



universität  
wien

# MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Präferenzmessungen in Verhandlungssituationen mit  
Fokus auf die Generierung kritischer Vergleichsbündel“

verfasst von

Gernot Pruschak BSc

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt

A 066 915

Studienrichtung lt. Studienblatt

Masterstudium Betriebswirtschaft

Betreut von / Supervisor:

o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Rudolf Vetschera

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	ii
Abbildungsverzeichnis .....	iii
Formelverzeichnis .....	iv
Tabellenverzeichnis .....	v
1. Einleitung .....	1
2. Literaturanalyse .....	4
2.1. Objektive Entscheidungsmaßstäbe .....	7
2.2. Präferenzberücksichtigende Entscheidungsmaßstäbe .....	13
2.3. Charakteristika von Nutzenfunktionen .....	21
2.4. Conjoint-Analyse .....	27
3. Anforderungen .....	32
3.1. Vorgaben von Seiten Negotiations .....	32
3.2. Auswahl der Bewertungsmethode .....	34
3.3. Design der Überprüfung .....	39
3.4. Adaptionenmaßnahmen .....	41
4. Programmalgorithmus .....	43
4.1. Eingabedaten .....	43
4.2. Modellierung der Nutzenfunktion .....	45
4.3. Überprüfung der modellierten Nutzenfunktion .....	49
4.4. Adaption der Nutzenfunktion .....	52
5. Conclusio .....	56
6. Quellen .....	59
7. Anhang .....	66
7.1. Zusammenfassung .....	66
7.2. Abstract .....	67

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grafische Darstellung der Integrale .....	12
Abbildung 2: Logarithmusfunktion und Risikoaversion .....	17
Abbildung 3: Transitivität und Indifferenzkurven .....	20
Abbildung 4: Eingabeinterface für ordinalskalierte Variablen.....	44
Abbildung 5: Eingabeinterface für die Gewichtung .....	45

## Formelverzeichnis

Formel 1: Stochastische Dominanz zweiter Ordnung .....	11
Formel 2: Erwartungswert des St. Petersburg Paradox.....	14
Formel 3: Cramers Ansatz zur Lösung des St. Petersburg Paradox .....	15
Formel 4: Nutzen einer zusätzlichen Geldeinheit .....	15
Formel 5: Logarithmische Nutzenfunktion .....	16
Formel 6: Wurzelnutzenfunktion .....	22
Formel 7: Lineare Nutzenfunktion.....	22
Formel 8: Stückweis lineare Nutzenfunktion.....	22
Formel 9: Quadratische Nutzenfunktion .....	23
Formel 10: Höhergradige Polynomnutzenfunktion.....	23
Formel 11: Lineares Programm zur Bestimmung der Gewichte .....	26
Formel 12: Nutzenfunktion für ein ordinales Attribut.....	46
Formel 13: Berechnung des Vergleichswerts für die Bernoulli Befragung.....	46
Formel 14: Erhöhung der Variable im Rahmen der Bernoulli Befragung.....	47
Formel 15: Senkung der Variable im Rahmen der Bernoulli Befragung .....	47
Formel 16: Singleattributive stückweise Nutzenfunktion.....	48
Formel 17: Multiattributive Nutzenfunktion.....	48
Formel 18: Nutzenfunktion der geänderten, ordinalskalierten Attribute .....	54
Formel 19: Nutzenfunktion der geänderten, intervallskalierten Attribute .....	54

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnismatrix des Roulettespiels .....	6
Tabelle 2: Ergebnismatrix mit absoluter und Zustandsdominanz .....	8
Tabelle 3: Ergebnismatrix mit stochastischer Dominanz .....	10
Tabelle 4: Werte der Verteilungsfunktion.....	10
Tabelle 5: Beispielhafte Bündelgegenüberstellung .....	52

# 1. Einleitung

Generell betrachtet trifft ein Mensch im Durchschnitt am Tag rund 20.000 Entscheidungen. Hierunter „wird ganz allgemein die (mehr oder weniger bewusste) Auswahl einer von mehreren Handlungsalternativen verstanden.“<sup>1</sup> Wenn nun berücksichtigt wird, dass der durchschnittliche, vollzeitberufstätige Mitteleuropäer an einem Wochentag rund 7 Stunden schläft und an die 8 Stunden arbeitet, lässt sich daraus schlussfolgern, dass er beinahe die Hälfte der für Entscheidungsfindungen zur Verfügung stehenden Zeit in seinem Beruf verbringt. Es wird also ein signifikanter Anteil der 20.000 Entscheidungen im Rahmen der Ausübung des Jobs getroffen. Dies zeugt von der hohen Relevanz, die Entscheidungen auf Unternehmen im Allgemeinen und auf die Betriebswirtschaftslehre im Speziellen besitzen.<sup>2</sup>

Neben der Vielzahl von Entscheidungen die täglich in Betrieben getroffen werden existiert ein zweiter Kernaspekt, dem im Rahmen des Unternehmertums eine hohe Bedeutung zugewiesen wird, weil er auf allen betrieblichen Ebenen auftritt und das Funktionieren eines Unternehmens erst gewährleistet. Die Rede ist hierbei von Verhandlungen. Verhandeln kann hierbei *„als ‚vor-handeln‘ verstanden werden. In diesem Sinn ist eine Verhandlung eine Tätigkeit, die über den Zeitraum des Verhandels hinausweist: Die Verhandlung geht als Vor-Handlung der besprochenen Handlung voraus. Verhandlungen können so als Absprachen über zukünftiges Handeln gekennzeichnet werden.“*<sup>3</sup>

Im Zusammenhang mit Unternehmen treten Verhandlungen sowohl extern, also zwischen Vertretern des Unternehmens und nicht zum Unternehmen gehörigen Stakeholdern, als auch intern, sprich zwischen verschiedenen Personen oder organisatorischen Einheiten innerhalb desselben Unternehmens, auf. Beispiele für externe Verhandlungen sind u. a. Preisverhandlungen und das Festlegen der Lieferbedingungen im Rahmen des Materialeinkaufs, Verhandlungen mit Eigentümern und Kreditgebern über Kapitalaufstockungen und Diskussionen und Informationsaustausche in Bezug auf bevorstehende Unternehmenskäufe oder –übernahmen. Unternehmensinterne Verhandlungen umfassen z. B. Ressourcen- und Zielvereinbarungsverhandlungen zwischen den verschiedenen organisatorischen Einheiten eines Unternehmens sowie

---

<sup>1</sup> Laux et al. (2012), S. 3

<sup>2</sup> Vgl. Kronholm et al. (2008), S. 58; Tönnemann (2008) [27.4.2017] sowie Wanger (2006), S. 18

<sup>3</sup> Erbacher (2010), S. 19; Vgl. Herbst (2010), S. 181

Verhandlungen der Personalabteilung oder von (Abteilungs-)Managern mit Mitarbeitern über Gehälter, Office-Hours und weitere Spezifikationen der Arbeitsverträge.<sup>4</sup>

Wie aus dem vorherigen Absatz klar ersichtlich ist, besitzen Verhandlungen einen wichtigen Einfluss auf die Entwicklung eines Unternehmens. Dennoch werden strukturierte Modelle und Systeme zur Verhandlungsunterstützung, welche zum Großteil darauf abzielen die in Verhandlungen zu treffenden Entscheidungen zu verbessern und daher auf der Entscheidungstheorie basieren, häufig nur bei Verhandlungen mit großer Tragweite, wie z. B. bei Mergers und Akquisitionen oder bei langfristig gebundenen Verträgen mit Lieferanten, eingesetzt.<sup>5</sup>

Die meisten Verhandlungen, welche im alltäglichen unternehmerischen Kontext auftreten, besitzen aber kaum eine Bedeutung, welche groß genug ist, um den Einsatz eines teuren Verhandlungsunterstützungstools rechtfertigen zu können. Dies trifft insbesondere auf Klein- und Mittelunternehmen zu, da hier die Häufigkeit der Wiederverwendung einer solchen Anschaffung weit unter der Wiederverwendungsrate großer Konzerne liegt. Deshalb basieren in der Praxis viele Verhandlungen kleinerer und mittlerer Tragweite lediglich auf persönlichen Einschätzungen. Da aber Individuen sogar im besten Fall nur als beschränkt rational angesehen werden können, sind die erzielten Verhandlungsergebnisse oftmals nicht optimal. Der Einsatz eines systematischen Verhandlungsmanagements kann deshalb auch hier zur Realisierung von Optimierungs- und somit auch Gewinnsteigerungspotentiale beitragen, wenn die Anwendung eines solchen weder die materiellen noch die personellen Ressourcen zu sehr beansprucht.<sup>6</sup>

Die österreichische Start-up Firma Negotiation erkannte diese Lücke für ein verhandlungsunterstützendes Tool, welches auch ohne größeren Aufwand auf „kleinere und mittlere“ Verhandlungssituationen angewendet werden kann, und beschloss eine App und eine Website zu entwickeln, die genau diese Marktlücke schließen sollte, indem unterschiedliche Verhandlungsangebote basierend auf einer zuvor stattfindenden Präferenzmessung miteinander verglichen werden und Empfehlungen bzgl. Verhandlungsentscheidungen abgegeben werden. Mit dieser Aufgabenstellung und der Bitte einen Programmalgorithmus für die Präferenzmessung zu erstellen ist Negotiation an

---

<sup>4</sup> Vgl. Herbst (2010), S. 181f sowie Wagner (1994), S. 283 und 287

<sup>5</sup> Vgl. Herbst (2010), S. 181ff sowie Kersten und Lo (2003), S. 293f

<sup>6</sup> Vgl. Fehr (2002), S. 11ff sowie Herbst (2010), S. 181ff

Herrn o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Rudolf Vetschera tätig für die Arbeitsgruppe für Organisation, Personal und Internationales Management am Institut für Betriebswirtschaftslehre der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Wien herangetreten. Herr o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Rudolf Vetschera sah im Rahmen der Erstellung dieses Programmalgorithmus die Möglichkeit eine Masterarbeit zu verfassen und vergab deshalb das Thema „Präferenzmessungen in Verhandlungssituationen mit Fokus auf die Generierung kritischer Vergleichsbündel“.

Diese Arbeit besitzt folgenden Aufbau. Im zweiten Kapitel wird die vorhandene und zu Grunde liegende Literatur der Entscheidungstheorie diskutiert. Dabei wird auf existierende Theorien und überprüfte Methoden abgezielt, um dem Leser ein entsprechendes Basiswissen zu vermitteln und im Folgenden Präferenzmessungsmodelle erstellen zu können.

Kapitel drei umfasst jene theoretischen Überlegungen, die festlegen, welche Konzepte und Methoden, die in der Literaturrecherche dargelegt wurden, auch tatsächlich für den Programmalgorithmus in Frage kommen. Hierbei wird auf die von Negotiation gestellten Anforderungen und die Praktikabilität der Implementierung in einer App eingegangen.

Das vierte Kapitel beschreibt den Programmalgorithmus. Jeder Schritt wird hierbei dargestellt, erläutert und begründet.

Den Abschluss der Arbeit bildet eine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte. Zusätzlich wird auch auf zukünftige Maßnahmen nach der Implementierung des Programmalgorithmus sowie etwaige weiterführende Forschungsprojekte eingegangen.



## 2. Literaturanalyse

Bei der Entwicklung des Programmalgorithmus spielen die schon existierenden Theorien und Methoden zum Vergleich von und zur Auswahl aus unterschiedlichen Bündeln an Kriterien eine wesentliche Rolle, da hier wissenschaftlich fundiertes und überprüftes Material schon existiert, welches auf jeden Fall berücksichtigt werden soll. Deshalb wird im Folgenden auf die wichtigsten Konzepte der Entscheidungstheorie mit besonderem Fokus auf nutzentheoretische Überlegungen eingegangen.

Grundsätzlich kann die Entscheidungstheorie in zwei Bereiche aufgegliedert werden. Im Rahmen der deskriptiven Entscheidungstheorie werden die in der realen Welt stattfindenden Abläufe von Entscheidungen aufgezeichnet und analysiert. Es handelt sich hierbei also primär um empirische Forschung, die darauf abzielt, die Gründe hinter getroffenen Entscheidungen zu verstehen und zukünftige Entscheidungsprozesse vorhersagen zu können.<sup>7</sup>

Im Gegensatz dazu betrachtet die normative Entscheidungstheorie nicht die tatsächlich getroffenen Entscheidungen sondern erforscht, welche Entscheidungen auf welchem Weg getroffen werden sollten. Hierbei ist vor allem das Konzept der Rationalität von Bedeutung. Dieses wird von dem lateinischen Wort „Ratio“ abgeleitet, welches u. a. mit „Vernunft“ übersetzt werden kann. Eine Person handelt also dann rational, wenn sie sich vernünftig verhält. Dies ist der Fall wenn sie die eigenen Ziele mit den zweckmäßigsten Mitteln verfolgt. In der normativen Entscheidungstheorie wird daher nach den rationalen Entscheidungen geforscht und Empfehlungen hinsichtlich des Verhalten des Entscheiders abgegeben. Wie schon in der Einleitung erklärt, soll die von Negotiation zu entwickelnde App genau solche Empfehlungen hinsichtlich des Vergleichs unterschiedlicher Angebote abgeben. Deswegen werden in dieser Arbeit vor allem die Konzepte der normativen Entscheidungstheorie diskutiert.<sup>8</sup>

Bevor jedoch unterschiedliche Entscheidungsregeln diskutiert werden können, muss eine einheitliche Terminologie festgelegt werden. Wie schon in der Einleitung erwähnt werden Entscheidungen als die Auswahl einer Alternative  $a_i$  betrachtet. Jede Alternative  $a_i$  besitzt hierbei mindestens ein Ergebnis. Dieses kann als eine Belohnung oder

---

<sup>7</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 3f

<sup>8</sup> Ebenda, Stowasser et al. (2006), S. 428 sowie Schimak (2005), S. 52f

Bestrafung in monetärer Form, also ein Geldbetrag, als anderwärtige materielle Zuwendung, also z. B. ein Auto, oder auch in immaterieller Form, z. B. durch den Besuch einer Opernaufführung, ausgeprägt sein. Sollte jeder Alternative  $a_i$  genau ein Ergebnis  $x(a_i)$  zugeordnet werden können, so wird von einer Entscheidung unter Sicherheit gesprochen, da hier die Auswahl einer bestimmten Alternative zu einem bestimmten Ergebnis führen würde. Ein Beispiel hierfür ist die Auswahl von Eiscremesorten von einer Vitrine eines Eisgeschäftes. Die Bestellung von Vanille und Schokolade führt nämlich dazu, dass man ein Stanitzel mit Vanille- und Schokoladeneis erhält.<sup>9</sup>

Im Gegensatz dazu existieren bei Entscheidungen unter Unsicherheit für zumindest eine Alternative  $a_i$  mehrere Ergebnisse  $x(a_i, z_k)$ . Welches dieser Ergebnisse tatsächlich eintritt, ist abhängig von äußeren Faktoren und liegt daher nicht direkt in der Macht des Entscheiders. Jene Kombination an äußeren Faktoren, die zu einem bestimmten Ergebnis einer Alternative führt, wird als Umweltzustand  $z_k$  bezeichnet. Somit kann jeder Kombination von Alternative und Umweltzustand ein Ergebnis  $x(a_i, z_k)$  zugeordnet werden.<sup>10</sup>

Wenn den verschiedenen Umweltzuständen Eintrittswahrscheinlichkeiten  $p(z_k)$  zugeordnet werden können, wird von einer Entscheidung unter Risiko gesprochen. Ein Beispiel hierfür ist das Roulettespiel. Wenn ein Individuum überlegt, im Casino mit einem Betrag von 5€ an diesem Glücksspiel teilzunehmen, besitzt es die folgenden Alternativen. Der Spieler kann u. a. diese Runde aussetzen ( $a_{\text{nicht}}$ ), auf Rot setzen ( $a_{\text{rot}}$ ) oder auf Schwarz setzen ( $a_{\text{schwarz}}$ ). Die Umweltzustände setzen sich zusammen aus der Möglichkeit, dass die Kugel bei einer roten Zahl stehen bleibt ( $z_{\text{rot}}$ ), dass die Kugel bei einer schwarzen Zahl stehen bleibt ( $z_{\text{schwarz}}$ ) und dass die Kugel auf der 0 stehen bleibt ( $z_{\text{grün}}$ ). Jedem dieser Umweltzustände kann eine konkrete Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Diese beträgt für rot und schwarz je  $p(z_{\text{rot}})=p(z_{\text{schwarz}})=18/37$  und für grün  $p(z_{\text{grün}})=1/37$ , weil auf einem Roulettefeld 18 rote und schwarze Felder und ein Feld mit der 0 vorhanden sind. Die Ergebnisse der Alternative  $a_{\text{nicht}}$  betragen für alle drei Umweltzustände rot, schwarz und grün  $x(a_{\text{nicht}}, z_{\text{rot}})=x(a_{\text{nicht}}, z_{\text{schwarz}})=x(a_{\text{nicht}}, z_{\text{grün}})=0€$ . Die Ergebnisse der Alternative  $a_{\text{rot}}$  betragen für den Umweltzustand rot  $x(a_{\text{rot}}, z_{\text{rot}})=5€$ , für schwarz  $x(a_{\text{rot}}, z_{\text{schwarz}})=-5€$  und für grün  $x(a_{\text{rot}}, z_{\text{grün}})=-2,5€$ . Die Ergebnisse der Alternative  $a_{\text{schwarz}}$  betragen für den Umweltzustand rot  $x(a_{\text{schwarz}}, z_{\text{rot}})=-5€$ , für

<sup>9</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 30ff; Novak (2014), S. 1 sowie Vetschera (2015), S. 1f

<sup>10</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 32f; Novak (2014), S. 1 sowie Vetschera (2015), S. 1f

schwarz  $x(a_{\text{schwarz}}, z_{\text{schwarz}})=5\text{€}$  und für grün  $x(a_{\text{schwarz}}, z_{\text{grün}})=-2,5\text{€}$ . Um dies übersichtlicher darzustellen werden oft Ergebnismatrizen verwendet.<sup>11</sup>

In der nachfolgenden Tabelle ist das im vorherigen Absatz beschriebene Roulettespiel in einer Ergebnismatrix dargestellt. Diese ist dadurch charakterisiert, dass die Spaltenüberschriften die unterschiedlichen Umweltzustände enthalten. Die Zeilen wiederum unterscheiden die verschiedenen Alternativen. Aus den einzelnen Zellen der Matrix können die Ergebnisse einer bestimmten Alternative bei Eintreten eines bestimmten Umweltzustandes abgelesen werden.<sup>12</sup>

$z_k/a_i$	$Z_{\text{rot}}$	$Z_{\text{grün}}$	$Z_{\text{schwarz}}$
$a_{\text{rot}}$	5	-2,5	-5
$a_{\text{schwarz}}$	-5	-2,5	5
$a_{\text{nicht}}$	0	0	0

Tabelle 1: Ergebnismatrix des Roulettespiels  
Quelle: Eigene Darstellung

Eine weitere Art von Entscheidungen unter Unsicherheit stellen Entscheidungen unter Unsicherheit im engeren Sinne dar, welche auch als Entscheidungen unter Ungewissheit bezeichnet werden. Der Begriff Ungewissheit bezieht sich dabei auf das Faktum, dass den unterschiedlichen Umweltzuständen  $z_k$  keine Eintrittswahrscheinlichkeiten  $p(z_k)$  zugeordnet sind. Ein Beispiel hierfür ist die Prognose des morgigen Niederschlags durch einen Laien. Dieser weiß zwar, dass es morgen entweder regnen kann oder nicht, kann aber ohne fundierte, von Meteorologen erstellte Daten nicht angeben, wie hoch tatsächlich die Chancen eines niederschlagslosen Tags sind. Es ist jedoch hierbei darauf einzugehen, dass in dem Fall dass der Laie eine Abschätzung treffen muss, er sich auf (persönliche) Erfahrungswerte beruft und darauf aufbauend eigene Wahrscheinlichkeiten für den Fall dass es morgen regnet aufstellt. Diese zugewiesenen Chancen werden als subjektive Wahrscheinlichkeiten bezeichnet und mit deren Hilfe werden oftmals Entscheidungen unter Ungewissheit in Entscheidungen unter Risiko umgewandelt.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Vgl. ebenda

<sup>12</sup> Vgl. Novak (2014), S. 1

<sup>13</sup> Vgl. Bayes (1763), S. 374; Dutka (1988), S. 23 und 27; Laux et al. (2012), S. 33; Novak (2014), S. 1 sowie Vetschera (2015), S. 1

Sowohl für Entscheidungen unter Unsicherheit, als auch für Entscheidungen unter Sicherheit existieren in der normativen Entscheidungstheorie Regeln, auf welchem Wege eine bestimmte Entscheidung getroffen werden soll. Jedoch ist hierbei festzuhalten, dass diese Regeln nur in Ausnahmefällen an objektive Bewertungsmaßstäbe anknüpfen, da die rationale Entscheidung oftmals auch von den individuellen Präferenzen des Entscheiders abhängt. Das nächste Unterkapitel liefert eine Übersicht über allgemeingültige Entscheidungsregeln. Im darauffolgenden Unterkapitel werden dann jene Entscheidungsregeln erläutert, die die subjektiven Präferenzen der Individuen berücksichtigen.<sup>14</sup>

## 2.1. Objektive Entscheidungsmaßstäbe

In gewissen Sonderfällen, z. B. wenn die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Umweltzustände bestimmte Relationen zueinander besitzen oder die Ergebnisse der unterschiedlichen Alternativen eine spezielle Struktur aufweisen, können sogenannte Dominanzprinzipien angewandt werden, welche für jeden rationalen Entscheider gelten. Im Folgenden werden daher die Konzepte der absoluten Dominanz, der Zustandsdominanz und der Wahrscheinlichkeitsdominanz erläutert.<sup>15</sup>

Von absoluter Dominanz wird gesprochen, wenn jedes Ergebnis  $x(a_i, z_k)$  einer Alternative  $a_i$  für jeden Umweltzustand  $z_k$  besser als oder mindestens gleichwertig wie das beste Ergebnis  $x(a_j, z_k^*)$  einer Alternative  $a_j$  in allen Umweltzuständen  $z_k$  ist. Um dies besser zu veranschaulichen stellt die folgende Tabelle ein Entscheidungsproblem in Form einer Entscheidungsmatrix dar. Hierin hat der Entscheider die Auswahl zwischen den Alternativen  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$ , die ihm unterschiedliche Geldbeträge versprechen. Ein rationaler Entscheider würde nie die Alternative  $a_2$  wählen, weil das beste Ergebnis der Alternative  $a_2$  im Umweltzustand  $z_3$  auftritt und 4€ beträgt. Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich ist, sind die Ergebnisse der Alternativen  $a_1$  und  $a_3$  mit der Ausnahme von  $x(a_1, z_1)$  höher und die Auszahlung bei Auswahl der Alternative  $a_1$  und dem Eintreten des Umweltzustands  $z_1$  entspricht genau 4€. Die schlechteste Auszahlung der Alternative  $a_1$  ist somit gleichwertig zu dem bestmöglichen Ergebnis der Alternative  $a_2$ . Da-

---

<sup>14</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 18f sowie Vetschera (2015), S. 3

<sup>15</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 94f sowie Novak (2014), S. 1f

her dominieren die Alternativen  $a_1$  und  $a_3$  die Alternative  $a_2$  absolut. Zwischen der Alternative  $a_1$  und der Alternative  $a_3$  kann jedoch keine Aussage über absolute Dominanz getätigt werden, weil das Ergebnis  $x(a_1, z_2)=6€$  besser ist als das Ergebnis  $x(a_3, z_1)=5€$  und das Ergebnis  $x(a_1, z_3)=5€$  jedoch schlechter ist als das Ergebnis  $x(a_3, z_2)=6€$ .<sup>16</sup>

$z_k/a_i$	$z_1$	$z_2$	$z_3$
$a_1$	4	6	5
$a_2$	3	3	4
$a_3$	5	6	6

Tabelle 2: Ergebnismatrix mit absoluter und Zustandsdominanz  
Quelle: Eigene Darstellung

Um die Alternativen  $a_1$  und  $a_3$  trotzdem miteinander vergleichen zu können wird auf das Konzept der Zustandsdominanz zurückgegriffen. Dieses besagt, dass eine Alternative  $a_i$  eine Alternative  $a_j$  dominiert, wenn die Alternative  $a_i$  in zumindest einem Umweltzustand  $z_k$  ein besseres Ergebnis  $x(a_i, z_k)$  besitzt als das Ergebnis  $x(a_j, z_k)$  einer Alternative  $a_j$  im gleichen Zustand und in den anderen Umweltzuständen die Ergebnisse  $x(a_i, z_k)$  und  $x(a_j, z_k)$  gleichwertig sind. Da im Falle der absoluten Dominanz die Ergebnisse stets gleichwertig oder besser sind, impliziert das Vorhandensein einer absoluten Dominanz automatisch auch das Vorhandensein einer zustandsbezogenen Dominanz. Dies bedeutet für das Beispiel aus Tabelle 2, dass die Alternativen  $a_1$  und  $a_3$  die Alternative  $a_2$  auch im Sinne der Zustandsdominanz dominieren. Zusätzlich dazu dominiert die Alternative  $a_3$  die Alternative  $a_1$  ebenfalls im Sinne der Zustandsdominanz, weil in den Umweltzuständen  $z_1$  und  $z_3$  die Alternative  $a_3$  bessere Ergebnisse aufweist ( $x(a_3, z_1)=5€ > x(a_1, z_1)=4€$  sowie  $x(a_3, z_3)=6€ > x(a_1, z_3)=5€$ ) und im Umweltzustand  $z_2$  die Ergebnisse der beiden Alternativen  $a_1$  und  $a_3$  gleichwertig sind ( $x(a_3, z_2)=6€=x(a_1, z_2)$ ).<sup>17</sup>

Sowohl die absolute Dominanz, als auch die Zustandsdominanz können bei Entscheidungen unter Sicherheit, Entscheidungen unter Risiko und Entscheidungen unter Ungewissheit angewendet werden. Bei Entscheidungen unter Sicherheit kann stets das Konzept der absoluten Dominanz angewendet werden, weil lediglich ein Umweltzustand existiert und somit ein rationaler Entscheider stets jene Alternative wählen wird,

<sup>16</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 95 sowie Novak (2014), S. 1f

<sup>17</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 96; Novak (2014), S. 2 sowie Vetschera (2015), S. 3

die das beste Ergebnis verspricht. Um jedoch im Falle von Entscheidungen unter Unsicherheit eine Auswahl auf Basis der absoluten und/oder der Zustandsdominanz zu treffen wird eine bestimmte Struktur der Ergebnisse benötigt. Da diese nicht immer vorhanden ist, existieren für diese Fälle weitere Entscheidungsregeln.<sup>18</sup>

Bei Entscheidungen unter Risiko, und somit auch bei Entscheidungen unter Ungewissheit, wenn diese mithilfe des Konzepts subjektiver Wahrscheinlichkeiten in Entscheidungen unter Risiko transformiert werden, existiert mit der Wahrscheinlichkeitsdominanz ein weiteres Dominanzkriterium. Dieses kann untergliedert werden in die stochastische Dominanz erster Ordnung und die stochastische Dominanz zweiter Ordnung.<sup>19</sup>

Stochastische Dominanz erster Ordnung liegt vor, wenn die Verteilungsfunktion  $F_i(x)$ , welche die Wahrscheinlichkeit angibt, dass der Wert  $x$  nicht überschritten wird, einer Alternative  $a_i$  für jeden beliebigen Wert  $x$  maximal dem Wert der Verteilungsfunktion  $F_j(x)$  einer Alternative  $a_j$  entspricht und  $F_i(x)$  für mindestens einen Wert kleiner ist als  $F_j(x)$ . Zur Veranschaulichung dieses Konzepts enthält die nachfolgende Tabelle Die Ergebnismatrix eines Beispiels mit drei Alternativen und drei Umweltzuständen. Die zwei Unterschiede zum vorherigen Beispiel liegen darin, dass in diesem Beispiel keine Aussagen über absolute Dominanz oder Zustandsdominanz getätigt werden können da in jedem der drei Umweltzustände jeweils eine andere Alternative das beste Ergebnis besitzt ( $a_2$  in  $z_1$ ,  $a_1$  in  $z_2$  und  $a_3$  in  $z_3$ ) und dass nun jedem Umweltzustand  $z_i$  eine Eintrittswahrscheinlichkeit  $p(z_i)$  zugeordnet ist. Die Werte der Verteilungsfunktionen der drei Alternativen sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Aus dieser ist ersichtlich, dass die Alternative  $a_3$  die Alternativen  $a_1$  und  $a_2$  im Sinne der stochastischen Dominanz erster Ordnung dominiert, da für jeden Wert von  $x$  die Verteilungsfunktion kleiner oder gleich den Werten der Verteilungsfunktionen der Alternativen  $a_1$  und  $a_2$  ist und im Falle von  $x=6$  die Verteilungsfunktion der Alternative  $a_3$  einen kleineren Wert besitzt als die anderen beiden Verteilungsfunktionen.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 57ff und S. 94 sowie Novak (2014), S. 1f

<sup>19</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 96; Novak (2014), S. 2 sowie Vetschera (2015), S. 4

<sup>20</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 96f; Novak (2014), S. 2f sowie Vetschera (2015), S. 4f

$z_k/a_i$	$z_1 (p(z_1)=0,4)$	$z_2 (p(z_2)=0,3)$	$z_3 (p(z_3)=0,3)$
$a_1$	4	8	5
$a_2$	7	3	4
$a_3$	5	7	8

Tabelle 3: Ergebnismatrix mit stochastischer Dominanz  
Quelle: Eigene Darstellung

$x/a_i$	$x < 3$	$3 \leq x < 4$	$4 \leq x < 5$	$5 \leq x < 6$	$6 \leq x < 7$	$7 \leq x < 8$	$x \geq 8$
$a_1$	0	0	0,4	0,7	0,7	0,7	1
$a_2$	0	0,3	0,6	0,6	0,6	1	1
$a_3$	0	0	0	0,4	0,4	0,7	1

Tabelle 4: Werte der Verteilungsfunktion  
Quelle: Eigene Darstellung

Die stochastische Dominanz erster Ordnung ist unter der Voraussetzung von rationalem Verhalten ebenso wie die absolute Dominanz und die Zustandsdominanz eine allgemeingültige, sprich von den Präferenzen des Entscheiders unabhängige Entscheidungsregel, weil sie auf dem Vergleich der schlechtmöglichsten Eintrittswahrscheinlichkeiten basiert. Im Gegensatz dazu sind die im nächsten Absatz diskutierte stochastische Dominanz zweiter Ordnung sowie das darauffolgend erläuterte Erwartungswertkriterium nicht allgemeingültig. Diese beiden Entscheidungsregeln können nämlich nur unter spezifischen Annahmen über die Präferenzen des Individuums angewendet werden. Trotzdem können sie nicht an die konkreten Charakteristika des Entscheiders angepasst werden und werden deshalb im Rahmen der Gliederung dieser Arbeit ebenfalls als objektive Entscheidungsmaßstäbe betrachtet.<sup>21</sup>

Auch bei der stochastischen Dominanz zweiter Ordnung werden die Verteilungsfunktionen zweier Alternativen miteinander verglichen. Es werden hierbei jedoch nicht wie bei der stochastischen Dominanz erster Ordnung die Werte der Verteilungsfunktion betrachtet sondern die Integrale. Eine Alternative  $a_i$  dominiert nämlich dann eine Alternative  $a_j$ , wenn das Integral der Verteilungsfunktion  $F_i(x)$  mit der Untergrenze  $-\infty$  für jede beliebige Obergrenze  $t$  kleiner oder gleich dem Integral der Verteilungsfunktion

<sup>21</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 97 sowie Vetschera (2015), S. 4f

$F_i(x)$  mit der Untergrenze  $-\infty$  und derselben Obergrenze  $t$  ist und für mindestens einen Wert  $t$  kleiner ist. Diese Definition ist in der Formel 1 mathematisch abgebildet.<sup>22</sup>

$$\int_{-\infty}^t F_i(x) \leq \int_{-\infty}^t F_j(x) \quad \forall t \in \mathbb{R}$$

$$\text{und} \quad \int_{-\infty}^t F_i(x) < \int_{-\infty}^t F_j(x) \quad \text{für mindestens ein } t$$

Formel 1: Stochastische Dominanz zweiter Ordnung  
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Novak (2014), S. 2

Da in dem Fall, dass die Werte einer Funktion  $f(x)$  stets kleiner oder gleich den Werten einer Funktion  $g(x)$  sind, automatisch auch das Integral der Funktion  $f(x)$  mit der Untergrenze  $-\infty$  für jede beliebige Obergrenze kleiner oder gleich dem Integral der Funktion  $g(x)$  ist, impliziert das Vorhandensein von stochastischer Dominanz erster Ordnung das Vorhandensein von stochastischer Dominanz zweiter Ordnung. Bezogen auf das obige Beispiel in Tabelle 3 bedeutet dies, dass die Alternative  $a_3$  die Alternativen  $a_1$  und  $a_2$  nicht nur mittels stochastischer Dominanz erster Ordnung, sondern auch im Sinne der stochastischen Dominanz zweiter Ordnung dominiert.<sup>23</sup>

Zur Untersuchung, ob innerhalb der Alternativen  $a_1$  und  $a_2$  mittels stochastischer Dominanz zweiter Ordnung unterschieden werden kann, sind die Verteilungsfunktionen  $F_1(x)$  und  $F_2(x)$  in der Abbildung 1 übereinandergelegt abgebildet. Die Rechtecke stellen hierin die Differenzen der Integrale dar, da das Integral einer Funktion innerhalb einer Unter- und einer Obergrenze der Fläche zwischen der Funktion und der x-Achse entspricht. Die grauen Rechtecke sind in der Abbildung dabei jene Bereiche, in denen das Integral der Verteilungsfunktion  $F_1(x)$  kleiner dem Integral der Verteilungsfunktion  $F_2(x)$  ist und das schwarze Rechteck entspricht jener Fläche, um die das Integral der Verteilungsfunktion  $F_2(x)$  kleiner dem Integral der Verteilungsfunktion  $F_1(x)$  ist. Beginnend bei einer Untergrenze  $t=-\infty$  und gehend bis exklusive  $t=5$  ist das Integral von  $F_1(x)$  für jede Obergrenze  $t$  kleiner oder gleich dem Integral der Verteilungsfunktion  $F_2(x)$  ist. Das Integral der Verteilungsfunktion von  $F_2(x)$  ist jedoch im Bereich einer Untergrenze von 5 und einer Obergrenze von 7 größer als das Integral der Verteilungsfunktion von  $F_1(x)$ . Bei Betrachtung ab einer Untergrenze von  $t=-\infty$  ist dies für die stochastische Dominanz zweiter Ordnung jedoch nicht relevant, weil die Fläche des schwarzen

<sup>22</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 97ff sowie Novak (2014), S. 2f

<sup>23</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 98 sowie Novak (2014), S. 2ff



Rechtecks mit  $0,1 \cdot 2 = 0,2$  kleiner ist als die Fläche der ersten beiden grauen Rechtecke mit  $1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,2 = 0,5$ . Somit ist das Integral der Verteilungsfunktion  $F_1(x)$  bei einer Untergrenze von  $-\infty$  stets kleiner oder gleich dem Integral der Verteilungsfunktion  $F_2(x)$ . Deshalb dominiert in diesem Beispiel die Alternative  $a_1$  die Alternative  $a_2$  im Sinne der stochastischen Dominanz zweiter Ordnung.

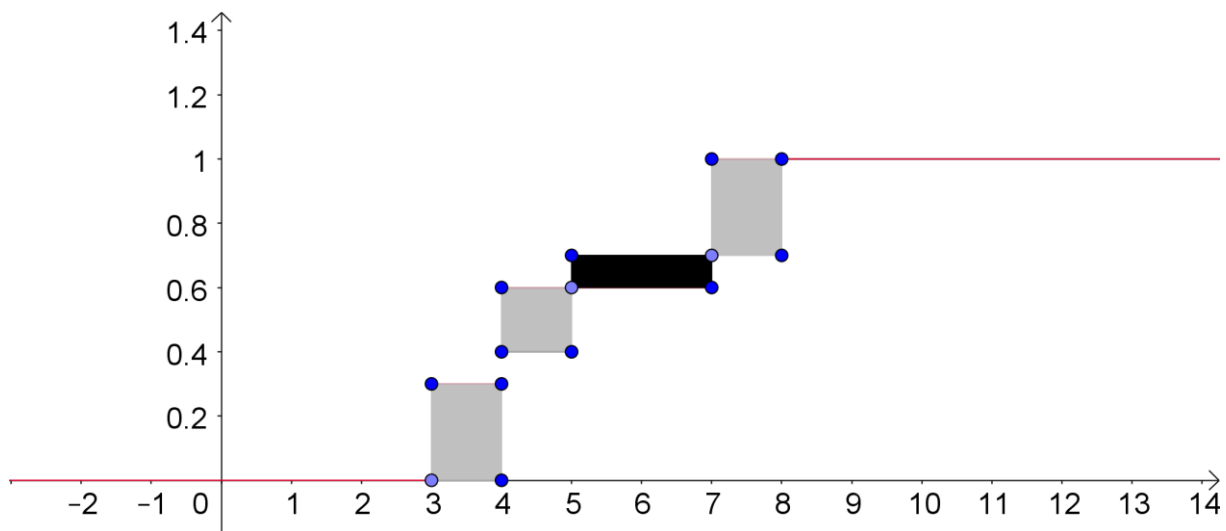


Abbildung 1: Grafische Darstellung der Integrale  
Quelle: Eigene Darstellung mittels Geogebra

Wie zuvor gezeigt wird für Entscheidungen basierend auf der stochastischen Dominanz zweiter Ordnung eine spezielle Struktur der Ergebnisse und der Eintrittswahrscheinlichkeiten der Umweltzustände benötigt. Im Gegensatz dazu kann das Erwartungswertkriterium, auch als  $\mu$ -Prinzip oder Bayes-Regel (zurückgehend auf Thomas Bayes, der dieses Prinzip entdeckte) bei allen Entscheidungen unter Risiko angewandt werden. Dieses besagt, dass jede Alternative mit ihrem Erwartungswert, der sich aus der Summe der Ergebnisse multipliziert mit den jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten zusammensetzt, bewertet werden soll. Es wird daher die Annahme getroffen, dass die Präferenzen des Entscheiders den Erwartungswerten entsprechen.

Für das Beispiel aus Tabelle 3 können folgende Erwartungswerte berechnet werden. Die Alternative  $a_1$  besitzt einen Erwartungswert  $\mu_1 = 4 \cdot 0,4 + 8 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 = 5,1$ . Die Alternative  $a_2$  besitzt einen Erwartungswert  $\mu_2 = 7 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,3 = 5,3$  und die Alternative  $a_3$  besitzt einen Erwartungswert  $\mu_3 = 5 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,3 = 6,5$ . Daraus folgt, dass die Alternative  $a_3$  über die Alternativen  $a_2$  und  $a_1$  bevorzugt werden sollte und dass  $a_2$   $a_1$  vorgezogen werden sollte. Wie hieraus ersichtlich ist führt eine stochastische Dominanz erster Ordnung auch zu einer Dominanz im Sinne der Bayes-Regel. Dasselbe gilt auch für die stochastische Dominanz zweiter Ordnung, mit

der Ausnahme jenes Sonderfalls, in dem die Integrale der zu vergleichenden Verteilungsfunktionen bei der Untergrenze  $-\infty$  und der Obergrenze  $\infty$  gleich sind.<sup>24</sup>

Mit der absoluten und der Zustandsdominanz, welche in allen Entscheidungssituationen überprüft werden können, und der stochastischen Dominanz und dem Erwartungswertkriterium, welche bei Entscheidungen unter Risiko angewendet werden können, wurden in diesem Abschnitt die wichtigsten präferenzunabhängigen Entscheidungskriterien erläutert. Die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Präferenzen eines Entscheiders sowie die dazugehörigen Entscheidungsregeln werden im nächsten Abschnitt diskutiert.

## 2.2. Präferenzberücksichtigende Entscheidungsmaßstäbe

Die zuvor erläuterten Entscheidungsregeln berücksichtigen nicht die speziellen Eigenschaften einzelner Entscheider. Ein gutes Beispiel hierfür ist das von Nicholas Bernoulli 1714 entdeckte St. Petersburg Paradox. Hierbei handelt es sich um eine Lotterie, welche auf einer (potentiellen) Serie von Münzwürfen basiert. Es wird dabei so lange eine Münze geworfen, bis sie zum ersten Mal mit dem Kopf nach oben landet. Geschieht dies im Rahmen des ersten Münzwurfs, so erhält der Spieler 2€, wenn dies beim zweiten Münzwurf der Fall ist so erhält der Spieler 4€ usw. Allgemein betrachtet entspricht die Auszahlung  $2^k$ € wobei  $k$  die Anzahl der durchgeführten Münzwürfe angibt. Die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Münzwurf das Ergebnis Kopf ist, liegt bei  $p_{\text{Kopf}}=0,5$ . Dies bedeutet, dass die 2€ mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,5 gewonnen werden. Die 4€ können nur gewonnen werden, wenn im ersten Wurf Zahl gekommen ist ( $p_{\text{Zahl}}=1-p_{\text{Kopf}}=1-0,5=0,5$ ) und im zweiten Wurf Kopf ( $p_{\text{Kopf}}=0,5$ ) auftritt. Da jeder Münzwurf ein unabhängiges Ereignis darstellt, weil er auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten des darauffolgenden Münzwurfs keinen Einfluss besitzt (diese bleiben immer bei 50 zu 50), kann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Zahl im ersten und Kopf im zweiten Münzwurf mittels des Multiplikationssatzes für unabhängige Ereignisse bestimmt werden. Diese liegt somit bei  $p_{\text{Zahl}} \cdot p_{\text{Kopf}} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$ . Analog dazu beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass  $2^k$ € gewonnen werden  $p_{\text{Zahl}}^{k-1} \cdot p_{\text{Kopf}} = 0,5^{k-1} \cdot 0,5 = 0,5^k$ .<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Vgl. Albach (1979), S. 17ff; Laux et al. (2012), S. 100ff; Novak (2012), S. 7f sowie Vetschera (2014), S. 5

<sup>25</sup> Vgl. Dutka (1988), S. 13ff; Samuelson (1977), S. 25 sowie Shafer (1988), S. 865

Der Erwartungswert des St. Petersburg Paradox kann daher wie in Formel 2 dargestellt berechnet werden und liegt im positiv unendlichen Bereich. Dies bedeutet dass basierend auf der Bayes-Regel ein Entscheider bereit wäre sein ganzes Vermögen als Einsatzkapital dieser Lotterie zu verwenden. Jedoch hielt schon Nicholas Bernoulli in seinen Briefen an diverse wissenschaftliche Kollegen fest, dass er stark bezweifle, dass tatsächlich auch nur eine Person existiere, die auf dieses Angebot eingehen würde. Um dieses Paradoxon zu lösen schlug Nicholas Bernoulli vor jene Wahrscheinlichkeiten, welche sehr knapp bei 0 liegen, tatsächlich mittels 0 zu approximieren und somit einen Erwartungswert zu erhalten, der weit unter positiv unendlich liegt. Diese Lösung erscheint zwar praktikabel, ist aber aufgrund der Approximation aus wahr-scheinlichkeitstheoretischer Perspektive ungenau.<sup>26</sup>

$$\mu = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{1}{2} * 2 + \frac{1}{4} * 4 + \dots + \frac{1}{2^K} * 2^K = \lim_{K \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^K \frac{1}{2^k} * 2^k = \lim_{K \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^K 1 = \infty$$

Formel 2: Erwartungswert des St. Petersburg Paradox  
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Samuelson (1977), S. 25

Erst Gabriel Cramer, ein Schüler von Nicholas Bernoullis Onkel Jakob Bernoulli, schlug 1728 eine Lösung vor, die auf unveränderten Wahrscheinlichkeiten basierte. Zuerst hielt er fest, dass ab einem bestimmten Punkt ein Anstieg des Geldbetrags keinen Einfluss mehr auf das wahrgenommene zusätzliche Vergnügen (engl. pleasure) besitzen könnte. Dies würde bedeuten, dass ein Individuum indifferent wäre ob es eine Million Euro oder zwei Millionen Euro besitzt. Da Gabriel Cramer dies jedoch nicht plausibel begründen konnte entwickelte er zusätzlich dazu noch eine zweite Theorie. Diese besagt zwar, dass ein größerer Geldbetrag stets zu größerem Vergnügen führt, der Anstieg des Vergnügens aber lediglich der Wurzel des Geldbetrags entspricht. Mit dieser Annahme konnte Gabriel Cramer das Sankt Petersburg Paradox wie in Formel 3 dargestellt lösen. Hierbei stellt sich heraus, dass eine Person, deren Vergnügen der Wurzel des Geldbetrags entspricht, bereit wäre, ungefähr 2,41 Geldeinheiten zum Spielen der Sankt Petersburg Lotterie aufzuwenden.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Vgl. Neugebauer (2010), S. 6f sowie Shafer (1988), S. 865

<sup>27</sup> Vgl. Bernoulli (1954), S. 34; Neugebauer (2010), S. 7; Samuelson (1977), S. 38 sowie Shafer (1988), S. 866f

$$E(V) = \lim_{K \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^K \frac{1}{2^k} * \sqrt{2^k} = \lim_{K \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^K 2^{-k} * 2^{\frac{k}{2}} = \lim_{K \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^K 2^{-\frac{k}{2}} = \lim_{K \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^K \frac{1}{\sqrt{2^k}} = 1 + \sqrt{2} \\ \approx 2,41$$

Formel 3: Cramers Ansatz zur Lösung des St. Petersburg Paradox

Quelle: Bouzaima (2010), S. 95

Nicholas Bernoulli war aber mit der von Gabriel Cramer vorgeschlagenen Lösung des Sankt Petersburg Paradox nicht zufrieden, da die Annahme warum genau eine Wurzelfunktion und nicht jede andere mögliche konkave Funktion verwendet werden sollte, von Cramer nicht stichhaltig begründet wurde. Deshalb wandte sich Nicholas Bernoulli mittels Brief 1730 an seinen Cousin Daniel Bernoulli, der in Sankt Petersburg lebte (hiervon leitet sich auch der Name des Paradoxons ab). Er übermittelte ihm die ursprüngliche Problemstellung sowie die von Gabriel Cramer vorgeschlagene Lösung und bat, ob Daniel Bernoulli sich damit auseinandersetzen könne. Dieser erfüllte die Bitte seines Cousins und veröffentlichte 1738 die Arbeit „Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis“ in der fünften Ausgabe der „Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae“. Darin definiert er den lateinischen Begriff „Emolumentum“ (wörtlich ins Deutsche übersetzt als „Nutzen“) als jenen Wert, den ein gewisser Geldbetrag aus der Betrachtungsweise eines Individuums besitzt. Daniel Bernoulli erläutert in diesem Zusammenhang, dass der zusätzliche Nutzen, den ein Individuum durch die Steigerung des Geldbetrags um eine kleine Einheit erhält, sich invers zu jenem Geldbetrag verhält, den es schon besitzt. Dieser Zusammenhang ist in der Formel 4 abgebildet. Die konkrete Stärke dieses Zusammenhangs kann zwischen unterschiedlichen Individuen variieren. Um dies zu berücksichtigen verwendet Bernoulli den Faktor  $k$ , der jede beliebige positiv reelle Zahl annehmen kann.  $dU$  bezeichnet wiederum einen kleinen Anstieg des Nutzens während  $dx$  einen kleinen Anstieg des Geldbetrags kennzeichnet.<sup>28</sup>

$$dU = k * \frac{1}{x} dx$$

Formel 4: Nutzen einer zusätzlichen Geldeinheit

Quelle: Bernoulli (1954), S. 27

Mittels Integration kann der Nutzen  $U$  definiert werden. Dieser entspricht dem Logarithmus des dem Individuum zur Verfügung stehenden Geldbetrags, wie der Formel 5

<sup>28</sup> Vgl. Bernoulli (1954), S. 27f; Neugebauer (2010), S. 8f; Samuelson (1977), S. 38f; Shafer (1988), S. 866f sowie Stowasser et al. (2006), S. 178

entnommen werden kann. Diese Entdeckung von Bernoulli wird heutzutage von einem Großteil der Wirtschaftswissenschaftler als die Geburtsstunde der Nutzentheorie betrachtet. Der Integrationskonstanten  $c$  kommt hierbei aber keine wichtige Rolle zu, da die absoluten Nutzenwerte keine Aussagekraft besitzen, sondern nur die Relationen zwischen den einzelnen Nutzenwerten zur Beurteilung von Geldbeträgen herangezogen werden.<sup>29</sup>

$$U(x) = k * \ln(x) + c$$

Formel 5: Logarithmische Nutzenfunktion

Quelle: Shafer (1988), S. 867

Die von Bernoulli entdeckte logarithmische Nutzenfunktion geht von risikoaversen Individuen aus. Dies fällt bei Betrachtung einer beliebigen Lotterie auf. Ein Beispiel hierfür ist der Fall, dass ein Entscheider, für den  $k=1$  und  $c=0$  gilt, vor der Wahl zwischen einer Lotterie  $L$  mit den Auszahlungen von  $x_1=10$  und  $x_2=100$ , wobei  $x_1$  mit einer Wahrscheinlichkeit von  $P(x_1)=0,5$  und  $x_2$  mit einer Wahrscheinlichkeit von  $P(x_2)=1-P(x_1)=1-0,5=0,5$  auftritt, und einer sicheren Auszahlung in der Höhe des Erwartungswerts dieser Lotterie  $E(L) = P(x_1) * x_1 + P(x_2) * x_2 = 0,5 * 10 + 0,5 * 100 = 55$  steht. Der Nutzen von  $x_1$  beträgt dann  $U(x_1) = \ln(x_1) = \ln(10) \approx 2,30$  und der Nutzen von  $x_2$  liegt bei  $U(x_2) = \ln(x_2) = \ln(100) \approx 4,61$ . Für den Erwartungsnutzen (welcher den Erwartungswert der Nutzen aller Auszahlungen einer Lotterie darstellt) ergibt sich dann ein Wert von  $E(U_L) = P(x_1) * U(x_1) + P(x_2) * U(x_2) = 0,5 * 2,30 + 0,5 * 4,61 = 3,45$ . Dies entspricht einem Geldbetrag von  $x = e^U = e^{3,45} = 31,62$ . Dieser Geldbetrag wird als Sicherheitsäquivalent bezeichnet, weil es jenen Geldbetrag darstellt, bei dem der Entscheider indifferent wäre zwischen der Teilnahme an der Lotterie und dem Erhalt dieses Geldbetrags. In diesem Fall liegt das Sicherheitsäquivalent von 31,62 weit unter dem Erwartungswert der Lotterie von 55. Ein Entscheider mit dieser Nutzenfunktion zieht also die sichere Auszahlung des Erwartungswerts dem Spielen der Lotterie vor. Dies basiert auf der Tatsache, dass der Logarithmus eine konkave Funktion definiert und somit eine Sekante, welche zwei unterschiedliche Punkte der Funktion scheidet, stets unterhalb der Funktion liegt. Zur besseren Veranschaulichung ist der Sachverhalt im Rahmen des in diesem Absatz präsentierten Beispiels in der folgenden Abbildung graphisch gezeichnet.<sup>30</sup>

<sup>29</sup> Vgl. Bernoulli (1954), S. 28; Bouzaima (2010), S. 95; Samuelson (1977), S. 38f sowie Shafer (1988), S. 886f

<sup>30</sup> Vgl. Samuelson (1977), S. 39

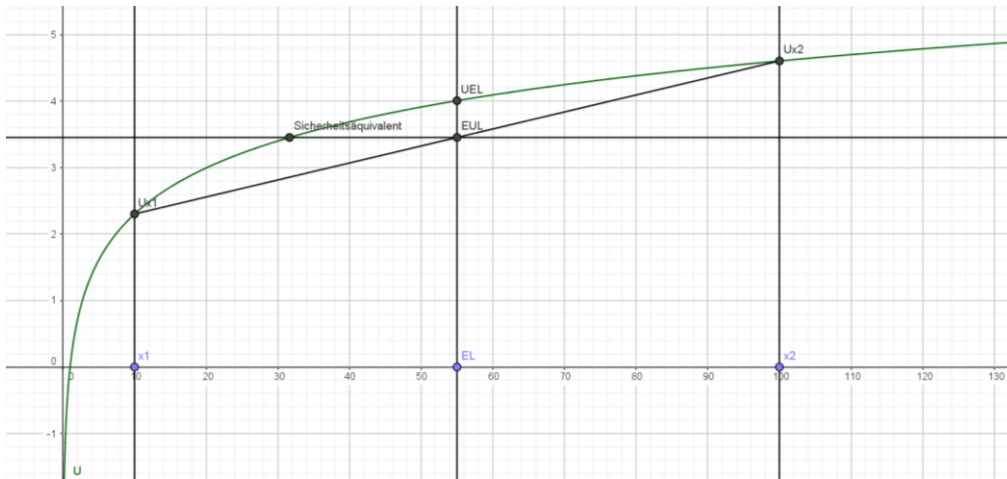


Abbildung 2: Logarithmusfunktion und Risikoaversion  
Quelle: Eigene Darstellung mittels Geogebra

In seiner Arbeit belässt es Bernoulli aber nicht nur dabei, das Sankt Petersburg Paradoxon mittels einer logarithmischen Nutzenfunktion zu lösen, sondern er schlägt auch eine Methode zur Feststellung der konkreten Nutzenfunktion eines Individuums (also der Messung des  $k$  und des  $c$ ) vor. In dieser sogenannten Bernoulli-Befragung wird dem bestmöglichen Wert ein Nutzen von  $U(x^+) = 1$  und dem schlechtmöglichen Wert ein Nutzen von  $U(x^-) = 0$  zugewiesen. Nun muss der Entscheider zwischen einer Lotterie, in der ihm  $x^+$  mit einer Wahrscheinlichkeit von  $P(x^+)$  und  $x^-$  mit einer Wahrscheinlichkeit von  $P(x^-) = 1 - P(x^+)$  ausbezahlt wird und der sicheren Auszahlung eines Betrags  $x$  (der zwischen  $x^+$  und  $x^-$  liegt) wählen. Sollte er sich für die Lotterie entscheiden, so wird der sichere Betrag  $x$  erhöht. Wenn er sich für die sichere Auszahlung entscheidet, wird der sichere Betrag  $x$  verringert. Die Abfrage wird mit modifizierten sicheren Beträgen so lange wiederholt, bis jener Punkt gefunden wurde, an dem der Entscheider zwischen der Lotterie und dem sicheren Betrag indifferent ist. Diesem sicheren Betrag  $x$  wird ein Nutzen von  $U(x) = P(x^+)$  zugeordnet. Mittels Regression wird im Anschluss an die Abfrage einer im Vorhinein definierten Anzahl an Nutzenwerten die Nutzenfunktion des Individuums berechnet.<sup>31</sup>

Basierend auf dieser Prozedur kann also eine Funktion festgelegt werden, mit deren Hilfe unterschiedliche Alternativen unter Berücksichtigung der individuellen Präferenzen eines Entscheiders bewertet werden können. Dies ermöglicht die Aussage darüber, welche Entscheidung eine bestimmte Person treffen sollte, da bei dem Konzept

<sup>31</sup> Vgl. Bernoulli (1954), S. 24ff; S. Bouzaima (2010), S. 245f sowie Dyckhoff (1993), S. 141ff

der Nutzenfunktion die beste Alternative den höchsten Nutzen zugewiesen erhält. Jedoch sind bei der Anwendung der Nutzentheorie gewisse Voraussetzungen zu beachten. Mit diesen setzen sich die nächsten Absätze auseinander.<sup>32</sup>

Damit eine Nutzenfunktion zur Darstellung der Präferenzrelationen eines Individuums verwendet werden kann, müssen dessen Präferenzen substituierbar sein. Dies bedeutet, dass einer bestimmten Alternative unabhängig von der konkreten Ausgestaltung aller Alternativen immer ein bestimmter Nutzenwert beigemessen wird. Sprich ein Geldbetrag in der Höhe von 2 Euro wird stets gleich betrachtet, unabhängig davon ob er als erste oder zweite Alternative aufscheint und unabhängig von der Höhe der anderen Geldbeträge. Mittels speziellem Experimentaufbau wurde zwar schon gezeigt, dass diese Annahme verletzt werden kann, in allgemeinen, alltäglichen und nicht zu komplexen Entscheidungssituationen kann aber im Regelfall davon ausgegangen werden, dass die Präferenzen von Entscheidern substituierbar sind.<sup>33</sup>

Die zweite Voraussetzung für die Anwendung der Nutzentheorie ist die Vollständigkeit. Dies bedeutet, dass jedes mögliche Paar an Alternativen miteinander verglichen werden kann. In dem Fall von dem bisher ausgegangen wurde, dass lediglich ein entscheidungsrelevantes Kriterium (bei Bernoulli: Geldbeträge) existiert, ist die Vollständigkeit dann erfüllt, wenn ein Entscheider in der Lage ist, eine beliebige Ausprägung dieses Kriteriums mit jeder beliebigen anderen Ausprägung desselben Kriteriums zu vergleichen. Bei einem Entscheider, der sich zumindest in geringem Ausmaß mit einer lediglich auf einem Kriterium beruhenden (=singleattributiven) Entscheidungssituation auseinandersetzt, kann in den meisten Fällen davon ausgegangen werden, dass er alle Alternative miteinander vergleichen kann und somit die Vollständigkeit erfüllt.<sup>34</sup>

Schwieriger ist die Erfüllung der Vollständigkeit in dem Fall, dass eine multiattributive Entscheidung getroffen werden muss. Darunter wird eine Entscheidungssituation verstanden, bei der die verschiedenen Alternativen mehrere variierende Kriterien besitzen. Ein Beispiel hierfür ist der Kauf eines Autos. Neben dem monetären Kriterium des Kaufbetrags spielen auch weitere Kriterien wie die Marke, die Farbe, das Alter, usw. eine gewisse Rolle in dem Kaufentscheidungsprozess. Die Vollständigkeit fordert in

---

<sup>32</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 24

<sup>33</sup> Vgl. Afriat (1967), S. 71; Esser (2001), S. 190f; Friedrich (2004), S. 68 sowie Houthakker (1950), S. 169

<sup>34</sup> Vgl. Esser (2001), S. 188ff sowie Rader (1963), S. 230f



diesem Zusammenhang, dass beliebige Bündel an Attributwerten miteinander verglichen werden können. Dies ist problematisch, da oftmals Entscheidungssituationen existieren, in denen eine Alternative mehr Kriterien aufweist als eine andere Alternative. In dem Autokaufbeispiel könnte ein Auto ein eingebautes Navigationsgerät mit einer Straßenkarte aus dem Jahre 2010 besitzen, ein zweites Auto ein eingebautes Navigationsgerät mit einer Straßenkarte aus dem Jahre 2014 und ein drittes Auto kein eingebautes Navigationsgerät besitzen. Ein entscheidungsrelevantes Attribut bei den Alternativen  $\text{Auto}_1$  und  $\text{Auto}_2$  wäre also das Alter der Straßenkarte. Grundsätzlich existiert dieses Attribut bei der Alternative  $\text{Auto}_3$  jedoch nicht und deswegen wäre die Vollständigkeit verletzt. Dennoch können in solchen Entscheidungssituationen Nutzenfunktionen modelliert werden, indem das Nichtvorhandensein eines Kriteriums als Attributausprägung miteinbezogen wird und somit die Vollständigkeit gewährleistet wird. Umgelegt auf den Autokauf bedeutet dies, dass der Alternative  $\text{Auto}_3$  beim Kriterium „Alter der Straßenkarte“ die Ausprägung „kein Navigationsgerät“ zugeordnet wird.<sup>35</sup>

Eine weitere Voraussetzung für die Anwendung der Nutzentheorie ist die Transitivität. Hierunter wird verstanden, dass ein Entscheider, der die Alternative  $a_1$  gegenüber der Alternative  $a_2$  präferiert und die Alternative  $a_2$  gegenüber der Alternative  $a_3$  präferiert, er auch die Alternative  $a_1$  der Alternative  $a_3$  vorzieht. Aus diesem Axiom leitet sich die Tatsache ab, dass sogenannte Indifferenzkurven bzw. -ebenen, welche alle möglichen Kombinationen an Attributen darstellen, die dem Entscheider ein bestimmtes Nutzenniveau liefern, sich nicht schneiden können. Dieser Sachverhalt ist für ein Entscheidungsproblem mit den Attributen Lieferkosten, eingezeichnet auf der x-Achse und Lieferzeit, eingezeichnet auf der y-Achse, in Abbildung 3 dargestellt. Einem Entscheider sind fünf Liefertage bei Lieferkosten von 100 Euro (Punkt A) gleich recht wie zwei Liefertage bei Lieferkosten von 150 Euro (Punkt B). Dies ist anhand der unteren Indifferenzkurve erkennbar. Derselbe Entscheider schätzt auch einen Liefertag bei Lieferkosten von 200 Euro (Punkt C) gleich gut ein wie sieben Liefertage bei Lieferkosten von 80 Euro (Punkt D) und bevorzugt diese beiden Varianten gegenüber Punkt B. Dies ist aus der oberen Indifferenzkurve ablesbar. Basierend auf diesen Präferenzen darf der Entscheider dann nicht Punkt A gegenüber Punkt C oder D bevorzugen oder gleich gut heißen, da er sich ansonsten intransitiv verhalten würde.<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> Vgl. Afriat (1967), S. 68 sowie Rader (1963), S. 230

<sup>36</sup> Vgl. Afriat (1967), S. 71; Houthakker (1950), S. 170f sowie Rader (1963), S. 229



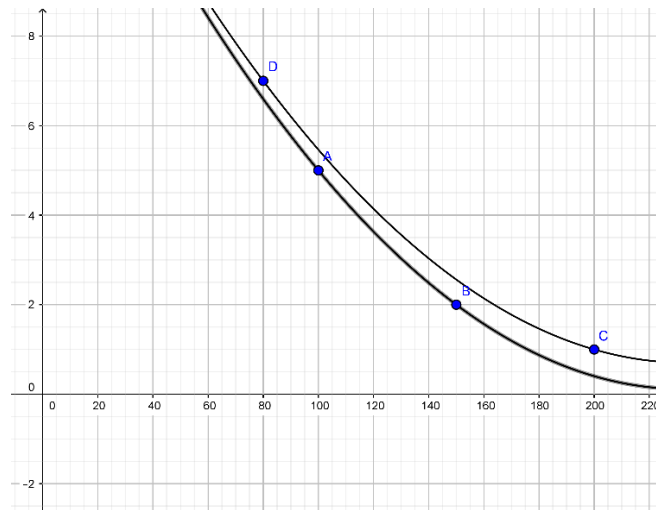


Abbildung 3: Transitivität und Indifferenzkurven  
Quelle: Eigene Darstellung mittels Geogebra

Wie aus der Erklärung des Beispiels im obigen Absatz ersichtlich wird, handelt es sich bei der Transitivität um einen komplexen Sachverhalt, der vor allem bei Entscheidungssituationen, in denen viele Attribute eine Rolle spielen, häufig verletzt wird. So konnte schon Arnold M. Rose 1957 mittels eines speziell auf Intransitivität abzielenden Experimentaufbaus, bei welchem die Probanden die Schwere unterschiedlicher krimineller Tätigkeiten jeweils paarweise miteinander vergleichen sollten, intransitives Verhalten bei 71 der 74 Teilnehmer nachweisen. Aber auch bei unvoreingenommenen Experimenten tritt intransitives Verhalten immer wieder auf. Studien, welche vor allem mit Schülern und Studierenden sowohl im deutsch- als auch im angloamerikanischen Raum durchgeführt wurden, legen nahe, dass im Schnitt 20 bis 25 Prozent aller Entscheidungen durch intransitives Verhalten beeinflusst werden. Von dem steten Vorhandensein von Transitivität kann also nicht ausgegangen werden.<sup>37</sup>

Mithilfe der Nutzentheorie können also unterschiedliche Präferenzen von Individuen modelliert werden. Eine mögliche Vorgangsweise dazu ist die Bernoulli Befragung. Damit Nutzenfunktionen aber überhaupt verwendet werden können, müssen die Substitutions-, die Vollständigkeits- und die Transitivitätsbedingung erfüllt sein. Doch auch abseits der genannten Voraussetzungen treten bei der Modellierung von Nutzenfunktionen im Alltag häufig gewisse Besonderheiten auf, die es gesondert zu betrachten gilt. Die wichtigsten Charakteristika werden im nächsten Unterkapitel diskutiert.

<sup>37</sup> Vgl. Arrow (1984), S. 122; Hommers (1977), S. 428; Loomes et al. (1991), S. 436f; Rose (1957), S. 401 sowie Starmer (1999), S. 151f

## 2.3. Charakteristika von Nutzenfunktionen

Im vorigen Unterkapitel wurden jene Voraussetzungen erläutert, die vorliegen müssen, damit Nutzenfunktionen modelliert werden können. Die konkrete Ausgestaltung dieser wird in diesem Unterkapitel behandelt. Wie schon zuvor erläutert basiert die von Bernoulli vorgeschlagene Nutzenfunktion auf einer logarithmischen Funktion und geht von einem einzigen zu bewertenden Kriterium aus. Inwieweit eine logarithmische Funktion die tatsächlichen Präferenzen von Individuen widerspiegelt wird im Zusammenhang mit verschiedenen anderen mathematischen Funktionen und ihrer Anwendbarkeit als Nutzenfunktionen in den folgenden Absätzen diskutiert. Des Weiteren setzt sich dieses Unterkapitel auch mit der Frage auseinander, welche Nutzenfunktionen verwendet werden können, sollten mehrere entscheidungsrelevante Kriterien berücksichtigt werden müssen.

Mittels einer logarithmischen Nutzenfunktion, welche schon in Unterkapitel 3.2 erläutert und mathematisch beschrieben wurde, wird stets risikoaverses Verhalten unterstellt, da das Sicherheitsäquivalent immer kleiner ist als der Erwartungswert. Dies ist zwar auf den ersten Blick, vor allem in Bezug auf das St. Petersburg Paradox, eine treffende Annahme, stimmt aber nicht mit dem experimentell und empirisch beobachteten Verhalten und somit auch mit den Präferenzen von Individuen überein. So hält z. B. die von Kahnemann und Tversky 1979 entworfene Prospect Theory fest, dass Personen dazu neigen, im Verlustbereich risikofreudig zu agieren. Hierbei ist also das Sicherheitsäquivalent höher als der Erwartungswert der Lotterie. Diese Beobachtungen legen nahe, dass logarithmische Nutzenfunktionen, welche stetige Risikoaversion unterstellen, nicht das tatsächliche Verhalten von Individuen in allen Entscheidungssituationen modellieren können.<sup>38</sup>

Die von Cramer vorgeschlagene Wurzelfunktion, welche in Formel 6 mathematisch ausgeschrieben ist, besitzt denselben Nachteil wie logarithmische Nutzenfunktionen. Auch hier wird über den gesamten Wertebereich risikoaverses Verhalten unterstellt. Daher widersprechen auch Wurzelnutzenfunktionen den Erkenntnissen der Prospect Theory.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Vgl. Bernoulli (1954), S. 28; Kahnemann und Tversky (1979), S. 264 und 279f; Laux et al. (2012), S. 93 sowie Meyer (2008), S. 181

<sup>39</sup> Vgl. Kahnemann und Tversky (1979), S. 279 sowie Shafer (1988), S. 866

$$U(x) = k * \sqrt{x} + c$$

Formel 6: Wurzelnutzenfunktion

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Shafer (1988), S. 866

Die einfachste Alternative zur Verwendung einer logarithmischen Funktion oder einer Wurzelfunktion ist eine lineare Nutzenfunktion, die durch die nachfolgende Formel beschrieben wird. Eine lineare Nutzenfunktion besitzt jedoch den Nachteil, dass auf individuelle Risikopräferenzen nicht eingegangen werden kann. So sind weder der von Cramer und Bernoulli entdeckte abnehmende Grenznutzen, also die Tatsache, dass ein Vermögensanstieg von 10€ auf 11€ zu einem höheren Nutzenanstieg führt als ein Vermögensanstieg von 1000€ auf 1001€, noch unterschiedliche Risikoeinstellungen modellierbar, weil Entscheidungen basierend auf dem Sicherheitsäquivalent hier stets Entscheidungen basierend auf dem Erwartungswert entsprechen.<sup>40</sup>

$$U(x) = k * x + d$$

Formel 7: Lineare Nutzenfunktion

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an von Neumann und Morgenstern (2007), S. 130

Eine leichte Modifizierung der zuvor vorgestellten Funktionsform stellen stückweise lineare Nutzenfunktionen dar. Hierbei werden für bestimmte Abschnitte lineare Funktionen verwendet. Zwischen zwei unterschiedlichen Abschnitten können damit individuelle Risikopräferenzen ausgedrückt werden, welche sich sogar im Laufe der Funktion ändern können. Lediglich innerhalb desselben Abschnitts unterstellt diese Funktionsform Risikoneutralität. Die mathematische Beschreibung einer stückweis linearen Nutzenfunktion ist in der Formel 8 exemplarisch dargestellt. Hierbei sind die  $u_k$  die jeweiligen Grenzen jener Wertebereiche von  $x$ , innerhalb derer die Funktion linear verläuft.<sup>41</sup>

$$U(x) = \begin{cases} k_1 * x + d_1 & \forall x \leq u_1 \\ k_2 * x + d_2 & \forall u_1 < x \leq u_2 \\ \dots & \\ k_{n-1} * x + d_{n-1} & \forall u_{n-2} < x \leq u_{n-1} \\ k_n * x + d_n & \forall x > u_{n-1} \end{cases}$$

Formel 8: Stückweis lineare Nutzenfunktion

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Luce und Fishburn (1991), S. 31

Etwas komplexer als lineare Funktionen sind quadratische Nutzenfunktionen. Ein Beispiel hierfür ist nachfolgend mathematisch formuliert. Quadratische Nutzenfunktionen

<sup>40</sup> Vgl. Candeal-Haro und Indurain-Eraso (1995), S. 520f sowie von Neumann und Morgenstern, S. 22ff und S. 130f

<sup>41</sup> Vgl. Luce und Fishburn (1991), S. 30f sowie Murthy und Sarkar (1998), S. 125

können entweder risikofreudiges oder risikoaverses Verhalten modellieren. Beide Risikopräferenzen können jedoch nicht in einer einzigen Funktion auftreten und deswegen ist auch diese Nutzenfunktionsform basierend auf den Erkenntnissen der Prospect Theory kritisch zu betrachten.<sup>42</sup>

$$U(x) = a * x^2 + b * x + c$$

Formel 9: Quadratische Nutzenfunktion  
Quelle: Hanoch und Levy (1970), S. 182

Im Gegensatz zu quadratischen Funktionen können Nutzenfunktionen, welche zumindest ein Polynom dritten Grades besitzen, unterschiedliche Risikoeinstellungen berücksichtigen. Sie sind somit auch mit der Prospect Theory kompatibel und bieten darüber hinaus gegenüber stückweis linearen Nutzenfunktionen noch den Vorteil, dass sie in jedem Bereich an eine bestimmte Risikopräferenz angepasst werden können. Zusätzlich dazu sind sie in allen Punkten stetig differenzierbar. Der einzige Nachteil im Zusammenhang mit höhergradigen Nutzenfunktionen ist der Rechenaufwand. Eine Beispielnutzenfunktion höheren Grades ist im Folgenden mathematisch beschrieben.<sup>43</sup>

$$U(x) = a_k * x^k + a_{k-1} * x^{k-1} + \dots + a_2 * x^2 + a_1 * x + a_0$$

Formel 10: Höhergradige Polynomnutzenfunktion  
Quelle: In Anlehnung an Hanoch und Levy (1970), S. 189

Eine Gemeinsamkeit aller dieser Nutzenfunktionen ist die Tatsache, dass der Nutzen in jeder abgebildeten Formel lediglich von einer Variable  $x$  abhängt. Wie aber schon bei der Vollständigkeit in 3.3 angeschnitten ist es in der Realität meistens nicht der Fall, dass eine Entscheidung nur auf einem Kriterium basiert, also singleattributiv ist. Deshalb sollten auch multiattributive Entscheidungssituationen mittels Nutzenfunktionen modelliert werden können. Eine Möglichkeit hierfür ist die Generierung einzelner Nutzenfunktionen für jedes Entscheidungskriterium. Diese werden im Anschluss daran gewichtet und zu einer multiattributiven Nutzenfunktion zusammengefügt. Die hierbei angewandte Vorgehensweise wird als separate Betrachtung bezeichnet.<sup>44</sup>

Innerhalb der separaten Betrachtung existieren zwei verbreitete Methoden zur Zusammenführung mehrerer Nutzenfunktionen. Die erste, sehr intuitive Art der Verknüpfung

<sup>42</sup> Vgl. Hanoch und Levy (1970), S. 182f sowie Kahnemann und Tversky (1979), S. 279

<sup>43</sup> Vgl. Hanoch und Levy (1970), S. 188ff; Kahnemann und Tversky (1979), S. 279f sowie Meyer (2008), S. 182f

<sup>44</sup> Vgl. Fatima et al. (2009), S. 1042f sowie Jacquet-Lagrange und Siskos (1982), S. 151

ist die Addition der einzelnen Nutzenfunktionen. Diese setzt jedoch grundsätzlich vollkommene Unabhängigkeit der Kriterien voraus. Das bedeutet, dass die konkreten Ausprägungen der anderen Attribute auf den konkreten Nutzen, den ein Attribut liefert, keinen Einfluss besitzen. Um Verwirrung zu vermeiden sei hier kurz darauf hingewiesen, dass die Unabhängigkeit der Kriterien sich von dem im Unterkapitel 3.3 erwähnten Substitutionsaxiom unterscheidet. Erstere zielt nämlich auf die Relation der Kriterien innerhalb einer Entscheidungsalternative ab. Zweiteres befasst sich hingegen mit der Relation der Entscheidungsalternativen zueinander. Es ist aber der Fall, dass, sollte das Substitutionsaxiom verletzt sein, automatisch auch die Unabhängigkeit der Kriterien verletzt ist. Eine Abhängigkeit zwischen mindestens zwei Attributen verletzt aber nicht automatisch auch das Substitutionsaxiom, weil das Nutzenniveau ein und derselben Entscheidungsalternative nicht verändert wird.<sup>45</sup>

Grundsätzlich kann die Unabhängigkeit der Kriterien nicht als gegeben angesehen werden. So existieren Fälle, in denen sogar die Präferenzen rationaler Entscheider bzgl. eines Kriteriums von den konkreten Ausprägungen der anderen Kriterien abhängen. In dem in dieser Arbeit verwendeten Autokaufbeispiel könnte ein Entscheider bei dem Attribut Sitzbezug grundsätzlich Stoffsitzen einen Nutzen von 0 und Ledersitzen einen Nutzen von 1 zuweisen, weil Ledersitze einen besseren optischen Anblick liefern. Sollte aber die Scheibentönung eines Autos, welche von 0 (=gar nicht getönt) bis 1 (=sehr stark getönt) bewertet wird, unter einem Nutzenniveau von 0,2 liegen, also relativ helle Scheiben eingebaut sein, dann könnte sich der Nutzen von Ledersitzen auf 0 und jener von Stoffsitzen auf 1 ändern, weil die Sonne im Sommer die Ledersitze sehr stark aufheizt.<sup>46</sup>

Die zweite Art der Verknüpfung einzelner Nutzenfunktionen ist die Multiplikation. Auch hierfür wird in der Theorie die vollkommene Unabhängigkeit der Attribute vorausgesetzt. In theoretischen Überlegungen und experimentellen Studien wurde jedoch gezeigt, dass die multiplikative Verknüpfung bei der praktischen Anwendung auf Situationen, in denen Abhängigkeiten zwischen Attributen existieren, oft zu besseren Ergebnissen führt als die additive Verknüpfung, weil im Rahmen der Multiplikation die Attribute sich gegenseitig beeinflussen. So ist in diesem Fall z. B. die partielle Ableitung eines Attributs von den konkreten Ausprägungen der anderen Attribute abhängig. Die

---

<sup>45</sup> Vgl. Fishburn (1967), S. 335f sowie Giesen und Völker (2002), S. 206f

<sup>46</sup> Vgl. Giesen und Völker (2002), S. 207

multiplikative Verknüpfung verzeiht also in der Praxis zwar kleinere Ungenauigkeiten, ist aber in der Anwendung bei dem Auftreten größerer Abhängigkeiten genauso problematisch wie die additive Verknüpfung.<sup>47</sup>

Unabhängig von der konkreten mathematischen Art der Zusammenführung der Nutzenfunktionen müssen im Normalfall die einzelnen Nutzenfunktionen gewichtet werden, da nicht jedes Kriterium einen gleich hohen Einfluss auf die Entscheidung besitzt. So ist es in dem Autokaufbeispiel durchwegs denkbar, dass der Kaufpreis eine wichtigere Rolle besitzt als die Tatsache, welches Navigationssystem eingebaut ist. Die Abfrage der Gewichtung erfolgt oftmals als eigener Schritt, wobei entweder lediglich eine ordinale Reihung oder aber schon eine skalierte Bewertung abgefragt werden kann. Im Idealfall wäre natürlich eine skalierte Bewertung zu bevorzugen, weil hiermit direkt die Präferenzunterschiede vom Entscheider angegeben werden. Es wurde jedoch beobachtet, dass diese Selbsteinschätzung oft nicht den tatsächlichen Präferenzen entspricht. Deswegen wurden mehrere Methoden entwickelt, wie aus einer ordinalen Reihung von Attributen Nutzenfunktionen gewonnen werden können. Die wichtigsten Methoden werden in den folgenden Absätzen behandelt.<sup>48</sup>

In dem Simple Additive Weighting (SAW) Modell werden die einzelnen Nutzenfunktionen mit spezifisch zugeordneten Gewichten multipliziert und anschließend additiv verknüpft. Hierbei können die Gewichte u. a. mittels eines Linearen Programms, welches in Formel 11 abgebildet ist, berechnet werden.  $w_k$  repräsentiert hierin das Gewicht des Attributs  $k$  und  $u_k(a_{i,k})$  repräsentiert den Nutzen der Ausprägung  $i$  des Attributs  $k$ . Ziel ist es die gewichtete Nutzendifferenz zwischen unterschiedlichen Ausprägungen zu maximieren. Aus der letzten Gleichung folgt, dass die Summe aller Gewichte 1 ergibt. Wenn also alle Attribute ihre jeweils besten Ausprägungen annehmen, liegt der Gesamtnutzen bei 1. Diese Skalierung wird aus Vereinfachungsgründen nicht nur bei diesem linearen Programm, sondern von beinahe allen Nutzenfunktionsmodellierungsmethoden verwendet.<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> Vgl. Abdellaoui (2000), S. 1500; Angilella et al. (2004), S. 735 und 744; Keeney (1974), S. 25ff sowie Siebert (2009), S. 78

<sup>48</sup> Vgl. Kampf (2003), S. 1f sowie Wilson (1971), S. 435ff

<sup>49</sup> Vgl. Belton und Stewart (2002), S. 86ff; Pomerol und Barba-Romeo (2000), S. 74ff; Reimann et al. (2017), S. 993ff

$$\begin{aligned}
& \max z \\
& \text{s. t. } \sum_{k=1}^K w_k * u_k(a_{i,k}) - \sum_{k=1}^K w_k * u_k(a_{j,k}) \geq z \quad \forall i, j: A_i \succ A_j \\
& \sum_{k=1}^K w_k = 1
\end{aligned}$$

Formel 11: Lineares Programm zur Bestimmung der Gewichte  
Quelle: Reimann et al. (2017), S. 997

Eine Erweiterung des SAW Modells stellt der Ordered Weighted Average (OWA) Operator dar. Hierbei werden vor dem Ablauf des in der Formel 11 dargestellten linearen Programms pro Alternative die Kriterien absteigend nach ihrem jeweiligen Nutzenwert geordnet. In der Theorie besitzt diese Berechnungsmethode gegenüber dem klassischen SAW Modell den Vorteil, dass sie symmetrisch aufgebaut ist. Dies bedeutet, dass die Reduktion eines Attributs auf den Wert eines anderen Attributs und die gleichzeitige Erhöhung jenes Attributs auf den ursprünglichen Wert des ersten Attributs keinen Einfluss auf die konkrete Ausgestaltung der Gewichtung dieser Alternative besitzt. Es können also sowohl kompensatorische, als auch nicht kompensatorische Sachverhalte modelliert werden. Unter kompensatorischen Präferenzen wird generell die Tatsache verstanden, dass innerhalb einer Alternative ein schlechter Wert eines Attributs durch einen guten Wert eines anderen Attributs ausgebessert werden kann. Eine experimentelle Studie der Universität Wien hat aber gezeigt, dass das klassische SAW Modell eine bessere Approximation der Präferenzen liefert als der OWA-Operator, wenn die tatsächlichen Präferenzen von Individuen modelliert werden sollen.<sup>50</sup>

Eine weitere Methode der Gewichtung einzelner Nutzenfunktionen sind Fuzzy-Integrale. Hierbei kann mittels einer Integriermethode (z. B. Choquet Integrale) ein durchschnittlicher Nutzenwert für ein gesamtes Bündel bestehend aus einer Ausprägung jedes Attributs, aber auch für jede mögliche Kombination anderer Attributausprägungen ermittelt werden. Es werden also keine Gewichte per se festgelegt sondern für jede mögliche Kombination an Attributen errechnet. Der Integriervorgang wird also bei jeder (noch so kleinen) Änderung eines Attributs neu durchgeführt. Deshalb werden

<sup>50</sup> Vgl. Pomerol und Barba-Romeo (2000), S. 79ff; Reimann et al. (2017), S. 993ff sowie Yager (1988), S. 183ff



Fuzzy-Integrale auch nur für Entscheidungen, die zu mindestens zum Großteil auf ordinalskalierten Kriterien basieren, empfohlen.<sup>51</sup>

Zusammenfassend ist festzustellen, dass multiattributive Nutzenfunktionen durch die Zusammenführung einzelner Nutzenfunktion erstellt werden können. Diese einzelnen Nutzenfunktionen existieren in verschiedenen Formen, welche von linear über polynomisch bis hin zu logarithmisch reichen. Da aber die Risikoeinstellung von Individuen meistens nicht über den kompletten Wertebereich konstant ist, sind lediglich stückweis lineare und höhergradige Polynomfunktionen als Modellierungsbasis geeignet. Die Verknüpfung der einzelnen Nutzenfunktionen kann entweder additiv oder multiplikativ erfolgen. Bei der additiven Verknüpfung ist die Unabhängigkeit der Kriterien Voraussetzung, während bei der multiplikativen Verknüpfung in der Praxis lediglich Präferenzunabhängigkeit gefordert wird. Die konkrete Gewichtung der einzelnen Nutzenfunktionen beim Zusammenführen kann direkt durch den Entscheider mittels Skala erfolgen oder durch Berechnung aus ordinalen Reihungen ermittelt werden. Bei der ordinalen Reihung stehen u. a. Lineare Programmierungsansätze im Rahmen des SAW Modells, der OWA Operator und Fuzzy Integrale zur Verfügung.

## **2.4. Conjoint-Analyse**

Die separate Betrachtung ist nicht die einzige Möglichkeit, multiattributive Nutzenfunktionen zu generieren. So fällt heutzutage, wenn über Modelle zur Nutzenmodellierung gesprochen wird, meistens zu allererst der Begriff „Conjoint-Analyse“. Dieser ursprünglich französische Begriff wurde von Luce und Tukey 1964 in ihrer Arbeit, in der sie erstmals die Conjoint Analyse vorstellten, von Debreus Aufsatz aus dem Jahre 1960, in der der Franzose wichtige Vorarbeit geleistet hatte, übernommen. Wörtlich übersetzt bedeutet „Conjoint“ „gemeinsam“ und bezeichnet damit, dass die Modellierung der Präferenzen eines Individuums nicht mehr durch separate Betrachtung jedes Attributs mit nachfolgender Verknüpfung, sondern direkt durch eine gesamtheitliche Betrachtung in einem einzigen Befragungsdurchlauf stattfindet. Generell ist eine Conjoint-Analyse dadurch charakterisiert, dass der Entscheider über verschiedene Alternativen, die sich jeweils aus einem Bündel an Attributausprägungen zusammensetzen, entscheiden muss, indem er entweder eine kardinale Bewertung, eine ordinale Reihung oder eine Auswahl vornimmt. Trotz der veränderten Befragungsmethode wird

---

<sup>51</sup> Vgl. Grabisch et al. (1998), S. 44ff sowie Grabisch et al. (2008), S. 767f



aber dennoch auch hier zumeist ein additives Modell (z. B. das SAW-Modell) eingesetzt um basierend auf den im Rahmen der Befragung erhaltenen Informationen eine multiattributive Nutzenfunktion zu generieren.<sup>52</sup>

Seit ihrer Entdeckung 1964 wurde die Conjoint-Analyse in unzähligen Arbeiten verfeinert und verbessert sowie verschiedene Ausprägungen und Voraussetzungen formuliert. Bezüglich der Voraussetzungen sind vor allem die Level Balance und die Orthogonalität (engl. orthogonality) zu nennen, weil sie grundlegende Bedingungen für jede Form von Conjoint Analysen darstellen. Die Level Balance bezeichnet das gleichhäufige Auftreten von Attributausprägungen innerhalb aller zur Auswahl gestellten Alternativen. In dem Autokaufbeispiel in Bezug auf das Sitzmaterial würde dies bedeuten, dass bei den Auswahlmöglichkeiten einer Conjoint Analyse die Ausprägung „Ledersitze“ in 50% der Alternativen vorkommen sollte. Die Orthogonalität wiederum ist dann erfüllt, wenn die summierte Anzahl des gemeinsamen Auftretens zweier Ausprägungen unterschiedlicher Attribute in derselben Alternative der unabhängigen Wahrscheinlichkeit für dieses Auftreten entspricht. Dies bedeutet, wenn ein Entscheidungskriterium die Sitzqualität (Ledersitze oder Stoffsitze) und ein anderes Entscheidungskriterium das Vorhandensein eines eingebauten Navigationssystems (ja oder nein) ist, dann sollte die Kombination Ledersitze und Einbaunavigationsgerät genau in  $0,5 \cdot 0,5 = 0,25 = 25\%$  aller dem Entscheider vorgelegten Alternativen auftreten. Es ist in diesem Zusammenhang aber darauf hinzuweisen, dass sich bei unterschiedlicher Anzahl an Attributausprägungen oftmals die Anforderungen der Level Balance und der Orthogonalität widersprechen. Daher ist bei der Erstellung der zu bewertenden Alternativen meistens ein Tradeoff zu finden, der sowohl angemessen in Bezug auf die Level Balance als auch auf die Orthogonalität ist.<sup>53</sup>

Heutzutage spielen vor allem die Choice-Based Conjoint Analyse und die Adaptive Conjoint Analyse wichtige Rollen in Theorie und Praxis. Diese beiden Methoden werden deshalb im Folgenden genauer erörtert.<sup>54</sup>

Bei der Choice-Based Conjoint Analyse tätigt der Entscheider mehrere Auswahlentscheidungen. Konkret wählt er stets die am meisten bevorzugte Alternative aus einem

---

<sup>52</sup> Vgl. Debreu (1960), S. 24f; Luce und Tukey (1964), S. 1ff; Orme (2010), S. 29 sowie Teichert (2001), S. 36

<sup>53</sup> Vgl. Huber und Zwerina (1996), S. 309 sowie Zwerina et al. (2010), S. 268

<sup>54</sup> Vgl. Eggers und Sattler (2011), S. 36

Choice Set aus. Ein Choice Set setzt sich hierbei aus mehreren Alternativen zusammen, die sich hinsichtlich der einzelnen Attributausprägungen unterscheiden. Bei der Erstellung der Choice Sets ist auf die schon zuvor beschriebenen, generellen Anforderungen der Level Balance und der Orthogonalität zu achten. Zusätzlich existieren zwei weitere Anforderungen welche spezifisch für die Choice-Based Conjoint Analyse entwickelt wurden. Diese werden in den folgenden Absätzen behandelt.<sup>55</sup>

Grundsätzlich soll bei der Choice-Based Conjoint Analyse nur eine minimale Überschneidung der Ausprägungen auftreten. Dies bedeutet, dass die Alternativen innerhalb eines Choice Sets stets unterschiedliche Ausprägungen besitzen sollen. Daraus folgt, dass im Regelfall ein Choice Set sich aus jener Anzahl an Alternativen zusammensetzt, die durch die Anzahl der Ausprägungen jenes Attributs mit der geringsten Anzahl an Ausprägungen festgelegt wird. Darüberhinausgehend wird in Bezug auf diese Anforderung generell empfohlen, dass bei einer Choice-Based Conjoint Analyse maximal sechs bis acht entscheidungsrelevante Attribute abgefragt werden sollen, um den Entscheider nicht zu überfordern.<sup>56</sup>

Eine zweite Anforderung an die Choice Sets ist die Ausgewogenheit der Nutzenwerte. Dies ist der Fall, *„wenn die Nutzenwerte der Stimuli in einem Choice Set gemäß den a-priori Erwartungen ähnlich hoch sind.“*<sup>57</sup> Für den Einsatz der Choice-Based Conjoint Analyse bedeutet dies, dass vor allem solche Choice Sets generiert werden sollten, bei denen basierend auf dem jetzigen Wissensstand die verschiedenen Alternativen einen ungefähr gleich hohen Nutzen besitzen. Dies schafft mehr Klarheit über die Nutzenpräferenzen eines Entscheiders als wenn Bündel mit stark unterschiedlichen Nutzenniveaus miteinander verglichen werden und verbessert somit die Qualität der durch die Befragung erhaltenen Information über die Präferenzen des Entscheiders. Schließlich wurde in wissenschaftlichen Studien festgestellt, dass die Verwendung von mehr als 20 Auswahlfragen zu einer Ermüdung des Entscheiders und somit zu schlechteren Modellierungsergebnissen führt.<sup>58</sup>

Nach der Durchführung der Befragung basierend auf den zuvor genannten Anforderungen können die einzelnen Nutzenparameter für jede Attributausprägung z. B. mit-

---

<sup>55</sup> Vgl. Eggers und Sattler (2011), S. 39f; Gensler (2006), S. 265 sowie Zwerina et al. (2010), S. 268f

<sup>56</sup> Vgl. ebenda

<sup>57</sup> Gensler (2006), S. 265

<sup>58</sup> Vgl. Eggers und Sattler (2011), S. 39f; Gensler (2006), S. 265 sowie Zwerina et al. (2010), S. 268f

tels der Maximum-Likelihood Schätzung approximiert werden. Aus Gründen der Komplexitätsreduktion wird der genaue Prozess in dieser Arbeit nicht näher erläutert. Bei Interesse des Lesers an der Anwendung dieses statistischen Verfahrens, welches eine logarithmische Funktion maximiert, sei auf die Arbeit von Gensler (2006) verwiesen. In dieser wird die Vorgehensweise detailliert aufbereitet. Auf jeden Fall ist mit der Berechnung der Nutzenparameter die Choice-Based Conjoint Analyse abgeschlossen, weil mit diesen eine multiattributive Nutzenfunktion formuliert werden kann.<sup>59</sup>

Die zweite, häufig angewandte Form der Conjoint Analyse ist die Adaptive Conjoint Analyse. In dieser wird der Entscheider im Rahmen der Befragung stets um eine Reihung der angegebenen Alternativen gebeten. Eine Alternative enthält aber nie alle Attribute sondern meistens nur einen Bruchteil davon. Die angezeigten Kriterien werden basierend auf den bereits zuvor erhaltenen Antworten ausgewählt. Hierbei wird darauf geachtet, dass jene Attribute zur Befragung vorgelegt werden, die einen möglichst hohen Informationsgewinn liefern sollten. Diese dynamische Auswahl erlaubt es, dass problemlos bis zu 20, im Extremfall sogar 30, entscheidungsrelevante Attribute berücksichtigt werden können.<sup>60</sup>

Die zuvor schon erläuterten allgemeinen Anforderungen der Level Balance und der Orthogonalität sind hier ebenfalls gültig. Jedoch treten sie in abgewandelter Form auf. So soll im Rahmen der Level Balance eine Ausprägung eines Attributs, welches lediglich zwei Ausprägungen besitzt, nicht mehr in der Hälfte aller Alternativen, sondern lediglich in der Hälfte jener Alternative auftreten, in der auch das Attribut vorkommt. Ähnlich verhält es sich mit der Orthogonalität. Hierbei werden als Rechenbasis nicht mehr alle verwendeten Alternativen herangezogen, sondern nur mehr jene, in denen auch beide betrachteten Attribute gleichzeitig auftreten.<sup>61</sup>

Die Durchführung einer Adaptiven Conjoint Analyse gliedert sich grundsätzlich in zwei Phasen. In der Compositional Phase sind alle Attribute in den Alternativen, welche vom Entscheider gereiht werden, enthalten. Ziel hierbei ist es jene Attribute zu identifizieren, die für den Entscheider von hoher Relevanz sind. Dies kann entweder mittels direkter Reihung der Attribute durch den Entscheider geschehen oder mittels einer Conjoint Analyse. Die direkte Reihung besitzt den Vorteil, dass sie weniger Fragen

---

<sup>59</sup> Vgl. Gensler (2006), S. 265ff

<sup>60</sup> Vgl. Eggers und Sattler (2011), S. 44f

<sup>61</sup> Vgl. Huber und Zwerina (1996), S. 309

beinhaltet als die Conjoint Analyse und somit den Entscheider nicht ermüdet. Andererseits besitzt sie den zuvor schon erwähnten Nachteil, dass die Selbsteinschätzung eines Entscheiders nicht immer mit den tatsächlichen Präferenzen übereinstimmt.<sup>62</sup>

Wenn eine Conjoint Analyse schon in der Compositional Phase verwendet wird, so werden nach jeder Reihungsfrage mittels Regression, die u. a. auf linearen, logarithmischen oder Polynomfunktionen basieren kann, Gewichte für die einzelnen Attribute berechnet. Sobald diese Gewichte bei einer vordefinierten Anzahl an Attributen einen bestimmten Wert übersteigen oder eine bestimmte Anzahl an Reihungsfragen erreicht wird, ist die Compositional Phase beendet. Die konkreten Terminierungskriterien variieren stark von Anwendung zu Anwendung, weil sie sowohl von der Anzahl der Attribute, als auch von der Anzahl der Ausprägungen innerhalb der Attribute abhängen.<sup>63</sup>

Auf die Compositional Phase folgt die Conjoint Phase. Hierin werden jetzt nur mehr die Attribute betrachtet, die die höchsten Gewichte besitzen. Mit diesen werden nun Alternativen für die Reihungsabfragen generiert. Nach einer bestimmten Anzahl an (vordefinierten) Befragungsrunden, welche wiederum von den Attributen und den Ausprägungen abhängt, enden diese. Anschließend wird mittels Regression eine multiattributive Nutzenfunktion modelliert, welche die in beiden Phasen erhaltenen Eingaben berücksichtigt und somit alle entscheidungsrelevanten Kriterien enthält.<sup>64</sup>

Nachdem nun mit der Choice-Based Conjoint Analyse und der Adaptiven Conjoint Analyse die beiden wichtigsten Formen der gesamtheitlichen Betrachtung erläutert wurden, ist nun in Verbindung mit den vorhergehenden Unterkapiteln genügend Vorwissen vorhanden, um ein Modell zur Erstellung von Nutzenfunktionen zu formulieren. Deshalb wird hiermit die Literaturanalyse abgeschlossen. Im nächsten Kapitel wird auf die von Negotiation gestellten konkreten Anforderungen sowie auf die Implikationen, die diese auf die Modellierung besitzen, eingegangen.

---

<sup>62</sup> Vgl. Abu-Assab (2012), S. 35ff; Eggers und Sattler (2011), S. 44f sowie Gensler (2006), S. 254f

<sup>63</sup> Vgl. Abu-Assab (2012), S. 35ff; Eggers und Sattler (2011), S. 44f sowie Green et al. (1991), S. 216ff

<sup>64</sup> Vgl. ebenda

### 3. Anforderungen

Wie schon in der Einleitung erwähnt ist das Ziel dieser Arbeit die Generierung eines Programmablaufs zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bzgl. Tradeoffs in Verhandlungssituationen. Dazu werden im ersten Unterkapitel die von Negoviation gestellten Anforderungen an den Programmablauf behandelt. Das zweite Unterkapitel beinhaltet theoretische Überlegungen zu der Eignung unterschiedlicher zuvor diskutierter Bewertungsmethoden in Bezug auf die gestellten Anforderungen. Das dritte Unterkapitel beschäftigt sich mit der Frage welcher Überprüfungsmechanismus und welche Kontrollpackages verwendet werden können, um die Bewertungsmethode auf Konsistenz mit den Präferenzen des Verhandlers zu testen. Schlussendlich diskutiert das vierte Unterkapitel, welche Reaktionsmöglichkeiten existieren, sollte im Rahmen der Überprüfung eine Diskrepanz auftreten.

#### 3.1. Vorgaben von Seiten Negoviations

Negoviation ist ein österreichisches Start-Up mit dem Ziel eine App zu programmieren, die Verhandler in unterschiedlichsten Belangen unterstützen soll. Dazu soll die App ein einfaches und übersichtliches Verhandlungsmanagement ermöglichen. Es ist grundsätzlich angedacht, dass jeder Benutzer vor Verwendung der App einen eigenen Account anlegt. In diesem Account können beliebig viele Verhandlungen eingerichtet werden. Dabei muss jede Verhandlung betitelt und die relevanten Verhandlungskriterien eingegeben werden. Negoviation will hierbei die Berücksichtigung von bis zu 40 verschiedenen Kriterien ermöglichen. Diese Kriterien können einerseits ordinalskaliert sein. Solche Attribute besitzen zwar eine Rangordnung, setzen sich aber lediglich aus diskreten Werten zusammen, welche nicht in sinnvoller Weise miteinander addiert, subtrahiert, multipliziert oder dividiert werden können. Andererseits sollen auch intervallskalierte Kriterien betrachtet werden können. Hierbei handelt es sich um Variablen mit einer (häufig kontinuierlichen) Skala, auf die mathematische Operationen wie Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division angewendet werden können.

Negoviation will darüber hinaus erreichen, dass jede Verhandlung mit mehreren Benutzerkonten verknüpft werden kann, um allen Mitgliedern eines Verhandlungsteams den Zugriff darauf zu ermöglichen. Ziel hierbei ist es die Kommunikation innerhalb des

Teams mittels in die App integrierten Private Messages und Gruppenchats zu vereinfachen, indem nicht mehr zusätzlich zu der App auch noch Emails oder andere Nachrichtendienste zur Koordination der Verhandlung verwendet werden müssen.

Ein weiteres Feature sieht vor, dass die App in der Lage sein sollte, unterschiedliche Verhandlungsalternativen miteinander zu vergleichen und basierend darauf Empfehlungen für das Verhalten des Verhandlers abgeben kann. Um diesen Teilaspekt zu realisieren ist das Unternehmen mit einem Basiskonzept an die Universität Wien herangetreten, welches die möglichen Eingabedaten, die benötigten Ausgabedaten sowie die rechentechnischen Kapazitäten umfasste.

So sollen nach der Erstellung einer Verhandlung die Präferenzen des Anwenders abgefragt werden. Die Abfrage soll in einem gewissen, nicht allzu langen, zeitlichen Rahmen bewältigbar sein, damit die Verwendung der App nicht als unnötiger Mehraufwand empfunden wird. Bezüglich der konkreten Form der Abfrage hat Negoviation aber keine Vorgaben ausgegeben. Lediglich der Vorschlag, dass in die App Schieberegler und andere grafische Steuerungsvorrichtungen implementiert werden können, wurde von dem Unternehmen getätigt.

Nach der Eingabe der Daten soll die App eine Bewertungsmethode generieren, die den Vergleich von Verhandlungsalternativen erlaubt. Um jedoch ein präzises Verhandlungsmanagement zu garantieren fordert Negoviation vor der Anwendung des Modells noch eine Überprüfungsphase, in der der Verhandler zwischen zwei unterschiedlichen Bündeln das präferierte auswählen soll. Diese Auswahl soll dann mit der Wahl, welche auf Basis der Bewertungsmethode getroffen werden würde, verglichen werden. Nur im Falle einer hier auftretenden Übereinstimmung sollte die App zum Schritt der Analyse möglicher Verhandlungsalternativen übergehen. Im Falle keiner Übereinstimmung fordert Negoviation einen Adaptionsmechanismus, der die Bewertungsmethode an die Präferenzen des Verhandlers anpasst.

Basierend auf dem überprüften Modell sollen schlussendlich unterschiedliche Verhandlungsangebote miteinander verglichen werden können. Auch die Abgabe von Empfehlungen hinsichtlich besserer Tradeoffs durch die App ist von Negoviation gewünscht.

Generell soll die App auch im Offlinemodus verwendbar sein, um sie auch in Gebieten ohne Internetempfang (wie z. B. bei Auslandsreisen oder in ländlichen Gebieten) einsetzen zu können. Dies bedeutet, dass sowohl die Berechnungen im Rahmen der Modellierung als auch die Kalkulationen bei der Überprüfung und einer etwaigen Korrektur auf einem durchschnittlichen Smartphone in annehmbarer Zeit durchführbar sein sollten. In Kombination mit den bis zu 40 verschiedenen entscheidungsrelevanten Kriterien schränkt dies die Komplexität der mathematischen und statistischen Modelle ein. Ein Beleg hierfür ist die Tatsache, dass 2016 der durchschnittliche Prozessor eines Smartphones ein Quadcore CPU mit je 1,4 Gigahertz Taktung war, während der durchschnittliche Prozessor eines Computers im selben Jahr ebenfalls ein Quadcore CPU, jedoch mit 4 Gigahertz Taktung war. Also während auf einem Smartphone lediglich maximal 5,6 Gigahertz Rechenleistung zur Verfügung stehen, wären es auf einem durchschnittlichen Computer schon 16 Gigahertz. Deshalb muss auf komplexe Berechnungen verzichtet werden.<sup>65</sup>

Schlussendlich, um die Implementierung zu vereinfachen, soll Unterstützung während der Programmier- und Einführungsphase geleistet werden. Auch an Nachfolgeprojekten bzgl. etwaiger nachträglicher Modifizierungen am Programmalgorithmus basierend auf durch die Verwendung der App gesammelten Daten besteht von Seiten Negotiations Interesse.

Die hierin beschriebenen Anforderungen von Negotiation stellen das Grundgerüst für den zu entwickelnden Programmablauf dar und beeinflussen deshalb sowohl die Modellauswahl, als auch die Kreation eines Überprüfungsmechanismus. Diese beiden Aspekte werden in den nachfolgenden Unterkapiteln behandelt.

### **3.2. Auswahl der Bewertungsmethode**

Nachdem geklärt ist, welche Eingabedaten zur Verfügung stehen und wie der gewünschte Output strukturiert sein soll, wird nun eine passende Bewertungsmethode gesucht. Hierzu wird anhand des inhaltlichen Aufbaus des Kapitels 2 vorgegangen.

Grundsätzlich handelt es sich bei dem zu entwickelnden Programmablauf um einen Anwendungsfall der präskriptiven Entscheidungstheorie, weil es im Endeffekt das Ziel

---

<sup>65</sup> Vgl. Kwak et al. (2016), S. 1647 sowie Ragnermalm (2016), S. 25



ist, Empfehlungen bezüglich des Entscheidungsverhaltens in Verhandlungssituationen zu generieren. Dies soll u. a. dadurch erfolgen, dass ein Verhandler Angebote eingeben kann und somit einsehen kann, welche Werte diese für ihn besitzen und bei welchen Attributen es vernünftig ist, Tradeoffs in Kauf zu nehmen.

Des Weiteren ist anzumerken, dass bei den meisten Verhandlungsentscheidungen stets ein gewisser Grad an Unsicherheit vorhanden ist, da das Verhalten des Verhandlungspartners kaum mit 100%iger Sicherheit vorhergesagt werden kann. Deshalb treffen die Charakteristika einer Entscheidung unter Sicherheit nicht auf die zu modellierende Situation zu und es müssen daher die Konzepte der Entscheidungen unter Unsicherheit genauer betrachtet werden.<sup>66</sup>

Die absolute Dominanz und auch die Zustandsdominanz können nur bei Spezialfällen eingesetzt werden. Daher sind sie für die Anwendung im Programmablauf untauglich, weil dieser allgemeingültig in den unterschiedlichsten Arten von Verhandlungssituationen angewandt werden soll. Auch die stochastische Dominanz, sowohl erster als auch zweiter Ordnung, benötigt das Vorliegen einer speziellen Ergebnis- und Wahrscheinlichkeitsstruktur und kann nicht verwendet werden, da keiner dieser Spezialfälle bei alltäglichem Verhalten von Entscheidern garantiert werden kann.

Die erste Entscheidungsregel, die zumindest auf alle Entscheidungen unter Risiko und mittels Transformation durch das Konzept subjektiver Wahrscheinlichkeiten auch auf Entscheidungen unter Ungewissheit angewendet werden kann ist das Erwartungswertkriterium. Dieses ist jedoch insofern ungeeignet als Basis für den Programmalgorithmus, als dass es die spezifischen Präferenzen der Entscheider nicht berücksichtigt. Es ist jedoch von Negotiation ausdrücklich gewünscht, dass im Rahmen der Modellierung auf die konkreten Eigenschaften und Risikoeinstellungen der Verhandler Rücksicht genommen wird. Deshalb wird die ursprünglich von Gabriel Cramer und Daniel Bernoulli entdeckte Nutzentheorie als Ausgangsbasis verwendet.

Um die Nutzentheorie anzuwenden muss überprüft werden, ob ihre Voraussetzungen, die Reflexivität, die Vollständigkeit und die Transitivität, erfüllt sind. Die Reflexivität der Präferenzen ist als vorhanden anzunehmen, weil sie in allgemeinen Studien von den Teilnehmern beinahe immer erfüllt wird und nur sehr spezielle, meistens auf Verletzungen der Reflexivität ausgelegte, Experimentdesigns zu gegenteiligen Ergebnissen

---

<sup>66</sup> Vgl. Neale und Fragale (2006), S. 28 sowie Kapitel 2



führen. Auch die Vollständigkeit ist gegeben, weil in dem Falle, dass für eine bestimmte Attributausprägung kein Wert zugewiesen ist, die Tatsache des Nichtvorhandenseins dieses Werts als Ausprägung des Attributs verwendet werden kann. Die schwierigste Hürde ist die Transitivität. Diese wird von Entscheidern häufig verletzt. Daher kann diese Voraussetzung nicht als erfüllt angesehen werden. Eine Verletzung der Transitivität impliziert jedoch automatisch irrationales Verhalten des Entscheiders. Solches Verhalten sollte deshalb auf keinen Fall in das Modell übernommen werden. Um die Präferenzen des Entscheiders hinsichtlich Intransitivitäten zu untersuchen und bei einer etwaigen Entdeckung solcher ihn darauf hinzuweisen wird, wie von Negoviation gefordert, ein Überprüfungsprozess als Folgeschritt nach der Modellierung in den Programmablauf eingefügt. Deshalb kann im Rahmen der Modellierung die Transitivität als gegeben angesehen werden. Auf etwaige auftretende Probleme aufgrund von intransitivem Verhalten wird in dem Überprüfungsschritt reagiert.

Da nun geklärt ist, dass die Voraussetzungen für die Anwendung der Nutzentheorie zumindest vorläufig erfüllt sind, muss als nächstes die Auswahl der konkreten Nutzenmodellierungstechnik erfolgen. Hierbei stehen sich die separate Betrachtung und die gesamtheitliche Betrachtung der Attribute gegenüber. Heutzutage wird in der Theorie und in der Praxis die gesamtheitliche Betrachtung mittels Conjoint Analyse vorgezogen, da grundsätzlich hier die Erstellung der Nutzenfunktion in einem einzigen Prozess erfolgt und somit Informationsverluste bei der Übertragung von einem Schritt zum nächsten und weitere Fehlerquellen ausgeschlossen werden können. Der Einsatz einer Choice-Based Conjoint Analyse ist aber leider nicht möglich, weil diese maximal acht Attribute umfassen sollte und somit die bis zu 40 von Negoviation geforderten Attribute hiermit nicht realisiert werden. Da auch die Obergrenze der Adaptiven Conjoint Analyse mit 30 Attributen unter der Forderung liegt ist somit eine gesamtheitliche Betrachtung nicht möglich. Mit der Aufteilung in eine grundlegende Modellierungskomponente und eine darauf aufbauende Überprüfungskomponente, in der diejenigen Kriterien, welche einen hohen Einfluss auf den Nutzen besitzen, untersucht werden, wie im Unterkapitel 3.3 noch erläutert wird, wird aber sehr wohl ein grundlegendes Konzept der Adaptiven Conjoint Analyse, nämlich die Trennung in Compositional und Conjoint Phase, verwendet. Zusätzlich zu der Beschränkung durch die Anzahl der Attribute sei auch noch erwähnt, dass aufwendige statistische Verfahren, z. B. eine Maximum-Likelihood Schätzung, wie sie für Conjoint Analysen benötigt werden im Regelfall auch die Rechenkapazität von Smartphones übersteigen.

Aufgrund der zuvor genannten Gründe kann also keine gesamtheitliche Betrachtung durchgeführt werden. Stattdessen erfolgt die Modellierung einer multiattributiven Nutzenfunktion mittels separater Betrachtung der einzelnen Attribute. So müssen also für jedes ordinalskalierte und für jedes intervallskalierte Kriterium einzelne Nutzenfunktionen modelliert werden. Die konkrete Form der jeweiligen Nutzenfunktion hängt jedoch von der Skalierung ab. So wird für ordinalskalierte Kriterien für jeden diskreten Wert ein jeweiliger Nutzenwert direkt festgelegt. Lediglich bei intervallskalierten Kriterien muss eine kontinuierliche Nutzenfunktionsform gefunden werden.<sup>67</sup>

Da Individuen in unterschiedlichen Wertebereichen unterschiedliche Risikoeinstellungen besitzen können, sind von den vorgestellten Nutzenfunktionen lediglich stückweis lineare und höhergradige Polynomfunktionen geeignet. Letztere besitzen die Vorteile, dass sie zwischen jeder Kombination an zwei Punkten eine bestimmte Risikoeinstellung annehmen können und dass sie stetig differenzierbar sind. Sie sind aber auch rechentechnisch aufwendiger, was bei der Verknüpfung von bis 40 Attributen zu Kapazitätsproblemen auf Smartphones führen würde, im Speziellen wenn im Überprüfungsschritt Ableitungen gebildet werden müssen. Deshalb werden im Programmalgorithmus für die intervallskalierte Kriterien stückweis lineare Nutzenfunktionen modelliert. Die Eckpunkte der stückweis linearen Nutzenfunktionen werden mittels der Bernoulli Befragung berechnet. Hierbei werden Bernoulli Befragungen für Nutzenwerte von 0,2, 0,4, 0,6 und 0,8 durchgeführt um zwar einerseits einen möglichst über den ganzen Nutzenraum verteilten Einblick in die Präferenzen des Entscheiders zu besitzen, aber andererseits den Entscheider nicht mit zu vielen Abfragen zu überlasten.

Schlussendlich ist noch die Frage der Art der Verknüpfung der einzelnen Nutzenfunktionen zu klären. Aus Gründen der Rechenkapazität wäre hier natürlich die additive Verknüpfung zu bevorzugen, wobei darauf hinzuweisen ist, dass die grundlegende Modellierung der Nutzenfunktion mittels multiplikativer Verknüpfung rechentechnisch wahrscheinlich unproblematisch wäre. Rechenkapazitätsbeschränkungen würden erst im Rahmen des Überprüfungsprozesses, in dem Differentiale gebildet werden, unter Umständen schlagend werden. Die additive Verknüpfung setzt jedoch grundsätzlich die Unabhängigkeit der Kriterien voraus, während die multiplikative Verknüpfung geeigneter in Situationen ist, in denen Abhängigkeiten auftreten. Aufgrund der Beschrän-

---

<sup>67</sup> Vgl. Dyckhoff (1993), S. 141ff

kung auf Smartphoneprozessoren ist also eine Abwägung zu treffen zwischen geringerem Rechenaufwand bei der additiven Verknüpfung und der Verzeihung leichter Abhängigkeiten der Kriterien bei der multiplikativen Verknüpfung. Da einerseits auf die Modellierung sowieso ein Überprüfungsprozess folgt und andererseits auch die Anwendung der multiplikativen Verknüpfung bei signifikant spürbaren Abhängigkeiten zwischen Attributen ebenfalls problematisch ist, wird hier zugunsten des geringeren Rechenaufwands entschieden. Somit wird die additive Verknüpfung angewendet.<sup>68</sup>

Bezüglich der Gewichtung der einzelnen Nutzenfunktionen wird aus Rechenkapazitätsgründen auf Fuzzy-Integrale verzichtet. Auch der OWA-Operator wird nicht eingesetzt, da klassische SAW-Modelle in der Anwendung bessere Ergebnisse liefern. Es stellt sich jedoch generell die Frage, ob der Entscheider nicht direkt mittels eines Schiebereglers über die Gewichtung der einzelnen Attribute entscheiden sollte. Der Nachteil hierbei ist, dass die Selbsteinschätzung von Entscheidern manchmal nicht die tatsächlichen Präferenzen widerspiegeln. Diese Fehlerquelle kann jedoch minimiert werden, indem eine graphische Darstellung der Eingabe, wie sie die Sortierung der Attribute auf einem Balken darstellt, gewählt wird. Diese Interaktionsart ist oftmals einfacher für den Anwender zu verstehen und zu handhaben als eine Listenreihung. Um in der multiattributiven Nutzenfunktion einen Maximalwert von 1 und einen Minimalwert von 0 zu erzielen werden die angegebenen Gewichte noch durch ihre Summe dividiert um die in der Funktion verwendeten Gewichte zu erhalten.<sup>69</sup>

Zusammengefasst erfolgt die Modellierung auf Basis von Nutzenfunktionen. Diese werden mittels separater Betrachtung der Attribute generiert, wobei bei ordinalskalierten Kriterien die Nutzenwerte direkt zugewiesen werden und bei intervallskalierten Kriterien stückweise lineare Nutzenfunktionen mittels Bernoulli Befragung approximiert werden. Die so gewonnen Nutzenfunktionen werden mit Gewichten, welche direkt vom Entscheider mittels Schieberegler festgelegt werden, multipliziert und additiv verknüpft.

---

<sup>68</sup> Vgl. Keeney (1974), S. 23ff

<sup>69</sup> Vgl. Cramer et al. (2004)

### 3.3. Design der Überprüfung

Von Negotiation wird gefordert, dass die modellierte Bewertungsmethode einen Test durchläuft, bevor Empfehlungen bzgl. Verhandlungsalternativen abgegeben werden. Hierbei soll der Verhandler aus zwei Alternativen (=Bündel) die von ihm bevorzugte aussuchen. Das Ergebnis dieser Auswahlprozedur wird verglichen mit jenem, welches die Nutzenfunktion liefert. Sollten hierbei Abweichungen auftreten so ist eine Adaption der ursprünglich modellierten Nutzenfunktion oder eine Revision der widersprechenden Entscheidung durch den Benutzer notwendig. Die theoretischen Überlegungen in Bezug auf den Überprüfungsprozesses werden in diesem Unterkapitel diskutiert.

Generell ist festzuhalten, dass zwar schon viel über die anfängliche Modellierung von Nutzenfunktion geschrieben wurde, die Literatur über die Überprüfung von Nutzenfunktionen mittels Bündelvergleichen aber nur sehr spärlich vorhanden ist. Dies ist die Begründung dafür, warum in diesem Kapitel Annahmen getroffen werden, die vor allem auf Ansätzen der Conjoint Analyse und der allgemeinen Nutzentheorie basieren und nicht direkt in der Literatur zu finden sind.

Das Ziel des Vergleichs der Bündel ist es, mögliche Fehlerquellen aufzudecken. Da bei der Modellierung von Nutzenfunktionen der besten Ausprägung der Nutzenwert 1 und der schlechtesten Ausprägung der Nutzenwert 0 zugewiesen wird sind die Ränder sicher definiert. Größere Abweichungen zwischen der modellierten Nutzenfunktion und den tatsächlichen Präferenzen treten wahrscheinlicher auf, je weiter weg das Nutzenniveau von 0, respektive 1, entfernt liegt, weil die Distanz zu den festgesetzten Rändern größer wird. Dies wird in dieser Modellierung in dem Fall von intervallskalierten Kriterien durch den Effekt verstärkt, dass die Skalenwerte gleichmäßig für 0,2, 0,4, 0,6 und 0,8 abgefragt werden und innerhalb dieser Punkte linear interpoliert wird. Die Vergleichsbündel sollten also verstärkt Attributausprägungen besitzen, deren Nutzenniveaus um 0,5 liegen, weil hier am ehesten Diskrepanzen zwischen dem Modell und der Realität auftreten können.

Des Weiteren sollten die Nutzenbündel sich auch von Abfrage zu Abfrage unterscheiden. Einerseits wird so das Plagieren des Programmalgorithmus erschwert und andererseits werden somit konsistent durchgezogene Auswahlfehler vermieden. Deswegen erfolgt die Generierung der konkreten Bündel randomisiert. Bei der Erstellung der zu vergleichenden Alternativen ist auch darauf zu achten, dass die Auswahlentscheidung nicht trivial wird, indem ein stark und ein wenig präferiertes Bündel präsentiert wird.

Um diesen Sachverhalt zu vermeiden sollte die Nutzendifferenz zwischen den zwei Bündeln nicht allzu hoch sein. Allerdings sollten auch nicht zwei Bündel generiert werden, die vom Nutzenniveau her gleich oder sehr ähnlich sind, weil eine Auswahlentscheidung zwischen solchen Bündeln schon nur bei leichter Unachtsamkeit des Entscheiders zu intransitivem Verhalten führen kann. Dies ist definitiv nicht erwünscht, da der Verhandler nicht zu intransitivem Verhalten verleitet werden soll, sondern intransitives Verhalten nur aufgedeckt werden soll, wenn es sich um eine signifikante Nutzendifferenz handelt. Es werden also zwei Bündel gesucht, deren Nutzendifferenz zwar eindeutig für den Anwender spürbar ist, aber dennoch nicht offensichtliche Entscheidungen implizieren.

In Experimenten, in denen das Auswahlverhalten bei Conjoint Analysen beobachtet wird, wird oft eine Nutzendifferenz von  $\frac{1}{\text{Anzahl der Attribute}}$  als vom Entscheider eindeutig erkennbar angesehen. Hingegen fällt es bei einer Nutzendifferenz von unter  $1 + \frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) * 4}$  sogar erfahrenen Entscheidern oftmals schwer einen Unterschied zu erkennen, wenn mehrere Attribute geändert werden. Ein gangbarer Mittelweg ist eine Nutzendifferenz von  $\frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) * 2}$ , da diese nicht zu einer trivialen Entscheidung führt. Des Weiteren kann von den Verhandlern erwartet werden, dass sie sich bei der Verwendung der App zumindest begrenzt rational verhalten und somit solche Nutzendifferenzen wahrnehmen können. Darüber hinaus ist eine Erhöhung des Nutzens um einen absoluten Wert möglich, weil dieser im Wertebereich von 0 bis 1 definiert ist und somit jede absolute Erhöhung automatisch prozentuell zum besten Ergebnis betrachtet werden kann.<sup>70</sup>

Damit zwei effektive Vergleichsbündel generiert werden muss also die zuvor festgelegte Nutzenänderung erreicht werden. Dazu erhalten manche Attribute bessere Ausprägungen und andere schlechtere. Hierbei werden in Anlehnung an die Conjoint Phase der Adaptiven Conjoint Analyse jene Attribute verbessert, deren Änderungen einen hohen Einfluss auf das Nutzenniveau besitzen. Gleichzeitig erhalten jene Attribute schlechtere Ausprägungen, deren marginale Änderungsrate in Bezug auf die multiattributive Nutzenfunktion nur gering ist. Insgesamt betrachtet wird somit nur ein Bruchteil aller entscheidungsrelevanten Kriterien geändert, was die Kalkulation unter

---

<sup>70</sup> Vgl. Carmone et al. (1978), S. 301; Darmon und Rouzies (1999), S. 73f; Graf and Six (2014), S. 653f; Kahnemann (2003), S. 716f sowie Lin et al. (2008), S. 825f

Rücksichtnahme auf die beschränkte Rechenkapazität vereinfacht. Die genaue Vorgangsweise zur Generierung der Vergleichsbündel wird ausführlich im nächsten Kapitel erläutert.

Nachdem geklärt ist, welche Charakteristika die Vergleichsbündel aufweisen sollen, muss nun diskutiert werden, wie viele Vergleiche insgesamt abgefragt werden sollen. Da der Entscheider schon im Rahmen der Nutzenfunktionsmodellierung eine Vielzahl an Fragen beantworten musste, sollten die hier gestellten Auswahlfragen minimiert werden. Wie schon zuvor erwähnt soll der Fokus der Auswahlfragen auf Ausprägungen mit Nutzenniveaus um 0,5 liegen. Dennoch dürfen Nutzenniveaus an den Rändern nicht komplett vernachlässigt werden, weil natürlich auch dort Fehler in der Modellierung auftreten können. Eine Balance zwischen diesen Anforderungen wird erzielt indem fünf Nutzenbereiche für die Abfragen definiert werden: 0,4-0,6; 0,3-0,7; 0,2-0,8; 0,1-0,9 und 0-1, aus welchen die Nutzenwerte für die Ausprägungen der Bündel stammen. Die minimale Anzahl an Vergleichsfragen, die gleichzeitig sicherstellt, dass alle Bereiche abgefragt werden können, liegt also bei fünf. Diese Anzahl wird auch für den Programmalgorithmus verwendet.

Sollte der Verhandler bei allen fünf Vergleichsabfragen mit der multiattributiven Nutzenfunktion übereinstimmen, so hat diese die Überprüfung bestanden und kann in der Verhandlungssituation eingesetzt werden. Ist dies nicht der Fall, muss das ursprüngliche Modell überarbeitet werden. Hiermit setzt sich das nächste Unterkapitel auseinander.

### **3.4. Adaptionenmaßnahmen**

Wenn beim Überprüfungsprozess eine Diskrepanz zwischen der Auswahl des Entscheiders und jener Auswahl, die auf Basis der multiattributiven Nutzenfunktion getroffen werden würde, auftritt, muss das Bewertungsmodell überarbeitet werden. Welche Möglichkeiten hierzu bestehen wird im Folgenden erläutert.

Die Adaption des ursprünglichen Modells erfolgt angelehnt an das Konzept der Conjoint Analyse, weil hier lediglich jene Attribute miteinbezogen werden müssen, welche im Rahmen der letzten Bündelgenerierung geändert worden waren und somit die Rechenkapazitätsbeschränkung nun eine kleinere Rolle spielt. Es werden daher dem Entscheider mehrere Bündel bestehend aus den relevanten Attributen angezeigt und er

wird gebeten diese entsprechend seinen Präferenzen zu reihen. Die Reihung sollte hierbei aus den zuvor schon erwähnten Gründen grafisch erfolgen. Deshalb sollte die Anzahl der zu reihenden Bündel nicht allzu groß sein, um einen guten grafischen Überblick sogar auf Smartphonedisplays zu garantieren. Dennoch ist eine gewisse Anzahl an Vergleichsbündel zur Validierung der Eingabedaten natürlich erforderlich.

Nach der Abfrage erfolgt eine multiple Regression, die die Ausprägungen der Attribute als unabhängige Variable und die Reihung der Bündel als abhängige Variable besitzt. Das Ergebnis dieser sind die neuen Gewichte und Nutzenfunktionsparameter der veränderten Kriterien. Die neuen Koeffizienten müssen noch mit der Summe der ursprünglichen Gewichte der veränderten Attribute multipliziert werden, damit keine Verzerrung zu Gunsten der genauer betrachteten Kriterien entsteht. Erst danach kann die neue multiattributive Nutzenfunktion aufgestellt werden. Die genaue Vorgehensweise hierfür, auch hinsichtlich der Handhabung ordinaler und intervallskalierter Variablen, wird im Unterkapitel 4.4. erklärt.

Nach dem Einsetzen wird berechnet, ob mit der neuen, multiattributiven Nutzenfunktion die Bündelauswahl, welche den Korrekturprozess ausgelöst hat, nach den Präferenzen des Entscheiders getroffen wird. Dieser Schritt muss durchgeführt werden, um inkonsistentes Verhalten des Entscheiders bei der Bündelauswahl in Verbindung mit den Angaben, die er im Korrekturprozess tätigt, auszuschließen. Wenn die neue multiattributive Nutzenfunktion diesen Test besteht, wird dem Entscheider ein neuer Bündelvergleich in jenem Nutzenniveaubereich vorgelegt, in dem die Inkonsistenz aufgetreten ist. Ist dies nicht der Fall, so ist eine Interaktion der App mit dem Entscheider notwendig.

Der Überprüfungs- und Adaptionprozess terminiert sobald der Verhandler die Auswahl aus den Vergleichsbündeln für den Wertebereich 0-1 in Einklang mit der multiattributiven Nutzenfunktion trifft. Im Anschluss daran kann die App zum Vergleich von Angeboten und für Empfehlungen für Verhandlungsangebote genutzt werden. Hiermit sind auch die theoretischen Überlegungen für den Modellierungs- und Überprüfungsprozess beendet. Diese werden im nächsten Kapitel konkretisiert und in die Form eines Programmablaufs umgewandelt.



## 4. Programmalgorithmus

Das Ergebnis dieser Arbeit ist der von Negoviation gewünschte Programmablauf, welcher von dem Start-Up in eine App implementiert werden soll. Genau dieser wird im Folgenden vorgestellt, wobei er natürlich im Kontext der Literaturanalyse und mit den theoretischen Überlegungen zu verstehen ist. Im ersten Unterkapitel wird der genaue Umgang mit den Eingabedaten erläutert. Das zweite Unterkapitel befasst sich mit dem Modellierungsablauf für die multiattributive Nutzenfunktion. Im dritten Kapitel wird der Überprüfungsprozess dargelegt. Das vierte Unterkapitel enthält jene konkreten Schritte, die angewendet werden, sollte im Rahmen des Überprüfungsprozesses eine Diskrepanz zwischen dem Verhalten des Verhandlers und der Entscheidung basierend auf der multiattributiven Nutzenfunktion auftreten.

### 4.1. Eingabedaten

Den Startpunkt des Negoviation Interfaces stellt die Definition der in einer Verhandlung relevanten Kriterien dar. Hierbei wurde vom Auftraggeber gewünscht, dass bis zu 40 Kriterien miteinbezogen werden können. Jedes Attribut muss vom Verhandler individuell hinzugefügt werden und ein Skalenniveau zugewiesen werden. Es werden ordinalskalierte Attribute von intervallskalierten Attributen unterschieden.

Bei der Eingabe von ordinalskalierten Attributen wird anschließend an die Namens- und Skalendefinition die Präferenzreihung direkt mittels eines Regelbalkens abgefragt. Dazu werden die bevorzugteste und die schlechteste Ausprägung vom Entscheider eingegeben. Erstere wird anschließend auf dem Balken am rechten Ende und letztere am linken Ende platziert. Dieser Balken erscheint nun im Interface und der Verhandler soll sämtliche weiteren Ergebnisse des ordinalen Kriteriums in Relation zu der optimalen und schlechtesten Ausprägung einordnen.

Die folgende Abbildung erhält einen beispielhaften Regelbalken für das ordinalskalierte Attribut „Farbe“ beim Autokauf. Hierbei hat der Entscheider schon die Farbe „Türkis“ als die am wenigsten präferierte und die Farbe „Schwarz“ als die am meisten präferierte Option bekanntgegeben. Die restlichen zur Auswahl stehenden Farben „Blau“, „Rot“ und „Silber“ wurden ebenfalls schon vom Verhandler gereiht. Es ist ablesbar, dass „Silber“ beinahe so gut abschneidet wie „Schwarz“ und „Blau“ wiederum vom Benutzer nur als ein wenig schlechter eingeschätzt wird wie „Silber“. „Rot“ hingegen



ist zwar signifikant besser als „Türkis“, liegt aber trotzdem im Verhältnis zu den anderen Farben auf der Präferenzskala weit zurück.

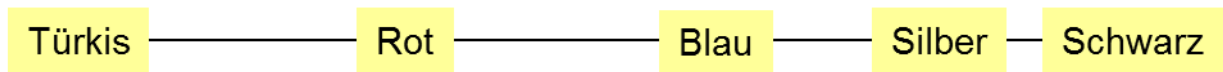


Abbildung 4: Eingabeinterface für ordinalskalierte Variablen  
Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Eingabe von intervallskalierten Attributen wird nach der Namens- und Skalendefinition um einen Minimumwert (sollte dieser von 0 verschieden sein) und einen Maximalwert sowie die Anzahl der relevanten Nachkommastellen gebeten. Die App soll hierbei den Verhandler darauf hinweisen, dass bei großen Werten (also ab dem vierstelligen Bereich) empfohlen wird, falls möglich Nachkommastellen generell wegzulassen, um die Komplexität der Ein- und Ausgabemasken zu reduzieren. Gleichzeitig wird ebenfalls festgestellt, ob die Präferenz aufsteigend (je mehr desto besser) oder absteigend (je weniger desto besser) ist. Nun wird der optimalen Ausprägung intern im System der Wert 100 und der schlechtesten Ausprägung der Wert 0 zugewiesen. Anschließend wird der Entscheider einer Bernoulli-Befragung unterzogen, auf welche im nächsten Unterkapitel detailliert eingegangen wird.

Nach der Festlegung der relevanten Attribute und ihrer Skalen sowie der Präferenzreihung der einzelnen Ergebnisse der Attribute erfolgt die Gewichtung. Diese erfolgt mittels Regelabfrage und wird direkt vom Verhandler vorgenommen. Hierzu wird ihm Interface mit einem Schieberegler angezeigt, dessen linkes Ende mit 0 und dessen rechtes Ende mit 100 beschriftet ist. Der Verhandler soll nun alle Attribute entsprechend der von ihm empfundenen Wichtigkeit auf diesem Balken einsortieren.

Ein Beispiel für die Abfrage der Gewichtung bei einem Autokauf ist in Abbildung 5 dargestellt. Hierbei wurden vom Entscheider die ordinalskalierten Attribute „Farbe“ und „Navi“ (gibt an, ob ein eingebautes Navigationsgerät vorhanden ist) sowie die intervallskalierten Attribute „Kaufpreis“ und „PS“ (als Messwert für die Motorleistung) als verhandlungsrelevant identifiziert und in die App eingegeben. Wie aus der Reihung auf dem Schieberegler ersichtlich ist, ist die Motorleistung für den Verhandler ein sehr wichtiges Entscheidungskriterium, während die Farbe des Autos eher vernachlässigbar ist. Die Tatsache, ob ein eingebautes Navigationsgerät vorhanden ist, ist zwar relevanter als die Farbe, der Kaufpreis jedoch spielt eine deutlich wichtigere Rolle.

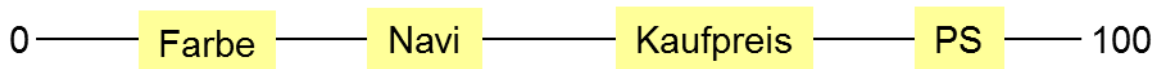


Abbildung 5: Eingabeinterface für die Gewichtung  
Quelle: Eigene Darstellung

Basierend auf den Eingaben des Verhandlers mittels des Schiebereglers werden die Gewichte für die einzelnen Nutzenfunktionen berechnet. Hierzu wird die mittlere Position jedes Attributs herangezogen und der entsprechende Wert auf der Skala von 0 bis 100 festgehalten. Anschließend wird die Summe der so erhaltenen Werte aller Attribute gebildet. Danach wird der Positionswert jedes Attributs durch die berechnete Summe dividiert. Das Ergebnis ist der Gewichtsparameter  $w_i$  des Attributs  $i$ .

Nach dem Abschluss der Gewichtung sind alle für den Programmablauf vom Entscheider benötigten Eingabedaten vorhanden. Die nächste Interaktion des Verhandlers mit der App erfolgt im Rahmen des Überprüfungsprozesses. Dieser wird im Unterkapitel 4.3. behandelt.

## 4.2. Modellierung der Nutzenfunktion

Um, wie von Negoviation gefordert, Empfehlungen hinsichtlich Verhandlungsalternativen, welche die Präferenzen des Verhandlers berücksichtigen, abgeben zu können wird eine multiattributive Nutzenfunktionen modelliert, welche alle zuvor vom Anwender als verhandlungsrelevant identifizierten Kriterien berücksichtigt. Für jedes dieser Kriterien werden dabei im Rahmen der separaten Betrachtung Nutzenniveaus bzw. Nutzenfunktionen zugewiesen, die anschließend mit den zuvor berechneten Gewichten multipliziert und schlussendlich verknüpft werden.

Bei ordinalen Attributen werden die auf dem Regelbalken vom Entscheider angegebenen Präferenzen als Grundlage genommen. Hierzu wird dem besten Ergebnis ein Nutzen von 1 und dem schlechtesten Ergebnis ein Nutzen von 0 zugewiesen. Alle anderen Ergebnisse besitzen einen Nutzen zwischen 0 und 1, der ihrer jeweiligen Position auf dem Regelbalken entspricht. In dem Beispiel aus Abbildung 3 würde „Türkis“ ein Nutzen von 0 und „Schwarz“ ein Nutzen von 1 zugeordnet werden. „Rot“ würde mit 0,3, „Blau“ mit 0,65 und Silber mit 0,9 bewertet werden. Die singleattributive Nutzenfunktion für dieses Beispiel ist aus der folgenden Formel abzulesen.  $y_{i,j}$  nimmt hierin den Wert 1 an, wenn die  $j$ -te Ausprägung des  $i$ -ten Attributs eintritt und beträgt ansonsten 0.

$$U_{Farbe}(y_{Farbe,j}) = 0 * y_{Farbe,Türkis} + 0,3 * y_{Farbe,Rot} + \\ 0,65 * y_{Farbe,Blau} + 0,9 * y_{Farbe,Silber} + y_{Farbe,Schwarz}$$

Formel 12: Nutzenfunktion für ein ordinales Attribut  
Quelle: Eigene Darstellung

Bei intervallskalierten Attributen wird eine Bernoulli Befragung durchgeführt. Dabei wird ebenfalls dem besten Ergebnis ein Nutzen von 1 und dem schlechtesten Ergebnis ein Nutzen von 0 zugewiesen. Daran anschließend wird zufällig ein Wert  $r$  aus 0,2, 0,4, 0,6 und 0,8 ausgewählt. Dieser Wert stellt jenes Nutzenniveau dar, zu dem nun ein Ergebnis auf der Skala des Attributes gefunden werden soll.

Um den Ablauf der Befragung nicht zu offensichtlich darzulegen, und somit einerseits unerwünschte Antizipationen der Entscheider zu vermeiden und andererseits um ein etwaiges Plagieren des Programmablaufes zu erschweren, wird eine Zahl generiert, welche um einen zufälligen Faktor  $a$  zwischen 0 und 0,15 geringer ist als das zu untersuchende Nutzenniveau. Es wird nun die Differenz zwischen dem bestmöglichen und schlechtmöglichen Wert (intern im System als 100 festgelegt, siehe 4.1) genommen und mit der Zufallszahl multipliziert, wie der Formel 13 entnommen werden kann. Der somit erhaltene Wert  $V_0$  wird auf die tatsächlichen Eingabegrößen mittels linearer Interpolation umgewandelt. Hierbei ist auf die in der Eingabe definierte Präferenzrichtung (auf- oder absteigend) Rücksicht zu nehmen und schließlich auf die Anzahl der vom Verhandler festgelegten Nachkommastellen zu runden. Der Entscheider muss nun zwischen dem sicheren Eintreten dieser Ausprägung des Attributs und einer Lotterie zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert wählen, in der die Wahrscheinlichkeit des Eintretens des bestmöglichen Ergebnisses dem zuvor aus 0,2, 0,4, 0,6 und 0,8 ausgewähltem Nutzenniveaus entspricht.

$$V_0 = (r - a) * 100 \quad \text{mit } r \in \{0,2; 0,4; 0,6; 0,8\} \text{ und } a \text{ aus } (0; 0,15)$$

Formel 13: Berechnung des Vergleichswerts für die Bernoulli Befragung  
Quelle: Eigene Darstellung

Wenn der Verhandler die Lotterie bevorzugt, wird, wie in Formel 14 dargestellt, der interne sichere Vergleichswert um einen zufälligen Wert  $b$  zwischen 1,5 und 3 erhöht, wieder in die Eingabegrößen umgewandelt und nochmals eine Vergleichsfrage zwischen Lotterie und sicherem Ergebnis gestellt. Diese Prozedur wird so lange wiederholt, bis der Entscheider seine Präferenz ändert und das sichere Ergebnis bevorzugt

wird. Tut er dies, so wird der Mittelwert zwischen dem Ergebnis der vorletzten und der letzten Befragung herangezogen und dem jeweiligen Nutzenniveau zugeordnet.

$$V_1 = V_0 + b \quad \text{mit } b \text{ aus } (1,5; 3)$$

Formel 14: Erhöhung der Variable im Rahmen der Bernoulli Befragung  
Quelle: Eigene Darstellung

Wenn der Verhandler das sichere Ergebnis bevorzugt, wird der interne sichere Vergleichswert um einen zufälligen Wert  $b$  zwischen 1,5 und 3 verringert und in die Eingabegrößen umgewandelt. Auch hier werden nun wieder Vergleichsfragen zwischen Lotterie und sicherem Ergebnis so lange gestellt bis der Entscheider die Lotterie bevorzugt und nach dem Wechsel wird ebenfalls der Mittelwert der vorletzten und letzten Befragung herangezogen und dem jeweiligen Nutzenniveau zugeordnet.

$$V_{-1} = V_0 - b \quad \text{mit } b \text{ aus } (1,5; 3)$$

Formel 15: Senkung der Variable im Rahmen der Bernoulli Befragung  
Quelle: Eigene Darstellung

Generell ist hier zu beachten, dass bei dieser Befragung im internen System weder 100 noch 0 über- bzw. unterschritten werden sollen. Daher liegen der maximale Vergleichswert bei 99,75 und der minimale Vergleichswert bei 0,25. Sollten diese Werte erreicht werden und der Entscheider noch immer seine Antwort auf die Befragung nicht ändern, so terminiert hier die Befragung und es werden diese letzten Werte als Werte für das jeweilige Nutzenniveau (bei dem es sich um 0,8 bzw. 0,2 handelt) approximiert.

Der in den vorhergehenden Absätzen beschriebene Ablauf wird so lange wiederholt, bis für alle Nutzenniveaus von 0,2, 0,4, 0,6, und 0,8 Skalenwerte gefunden wurden. Das jeweils nächste zu messende Nutzenniveau wird dabei zufällig aus den verbleibenden ausgewählt. Wenn der Prozess abgeschlossen wurde, wird eine stückweis lineare Nutzenfunktion im Bereich Minimalwert (0) bis Maximalwert (100) errechnet, deren Eckpunkte sich bei den Funktionswerten 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 und 1 befinden. Diese singleattributive Nutzenfunktion ist in allgemeiner Form in Formel 16 niedergeschrieben.

$$U_k(x_k) = \begin{cases} c_1 * x_k + d_1 & \forall x_k: U_k(x_k) \leq 0,2 \\ c_2 * x_k + d_2 & \forall x_k: 0,2 \leq U_k(x_k) < 0,4 \\ c_3 * x_k + d_3 & \forall x_k: 0,4 \leq U_k(x_k) < 0,6 \\ c_4 * x_k + d_4 & \forall x_k: 0,6 \leq U_k(x_k) < 0,8 \\ c_5 * x_k + d_5 & \forall x_k: U_k(x_k) \geq 0,8 \end{cases}$$

Formel 16: Singleattributive stückweise Nutzenfunktion  
Quelle: Eigene Darstellung

Die soeben erläuterte Prozedur wird auf alle intervallskalierten Attribute angewendet. Zusammen mit den davor schon festgelegten Nutzenlevels der ordinalen Kriterien kann nun die Nutzenfunktion eines Entscheiders in Bezug auf alle eingegebenen Attribute bestimmt werden. Hierzu werden die jeweiligen Nutzenlevels und –funktionen mit dem jeweiligen Gewicht, welches zum Abschluss der Eingabephase vom Verhandler bestimmt wurde, multipliziert.

Die vollständige, also alle verhandlungsrelevanten ordinalskalierten und intervallskalierten Kriterien berücksichtigende, multiattributive Nutzenfunktion wird schlussendlich durch additive Verknüpfung erlangt. Die Funktion ist dabei allgemeingültig nach der folgenden Formel definiert. Darin sind  $w_i$  die Gewichte der ordinalskalierten, und  $w_k$  die Gewichte der intervallskalierten Attribute.  $u_{i,j}$  ist der der Ausprägung  $j$  des ordinalen Kriteriums  $i$  zugewiesene Nutzenlevel,  $y_{i,j}$  nimmt den Wert 1 an, wenn die  $j$ -te Ausprägung des  $i$ -ten Attributs eintritt und beträgt ansonsten 0 und  $f_k(x_k)$  ist die singleattributive Nutzenfunktion des intervallskalierten Kriteriums  $k$ .

$$U = \sum_{i=1}^I w_i * u_{i,j} * y_{i,j} + \sum_{k=1}^K w_k * f_k(x_k)$$

Formel 17: Multiattributive Nutzenfunktion  
Quelle: Eigene Darstellung

Mit der Generierung der multiattributiven Nutzenfunktion ist der Modellierungsprozess abgeschlossen. In der Folge wird diese im Überprüfungsprozess auf Konsistenz mit dem Verhalten des Verhandlers getestet. Mit diesem Verfahren beschäftigt sich das nächste Unterkapitel.

### 4.3. Überprüfung der modellierten Nutzenfunktion

Es liegt nun eine Nutzenfunktion zur Bewertung unterschiedlicher Angebote vor. Diese wurde jedoch lediglich approximativ bestimmt, indem bei intervallskalierten Kriterien zwischen den einzelnen abgefragten Nutzenniveaus linear interpoliert wurde. Zusätzlich zu dieser Ungenauigkeit besteht, wie schon im Unterkapitel 2.3. ausgeführt, ein weiteres Problem darin, dass Entscheider sich nicht immer konsistent verhalten. So kann es z. B. durchwegs vorkommen, dass bei getrennter Betrachtung der Attribute ein anderes Angebot präferiert wird als wenn dieselben Ausprägungen der Attribute gemeinsam betrachtet werden. Um die durch die lineare Approximation entstehenden Abweichungen zu reduzieren, um etwaige Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Attributen aufzudecken und um irrationales Verhalten des Entscheiders zu erkennen und ihn darauf hinzuweisen, wird die modellierte Nutzenfunktion, wie von Negoviation gefordert, mittels Abfragen von Vergleichsbündeln überprüft.

Basierend auf den Überlegungen im Unterkapitel 3.3. wird das erste Bündel herangezogen, indem bei jedem Attribut ein zufälliger Wert, der einem Nutzenniveau zwischen 0,4 und 0,6 entspricht, ausgewählt wird. Konkret erfolgt dies im Falle von ordinalskalierten Attributen mittels einer randomisierten Auswahl aus allen Ausprägungen, indem jene Ausprägung genommen wird, die die geringste Nutzendifferenz zu einem zufällig aus dem Bereich 0,4 bis 0,6 gezogenen Wert aufweist. Im Falle von intervallskalierten Attributen wird ein randomisiertes Nutzenniveau zwischen 0,4 und 0,6 mittels Zufalls-generator berechnet und der hierzu passende interne Wert verwendet. Dieses Verfahren wird auf alle Attribute angewandt, so dass am Ende ein komplettes Bündel erzeugt wird. Der Nutzenwert dieses Ausgangsbündels wird mithilfe der zuvor modellierten multiattributiven Nutzenfunktion berechnet.

Basierend auf diesem Nutzenniveau wird das Nutzenniveau eines Vergleichsbündels berechnet, indem der Nutzen des ursprünglichen Bündels um  $\frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) \cdot 2}$  erhöht wird. Hierzu werden einige Attribute verbessert und andere verschlechtert. Bei der Bestimmung der zu ändernden Attribute, um das höhere Nutzenniveau zu erreichen, wird aus mathematischen Gründen zwischen ordinalskalierten und intervallskalierten Kriterien unterschieden.

Zuerst wird die Änderung des gesamten Nutzens durch den Sprung zum nächstbesseren Wert bei jedem ordinalskalierten Attribut berechnet und absteigend geordnet. Es

werden die Ausprägungen derjenigen ordinalskalierten Attribute geändert, die die höchsten Nutzenzuwächse nach Gewichtung (also in der multiattributiven Nutzenfunktion) versprechen. Die Attributänderung terminiert, sobald der ursprüngliche Nutzen um mehr als  $\frac{X \cdot (\text{Anzahl der ordinalen Attribute})}{(\text{Anzahl der Attribute})^2}$  erhöht wurde. X ist in dieser Formel eine zufällig gezogene Zahl aus dem Bereich 0,8 bis 1,1, die für eine Variation des Anteils der ordinalskalierten Attribute sorgt.

Im Anschluss an die Erhöhung ordinalskalierter Attribute werden die Ableitungen der partiellen Nutzenfunktionen der intervallskalierten Attribute im Punkt des Ausgangsbündels kalkuliert. Bezugnehmend auf das Ergebnis der Differentialrechnung werden die intervallskalierten Kriterien absteigend geordnet. Beginnend mit dem Attribut mit der größten Änderungsrate wird den Attributen der zu dem nächstbesseren Knickpunkt zugehörige Wert als Ausprägung im Vergleichsbündel zugeordnet. Nach jeder Veränderung eines intervallskalierten Kriteriums werden die bisher erhaltenen Werte in die multiattributive Nutzenfunktion eingesetzt und mit dem Nutzen des ursprünglichen Bündels verglichen. Sobald dieser Nutzen um mehr als  $\frac{1}{\text{Anzahl der Attribute}}$  überschritten wird, stoppt der Prozess. Der Wert des letzten angepassten Attributs wird nun so angepasst, dass der gesamte multiattributive Nutzen exakt dem Nutzen des Ausgangsbündels erhöht um  $\frac{1}{\text{Anzahl der Attribute}}$  entspricht.

Bisher wurde mit der Attributänderung lediglich der Nutzen erhöht. Ein Vergleich dieser zwei Bündel sollte also für die wenigsten Entscheider ein Problem darstellen, da sie stets das zweite Bündel wählen würden. Deshalb wird nun in einem zweiten Schritt der Nutzen durch Veränderung anderer Attribute um  $\frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) \cdot 2}$  gesenkt. Hierfür wird die Vorgehensweise bei der Nutzenerhöhung gespiegelt.

Ausgehend von dem ursprünglichen Bündel wird bei jenen ordinalskalierten Attributen, die im vorherigen Verfahren nicht erhöht wurden, ein Wechsel zwischen den zwei Ausprägungen durchgeführt, der die geringsten negativen Auswirkungen auf die multiattributive Nutzenfunktion besitzt. Das Prozedere wird mit den zweitgeringsten, den drittgeringsten, ... Änderungen wiederholt, bis entweder der Nutzen des ursprünglichen Bündels um mindestens den  $\frac{Y \cdot (\text{Anzahl der ordinalen Attribute})}{(\text{Anzahl der Attribute})^2 \cdot 2}$  gesenkt wurde oder keine ordinalskalierten Attribute mehr übrig sind, die weder im Nutzenerhöhungs- noch im



Nutzensenkungsprozess verändert wurden. Y ist hierbei wieder eine mittels Zufallsgenerator gewonnene Zahl im Bereich 0,8 bis 1,1.

Anschließend werden die verbleibenden intervallskalierten Attribute, die bei der Nutzenerhöhung nicht verändert wurden, aufsteigend anhand der partiellen Ableitungen des gesamten multiattributiven Nutzens nach den einzelnen, intervallskalierten Attributen im Punkt des Ausgangsbündel geordnet. Beginnend mit dem Attribut mit der kleinsten Änderungsrate werden die Ausprägungen auf den Wert des nächstschlechteren Knickpunkts herabgesetzt. Dieser Vorgang wird mit so vielen intervallskalierten Attributen wiederholt, bis der neue multiattributive Nutzen den Nutzen des Ausgangsbündels um maximal  $\frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) \cdot 2}$  übersteigt. Um dieses Nutzenniveau möglichst genau zu erreichen, wird wie schon bei der Nutzenerhöhung auch hier das letzte Attribut nicht auf den Knickpunkt abgesenkt sondern nur auf jenen Punkt, wo der Nutzen genau dem Nutzen des ursprünglichen Bündels erhöht um den  $\frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) \cdot 2}$  entspricht.

Das Ergebnis dieses Verfahrens sind zwei Nutzenbündel. Das erste setzt sich aus randomisiert ausgewählten Werten, die einen Nutzen zwischen 0,4 und 0,6 liefern, zusammen. Das zweite Bündel enthält die im Vergleich zum Ausgangsbündel veränderten Attributausprägungen sowie die unveränderten Werte der anderen Attribute. Der Nutzen des zweiten Bündels entspricht, wie in Unterkapitel 3.3. gefordert, dem Nutzen des ersten Bündels plus  $\frac{1}{(\text{Anzahl der Attribute}) \cdot 2}$ .

Um dem Entscheider beide Bündel für einen Vergleich vorlegen zu können, werden die Werte der intervallskalierten Attribute von den internen Systemwerten auf die Eingabegrößen zurückgerechnet. Des Weiteren wird die Anzeige der verschiedenen Eigenschaften der Attribute so dargestellt, dass dem Entscheider im oberen Bildschirmbereich die veränderten Attribute gegenübergestellt werden und im unteren Bildschirmbereich jene Attribute zu finden sind, die bei beiden Bündel gleichgeblieben sind. Welches der zwei Bündel links und welches rechts angezeigt wird, wird, genauso wie die Reihenfolge innerhalb der veränderten bzw. nicht veränderten Attribute, zufällig ausgewählt. Basierend auf dieser Anzeige muss der Entscheider sein präferiertes Angebot auswählen. Eine beispielhafte Gegenüberstellung für den Autokauf ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Hierbei wurden die Farbe und die Motorleistung geändert, während der Kaufpreis und das eingebaute Navigationsgerät gleichgeblieben sind.



Bündel 1	Bündel 2
Blau	Schwarz
150 PS	170 PS
25.000€	25.000€
Intuiva GPS 420 GE	Intuiva GPS 420 GE

Tabelle 5: Beispielhafte Bündelgegenüberstellung  
Quelle: Eigene Darstellung

In dem Fall, dass der Entscheider das Vergleichsbündel auswählt und daher mit der multiattributiven Nutzenfunktion übereinstimmt, startet die Prozedur von neuem. Es wird wieder ein neues randomisiertes Nutzenbündel berechnet. Jedoch ändert sich die Verteilung. Anstatt von 0,4 zu 0,6 können die Nutzenniveaus für die Attribute im zweiten Durchlauf bei 0,3 bis 0,7, im dritten Durchlauf bei 0,2 bis 0,8, im vierten Durchlauf bei 0,1 bis 0,9 und im fünften Durchlauf zwischen 0 und 1 liegen. Auch der maximale Nutzensprung der ordinalen Attribute wird von Durchlauf zu Durchlauf größer. Dessen Werte liegen bei 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 und 0,6. Insgesamt wird das Verfahren also fünfmal wiederholt. Sollte der Verhandler sich hierbei immer konsistent mit der Nutzenfunktion entscheiden, wird die Nutzenfunktion als gutes Modell betrachtet und kann für die Analyse verschiedener Angebote verwendet werden.

In dem Fall, dass sich der Verhandler für das erste Bündel, welches basierend auf dem Bewertungsmodell einen geringeren Nutzen liefert, entscheidet, wird eine Nachfrage gestellt, ob er tatsächlich das erste Bündel gegenüber dem zweiten Bündel bevorzugt. Sollte der Entscheider diese Frage verneinen, läuft der Überprüfungsprozess mit dem nächsten Durchlauf weiter. Wenn aber der Entscheider die Frage bejaht, dann liegt entweder ein Modellierungsfehler oder aber intransitives Verhalten vor. Mit der Eliminierung dieser Fehlerquellen beschäftigt sich das nächste Unterkapitel.

#### 4.4. Adaption der Nutzenfunktion

Sollte sich im Rahmen der Bündelvergleiche der Verhandler entgegen den durch die multiattributive Nutzenfunktion generierten Erwartungen verhalten, muss diese adaptiert werden. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl die Gewichte, als auch die individuellen Nutzenlevels bzw. Nutzenfunktion jedes Attributs eine Fehlerquelle darstellen

können. Dennoch müssen bei der Analyse der Ursachen nicht zwangsläufig alle Attribute beachtet werden. Denn jene Attribute, die in beiden Bündel gleich sind, können als Grund für die Abweichung ausgeschlossen werden. Da im Regelfall die nicht geänderten Attribute in der Überzahl sind, reduziert sich die Anzahl der zu betrachtenden Attribute beträchtlich. Zusätzlich dazu wird die Vorgehensweise nach ordinalen und intervallskalierten Attributen getrennt, damit möglichst gute Modellierungsergebnisse erzielt und der Entscheider auch nicht mit einer hohen Komplexität der Eingaben überlastet wird. Die Anzahl der jeweils in einem Rechenschritt zur berücksichtigenden Attribute sinkt dadurch nochmals und daher können nun auch rechentechnisch aufwendigere Verfahren eingesetzt werden.

Bei der Neubewertung der möglicherweise fehlerhaften ordinalskalierten Attribute werden sogenannte Choice Sets generiert. Ein Choice Set besitzt dabei genau eine Ausprägung jedes ordinalen Attributs. Es werden so viele Choice Sets vorgeschlagen, dass jede Ausprägung jedes ordinalen Attributs mindestens einmal auftritt. Insgesamt sollten jedoch mindestens 15 Choice Sets generiert werden, weil es gilt, eine angemessene Datenbasis zu erreichen, damit auch bei randomisierter Auswahl sowohl die Level Balance als auch die Orthogonalität erfüllt sind.

Der Entscheider reiht nun die angezeigten Choice Sets auf einem Regelbalken auf einer Skala zwischen 0 und 100 nach seinem Präferenzempfinden. Der zugewiesene Wert wird durch 100 geteilt und als der jeweilige Nutzenwert betrachtet. Zusätzlich dazu wird der maximale Nutzen (1) jenem Bündel zugeordnet, welches die besten Ausprägungen aller untersuchten ordinalen Attribute enthält. Der minimale Nutzen (0) wird jenem Bündel zugeordnet, welches sich aus den schlechtesten Ausprägungen aller untersuchten ordinalen Attribute zusammensetzt. Im Folgenden werden die (neuen) einzelnen Nutzenwerte jeder Ausprägung mittels geordneter, multinomialer Regression berechnet. Hierbei sind das Vorhandensein bestimmter Attributausprägungen in einem Choice Sets die unabhängigen Variablen und die Nutzenwerte der Choice Sets die abhängige Variable. Das Ergebnis der Regression sind jene Koeffizienten  $u_{neu(i,j)}$ , die den Nutzenlevels der Ausprägung  $j$  des Attributs  $i$  innerhalb des Sets  $O$  aller betrachteten ordinalskalierten Attribute angeben. Der Zusammenhang ist in der Formel 18 beschrieben. Die Koeffizienten werden durch die Summe der ursprünglichen Gewichte aller betrachteten ordinalen Attribute geteilt und danach in die allgemeine multiattributive Nutzenfunktion übernommen.

$$U_O(y_{i \in O, j}) = \sum_{i \in O} \sum_{j=1}^n u_{neu(i, j)} * y_{i, j}$$

Formel 18: Nutzenfunktion der geänderten, ordinalskalierten Attribute  
Quelle: Eigene Darstellung

Für die intervallskalierten Attribute werden 15 Choice Sets generiert. Diese werden zufällig aus den verfügbaren Wertebereichen der Attribute gezogen, wobei jeweils 3 Ausprägungen aus den Nutzenwertebereichen 0-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6, 0,6-0,8 und 0,8-1 stammen und somit jedes Choice Set genau eine Ausprägung eines Kriteriums besitzt. Der Entscheider bewertet nun die Choice Sets auf einem Regelbalken zwischen 0 und 100 entsprechend seiner Präferenz. Der zugewiesene Wert wird nun wieder als der jeweilige Nutzenwert interpretiert, indem der maximale Nutzen (1) dem Bündel mit den besten Ausprägungen und der minimale Nutzen (0) dem Bündel mit den schlechtesten Ausprägungen der nun zu ändernden intervallskalierten Attribute zugewiesen wird. Um die einzelnen Koeffizienten für die intervallskalierten Attribute zu erhalten, welche die Gewichtung multipliziert mit dem Steigungskoeffizienten darstellen, wird eine segmentierte, multiple lineare Regression durchgeführt, deren Breakpoints bei den Nutzenniveaus 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 und 1 liegen. Die unabhängigen Variablen dieser Regression sind die auf den Bereich 0 bis 100 genormten Werte der intervallskalierten Attribute. Die Nutzenwerte der Choice Sets sind die abhängige Variable. Das Ergebnis sind die Koeffizienten  $c_{neu}$  und  $d_{neu}$  einer stückweis linearen, multiattributiven Nutzenfunktion für das Bündel S, welches sich lediglich aus den betrachteten intervallskalierten Attributen zusammensetzt. Diese Nutzenfunktion, welche in Formel 19 dargestellt ist, wird noch durch die Multiplikation mit der Summe der ursprünglichen Gewichte der betrachteten intervallskalierten Attribute gewichtet und dann anstatt der einzelnen Nutzenfunktionen in die multiattributive Nutzenfunktion eingesetzt.

$$U_S(x_{k \in S}) = \begin{cases} c_{neu1} * x_k + d_{neu1} & \forall x_{k \in S}: U_S(x_{k \in S}) \leq 0,2 \\ c_{neu2} * x_k + d_{neu2} & \forall x_{k \in S}: 0,2 \leq U_k(x_{k \in S}) < 0,4 \\ c_{neu3} * x_k + d_{neu3} & \forall x_{k \in S}: 0,4 \leq U_k(x_{k \in S}) < 0,6 \\ c_{neu4} * x_k + d_{neu4} & \forall x_{k \in S}: 0,6 \leq U_k(x_{k \in S}) < 0,8 \\ c_{neu5} * x_k + d_{neu5} & \forall x_{k \in S}: U_k(x_{k \in S}) \geq 0,8 \end{cases}$$

Formel 19: Nutzenfunktion der geänderten, intervallskalierten Attribute  
Quelle: Eigene Darstellung

Die neue multiattributive Nutzenfunktion wird sogleich einem Test unterzogen, indem die Attributausprägungen jener Vergleichsbündel, bei denen die Diskrepanz zwischen dem modellierten und dem tatsächlichen Verhalten des Verhandlers aufgetreten ist,

eingesetzt werden. Sollte nun auch die Nutzenfunktion zu dem Ergebnis kommen, dass das Ausgangsbündel das bessere Bündel ist, so wird der Überprüfungsprozess in demselben Wertebereich, in dem er unterbrochen wurde, fortgesetzt.

Sollte die Nutzenfunktion aber noch immer zu dem Ergebnis kommen, dass das neu entwickelte Bündel einen besseren Nutzen liefert, so wird der Entscheider mittels eines Pop-Ups am Display auf sein intransitives Verhalten hingewiesen. Schließlich bevorzugt er einerseits das Ausgangsbündel über das neu entwickelte Bündel, gibt aber andererseits seine Präferenzen im Rahmen des Adaptionprozesses umgekehrt an. Der Verhandler kann dann die Auswahl treffen, entweder basierend auf der schon durchgeführten Anpassungen fortzufahren oder nochmal einen Anpassungsprozess mit denselben Kriterien, aber neuen zufällig gezogenen Ausprägungen (vgl. oben), zu durchlaufen.

Nach der Adaptionprozedur wird also der Überprüfungsprozess fortgesetzt. Dieser endet nach fünf übereinstimmenden Entscheidungen zwischen dem Verhalten des Verhandlers und den Erwartungen basierend auf der multiattributiven Nutzenfunktion. Im Anschluss daran ist diese ausreichend getestet und kann somit für Vergleiche von Verhandlungsangeboten verwendet werden. Auch können für den Anwender vorteilhafte Verhandlungstradeoffs vorgeschlagen werden. Da aber die Implementierung der App im Verhandlungsgeschehen von Negotiation direkt vorgenommen wird und lediglich die Erstellung eines Modellierungs- und Überprüfungsmechanismus an die Universität Wien ausgelagert wurde endet hiermit diese Arbeit.

## 5. Conclusio

Entscheidungen sind ein Basisbestandteil des unternehmerischen Alltags. Von besonderer Wichtigkeit sind im betrieblichen Kontext Entscheidungen, welche in Verhandlungssituationen getroffen werden, weil hiermit grundlegende Eigenschaften des Unternehmens festgelegt werden. Deshalb wird zunehmend Wert auf die Implementierung eines effektiven Verhandlungsmanagements gelegt. Trotzdem werden strukturierte Modelle und Systeme zur Verhandlungsführung meistens lediglich bei Verhandlungen mit großer Tragweite eingesetzt. Um dies zu ändern und somit auch bei „kleineren und mittleren“ Verhandlungen fundierte Methoden anwenden zu können hat das österreichische Start-Up Negotiation beschlossen, eine App zu entwickeln, welche u. a. verschiedene Verhandlungsangebote miteinander vergleichen und Empfehlungen für Verhandlungstradeoffs abgeben können soll. Hierfür beauftragte Negotiation die Universität Wien mit der Erstellung einer Bewertungsmethode.

Die Auswahl eines Verhandlungsangebots aus mehreren stellt eine Entscheidung dar. Da hierzu eine Empfehlung abgegeben werden soll wird die präskriptive Entscheidungstheorie angewendet. Zur Bewertung unterschiedlicher Alternativen existiert eine Vielzahl an Konzepten. So kann die absolute oder die Zustandsdominanz dazu eingesetzt werden, Alternativen zu identifizieren, die auf keinen Fall gewählt werden sollten. Zusätzlich dazu können auch anhand der stochastischen Dominanz ersten oder zweiten Grades Handlungsempfehlungen abgegeben werden. Eine weitere Entscheidungsregel ist das Erwartungswertkriterium. Diese Bewertungsmethoden besitzen aber allesamt den Nachteil, dass sie die individuellen Präferenzen des Entscheiders außer Acht lassen, und können daher nicht eingesetzt werden.

Im Gegensatz dazu berücksichtigt die von Daniel Bernoulli 1738 begründete Nutzentheorie die spezifischen Anforderungen einzelner Personen. Er verwendete hierbei eine logarithmische Funktion um das Verhalten von Individuen in Bezug auf das St. Petersburg Paradoxon zu approximieren. Mittlerweile finden Funktionen unterschiedlichster Formen als Nutzenfunktionen Anwendung. Unter Berücksichtigung der von Kahnemann und Tversky entwickelten Prospect Theory, welche besagt, dass Individuen nicht dieselbe Risikoeinstellung über den kompletten Wertebereich besitzen, werden die verwendbaren Formen auf stückweis lineare und höhergradige Polynom-

funktionen beschränkt. Da höhergradige Polynomfunktionen zu Problem mit der Rechenkapazität von Smartphones führen könnten, werden stückweis lineare Nutzenfunktionen verwendet.

Heutzutage besitzen die wenigsten Entscheidungssituationen lediglich ein zu beachtendes Kriterium. Deswegen wird, u. a. auch in Bezug auf Verhandlungen multiattributiven Nutzenfunktionen vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt. Diese können entweder im Rahmen einer separaten Betrachtung durch Erstellung und darauffolgende Verknüpfung singleattributiver Nutzenfunktionen, oder aber im Rahmen einer gesamtheitlichen Betrachtung mit einer Conjoint Analyse modelliert werden. Aufgrund der Tatsache, dass die App, wie von Negovation gefordert, bis zu 40 verhandlungsrelevante Kriterien miteinbeziehen kann, ist die Implementierung einer Conjoint Analyse nicht möglich. Deshalb wird auf die separate Betrachtung zurückgegriffen.

Auf die Generierung der multiattributiven Nutzenfunktion folgt ihre Überprüfung, um sowohl Modellierungsfehler als auch Fehler welche durch irrationales Verhalten der Verhandler entstehen, aufzudecken und zu beseitigen. In diesem Überprüfungsprozess werden zwei Vergleichsbündel generiert, zwischen denen die Nutzendifferenz so gering ist, dass die Entscheidung nicht trivial gefällt werden kann, die aber trotzdem unterschiedlich genug sind, sodass ein achtsamer Anwender in beinahe allen Fällen das nach der Nutzenfunktion bevorzugte Bündel auswählen würde.

Sollte im Rahmen des Überprüfungsschrittes eine Diskrepanz zwischen der Nutzenfunktion und dem Verhalten des Verhandlers auftreten, so muss erstere adaptiert werden. Diese Adaption erfolgt in Anlehnung an die Conjoint Analyse, indem dem Anwender Bündel angezeigt werden und er diese reihen muss. Basierend auf dieser Reihung wird mittels Regression die neue Nutzenfunktion berechnet.

Das Ergebnis des erfolgreichen Durchlaufens eines kompletten Programmablaufs inklusive Überprüfung und etwaiger Adaption ist also eine Nutzenfunktion, die die vom Verhandler eingegeben Alternativen miteinander vergleicht und nach seinen Präferenzen reiht. Diese Nutzenfunktion ist auch überprüft und stellt somit einen guten Ausgangspunkt für die Erstellung und Bewertung von Verhandlungsangeboten hinsichtlich der relevanten Kriterien dar. Die Implementierung als Mobile-App und als webbasiertem Tool erfolgt durch Negovation.

Als Ansatzpunkt für weitere wissenschaftliche Untersuchungen dienen jene Daten die durch die Verwendung der App generiert werden. So könnte in der Zukunft im Rahmen eines etwaigen Nachfolgeprojekts eine Analyse des entwickelten Programmablaufs erfolgen um diesen weitergehend zu optimieren. Damit kann insbesondere das hier entwickelte Verfahren für den Test der Nutzenfunktionen weiter optimiert werden. Ferner können die gesammelten Vergleichsdaten dazu verwendet werden, evtl. analytische Spezifikationen für die Teilnutzenfunktionen zu bestimmen, die den Messprozess in Zukunft deutlich vereinfachen können.

## 6. Quellen

Abdellaoui, M. (2000): Parameter-Free Elicitation of Utility and Probability Weighting Functions. *Management Science*, 46(11), 1497-1512.

Abu-Assab (2012): *Integration of Preference Analysis Methods into Quality Function Deployment*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Afriat, S. N. (1967): The Construction of Utility Functions from Expenditure Data. *International Economic Review*, 8(1), 67-77.

Albach, H. (1979): Ungewissheit und Unsicherheit. In: Albach, H. (Hrsg.): *Beiträge zur Unternehmensplanung*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 15-19.

Angilella, S. et al. (2004): Assessing non-additive Utility for Multicriteria Decision Aid. *European Journal of Operations Research*, 158(3), 734-744.

Arrow, K. J. (1983): Utility and Expectation in Economic Behavior. In: Arrow, K. J. (Hrsg.): *Individual Choice Under Certainty and Uncertainty*, Vol. 3. Cambridge: Harvard University Press.

Bayes, T. (1763): An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 53, 370-418.

Belton, V. und Stewart, T. (2002): *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Dordrecht: Kluwer Academics Publishers Group.

Bernoulli, D. (1954): Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk. *Econometrica*, 22(1), 23-36, übersetzt von Sommer, L.; Original: Bernoulli, D. (1738): Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis. *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 5, 175-192.

Bouzaima, M. (2010): *Risikopräferenzen für zeitoptimale Portfoliosselektion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien GmbH.

Candeal-Haro, J. C. und Indurain-Eraso, E. (1995): A Note on Linear Utility. *Economic Theory*, 6(3), 519-522.

Carmone, F. T.; Green, P. E. und Jain, A. K. (1978): Robustness of Conjoint Analysis: Some Monte Carlo Results. *Journal of Marketing Research*, 15(2), 300-303.



Cramer, E. et al. (2004): *Beschreibende Statistik – Interaktive Grafiken*. Heidelberg: Springer Verlag.

Darmon, R. Y. und Rouzies, D. (1999): Internal Validity of Conjoint Analysis Under Alternative Measurement Procedures. *Journal of Business Research*, 46(1), 67-81.

Debreu, G. (1960): Topological Methods in Cardinal Utility Theory. In: Arrow, K. J.; Karlin, S. und Suppers, P. (Hrsg.): *Mathematical Methods in Social Sciences*. Stanford: Stanford University Press, 16-26.

Dutka, J. (1988): On the St. Petersburg Paradox. *Archive for History of Exact Science*, 39(1), 13-39.

Dyckhoff, H. (1993): Ordinale versus kardinale Messung beim Bernoulli-Prinzip. *OR Spektrum*, 15(3), 139-146.

Eggers, F. und Sattler, H. (2011): Preference Measurement with Conjoint Analysis: Overview of state-of-the-art approaches and recent developments, *GfK Marketing Intelligence Review*, 3(1), 36-47.

Erbracher, C. E. (2010): *Grundzüge der Verhandlungsführung*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG (3. Auflage).

Esser, J. (2001): Vollständigkeit, Konsistenz und Kompatibilität von Präferenzrelationen, *OR Spektrum*, 23(2), 183-201.

Fatima, S.; Wooldridge, M. und Jennings, N. R. (2009): An Analysis of Feasible Solutions for Multi-Issue Negotiation Involving Nonlinear Utility Functions. *Proc. of 8th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, S. 1041-1048.

Fehr, E. (2002): Über Vernunft, Wille und Eigennutz hinaus. In: Fehr, E. und Schwarz, G. (Hrsg.): *Psychologische Grundlagen der Ökonomie*. Zürich: Verlag Neue Zürcher Zeitung.

Fishburn, P. C. (1967): Interdependence and Additivity in Multivariate, Unidimensional Expected Utility Theory. *International Economic Review*, 8(3), 335-342.

Friedrich, C. (2004): *Vertrauenswürdiges Verhalten von Transaktionspartnern – Determinanten der Einschätzung*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts Verlag/GWV Fachverlage.

- Gensler, S. (2006): Ermittlung von Präferenzen für Produkteigenschaften mit Hilfe der Choice-Based Conjoint Analyse Teil I. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 35(5), 254-258.
- Giesen, J. und Völker, A. (2002): Requirements Interdependencies and Stakeholders Preferences. *Proceedings of the 10th Anniversary IEEE Joint International Conference on Requirements Engineering*, S. 206-212.
- Grabisch, M.; Kojadinovic, I. und Meyer, P. (2008): A Review of Methods for Capacity Identification in Choquet Integral Based Multi-Attribute Utility Theory: Applications of the Kappalab R Package. *European Journal of Operations Research*, 186(2), 766-785.
- Grabisch, M.; Orlovski, S. A. und Yager, R. R. (1998): Fuzzy Aggregation of Numerical Preferences, In: *Slowinski, R. (Hrsg.): Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics*. New York: Springer US, S. 31-68.
- Graf, C. und Six, M. (2014): The Effect of Information on the Quality of Decisions. *Central European Journal of Operations Research*, 22(4), 647-662.
- Green, P. E.; Krieger, A. M. und Agarwal, M. K. (1991): Adaptive Conjoint Analysis: Some Caveats and Suggestions. *Journal of Marketing Research*, 28(2), 215-222.
- Hanoch, G. und Levy, H. (1970): Efficient Portfolio Selection with Quadratic and Cubic Utility. *The Journal of Business*, 43(2), 181-189.
- Herbst, U. (2010): Verhandlungsmanagement als betriebswirtschaftlicher Erfolgsfaktor. In: *Berndt, R. (Hrsg.): Weltwirtschaft 2010 – Trends und Strategien*. Heidelberg: Springer-Verlag, S. 181-194.
- Hommers, W. (1977): Zur Skalierung des subjektiven Werts von Zensuren bei Schulkindern. *Zeitschrift für Psychologie*, 185(3), 423-433.
- Houthakker, H. S. (1950): Revealed Preference and the Utility Function. *Economica*, 17(66), 159-174.
- Huber, J. und Swerina, K. (1996): The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. *Journal of Marketing Research*, 33(3), 307-317.

- Jacquet-Lazere, E. und Siskos, J. (1982): Assessing a Set of Additive Utility Functions for Multicriteria Decision-Making, the UTA Method. *European Journal of Operations Research*, 10(2), 151-164.
- Kahnemann, D. (2003): A Perspective of Judgement and Choice – Mapping Bounded Rationality. *American Psychologist*, 58(9), 697-720.
- Kahnemann, D. und Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 262-292.
- Kampf, R. (2004): *Estimation Methods for Weight Criteria*. Pardubice: University of Pardubice.
- Keeney, R. L. (1974): Multiplicative Utility Functions. *Operations Research*, 22(1), 22-34.
- Kersten, G. E. und Lo, G. (2003): Aspire: An Integrated Negotiation Support System and Software Agents for E-Business Negotiation. *International Journal of Internet and Enterprise Management*, 1(3), 293-315.
- Kronholm, E. (2008): Trends in Self-Reported Sleep Duration and Insomnia-Related Symptoms in Finland from 1972 to 2005: A Comparative Review and Re-analysis of Finnish Population Samples. *Journal of Sleep Research*, 17(1), 54-62.
- Laux, H.; Gillenkirch, R. M. und Schenk-Mathes, H. (2012): *Entscheidungstheorie*. Heidelberg: Springer-Verlag (8. Aufl.).
- Lin, R. et al. (2008): Negotiating with Bounded Rational Agents in Environments with Incomplete Information using an Automated Agent. *Artificial Intelligence*, 172(6-7), 823-851.
- Loomes, G.; Starmer, C. und Sugden, R. (1991): Observing Violations of Transitivity by Experimental Methods. *Econometrica*, 59(2), 425-439.
- Luce, R. D. und Fishburn, P. C. (1991): Rank- and Sign-Dependent Linear Utility Models for Finite First-Order Gambles. *Journal of Risk and Uncertainty*, 4(1), 29-59.
- Luce, R. D. und Tukey, J. W. (1964): Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1(1), 1-27.

- Meyer, J. (2008): Representing Risk Preferences in Expected Utility Based Decision Models. *Annals of Operations Research*, 176(1), 179-190.
- Murthy, I. und Sarkar, S. (1998): Stochastic Shortest Path Problems with Piecewise-Linear Concave Utility Functions. *Management Science*, 44(11), 125-136.
- Neale, M. A. und Fragale, A. R. (2006): Social Cognition, Attribution and Perception in Negotiation: The Role of Uncertainty in Shaping Negotiation Processes and Outcomes. In: Thompson, L. L. (Hrsg.): *Negotiation Theory and Research*. New York: Taylor & Francis Group LLC.
- Neugebauer, T. (2010): *Moral Impossibility in the Petersburg Paradox: A Literature Survey and Experimental Evidence*. Luxembourg: University of Luxembourg.
- Novak, A. (2014): *Grundlagen der Entscheidungstheorie*. Wien: o. V. abrufbar unter: <http://homepage.univie.ac.at/andreas.novak/qm1.pdf> [Zugriff am 6.5.2017].
- Orme, B. (2010): *Getting Started with Conjoint Analysis: Strategies for Product Design and Pricing Research*. Madison: Research Publishers (2. Ausgabe).
- Pomerol, J. C. und Barba-Romeo, S. (2000): *Multicriterion Decision in Management – Principles and Practice*. Dordrecht: Kluwer Academics Publishers Group.
- Rader, T. (1963): The Existence of a Utility Function to Represent Preferences. *The Review of Economic Studies*, 30(3), 229-232.
- Reimann, O.; Schumacher, C. und Vetschera, R. (2017): How Well does the OWA Operator represent Real Preferences?, *European Journal of Operations Research*, 258(3), 993-1003.
- Rose, A. M. (1957): A Study of Irrational Judgement. *Journal of Political Economy*, 65(5), 394-402.
- Samuelson, P. A. (1977): St. Petersburg Paradoxes: Defanged, Dissected, and Historically Described. *Journal of Economic Literature*, 15(1), 24-55.
- Schimak, U. (2005): *Die Entscheidungsgesellschaft – Komplexität und Rationalität der Moderne*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften/GWV Fachverlag GmbH.
- Siebert, J. (2009): *Modellierung komplementärer Interaktionen*. Brandsberg: Josef Eul Verlag.

- Shafer, G. (1988): The St. Petersburg Paradox. In: Kotz, S.; Johnson, N. L. und Read, C. B. (Hrsg.): *Encyclopedia of Statistical Sciences*, Vol. 8. New York: Wiley, 865-870.
- Starmer, C. (1999): Cycling with Rules of Thumb: An Experimental Test for a new form of Non-Transitive Behaviour. *Theory and Decision*, 46(2), 139-157.
- Stowasser, J. M.; Petschenig, M. und Skutsch, F. (2006): *Stowasser – Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch*. München: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH (19. Auflage).
- Teichert, T. (2001): *Nutzenschätzung in Conjoint-Analysen*. Wiesbaden: Gabler GmbH.
- Tönnemann, E. (2008): *20.000 Blitzentscheidungen pro Tag*. URL: <http://www.wiwo.de/erfolg/trends/zeitdruck-im-job-20-000-blitzentscheidungen-pro-tag/5445178.html> [Zugriff am 27.4.2017].
- Vetschera, R. (2015): *Analytical methods in HR and Organization*. Wien: o. V..
- von Neumann, J. und Morgenstern, O. (2007): *Theory of Games and Economic*. Princeton: Princeton University Press (4. Auflage).
- Wagner, D. (1994): Entscheidungs- und Verhandlungsprozesse bei unternehmenspolitischen Entscheidungen. In: Wagner, D. (Hrsg.): *Personalfunktion in der Unternehmensleitung*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 283-291.
- Wanger, S. (2006): *Erwerbstätigkeit, Arbeitszeit und Arbeitsvolumen nach Geschlecht und Altersgruppen: Ergebnisse der IAB-Arbeitszeitrechnung nach Geschlecht und Alter für die Jahre 1991-2004*. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung.
- Wilson, T. P. (1971): Critique of Ordinal Variables. *Social Forces*, 49(3), 432-444.
- Yager, R. R. (1988): On Ordered Weighing Average Aggregation Operators in Multicriteria Decisionmaking. *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, 18(1), 183-190.

Zwerina, K.; Huber, J. und Kuhfeld, W. F. (2010): A General Method for Constructing Efficient Choice Designs. *In: Kuhfeld, W. F. (Hrsg.): Marketing Research Methods in SAS – Experimental Design, Choice, Conjoint and Graphical Techniques*. Cary: SAS Institute Inc.

## 7. Anhang

Der Anhang enthält eine deutsche und eine englische Zusammenfassung dieser Arbeit. Hiermit soll dem Leser ein schneller Überblick ermöglicht werden.

### 7.1. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Programmalgorithmus entwickelt, der die Präferenzen von Entscheidern in Verhandlungssituationen modelliert. Dies ist insofern notwendig, als dass durch ein effektives und effizientes Verhandlungsmanagement Optimierungspotentiale in Unternehmen ausgenutzt werden können. Die Grundlage des vorgestellten Modells ist die Nutzentheorie. So wird mittels Bernoulli-Befragung des Verhandlers für jedes entscheidungsrelevante Kriterium eine Nutzenfunktion generiert. Die einzelnen Nutzenfunktionen werden anschließend gewichtet und aufsummiert um eine einzige multiattributive Nutzenfunktion zu erhalten. Diese wird einem Überprüfungsmechanismus unterzogen damit sowohl Fehler, die durch die Modellierung auftreten, als auch Fehler, welche durch irrationales Verhalten des Entscheiders auftreten, identifiziert werden können. Im Rahmen des Tests werden dem Verhandler zwei Vergleichsbündel angezeigt, deren Nutzenlevel sich zwar signifikant unterscheiden, die aber trotzdem nicht eine triviale Entscheidung offenbaren. Sollte der Entscheider jenes Bündel auswählen, dass den niedrigeren Nutzen laut der multiattributiven Nutzenfunktion besitzt, so wird ein Adaptionprozess gestartet. In diesem werden den Attributen mit Methoden, welche an die Conjoint Analyse angelehnt sind, neue Gewichte und Nutzenkoeffizienten zugewiesen. Danach wird der Überprüfungsprozess mit der neuen multiattributiven Nutzenfunktion fortgesetzt. Nach fünf erfolgreich bestandenen Tests wird das Modell zur Anwendung freigegeben. Mit ihm können Verhandlungsangebote miteinander verglichen werden und Empfehlungen für Verhandlungstradeoffs generiert werden.

## 7.2. Abstract

In this thesis an algorithm for a program is developed which aims at modelling the preferences of decision makers in negotiations. This is necessary because with an effective and efficient negotiation management a company can exploit its potentials in a better way. The proposed model is based upon the utility theory. The single criteria utility functions are generated by a Bernoulli-interview with the negotiator. These functions are weighted and added together to form a multi criteria utility function. The multi criteria utility function is then tested in order to identify errors, which either derive from the modelling or derive from irrational behaviour of the decision maker. To conduct this check two bundles are shown to the negotiator. On the one hand these two bundles provide significantly different utility levels. On the other hand the decision between these two bundles should not be trivial. If the negotiator chooses the bundle which has the lower level of utility assigned, a process for adapting the multi criteria utility function will be triggered. This process uses methods following concepts of the conjoint analysis and assigns new weights and utility coefficients to the criteria. After the adaption the testing process is conducted again with the new multi criteria utility function. The model will be ready used if overall five checks are successful. The multi criteria utility function can then be applied to compare negotiation offers and to recommend good negotiation trade-offs.