

# Die Schätzung externer Effekte im Verkehrswesen mithilfe von Stated-Choice-Experimenten\*<sup>1</sup>

von Juan de Dios Ortúzar

**Zusammenfassung:** Die Schätzung externer Effekte des Verkehrs gehört zu den kompliziertesten Problemen der verkehrsökonomischen Forschung. Viele einst verfochtene und angewandte Methoden, wie zum Beispiel die hedonische Preisbildung, der Humankapitalansatz und die Kontingente Bewertungsmethode, werden zu Recht wegen ihrer zahlreichen Unzulänglichkeiten kritisiert. Die Mehrheit der Experten ist inzwischen der Auffassung, dass Stated-Choice-Methoden für diese Aufgabe am besten geeignet sind. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Anwendung von Stated-Choice-Methoden bei der Bewertung von Verkehrsunfällen, Lärm, Luftverschmutzung sowie des Sicherheitsempfindens beim Fußweg durch die Stadt. Er erörtert anhand von Fallstudien Fragen des Designs und der Umsetzung von Stated-Choice-Experimenten.

Besonderes Augenmerk liegt auf der Versuchsgestaltung (Kontext, Auswahl der Attribute, Festlegung des Preismechanismus und der Darstellungsform), der Durchführung derartiger Befragungen (Strategie für die Datenerhebung, Stichprobenauswahl und Einbeziehung zusätzlicher Fragen, um Daten validieren und analysieren zu können) sowie der Modellierung. In diesem Zusammenhang nutzen wir moderne statistische Methoden, die beim Umgang mit dieser Art von Daten erforderlich beziehungsweise möglich sind.

Die wichtigste Schlussfolgerung in diesem Beitrag lautet, dass sorgfältig geplante und durchgeführte SC-Experimente ein zuverlässiges Instrument zur Schätzung der Zahlungsbereitschaft (engl. willingness to pay, Abkürzung und im Folgenden WTP) für eine Verringerung externer Effekte im Verkehrswesen sind, auch wenn nicht lese- und schreibkundige Menschen sowie einkommensschwache Bevölkerungsgruppen befragt werden. Es ist jedoch die Durchführung lokaler Studien zu empfehlen, da kulturelle Unterschiede eine wichtige, jedoch oft unterschätzte Rolle spielen und Faktoren wie etwa Unterschiede bei der Risikoaversion für die Bestimmung von WTP-Werten entscheidend sein können.

**Summary:** The valuation of externalities in transport planning is a serious and difficult business. Many methods advocated and used in the past, such as hedonic pricing, the human capital approach and contingent valuation; have been rightly criticised for their many shortcomings. Among specialist

\* Mein Dank gilt Luis Ignacio Rizzi für all das Wissen, das er mir geteilt hat. Sehr wertvoll waren auch die Diskussionen mit meinen Freunden David Hensher, Sergio Jara und Huw Williams zu diesem Thema sowie die Arbeit meinen ehemaligen Studierenden Patricia Galilea, Pablo Hojman, Paula Iglesias, Paula Iragüen, Gonzalo Rodríguez und Mauricio Sillano. Ohne sie wäre ein Großteil des in diesem Beitrag verwendeten Materials nicht verfügbar. Abschließend möchte ich mich für die Unterstützung durch FONDECYT (Projekt 1050672) und durch das Millennium Institute on Complex Engineering Systems (ICM: P-05-004-F; CONICYT:FBO16) bedanken, die mir die zur Durchführung der Studien notwendigen Mittel zur Verfügung gestellt haben.

1 „Stated choice“ auf Deutsch etwa „geäußerte Präferenz“; Abkürzung und im Folgenden meist „SC“.

JEL Classifications: L93, Q54, Q58

Keywords: Air Transport Policy, Emission trading, Climate change, Mitigation policies

there is a quasi-consensus nowadays in that stated choice methods are superior for this task. We refer to their use for valuing accidents, noise, atmospheric pollution and the feeling of safety when walking in urban streets, discussing a series of design and application issues through case studies.

In particular we touch upon experimental design (context, selection of attributes, definition of payment mechanism and design approach), survey conduction (data collection strategy, sample selection, and use of extra questions to aid data validation and analysis), and modelling using the advanced methods that this type of quality data requires/allows for.

Our main conclusion is that properly conducted and designed stated choice methods are a valid tool to estimate willingness-to-pay for reducing transport externalities, even in situations involving poor and/or less than fully literate individuals. We also recommend conducting local studies, as cultural differences play a bigger role than normally recognised, and issues such as differences in risk aversion may be crucially important in determining willingness-to-pay values.

## 1 Einleitung

Die Nutzung der Verkehrsinfrastruktur und die Inanspruchnahme von Verkehrsdienstleistungen verursachen häufig negative externe Effekte. Sofern Planungsbehörden bei der Begutachtung von Projekten einen Kosten-Nutzen-Ansatz verfolgen, müssen sie daher einschätzen können, welchen Wert die Menschen der Verminderung dieser negativen Externalitäten beimessen. Da für gewöhnlich keine echten Märkte existieren, an denen diese Begleiteffekte in der Praxis gemessen werden könnten, müssen sich die Analysten mit besonderen Techniken zur Ermittlung der entsprechenden Preise behelfen. Einige Methoden basieren auf der Nutzung von Daten, die durch die Beobachtung von menschlichem Verhalten in realen Märkten gesammelt wurden. Dies hat jedoch den Nachteil, dass besonders restriktive Annahmen erforderlich sind, so zum Beispiel, dass sich die Menschen der Tatsache bewusst sind, dass Umweltgüter modelliert werden, und sie diese genauso betrachten wie der Modellierer. Eine Alternative dazu ist die Modellierung eines hypothetischen Marktes, in dem sich die Befragten wie im wirklichen Leben verhalten sollen. Das setzt aber voraus, dass sie sich der immateriellen Aspekte bewusst sind, die durch das Modell geschätzt werden sollen. Deshalb dürften beispielsweise Methoden zur Quantifizierung der Präferenzen von Menschen hinsichtlich von Umweltgütern bei der Bemessung lokaler externer Effekte erfolgreicher sein (Nash 1997), da es sich hierbei um nachteilige Effekte jener Verkehrssysteme handelt, für die die meisten Menschen ihre Präferenzen bereits festgelegt haben dürften. In diese Kategorie fallen Verkehrsunfälle, Luftverschmutzung und Lärmbelastung. Sie zählen derzeit zu den nachteiligsten Auswirkungen des Straßenverkehrs auf lokaler Ebene. Ortúzar und Rizzi (2007) haben gezeigt, dass mit geeigneten Fallstudien WTP-Werte für die Minderung dieser Externalitäten geschätzt werden können.

In diesem Beitrag werden einige Fragen zur Schätzung von Modellen erörtert, die sich auf Auswahlentscheidungen in simulierten Märkten stützen und der Quantifizierung externer Effekte des Verkehrs und anderer immaterieller Größen dienen. Dieser Ansatz wird in der Fachliteratur meist als Stated Choice (SC) bezeichnet (Louviere et al. 2000). Der Beitrag diskutiert SC-Fallstudien aus Chile in denen die WTP für eine höhere Verkehrssicherheit im städtischen und Fernverkehr, für bessere Luftqualität, für Lärmreduktion und für ein Gefühl von mehr Sicherheit beim Fußweg durch arme Stadtviertel zu ermitteln.

## 2 Discrete-Choice-Modelle und Stated-Choice-Daten

Angenommen, eine Person muss eine Option aus einer gegebenen Anzahl von Alternativen (choice set) auswählen. Der herkömmliche Ansatz geht davon aus, dass die Person die Option auswählt, die den größtmöglichen Nutzen verspricht. Die einfachste Nutzen-Gleichung ist in ihren Parametern linear (diese können als Grenznutzen verstanden werden), und weil der Modellierer nicht alle Attribute kennt, die die Testperson in Betracht zieht, postuliert er gemäß dem Random-Utility-Paradigma das Vorhandensein zusätzlicher Fehlerterme. Wenn  $\alpha$  und  $\beta_l$  jeweils die Parameter sind, die den Kosten und den  $l$  Attributen ( $q_m$ ) jeder Option  $m$  zugeordnet werden und  $\varepsilon_m$  einen Fehlerterm darstellt, dann können wir die typische Random-Utility-Gleichung aufstellen:

$$U_m = \alpha \cdot c_m + \sum_l \beta_l \cdot q_{ml} + \varepsilon_m = V_m + \varepsilon_m \quad (1)$$

Wenn die Fehler identisch und unabhängig (iid) nach dem Extremwert vom Typ 1 (engl. *extreme Value type 1*, im Folgenden EV1) unter den Alternativen verteilt sind, erhält man das bekannte Multinominale Logitmodell (MNL, vgl. Ortúzar und Willumsen 2001), und die Wahrscheinlichkeit einer Entscheidung für Alternative  $i$  aus einer Menge  $M$ , die  $N$  Alternativen enthält, ist gegeben durch:

$$Prob(i) = Prob(U_i > U_m, i \neq m, \forall m \in M) = \frac{\exp(\lambda V_i)}{\sum_{m \in M} \exp(\lambda V_m)} \quad (2)$$

Hierbei ist  $\lambda$  ein Skalenfaktor, der umgekehrt von der unbekannten Standardabweichung der Fehler  $\varepsilon$  abhängig ist und in gewöhnlichen Anwendungen normalisiert werden muss, da er nicht identifiziert werden kann.

Wenn der Modellierer ein bestimmtes Attribut  $q_i$  schätzen möchte, kann er das Verhältnis  $\beta_i / \alpha$  heranziehen (Gaudry et al. 1989). Dieses stellt den maximalen Geldbetrag dar, den eine Person für eine marginale Verbesserung des Attributs zahlen würde, und kann leicht ermittelt werden, indem man das Nutzenniveau fixiert und in Gleichung (1) nur eine Variation von Kosten und Wert des Attributs  $q_i$  zulässt. In den folgenden Fallstudien berechnen wir ausschließlich diese Art der Wohlfahrtsmessung. Insbesondere bedeutet dies: Wenn  $\beta_i$  für ein nicht auf dem Markt erhältliches Gut steht, wie zum Beispiel Umweltgüter oder Verkehrssicherheit, lassen sich die WTP-Parameter für diese Güter direkt ermitteln.

Bei nicht-marginalen Verbesserungen beziehungsweise Verbesserungen der Attribute nicht ausgewählter Optionen, wodurch die Wahrscheinlichkeit der Auswahl beeinflusst wird, funktioniert das obige einfache Verhältnis nicht, denn es wird der Tatsache nicht gerecht, dass Menschen zwischen Alternativen wechseln können, um ihr Nutzenniveau zu maximieren. Da hier mit probabilistischen Entscheidungsmodellen gearbeitet wird, muss die zu erwartende Änderung der Wohlfahrt berechnet werden. Falls jedoch die Annahme einer Nutzenfunktion, die zum Einkommen linear ist, nicht zutrifft, wird die Formel zur Berechnung der zu erwartenden Wohlfahrt recht kompliziert (Bowen et al. 2008), obwohl das

MNL-Modell weiterhin gültig ist. Wird allerdings die Annahme fester  $\alpha$  und  $\beta_i$ -Parameter für die Grundgesamtheit aufgegeben, ist das MNL-Modell nicht mehr gültig. In diesem Fall muss mit Zufallsparameterfunktionen (wie etwa dem verbreitete Mixed-Logit-Modell (ML)), die unterschiedliche Präferenzen zulassen, gearbeitet werden (Train 2009).

Um die für die Schätzung dieser Modelle notwendigen Daten zu gewinnen, muss ein Markt simuliert werden, und die Befragten müssen aufgefordert werden, die von ihnen gewählten Optionen anzugeben. Der Analyst hat die vollständige Kontrolle über die erklärenden Variablen, die die Attribute einer Alternative repräsentieren, so dass Probleme der Kollinearität und der unzureichenden Variabilität, wie sie bei realen Märkten häufig auftreten, vermieden werden. Diese Daten lassen sich zudem recht kostengünstig gewinnen, da von jedem Befragten mehrere Antworten gewonnen werden können. Eine Schlüsselrolle fällt hierbei der Versuchsgestaltung zu, einem Gebiet, auf dem im Laufe der letzten Jahre große Fortschritte erzielt wurden (Rose und Bliemer 2009).

Da bei Stated-Choice-Experimenten von jedem Befragten mehrere Antworten vorliegen, muss Gleichung (2) modifiziert werden. Beispielsweise könnte man davon ausgehen, dass die Verteilung von  $\alpha$  und  $\beta_i$  einer bestimmten Verteilung in der Grundgesamtheit entspricht, das heißt es liegen zufällige unterschiedliche Präferenzen vor. Dies bedeutet, dass sämtliche von einer Person getroffenen Entscheidungen gleich behandelt werden, im Gegensatz zu jenen, die von einer anderen Person aus der Stichprobe getroffen werden. Hensher und Greene (2003) sowie Sillano und Ortúzar (2005) erörtern die Problematik der WTP-Schätzung im Zusammenhang mit Zufallsparametermodellen wie dem ML-Modell im Detail.

### 3 Fallstudie 1: Verkehrsunfälle im Stadtgebiet

Die Bewertung von Verkehrssicherheitprojekten stützte sich jahrelang (und in manchen Ländern noch heute) auf den *Humankapitalansatz*. Dabei wird der Wert eines geretteten Lebens anhand des diskontierten zu erwartenden Einkommens der Person gemessen, das sie erwirtschaftet hätte, wenn sie nicht gestorben wäre. Dieser Ansatz ist jedoch aus ökonomischer Perspektive fehlerhaft, da in Wirklichkeit die individuellen Präferenzen ausschlaggebend sind. Jones Lee und Loomes (2002) verfochten als erste die Idee, dass der Reduzierung der Wahrscheinlichkeit eines (tödlichen) Unfalls ein Wert zugeordnet werden müsse, und bereiteten so den Weg für den *Value of Risk Reduction* (engl. für Wert der Risikoreduktion, im Folgenden VRR). Allerdings stützten sie sich bei der Schätzung des VRR auf die *Kontingente Bewertungsmethode*, ein weiteres stark umstrittenes Verfahren. Rizzi und Ortúzar (2003) waren die ersten Vertreter des nun vorherrschenden SC-Ansatzes (die jüngste Anwendung findet sich bei Hensher et al. 2009 berichtet). Da die Verkehrssicherheit ein nicht-rivales Gut ist, ist der VRR gleich der Summe aus der Grenzrate der Substitution zwischen Einkommen und tödlichen Unfällen über die Grundgesamtheit, die von der Sicherheitsproblematik betroffen ist. Eine detaillierte mikroökonomische Analyse zur Ableitung des VRR, ist in Rizzi und Ortúzar (2006) enthalten.

Hojman et al. (2005) ermitteln den VRR und berechnen außerdem auf der Basis von SC-Daten den Wert der Reduzierung schwerer Verletzungen in Folge von Verkehrsunfällen (engl. *value of reducing serious injuries*, Abk. und im Folgenden VRSI) auf Überlandverkehrswegen. Iragüen und Ortúzar (2004) widmen sich der schwierigeren Frage der inner-

städtischen Verkehrssicherheit mittels einer SC-Befragung zur Streckenwahl von Autofahrern, in der die Befragten zwischen verschiedenen Straßentypen in der Metropolregion Santiago de Chile wählen sollten. Das Erhebungsinstrument bestand aus vier Teilen. Im ersten Teil wurden die Teilnehmer aufgefordert, eine typische Fahrt in ihren Merkmalen zu beschreiben. Diese Daten wurden dann zur individuellen Anpassung des zweiten Teils verwendet, in dem die Befragten an den Auswahlkontext und das SC-Experiment (bestehend aus einer Reihe von binären Entscheidungen über Fahrtstrecken) herangeführt wurden. In Teil 3 wurden die Testpersonen nach ihrer Meinung zum SC-Experiment befragt (zum Beispiel ob sie die Auswahlalternativen für realistisch hielten) sowie zu ihren Erfahrungen mit Verkehrsunfällen und zu ihrer allgemeinen Risikoeinstellung. Abschließend wurden in Teil 4 sozio-ökonomische Daten der Testpersonen erhoben.

Die Merkmale kontextbezogener Fahrten enthielten alle Faktoren, die die Risikowahrnehmung beeinflussen. Bei den spezifischen Attributen für jeden Befragten wurden Variationen zugelassen, da die Befragung individuell auf die jeweilige Person zugeschnitten war. Ein Kontextbeispiel findet sich in Abbildung 1 (im ursprünglichen Fragebogen auf Spanisch). Es wurde auf der Grundlage von Informationen zu Mobilitätsgewohnheiten entworfen, die ursprünglich vom Befragten angegeben worden waren. Diese Daten boten den Analysten die Möglichkeit, bestimmte Charakteristika hervorzuheben, auf die die Teilnehmer besonders achten sollten (in Abbildung 1 kursiv gedruckt). Dazu gehörten der Zweck der Fahrt, der Tag (Werk-, Sonn- oder Feiertag), der Zeitpunkt der Ankunft und der für die Fahrt hauptsächlich benutzte Straßentyp. Bei variierenden Angaben waren realistische Abweichungen zulässig. Um zu garantieren, dass jeder Teilnehmer in allen Auswahlsituationen die gleichen Gegebenheiten vor Augen hatte, wurde ein Bild des Straßentyps, der als der meist genutzte angegeben worden war, auch im SC-Experiment gezeigt.

Eine zentrale Problematik bei der Gestaltung der Befragung war die klare Darstellung der gewählten Variablen (Fahrdauer, Fahrtkosten und Angabe zum Risikograd) in den Fragebögen. Hierzu wurden Fokusgruppen eingesetzt, in denen das Verhalten von Bewohnern Santiagos unterschiedlichen Alters und Geschlechts in Bezug auf die verschiedenen Darstellungsformen der Variablen *Unfallrisiko* ermittelt wurde. Aus der Untersuchung ging hervor, dass das Wort Todesfall ein Schlüsselement bei der Bedeutungsvermittlung der Risikovariablen darstellt. Aus diesem Grund wurde die ursprüngliche Definition der Variablen bei Rizzi und Ortúzar (2003) beibehalten (*Anzahl der Autounfälle mit Todesfällen pro Jahr*), die auch bei den SC-Experimenten zu Überlandstrecken ausgiebig getestet worden war. Auch die Darstellung der Fahrtkostenvariable erforderte einige Überlegung. Da es zu diesem Zeitpunkt keine Mautstrecken in Santiago gab, bestand das größte Problem darin, hinsichtlich der Reduzierung von innerstädtischen Verkehrsunfällen eine Zahlungsinstanz zu konzipieren. Die Unterstellung einer hypothetischen Straßennutzungsgebühr war zwar in der Überlandverkehrsstudie akzeptabel gewesen, hätte in diesem Experiment aber das Risiko einer *Verzerrung* durch *Messrauschen* ergeben, da die Aufmerksamkeit der Befragten auf die Kostenvariable gelenkt worden wäre. Schließlich wurde entschieden, den Faktor laufende Fahrzeugkosten als Kostenfaktor zu nutzen; er setzte sich aus Kraftstoff und Wartung zusammen.

### 3.1 Erhebung der Daten

Die Befragung wurde über eine Internetseite durchgeführt und erzielte eine endgültige Stichprobe mit 320 gültigen Antworten. Die Vorteile einer Internetbefragung liegen darin, dass die Antworten nicht mehr kodiert und digitalisiert werden müssen und die Befragung auf jeden Befragten individuell zugeschnitten werden kann. Zudem lassen sich Kosten vermeiden, da keine Interviewer je ausgefüllten Fragebogen bezahlt werden müssen. Der größte Nachteil liegt in der möglichen Verzerrung der Stichprobe. Dies hätte in unserem Fall ein ernstes Problem darstellen können, da in Entwicklungsländern der Zugang zum Internet sehr ungleich verteilt ist. Tatsächlich hatten zum Zeitpunkt der Studie in Chile nur

Abbildung 1

#### Vorgegebener Auswahlkontext für die SC-Aufgabe

Bitte versetzen Sie sich jetzt in die unten beschriebene Situation, in der Sie in jeder Gruppe von Auswahlsituationen eine Fahrtroute auswählen müssen.

Die folgenden Fragen sind vor dem Hintergrund der Angaben zu verstehen, die Sie auf der vorhergehenden Seite gemacht haben:

Angenommen, Sie müssen von zu Hause zu Ihrer *Arbeit* fahren. Ihr Ziel befindet sich in Santiago. Sie legen diese Strecke regelmäßig zurück, und die Fahrt hat folgende Merkmale:

- » Sie findet an einem gewöhnlichen *Werktag* statt.
- » Sie müssen um etwa *7:45 Uhr* am Zielort ankommen.
- » Sie fahren Ihr eigenes Auto und kommen für alle anfallenden Fahrtkosten auf.

Außerdem sollten Sie Folgendes beachten: Für eine Fahrt, die um die oben angegebene Uhrzeit zwischen *30 und 35 Minuten* dauert, fallen im Durchschnitt Fahrtkosten von *1 US-Dollar* an (unter Berücksichtigung von Kraftstoff und Unterhaltungskosten). Und schließlich gehen Sie bitte davon aus, dass Sie für Ihre Fahrt zwischen zwei Strecken wählen müssen, die der abgebildeten Straße ähneln:



Bitte berücksichtigen Sie bei der Wahl Ihrer Route die folgenden drei Aspekte:

- Dauer der Fahrt
- Fahrtkosten
- Anzahl der tödlichen Autounfälle pro Jahr

Im Folgenden werden neun Fahrsituationen beschrieben. Bitte wählen Sie für *jede* Situation eine der zwei beschriebenen Strecken aus. Sollte Ihnen jedoch keine der beiden Optionen zusagen, gehen Sie bitte einfach zur nächsten Auswahlsituation über. Beachten Sie dabei bitte, dass die Auswahlsituationen nichts miteinander zu tun haben.

Menschen mit mittlerem oder hohem Einkommen Zugang zum Internet, doch die große Mehrheit der Autobesitzer in Chile fällt ebenfalls in diese Einkommensgruppen (Ampt und Ortúzar 2004). Eine weitere mögliche Verzerrung lag darin begründet, dass die Internetnutzer normalerweise in bestimmten Altersgruppen konzentriert sind. Dementsprechend könnten beispielsweise Menschen, die älter als 50 Jahre sind, unterrepräsentiert gewesen sein.

Zur Rekrutierung von Befragungsteilnehmern wurden zunächst die Führungskräfte ausgewählter privater und öffentlicher Institutionen in Santiago kontaktiert (Banken, Universitäten, Ministerien und große Unternehmen). Diese *Ansprechpartner*, die vorher per Telefon für die Studie gewonnen worden waren, wurden über die Zielsetzungen der Umfrage informiert und gebeten, einer Auswahl von Autobesitzern in ihrer Einrichtung oder Firma per E-Mail ein Anschreiben mit der Adresse der Internetseite zu schicken. Auf diese Weise sollte die Befragung bei den Empfängern der E-Mail einen offiziellen Eindruck erwecken, um die Ablehnungsrate zu senken – ein Vorgehen, das auch in der Fernverkehrsstudie von Hojman et al. (2005) angewendet wurde.

### 3.2 Modellierung

Sowohl das MNL- als auch das ML-Modell wurden mit linearen indirekten Nutzenfunktionen geschätzt. Der indirekte Nutzen für Alternative  $i$  (in diesem Fall eine der beiden Strecken),  $V_i$ , ist durch Gleichung (3) gegeben:

$$V_i = \alpha c_i + \beta t_i + \gamma a_i \quad j = 1, 2 \quad (3)$$

Dabei steht  $c$  für Fahrtkosten (engl. *cost*),  $t$  für Dauer der Fahrt (engl. *travel time*) und  $a$  für die Anzahl der Unfälle (engl. *accidents*).

Auf der Grundlage der in Gleichung (3) berechneten Parameter lassen sich der subjektive Wert der Fahrtzeit (engl. *subjective value of travel time*, Abk. und im Folgenden SVT) und der subjektive Wert der Reduzierung von Unfällen (engl. *subjective value of accident reduction*, Abk. und im Folgenden SVAR) ermitteln. Um den VRR zu bestimmen, wird der SVAR in (4) für die betreffende Grundgesamtheit summiert:

$$VRR = \sum_j SVAR_j \quad (4)$$

Da im binären Logit-Modell nicht korrekt berücksichtigt wird, dass jeder Befragte neun Auswahlszenarien beantwortet (das heißt dass diese Antworten nicht unabhängig voneinander sind), wurde ein ML-Modell geschätzt. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse beider Modelle. Alle Parameter haben die korrekten Vorzeichen und unterscheiden sich signifikant von null. Der Log-Likelihood-Wert des ML-Modells übertrifft deutlich den des MNL-Modells und bestätigt so die vorhandene Korrelation zwischen den Antworten eines jeden Befragten.

Tabelle 1

**Modellergebnisse Fallstudie 1: Binäre MNL- und ML-Modelle**

<b>Koeffizienten (t-Test)</b>	<b>MNL</b>	<b>ML</b>
Kosten ( $10^3$ CLP) ( $\alpha$ )	-3,04 (-12,0)	-11,90 (-7,79)
Standardabweichung		0,0107 (7,96)
Unfälle ( $\gamma$ )	-0,1468 (-12,5)	-0,5973 (-8,26)
Standardabweichung		0,5755 (8,64)
Zeit (Min.) ( $\beta$ )	-0,1307 (-15,8)	-0,4047 (-9,09)
Standardabweichung		0,2582 (8,26)
$\beta/\alpha$ (US-Dollar/Minute)	0,066	0,052
$\gamma/\alpha$ (US-Dollar/Unfall)	0,074	0,077
$t(\theta)$	-1183,87	-890,39

\*Zum Zeitpunkt der Studie entsprach 1 US-Dollar 650 Chilenischen Pesos (CLP).

Zu beachten ist hier, dass die Werte für  $\alpha$ ,  $\gamma$  und  $\beta$  beim Übergang vom MNL- zum ML-Modell stark ansteigen. Dies entspricht einer Erhöhung des Skalierungsfaktors, der im umgekehrten Verhältnis zur Fehlervarianz steht (siehe Gleichung 2). Anders formuliert, reduziert das ML-Modell die unerklärte Varianz. Jedoch unterscheiden sich der SVT und SVAR für beide Modelle nicht erheblich voneinander, obwohl beim Übergang vom MNL- zum ML-Modell ersterer sinkt und letzterer steigt (eine detaillierte Erläuterung findet sich in Sillano und Ortúzar 2005).

Die Streuung um den Mittelwert hat bei den Parametern Kosten und Unfälle die höchste Signifikanz. Die Parameter für jeden einzelnen Befragten ergeben sich aus drei unabhängigen Normalverteilungen mit den in Tabelle 1 angegebenen Mittelwerten und Standardabweichungen. Dies ergibt die Verteilung für den SVT und den SVAR: Nicht jede Person weist die gleiche WTP für eine marginale Verringerung der Fahrtzeit beziehungsweise der tödlichen Unfälle auf, wie es das MNL-Modell nahelegt. Allerdings folgt daraus auch, dass das ML-Modell für einige Testpersonen einen positiven Wert für  $\alpha$  beziehungsweise  $\gamma$  prognostiziert und damit ein unplausibles Ergebnis liefert. Dies wird im Detail bei Hensher und Greene (2003) sowie Sillano und Ortúzar (2005) erörtert und soll hier nicht weiter behandelt werden.

Zur Schätzung des VRR ist eine Änderung an Gleichung (4) vorzunehmen. Ein tödlicher Unfall auf den Straßen im Stadtgebiet von Santiago führt im Durchschnitt zu 1,08 Todes-

opfern. Deshalb ergibt sich bei einem jährlichen Durchsatz von 3,5 Millionen Autos ein VRR von 240759 US-Dollar für das MNL- und 250251 US-Dollar für das ML-Modell<sup>2</sup>. Diese Werte können als ökonomischer Wert für die Gesellschaft verstanden werden, den die Vermeidung eines Todesfalles auf städtischen Straßen bedeutet. Dementsprechend gilt: Wenn die Kosten eines Maßnahmenkatalogs für Verkehrssicherheit unterhalb des VRR liegen, dann bieten diese Maßnahmen einen positiven wirtschaftlichen Nutzen für die Gesellschaft und sollten umgesetzt werden. Falls die Kosten des Programms über dem VRR liegen, ist der wirtschaftliche Nettogewinn für die Gesellschaft negativ, und das Projekt sollte nicht mit öffentlichen Mitteln gefördert werden.

## 4 Fallstudie 2: Bewertung der lokalen Luftverschmutzung

In Ortúzar und Rodriguez (2002) wurde ein Conjoint-Ranking-Experiment zur Schätzung der WTP für eine Verminderung der Luftverschmutzung in Santiago entwickelt. Dabei wurde ein Auswahlkontext entworfen, in dem jede Option verschiedenen einzelnen Verschmutzungsursachen zugeordnet werden kann. Eine realistische Möglichkeit, verschiedene Luftqualitäten darzustellen, bestand darin, den Befragten mehreren Wohngegenden mit unterschiedlicher Luftqualität zu präsentieren. Dies ist auch damit zu begründen, dass Familien bei der Wohnungssuche nicht nur die Besonderheiten des eigentlichen Wohnraumes berücksichtigen, sondern auch Standortbedingungen (Hunt et al. 1994), darunter Luftqualität und Erreichbarkeit. Die Wahl des Wohnorts ist eine mittel- beziehungsweise langfristige Entscheidung und kann als komplexer Entscheidungsprozess bezeichnet werden. In dem Experiment reihen die Familien die angebotenen Alternativen, so dass sich Rang-Ordnungsdaten ergeben.

### 4.1 Definition des Attributs Luftqualität

Eine komplexe Aufgabe dieses Projekts bestand darin, ein angemessenes Attribut für die Darstellung unterschiedlicher Luftqualitäten zu definieren, da die Maßeinheiten für Verschmutzungskonzentrationen vielen Bewohnern der Stadt nicht geläufig sind. Gesucht wurde also nach einer Angabe zur Luftqualität, die im Alltag eines durchschnittlichen Bürgers eine Rolle spielen und einen direkten Bezug zur Konzentration von Schadstoffen aufweisen sollte. Nach verschiedenen Testläufen wurde der ICA-Luftqualitätsindex (ICA = span. Abk.) für Santiago als geeigneter Maßstab gewählt. Der ICA ordnet der Konzentration von fünf verschiedenen wichtigen Schadstoffen einen einzigen Wert und eine dazugehörige Beschreibung zu. Die Schadstoffe werden an verschiedenen Stationen in der Stadt gemessen: Aus den Messungen wird ein täglicher Indexwert ermittelt. Anschließend wird die Konzentration eines jeden Schadstoffes in ihr ICA-Äquivalent umgewandelt, wobei der höchste Wert dem ICA-Niveau für die jeweilige Station entspricht. Die Station mit dem höchsten Wert liefert zudem das ICA-Niveau für die gesamte Stadt.

**2** Hojman et al. (2006) stellten fest, dass das Verhältnis VRR/VRSI deutlich niedriger war als ursprünglich von Jones Lee und Loomes (2002) geschätzt. Da die VRR-Werte sich ebenfalls sehr deutlich von jenen unterscheiden, die auf Grundlage einer Meta-Studie für Einkommensunterschiede (Miller 2000) geschätzt wurden, gibt es zur Durchführung länderspezifischer Studien keine Alternative, denn Aspekte wie die Risikoaversion variieren sehr stark zwischen unterschiedlichen Kulturen.

Alle Wetterberichte im Fernsehen und in den Zeitungen informieren täglich über den ICA-Index, unter besonderer Erwähnung des Gebiets, in dem sich die entsprechende Meßstation befindet. Die Einstufung der Tage, an denen auf schlechte Luftqualität hingewiesen wird (mit Smogwarnung, Smogvoralarm oder Smogalarm), basiert auf dem ICA-Index und erfährt besondere Beachtung. Die Schlussfolgerung lautete daher, dass sich ein adäquates Attribut zur Darstellung der Luftqualität bestimmter Standorte aus der Anzahl der Tage ergibt, an denen dieser Standort maßgeblich für die Angabe der Luftqualität ist.

#### 4.2 Festlegung der Attribute und Auswahl der Maßeinheiten

Vor dem Hintergrund früherer Arbeiten und den Ergebnissen von Fokusgruppen wurden neben dem Umweltaspekt als weitere Attribute die Erreichbarkeit des Arbeits- und des Studienplatzes für jedes Haushaltsmitglied ausgewählt. Außerdem wurde der Mietzins als Faktor einbezogen. Zum einen, weil ihm bei einer monetären Bewertung der anderen Attribute eine zentrale Rolle zu kommt. Zum anderen, weil auf diese Weise der simulierten Situation eine größere Realitätsnähe verliehen wurde.

Die Wahl der Maßeinheiten ergab sich bei den Attributen Erreichbarkeit (in Minuten) und Miete (in CLP) von selbst. Für die Variable *Luftqualität* wurde nach einem Probbedurchlauf beschlossen, die Anzahl der Tage pro Jahr mit *Smogwarnung* als Maßeinheit zu verwenden, da dies zu einer größeren Variation zwischen den Wohngebieten führte, als es bei Tagen mit *Smogvoralarm* oder *Smogalarm* der Fall gewesen wäre.

#### 4.3 Strategie der Datenerhebung

Um zu testen, ob eine Aversion gegen einen Wohnortwechsel vorhanden war, wurde die gegenwärtige Haushaltssituation (im Sinne der verwendeten Variablen) mit einbezogen; dieser Effekt war in einer früheren Studie zu beobachten gewesen (Ortúzar et al. 2000). Die Befragung wurde so gestaltet, dass die angebotenen Wohnorte sich in einem dem jeweiligen Haushalt vertrauten Umfeld befanden. Die Werte wurden angepasst, wenn die Abweichungen geringer waren als die auf absoluten Differenzen basierenden Grenzwerte. Zur Datenerhebungsstrategie gehörte der zweimalige Besuch bei jeder der angesprochenen Familien. Beim ersten Besuch wurden die wichtigsten Merkmale der Wohnung untersucht und grundlegende Informationen über die Familienmitglieder eingeholt. Nach der Verarbeitung dieser Daten unternahm der Interviewer zwei Tage später einen zweiten Besuch, bei dem er die individuell angepasste Ranking-Aufgabe vorstellt und einige zusätzliche Fragen stellte.

Nach Abschluß des Ranking-Prozesses, formulierte der Interviewer zusätzliche Fragen, um herauszufinden, wie konsistent die Familie beim Auswahlprozess vorgegangen war, und um zu ermitteln, ob die Attributniveaus als realistisch empfunden worden waren. Um die Antwortqualität zu verbessern, wurden ausschließlich Familien befragt, die seit weniger als zwei Jahren an ihrem gegenwärtigen Wohnsitz lebten. Zudem wurden ausschließlich Mieter befragt, da davon ausgegangen wurde, dass sie einen möglichen Umzug (und dementsprechend die angebotene Ranking-Aufgabe) realistischer angehen würden als Hausbesitzer. Die abschließende Stichprobe, die durch diese Vorgehensweise erhoben wurde, umfasste 75 Haushalte.

#### 4.4 Modellierung

Für die Modellierungsphase wurden folgende Variablen verwendet:  $TVW_{hi}$  als Fahrtzeit der Person  $h$  vom Abfahrtsort  $i$  bis zur Arbeit (Min. pro Fahrt);  $TVS_{hi}$  als Fahrtzeit von Person  $h$  vom Abfahrtsort  $i$  bis zum Studienort (Min. pro Fahrt) und  $f_{Th}, f_{Eh}$  als Häufigkeit der Fahrten zur Arbeit oder zum Studienort für Person  $h$  (Fahrten pro Woche). Auf Grundlage dieser Angaben wurden die Variablen für die Erreichbarkeit des Haushalts gemäß Gleichung (5) and (6) folgendermaßen definiert:

$$TVW_i = \sum_{h \in H_t} f_{Th} TVW_{hi} \quad (5)$$

$$TVS_i = \sum_{h \in H_e} f_{Eh} TVS_{hi} \quad (6)$$

Weitere Variablen waren  $DA_i$ , als die Tage mit Smog-Warnung für Wohngegend  $i$  (Tage pro Jahr);  $R_i$  als Höhe der Miete (Tausend CLP pro Monat) und eine Dummy-Variable  $\delta_{Current}$ , die den Wert 1 annimmt, wenn die Option  $i$  den gegenwärtigen Standort eines Haushaltes repräsentiert, und den Wert 0, wenn dies nicht der Fall ist. Die angewandte Nutzenfunktion war in den Parametern linear und entsprach dem vorgeschlagenen mikroökonomischen Denkmodell.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse für die binären MNL- und ML-Modelle. Letztere wurden unter der Annahme von normalverteilten Präferenzparametern geschätzt (Sillano und Ortúzar 2005). Alle Parameter weisen das zu erwartende Vorzeichen auf; die Koeffizienten der Dummy-Variablen  $\delta_{Current}$  erwiesen sich als signifikant positiv. Letzteres legt einen Trägheitseffekt nahe (inertia), indem der Nutzen des gegenwärtigen Wohnorts als höher angesehen wird. Wie erwartet erwies sich das ML-Modell als das passendere, und die Null-Hypothese fixer Präferenzparameter wurde angesichts der Signifikanz der geschätzten Standardabweichungen klar widerlegt.

Tabelle 2

#### Modellergebnisse Fallstudie 2: MNL- und ML-Schätzmodelle

Attribute	Parameter (t-Test)	
	MNL	ML
TVW	Mittelwert	-0,00417 (-10,6)
	Standardabweichung	0,00573 (4,5)
TVS	Mittelwert	-0,00250 (-7,8)
	Standardabweichung	0,00266 (2,7)
DA	Mittelwert	-0,27370 (-11,0)
	Standardabweichung	0,40567 (4,7)
R	Mittelwert	-0,02641 (-12,5)
	Standardabweichung	0,04748 (6,2)
$\delta_{Current}$	Mittelwert	0,89690 (5,9)
1(θ)		-849,6
		-747,0

Tabelle 3

**Fallstudie 2: WTP als Verhältnisse von Mittelwerten der Grundgesamtheit**

Attribute	Willingness-to-pay-Werte (Konfidenzintervall)	
	MNL	ML
TVW (CLP/Min.)	36 (29–45)	37 (25–54)
TVW (CLP/Min.)	22 (16–28)	25 (14–40)
DA (CLP/DA pro Jahr)	124 362 (100 818–152 301)	98 009 (70 127–135 793)

Zum Zeitpunkt der Studie entsprach 1 US-Dollar 500 Chilenischen Pesos (CLP).

Tabelle 3 zeigt die WTP-Schätzungen und ihr 95-prozentiges Konfidenzintervall gemäß Armstrong et al. (2001). Die Verhältnisse der Parameter aus den MNL- und ML-Darstellungen bleiben weitgehend stabil (das heißt sie liegen innerhalb des jeweils anderen Konfidenzintervalls), mit Ausnahme des WTP-Werts für die Reduzierung von *Tagen mit Smog-Warnung (DA)*. Interessanterweise stimmten – wie auch in der ersten Fallstudie – die ermittelten Zeitwerte mit denen überein, die zuvor in Chile unter Einsatz eines deutlich einfacheren Versuchsaufbaus gewonnen worden waren. Dies kann wiederum als Hinweis darauf gewertet werden, dass die Befragten das Experiment nicht nur verstanden, sondern auch ernst nahmen.

Leider lässt sich *nicht* feststellen, worauf genau die Testpersonen Wert legen, wenn sie eine WTP für weniger Tage mit Smog-Warnung angeben. Es könnte sich um gesundheitliche Aspekte handeln, um klarere Sicht oder um beides. Die gegenwärtige Forschung zur Wahrnehmung von Umweltrisiken dürfte Licht auf diese Frage werfen.

## 5 Fallstudie 3: Bewertung von Lärmreduzierung

In Galilea und Ortúzar (2005) sind der Entwurf, die Durchführung und die Ergebnisse eines SC-Experiments zur Bewertung der Reduzierung von städtischer Lärmbelastung beschrieben. Aus ähnlichen Gründen wie den bereits genannten wurde auch hierbei auf den Kontext der Wohnumgebung abgestellt. Basierend auf Ergebnissen aus Fokusgruppen wurden als Attribute für das Experiment die Miete beziehungsweise die Hypothekenraten, die Lärmbelastung, die Fahrtzeit zum Arbeitsplatz und die Sonnenausrichtung festgehalten. Wie auch in Fallstudie 2 wurde angenommen, dass die Qualität der Wohnung selbst für alle Optionen gleich sei.

Die Auswahl der Maßeinheiten stellte im Falle der Variablen für Lärmbelastung und Sonnenausrichtung ein Problem dar. In Fokusgruppen wurde ermittelt, dass die Dezibelskala (dB), die für die Messung von Lärmpegeln verwendet wird, den meisten Menschen unbekannt war. Ebenso wenig wussten sie, dass es sich dabei um eine logarithmische Skala handelt. Von Laborexperimenten wurde abgesehen, da derartige Experimente kostspielig sind und sich nicht bestimmen lässt, ob die Testpersonen die Simulation als authentisch empfinden und ob sie sich von den eingesetzten Lärmpegeln in der Praxis tatsächlich belästigt fühlen würden (vgl. hierzu Arsenio et al. (2002). Schließlich wurde eine Bewertungsskala mit zehn Punkten gewählt. Für das Attribut *Sonnenausrichtung* zeigte sich, dass Himmelsrichtungen (also die naheliegende Darstellungsweise dieses Attributs) von

den Teilnehmern in Fokusgruppen leicht verstanden wurden, was in darauffolgenden Pre-tests bestätigt wurde.

## 5.1 Stichprobenstrategie

Es wurde die schon in Fallstudie 2 gewählte Strategie zur Datenerhebung verwendet. Beim ersten Besuch wurden sozio-ökonomische Merkmale von jeder Person erfragt sowie allgemeine Informationen zu Haushalt und Wohnung eingeholt. Anschließend erfragte der Interviewer Angaben über die Fahrt zum Arbeitsplatz von jedem betreffenden Familienmitglied: Genutzte Verkehrsmittel, Stadtviertel, in dem sich der Arbeitsplatz befindet, zum Arbeitsplatz nächstgelegene Straßenkreuzung, gegenwärtige Dauer der Fahrt sowie wöchentliche Anzahl der Fahrten zur Arbeit. Abschließend fragte der Interviewer jede Familie, welche Ausrichtung zur Sonne sie jeweils als am besten oder schlechtesten empfände, und bat sie darum, den gegenwärtigen Lärmpegel innerhalb des Wohnraumes anhand einer 10-Punkte-Skala einzustufen.

Nach der Verarbeitung dieser Daten unternahm der Interviewer zwei Tage später einen zweiten Besuch, bei dem er den Mitgliedern des Haushalts eine individuell angepasste Ranking-Aufgabe vorlegte. Diese bestand aus acht Karten mit Darstellungen verschiedener Wohngegenden, die die Familie auf einer Skala einstufen sollte. Im Anschluss daran formulierte der Interviewer zusätzliche Fragen, um herauszufinden, wie konsistent die Familie die Einstufung vorgenommen hatte, und um zu ermitteln, ob die jeweiligen Attributniveaus als realistisch empfunden worden waren.

Die Strategie bei der Auswahl der Stichproben bestand darin, so viele Haushalte wie möglich in jedem ausgewählten Mehrfamilienhaus miteinzubeziehen, da die Studie vor allem der Forschung und nicht der Politikberatung diente. Aus diesem Grund wurden auch Aufzeichnungen über die Antwortquoten nicht aufgehoben. Auf diese Weise konnten Haushalte in 150 Wohnungen unter genauer Beobachtung des Interviewprozesses befragt werden.

## 5.2 Modellierung

Für die Modellierung wurden folgende Variablen verwendet:  $NL_i$  als Lärmbelastung am Standort  $i$  (auf einer Skala von 1 bis 10, wobei 10 für unerträgliche Lärmelastung steht);  $RM_i$  als Wert für die Monatsmiete oder die Hypothekenrate (Tausend CLP pro Monat);  $SUN_i$  als Dummy-Variable, die den Wert 1 annimmt, wenn Option  $i$  nach Angaben von Haushalt  $h$  die beste Ausrichtung zur Sonne aufweist, und 0, wenn sie über die schlechteste Ausrichtung verfügt.

Die Variable zur Erreichbarkeit eines Haushalts, ermittelt gemäß der Fahrtzeit zum Arbeitsplatz für alle arbeitenden Familienmitglieder, wurde definiert wie bei Pérez et al. (2003):

$$TTW_i = \sum_{h \in H_i} f_{ih} TTW_{hi} \quad (7)$$

Tabelle 4

**Modellergebnisse der Fallstudie 3: Binäre MNL- und ML-Modelle**

Attribute	Parameter (t-Test)		
	MNL	ML	
		Mittelwert	Standardabweichung
RM	-0,0432 (-16,3)	-0,1398 (-5,5)	0,0863 (4,7)
	-0,6609 (-14,3)	-2,2852 (-10,3)	1,1504 (8,0)
NL	1,697 (16,2)	3,718 (9,4)	4,699 (7,9)
	-0,00628 (-7,3)	-0,0241 (-7,4)	0,0137 (5,4)
TTW			
1(0)	-967,03		-787,74

Tabelle 5

**Fallstudie 3: Schätzung der Willingness-to-Pay-Werte**

	WTP-Werte	
	MNL	ML
Lärmpegel (US-Dollar/NL pro Monat)	23,54 (20,26–27,37)	25,14 (18,56–37,63)
Fahrtzeit zum Arbeitsplatz (US-Dollar/Std.)	3,14 (2,31–3,97)	3,69 (2,58–5,63)

wobei  $TTW_{hi}$  für die Fahrtzeit von Person  $h$  von Adresse  $i$  aus zum Arbeitsplatz (engl. *travel time to work*) steht (Minuten pro Fahrt) und  $f_{ih}$  für die Häufigkeit (engl. *frequency*) der Fahrten von Person  $h$  von Adresse  $i$  aus zum Arbeitsplatz (Fahrten pro Woche).

In Tabelle 4 werden die Ergebnisse für die geschätzten binären MNL- und ML-Modelle dargestellt. Beide Modelle basieren auf Nutzenfunktionen, die in den Parametern linear sind. Nach unseren Ergebnissen waren die Werte des ML-Modells wiederum deutlich besser geeignet. Zudem ergaben die Mittelwertschätzungen erneut einen höheren Skalierungsfaktor. Zu beachten ist außerdem die hohe Signifikanz der jeweiligen Standardabweichung, insbesondere für NL und SUN. Dies entspricht der subjektiven Natur dieser Variablen und der Tatsache, dass kein Konsens über ihre Bedeutung innerhalb der Stichprobe besteht. In beiden Fällen waren die Miete und die Lärmbelastung die wichtigsten Variablen, mit Abstand gefolgt von der Ausrichtung zur Sonne und abschließend der Fahrtzeit.

In Tabelle 5 werden die subjektiven Werte für die linearen MNL- und ML-Modelle verglichen und ihre Konfidenzintervalle angegeben. Die zwei WTP-Punktschätzungen steigen im ML-Modell aufgrund der im Vergleich zum MNL-Modell ungleichen Zunahme

der Mittelwertschätzungen seiner Parameter an. Andererseits bewegen sich die WTP-Werte für eine Reduzierung der Lärmbelastung in der gleichen Größenordnung wie die monetären Beträge, die für eine Isolierverglasung in der Wohnung aufgewendet werden müssten. Dies ist schlüssig, denn die Werte beruhen auf dem Lärmempfinden der Testpersonen (basierend auf einer 10-Punkte-Skala) und nicht auf objektiven Messwerten (wie zum Beispiel einer Dezibelskala).

## 6 Fallstudie 4: Wahrnehmung mangelnder Sicherheit in Wohngebieten

Die folgende Fallstudie fasst die Ergebnisse eines Forschungsprojektes zusammen, dessen Ziel darin bestand, die subjektive Sicherheit in Wohngebieten unterer Einkommensgruppen zu quantifizieren. Außerdem wurde untersucht, wie diese Wahrnehmung durch die räumliche Gestaltung beeinflusst werden kann. Von Interesse war hier die Quantifizierung der Wirkungen räumlicher Variablen auf ein Gefühl von (mangelnder) Sicherheit im öffentlichen Raum, um Maßnahmen für mehr Sicherheit durch objektive Fakten statt subjektive Empfindungen bewerten zu können. Hierzu wurden zwei SC-Befragungen durchgeführt. Das Analysegertüst stützte sich u.a. auf Beiträge zur räumlichen Syntax (Hillier und Hanson 1984; Hillier 2004) und den CPTED-Ansatz (Crime Prevention through Environmental Design, dt.: Kriminalprävention durch Gestaltung des öffentlichen Raums) nach Jeffery (1971) sowie Nasar und Upton (1997).

### 6.1 Festlegung der Variablen

Zunächst wurde eine Reihe von Fokusgruppen durchgeführt, in denen es um die Frage ging, welchen objektbezogenen Variablen für die subjektive Sicherheit beim Fußweg durch arme Wohngebiete eine besondere Bedeutung zukommt. Entsprechend den Ergebnissen der Fokusgruppen gehören hierzu die Straßenbeleuchtung, die Anwesenheit anderer Menschen, die Bevorzugung von offenen Plätzen gegenüber engen Durchgängen, das Vorhandensein von Bäumen, der Sichtschutz durch Zäune usw. Die Theorie nennt zudem zwei zusammengesetzte Variablen, die *natürliche soziale Kontrolle* und die *Einsehbarkeit*, die nach unseren Erkenntnissen eine deutliche Verbindung zu einigen der objektbezogenen Variablen einer früheren Fallstudie aufweisen (Sillano et al. 2006). Der Faktor Straßenbeleuchtung wurde verworfen (da er zu bedeutend war), daher wurden Fußgänger, die tagsüber unterwegs waren, befragt. Die SC-Alternativen wurden in der Befragung in Form von Bildpaaren angeboten, auf denen jeweils einige objektbezogene Attribute verändert wurden. Die Testpersonen mussten dann entscheiden, in welcher der auf den Bildern dargestellten Situationen sie sich sicherer als in anderen Situationen fühlen würden.

Mit Bezug auf die *natürliche soziale Kontrolle* wurden Gebäude mit oder ohne Fenster gezeigt, Straßen mit oder ohne weitere Fußgänger und Straßenecken mit oder ohne Kiosk beziehungsweise mit oder ohne öffentliche Verkehrsmittel. Zur *Einsehbarkeit* wurden zwei

Abbildung 2

#### Fallstudie 4: Beispiele für Bilder und Auswahlsituationen



Variablen präsentiert: Art der Straße (lang und gerade oder kurz und auf eine T-Kreuzung zulaufend) und das (Nicht-)Vorhandensein von Zäunen beziehungsweise Mauern.<sup>3</sup>

Außerdem wurde gemäß den unterschiedlichen Gegebenheiten in der Praxis eine Variable *Zustand* eingeführt, die für das allgemeine Erscheinungsbild von Straßen und Gehwegen stand. Beispiele für Variationen dieser Variablen zeigen die beiden Auswahlsituationen in Abbildung 2.

Abschließend wurde die Variable *zusätzliche Miete* hinzugefügt, die als Differenz der Monatsmiete für die von der Testperson bewohnte Sozialwohnung definiert wurde. Mit der Zahlung der zusätzlichen Miete konnte die Testperson sicherstellen, dass ihre Wohnung sich an dem Ort befand, an dem sie den täglichen Fußweg von und zu ihrer Wohnung als am sichersten beurteilte.

<sup>3</sup> In einer früheren Studie wurde untersucht, ob die Art der Abtrennung (also Betonmauer, Zaun mit Bewuchs oder vollständig blickdurchlässiger Zaun) für das Sicherheitsempfinden eine Rolle spielt. Dabei stellte sich heraus, dass die Wirkung der Zaunbeschaffenheit nur schwer von der Tatsache zu entkoppeln war, dass ein bewachsener Zaun ansprechender, gepflegter und dadurch weniger bedrohlich wirkt.

Abbildung 3

#### Fallstudie 4: Beispiel für den Bildaufbau



Einzelne Elemente,  
in Schichten kombiniert

#### 6.2 Entwurf und Nutzung von Bildern im SC-Experiment

Der Gebrauch von Bildern spielte eine Schlüsselrolle in unserem SC-Experiment, da sämtliche Informationen zu den Attributen des Versuchs visuell dargestellt werden mussten. Hierzu wurden digital erstellte Bilder verwendet, die auf Aufnahmen echter Straßen in den jeweiligen Wohngegenden basierten. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass die Bilder keine ungewollten Variablen, die auf unbearbeiteten Fotos erscheinen könnten, aufwiesen. Das Ergebnis waren stark vereinfachte Bilder, die eine klare Wahrnehmung eines jeden Attributs ermöglichten (Abbildung 3). Die Verwendung von Bildern hatte den Vorteil, dass die Testpersonen einer grafischen Darstellung gegenüberstanden, die ihnen bekannt vorkam und ihrer täglichen Umgebung ähnelte. Dadurch konnte die Wahrscheinlichkeit von Verständnisproblemen, wie sie bei verbalen Beschreibungen der Attribute auftreten können, verringert werden, was insbesondere in dieser Fallstudie wichtig war, da wir es mit Testpersonen mit eher niedrigem Bildungsniveau zu tun hatten.

#### 6.3 Versuchsplan

Wir verwendeten einen neuartigen gemischten Versuchsplan. Zunächst erstellten wir einen orthogonalen Versuchsplan auf der Basis der Unterschiede zwischen den „räumlichen“ Variablen, und zwar wie folgt:

##### *Natürliche soziale Kontrolle*

$\Delta NV_1$ : Unterschied zwischen einer leeren Straße, die an der Rückseite der Gebäude entlang führt (das heißt keine Fenster oder Türen), und einer leeren Straße, die an der Vorderseite und den Eingängen von Gebäuden entlang führt.

$\Delta NV_2$ : Unterschied zwischen einer Straße mit und ohne Fußgängern (als Ausdruck effektiver sozialer Kontrolle).

$\Delta NV_3$ : Unterschied zwischen einer Straße mit oder ohne Eckladen und öffentlichen Verkehrsmitteln (als Ausdruck permanenter sozialer Kontrolle); dies ähnelt den Gegebenheiten, die in den betrachteten Wohngebieten angetroffen werden.

### Zustand

Beobachtungen vor Ort legten nahe, die Unterschiede dieser Variablen in drei Stufen darzustellen (gut, mittelmäßig und schlecht), wobei sich die folgenden Differenzen ergaben:

Die Differenz  $\Delta M_1$ : stellt schlechten und mittelmäßigen Zustand gegenüber. Ein Bild zeigt eine Straße mit beschädigter Oberfläche und schmutzigem Asphalt, das andere zeigt eine saubere Straße mit intakter Oberfläche.

Die Differenz  $\Delta M_2$ : stellt schlechten und guten Zustand gegenüber. In diesem Fall gehören zum guten Zustand der Straße auch angrenzende, gut gepflegte Grünanlagen.

### Einsehbarkeit

Die objektbezogenen Variablen dieses zusammengesetzten Attributs – Art der Straße und Vorhandensein von Zäunen – wurden nur für zwei Niveaus erstellt. Dadurch lassen sie jeweils eine einzige Differenz zu:

- $\Delta S$  stellt einen kurzen Straßenabschnitt, der auf eine T-Kreuzung zuführt, einer langen geraden Straße gegenüber.
- $\Delta F$  stellt Straßen mit eingezäunten Häusern Straßen ohne eingezäunte Häuser gegenüber (siehe linkes Bild in Abbildung 2). In einer früheren Studie wurden verschiedene Zauntypen (mehr oder weniger undurchsichtig) getestet. Die Wirkungen waren jedoch irreführend, da eine hohe Undurchsichtigkeit (zum Beispiel bei Mauern) den Eindruck von einem Fußweg durch Hintergassen vermittelte, während halbdurchsichtige Zäune (etwa von Sträuchern gesäumte) gut gepflegt wirkten und so Assoziationen mit sichereren Wohngebieten weckten.

Die Kombination der beschriebenen Variablen bot 128 (8x4x4) Alternativenpaare, die als acht Blöcke, bestehend aus 16 Betrachtungen, acht Unterstichproben der Befragten vorgelegt wurden (ausgeglichen in Bezug auf Haupteffekte und Interaktionen erster Ordnung). Dieser Versuchsplan wurde optimiert durch die *zusätzliche Miete* als Kontrollvariable (Kanninen 2002). Abgesehen von ihrer Bedeutung als Attribut war dies die einzige stetige Variable und daher am einfachsten zu handhaben. Um das Design zu optimieren, wurde ein MNL-Modell mit linearem Nutzen einschließlich aller objektbezogenen Variablen und der Mietdifferenz angenommen, die zwischen 2.000 und 6.000 CLP betragen durfte (dies entsprach zum Zeitpunkt der Studie zwischen 3 und 9 US-Dollar). Mit Parametern aus einer früheren Studie und aus der Pilot- und Pretestphase wurden anschließend Wahrscheinlichkeiten für jedes Auswahlpaar geschätzt und Werte für die zusätzliche Miete zugewiesen, die diese Wahrscheinlichkeiten so nah wie möglich an 0,5 annäherten (für mehr Authentizität fügten wir die zusätzliche *Miete* in Einheiten von je 500 CLP hinzu).

Abbildung 4

## Fallstudie 4: Präsentation des Auswahlspiels

### Beschreibung des Auswahlbeispiels

Wie Sie sicher wissen, sind manche Bereiche des Wohngebiets unsicherer als andere. Ange-  
sichts dieser Tatsache möchten wir Sie bitten, über Ihr *Gefühl von (mangelnder) Sicherheit*  
nachzudenken, das Sie beim Fußweg durch die folgenden Gegenden hätten.

1. Stellen Sie sich vor, Sie laufen durch diese Straßen ....

Wo würden Sie sich sicherer fühlen? A  B  An beiden Orten gleich sicher

Nun stellen Sie sich vor, Sie und Ihre Familie wohnten *in genau dem gleichen Haus*, nur befände  
sich dieses an einem dieser beiden Orte. Der einzige Unterschied zwischen beiden Orten be-  
steht darin, dass Sie nun eine andere Straße auf dem Weg zur Arbeit, zum Einkaufen oder bei  
anderen Erledigungen entlang laufen müssen. Diese Bilder zeigen die Straße, die Sie und Ihre  
Familie jeden Tag benutzen müssten, wenn Sie Ihr Haus verlassen oder dahin zurückkehren.  
(Anzeige von Beispielbildern)

2. Wenn Ihr Haus an dem Ort stehen würde, den Sie ausgewählt haben (Anzeige des Bildes),  
läge Ihre Miete um \_\_\_\_\_ CLP höher als an dem anderen Standort.

Wo würden Sie lieber wohnen? A  B

Beachten Sie bitte, dass es *keine richtigen oder falschen Antworten gibt*. Uns interessiert nur  
Ihre Meinung. Wichtig ist, dass Sie überlegen, wie sicher die dargestellten Straßen aussehen.

Dies ermöglichte eine deutliche Senkung des mit dem Design verbundenen Design-Errors  
(Rose und Bliemer 2009).

### 6.4 Durchführung der Befragung

Wir erzielten eine Stichprobe von 80 Probanden in jedem der vier Wohngebiete (span. villas). Jeder der acht Blöcke wurde auf zehn Personen in jedem Wohngebiet angewendet. Die Befragung bestand aus zwei Teilen: Im ersten Teil wurden Angaben zur Person gesammelt (Geschlecht, Alter, Anzahl und Alter der Kinder, Bildungsniveau, Familieneinkommen und Informationen zum Sicherheitsempfinden beim Fußweg durch das Wohngebiet); der zweite Teil enthielt das Auswahlspiel. Nach dem Auswahlspiel wurden sechs weitere Fragen gestellt, um die Konsistenz der Antworten zu prüfen. Dem Auswahlspiel ging eine Beschreibung des hypothetischen Umfeldes voraus (Abbildung 4, in der Originalumfrage auf Spanisch). Anschließend wurde der Befragte aufgefordert, für jede der 16 Auswahlsituationen zwei Entscheidungen zu treffen: Zuerst sollte das Bild, das die stärkste subjektive Sicherheit vermittelte, gewählt werden und dann das Bild, das bevorzugt wurde, wenn das zuerst gewählte Bild die Zahlung einer höheren Miete mit sich brachte.

## 6.5 Modellierung

Tabelle 6 stellt die Ergebnisse der binären MNL- und ML-Modelle dar, die mit den Befragungsdaten geschätzt wurden. Außerdem wurde ein MNL-ähnliches Modell, das die einheitliche Verarbeitung der wiederholten Beobachtungen jeder Person zuließ, und ein MNL-Modell, das systematische, unterschiedliche Präferenzen erlaubte (das heißt die Wechselwirkung zwischen objektbezogenen Attributen und sozio-ökonomischen Daten, siehe Ortúzar und Willumsen 2001) geschätzt. Letzteres Modell ist insofern interessant, dass es eine bessere Analyse der Gründe ermöglicht, die zu unterschiedlichen Bewertungen mancher Attribute je nach Wohngebiet, Altersgruppe, Geschlecht und Alter der Kinder des Befragten führten.

Die Parameter der Variablen zur *Einsehbarkeit* (Art der Straße und fehlende Zäune) zeigen ein Vorzeichen, das nicht den theoretischen Erwartungen entspricht. Im letzteren Fall kann dies daran liegen, dass in den meisten Auswahlsituationen die Bilder mit den Zäunen gleichzeitig die Bilder besser gepflegter Gegenden waren. Deshalb wurde hier weniger der Eindruck vermittelt, dass der Zaun fremde Hilfe im Falle eines Raubüberfalls auf einen Passanten erschweren würde, sondern eher das Gefühl von mehr Sicherheit in dieser Gegend, da die Anwohner sich hier mehr um ihre Umgebung kümmern. Im Falle der T-Kreuzung ist zu vermuten, dass der Grund einmal mehr in einer falschen Interpretation durch die Testpersonen zu suchen wäre (aufgrund mangelnder Sorgfalt bei der Versuchsanordnung), da die Bilder der T-Kreuzung ebenfalls mit besser gepflegten Gegenden zusammenfielen.

Die übrigen Parameter weisen die erwarteten Vorzeichen auf, wobei das ML-Modell signifikant bessere Ergebnisse erzielt. Außerdem sind die Standardabweichungen in vielen Fällen sogar größer als die Mittelwertschätzungen, was eine breite Streuung der Präferenzen unter den einzelnen Befragten nahelegt.

Tabelle 6

### Modellergebnisse Fallstudie 4: Binäre MNL- und ML-Modelle

Attribute	Parameter (t-Test)		
	MNL	ML	
		Mittelwert	Standardabweichung
Art der Straße ( $\Delta S$ )	-0,111 (-3,6)	-0,173 (-2,2)	-1,126 (-12,4)
Abwesenheit von Zäunen ( $\Delta F$ )	-0,133 (-5,9)	-0,294 (-5,9)	-0,637 (-10,4)
Zustand 1 ( $\Delta M_1$ )	0,742 (22,1)	1,334 (14,9)	-1,181 (-12,4)
Zustand 2 ( $\Delta M_2$ )	1,032 (28,2)	2,086 (19,7)	-1,242 (-12,4)
Fenster ( $\Delta NV_1$ )	0,432 (10,8)	1,056 (8,6)	-1,745 (-13,7)
Andere Passanten ( $\Delta NV_2$ )	0,283 (7,1)	0,824 (8,5)	1,208 (13,0)
Kiosk und Bus ( $\Delta NV_3$ )	0,093 (2,4)	0,222 (2,9)	-0,732 (-7,5)
Zusätzliche Miete	-0,0002 (-21,9)	-0,0006 (-11,9)	-0,0009 (-18,4)
$\chi^2(0)$	-5 650,32	-3 939,35	

## 7 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden vier Fallstudien vorgestellt. Ihr Ziel bestand jeweils darin, die Bedeutung zu ermitteln, die Menschen lokalen Umweltgütern (innerstädtischen Verkehrsunfällen, Luftverschmutzung und Lärmbelastung) sowie der Verbesserung einiger objektbezogener Attribute beizumessen, die mit dem Empfinden von Unsicherheit bei Fußgängern in Wohngebieten unterer Einkommensgruppen in Zusammenhang stehen. Diese Studien zeigen, dass SC-Befragungen eine moderne Methode zur Ermittlung derartiger monetärer Werte bieten. Um allerdings Werte zu erhalten, die konsequent von Behörden in offiziellen Kosten-Nutzen-Analysen verwendet werden können, sind weitere empirische Nachweise und ein hohes Maß an externer Validierung der abgeleiteten Werte erforderlich.

Eine wichtige Schlussfolgerung aus den vier Fallstudien lautet, dass die SC-Technik ein hohes Maß an Authentizität erfordert, wenn das Experiment befriedigende und verlässliche Ergebnisse erbringen soll. Zudem dürften diese Versuche Erkenntnisse liefern, wie Menschen ihr Verhalten an gegebene Umweltbedingungen anpassen; womit sich die Wirkungen von veränderten Umweltbedingungen besser voraussagen lassen könnten.

Die vier Studien zeigen, dass SC-Experimente relativ einfach und universell angewendet werden können, und – vor allem im letzten Fall – sogar dann, wenn die Testpersonen relativ wenig Bildung sowie eine eingeschränkte Schreib- und Lesefähigkeit besitzen. Besonders warnen möchten wir jedoch vor der Übertragung von Werten aus Befragungen in anderen Ländern, wie es in vielen europäischen Ländern praktiziert wird. Diese Vorgehensweise ist nicht verlässlich, da beim Transfer von Daten zwischen zwei Ländern von kulturellen Unterschieden auszugehen ist. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit nationaler Studien.

## Literaturverzeichnis

- Ampo, E. S. und J. de D. Ortúzar (2004): On best practice in continuous large-scale mobility surveys. *Transport Reviews* 24, 337–363.
- Armstrong, P. M., R. A. Garrido und J. de D. Ortúzar (2001): Confidence intervals to bound the value of time. *Transportation Research* 37E, 143–161.
- Arsenio, E., A. Bristol und M. Wardman (2002): Values of traffic noise from a stated preference-choice experiment in Lisbon. *The 2002 International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, Dearborn, MI, USA.
- Bowen, C., J. de D. Ortúzar und L. I. Rizzi (2008): On the approximation bias to benefit measures in discrete choice models. *International Journal of Transport Economics* 35, 185–203.
- Galilea, P. und J. de D. Ortúzar (2005): Valuing noise level reductions in a residential location context. *Transportation Research* 10D, 305–322.
- Gaudry, M. J. I., S. R. Jara-Díaz und J. de D. Ortúzar (1989): Value of time sensitivity to model specification. *Transportation Research* 23B, 151–158.
- Hensher, D. A. und W. H. Greene (2003): The mixed logit model: the state of practice. *Transportation* 30, 133–176.
- Hensher, D. A., J. M. Rose, J. de D. Ortúzar und L. I. Rizzi (2009): Estimating the willingness-to-pay and value of risk reduction for car occupants in the road environment. *Transportation Research* 43A, 692–707.
- Hillier, B. (2004): Can streets be made safe? *Urban Design International* 9, 31–45.

- Hillier, B. und S. Hanson (1984): *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hojman, P., J. de D. Ortúzar und L.I. Rizzi (2005): On the joint valuation of averting fatal and severe injuries in highway accidents. *Journal of Safety Research* 36, 377–386.
- Hunt, J.D., J.D.P. McMillan und J.E. Abraham (1994): Stated preference investigation of influences on attractiveness of residential locations. *Transportation Research Record* 1466, 17–35.
- Iragüen, P. und J. de D. Ortúzar (2004): Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: an Internet-based Web page stated preference survey. *Journal of Accident Analysis and Prevention* 36, 513–524.
- Jeffery, C.R. (1971): *Crime Prevention Through Environmental Design*. Sage Publications, Beverly Hills, CA.
- Jones Lee, M. und G. Loomes (2002): Valuation of safety. In D.A. Hensher und K.J. Button (Hrsg.): *Handbook of Transport and the Environment*, Pergamon, Amsterdam.
- Kanninen, B.J. (2002): Optimal design for multinomial choice experiments. *Journal of Marketing Research* 39, 214–217.
- Louviere, J.J., D.A. Hensher und J.D. Swait (2000): *Stated Choice Methods: Analysis and Application*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Miller, T. (2000): Variations between countries in values of statistical life. *Journal of Transport Economics and Policy* 34, 169–188.
- Nasar, J.L. und K. Upton (1997): Landscapes of fear and stress. *Environment and Behaviour* 29, 291–323.
- Nash, C. (1997): Transport externalities: does monetary valuation make sense? In G. de Rus und C. Nash (Hrsg.): *Recent Developments in Transport Economics*. Ashgate Press, London.
- Ortúzar, J. de D., F.J. Martínez und F.J. Varela (2000): Stated preference in modelling accessibility. *International Planning Studies* 5, 65–85.
- Ortúzar, J. de D. und L.I. Rizzi (2007): Valuation of transport externalities by stated choice methods. In P. Coto-Millán und V. Inglada (Hrsg.): *Essays in Transport Economics*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- Ortúzar, J. de D. und G. Rodríguez (2002): Valuing reductions in environmental pollution in a residential location context. *Transportation Research* 7D, 407–427.
- Ortúzar, J. de D. und L.G. Willumsen (2001): *Modelling Transport*. 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons, Chichester.
- Pérez, P.E., F.J. Martínez und J. de D. Ortúzar (2003): Microeconomic formulation and estimation of a residential location choice model: implications for the value of time. *Journal of Regional Science* 43, 771–789.
- Rizzi, L.I. und J. de D. Ortúzar (2003): Stated preference in the valuation of interurban road safety. *Accident Analysis and Prevention* 35, 9–22.
- Rizzi, L.I. und J. de D. Ortúzar (2006): Road safety valuation under a stated choice framework. *Journal of Transport Economics and Policy* 40, 69–94.
- Rose, J.M. und M.C.J. Bliemer (2009): Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews* 29, 587–617.
- Sillano, M., M. Greene und J. de D. Ortúzar (2006): Cuantificando la percepción de inseguridad ciudadana en barrios de escasos recursos. *Eure* 32, 17–35 (auf Spanisch).
- Sillano, M. und J. de D. Ortúzar (2005): Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: some new evidence. *Environment and Planning* 37A, 525–550.
- Train, K.E. (2009): *Discrete Choice Methods with Simulation*. Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge.