameter

$b_{[0]}, a_{[0]}$: Parameter der bedingten Normalverteilung für $\bar{\beta}|V_\beta$

Bei den benannten Größen $v_{[0]}$, $V_{[0]}$ , $b_{[0]}$, $a_{[0]}$ handelt es sich um Hyperparameter der Second-Stage-priori-Verteilung, die subjektiv vorgegeben werden müssen (Wirth 2010: 122, 123). Die Wahl folgt in der Regel unter der Prämisse, dass die First-Stage-priori-Verteilung die Analyse der eingebrachten Information über die individuellen Parameter $\{\beta_1, \ldots, \beta_N\}$ bestimmen soll (Rossi et al. 2012: 134).

Nach der Spezifizierung des hierarchischen bayesianischen Logit-Choice-Modells kann die gemeinsame Posteriori Verteilung $p(\beta_1, \ldots, \beta_N, \bar{\beta}, V_\beta | y_1, \ldots, y_N)$ simuliert werden. Eine detaillierte Schilderung der Simulation und eine Vorstellung des verwendeten Metropolis-Hastings-Algorithmus finden sich zum Beispiel in Train (2009: 282 f.). Alle Zufallszüge, die in den Iterationsschritten nach Konvergenz des Algorithmus generiert werden, stellen Realisationen aus der gemeinsamen Posteriori-Verteilung $p(\beta_1, \ldots, \beta_N, \bar{\beta}, V_\beta | y_1, \ldots, y_N)$ dar. Interessierende Größen können anhand dieser Zufallszüge ermittelt werden. Die Zufallszüge vor Konvergenz des Algorithmus werden nicht weiter verwendet. Sie werden auch als Burn-in-Iterationen bezeichnet (Wirth 2010: 127). Anhand der individuellen Nutzenparameter $\beta_n$ wird im Folgenden dargestellt, wie die Parameterschätzung erfolgt:

$$\tilde{\beta}_n = \sum_{t=B+1}^{T} \frac{\beta_{n,t}}{T - B} \qquad (n = 1, \ldots, N) \tag{3.30}$$

mit

$\tilde{\beta}_n$: Posteriori-Punktschätzer für den Nutzenparametervektor des Individuums n

$\beta_{n,t}$: t-ter im Algorithmus generierter Zufallszug des Nutzenparametervektors für Individuum n

T: Anzahl der Gesamtiterationen des Algorithmus

B: Anzahl der Burn-in-Iterationen

Der Posteriori-Punktschätzer für die Nutzenparameter des Individuums n ergibt sich somit als der Mittelwert der generierten Zufallszüge für die individuellen Nutzenparameter nach Konvergenz des Algorithmus.

In Kapitel 3.1 wurden insbesondere hierarchische bayesianische Logit-Choice-Modelle (Hierarchical-Bayes-Logit-Choice) vorgestellt, die ein Bestandteil des im Rahmen dieser Arbeit definierten integrierten Modells für alternative Antriebssysteme sind. Im Folgenden wird die modelltheoretische Ausgestaltung genereller integrierter Modelle zum Einbezug von psychografischen Merkmalen in das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell vorgestellt.

## 3.2. Integrierte Modelle zum Einbezug von psychografischen Merkmalen in das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell

Der Einfluss von psychografischen Merkmalen auf Entscheidungsprozesse von Individuen wurde in verschiedenen wissenschaftlichen Studien gezeigt. Es konnte festgestellt werden, dass individuelle psychografische Merkmale wie zum Beispiel Einstellungen oder Werte einen signifikanten Einfluss auf Wahlentscheidungen eines Individuums haben (z. B. Ben-Akiva et al. 2002: 431, 432; Temme et al. 2008: 220; Danthurebandara et al. 2013: 246).

Psychografische Faktoren können in Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modellen direkt als zusätzliche Variable aufgenommen werden oder als latente Variable modelliert werden. Für den Einbezug latenter Variablen in generelle Logit-Choice-Modelle werden Integrated-Choice-and-latent-Variable-Modelle (ICLV) vorgeschlagen (Ben-Akiva et al. 2002: 435 f.; Temme et al. 2008: 221 f.; Orme & Howell 2009; Danthurebandara et al. 2013: 247 f.). In Danthurebandara et al. (2013: 248 f.) wird auch ein Modell vorgestellt, das (latente) psychografische Variablen in Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modelle integriert.

Der in dieser Arbeit verwendete Modellansatz geht auf Orme & Howell (2009) zurück und erlaubt ebenfalls einen Einbezug von psychografischen Variablen in Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modelle. Latente Variablen können bei diesem Ansatz nach vorheriger Faktorenanalyse in das Modell aufgenommen werden. Im Folgenden wird dieses Modell im Detail vorgestellt.

Im klassischen Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell (Kapitel 3.1.2) wurde für die First-Stage-priori-Verteilung angenommen, dass die individuellen Nutzenparameter $\{\beta_1, \ldots, \beta_N\}$ unabhängige Realisationen einer gemeinsamen multivariaten Normalverteilung sind (vgl. Formel (3.21):

$$\beta_n \sim N(\bar{\beta}, V_\beta) \qquad (n = 1, \ldots, N) \tag{3.31}$$

Psychografische Merkmale lassen sich in das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell integrieren, indem die First-Stage-priori-Verteilung um Informationen zu diesen Merkmalen angereichert wird. Allgemein lässt sich auf diese Weise jede Art von individueller Information

(wie z. B. sozio-demografische Merkmale) in das Modell integrieren. Für einen Vektor $z_n$ ins Modell integrierter individueller (psychografischer) Merkmale ergibt sich für die First-Stage-priori-Verteilung folgende Regressionsgleichung (Orme & Howell 2009: 3):

$$\beta_n = \Theta' z_n + \varepsilon_n \qquad (n = 1, \dots, N); \quad \varepsilon_n \sim N(0, D) \tag{3.32}$$

mit

$\beta_n$: Nutzenparametervektor für Individuum n (b×1-Vektor; b: Anzahl der Nutzenparameter)

$z_n$: Vektor ins Modell integrierter Variablen für Individuum n (q×1-Vektor; q: Anzahl der integrierten Variablen)

$\Theta$: q×b-Matrix mit Regressionskoeffizienten

D: Kovarianzmatrix

Durch die Aufnahme der psychografischen Faktoren in die First-Stage-priori-Verteilung ergibt sich die neue Second-Stage-priori-Verteilung $p(\Theta, D)$. Im klassischen Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell wurde angenommen, dass $\bar{\beta}$ der Mittelwertvektor aus der multivariaten Normalverteilung der Parameter $\beta_n$ ist. Entsprechend wird im integrierten Modell nach (Orme & Howell 2009: 4) angenommen, dass die Matrix $\Theta$ einer Matrixnormalverteilung entstammt. Die Mittelwerte und Varianzen der Matrix stellen Hyperparameter dar und müssen subjektiv vorgegeben werden. Dies gilt analog zum klassischen Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell auch für die im Zusammenhang mit der Kovarianzmatrix D relevanten Hyperparameter. Konkrete Vorschläge für die Wahl der Parameter geben Orme & Howell (2009: 4) bzw. Sawtooth Software (2009b: 12).

Neben den Parameterschätzungen für die (individuellen) Teilnutzenwerte werden in integrierten Modellen gemeinsam Regressionskoeffizienten $\Theta$ für die integrierten (psychografischen) Merkmale $z_n$ geschätzt (Orme & Howell 2009: 3). Somit kann der Einfluss psychografischer Faktoren auf alle im Modell definierten Nutzenparameter analysiert werden. Details zur Interpretation der Resultate einer solchen Schätzung finden sich im Ergebnisteil dieser Arbeit (vgl. Kapitel 5.3.1.3).

## 3.3. Sozialpsychologische Modelle zur Verhaltensanalyse

Wie bereits in Kapitel 2.3 erwähnt, konnte in verschiedenen Studien festgestellt werden, dass individuelle psychografische Eigenschaften wie zum Beispiel Einstellungen oder Werte einen signifikanten Einfluss auf Auswahlentscheidungen und somit den Nutzen eines Individuums haben können. Um den Zusammenhang zwischen psychografischen Merkmalen von Individuen und ihrem Verhalten zu erklären, werden in der Sozialpsychologie verschiedene Modelle vorgeschlagen (Yetano Roche et al. 2010: 5302). Zu nennen sind

beispielsweise das Norm-Activation-Modell (NAM), das Stimulus-Organism-Response-Modell (SOR) oder das Technology-Acceptance-Modell (TAM) (Schwartz 1977: 241 f.; Woodworth 1929: 226; Balderjahn & Scholderer 2007: 6 f.; Davis et al. 1989).

Im Bereich „Transport / Automobile“ werden zur Analyse des Zusammenhangs zwischen psychografischen Merkmalen und Verhalten bzw. Verhaltensintention häufig Modelle herangezogen, die auf der von Ajzen (1991) entwickelten *theory of planned behaviour* basieren (Yetano Roche et al. 2010: 5302). Beispiele im Transport- / Automobilbereich sind Fujii & Gärling (2003), Steg (2005), Bamberg & Möser (2007), Johns et al. (2008), Peters (2009), Hunecke et al. (2010), Egbue & Long (2012) und Castanier et al. (2013). Im Folgenden werden die Grundzüge der *theory of planned behaviour* vorgestellt (Kapitel 3.3.1).

### 3.3.1. Theory of planned behaviour

Die *theory of planned behaviour* wurde von Ajzen (1991) entwickelt und stellt eine Erweiterung der *theory of reasonned action* (Ajzen & Fishbein 1980: 5 f.) dar. Ein zentraler Faktor bei der Analyse jedes Verhaltens ist nach Ajzen (1991: 181) die Intention, das Verhalten tatsächlich auszuüben. Generell kann davon ausgegangen werden, dass je stärker die Intention zur Ausübung des Verhaltens ist, desto größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass das Verhalten tatsächlich ausgeübt wird (Ajzen 1991: 181). Allerdings führt eine Verhaltensintention nur dann zur Ausübung des Verhaltens, wenn das Verhalten unter willentlicher Kontrolle (*volitional control*) steht, das heißt, wenn ein Individuum tatsächlich entscheiden kann, ob es das Verhalten ausübt oder nicht (Ajzen 1991: 181, 182). Eine Einschränkung der willentlichen Kontrolle kann vorliegen, wenn das Verhalten nicht unter der tatsächlichen Verhaltenskontrolle (*actual behavioural control*) des Individuums steht. Restriktionen für einen Mangel an tatsächlicher Verhaltenskontrolle sind beispielsweise Geld, Zeit, individuelle Fähigkeiten sowie notwendige Kooperation Dritter (Ajzen 1991: 182). Ohne die notwendigen Ressourcen kann ein Verhalten mit großer Wahrscheinlichkeit nicht ausgeübt werden (Ajzen 1991: 183).

Von größerem psychologischem Interesse als die tatsächliche Kontrolle ist die wahrgenommene Verhaltenskontrolle (*perceived behavioural control*, Abkürzung: PBC) (Ajzen 1991: 183). Sie spielt eine wichtige Rolle in der *theory of planned behaviour* und stellt den wesentlichen Unterschied zur *theory of reasonned action* dar. Ajzen (1991: 183) definiert die wahrgenommene Verhaltenskontrolle als eine individuelle Wahrnehmung der Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, ein bestimmtes Verhalten auszuüben. In der *theory of planned behaviour* werden die wahrgenommene Verhaltenskontrolle (PBC) und die Verhaltensintention zur direkten Erklärung des tatsächlichen Verhaltens herangezogen (Ajzen 1991: 184). Ein Beispiel für die Sinnhaftigkeit dieser Annahme formuliert Ajzen (1991: 184) anhand des Verhaltens „Skifahren erlernen“. Selbst wenn zwei Individuen eine gleich große Intention zum Erlernen des Skifahrens haben, ist es doch wahrscheinlicher, dass ein Individuum

erfolgreicher ist, das seiner Fähigkeit zum Erlernen des Skifahrens vertraut als ein Individuum, das an seiner Fähigkeit zweifelt.

Die *theory of planned behaviour* postuliert drei konzeptionell unabhängige Determinationen der Verhaltensintention (Ajzen 1991: 188). Diese sind die Einstellung zum Verhalten (EZV), die subjektive Norm (SN) und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle (PBC). Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle hat auf das Verhalten somit sowohl einen direkten als auch einen indirekten Einfluss (über die Verhaltensintention). Das Gesamtmodell der *theory of planned behaviour* ist in Abbildung 3.1 grafisch dargestellt.

Ajzen (1991: 188) definiert die Einstellung zum Verhalten als das Ausmaß, indem ein Individuum das Verhalten positiv oder negativ bewertet. Die subjektive Norm bezieht sich auf den wahrgenommenen sozialen Druck, das Verhalten auszuführen oder nicht auszuführen (Ajzen 1991: 188). In zahlreichen Anwendungen der *theory of planned behaviour* wurden auch andere Einflussgrößen in das Modell integriert. Ajzen (1991: 199, 200) schlägt beispielsweise vor, die persönliche Norm (*personal norm*) in das Grundmodell zu integrieren. Bei Studien zu alternativen Antriebssystemen bzw. umweltfreundlichen Produkten im Generellen wird häufig die Einstellung zur Umwelt in das Erklärungsmodell einbezogen (vgl. Kapitel 3.4.1).

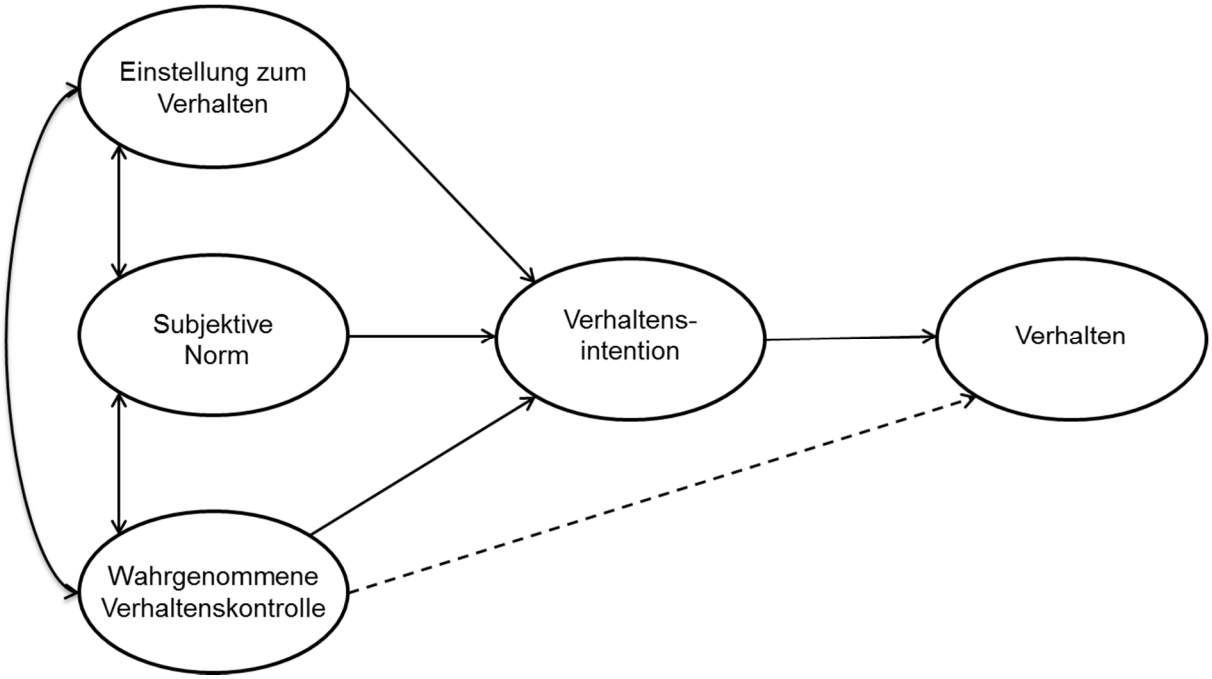


Abbildung 3.1: Modelldarstellung der *theory of planned behaviour*

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Ajzen (1991: 182)

### 3.3.2. Reduziertes Theory-of-planned-Behaviour-Modell

In empirischen Studien lässt sich das tatsächliche Verhalten oft nicht oder nur unzureichend analysieren. Dies ist insbesondere der Fall, wenn das zu analysierende Verhalten das Konsumverhalten bei Produkten ist, die aufgrund ihrer Neuheit (noch) nicht am Markt zur Verfügung stehen. In solchen Fällen kann ein Teilmodell der *theory of planned behaviour* verwendet werden, bei dem das tatsächliche Verhalten nicht analysiert wird (Bamberg & Schmidt 1993: 30; Randall & Wolff 1994: 407; Fujii & Gärling 2003: 392 f.; Yetano Roche et al. 2010: 5302). Im reduzierten Modell wird die Verhaltensintention von der Einstellung zum Verhalten, der subjektiven Norm und der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle beeinflusst (Abbildung 3.2).

Werden Präferenzen analysiert, so kann die Verhaltensintention zur Auswahl präferierter Produkte bzw. Dienstleistungen auch über ein Choice-Experiment (Stated-Preference-Experiment) gemessen werden. Dabei wird angenommen, dass sich die Verhaltensintention zur Konsumentscheidung in den Auswahlentscheidungen des Choice-Experiments manifestiert (Fujii & Gärling 2003: 392; Asmus et al. 2006: 5). Eine Kombination von Theory-of-planned-Behaviour- und Logit-Choice-Modellen erlauben u. a. die in Kapitel 3.2 vorgestellten integrierten Modelle zum Einbezug von psychografischen Merkmalen in Hierarchical Bayes-Logit-Choice-Modelle.

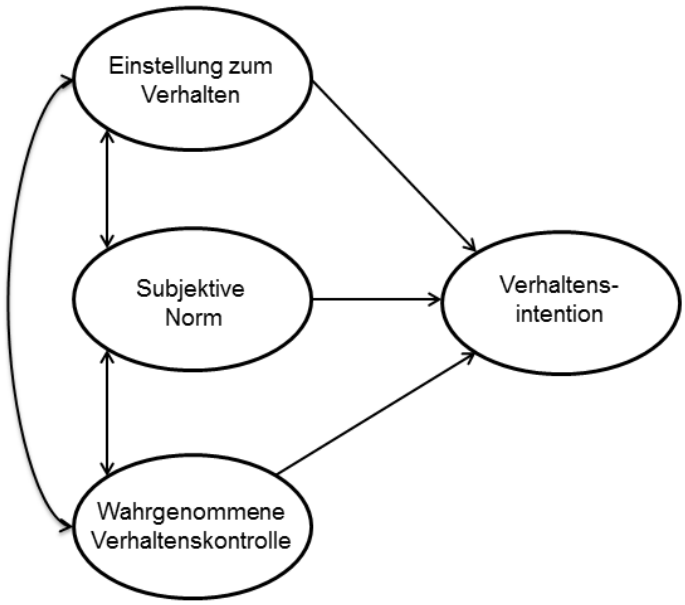


Abbildung 3.2: Darstellung des reduzierten Theory-of-planned-Behaviour-Modells

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bamberg & Schmidt (1993: 30)

## 3.4. Präferenzmodell für Automobile mit alternativen Antriebssystemen

In diesem Kapitel wird das in dieser Arbeit verwendete Präferenzmodell für Automobile mit alternativen Antriebssystemen aufgestellt, in dem psychografische Faktoren in ein Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell integriert werden. Den theoretischen Rahmen für die Auswahl der psychografischen Faktoren stellt die *theory of planned behaviour* dar (vgl. Kapitel 3.3). Die konkrete Auswahl der psychografischen Faktoren für das Präferenzmodell für alternative Antriebssysteme wird in Kapitel 3.4.1 vorgestellt. In Kapitel 3.4.2 wird das Präferenzmodell spezifiziert und in Kapitel 3.4.3 werden auf Basis des Präferenzmodells Forschungshypothesen formuliert, die zur Klärung der Forschungsfragen beitragen sollen (vgl. Kapitel 2.3).

### 3.4.1. Psychografische Faktoren im Präferenzmodell

In das Präferenzmodell für alternative Antriebssysteme werden psychografische Faktoren integriert. Den theoretischen Rahmen für den Einbezug psychografischer Faktoren stellt die *theory of planned behaviour* dar. Da im Rahmen dieser Arbeit keine Analyse des tatsächlichen (Kauf-)Verhaltens erfolgt, wird ein reduziertes Theory-of-planned-Behaviour-Modell verwendet, indem als Verhaltensintention die Intention zum Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem analysiert wird (vgl. Kapitel 3.3.2). Als Einflussfaktoren werden insgesamt fünf verschiedene Faktoren herangezogen. Dies sind die drei im Grundmodell von Ajzen (1991) vorhandenen Einflussfaktoren (Einstellung zum Verhalten (EZV), subjektive Norm (SN) und wahrgenommene Verhaltenskontrolle (PBC)) sowie zwei Faktoren (symbolisch-affektive Beweggründe (SAB) und die Einstellung zur Umwelt (EZU)), deren Einfluss in mehreren anderen wissenschaftlichen Studien im Bereich „Transport / Automobile“ gezeigt werden konnte. Der Faktor „Einstellung zum Verhalten (EZV) “ wird im weiteren Verlauf der Arbeit als „Einstellung zum Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem“ oder abgekürzt als „Einstellung zum AFV-Kauf“ benannt.

**Symbolisch-affektive Beweggründe (SAB)**

Nach Steg et al. (2001: 165) und Steg (2005: 159) beeinflussen symbolische affektive Beweggründe (*symbolic-affective motives*) das Nutzungsverhalten bei Automobilen. Symbolische Beweggründe beziehen sich auf den Umstand, dass Personen sich selbst und ihre soziale Position anhand ihres Automobils ausdrücken können (Steg 2005: 149). Affektive Beweggründe beziehen sich auf Gefühle, die durch das Autofahren hervorgerufen werden (Steg 2005: 150). Steg et al. (2001: 152) nennen als Beispiele symbolisch-affektiver Beweggründe für das Autofahren u. a. Status, Unabhängigkeit und Freiheit. Die Arbeit von Peters (2009: 95) zeigt, dass symbolische Beweggründe auch einen Einfluss auf Präferenzen für kraftstoffeffiziente Automobile haben. Die Ergebnisse der Studie von Turrentine & Kurani (2007: 1221) lassen vermuten, dass symbolische Beweggründe bei

Auswahlentscheidungen für Hybridfahrzeuge eine Rolle spielen. Es konnte keine deutschsprachige Veröffentlichung identifiziert werden, in der *symbolic-affective motives* thematisiert wurden. Die Bezeichnung „symbolisch-affektive Beweggründe“ wurde daher unter der Prämisse gewählt, möglichst nahe an der englischen Namensgebung zu bleiben.

**Einstellung zur Umwelt (EZU)**

Alternative Antriebssysteme werden u. a. aufgrund der möglichen Reduzierung der automobilverkehrsbedingten $CO_2$-Emissionen als umweltfreundlich erachtet (vgl. Kapitel 1.1). Zur Analyse des (potenziellen) Kaufverhaltens für alternative Antriebssysteme werden in wissenschaftlichen Studien daher häufig auch generelle Einstellungen zur Umwelt analysiert (z. B. Ewing & Sarigöllü 2000; Johns et al. 2008; Ziegler 2012; Hackbarth & Madlener 2013). Insbesondere scheinen Einstellungen zum Kauf von umweltfreundlichen Produkten einen Einfluss auf die Präferenzen für alternative Antriebssysteme zu haben (Ziegler 2012: 1384).

### 3.4.2. Integriertes Modell zur Präferenzmessung

In diesem Kapitel wird das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen spezifiziert. Es basiert auf den in Kapitel 3.2 vorgestellten integrierten Modellen zum Einbezug von psychografischen Merkmalen in das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell. Es wird angenommen, dass sich die Verhaltensintention zum Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem in den Auswahlentscheidungen des Choice-Experiments manifestiert (vgl. Kapitel 3.3.2). Das heißt, die in Kapitel 3.4.1 definierten psychografischen Einflussfaktoren „Einstellung zum AFV-Kauf (EZV)“, „subjektive Norm (SN) “, „wahrgenommene Verhaltenskontrolle (PBC)“, „symbolische-affektive Beweggründe (SAB) “ und „Einstellung zur Umwelt (EZU)“ beeinflussen die Auswahlentscheidungen im Choice-Experiment und damit die geschätzten Teilnutzenwerte der zu analysierenden Produktattribute. Im Präferenzmodell können verschiedene Produktattribute von Automobilen konkretisiert werden. Details zur Auswahl der Attribute der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten empirischen Studie und die genaue Definition der Attributausprägungen finden sich in Kapitel 5.1.3. Für eine allgemeine Zahl von q Attributausprägungen ergibt sich folgende Modellspezifikation. Die individuelle Likelihood-Funktion $L(y_n|\beta_n)$ ist gegeben durch:

$$L(y_n|\beta_n) = \prod_{r=1}^{R}\prod_{k=1}^{K} P(y_{nrk} = 1|\beta_n)^{y_{nrk}} \qquad (n = 1, \dots, N) \tag{3.33}$$

mit

| | |
|---|---|
| N: | Stichprobengröße |
| $y_n$: | Vektor der R Auswahlentscheidungen von Individuum n |
| $\beta_n$: | Nutzenparameterwerte der analysierten Automobilattributausprägungen für Individuum n; (b×1-Vektor; b: Anzahl der Nutzenparameter) |

$P(y_{nrk} = 1|\beta_n)$: Wahrscheinlichkeit, dass Individuum n in Auswahlentscheidung r die Alternative k wählt

$$y_{nrk} = \begin{cases} 1 & \text{falls Individuum n im r-ten Choice-Set die k-te Alternative wählt} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Modellintegration der zu analysierenden psychografischen Merkmale in das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell erfolgt durch die Annahme folgender Regressionsgleichung für die First-Stage-priori-Verteilung (vgl. Formel (3.32)):

$$\beta_n = \Theta' z_n + \varepsilon_n \qquad (n = 1, \dots, N); \quad \varepsilon_n \sim N(0, D) \tag{3.34}$$

mit

$\beta_n$: Nutzenparametervektor der analysierten Automobilattributausprägungen für Individuum n (b×1-Vektor; b: Anzahl der Nutzenparameter)

z: 5×1-Vektor der integrierten psychografischen Variablen; $z=(z_{EZV}, z_{SN}, Z_{PBC}, z_{SAB}, z_{EZU})'$

$\Theta$: q×5-Matrix mit Regressionskoeffizienten

D: Kovarianzmatrix

Die Spezifizierung der Second-Stage-priori-Verteilung erfolgt nach den in Kapitel 3.2 genannten Prämissen.

### 3.4.3. Hypothesenformulierung

Das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen stellt das theoretische Gerüst zur Analyse der in Kapitel 1.3 formulierten Forschungsfragen dar. Zur Schätzung der Modellparameter werden die Ergebnisse der empirischen Onlinestudie herangezogen (vgl. Kapitel 4). Für Forschungsfrage 2 (Welchen Einfluss haben psychografische Merkmale auf die Präferenzen für alternative Antriebe?) werden im Folgenden weiterführende Hypothesen aufgestellt, die auf den in Kapitel 3.4.2 getroffenen Aussagen beruhen.

- Hypothese 1: Die Einstellung zum AFV-Kauf hat einen Einfluss auf die (individuellen) Teilnutzenwerte der (alternativen) Antriebsattribute. Es wird angenommen, dass je positiver die Einstellung zum AFV-Kauf ist, desto größer sind auch die Teilnutzenwerte der alternativen Antriebssysteme.
- Hypothese 2: Die subjektive Norm hat einen Einfluss auf die (individuellen) Teilnutzenwerte der (alternativen) Antriebsattribute. Es wird angenommen, dass je größer der wahrgenommene soziale Druck zum AFV-Kauf ist, desto größer sind auch die Teilnutzenwerte der alternativen Antriebssysteme.

- Hypothese 3: Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle hat einen Einfluss auf die (individuellen) Teilnutzenwerte der (alternativen) Antriebsattribute. Es wird angenommen, dass je größer die wahrgenommene Verhaltenskontrolle zum AFV-Kauf ist, desto größer sind auch die Teilnutzenwerte der alternativen Antriebssysteme.
- Hypothese 4: Die symbolisch-affektiven Beweggründe haben einen Einfluss auf die (individuellen) Teilnutzenwerte der (alternativen Antriebsattribute). Es wird angenommen, dass das Resultat von Turrentine & Kurani (2007) bezüglich Hybridfahrzeugen gilt (vgl. Kapitel 2.4.1) und auch auf andere alternative Antriebssystemen übertragbar ist. Konkret wird angenommen, dass je stärker die symbolisch-affektiven Beweggründe ausgeprägt sind, desto größer sind auch die Teilnutzenwerte der alternativen Antriebssysteme (vgl. Kapitel 2.4.1).
- Hypothese 5: Die Einstellung zur Umwelt hat einen Einfluss auf die (individuellen) Teilnutzenwerte der als umweltfreundlich geltenden alternativen Antriebsattribute. Es wird daher angenommen, dass je positiver die Einstellung zur Umwelt ist, desto größer sind auch die Teilnutzenwerte der alternativen Antriebssysteme.

# 4. Methoden zur Präferenzmessung

Im Rahmen der empirischen Befragung werden multiattributive Präferenzmessungsverfahren verwendet. Die ermittelten Präferenzdaten werden zur Modellschätzung im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen verwendet. Die Erhebung der im integrierten Modell enthaltenen psychografischen Faktoren erfolgt anhand klassischer Interviewtechniken und wird in diesem Kapitel nicht gesondert beschrieben. Details dazu finden sich im empirischen Teil dieser Arbeit (Kapitel 5.1.2).

Bei den multiattributiven Präferenzmessungsverfahren lassen sich kompositionelle und dekompositionelle Verfahren unterscheiden. Bei den kompositionellen Verfahren werden Attribute sowie deren Ausprägungen direkt in der empirischen Befragung thematisiert und Einzelurteile zu den unterschiedlichen Attributen bzw. Ausprägungen werden zu einem Gesamturteil zusammengefasst („komponiert"). Die auf diese Art ermittelten Teilnutzenwerte werden im Rahmen der Datenanalyse dann zu Gesamtnutzenwerten bzw. Präferenzwerten zusammengefasst (Sattler 2006: 4, 5; Lehnert 2009: 102). Beispiele für solche Verfahren sind analytische Hierarchieprozesse (AHP) und Self-explicated-Modelle (Sattler 2006: 5).

Bei den dekompositionellen Verfahren wird eine genau umgekehrte Herangehensweise verfolgt. Die Präferenzurteile werden ganzheitlich im Vergleich unterschiedlicher Auswahlmöglichkeiten erhoben. Die Datenerhebung vollzieht sich auf komponierter Ebene in Form der Präferenz. Erst bei der Modellschätzung (Datenanalyse) werden die Präferenzen in Teilnutzenwerte dekomponiert (Lehnert 2009: 104). Bei dieser Herangehensweise spielen die Modellannahmen über kognitive Prozesse im Rahmen der Urteilsbildung eine wesentliche Rolle (Lehnert 2009: 104). Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, wird häufig von (gewichteten) additiven Modellen ausgegangen, in denen kompensatorische Beziehungen der einzelnen Attribute angenommen werden. Typische Beispiele sind die Verfahren der Conjoint-Analyse und die multidimensionale Skalierung (MDS) (Sattler 2006: 5 f.; Lehnert 2009: 104). Eine Diskussion der Vor- und Nachteile von kompositionellen und dekompositionellen Methoden findet sich zum Beispiel in Lehnert (2009: 101 f.).

Kombinationen aus kompositionellen und dekompositionellen Verfahren werden als hybride Verfahren bezeichnet (Sattler 2006: 8 f.). Bei adaptiven Methoden werden Antworten von Probanden für die Gestaltung der späteren Aufgaben in der empirischen Befragung verwendet. Es ergeben sich dadurch individualisierte Befragungen (Sattler 2006: 9).

Aufgrund der Verbreitung von computergestützten experimentellen Befragungen (z. B. Online-Fragebögen oder Computer-aided-personal-Interviews) haben in den letzten Jahren adaptive Verfahren an Bedeutung gewonnen (Eggers & Sattler 2011: 44). Neben adaptiven

dekompositionellen Verfahren wie zum Beispiel den *polyhedral methods* (Toubia et al. 2004; Toubia et al. 2007) existieren unterschiedliche adaptive hybride Verfahren. Das in der Vergangenheit am meisten verbreitete adaptive hybride Verfahren war die von Johnson (1987) entwickelte *adaptive conjoint analysis* (ACA) (Sattler 2006: 9).

Die beiden im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Verfahren ACBC und HIT-CBC wurden von Johnson & Orme (2007) bzw. Eggers & Sattler (2009) entwickelt und lassen sich der Klasse der adaptiven hybriden Verfahren zuordnen. In beiden adaptiven hybriden Verfahren werden in den dekompositionellen Befragungsteilen Befragungstechniken der Choice-based-Conjoint-Analyse verwendet, welche in Kapitel 4.1 vorgestellt wird.

Für den späteren Vergleich von ACBC und HIT-CBC werden in Kapitel 4.2 zunächst Gütekriterien vorgestellt, die zur Bewertung der Verfahren herangezogen werden können. In Kapitel 4.3 werden die adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC vorgestellt und miteinander verglichen.

## 4.1. Choice-based-Conjoint-Analyse

Die Choice-based-Conjoint-Analyse (auch als Discrete-Choice-Analyse) bildet die Grundlage für die beiden in dieser Arbeit verwendeten adaptiven hybriden Verfahren. Anwendungen der Choice-based-Conjoint-Analyse finden sich in den verschiedensten Gebieten. Zu nennen sind u. a. die Präferenzforschung (vgl. Kapitel 3), das Marketing, die Transportökonomie, die Gesundheitsökonomie, die Umweltökonomie und die Agrar- und Ernährungsökonomie (Hartl 2008: 89).

Der Einsatz der Choice-based-Conjoint-Analyse ist sowohl bei experimentellen Befragungen (*stated preference data*) als auch bei Marktbeobachtungen (*revealed preference data*) möglich (Hahn 1997: 84). Im Folgenden wird nur auf den Einsatz der Choice-based-Conjoint-Analyse in experimentellen Befragungen eingegangen.

Im Rahmen einer experimentellen Befragung wählen die Probanden bei der Choice-based-Conjoint-Analyse (im Choice-Experiment) in verschiedenen Auswahlsituationen (Choice-Tasks) jeweils die attraktivste Alternative. Dabei kann den Probanden in jeder Auswahlsituation auch eine „Nicht-Auswahl-Option“ (*none-choice option*) ermöglicht werden (Backhaus et al. 2011: 560). Jede Auswahlsituation (Choice-Task) besteht aus einem Choice-Set und einer Fragestellung. In den Choice-Sets befindet sich eine bestimmte Anzahl (oftmals drei oder vier) Alternativen (Stimuli), die anhand zuvor festgelegter Attribute und deren Ausprägungen definiert werden (Backhaus et al. 2011: 560). Ein Beispiel für eine Choice-Task findet sich in Abbildung 4.1. Das Untersuchungsobjekt im Beispiel sind Neuwagen. Im Choice-Set enthalten sind drei Fahrzeuge (Stimuli) und eine None-Choice-Option. Die Fragestellung steht über dem Choice-Set. Jeder Stimulus hat vier Attribute

(Modell, Leistung, Verbrauch und Preis), die durch die in Abbildung 4.1 dargestellten Attributausprägungen definiert sind.

| Wenn Sie heute einen Neuwagen kaufen sollten, für welches Fahrzeug würden Sie sich innerhalb dieser Auswahl entscheiden? | | | |
|---|---|---|---|
| | **Fahrzeug 1** | **Fahrzeug 2** | **Fahrzeug 3** |
| Modell | VW Polo | Opel Corsa | Renault Clio |
| Leistung | 60 KW | 44 KW | 75 KW |
| Verbrauch | 6 l/100 km | 5,8 l/100 km | 6,9 l/100 km |
| Preis | 16.900 Euro | 14.000 Euro | 16.900 Euro |
| **Ihre Entscheidung:** | ☐ Fahrzeug 1 | ☐ Fahrzeug 2 | ☐ Fahrzeug 3 |
| | ☐ Ich würde keines der Fahrzeuge kaufen. | | |

Abbildung 4.1: Beispiel einer Choice-Task

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

### 4.1.1. Experimentelles Design

In diesem Kapitel wird auf die Gestaltung des experimentellen Designs der Choice-based-Conjoint-Analyse eingegangen. Generell unterscheidet man zwei Arten von Choice-Experimenten, die bei der Choice-based-Conjoint-Analyse verwendet werden können. Diese sind generische (engl.: *generic*) Choice-Experimente und gekennzeichnete (engl.: *labelled*) Choice-Experimente (Hartl 2008: 93). Im Gegensatz zu gekennzeichneten Choice-Experimenten haben die Stimuli in generischen Choice-Experimenten keinen übergeordneten Namen bzw. keine übergeordnete Kennzeichnung. Ein solcher übergeordneter Name für einen Stimulus kann beispielsweise die Marke eines Produkts oder der Name eines Urlaubsziels sein (Hartl 2008: 93). Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf generischen Choice-Experimenten und in den Ausführungen in den folgenden Kapiteln liegt der Fokus daher auf dieser Art von Choice-Experimenten.

Das Design der Choice-based-Conjoint-Analyse ist zweistufig. In der ersten Stufe (Kapitel 4.1.1.1) wählt der Forscher die Attribute und Ausprägungen aus, mit denen das Untersuchungsobjekt beschrieben werden soll (Sammer 2007: 19). Das Untersuchungsobjekt „Auto“ lässt sich zum Beispiel durch die Attribute „Marke“, „Antriebssystem“ und „Preis“ beschreiben. Das Attribut „Marke“ kann dann zum Beispiel durch die Ausprägungen „BMW“, „Renault“ und „VW“ beschrieben werden. In der zweiten Stufe (Kapitel 4.1.1.2) wird das experimentelle Design anhand verschiedener Effizienzkriterien festgelegt (Sammer 2007: 19). Dabei stehen unterschiedliche Verfahren der Designerstellung zur Verfügung. Diese werden in Kapitel 4.1.1.3 vorgestellt.

#### 4.1.1.1. Auswahl von Attributen und deren Ausprägungen

Die Frage, wie sich ein Stimulus (Untersuchungsobjekt) in einzelne Attribute und Ausprägungen zerlegen lässt, ist für eine empirische Studie von besonderer Bedeutung (Eggers & Sattler 2011: 40). Anhaltspunkte für die Auswahl von Attributen und Ausprägun-

gen können u. a. Ergebnisse früherer Studien, Experteninformationen und qualitative Vorbefragungen liefern (Alpizar et al. 2001: 14; Hartl 2008: 90).

Backhaus et al. (2011a: 462, 463) formulieren zudem folgende generelle Kriterien für die Auswahl von Attributen und Ausprägungen:

- Die Attribute müssen präferenzrelevant sein, d. h., es sollen nur Attribute gewählt werden, die einen Einfluss auf die Gesamtnutzenbildung und die Kaufentscheidung der Probanden haben.
- Die Attribute müssen verschiedene Ausprägungsmöglichkeiten aufweisen können.
- Falls ein additives Nutzenmodell gewählt wird (vgl. Kapitel 3.1.1), sollten die Attribute präferenzunabhängig sein. Das bedeutet, dass der empfundene Nutzen einer Attributausprägung nicht durch die Ausprägung anderer Eigenschaften beeinflusst wird.
- Falls ein additives Nutzenmodell verwendet wird, muss eine kompensatorische Beziehung zwischen den Attributen bestehen, d. h., eine Verschlechterung in einem Attribut soll durch die Verbesserung eines anderen Attributs kompensiert werden können.
- Die Ausprägungen der Attribute müssen realisierbar sein. Insbesondere müssen Grenzen der technischen Umsetzbarkeit beachtet werden.
- Ausprägungen dürfen keine Ausschlusskriterien darstellen. Ein Ausschlusskriterium liegt vor, falls für den Probanden eine gewisse Ausprägung auf jeden Fall vorhanden sein muss. Falls ein Ausschlusskriterium vorliegt, ist die kompensatorische Beziehung zwischen den Ausprägungen nicht mehr gegeben.
- Die Anzahl der Attribute und ihrer Ausprägungen muss beschränkt sein. Aus Sicht des Analysten wäre eine große Zahl von Attributen und Ausprägungen wünschenswert. Somit könnte aus der Befragung viel Information gewonnen werden. Andererseits ist eine Befragung mit einer großen Zahl von Attributen und Ausprägungen für die Befragten kognitiv anspruchsvoll. Dies kann sich negativ auf die Qualität der Antworten auswirken. Der Analyst muss daher genau entscheiden, wie viele Attribute und Ausprägungen er zur Beschreibung der Stimuli verwenden will (Hartl 2008: 97, 98). Die Zahl der Attributausprägungen sollte zudem möglichst gleichverteilt über die Attribute sein. Ist dies nicht der Fall, so kann sich die relative Wichtigkeit der ausprägungsreicheren Attribute erhöhen, was eine künstliche Verzerrung des Ergebnisses darstellen würde (Number-of-Levels-Effekt) (Currim et al. 1981: 72; Hair et al. 2010: 282).

#### 4.1.1.2. Effizienzkriterien bei der Erstellung experimenteller Designs

Nach der Auswahl der Attribute und Ausprägungen wird das experimentelle Design festgelegt. Dabei wird die Gestaltung der unterschiedlichen Choice-Sets vorgenommen. Das heißt, es wird festgelegt, welche Stimuli (Kombinationen von Attributausprägungen) in welche Choice-Sets aufgenommen werden (Hartl 2008: 91).

Vor Erstellung jedes experimentellen Designs muss eine Nutzenfunktion festgelegt werden, die am ehesten die Präferenzen der Probanden beschreibt (Hartl 2008: 92). Die Wahl des experimentellen Designs sollte auch davon abhängig gemacht werden, welche Effekte geschätzt werden sollen (Hartl 2008: 92). Häufig werden bei der Choice-based-Conjoint-Analyse Designs verwendet, mit denen nur die Schätzung von Haupteffekten (engl.: *main effects*) möglich ist (Sammer 2007: 20). Die Nutzenfunktion hat dann eine rein additive Form (Hartl 2008: 93).

In vielen Entscheidungsregeln existieren jedoch auch Interaktionseffekte (Hartl 2008: 93). Solche Effekte treten immer dann auf, wenn der kombinierte Effekt zweier oder mehrerer Eigenschaften sich von der Summe der Haupteffekte unterscheidet. Falls auch Interaktionseffekte geschätzt werden sollen, werden in der Nutzenfunktion Produktterme aus den entsprechenden Eigenschaften modelliert (Louviere et al. 2004: 87, 88; Hartl 2008: 93).

Bei gekennzeichneten Choice-Experimenten (vgl. Kapitel 4.1.1) können zudem auch Alternativen-spezifische Effekte geschätzt werden (Hartl 2008: 93). Ebenso ist es möglich, Kreuzeffekte zu schätzen. Eine detaillierte Beschreibung dazu findet sich beispielsweise in Hartl (2008: 93, 94).

Die Erstellung des zur Modellspezifikation passenden experimentellen Designs erfolgt typischerweise anhand von Kriterien, die die statistische Effizienz und die Response-Effizienz (engl.: *response efficiancy*) des Designs betreffen (Hartl 2008: 97).

**Statistische Effizienz**

Als Kennzahl für die statistische Effizienz eines experimentellen Designs wird oftmals die sogenannte Design-Effizienz (D-Effizienz, D-Optimalität) herangezogen (Kuhfeld et al. 1994: 546 f.; Hartl 2008: 95, 96). Zur Bestimmung dieser Kennzahl wird die Informationsmatrix X'X verwendet, wobei X die n×k Design-Matrix darstellt (n ist die Anzahl der verwendeten Stimuli und k die Anzahl der Attribute). Die D-Effizienz ist als Funktion des geometrischen Mittels der Eigenwerte von X'X definiert (Kuhfeld et al. 1994 546 f.).

$$\mathrm{D-Effizienz} = \frac{100}{\mathrm{n} \cdot |(\mathrm{X'X})^{-1}|^{\frac{1}{\mathrm{k}}}} \tag{4.1}$$

Ein effizientes Design hat eine D-Effizienz von 100. Weniger effiziente Designs nehmen Werte im Intervall ]0; 100[ an (Lusk & Norwood 2005: 772). Die D-Effizienz besitzt als Kennzahl nur für lineare Modelle Gültigkeit. Für nicht-lineare Modelle, wie das der Choice-based-Conjoint-Analyse zugrundeliegende Logit-Choice-Modell, ist die Kennzahl somit grundsätzlich nicht anwendbar. Kuhfeld et al. (1994: 548) und Carson et al. (1994: 361) haben allerdings festgestellt, dass die Ergebnisse der linearen Modelle auf nicht-lineare übertragen werden können und somit D-effiziente Designs auch für nichtlineare Modelle geeignet sind.

Die Ermittlung von Kennzahlen zur direkten Beurteilung experimenteller Designs bei nichtlinearen Modellen gestaltet sich schwieriger (Hartl 2008: 96). In der Literatur werden dazu verschiedene Ansätze diskutiert. Einen Überblick zu dieser Thematik liefert beispielsweise Hartl (2008: 96 f.).

Bei der Erstellung von experimentellen Designs werden häufig auch die folgenden vier Effizienzkriterien verwendet (Huber & Zwerina 1996; Eggers & Sattler 2011: 40).

- Orthogonalität (engl.: *orthogonality*)
  Die verschiedenen Attributausprägungen sind unkorreliert. Ein orthogonales Design liegt vor, wenn die Häufigkeit des gemeinsamen Auftretens zweier Ausprägungen verschiedener Attribute dem Produkt ihrer marginalen Häufigkeiten entspricht (Eggers & Sattler 2011: 40). Kommt beispielsweise die Ausprägung x eines Attributs in 1/4 aller Stimuli und die Ausprägung y eines zweiten Attributs in der Hälfte aller Stimuli vor, so liegt bei einem orthogonalen Design die Häufigkeit des Auftretens von x und y bei 1/8.
- Balance (engl.: *level balance*)
  Alle Ausprägungen kommen insgesamt gleich häufig vor. Hat ein Attribut zum Beispiel fünf Ausprägungen, so kommt jede Ausprägung in einem Fünftel aller Stimuli vor (Eggers & Sattler 2011: 40).
- Minimale Überschneidung (engl.: *minimal overlap*)
  Die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Attributausprägung innerhalb eines Choice-Sets wiederholt, soll minimiert werden (Eggers & Sattler 2011: 40).
- Nutzenbalance (engl.: *utility balance*)
  Die Stimuli innerhalb eines Choice-Sets sind für den Probanden gleich attraktiv. Insbesondere kommen keine im Sinne der Pareto-Optimalität dominierenden oder dominierten Stimuli vor (Eggers & Sattler 2011: 40).

Ist ein Design orthogonal und liegt gleichzeitig Balance vor, so hat das Design einen D-Effizienz-Wert von 100 (Kuhfeld et al. 1994: 546). Minimale Überschneidung und Nutzenbalance sind Kriterien, die insbesondere bei der Erstellung von Choice-Sets relevant sind (Huber & Zwerina 1996; Hartl 2008: 94).

Die negativen Auswirkungen der Verletzung des Kriteriums „minimale Überschneidung“ werden anhand des folgenden Extrembeispiels deutlich: Kommt innerhalb eines Choice Sets immer dieselbe Attributausprägung vor, so liefert die Wahlentscheidung des Probanden hinsichtlich dieses Attributs überhaupt keine Information über den Wert des Attributs (Huber & Zwerina 1996: 309). Das Kriterium „Nutzenbalance“ kann bei der Erstellung des experimentellen Designs nur berücksichtigt werden, falls bereits a priori Informationen über den Nutzen von Attributausprägungen zur Verfügung stehen (Huber & Zwerina 1996: 307). Im Bereich des Marketings kann in vielen Fällen zum Beispiel davon ausgegangen werden, dass niedrigere Preise bevorzugt werden oder dass manche Marken gegenüber anderen

favorisiert werden. Zudem können Informationen aus Vorstudien herangezogen werden (Huber & Zwerina 1996: 307). Eine besondere Möglichkeit bieten adaptive Verfahren, bei denen die Informationen aus vorherigen Fragen für die Erstellung des experimentellen Designs verwendet werden können (vgl. Kapitel 4.3).
Die gleichzeitige Erfüllung mehrerer statistischer Effizienzkriterien steht bei der Erstellung experimenteller Designs oftmals im Konflikt zueinander (Huber & Zwerina 1996: 315). Für die Erstellung möglichst effizienter Designs wird deshalb versucht, einen Trade-Off zwischen den unterschiedlichen Kriterien zu finden (Huber & Zwerina 1996: 309).

**Anforderungen an die Befragten / *response efficiancy***

Choice-Experimente, die sich durch sehr komplexe Aufgaben auszeichnen, bergen die Gefahr, zu hohe Anforderungen an die kognitive Leistungsfähigkeit der Probanden zu stellen und somit die Validität der Ergebnisse zu schmälern (Heidbrink 2007: 28; Lehnert 2009: 212). Wenn Probanden Befragungen als zu lang empfinden, kann dies zu weniger sorgfältigen Antworten führen und ebenfalls negative Auswirkungen auf die Validität der Ergebnisse haben (Hartmann & Sattler 2004: 3). Dieses Problem kann insbesondere bei Choice-Experimenten mit vielen zu bewertenden Choice-Tasks auftreten. Die Anforderungen an die Befragten können in Choice-Experimenten u. a. durch eine niedrigere Zahl an Choice-Tasks oder eine Reduzierung der Attribute und deren Ausprägungen gesenkt werden (Lehnert 2009: 212 f.).

Eine Reduzierung der Anforderungen an die Befragten steht grundsätzlich in Konkurrenz zur statistischen Effizienz, die durch die Gewinnung einer größeren Menge an Informationen erhöht werden kann. Bei der Erstellung des experimentellen Designs muss somit ein Trade-Off zwischen der Komplexität der Aufgaben für die Probanden und der statistischen Effizienz gefunden werden (Lusk & Norwood, 2005: 771).

#### 4.1.1.3. Verfahren zur Erstellung experimenteller Designs

Nachdem bisher allgemeine Gesichtspunkte der Erstellung experimenteller Designs diskutiert wurden, sollen im Folgenden unterschiedliche Verfahren zur Designgenerierung vorgestellt werden. Generell unterscheidet man vollständige faktorielle und fraktionelle faktorielle Designs. Bei einem vollständigen faktoriellen Design werden alle möglichen Stimuli in die Befragung aufgenommen. Aus statistischen Gesichtspunkten ist ein solches Design wünschenswert, da diese Designs effizient sind und alle Haupt-, Interaktions- und Alternativen-spezifischen Effekte identifiziert werden können (Louviere et al. 2004: 85, 86). Diese Herangehensweise führt allerdings schon bei wenigen Attributen und Ausprägungen zu einer großen Anzahl abzufragender Stimuli. Zum Beispiel ergeben sich bei fünf Attributen mit jeweils drei Ausprägungen schon $3^5 = 243$ nötige Stimuli. Die Bewertung einer derart großen Anzahl von Stimuli kann bei Probanden Überforderung, Langeweile oder Widerstand auslösen und somit die Validität der Ergebnisse negativ beeinflussen (vgl. Kapitel 4.1.1.2: „Anforderungen an die Befragten“). Um dies zu vermeiden, werden fraktionelle faktorielle

Designs verwendet, die eine Teilmenge des vollständigen faktoriellen Designs darstellen (Telser 2002: 40). Bei der Gestaltung dieser Designs gilt es, wie in Kapitel 4.1.1.2 beschrieben, einen Trade-Off zwischen statistischer Effizienz und den Anforderungen an die Befragten zu finden.

Zur Erstellung fraktioneller faktorieller Designs werden im Allgemeinen drei verschiedene Vorgehensweisen eingesetzt (Hartl 2008: 99 f.):

- Manuelle experimentelle Designs
  Die Erstellung manueller experimenteller Designs ist ohne Computerunterstützung möglich (Chrzan & Orme 2000: 3; Hartl 2008: 99). Sie basieren häufig auf OMEPs (*orthogonal main effect plans*), welche u. a. in Designkatalogen zur Verfügung stehen (Box et al. 1978: 306 f.; Nist/Sematech 2007). OMEPs eignen sich nur zur Schätzung von Haupteffekten und weisen die beiden Effizienzkriterien Orthogonalität und Balance auf. Interaktionseffekte können nicht geschätzt werden. Die OMEP-Profile entsprechen den ersten Stimuli im Choice-Set. Durch systematisches Verändern der Attributausprägungen aus dem OMEP-Profil werden die weiteren Stimuli des Choice-Sets erzeugt. Verwendet werden dabei beispielsweise Fold-over-Designs und Shifted-Designs (Bunch et al. 1996: 10 f.; Hartl 2008: 99). Bei dem in Kapitel 4.3.2 vorgestellten Verfahren „HIT-CBC“ wird zur Designerstellung ein Shifted-Design verwendet, das mit einem Algorithmus von Burgess & Street (2003: 2199 f.) erzeugt wird.
- Computer-optimierte experimentelle Designs
  Für komplexere experimentelle Designs, die z. B. Interaktionen, Alternativen-spezifische Effekte und Restriktionen für gewisse Ausprägungskombinationen beinhalten sollen, ist es häufig nicht möglich, gleichzeitig die Effizienzkriterien Orthogonalität und Balance zu erfüllen. Zur Erstellung möglichst effizienter Designs werden dann statistische Effizienzkennzahlen, wie z. B. das D-Effizienz-Kriterium verwendet. Anhand computergestützter Algorithmen werden dabei Designs ermittelt, die möglichst effizient bezüglich der zu optimierenden Kennzahlen sind (Hartl 2008: 99, 100). Eine Übersicht unterschiedlicher Typen von Algorithmen bietet Hartl (2008: 100).
- Computer-randomisierte experimentelle Designs
  Experimentelle Designs können auch zufällig erzeugt werden. Dies kann anhand einer Zufallsziehung von Stimuli aus dem vollständigen faktoriellen Design oder der zufälligen Ziehung einzelner Attributausprägungen erfolgen (Hartl 2008: 100, 101; Sawtooth Software 2009a: 11 f.). Solche Designs werden hauptsächlich in den Softwarepaketen von Sawtooth Software verwendet (Hartl 2008: 101), so zum Beispiel bei der in Kapitel 4.3.1 vorgestellten adaptiven Choice-based-Conjoint-Analyse.

### 4.1.2. Experimentelle Befragung

Neben der Erstellung des experimentellen Designs muss auch festgelegt werden, auf welche Weise die Studie durchgeführt wird. Zudem muss entschieden werden, welche Grundgesamtheit und welche Stichprobe untersucht werden sollen (Telser 2002: 44).

Grundsätzlich gibt es für experimentelle Befragungen verschiedene Befragungsmethoden. Neben schriftlichen Befragungen kann auch auf persönliche Interviews zurückgegriffen werden. Für eine Diskussion der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Methoden sei beispielsweise auf Diekmann (2013: 434 f.) verwiesen. Unabhängig von der Befragungsmethode ist es wichtig, die Entscheidungssituationen so zu präsentieren, dass sie leicht verständlich sind (Telser 2002: 44). Um mögliche Unzulänglichkeiten im Fragebogen vor der Konzeption der Hauptbefragung auszumerzen, empfehlen sich Pretests mit wenigen Probanden (Telser 2002: 44).

Wird für die Durchführung der Befragung ein Fragebogen verwendet, so gibt es einige generelle Aspekte, die beachtet werden müssen. Zum Beispiel sollen Fragen generell kurz und verständlich formuliert werden, es sollen keine mehrdimensionalen Fragen vorkommen und der Befragte sollte durch die Fragen nicht überfordert werden (Diekmann 2010: 479 f.). Im Folgenden werden spezielle Aspekte der Gestaltung von Fragebögen bei der Choice-based-Conjoint-Analyse aufgezeigt.

- Beschreibung der Fragestellung in Choice-Tasks
  Es ist davon auszugehen, dass der Kontext, in dem die Entscheidung für ein spezielles Stimulus (z. B. ein Produkt) gefällt wird, die Entscheidungsfindung wesentlich beeinflusst. Beispielsweise ist es denkbar, dass die Entscheidung über den Neuwagenkauf von einer Person völlig anders beurteilt wird, wenn die Person den Wagen nicht selbst bezahlen muss, sondern als Dienstwagen beschaffen soll. Die Fragestellung im Choice-Task muss daher möglichst präzise formuliert werden (Hensher et al. 2007: 173 f).
- Attribute und Ausprägungen
  Für die Festlegung der Attribute und Ausprägungen gibt es einige generelle Strategien, die bereits in Kapitel 4.1.1.1 beschrieben wurden. Bei der Konstruktion der Befragung sollte zudem darauf geachtet werden, dass diese sauber definiert sind. Das heißt, dass sie für alle Befragten die gleiche Bedeutung besitzen. Attribute und Ausprägungen, die unklar definiert sind, können von den Befragten unterschiedlich interpretiert werden und damit eine größere Variabilität erzeugen, ohne den Erklärungsgehalt zu verbessern. Insbesondere bei qualitativen Attributen wie „Komfort“ besteht die Gefahr von unterschiedlichen Interpretationen. In solchen Fällen sollte eine detaillierte Beschreibung der Ausprägungen gegeben werden (Hensher et al. 2007: 169).

- Präsentationsform der Choice-Sets
  Die Präsentation der Choice-Sets erfolgt meist in schriftlicher Form. Dabei werden die einzelnen Choice-Sets in Tabellen dargestellt. Es ist allerdings auch möglich, einzelne Ausprägungen oder ganze Produkte (Stimuli) multimedial zu beschreiben (Brusch 2005: 42 f.) oder tatsächliche Produkte in Choice-Tasks bewerten zu lassen (Backhaus et al. 2013: 180).
- Mehrere Choice-Tasks
  Das experimentelle Design wird bei der Choice-based-Conjoint-Analyse meist so gewählt, dass den Probanden mehrere Choice-Tasks vorgelegt werden (Backhaus et al. 2011: 561). Dabei besteht die Gefahr, dass die Choice-Tasks nicht unabhängig voneinander betrachtet werden (Hartl 2008: 102). Dies kann beispielsweise vermieden werden, indem man die Probanden konkret darauf hinweist, dass jede Choice-Task als unabhängige (hypothetische) Entscheidungssituation aufgefasst werden soll (Hartl 2008: 102). Falls eine unabhängige Bewertung jeder Choice-Task nicht gewährleistet werden kann, liegen Paneldaten vor. Zur Auswertung von Paneldaten muss das theoretische Modell angepasst werden. Weitergehende Informationen dazu finden sich beispielsweise im Buch von Train (2009: 50 f.).
  Wie bereits in Kapitel 4.1.1.2 erwähnt, sollte die Zahl der Choice-Tasks auf ein sinnvolles Maß beschränkt werden. Wie viele Choice Tasks den Probanden zugemutet werden können, hängt dabei von unterschiedlichen Faktoren ab. Dies sind zum Beispiel die Zahl der Attribute und Ausprägungen, die Anreize der Befragten, die Art der Datenerhebung (zum Beispiel schriftlich oder persönlich) sowie die kognitive Leistungsfähigkeit der Zielgruppe (Louviere et al. 2004: 261; Hartl 2008:102).

Wie in jeder experimentellen Befragung muss auch bei der Choice-based-Conjoint-Analyse festgelegt werden, welche Personen die Zielgruppe der Untersuchung sind (Grundgesamtheit). Die Bestimmung der Grundgesamtheit ergibt sich aus der Zielsetzung der Studie und bei der Choice-based-Conjoint-Analyse somit meist aus dem Untersuchungsobjekt der Studie (Sammer 2007: 22). Werden im Choice-Experiment Kaufentscheidungen für Produkte abgefragt, so ist eine häufig gewählte Grundgesamtheit die Gruppe der (potenziellen) Käufer des Produkts (Sammer 2007: 22). Bei der Auswahl von Studienteilnehmern für Choice-Experimente ist es von großer Bedeutung, dass die potenziellen Studienteilnehmer über ein generelles Wissen bezüglich des Entscheidungsproblems verfügen (Helm et al. 2008: 250).

Falls eine Vollerhebung nicht möglich ist, müssen auch die zu befragende Stichprobe und das Stichprobenverfahren festgelegt werden (Telser 2002: 44, 45). Einen Überblick zum Thema Stichprobenziehung geben zum Beispiel Kauermann & Küchenhoff (2011). Details zur Theorie des Stichprobendesigns bei der Choice-based-Conjoint-Analyse finden sich beispielsweise in Louviere et al. (2004: 261-265).

Die Vorgehensweise zur Festlegung von Grundgesamtheit und Stichprobe für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte empirische Studie findet sich in Kapitel 5.1.

## 4.2. Gütekriterien der Messung

In Logit-Choice-Modellen werden Präferenzen anhand von Nutzenwerten quantifiziert. Wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben, sind die tatsächlichen Nutzenwerte für den Analysten nicht vollständig beobachtbar (siehe Kapitel 3.1.1; Zufallsnutzentheorie). Zur Schätzung der Nutzenwerte werden daher die im Choice-Experiment erhobenen Daten verwendet. Messfehler können dabei u. a. während der Durchführung der Befragung oder bei der Auswertung der Daten entstehen.

Zur Analyse von potenziellen Messfehlern werden im Wesentlichen die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität verwendet (Diekmann 2013: 247). Der Grad der Objektivität eines Messinstruments zeigt, in welchem Ausmaß die Ergebnisse der Messung unabhängig sind von dem jeweiligen Analysten, der das Messinstrument anwendet. Ein Messinstrument kann somit als vollständig objektiv angesehen werden, wenn zwei Analysten A und B mit dem gleichen Messinstrument jeweils übereinstimmende Resultate erzielen (Lienert & Raatz 1969: 13; Diekmann 2013: 249).

Ein schärferes Kriterium als die Objektivität ist die Reliabilität. Sie ist ein Maß für die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen und kann durch unterschiedliche Methoden evaluiert werden (Diekmann 2013: 250). Bei der Paralleltest-Methode werden zum Beispiel zwei (oder mehrere) vergleichbare Messinstrumente verwendet. Die Reliabilität kann dann über die Korrelation der Messwerte evaluiert werden (Diekmann 2013: 250). Bei der Test-Retest-Methode wendet man dasselbe Messinstrument nach einer gewissen Zwischenzeit wiederholt an (Diekmann 2013: 250). Bei der Split-Half-Reliabilität wird ein Messinstrument mit multiplen Indikatoren in zwei Hälften aufgeteilt. Die Split-Half-Reliabilität wird dann als Korrelation der beiden Hälften gemessen (Diekmann 2013: 250). Durch das Aufsplitten des Messinstruments wird die tatsächliche Reliabilität des (gesamten) Messinstruments allerdings unterschätzt. Zur Schätzung der tatsächlichen Reliabilität kann u. a. Cronbachs α verwendet werden (Cronbach 1951; Diekmann 2013: 254).

Das wichtigste Kriterium bei der Konstruktion von Messinstrumenten ist jedoch die Validität (Bortz & Döring 2005: 199). Die Validität eines Messinstruments gibt an, ob das Verfahren das misst, was es messen soll bzw. was es zu messen vorgibt (Bortz & Döring 2005: 199). Auch der Validitätsbegriff lässt sich wieder nach verschiedenen Arten untergliedern. Dies sind die Inhaltsvalidität, die Kriteriumsvalidität und die Konstruktvalidität (Bortz & Döring 2005: 199, 200).

- Inhaltsvalidität liegt vor, wenn der Inhalt der Testitems das zu messende Konstrukt in hohem Grad repräsentiert (Bortz & Döring 2005: 199).
- Kriteriumsvalidität zeigt an, in welchem Maße die mit einem Messinstrument erzielten Resultate mit anderen relevanten Merkmalen empirisch korrelieren (Diekmann 2013: 258). Wenn es sich bei dem Kriterium um einen Beobachtungssachverhalt handelt, der erst zu einem späteren Zeitpunkt gemessen werden kann, so nennt man diese Form der Kriteriumsvalidität die prognostische Validität (engl.: *predictive validity*) (Bortz & Döring 2005: 200).
- Konstruktvalidität gibt an, ob Messinstrumente für die Entwicklung von Hypothesen bzw. Theorien brauchbar sind (Diekmann 2013: 258).

Messinstrumente, die vollkommen objektiv und reliabel sind, müssen nicht notwendigerweise valide sein (Diekmann 2013: 256). Diekmann (2013: 256) nennt dafür folgendes Beispiel: Wer wiederholt lügt, mag zwar die Reputation eines reliablen Lügners erhalten, nur sagt er eben nicht die Wahrheit.

Im Rahmen von Choice-Experimenten werden zur Beurteilung der Messgüte häufig mehrere verschiedene Kriterien herangezogen. Die Einordnung der einzelnen verwendeten Kriterien gestaltet sich allerdings schwierig, da in der Präferenzstrukturmessung die Abgrenzung zwischen den Gütekriterien Reliabilität und Validität nicht einheitlich vorgenommen wird (Heidbrink 2007: 42). Dies hat zur Folge, dass in der Literatur die relevanten Begriffe vielfältig und widersprüchlich verwendet werden (Heidbrink 2007: 42).

Im Folgenden werden verschiedene bei Logit-Choice-Modellen verwendete Messgütekriterien vorgestellt. Auf eine begriffliche Zuordnung zu den unterschiedlichen theoretischen Konzepten für Gütekriterien wird aufgrund der im vorherigen Absatz geschilderten Problematik in dieser Arbeit verzichtet.

**Globale Güteprüfung (engl.: *goodness of fit*)**

Backhaus et al. (2013: 208) nennen die Likelihood-Ratio-Statistik und das Pseudo-$R^2$ als gebräuchliche globale Gütemaße zur Prüfung von Logit-Modellen. Bei Logit-Choice-Modellen wird zur Schätzung von Teilnutzenwerten die Maximum-Likelihood-Methode verwendet. Bei der Likelihood-Ratio-Statistik wird das Maximum der Likelihood-Funktion ($L(\beta^*)$) mit $L_0$, dem Wert der Likelihood-Funktion bei Annahme von zufälligen Entscheidungen (Nullmodell), in Beziehung gesetzt (Backhaus et al. 2013: 208):

$$\text{Likelihood-Ratio-Statistik} = -2 \cdot \ln\left(\frac{L_0}{L(\beta^*)}\right) \tag{4.2}$$

Anhand der Likelihood-Ratio-Statistik lässt sich auch der Likelihood-Ratio-Test durchführen, der vergleichbar ist zum F-Test der linearen Regressionsanalyse (Backhaus et al. 2013: 208). Der Likelihood-Ratio-Test kann auch zur Überprüfung der Signifikanz der geschätzten

Koeffizienten verwendet werden. Man verwendet dazu für jeden Koeffizienten eine eigene Likelihood-Ratio-Statistik. In dieser Likelihood-Ratio-Statistik wird als Null-Modell das Modell verwendet, bei dem der zu untersuchende Koeffizient in der Nutzenfunktion auf null gesetzt wird (Backhaus et al. 2013: 208).

Zur Berechnung des Pseudo-$R^2$ werden ebenfalls ($L(\beta^*)$ und $L_0$ in Beziehung gesetzt (Hensher et al. 2007: 337, 338). Das Pseudo-$R^2$ wird auch als McFadden's $R^2$ (Backhaus et al. 2013: 208) oder *percent certainty* bezeichnet (Sawtooth Software 2009b: 14)

$$\text{Pseudo-}R^2 = 1 - \frac{\ln(L(\beta^*))}{\ln(L_0)} \tag{4.3}$$

Im Unterschied zur Likelihood-Ratio-Statistik ist das Pseudo-$R^2$ auf Werte zwischen null und eins normiert (Backhaus et al. 2013: 208). Das Pseudo-$R^2$ im Choice-Modell ist vergleichbar mit dem $R^2$ aus der linearen Regressionsanalyse. Beide Kennzahlen sind nicht gleich, es gibt aber eine direkte empirische Beziehung (Domencich & McFadden 1975: 124; Hensher et al. 2007: 338). Pseudo-$R^2$-Werte von 0,3 bis 0,5 können demnach in $R^2$-Werte von 0,6 bis 0,9 für ein lineares Modell-Äquivalent übersetzt werden (Hensher et al. 2007: 338, 339). Somit kann bereits bei einem Pseudo-$R^2$ von 0,3 von einem vernünftigen Modell gesprochen werden (Hensher et al. 2007: 338).

Bei Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modellen stellt die Konvergenz des verwendeten Algorithmus (typischerweise Metropolis-Hastings-Algorithmus) ein weiteres Gütekriterium dar. Von Konvergenz kann beispielsweise ausgegangen werden, wenn die Zahlenwerte der globalen Gütekriterien sich durch weitere Iterationen nicht mehr wesentlich verändern (Sawtooth Software 2009b: 9). Im Algorithmus von Sawtooth Software (2009b: 10) wird die Zahl der Burn-in-Iteration a priori festgelegt und auf eine große Iterationszahl (z. B. 10.000 Iterationen) gesetzt. Es wird angenommen, dass dann Konvergenz vorliegt. Für den Analysten empfiehlt es sich, die Gütekennzahlen der letzten Burn-in-Iterationen a posteriori auf Konvergenz zu überprüfen und wenn notwendig die Modellschätzung mit einer höheren Zahl von Burn-in-Iterationen zu wiederholen (Sawtooth Software 2009b: 14).

**Prognosegüte - Trefferquoten und ähnliche Kriterien**

Die Trefferquote (engl.: *hit rate*) gibt an, in wie viel Prozent der Auswahlsituationen das geschätzte Modell die tatsächlich ausgewählte Alternative richtig „prognostiziert“ (Backhaus et al. 2013: 209). Beim Max-Utility-Modell wird ein Treffer gezählt, wenn in einer Auswahlsituation die Wahrscheinlichkeit für die gewählte Alternative maximal ist (Backhaus et al. 2013: 209). Alternativ kann die First-Choice-Regel verwendet werden. Dabei wird angenommen, dass die Alternative mit dem höchsten geschätzten Nutzenwert gewählt wird (Eggers & Sattler 2009: 113).

Bei Choice-Experimenten können für die Ermittlung von Trefferquoten auch Holdout-Aufgaben verwendet werden. Dies sind Choice-Tasks, die nicht für die Schätzung der Nutzenwerte verwendet werden. Holdout-Aufgaben können direkt in die Studie integriert werden. Zusätzlich zu den „normalen“ Choice-Tasks, die für die Nutzenschätzung verwendet werden, bearbeiten die Probanden noch die Holdout-Choice-Tasks. Für die Ermittlung der Trefferquote wird die anhand des Modells prognostizierte Entscheidung in der Holdout-Aufgabe mit der tatsächlich getroffenen Entscheidung verglichen. Des Weiteren kann auch eine Holdout-Gruppe definiert werden. Die Probanden werden dann in zwei Gruppen geteilt. Die erste Gruppe wird mit dem für die Nutzenschätzungen relevanten Fragebogen konfrontiert. Die zweite Gruppe bearbeitet nur Holdout-Aufgaben. Vorschläge zur sinnvollen Gestaltung von Holdout-Aufgaben geben u. a. Johnson & Orme (2010).

Generell ist an der beschriebenen Herangehensweise zur Bestimmung von Trefferquoten zu kritisieren, dass die vorhergesagten Wahlentscheidungen ins Verhältnis zu hypothetischen Wahlentscheidungen gesetzt werden. Für eine exakte Gütebeurteilung sollten vielmehr tatsächliche Wahlentscheidungen (z. B. reale Kaufentscheidungen) herangezogen werden. Beispiele für den Einbezug tatsächlicher Wahlentscheidungen in Choice-Experimenten geben Wertenbroch & Skiera (2002) sowie Ding (2007).

Ein weiteres Gütekriterium bezieht sich auf die Prognose von Markt- bzw. Wahlanteilen für unterschiedliche Stimuli. Zur Messung der Abweichungen zwischen den mit dem Modell geschätzten Marktanteilen und den tatsächlichen in den Holdout-Aufgaben beobachteten Marktanteilen kann der *mean absolute error* (MAE) oder der *root mean square error* (RMSE) herangezogen werden. Liegen tatsächliche Marktanteile für im Choice-Experiment bewertete Produkte vor, so können auch diese als Grundlage der Berechnungen verwendet werden (Chapman et al. 2009).

Insbesondere Trefferquoten werden in wissenschaftlichen Studien häufig analysiert und scheinen sich als wichtigstes Kriterium für die Gütebeurteilung im Rahmen der Präferenzstrukturmessung etabliert zu haben (z. B. Hartmann & Sattler 2004: 12; Toubia et al. 2004: 124, 125; Helm et al. 2008: 254, 255; Chapman et al. 2009: 5; Eggers & Sattler 2009: 113; Meißner et al. 2011: 438).

**Korrelationsanalyse**

Sollen unterschiedliche Verfahren zur Generierung von Choice-Daten miteinander verglichen werden, so bietet sich auch eine Korrelationsanalyse an. Anhand dieser lässt sich erkennen, ob unterschiedliche Verfahren zu vergleichbaren Präferenzergebnissen führen (Meißner et al. 2011: 436-438).

**Qualitative Kriterien**

Qualitative Kriterien beziehen sich auf eine Bewertung der eingesetzten Befragungsmethode durch die Probanden. Als Bewertungskriterien kommen u. a. die Realitätsnähe der Fragestellungen, der Unterhaltungswert der Befragungsmethode und die Schwierigkeit der Aufgaben infrage (Meißner et al. 2011: 439). Zur Bewertung können indirekt auch die Abbruchquoten von Befragungen und die Beantwortungsdauer analysiert werden. Wichtig ist die Analyse von qualitativen Kriterien, insbesondere auch deshalb, da zu schwierige oder zu lange Befragungen Probanden dazu veranlassen können, Antworten weniger sorgfältig zu geben, was zu einer entsprechend geringeren Güte der erhobenen Daten führen kann (Hartmann & Sattler 2004: 3).

## 4.3. Adaptive hybride Verfahren

Die beiden im Rahmen dieser Arbeit genutzten Präferenzmessungsverfahren (ACBC und HIT-CBC) werden in diesem Kapitel vorgestellt. Die Anwendung der Verfahren erfolgt in computergestützten experimentellen Befragungen, bei denen gegebene Antworten von Probanden für die Gestaltung späterer Befragungsteile genutzt werden. Somit entstehen individualisierte Befragungen und die Ausgestaltung der präsentierten Produktkonzepte hängt von den zu Beginn der Befragung offenbarten Präferenzen der Probanden ab. Beide Verfahren wurden für experimentelle Befragungen entwickelt, bei denen eine große Zahl von Attributen und Ausprägungen analysiert werden soll (Eggers & Sattler 2009: 109; Sawtooth Software 2009a: 2), und eignen sich somit insbesondere für die Präferenzmessung bei komplexen Produkten, wie sie Automobile mit alternativen Antriebssystemen darstellen. Im Folgenden werden die beiden Verfahren im Detail beschrieben, die ACBC in Kapitel 4.3.1 und die HIT-CBC in Kapitel 4.3.2. Da bislang in der wissenschaftlichen Literatur keine direkten Vergleichsstudien vorliegen, wird im Rahmen dieser Arbeit auch ein Methodenvergleich durchgeführt. In Kapitel 4.3.3 erfolgt eine konzeptionelle Gegenüberstellung der Verfahren. Bisherige Vergleichsstudien, bei denen entweder ACBC oder HIT-CBC analysiert wurden, werden in Kapitel 4.3.4 vorgestellt. In Kapitel 4.3.5 werden die Ergebnisse des direkten Vergleichs anhand einer Monte-Carlo-Simulationsstudie präsentiert. Das Kernelement des Methodenvergleichs stellt die empirische Vergleichsstudie dar, deren Ergebnisse im empirischen Teil der Arbeit vorgestellt werden (Kapitel 5.2).

### 4.3.1. Adaptive Choice-based-Conjoint-Analyse (ACBC)

Die adaptive Choice-based-Conjoint-Analyse (ACBC) ist ein adaptives hybrides Verfahren, das aus der klassischen Choice-based-Conjoint-Analyse hervorgegangen ist. Das Verfahren wurde von Johnson & Orme (2007) veröffentlicht und in einer empirischen Studie getestet. Das Verfahren kombiniert kompositionelle Befragungsteile mit der Choice-based-Conjoint-Analyse.

Johnson & Orme (2007) wendeten das Verfahren als Erste am Beispiel von Laptops an. Es wurden zehn Attribute abgefragt. Seitdem wurde die ACBC mehrfach angewendet. Eine Übersicht wissenschaftlicher Anwendungen dieser Methode findet sich in Cunningham et al. (2010). Neuere Anwendungen sind zum Beispiel die Studien von Jervis et al. (2012) zum Thema „Sauerrahm“ mit fünf Attributen und die Studie von Heinzle et al. (2013) zum Thema „Immobilieninvestments“ mit zwölf Attributen.

**Aufbau ACBC**

Die Befragungsteile der üblichen ACBC sind in Tabelle 4.1 dargestellt (Johnson & Orme 2007: 5 f.).

| Befragungsteil | Aufgabe | Befragungstechnik |
|---|---|---|
| 1 | Identifikation der besten Ausprägungen (*BYO Section*) | kompositionell |
| 2 | Bewertung einzelner adaptiv erstellter Stimuli (*screening section*) | dekompositionell (CBC) |
| 3 | Identifikation von inakzeptablen Ausprägungen und absoluten Mussausprägungen (*unacceptables / must haves*) | kompositionell |
| 4 | Choice-Tasks mit adaptiv erstellten Choice-Sets | dekompositionell (CBC) |
| 5 (optional) | Kalibrierungsphase | dekompositionell (CBC) |

Tabelle 4.1: Befragungsteile der ACBC

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Sawtooth Software (2009a: 10)

**Befragungsteil 1 (*BYO section*)**

In der *BYO section (bild your own section)* wählen die Probanden für jedes Attribut die beste Ausprägung. Dieser Befragungsteil dient auch dem Kennenlernen der Attribute und Ausprägungen. Bei Attributen, für die eine generelle Präferenzordnung von vorneherein ersichtlich ist, kann auf den ersten Befragungsteil verzichtet werden (Sawtooth Software 2009a: 3, 4). Enthält die Befragung das Attribut Produktpreis, so stehen dem Analysten in diesem Befragungsteil unterschiedliche Techniken zur Verfügung:

- Der Produktpreis wird wie alle anderen Attribute behandelt. Der Analyst definiert eine feste Anzahl möglicher Ausprägungen. Falls keine generelle Präferenzordnung angenommen wird, wählen die Probanden die beste Ausprägung. In den Choice-Tasks (zweiter, dritter und fünfter Befragungsteil) werden die vorab definierten Preisausprägungen abgefragt, wobei der in der *BYO section* präferierte Preis bevorzugt in die Stimuli aufgenommen wird (Sawtooth Software 2009a: 11).

- Der Produktpreis wird in der *BYO section* nicht betrachtet. Es wird vorab eine Preisspanne festgelegt. Jeder Stimulus in den Choice Tasks wird mit einem zufällig generierten Preis innerhalb der Preisspanne versehen. Somit hat das Attribut „Produktpreis“ in den Choice-Tasks eine zufällige Anzahl an Ausprägungen. In den Auswertungen wird der Preis als stetiges Merkmal betrachtet (Sawtooth Software 2009a: 14).
- Stehen im Vorfeld Informationen über die Preise unterschiedlicher Ausprägungen von Attributen zur Verfügung, so können diese in die Befragung integriert werden. Der Preis für die einzelnen Ausprägungen und der aufsummierte Gesamtpreis (engl.: *summed price*) aller Ausprägungen werden den Probanden als Information in der *BYO section* zur Verfügung gestellt. Die tatsächlichen Preise werden auch in den Choice-Tasks verwendet. Dazu werden per Zufallsziehung Preise im Bereich von beispielsweise 70 bis 130 % des Gesamtpreises generiert und für die entsprechenden Stimuli verwendet. Die Preispanne kann individuell festgelegt werden (Sawtooth Software 2009a: 11).

**Befragungsteil 2 (*screening section*)**

Im zweiten Befragungsteil werden den Probanden Choice-Tasks vorgelegt. Die Probanden entscheiden dann, ob einzelne Stimuli für sie infrage kommen oder nicht. Für die Erstellung der Choice-Sets wird ein computer-randomisiertes Design verwendet (vgl. Kapitel 4.1.1.3). Der Analyst kann unrealistische Ausprägungskombinationen von vornherein ausschließen. Folgender Algorithmus liegt der Designerstellung zugrunde (Sawtooth Software 2009a: 11, 12).

<u>Design-Algorithmus ACBC</u>

*Inputs:*

Vom Probanden im ersten Befragungsteil (*BYO section*) gelieferter Input:

$C_0$ Vektor der Länge k; Die Komponenten des Vektors entsprechen der gewählten Ausprägung für Attribut m = 1, ..., k im ersten Befragungsteil

Vom Analysten festgelegte Inputwerte:

T Anzahl der zu generierenden Stimuli

$A_{min}$ Minimale Anzahl der Attribute, deren Ausprägungen sich vom BYO-Konzept unterscheiden dürfen

$A_{max}$ Maximale Anzahl der Attribute, deren Ausprägungen sich vom BYO-Konzept unterscheiden dürfen

Falls der Summed-Prices-Ansatz verwendet wird, wird eine Preisspanne angegeben, die die maximale Abweichung vom *summed price* festlegt. Innerhalb dieser Preisspanne wird für jeden Stimulus ein zufälliger Preis generiert.

*Algorithmus:*

Zur Konstruktion eines jeden der T Stimuli $C_i$ (i= 1, ..., T) werden folgende Schritte durchlaufen:

1. Zufallsziehung einer ganzen Zahl $A_i$ aus $[A_{min}; A_{max}]$. Die gezogene Zahl $A_i$ gibt an, wie viele Attribute innerhalb von $C_0$ verändert werden sollen, um $C_i$ zu erzeugen.
2. Zufällige Auswahl von $A_i$ Attributen in $C_0$, die verändert werden sollen.
3. Für jedes zu verändernde Attribut aus Schritt 2 wird zufällig eine Ausprägung gewählt, die nicht in der BYO-Phase gewählt wurde. Diese wird in $C_i$ gespeichert.
4. Es wird geprüft, ob der erzeugte Stimulus verbotene Ausprägungskombinationen enthält und, ob es sich um ein Duplikat eines anderen Stimulus handelt. Falls ja, wird $C_i = C_0$ gesetzt und der Algorithmus geht weiter zu Schritt 1. Falls nein, wird $C_i$ gespeichert.

Aufgrund des randomisierten Designs ist das erstellte experimentelle Design nicht D-optimal, es liegt keine Balance und keine Orthogonalität vor (Sawtooth Software 2009a: 11, 12). Zur Sicherstellung eines gewissen Maßes an Balance wird ein Zähl-Array verwendet, der eine ausgewogene Auswahl der Ausprägungen in Schritt 3 des Algorithmus garantiert (Sawtooth Software 2009a: 12). Der Algorithmus zur Erstellung des experimentellen Designs gewährleistet auch, dass die resultierenden Designs nahezu orthogonal sind (Sawtooth Software 2009a: 11). Die Verletzung der strikten statistischen Effizienzkriterien wird bewusst in Kauf genommen, um für die Probanden relevantere Produkte zu erzeugen und die Auswahl auf die meistpräferierten Produkte einzugrenzen (Sawtooth Software 2009a: 12).

**Befragungsteil 3 (*Unacceptables* / *must haves*)**

Während der *screening section* (Befragungsteil 2) wird das Antwortverhalten der Probanden auf mögliches nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten geprüft. Attributausprägungen, die von den Probanden in der Screening-Phase bisher nicht gewählt wurden, können als inakzeptabel deklariert werden. Dazu werden den Probanden mehrmals Aufgaben vorgelegt, in denen sie die jeweils inakzeptabelste Ausprägung ausschließen können. Falls der Proband einen Stimulus als inakzeptabel deklariert, werden alle folgenden Stimuli der Screening-Phase, die eine inakzeptable Ausprägung enthalten, automatisch als „nicht möglich“ eingestuft und müssen vom Probanden somit nicht mehr bewertet werden. Als Ersatz werden neue Stimuli in die verbleibenden Aufgaben der Screening-Phase aufgenommen, die keine inakzeptable Ausprägung enthalten. Dazu wird wieder der Design-Algorithmus aus dem zweiten Befragungsteil verwendet. Konkret werden in Schritt 4 des Design-Algorithmus alle Ausprägungskombinationen verboten, die die inakzeptable Ausprägung enthalten (Sawtooth Software 2009a: 6).

Frühere wissenschaftliche Studien zur adaptiven Conjoint-Analyse lassen vermuten, dass Probanden Attributausprägungen als inakzeptabel angeben, die wahrscheinlich eher

unerwünscht sind (Sawtooth Software 2009a: 6). Dieser Effekt wird auch bei der ACBC vermutet (Sawtooth Software 2009a: 6). Um den Effekt einzudämmen, werden den Probanden nur solche Ausprägungen für eine mögliche Identifikation als inakzeptabel zur Auswahl gegeben, die logisch zu den vorhergehenden Auswahlentscheidungen passen. Zudem können die Probanden in jeder Identifikationsaufgabe nur eine Ausprägung als inakzeptabel deklarieren (Sawtooth Software 2009a: 6).

Analog zu den inakzeptablen Ausprägungen werden absolute Muss-Ausprägungen (engl.: *must haves*) identifiziert. Falls eine Ausprägung von einem Probanden als absolutes Muss deklariert wurde, werden alle folgenden Stimuli der Befragung, die die Must-have-Ausprägung nicht enthalten, automatisch auf „nicht möglich" gesetzt. Als Ersatz werden hier Stimuli aufgenommen, die die absolute Mussausprägung enthalten. Dazu wird der Design-Algorithmus verwendet. Analog zu den inakzeptablen Ausprägungen können Probanden je Identifikationsaufgabe nur ein absolutes Muss auswählen (Sawtooth Software 2009a: 7).

**Befragungsteil 4 (Choice-Tasks)**

Im vierten Befragungsteil werden den Probanden Choice-Tasks vorgelegt. In die Choice-Tasks werden alle Stimuli aufgenommen, die in der Screening-Phase als „möglich" bewertet wurden und die konform mit den getroffenen Aussagen über inakzeptable Ausprägungen und absolute Muss-Ausprägungen sind. Der Ablauf dieser Befragungsphase gleicht einem Turnier. In jedem Choice-Task wählt der Proband aus mehreren Stimuli das Beste aus. In den folgenden Runden treten die zuvor ausgewählten Stimuli gegeneinander an, bis am Ende schließlich der insgesamt beste Stimulus gefunden ist. Attribute, die in allen Stimuli eines Choice-Tasks mit der gleichen Ausprägung belegt sind, werden grafisch hervorgehoben. Somit kann die Konzentration der Probanden auf die verbleibenden unterschiedlichen Ausprägungen gelenkt werden (Sawtooth Software 2009a: 8).

**Befragungsteil 5 (Kalibrierungsphase)**

Die Kalibrierungsphase ist optional. Die Probanden bewerten einige Stimuli aus den vergangenen Befragungsteilen hinsichtlich der tatsächlichen Auswahlwahrscheinlichkeit des Stimulus. Zur Bewertung wird eine Likert-Skala verwendet (Sawtooth Software 2009a: 9).

**Parameterschätzung**

Zur Schätzung der individuellen Nutzenwerte anhand des Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modells werden im Wesentlichen die Daten aus dem vierten Befragungsteil (Choice-Tasks) verwendet. Es können allerdings auch die Ergebnisse aus den anderen Befragungsteilen in die Nutzenschätzung mitaufgenommen werden (Sawtooth Software 2009a: 13, 14). Jede Auswahlentscheidung aus dem ersten Befragungsteil (*BYO section*) kann als Choice-Task codiert werden, bei der der Proband eine von $m_k$ Ausprägungen auswählt. Die Daten aus der *screening section* lassen sich als binäre Auswahlentscheidungen interpretieren. Es wird

dabei angenommen, dass der Proband bei seiner Entscheidung den Nutzen des Stimulus mit dem Nutzen eines konstanten Schwellenwerts vergleicht (Sawtooth Software 2009a: 14). Die ACBC erlaubt keine direkte None-Choice-Option. Zur Schätzung des None-Parameters können nicht infrage kommende Stimuli aus dem zweiten und dritten Befragungsteil bei der Schätzung der Nutzenwerte als *none choice* interpretiert werden. Auch die Kalibrierungsphase (fünfter Befragungsteil) stellt eine Möglichkeit zur Berücksichtigung der None-Choice-Option dar (Sawtooth Software 2009a: 15).

### 4.3.2. Hybrid individualized two-level Choice-based-Conjoint (HIT-CBC)

Die Hybrid-individualized-two-Level-Choice-based-Conjoint-Analyse (HIT-CBC) ist ein adaptives hybrides Verfahren, das aus der klassischen Choice-based-Conjoint-Analyse hervorgegangen ist. Das Verfahren wurde von Eggers & Sattler (2009) entwickelt und in einer empirischen Studie getestet. Es kombiniert kompositionelle Befragungsteile mit der Choice-based-Conjoint-Analyse.

**Bisheriger Einsatz der Methode**

In ihrer empirischen Studie wendeten Eggers & Sattler (2009: 113 f.) die HIT-CBC auf das Beispiel Flugreisen an. Es wurden sechs Attribute abgefragt. Kaltenborn (2012: 857 f.) analysierte die HIT-CBC im Vergleich zur Choice-based-Conjoint-Analyse und der Graded-paired-Comparison-Methode. Das Thema seiner empirischen Studie waren Mobilfunkverträge in Deutschland (sieben Attribute). Zenker et al. (2013: 2 f.) verwendeten eine abgewandelte Form der HIT-CBC in einer Studie zur Wohnortwahl mit fünf Attributen.

**Aufbau HIT-CBC**

Die unterschiedlichen Befragungsteile der HIT-CBC sind in Tabelle 4.2 dargestellt.

| Befragungsteil | Aufgabe | Befragungstechnik |
|---|---|---|
| 1 | Identifikation der besten und schlechtesten Ausprägungen der Attribute | kompositionell |
| 2 (optional) | Abfrage der Zahlungsbereitschaften (WTP) für den besten und schlechtesten Stimulus | kompositionell |
| 3 | Choice-Tasks im $2^k$-Design | dekompositionell (CBC) |
| 4 | Einordnung der verbleibenden Attributausprägungen (Rating-Aufgaben) | kompositionell |

Tabelle 4.2: Befragungsteile der HIT-CBC

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Eggers & Sattler (2009: 110)

**Befragungsteil 1 (Identifikation der besten und schlechtesten Ausprägungen)**

Im ersten Befragungsteil werden den Probanden die k Attribute und deren $m_k$ Ausprägungen präsentiert. Für jedes Attribut wählen die Probanden die beste und schlechteste Ausprägung. Diese Phase dient gleichzeitig dem Kennenlernen der unterschiedlichen Attribute. Bei

Attributen, für die eine generelle Präferenzordnung von vornherein offensichtlich ist, kann auf den ersten Befragungsteil verzichtet werden (Eggers & Sattler 2009: 110).

**Befragungsteil 2 (Zahlungsbereitschaften für den besten und schlechtesten Stimulus)**
Der zweite Befragungsteil ist optional und ermöglicht eine Individuen-spezifische Messung von Zahlungsbereitschaften. In dieser Phase geben die Befragten zunächst ihre Zahlungsbereitschaft für die beste Alternative an, also für den Stimulus, bei dem jedes Attribut mit der in Befragungsteil 1 identifizierten besten Ausprägung besetzt ist. Danach wird die Zahlungsbereitschaft für die schlechteste Alternative abgefragt. Da die Zahlungsbereitschaften für alle anderen möglichen Stimuli zwischen dem besten und schlechtesten Stimuli liegen, ist eine Interpolation möglich. Wird eine feste Preisspanne angenommen, entfällt der zweite Befragungsteil (Eggers & Sattler 2009: 110).

**Befragungsteil 3 (Choice-Tasks)**
Das Kernstück der HIT-CBC bildet der dritte Befragungsteil, in dem den Befragten verschiedene Choice-Tasks präsentiert werden. Die dazugehörigen Choice-Sets werden adaptiv erstellt und enthalten für jedes Attribut entweder die beste oder schlechteste vom Probanden gewählte Ausprägung. Somit reduziert sich jedes Design auf ein $2^k$-faktorielles Design (Eggers & Sattler 2009: 110, 111). Zur Erstellung dieses manuellen experimentellen Designs wird der von Burgess & Street (2003: 2199 f.) in ihrem Theorem 3 beschriebene Algorithmus verwendet. Im Folgenden werden der Algorithmus und die Eigenschaften der erzeugten experimentellen Designs genauer dargestellt.

<u>Algorithmus von Burgess & Street (2003: 2199 f.)</u>
Man definiert F als ein fraktionelles faktorielles Design mit Resolution mindestens drei. s bezeichnet die gewünschte Zahl der Stimuli je Choice-Set. $G = (g_1, g_2, \ldots g_s)$ mit $g_1 = 0$ sind binäre k-Tupel, die im Folgenden als Generatoren bezeichnet werden. $v = (d_1, d_2, \ldots, d_{s(s-1)/2})$ ist der Differenzvektor bestehend aus allen paarweisen Differenzen der Generatoren in G, mit

$$\sum_{i=1}^{\frac{s(s-1)}{2}} d_i = \begin{cases} \frac{(s^2-1)k}{4} & \text{für s ungerade} \\ \frac{s^2 k}{4} & \text{für s gerade} \end{cases} \tag{4.4}$$

Dann ergeben sich Choice-Sets $(F, F + g_1, F + g_2, \ldots, F + g_s)$, die für die Schätzung von Haupteffekten D-optimal sind. Die Addition ist dabei komponentenweise Modulo 2 zu verstehen.

Zur Ermittlung der D-optimalen Choice-Sets ist zunächst ein fraktionelles faktorielles Design F notwendig. Solche Designs können u. a. aus Box et al. (1978: 306 f.) und Nist/Sematech (2007) entnommen werden (Eggers 2007: 2). Die weitere Vorgehensweise

zur Ermittlung der D-optimalen Choice-Sets wird in der Arbeit von Burgess & Street (2003: 2202 f.) sowie in Eggers (2007) detailliert dargestellt. Die ermittelten D-optimalen Choice-Sets garantieren Balance und Orthogonalität, zudem weisen sie eine minimale Überschneidung auf (Eggers & Sattler 2009: 109). Dies gilt allerdings nur für die Schätzung von Haupteffekten und damit insbesondere nicht für die Schätzung von Interaktionseffekten (Eggers & Sattler 2009: 117). Die Zahl der Choice-Sets im experimentellen Design kann aufgrund der Identifikation der besten und schlechtesten Ausprägungen im ersten Befragungsteil noch reduziert werden, da dominierte Choice-Sets erkannt und anschließend eliminiert werden können. Die verbleibenden Choice-Sets sind Pareto-optimal. Auf diese Weise wird in den Choice-Sets auch ein gewisses Maß an Nutzenbalance gewährleistet (Eggers & Sattler 2009: 109). Eine None-Choice-Option kann optional integriert werden (Eggers & Sattler 2009: 113).

**Befragungsteil 4 (Rating-Aufgaben)**

Im vierten und letzten Teil der Befragung bewerten die Probanden die verbleibenden Attributausprägungen. Dies kann beispielsweise auf einer Ratingskala geschehen. Das minimale Skalenniveau entspricht dem Merkmal, das vom Probanden im ersten Befragungsteil als schlechtestes Merkmal identifiziert wurde, das maximale Skalenniveau dem besten Merkmal. Zur Genauigkeitsverbesserung schlagen Eggers & Sattler (2009: 111) eine Ratingskala mit möglichst vielen Skalenpunkten vor.

**Parameterschätzung**

Zur Schätzung der individuellen Nutzenwerte anhand des Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modells werden die Daten aus dem dritten Befragungsteil (Choice-Tasks) verwendet. Aufgrund des $2^k$-Designs müssen nur jeweils Nutzenwerte für die besten und schlechtesten Attributausprägungen geschätzt werden.

Im folgenden Schritt werden die Nutzenwerte für die im experimentellen Design festgelegten Attributausprägungen gebildet. Dazu werden die im Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell geschätzten individuellen Nutzenwerte den im ersten Befragungsteil identifizierten besten und schlechtesten Attributausprägungen zugeordnet. Anschließend werden die restlichen Nutzenwerte anhand der Ergebnisse aus dem vierten Befragungsteil interpoliert (Eggers & Sattler 2009: 111). Zusätzlich ermöglicht die HIT-CBC eine neue Herangehensweise für die Ermittlung von Zahlungsbereitschaften (Eggers & Sattler 2009: 116).

### 4.3.3. Konzeptioneller Vergleich von ACBC und HIT-CBC

In den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 wurden die beiden im Rahmen dieser Arbeit verwendeten adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC vorgestellt. In diesem Kapitel erfolgt eine Gegenüberstellung der Verfahren und es werden Hypothesen für die Vergleichsstudie generiert. Hinsichtlich der Befragungstechnik werden bei beiden Verfahren sowohl

kompositionelle als auch dekompositionelle Elemente verwendet. Die Fragen für die einzelnen Probanden werden adaptiv gestaltet, d. h., die Ausgestaltung der einzelnen Fragen geschieht abhängig von den zuvor gegebenen Antworten des Probanden. Das zugrundeliegende Modell ist bei beiden Verfahren das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell, anhand dessen individuelle Nutzenwerte geschätzt werden können. Neben den genannten Gemeinsamkeiten ergeben sich insbesondere hinsichtlich der verwendeten Befragungstechniken und der Gestaltung der Choice-Tasks deutliche Unterschiede zwischen den beiden Verfahren.

Das Ziel der Vergleichsstudie ist es, die beiden Verfahren direkt hinsichtlich ihrer Güte zu vergleichen. Die Ergebnisse sollen zur Klärung von Forschungsfrage 4 beitragen („Welches der adaptiven hybriden Verfahren ist zur Präferenzmessung besser geeignet? “). Aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus der beiden adaptiven hybriden Verfahren ergeben sich weitere Hypothesen, die im Rahmen der Vergleichsstudie untersucht werden sollen.

Im Gegensatz zur ACBC wird bei der HIT-CBC ein experimentelles Design verwendet, bei dem für jedes Attribut nur zwei Attributausprägungen vorkommen. Dies sind die von den Probanden im ersten Befragungsteil identifizierten besten und schlechtesten Ausprägungen. Das resultierende $2^k$-Design hat den Vorteil, dass der sogenannte Number-of-levels-Effekt nicht auftreten kann. Dieser Effekt kann immer dann auftreten, wenn die Zahl der Attributausprägungen über die Attribute nicht gleichverteilt ist, also wenn manche Attribute mehr Ausprägungen haben als andere. Der Number-of-Levels-Effekt verzerrt die Ergebnisse, sodass Attribute mit einer größeren Zahl an Ausprägungen eine künstlich erhöhte Attributwichtigkeit aufzeigen (vgl. Kapitel 4.1.1.1). Wird bei der ACBC ein Studiendesign gewählt, bei dem nicht alle Attribute gleich viele Ausprägungen besitzen, kann der Number-of-Levels-Effekt auftreten. Im Rahmen der empirischen Vergleichsstudie wird für die ACBC ein solches Studiendesign gewählt und es soll geprüft werden, ob der Number-of-Levels-Effekt auftritt. Als Referenzmethode wird die HIT-CBC verwendet, bei der der Effekt aufgrund des $2^k$-Designs nicht auftreten kann. Es ergibt sich die folgende Hypothese.

- Hypothese 6: In der empirischen Studie tritt der Number-of-Levels-Effekt auf und führt bei der ACBC zu künstlich erhöhten Attributwichtigkeiten bei Attributen mit vielen Ausprägungen.

Aufgrund des in der HIT-CBC verwendeten $2^k$-Design werden in den Choice-Tasks für jedes Individuum nur die jeweils besten und schlechtesten Attributausprägungen bewertet. Somit können mithilfe des Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modells auch nur für diese Ausprägungen Nutzenwerte geschätzt werden. Anhand der in den Rating-Aufgaben (letzter Befragungsteil) getroffenen Einstufungen der verbleibenden Ausprägungen werden deren Nutzenwerte per Interpolation ermittelt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass im Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell weniger Parameter geschätzt werden müssen, nämlich nur zwei pro Attribut (Eggers & Sattler 2009: 109). Auf der anderen Seite erhalten

die von den Probanden getroffenen Ratings im letzten Befragungsteil der HIT-CBC ein großes Gewicht bei der Feststellung von Nutzenwerten. Eggers & Sattler (2009: 113) vermuten, dass die HIT-CBC anfällig für inkorrekte Ratings ist. Wenn Probanden also Schwierigkeiten haben, ihre tatsächlichen Präferenzen auf der Ratingskala auszudrücken, kann dies zu einer deutlichen Reduzierung der Güte der HIT-CBC führen. Um die Auswirkungen von inkorrekten Ratings zu testen, führten Eggers & Sattler (2009: 112, 113) eine Monte-Carlo-Simulationsstudie durch. In ihrer Simulationsstudie konnten sie feststellen, dass inkorrekte Ratings die Ergebnisse für die geschätzten Nutzenwerte substanziell beeinflussen (Eggers & Sattler 2009: 112). In der Studie von Eggers & Sattler (2009: 112, 113) wurden inkorrekte Ratings allerdings nur a posteriori und nicht während der Simulation des individuellen Antwortverhaltens berücksichtigt.

In der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Vergleichsstudie werden inkorrekte Ratings im Rahmen der Monte-Carlo-Simulationsstudie direkt simuliert. Es soll folgende Hypothese überprüft werden.

- Hypothese 7: Inkorrekte Ratings im letzten Befragungsteil der HIT-CBC haben einen substanziellen Einfluss auf die Güte der individuellen Nutzenschätzungen.

## 4.3.4. Literaturüberblick bisheriger Vergleichsstudien

In der wissenschaftlichen Literatur findet sich bisher kein direkter Vergleich von ACBC und HIT-CBC. Für jedes der beiden Verfahren finden sich jedoch Vergleichsstudien, bei denen das jeweilige Verfahren mit der klassischen CBC verglichen wird. Der folgende Abschnitt bietet einen kurzen Überblick der Ergebnisse dieser Studien.

### 4.3.4.1. Vergleichsstudien zur ACBC

In der Forschungsliteratur konnten drei Artikel identifiziert werden, die sich mit der Güte der ACBC befassen. In den durchgeführten empirischen Studien wurde die ACBC jeweils mit der Choice-based-Conjoint-Analyse verglichen. Zur Gütebetrachtung wurden dabei hauptsächlich Trefferquoten und Marktanteilsprognosen für Holdout-Aufgaben sowie qualitative Kriterien verwendet (vgl. Kapitel 4.2). Die durchgeführten Studien deuten überwiegend auf eine Überlegenheit der adaptiven hybriden ACBC gegenüber der Choice-based-Conjoint-Analyse hin.

**Johnson & Orme (2007)**

Johnson & Orme (2007: 12 f.) führten zwei empirische Studien zur Gütemessung durch. Der Untersuchungsgegenstand der ersten Studie waren Laptops. Für die Studie wurden zehn Attribute definiert. Es wurde ein Between-Subjects-Design festgelegt. Den ACBC-Befragungsteil beantworteten ca. 300 Probanden und den CBC-Befragungsteil ebenfalls ca. 300 Probanden. Bei der Analyse der Trefferquoten für die Holdout-Aufgaben zeigte sich, dass die ACBC zu signifikant besseren Ergebnissen führte als die Choice-based-Conjoint-

Analyse. Die geschätzten Marktanteile wurden anhand des *mean absolute error* analysiert und waren bei beiden Methoden relativ ähnlich. Hinsichtlich der Bewertung der beiden Verfahren durch die Probanden zeigte sich, dass die ACBC von den Probanden signifikant besser beurteilt wurde.

Die zweite von Johnson & Orme (2007: 27, 28) durchgeführte empirische Studie erbrachte vergleichbare Resultate. Insbesondere zeigte sich auch bei dieser Studie, dass die ACBC zu einer größeren Trefferquote führte als die Choice-based-Conjoint-Analyse. Ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nicht festgestellt werden. Der Untersuchungsgegenstand waren Freizeitgeräte (acht Attribute). Den ACBC-Befragungsteil beantworteten ca. 400 Probanden und den CBC-Befragungsteil ca. 500 Probanden (Between-Subjects-Design).

**Orme & Johnson (2008b)**

Orme & Johnson führten eine empirische Studie zu Immobilienkäufen durch (zehn Attribute). Auch in dieser Studie wurden hauptsächlich Trefferquoten, Marktanteilsschätzungen und qualitative Kriterien zur Gütemessung herangezogen. Für die ACBC wurden drei verschiedene Studiendesigns gewählt und für die Choice-based-Conjoint-Analyse ein Studiendesign (Between-Subjects-Design). Jeweils ca. 300 Probanden bewerteten die resultierenden Befragungstypen. Die Trefferquote für die Holdout-Aufgaben war bei der ACBC größer als bei der Choice-based-Conjoint-Analyse. Ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nicht festgestellt werden. Die deskriptive Analyse der Marktanteilsschätzungen zeigte einen geringeren *mean absolute error* bei der ACBC, was eine größere Prognosegüte des Verfahrens vermuten lässt. Hinsichtlich der Bewertung der beiden Verfahren durch die Probanden (qualitative Kriterien) ergaben sich signifikant bessere Ergebnisse für die ACBC.

**Chapman et al. (2009)**

Der Untersuchungsgegenstand der empirischen Vergleichsstudie von Chapman et al. (2009) war Unterhaltungselektronik (acht Attribute). Die 400 Probanden bearbeiteten sowohl die Aufgaben der ACBC als auch der Choice-based-Conjoint-Analyse (Within-Subjects-Design). Die Analyse der Trefferquoten für die verwendeten Holdout-Aufgaben zeigte eine Überlegenheit der klassischen Choice-based-Conjoint-Analyse gegenüber der ACBC (Chapman et al. 2009: 5, 6). Allerdings konnte für die Trefferquoten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Hinsichtlich der Bewertung der beiden Verfahren durch die Probanden konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Chapman et al. 2009: 3). Zusätzlich wurden die Ergebnisse hinsichtlich der tatsächlichen Markanteile von zwei Produktkonzepten verglichen. Zwischen der Marktanteilsprognose der ACBC und dem tatsächlichen Marktanteil ergab sich kein signifikanter Unterschied, bei der klassischen CBC war der Unterschied signifikant ($\alpha = 0{,}05$) (Chapman et al. 2009: 6). Dieses Resultat spricht für die Prognosegüte der ACBC und zeigt gleichzeitig auf, wie reale Marktdaten für die Gütemessung von Präferenzmessungsverfahren verwendet werden können.

#### 4.3.4.2. Vergleichsstudien zur HIT-CBC

Zur HIT-CBC konnten zwei empirische Vergleichsstudien identifiziert werden. Die Gütebetrachtung erfolgte auch bei diesen Studien hauptsächlich anhand von Trefferquoten und Marktanteilsprognosen für Holdout-Aufgaben sowie der Bewertung der Verfahren durch die Probanden. Die durchgeführten Studien zeigen vergleichbare Ergebnisse bei der HIT-CBC und der Choice-based-Conjoint-Analyse.

**Eggers & Sattler (2009)**

Der Vergleich von HIT-CBC und Choice-based-Conjoint-Analyse wurde von Eggers & Sattler (2009: 111 f.) anhand einer Monte-Carlo-Simulationsstudie und einer empirischen Studie durchgeführt. Die Simulationsstudie zeigte eine Überlegenheit der HIT-CBC in den zwei betrachteten Szenarien. Die Varianzen in den Nutzenschätzungen waren geringer und die Mediane der Nutzenschätzung näher an den vorgegebenen Nutzenwerten. Insbesondere im Szenario, bei dem Präferenzheterogenität simuliert wurde, zeigte sich eine klare Überlegenheit der HIT-CBC. In ihrer empirischen Vergleichsstudie verwendeten Eggers & Sattler (2009: 113) Flugreisen als Untersuchungsgegenstand (sechs Attribute). Für die HIT-CBC wurde eine Fragebogenversion verwendet, für die Choice-based-Conjoint-Analyse wurden zwei verschiedene Versionen getestet. Jeder der drei Befragungstypen wurde von ca. 100 Probanden bearbeitet (Between-Subjects-Design). Die durchschnittliche Trefferquote lag bei der Choice-based-Conjoint-Analyse höher als bei der HIT-CBC. Im Signifikanztest von Eggers & Sattler (2009: 113) konnte jedoch kein Unterschied zwischen den Trefferquoten festgestellt werden. Die Marktanteilsschätzungen führten zu ähnlichen Ergebnissen bei HIT-CBC und Choice-based-Conjoint-Analyse, genauso wie die Analyse der qualitativen Kriterien zur Beurteilung der beiden Verfahren durch die Probanden (Eggers & Sattler 2009: 113, 114).

**Kaltenborn (2012)**

In der empirischen Vergleichsstudie von Kaltenborn (2012: 857 f.) wurde die HIT-CBC mit der Choice-based-Conjoint-Analyse und *graded paired comparisons* verglichen. Als Kriterien wurden Trefferquoten, Marktanteilsschätzungen und die Beurteilung der Verfahren durch die Probanden verwendet. Für den Vergleich der drei Verfahren wurde ein Between-Subjects-Design verwendet. Den HIT-CBC-Fragebogen hatten 354 Probanden bearbeitet, die Fragebögen für die Choice-based-Conjoint-Analyse und die *graded paired comparisons* jeweils ca. 530 Probanden. Der Untersuchungsgegenstand waren Mobilfunkverträge (sieben Attribute). Die Trefferquote für die CBC lag wesentlich höher als bei der HIT-CBC und den *graded paired comparisons*. Der Vergleich zwischen HIT-CBC und Choice-based-Conjoint-Analyse zeigt eine signifikant größere Trefferquote bei der Choice-based-Conjoint-Analyse (Kaltenborn 2012: 861). Obwohl sich bei den Trefferquoten eine Überlegenheit der Choice-based-Conjoint-Analyse abzeichnete, führten die Marktanteilsschätzungen in der Studie bei der HIT-CBC zu den besten Ergebnissen (Kaltenborn 2012: 862). Aufgrund der Diskrepanz zwischen Trefferquotenanalyse und den Ergebnissen bei den Marktanteilsschätzungen lässt

sich eine klare Überlegenheit eines Verfahrens nicht feststellen. Dies gilt insbesondere für den Vergleich von HIT-CBC und der Choice-based-Conjoint-Analyse.

### 4.3.5. Monte-Carlo-Simulationsstudie zum Vergleich von ACBC und HIT-CBC

In den bisherigen wissenschaftlichen Studien zu den beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC wurde die Güte der Verfahren jeweils im Vergleich zur Choice-based-Conjoint-Analyse gemessen. Das Ziel dieser Simulationsstudie ist ein erster direkter Vergleich der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC. Als Referenzmethode wurde zusätzlich die klassische CBC in die Simulationsstudie aufgenommen. Im Folgenden wird das Design der Simulationsstudie beschrieben (Kapitel 4.3.5.1). Deren Ergebnisse werden in Kapitel 4.3.5.2 gegeben.

#### 4.3.5.1. Design der Simulationsstudie

Die Monte-Carlo-Simulationsstudie wird im Rahmen dieser Arbeit als ergänzendes Instrument verwendet, um die beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC zu vergleichen. Insbesondere soll die Simulationsstudie dabei helfen, Erkenntnisse zur Gültigkeit der in Kapitel 4.3.3 aufgestellten Hypothese 7 zu gewinnen. Eine ausführliche Diskussion über den Einsatz von Monte-Carlo-Simulationsstudien in der Gütebeurteilung von Choice-based-Conjoint-Verfahren sowie praktische Aspekte der Umsetzung finden sich im Buch von (Wirth 2010: 180 f.).

Für die Monte-Carlo-Simulationsstudie wurden acht Attribute definiert: Drei Attribute mit fünf Attributausprägungen, zwei Attribute mit vier Attributausprägungen, zwei Attribute mit drei Attributausprägungen und ein Attribut mit zwei Attributausprägungen. Um Präferenzheterogenität zu modellieren, wurden für drei Gruppen von „Probanden“ jeweils unterschiedliche Nutzenwerte definiert. Konkret wurde angenommen, dass sich die Nutzenwerte in den drei Gruppen bei insgesamt drei der acht Attribute unterscheiden. Für die restlichen Attribute wurde eine homogene Präferenzstruktur angenommen, um potenzielle Unterschiede zwischen heterogenen und homogenen Nutzenstrukturen in der Ergebnisgüte beurteilen zu können. Jede der für die Simulationsstudie festgelegten drei Gruppen bestand aus $N_i = 50$ simulierten Probanden, was zu einer Zahl von $N = 150$ simulierten Probanden führt.

Für die insgesamt 31 definierten Attributausprägungen wurden dann theoretische Nutzenwerte festgelegt, die die in Arora & Huber (2001: 277) genannten Bedingungen erfüllen. Dementsprechend wurden für jedes Attribut i und jede Gruppe j symmetrische Nutzenwerte gewählt, bei denen der jeweils höchste Nutzenwert $\beta_{ij}$ und der niedrigste Nutzenwert $-\beta_{ij}$ ist. Die festgelegten Nutzenwerte finden sich in Tabelle 4.3. Fett markiert sind Nutzenwerte für Attributausprägungen, bei denen aufgrund von angenommener Präferenzheterogenität in den drei Gruppen unterschiedliche Nutzenwerte definiert wurden.

| Nutzenwerte | | Gruppe 1 (50 simulierte Probanden) | Gruppe 2 (50 simulierte Probanden) | Gruppe 3 (50 simulierte Probanden) |
|---|---|---|---|---|
| Attribut 1 | Ausprägung 1 | **-1** | **-0,2** | **0,2** |
| | Ausprägung 2 | **-0,5** | **-0,1** | **0,6** |
| | Ausprägung 3 | **0** | **0** | **-0,2** |
| | Ausprägung 4 | **0,5** | **0,1** | **-0,6** |
| | Ausprägung 5 | **1** | **0,2** | **0** |
| Attribut 2 | Ausprägung 1 | -0,75 | -0,75 | -0,75 |
| | Ausprägung 2 | -0,375 | -0,375 | -0,375 |
| | Ausprägung 3 | 0 | 0 | 0 |
| | Ausprägung 4 | 0,375 | 0,375 | 0,375 |
| | Ausprägung 5 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Attribut 3 | Ausprägung 1 | **-0,5** | **0,5** | **-1** |
| | Ausprägung 2 | **0** | **0** | **0** |
| | Ausprägung 3 | **0,5** | **-0,5** | **1** |
| Attribut 4 | Ausprägung 1 | -0,8 | -0,8 | -0,8 |
| | Ausprägung 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Ausprägung 3 | 0 | 0 | 0 |
| | Ausprägung 4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Attribut 5 | Ausprägung 1 | -1 | -1 | -1 |
| | Ausprägung 2 | 1 | 1 | 1 |
| Attribut 6 | Ausprägung 1 | -0,2 | -0,2 | -0,2 |
| | Ausprägung 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Ausprägung 3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Attribut 7 | Ausprägung 1 | **-1** | **1** | **0,2** |
| | Ausprägung 2 | **-0,1** | **0,1** | **-0,2** |
| | Ausprägung 3 | **0,1** | **-0,1** | **-0,4** |
| | Ausprägung 4 | **1** | **-1** | **0,4** |
| Attribut 8 | Ausprägung 1 | -0,9 | -0,9 | -0,9 |
| | Ausprägung 2 | -0,5 | -0,5 | -0,5 |
| | Ausprägung 3 | 0 | 0 | 0 |
| | Ausprägung 4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Ausprägung 5 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

Tabelle 4.3: Festgelegte Nutzenwerte in der Monte-Carlo-Simulationsstudie

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

In der Simulationsstudie wurden anhand der festgelegten theoretischen Nutzenwerte die Auswahlentscheidungen in den dekompositionellen Befragungsteilen der drei eingesetzten Verfahren ACBC, Choice-based-Conjoint-Analyse und HIT-CBC prognostiziert. Im Vorfeld wurden die theoretischen Nutzenwerte für jedes simulierte Individuum durch Addition einer normalverteilten Zufallsvariable mit Mittelwert null und Standardabweichung 0,5 gestört. Für die Generierung der normalverteilten Zufallsvariablen wurde das Statistikprogramm R verwendet. Zur anschließenden Prognose der Auswahlentscheidungen in den Choice-Tasks wurde die First-Choice-Regel verwendet. Es wurde zudem angenommen, dass die

Probanden die besten Ausprägungen für jedes Attribut (ACBC) bzw. die besten und schlechtesten Ausprägungen (bei HIT-CBC) richtig identifizieren können.

Zur Überprüfung von Hypothese 7 wurden für die Rating-Aufgaben im letzten Befragungsteil der HIT-CBC drei unterschiedliche Szenarien definiert. In Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass die Probanden die Ratings auf einer Elf-Punkte-Skala korrekt vornehmen können. Um die Anfälligkeit der HIT-CBC für inkorrekte Ratings überprüfen zu können, wurden zwei weitere Szenarien definiert. In Szenario 2 wurden die Ratings anhand eines zufälligen normalverteilten Fehlerterms mit Mittelwert null und einer mittleren Abweichung von einem Rating-Punkt auf einer Elf-Punkte-Skala gestört. Es wird also angenommen, dass die Probanden Schwierigkeiten haben, die Ratings korrekt vorzunehmen und dass sie mit ihrer in der Befragung getroffenen Entscheidung durchschnittlich um einen Rating-Punkt von dem ihrem tatsächlichen Nutzen entsprechenden Rating abweichen. In Szenario 3 wurde von einem noch größeren Rating-Fehler ausgegangen, eine normalverteilte Abweichung vom richtigen Rating mit Mittelwert null und eine Standardabweichung von zwei Rating-Punkten auf einer Elf-Punkte-Skala festgelegt.

#### 4.3.5.2. Ergebnisse der Simulationsstudie

Auf Basis der simulierten Wahlentscheidungen der insgesamt 150 „Probanden“ wurden individuelle Nutzenwerte geschätzt. Dazu wurde der Hierarchical-Bayes-Algorithmus von Sawtooth Software mit den Grundeinstellungen verwendet (Sawtooth Software 2009b). Das heißt, es wurden 40.000 Iterationen durchgeführt. Die ersten 20.000 Iterationen wurden nicht für die Schätzung der Nutzenwerte verwendet (Burn-in-Iterationen). Die Konvergenz der geschätzten Nutzenwerte konnte bei allen drei verwendeten Verfahren (ACBC, CBC und HIT-CBC) festgestellt werden. Zur globalen Güteprüfung wurden die Pseudo-$R^2$-Werte analysiert. Diese lagen zwischen 0,82 und 0,89 und sprechen somit für eine große Modellgüte.

Zur Beurteilung der Güte der Nutzenschätzungen wurde der *mean absolute error* (MAE) der standardisierten Nutzenwerte über die simulierten Probanden herangezogen (Tabelle 4.4). Die fett gedruckten Nutzenwerte betreffen Attributausprägungen, die bei der HIT-CBC von den simulierten Probanden nur im Rahmen der Rating-Aufgaben bewertet wurden. Dabei ist anzumerken, dass bei den Attributen 1 und 7 in den Choice-Tasks der HIT-CBC mehr als zwei Attributausprägungen bewertet wurden, da nicht alle simulierten Probanden die gleichen theoretisch besten und schlechtesten Attributausprägungen besitzen. Aus diesem Grund wurde bei Attribut 1 nur Attributausprägung 3 ausschließlich in den Rating-Aufgaben verwendet, bei Attribut 7 nur Attributausprägung 2. Der in der letzten Zeile von Tabelle 4.4 dargestellte Wert stellt den MAE über alle simulierten Probanden und geschätzten Nutzenwerte dar und eignet sich zur Gesamtgütebeurteilung für die verschiedenen Verfahren.

| *Mean absolute error* (MAE) | | ACBC | HIT-CBC Szenario 1 | HIT-CBC Szenario 2 | HIT-CBC Szenario 3 | CBC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Attribut 1 | Ausprägung 1 | 0,45 | 0,35 | 0,36 | 0,42 | 0,65 |
| | Ausprägung 2 | 0,43 | 0,26 | 0,29 | 0,36 | 0,67 |
| | Ausprägung 3 | 0,28 | **0,08** | **0,18** | **0,33** | 0,49 |
| | Ausprägung 4 | 0,45 | 0,31 | 0,34 | 0,37 | 0,69 |
| | Ausprägung 5 | 0,42 | 0,29 | 0,33 | 0,42 | 0,49 |
| Attribut 2 | Ausprägung 1 | 0,36 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,35 |
| | Ausprägung 2 | 0,26 | **0,25** | **0,30** | **0,37** | 0,42 |
| | Ausprägung 3 | 0,28 | **0,02** | **0,15** | **0,29** | 0,20 |
| | Ausprägung 4 | 0,30 | **0,19** | **0,27** | **0,33** | 0,51 |
| | Ausprägung 5 | 0,28 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,34 |
| Attribut 3 | Ausprägung 1 | 0,37 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,58 |
| | Ausprägung 2 | 0,21 | **0,02** | **0,10** | **0,23** | 0,34 |
| | Ausprägung 3 | 0,34 | 0,59 | 0,60 | 0,60 | 0,59 |
| Attribut 4 | Ausprägung 1 | 0,44 | 0,42 | 0,43 | 0,46 | 0,35 |
| | Ausprägung 2 | 0,29 | **0,02** | **0,15** | **0,28** | 0,43 |
| | Ausprägung 3 | 0,26 | **0,02** | **0,16** | **0,30** | 0,64 |
| | Ausprägung 4 | 0,29 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,37 |
| Attribut 5 | Ausprägung 1 | 0,34 | 0,45 | 0,46 | 0,49 | 0,31 |
| | Ausprägung 2 | 0,34 | 0,48 | 0,49 | 0,52 | 0,31 |
| Attribut 6 | Ausprägung 1 | 0,21 | 0,49 | 0,48 | 0,45 | 0,32 |
| | Ausprägung 2 | 0,29 | **0,02** | **0,15** | **0,27** | 0,28 |
| | Ausprägung 3 | 0,36 | 0,46 | 0,45 | 0,44 | 0,39 |
| Attribut 7 | Ausprägung 1 | 0,58 | 0,45 | 0,43 | 0,38 | 0,69 |
| | Ausprägung 2 | 0,39 | **0,20** | **0,35** | **0,62** | 0,24 |
| | Ausprägung 3 | 0,31 | 0,37 | 0,47 | 0,63 | 0,56 |
| | Ausprägung 4 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,47 | 0,74 |
| Attribut 8 | Ausprägung 1 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,89 |
| | Ausprägung 2 | 0,36 | **0,21** | **0,34** | **0,42** | 0,36 |
| | Ausprägung 3 | 0,16 | **0,02** | **0,27** | **0,48** | 0,39 |
| | Ausprägung 4 | 0,56 | **0,19** | **0,33** | **0,48** | 0,57 |
| | Ausprägung 5 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,29 | 0,33 |
| MAE (Gesamtbetrachtung) | | 0,35 | 0,30 | 0,35 | 0,42 | 0,46 |

Tabelle 4.4: Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulationsstudie

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

In der Gesamtbetrachtung (über alle Probanden und Nutzenparameter) ergeben sich für die beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC signifikant kleinere MAEs als bei der klassischen CBC (t-Test; $p \leq 0{,}05$), was für die größere Messgüte der beiden adaptiven hybriden Verfahren spricht. Es stellte sich jedoch eine Ausnahme heraus: Szenario 3 bei der HIT-CBC führte nicht zu signifikant kleineren MAEs als bei der CBC (t-Test; $\alpha = 0{,}05$). Bei einem Rating-Fehler von durchschnittlich zwei Ratingpunkten auf einer Elf-Punkte-Skala schneidet die HIT-CBC also nicht signifikant besser ab als die klassische CBC.

Die Betrachtung der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC zeigt ebenfalls, dass die Vergleichsergebnisse stark von den bezüglich der Ratings getroffenen Annahmen abhängen. Die Simulationsstudie offenbart die Anfälligkeit der individuellen Nutzenschätzungen bei der HIT-CBC für inkorrekte Ratings in den Aufgaben des letzten

Befragungsteils und bestätigt somit die in Hypothese 7 getroffene Annahme. Inkorrekte Ratings im letzten Befragungsteil der HIT-CBC haben einen substanziellen Einfluss auf die Güte der individuellen Nutzenschätzungen. Insbesondere bleibt festzuhalten, dass die HIT-CBC nur dann zu ähnlich guten Ergebnissen wie die ACBC führen kann, wenn der Rating-Fehler gering bleibt.

Betrachtet man die definierten Attributausprägungen im Einzelnen, so zeigt sich der Einfluss der inkorrekten Ratings bei der HIT-CBC noch deutlicher. Die in Tabelle 4.4 fett gedruckten Nutzenwerte betreffen Attributausprägungen, die bei der HIT-CBC von den simulierten Probanden nur im Rahmen der Rating-Aufgaben bewertet wurden. Die *mean absolute errors* für diese Attributausprägungen unterscheiden sich über die drei Szenarien stark. Bei größerem angenommenem Rating-Fehler ist auch der *mean absolute error* der Attributausprägung wesentlich größer.

Grundsätzlich weist die hier durchgeführte Simulationsstudie aber nur darauf hin, welche Auswirkungen inkorrekte Ratings haben können. Ob „echte“ Probanden tatsächlich zu Rating-Fehlern neigen oder nicht, kann nur anhand experimenteller Befragungen überprüft werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt dies in Kapitel 5.2.

# 5. Empirischer Teil der Arbeit

Das Ziel der empirischen Studie war es, die zukünftigen Marktchancen von Automobilen mit alternativen Antriebssystemen zu untersuchen und die in den vorherigen Kapiteln aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Dazu wurde eine empirische Studie unter Anwendung adaptiver hybrider Präferenzmessungsverfahren durchgeführt. Um Präferenzen für Automobile mit alternativem Antriebssystem möglichst umfassend abzubilden, wurden unterschiedliche für den deutschen Markt relevante Antriebssysteme in das Studiendesign integriert. Zur Identifikation der relevanten Antriebssysteme wurden verschiedene Literaturquellen analysiert (z. B. Ewing & Sarigöllü 2000; Peters 2009; Eggers & Eggers 2011; Struwe 2011; Achtnicht 2012; Stan 2012; Ziegler 2012) und Telefoninterviews mit Experten aus der Automobilbranche geführt. Die Ergebnisse zeigten die Relevanz von Autos mit alternativen Antriebssystemen für den künftigen Fahrzeugmarkt in Deutschland. Insbesondere konnten Batterie-elektrische Antriebe, Erdgas und Hybride als relevante alternative Antriebssysteme identifiziert werden.

Aufgrund ihrer zum Zeitpunkt der empirischen Studie sehr frühen Marktphase und insbesondere der mangelnden Ladeinfrastruktur für Wasserstofftankstellen in Deutschland wurden Brennstoffzellenfahrzeuge nicht als eine relevante Option für die nähere Zukunft betrachtet. Sie waren daher nicht Gegenstand dieser Studie. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Biokraftstoffe nicht als eine im derzeitigen Marktumfeld realistische Alternative betrachtet. Grund dafür war die Tatsache, dass Biokraftstoffe in Deutschland hauptsächlich als eine Beimischung zu fossilen Kraftstoffen verwendet werden (vgl. Kapitel 2.1.1). Bei den Hybriden wurden Antriebssysteme analysiert, die einen Antriebsverbrennungsmotor mit einem Antriebselektromotor kombinieren. Dabei wurde nicht nach den verschiedenen technischen Ausgestaltungen unterschieden (z. B. Plug-in-Hybride oder Elektrofahrzeuge mit Range-Extender).

Ein weiterer Bestandteil der empirischen Studie war der Vergleich der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC. In Kapitel 4.3 wurden beide Verfahren vorgestellt. Ein erster direkter Vergleich konnte anhand der Monte-Carlo-Simulationsstudie in Kapitel 4.3.5 durchgeführt werden. Das Kernelement des Vergleichs stellt die empirische Vergleichsstudie dar. Die dafür notwendigen Daten wurden im Rahmen der empirischen Befragung gesammelt, in der die Probanden dazu aufgefordert wurden, sowohl den ACBC- als auch den HIT-CBC-Fragebogen zu bearbeiten (Within-Subjects-Design).

Das Studiendesign wird in Kapitel 5.1 im Detail beschrieben. In Kapitel 5.2 finden sich die Ergebnisse der empirischen Vergleichsstudie zwischen ACBC und HIT-CBC. Die Ergebnisse der Präferenzstudie zu alternativen Antriebssystemen finden sich in Kapitel 5.3. Es sei ange-

merkt, dass in den Kapiteln 5.2 und 5.3 die Ergebnisse der Studie dargestellt, aber nicht tiefergehend diskutiert werden. Für eine Diskussion der Ergebnisse sei auf Kapitel 6 verwiesen.

## 5.1. Studiendesign

Die empirische Studie wurde in der Zeit von November 2012 bis Januar 2013 anhand einer empirischen Befragung (Onlinebefragung) durchgeführt. Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln erläutert, wurden in der Untersuchung Studierende befragt, die sich in ihrem Studium mit dem Thema „Automobile bzw. Verkehr“ befassen.

Zur Onlinebefragung eingeladen wurden Bachelor- und Masterstudierende an zwölf süddeutschen Hochschulen für angewandte Wissenschaften und Universitäten. Für die Auswahl der Hochschulen bzw. Universitäten wurde deren Studienangebot analysiert und es wurden Einrichtungen ausgewählt, die Studiengänge im Bereich „Automobile bzw. Verkehr“ anbieten. Bevorzugt ausgewählt wurden Studiengänge, in denen Module zu Automobilen mit alternativen Antriebssystemen angeboten werden. Derartige Module fanden sich am häufigsten in Studiengängen auf dem Gebiet „erneuerbare Energien“.

Um eine Befragung der Studierenden in den relevanten Studiengängen zu ermöglichen, wurde das Hochschulpersonal um Mithilfe gebeten (zumeist Professoren in relevanten Studiengängen). Die Studierenden wurden dann direkt von diesen Personen auf die Befragung aufmerksam gemacht. Die an der Umfrage beteiligten Institutionen waren: Katholische Universität Eichstätt, Hochschule Ansbach, Hochschule Kempten, Hochschule München, Hochschule Neu-Ulm, Hochschule Rosenheim, Hochschule Rottenburg am Neckar, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Technische Hochschule Deggendorf und Technische Universität München.

Der Onlinefragebogen setzte sich aus zwei Hauptbestandteilen zusammen, dem Choice-Experiment und der Abfrage der psychografischen Merkmale. Um einen Überblick über den Anteil der Teilnehmer aus den einzelnen Studienrichtungen zu erhalten, wurden die Studierenden am Ende der Befragung gebeten, ihre Studienrichtung zu nennen. Dazu konnten die Studierenden aus fünf Kategorien wählen (erneuerbare Energien, Wirtschaftsingenieurwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik und andere). Studierende, die die Kategorie „andere“ wählten, wurden gebeten, ihren Studiengang zu nennen. Es bestand die Möglichkeit an einem Gewinnspiel teilzunehmen, das als Anreiz für die Beantwortung des Onlinefragebogens aufgelegt wurde.

### 5.1.1. Choice-Experiment

Im Choice-Experiment wurden Präferenzen für verschiedene Fahrzeugkonzepte mit den beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC abgefragt. Zur Erstellung des Choice-Experiments wurde das Programm „SSI Web“ von Sawtooth Software verwendet. Im Anhang finden sich Auszüge aus dem Onlinefragebogen (Anhang 2). Aufgrund des adaptiven hybriden Charakters der verwendeten Verfahren ACBC und HIT-CBC und den daraus resultierenden individuellen Choice-Tasks ist eine Darstellung aller verwendeten Fragebogenversionen nicht möglich. Die dargestellten Befragungsteile stellen somit nur Beispiele dar. Die zur Umfrageerstellung verwendete Datei ist auf Anfrage beim Autor erhältlich.

In den Auswahlaufgaben des Choice-Experiments wurden die Probanden aufgefordert, präferierte Fahrzeugkonzepte aus der Kompaktklasse in hypothetischen Wahlentscheidungen ohne konkreten Bezug auf den Kaufzeitpunkt zu identifizieren. Die Fokussierung auf ein Fahrzeugsegment erleichtert die Erstellung von sinnvollen Choice-Sets, da die Fahrzeugattribute innerhalb eines Segments nicht zu stark variieren. Eine detaillierte Beschreibung von unterschiedlichen Fahrzeugsegmenten findet sich auf der Homepage des Kraftfahrtbundesamtes (www.kba.de). Die Auswahl der Kompaktklasse erfolgte aufgrund des hohen Marktanteils der Fahrzeuge dieses Segments. Zum 1. Januar 2012 lag dieser bei 27,2 % des gesamten Kraftfahrzeugbestandes in Deutschland und war damit größer als in allen anderen Segmenten (Kraftfahrtbundesamt 2013 c: 3). Häufig verkaufte Modelle im Segment der Kompaktklasse sind der VW Golf und der Opel Astra (Kraftfahrtbundesamt 2013 c: 3).

Bei der Auswahl von Studienteilnehmern für Choice-Experimente ist es von großer Bedeutung, dass die potenziellen Studienteilnehmer über ein generelles Wissen bezüglich des Entscheidungsproblems verfügen (vgl. Kapitel 4.1.2). Aufgrund des Schwerpunkts ihrer Ausbildung kann von einem generellen Wissen der befragten Studierendengruppe zu (alternativen) Antriebssystemen und Kraftfahrzeugen ausgegangen werden.

#### 5.1.1.1. Attribute und Ausprägungen

Die Festlegung der Attribute und Ausprägungen erfolgte anhand einer mehrere Teile umfassenden Vorstudie (Literaturstudium, Expertengespräche, Vorbefragung) und unter Beachtung der in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Kriterien. Die Ergebnisse der Vorbefragung finden sich in Anhang 1.

Aufgrund der Intention dieser Arbeit wurde als Erstes das Attribut „Antriebssystem“ in das Studiendesign aufgenommen. Wie bereits zu Beginn von Kapitel 5 geschildert, wurden neben den klassischen Antriebssystemen (Verbrennungsmotor mit Kraftstoff Benzin oder Diesel) die Alternativen Batterie-elektrischer Antrieb, Verbrennungsmotor mit Kraftstoff Erdgas und Hybrid als relevant identifiziert. Zur Attributausprägung „Hybrid“ wurde den Studienteilnehmern die zusätzliche Information „Verbrennungs- und Elektromotor“ gegeben.

Die restliche Attribute und Attributausprägungen für das Choice-Experiment wurden anhand der Ergebnisse der Vorstudie definiert. Nach einem Literaturstudium (z. B. Bunch et al. 1993; Ewing & Sarigöllü 2000; Heine et al. 2001; Moore 2004; Eggers & Eggers 2011; Rust 2011; Struwe 2011) und der Analyse von aktuellen Fahrzeugangeboten auf den Internetseiten einschlägiger Hersteller wurde eine Auswahl von potenziellen Attributen und Attributausprägungen getroffen. In der Vorbefragung (siehe Anhang 1.2) und den Expertengesprächen wurde diese Auswahl von Attributen und Attributausprägungen auf ihre Relevanz bewertet. Als Ergebnis wurden für das Choice-Experiment acht relevante Attribute mit insgesamt 31 Attributausprägungen identifiziert (Tabelle 5.1).

| **Attribut** | **Attributausprägungen** |
|---|---|
| Anschaffungspreis in Euro | 16.990, 21.240, 26.490, 31.990, 36.990 |
| Antriebssystem | Benziner, Diesel, Erdgas, Batterie-elektrisch, Hybrid |
| Ausstattung | Basis, Premium |
| Design | futuristisch, klassisch, sportlich, unauffällig |
| Energiekosten pro 100 km in Euro | 4,50, 7,00, 9,50, 14,50 |
| Leistung in kW | 63, 77, 105 |
| Marke | BMW, Kia, Renault, Toyota, VW |
| Reichweite in km | 150, 450, 900 |

Tabelle 5.1: Attribute und Attributausprägungen in der Onlinebefragung

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

Anschaffungspreise und Energiekosten spiegeln zum Umfragezeitpunkt typische Werte für am deutschen Markt verfügbare Kompaktklassenfahrzeuge wider. Die Ausprägungen des Attributs „Ausstattung“ wurden im Fragebogen detailliert beschrieben: „Die Basisausstattung enthält eine Klimaanlage, Autoradio mit CD und USB, elektrische Fensterheber, sechs Airbags, Antriebsschlupfregelung (ASR) und ESP. Die Premiumausstattung enthält zusätzlich zur Basisausstattung eine Sitzheizung, Bordcomputer mit Navigationssystem, Diebstahlalarm, Einparkhilfe, Spurhalteassistent und Kurvenlicht.“ Die vier Ausprägungen des Designattributs wurden anhand von Produktbeschreibungen der Hersteller und der Analyse von Designbeschreibungen in Automobilzeitschriften (z. B. AutoBild) identifiziert. Um potenziell unterschiedliche Assoziationen grafischer Designpräsentationen auszuschließen, wurden die Attributausprägungen in Textform in das Experiment aufgenommen.

Die Ausprägungen des Attributs „Marke“ variieren vom Niedrigpreissegment (Kia) bis zur Premiummarke (BMW). Die Auswahl enthält zudem Marken, die bis zum Umfragezeitpunkt bereits Verkaufserfolge mit alternativen Antriebssystemen erzielen konnten (Toyota: Hybridfahrzeuge; Renault: Elektroautos und VW: Erdgasfahrzeuge). Um die Umwelteigenschaften von Fahrzeugen zu berücksichtigen, wird in wissenschaftlichen Studien häufig das Attribut „$CO_2$-Emissionen“ verwendet (z. B. Struwe 2011: 140-143; Achtnicht 2012: 683; Ziegler 2012: 1375). Sowohl die Expertengespräche als auch die Vorbefragung haben jedoch gezeigt, dass dieses Attribut nicht zu den relevantesten gehört. Als Konsequenz

wurden $CO_2$-Emissionen von Fahrzeugen nicht in das Choice-Experiment aufgenommen. Da aber das Antriebssystem, die Leistung des Motors und der Energieverbrauch bzw. die Energiekosten einen erheblichen Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen im Speziellen und die Umwelteigenschaften von Fahrzeugen im Generellen haben, erlaubt es das Studiendesign den Probanden dennoch, Umweltaspekte zumindest indirekt in die Auswahlentscheidungen einfließen zu lassen.

Ein Ausschluss von Ausprägungskombinationen, die zum Umfragezeitpunkt nicht am deutschen Markt verfügbar waren, wurde bewusst nicht vorgenommen (z. B. Elektroautos mit einer Reichweite von 900 km). Diese Gestaltung der Befragung erlaubte es, mögliche technische Innovationen (wie z. B. Reichweitensteigerungen bei Elektroautos) zu antizipieren und in das Choice-Experiment zu integrieren. Jedoch sind alle möglichen Attributkombinationen des experimentellen Designs grundsätzlich realisierbar (vgl. Kapitel 4.1.1). Bei der Reichweitenfrage für Elektroautos zeichnen sich zum Beispiel bereits heute vielversprechende Verbesserungen ab. Das Modell S des amerikanischen Herstellers Tesla schafft Reichweiten von 400 km (Löhndorf 2014). Die Aufnahme von zum Umfragezeitpunkt nicht existenten und somit von den Probanden möglicherweise als unrealistisch erachteten Attributkombinationen stellt aufgrund des Studiendesigns kein Problem dar. Die Probanden wurden im Onlinefragebogen ausdrücklich gebeten, ihre Auswahlentscheidungen in hypothetischen Situationen ohne konkreten Zeitbezug vorzunehmen.

Wie bereits erwähnt, spiegeln die Ausprägungen des Attributs „Anschaffungspreis“ zum Umfragezeitpunkt typische Werte im Kompaktklassensegment wider. Um potenziellen zukünftigen Entwicklungen und möglichen Skaleneffekten Rechnung zu tragen, wurden die Anschaffungspreise für alternative Antriebssysteme jedoch relativ niedrig angesetzt. Eine derartige Vorgehensweise findet sich z. B. in Struwe (2011: 143).

Im Onlinefragebogen wurden die Attribute „Antriebssystem“, „Ausstattung“ und „Reichweite“ bildlich dargestellt (siehe zum Beispiel Abbildung A.1). Die Detailinformationen zu den Ausprägungen wurden hinterlegt und konnten von den Studienteilnehmern durch Bewegung des Mauszeigers auf das Symbol abgerufen werden. In der Einleitung zur Onlinebefragung wurden die Studienteilnehmer auf die hinterlegten Zusatzinformationen hingewiesen.

#### 5.1.1.2. Experimentelles Design

Zur Erstellung der experimentellen Designs der beiden verwendeten adaptiven hybriden Präferenzmessungsverfahren ACBC und HIT-CBC wurde folgende Vorgehensweise gewählt. Das experimentelle Design der ACBC wurde anhand der Empfehlungen von Sawtooth Software erstellt (Sawtooth Software 2012: 435 f.). In die *BYO section* wurden alle acht Attribute integriert. Die Zahl der Aufgaben in der *screening section* wurde auf sieben gesetzt, die Zahl der Stimuli pro Aufgabe auf vier. Das Minimum der Attributausprägungen, die von der Auswahl in der *BYO section* abweichen, wurde auf zwei und das Maximum auf

drei gesetzt. Es wurde keine Kalibrierungsphase integriert. Der Anschaffungspreis wurde als „gewöhnliches“ Attribut integriert und somit nicht über den Summed-Prices-Ansatz bewertet.

Das experimentelle Design der HIT-CBC wurde folgendermaßen erstellt. Im ersten Befragungsteil „Identifikation der besten und schlechtesten Ausprägungen“ wurden alle acht Attribute integriert. Der optionale zweite Befragungsteil wurde nicht in das Design aufgenommen. Das Design der Choice-Tasks (dritter Befragungsteil) wurde mit dem Algorithmus von Burgess & Street (2003: 2199 f.) erstellt. Es ergaben sich zwölf Choice-Tasks, die den Probanden in randomisierter Reihenfolge präsentiert wurden. Jedes Choice-Set bestand aus drei Stimuli. Die Probanden sollten dabei jeweils das am ehesten präferierte Produkt wählen (vgl. Abbildung A.9). Eine None-Choice-Option wurde nicht in das Design aufgenommen. Für die Bewertung der Rating-Aufgaben (vierter Befragungsteil) wurde eine Elf-Punkte-Skala festgelegt.

In der Onlinebefragung durchliefen die Probanden sowohl die Aufgaben aus der ACBC als auch aus der HIT-CBC (Within-Subjects-Design). Die Reihenfolge der beiden Verfahren wurde randomisiert, um mögliche Rangordnungseffekte auszuschließen. Für den späteren empirischen Vergleich der beiden Methoden ist das Within-Subjects-Design eine sinnvolle Wahl, da es einen Vergleich der Verfahren auf individueller Ebene ermöglicht. Eine Diskussion von Designmöglichkeiten für vergleichende Studien bietet Charness et al. (2012).

Zur Beurteilung der Güte der verwendeten Präferenzmessungsverfahren ACBC und HIT-CBC wurden drei Holdout-Aufgaben mit jeweils vier Stimuli in das Choice-Experiment integriert (siehe Tabelle 5.2). Die Erstellung der Holdout-Aufgaben erfolgte anhand der Empfehlungen von Johnson & Orme (2010). Dabei ist die Schwierigkeit bei der Erstellung von Holdout-Aufgaben darin zu sehen, dass die resultierenden Auswahlanteile für den Analysten a priori unbekannt sind. Für die Erstellung von sinnvollen Holdout-Aufgaben müssen daher Annahmen über das Entscheidungsverhalten der Probanden getroffen werden. Diese basieren im Wesentlichen auf den Ergebnissen bisheriger wissenschaftlicher Studien zu Präferenzen für alternative Antriebssysteme (vgl. Kapitel 2.2) und den Marktanteilsstatistiken zum Zeitpunkt der Studienkonzeption. Konkret wurden für diese Arbeit die Produktkonzepte einer jeden Holdout-Aufgabe so gewählt, dass nach Ansicht des Autors keine dominierten oder dominierenden Konzepte vorkommen (Johnson & Orme 2010: 1).

Johnson & Orme (2010: 1) schlagen zudem vor, die Holdout-Aufgaben so zu konzipieren, dass eine ungleichmäßige Verteilung der Auswahlanteile resultiert. Somit wird vermieden, dass die Präferenzen von einem komplett zufälligen Schätzverfahren richtig vorhergesagt werden können. Für Holdout-Aufgaben mit drei Stimuli ist nach Johnson & Orme (2010: 1) eine Verteilung von 50/30/20 sinnvoll. In diesem Sinn wurden folgende Annahmen für die Holdout-Aufgaben der empirischen Befragung getroffen (Tabelle 5.2).

- Holdout-Aufgabe 1: Der Autor ging davon aus, dass sich die große Mehrheit der Probanden für Stimuli 1 oder 2 entscheidet, da die vorgestellten Automobilkonzepte günstig sind und über große Reichweiten verfügen. Des Weiteren wurde davon ausgegangen, dass sich ein kleinerer Anteil für die beiden teureren Fahrzeuge mit alternativem Antriebssystem entscheidet. Aufgrund des hohen Preises und der geringen Reichweite wurde angenommen, dass das Batterie-elektrische Fahrzeug nur von wenigen Personen gewählt wird (Annahme: 5 %).
- Holdout-Aufgabe 2: Für die zweite Aufgabe wurde eine größere Streuung in den Auswahlentscheidungen erwartet. Aufgrund der vergleichsweise hohen Kosten (Anschaffungspreis und Energiekosten) wurde angenommen, dass Stimulus 4 seltener gewählt wird. Für das Elektrofahrzeug (Stimulus 2) wurde wieder von einem geringen Anteil ausgegangen (Annahme: 5 %). Das Hybridfahrzeug (Stimulus 1) und der Diesel (Stimulus 3) sollten der Annahme des Autors entsprechend am häufigsten gewählt werden.
- Holdout-Aufgabe 3: Es wurde eine ähnliche Verteilung wie in Holdout 2 angenommen. Der Anteil des Elektroautos sollte aufgrund der höheren Reichweite und der geringeren Kosten größer sein (Stimulus 2). Es wurde zudem angenommen, dass die Marke Kia zu einem Anschaffungspreis von 31.990 Euro nur selten gewählt wird (Stimulus 1).

Jede Holdout-Aufgabe wurde nur einmal abgefragt. Auf eine Analyse der Test-Retest-Reliabilität wurde somit verzichtet. Aufgrund der für den Methodenvergleich von ACBC und HIT-CBC notwendigen strikten Trennung von Holdout-Aufgaben und Aufgaben, die zur jeweiligen Methode gehören, mussten die Holdout-Aufgaben in einem Block abgefragt werden und konnten nicht, wie in Johnson & Orme (2010: 2) vorgeschlagen, verteilt werden.

Zur Gütebeurteilung wurde zudem eine Holdout-Gruppe von 66 Probanden mit den drei Holdout-Aufgaben konfrontiert. Diese Holdout-Gruppe wurde ebenfalls aus der zu Beginn des Kapitels beschriebenen Studierendengruppe rekrutiert.

| Holdout / Konzept | Anschaff-ungspreis in € | Antrieb | Aus-stattung | Design | Energie-kosten in € | Leistung in kW | Marke | Reich-weite in km |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 / 1 | 21.240 | Diesel | Premium | unauffällig | 4,50 | 63 | VW | 900 |
| 1 / 2 | 16.990 | Benziner | Basis | sportlich | 9,50 | 63 | Kia | 900 |
| 1 / 3 | 26.490 | Erdgas | Premium | futuristisch | 7,00 | 105 | BMW | 450 |
| 1 / 4 | 31.990 | Batterie-elektrisch | Basis | klassisch | 14,50 | 77 | Renault | 150 |
| 2 / 1 | 21.240 | Hybrid | Premium | unauffällig | 4,50 | 77 | Toyota | 450 |
| 2 / 2 | 36.990 | Batterie-elektrisch | Basis | sportlich | 7,00 | 105 | BMW | 150 |
| 2 / 3 | 16.990 | Diesel | Basis | klassisch | 9,50 | 63 | Renault | 900 |
| 2 / 4 | 26.490 | Benziner | Premium | futuristisch | 14,50 | 77 | VW | 900 |
| 3 / 1 | 31.990 | Erdgas | Premium | unauffällig | 4,50 | 105 | Kia | 150 |
| 3 / 2 | 26.490 | Batterie-elektrisch | Premium | futuristisch | 7,00 | 63 | Toyota | 450 |
| 3 / 3 | 36.990 | Hybrid | Basis | klassisch | 9,50 | 77 | BMW | 450 |
| 3 / 4 | 31.990 | Benziner | Basis | sportlich | 14,50 | 105 | VW | 900 |

Tabelle 5.2: Übersicht der in den drei Holdout-Aufgaben analysierten Stimuli

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

Zur qualitativen Bewertung der beiden verwendeten adaptiven hybriden Verfahren wurden die Probanden außerdem zu ihrer Einschätzung hinsichtlich

- Realitätsnähe der Fragestellungen
- Schwierigkeit der Aufgaben
- Unterhaltungswert der Befragungsmethode
- Gesamtgefallen der Befragungsmethode

befragt. Dazu wurde eine Likert-Skala mit sieben Skalenpunkten verwendet. Als zusätzliches Kriterium wurde die Beantwortungszeit je Verfahren (ACBC bzw. HIT-CBC) gemessen.

### 5.1.2. Psychografische Merkmale

Zur Bewertung der psychografischen Faktoren wurden die in Tabelle 5.3 aufgelisteten Items verwendet und von den Probanden auf einer Likert-Skala mit fünf Skalenpunkten bewertet (Skalenpunkte: 5 = „volle Zustimmung“, 4 = „überwiegende Zustimmung“, 3 = „teils, teils“, 2 = „überwiegende Ablehnung“, 1 = „völlige Ablehnung“).

Die verwendeten Items wurden anhand eines Reviews wissenschaftlicher Literatur (z. B. Cullinane 1992; Bamberg & Lüdemann 1996; Ewing & Sarigöllü 2000; Steg et al. 2001; Choo & Mokhtarian 2004; Steg 2005; Johns et al. 2008; Flamm 2009; Rijnsoever et al. 2009; Hunecke et al. 2010) und der Ergebnisse der Vorbefragung identifiziert (siehe Anhang 0).

Zur Messung der beiden Einflussfaktoren „symbolisch-affektive Beweggründe“ und „Einstellung zur Umwelt“ wurden jeweils drei Items festgelegt, die übrigen Einflussfaktoren wurden durch jeweils ein Item gemessen. Die Items zum Einflussfaktor „Einstellung zur

Umwelt“ enthielten neben zwei generellen Aussagen zu mobilitätsbedingten Schallemissionen und Umweltverschmutzungen auch ein Item, das das Kaufverhalten für umweltfreundliche Produkte im Allgemeinen thematisierte. Beim Einflussfaktor „symbolisch-affektive Beweggründe“ wurden zwei eher symbolische Items (Status und Prestige bzw. Modernität des Autos) und ein eher affektives Item (Staus versus Freude am Autofahren) verwendet. Nach Steg et al. (2001: 165) ist eine validere Messung von affektiven Beweggründen durch eine weniger eindeutige Formulierung zu erreichen. Aus diesem Grund wurde das Item „Die vielen Staus und Verkehrsbehinderungen beeinträchtigen meine Freude am Autofahren“ anstatt eines direkteren Items wie zum Beispiel „Autofahren bereitet mir Freude“ oder „Autofahren macht Spaß“ abgefragt.

Die Ergebnisse der Vorbefragung zeigten, dass für die Einflussfaktoren „subjektive Norm“ und „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ Items gewählt werden sollten, die einen längeren Zeithorizont abdecken. Grund dafür ist, dass die Antworten zu den Items mit einem kürzeren Zeithorizont nur eine sehr geringe Streuung aufweisen und somit nur einen geringen Erklärungsanteil besitzen. Beispiel: Die Auswertung für das Item „Menschen, die mir wichtig sind, werden sich kurzfristig (d. h. innerhalb des nächsten Jahres) für einen Neuwagen mit alternativem Antriebssystem entscheiden“ ergab in der Voruntersuchung nur 4,4 % Zustimmung (Skalenpunkte vier und fünf).

| Faktor | Item |
|---|---|
| Einstellung zum AFV-Kauf | Der Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem ist für mich eine kluge Entscheidung. |
| Subjektive Norm | Menschen, die mir wichtig sind, werden sich langfristig (d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für einen Neuwagen mit alternativem Antriebssystem entscheiden. |
| Wahrgenommene Verhaltenskontrolle | Innerhalb der nächsten fünf Jahre wird es keine Neuwagen mit alternativem Antriebssystem geben, die für mich attraktiv wären. |
| Einstellung zur Umwelt | Ich fühle mich durch den vom Autoverkehr erzeugten Lärm beeinträchtigt. |
| | Die Auswirkungen des zunehmenden Personen- und Güterverkehrs auf die Umwelt bereiten mir große Sorge. |
| | Ich kaufe häufig umweltfreundliche Produkte, auch wenn diese teurer sind als andere Produkte. |
| Symbolisch-affektive Beweggründe | Ein Auto gibt Status und Prestige. |
| | Es ist mir wichtig, ein modernes Auto zu fahren. |
| | Die vielen Staus und Verkehrsbehinderungen beeinträchtigen meine Freude am Autofahren. |

Tabelle 5.3: Psychografische Faktoren bzw. Items in der empirischen Befragung

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

### 5.1.3. Modellspezifikation

Die in den Kapiteln 5.1.1 und 5.1.2 identifizierten Parameter der empirischen Studie werden zur Spezifikation des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen herangezogen (vgl. Kapitel 3.4.2). Die acht in Kapitel 5.1.1

identifizierten Automobilattribute und ihre insgesamt 31 definierten Ausprägungen spezifizieren das Präferenzmodell zur Ermittlung von Auswahlwahrscheinlichkeiten (vgl. Formel (3.33)). Zur Spezifikation der im Modell integrierten psychografischen Variablen werden die in Kapitel 5.1.2 definierten Items herangezogen. Für die Modellintegration der beiden latenten Variablen „symbolisch-affektive Beweggründe“ und „Einstellung zur Umwelt“ ist die Generierung eines Faktorwerts anhand einer Faktorenanalyse notwendig. Die Item-Werte für die verbleibenden Einflussfaktoren gehen direkt in das integrierte Modell ein.

## 5.2. Empirischer Vergleich der adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC

Für den empirischen Vergleich der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC wurden die im Rahmen der empirischen Befragung erhobenen Daten zur Modellschätzung herangezogen. Die Stichprobengröße lag bei $n = 423$. Details zur erhobenen Stichprobe werden in Kapitel 5.3 gegeben. Zur Schätzung der individuellen Nutzenwerte für die 31 analysierten Attributausprägungen wurde das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen herangezogen (vgl. Kapitel 3.4.2).

Für die Nutzenschätzungen wurden bei ACBC und HIT-CBC dieselben Einstellungen gewählt. In beiden Fällen wurden im Hierarchical-Bayes-Algorithmus (Metropolis-Hastings) insgesamt 20.000 Iterationen durchgeführt. Die ersten 10.000 Iterationen blieben dabei für die Nutzenschätzung unberücksichtigt (Burn-in-Iterationen). Von den verbleibenden 10.000 Iterationen wurde jede zehnte gespeichert. Demzufolge standen für jeden Probanden und jeden Nutzenparameter 1.000 Werte zur Verfügung. Die individuellen Nutzenwerte ergaben sich dann als der Durchschnitt dieser 1.000 Werte.

Für die Daten aus dem HIT-CBC-Fragebogen wurden analog zu Eggers & Sattler (2009: 111) nur die Ergebnisse aus den Choice-Tasks für die Nutzenschätzungen herangezogen. Für die ACBC wurde die Voreinstellung verwendet. Demnach wurden die Ergebnisse aus allen Befragungsteilen für die Nutzenschätzung verwertet (Sawtooth Software 2009a: 13 f.). Im Folgenden werden die beiden Verfahren hinsichtlich der Gütekriterien aus Kapitel 4.2 analysiert. Zur Überprüfung von Hypothese 6 wird zudem auf den Number-of-Levels-Effekt eingegangen.

**Korrelationsanalyse**

Insgesamt zeigten die Ergebnisse der Modellschätzungen, dass die beiden Verfahren ACBC und HIT-CBC in der empirischen Studie zu einer starken Korrelation und somit zu vergleichbaren Ergebnissen führen. Im ersten Schritt wurde der Korrelationskoeffizient (Pearson) der durchschnittlichen Nutzenwerte für die 31 Attributausprägungen analysiert. Es ergab sich eine signifikante positive Korrelation ($r = 0{,}98$; t-test; $p \leq 0{,}001$). Zusätzlich wurden die individuellen Nutzenwerte der beiden Verfahren korreliert. Für jede Attribut-

ausprägung konnte eine signifikante positive Korrelation festgestellt werden (t-Test; $p \leq 0{,}001$). Die Spannweite der Korrelationen reichte von $r = 0{,}16$ bis $r = 0{,}73$, bei einer Mediankorrelation von 0,34.

**Globale Güteprüfung (*goodness of fit*)**

Zur Bewertung der Ergebnisse wurde hier die Kennzahl „Pseudo-$R^2$“ verwendet. Wie in Kapitel 4.2 erläutert, lässt ein Pseudo-$R^2$ größer als 0,3 auf ein vernünftiges Modell schließen. In der empirischen Studie ließen sowohl die Modellschätzungen anhand der mit der ACBC generierten Daten als auch die HIT-CBC-Modellschätzungen auf vernünftige Modelle schließen (ACBC: Pseudo-$R^2$ = 0,55; HIT-CBC: Pseudo-$R^2$ = 0,48).

Zur Prüfung der Konvergenz des Algorithmus wurden die letzten 500 der 10.000 Burn-in-Iterationen analysiert. Die Pseudo-$R^2$-Werte zeigten keine wesentliche Veränderung mehr, sodass von einer Konvergenz des Algorithmus nach den 10.000 Burn-in-Iterationen sowohl bei der ACBC als auch bei der HIT-CBC ausgegangen werden konnte (Tabelle 5.4). Der Vergleich mit den Pseudo-$R^2$-Werten nach 20.000 Iterationen bestätigte das Bild. Auch hier ergab sich keine wesentliche Veränderung mehr.

| | **Pseudo-$R^2$** | |
|---|---|---|
| Iteration | ACBC | HIT-CBC |
| 9.500 | 0.55682 | 0.47989 |
| 9.600 | 0.55640 | 0.47596 |
| 9.700 | 0.56081 | 0.47313 |
| 9.800 | 0.55863 | 0.48796 |
| 9.900 | 0.55802 | 0.47339 |
| 10.000 | 0.55967 | 0.48478 |
| 20.000 | 0.55330 | 0.47756 |

Tabelle 5.4: Pseudo-$R^2$-Werte der Modellschätzungen

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Für einen direkten Vergleich von ACBC und HIT-CBC eignen sich die ermittelten Pseudo-$R^2$-Werte nicht, da sie sich auf unterschiedliche experimentelle Designs bzw. Nullmodelle beziehen. Die Analyse der Trefferquoten und Marktanteile im folgenden Abschnitt ist für den direkten Vergleich besser geeignet, da eine gleiche Basis zur Güteprüfung verwendet wird. Dies sind die Holdout-Aufgaben.

**Prognosegüte – Trefferquoten (*hit rates*) und ähnliche Kriterien**

Die globale Güteprüfung und die Korrelationsanalyse zeigten, dass ACBC und HIT-CBC in der empirischen Studie zu sinnvollen Modellschätzungen mit durchaus ähnlichen Ergebnissen führen. Zum direkten Vergleich der Güte von ACBC und HIT-CBC werden nun die Trefferquoten und Marktanteilsschätzungen analysiert. In einem ersten Schritt werden dazu deskriptive Statistiken zu den Auswahlentscheidungen der Probanden in den Holdout-

Aufgaben analysiert (Tabelle 5.5). Die Übersicht der in den Holdout-Aufgaben analysierten Stimuli sowie die a priori getroffenen Annahmen zu den Auswahlanteilen finden sich in Kapitel 5.1.1.2. Die Ergebnisse in Tabelle 5.5 zeigen, dass jeder der präsentierten Stimuli von zumindest einer kleinen Probandengruppe gewählt wurde und dass keine Stimuli in den Holdout-Aufgaben vertreten waren, die von nahezu allen Probanden gewählt wurden. Bei allen drei Aufgaben ist eine sinnvolle Verteilung der Auswahlanteile gegeben, sodass die Analyse von Trefferquoten und Marktanteilsschätzung durchgeführt werden kann.

Der Vergleich der drei Holdout-Aufgaben zeigt, dass die Verteilung der Präferenzen bei der ersten Aufgabe am geringsten ausgeprägt ist. 92 % der Befragten wählten entweder Stimulus 1 oder Stimulus 3 und nur 6 bzw. 2 % der Befragten entschieden sich für Stimulus 2 bzw. Stimulus 4. Hinsichtlich der A-priori-Annahmen ergaben sich einige größere Abweichungen, die an dieser Stelle kurz diskutiert werden sollen. Bei Holdout-Aufgabe 1 wurde angenommen, dass Stimulus 1 oder Stimulus 2 präferiert werden. Tatsächlich wählten aber nur 6 % Stimulus 2. Es kann vermutet werden, dass die vergleichsweise hohen Energiekosten oder die Marke „Kia“ dafür ausschlaggebend sein könnten. Trotz der vergleichsweise hohen Anschaffungskosten wurde die Premiummarke „BMW“ mit Erdgasantrieb und reduzierter Reichweite von 31 % der Probanden präferiert. Für Stimulus 4 ergab sich in etwa der angenommene Anteil. Bei Holdout-Aufgabe 2 deckten sich die getroffenen Annahmen relativ stark mit den tatsächlichen Auswahlentscheidungen. Bemerkenswert ist, dass das Elektroauto (Stimulus 2) vergleichsweise häufig gewählt wurde. Dies mag daran liegen, dass dieses Konzept die Premiummarke „BMW“ beinhaltet. Bei Holdout-Aufgabe 3 wurde angenommen, dass das Elektroauto (Stimulus 2) einen größeren Anteil erzielt als in den anderen Holdout-Aufgaben. Tatsächlich entschieden sich 57 % für das Batterie-elektrische Konzept mit der größeren Reichweite von 450 km und niedrigerem Anschaffungspreis. Wie erwartet wurde Stimulus 1 am seltensten gewählt.

| Holdout-Aufgabe | Stimulus | Anteil (%) |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 61% |
| | 2 | 6% |
| | 3 | 31% |
| | 4 | 2% |
| 2 | 1 | 63% |
| | 2 | 11% |
| | 3 | 15% |
| | 4 | 12% |
| 3 | 1 | 13% |
| | 2 | 57% |
| | 3 | 16% |
| | 4 | 14% |

Tabelle 5.5: Auswahlanteile in den drei Holdout-Aufgaben

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Die Trefferquoten zeigen, dass beide Verfahren zur Vorhersage der Wahlentscheidungen in den Holdout-Aufgaben geeignet sind (Tabelle 5.6). Die Mehrheit der vorhergesagten Wahlentscheidungen ist bei beiden Verfahren richtig und die durchschnittlichen Trefferquoten sind signifikant (McNemar-Test; $p \leq 0{,}0001$) größer als die Zufallstrefferquote von 25 % (zufällige Auswahl innerhalb der vier Holdout-Aufgaben). Als Signifikanztest wurde der McNemar-Test verwendet (McNemar 1947: 153 f.).

| Verfahren | Trefferquote Holdout 1 (%) | Trefferquote Holdout 2 (%) | Trefferquote Holdout 3 (%) | Durchschnittliche Trefferquote (%) | MAE (%) intern | MAE (%) extern |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ACBC | 71,16 | 63,36 | 54,61 | 63,04 | 4,45 | 5,45 |
| HIT-CBC | 60,05 | 57,92 | 48,46 | 55,48 | 7,53 | 8,23 |

Tabelle 5.6: Trefferquoten und Marktanteilsschätzungen für ACBC und HIT-CBC

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Der direkte Vergleich der beiden Verfahren zeigt, dass die durchschnittliche Trefferquote bei der ACBC signifikant größer ist als bei der HIT-CBC (McNemar-Test; $p \leq 0{,}05$). In allen drei analysierten Holdout-Aufgaben führt die ACBC zu größeren Trefferquoten. Auch bei der Analyse der Marktanteilsschätzungen zeigt sich eine Überlegenheit der ACBC, die Mean-absolute-Error-Werte (MAE-Werte) sind sowohl für die Probanden der empirischen Studie (interner MAE) als auch für die Holdout-Gruppe (externer MAE) deutlich geringer und die Marktanteilsschätzungen somit präziser. Zur Berechnung der Trefferquoten wurde die First-Choice-Regel verwendet. Trefferquoten und interne MAEs beziehen sich auf die Holdout-Aufgaben, die externen MAEs auf die Holdout-Gruppe. Die durchschnittlichen Trefferquoten sind die Mittelwerte der Trefferquoten aus den drei Holdout-Aufgaben. Die MAE-Werte stellen mittlere Werte über alle zwölf in den Holdout-Aufgaben präsentierten Produktkonzepte dar.

**Qualitative Kriterien**

Als qualitative Kriterien wurden die Einschätzungen der Probanden hinsichtlich folgender Kriterien analysiert:

- Realitätsnähe der Fragestellungen
- Schwierigkeit der Aufgaben
- Unterhaltungswert der Befragungsmethode
- Gesamtgefallen der Befragungsmethode

Die Probanden bewerteten die einzelnen Kriterien auf einer Sieben-Punkte-Likert-Skala (Skalenpunkte von 7 = hoch bis 1 = niedrig). Die Mittelwerte der Beurteilung finden sich in Tabelle 5.7. Größere Werte können als eine stärkere Ausprägung des Kriteriums interpretiert werden. Mit einem Stern markierte Werte sind signifikant größer als der Wert der jeweils andere Methode (t-Test, $p < 0{,}05$)

| Kriterium | ACBC | HIT-CBC |
|---|---|---|
| Realitätsnähe der Fragestellungen | 4,92* | 4,31 |
| Schwierigkeit der Aufgaben | 3,94 | 4,52* |
| Unterhaltungswert der Befragungsmethode | 4,64* | 4,10 |
| Gesamtgefallen der Befragungsmethode | 5,22* | 4,48 |

Tabelle 5.7: Qualitative Kriterien beim Vergleich von ACBC und HIT-CBC

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Das Kriterium „Gesamtgefallen der Befragungsmethode“ zeigt, dass ACBC und HIT-CBC von den Probanden als positiv wahrgenommen wurden. Beide Verfahren liegen deutlich über dem Wert „vier“, der auf der Likert-Skala einer mittleren Bewertung entspricht. Im direkten Vergleich schneidet die ACBC signifikant besser ab, und zwar nicht nur beim Gesamtgefallen der Befragungsmethode, sondern auch bei den drei verwendeten Detail-kriterien (Realitätsnähe der Fragestellungen, Schwierigkeit der Aufgaben, Unterhaltungswert der Befragungsmethode). Wie bereits in Kapitel 5.1.1.2 erwähnt, wurden die beiden Verfahren ACBC und HIT-CBC den Probanden in zufälliger Reihenfolge präsentiert. Die unterschiedlichen Bewertungen der Verfahren lassen sich demnach nicht durch Rang-ordnungseffekte erklären.

Sowohl die Realitätsnähe der Fragestellungen als auch der Unterhaltungswert wurden von den Probanden bei der ACBC als signifikant größer beurteilt. Die Aufgaben der HIT-CBC wurden von den Probanden als eher schwierig beurteilt (Mittleres Rating: 4,52). Im Vergleich zur ACBC zeigt sich, dass die Probanden die Aufgaben der HIT-CBC als signifikant schwieriger beurteilten. Die Aufgaben in den ersten Befragungsphasen im HIT-CBC-Fragebogen sind sehr ähnlich zu den Aufgaben der ACBC. Der einzige größere Unterschied zwischen den Aufgabentypen der beiden Verfahren besteht in den Rating-Aufgaben der HIT-CBC. Ein solcher Aufgabentyp kommt bei der ACBC nicht vor. Es kann daher angenommen werden, dass die Rating-Aufgaben im letzten Befragungsteil der HIT-CBC der Grund für die unterschiedlichen Bewertungen waren und somit als für die Probanden schwierige Aufgaben identifiziert werden können.

Im Rahmen der Onlinebefragung wurde auch die Zeit gemessen, die die Probanden für die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben benötigten. Die Analyse der Befragungszeiten zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verfahren (t-Test, $\alpha = 0{,}05$). Für die Aufgaben der ACBC benötigten die Probanden im Durchschnitt 9 Minuten und 11 Sekunden, für die Aufgaben der HIT-CBC 8 Minuten und 55 Sekunden.

**Number-of-Levels-Effekt**

Der Number-of-Levels-Effekt kann bei Choice-Experimenten auftreten, bei denen die Zahl der Attributausprägungen nicht gleich über die Attribute verteilt ist (vgl. Kapitel 4.3.3). Aufgrund des experimentellen Designs der HIT-CBC ($2^k$-Design), bei dem in den Choice-Tasks pro Attribut immer genau zwei Ausprägungen abgefragt werden, kann der Number-of-

Levels-Effekt bei diesem Verfahren nicht auftreten. Das experimentelle Design des im Rahmen der empirischen Befragung verwendeten ACBC-Fragebogens ist jedoch für den Number-of-Levels-Effekt anfällig. Es wurden insgesamt acht Attribute in das experimentelle Design aufgenommen. Ein Attribut hatte zwei Ausprägungen (Ausstattung), zwei Attribute hatten drei Ausprägungen (Leistung, Reichweite), zwei Attribute hatten vier Ausprägungen (Design und Energiekosten) und drei Attribute hatten fünf Ausprägungen (Anschaffungspreis, Antriebssystem und Marke).

Um das Auftreten des Number-of-Levels-Effekts in den ACBC-Daten zu prüfen, wurden die Attributwichtigkeiten für die Attribute mit den meisten Attributausprägungen analysiert. Dies waren der Anschaffungspreis, das Antriebssystem und die Marke mit jeweils fünf Ausprägungen. Falls bei der ACBC für die drei Attribute mit den meisten Ausprägungen signifikant größere Attributwichtigkeiten festgestellt werden könnten als bei der HIT-CBC, ließe sich somit auf ein Auftreten des Number-of-Levels-Effekts bei der ACBC schließen. Die Ergebnisse der empirischen Studie zeigen, dass für die Attribute „Marke“ und „Antriebssystem“ die Attributwichtigkeiten bei den Ergebnissen der ACBC nicht signifikant größer waren als bei der HIT-CBC (t-Test, $\alpha = 0{,}05$). Beim Attribut „Anschaffungspreis“ konnte eine signifikant größere relative Attributwichtigkeit bei der ACBC festgestellt werden (t-Test, $p \leq 0{,}05$). Ein eindeutiges Ergebnis hinsichtlich des Number-of-Levels-Effekts lässt sich anhand der empirischen Studie somit nicht feststellen und Hypothese 6 kann nicht bestätigt werden.

## 5.3. Ergebnisse der Präferenzstudie zu Automobilen mit alternativen Antrieben

Insgesamt nahmen an der empirischen Studie 423 Personen teil. Diese wurden aus der Gruppe der Studierenden in Süddeutschland akquiriert, die sich in ihrem Studium mit dem Thema „Automobile bzw. Verkehr“ befassen. Neben den Präferenzdaten und den psychografischen Merkmalen wurden auch die Studienrichtungen bzw. Studiengänge der teilnehmenden Probanden erhoben. Somit sollte ein Überblick über den Anteil der Teilnehmer aus den einzelnen Studienrichtungen geschaffen werden. Die Verteilung der Studienrichtungen gliedert sich folgendermaßen: Erneuerbare Energien (251); Wirtschaftsingenieurwesen (20); Maschinenbau (68); Elektrotechnik (3); andere (79). Studierende, die die Kategorie „andere“ ausgewählt hatten, wurden gebeten, ihren Studiengang zu nennen. Eine Übersicht genannter Studiengänge mit der Anzahl der Nennungen findet sich im Folgenden: Bildung für nachhaltige Entwicklung (2), Bioenergie (4), Bioprozesstechnik (1), Energiemanagement und Energietechnik (1), Energietechnik (3), Forstwissenschaft (4), Geographie (35), Medizin (1), Nachwachsende Rohstoffe (12), Ökosystemmanagement (1), Soziologie (1), Statistik (1), Tourismus & Regionalplanung (2), Umweltprozesse und Naturgefahren (1), Umweltschutz (1), Wirtschaftsgeographie (1), Wirtschaftswissenschaften und Geographie (1). Fünf Studierende, die die Kategorie „andere“ gewählt hatten,

beantworteten die Frage zum Studiengang nicht bzw. konnte die Antwort keinem Studiengang zugeordnet werden. Es zeigt sich, dass Studierende der Richtung „erneuerbare Energien“ in der Stichprobe am häufigsten vertreten sind. Bei der Auswahl der Studiengänge bzw. der entsprechenden Hochschulen wurden Studiengänge dieser Fachrichtung bevorzugt gewählt (vgl. Kapitel 5.1).

Die Erkenntnisse des empirischen Vergleichs von ACBC und HIT-CBC werden in diesem Kapitel berücksichtigt. Insbesondere aufgrund der im empirischen Vergleich größeren Prognosegüte wurden die anhand des ACBC-Datensatzes in Kapitel 5.2 geschätzten Modellparameter für die Präferenzanalysen verwendet. Der im HIT-CBC-Fragebogen generierte Datensatz wurde aufgrund der geringeren Prognosegüte für die Präferenzstudie nicht verwendet. In Kapitel 5.3.1 finden sich die Ergebnisse der Auswertung des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antrieben. Eine Segmentanalyse (Cluster-Analyse) folgt in Kapitel 5.3.2.

### 5.3.1. Modellauswertung: Integriertes Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen

Bei der Spezifikation des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde angenommen, dass Präferenzheterogenität vorliegt und dass psychografische Merkmale die Auswahlentscheidungen von Individuen beeinflussen. Diese globale Modellhypothese wird im Folgenden anhand globaler Gütemaße und der Prognosegüte des Modells bewertet (vgl. Kapitel 4.2). Nur wenn das Gesamtmodell sinnvoll ist, kann eine Analyse der einzelnen geschätzten Modellparameter überhaupt durchgeführt werden (Hastie et al. 2013: 219 f.).

Wie bereits erwähnt, wurde für die Präferenzstudie und die damit verbundene Auswertung des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen die anhand des ACBC-Datensatzes durchgeführte Modellschätzung verwendet. Der Grund für die Verwendung dieses Modells liegt in der größeren Prognosegüte (vgl. Kapitel 5.2). Im empirischen Vergleich von ACBC und HIT-CBC wurden bereits mehrere Modellgütekriterien herangezogen. An dieser Stelle sollen die Ergebnisse nochmals vor dem Hintergrund der Gütebeurteilung des Präferenzmodells betrachtet werden.

Für das auf Basis des ACBC-Datensatzes geschätzte Modell konnte eine Konvergenz der Nutzenwerte im Hierarchical-Bayes-CBC-Algorithmus festgestellt werden. Es ergab sich ein Pseudo-$R^2$-Wert von 0,56, was auf ein vernünftiges Modell schließen lässt (vgl. Kapitel 5.2). Die Analyse der Trefferquoten (Prognosegüte) zeigt, dass das Modell zu signifikant besseren Ergebnissen führt als ein Zufallsmodell und dass die prognostizierten Entscheidungen für die Holdout-Aufgaben mehrheitlich richtig waren (durchschnittliche Trefferquote: 63,04 %). Ins-

gesamt zeigen die Ergebnisse, dass das geschätzte Modell plausibel ist. Im Folgenden werden nun die geschätzten Modellparameter im Einzelnen analysiert.

#### 5.3.1.1. Attributwichtigkeiten

Die Ermittlung von relativen individuellen Attributwichtigkeiten ist anhand der geschätzten individuellen Nutzenwerte möglich und erlaubt Aussagen über die relative Wichtigkeit von einzelnen Attributen für Auswahlentscheidungen. In Tabelle 5.8 finden sich die Mittelwerte und Standardabweichungen der im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen geschätzten individuellen relativen Attributwichtigkeiten. Zur Berechnung wurde die in Orme (2006: 71-73) vorgeschlagene Herangehensweise gewählt.

| Attribut | Mittelwert | Standardabweichung |
|---|---|---|
| Anschaffungspreis | 21,94% | 7,39% |
| Energiekosten | 20,72% | 6,65% |
| Reichweite | 16,55% | 5,99% |
| Marke | 11,72% | 6,01% |
| Antriebssystem | 11,28% | 5,69% |
| Leistung | 8,64% | 5,06% |
| Design | 5,55% | 2,14% |
| Ausstattung | 3,61% | 2,27% |

Tabelle 5.8: Relative Attributwichtigkeiten

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Die Mittelwerte der durchschnittlichen Attributwichtigkeiten liegen zwischen 3,61 % und 21,94 %. Am unwichtigsten sind die Attribute „Ausstattung“ und „Design“. Die monetären Attribute „Anschaffungspreis“ und „Energiekosten“ sind am wichtigsten und ergeben in der Summe eine relative Wichtigkeit von 42,66 %. Auch die Reichweite des Fahrzeugs ist von großer Bedeutung. Das Antriebssystem und die Marke haben eine relative Wichtigkeit von jeweils gut 10 % und spielen für die durchschnittliche Wahlentscheidung somit eine eher untergeordnete Rolle. Betrachtet man die Standardabweichungen der relativen Wichtigkeiten, so zeigt sich aber, dass die geschätzten Wichtigkeiten in Bezug auf die einzelnen Probanden relativ stark schwanken. Diese Tatsache bestätigt die im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen getroffene Annahme der Präferenzheterogenität.

#### 5.3.1.2. Nutzenwerte

In diesem Teil werden die Ergebnisse zu den geschätzten individuellen Nutzenparametern präsentiert. Die 31 für jedes Individuum geschätzten Parameter entsprechen den Teilnutzenwerten für die im Studiendesign festgelegten Attributausprägungen (vgl. Kapitel 5.1.1). Im Folgenden werden die geschätzten Teilnutzenwerte getrennt nach den acht definierten Fahrzeugattributen analysiert.

**Attribut „Marke“**

Das Attribut „Marke“ wurde im Studiendesign durch die fünf Ausprägungen „BMW“, „Kia“, „Renault“, „Toyota“ und „VW“ repräsentiert. Tabelle 5.9 zeigt die Verteilung der präferierten Marken. Eine Marke wurde als von einem Probanden präferiert angenommen, falls der im Modell geschätzte individuelle Teilnutzenwert für die entsprechende Attributausprägung am größten war.

| Marke | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| BMW | 221 | 52,2 % |
| VW | 170 | 40,2 % |
| Toyota | 17 | 4,0 % |
| Renault | 8 | 1,9 % |
| Kia | 7 | 1,7 % |

Tabelle 5.9: Präferenzverteilung für das Attribut „Marke“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Die Premiummarke „BMW“ wurde mehrheitlich präferiert (Tabelle 5.9). Fasst man die beiden deutschen Hersteller „BMW“ und „VW“ zusammen, so ergibt sich eine relative Präferenzhäufigkeit von 92,4 %. Der Präferenzanteil für die drei anderen Hersteller ist sehr gering (7,6 %). Toyota scheint im Vergleich zu Renault und Kia noch am beliebtesten zu sein. Der Boxplot der individuellen Nutzenwerte zeigt ebenfalls die starke Präferenz für die deutschen Hersteller, insbesondere für die Premiummarke „BMW“ (Abbildung 5.1). Die Nutzenwerte sind bei diesen beiden Marken überwiegend positiv und sowohl Mittelwerte als auch Mediane sind im Vergleich zu den anderen Marken deutlich am größten. Es ist aber auch zu sehen, dass bei den Nutzenwerten eine große Streuung besteht, die sich auch durch die unterschiedlichen relativen Wichtigkeiten des Attributs „Marke“ bei den Probanden erklären lässt. Zur Erstellung des Boxplots wurden je Attributausprägung alle geschätzten individuellen Teilnutzenwerte der 423 Probanden herangezogen. In den Boxen werden der Median jeweils durch eine horizontale Linie und der Mittelwert durch eine Raute dargestellt. Die Boxen reichen vom unteren Quartil $x_{0,25}$ bis zum oberen Quartil $x_{0,75}$. Die Linien außerhalb der Box („whiskers“) gehen bis zum Minimum $x_{min}$ bzw. Maximum $x_{max}$. Falls allerdings $x_{min}$ ($x_{max}$) nicht innerhalb der Grenze $x_{0,25} - 1{,}5d_Q$ ($x_{0,25} + 1{,}5d_Q$) liegt, geht die Linie nur bis zum kleinsten (größten) Wert innerhalb dieser Grenze. Die außerhalb liegenden Werte werden individuell als Ausreißer gekennzeichnet. $d_Q$ entspricht dem Interquartilsabstand $x_{0,75} - x_{0,25}$.

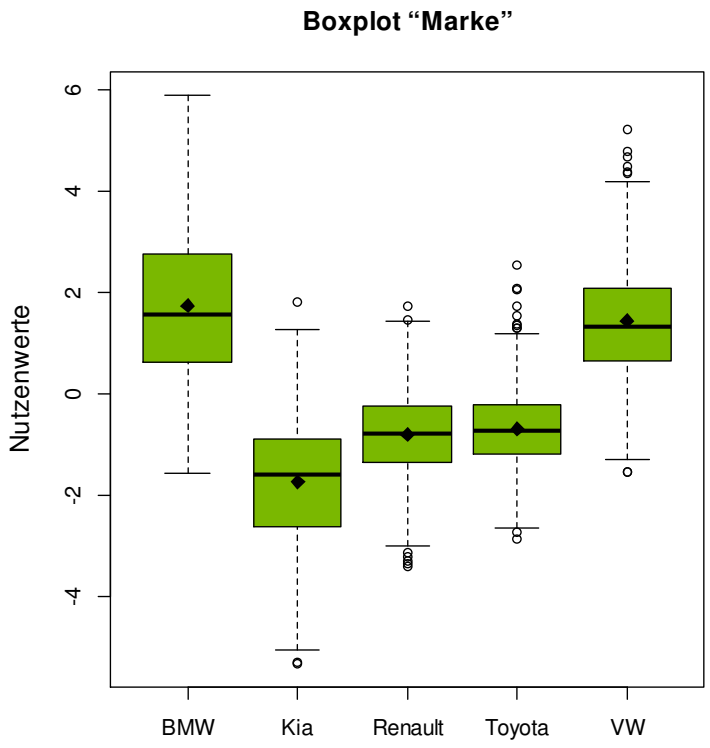


Abbildung 5.1: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Marke“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Antriebssystem“**

Das Attribut „Antriebssystem“ wurde im Studiendesign durch die fünf Ausprägungen „Benziner“, „Diesel“, „Batterie-elektrischer Antrieb“, „Erdgas“ und „Hybrid“ repräsentiert. Tabelle 5.10 zeigt die Verteilung der präferierten Antriebe.

| Antriebssystem | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| Hybrid | 139 | 32,9 % |
| Batterie-elektrisch | 123 | 29,1 % |
| Diesel | 89 | 21,0 % |
| Erdgas | 42 | 9,9 % |
| Benziner | 30 | 7,1 % |

Tabelle 5.10: Präferenzverteilung für das Attribut „Antriebssystem“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Am häufigsten wurde der Hybridantrieb präferiert (Tabelle 5.10). Der Batterie-elektrische Antrieb lag an zweiter Stelle und wurde von fast einem Drittel bevorzugt. Ein Verbrennungsmotor (Benziner, Diesel oder Erdgas) wurde von insgesamt 38 % präferiert. Im Gegensatz zum Attribut „Marke“ können keine von einer überwiegenden Mehrheit präferierten Ausprägungen identifiziert werden. Vielmehr zeigt sich eine große Heterogenität bei der Verteilung der Präferenzen.

Der Boxplot der individuellen Nutzenwerte zeigt ebenfalls, dass die Präferenzen sehr stark verteilt sind (Abbildung 5.2). Es besteht eine große Streuung in den Nutzenwerten der Attributausprägungen. Die Mediane und Mittelwerte liegen bei allen Ausprägungen relativ eng beieinander. Die Einzelbetrachtung der Attributausprägungen zeigt, dass die Präferenzen beim Batterie-elektrischen Antriebssystem am heterogensten verteilt sind. Sowohl in Richtung sehr großer Nutzenwerte als auch in Richtung stark negativer Nutzenwerte finden sich bei diesem Antriebssystem viele Ausreißer (Abbildung 5.2). Es sei angemerkt, dass aus Platzgründen im Boxplot als Beschriftung für die Ausprägung „Batterie-elektrisch“ abkürzend der Begriff „elektrisch“ verwendet wurde.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass u. a. Anschaffungspreise und Reichweiten der Fahrzeuge in der Studie als eigene Attribute analysiert wurden. Somit ist die Wahl des Antriebs unabhängig von diesen Attributen zu sehen. Insbesondere Batterie-elektrische Fahrzeuge hatten zum Studienzeitpunkt noch sehr geringe Reichweiten und hohe Anschaffungskosten. Auswahlentscheidungen für ein am Markt verfügbares Elektroauto können somit nur durch eine gemeinsame Betrachtung aller Fahrzeugattribute sinnvoll beurteilt werden (vgl. Kapitel 6.2.1). Nichtsdestotrotz zeigt sich, dass das Batterie-elektrische Antriebssystem an sich von vielen Probanden sehr positiv gesehen wurde.

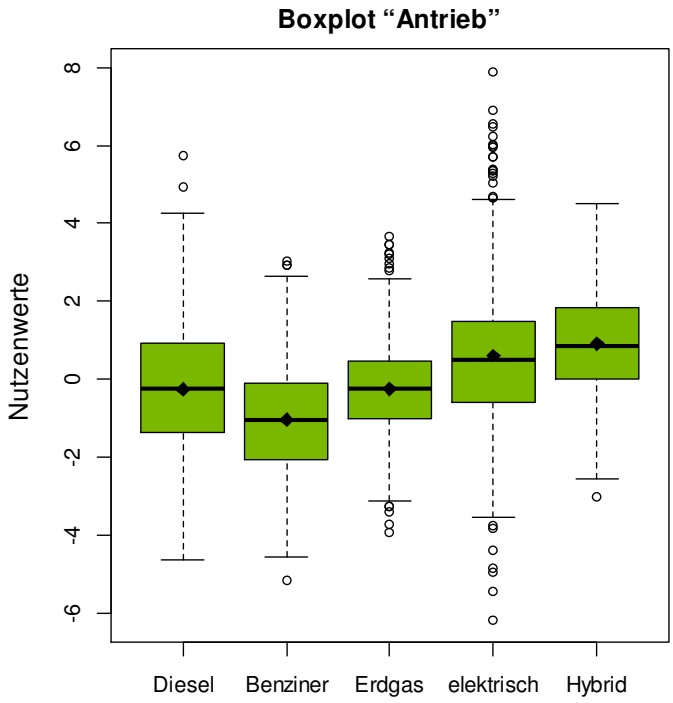


Abbildung 5.2: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Antriebssystem“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Leistung“**

Das Attribut „Leistung“ wurde im Studiendesign durch die drei Ausprägungen „63 kW“, „77 kW“ und „105 kW“ repräsentiert. Tabelle 5.11 zeigt die Verteilung der präferierten Antriebe. Generell werden leistungsstärkere Motoren präferiert. Es zeigt sich aber, dass bei 38,5 % der individuellen Nutzenschätzungen die stärkste Motorisierung von 105 KW nicht den größten Nutzenwert hatte. Bei 8,5 % war die niedrigste Motorleistung von 63 KW die präferierte. Der Boxplot der individuellen Nutzenwerte weist ebenfalls auf die Präferenz für leistungsstärkere Motoren hin (Abbildung 5.3). Es stellt sich jedoch auch heraus, dass sich für die geringste Motorisierung von 63 kW bei einigen Probanden positive Nutzenwerte ergeben.

| Leistung | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| 63 kW | 36 | 8,5 |
| 77 kW | 127 | 30,0 % |
| 105 kW | 260 | 61,5 % |

Tabelle 5.11: Präferenzverteilung für das Attribut „Leistung“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

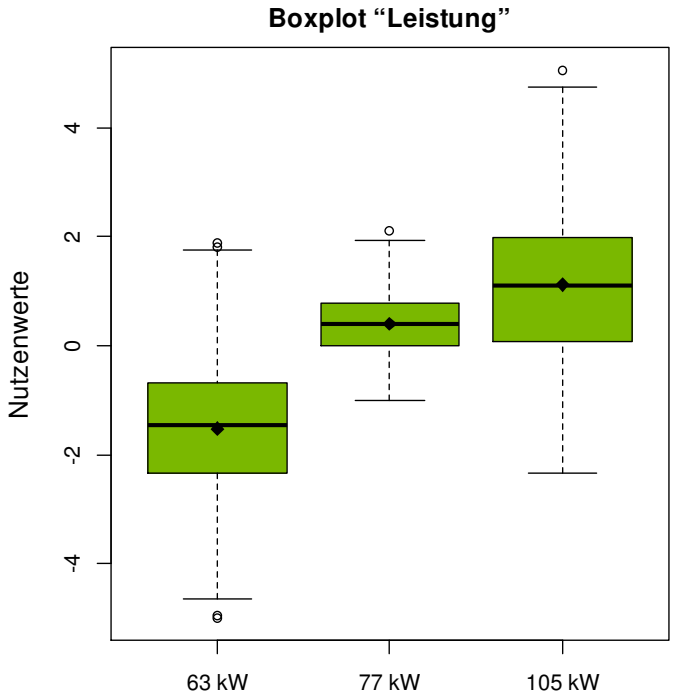


Abbildung 5.3: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Leistung“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Ausstattung“**

Das Attribut „Ausstattung“ wurde im Studiendesign durch die zwei Ausprägungen „Basisausstattung“ und „Premium“ wiedergegeben. Tabelle 5.12 zeigt die Verteilungen der präferierten Ausstattungen. Die Basisausstattung enthielt eine Klimaanlage, Autoradio mit CD und USB, elektrische Fensterheber, sechs Airbags, Antriebsschlupfregelung (ASR) und ESP. Die Premiumausstattung hatte zusätzlich zur Basisausstattung noch eine Sitzheizung, Bordcomputer mit Navigationssystem, Diebstahlalarm, Einparkhilfe, Spurhalteassistent und Kurvenlicht. Die Premiumausstattung wurde überwiegend bevorzugt. Nach den Nutzenschätzungen präferierten aber auch 18,9 % der Probanden die Basisausstattung (Tabelle 5.12). Die Analyse der relativen Attributwichtigkeiten zeigte, dass das Ausstattungsmerkmal nur eine sehr geringe Relevanz hat (Wichtigkeit: 3,61 %). Entsprechend lässt sich am Boxplot der individuellen Nutzenwerte ablesen, dass die Nutzenwerte nahe an null liegen und im Vergleich zu den anderen Attributen eine relativ geringe Streuung aufweisen (Abbildung 5.4).

| Ausstattung | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| Basisausstattung | 80 | 18,9 % |
| Premiumausstattung | 343 | 81,1 % |

Tabelle 5.12: Präferenzverteilung für das Attribut „Ausstattung“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

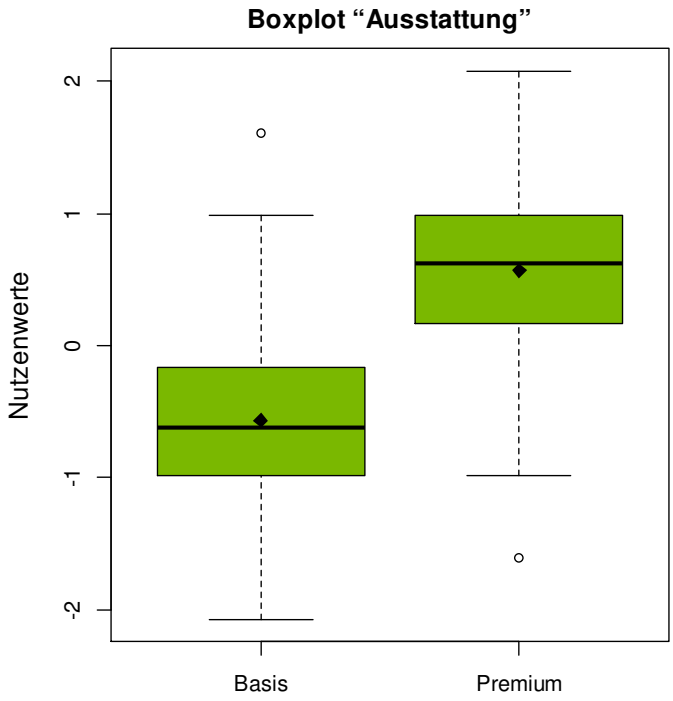


Abbildung 5.4: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Ausstattung“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Design“**

Das Attribut „Design“ wurde im Studiendesign durch die vier Ausprägungen „futuristisch“, „klassisch“, „sportlich“, und „unauffällig“ repräsentiert. Tabelle 5.13 zeigt die Verteilung der präferierten Designalternativen. Beim Attribut „Design“ wurde von der Mehrzahl der Probanden das sportliche Design präferiert (Anteil: 65,5 %). Das futuristische Design wurde nur von 5,4 % der Befragten präferiert. Der Boxplot der individuellen Nutzenwerte bestätigt die Überlegenheit des sportlichen Designs (Abbildung 5.5). Bei der Betrachtung des Designattributs ist anzumerken, dass es generell unklar ist, welche Vorstellungen sich Probanden anhand der in Textform abgefragten Designalternativen gemacht haben. Dieser Aspekt wird in der Diskussion nochmals aufgegriffen (Kapitel 6.2.4).

| Design | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| Sportlich | 277 | 65,5 % |
| Klassisch | 72 | 17,0 % |
| Unauffällig | 51 | 12,1 % |
| Futuristisch | 23 | 5,4 % |

Tabelle 5.13: Präferenzverteilung für das Attribut „Design“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

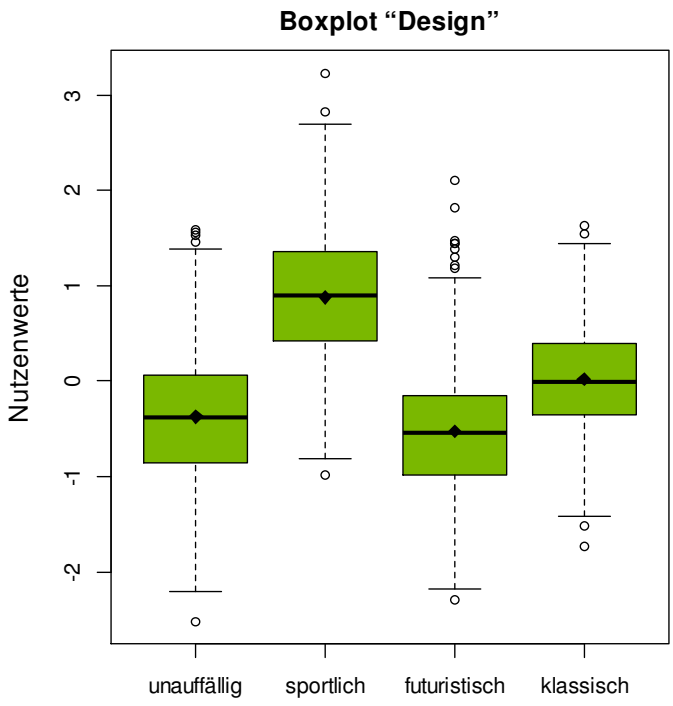


Abbildung 5.5: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Design“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Reichweite“**

Für das Attribut „Reichweite“ ist eine natürliche Präferenzordnung anzunehmen und es ist zu erwarten, dass die geschätzten individuellen Teilnutzenwerte für die höchste Reichweite von 900 km größer sind als für Reichweiten von 450 km oder von 150 km. Die Modellschätzung spiegelt diese Erwartung wider. In 90 % der Fälle ergab die Schätzung der Modellparameter, dass die höchste Reichweite auch die präferierte war (Tabelle 5.14). Die Boxplot-Analyse der individuellen Nutzenwerte zeigt die Präferenz für die größeren Reichweiten (Abbildung 5.6). Während die Reichweite von 150 km zu stark negativen Nutzenwerten führte, stiftete die Reichweite von 450 km bereits einen im Durchschnitt positiven Nutzen. Betrachtet man den Durchschnitt der negativen Nutzenwerte bei der Reichweite von 450 km, so zeigt sich, dass dieser Wert insbesondere im Vergleich zur Reichweite von 150 km nur leicht negativ war. Insgesamt lässt sich feststellen, dass von den drei untersuchten Ausprägungen nur die Reichweite von 150 km deutlich abgelehnt wurde.

| Reichweite | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| 150 km | 1 | 0,2 % |
| 450 km | 42 | 9,9 % |
| 900 km | 380 | 89,8 % |

Tabelle 5.14: Präferenzverteilung für das Attribut „Reichweite“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

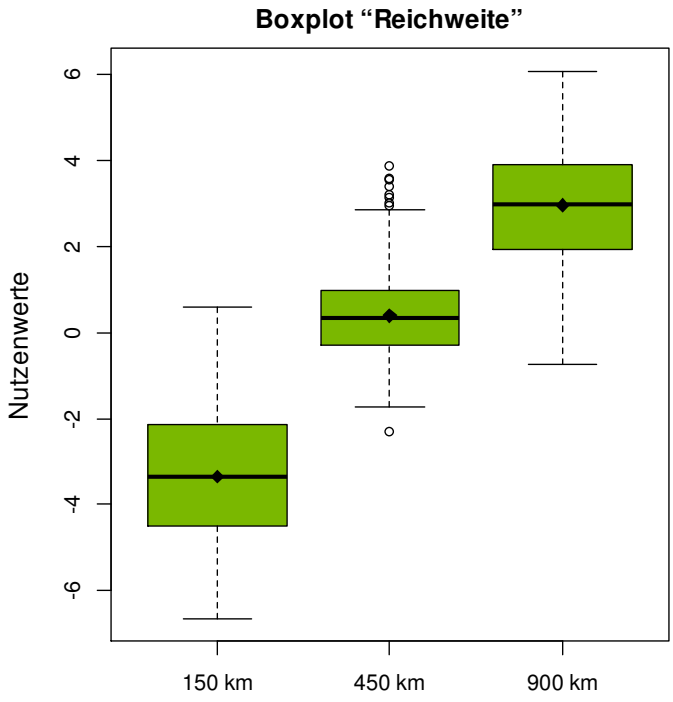


Abbildung 5.6: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Reichweite“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Energiekosten“**

Auch für das Attribut „Energiekosten“ ist eine natürliche Präferenzordnung anzunehmen und es ist zu erwarten, dass die geschätzten individuellen Teilnutzenwerte umso größer sind, je geringer die Kosten ausfallen. Die Modellschätzung spiegelt diese Erwartung wider. Für die geringsten Energiekosten von 4,50 Euro je 100 km ergab sich in 90 % der Fälle auch der größte Nutzenwert (Tabelle 5.15). Die Boxplot-Analyse der individuellen Nutzenwerte zeigt die Präferenz für die geringen Kosten (Abbildung 5.7). Insbesondere ergab sich ein hoher Nutzenwert für die Energiekosten von 4,50 Euro je 100 km und eine starke Ablehnung der Energiekosten von 14,50 Euro je 100 km.

| Energiekosten | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| 4,50 € | 381 | 90,1 % |
| 7,00 € | 32 | 7,6 % |
| 9,50 € | 8 | 1,9 % |
| 14,50 € | 2 | 0,4 % |

Tabelle 5.15: Präferenzverteilung für das Attribut „Energiekosten“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

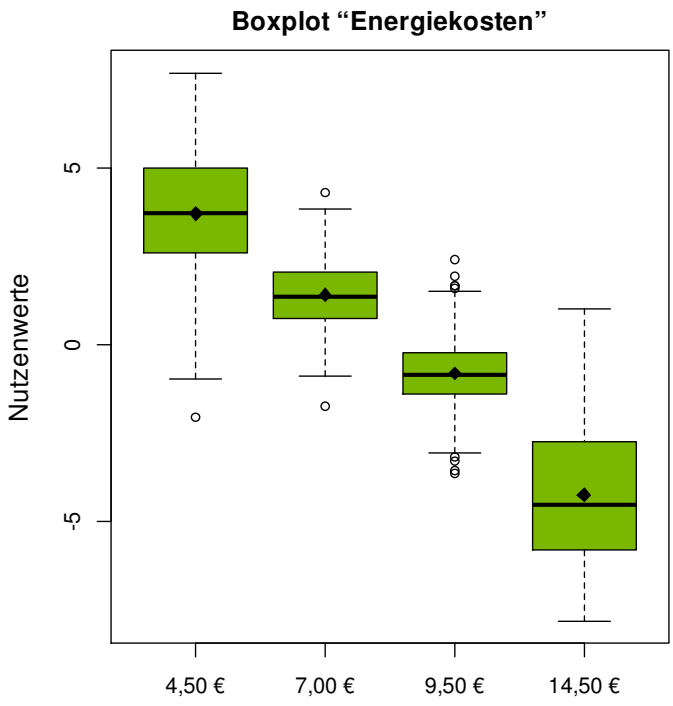


Abbildung 5.7: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Energiekosten“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Attribut „Anschaffungspreis“**

Auch für das Attribut „Anschaffungspreis“ ist eine natürliche Präferenzordnung anzunehmen und es ist zu erwarten, dass die geschätzten individuellen Teilnutzenwerte umso größer sind, je weniger ein Auto in der Anschaffung kostet. Die Modellschätzung spiegelt diese Erwartung wider. Für den geringsten Anschaffungspreis von 16.990 Euro ergab die Modellschätzung in 84 % der Fälle auch den größten Nutzenwert (Tabelle 5.16). Der Boxplot der individuellen Nutzenwerte bestätigt die klare Präferenz für geringe Anschaffungspreise (Abbildung 5.8). Insbesondere ergab sich ein großer Nutzenwert für den Anschaffungspreis von 16.990 Euro. Die beiden Anschaffungspreise über 30.000 Euro hatten überwiegend stark negative Nutzenwerte.

| Anschaffungspreis | Absolute Häufigkeit | Relative Häufigkeit |
|---|---|---|
| 16.990 € | 357 | 84,4 % |
| 21.240 € | 37 | 8,7 % |
| 26.490 € | 23 | 5,4 % |
| 31.990 € | 6 | 1,4 % |
| 36.990 € | 0 | 0 % |

Tabelle 5.16: Präferenzverteilung für das Attribut „Anschaffungspreis“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

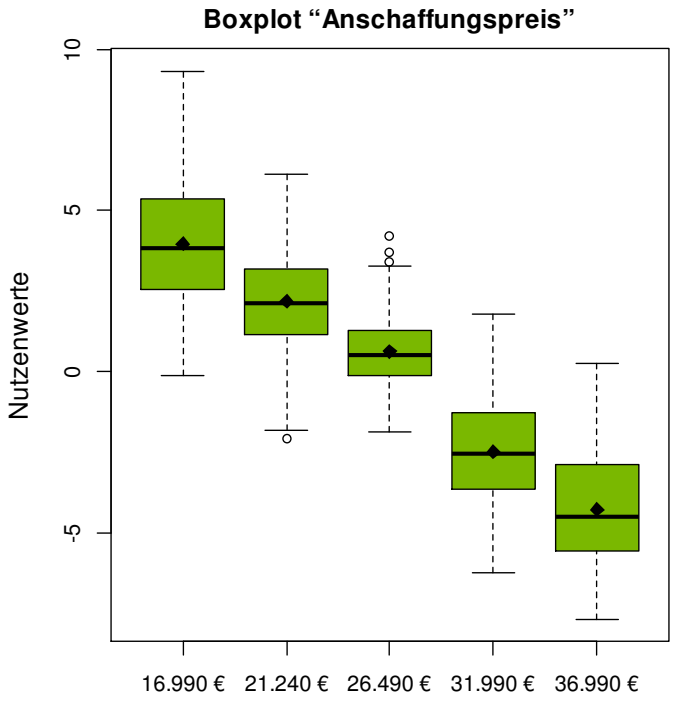


Abbildung 5.8: Boxplot für die Ausprägungen des Attributs „Anschaffungspreis“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

#### 5.3.1.3. Einfluss der psychografischen Merkmale

Im Rahmen der bisherigen Ergebnisanalysen wurden die geschätzten Nutzenwerte für die 31 im Studiendesign verwendeten Fahrzeugattributausprägungen betrachtet. Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde angenommen, dass diese individuellen Nutzenwerte von psychografischen Einflussfaktoren abhängen. Im Folgenden soll nun geklärt werden, inwiefern sich unterschiedliche psychografische Merkmale auf die individuellen Präferenzen für Automobile auswirken. Der Fokus der Analysen soll dabei auf den Ausprägungen des Attributs „Antriebssystem“ liegen.

Zur Messung der psychografischen Faktoren bewerteten die Probanden verschiedene Items, die in Kapitel 5.1.2 vorgestellt wurden. Zur Messung des Einflussfaktors „symbolisch-affektive Beweggründe“ wurden drei Items verwendet. Zur Aufnahme des Einflussfaktors in das Modell wurde für diese drei Items eine Faktorenanalyse durchgeführt und ein Faktorwert abgeleitet. Der generierte Faktorwert ging dann in die Modellschätzung des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ein. Die Aufnahme des Einflussfaktors „Einstellung zur Umwelt“, der ebenfalls durch drei Items gemessen wurde, erfolgte auf dieselbe Weise. Die Reliabilitätskoeffizienten der Faktorenanalyse (Cronbachs α) und deskriptive Statistiken zu den Itemwerten finden sich in Tabelle 5.17. Zur Bewertung der Items wurde eine Likert-Skala mit fünf Skalenpunkten verwendet (Skalenpunkte: 5 = „volle Zustimmung“, 4 = „überwiegende Zustimmung“, 3 = „teils, teils“, 2 = „überwiegende Ablehnung“, 1 = „völlige Ablehnung“). Ein größerer Mittelwert gibt somit eine höhere Zustimmung an.

| Einflussfaktoren und zugehörige Items | Mittelwert | SD |
|---|---|---|
| *Symbolisch-affektive Beweggründe* (α = 0,49) | | |
| 1. Ein Auto gibt Status und Prestige. | 3,15 | 1,11 |
| 2. Es ist mir wichtig, ein modernes Auto zu fahren. | 2,89 | 1,19 |
| 3. Die vielen Staus und Verkehrsbehinderungen beeinträchtigen meine Freude am Autofahren. | 3,87 | 1,11 |
| *Einstellung zur Umwelt* (α = 0,60) | | |
| 1. Ich fühle mich durch den vom Autoverkehr erzeugten Lärm beeinträchtigt. | 2,61 | 1,14 |
| 2. Die Auswirkungen des zunehmenden Personen- und Güterverkehrs auf die Umwelt bereiten mir große Sorge. | 3,70 | 1,09 |
| 3. Ich kaufe häufig umweltfreundliche Produkte, auch wenn diese teurer sind als andere Produkte. | 3,22 | 1,09 |
| *Einstellung zum AFV-Kauf:* Der Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem ist für mich eine kluge Entscheidung. | 3,87 | 0,94 |
| *Subjektive Norm:* Menschen, die mir wichtig sind, werden sich langfristig (d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für einen Neuwagen mit alternativem Antriebssystem entscheiden. | 2,39 | 0,93 |
| *Wahrgenommene Verhaltenskontrolle:* Innerhalb der nächsten fünf Jahre wird es keine Neuwagen mit alternativem Antriebssystem geben, die für mich attraktiv wären. | 2,75 | 1,17 |

Tabelle 5.17: Ergebnisse zu psychografischen Merkmalen und den zugehörigen Items

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Die Einflussfaktoren „Einstellung zum AFV-Kauf“, „subjektive Norm“ und „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ wurden durch jeweils ein Item gemessen. Die Items wurden daher direkt in das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen aufgenommen und repräsentieren den entsprechenden Einflussfaktor allein.

Die Beurteilung der einzelnen Items durch die Probanden erfolgte auf einer Likert-Skala, bei der ein größerer Wert auch eine größere Zustimmung zu der im Item formulierten Aussage indiziert. Um die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern, wurden die Faktor- bzw. Itemwerte zentriert (Orme & Howell 2009: 10). Bei der Zentrierung wird von allen gemessenen Werten das arithmetische Mittel subtrahiert. Der Mittelwert der zentrierten Daten ist null und positive zentrierte Faktor- bzw. Itemwerte lassen somit auf eine überdurchschnittlich große Zustimmung zu den in den Items formulierten Aussagen schließen.

Die Ergebnisse der Modellschätzung finden sich in Tabelle 5.18. Der Intercept zeigt den Nutzenwert für eine Attributausprägung an, wenn die Modellparameter für die fünf integrierten Einflussfaktoren gleich null sind. Aufgrund der Zentrierung der Faktor- bzw. Itemwerte zeigt der Intercept somit den individuellen Nutzenwert eines Probanden an, der bei allen psychografischen Items eine dem Durchschnitt entsprechende Zustimmung bzw. Ablehnung angegeben hat. In der Tabelle fett markiert sind jene Parameterschätzungen, die als signifikant positiv bzw. negativ betrachtet werden können. Die Entscheidungsregel für die Feststellung der Signifikanz im Hierarchical-Bayes-CBC-Ansatz beruht auf der Herangehensweise von Orme & Howell (2009: 15) und besagt, dass alle Parameterschätzungen signifikant positiv sind (zum Beispiel zum Signifikanzniveau 95 %), bei denen mehr als 95 % der in den einzelnen Iterationen des Algorithmus geschätzten Parameterwerte positiv sind. Auf dieselbe Weise erfolgt der Signifikanztest für die negativen Parameterschätzungen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach den fünf ins integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen aufgenommenen Einflussfaktoren analysiert und es wird erläutert, wie sich die entsprechenden Modellparameter interpretieren lassen. Der Fokus der Analyse liegt auf der Überprüfung der in Kapitel 3.4.3 aufgestellten Hypothesen zu Automobilen mit alternativen Antrieben.

| | Intercept | EZV | SAB | EZU | SN | PBC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Marke: BMW | **1,75** | **-0,23** | **0,49** | **-0,18** | -0,09 | 0,13 |
| Marke: Kia | **-1,72** | **0,28** | **-0,24** | -0,09 | **0,27** | -0,10 |
| Marke: Renault | **-0,79** | 0,13 | **-0,19** | 0,11 | **-0,21** | -0,03 |
| Marke: Toyota | **-0,68** | 0,04 | -0,11 | 0,04 | 0,13 | -0,05 |
| Marke: VW | **1,45** | **-0,22** | 0,04 | 0,13 | -0,10 | 0,05 |
| Antriebssystem: Diesel | **-0,26** | **-0,72** | **0,34** | **-0,40** | -0,06 | **0,24** |
| Antriebssystem: Benziner | **-1,03** | **-0,82** | -0,04 | **-0,40** | 0,03 | 0,11 |
| Antriebssystem: Erdgas | **-0,24** | 0,06 | **-0,17** | 0,02 | 0,12 | 0,06 |
| Antriebssystem: Batterie-elektrisch | **0,61** | **0,91** | -0,08 | **0,62** | -0,07 | **-0,18** |
| Antriebssystem: Hybrid | **0,92** | **0,57** | -0,05 | 0,16 | -0,01 | **-0,23** |
| Leistung: 63 KW | **-1,53** | 0,13 | **-0,66** | **0,22** | 0,09 | -0,05 |
| Leistung: 77 KW | **0,40** | 0,04 | -0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,00 |
| Leistung: 105 KW | **1,13** | **-0,17** | **0,69** | **-0,26** | **-0,17** | 0,05 |
| Design: unauffällig | **-0,37** | 0,05 | **-0,40** | 0,00 | -0,02 | -0,08 |
| Design: sportlich | **0,88** | -0,05 | **0,31** | **-0,18** | 0,05 | **0,10** |
| Design: futuristisch | **-0,53** | 0,02 | **0,26** | 0,04 | 0,06 | 0,01 |
| Design: klassisch | 0,02 | -0,02 | **-0,17** | **0,15** | -0,09 | -0,04 |
| Basisausstattung | **-0,57** | -0,04 | **-0,21** | 0,05 | **0,11** | -0,03 |
| Premiumausstattung | **0,57** | 0,04 | **0,21** | -0,05 | **-0,11** | 0,03 |
| Reichweite: 150 km | **-3,35** | 0,07 | -0,14 | -0,03 | 0,12 | 0,05 |
| Reichweite: 450 km | **0,39** | 0,08 | **0,18** | -0,02 | -0,03 | -0,11 |
| Reichweite: 900 km | **2,96** | -0,14 | -0,04 | 0,05 | -0,08 | 0,06 |
| Energiekosten: 4,50 €/100km | **3,70** | 0,02 | **-0,30** | **0,24** | -0,01 | -0,07 |
| Energiekosten: 7,00 €/100km | **1,39** | 0,04 | 0,04 | -0,11 | 0,11 | -0,08 |
| Energiekosten: 9,50 €/100km | **-0,82** | -0,13 | 0,12 | -0,06 | 0,05 | -0,04 |
| Energiekosten: 14,50 €/100km | **-4,27** | 0,07 | 0,14 | -0,07 | -0,15 | 0,19 |
| Anschaffungspreis: 16.990€ | **3,97** | 0,00 | **-0,40** | 0,16 | -0,19 | -0,01 |
| Anschaffungspreis: 21.240€ | **2,18** | 0,08 | **-0,29** | -0,01 | -0,14 | -0,02 |
| Anschaffungspreis: 26.490€ | **0,62** | 0,03 | 0,14 | -0,07 | **-0,18** | **-0,17** |
| Anschaffungspreis: 31.990€ | **-2,49** | 0,08 | **0,39** | -0,13 | 0,01 | 0,05 |
| Anschaffungspreis: 36.990€ | **-4,28** | -0,19 | 0,17 | 0,05 | **0,51** | 0,14 |

Tabelle 5.18: Parameterschätzungen im Präferenzmodell

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

**Einstellung zum AFV-Kauf (EZV)**

Im Rahmen der Modellschätzung des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurden für jede Fahrzeugattributausprägung Modellparameter geschätzt, die dem Einfluss der psychografischen Faktoren auf den Teilnutzenwert für diese Fahrzeugattributausprägung entsprechen. Die Ergebnisse für den Einflussfaktor „Einstellung zum AFV-Kauf“ finden sich in der Spalte „EZV“ von Tabelle 5.18. Die Interpretation dieser Parameterwerte wird im Folgenden am Beispiel des Teilnutzenwerts für die Fahrzeugattributausprägung „Batterie-elektrischer Antrieb“ erklärt (vgl. auch Orme & Howell 2009: 15). In Abhängigkeit des Einflussfaktors „Einstellung zum AFV-Kauf“ bestimmt

sich der individuelle Nutzenwert eines Probanden für die Fahrzeugattributausprägung „Batterie-elektrischer Antrieb“ folgendermaßen:

$$\beta_{\text{Batterie-elektrischer Antrieb}} = 0.61 + 0{,}91 * EZV \qquad (5.1)$$

Der Modellparameter für die Einstellung zum AFV-Kauf (EZV) ist gleich 0,91 und signifikant positiv (vgl. Tabelle 5.18). Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, ist der zentrierte Itemwert für „EZV“ positiv, falls ein Individuum der Aussage „Der Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem ist für mich eine kluge Entscheidung“ überdurchschnittlich stark zustimmt, und negativ, falls ein Proband eine überdurchschnittlich geringe Zustimmung zeigt. Daraus ergibt sich: Je positiver die Einstellung zum AFV-Kauf eines Probanden ist, desto größer ist auch sein Nutzenwert für den Batterie-elektrischen Antrieb.

Probanden, die den Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem als eine kluge Entscheidung ansehen, empfinden somit einen größeren Nutzen für den Batterie-elektrischen Antrieb als Probanden, die eher nicht der Meinung sind, dass der Kauf eines Fahrzeugs mit alternativem Antriebssystem eine kluge Entscheidung ist. Dasselbe gilt für den Hybridantrieb. Für den Erdgasantrieb ergibt sich ebenfalls ein positiver Parameterwert, allerdings konnte dieser nicht als signifikant positiv identifiziert werden. Für die klassischen Verbrennungsmotoren (Diesel und Benziner) ergeben sich signifikant negative Werte. Probanden mit einer überdurchschnittlich negativen Einstellung zum AFV-Kauf haben also einen größeren Nutzenwert für Diesel und Benziner. Insgesamt lässt sich festhalten, dass Hypothese 1 für den Batterie-elektrischen Antrieb und die Hybridfahrzeuge als bestätigt angesehen werden kann. Für den Erdgasantrieb lässt sich eine Tendenz vermuten. Aufgrund des nicht signifikanten Parameterwerts beim Erdgasantrieb kann Hypothese 1 insgesamt nicht als bestätigt angesehen werden.

Im Rahmen der Modellauswertungen ergaben sich weitere signifikante Einflüsse der Einstellung zum AFV-Kauf auf verschiedene andere Teilnutzenwerte. Diese sind allerdings kaum interpretierbar, da das verwendete Item ausschließlich auf das Antriebssystem ausgerichtet wurde. Zum Beispiel zeigte sich für die stärkste Motorisierung ein signifikant geringerer Nutzenwert bei Studienteilnehmern, die den Kauf eines alternativen Antriebs für eine kluge Entscheidung halten (vgl. Tabelle 5.18). Dieses Resultat könnte mit der geringeren Umweltfreundlichkeit stärkerer Motorisierungen und der größeren Umweltfreundlichkeit alternativer Antriebssysteme in Zusammenhang stehen. Inwiefern ein solcher moderierender Effekt tatsächlich eine Rolle spielt, ist jedoch eine Fragestellung für künftige Studien.

**Subjektive Norm (SN)**

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde der Einflussfaktor „subjektive Norm“ durch das Item „Menschen, die mir wichtig sind, werden sich langfristig (d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für einen Neuwagen mit

alternativem Antriebssystem entscheiden“ repräsentiert. Es konnten keine signifikant positiven oder negativen Parameterwerte für die Ausprägungen des Attributs „Antriebssystem“ festgestellt werden (vgl. Tabelle 5.18). Probanden, die dem Item überdurchschnittlich stark zustimmen und somit eher davon ausgehen, dass ihnen wichtige Menschen sich langfristig für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheiden, haben somit keine überdurchschnittlich hohen oder niedrigen Nutzenwerte für alternative Antriebssysteme. Damit kann Hypothese 2 anhand der geschätzten Modellparameter nicht bestätigt werden. Wie beim Einflussfaktor „Einstellung zum AFV-Kauf“ ergaben sich bei der Analyse des Einflussfaktors „subjektive Norm“ einige signifikante Einflüsse auf verschiedene andere Teilnutzenwerte. Diese lassen sich ebenfalls schwer interpretieren, da das verwendete Item auch in diesem Fall ausschließlich auf das Antriebssystem ausgerichtet wurde.

**Wahrgenommene Verhaltenskontrolle (PBC)**

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde der Einflussfaktor „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ durch das Item „Innerhalb der nächsten fünf Jahre wird es keine Neuwagen mit alternativem Antriebssystem geben, die für mich attraktiv wären“ repräsentiert. Im Gegensatz zu allen anderen gemessenen Items ist dieses Item negativ formuliert. Ein negativer Parameterwert bedeutet somit, dass eine Person überdurchschnittlich stark davon überzeugt ist, dass es innerhalb der nächsten fünf Jahre Neuwagen mit alternativem Antriebssystem geben wird, die für sie attraktiv wären. Für die Nutzenwerte des Attributs „Antriebssystem“ ergibt sich ein signifikant positiver Parameterwert (Diesel) und es ergeben sich zwei signifikant negative Parameterwerte (Elektroauto und Hybrid) (vgl. Tabelle 5.18). Probanden, die davon überzeugt sind, dass es attraktive Autos mit alternativen Antriebssystemen am Markt gibt bzw. geben wird, haben einen erhöhten Nutzenwert für Batterie-elektrische Fahrzeuge und Hybride. Probanden, die eher davon ausgehen, dass es am Markt keine attraktiven Alternativen gibt, haben einen überdurchschnittlich hohen Nutzenwert für den konventionellen Dieselmotor. Hinsichtlich der Batterie-elektrischen Fahrzeuge und der Hybridfahrzeuge kann Hypothese 3 somit als bestätigt angesehen werden. Für das Erdgasauto ergibt sich keine klare Aussage. Auch bei der Analyse des Einflussfaktors „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ zeigten sich einige signifikante Einflüsse auf verschiedene andere Teilnutzenwerte. Da das verwendete Item auf das Antriebssystem ausgerichtet war, ist eine Interpretation dieser Werte auch hier kaum möglich.

**Symbolisch-affektive Beweggründe (SAB)**

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde ein Faktorwert für die drei abgefragten Items verwendet („Ein Auto gibt Status und Prestige“, „Es ist mir wichtig, ein modernes Auto zu fahren“, „Die vielen Staus und Verkehrsbehinderungen beeinträchtigen meine Freude am Autofahren“). Je größer der Faktorwert ist, desto wichtiger sind symbolisch-affektive Aspekte. Hinsichtlich der Antriebs-

systeme ergeben sich zwei signifikante Parameterwerte (vgl. Tabelle 5.17). Der Nutzen für den Diesel ist umso größer, je größer der Faktorwert für die symbolisch-affektiven Beweggründe ist. Beim Erdgasmotor ergibt sich das genau umgekehrte Bild. Probanden, denen symbolisch-affektive Aspekte nicht so wichtig sind, haben im Modell einen größeren Nutzen für Erdgasautos als andere Personen. Für die Batterie-elektrischen Fahrzeuge und die Hybriden ergeben sich keine signifikanten Ergebnisse. Hypothese 4 kann somit nicht bestätigt werden. Die Items des Einflussfaktors „symbolisch-affektive Beweggründe“ waren nicht speziell in Richtung alternativer Antriebssysteme formuliert. Diese breitere Ausrichtung bietet die Möglichkeit zur Analyse der weiteren Parameterwerte. Probanden, denen symbolisch-affektive Aspekte überdurchschnittlich wichtig sind, haben einen größeren Nutzen für die Premiummarke „BMW“, die größte Motorleistung (105 kW), das sportliche Design, das futuristische Design und die Premiumausstattung. Höhere Anschaffungspreise werden in Kauf genommen (vgl. Tabelle 5.17). Umgekehrt haben Probanden, denen symbolisch-affektive Aspekte nicht so wichtig sind, einen größeren Nutzenwert für geringe Energiekosten und geringe Anschaffungspreise. Die Marken „Kia“ und „Renault“ sowie die Basisausstattung haben ebenfalls einen signifikant erhöhten Nutzenwert.

**Einstellung zur Umwelt (EZU)**

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde ein Faktorwert für die drei abgefragten Items verwendet („Ich fühle mich durch den vom Autoverkehr erzeugten Lärm beeinträchtigt“, „Die Auswirkungen des zunehmenden Personen- und Güterverkehrs auf die Umwelt bereiten mir große Sorge“, „Ich kaufe häufig umweltfreundliche Produkte, auch wenn diese teurer sind als andere Produkte“). Je größer der Faktorwert ist, desto wichtiger sind den Probanden die Umweltverträglichkeit von Automobilen und ein generell umweltfreundliches Konsumverhalten.Die Analyse der Parameterwerte zeigt, dass Probanden, die überdurchschnittlich umweltbewusst eingestellt sind, einen signifikant größeren Nutzenwert für Elektroautos haben (vgl. Tabelle 5.17). Für das Erdgasauto und den Hybrid ergeben sich ebenfalls größere Nutzenwerte. Der geschätzte Parameterwert für die Einstellung zur Umwelt kann aber nicht als signifikant positiv eingestuft werden. Die klassischen Verbrennungsmotoren stiften einen größeren Nutzen für Probanden, die nur unterdurchschnittlich umweltbewusst eingestellt sind. Anhand der geschätzten Modellparameter lässt sich Hypothese 5 nur für den Batterie-elektrischen Antrieb, nicht aber für Hybridfahrzeuge und Erdgasfahrzeuge als bestätigt ansehen. Die Items des Einflussfaktors „Einstellung zur Umwelt“ waren nicht speziell in Richtung alternativer Antriebssysteme formuliert und bieten damit die Möglichkeit zur Analyse der weiteren Parameterwerte. Die geringsten Energiekosten, der schwächste Motor und das klassische Design haben einen höheren Nutzen für Probanden, die umweltbewusster eingestellt sind, als für weniger umweltbewusst eingestellte (vgl. Tabelle 5.17). Im geschätzten Modell haben die Marke „BMW“ und das sportliche Design bei umweltbewusst eingestellten Probanden einen geringeren Nutzenwert als bei den weniger umweltbewusst

eingestellten. Ein signifikant positiver Parameterwert für das Attribut „Marke“ konnte im Modell nicht festgestellt werden. Es kann demnach nicht festgestellt werden, dass eine spezielle Marke von besonders umweltbewussten Probanden präferiert wird.

Insgesamt bestätigt die Ergebnisanalyse zu den psychografischen Faktoren die Annahme der Präferenzheterogenität im Modell. Individuelle Nutzenwerte hängen oftmals signifikant von individuellen psychografischen Merkmalen ab.

#### 5.3.1.4. Nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten

Im Rahmen von empirischen Befragungen mit der ACBC kann nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten identifiziert werden. Die Probanden geben dazu Attributausprägungen an, die für sie ein absolutes Muss (*must have*) oder eine völlig inakzeptable Alternative (*unacceptable*) darstellen (vgl. Kapitel 4.3.1). In der Onlinebefragung konnte jeder Proband maximal drei Attributausprägungen als absolutes Muss und maximal vier Ausprägungen als inakzeptabel benennen. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 5.19.

Von den Probanden wurden insgesamt 62 Attributausprägungen als absolutes Muss bewertet. Im Durchschnitt sind das 0,15 Ausprägungen je Proband. Am häufigsten wurden die größte Reichweite und die niedrigsten Energiekosten als absolutes Muss genannt. Insgesamt acht Probanden (= 1,9 %) identifizierten eines der drei alternativen Antriebssysteme als ein absolutes Muss (Tabelle 5.19). Als inakzeptabel wurden insgesamt 1263 Attributausprägungen identifiziert (Durchschnitt: 2,99 Ausprägungen je Proband). Am häufigsten wurden hier die beiden höchsten Anschaffungspreise und die höchsten Energiekosten genannt. Die geringste Reichweite von 150 km wurde von 37,12 % der Probanden als inakzeptabel identifiziert. Bei den Antriebssystemen zeigte sich ein heterogenes Bild. Insgesamt 20,57 % der Probanden schlossen einen der klassischen Verbrennungsmotoren als inakzeptabel aus. Der Hybridantrieb wurde von den wenigsten Probanden (4,26 %) als inakzeptabel identifiziert (Tabelle 5.19).

| Attribut | Ausprägung | Must have | Must have (%) | Unacceptable | Unacceptable (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Marke | BMW | 3 | 0,71 | 3 | 0,71 |
| | Kia | 0 | 0,00 | 77 | 18,20 |
| | Renault | 0 | 0,00 | 49 | 11,58 |
| | Toyota | 0 | 0,00 | 28 | 6,62 |
| | VW | 1 | 0,24 | 5 | 1,18 |
| Antriebssystem | Diesel | 0 | 0,00 | 33 | 7,80 |
| | Benziner | 0 | 0,00 | 54 | 12,77 |
| | Erdgas | 2 | 0,47 | 35 | 8,27 |
| | Batterie-elektrisch | 5 | 1,18 | 27 | 6,38 |
| | Hybrid | 1 | 0,24 | 18 | 4,26 |
| Leistung | 63 kW | 0 | 0,00 | 35 | 8,27 |
| | 77 kW | 0 | 0,00 | 4 | 0,95 |
| | 105 kW | 3 | 0,71 | 6 | 1,42 |
| Design | unauffällig | 0 | 0,00 | 5 | 1,18 |
| | sportlich | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| | futuristisch | 0 | 0,00 | 9 | 2,13 |
| | klassisch | 0 | 0,00 | 2 | 0,47 |
| Ausstattung | Basis | 0 | 0,00 | 2 | 0,47 |
| | Premium | 2 | 0,47 | 0 | 0,00 |
| Reichweite | 150 km | 0 | 0,00 | 157 | 37,12 |
| | 450 km | 0 | 0,00 | 25 | 5,91 |
| | 900 km | 22 | 5,20 | 0 | 0,00 |
| Energiekosten | 4,50 € | 14 | 3,31 | 3 | 0,71 |
| | 7,00 € | 3 | 0,71 | 17 | 4,02 |
| | 9,50 € | 0 | 0,00 | 61 | 14,42 |
| | 14,50 € | 0 | 0,00 | 232 | 54,85 |
| Anschaffungspreis | 16.990 € | 6 | 1,42 | 0 | 0,00 |
| | 21.240 € | 0 | 0,00 | 11 | 2,60 |
| | 26.490 € | 0 | 0,00 | 22 | 5,20 |
| | 31.990 € | 0 | 0,00 | 121 | 28,61 |
| | 36.990 € | 0 | 0,00 | 222 | 52,48 |

Tabelle 5.19: Ergebnisse zu nicht-kompensatorischem Entscheidungsverhalten

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

### 5.3.2. Segmentbildung

Im Rahmen der Analyse der Parameterschätzungen im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen konnte die Annahme der Präferenzheterogenität bestätigt werden (vgl. Kapitel 5.3.1). Zur weiteren Analyse bietet sich eine Segmentierung der geschätzten individuellen Modellparameter an. Somit lassen sich Gruppen von Individuen mit ähnlichen Präferenzen identifizieren (Annunziata & Vecchio 2013: 350). Die Segmentierung erfolgt in dieser Arbeit a posteriori anhand einer Clusteranalyse. Zur Clusteranalyse wird der CCEA-Algorithmus (Convergent Cluster & Ensemble Analysis) verwendet (Orme & Johnson 2008a). Die Datenbasis für die Segmentbildung liefern die individuellen Nutzenwerte (Sawtooth Software 2008: 33). Aufgrund der Modellstruktur des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen

Antriebssystemen gehen die betrachteten psychografischen Merkmale implizit in die Segmentanalyse mit ein, da die geschätzten Nutzenwerte von der Ausprägung dieser Variable abhängen.

Mithilfe des CCEA-Algorithmus konnten vier stabile, durch eine lineare Diskriminanzanalyse bestätigte Segmente identifiziert werden. Der Klassifizierungserfolg für die Gruppenzuordnung bei der linearen Diskriminanzanalyse lag bei 89,1 %. Die Segmentmittelwerte für die im Rahmen des CCEA-Algorithmus verwendeten Nutzenparameter finden sich in Tabelle 5.20. Die aufgelisteten relativen Wichtigkeiten wurden nicht als Variable zur Segmentbildung verwendet. In der Tabelle werden sie als zusätzliches Charakteristikum zur Beschreibung der Segmente hinzugefügt.

Die angegebenen F-Werte zeigen an, wie stark sich die unterschiedlichen Segmente hinsichtlich der einzelnen Attributausprägungen unterscheiden. Die größten F-Werte ergeben sich für die Ausprägungen „Anschaffungspreis: 16.990 Euro“, „Anschaffungspreis: 31.990 Euro“, „Marke: BMW“ und „Antrieb: Batterie-elektrisch“. Insbesondere für diese Ausprägungen gibt es somit einen großen Unterschied in den Nutzenwerten der vier Segmente. Die kleinsten F-Werte ergeben sich für die Reichweite von 450 km, das klassische Design, die Motorleistung von 77 kW und die beiden Ausstattungsvarianten. Die vier Segmente unterscheiden sich somit hinsichtlich dieser Ausprägungen nicht besonders stark.

Zur besseren Übersichtlichkeit werden die in Tabelle 5.20 dargestellten Segmentmittelwerte der einzelnen Attribute und die relativen Attributwichtigkeiten in den vier Segmenten grafisch veranschaulicht (Abbildung 5.9 bis Abbildung 5.16). Eine detaillierte Charakterisierung der vier identifizierten Segmente geschieht im Folgenden.

| Attribut | Ausprägung | Segment 1 (n=124) 29% | Segment 2 (n=116) 27% | Segment 3 (n=53) 13% | Segment 4 (n=130) 31% | F-Wert |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Marke | BMW | 0,97 | 3,14 | 0,41 | 1,80 | 105,296 |
| | Kia | -1,12 | -2,74 | -0,80 | -1,76 | 64,150 |
| | Renault | -0,53 | -1,44 | -0,39 | -0,62 | 37,121 |
| | Toyota | -0,38 | -1,09 | -0,08 | -0,84 | 31,804 |
| | VW | 1,06 | 2,14 | 0,86 | 1,42 | 29,247 |
| | Rel. Wichtigkeit | 8,10% | 18,40% | 7,96% | 10,73% | |
| Antriebssystem | Diesel | -0,29 | 0,66 | -2,87 | 0,03 | 84,483 |
| | Benziner | -0,86 | -0,19 | -2,98 | -1,14 | 55,621 |
| | Erdgas | -0,20 | -0,70 | -0,24 | 0,13 | 9,877 |
| | Batterie-elektrisch | 0,52 | -0,22 | 4,01 | 0,04 | 99,654 |
| | Hybrid | 0,84 | 0,45 | 2,08 | 0,93 | 22,229 |
| | Rel. Wichtigkeit | 8,61% | 10,94% | 21,23% | 10,09% | |
| Leistung | 63 kW | -0,85 | -2,51 | -0,43 | -1,74 | 70,401 |
| | 77 kW | 0,39 | 0,20 | 0,61 | 0,51 | 8,469 |
| | 105 kW | 0,46 | 2,31 | -0,18 | 1,23 | 81,181 |
| | Rel. Wichtigkeit | 6,13% | 13,56% | 5,19% | 8,04% | |
| Design | unauffällig | 0,05 | -0,87 | -0,07 | -0,45 | 46,353 |
| | sportlich | 0,70 | 1,26 | 0,23 | 0,98 | 39,190 |
| | futuristisch | -0,77 | -0,26 | -0,42 | -0,57 | 12,535 |
| | klassisch | 0,03 | -0,13 | 0,27 | 0,04 | 6,271 |
| | Rel. Wichtigkeit | 4,98% | 6,96% | 4,66% | 5,19% | |
| Ausstattung | Basis | -0,47 | -0,76 | -0,31 | -0,59 | 8,967 |
| | Premium | 0,47 | 0,76 | 0,31 | 0,59 | 8,967 |
| | Rel. Wichtigkeit | 3,26% | 4,62% | 2,61% | 3,44% | |
| Reichweite | 150 km | -3,20 | -2,57 | -2,79 | -4,42 | 46,656 |
| | 450 km | 0,25 | 0,16 | 0,65 | 0,63 | 7,124 |
| | 900 km | 2,95 | 2,41 | 2,14 | 3,79 | 38,141 |
| | Rel. Wichtigkeit | 15,54% | 14,40% | 14,26% | 20,35% | |
| Energiekosten | 4,50 € | 4,80 | 2,15 | 3,95 | 3,93 | 83,414 |
| | 7,00 € | 1,35 | 0,95 | 1,18 | 1,91 | 26,064 |
| | 9,50 € | -1,24 | -0,43 | -0,85 | -0,77 | 16,388 |
| | 14,50 € | -4,92 | -2,67 | -4,29 | -5,07 | 55,387 |
| | Rel. Wichtigkeit | 24,39% | 14,38% | 22,39% | 22,20% | |
| Anschaffungs-preis | 16.990 € | 5,91 | 2,49 | 3,78 | 3,51 | 147,655 |
| | 21.240 € | 3,33 | 1,13 | 1,89 | 2,13 | 74,394 |
| | 26.490 € | 0,13 | 0,65 | 0,82 | 0,98 | 15,926 |
| | 31.990 € | -4,03 | -1,10 | -2,48 | -2,27 | 124,149 |
| | 36.990 € | -5,35 | -3,17 | -4,00 | -4,36 | 47,481 |
| | Rel. Wichtigkeit | 29,00% | 16,74% | 21,69% | 19,96% | |

Tabelle 5.20: Ergebnisse der Clusteranalyse zur Segmentbildung

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

#### 5.3.2.1. Segment 1 („Kostenfixierte“)

Für die dem ersten Segment zugeordnete Probandengruppe spielten die ökonomischen Faktoren „Anschaffungspreis“ und „Energiekosten“ eine herausragende Rolle (Tabelle 5.20). Die kumulierte relative Wichtigkeit für diese beiden Attribute lag bei 53,39 % und somit über der kumulierten relativen Wichtigkeit für die sechs anderen Attribute. Die relative Wichtigkeit des Attributs „Anschaffungspreis“ lag bei 29 % und damit wesentlich höher als in den anderen Segmenten (Abbildung 5.9). Die günstigen Anschaffungspreise wurden in dieser Gruppe besonders stark präferiert (Abbildung 5.16). Im Vergleich zu den anderen Segmenten waren die Nutzenwerte für die beiden günstigsten Anschaffungspreise von 16.990 Euro und 21.240 Euro mit Abstand am größten. Beim Attribut „Energiekosten“ zeigte sich ein ähnliches Bild, wenngleich die Unterschiede zu den anderen Segmenten nicht ganz so groß waren (Abbildung 5.15). Das drittwichtigste Attribut war die Reichweite des Fahrzeugs mit einer relativen Wichtigkeit von 15,54 %, wobei die Reichweite von 150 km klar abgelehnt wurde (Tabelle 5.20).

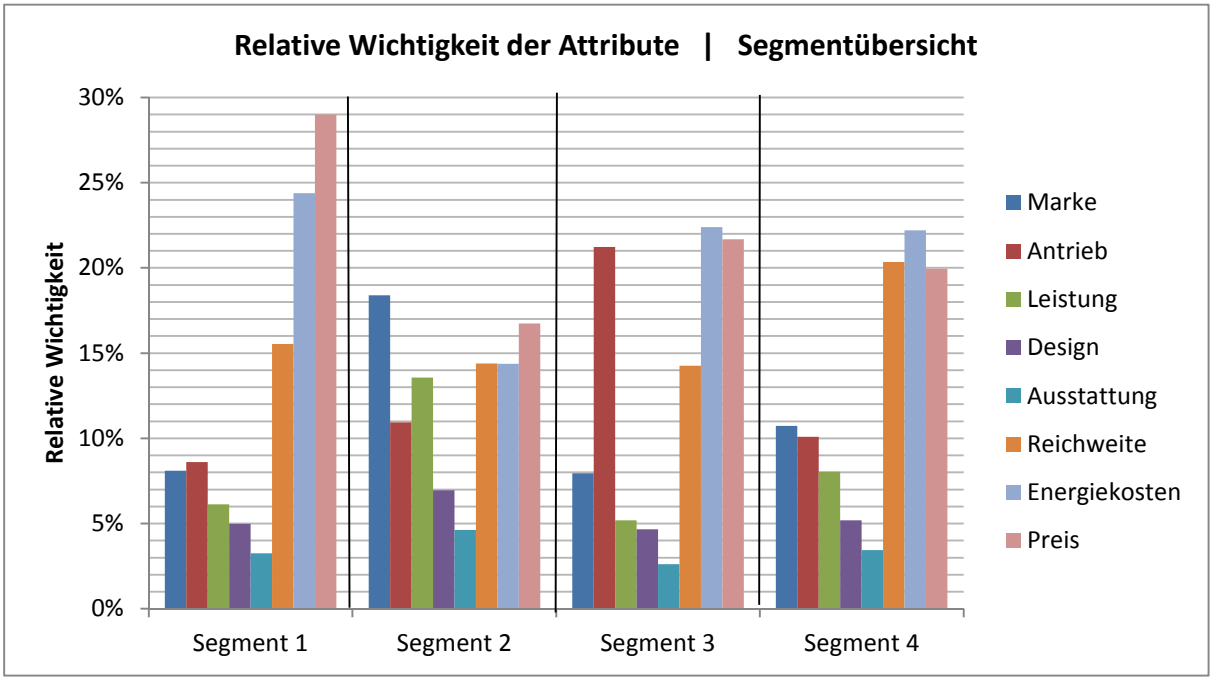


Abbildung 5.9: Relative Wichtigkeiten der Attribute im Segmentvergleich

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Alle anderen Attribute hatten eine relative Wichtigkeit von jeweils weniger als 10 % und spielten für die Auswahlentscheidungen somit eine untergeordnete Rolle. Betrachtet man das Antriebsattribut, so lässt sich eine Präferenz des Hybridantriebs vermuten. Auch für den Batterie-elektrischen Antrieb ergab sich ein positiver Nutzenwert (Tabelle 5.20). Aufgrund der geringen relativen Wichtigkeit des Antriebs in Segment 1 hatten diese Präferenzen für Auswahlentscheidungen aber nur eine untergeordnete Bedeutung. Im Rahmen der Cluster-

analyse wurden Segment 1 insgesamt 124 von 423 Probanden zugeordnet. Dies entspricht einem Anteil von 29 % (Tabelle 5.20). Die Gruppe der Befragten, die im Wesentlichen auf die Fahrzeugkosten fixiert waren, macht somit fast ein Drittel der Stichprobe aus. Aufgrund der Wichtigkeit der Kosten wird Segment 1 als „Kostenfixierte“ benannt.

#### 5.3.2.2. Segment 2 („Performance-Fixierte“)

Insgesamt zeigte sich im Rahmen der bisherigen Modellauswertungen, dass insbesondere den beiden ökonomischen Attributen „Anschaffungspreis“ und „Energiekosten“ eine herausragende Bedeutung zukommt. Für die dem zweiten Segment zugeordneten Probanden war dies ebenso der Fall und die kumulierte relative Wichtigkeit dieser beiden Attribute lag bei 31,16 % (Tabelle 5.20). Im Vergleich zu den drei anderen identifizierten Segmenten spielten die ökonomischen Attribute für dieses Segment aber mit Abstand die geringste Rolle (Abbildung 5.9). Betrachtet man die acht Attribute einzeln, so erzielte die Marke mit einer relativen Wichtigkeit von 18,4 % den größten Wert. Im Vergleich zu den anderen Segmenten war das mit Abstand der größte Wert (Abbildung 5.9). Klar präferiert wurde in Segment 2 die Premiummarke „BMW“ (Tabelle 5.20).

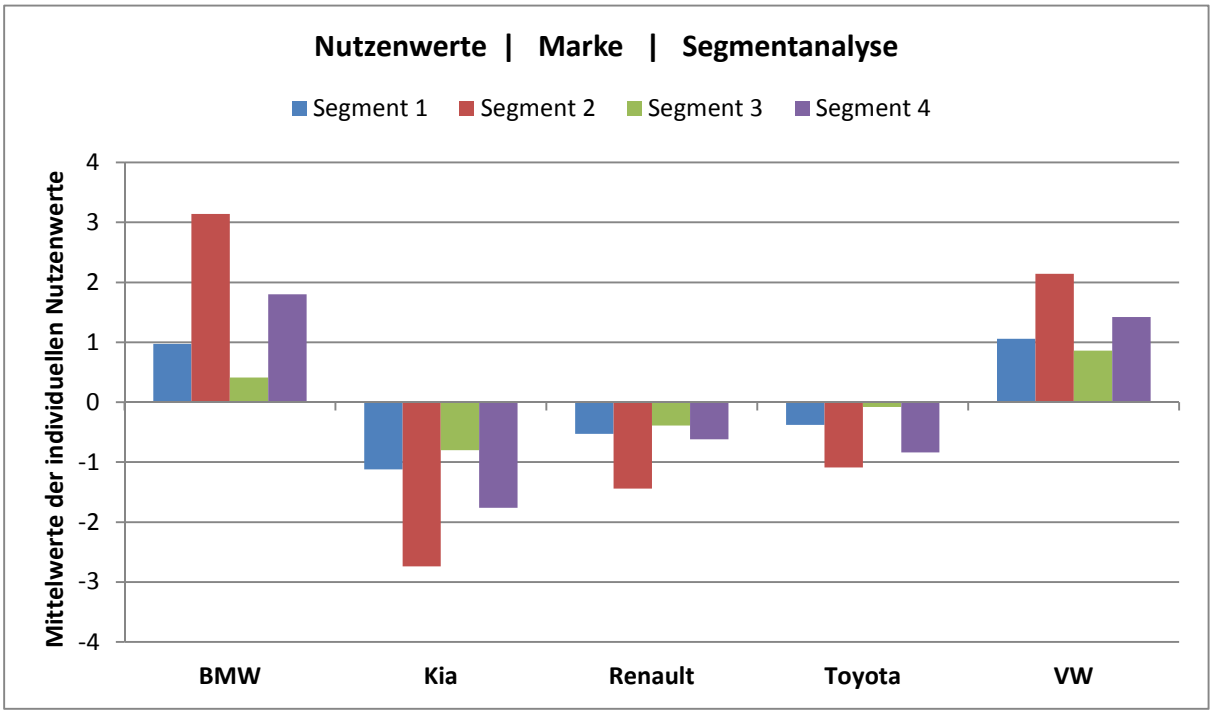


Abbildung 5.10: Segmentmittelwerte für das Attribut „Marke“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Auch die Motorleistung war für dieses Segment von größerer Bedeutung als für die anderen Segmente und die stärkste Motorisierung von 105 kW wurde klar bevorzugt (Tabelle 5.20). Die relativen Wichtigkeiten für die Attribute „Fahrzeugausstattung“ und „Design“ waren in allen Segmenten sehr gering. Vergleicht man die Segmente, so waren diese beiden Attribute für Segment 2 jedoch am wichtigsten (Abbildung 5.9) und es zeigte sich eine deutlichere Präferenz für die Premiumausstattung und das sportliche Design (Abbildung 5.13). Die relative Wichtigkeit des Antriebsattributs lag in Segment 2 bei 10,94 % und spielte damit eine untergeordnete Rolle (Tabelle 5.20). Betrachtet man das Antriebsattribut, so lässt sich eine Präferenz des Dieselmotors vermuten. Somit war Segment 2 das einzige Segment, das einen konventionellen Verbrennungsmotor präferierte (Abbildung 5.11). Nur der Hybridantrieb erzielte noch einen positiven durchschnittlichen Teilnutzenwert in Segment 2, die anderen Antriebssysteme führten zu negativen Nutzenwerten (Tabelle 5.20).

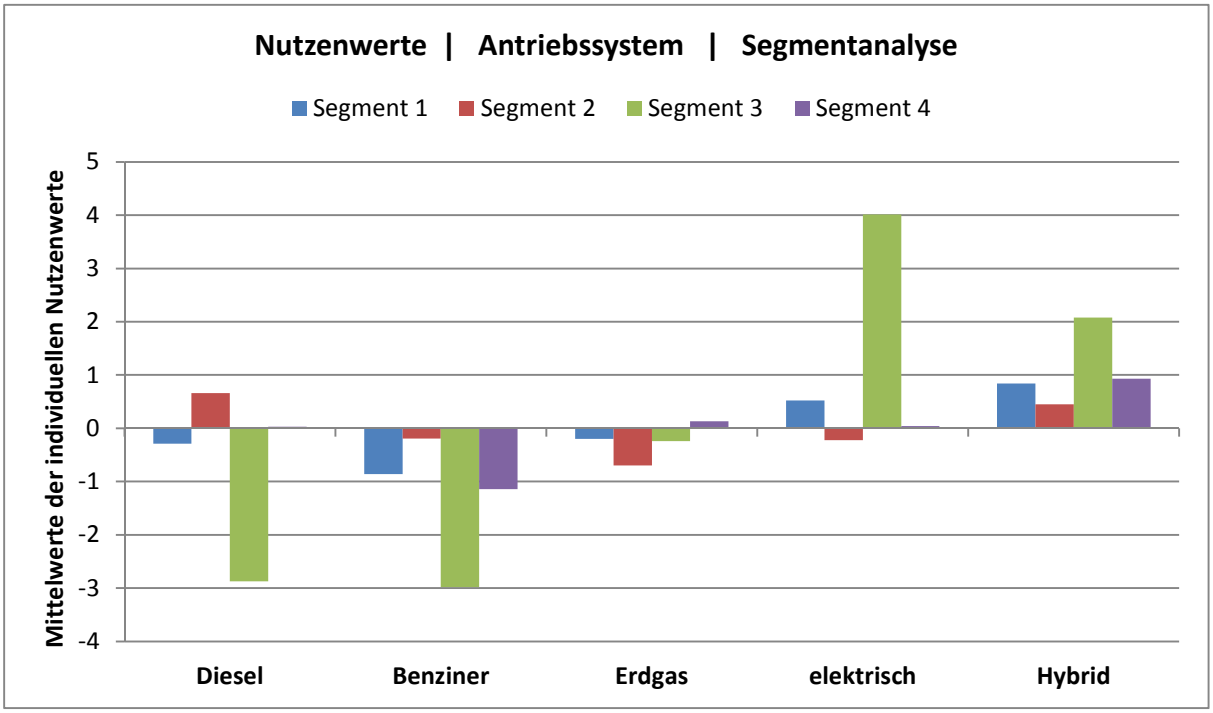


Abbildung 5.11: Segmentmittelwerte für das Attribut „Antriebssystem“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Genau wie in den anderen Segmenten spielte die Reichweite des Fahrzeugs eine relativ große Rolle (relative Wichtigkeit: 14,40 %) und eine Reichweite von 150 km wurde klar abgelehnt (Tabelle 5.20). Die Segmentgröße liegt bei 116 von 423 Probanden und damit bei einem relativen Anteil von 27 % (Tabelle 5.20). Aufgrund der größeren Wichtigkeit von Ausstattung, Design und Motorleistung des Fahrzeugs sowie des hohen Stellenwerts der Premiummarke „BMW“ erhält Segment 2 den Namen „Performance-Fixierte“.

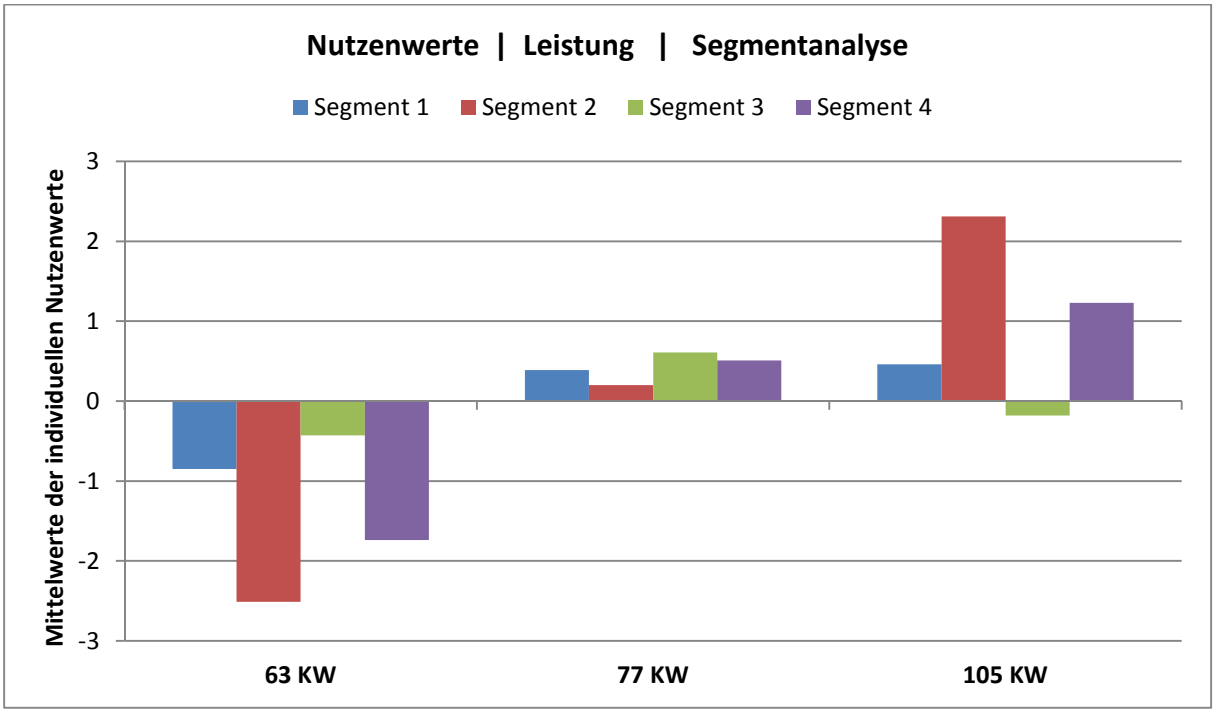


Abbildung 5.12: Segmentmittelwerte für das Attribut „Leistung“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

#### 5.3.2.3. Segment 3 („Präferierende elektrischer Antriebe“)

Auch für Segment 3 spielten die ökonomischen Attribute eine herausragende Rolle und die kumulierte relative Wichtigkeit von Anschaffungspreis und Energiekosten lag bei 44,08 % (Tabelle 5.20). Das drittwichtigste Attribut in dieser Gruppe war das Antriebssystem des Fahrzeugs mit einer relativen Wichtigkeit von 21,23 % (Abbildung 5.9). Klar präferiert wurde der Batterie-elektrische Antrieb und im Vergleich zu den anderen Segmenten ergab sich für dieses Antriebssystem der mit Abstand größte Nutzenwert (Abbildung 5.11). Auch für den Hybridantrieb ergab sich ein hoher Nutzenwert, der wesentlich größer war als in den anderen Segmenten. Für den Erdgasantrieb ergab sich in diesem Segment ein leicht negativer Nutzenwert. Klar abgelehnt wurden die klassischen Verbrennungsmotoren Dieselmotor und Benziner (Tabelle 5.20). Wie in den anderen Segmenten spielte die Reichweite des Fahrzeugs eine wichtige Rolle (relative Wichtigkeit: 14,26 %) (Tabelle 5.20). Die Reichweite von 150 km wurde auch klar abgelehnt. Bemerkenswert ist aber, dass in Segment 3 der negative Nutzen dieser geringen Reichweite durch den positiven Nutzenwert für den Batterie-elektrischen Antrieb kompensiert werden konnte. Der Nutzenwert für die Reichweite von 150 km war -2,79, der Wert für den elektrischen Antrieb war 4,01 (Tabelle 5.20). In der Summe ergab sich ein positiver Nutzenwert von 1,22 für ein Elektroauto mit einer Reichweite von 150 km. Für die Probanden in Segment 3 konnte die zum Studienzeitpunkt für Elektroautos marktübliche Reichweite von 150 km also durch die Art des Antriebssystems kompensiert werden. Anders ausgedrückt bedeutet dies: Auch eine geringe Reichweite wurde bei der Entscheidung für ein elektrisches Fahrzeug in Kauf genommen.

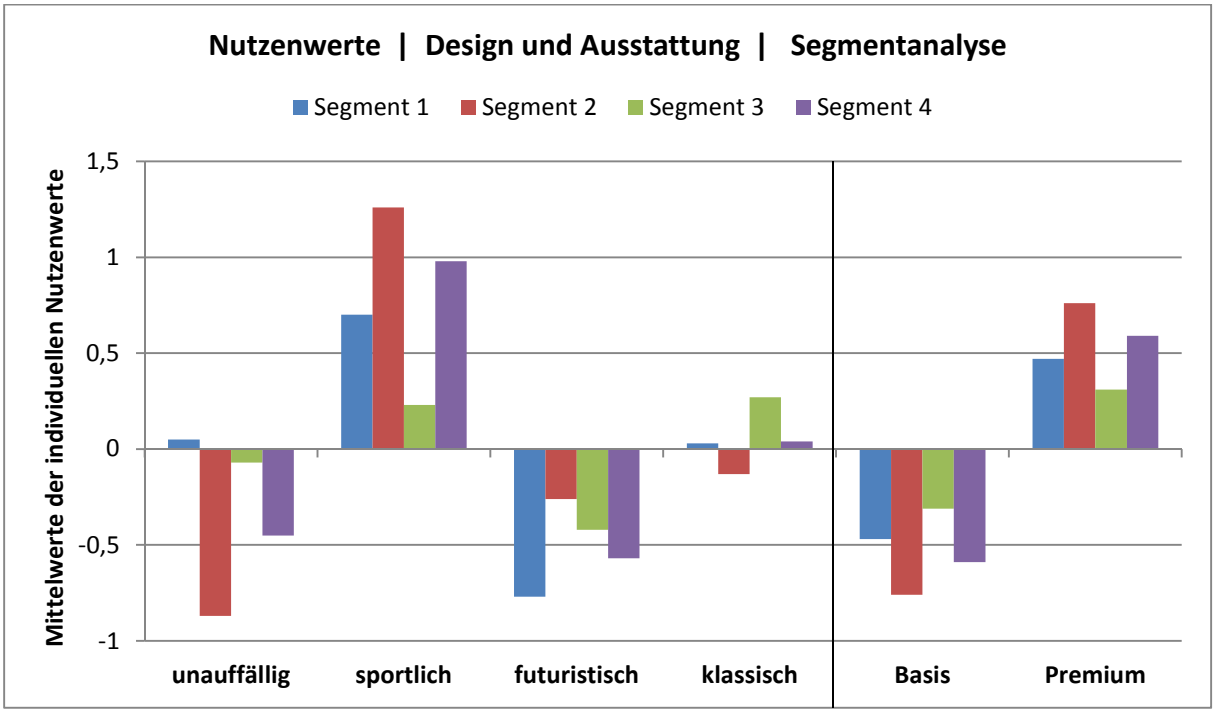


Abbildung 5.13: Segmentmittelwerte für die Attribute „Design“ und „Ausstattung“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Die zum Studienzeitpunkt am Markt verfügbaren Elektroautos waren in der Anschaffung wesentlich teurer als vergleichbare Modelle mit einem anderen Antriebssystem. Zieht man auch diesen Aspekt in Betracht und geht von einer moderaten Preisdifferenz von ca. 5.000 Euro aus, so ergibt sich bei den Ausprägungen des Attributs „Anschaffungspreis“ eine Nutzendifferenz von mindestens 1,07 (Differenz der Nutzenwerte der Ausprägungen „26.490 €“ und „21.240 €“, Tabelle 5.20). Insgesamt lassen sich die hohen Anschaffungskosten und die geringen Reichweiten von Elektroautos somit auch in diesem Segment kaum kompensieren. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Analyse von Summenwerten, die sich aus den Teilnutzenwerten mehrerer Attribute zusammensetzen, mit den Modellannahmen in Einklang steht. Das im Rahmen dieser Arbeit herangezogene Modell basiert auf einem additiven Teilwert-Nutzen-Modell mit kompensatorischen Beziehungen (vgl. Kapitel 3.1.1.1). Aufgrund der großen Nutzenwerte für die elektrischen Antriebe und der großen relativen Wichtigkeit des Antriebsattributs wird das Segment „Präferierende elektrischer Antriebe“ benannt.

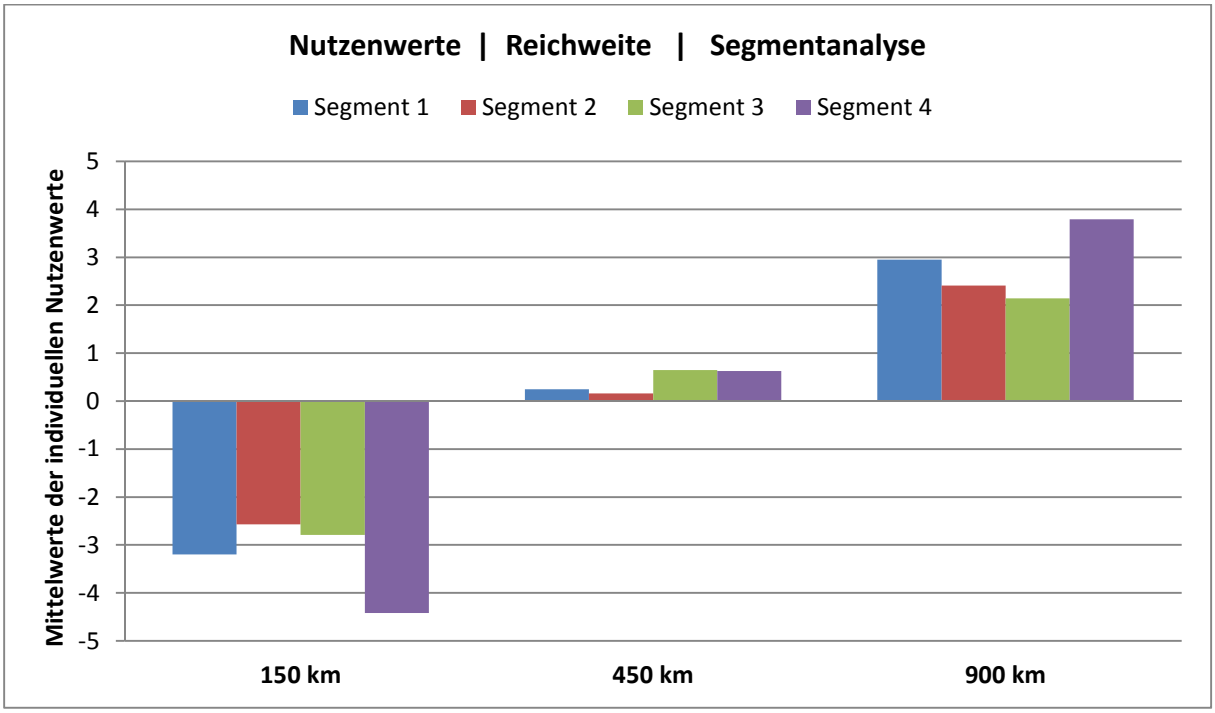


Abbildung 5.14: Segmentmittelwerte für das Attribut „Reichweite“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Hinsichtlich des Attributs „Motorleistung“ stellt Segment 3 eine Besonderheit dar. Als Einzige präferierte diese Gruppe nicht die stärkste Motorleistung, sondern die mittlere Leistung von 77 kW. Die kleinste Motorleistung von 63 kW wurde in diesem Segment am wenigsten abgelehnt (Abbildung 5.12). Im Allgemeinen verbrauchen Motoren mit einer geringeren Leistung weniger Energie und führen somit zu geringeren Schadstoffemissionen, insbesondere geringeren $CO_2$-Emissionen. Aufgrund des Umstandes, dass Segment 3 eine klare Präferenz für die umweltfreundlicheren elektrischen Antriebssysteme zeigte, wird vermutet, dass der Grund für diese Entscheidung die größere Umweltfreundlichkeit von schwächeren Motoren war. Die Anzahl der Probanden in Segment 3 ist am kleinsten (53 von 423) und der relative Anteil liegt bei 13 % (Tabelle 5.20).

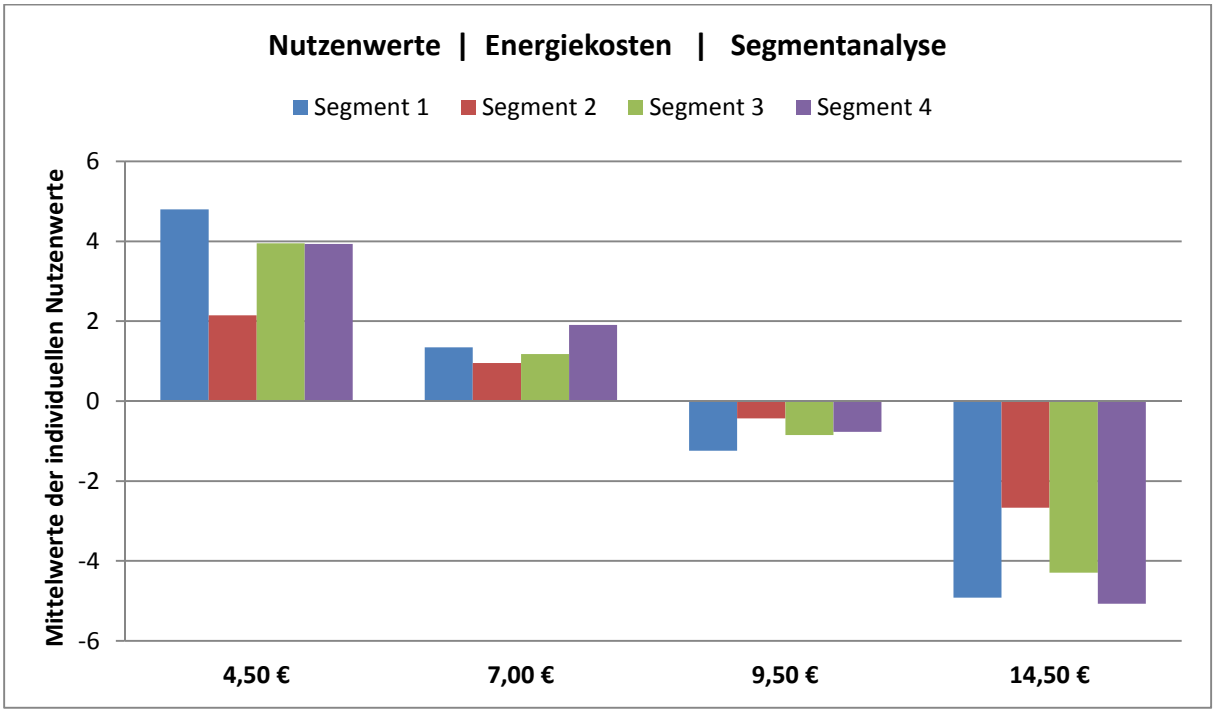


Abbildung 5.15: Segmentmittelwerte für das Attribut „Energiekosten“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

#### 5.3.2.4. Segment 4 („Moderate“)

Für Segment 1 waren hauptsächlich die Kosten entscheidend. Für Segment 2 spielten Marke und Motorleistung auch eine wichtige Rolle. Segment 3 setzte auf die elektrischen Fahrzeuge. Während die ersten drei Segmente relativ klar charakterisiert werden konnten, gestaltet sich die Beschreibung von Segment 4 schwieriger. Insgesamt schwankten die Attributwichtigkeiten in Segment 4 über die Attribute am wenigsten (Abbildung 5.9). Wie in den anderen Segmenten waren aber auch in Segment 4 die ökonomischen Faktoren von großer Bedeutung und die kumulierte relative Wichtigkeit für Anschaffungspreis und Energiekosten lag bei 42,16 % (Tabelle 5.20). Damit lag Segment 4 zwischen den anderen Segmenten. Auch bei den anderen Attributen lag die relative Wichtigkeit fast immer zwischen den Werten für die anderen Segmente. Die einzige Ausnahme bildete das Attribut „Reichweite“. Die relative Wichtigkeit dieses Attributs lag in Segment 4 um ca. 5 % höher als in den anderen Segmenten und erreichte einen Wert von 20,35 % (Tabelle 5.20). Die geringste Reichweite von 150 km wurde von diesem Segment sehr stark abgelehnt (Tabelle 5.20).

Als Antriebssystem wurde der Hybrid bevorzugt, an zweiter Stelle stand das Erdgasauto (Abbildung 5.11). Die relative Wichtigkeit des Antriebs war in diesem Segment jedoch gering und lag nur bei 10,09 % (Tabelle 5.20). Aufgrund der vergleichsweise großen Ausgeglichenheit in den Attributwichtigkeiten wird Segment 4 als „Moderate“ bezeichnet. Die Segmentgröße liegt bei 130 von 423 Probanden, was einem Anteil von 31 % entspricht (Tabelle 5.20).

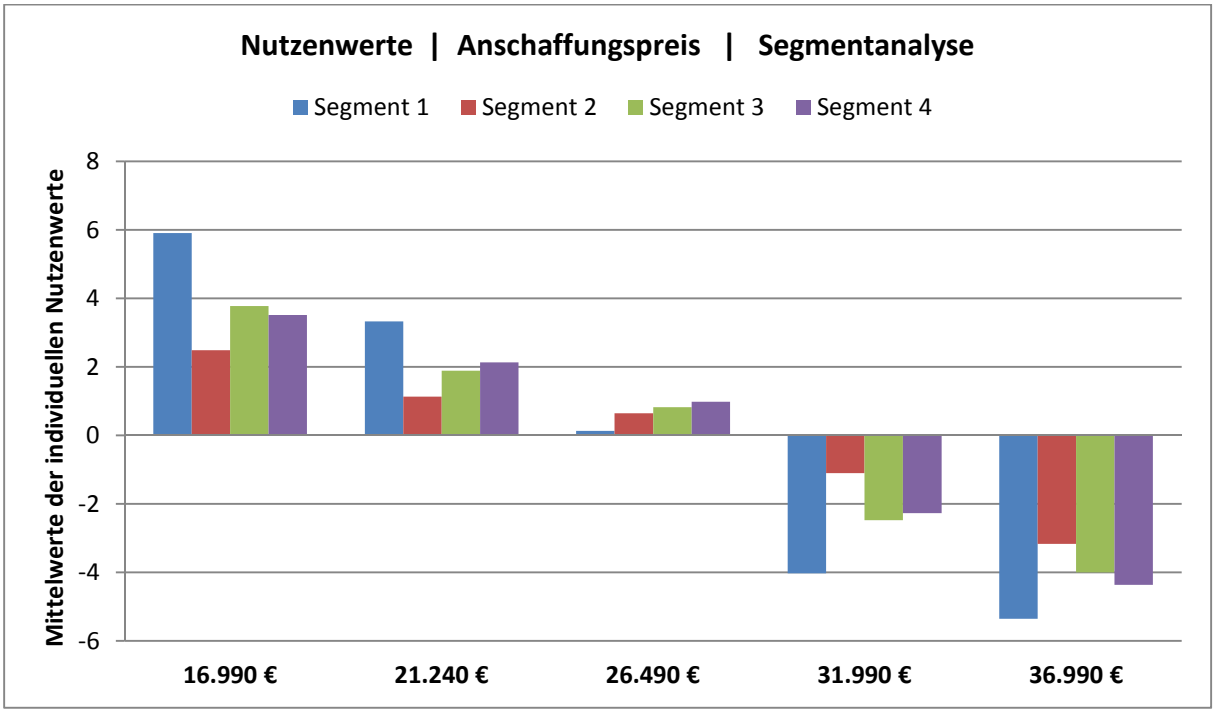


Abbildung 5.16: Segmentmittelwerte für das Attribut „Anschaffungspreis“

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

#### 5.3.2.5. Psychografische Charakterisierung der Segmente

Im Rahmen der Segmentanalyse wurden die mit der Clusteranalyse identifizierten Segmente anhand der Segmentmittelwerte für die geschätzten individuellen Teilnutzenwerte sowie der geschätzten relativen Attributwichtigkeiten analysiert. Das zur Modellschätzung verwendete integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen bezieht die gemessenen psychografischen Merkmale dabei implizit in die Nutzenschätzung mit ein. Im Rahmen der Clusteranalyse wurden die psychografischen Merkmale daher implizit berücksichtigt, aber nicht explizit zur Segmentierung verwendet.

Zum Zweck der segmentspezifischen Datenanalyse empfiehlt es sich, personenbezogene Charakteristika der identifizierten Segmente zu analysieren (Schubert 1991: 199). Vor diesem Hintergrund werden die vier im Rahmen dieser Arbeit identifizierten Segmente hinsichtlich ihrer offenbarten psychografischen Merkmale verglichen. Dazu werden die Segmentmittelwerte der zentrierten Faktor- bzw. Itemwerte analysiert. Der Mittelwert der zentrierten Daten ist null und positive zentrierte Faktor- bzw. Itemwerte lassen somit auf eine überdurchschnittlich große Zustimmung zu den in den Items formulierten Aussagen schließen. Die Ergebnisse der Analyse finden sich in Tabelle 5.21.

| Psychografisches Merkmal | Segment 1 | Segment 2 | Segment 3 | Segment 4 | F-Wert |
|---|---|---|---|---|---|
| Symbolisch-affektive Beweggründe (Faktor) | -0,41 | 0,56 | -0,45 | 0,07 | 27,425 |
| Einstellung zur Umwelt (Faktor) | 0,14 | -0,33 | 0,78 | -0,16 | 18,898 |
| Einstellung zum AFV-Kauf (Item) | 0,03 | -0,28 | 0,71 | -0,07 | 15,256 |
| Subjektive Norm (Item) | 0,01 | -0,04 | 0,47 | -0,16 | 6,124 |
| Wahrgenommene Verhaltenskontrolle (Item) | -0,01 | 0,24 | -0,75 | 0,11 | 10,057 |

Tabelle 5.21: Ergebnisse zu psychografischen Merkmalen nach Segmenten

Quelle: Eigene Erhebung (2013)

Die angegebenen F-Werte zeigen an, wie stark sich die unterschiedlichen Segmente hinsichtlich der einzelnen psychografischen Merkmale unterscheiden. Der größte F-Wert ergab sich für den Faktorwert des latenten Konstrukts „Einstellung zur Umwelt“. Insbesondere für dieses Merkmal gab es somit einen großen Unterschied zwischen den Segmenten. Der kleinste F-Wert ergab sich für das Konstrukt „subjektive Norm“. Die vier Segmente unterschieden sich hinsichtlich dieses Merkmals nicht besonders stark (Tabelle 5.21). Im Folgenden wird im Detail auf die vier identifizierten Segmente eingegangen.

Segment 1 wurde als die Gruppe der „Kostenfixierten“ identifiziert. Der zentrierte Faktorwert für die latente Variable „symbolisch-affektive Beweggründe“ war deutlich negativ (Tabelle 5.21). Es zeigt sich, dass symbolisch-affektive Aspekte für diese Gruppe eine unterdurchschnittliche Rolle spielten (t-Test; $p \leq 0{,}001$). Für die restlichen psychografischen Merkmale lassen sich kaum Aussagen treffen. Am ehesten zeichnete sich die Gruppe noch durch eine leicht überdurchschnittliche Einstellung zur Umwelt aus. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der hier verwendete t-Test (genau wie die weiteren t-Tests in diesem Teilkapitel) einem Zwei-Stichproben-t-Test entspricht, der den Mittelwert des relevanten Segments (hier: Segment 1) mit dem Mittelwert über alle nicht zum relevanten Segment gehörenden Probanden vergleicht (hier: Segmente 2, 3 und 4).

Segment 2 trägt den Namen „Performance-Fixierte“. Für diese Gruppe zeigte sich hinsichtlich der psychografischen Eigenschaften ein deutlicher Unterschied zu den anderen Segmenten (Tabelle 5.21). So zeichnete sich Segment 2 durch stärker ausgeprägte symbolisch-affektive Beweggründe aus (t-Test; $p \leq 0{,}001$). Segment 2 war zudem am wenigsten umweltfreundlich eingestellt (t-Test; $p \leq 0{,}001$). Der Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem (Einstellung zum AFV-Kauf) wurde am wenigsten für eine kluge Entscheidung gehalten (t-Test; $p \leq 0{,}001$). Die Analyse des Itemwerts für die wahrgenommene Verhaltenskontrolle zeigte, dass dieses Segment auch am wenigsten davon überzeugt ist, dass es innerhalb der nächsten fünf Jahre für sie attraktive Fahrzeuge mit alternativem Antriebssystem am Markt geben wird (t-Test; $p = 0{,}004$). Der Fokus in diesem Segment lag also besonders stark auf symbolischen und affektiven Beweggründen wie Status oder

Freude am Autofahren. Alternative Antriebssysteme spielten in diesem Zusammenhang eine untergeordnete Rolle.

Segment 3 wurde „Präferierende elektrischer Antriebe“ benannt. Der Faktorwert für die latente Variable „Einstellung zur Umwelt“ war in diesem Segment mit Abstand am größten (Tabelle 5.21). Die Umweltfreundlichkeit des Fahrzeugs spielte für diese Personen somit die wichtigste Rolle. Vergleicht man die Segmentmittelwerte der zur Messung verwendeten Items mit den Mittelwerten für die drei anderen Segmente, so zeigt sich, dass die zu Segment 3 gehörenden Probanden in allen Teilaspekten signifikant umweltbewusster eingestellt waren als die anderen Probanden (t-Test zum Vergleich der Item-Werte von Segment 3 mit den Werten der anderen Segmente: „Die Auswirkungen des zunehmenden Personen- und Güterverkehrs auf die Umwelt bereiten mir große Sorge“(t-Test; $p \leq 0{,}001$), „Ich kaufe häufig umweltfreundliche Produkte, auch wenn diese teurer sind als andere Produkte“ (t-Test; $p \leq 0{,}001$), „Ich fühle mich durch den vom Autoverkehr erzeugten Lärm beeinträchtigt“ (t-Test; $p = 0{,}002$)). Die Einstellung zum Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem (Einstellung zum AFV-Kauf) ist in Segment 3 am positivsten (t-Test; $p \leq 0{,}001$) und dieses Segment ist im Vergleich zu den anderen Segmenten am meisten davon überzeugt, dass es innerhalb der nächsten fünf Jahre für sie attraktive Fahrzeuge mit alternativem Antriebssystem auf dem Markt geben wird (wahrgenommene Verhaltenskontrolle; t-Test; $p \leq 0{,}001$). Insgesamt lässt sich feststellen, dass Segment 3 alternativen Antriebssystemen sehr positiv gegenübersteht. Insbesondere gilt dies für elektrische Fahrzeuge (vgl. Analyse der Segmentnutzenwerte). Symbolisch-affektive Aspekte sind in Segment 3 im Vergleich der Segmente am unwichtigsten und es ergibt sich ein signifikant geringerer Faktorwert im Vergleich zu den anderen Segmenten (t-Test; $p = 0{,}001$).

Segment 4 wurde als „Moderate“ bezeichnet und liegt auch bei den psychografischen Merkmalen tendenziell zwischen den Gruppen.

# 6. Diskussion

Die Zielsetzung dieser Arbeit war es, Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen im Rahmen einer empirischen Befragung zu analysieren. In das Präferenzmodell wurden dabei sowohl Präferenzdaten für unterschiedliche Fahrzeugkonzepte als auch individuelle psychografische Merkmale integriert. Die Ergebnisse der empirischen Befragung wurden in Kapitel 5 vorgestellt und die formulierten Detailhypothesen wurden in diesem Kapitel überprüft. In der Diskussion sollen die Ergebnisse nun vor dem Hintergrund der in der Einleitung formulierten Forschungsfragen diskutiert werden. Die Diskussion gliedert sich folgendermaßen. In Kapitel 6.1 werden zunächst die Ergebnisse des Vergleichs der beiden adaptiven hybriden Präferenzmessungsverfahren ACBC und HIT-CBC diskutiert (Forschungsfrage 4). Die Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Präferenzen für alternative Antriebssysteme erfolgt in Kapitel 6.2 (Forschungsfragen 1 – 3). Eine generelle Diskussion der methodischen Herangehensweise sowie eine Diskussion der Limitationen der Studie erfolgt in Kapitel 6.3. Ein Fazit wird im abschließenden Kapitel 6.4 gegeben.

## 6.1. Diskussion der Ergebnisse des Vergleichs von ACBC und HIT-CBC

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Vergleichs der beiden adaptiven hybriden Methoden ACBC und HIT-CBC in Bezug auf Forschungsfrage 4 diskutiert:

- *Forschungsfrage 4: Welches der adaptiven hybriden Verfahren ist zur Präferenzmessung besser geeignet?*

Neben dem Literaturüberblick (vgl. Kapitel 4.3.4) und der Monte-Carlo-Simulationsstudie (vgl. Kapitel 4.3.5) stellt der empirische Vergleich (vgl. Kapitel 5.2) das Kernelement des Vergleichs dar. Das Studienobjekt für den empirischen Vergleich waren Automobile mit alternativen Antriebssystemen. Das dem Vergleich zugrunde liegende Choice-Experiment enthielt acht Fahrzeugattribute mit insgesamt 31 Attributausprägungen. Die Ergebnisse der Vergleichsstudie bestätigen die Anwendbarkeit der beiden adaptiven hybriden Verfahren in Präferenzstudien bei komplexen Produkten mit vielen Attributen und Ausprägungen. Der direkte empirische Vergleich der beiden Verfahren zeigt insbesondere hinsichtlich des wichtigen Kriteriums „Trefferquote“ eine signifikante Überlegenheit der ACBC. Auch bei den Marktanteilsschätzungen und den qualitativen Kriterien führt die Anwendung der ACBC zu signifikant besseren Ergebnissen. Die tiefergehende Analyse der Ergebnisse der Simulationsstudie und des empirischen Vergleichs lässt eine Schwäche der HIT-CBC bei den Rating-Aufgaben des letzten Befragungsteils vermuten. Am Ende dieses Kapitels wird dazu ein Verbesserungsvorschlag gemacht (HIT-CBC 2.0).

Generell muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten empirischen Ergebnisse zum Vergleich von ACBC und HIT-CBC auf einer einzigen Studie beruhen. Grundsätzliche Aussagen über die Überlegenheit eines Verfahrens lassen sich aufgrund dieser Datengrundlage nicht machen. Dieser erste direkte Vergleich kann somit nur Indizien für eine Überlegenheit der ACBC liefern. Für weitere wissenschaftliche Untersuchungen zur Gegenüberstellung der beiden adaptiven hybriden Verfahren kann die vorliegende Studie als Ausgangspunkt dienen. Es bleibt festzuhalten, dass die in mehreren Untersuchungen (ACBC: Johnson & Orme 2007; Chapman et al. 2009; Sawtooth Software 2009a; HIT-CBC: Eggers & Sattler 2009; Kaltenborn 2012) festgestellte generelle Anwendbarkeit der beiden Verfahren für die Präferenzmessung sowohl durch die Simulationsstudie als auch den empirischen Vergleich bestätigt werden kann.

Bei empirischen Vergleichsstudien im Bereich der Präferenzmessung werden insbesondere Trefferquoten als Gütekriterium herangezogen (vgl. Kapitel 4.2). Die Analyse von Trefferquoten ist von großer Bedeutung, da mit ihnen die Prognosefähigkeit des aufgestellten Präferenzmodells bewertet werden kann. Es lässt sich somit herausfinden, ob das Modell zur Prognose von individuellen Wahl- bzw. Kaufentscheidungen verwendet werden kann. Die in den Holdout-Aufgaben getroffenen Auswahlentscheidungen eines Probanden werden anhand der im Modell geschätzten individuellen Parameter prognostiziert und dann mit der tatsächlichen Entscheidung des Probanden in der Holdout-Aufgabe verglichen. Für jede richtige Prognose ergibt sich ein Treffer und die Trefferquote misst den Anteil der Treffer über alle Probanden. Ein Präferenzmodell ist umso besser, je größer die Trefferquote ist. Mindestens sollte die Trefferquote aber signifikant größer sein als im Zufallsmodell. Ansonsten ist das aufgestellte Präferenzmodell wertlos.

Zum Vergleich von zwei Präferenzmessungsverfahren können die Trefferquoten verglichen werden und mit dem McNemar-Test auf signifikante Unterschiede geprüft werden. Die empirische Vergleichsstudie zeigt, dass die Trefferquoten bei beiden Verfahren ACBC und HIT-CBC signifikant größer waren als die Trefferquote im Zufallsmodell und dass die Trefferquote bei der ACBC signifikant größer war als bei der HIT-CBC. Hinsichtlich dieses wichtigen Kriteriums kann die ACBC somit als überlegen bezeichnet werden. Auch die Analyse der Marktanteilsschätzung beruht auf dem Vergleich zwischen prognostizierten und tatsächlich beobachteten Wahlentscheidungen. Hier sprechen die Ergebnisse der empirischen Vergleichsstudie ebenfalls für eine Überlegenheit der ACBC gegenüber der HIT-CBC.

In der wissenschaftlichen Literatur finden sich mehrere Studien, die der Ermittlung von Trefferquoten (und Marktanteilsschätzungen) anhand von Holdout-Aufgaben kritisch gegenüberstehen. Ein wesentliches Argument ist, dass die Entscheidungen in den Holdout-Aufgaben keine tatsächlichen Wahl- bzw. Kaufentscheidungen widerspiegeln. Zur Gütebeurteilung wird deshalb der Einbezug von tatsächlichen Wahl- bzw. Kaufent-

scheidungen in die empirische Befragung vorgeschlagen (Wertenbroch & Skiera 2002; Ding et al. 2005; Ding 2007). In den genannten Studien wurden durchgehend kurzlebige Verbrauchsgüter wie zum Beispiel Erfrischungsgetränke oder Kuchen verwendet. Ob sich ein Einbezug von tatsächlichen Kaufentscheidungen in empirische Befragungen zu hochpreisigen langlebigen Produkten (wie Automobilen) realisieren lässt, ist fraglich und ein Thema für die zukünftige Forschung. Für die Analyse von Marktanteilsschätzungen schlagen Chapman et al. (2009: 2) einen Vergleich mit tatsächlichen Marktanteilen vor. Diese Vorgehensweise lässt sich auch für hochpreisige Produkte realisieren, sofern die Marktanteile veröffentlicht werden.

Ein weiteres wichtiges Kriterium zum empirischen Vergleich von ACBC und HIT-CBC stellen die qualitativen Kriterien dar (Realitätsnähe der Fragestellungen, Schwierigkeit der Aufgaben sowie Unterhaltungswert und Gesamtgefallen der Befragungsmethoden). Die Beurteilung dieser Kriterien ist wichtig, da schwierige oder zu lange Befragungen Probanden dazu veranlassen können, Antworten weniger sorgfältig zu geben, was zu einer entsprechend geringeren Güte des Verfahrens führen kann (vgl. Kapitel 4.2). Generell zeigt die Bewertung der qualitativen Kriterien, dass sowohl die ACBC als auch die HIT-CBC von den Probanden positiv eingeschätzt werden. Dieses Ergebnis war aufgrund der langen Befragungszeit je Verfahren (ca. neun Minuten) und des komplexen Studiendesigns mit acht Fahrzeugattributen und 31 Attributausprägungen nicht unbedingt zu erwarten, bestätigt aber die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen (vgl. Kapitel 4.3.4). Es bleibt festzuhalten, dass die beiden adaptiven hybriden Verfahren von den Probanden als überdurchschnittlich positiv empfunden werden. Für zukünftige Präferenzstudien ist daher der adaptive hybride Ansatz empfehlenswert. Der direkte Vergleich zwischen ACBC und HIT-CBC zeigt eine deutliche Überlegenheit der ACBC. Die Aufgaben werden als signifikant realitätsnäher, einfacher und unterhaltsamer wahrgenommen. Auch das Gesamturteil der Befragten fällt bei der ACBC signifikant besser aus.

Ein wesentlicher Vorteil der HIT-CBC liegt in der Tatsache, dass der Number-of-Levels-Effekt bei dieser Methode aufgrund des experimentellen Designs ($2^k$-Design) nicht auftreten kann. Obwohl die ACBC potenziell für diesen Effekt anfällig ist, konnte im Rahmen der empirischen Vergleichsstudie das Auftreten des Effekts nicht eindeutig nachgewiesen werden. Das Studiendesign dieser Arbeit war allerdings nicht ausschließlich auf die Untersuchung des Number-of-Levels-Effekts ausgerichtet. Frühere wissenschaftliche Studien zum Number-of-Levels-Effekt lassen vermuten, dass dieser Effekt häufig in Situationen auftritt, in denen die Probanden keine klar definierten Präferenzen haben (Wittink et al. 1990: 121). Die Präferenzabfrage für Autos mit alternativen Antriebssystemen innerhalb der Gruppe von Studierenden im Bereich „Automobile bzw. Verkehr“ lässt jedoch auf relativ gut definierte Präferenzen schließen. In der wissenschaftlichen Literatur konnte der Autor keine Studien identifizieren, die das Auftreten des Number-of-Levels-Effekts bei der ACBC thematisieren.

Trotz der beschriebenen Einschränkung liefern die hier präsentierten Ergebnisse einen ersten Anhaltspunkt für die Analyse des Number-of-Levels-Effekts bei der ACBC.

Das Kernelement der Monte-Carlo-Simulationsstudie war die Analyse der Rating-Aufgaben im letzten Befragungsteil des HIT-CBC-Fragebogens. Eggers & Sattler (2009: 113) vermuteten eine Anfälligkeit der HIT-CBC für inkorrekte Ratings in dieser letzten Befragungsphase. In ihrer Simulationsstudie konnten sie feststellen, dass inkorrekte Ratings die Ergebnisse für die geschätzten Nutzenwerte substanziell beeinflussen (Eggers & Sattler 2009: 113). In der Studie von Eggers & Sattler (2009) wurden Ratings allerdings nicht auf individueller Basis simuliert, d. h., dass inkorrekte Ratings a posteriori und nicht während der Simulation des individuellen Antwortverhaltens berücksichtigt wurden. Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz gewährleistet einen direkten Einbezug von potenziell inkorrekten Ratings in die Simulation. Die Ergebnisse zeigen, dass die Güte der HIT-CBC-Schätzungen wesentlich von der Korrektheit der Ratings im letzten Befragungsteil abhängt, und bestätigen somit die Ergebnisse von Eggers & Sattler (2009: 113).

Unter Einbezug dieses Resultats ergeben sich auch für die Interpretation der Ergebnisse aus der empirischen Vergleichsstudie neue Implikationen. Als Erstes zeigt die empirische Studie bei der HIT-CBC eine signifikant geringere Prognosegüte als bei der ACBC (Kennzahlen: Trefferquote und *mean absolute error*). Dies ist bemerkenswert, da die Simulationsstudie selbst bei leicht inkorrekten Ratings ähnliche Ergebnisse bei ACBC und HIT-CBC vermuten ließe. Als Zweites zeigt sich, dass die Probanden die Aufgaben im HIT-CBC-Fragebogen im Durchschnitt als eher schwierig beurteilten und dass die Aufgaben zudem als signifikant schwieriger erachtet wurden als bei der ACBC. Da die übrigen Befragungsteile im HIT-CBC-Fragebogen den Aufgaben der ACBC sehr ähnlich sind, kann angenommen werden, dass die HIT-CBC insbesondere aufgrund der Rating-Aufgaben als schwierig beurteilt wurde. Insgesamt wird gefolgert, dass den Probanden die Bearbeitung der Rating-Aufgaben im Allgemeinen schwer fällt. Diese Tatsache wird als Auslöser für inkorrekte Ratings und eine damit verbundene Reduzierung der Prognosegüte bei der HIT-CBC angesehen. Um die Prognosegüte der HIT-CBC zu erhöhen, sollten deshalb die Rating-Aufgaben vereinfacht werden. Wie eine konkrete Vereinfachung aussehen könnte, wird im folgenden Absatz dargestellt.

**HIT-CBC 2.0**

Zur Vereinfachung der Rating-Aufgaben setzt die hier vorgeschlagene HIT-CBC 2.0 auf eine Verbesserung des Befragungslayouts und eine Zusammenlegung der Rating-Aufgaben mit dem ersten Befragungsteil. Zur Verbesserung des Layouts wird bei der HIT-CBC 2.0 statt einer diskreten Ratingskala eine kontinuierliche Skala verwendet. Für jede Attributausprägung existiert eine Box, die vom Probanden per Drag-and-Drop-Technik auf die dem Rating entsprechende Position gezogen werden kann (vgl. Abbildung 6.1).

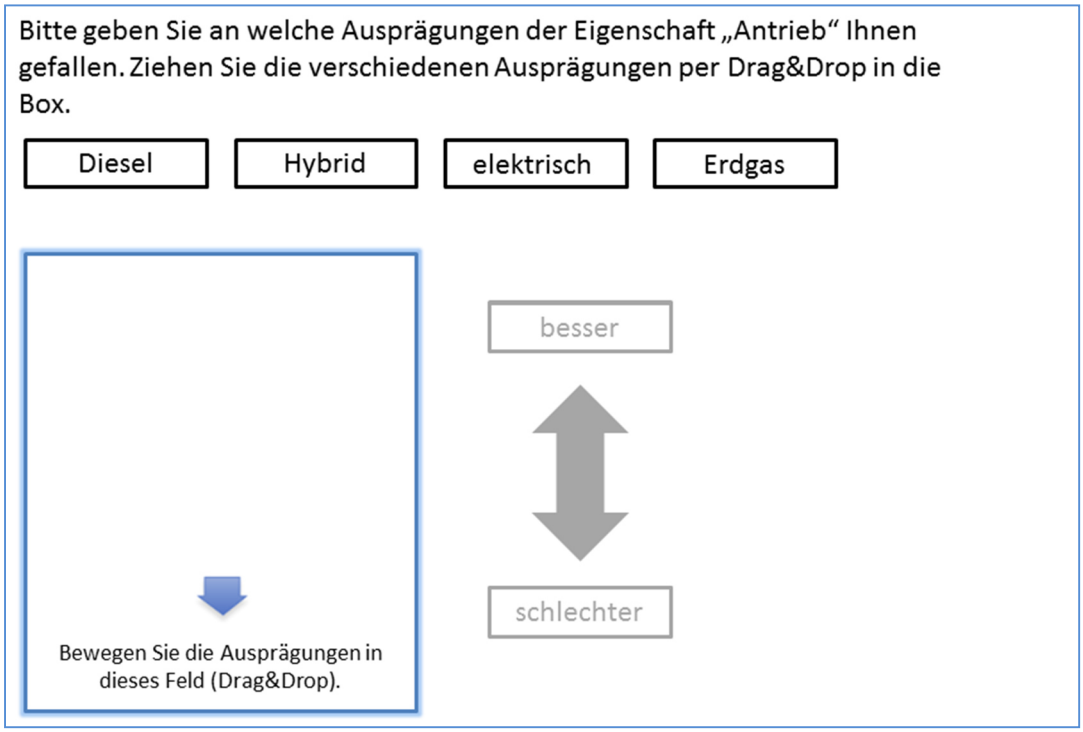


Abbildung 6.1: Layout des ersten Befragungsteils der HIT-CBC 2.0

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

Bei der HIT-CBC 2.0 werden der erste Befragungsteil und die Rating-Aufgaben zusammengelegt. Bei der klassischen HIT-CBC identifizieren die Probanden im ersten kompositionellen Befragungsteil die besten und schlechtesten Ausprägungen für jedes Attribut einzeln. Obwohl sich die Probanden bei der Auswahl der besten und schlechtesten Ausprägungen bereits mit den Ausprägungen vertraut machen und eine Teilrangordnung vornehmen, erfolgt die Rangordnung der verbleibenden Ausprägungen erst nach Bearbeitung der Choice-Tasks. Der Einschub der dekompositionellen Choice-Tasks, bei denen eine gleichzeitige Bewertung der Stimuli (also der Kombination von verschiedenen Attributausprägungen) erfolgt, stellt einen logischen Bruch für den Probanden dar und verkompliziert das Finden von Rangordnungen unnötig. Schließlich müssen sich die Probanden nach den Choice-Tasks gedanklich wieder auf die Einzelbetrachtung der Attribute einstellen und die Einordnung der verbleibenden Ausprägungen relativ zu einer am Anfang der Befragung getroffenen Entscheidung vornehmen. Der Befragungsaufbau für die HIT-CBC 2.0 findet sich in Tabelle 6.1. Ein Beispiel für den ersten Befragungsteil stellt Abbildung 6.1 dar. Es ist zu betonen, dass sich am Grundmodell der HIT-CBC bei der vorgeschlagenen HIT-CBC 2.0 nichts ändert. Die neue Version zielt darauf ab, die Schwächen der HIT-CBC hinsichtlich der Rating-Aufgaben im letzten Befragungsteil auszugleichen. Vor einem Einsatz der HIT-CBC 2.0 in der Präferenzforschung sollten auf jeden Fall empirische Vergleiche zu etablierten Präferenzmessungsverfahren durchgeführt werden. Insbesondere sollte geprüft werden, ob die HIT-CBC 2.0 wirklich zu Verbesserungen gegenüber der klassischen HIT-CBC führt. Dies sind auch Fragestellungen für zukünftige Forschungsarbeiten.

| Befragungsteil | Aufgabe | Technik |
|---|---|---|
| 1 | Rangordnung aller Attributausprägungen eines jeden Attributs | kompositionell |
| 2 (optional) | Abfrage der Zahlungsbereitschaften (WTP) für den besten und schlechtesten Stimulus | kompositionell |
| 3 | Choice Tasks im 2k-Design | dekompositionell (CBC) |

Tabelle 6.1: Befragungsteile der HIT-CBC 2.0

Quelle: Eigene Darstellung (2014)

Grundsätzlich stellt sich auch die Frage der praktischen Anwendbarkeit der beiden Verfahren. Die ACBC wurde von Johnson & Orme (2007) entwickelt und von der Firma Sawtooth Software in einem kostenpflichtigen Softwarepaket umgesetzt, das die Erstellung des Studiendesigns und der Befragung sowie die anschließende Modellauswertung ermöglicht. Die generierten Daten lassen sich aber auch exportieren und können somit grundsätzlich auch mit anderer Software ausgewertet werden. Gerade bei der ACBC mit ihren Individuen-spezifisch gestalteten Designs ist eine Übertragung der Daten in andere Formate allerdings mit einem sehr großen Aufwand verbunden.

Für die HIT-CBC gibt es kein Softwarepaket. Wie bereits in Kapitel 4.3.2 beschrieben, ist die Erstellung des experimentellen Designs von Hand möglich. Zur Erstellung des Fragebogens kann Standardsoftware verwendet werden (z. B. LimeSurvey). Für die Modellschätzung bietet sich die Verwendung des CBC/HB-Paketes von Sawtooth Software (2009b) an. Es kann aber beispielsweise auch das kostenlose R-Paket „bayesm“ verwendet werden (Rossi 2013). Insgesamt bleibt festzuhalten, dass eine Umsetzung der ACBC ohne das kostenpflichtige Softwarepaket von Sawtooth Software kaum möglich ist. Eine kostenfreie Umsetzung der HIT-CBC ist dahingegen gut möglich.

## 6.2. Diskussion der Ergebnisse der Präferenzstudie

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 5.3 vorgestellten Ergebnisse diskutiert. Der Fokus liegt auf der Analyse der in der Einleitung formulierten Forschungsfragen 1 bis 3.

- *Forschungsfrage 1: Welche (alternativen) Antriebssysteme werden präferiert?*
- *Forschungsfrage 2: Welchen Einfluss haben psychografische Merkmale auf die Präferenzbewertung für alternative Antriebe?*
- *Forschungsfrage 3: Welche Rolle spielt das Antriebssystem im Vergleich zu anderen Fahrzeugattributen bei der Präferenzbeurteilung?*

Die Ergebnisse der empirischen Studie zeigten, dass die befragte Studierendengruppe heterogene Präferenzen hinsichtlich der bevorzugten Antriebssysteme aufweist. So ergaben sich für die vier identifizierten Segmente auch jeweils unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich der bevorzugten Antriebssysteme. Ein Segment präferierte den Dieselmotor, in

zwei Segmenten wurde der Hybridantrieb präferiert und in einem Segment lag der Batterie-elektrische Antrieb an erster Stelle. Auch hinsichtlich der relativen Wichtigkeit des Antriebsattributs im Vergleich zu anderen Fahrzeugattributen zeigte sich eine große Heterogenität in den Präferenzen bei den vier Segmenten.

Die analysierten alternativen Antriebssysteme wurden von vielen Studienteilnehmern als echte Alternative zu den klassischen Verbrennungsmotoren wahrgenommen. Unter den alternativen Antriebssystemen wurde am häufigsten der Hybridantrieb präferiert. An zweiter Stelle stand der Batterie-elektrische Antrieb und an dritter Stelle der Erdgasantrieb. Im Folgenden werden die Studienergebnisse für die drei unterschiedlichen alternativen Antriebssysteme im Detail diskutiert (Kapitel 6.2.1 bis Kapitel 6.2.3). Eine Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der weiteren analysierten Fahrzeugattribute erfolgt in Kapitel 6.2.4. Die Ergebnisse der empirischen Befragung bestätigten den Einfluss psychografischer Merkmale auf die Präferenzen für alternative Antriebssysteme und werden insbesondere in Kapitel 6.2.5 diskutiert.

### 6.2.1. Batterie-elektrischer Antrieb

Für eine größere Verbreitung der Fahrzeuge mit Batterie-elektrischem Antrieb ist eine Weiterentwicklung der Batterien hinsichtlich Reichweite und Herstellungskosten notwendig. Informations- und Kommunikationsaktivitäten für die aktuell am Markt angebotenen Elektroautos sollten insbesondere auf die Umweltfreundlichkeit von Elektroautos aufmerksam machen. Dabei sind neben den niedrigeren $CO_2$-Emissionen auch die geringen Schallemissionen von Elektroautos ein wichtiges Thema.

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ergab sich hinsichtlich der psychografischen Merkmale ein klares Bild. Studienteilnehmer, die einen überdurchschnittlich großen Nutzen für den Batterie-elektrischen Antrieb sehen, sind signifikant umweltbewusster eingestellt als solche, die keinen überdurchschnittlich großen Nutzen für diesen Antrieb sehen. Eine Entscheidung für ein Auto mit alternativem Antriebssystem sahen sie als sehr positiv an. Dieses Ergebnis bestätigt das Resultat von Ziegler (2012: 1384) und zeigt, dass auch in der Gruppe der Studierenden im Bereich „Automobile bzw. Verkehr“ insbesondere die umweltbewusst eingestellten Personen den Batterie-elektrischen Antrieb bevorzugen. Vermarktungs-strategien, die auf solche umweltbewussten Zielgruppen ausgerichtet werden, sollten daher die Umweltfreundlichkeit des Antriebs noch stärker betonen.

Häufig werden zur Quantifizierung der Umweltfreundlichkeit von Fahrzeugen die verursachten $CO_2$-Emissionen herangezogen (vgl. Kapitel 5.1.1). Insbesondere das $CO_2$-Reduzierungspotenzial von Elektroautos sollte daher in Werbe- und Informationskampagnen herausgestellt werden. Wird Strom aus erneuerbaren Energiequellen zur Ladung der Batterien verwendet, so lassen sich die $CO_2$-Emissionen wesentlich verringern. Eine

Dienstleistung für umweltbewusste Fahrzeugkunden ist das Angebot von Grünstrom für die Ladung der Batterien. Ein derartiges Angebot lässt sich für die Hersteller von Elektroautos durch Kooperationen mit Grünstromanbietern realisieren. Die Studie von Axsen & Kurani (2013) zeigte ein großes Potenzial für Geschäftsmodelle, bei denen Elektroautos zusammen mit Grünstromverträgen angeboten werden. Mittlerweile gibt es ein solches Angebot auch schon am deutschen Markt, zum Beispiel beim im Herbst 2013 von BMW auf den Markt gebrachten Modell „i3“ und beim ebenfalls im Herbst 2013 gestarteten Volkswagen „e-up“.

Während die Reduzierung der $CO_2$-Emissionen ein häufig genanntes Argument für Elektroautos ist, werden die Möglichkeiten zur Reduzierung von Schallemissionen seltener thematisiert. In dieser Studie wurden Schallemissionen anhand eines der Items zur Einstellung zur Umwelt abgefragt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Probanden, die Segment 3 („Präferierende elektrischer Antriebe“) zugeordnet werden können, signifikant stärker an den Schallemissionen des Autoverkehrs stören als andere Probanden. Dies deutet darauf hin, dass die Auswahl von Fahrzeugen in Segment 3 auch mit den geringen Schallemissionen von Elektroautos und Hybridfahrzeugen (im elektrischen Betrieb) in Zusammenhang steht. Auch die Studie von Weiss (2012) deutete in diese Richtung. Die Mehrheit von 8.800 im Rahmen dieser Untersuchung befragten Europäern präferierte Fahrzeuge mit geringen Schallemissionen (Weiss 2012: 12). Zukünftige Kommunikationsaktivitäten für Elektroautos sollten das Thema „Schallemissionen“ deshalb stärker hervorheben. Ein Beispiel dafür bietet ein Werbespot des französischen Automobilherstellers Renault (Youtube 2014).

Als ein Nachteil von Batterie-elektrischen Fahrzeugen wird häufig die noch immer geringe Reichweite genannt. Viele Batterie-elektrische Autos am Markt haben im Vergleich zu klassischen Verbrennungsmotoren nur eine Reichweite von ca. 150 km. Diese Problematik ist bei Elektroautos besonders akut, da die Ladezeiten für Batterien auch bei Schnellladungen meist mindestens eine halbe Stunde betragen (ADAC Fahrzeugtechnik 2014). Die Ergebnisse der empirischen Befragung zeigten die große Wichtigkeit der Reichweite für Auswahlentscheidungen bei Fahrzeugen. Eine Reichweite von 150 km hatte in allen identifizierten Segmenten einen stark negativen Teilnutzenwert. Wie bereits andere Studien zu diesem Thema zeigten auch diese Ergebnisse, dass für eine größere Verbreitung von Elektroautos die Reichweite dieser Fahrzeuge steigen muss (Eggers & Eggers 2011: 59, 60; Jensen et al. 2013: 31). Eng verbunden mit der Reichweitenproblematik sind auch die Anschaffungskosten von Elektroautos. Aktuell am deutschen Markt verfügbare Elektroautos sind deutlich teurer als vergleichbare Modelle mit klassischen Verbrennungsmotoren. Wesentlicher Kostentreiber sind dabei die Batterien (Stan 2012: 242). Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass das Attribut „Anschaffungspreis“ in allen Segmenten essenziell für die Auswahlentscheidung war. Somit sind die hohen Anschaffungskosten bei Elektroautos ein zusätzliches großes Hindernis für die stärkere Verbreitung dieses Antriebssystems. Dies gilt insbesondere auch für Segment 3, das als Präferierende elektrischer Antriebe identifiziert

wurde. Die Ergebnisse bestätigen bisherige wissenschaftliche Studien (Eggers & Eggers 2011: 59; Struwe 2011: 262). Für eine stärkere Verbreitung von Elektroautos ist somit eine Innovation bei der Batterietechnologie notwendig, die eine kosteneffiziente Steigerung der Reichweite ermöglicht. Insbesondere der amerikanische Elektroautohersteller Tesla wird in Bezug auf die Batterieeffizienz häufig als Innovationsführer genannt. Die Investition von Tesla in eine eigene Fabrik zur Massenfertigung von Fahrzeugbatterien mit einem Investitionsvolumen von bis zu fünf Milliarden Dollar soll die Kosten für Batterien und damit auch die Anschaffungskosten von Elektroautos deutlich reduzieren (Spiegel Online 2014). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten, dass derartige Investitionen zur stärkeren Marktpenetration von Elektroautos dringend benötigt werden.

Wie bereits im vorigen Absatz erwähnt, stellen die hohen Anschaffungskosten von aktuell am Markt verfügbaren Elektroautos ein Hindernis für die Verbreitung dieses Antriebssystems dar. Zur Beurteilung von Konsumentscheidungen für Automobile aus ökonomischer Sicht sind neben den Anschaffungskosten noch weitere Aspekte zu beachten. Zur Ermittlung der Kosten über die gesamte Fahrzeugnutzungszeit können die *total costs of ownership* (TCO) herangezogen werden, bei denen neben den Anschaffungskosten u. a. auch die Energiekosten, Versicherungskosten sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten berücksichtigt werden. Im Folgenden sollen weder die *total costs of ownership* für marktübliche Elektroautos mit den Kosten für andere Antriebssysteme verglichen werden, noch soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern potenzielle Käufer von Autos die *total costs of ownership* als Entscheidungskriterium für die Fahrzeugwahl heranziehen. Es sollen lediglich einige Hinweise auf ökonomische Aspekte gegeben werden, die bei der Nutzung von Elektroautos anfallen. Da bei Elektromotoren kein Getriebe und keine Kupplung erforderlich sind, ergibt sich im Vergleich zu Verbrennungsmotoren ein Einsparungspotenzial bei Wartungs- und Reparaturkosten (vgl. Kapitel 2.1.2). Die in Deutschland aktuell gegebene Kraftfahrzeugsteuer-Befreiung von Elektroautos reduziert die laufenden Kosten ebenfalls (§3d KraftStG). Aufgrund der Neuartigkeit von Elektroautos ergeben sich einige in ihrer Stärke schwer abzusehende ökonomische Konsequenzen. So stellt sich die Frage, welche Wiederverkaufswerte mit Elektroautos in Zukunft erzielt werden können. Auch zu den tatsächlichen Lebenszeiten von Batterien fehlen Alltagserfahrungen. Der französische Automobilhersteller „Renault“ bietet daher beim Kauf von Elektroautos die Möglichkeit an, die Batterien zu leasen. Risiken in Bezug auf Batterielebenszeiten sind auf diese Weise nicht von Käufern von Elektroautos zu tragen.

Die große Mehrheit der Studienteilnehmer empfand eine Reichweite von 150 km nicht als ausreichend. In allen vier identifizierten Segmenten zeigte sich aber auch, dass für die beiden anderen abgefragten Reichweitenattribute (450 km und 900 km) positive Teilnutzenwerte bestanden. Häufig wurde bereits eine Reichweite von 450 km als ausreichend empfunden. Die Studie von Weiss (2012) unter 8.800 Europäern bestätigt dieses Ergebnis, indem sie zeigte, dass eine Reichweite von maximal 250 km für 29,2 % der Befragten und eine

Reichweite von maximal 500 km für 52,8 % der Befragten als Mindestreichweite akzeptabel wäre (Weiss 2012: 11). Als Maßstab für die Reichweite von Elektroautos muss somit nicht zwangsläufig die Reichweite von klassischen Verbrennungsmotoren herangezogen werden.

Eine deutliche Verringerung der Batterieladezeiten und der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur könnte die Reichweitenproblematik von Elektroautos entschärfen. In künftigen Studien, die das tatsächliche Kaufverhalten bei Elektroautos thematisieren, sollten nach Dimitropoulos et al. (2013: 42) auch diese Faktoren in Betracht gezogen werden. Es ist zu empfehlen, dabei auch das (geplante) Fahrzeugnutzungsverhalten zu analysieren. Ein Ansatz für weitere Studien findet sich zum Beispiel in Hackbarth & Madlener (2013: 10), die eine erhöhte Präferenz für Batterie-elektrische Fahrzeuge bei Personen feststellten, die über einen Parkplatz mit Steckdose verfügen (siehe auch Kapitel 6.3.2).

Die geringen Reichweiten aktuell am Markt verfügbarer Elektroautos (meist geringer als 150 km) werden in der öffentlichen Diskussion häufig mit Statistiken zur tatsächlichen Fahrzeugnutzung in Deutschland in Zusammenhang gebracht. Beispielsweise wird angeführt, dass 95 Prozent aller Autofahrten kürzer als 50 Kilometer sind (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2011:12). Dieser Umstand wird dann als ein Argument verwendet, um die geringen Reichweiten von Elektroautos zu relativieren. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die Studienteilnehmer die geringste Reichweite von 150 km klar ablehnten. In der Studie von Jensen et al. (2013) wurde die geschilderte Reichweitenproblematik in einem aufwendigen Experiment für den dänischen Markt thematisiert. Zunächst wurden die Teilnehmer des Experiments zu ihren Fahrzeugpräferenzen befragt, danach wurden ihnen Elektroautos für einen drei-monatigen Test zur Verfügung gestellt. Im Anschluss an die Testphase wurden erneut Fahrzeugpräferenzen abgefragt. Die Ergebnisse von Jensen et al. (2013: 27-30) zeigten, dass die Reichweite von großer Wichtigkeit für die Auswahlentscheidungen war. Nach der Testphase wurde die Reichweite von Elektroautos als wesentlich wichtiger beurteilt als zuvor. Die Studie von Jensen et al. (2013: 31) macht deutlich, dass negative Beurteilungen geringer Reichweiten von Elektroautos nicht auf Missverständnisse zurückzuführen sind, sondern aus einer tatsächlichen Nichtübereinstimmung zwischen gewünschter und möglicher Reichweite resultieren. Für künftige Kommunikationsaktivitäten in Bezug auf Elektroautos ist zu empfehlen, die Schwächen von Elektroautos hinsichtlich der Reichweiten nicht anhand von globalen Nutzungsstatistiken zu relativieren. Es sollte vielmehr auf die genannten Vorteile von Elektroautos fokussiert werden.

Im Zusammenhang mit der weiteren Marktentwicklung von Batterie-elektrischen Fahrzeugen werden Subventionen für diese Fahrzeuge diskutiert. Aktuell konzentriert sich die staatliche Förderung in Deutschland hauptsächlich auf die Forschungs- und Entwicklungsförderung. Welche Auswirkungen eine umfangreiche staatliche Förderung auf die Präferenzbildung für Elektrofahrzeuge in Deutschland haben könnte, sollte in weiteren empirischen Studien

untersucht werden. Beispiele aus anderen Ländern Europas zeigen, dass staatliche Anreize sich teilweise stark positiv auf die Nachfrage nach Elektroautos auswirken.

In Norwegen haben Elektroautos mittlerweile einen beträchtlichen Marktanteil erreicht (Anteil von Elektroautos am gesamten Fahrzeugbestand: 0,46 %; im Vergleich dazu Deutschland: 0,01 %; Pander 2013). Die traditionell sehr hohen Steuersätze auf den Kauf von Fahrzeugen entfallen bei Elektroautos nahezu ganz, sodass die Anschaffungskosten von Elektroautos nicht höher sind als für vergleichbare Modelle mit klassischem Verbrennungsmotor (Pander 2013). Zudem werden für Fahrer von Elektroautos weitere Anreize geschaffen. Beispielsweise dürfen Elektroautos auf Busspuren fahren, was bei dichtem Verkehr in den Ballungszentren einen großen Vorteil darstellt (Pander 2013). Auch das Aufladen der Batterien von Elektroautos an öffentlichen Ladestationen ist im Moment kostenlos (Pander 2013). Aus Umweltschutzgesichtspunkten sind die norwegischen Subventionen für Elektroautos besonders effizient, da 99 % des norwegischen Stroms aus erneuerbaren Energien (hauptsächlich Wasserkraft) erzeugt wird (Pander 2013).

Subventionen für umweltfreundliche Technologien können allerdings auch mit gegenläufigen Effekten einhergehen. Dieses Phänomen wird in der wissenschaftlichen Literatur als *rebound effect* bezeichnet (Wee et al. 2012: 99). Die Möglichkeit zur kostenlosen Batterieladung für Elektroautos könnte beispielsweise zu einer vermehrten Fahrzeugnutzung führen und dabei andere (noch) umweltfreundlichere Mobilitätsformen substituieren (z. B. die Fahrradnutzung). Das Beispiel zeigt, welch komplexe Aufgabe die staatliche Förderung umweltfreundlichen Verhaltens ist. Generell gesehen gehen damit Veränderungen auf individueller und sozialer Ebene einher, die sowohl die Wirtschaft als auch das Leben von Privatpersonen beeinflussen (Europäische Kommission 2012: 8).

Im Zusammenhang mit (staatlichen) Umweltschutzmaßnahmen wird auch das Konzept des *degrowth* diskutiert, das für eine Gesellschaft des einfachen Wohlstands (Latouche 2009) und eine Neudefinition des Begriffs „Reichtum“ steht. Reichtum hängt bei diesem Konzept nicht von der ökonomischen Quantifizierungslogik des Bruttoinlandsprodukts ab, sondern u. a. von ökologischen oder sozialen Aspekten (Adloff 2014: 46). In einer auf Wachstum ausgerichteten Gesellschaft geht die Erreichung von Wachstumszielen meist auch mit einem größeren Energieverbrauch einher. Umweltschutzmaßnahmen können in diesem Kontext auf die Art der Energieerzeugung (z. B. fossile oder erneuerbare Energieträger) oder die Energieeffizienz abzielen. Die Förderung von Elektroautos als Ersatz für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren stellt dann eine sinnvolle Maßnahme dar, da sie auch mit Wachstumseffekten einhergeht (z. B. entstehen neue Arbeitsplätze und für Verbraucher ergeben sich neue Konsummöglichkeiten). Würde staatliche Förderung auf die Vermeidung motorisierten Individualverkehrs setzen und umweltfreundliche öffentliche Verkehrsmittel oder das Fahrradfahren fördern, wäre dahingegen wohl kein Wirtschaftswachstum zu erzielen (zumindest kein kurzfristiges). Da gerade in Deutschland eine große Zahl an

Arbeitsplätzen direkt oder indirekt vom Automobilsektor abhängt, ließen sich derartige Maßnahmen umso weniger mit bestehenden Wachstumszielen vereinbaren. Solange die Legitimität gesellschaftlicher Basisinstitutionen (Arbeit, soziale Sicherheit, Demokratie, Selbstverwirklichung) von Wachstum abhängt, ist jedoch nicht davon auszugehen, dass sich Gesellschaften zum Konzept des *degrowth* bekennen (Adloff 2014: 47). Im bestehenden System können sich staatliche Anreize für umweltfreundliche Elektroautos (zumindest im Vergleich zu Autos mit Verbrennungsmotor umweltfreundlich) positiv auf die Präferenzbildung für solche Fahrzeuge auswirken und somit auch einen Beitrag zum Umweltschutz leisten. Potenzielle Rebound-Effekte sind in diesem Zusammenhang in Betracht zu ziehen.

Rein elektrische Mobilität ist auch ohne Batterien und die damit verbundenen Probleme möglich. Durch den Einsatz von Brennstoffzellen kann beispielsweise Wasserstoff zur direkten Stromerzeugung im Fahrzeug und somit zur Speisung des Elektromotors verwendet werden. Aufgrund ihrer sehr frühen Marktphase und der mangelnden Ladeinfrastruktur für Wasserstofftankstellen in Deutschland wurden Brennstoffzellenfahrzeuge im Rahmen der empirischen Studie nicht als eine relevante Option für die nähere Zukunft betrachtet (vgl. Kapitel 5). Die Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen hat sich seit Beginn der empirischen Studie beschleunigt. Der japanische Automobilhersteller Toyota wird Anfang des Jahres 2015 das erste Serienauto mit Brennstoffzelle auf den japanischen Markt bringen. Wenige Monate später soll die Einführung auf dem europäischen und dem U.S.-amerikanischen Markt folgen (Pander 2014). Die Reichweite des Fahrzeugs wird bei ca. 500 km liegen und die Zeit zur Betankung des Wasserstofftanks bei wenigen Minuten (Pander 2014). In Deutschland arbeitet die Industrieinitiative H2 Mobility, der u. a. die Unternehmen Air Liquide, Daimler, Linde, OMV, Shell und Total angehören, am Aufbau eines größeren Wasserstofftankstellennetzes für Brennstoffzellenfahrzeuge (vgl. Kapitel 2.1.2). Nachfolgende wissenschaftliche Präferenzstudien sollten deshalb auch Brennstoffzellenfahrzeuge als eine relevante Option für die nähere Zukunft mit einbeziehen.

### 6.2.2. Hybridfahrzeuge

Die Auswertung der individuellen Nutzenwerte für das Antriebsattribut hat gezeigt, dass der Hybridantrieb von der Mehrheit der Probanden bevorzugt wurde. Hinsichtlich der analysierten psychografischen Einflussfaktoren ergaben sich jedoch kaum verwertbare Resultate. Insbesondere konnten Personen, die einen überdurchschnittlich großen Nutzen für Hybridfahrzeuge haben, nicht als signifikant umweltbewusster beschrieben werden als andere. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit der Studie von Ziegler (2012: 1381), der keinen signifikanten Einfluss der Einstellung zum Kauf von umweltfreundlichen Produkten auf die Präferenz für Hybridfahrzeuge festgestellt hat. Im Rahmen der empirischen Befragung wurden Hybridfahrzeuge betrachtet, die einen klassischen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor kombinieren. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass diese

Mischung von vielen Studienteilnehmern positiv gesehen wird. Kommunikationsaktivitäten für Hybridfahrzeuge sollten weniger auf einzelne Aspekte, wie beispielsweise die Umwelteigenschaften, fokussieren. Vielmehr sollte dieses Antriebssystem als attraktiver Kompromiss aus klassischem Verbrennungsmotor und Elektroantrieb kommuniziert werden.

Ziel dieser Studie war es, den Studienteilnehmern eine hinreichend große Auswahl an klassischen und alternativen Antriebssystemen zur Auswahl zu stellen. Um die Zahl der Ausprägungen des Attributs „Antriebssystem“ nicht überverhältnismäßig zu erhöhen, wurde daher nicht weiter in die verschiedenen Formen von Hybridantrieben unterteilt (z. B. Plug-in-Hybride und Elektrofahrzeuge mit Range-Extender). Detaillierte Aussagen zu Präferenzen für unterschiedliche hybride Antriebssysteme konnten im Rahmen dieser Studie somit nicht getroffen werden. In der Studie von Eggers & Eggers (2011) wurden klassische Hybridfahrzeuge (parallele Hybride) und Elektrofahrzeuge mit Range-Extendern unterschieden. Den größeren Präferenzwert hatten die klassischen Hybridfahrzeuge (Eggers & Eggers 2011: 56). In der Studie von Hackbarth & Madlener (2013) wurden klassische parallele Hybride (HEV) und Plug-in-Hybride gesondert betrachtet. Auch in dieser Studie erzielten die klassischen Hybridfahrzeuge die größeren Präferenzwerte (Hackbarth & Madlener 2013: 16).

Hackbarth & Madlener (2013: 10) zeigten, dass Personen, die über einen Parkplatz mit Zugang zu einer Steckdose verfügten, einen höheren Nutzenwert für Plug-in-Hybride hatten als Personen, die über keinen derartigen Parkplatz verfügten. Eggers & Eggers (2011: 59) identifizierten die geringeren *switching costs* von klassischen Hybridfahrzeugen als Grund für die Präferenz für diese Fahrzeuge und argumentierten, dass für ihren Betrieb keine elektrische Ladeinfrastruktur notwendig ist. Auswahlentscheidungen zwischen klassischen Hybriden und Plug-in-Hybriden bzw. Range-Extendern scheinen für potenzielle Käufer also insbesondere auch vom unterschiedlichen Ladevorgang abhängig zu sein. Während bei klassischen Hybriden auch klassische Ladestationen (Tankstellen) genutzt werden können, ist dies bei Plug-in-Hybriden oder Range-Extendern nur dann möglich, wenn die Fahrzeuge nicht elektrisch betrieben werden (was nicht Sinn der Nutzung derartiger Fahrzeuge sein kann). Es ist davon auszugehen, dass der Nutzen für Plug-in-Hybride oder Range-Extender im Vergleich zu klassischen Hybriden auch von weiteren Nutzungsfaktoren negativ beeinflusst wird. So ist beispielsweise die Ladung von Batterien wesentlich zeitintensiver als die Befüllung eines Tanks mit z. B. Benzin. Auch der Effekt der Gewohnheit kann in diesem Zusammenhang eine beeinträchtigende Rolle spielen.

### 6.2.3. Erdgasantrieb

Zehn Prozent der Studienteilnehmer präferierten den Erdgasantrieb gegenüber den anderen Antriebssystemen. Ein eigenes Segment von Erdgasantrieb-Präferierenden konnte im Rahmen der Cluster-Analyse jedoch nicht identifiziert werden. Erdgasautos wurden von den Studienteilnehmern nicht als alternatives Antriebssystem wahrgenommen. Dies zeigte sich beispielsweise daran, dass Personen, die den Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem für eine kluge Entscheidung hielten, keine signifikant größere Präferenz für Erdgasautos hatten. Dies mag an dem Umstand liegen, dass Erdgasautos wie Benziner oder Diesel einen Verbrennungsmotor nutzen und dass auch Erdgas hauptsächlich aus fossilen Quellen gewonnen wird.

Die Analyse der psychografischen Faktoren zeigte zudem, dass kein signifikanter Einfluss einer positiven Einstellung zur Umwelt auf den Nutzenwert für Erdgas bestand. Obwohl Erdgas im Vergleich zu Erdöl-basierten Kraftstoffen ein energieträgerbedingtes $CO_2$-Reduzierungspotenzial besitzt (vgl. Kapitel 2.1.1), scheint der fossile Kraftstoff Erdgas den Ansprüchen umweltbewusster Personen nicht zu genügen. Im Zusammenhang mit dem $CO_2$-Reduzierungspotenzial von Erdgas identifizierte Peters (2011: 19, 20) ein Informationsdefizit bei Verbrauchern und Fahrzeughändlern. Für die im Rahmen dieser Arbeit befragte Studierendengruppe ist allerdings nicht von einem generellen Informationsdefizit auszugehen, da sich diese Gruppe im Studium mit den Themen „Automobile bzw. Verkehr“ beschäftigt. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass umweltbewusste Personen elektrische Antriebe präferierten und nicht Erdgasfahrzeuge. Es wird daher angenommen, dass die mit Erdgasantrieb erzielbaren moderaten $CO_2$-Reduzierungen für Umweltbewusste nicht ausreichend sind und dass diese Personen deshalb die (noch) umweltfreundlicheren elektrischen Antriebe wählten. Es ist daher zu bezweifeln, dass Kommunikationsaktivitäten, die Erdgasfahrzeuge als umweltfreundlich darstellen, von großem Erfolg wären.

Die im vorherigen Absatz diskutierten Ergebnisse offenbaren auch folgenden methodischen Aspekt. Für künftige Studien, in denen eine breitere Grundgesamtheit befragt werden soll (z. B. potenzielle Käufer von (Erdgas-)Autos), ist der Einbezug von Wissensfragen zu (alternativen) Antriebssystemen zu empfehlen. Insbesondere sollte das Wissen von Probanden zu Schadstoffemissionen unterschiedlicher Antriebssysteme erhoben werden, um bewusst umweltfreundliches Entscheidungsverhalten identifizieren zu können.

Da Biokraftstoffe in Deutschland hauptsächlich als eine Beimischung zu fossilen Kraftstoffen verwendet werden, wurden im Rahmen dieser Arbeit keine Kraftstoffe aus Biomasse in die empirische Studie aufgenommen (vgl. Kapitel 5). Die in Kapitel 2.1.1 genannten Probleme bei der Gewinnung von Kraftstoffen aus Biomasse bestehen bei Erdgas in ähnlicher Form wie bei den Erdöl-basierten Kraftstoffen. Für künftige wissenschaftliche Studien stellt sich die Frage, welches Marktpotenzial für Biogaskraftstoffe besteht. Dabei sollte insbesondere nach

den für die Kraftstofferzeugung verwendeten Substraten unterschieden werden (z. B. Energiepflanzen oder organische Reststoffe).

Als Möglichkeit zur weiteren Verbesserung der $CO_2$-Bilanz von Erdgasautos wird das Power-to-Gas-Verfahren gehandelt, bei dem Strom zunächst in Wasserstoff (Elektrolyse) und dann unter Zuführung von $CO_2$ in Methan (chemisch identisch mit Erdgas) umgewandelt wird (Der Bund 2014). Eine entsprechende Testanlage wird vom deutschen Automobilhersteller Audi in Norddeutschland betrieben (Der Bund 2014). Das beschriebene Verfahren stellt einen Weg dar, um das erwähnte $CO_2$-Reduzierungspotenzial (Well-to-Wheels-Bilanz) von Erdgasantrieben im Vergleich zu Dieseln und Benzinern weiter zu erhöhen. Auf diese Weise ließen sich beträchtliche $CO_2$-Einsparungen realisieren und die Automobilhersteller könnten trotzdem weiter auf Verbrennungsmotoren sowie die vorhandene Tankstelleninfrastruktur für Erdgas setzen. Aus Umweltschutzgesichtspunkten stellt sich jedoch die Frage, warum Strom (direkt verwertbar in Elektroautos und Plug-in-Hybriden bzw. Range-Extendern) erst in Wasserstoff (verwertbar u. a. in Brennstoffzellenfahrzeugen) und dann in Methan umgewandelt werden sollte, insbesondere da die Verwendung von Methan als Kraftstoff im Verbrennungsmotor lokale Schadstoffemissionen zur Folge hat (z. B. $CO_2$-Emissionen). Daher kann das Power-to-Gas-Verfahren und die anschließende Verbrennung des Gases bestenfalls eine Brückentechnologie darstellen. Inwiefern sich eine potenzielle zukünftige Anwendung des Power-to-Gas-Verfahrens auf die Präferenzen für Erdgasfahrzeuge auswirkt, sollte in künftigen wissenschaftlichen Studien untersucht werden.

In Deutschland ist Erdgas als Kraftstoff im Vergleich zu Benzin und Diesel relativ kostengünstig. Die steuerliche Begünstigung von Erdgas als Kraftstoff ist dabei ein wesentlicher Einflussfaktor für den geringeren Kraftstoffpreis (Bundesministerium der Finanzen 2014). Dies hat zur Folge, dass der Erdgasantrieb insbesondere für Vielfahrer interessant ist. Diese können die höheren Anschaffungskosten für Erdgasfahrzeuge kompensieren (Puls 2006: 36; Kohler 2013: 26). Der genannte Steuervorteil ist auch für die nächsten Jahre gesetzlich vorgesehen (bis Ende 2018). Zudem bekennt sich die aktuelle Bundesregierung (Legislaturperiode ab 2013) in ihrem Regierungsprogramm zur weiteren Förderung der Erdgasmobilität (vgl. Kapitel 1.1). Somit kann auch für die nähere Zukunft von einer Kostenersparnis für Vielfahrer ausgegangen werden. Im Rahmen dieser Studie wurde das (geplante) Fahrzeugnutzungsverhalten der Probanden nicht in das Präferenzmodell aufgenommen. Es lässt sich aufgrund der erhobenen Daten also auch nicht feststellen, ob insbesondere Vielfahrer Erdgasfahrzeuge präferieren. Auch in der Studie von Ziegler (2012) wurde ein derartiger möglicher Zusammenhang nicht explizit untersucht. Die Ergebnisse der Studie von Ziegler (2012: 1381) deuten aber in diese Richtung: Für den Erdgasantrieb hatten Personen, die mit dem Auto in die Arbeit pendeln, einen signifikant größeren Nutzenwert als Nicht-Pendler. Es kann also vermutet werden, dass dies mit den für Pendler besonders wichtigen niedrigen Kraftstoffkosten für Erdgas zusammenhängt.

In der vorliegenden Studie konnte festgestellt werden, dass symbolisch-affektive Beweggründe für Personen, die Erdgasautos präferierten, signifikant weniger wichtig waren als für solche, die andere Antriebssysteme präferierten. Aspekte wie Status und Prestige oder die Fahrfreude waren für diese Personengruppe also weniger relevant als für die anderen Gruppen.

Hinsichtlich der Reichweite von Erdgasfahrzeugen zeigten die Ergebnisse dieser Studie keinen akuten Handlungsbedarf. Unabhängig vom Antriebssystem wurden Fahrzeugreichweiten von 450 km von der Mehrheit der Studienteilnehmer als ausreichend empfunden. Aktuell am Markt verfügbare Erdgasautos haben im Erdgasbetrieb meist Reichweiten von 300 bis 500 Kilometern, mit dem Benzinreservetank erhöht sich die Reichweite weiter (Erdgas Mobil 2014).

### 6.2.4. Andere Fahrzeugattribute

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse hinsichtlich der Fahrzeugattribute diskutiert, die neben dem Attribut „Antriebssystem“ Bestandteil der Studie waren. Die Ergebnisanalysen zeigten, dass das Attribut „Ausstattung“ für die Auswahlentscheidung einen sehr geringen Stellenwert hatte (relative Attributwichtigkeit 3,6 %). Eine tiefergehende Diskussion der präsentierten Ergebnisse erfolgt daher nicht für dieses Attribut. Auch das Design hatte einen geringen Stellenwert für die Auswahlentscheidungen (relative Attributwichtigkeit 5,6 %). Insbesondere galt dies für Personen, die eine große Präferenz für elektrische Antriebe haben (Segment 3). Dieses Ergebnis widerspricht dem Resultat von Petschnig et al. (2014: 76), die einen großen Einfluss des Designs auf die Intention zum Kauf von Fahrzeugen mit alternativem Antriebssystem festgestellt hatten. In der Studie von Petschnig et al. (2014) wurden neben dem Design allerdings keine weiteren Fahrzeugattribute betrachtet. Insbesondere wurden die empirischen Daten von Petschnig et al. (2014) nicht anhand eines Choice-Experiments, sondern in einer direkten Befragung ermittelt. Somit wurden die Probanden nicht vor konkrete Fahrzeugauswahlentscheidungen gestellt. Es wird angenommen, dass dem Design aufgrund des Fehlens weiterer Fahrzeugattribute in der Studie von Petschnig et al. (2014) eine erhöhte Wichtigkeit für die Probanden zukam. Dabei könnten beispielsweise Assoziationen von Designs mit bestimmten Marken eine Rolle gespielt haben (Steiner 2007: 159; Struwe 2011: 140).

Zur Analyse der Nutzenwerte für das Attribut „Design“ wurden in das Choice-Experiment vier verschiedene Ausprägungen integriert (futuristisches, klassisches, sportliches und unauffälliges Design). Die Präsentation der Ausprägungen erfolgte in Textform und nicht etwa visuell, z. B. in Form konkreter Designstudien für Fahrzeuge. Die festgestellte geringe Wichtigkeit für das Attribut „Design“ könnte in Zusammenhang mit der gewählten Präsentationsform stehen. Weitere wissenschaftliche Studien könnten an diesem Punkt

ansetzen und untersuchen, ob die Darstellungsform Auswirkungen auf die Ergebnisse zur Attributwichtigkeit des Fahrzeugdesigns hat.

Das Attribut „Motorleistung“ wurde im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen durch die drei Ausprägungen 63 kW, 77 kW und 105 kW charakterisiert. Umweltbewusste Studienteilnehmer hatten einen signifikant größeren Nutzen bei Motoren mit einer geringeren Leistung. Betrachtet man die identifizierten Segmente, so erkennt man, dass das umweltbewussteste Segment 3 als einziges einen negativen Nutzen für die stärkste Motorleistung (105 kW) aufwies. Die Ergebnisse der Studie zeigten somit, dass umweltbewusste Studienteilnehmer sich aktiv gegen stärkere Motoren entschieden. Im Allgemeinen hängen die Schadstoffemissionen (insbesondere $CO_2$-Emissionen) wesentlich von der Motorleistung des Fahrzeugs ab. Es kann daher vermutet werden, dass ein wichtiger Aspekt bei der Wahl des schwächeren Motors durch die umweltbewussten Studienteilnehmer die größere Umweltfreundlichkeit der schwächeren Motoren war. Eine direkte Analyse des Zusammenhangs zwischen Einstellung zur Umwelt und Schadstoff- bzw. $CO_2$-Emissionen konnte auf Basis der Daten dieser Umfrage jedoch nicht erfolgen. Ein entsprechendes Attribut konnte in der Vorstudie nicht als besonders relevant dentifiziert werden und wurde daher in der Hauptstudie nicht verwendet.

**Marke**

Die Ergebnisanalysen zeigten, dass die beiden deutschen Marken „BMW“ und „VW“ von der überwiegenden Mehrheit der Studienteilnehmer präferiert werden. Der Nutzen für die verschiedenen Marken hing teilweise signifikant von den gemessenen psychografischen Merkmalen der Studienteilnehmer ab. Besonders deutlich zeigte sich dies bei der Premiummarke „BMW“. Waren Studienteilnehmern symbolisch-affektive Aspekte wichtig, so hatte „BMW“ auch einen signifikant größeren Teilnutzenwert als für andere Studienteilnehmer. Für Umweltbewusstere hingegen hatte die Marke „BMW“ einen signifikant kleineren Teilnutzenwert. Auch beim Einflussfaktor „Einstellung zum AFV-Kauf“ ergab sich ein signifikantes Ergebnis. Studienteilnehmer, die den Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem für eine kluge Entscheidung hielten, hatten einen signifikant kleineren Nutzen für „BMW“ als andere. Die Onlinestudie wurde in der Zeit zwischen November 2012 und Januar 2013 durchgeführt. Ob die Markteinführung des Elektroautos „BMW i3“ im Herbst 2013 sowie die damit verbundene Etablierung der Submarke „BMW i“ dieses Bild mittlerweile geändert hat, sollte in künftigen Studien berücksichtigt werden.

Die Betrachtung der vier identifizierten Segmente zeigte, dass die Marke insbesondere im Segment 2 „Performance-Fixierte“ von großer Bedeutung war. Personen in diesem Segment hatten einen überdurchschnittlich großen Nutzen für die Premiummarke „BMW“ und legten auch hohen Wert auf eine große Motorleistung sowie ein sportliches Design.

Obwohl „Renault“ als einziger der betrachteten Hersteller bereits zum Umfragezeitpunkt Elektroautos in Deutschland serienmäßig anbot, zeigte sich selbst in Segment 3 („Präferierende elektrischer Antriebe“) kein erhöhter Teilnutzenwert für die Marke „Renault“. Dies ist insofern erstaunlich, da in diesem Segment ein sehr großer Teilnutzenwert für Elektroautos gemessen wurde. Struwe (2011: 233) kommt zu ähnlichen Ergebnissen für die Marke „Toyota“ und deren Hybridfahrzeuge und argumentiert, dass die Nutzenwerte für das Attribut „Marke“ größtenteils von Variablen wie Markenloyalität und der Wechselwahrscheinlichkeit der Marke und weniger vom Image bezüglich umweltfreundlicher Technologien abhängen.

Allerdings könnte das Resultat für die Marke „Renault“ auch auf ein Informationsdefizit der Befragten zurückzuführen sein. Da im Rahmen dieser Arbeit Studierende zu Präferenzen in hypothetischen Kaufentscheidungen befragt wurden und nicht etwa Personen, die aktuell den Kauf eines Elektroautos planen, ist nicht davon auszugehen, dass eine Mehrheit der Befragten die Angebotspaletten unterschiedlicher Hersteller im Detail kennt. Um weitere Erkenntnisse zur Markenwahl bei alternativen Antriebssystemen zu generieren, sollte in zukünftigen Studien daher das Wissen zu aktuell am Markt verfügbaren Fahrzeugen integriert werden.

**Anschaffungspreis, Energiekosten und Reichweite**

Die drei Attribute „Anschaffungspreis“, „Energiekosten“ und „Reichweite“ haben eine natürliche Präferenzordnung, die sich in den geschätzten Nutzenparametern manifestierte.
So wurden geringe Kosten und hohe Reichweiten generell präferiert. Zur Unterscheidung der Probanden hinsichtlich dieser drei Attribute erlaubt die vorliegende Studie nur wenige Schlüsse, da die erhobenen individuellen Merkmale der Probanden auf psychografische Faktoren bei der Wahl von (alternativen) Antriebssystemen ausgerichtet waren. Für Studien zu den tatsächlichen Kaufabsichten sollte insbesondere das (geplante) Nutzungsverhalten in Betracht gezogen werden. Somit ließen sich beispielsweise Aussagen darüber treffen, für welche Personen große Reichweiten entscheidend sind und welche Nutzungsmuster auch für aktuell am Markt verfügbare Elektroautos mit geringer Reichweite akzeptabel wären (z. B. Nutzung als Zweitwagen). Auch der Einbezug des verfügbaren Einkommens der Befragten ist in diesem Zusammenhang empfehlenswert.

Nichtsdestotrotz lassen sich einige generelle Folgerungen treffen. Insbesondere zeigte sich in der Studie, dass die Attribute „Anschaffungspreis“, „Energiekosten“ und „Reichweite“ für die Auswahlentscheidungen von höchster Bedeutung waren. Der Mittelwert der kumulierten relativen Wichtigkeit von Anschaffungspreis, Energiekosten und Reichweite lag über alle Probanden bei 59,21 %. Für die Analyse von Präferenzen für aktuell am Markt verfügbare (alternative) Antriebssysteme spielten diese Attribute daher eine entscheidende Rolle. So wirkten sich beispielsweise die geringen Reichweiten und die hohen Anschaffungskosten von aktuell am Markt verfügbaren Elektroautos sehr negativ auf entsprechende Auswahlentscheidungen aus (vgl. Kapitel 6.2.1).

Die Ergebnisse zum Attribut „Reichweite“ wurden aufgrund ihrer Wichtigkeit für aktuell am Markt verfügbare Elektroautos bereits in Kapitel 6.2.1 diskutiert. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Reichweite für die Auswahlentscheidungen von großer Bedeutung war. Größere Reichweiten wurden zwar generell präferiert, es zeigte sich aber auch, dass eine Reichweite von 450 km für viele Studienteilnehmer durchaus akzeptabel war. Noch größere Reichweiten (Ausprägung in der Studie: 900 km) sind somit für eine Etablierung von Elektroautos am Markt nicht unbedingt erforderlich.

### 6.2.5. Einfluss der psychografischen Merkmale

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde angenommen, dass die individuellen Auswahlentscheidungen im Choice-Experiment von individuellen psychografischen Merkmalen abhängen (Präferenzheterogenität). Implizit wurde damit angenommen, dass die psychografischen Merkmale von Individuen die geschätzten individuellen Teilnutzenwerte beeinflussen (vgl. Kapitel 3.4). Aufgrund der Zielsetzung dieser Arbeit stehen die im Modell integrierten psychografischen Merkmale insbesondere mit der Intention zum Kauf von alternativen Antriebssystemen in Zusammenhang. Es wurde deshalb angenommen, dass vor allem die Teilnutzenwerte des Attributs „Antriebssystem“ signifikant von den analysierten psychografischen Merkmalen abhängen (Hypothesen 1 – 5). Die aufgestellten Hypothesen konnten überwiegend bestätigt werden.

Die Einstellung zum AFV-Kauf wurde anhand eines Items gemessen („Der Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem ist für mich eine kluge Entscheidung“). Die aufgestellte Hypothese konnte für die elektrischen Fahrzeuge (Elektroauto, Hybrid) bestätigt werden. Studienteilnehmer, die den Kauf eines Neuwagens mit alternativem Antriebssystem für eine kluge Entscheidung hielten, hatten eine größere Präferenz für elektrische Fahrzeuge als andere Studienteilnehmer. Umgekehrt zeigte sich, dass Studienteilnehmer, die eine überdurchschnittlich große Präferenz für klassische Verbrennungsmotoren hatten, den Kauf von alternativen Antriebssystemen als weniger sinnvoll erachteten. Für den Erdgasantrieb zeigte sich kein signifikanter Einfluss dieses Einstellungsitems auf den Nutzenwert. Die Ergebnisse der Studie lassen vermuten, dass dieses Antriebssystem überwiegend nicht als tatsächliches alternatives Antriebssystem wahrgenommen wird. Grund dafür könnte sein, dass bei Erdgasautos weiterhin ein Verbrennungsmotor verwendet wird und lediglich die Kraftstoffart substituiert wird.

Für die Messung des Einflussfaktors „subjektive Norm“ wurde das folgende Item verwendet: „Menschen, die mir wichtig sind, werden sich langfristig (d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für einen Neuwagen mit alternativem Antriebssystem entscheiden.“ Für keines der analysierten Antriebssysteme ergab sich ein signifikantes Ergebnis. Im Gegensatz dazu konnte in bisherigen wissenschaftlichen Studien zu alternativen Antriebssystemen ein

signifikanter Einfluss der subjektiven Norm auf die Kaufintention für alternative Antriebssysteme festgestellt werden (Jansson 2011: 192; Petschnig et al. 2014: 78). Es wird vermutet, dass das im Rahmen dieser Studie verwendete Item einen Einfluss auf das Ergebnis hinsichtlich der subjektiven Norm hatte. Das Item adressiert den wahrgenommenen sozialen Druck zum Kauf eines Autos mit alternativem Antriebssystem indirekt und die Probanden könnten sich bei ihrer Einschätzung auf das zukünftige Konsumverhalten von wichtigen Menschen im Umfeld fokussiert haben, ohne über einen davon ausgehenden sozialen Druck auf sie selbst zu reflektieren. Es ist allerdings auch denkbar, dass der soziale Druck zum Kauf von Automobilen mit alternativen Antriebssystemen geringer ist, als bisher angenommen. Dies könnte dabei insbesondere für Personengruppen gelten, die nicht über die notwendigen finanziellen Mittel verfügen, derartige Autos zu kaufen. Viele der im Rahmen dieser Arbeit befragten Studierenden zählten aufgrund ihres sehr geringen Erwerbseinkommens zum Studienzeitpunkt zu dieser Gruppe. Es ist denkbar, dass innerhalb der Gesellschaft von solchen finanziell limitierten Gruppen auch nur ein finanziell abbildbares umweltfreundliches Verhalten erwartet wird (z. B. die überwiegende Verwendung von Fahrrädern oder öffentlichen Verkehrsmitteln anstatt der Nutzung alter emissionsträchtiger Autos). In weiteren empirischen Studien könnte dieser Zusammenhang genauer analysiert werden.

Der Einflussfaktor „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ wurde durch das folgende Item gemessen: „Innerhalb der nächsten fünf Jahre wird es keine Neuwagen mit alternativem Antriebssystem geben, die für mich attraktiv wären.“ Studienteilnehmer, die diese Aussage ablehnten, hatten eine signifikant größere Präferenz für elektrische Fahrzeuge (Elektroauto, Hybrid). Es kann gefolgert werden, dass Personen, in deren individueller Wahrnehmung künftig attraktive elektrische Fahrzeuge am Markt verfügbar sein werden, auch einen größeren Nutzen für diese Antriebssysteme haben. Für den Erdgasantrieb ergab sich auch bei diesem Faktor kein signifikantes Ergebnis.

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurden die Faktoren „symbolisch-affektive Beweggründe“ und „Einstellung zur Umwelt“ zusätzlich zu den Einflussfaktoren aus der *theory of planned behaviour* analysiert. Hinsichtlich der analysierten Antriebssysteme zeigte sich, dass die beiden Faktoren signifikante Einflüsse auf mehrere Teilnutzenwerte haben. Die Integration der Faktoren in das Modell kann daher als sinnvoll erachtet werden. Die Detailanalyse zeigte, dass bei den elektrischen Antriebssystemen (Elektroauto, Hybrid) die Einstellung zur Umwelt einen größeren Einfluss auf die Nutzenwerte hat als die symbolisch-affektiven Beweggründe. Für Batterie-elektrische Fahrzeuge hatten Personen, die besonders umweltbewusst eingestellt sind, einen signifikant größeren Nutzen. Dieses Ergebnis bestätigt die Resultate der Studien von Ziegler (2012: 1384) (für den deutschen Markt) und Jensen et al. 2013:31 (für den dänischen Markt) und steht im Widerspruch zum Ergebnis von Struwe (2011: 267)

(für den deutschen Markt), der keinen signifikanten Einfluss einer hohen Umweltaffinität auf die Präferenzen für alternative Antriebssysteme feststellen konnte.

Die symbolisch-affektiven Beweggründe hatten keine signifikanten Auswirkungen auf die Nutzenwerte für die beiden elektrischen Antriebssysteme (Elektroauto, Hybrid). Die Ergebnisse der Studie von Turrentine & Kurani (2007: 1221) zu Hybridfahrzeugen können somit nicht bestätigt werden. In diesem Zusammenhang ist allerdings anzumerken, dass sich die öffentliche Wahrnehmung von Hybridfahrzeugen im Jahr 2007 wahrscheinlich noch anders darstellte als heute. Zu diesem Zeitpunkt waren Hybridfahrzeuge eine technische Innovation. Des Weiteren sei angemerkt, dass die genannte Studie für die Vereinigten Staaten von Amerika und nicht für den deutschen Markt durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse für den Erdgasantrieb zeigten, dass die Einstellung zur Umwelt keinen signifikanten Einfluss auf den Nutzenwert für dieses Antriebssystem hat. Bei den symbolisch-affektiven Beweggründen zeigte sich sogar ein negativer Einfluss. Personen, denen symbolisch-affektive Aspekte wichtig waren, hatten keine erhöhten Präferenzwerte für die alternativen Antriebssysteme und waren u. a. auf das Leistungsattribut, das sportliche Design und die Premiummarke „BMW“ fixiert. Bei der Segmentanalyse zeigte sich, dass in Segment 2 die symbolisch-affektiven Beweggründe am stärksten ausgeprägt waren. In diesem Segment war nach dem Dieselmotor der Hybrid das präferierte Antriebssystem. Vermarktungsaktivitäten für alternative Antriebssysteme, die auf die Zielgruppe der Personen mit symbolisch-affektiven Beweggründen fokussieren, sollten daher auf Hybridfahrzeuge abzielen. Ein affektiver Aspekt, der kommunikativ herausgestellt werden könnte, ist zum Beispiel das verbesserte Beschleunigungsverhalten bei Hybridfahrzeugen im elektrischen Betrieb (Stan 2012: 274, 275).

Vieles deutet darauf hin, dass sich die Wahrnehmung von Status- und Prestigesymbolen innerhalb der jüngeren Generation von Automobilen hin zu Computern und anderen elektronischen Geräten verschiebt (Delbosc & Currie 2014: 28). In der wissenschaftlichen Literatur finden sich dazu jedoch bislang nur wenige Veröffentlichungen (Delbosc & Currie 2014: 28). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten, dass symbolisch-affektive Beweggründe mit Präferenzen der befragten (typischerweise jungen) Studierendengruppe zusammenhängen und in unterschiedlichen Gruppen verschieden stark ausgeprägt sind. Bei der alleinigen Betrachtung des Statements „Ein Auto gibt Status und Prestige“ zeigt sich aber auch, dass die Zustimmung zu diesem Statement über alle Probanden hinweg nur sehr moderat ausfiel (Mittelwert = 3,15; Ein Mittelwert von vier entspricht dem Skalenpunkt „überwiegende Zustimmung“, ein Mittelwert von drei dem Skalenpunkt „teils, teils“). Nur 8,7 % aller Studienteilnehmer stimmten der Status- und Prestigeaussage voll zu. Dieses Ergebnis kann als ein Indiz für die geringere Bedeutung von Automobilen als Statussymbole innerhalb der Studierendengruppe interpretiert werden. Die empirische Studie von Delbosc & Currie (2014: 31-32) unter jungen Australiern (17-23 Jahre alt) deutet ebenfalls daraufhin, dass

Automobile in der jüngeren Generation weniger als Statussymbole gesehen werden. Zur weiteren Erforschung der Hypothese sollten weiteren Studien innerhalb dieser Generation durchgeführt werden. Insbesondere sollte analysiert werden, wie sich die Wahrnehmung und Bewertung von Automobilen (mit alternativen Antrieben) als Statussymbol von anderen potenziellen Statussymbolen unterscheidet (z. B. Smartphones oder Fernreisen).

## 6.3. Diskussion der methodischen Herangehensweise und der Limitationen

Die Diskussion der methodischen Herangehensweise und der Limitationen der Studie gliedert sich in drei Teilbereiche. Zunächst erfolgt eine Analyse zum Vergleich der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC (Kapitel 6.3.1). Die generelle Herangehensweise an die Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wird in Kapitel 6.3.2 diskutiert. Eine methodische Diskussion des integrierten Modells zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen folgt in Kapitel 6.3.3.

### 6.3.1. Vergleich von ACBC und HIT-CBC

In der empirischen Vergleichsstudie wurden die beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit in der Präferenzforschung für komplexe Produkte verglichen (Produkte mit vielen Attributen und Ausprägungen). Die diskutierten Ergebnisse beziehen sich somit auf die beiden Verfahren und den Kontext ihrer Anwendung. Für einen generellen Vergleich adaptiver bzw. adaptiver hybrider Methoden sind weitere empirische Vergleichsstudien nötig. So könnten die Verfahren der adaptiven hybriden Choice-based-Conjoint-Analyse mit adaptiven hybriden Verfahren der klassischen Conjoint-Analyse verglichen werden (z. B. der adaptiven Conjoint-Analyse). Auch Vergleichsstudien zu adaptiven (nicht hybriden) Verfahren der Choice-based-Conjoint-Analyse, z. B. den *polyhedral methods* (Toubia et al. 2004; Toubia et al. 2007), könnten neue Erkenntnisse zur Einsetzbarkeit unterschiedlicher Verfahren liefern.

Für den empirischen Vergleich der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC wurde ein Within-Subjects-Design gewählt, d. h., alle Probanden wurden aufgefordert, die Aufgaben aus beiden adaptiven hybriden Verfahren zu bearbeiten. Eine Alternative zum Within-Subjects-Design stellt das Between-Subjects-Design dar, bei dem für jedes zu analysierende Verfahren eine eigene Stichprobe gezogen wird. Das Within-Subjects-Design wurde aufgrund der größeren Möglichkeiten der Ergebnisverwertung im empirischen Vergleich ausgewählt (Greenwald 1976: 315; Charness et al., 2012: 2). So lassen sich bei der Verwendung eines Within-Subjects-Designs individuelle Werte vergleichen, was u. a. eine tiefergehende Korrelationsanalyse und die Anwendung des Signifikanztests von McNemar (1947) ermöglichte. Grundsätzlich können Rangordnungseffekte bei Within-

Subjects-Designs auftreten (Greenwald 1976: 314, 315). In der empirischen Befragung wurde daher die Reihenfolge der beiden analysierten Verfahren ACBC und HIT-CBC randomisiert, um Rangordnungseffekte über die Probanden auszugleichen.

Ein Nachteil von Within-Subjects-Designs kann in der Erhöhung der Befragungszeit liegen, da die Probanden nicht nur ein Verfahren, sondern alle verwendeten Verfahren bewerten müssen. Die ACBC und die HIT-CBC sind relativ komplexe und zeitaufwendige Verfahren. Um zu prüfen, ob die Wahl des Within-Subjects-Designs angemessen ist, wurde ein Pretest durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigten die Anwendbarkeit des Within-Subjects-Designs. In der wissenschaftlichen Literatur werden bei empirischen Vergleichsstudien zu unterschiedlichen Präferenzmessungsverfahren sowohl Between-Subjects- als auch Within-Subjects-Designs verwendet (Between-Subjects: Wertenbroch & Skiera 2002: 231; Johnson & Orme 2007: 13; Eggers & Sattler 2009: 113; Netzer & Srinivasan 2011: 147; Within-Subjects: Helm et al. 2008: 250; Chapman et al. 2009: 2; Backhaus et al. 2005: 446).

Generell ist die Entscheidung, ob ein Within-Subjects- oder ein Between-Subjects-Design gewählt wird, von großer Bedeutung (Charness et al. 2012: 3) und es wird argumentiert, dass die Ergebnisse von ökonomischen Studien von der Designwahl abhängen können (Frederick & Fischhoff 1998: 115; Charness et al. 2012: 4 f.). Die Konzeption einer Studie, die sowohl eine Befragung im Within-Subjects-Design als auch eine Befragung im Between-Subjects-Design enthält, wäre daher für einen tiefergehenden Vergleich der beiden adaptiven hybriden Verfahren wünschenswert.

In den bisherigen empirischen Studien zur Gütebeurteilung der beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC wurde die klassische CBC als Vergleichsmethode herangezogen (vgl. Kapitel 4.3.3). Dabei zeigte sich überwiegend, dass die beiden adaptiven hybriden Verfahren im Vergleich zur CBC zu besseren oder zumindest vergleichbaren Resultaten führten (vgl. Kapitel 4.3.3). Für den im Rahmen dieser Arbeit angestrebten empirischen Vergleich von ACBC und HIT-CBC wurde die klassische CBC aufgrund der genannten bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht mehr als Referenzmethode herangezogen. Diese Vorgehensweise limitiert den vorliegenden empirischen Vergleich dahingehend, dass keine etablierte Methode (z. B. CBC) als Referenzkriterium verwendet wurde. In diesem Zusammenhang sei allerdings auch angemerkt, dass ein Vergleich der drei Verfahren (ACBC, CBC und HIT-CBC) aufgrund der verlängerten Befragungszeit wohl nicht im Within-Subjects-Design durchführbar gewesen wäre. Die genannten Vorteile des Within-Subjects-Designs hätten somit nicht genutzt werden können.

Neben dem empirischen Vergleich wurden in einer Monte-Carlo-Simulationsstudie die beiden adaptiven hybriden Verfahren ACBC und HIT-CBC verglichen. Zur Gütebeurteilung wurden die Abweichungen der geschätzten Nutzenwerte von den im Design der Simulationsstudie vorgegebenen Nutzenwerten analysiert. Insbesondere hinsichtlich der Auswirkungen von inkorrekten Ratings im letzten Befragungsteil der HIT-CBC konnte die

Simulationsstudie neue Erkenntnisse liefern. Generell bieten Monte-Carlo-Simulationsstudien eine sinnvolle Möglichkeit zum Vergleich unterschiedlicher Verfahren (Wirth 2010: 180). Für zukünftige Vergleichsstudien empfiehlt es sich daher, Simulationsstudien und empirische Studien auch gemeinsam einzusetzen, um ein möglichst breites Bild der zu analysierenden Verfahren zu erlangen. In dieser Arbeit wurde die Monte-Carlo-Simulationsstudie (vgl. Kapitel 4.3.5) als ein erster Anhaltspunkt für den Vergleich von ACBC und HIT-CBC herangezogen. Der Fokus der Studie lag im Wesentlichen auf der Überprüfung der Forschungshypothese zur Anfälligkeit der HIT-CBC für inkorrekte Ratings (Hypothese 7). Künftige Studien könnten beispielsweise die Güte der Verfahren bei einer unterschiedlichen Anzahl von Attributen, Attributausprägungen oder heterogenen Gruppen untersuchen. Auch ist es fraglich, ob die Annahme von normalverteilten Nutzenparametern in den drei definierten heterogenen Gruppen sinnvoll ist. An dieser Stelle könnten unterschiedliche Verteilungstypen für weitere Vergleiche in zukünftigen Studien herangezogen werden.

Eine Limitation der empirischen Vergleichsstudie stellt die Tatsache dar, dass das Attribut „Anschaffungspreis“ im Studiendesign wie ein gewöhnliches anderes Attribut behandelt wurde. Sowohl die ACBC als auch die HIT-CBC erlauben eine detaillierte Betrachtung des Preisattributs. Bei beiden Verfahren soll die detaillierte Betrachtung des Preis-Attributs die Möglichkeiten zur Messung von Zahlungsbereitschaften verbessern. Zum Beispiel lassen sich bei der ACBC mit dem Summed-Prices-Ansatz Aufpreise für gewisse Attributausprägungen in das Studiendesign integrieren. Bei der HIT-CBC können in der optionalen zweiten Befragungsphase individuelle Zahlungsbereitschaften für die besten und schlechtesten Stimuli abgefragt werden. Für weitere empirische Vergleichsstudien wäre ein Einbezug dieser Ansätze wünschenswert. Insbesondere sollte der Frage nachgegangen werden, ob die beschriebenen Ansätze zu einer höheren Güte bei der Messung von Zahlungsbereitschaften führen.

Eine weitere Limitation der empirischen Vergleichsstudie wurde in Kapitel 6.1 bereits kurz geschildert. Die Messung der Güte der beiden Verfahren beruht im Wesentlichen auf den verwendeten Holdout-Aufgaben. Wie die in der Befragung verwendeten Choice-Tasks stellen auch die Holdout-Aufgaben eine Entscheidung in einer hypothetischen Situation dar und beruhen somit nicht auf einer tatsächlichen Kauf- bzw. Auswahlentscheidung. In einer Vielzahl von empirischen Studien konnte nachgewiesen werden, dass solche hypothetischen Entscheidungen mit einem systematischen Fehler behaftet sind, dem *hypothetical bias* (Sattler 2006: 14). Möglichkeiten zum Einbezug von tatsächlichen Wahlentscheidungen und der daraus resultierenden Vermeidung des *hypothetical bias* finden sich in Kapitel 6.1.

Insbesondere bei technisch neuen Produkten (wie Automobile mit alternativen Antrieben) lässt sich, aufgrund des teilweisen Mangels an bestehenden Produkten, der vorgeschlagene Einbezug von tatsächlichen Wahlentscheidungen kaum realisieren. Im Rahmen dieser Arbeit war eine sinnvolle Gütemessung somit nur über die Aufnahme von Holdout-Aufgaben

möglich. Die durchgeführte Analyse einer Holdout-Gruppe ist aus Sicht des Autors für wissenschaftliche Studien generell zu empfehlen. Bei der Gütebeurteilung anhand der Holdout-Aufgaben wird nur die Probandengruppe analysiert, welche auch die Daten für die Modellschätzung liefert. Die Holdout-Gruppe stellt jedoch ein echtes Test-Sample dar und ermöglicht somit eine tiefergehende Analyse zur Generalisierbarkeit des verwendeten Modells (Hastie et al. 2013: 241).

### 6.3.2. Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen

In der empirischen Studie wählten die Probanden aus verschiedenen Fahrzeugkonzepten präferierte Konzepte aus. Die erhobenen Daten wurden zur Schätzung von Nutzenwerten für verschiedene Fahrzeugattribute verwendet. Im Studiendesign wurden bewusst auch Fahrzeugkonzepte präsentiert, die zum Studienzeitpunkt (noch) nicht am deutschen Markt zur Verfügung standen (z. B. Elektroautos mit großer Reichweite). Somit ließen sich auch Nutzenwerte für Innovationen von alternativen Antriebssystemen ermitteln. Die Probanden wurden explizit gebeten, präferierte Fahrzeugkonzepte in hypothetischen Entscheidungssituationen zu identifizieren. Grundsätzlich lassen sich anhand der geschätzten Nutzenwerte auch Zahlungsbereitschaften für die verschiedenen Attributausprägungen ermitteln. Aufgrund des hypothetischen Entscheidungscharakters und der Integration von (noch) nicht verfügbaren Fahrzeugkonzepten wären ermittelte Zahlungsbereitschaften allerdings nicht mit aktuellen Marktpreisen vergleichbar. Eine Analyse von Zahlungsbereitschaften wurde daher nicht durchgeführt. Diese Studie grenzt sich somit eindeutig von Untersuchungen ab, die die aktuelle Marktsituation am Automarkt in Deutschland analysieren und konkrete Zahlungsbereitschaften für verschiedene Fahrzeugkonzepte schätzen (z. B. Struwe 2011: 191 f.; Achtnicht 2012).

Es wurde eine große Bandbreite von Attributausprägungen in das Choice-Design aufgenommen, um die Marktsituation bei Automobilen (mit alternativen Antrieben) möglichst umfassend abzubilden. Diese große Bandbreite spiegelt sich u. a. auch beim Attribut „Anschaffungspreis“ wider (niedrigster Preis: 16.990 Euro; höchster Preis: 36.990 Euro). Empirische Studien haben gezeigt, dass die im Studiendesign festgelegte Bandbreite beim Preisattribut einen direkten Einfluss auf die Wichtigkeit des Attributs haben kann (Nitzsch & Weber 1993; Sattler 2006: 13; Gedenk & Sattler 2009). Verfahren aus der Klasse der Conjoint-Analyse sind lt. Gedenk & Sattler (2009: 25) für diesen Effekt aber weniger anfällig als andere Verfahren. Nichtsdestotrotz sind die in dieser Studie ermittelten Wichtigkeiten für die unterschiedlichen Fahrzeugattribute vor diesem Hintergrund kritisch zu betrachten und sollten anhand von weiteren empirischen Studien überprüft werden.

Um die Vielfalt der unterschiedlichen Antriebssysteme im Choice-Experiment abzubilden, wurden insgesamt fünf verschiedene Antriebssysteme in das Studiendesign integriert

(Benziner, Diesel, Erdgas, Elektroauto, Hybrid). Es wurde jedoch nicht nach weiteren Details der Antriebssysteme unterschieden. Insbesondere wurden die verschiedenen technischen Ausgestaltungen von Hybridfahrzeugen nicht gesondert betrachtet. Genauso wenig wurde nach unterschiedlichen Kraftstofftypen unterschieden. Mitunter ist es bei komplexeren Attributausprägungen sinnvoll, die Ausprägungen zu splitten, also zum Beispiel den Hybridantrieb nach den unterschiedlichen Ausgestaltungen (z. B. Plug-in-Hybrid und Range-Extender) zu unterscheiden (Sattler 2006: 13). Wissenschaftliche Untersuchungen belegen allerdings, dass Probanden eine starke Tendenz zeigen, einer in mehrere Subausprägungen aufgespaltenen Ausprägung insgesamt ein höheres Gewicht zu geben als der gleichen, nicht aufgespaltenen Eigenschaft. Es kommt zum sogenannten *splitting bias* (Weber et al. 1988: 443; Sattler 2006: 13). Um diesen *splitting bias* einzudämmen, sollte die Aufspaltung soweit möglich über alle Ausprägungen erfolgen (Sattler 2006: 13, 14). Würde man also den Hybridantrieb in die drei Untergruppen untergliedern, so sollten alle fünf Antriebssysteme durch bestenfalls drei Unterausprägungen repräsentiert werden. Idealerweise müssten somit 15 Attributausprägungen analysiert werden. Dies hätte wiederum zur Folge, dass zur Sicherstellung eines ausgeglichenen experimentellen Designs für die ACBC-Studie und der daraus resultierenden Eindämmung des Number-of-Levels-Effekts auch die anderen Attribute eine vergleichbare Zahl an Ausprägungen aufweisen müssten. Das resultierende Studiendesign wäre wesentlich komplizierter gewesen und es ist zu bezweifeln, dass ein derart komplexes Modell zu validen Nutzenschätzungen geführt hätte.

In der empirischen Studie wurden Präferenzen für Fahrzeuge aus dem Segment der Kompaktklasse („Golfklasse“) abgefragt. Dieses Segment wurde gewählt, da sein Marktanteil in Deutschland zum Studienzeitpunkt am größten war. Um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen, wurde auf eine Präferenzabfrage für weitere Fahrzeugsegmente verzichtet. Eine Limitation der Studie ist darin zu sehen, dass die diskutierten Ergebnisse zu alternativen Antriebssystemen nicht ohne Weiteres auf andere Fahrzeugsegmente übertragen werden können. Die Ergebnisse der Befragung von Struwe (2011: 166 f.) deuten auf segmentspezifische Antriebspräferenzen von potenziellen Automobilkäufern hin: Während im Kleinwagensegment (z. B. VW Polo, Opel Corsa) und in der Mittelklasse (z. B. Audi A4, BMW 3er) klassische Verbrennungsmotoren die größten Präferenzwerte erzielten, ergaben sich in der Kompaktklasse die größten durchschnittlichen Nutzenwerte für Hybridantriebe. Auch die Studie von Baltas & Saridakis (2013: 108) lässt auf Segmentunterschiede schließen: Hybridantriebe wurden in dieser Studie für den europäischen Markt eher von Personen präferiert, die Kleinstwagen bevorzugten, und weniger von Personen, die Luxus- und Sportwagen bevorzugten.

Das im Rahmen dieser Arbeit aufgestellte integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen ist insbesondere auf die Charakterisierung von Präferenzen für alternative Antriebssysteme ausgelegt. Die analysierten psychografischen Merkmale sind somit in erster Linie auf die Wahl des Antriebssystems fixiert. Insbesondere

für das Attribut „Marke“ findet sich in der wissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl an Studien, bei denen die Markenwahl tiefergehend analysiert wird (z. B. Lambert-Pandraud et al. 2005; Simms & Trott 2006; Narteh et al. 2012; Dall'Olmo Riley et al. 2013). Zukünftige Studien könnten einen Schwerpunkt auf Antriebs- und Markenwahl legen. Insbesondere ist interessant, wie neue Marken (z. B. Tesla) gegenüber den etablierten Herstellern wahrgenommen werden und welche psychografischen Merkmale zur Untermauerung von Marken- und Antriebswahl herangezogen werden können.

Das Attribut „Reichweite“ wurde durch die drei Attributausprägungen 150 km, 450 km und 900 km definiert. Die Resultate zeigen, dass eine Reichweite von 450 km von der Mehrheit der Probanden als ausreichend empfunden wird. Eine Reichweite von 150 km wird jedoch stark abgelehnt. Da im Rahmen des Choice-Experiments keine weiteren Reichweitenausprägungen (z. B. 300 km) abgefragt wurden, kann nicht genauer festgestellt werden, welche Reichweiten für die Mehrheit gerade noch akzeptabel sind und welche nicht. In der Studie von Weiss (2012: 11) wurden Probanden nach der nötigen Mindestreichweite befragt und konnten zwischen sechs Ausprägungen wählen. Sein Ergebnis entspricht dem Resultat dieser Arbeit in der Tendenz. Als zusätzliche interessante Ausprägung wurde eine Reichweite von 250 km analysiert. Die Ergebnisse von Weiss (2012: 11) zeigten, dass sich 29,2 % der Befragten bereits mit einer Reichweite von 250 km begnügen würden.

Das Ziel dieser Untersuchung war es, Präferenzen für Automobile mit alternativen Antriebssystemen in einer empirischen Studie zu analysieren. Dazu wurden Präferenzen und psychografische Merkmale der Probanden erhoben. Es ging explizit nicht darum, unmittelbare Kaufabsichten für Fahrzeuge am Markt festzustellen. Aufgrund des hypothetischen Charakters der zu treffenden Auswahlentscheidungen wurde das (geplante) Nutzungsverhalten der Probanden nicht analysiert. Diese Vorgehensweise findet sich auch in anderen wissenschaftlichen Studien zum Thema (z. B. Eggers & Eggers 2011; Achtnicht 2012). Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse lassen vermuten, dass der Einbezug des (geplanten) Nutzungsverhaltens zu weiteren Erkenntnissen führen könnte. Zum Beispiel könnte eine Nutzungsanalyse hinsichtlich der Reichweitenproblematik bei Elektroautos weitere Erkenntnisse liefern. Wird beispielsweise geplant, das Elektroauto als Zweitwagen zu nutzen, so kann für längere Fahrten auf einen Erstwagen mit konventionellem Antrieb ausgewichen werden.

Wie in anderen wissenschaftlichen Studien zum Thema wurden auch hier Präferenzen für potenzielle Neuwagenkäufe analysiert (z. B. Eggers & Eggers 2011: 55; Struwe 2011: 329; Achtnicht 2012: 682; Ziegler 2012: 1374). Es finden sich aber zunehmend auch andere Besitz- bzw. Nutzungsformen für Automobile (z. B. Carsharing, Leasing oder Miete). Die Anzahl der Carsharing-Teilnehmer stieg beispielsweise von 453.000 Anfang 2013 auf 757.000 Anfang 2014 (Bundesverband CarSharing 2014: 2, 3). Mehr als jedes dritte neuzugelassene Auto (36 Prozent) ist 2012 geleast worden (Bundesverband Deutscher

Leasing-Unternehmen 2013: 12). Zudem ermöglicht das mobile Internet eine völlig neue Art der vernetzten Mobilität, bei der die Nutzung von Automobilen mit der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel kombiniert werden kann. Es kann vermutet werden, dass die Präferenzen für verschiedene Fahrzeugkonzepte auch von der jeweiligen Nutzungsform abhängen. Ob und, wenn ja, welche Unterschiede bestehen, sollte in weiteren wissenschaftlichen Studien untersucht werden.

Im Rahmen des Choice-Experiments wurden acht Attribute abgefragt, die durch insgesamt 31 Ausprägungen definiert wurden. Die Auswahl erfolgte anhand einer umfangreichen Vorstudie (Literaturanalyse, Expertengespräche, Vorbefragung). Natürlich gibt es noch weitere Attribute, die für Auswahlentscheidungen bei Fahrzeugen relevant sind. Da im experimentellen Design eines Choice-Experiments aber keine unbegrenzte Zahl an Attributausprägungen abgefragt werden kann, musste eine einschränkende Auswahl getroffen werden (vgl. Kapitel 4.1.1.1).

Der Einsatz von Multimedia bei Verfahren der Conjoint-Analyse wird in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert. Einen Überblick bietet zum Beispiel Brusch (2005). Drei der acht Automobilattribute wurden im Rahmen der Onlinebefragung bildlich dargestellt. Die Wahl von bildlichen Darstellungen in Choice-Experimenten bietet sich an, da Bildinformationen mit einem sehr viel geringeren kognitiven Aufwand verarbeitet werden können als Textinformationen (Scharf et al. 1996: 28; Brusch 2005: 52). Gerade bei kognitiv anspruchsvollen Choice-Tasks (mit vielen Attributen und Ausprägungen) bieten sich bildliche Repräsentationen eines oder mehrerer Attribute an, um den kognitiven Aufwand der Probanden bei der Bewertung der Choice-Tasks zu reduzieren. Generell wird argumentiert, dass aufgrund der engen Verbindung von Wahrnehmungs- bzw. Beurteilungsprozessen als kognitive Vorgänge der Informationsverarbeitung die Ergebnisse in Choice-Experimenten von der Präsentationsalternative abhängen (Brusch 2005: 52; Kroeber-Riel et al. 2009: 371). Die Frage, inwiefern unterschiedliche Präsentationsformen die Validität von Choice-Experimenten beeinflussen, wird unter anderem in Brusch (2005) diskutiert. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind vor diesem Hintergrund kritisch zu beurteilen und sollten gegebenenfalls in weiteren Studien überprüft werden.

Im integrierten Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurde angenommen, dass sich der Nutzen für einen gewissen Stimulus anhand des additiven Teilwertnutzenmodells bestimmen lässt (vgl. Kapitel 3.1.1). Dabei wurde für jede der 31 Attributausprägungen ein Nutzenparameter geschätzt und somit davon ausgegangen, dass alle Ausprägungen als diskrete Merkmale in das Gesamtmodell eingehen. Für metrische bzw. quasi-metrische Attribute wie Preis oder Reichweite des Fahrzeugs kann alternativ auch ein Vektor-Modell verwendet werden. Dabei kann beispielsweise ein linearer Nutzenverlauf angenommen werden. Die Ergebnisse für das Attribut „Reichweite“ zeigten, dass eine größere Reichweite allgemein einen größeren

Nutzen stiftet. Allerdings war auch erkennbar, dass der Nutzenzugewinn von der Reichweite 150 km zur Reichweite 450 km wesentlich größer war als der Zugewinn von der Reichweite 450 km zur Reichweite 900 km. Es lässt sich also vermuten, dass sich der Nutzen mit zunehmender Reichweite nicht linear verändert. Diese Annahme wurde unter anderem auch in Dimitropoulos et al. (2013: 40-42) und Jensen et al. (2013: 30) geäußert und sollte in künftigen Studien weiter untersucht werden.

Als Grundgesamtheit wurden Studierende gewählt, die sich in ihrem Studium mit dem Thema „Automobile bzw. Verkehr" befassen. Diese Gruppe ist für die weitere Entwicklung von alternativen Antriebssystemen von besonderer Bedeutung, da die Studierenden nicht nur potenzielle Käufer bzw. Nutzer sind. Aufgrund ihrer Ausbildung sind sie insbesondere auch wichtige Multiplikatoren und potenzielle Entscheidungsträger in Industrie, Verbänden und Politik. In einer vergleichbaren Studie analysierten Egbue & Long (2012) die Präferenzen von Studierenden und Mitarbeitern von Universitäten in den Vereinigten Staaten von Amerika. Für Deutschland konnte keine vergleichbare Studie identifiziert werden. Die erzielten Ergebnisse sollten daher durch weitere wissenschaftliche Studien überprüft werden. Aufgrund des zumeist geringen Einkommens ist anzunehmen, dass die überwiegende Mehrheit der befragten Studierenden zum Befragungszeitpunkt nicht für einen Neuwagenkauf infrage kam. Die Studie war auf Auswahlentscheidungen für (alternative) Fahrzeugkonzepte ausgerichtet und die Probanden wurden explizit darum gebeten, ihre Entscheidungen in einer hypothetischen Kaufsituation vorzunehmen. Explizit wurden dabei keine kurzfristigen Kaufabsichten abgefragt. Die diskutierten Ergebnisse zielen auf generelle Präferenzen ab und wurden insbesondere nicht zur Berechnung von konkreten Zahlungsbereitschaften für aktuell am Markt verfügbare Fahrzeuge verwendet. Aufgrund der Konzeption der Studie spielt die Einkommenssituation der Studierenden zum Befragungszeitpunkt eine untergeordnete Rolle für die erzielten Ergebnisse. Eine generelle Voraussetzung für die Auswahl einer Grundgesamtheit eines Choice-Experiments besteht darin, dass in der Grundgesamtheit eine „grundsätzliche Kenntnis" des Entscheidungsproblems besteht (Helm et al. 2008: 250). Diese generelle Kenntnis wurde aufgrund der Studienrichtung der befragten Studierenden für das Auswahlproblem bei Automobilen (mit alternativen Antrieben) vorausgesetzt und steht nicht mit einer tatsächlichen Kaufintention in Zusammenhang.

### 6.3.3. Modelltheoretische Aspekte

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen entwickelt und in einer empirischen Studie angewendet. Nachdem anhand der Vergleichsstudie die ACBC als überlegenes Verfahren zur Präferenzmessung identifiziert werden konnte, wurden die im ACBC-Fragebogen erhobenen Daten für die weiteren Modellauswertungen verwendet. Die Modellgüte wurde anhand mehrerer Kriterien analysiert (z. B. Pseudo-$R^2$, Trefferquoten). Die Analyse der Kriterien bestätigte die Güte der Modellschätzungen (vgl. Kapitel 5.3.1).

Im integrierten Modell wurde angenommen, dass hinsichtlich der Auswahlentscheidungen bei Automobilen Präferenzheterogenität vorliegt und dass die Auswahlentscheidungen für unterschiedliche Antriebssysteme von individuellen psychografischen Faktoren abhängen. Als theoretische Basis für den Einbezug dieser psychografischen Merkmale diente die *theory of planned behaviour* (Ajzen 1991). Neben den von Ajzen (1991) genannten Faktoren wurden zwei weitere Einflussfaktoren in das Modell integriert (Einstellung zur Umwelt, symbolisch-affektive Beweggründe). Es wurde angenommen, dass sich die von Ajzen (1991) beschriebene Verhaltensintention in den Auswahlentscheidungen des Choice-Experiments manifestiert. Somit konnte eine Verbindung des Verhaltensmodells (*theory of planned behaviour*) mit dem Wahlmodell (Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell) hergestellt werden. Die Modellschätzungen bestätigten die Heterogenität der Präferenzen für alternative Antriebe. Individuelle psychografische Merkmale hatten einen signifikanten Einfluss auf die Nutzenwerte der Studienteilnehmer und somit die Präferenz für unterschiedliche Fahrzeugkonzepte (vgl. Kapitel 5.3.1.3).

Die Modellierung heterogener Präferenz anhand von hierarchischen bayesianischen Verfahren ist für die Anwendung von Logit-Choice-Modellen von großer Bedeutung (Green et al. 2001: 66). Verschiedene Modellvarianten ermöglichen es, neben den Daten über die Auswahlentscheidungen noch zusätzliche Informationen (z. B. sozio-demografische oder psychografische Merkmale) in das Modell zu integrieren. Insbesondere lassen sich auch latente Konstrukte in Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modelle integrieren. Einen Überblick verschiedener Herangehensweisen geben Danthurebandara et al. (2013: 246-251). Der im Präferenzmodell (vgl. Kapitel 3.4) gewählte Ansatz geht auf Orme & Howell (2009) zurück und integriert die zusätzlichen Variablen bei der Festlegung der First-Stage-priori-Verteilung der Nutzenparameter im hierarchischen Verfahren. Sollen beim Ansatz von Orme & Howell (2009) latente Variablen in das Modell aufgenommen werden, so müssen diese im Vorfeld anhand einer Faktorenanalyse identifiziert werden (Orme & Howell 2009: 19). Verschiedene Studien lassen vermuten, dass die Modellgüte durch diese sequenzielle Vorgehensweise beeinträchtigt wird (Ben-Akiva et al. 2002: 450; Temme et al. 2008: 223; Danthurebandara et al. 2013: 247). Eine simultane Herangehensweise, bei der die latenten Konstrukte direkt in das Choice-Modell integriert werden, ist bei Orme & Howell (2009) bisher nicht vorgesehen. Nach Ansicht des Autors steht dem direkten Einbezug aus modelltheoretischen Gesichtspunkten nichts im Wege. In künftigen wissenschaftlichen Arbeiten sollte eine entsprechende Modellerweiterung des Ansatzes von Orme & Howell (2009) entwickelt werden.

Das Modell von Orme & Howell (2009) ist nach Kenntnis des Autors bisher nur in den kostenpflichtigen Softwarepaketen von Sawtooth umgesetzt, daher lassen sich Modellschätzungen auf Basis des Ansatzes von Orme & Howell (2009) ohne die Software von Sawtooth nicht ohne größeren Aufwand durchführen. Zur Umsetzung der vorgeschlagenen

Modellerweiterung in dieser Studie wäre daher ein erheblicher Programmierungsaufwand erforderlich gewesen. Dieser Aufwand wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht betrieben, da der Fokus der Studie nicht auf Modellentwicklungen für hierarchische bayesianische Choice-Modelle lag.

In das integrierte Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antriebssystemen wurden verschiedene psychografische Faktoren aufgenommen. Die Auswahl dieser Einflussfaktoren basiert auf der *theory of planned behaviour* von Ajzen (1991). Neben den im Grundmodell von Ajzen (1991) genannten Einflussfaktoren „Einstellung zum AFV-Kauf", „subjektive Norm" und „wahrgenommene Verhaltenskontrolle" werden in der Literatur häufig weitere psychografische Faktoren ins Modell integriert (vgl. Kapitel 3.3.1). In dieser Arbeit wurden neben den Basisfaktoren symbolisch-affektive Beweggründe und Einstellungen zur Umwelt integriert. Die Modellschätzungen belegen den Einfluss der psychografischen Faktoren auf die individuellen Auswahlentscheidungen. Insbesondere die Aufnahme der beiden zusätzlichen Einflussfaktoren erwies sich als sinnvoll und es konnten signifikante Resultate festgestellt werden (z. B. konnte gezeigt werden, dass umweltbewusstere Studienteilnehmer eine signifikant überdurchschnittlich große Präferenz für Elektroautos haben). Die Aufnahme zusätzlicher Einflussfaktoren in das Grundmodell der *theory of planned behaviour* kann anhand der Ergebnisse somit als sinnvoll bestätigt werden.

Für den Einflussfaktor „subjektive Norm" ergab sich in dieser Studie kein signifikanter Zusammenhang zur Präferenz für unterschiedliche Antriebssysteme. In der wissenschaftlichen Literatur wird der Einflussfaktor „subjektive Norm" häufig abweichend von der ursprünglichen Definition von Ajzen (1991) betrachtet. So wird teilweise statt der subjektiven Norm die persönliche Norm (Schwartz 1977: 227) analysiert (Peters, 2009: 52, 53; Hunecke et al. 2010: 12). Nach Schwartz (1977: 227) kann die persönliche Norm als „ein inneres Gefühl einer moralischen Verpflichtung zur Ausführung einer bestimmten Handlung in einer bestimmten Situation" definiert werden. Für weitere wissenschaftliche Studien ist zu empfehlen, den Einfluss des Faktors „subjektive Norm" kritisch zu hinterfragen und gegebenenfalls andere in der Literatur vorgeschlagene Norm-Konstrukte für die Modellierung zu verwenden.

Im Onlinefragebogen wurden die fünf ins Modell integrierten Einflussfaktoren durch verschiedene Items gemessen. Die Auswahl der Items erfolgte anhand der Vorstudie. Die Einflussfaktoren „symbolisch-affektive Beweggründe" und „Einstellung zur Umwelt" wurden als latente Variablen definiert und jeweils anhand von drei Items gemessen. Die drei verbleibenden Einflussfaktoren „Einstellung zum AFV-Kauf", „subjekte Norm" und „wahrgenommene Verhaltenskontrolle" wurden durch jeweils ein Item gemessen. Eine Limitation der Studie stellt die insgesamt geringe Zahl an bewerteten Items dar. Insbesondere trifft dies auf die drei Einflussfaktoren zu, die anhand eines Items und nicht als latentes Konstrukt definiert wurden. Der Grund für die Analyse einer kleinen Zahl von Items war der ohnehin schon

große Umfang des Onlinefragebogens. Die Studienteilnehmer durchliefen sowohl das ACBC-Experiment als auch das HIT-CBC-Experiment (Within-Subjects-Design). Um eine hohe Abbruchquote bei der Onlinebefragung zu vermeiden, wurde nur eine relativ kleine Zahl an psychografischen Items in den Fragebogen aufgenommen. Die erzielten Ergebnisse sind somit vor diesem Hintergrund kritisch zu bewerten.

In den Auswahlaufgaben des Choice-Experiments wurden die Studienteilnehmer gebeten, präferierte Fahrzeugkonzepte in einer hypothetischen Kaufsituation zu identifizieren, in der sowohl aktuell am Markt verfügbare Fahrzeugkonzepte als auch (noch) nicht verfügbare Konzepte (wie zum Beispiel Elektroautos mit großer Reichweite) zur Auswahl standen. Die Entscheidung sollte dabei explizit nicht in Bezug auf einen konkreten Kaufzeitpunkt getroffen werden. Für die Formulierung von Items zur Messung von psychografischen Merkmalen empfiehlt Ajzen (2011: 2) eine möglichst konkrete Definition des zu erklärenden Verhaltens bzw. der zu erklärenden Verhaltensabsicht. Insbesondere sollte die zeitliche Dimension für das Verhalten genau festgelegt werden. Da im Choice-Experiment der Hauptstudie hypothetische Kaufentscheidungen abgefragt wurden und insbesondere kein genauer zeitlicher Rahmen festgelegt wurde, war eine zeitlich konkrete Definition der formulierten Items aus der *theory of planned behaviour* nicht realisierbar. Für die Hauptstudie sollten daher Items mit verschiedenen fest definierten zeitlichen Rahmen formuliert werden. Beispielweise wurden für den Einflussfaktor „subjektive Norm“ die folgenden beiden Items formuliert:

- Menschen, die mir wichtig sind, werden sich kurzfristig (d. h. innerhalb des nächsten Jahres) für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheiden.
- Menschen, die mir wichtig sind, werden sich langfristig (d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheiden.

In der Vorbefragung wurden u. a. diese beiden Items getestet. Die Ergebnisse der Vorbefragung zeigten, dass dem Item mit kurzer Zeitdimension (ein Jahr) nur 4,4 % der Befragten zustimmten (vgl. Anhang 1.1). Ähnliche Resultate zeigten sich bei anderen Items mit kurzer Zeitdimension. Aufgrund der geringen Varianz bei den Items mit kurzer Zeitdimension und der damit verbundenen geringen Aussagekraft wurden diese Items nicht in die Hauptstudie aufgenommen und es wurde nur die langfristige Zeitdimension analysiert (fünf Jahre).

In das Präferenzmodell wurde der Einflussfaktor „symbolisch-affektive Beweggründe“ aufgenommen. Für die Modellschätzung wurde dazu eine latente Variable definiert und im Rahmen einer Faktorenanalyse wurde ein Faktorwert für die latente Variable abgeleitet. Die Analyse der Reliabilitätskennzahlen bezüglich der Faktorenanalyse (insbesondere Cronbachs α) zeigte eine relativ geringe Güte an ($\alpha = 0{,}49$). Dies könnte an der Mehrdimensionalität des Einflussfaktors liegen. Der Artikel von Steg (2005) lässt darauf schließen, dass eine getrennte Analyse der symbolischen sowie der affektiven Beweggründe sinnvoll ist. Das integrierte Modell könnte dahingehend verbessert werden, dass der Einflussfaktor

„symbolisch-affektive Beweggründe“ durch die zwei Faktoren „symbolische Beweggründe“ und „affektive Beweggründe“ ersetzt wird. Allerdings ist bei der Verwendung von Cronbachs α als Reliabilitätskennzahl kritisch anzumerken, dass durch eine größere Zahl an verwendeten Items auch automatisch ein größerer Wert für α resultiert (Schnell et al. 1995: 143-144). Da im Rahmen dieser Studie nur drei Items zur Messung des latenten Konstrukts „symbolisch-affektive Beweggründe“ verwendet wurden, ist der relativ geringe Wert für α auch auf diesen Umstand zurückzuführen.

Wird im Rahmen der empirischen Befragung die ACBC als Befragungsmethode verwendet, so lässt sich nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten identifizieren (Sawtooth Software 2009a: 2). Für die Schätzung der Modellparameter werden die gesammelten Informationen zu nicht-kompensatorischem Entscheidungsverhalten allerdings nur dahingehend verwertet, dass die für die Modellschätzung relevanten Choice-Sets anhand dieser Informationen generiert werden. Als Präferenzmodell wird bei der ACBC ein (Hierarchical-Bayes-)Logit-Choice-Modell vorgeschlagen (Sawtooth Software 2009a: 15). In diesem Modell wird explizit von kompensatorischem Entscheidungsverhalten ausgegangen. Die Annahmen über nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten spiegeln sich somit nicht in der Formulierung des Präferenzmodells wider. Dies ist insbesondere bedauerlich, da die Ergebnisanalysen der durchgeführten empirischen Befragung nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten der Probanden vermuten lassen (vgl. Kapitel 5.3.1.4). Nicht-kompensatorisches Entscheidungsverhalten wird zum Beispiel von Gilbride & Allenby (2004) in Choice-Modelle integriert. Für die weitere Anwendung der ACBC ist eine Modellierung anhand derartiger Herangehensweisen zu empfehlen. Der Bedarf für weitere Forschungsarbeiten in diesem Bereich wurde auch in Sawtooth Software (2009a: 20) aufgezeigt.

Bei der HIT-CBC ist eine modelltheoretische Fundierung nur teilweise gegeben. Im postulierten Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell wird je Attribut ein Parameter für eine beste und eine schlechteste Ausprägung spezifiziert. Es spielt dabei keine Rolle, welche konkrete Attributausprägung von einem Individuum als beste bzw. schlechteste eingeschätzt wird. Im experimentellen Design festgelegte Attributausprägungen sind somit nicht Bestandteil des Choice-Modells. Eggers & Sattler (2009: 111) schlagen eine Ermittlung von Nutzenparametern für konkrete Attributausprägungen vor. Diese Ermittlung erfolgt allerdings erst nach den Modellschätzungen für das Hierarchical-Bayes-Logit-Choice-Modell. Aus modelltheoretischer Sicht ist eine Interpretation dieser Parameter somit nicht durchführbar. Das bedeutet, dass sich valide Aussagen anhand der HIT-CBC nur auf Attributebene, nicht aber auf Ebene von Attributausprägungen treffen lassen. Theoretisch fundiert kann die HIT-CBC somit z. B. zur Ermittlung von Attributwichtigkeiten (vgl. Kapitel 5.3.1.1), nicht aber für die Analyse von einzelnen Attributausprägungsparametern eingesetzt werden. Darunter fällt beispielsweise auch die Ermittlung von Zahlungsbereitschaften für Attributausprägungen, wie sie von Eggers & Sattler (2009: 115) vorgeschlagen wurde.

## 6.4. Schlussbemerkungen

Automobile mit alternativem Antriebssystem sind von großer gesellschaftlicher Bedeutung. Sie bieten die Möglichkeit, negative Umwelteinflüsse des Autoverkehrs und die Abhängigkeit von Rohöl zu veringern. Für die weitere Marktentwicklung von Automobilen mit alternativem Antriebssystem ist es von entscheidender Bedeutung, die Präferenzen von potenziellen Käufern zu kennen. Bisherige wissenschaftliche Studien für den deutschen Markt stellten eine große Präferenzheterogenität bei alternativen Antriebssystemen fest. Zur Erklärung der Präferenzheterogenität wurden psychografische Merkmale jedoch nur in geringem Maß analysiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Modell entwickelt, das sowohl Produkteigenschaften von Automobilen als auch psychografische Merkmale in Betracht zieht (Integriertes Modell zur Präferenzmessung für Automobile mit alternativen Antrieben).

Als potenzielle Käufer und künftige Entscheidungsträger werden die befragten Studierenden den Automobilmarkt der Zukunft prägen und gemäß ihren Überzeugungen unterschiedliche (alternative) Antriebssysteme weiterentwickeln. Die aufgrund der empirischen Befragung erzielten Ergebnisse zeigten, dass psychografische Faktoren zur Erklärung der Antriebspräferenzen dieser Gruppe eine wichtige Rolle spielen. Sie geben Aufschluss über die Präferenzsituation für Automobile mit alternativem Antriebssystem in Deutschland und können u. a. zur Entwicklung von zielgruppenspezifischen Kommunikations- und Vermarktungsaktivitäten für diese Fahrzeuge beitragen.

Zur Präferenzmessung im Rahmen der empirischen Befragung wurden zwei adaptive hybride Verfahren der Choice-based-Conjoint-Analyse verwendet (ACBC und HIT-CBC). Der durchgeführte Methodenvergleich deutet auf eine Überlegenheit der ACBC im Vergleich zur HIT-CBC hin. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist die ACBC für künftige Präferenzstudien zu komplexen Produkten mit einer großen Zahl an Attributen und Attributausprägungen zu empfehlen. Die HIT-CBC könnte von der vorgeschlagenen Veränderung im Befragungslayout profitieren (HIT-CBC 2.0).

# Literaturverzeichnis


Achtnicht, M. (2012), “German car buyers’ willingness to pay to reduce CO2 emissions”, *Climatic Change*, Vol. 113 No. 3-4, pp. 679–697.

ADAC Fahrzeugtechnik (2014), “Elektroautos: Marktübersicht/Kenndaten”, http://www.adac.de/_mmm/pdf/Elektroautos_Marktuebersicht_Kenndaten_49KB_46583.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Adloff, F. (2014), “Solidarität statt Egoismus: Das konvivialistische Projekt”, *Blätter für deutsche und internationale Politik*, No. 10, pp. 43–52.

Ajzen, I. (1991), “The theory of planned behavior”, *Organizational Behavior and Human Decision Process*, Vol. 50, pp. 179–211.

Ajzen, I. (2011), “Constructing a theory of planned behavior questionnaire”, http://people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.measurement.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980), *Understanding attitudes and predicting social behavior,* 1st ed., Prentice-Hall.

Allenby, G.M., Arora, N. & Ginter, J.L. (1995), “Incorporating Prior Knowledge into the Analysis of Conjoint Studies”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 32 No. 2, pp. 152–162.

Allenby, G.M. & Ginter, J.L. (1995), “Using Extremes to Design Products and Segment Markets”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 32 No. 4, pp. 392–403.

Allenby, G.M. & Rossi, P.E. (1999), “Marketing Models of Consumer Heterogeneity”, *Journal of Econometrics*, Vol. 89 No. (1/2), pp. 57–78.

Allenby, G.M. & Rossi, P.E. (2006), “Hierarchical Bayes Models: A Practitioners Guide”, *In: Grover, R., Vriens, M. (eds.): The Handbook of Marketing Research. Uses, Misuses and Future Advances. Thousand Oaks, California: Sage Publ.*, pp. 418–440.

Alpizar, F., Carlson, F. & Martinsson, P. (2001), “Using Choice Experiments for Non-Market Valuation”, http://eepsea.net/pub/sp/10301141930choiceexperiments.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Annunziata, A. & Vecchio, R. (2013), “Consumer perception of functional foods: A conjoint analysis with probiotics”, *Food Quality and Preference*, Vol. 28 No. 1, pp. 348–355.

Arora, N. &Huber, J. (2001), “Improving Parameter Estimates and Model Prediction by Aggregate Customization in Choice Experiments”, *Journal of Consumer Research*, Vol. 28 No. 2, pp. 273–283.

Asmus, C., Bell, P., Loomis, John, Cooney Helen &Allen, Brian (2012), “Combining Psychological and Economic Methods to Improve Understanding of Factors Determining Adults’ Valuation of Children’s Health: The Case of Nitrates and Infants”, *In: National Transportation Safety Board: Morbidity and Mortality: How Do We Value the Risk of Illness and Death*, pp. 1–131.

Axsen, J. & Kurani, K.S. (2013), “Connecting plug-in vehicles with green electricity through consumer demand”, *Environmental Research Letters*, Vol. 8 No. 1, p. 1-11.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2011), *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung,* 13th ed., Springer.

Backhaus, K., Erichson, B. & Weiber, R. (2013), *Fortgeschrittene multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung,* 2nd ed., Springer.

Backhaus, K., Voeth, M., Sichtmann, C. & Wilken, R. (2005), “Conjoint-Analyse versus Direkte Preisabfrage zur Erhebung von Zahlungsbereitschaften”, *Die Betriebswirtschaft*, Vol. 65 No. 5, pp. 439–457.

Bähnisch, S. (2013), “Brennstoffzelle vor. Sechs Unternehmen wollen binnen zehn Jahren insgesamt 400 Wasserstoff-Tankstellen einrichten. In vier Jahren soll es bereits 100 Stationen geben.”, http://www.autobild.de/artikel/wasserstoff-tankstellen-netzausbau-4396492.html (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Balderjahn, I. (1993), *Marktreaktionen von Konsumenten: Ein theoretisch-methodisches Konzept zur Analyse der Wirkung marketingpolitischer Instrumente,* 1st ed., Duncker und Humblot.

Balderjahn, I. & Scholderer, J. (2007), *Konsumentenverhalten und Marketing: Grundlagen für Strategien und Maßnahmen,* 1st ed., Schäffer-Poeschel.

Baltas, G. & Saridakis, C. (2013), “An empirical investigation of the impact of behavioural and psychographic consumer characteristics on car preferences: An integrated model of car type choice”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 54, pp. 92–110.

Bamberg, S. & Lüdemann, C. (1996), “Eine Überprüfung der Theorie des geplanten Verhaltens in zwei Wahlsituationen mit dichotomen Handlungsalternativen: Rad vs. PKW und Container vs. Hausmüll”, *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, Vol. 27, pp. 32–46.

Bamberg, S. & Möser, G. (2007), “Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour”, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 27, pp. 14–25.

Bamberg, S. & Schmidt, P. (1993), “Verkehrsmittelwahl – eine Anwendung der Theorie des geplanten Verhaltens”, *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, Vol. 24, pp. 25–37.

Bayes, T. (1763), “An Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 53, pp. 370–418.

Beck, A. (2004), “Die Einkaufsstättenwahl von Konsumenten unter transaktionskostentheoretischen Gesichtspunkten. Theoretische Grundlegung und empirische Überprüfung mittels der Adaptiven Conjoint-Analyse”, *Dissertation*, Universität Passau, 2004.

Ben-Akiva, M.E., Walker, J.L., Bernardino, A.T., Gopinath, D.A., Morikawa, T. & Polydoropoulou, A. (2002), “Integration of choice and latent variable models”, *In: Mahmassan, H.S.: In Perpetual motion: travel behavior research opportunities and application challenges. Pergamon, Oxford: Elsevier*, pp. 431–470.

Bettman, J.R., Luce, M.F. & Payne, J.W. (1998), “Constructive Consumer Choice Processes”, *Journal of Consumer Research*, Vol. 25 No. 3, pp. 187–217.

Bortz, J. & Döring, N. (2005), *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler,* 3rd ed., Springer.

Box, G., Hunter, W.G. & Hunter, S. (1978), *Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building,* 1st ed., John Wiley & Sons, Ltd.

Breffle, W.S. & Morey, E.R. (2000), “Investigating Preference Heterogeneity in a Repeated Discrete-Choice Recreation Demand Model of Atlantic Salmon Fishing”, *Marine Resource Economics*, Vol. 15 No. 1, pp. 1–20.

Brusch, M. (2005), *Präferenzanalyse für Dienstleistungsinnovationen mittels multimedialgestützter Conjointanalyse, Gabler-Edition Wissenschaft*, 1st ed., Dt. Univ.-Verl.

Bunch, D.S., Bradley, M., Golob, T.F., Kitamura, R. & Occkiuzzo, R. (1993), “Demand for clean-fuel vehicles in California: A discrete-choice stated preference pilot project”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 27 No. 3, pp. 237–253.

Bunch, D.S., Louviere, J.J. & Anderson, D.A. (1996), “A Comparison of Experimental Design Strategies for Multinominal Logit Models: The Case of Generic Attributes”, Working Paper, University of California.

Bundesministerium der Finanzen (2014), “Steuerhöhe. Befristete abweichende Steuersätze für Erdgase und Flüssiggase als Kraftstoff”, http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verbrauchsteuern/Energie/Grundsaetze-Besteuerung/Steuerhoehe/steuerhoehe_node.html (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011), “Elektromobilität – Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter”, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/VerkehrUndMobilitaet/elektromobilitaet-deutschland-als-leitmarkt-und-leitanbieter.pdf?__blob=publicationFile (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Bundesregierung (2009), “German Federal Government’s National Electromobility Development Plan”, http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/27978/publicationFile/ (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Bundesregierung (2013), “Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD”, http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=2FFA0DD2E26E176071F352EA1E9D1BF4.s3t2?__blob=publicationFile&v=2 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Bundesverband CarSharing (2014), “Jahresbericht des bcs 2013/14”,http://carsharing.de/sites/default/files/uploads/ueber_den_bcs/pdf/bcs-jahresbericht-2013_14-_final.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Bundesverband Deutscher Leasing-Unternehmen (2013), “Leasing 2012/13. Jahresbericht des BDL”, http://downloads.leasingverband.de/fileadmin/internet/downloads/2013-08-01_jahresbericht_2012_2013.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Burgess, L. & Street, D.J. (2003), “Optimal Designs for 2 k Choice Experiments”, *Communications in Statistics – Theory and Methods*, Vol. 32 No. 11, pp. 2185–2206.

Campbell, A.R., Ryley, T. & Thring, R. (2012), “Identifying the early adopters of alternative fuel vehicles: A case study of Birmingham, United Kingdom”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 46 No. 8, pp. 1318–1327.

Carson, R.T., Louviere, J.J. & Anderson, D.A. (1994), “Experimental Analysis of Choice”, *Marketing Letters*, Vol. 5 No. 4, pp. 351–367.

Castanier, C., Deroche, T. & Woodman, T. (2013), “Theory of planned behaviour and road violations: The moderating influence of perceived behavioural control”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 18, pp. 148–158.

Chapman, C.N., Alford, J.L., Johnson, C., Weidemann, R. & Lahav, M. (2009), “CBC vs. ACBC: Comparing Results with Real Product Selection”, http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/chapman09.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Chargemap (2014), “Statistiken über Ladestationen in Germany. Anzahl der Ladestationen und der Anschlüsse in den letzten 12 Monaten”, http://de.chargemap.com/stats/germany (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Charness, G., Gneezy, U. & Kuhn, M.A. (2012), “Experimental methods: Between-subject and within-subject design”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 81 No. 1, pp. 1–8.

Choo, S. & Mokhtarian, P.L. (2004), “What type of vehicle do people drive? The role of attitude and lifestyle in influencing vehicle type choice”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 38 No. 3, pp. 201–222.

Chrzan, K. & Orme, B.K. (2000), “An Overview and Comparison of Design Strategies for Choice-Based Conjoint Analysis”, *Sawtooth Software Research Paper Series*.

Cronbach, L.J. (1951), “Coefficient alpha and the internal structure of tests”, *Psychometrica*, Vol. 16 No. 3, pp. 297–334.

Cullinane, Sharon (1992), “Attitudes toward the car in the U.K.: Some implications for policies on congestion and the environment”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, No. 26, pp. 291–301.

Cunningham, C.E., Deal, K. & Chen, Y. (2010), “Adaptive Choice-Based Conjoint Analysis”, *The Patient*, Vol. 3 No. 4, pp. 257–273.

Currim, I.S., Weinberg, C.B. & Wittink, D.R. (1981), “Design of Subscription Programs for a Performing Arts Series”, *Journal of Consumer Research*, Vol. 8 No. 1, pp. 67–75.

Dall'Olmo Riley, F., Pina, J.M. & Bravo, R. (2013), “Downscale extensions: Consumer evaluation and feedback effects”, *Journal of Business Research*, Vol. 66 No. 2, pp. 196–206.

Danthurebandara, V.M., Vandebroek, M. & Yu, J. (2013), “Integrated mixed logit and latent variable models”, *Marketing Letters*, Vol. 24 No. 3, pp. 245–259.

Davis, F., Bagozzi, P. & Warshaw, P. (1989), “User acceptance of computer technology – a comparison of two theoretical models’”, *Management Science*, Vol. 35 No. 8, pp. 982–1003.

Delbosc, A. & Currie, G. (2014), “Using discussion forums to explore attitudes toward cars and licensing among young Australians”, *Transport Policy*, Vol. 31, pp. 27–34.

Der Bund (2014), “VW-Konzern forciert Erdgasautos”, http://www.derbund.ch/wirtschaft/VWKonzern-forciert-Erdgasautos------/story/14756833 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Diekmann, A. (2013), *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen,* 7th ed., Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Dimitropoulos, A., Rietveld, P. & Ommeren, Jos N. van (2013), “Consumer valuation of changes in driving range: A meta-analysis”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 55 No. 0, pp. 27–45.

Ding, M. (2007), “An Incentive-Aligned Mechanism for Conjoint Analysis”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 2007 No. 24, pp. 214–223.

Ding, M., Greval, R. & Liechty, J. (2005), “Incentive-Aligned Conjoint Analysis”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 2005 No. 42, pp. 67–82.

Domencich, T. & McFadden, D. (1975), *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis,* 1st ed., North-Holland Publishing Co.

Eckstein, L. & Thoennes, M. (2012), “Early Adoption von Brennstoffzellenfahrzeugen? Mehrpreisbereitschaft von Privatkunden in Deutschland”, *ZfAW*, No. 4, pp. 27–34.

Edwards, R., Larive, J.-F. and Beziat, J.-C. (2011), “Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context”, http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu.about-jec/files/documents/wtw3_wtw_report_eurformat.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Egbue, O. & Long, S. (2012), “Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions”, *Energy Policy*, Vol. 48, pp. 717–729.

Eggers, F. (2007), “A Tutorial for Efficient Choice Set Designs”, Research Papers on Marketing and Retailing, University of Hamburg.

Eggers, F. & Eggers, F. (2011), “Where have all the flowers gone? Forecasting green trends in the automobile industry with a choice-based conjoint adoption model”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 78 No. 1, pp. 51–62.

Eggers, F. & Sattler, H. (2009), “Hybrid individualized two-level choice-based conjoint (HIT-CBC): A new method for measuring preference structures with many attribute levels”, *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 26 No. 2, pp. 108–118.

Eggers, F. & Sattler, H. (2011), “Preference Measurement with Conjoint Analysis. Overview of State-of-the-Art Approaches and recent developments”, *GfK Marketing Intelligence Review*, No. 3, pp. 36–47.

Enneking, U. (2003), “Die Analyse von Lebensmittelpräferenzen mit Hilfe von Discrete-Choice-Modellen am Beispiel ökologisch produzierter Wurstwaren”, *Agrarwirtschaft*, Vol. 52 No. 3, pp. 254–267.

Erdgas Mobil (2014), “Die Auswahl an Erdgasfahrzeugen ist groß”, http://www.erdgas-mobil.de/privatkunden/vielseitig/ (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Europäische Kommission (2012), “Future Brief: Green Behaviour”, *Science for Environment Policy*, No. 4.

Ewing, G. & Sarigöllü, E. (2000), “Assessing Consumer Preferences for Clean-Fuel Vehicles: A Discrete Choice Experiment”, *Journal of Public Policy & Marketing*, Vol. 19 No. 1, pp. 106–118.

Frederick, S. & Fischhoff, B. (1998), “Scope (in)sensitivity in elicited valuations”, *Risk Decision and Policy*, Vol. 3 No. 2, pp. 109–123.

Fujii, S. & Gärling, T. (2003), “Application of attitude theory for improved predictive accuracy of stated preference methods in travel demand analysis”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 37 No. 4, pp. 389–402.

Gedenk, K. & Sattler, H. (2009), “Range Effects in Measuring Attribute Importance”, *Marketing ZFP: Journal of Research and Management*, Vol. 5 No. 1, pp. 17–26.

Gelman, A. (2004), *Bayesian data analysis, Texts in statistical science,* 2nd ed., Chapman & Hall/CRC.

Gilbride, T. & Allenby, G.M. (2004), “A Choice Model with Conjunctive, Disjunctive, and Compensatory Screening Rules”, *Marketing Science*, Vol. 23 No. 3, pp. 391–406.

Goerdt, T. (1999), “Die Marken- und Einkaufsstättentreue der Konsumenten als Bestimmungsfaktoren des vertikalen Beziehungsmarketing: Theoretische Grundlegung und empirische Analysen für das Category Management”*, Schriften zum innovativen Marketing*, 1st ed., GIM-Verlag.

Green, P.E., Krieger, A. & Wind, Y. (2001), “Thirty Years of Conjoint Analysis: Reflections and Prospects”, *Interfaces*, Vol. 31 No. 3, pp. 56–73.

Greenwald, A.G. (1976), “Within-Subjects Designs: To Use or Not To Use?”, *Psychological Bulletin*, Vol. 83 No. 2, pp. 314–320.

Hackbarth, A. and Madlener, R. (2013), “Consumer preferences for alternative fuel vehicles: A discrete choice analysis”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 25 No. 0, pp. 5–17.

Hahn, C. (1997), Conjoint- und Discrete Choice-Analyse als Verfahren zur Abbildung von Präferenzstrukturen und Produktauswahlentscheidungen: Ein theoretischer und computergestützter empirischer Vergleich*, Betriebswirtschaftliche Schriftenreihe*, 1st ed., Lit.-Verlag.

Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. & Anderson, R.E. (2010), *Multivariate data analysis,* 7th ed., Pearson.

Hartl, J. (2008), Die Nachfrage nach genetisch veränderten Lebensmitteln: Anwendung neuerer Entwicklungen der Discrete-Choice-Analyse zur Bewertung genetisch veränderter Lebensmittel mit Output-Traits*, Gießener Schriften zur Agrar- und Ernährungswirtschaft*, Vol. 34, DLG-Verlag.

Hartmann, A. & Sattler, H. (2004), “Wie robust sind Methoden zur Präferenzmessung?”, *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Vol. 56 No. 4, pp. 3–22.

Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J.H. (2013), *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction, Springer Series in Statistics,* 10th ed., Springer.

Hastings, W.K. (1970), “Monte Carlo Sampling Methods Using Markov Chains and their Applications”, *Biometrika*, Vol. 57 No. 1, pp. 97–109.

Heidbrink, M. (2007), “Reliabilität und Validität von Verfahren der Präferenzmessung”, Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2007.

Hein, J.A. (2002), Präferenzmessung von Anlegern: Verfahren der Entscheidungsunterstützung im Portfolio-Management und in der Anlageberatung*, Europäische Hochschulschriften Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft*, Vol. 2897, P. Lang.

Heine, H., Mautz, R. & Rosenbaum, W. (2001), Mobilität im Alltag: Warum wir nicht vom Auto lassen, Campus Verlag.

Heinzle, S.L., Boey Ying Yip, A. & Low Yu Xing, M. (2013), “The Influence of Green Building Certification Schemes on Real Estate Investor Behaviour: Evidence from Singapore”, *Urban Studies*, Vol. 50 No. 4, pp. 1–18.

Helm, R., Steiner, M., Scholl, A. & Manthey, L. (2008), “A Comparative empirical study on common methods for measuring preferences”, *International Journal Management and Decision Making*, Vol. 9 No. 3, pp. 242–265.

Hensher, D.A. & Greene, W.H. (2003), “The mixed logit model: the state of practice”, *Transportation Research*, Vol. 30 No. 2, pp. 133–176.

Hensher, D.A., Rose, J.M. & Greene, W.H. (2007), Applied choice analysis*,* 3rd ed., Cambridge University Press.

Hoen, A. and Koetse, M.J. (2014), “A choice experiment on alternative fuel vehicle preferences of private car owners in the Netherlands”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 61, pp. 199–215.

Höser, H. (1998), Kontextabhängige Präferenzen: Die Relativität von Präferenzurteilen und ihre Bedeutung für Kaufentscheidungen von Konsumenten*,* 1st ed., P. Lang.

Howard, J.A. (1994), *Consumer behavior in marketing strategy,* 2nd ed., Prentice-Hall.

Huber, J. & Zwerina, K. (1996), “The importance of utility balance in efficient choice designs.”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 33 No. 3, pp. 307–317.

Hunecke, M., Haustein, S., Bohler, S. & Grischkat, S. (2010), “Attitude-Based Target Groups to Reduce the Ecological Impact of Daily Mobility Behavior”, *Environment and Behavior*, Vol. 42 No. 1, pp. 3–43.

Initiative Erdgasmobilität (2014), “2. Zwischenbericht. Berichtszeitraum 2012/2013”, http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Verkehr/Dokumente/20140508_Initiative_Erdgasmobilitaet_2ZB.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Jansson, J. (2011), “Consumer eco-innovation adoption: assessing attitudinal factors and perceived product characteristics”, *Business Strategy and the Environment*, Vol. 20 No. 3, pp. 192–210.

Jensen, A.F., Cherchi, E. & Mabit, S.L. (2013), “On the stability of preferences and attitudes before and after experiencing an electric vehicle”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 25, pp. 24–32.

Jervis, S.M., Ennis, J.M. & Drake, M.A. (2012), “A Comparison of Adaptive Choice-Based Conjoint and Choice-Based Conjoint to Determine Key Choice Attributes of Sour Cream with Limited Sample Size”, *Journal of Sensory Studies*, Vol. 27, pp. 451–462.

Johns, K.D., Khovanova, K.M. & Welch, E.W. (2008), “Fleet Conversion in Local Government: Determinants of Driver Fuel Choice for Bi-Fuel Vehicles”, *Environment and Behavior*, Vol. 41 No. 3, pp. 402–426.

Johnson, R.M. (1987), “Adaptive Conjoint Analysis”, *Sawtooth Software Conference Proceedings on Perceptual Mapping, Conjoint Analysis, and Computer Interviewing*, pp. 253–265.

Johnson, R.M. & Orme, B.K. (2007), “A New Approach to Adaptive CBC”, http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/acbc10.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Johnson, R.M. & Orme, B.K. (2010), “Including Holdout Choice Tasks in Conjoint Studies”, http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/inclhold.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Kaltenborn, T. (2012), “VALCA: Validating Conjoint Analysis – Evidence from the German Telecomunication Market”, *In: Vrontis, D. (Ed.): Building new business models for success through competitiveness and responsibility: Conference readings book proceedings, EuroMed Press, [S. l.]*, pp. 855–867.

Kauermann, G. & Küchenhoff, H. (2011), Stichproben: Methoden und praktische Umsetzung mit R, 1st ed., Springer.

Knez, M., Jereb, B. & Obrecht, M. (2014), “Factors influencing the purchasing decisions of low emission cars: A study of Slovenia”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 30, pp. 53–61.

Koch, K.-R. (2007), Introduction to Bayesian statistics, 2nd ed., Springer.

Kohler, S. (2013), “Erdgasmobilität nimmt Fahrt auf, aber viel bleibt noch zu tun”, *ZfAW*, No. 2, pp. 24–32.

Koop, G. (2003), *Bayesian econometrics,* 1st ed., John Wiley & Sons, Ltd.

Koop, G., Poirier, D.J. & Tobias, J.L. (2007), Bayesian econometric methods, Econometric exercises, Vol. 7, Cambridge University Press.

Kraftfahrtbundesamt (2013a), “Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen”, 1. Januar 2013, http://www.kba.de/cln_031/nn_269000/SharedDocs/Publikationen/FZ/2013/fz13__2013_ _pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fz13_2013_pdf.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Kraftfahrtbundesamt (2013b), “Fahrzeugzulassungen (FZ). Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen”, Jahr 2012, http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2012/fz7_2012_ pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Kraftfahrtbundesamt (2013c), “Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2013 gegenüber 1. Januar 2012 nach Segmenten und Modellreihen. Zulassungen ab 1990”, http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2013/fz12_2013 _pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Kraftfahrtbundesamt (2014), “Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Jahr 2013 nach Bundesländern und ausgewählten Kraftstoffarten absolut”, http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/2013_n_umwelt_dusl _absolut.html?nn=652326 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Kroeber-Riel, W., Weinberg, P. & Gröppel-Klein, A. (2009), Konsumentenverhalten, 9th ed., Vahlen.

Kuhfeld, W.F., Tobias, R.D. & Garratt, M. (1994), “Efficient Experimental Design with Marketing Research Applications”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 31 No. 3, pp. 545–557.

Lambert-Pandraud, R., Laurent, G. & Lapersonne, E. (2005), “Repeat Purchasing of New Automobiles by Older Consumers: Empirical Evidence and Interpretations”, *Journal of Marketing*, Vol. 69 No. 2, pp. 97–113.

Latouche, S. (2009), Farewell to Growth, 1st ed., Cambridge: Polity Press.

Lehnert, M. (2009), Präferenzanalyse ethischer Produkte: Eine verhaltenswissenschaftliche Analyse am Beispiel von Bio und Fairtrade*,* 1st ed., Kovač.

Lienert G. A. and Raatz, U. (1969), Testaufbau und Testanalyse*,* 2nd ed., Beltz.

Lienkamp, M. (2012), Elektromobilität: Hype oder Revolution?*, SpringerLink Bücher*, 1st ed. Springer.

Little, I. (1949), “A reformulation of the theory of consumer behavior”, *Oxford Economic Papers*, No. 1, pp. 90–133.

Löhndorf, B. (2014), “Tesla ebnet den Weg ins Elektroauto-Zeitalter”, http://www.energieverbraucherportal.de/210.html?&cHash=4e40454b8a&tx_ttnews[backPid]=224&tx_ttnews[tt_news]=1636 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Louviere, J.J., Hensher, D.A. & Swait, J.D. (2004), *Stated choice methods: Analysis and applications,* 3rd ed., Cambridge University Press.

Lusk, J.L. & Norwood, F.B. (2005), “Effect of Experimental Design on Choice-Based Conjoint Valuation Estimates”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 87 No. 3, pp. 771–785.

McFadden, D. (1974), “Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior”, *In: Zarembka, P. (Ed.): Frontiers in Econometrics, Academic Press, New York.*

McNemar, Q. (1947), “Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages”, *Psychometrica*, Vol. 12 No. 2, pp. 153–157.

Meißner, M., Decker, R. & Adam, N. (2011), “Ein empirischer Validitätsvergleich zwischen Adaptive Self-Explicated Approach (ASE), Pairwise Comparison-based Preference Measurement (PCPM) und Adaptive Conjoint Analysis (ACA)”, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Vol. 81 No. 4, pp. 423–446.

Metropolis, N., Rosenbluth, A.W., Marshall N., Teller, A. & Teller, E. (1953), “Equations of State Calculations by Fast Computing Machines”, *Journal of Chemical Physics*, Vol. 21 No. 6, pp. 1087–1092.

Mischner, J., Förster, F., Kraft, B. & Heimann, S. (2007), “Zur Ökoeffizienz von Erdgasfahrzeugen”, *GWF: Gas, Erdgas*, Vol. 148 No. 7-8, pp. 428–433.

Moore, W.L. (2004), “A cross-validity comparison of rating-based and choice-based conjoint analysis models”, *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 21 No. 3, pp. 299–312.

Narteh, B., Odoom, R., Braimah, M. & Buame, S. (2012), “Key drivers of automobile brand choice in sub-Saharan Africa: the case of Ghana”, *Journal of Product & Brand Management*, Vol. 21 No. 7, pp. 516–528.

Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (2014), “Industrieinitiative arbeitet am Aufbau eines Wasserstofftankstellennetzes für Brennstoffzellenfahrzeuge in Deutschland”, http://www.now-gmbh.de/de/mobilitaet/mobilitaet-von-morgen/autos-busse-und-oeffentlichetankstellen/h2-mobility-aufbau-eines-wasserstofftankstellennetzes-fuer-deutschland.html (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Netzer, O. & Srinivasan, V. (2011), “Adaptive Self-Explication of Multiattribute Preferences”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 28, pp. 140–156.

Nieschlag, R., Dichtl, E. & Hörschgen, H. (2002), Marketing*,* 19th ed., Duncker und Humblot.

Nist/Sematech (2007), “e-Handbook of Statistical Methods”, http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri3347.htm (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Nitzsch, R. von & Weber, M. (1993), “The Effect of Attribute Ranges on Weights in Multiattribute Utility Measurements”, *Management Science*, Vol. 39 No. 8, pp. 937–943.

Orme, B.K. (2006), Getting started with conjoint analysis: Strategies for product design and pricing research, 1st ed., Research Publishers, LLC.

Orme, B.K. & Howell, J. (2009), “Application of Covariates Within Sawtooth Software's CBC/HB Program: Theory and Practical Example”, http://www.sawtoothsoftware.com/support/technical-papers/hierarchical-bayes-estimation/application-of-covariates-within-sawtooth-software-s-cbc-hb-program-theory-and-practical-example-2009 (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Orme, B.K. & Johnson, R.M. (2008a), “Improving K-Means Cluster Analysis: Ensemble Analysis instead of Highest Reproducibility Replicates”, http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/improvingkmeans.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Orme, B.K. & Johnson, R.M. (2008b), “Testing Adaptive CBC: Shorter Questionnaires and BYO vs. “Most Likelies””, http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/acbc3home.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Pander, J. (2013), “E-Mobilität in Norwegen: Das verstromte Land”, http://www.spiegel.de/auto/aktuell/elektromobilitaet-in-norwegen-hauptsache-strom-a-913867.html (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Pander, J. (2014), “Toyotas Serienauto mit Brennstoffzelle: Wasserstoff marsch”, http://www.spiegel.de/auto/aktuell/toyota-mit-wasserstoff-antrieb-fcv-faehrt-mit-brennstoffzelle-a-977331.html (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Peters, A. (2009), “How do people buy fuel-efficient cars?”, University of Zurich.

Peters, D. (2011), Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix: Handlungsbedarf und Lösungen für eine beschleunigte Etablierung im Verkehr, Aktualisierte Fassung, Stand: September 2011, Dt. Energie-Agentur.

Petschnig, M., Heidenreich, S. & Spieth, P. (2014), “Innovative alternatives take action – Investigating determinants of alternative fuel vehicle adoption”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 61, pp. 68–83.

Puls, T. (2006), Alternative Antriebe und Kraftstoffe: Was bewegt das Auto von morgen?, *IW-Analysen*, Nr. 15, Dt. Inst.-Verl.

Randall, D.M. & Wolff, J.A. (1994), “The time interval in the intention-behaviour relationship: Meta-analysis”, *The British Journal of Social Psychology*, Vol. 33 No. 4, pp. 405–418.

Rijnsoever, F.v., Farla, J. & Dijst, M.J. (2009), “Consumer car preferences and information search channels”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14 No. 5, pp. 334–342.

Rossi, P.E. (2013), “Bayesian Inference for Marketing/Micro-econometrics”, http://cran.r-project.org/web/packages/bayesm/bayesm.pdf (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Rossi, P.E. & Allenby, G.M. (1993), “A Bayesian Approach to Estimating Household Parameters”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 30 No. 2, pp. 171–182.

Rossi, P.E. & Allenby, G.M. (2003), “Bayesian Statistics and Marketing”, *Marketing Science*, Vol. 22 No. 3, pp. 304–328.

Rossi, P.E., Allenby, G.M. & McCulloch, R.E. (2012), *Bayesian Statistics and Marketing, Wiley Series in Probability and Statistics*, John Wiley & Sons, Ltd.

Rouvinen, S. & Matero, J. (2013), “Stated preferences of Finnish private homeowners for residential heating systems: A discrete choice experiment”, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 57, pp. 22–32.

Rust, H. (2011), Autoträume der jungen Generation: Lehren für das strategische Management*,* 1st ed., VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Sammer, K. (2007), “Der Einfluss von Ökolabelling auf die Kaufentscheidung. Evaluation der Schweizer Energieetikette mittels Discrete-Choice-Experimenten”, Universität St. Gallen.

Sattler, H. (2006), “Methoden zur Messung von Präferenzen für Innovationen”, *Research Papers of Marketing and Retailing,* University of Hamburg.

Sawtooth Software (2008), “CCEA v3. Software for Convergent Cluster & Ensemble Analysis”, http://www.sawtoothsoftware.com/support/manuals/ccea-help (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Sawtooth Software (2009a), “The Adaptive Choice-Based Conjoint (ACBC) Technical Paper”, *Sawtooth Software – Technical Paper Series*.

Sawtooth Software (2009b), “The CBC/HB System for Hierarchical Bayes Estimation. Version 5.0 Technical Paper”, *Sawtooth Software – Technical Paper Series*.

Sawtooth Software (2012), “SSI Web Help Manual. Software for Web Interviewing and Conjoint Analysis”, http://www.sawtoothsoftware.com/support/manuals (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Scharf, A., Schubert, B. & Volkmer, H.-P. (1996), “Conjointanalyse und Multimedia. Überprüfung von Produktkonzepten für neue Nahrungs- und Genußmittel mittels multimedialer adaptiver Conjointanalyse”, *Planung und Analyse*, No. 6, pp. 26–31.

Schneider, A. & Groesser, S. (2013), “Elektromobilitaet: Ist das Elektrofahrzeug ein disruptive Innovation?”, *ZfAW*, No. 1, pp. 34–42.

Schnell, R., Esser, E. & Hill, P.B. (1995), Methoden der empirischen Sozialforschung, Oldenbourg.

Schubert, B. (1991), Entwicklung von Konzepten für Produktinnovationen mittels Conjointanalyse*, Betriebswirtschaftliche Abhandlungen*, 1st ed., C.E. Poeschel.

Schwartz, S.H. (1977), “Normative Influences on Altruism”, *Advances in Experimental Social Science*, Vol. 10, pp. 221–279.

Simms, C. & Trott, P. (2006), “The perceptions of the BMW Mini brand: the importance of historical associations and the development of a model”, *Journal of Product & Brand Management*, Vol. 15 No. 4, pp. 228–238.

Simon, H.A. (1955), “A Behavioral Model of Rational Choice”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 69, pp. 99–118.

Simon, H.A. (1990), “Invariants of Human Behavior”, *Annual Review of Psychology*, Vol. 41, pp. 1–19.

Spiegel Online (2014), “Fünf-Milliarden-Dollar-Fabrik: Tesla geht nach Nevada”, http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/tesla-waehlt-nevada-als-standort-fuer-batteriefabrik-a-989753.html (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Stan, C. (2012), Alternative Antriebe für Automobile: Hybridsysteme, Brennstoffzellen, alternative Energieträger*, SpringerLink Bücher,* 3rd ed., Springer.

Steg, L. (2005), “Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 39 No. 2-3, pp. 147–162.

Steg, L., Vlek, C. & Slotegraaf, G. (2001), “Instrumental-reasoned and symbolic-affective motives for using a motor car”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 4 No. 3, pp. 151–169.

Steiner, M. (2007), Nachfrageorientierte Präferenzmessung: Bestimmung zielgruppenspezifischer Eigenschaftssets auf Basis von Kundenbedürfnissen, 1st ed., Dt. Univ.-Verl.

Struwe, R. (2011), Kundenpräferenzen im Spannungsfeld technologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen am Anbeginn einer Zeitenwende in der Automobilindustrie: Eine Analyse mit dem Blick auf die Reduktion von CO2-Emissionen, 1st ed., Logos.

Telser, H. (2002), Nutzenmessung im Gesundheitswesen: Die Methode der Discrete-choice-Experimente, *Schriftenreihe volkswirtschaftliche Forschungsergebnisse*, 1st ed., Kovač.

Temme, D., Paulssen, M. & Dannewald, T. (2008), "Incorporating Latent Variables into Discrete Choice Models – A Simultaneous Estimation Approach Using SEM Software", *BuR – Bisiness Research*, Vol. 1 No. 2, pp. 220–237.

Thaden, C.v. (2002), Conjoint-Analyse mit vielen Merkmalen: Monte-Carlo-Untersuchung einer gebrückten Conjoint-Analyse, 1st ed., P. Lang.

Toubia, O., Hauser, J.R. & Garcia, R. (2007), "Probabilistic Polyhedral Methods for Adaptive Choice-Based Conjoint Analysis: Theory and Application", *Marketing Science*, Vol. 26 No. 5, pp. 596–610.

Toubia, O., Hauser, J.R. & Simester, D.J. (2004), "Polyhedral Methods for Adaptive Choice-Based Conjoint Analysis", *Journal of Marketing Research*, No. 16, pp. 116–131.

Train, K.E. (2009), Discrete choice methods with simulation, 2nd ed., Cambridge University Press.

Tran, M., Banister, D., Bishop, Justin D. K. & McCulloch, M.D. (2013), "Simulating early adoption of alternative fuel vehicles for sustainability", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 80 No. 5, pp. 865–875.

Trommsdorff, V., Bleicker, U. & Hildebrandt, L. (1980), "Nutzen und Einstellung", *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, Vol. 9 No. 6, pp. 269–276.

Turrentine, T.S. & Kurani, K.S. (2007), "Car buyers and fuel economy?", *Energy Policy*, Vol. 35 No. 2, pp. 1213–1223.

Umweltbundesamt (2013), "Quellen der Luftschadstoffe", http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen/quellen-der-luftschadstoffe (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Wee, B. van, Maat, K. & Bont, C. de (2012), "Improving Sustainability in Urban Areas: Discussing the Potential for Transforming Conventional Car-based Travel into Electric Mobility", *European Planning Studies*, Vol. 20 No. 1, pp. 95–110.

Weber, M., Eisenführ, F. & Winterfeldt, D.v. (1988), "The Effects of Splitting Attributes on Weights in Multiattribute Utility Measurement", *Management Science*, Vol. 34 No. 4, pp. 431–446.

Weiss, T. (2012), "Unser Auto von morgen. Studie zu den automobilen Wünschen der Europäer", *ZfAW*, No. 1, pp. 6–18.

Wertenbroch, K. & Skiera, B. (2002), "Measuring Consumers' Willingness to Pay at the Point of Purchase", *Journal of Marketing Research*, Vol. 39 No. 2, pp. 228–241.

Wirth, R. (2010), Best-Worst Choice-Based Conjoint-Analyse: Eine neue Variante der wahlbasierten Conjoint-Analyse, 1st ed., Tectum-Verl.

Wittink, D.R., Lakshman, K. & Reibstein, D. (1990), "The Effect of Differences in the Number of Attribute Levels on Conjoint Analysis", *Marketing Letters*, Vol. 1 No. 2, pp. 113–123.

Woodworth, R.S. (1929), Psychology: A Study of Mental Life, 1st ed., H. Holt.

Yetano Roche, M., Mourato, S., Fischedick, M., Pietzner, K. & Viebahn, P. (2010), “Public attitudes towards and demand for hydrogen and fuel cell vehicles: A review of the evidence and methodological implications”, *Energy Policy*, Vol. 38 No. 10, pp. 5301–5310.

Youtube (2014), “Renault Z.E. Zoe TV Spot”, http://www.youtube.com/watch?v=Gqy5-e5-ZOE (Letzter Zugriff: 17.11.2014).

Zenker, S., Eggers, F. & Farsky, M. (2013), “Putting a price tag on cities: Insights into the competitive environment of places”, *Cities*, Vol. 30, pp. 133–139.

Ziegler, A. (2012), “Individual characteristics and stated preferences for alternative energy sources and propulsion technologies in vehicles: A discrete choice analysis for Germany”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 46 No. 8, pp. 1372–1385.

# Anhang

## Anhang 1: Ergebnisse der Vorbefragung

Vorbefragung unter Studierenden, die sich in ihrem Studium mit den Themen „Automobile bzw. Verkehr“ befassen (Onlinefragebogen); Befragungszeitraum: Juni 2012; n=69

### Psychografische Merkmale

Zur Mittelwertberechnung wurden die fünf Antwortmöglichkeiten folgendermaßen codiert: 5 = „Stimme ich voll zu.“; 4 = „Stimme ich überwiegend zu.“; 3 = „Teils, teils.“; 2 = „Stimme ich überwiegend nicht zu.“; 1 = „Stimme ich überhaupt nicht zu.“

| Statement | Kennzahlen | |
|---|---|---|
| | Mittelwert | SD |
| Es gibt bereits heute attraktive Alternativen zu herkömmlichen Antriebssystemen. | 3,2 | 1,1 |
| Ich genieße es, ohne festes Ziel mit dem Auto herumzufahren. | 1,8 | 0,9 |
| Es ist mir wichtig, ein Auto zu fahren, das mir gefällt. | 3,7 | 1,1 |
| Wenn ich Auto fahre, fühle ich mich frei und unabhängig. | 3,7 | 1,1 |
| Autofahren macht mein Leben einfacher. | 4,4 | 0,8 |
| Ein Auto gibt Status und Prestige. | 2,8 | 1,2 |
| Autofahren macht Spaß. | 4,1 | 0,9 |
| Es ist mir wichtig, ein modernes Auto zu fahren. | 3,0 | 1,2 |
| Die vielen Staus und Verkehrsbehinderungen beeinträchtigen meine Freude am Autofahren. | 4,0 | 1,1 |
| Die meisten Autos am Markt haben einen zu hohen Kraftstoffverbrauch. | 4,0 | 0,9 |
| Durch die Dominanz des Autoverkehrs werden öffentliche Verkehrsmittel nicht genügend entwickelt. | 3,4 | 1,1 |
| Ein Auto hat für mich nur funktionellen Charakter. | 2,5 | 1,1 |
| Ich fühle mich durch den vom Autoverkehr erzeugten Lärm beeinträchtigt. | 2,6 | 1,1 |
| Ich kann mich für Technik sehr begeistern. | 3,9 | 1,0 |
| Ich wäre froh, wenn es nicht so viel Technik in der Welt gäbe. | 2,1 | 1,0 |
| Die Technik sollte dem Menschen mehr nützen als schaden. | 4,7 | 0,5 |
| Durch die Technisierung unseres Lebens bleibt der zwischenmenschliche Kontakt zunehmend auf der Strecke. | 3,0 | 1,1 |
| Ich weiß ganz gut Bescheid, was sich in der Technikentwicklung in den letzten Jahren getan hat. | 3,3 | 0,9 |
| Es gibt wenig, was ein normaler Bürger tun kann, um die weltweite Klimaerwärmung wirksam einzuschränken. | 2,4 | 0,8 |
| Die Auswirkungen des zunehmenden Personen- und Güterverkehrs auf die Umwelt bereiten mir große Sorge. | 3,7 | 0,9 |
| Umweltschutz interessiert mich nur wenig. | 1,6 | 0,7 |
| Ich kaufe häufig umweltfreundliche Produkte, auch wenn diese teurer sind als andere Produkte. | 3,2 | 1,0 |

| Statement | Kennzahlen | |
|---|---|---|
| | Mittelwert | SD |
| Wenn ich umweltbelastend handle, schade ich mir selbst. | 4,0 | 0,9 |
| Wir brauchen einen konsequenten Umstieg auf erneuerbare Energien. | 4,7 | 0,5 |
| Für die Klimaerwärmung ist vor allem der Mensch verantwortlich. | 4,3 | 0,8 |
| Es ist sinnvoll, strengere Gesetze zum Schutz der Umwelt zu erlassen. | 4,2 | 0,8 |
| Der Kauf eines Autos mit alternativem Antriebssystem ist eine kluge Entscheidung. | 4,0 | 0,9 |
| Wenn ich mich für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheide, gibt mir das ein gutes Gefühl. | 4,2 | 0,9 |
| Wenn ich mich für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheide, ist das für mich ökonomisch vorteilhaft. | 3,5 | 1,0 |
| Wenn ich mit dem Auto fahre, möchte ich so wenig Kraftstoff wie möglich verbrauchen. | 4,7 | 0,6 |
| Ich fühle mich verpflichtet, so häufig wie möglich auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen. | 3,0 | 1,1 |
| Ich sehe keine Notwendigkeit, mich beim Autofahren in irgendeiner Form einzuschränken. | 2,2 | 1,1 |
| Aus Gründen des Umweltschutzes fühle ich mich verpflichtet, das Auto so oft wie möglich stehen zu lassen. | 3,7 | 1,1 |
| Um Geld zu sparen, fühle ich mich verpflichtet, das Auto so oft wie möglich stehen zu lassen. | 3,9 | 1,0 |
| Unabhängig von der Entscheidung anderer Menschen denke ich, dass es richtig ist, ein Auto mit alternativem Antriebssystem zu kaufen. | 4,1 | 0,9 |
| Menschen, die mir wichtig sind, würden meine Entscheidung für ein Auto mit alternativem Antriebssystem befürworten. | 3,9 | 0,8 |
| Menschen, die mir wichtig sind, werden sich kurzfristig (d. h. innerhalb des nächsten Jahres) für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheiden. | 1,8 | 0,9 |
| Menschen, die mir wichtig sind, werden sich langfristig (d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für ein Auto mit alternativem Antriebssystem entscheiden. | 2,6 | 0,9 |
| Ich kann mir genügend Informationen beschaffen, um über den Kauf eines Autos mit alternativem Antriebssystem zu entscheiden. | 3,8 | 0,9 |
| Es gibt bereits heute Fahrzeuge mit alternativem Antriebssystem, die für mich attraktiv sind. | 2,9 | 1,0 |
| Aktuell ist es für mich nicht möglich, ein Auto mit alternativem Antriebssystem zu kaufen. | 4,3 | 1,2 |
| Um meinen beruflichen Verpflichtungen nachkommen zu können, muss ich sehr mobil sein. | 3,7 | 1,3 |
| Für meine Freizeitgestaltung ist Mobilität nicht entscheidend. | 2,2 | 1,0 |
| Die Organisation meines Alltags erfordert ein hohes Maß an Mobilität. | 3,5 | 1,1 |
| Der Kauf eines Autos ist für mich eine wichtige Entscheidung. | 4,3 | 0,9 |
| Das Thema alternative Antriebssysteme interessiert mich sehr. | 4,1 | 0,9 |
| Bei einem Autokauf würden für mich nur ein oder zwei Marken infrage kommen. | 2,1 | 1,2 |
| Ich interessiere mich für technische Neuheiten am Automarkt. | 3,7 | 1,0 |
| Bei einem Autokauf würde ich mich über umweltfreundliche Fahrzeuge informieren. | 4,4 | 0,7 |
| Bei einem Autokauf würde ich lange Zeit für die Kaufentscheidung brauchen. | 3,8 | 1,1 |
| Ich diskutiere regelmäßig mit anderen über Autos. | 2,7 | 1,3 |
| Werbung für Autos schenke ich keine große Beachtung. | 3,2 | 1,2 |
| Ich beabsichtige, mich langfristig (d.h. innerhalb der nächsten fünf Jahre) für den Kauf eines Autos mit alternativem Antriebssystem zu entscheiden. | 2,8 | 1,2 |
| Ich beabsichtige, mich kurzfristig (d. h. innerhalb des nächsten Jahres) für den Kauf eines Autos mit alternativem Antriebssystem zu entscheiden. | 1,7 | 1,0 |

Tabelle A.1: Ergebnisse der Vorbefragung zu psychografischen Faktoren

Quelle: Eigene Erhebung (2012)

## Wichtigkeit unterschiedlicher Fahrzeugattribute

| Produktattribut | Nennungen |
|---|---|
| Preis | 68 |
| Energiekosten pro 100 km | 49 |
| Qualität | 42 |
| Reichweite | 36 |
| Antriebssystem (z. B. Ottomotor, Diesel, Elektroantrieb, Erdgasantrieb) | 35 |
| Fahrverhalten / Fahrgefühl | 34 |
| $CO_2$-Emissionen | 33 |
| Sicherheitsausstattung | 33 |
| Versicherungskosten | 32 |
| Reparatur- und Wartungskosten | 30 |
| Design (z. B. sportlich, futuristisch, klassisch) | 27 |
| Leistung in kW | 22 |
| Fahrzeugklasse (z. B. Kleinwagen, Limousine, Sportwagen) | 19 |
| Kraftfahrzeugsteuer | 15 |
| Marke | 15 |
| Ladezeit (zur Befüllung des Tanks / der Batterie) | 13 |
| Zusatzausstattung (z. B. Aluminiumräder, Klimaautomatik, Ledersitze) | 11 |
| Beschleunigung | 10 |
| Effizienzklasse nach dem EU-Energielabel | 9 |
| Wiederverkaufswert | 9 |
| Service beim Händler | 8 |
| Höchstgeschwindigkeit | 2 |
| Summe | 552 |

Tabelle A.2: Ergebnisse der Vorbefragung zu kaufrelevanten Fahrzeugattributen

Quelle: Eigene Erhebung (2012)

# Anhang 2: Onlinefragebogen

In diesem Kapitel des Anhangs werden Auszüge aus dem Onlinefragebogen (Screenshots) präsentiert. Aufgrund des adaptiven hybriden Charakters der verwendeten Präferenzmessungsverfahren ACBC und HIT-CBC und der daraus resultierenden individuellen Fragebögen ist eine komplette Darstellung nicht möglich. Die zur Umfrageerstellung verwendete Datei steht auf Anfrage beim Autor zur Verfügung.

Alle in den Aufgaben verwendeten Symbole wurden mit Zusatzinformationen hinterlegt. Die Teilnehmer wurden zu Beginn der Befragung darauf hingewiesen, dass alle Symbole mit einer Mouse-over-Funktion ausgestattet sind und dass durch Bewegen der Maustaste auf das entsprechende Symbol Zusatzinformationen erscheinen. Die grüne Ampel beim Attribut „Reichweite“ wurden so zum Beispiel mit der Information „Reichweite 900 km“ versehen.

### Holdout-Aufgaben

**Zu Beginn der Befragung möchten wir Sie bitten, aus unterschiedlichen Angeboten Ihren Favoriten zu wählen.**

Stellen Sie sich dazu vor, dass Sie sich für ein neu eingeführtes Fahrzeugmodell der Kompaktklasse ("Golf-Klasse") entscheiden wollten und den Wagen **selbst bezahlen** müssten. Welches der hier vorliegenden Angebote würden Sie am ehesten wählen?

| | **Angebot 1** | **Angebot 2** | **Angebot 3** | **Angebot 4** |
|---|---|---|---|---|
| Marke/Hersteller | VW | Kia | BMW | Renault |
| Antrieb | | | | |
| Leistung | 63 kW (=86 PS) | 63 kW (=86 PS) | 105 kW (=143 PS) | 77 kW (=105 PS) |
| Reichweite in Kilometern | | | | |
| Verbrauch (Kosten je 100 km) | 4,50 € | 9,50 € | 7 € | 14,50 € |
| Ausstattung | ★★ | ★ | ★★ | ★ |
| Design | unauffällig | sportlich | futuristisch | klassisch |
| Anschaffungspreis | 21.240 € | 16.990 € | 26.490 € | 31.990 € |
| Ihre Wahl: | ○ | ○ | ○ | ○ |

Abbildung A.1: Choice-Task der ersten Holdout-Aufgabe

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

Welches der hier gezeigten Angebote würden Sie am ehesten wählen?

| | Angebot 1 | Angebot 2 | Angebot 3 | Angebot 4 |
|---|---|---|---|---|
| Marke/Hersteller | Toyota | BMW | Renault | VW |
| Antrieb | | | Diesel | Benziner |
| Leistung | 77 kW (=105 PS) | 105 kW (=143 PS) | 63 kW (=86 PS) | 77 kW (=105 PS) |
| Reichweite in Kilometern | | | | |
| Verbrauch (Kosten je 100 km) | 4,50 € | 7 € | 9,50 € | 14,50 € |
| Ausstattung | ★★ | ★ | ★ | ★★ |
| Design | unauffällig | sportlich | klassisch | futuristisch |
| Anschaffungspreis | 21.240 € | 36.990 € | 16.990 € | 26.490 € |
| Ihre Wahl: | ○ | ○ | ○ | ○ |

Abbildung A.2: Choice-Task der zweiten Holdout-Aufgabe

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

Welches Angebot würden Sie hier am ehesten wählen?

| | Angebot 1 | Angebot 2 | Angebot 3 | Angebot 4 |
|---|---|---|---|---|
| Marke/Hersteller | Kia | Toyota | BMW | VW |
| Antrieb | ERDGAS | | | Benziner |
| Leistung | 105 kW (=143 PS) | 63 kW (=86 PS) | 77 kW (=105 PS) | 105 kW (=143 PS) |
| Reichweite in Kilometern | | | | |
| Verbrauch (Kosten je 100 km) | 4,50 € | 7 € | 9,50 € | 14,50 € |
| Ausstattung | ★★ | ★★ | ★ | ★ |
| Design | unauffällig | futuristisch | klassisch | sportlich |
| Anschaffungspreis | 31.990 € | 26.490 € | 36.990 € | 31.990 € |
| Ihre Wahl: | ○ | ○ | ○ | ○ |

Abbildung A.3: Choice-Task der dritten Holdout-Aufgabe

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

**ACBC**

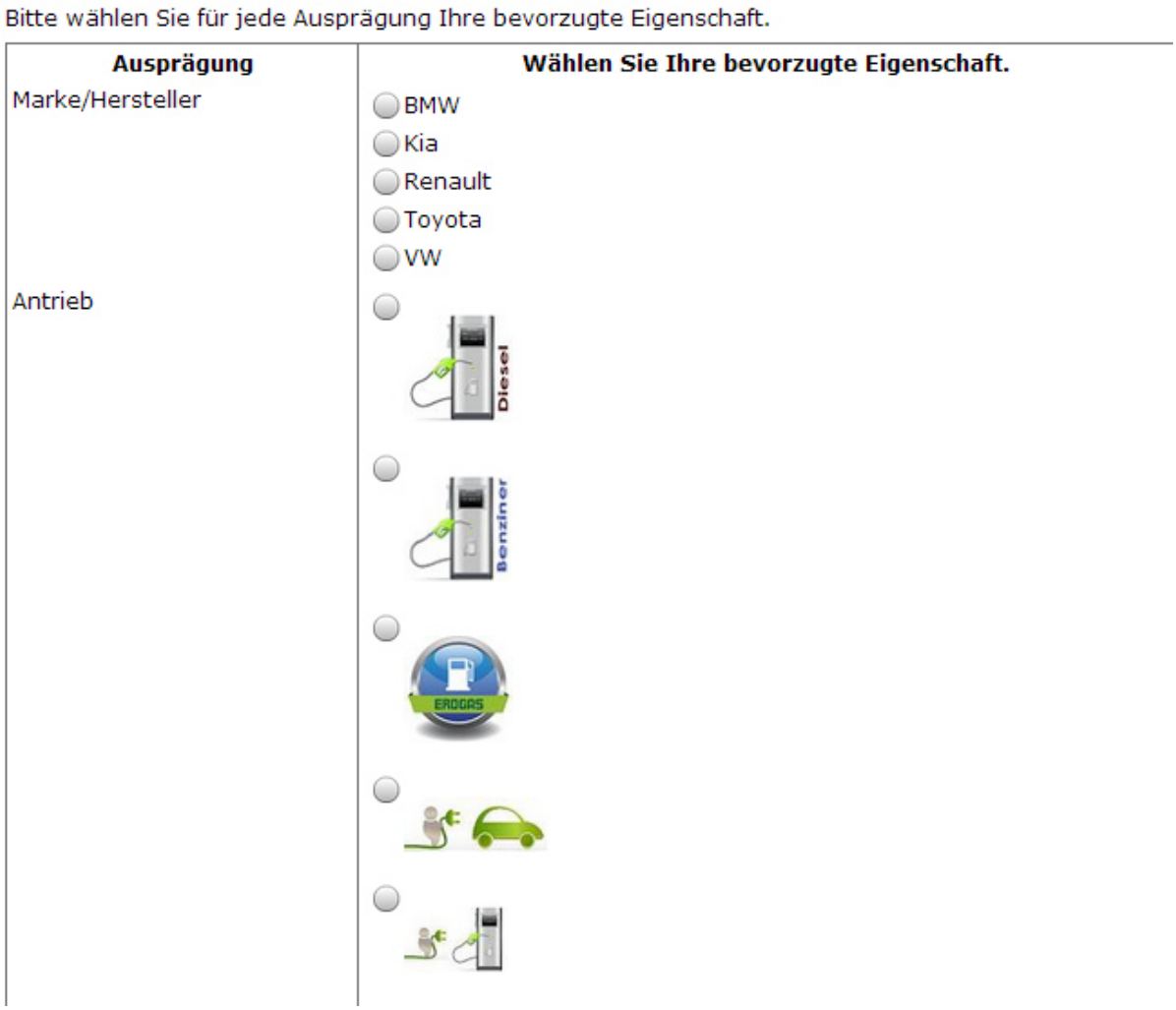


Abbildung A.4: ACBC: Identifikation der besten Ausprägungen (*BYO section)*

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

In Abbildung A.4 werden nur die beiden Attribute „Marke“ und „Antriebssystem“ dargestellt. Die restlichen sechs Attribute wurden analog abgefragt.

Stellen Sie sich vor, dass Sie sich für ein neu eingeführtes Fahrzeugmodell der Kompaktklasse ("Golf-Klasse") entscheiden wollten und den Wagen selbst bezahlen müssten. Entscheiden Sie für **jedes** Angebot, ob es für Sie grundsätzlich infrage kommt oder nicht.

(1 von 7)

| Marke/Hersteller | BMW | Toyota | Toyota | Toyota |
|---|---|---|---|---|
| Antrieb | | | | |
| Leistung | 77 kW ( = 105 PS ) | 105 kW ( = 143 PS ) | 77 kW ( = 105 PS ) | 77 kW ( = 105 PS ) |
| Design | sportlich | sportlich | klassisch | sportlich |
| Ausstattung | ★★ | ★★ | ★ | ★★ |
| Reichweite | | | | |
| Verbrauch (Kosten je 100 km) | 4,50 € | 4,50 € | 4,50 € | 9,50 € |
| Anschaffungspreis | 16.990 € | 26.490 € | 16.990 € | 31.990 € |
| | ○ Kommt infrage<br>○ Kommt nicht infrage | ○ Kommt infrage<br>○ Kommt nicht infrage | ○ Kommt infrage<br>○ Kommt nicht infrage | ○ Kommt infrage<br>○ Kommt nicht infrage |

Abbildung A.5: ACBC: Beispiel für die *screening section*

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

Wir haben festgestellt, dass Sie gewisse Eigenschaften vermieden haben. Ist eine der folgenden Eigenschaften für Sie **total ausgeschlossen**? Falls ja, markieren Sie bitte die **ausgeschlossenste**, wir können uns dann auf Ihre Wünsche konzentrieren.

- Verbrauch (Kosten je 100 km)

  - 7,00 €
- Anschaffungspreis - 26.490 €
- Anschaffungspreis - 21.240 €
- Anschaffungspreis - 36.990 €
- Design - unauffällig
- Design - klassisch
- Antrieb -

- Leistung - 63 kW ( = 86 PS )
- Marke/Hersteller - Kia
- Marke/Hersteller - VW
- Ausstattung -

- Keine ist **total ausgeschlossen**.

Abbildung A.6: ACBC: Beispiel für die Identifikation unakzeptabler Ausprägungen

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

Die Darstellung für die Identifikation von absoluten Muss-Ausprägungen (*must haves*) erfolgte analog und wird hier nicht dargestellt.

Stellen Sie sich vor, dass Sie sich für ein neu eingeführtes Fahrzeugmodell der Kompaktklasse ("Golf-Klasse") entscheiden wollten und den Wagen selbst bezahlen müssten. Welches dieser Produkte würden Sie am ehesten wählen? (Merkmale, die jeweils die gleiche Eigenschaft haben, wurden zur besseren Übersichtlichkeit grau hinterlegt.)

(1 von 5)

| Marke/Hersteller | BMW | VW | Toyota |
|---|---|---|---|
| Antrieb | | | |
| Leistung | 63 kW ( = 86 PS ) | 77 kW ( = 105 PS ) | 77 kW ( = 105 PS ) |
| Design | sportlich | sportlich | sportlich |
| Ausstattung | | | |
| Reichweite | | | |
| Verbrauch (Kosten je 100 km) | 4,50 € | 4,50 € | 4,50 € |
| Anschaffungspreis | 16.990 € | 16.990 € | 16.990 € |
| | | | |

Abbildung A.7: ACBC: Beispiel für Choice-Tasks

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

**HIT-CBC**

Bitte geben Sie die schlechteste und die beste Ausprägung für die Eigenschaft **Marke / Hersteller** an.

| | gefällt mir am wenigsten | gefällt mir am besten |
|---|---|---|
| BMW | | |
| Kia | | |
| Renault | | |
| Toyota | | |
| VW | | |

Bitte geben Sie die schlechteste und die beste Ausprägung für die Eigenschaft **Antrieb** an.

| | gefällt mir am wenigsten | gefällt mir am besten |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Abbildung A.8: HIT-CBC: Identifikation der besten und schlechtesten Ausprägungen

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

In Abbildung A.8 werden nur die beiden Attribute „Marke“ und „Antriebssystem“ dargestellt. Die restlichen sechs Attribute wurden analog abgefragt.

**Stellen Sie sich vor, dass Sie sich für ein neu eingeführtes Fahrzeugmodell der Kompaktklasse ("Golf-Klasse") entscheiden wollten und den Wagen selbst bezahlen müssten. Wenn die dargestellten Angebote die einzig verfügbaren wären, welches würden Sie am ehesten wählen?**

| | **Angebot 1** | **Angebot 2** | **Angebot 3** |
|---|---|---|---|
| Marke / Hersteller | Kia | Kia | BMW |
| Antrieb | | | |
| Leistung | 63 kW ( = 86 PS ) | 105 kW ( = 143 PS ) | 63 kW ( = 86 PS ) |
| Design | unauffällig | sportlich | unauffällig |
| Ausstattung | ★★ | ★ | ★★ |
| Reichweite | | | |
| Verbrauch (Kosten je 100 km) | 14,50 € | 14,50 € | 4,50 € |
| Kaufpreis | 16.990 € | 16.990 € | 36.990 € |
| | Ihre Wahl: ○ | ◉ | ○ |

Abbildung A.9: HIT-CBC: Beispiel für Choice-Tasks

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

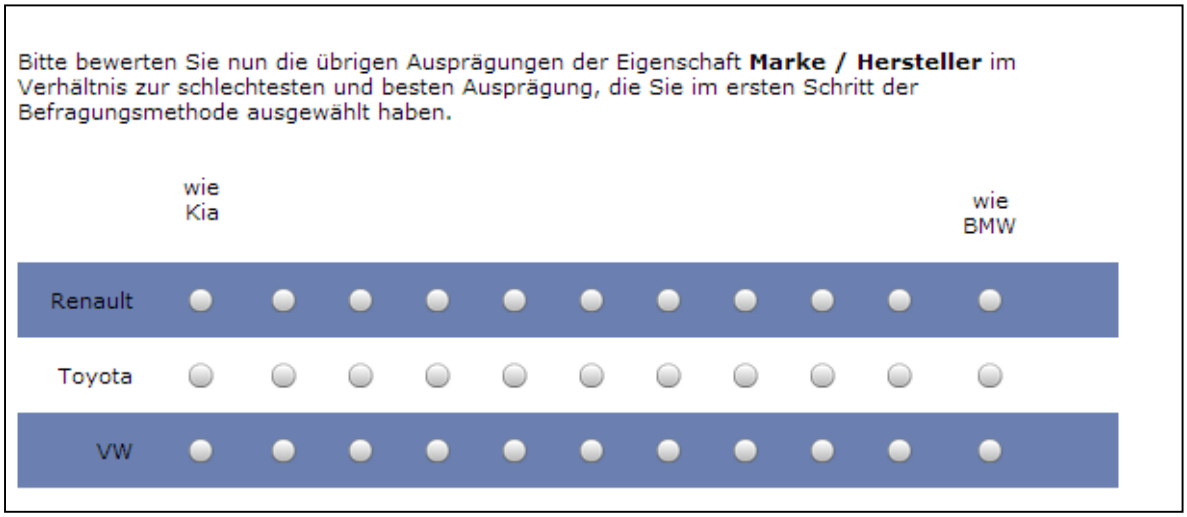


Abbildung A.10: HIT-CBC: Beispiel für die Rating-Aufgaben

Quelle: Eigene Darstellung (2012)

In Abbildung A.10 wird nur das Attribut „Marke“ dargestellt. Die restlichen Attribute wurden analog abgefragt.