

Verkehrslärm hat seinen Preis: Studie zu den Kosten von lärmbedingten Gesundheitsschäden

In der Publikation „Monetarisierung verkehrslärmbedingter Gesundheitsschäden“ vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL wird untersucht, inwieweit verkehrslärmbedingte Gesundheitsschäden in Geldeinheiten ausgedrückt werden können. Dafür wurden verfügbare Ergebnisse neuerer Monetarisierungsstudien diskutiert, insoweit diese einen Bezug zu Lärmschäden haben. Als Ergebnis wurde unter anderem ermittelt: Eine Schlafstörung während eines Jahres entspricht einem Betrag von 2'500–15'000 CHF; eine lärmbedingte Kommunikationsstörung einem Betrag von 1'500–9'000 CHF.

Weitere Informationen:

Bundesamt für Umwelt, Wald
und Landschaft BUWAL

<http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/>

Le coût des nuisances sonores Une étude met en évidence les implications financières du bruit sur la santé

Dans une récente publication consacrée aux coûts sanitaires consécutifs aux nuisances sonores dues à la circulation, l'office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, étudie dans quelle mesure les conséquences du bruit sur la santé peuvent être exprimés en termes financiers. Pour ce faire, le département s'est penché sur les résultats de diverses récentes études cherchant à « monétariser » le bruit. A titre d'exemple, ces études estiment que la perturbation du sommeil pendant une durée d'une année équivaut à un coût sanitaire de CHF 2500 à 15000; la perturbation de la communication, du fait de nuisances sonores, équivaldrait, elle, à un coût de CHF 1500 à 9000.

Pour plus d'informations:

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/fr/fachgebiete/fg_laerm/news/index.html

22.06.2004

Unterstützt von:



Mobilservice
c/o Büro für Mobilität AG
Hirschengraben 2
3011 Bern
Fon/Fax 031 311 93 63 / 67

Redaktion: Julian Baker
redaktion@mobilservice.ch
Geschäftsstelle: Martina Dvoracek
info@mobilservice.ch
<http://www.mobilservice.ch>



UMWELT-MATERIALIEN
NR. 166

Lärm

Monetarisierung
verkehrslärmbedingter
Gesundheitsschäden



BUWAL Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft

UMWELT-MATERIALIEN
NR. 166

Lärm

Monetarisierung
verkehrslärmbedingter
Gesundheitsschäden

Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2003

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
(BUWAL)

*Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
(UVEK)*

Autoren

Ruedi Müller-Wenk, IWÖ, Universität St. Gallen
Patrick Hofstetter, Büro für Analyse & Ökologie,
Zürich

Zitierung

MÜLLER-WENK, R., HOFSTETTER, P. 2003: *Monetarisierung verkehrslärmbedingter Gesundheitsschäden*. Umwelt-Materialien Nr. 166. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 93 S.

Begleitung BUWAL

Hans Bögli, Abteilung Lärmbekämpfung

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, Uerkheim

Titelfoto

© BUWAL/Docuphot

Bezug PDF

<http://www.buwalshop.ch>

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UM-166-D

© BUWAL 2003

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	4.1.4	Wohlfahrtsmaximierung und DALYs	40	
Zusammenfassung	7	4.2	Die Altersabhängigkeit des Werts verlorener Lebensjahre	41	
1 Fragestellung und Ziele der Studie	11	4.3	Zeitdiskontierung	44	
2 Monetarisieren – zu welchem Zweck?	12	4.4	Erlangen von Gesundheits-Zuwachs oder Dulden von Gesundheits-Rückgang	45	
2.1	Quantifizierung der Gesundheitsschäden in verschiedenen Einheiten und die entsprechenden Analyseinstrumente	12	4.5	Ethische Aspekte von contingent valuation CV als Methode für Bewertung von Umweltgütern oder von Gesundheit	47
2.2	Verschiedene Entscheidungssituationen in der Lärmbekämpfungs-Praxis und die Wahl der Analysemethode	14	4.6	Weitere Aspekte des Nutzentransfers	49
2.3	Tendenzen in Amerika, insbesondere im Gesundheitswesen	16	5 Vorschlag für Monetarisierung von strassenlärmbedingter Schlaf- und Kommunikationsstörung für die Schweiz	52	
2.4	Wann ist welche Art der Quantifizierung vorteilhaft?	17	5.1	Berechnung via Lärmabhängigkeit des Mietzinses	52
3 Monetarisierung von Gesundheits-Schäden: Methoden, Komponenten, bisherige Studien	20	5.2	Berechnung via Transfer aus Mone- tarisierungsstudien für Krankheiten nach Methoden von stated preference	57	
3.1	Komponenten des externen Schadens aus nicht-vermiedenem Lärm des Strassenverkehrs	20	5.2.1	Die Metastudie von Pearce	58
3.2	Wirkungsketten bei Umweltschäden und Ansatzpunkte für Monetarisierung von Umweltschäden	25	5.2.2	Untersuchungen von Viscusi über chronische Bronchitis	59
3.3	Typologie und Begriffsklärung für Mone- tarisierungsmethoden	28	5.2.3	Neuere schweizerische Mone- tarisierungsstudien chronischer Krankheiten	61
3.4	Verfügbare Ergebnisse von Mone- tarisierungsstudien	29	5.3	Berechnung via Grenzwerte aus der Medizin	67
3.4.1	Mögliche Zugänge zur Problemlösung im Überblick	29	5.4	Berechnung via Value of Statistical Life	70
3.4.2	Lärmbedingte Minderung von Mieten und Preisen für Wohneinheiten	30	5.5	Berechnung via tatsächlich bezahlte Kosten von kosmetischen Eingriffen	75
3.4.3	Geld-Äquivalent für das Nichteintreten der einzelnen Fälle von strassenlärm- bedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen	34	5.6	Berechnung via tatsächlich bezahlte Kosten für medizinische Therapien	79
4 Methodische, ethische und praktische Grundfragen bei der Monetarisierung von verkehrslärm-bedingten Gesundheitsschäden	36	5.6.1	Impfung zur Grippe-Prävention	80	
4.1	Unterschiede zwischen Gesundheitsskalen und monetärer Gesundheitsbewertung	36	5.6.2	Therapie gegen Obstruktives Schlaf- Apnoe-Syndrom (OSAS)	81
4.1.1	Health-Adjusted Life Years (HALYs)	36	5.7	Beste Abschätzung aus den präsentierten Berechnungen	83
4.1.2	Monetarisierung durch Willingness to Pay (WTP)	38	6 Strassenlärmbedingte Gesundheitsschäden pro Fahrzeugkilometer in monetarisierter Form	87	
4.1.3	Unterschiede zwischen HALYs und WTP	38	7 Weiteres Vorgehen	90	
			8 Literatur	92	

Abstracts

E

In an earlier study, the adverse effects on health from noise arising in specific road transport traffic situations were determined. The present study examines whether, and to what extent, these effects can be expressed in monetary terms using data from existing monetisation studies.

The conclusions drawn in recent monetisation studies, in which the noise dependency of apartment rents and the monetary equivalents of avoidance of specified diseases were determined, are discussed. Data from these are used to estimate the costs of sleep disturbance and interference with communication arising from noise. The same quantities are also derived in other ways, i.e. from the marginal costs for hospital treatment, from monetary data for the value of a statistical life, and from the readiness of patients to bear the costs of therapeutic treatment. Results: the monetary equivalent of sleep disturbance over one year amounts to 2500–15'000 CHF, and that of interference with communication to 1500–9000 CHF. These values are compared with data from the National Research Programme, NFP 41.

Keywords:

noise,
monetisation,
health

D

In einer vorausgegangenen Studie wurden die dem Lärm eines einzelnen Strassen-transportvorgangs zuzuordnenden Gesundheitsstörungen ermittelt. Hier wird nun untersucht, inwieweit verfügbare Ergebnisse von Monetarisierungsstudien dazu verwendet werden können, die ermittelten Gesundheitsschäden zusätzlich auch noch in Geldeinheiten auszudrücken.

Die publizierten Ergebnisse neuerer Monetarisierungsstudien werden diskutiert, insoweit diese einen Bezug zu Lärmschäden haben. Es handelt sich hierbei um Studien über die Lärmabhängigkeit des Mietzinses, sowie um Studien, die Geldäquivalente für die Vermeidung bestimmter Krankheiten ermitteln. Daraus werden Schätzwerte für lärmbedingte Schlafstörung und Kommunikationsstörung entwickelt, wobei zusätzliche Schätzungen aus Kostengrenzwerten für Spitalbehandlung, Geldwerten für ein statistisches Leben und aus beobachteten Zahlungsbereitschaften für Therapien gewonnen werden. Ergebnis: Schlafstörung während eines Jahres entspricht einem Betrag von 2500–15'000 CHF, Kommunikationsstörung einem Betrag von 1500–9000 CHF. Es folgt ein Vergleich dieser Werte mit den Ergebnissen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 41.

Stichwörter:

Lärm,
Monetarisierung,
Gesundheit

F Une précédente étude évaluait les troubles de la santé provoqués par le trafic routier. La présente publication examine dans quelle mesure les résultats des études de monétarisation peuvent être utilisés pour attribuer des valeurs monétaires à ces troubles de la santé.

Les résultats des études de monétarisation les plus récentes sont pris en compte dans la mesure où ces études ont un rapport avec les atteintes dues au bruit: études sur le lien entre bruit et loyers et études définissant les coûts de la prévention de certaines maladies. Ces études sont utilisées pour définir le coût approximatif des troubles du sommeil et de la communication dus au bruit. Des estimations complémentaires ont été développées en analysant les valeurs limites des frais de traitement hospitalier, les valeurs monétaires d'une vie statistique et les sommes que les personnes concernées sont prêtes à payer pour des thérapies. Conclusion: une année de troubles du sommeil correspond à une somme de 2500 à 15'000 francs, un an de troubles de la communication à un montant de 1500 à 9000 francs. Ces valeurs sont ensuite comparées avec les résultats du Programme national de recherche PNR 41.

Mots-clés:
Bruit,
monétarisation,
santé

I In una ricerca precedente sono stati esaminati i disturbi alla salute causati dal rumore stradale provocato dal passaggio di un singolo veicolo di trasporto. Il presente studio esamina invece in che misura i risultati degli studi di monetarizzazione possono essere utilizzati per quantificare in termini monetari i danni alla salute accertati.

I risultati emersi da recenti studi di monetarizzazione vengono considerati nella misura in cui hanno un rapporto con i danni causati dall'inquinamento fonico. Si tratta di studi che esaminano il rapporto fra canone d'affitto e rumore, come pure di studi volti a stabilire l'equivalente in denaro necessario per prevenire determinate malattie. Questi studi consentono di stimare i costi causati dai disturbi del sonno e della comunicazione. Queste estimazioni sono complementate con i valori limite dei costi del trattamento ospedaliero, con i valori monetari relativi alla vita statistica e con i costi che le persone interessate sono disposte ad assumersi per le terapie. Conclusione: i costi di un anno di disturbi del sonno ammontano a 2500–15'000 franchi, mentre un anno di disturbi della comunicazione equivale a una somma di 1500–9000 franchi. I valori summenzionati vengono in seguito confrontati con i risultati scaturiti dal Programma nazionale di ricerca PNR 41.

Parole chiave:
Rumore,
monetarizzazione,
salute

Zusammenfassung

Strassenverkehrslärm macht krank

Die Schallemissionen des Strassenverkehrs können an der Aussenseite von strassennahen Gebäuden Schallpegel erzeugen, die bei der vorherrschenden Bauweise der Gebäude für deren Bewohner nicht nur lästig sind, sondern nach heutigem Erkenntnisstand zu Gesundheitsstörungen führen. Am häufigsten kommen Schlafstörungen vor, sowie Kommunikationsstörungen während des Tages, welche in ihrer Auswirkung einer Schädigung der Hörorgane gleichgesetzt werden können. Ausserdem werden in der Literatur als Langfristfolgen Herzstörungen und psychische Krankheiten genannt. In ganz Europa leben erhebliche Teile der Bevölkerung in Gebäuden, die vom Strassenverkehr mit Dauerschallpegeln von weit über 55 Dezibel tagsüber und 45 Dezibel nachts beschallt werden, was dazu führt, dass Strassenverkehrslärm die Volksgesundheit erheblich schädigt.

Gesundheitsschäden in Zahlen darstellen

Der Gesundheitszustand einer Bevölkerung kann statistisch ausgedrückt werden in der Anzahl Erkrankungen und Todesfälle pro Jahr. Ein kompakteres Bild ergibt sich, wenn die durch vorzeitigen Tod verlorenen Lebensjahre summiert werden. Da aber auch die gelebten Lebensjahre durch Krankheit und Invalidität beeinträchtigt sein können, hat es sich für die Gesundheitsmetrik als sinnvoll erwiesen, Krankheitszustände mit geeigneten Methoden zu gewichten und als krankheitsgewichtete Lebensjahre auszuweisen. Auf diesem Weg stellt die Weltgesundheitsorganisation WHO in ihren Länderstatistiken die Gesundheitsbeeinträchtigung eines Landes in DALY-Einheiten (Disability Adjusted Life Years) dar, also in Menschenjahren, die durch vorzeitigen Tod ganz oder durch Krankheit partiell verloren gingen. In solchen DALY-Einheiten ist auch der Gesundheitsschaden ermittelt worden, der in der Schweiz durch zusätzlich gefahrene 1000 Lastwagen-Kilometer oder PW-Kilometer bewirkt wird (MÜLLER-WENK 2002).

Gesundheitsschäden werden häufig auch in Geldeinheiten ausgedrückt. Geldäquivalente für immaterielle Werte wie Absenz von Krankheit und vorzeitigem Tod werden mithilfe von Monetarisierungsmethoden eruiert, die ihren Ursprung vor allem in den USA hatten und nachher weitere Verbreitung gefunden haben. Monetarisierungsmethoden suchen aus tatsächlich durchgeführten Markttransaktionen (Liegenschaftenkäufe, Mietverträge, Arbeitsverträge ...) den Preisbildungsbeitrag einzelner Komponenten wie Lärm oder Lebensgefährdung zu isolieren (revealed preference methods). Oder sie basieren auf Befragungen von Bevölkerungstichproben, wie viel Geld ihnen ein bestimmtes Gut (eine Impfung zur Vermeidung von AIDS ...) wert wäre (stated preference methods), falls man es kaufen könnte.

Entscheide über Lärmbekämpfung aufgrund von DALY oder CHF?

In Kapitel 2 wird gezeigt, dass als Entscheidungsgrundlage für Massnahmen der Lärmbekämpfung beide Formen der Messung von Gesundheitsschäden ihren Platz haben: Will man einen budgetierten Betrag für Lärmsanierungsmassnahmen opti-

mal ausgeben, so wird man Massnahmen auswählen, welche die Anzahl der gewonnenen DALY-Einheiten möglichst hoch werden lassen. Will man eine Schwerkverkehrsabgabe begründen, ist demgegenüber eine Ermittlung des Gesundheitsschadens in Geldeinheiten zweckmässig. Angesichts dieser Verhältnisse ist der Wunsch verständlich, eine Brücke zu schlagen zwischen DALY und Geldeinheiten, das heisst, einen in DALY ausgedrückten Gesundheitsschaden auch in Geldeinheiten darstellen zu können, und umgekehrt.

In Kapitel 4 wird gezeigt, dass es infolge struktureller Verschiedenheiten keinen allgemein gültigen Umrechnungsfaktor für diese Konversion gibt. Trotzdem erscheint eine solche Umrechnung in beschränkten Bereichen möglich. Dementsprechend wird in Kapitel 5 aufgrund verschiedener Ansätze ein konkreter Vorschlag zur Umrechnung von einem Jahr Schlafstörung (=0.055 DALY) respektive Kommunikationsstörung (=0.033 DALY) in CHF-Geldeinheiten vorgelegt.

Verfügbare Ergebnisse von Monetarisierungsstudien

Monetarisierungsstudien sind aufwendig und daher im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht ausführbar, sodass in Kapitel 3 untersucht wird, inwieweit neuere und für Schweizer Verhältnisse anwendbare Monetarisierungsstudien schon vorhanden sind, mit deren Hilfe strassenlärmbedingte Gesundheitsschäden in Geld ausgedrückt werden könnten. «Neu» und «schweizerisch» sind insofern wichtige Kriterien, als die Erkenntnisse über Nutzentransfer zeigen, dass eine Übertragung von Monetarisierungsergebnissen aus vergangener Zeit und aus entfernten Ländern nicht ohne weiteres zulässig ist. Weiter ist für die Beurteilung von Monetarisierungsergebnissen für Gesundheitsschäden zunächst eine Klärung erforderlich, was diese Schäden beinhalten, respektive beinhalten sollen. Neben einem krankheitsbedingt sinkenden intrinsischen Wert von Gesundheit «an sich» gibt es auch andere Schadenskomponenten, wie Kosten der medizinischen Behandlung und der Krankenbetreuung, Kosten der wegfallenden Arbeitsleistung, oder Wertverlust von Gebäuden wegen befürchteter oder vorhandener lärmbedingter Beeinträchtigung der Bewohner. Von Interesse ist in dieser Arbeit vor allem der intrinsische Wert von Gesundheit «an sich», weil es sich hier um die gewichtigste Schadenskomponente handelt, und weil die Zumessung eines Geldbetrages hier eine besonders anspruchsvolle Aufgabe ist.

Es konnte keine Monetarisierungsstudie gefunden werden, welche direkt den Geldwert einer Vermeidung von strassenlärmbedingter Schlaf- oder Kommunikationsstörung liefert. Hingegen werden in Kapitel 3 einige neuere Monetarisierungsstudien diskutiert, welche die Veränderung von Preisen oder Mieten von Wohneinheiten pro 1 Dezibel des Mittelungspegels angeben. Diese Preisveränderung liegt im Bereich von etwa 1% pro Dezibel. Nimmt man vereinfachend an, diese Preisveränderung sei in erster Linie auf die nächtlichen Schlafstörungen und die tagzeitlichen Kommunikationsstörungen der Bewohner zurückzuführen, so kann man unter Benutzung von Informationen über Belegungsdichte und Dosis-Wirkungs-Charakteristiken die Geldäquivalente für die betrachteten Gesundheitsstörungen ableiten, was dann in Kapitel 5.1 auch ausgeführt wird. Neben den Mietzinsstudien

gibt es auch viele Monetarisierungsstudien über Krankheiten aller Art. Von besonderem Interesse ist dabei die in Kapitel 3 behandelte neuere schweizerische Monetarisierungsstudie über tabak-bedingte Krankheiten, darunter insbesondere der Herzinfarkt. Denn bei Herzinfarkt kann neben der häufigen Verursachung durch Tabakrauchen in seltenen Fällen auch eine Dauerbelastung durch Strassenverkehrslärm als Ursache in Betracht fallen. Unter gewissen Einschränkungen ist es zulässig, einem bestimmten Typus von Herzinfarkt unabhängig von der auslösenden Ursache den gleichen Geldwert beizumessen, weshalb die Monetarisierungsstudie über Tabak die Möglichkeit zur Bestimmung des Geldäquivalents für verkehrslärmbedingte Herzinfarkte erwarten lässt. Diese Möglichkeit wird dann allerdings in Abschnitt 4.2 gestützt auf die dort dargestellten Gründe nicht weiter verfolgt.

Bestimmung des Geldäquivalents für Schlaf- und Kommunikationsstörung

Weil die vorhandenen Monetarisierungsstudien über Mietzinse und Krankheitsfälle nur eine schmale Abstützung für die Ermittlung des Geldäquivalents von Schlaf- und Kommunikationsstörung ergeben, werden in Kapitel 5 noch weitere Zugangswege zur Ermittlung der gesuchten Information besprochen.

Es gibt in der medizinischen Praxis gewisse finanzielle Grenzwerte für den medizinischen Aufwand, der für eine bestimmte zu erwartende Verbesserung des Gesundheitszustandes eines Patienten als gerade noch gesellschaftlich akzeptabel betrachtet wird. Explizit sind solche medizinischen Grenzwerte im anglo-amerikanischen Raum zu vernehmen, während die Ärzte in der Schweiz offenbar entsprechende Entscheidungen ohne jegliche Stützung durch gesellschaftlichen Konsens allein treffen müssen. In Kapitel 5 wird im Sinne eines Versuches ermittelt, welche Geldäquivalente für Schlaf- und Kommunikationsstörung aus einer Übernahme von medizinischen Grenzwerten aus den USA abgeleitet werden könnten. Zusätzlich wird auch der durch eine Grosszahl von Monetarisierungsstudien ermittelte Geldwert eines statistischen Lebens (VSL) respektive eines Lebensjahrs (VOLY) als Grundlage für eine Ableitung der gesuchten Geldäquivalente verwendet. Angesichts der erkannten Unzulänglichkeiten der in der Praxis vorwiegend benutzten Monetarisierungsmethoden «hedonic pricing», «contingent valuation» und «wage risk» wird in Kapitel 5 ausserdem noch der Weg verfolgt, tatsächlich bezahlte Preise für Gesundheitsverbesserungen oder die Vermeidung von Gesundheitsverschlechterungen zu suchen, die sich für die Ableitung der gesuchten Geldäquivalente eignen könnten. Von Interesse sind hier vor allem Behandlungen, die nicht von den Krankenkassen, sondern von den Betroffenen selbst bezahlt werden. Hierzu gehören medizinische Eingriffe kosmetischer Art sowie präventive Impfungen; aus den bezahlten Preisen für solche medizinische Behandlungen kann abgeleitet werden, wieviel den Betroffenen eine Verbesserung ihrer Gesundheitssituation (Neutralisierung einer auffallend hässlichen äusseren Erscheinung ist nach WHO eine Gesundheitsverbesserung) im Minimum wert war.

Das zahlenmässige Ergebnis

Das zahlenmässige Ergebnis aus den verschiedenen in Kapitel 5 behandelten Zugangswegen zur Problemlösung ist, dass für den Wegfall der strassenlärmbedingten Schlafstörung einer Person während eines Jahres ein Geldäquivalent von 2500 bis 15'000 CHF (Teuerungsstand Jahr 2000) eingesetzt werden kann. Für den Wegfall der Kommunikationsstörung beträgt das entsprechende Geldäquivalent 1500 bis 9000 CHF. Die unteren Werte ergeben sich aus den Mietzinsstudien, während die oberen Werte aus den Monetarisierungsstudien für den Wert eines Lebens VSL und den Zahlungen für kosmetische Eingriffe abgeleitet sind. Die Spanne zwischen unterer und oberer Schätzung dieser Werte ist darum so weit, weil aus den in Kapitel 5 untersuchten Lösungsansätzen deren vier (Mietzins, kosmetische Eingriffe, Wert eines Lebens VSL, medizinische Grenzwerte) als relativ geeignet beurteilt wurden. Diese Ansätze ergaben aber unterschiedliche Geldäquivalente, und eine Bevorzugung eines einzigen Lösungsansatzes erschien als nicht vertretbar, weil jeder der ausgewählten Lösungsansätze Schwachstellen aufweist, deren zahlenmässige Bedeutung nicht gegeneinander abgewogen werden konnte.

Und was gibt das für Lärmkosten pro Fahrzeugkilometer?

Die ermittelten Geldäquivalente für die strassenlärmbedingten Gesundheitsstörungen werden in Kapitel 6 umgerechnet in Lärmkosten pro LKW-Kilometer oder PW-Kilometer. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Anteiligkeit von Tag-Fahrten und Nacht-Fahrten ergibt sich aus den unteren Schätzwerten ein Lärmschaden von 1.44 Rappen pro PW-Kilometer und 10.3 Rappen pro LKW-Kilometer. Diese Werte liegen sehr nahe an den ebenfalls aus Mietzins-Studien ermittelten Lärmkosten pro Fahrzeugkilometer im Nationalen Forschungsprogramm «Verkehr und Umwelt» (NFP 41). Man kann das als eine gewisse Bestätigung der Richtigkeit beider Ergebnisse interpretieren. Allerdings ist nicht zu verkennen, dass die vorgeannten Lärmschäden pro Fahrzeugkilometer bis auf das Sechsfache ansteigen könnten, falls man die breit abgestützten Ergebnisse der Monetarisierungsstudien über den Wert eines statistischen Lebens VSL als Grundlage für die Zumessung von Geldäquivalenten auf die strassenlärmbedingten Schlaf- und Kommunikationsstörungen der Wohnbevölkerung der Schweiz nähme. Weitere Untersuchungen in dieser wichtigen Frage sind daher am Platz; ein Vorschlag hierzu wird im abschliessenden Kapitel 7 umrissen.

1 Fragestellung und Ziele der Studie

Lärm als Umweltproblem besteht aus gegenwärtiger Sicht vor allem darin, dass die Schallemissionen aus dem Betrieb von Transportsystemen das Wohlbefinden von Menschen beeinträchtigen. Der Wirkungszusammenhang zwischen den Schallemissionen eines einzelnen Strassentransports und den auf diese Emissionen zurechenbaren Schäden an der menschlichen Gesundheit ist vor kurzem quantitativ dargestellt worden (MÜLLER-WENK 2002). Dabei wurde die Grösse des bewirkten Gesundheits-Schadens in Einheiten des Gesundheitszustands (DALY, Disability Adjusted Life Years) ausgedrückt, wie sie von der WHO (World Health Organization) für die Messung der Gesundheit von Bevölkerungen laufend verwendet werden (WHO 2002, Annex Table 3).

Vielfach wird indessen die Grösse von Gesundheitsschäden auch in Geldeinheiten ausgedrückt, so z.B. für den Fall der verkehrsbedingten Gesundheitskosten der Schweiz (BUNDESAMT FÜR STATISTIK 2002: 67). Es stellt sich daher die Frage nach einer Umrechnung zwischen Einheiten des Gesundheitszustands und Geldeinheiten. Damit verbunden ist zwangsläufig die Frage nach der relativen Eignung dieser unterschiedlichen Masseinheiten für die quantitative Bestimmung von Qualitätszuständen und deren Veränderungen im Umweltbereich, im speziellen der Humangesundheit. Ziel der vorliegenden Studie ist, Antworten zu diesen Fragen zu geben.

2 Monetarisieren – zu welchem Zweck?

Ausserhalb der in Märkten gehandelten Wirtschaftsgüter (wie Brot, Versicherungsverträge, Aktien), deren Wert üblicherweise in Geldeinheiten ausgedrückt wird, gibt es in der menschlichen Gesellschaft vieles, dem ein positiver Wert beigemessen wird, wie Gerechtigkeit, Zuneigung, Glaube, natürliche Vielfalt, kulturelles Erbe, Wohlbefinden. Die Werte der zweitgenannten Gruppe lassen sich nicht in angemessener Weise durch Geldeinheiten ausdrücken, es sei denn, man vertrete ein Weltbild, bei dem das wirtschaftliche System eine Art Über-System bildet, dem alle anderen Ausprägungen des menschlichen Lebens und Zusammenlebens untergeordnet sind. Die Autoren dieser Studie distanzieren sich von diesem Weltbild, innerhalb dessen die Darstellung irgendwelcher Werte in Form von Geldeinheiten (Monetarisierung) eine Selbstverständlichkeit ist, die keiner besonderen Rechtfertigung bedarf. Sie haben daher auch Verständnis für Personen, die die Mitwirkung in Monetarisierungsstudien zu verweigern pflegen, mit Argumenten wie «der Wert der Gesundheit lässt sich nicht in Geld bemessen» oder «es gibt Dinge im Leben, die nicht in Geld ausgedrückt werden können».

Es gibt indessen Fälle, wo es begründbar ist, mit Verfahren der Monetarisierung Geld-Äquivalente zu suchen für Werte, die an sich ausserhalb des wirtschaftlichen Bereichs liegen. Insbesondere gilt dies auch für die hier zu behandelnden umweltbedingten Gesundheitsschäden. Es soll in diesem Kapitel daher die Frage behandelt werden, wie Informationen über Gesundheitsschäden in die Entscheidungsgrundlagen für Fragen des öffentlichen Interesses einfließen können, und wann solche Informationen monetarisiert werden sollen.

2.1 Quantifizierung der Gesundheitsschäden in verschiedenen Einheiten und die entsprechenden Analyseinstrumente

Während die Darstellung des wirtschaftlichen Aufwandes für Massnahmen des Lärmschutzes natürlicherweise in monetären Einheiten erfolgt, stehen für die Quantifizierung von lärmabhängigen Gesundheitsschäden grundsätzlich drei Alternativen zur Verfügung:

- E** Die messbaren Effekte oder Symptome werden direkt angegeben. Dies sind z.B. die Anzahl vorzeitiger Todesfälle, oder wie hier im Falle von lärmbedingten Gesundheitseffekten die Anzahl Fälle von Herzinfarkten, Schlafstörungen oder Kommunikationsbehinderungen.
- U** Die verschiedenen Gesundheitsstörungen werden auf einer Gesundheitsskala gemessen, die direkt proportional zum Nutzen (Utility) des Gesundheitszustandes graduiert ist. Es gibt eine ganze Reihe von Vorschlägen für solche Skalen, darunter etwa die quality adjusted life years (QALYs) oder die in dieser Studie verwendeten «disability adjusted life years» (DALYs). Solche Skalen ermöglichen es, vorzeitige Todesfälle und verschieden schwere Krankheitsfälle durch Gewichtungsfaktoren addierbar zu machen (siehe Kapitel 4.1 für eine detailliertere Diskussion). Wichtig ist schon an dieser Stelle der Hinweis, dass der Begriff «Nutzen» hier die Werthaltigkeit im weitesten Sinne eines materiellen oder immateriellen Guts meint und keinesfalls auf die wirtschaftliche «Nützlichkeit» dieses Guts eingeschränkt ist. Im speziellen haben Masseinheiten wie DALY

oder QALY zunächst einmal gar nichts zu tun mit dem wirtschaftlichen Wert des Menschen als Produktionsfaktor; sie beziehen sich vielmehr auf den «intrinsischen» Wert menschlicher Gesundheit.

- B** Statt eine Nutzenskala zu wählen, die spezifisch auf den Bereich der Gesundheit ausgerichtet ist, kann der Nutzen (**Benefit**) monetarisiert werden, also in Geldeinheiten quantifiziert werden. Der vorgenannte Hinweis zum Begriff des Nutzens gilt auch hier. Gerade wenn die Werthaltigkeit eines Guts auf die Ebene der Geldeinheiten projiziert wird, ist besonders darauf zu achten, dass Nutzen nicht zur Nützlichkeit einschrumpft.

Entsprechend diesen verschiedenen Messeinheiten werden drei verschiedene in der Praxis verbreitete Analyseinstrumente für die Beurteilung der Eignung von Massnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsschäden unterschieden:

Cost-Effectiveness Analysis (CEA)

Die Kosteneffizienzanalyse liefert als Kennzahl für die Effizienz einer Vermeidungsmassnahme das Verhältnis der Vermeidungskosten zum Total der hierdurch verhinderten Fälle einer bestimmten Gesundheitsbeeinträchtigung, z.B. die Betriebskosten von Russfiltern pro vermiedene Fälle von Lungenkrebs. Kann man eine angestrebte Senkung der Anzahl Fälle einer bestimmten Gesundheitsbeeinträchtigung mit verschiedenen Massnahmen erreichen, so zeigt CEA unter diesen die wirtschaftlichste Variante an. Bewirken indessen konkurrierende Vermeidungs-Investitionen gleichzeitig die Senkung mehrerer Arten von Gesundheitsbeeinträchtigungen, so liefert CEA im allgemeinen keine schlüssige Aussage. Da dieser Fall oft auftritt, wird CEA vor allem eingesetzt, wenn eine einzelne Art oder Klasse von vermiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen alle anderen klar dominiert. So werden mit CEA oft Kosten pro verhindertem Todesfall ausgewiesen.

Cost-Utility Analysis (CUA)

Diese Variante der Kosten-Nutzen-Analyse liefert als Effizienz-Kennzahl einer Vermeidungsmassnahme das Verhältnis der Vermeidungskosten zum Total aller hierdurch vermiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen, ausgedrückt in Einheiten wie DALY. Da hier unterschiedliche Arten von Gesundheitsschäden addierbar gemacht werden können, eignet sich CUA auch für die Beurteilung von Massnahmen, die in unterschiedlichem Ausmass mehrere Arten von Gesundheitsschäden vermeiden, z.B. ein Programm von Lärmsanierungsmassnahmen, das einen Rückgang von Schlafstörungen und Herzinfarkten in Aussicht stellt. Sowohl CUA als auch CEA ermitteln Kennzahlen, bei denen ein finanzieller Aufwand durch eine nicht in Geld ausgedrückte Wirkung dividiert wird. Diese Instrumente machen damit keine Aussage, ob die von ihnen als wirksamste ermittelte Massnahme zusätzlich auch «rentabel» sei.

Cost-Benefit Analysis (CBA)¹

Diese Kosten-Nutzen-Analyse oder Kosten-Ertrags-Analyse setzt den wirtschaftlichen Aufwand für eine Vermeidungsmassnahme in einen Bezug zu den in Geldeinheiten quantifizierten Wirkungen. Die durch CBA bereitgestellte Information ermöglicht es, beim Vorliegen von Alternativen, Massnahmen auszuwählen nach

¹ Diese wird auch oft Benefit-Cost Analysis (BCA) genannt.

Massgabe eines Rentabilitätskriteriums. So kann CBA diejenige Massnahme (bzw. Massnahmen-Kombination) ermitteln, welche den grössten Überschuss der in Geld ausgedrückten positiven Wirkungen über die Kosten der entsprechenden Massnahme zu erzielen verspricht. Oder es kann diejenige Massnahme ermittelt werden, deren Verhältnis Kosten/Ertrag am tiefsten ist. Im Gegensatz zu CUA und CEA ist die Kosten-Nutzen-Analyse auch dann einsetzbar, wenn man Massnahmen nicht allein nach Massgabe von Gesundheits-Verbesserungen beurteilen will, sondern auch unter Miteinbezug irgendwelcher anderer in Geldeinheiten ausgedrückter Zustandsveränderungen. Z.B. könnte im Prinzip mit CBA der Aufwand für die Reduktion von Abwasserverschmutzung in Bezug gesetzt werden zum Geld-Äquivalent von verbesserter Volksgesundheit plus erhöhter Biodiversität. Diese breitere Anwendbarkeit von CBA hat allerdings ihren Preis, wie in Kapitel 2.4 dargelegt wird.

2.2 Verschiedene Entscheidungssituationen in der Lärmbekämpfungs-Praxis und die Wahl der Analysemethode

Wir gehen hier von der Annahme aus, dass eine Entscheidungssituation in der Lärmbekämpfungs-Praxis eine Auswahl aus möglichen Lösungsalternativen verlangt, die sich durch die Höhe der Gesundheitsschäden oder -nutzen, die nötigen finanziellen Aufwendungen und möglicherweise auch durch weitere Attribute unterscheiden. Die Wahl der Analysemethode hängt dann vom jeweiligen Problem ab; als Folge der gewählten Analysemethode ergibt sich, in welchen Einheiten die Gesundheitsschäden ausgedrückt werden müssen.

Für strassenlärmbedingte Gesundheitsschäden listen wir nachfolgend fünf typische Entscheidungssituationen auf. Dies sind Beispiele zur Illustration, wie spezifische Entscheidungssituationen unterschiedliche Analysemethoden verlangen und hiermit auch die Einheiten der Schaden-/Nutzenerfassung bestimmen:

Kostengünstigste Lärmreduktion bis hinunter auf den Immissionsgrenzwert für alle durch Strassenlärm gestörten Einwohner

Es gibt ein politisches Ziel, innerhalb einer vorgegebenen Frist die Lärmbelastung für alle Einwohner der Schweiz unter den Immissionsgrenzwert zu senken. Soll hierfür das kostengünstigste Massnahmenpaket gefunden werden, ist dies eine typische Anwendung der CEA, weil das zu erreichende Ziel auf der physikalischen Ebene fest gegeben ist (Belastungsabbau bis zum Immissionsgrenzwert). Als Vorprüfung gilt es, jede der zum Entscheid anstehenden alternativen Massnahmen (oder Massnahmen-Pakete) daraufhin zu überprüfen, ob durch sie das Immissionsziel erreicht würde oder nicht. Hierzu muss das Reduktionspotential der einzelnen Massnahmen und der Ist-Belastungspegel bekannt sein; sowohl das Reduktionspotential als auch die Kostenhöhe einer bestimmten Einzel-Massnahme sind im allgemeinen davon abhängig, welche anderen Massnahmen im Rahmen eines Paketes

ebenfalls realisiert werden². Die Auswahl unter den zielerreichenden Massnahmen oder Massnahmen-Paketen erfolgt sodann auf Basis der geringsten Investitions- oder Betriebskosten. Da die zu erzielende Wirkung auf der physikalischen Ebene fest vorgegeben ist, brauchen die dabei vermiedenen Gesundheitsschäden nicht bestimmt zu werden, weder in Form von Fallzahlen, noch in Form von Nutzeneinheiten, noch in monetarisierter Form.

**Vergleich bezüglich
Kosten und Nutzen**

Verschiedene Lärmschutzmassnahmen wie Flüsterasphalt, Lärmschutzwände, Emissionsvorschriften für einzelne Fahrzeuge, etc. sollen bezüglich Kosten und Nutzen evaluiert werden. Diese Fragestellung lässt sich grundsätzlich mit allen drei Methoden behandeln. Falls indessen die zu prüfenden Massnahmen verschiedene Gesundheitsschäden in ungleichem Ausmass senken, ermöglicht die CEA keine eindeutige Rangierung dieser Massnahmen. Die CUA ermöglicht demgegenüber eine eindeutige Effizienzrangliste, welche die Nutzen in Form reduzierter Gesundheitsschäden den Lärmschutzkosten gegenüberstellt; allfällige Zusatznutzen ausserhalb des Gesundheitsbereichs, wie z.B. die Verwendung von Lärmschutzwänden als Ständer für Solarzellenkraftwerke, bleiben allerdings unberücksichtigt. Die CUA setzt zudem voraus, dass alle von den Lärmschutzmassnahmen beeinflussten Gesundheitsschäden auf einer Gesundheitsskala, z.B. DALYs abgebildet sind, was entsprechende Gewichtungsinformation erfordert. Die CBA erlaubt es schliesslich, neben gesundheitsbedingten Nutzen auch andersartige Nutzen zu berücksichtigen und ermöglicht daher eine Rangierung, die das breiteste Spektrum von Nutzenarten berücksichtigt. Ausserdem kann ermittelt werden, bei welchen Massnahmen die Geldbeträge der Nutzen höher sind als diejenigen der Kosten. Die Monetarisierung aller Nutzen erfordert allerdings Zusatzinformationen über die Nutzen-Bewertung in Geldeinheiten, welche oft nicht vollständig oder nur in inkonsistenter oder allzu ungenauer Form verfügbar sind. Dann wird die breitere Anwendbarkeit von CBA durch eine im Vergleich zu CUA verringerte Schlüssigkeit der Untersuchungsergebnisse erkauft.

**Aufteilung von Lärm-
schutzmassnahmen-
budget**

Es stehe ein fixer Betrag von z.B. 200 Mio. CHF pro Jahr für Lärmschutzmassnahmen bereit. Wie kann daraus der grösste Nutzen generiert werden? Falls der Hauptnutzen der Lärmschutzmassnahmen die Reduktion von Gesundheitsschäden ist, dann bietet sich die CUA an. Diese erlaubt für den Fall mehrerer verschiedener Gesundheitsschäden eine Optimierung des Massnahmenpaketes vorzunehmen. CBA wäre einsetzbar, wenn auf der Nutzenebene auch Nutzen ausserhalb des Gesundheitsbereichs berücksichtigt werden müssten.

**Lärmpolitik zur Minimie-
rung gesellschaftlicher
Gesamtkosten**

Soll eine Lärmpolitik so gestaltet werden, dass die Grenzkosten der Massnahmen gerade dem Grenznutzen der Gesundheitsschadenvermeidung entsprechen, so ist dies eine typische Anwendung der CBA. Da auch hier Marginalkosten und -nutzen einer Massnahme von den gleichzeitig realisierten anderen Massnahmen abhängen,

² Die Effizienz von Lärmschutzwänden gemessen in Fällen von Schlafstörungen ist kleiner, wenn gleichzeitig Geschwindigkeitsreduktionen durchgesetzt und Schallschutzfenster eingebaut werden, als wenn diese Zusatzmassnahmen nicht durchgeführt werden.

müssen neben den Einzelmaßnahmen (wie weiter oben erwähnt) auch die Maßnahmen-Pakete analysiert werden.

Externe Kosten der Lärmbelastung

Es sollen zur Ausgestaltung einer Schwerverkehrsabgabe (LSVA) die externen Kosten der Lärmbelastung bestimmt werden, damit diese zusammen mit anderen externen Kosten internalisiert werden können. Die Schäden müssen hier auf jeden Fall monetär ausgedrückt werden. Als Analyseverfahren drängt sich hier die CBA auf. Da lediglich die externen Kosten berücksichtigt werden sollen, muss für jeden Fall abgeklärt werden, welche Kosten als intern gelten können: Im Falle der Schwerverkehrsabgabe würden in diesem Sinne etwa die Gesundheitsschäden der LKW-Fahrer, die während der Arbeitszeit entstehen, nicht als externe Kosten betrachtet.

Diese fünf Beispiele zeigen, dass nicht alle Entscheidungssituationen nach der gleichen Analyseverfahren verlangen, und dass es in der Lärmbekämpfungspraxis auch Entscheidungen gibt, die nach einer monetären Erfassung von Gesundheitsschäden rufen. Darum sollen hier, in Ergänzung zu (MÜLLER-WENK 2002), die Gesundheitsschäden des Strassenverkehrslärms nach der erfolgten Bestimmung in DALY-Einheiten nun auch noch in Geldeinheiten dargestellt werden.

2.3 Tendenzen in Amerika, insbesondere im Gesundheitswesen

CBA ist eine etablierte Analyseverfahren, wurde bereits früh in der Projektevaluierung eingesetzt (DASGUPTA et al. 1972, SQUIRE & VAN DER TAK 1975) und wird wegen ihrer wohlfahrtsökonomischen Fundierung von den Ökonomen anderen Instrumenten vorgezogen. Einen weiteren Aufschwung erlebte der Ansatz, als in den USA verfügt wurde, dass Gesetzes- und Verordnungsvorschläge mit hohen Kostenfolgen in einer CBA zeigen müssen, dass die gesamtwirtschaftlichen Nutzen die Kosten übersteigen (OMB 1996). Analog wenden auch andere Regierungen und in jüngster Zeit auch die EU CBA an, um Gesetzes- und Verordnungsvorschläge zu analysieren (z.B. EUROPEAN COMMISSION 1999).

Im Umwelt- und Gesundheitsbereich besteht dabei die Schwierigkeit der Nutzenquantifizierung. So ist es nicht nur schwierig, Gesundheitsschäden in monetären Einheiten auszudrücken, sondern die Akzeptanz solcher Monetarisierungen ist auch oft klein. Viele Leute sind nicht bereit, einem Leben einen finiten monetären Wert zuzuordnen.

Aus diesem Grund werden in den USA nun die Anstrengungen verstärkt, dass für alle Gesetze und Verordnungen eine CEA oder CUA durchgeführt wird³. Es soll

³ Wir wollen damit nicht sagen, dass es sich hier um ineinander überführbare Instrumente handelt. Als Reaktion auf Fachartikel, die dies suggeriert haben, argumentieren Dolan & Edlin (2002), dass es keine direkte Verbindung zwischen CBA und CEA gebe, dass CEA die wohlfahrtstheoretischen Bedingungen (im Gegensatz zu CBA) nicht erfülle, und deshalb nur vertretbar sei, wenn man eine nicht-

damit sichergestellt werden, dass in allen Regulationsbereichen ähnlich hohe Aufwendungen zur Rettung von Lebensjahren (TENGS et al. 1995) oder «health adjusted life years» (wie Quality Adjusted Life Years (QALYs) oder Disability Adjusted Life Years (DALYs))⁴ gemacht werden. Dies würde bedeuten, dass bei gegebenem Budget die Senkung der Gesundheitsschäden maximiert wird. Das Office of Management and Budget (OMB) behält sich vor, kosteneffiziente Massnahmen rasch zu verabschieden und teurere Massnahmen zurückzustellen oder zur Überarbeitung zurückzuweisen. In diesem Zusammenhang versuchen die betroffenen Stellen zu bestimmen, wie sie diese neuen Anforderungen erfüllen können und welche Einheiten gewählt werden sollen. Auch Ökonomen, die bisher für die Erstellung der CBA zuständig waren, überlegen sich, wie QALY, DALY und monetäre Einheiten ineinander übergeführt werden können (z.B. HUBBELL 2002). Siehe hierzu auch Kapitel 5.7 weiter unten.

Staatliche und stark regulierte Gesundheitssysteme, wie jene in England oder Kanada, benützen ebenfalls CUA, wenn es darum geht, neue Medikamente oder Behandlungstechniken in den Leistungskatalog aufzunehmen. Medikaments- resp. Behandlungskosten werden dabei den erwarteten Gesundheitsverbesserungen, gemessen in QALY, gegenübergestellt und mit bestehenden Medikamenten und Behandlungen verglichen. Ausserdem haben sich meist inoffizielle Akzeptabilitätswerte etabliert, die von der Pharmaindustrie benützt werden, um neue Medikamente zu rechtfertigen, und die den Sozialversicherungen als Grundlage dienen für die Identifizierung von überteuerten Behandlungen und Medikamenten, welche von der Versicherung nicht bezahlt werden (siehe hierzu auch Kapitel 5.3 weiter unten).

Die vorstehenden Informationen führen zum Schluss, dass CEA, CUA und CBA auch international in verschiedenen Anwendungen des Gesundheitsbereichs verwendet werden, und dass insbesondere CUA sogar an Bedeutung gewinnt. Zur möglichst vielseitigen Verwendung verfügbarer Daten aus dem Bereich von Gesundheits-Beeinträchtigungen ist es daher von allgemeinem Interesse, den (Negativ-)Wert solcher Gesundheits-Beeinträchtigungen sowohl in DALY- oder QALY-Einheiten als auch in Geldeinheiten ausdrücken zu können.

2.4 Wann ist welche Art der Quantifizierung vorteilhaft?

Insoweit die vorhandene Entscheidungssituation die Art der Quantifizierung und des Analyse-Instruments nicht zum Vorneherein erzwingt, sollten bei der Wahl der Quantifizierung (Alternative E, U oder B gemäss Kapitel 2.1) sowie der möglichen Analyseinstrumente (CEA, CUA oder CBA gemäss Kapitel 2.1) folgende Aspekte berücksichtigt werden:

wohlfahrtsorientierte Sichtweise einnehmen und stattdessen alleine an einer Gesundheitsmaximierung interessiert sei.

⁴ Dies hat u.a. John D. Graham, Harvard Center of Risk Analysis, Boston, bereits seit Jahrzehnten gefordert (Graham et al. 1981, Graham 1982). Prof. John D. Graham wurde nun von Präsident G.W. Bush zum OMB berufen, wo er solche Instrumente einführt.

- Das Vergleichbarmachen von unterschiedlichen Fällen von Krankheit und vorzeitigem Tod, sei es auf Basis von Masseinheiten wie QALY oder DALY, oder sei es auf Basis von Geldeinheiten, braucht zusätzlich zu Fall-Identifikation und Fall-Zahl noch Informationen zur Wertsetzung. Die Beschaffung dieser zusätzlichen Information ist einerseits aufwändig, weil die Wertsetzung nicht arbiträr sondern ausreichend abgestützt sein soll. Diese zusätzliche Information führt andererseits auch bedeutende zusätzliche Unsicherheiten in das System ein. Falls für eine zu treffende Entscheidung die Aggregation von verschiedenen Gesundheitszuständen nicht eine notwendige Informationsbasis darstellt, drängt sich daher eine Beschränkung der Quantifizierung auf die Bestimmung der Fallzahlen pro Falltyp auf (Alternative E in Kapitel 2.1).
- Gleiche Mass-Einheiten sind ein nötiges aber keineswegs hinreichendes Kriterium für die Aggregierbarkeit von Grössen. Im Fall der Quantifizierung in Geldeinheiten ist die Gefahr des unzulässigen Aufaddierens besonders gross, wenn die benötigten Geldwerte aus einer Vielzahl von Monetarisierungsstudien entnommen wurden, die unter unterschiedlichen Randbedingungen durchgeführt worden sind: CHF-Beträge für ein verlorenes Lebensjahr aus einer Arbeiterlohn-Analyse (wage risk analysis) und CHF-Beträge für einen nichttödlichen Herzinfarkt aus einer CV-Studie (contingent valuation) müssen wegen mangelnder Konsistenz als nicht-addierbar angenommen werden, solange das Vorliegen von Konsistenz nicht überprüft ist; die Ergebnisse in Kapitel 5.7 zeigen die Relevanz des Fehlers, der bei unkritischer Addition von Ergebnissen verschiedener Monetarisierungsstudien entstehen kann. Die Gefahr der mangelnden Konsistenz ist dagegen entscheidend verringert, wenn die zu aggregierenden Gesundheitsstörungen etwa in DALY-Einheiten ausgedrückt sind, wo die Entwicklung der benötigten Gewichtungswerte zum vorneherein im Rahmen eines koordinierten Verfahrens mit festliegenden Randbedingungen erfolgte. Falls also eine Aggregation von Gesundheitsstörungen nicht zu umgehen ist, so ist die erforderliche Konsistenz der Daten in der Praxis leichter zu erreichen bei Verwendung von Gesundheitsskalen (Alternative U in Kapitel 2.1) als bei Verwendung von monetarisierten Werten (Alternative B in Kapitel 2.1).
- Die Entscheidungsträger sollen die als Entscheidungsunterstützung bereitgestellten Studien und insbesondere deren Resultate verstehen und begreifen können, denn damit wird die Glaubhaftigkeit und die Chance für die politische Durchsetzbarkeit der untersuchten Massnahmen erhöht. Dies bedeutet: möglichst hohe Transparenz und möglichst geringe Komplexität. Dies spricht eher für CEA oder CUA als für CBA und die mit CBA verbundenen Monetarisierungen.
- Wenn Nutzen oder Schäden ausserhalb des Gesundheitsbereiches mitberücksichtigt werden sollen, muss sichergestellt werden, dass die gewählten Masseinheit diese mitabbilden kann (bei monetären Einheiten oft möglich); andernfalls

ist wenigstens darauf zu achten, dass die Anzahl unterschiedlicher Indikatoren⁵ noch erfassbar bleibt.

- Aus pragmatischer Sicht ist ferner noch wichtig zu fragen, für welche Analyseinstrumente die erforderlichen Daten in ausreichender Qualität schon vorhanden sind.

⁵ Wenn für die Gesundheit alleine eine oder mehrere Indikatoren verwendet werden plus zusätzlich mehrere Indikatoren für soziale Effekte, Ökosystemeingriffe etc. so kann dies die kognitiven Fähigkeiten von Menschen übersteigen.

3 Monetarisierung von Gesundheits-Schäden: Methoden, Komponenten, bisherige Studien

Der Versuch, Lärmschäden zu monetarisieren, d.h. in Geldeinheiten auszudrücken, ist nichts Neues. Die Zahl vorhandener Monetarisierungsstudien ist gross, selbst wenn hier entsprechend der Zielsetzung dieser Studie nur die vom *Verkehrslärm* (insbesondere Strassenverkehrslärm) ausgelösten Beeinträchtigungen des menschlichen Wohlbefindens im *menschlichen Wohnbereich* berücksichtigt werden und damit z.B. die Gehörschäden infolge sehr hoher Schallpegel an gewissen Arbeitsplätzen und beim Musikkonsum ausser Acht gelassen werden.

Viele Monetarisierungsstudien suchen zu eruieren, wie sich die Höhe des Schallpegels auf die Preise oder die Mieten von Liegenschaften auswirkt, ausgehend von der Annahme, dass das Wohlbefinden von Bewohnern an stärker lärmbelasteten Lagen schlechter und dementsprechend die Nachfrage nach solchen Objekten und deren Marktpreise geringer seien. Weiter gibt es Studien, welche die Quantität und Qualität der geleisteten Arbeit abhängig von der Höhe des Schallpegels am Arbeitsplatz untersuchen, woraus sich ein lärmbedingter Minderwert der wirtschaftlichen Produktionsleistung ergibt. Ferner gibt es Studien, welche ein Geldäquivalent berechnen für bestimmte Beeinträchtigungen menschlicher Gesundheit; insoweit als Ursache für diese Beeinträchtigungen unter anderem auch die Lärmbelastung in Frage kommt (z.B. Herzinfarkt), kann man in erweitertem Sinne auch hier von einer Monetarisierung lärmbedingter Schäden sprechen. Da es keinen Markt gibt, auf dem Lärmschäden gehandelt werden, ermitteln die vorgenannten Studien die Geldäquivalente für solche Schäden, indem sie entweder aus tatsächlich existierenden Markttransaktionen die Preisbildungskomponente Lärm herausarbeiten (revealed preference methods) oder indem sie Personen nach ihrer Zahlungsbereitschaft in einem hypothetischen Markt befragen (stated preference methods).

Da die vorhandenen Monetarisierungsstudien mit unterschiedlichen Methoden unterschiedliche Teilbereiche verkehrslärmbedingter Schäden ermitteln, sind deren Ergebnisse nicht ohne weiteres vergleichbar. In diesem Kapitel soll zuerst ein Überblick über die Komponenten von verkehrsbedingten Lärmschäden und ihre Verknüpfung zu den lärmverursachenden Transportaktivitäten geschaffen werden, gefolgt von einem Überblick über die Monetarisierungsmethoden. Dann soll auf die vorhandenen, im vorliegenden Zusammenhang relevanten Monetarisierungsstudien eingegangen werden.

3.1 Komponenten des externen Schadens aus nicht-vermiedenem Lärm des Strassenverkehrs

Als Gesamtschaden des Lärms wird das Total aus wirtschaftlichen Kosten für durchgeführte Massnahmen der Lärmvermeidung und aus Schäden infolge nicht-vermiedenem Lärm an Mensch, nicht-menschlichem Leben und an nicht lebenden Objekten verstanden. Schäden können entweder beim Lärmverursacher selbst (interne Schäden) oder aber bei anderen (externe Schäden) in Erscheinung treten. Die vorliegende Studie beschränkt sich indessen auf die Monetarisierung der externen Schäden aus nicht-vermiedenem Strassenverkehrs-Lärm auf das gesundheitli-

che Wohlbefinden von Menschen (kurz Gesundheitsschäden), sowie allfällige Folgeschäden. Damit sind folgende Komponenten des Gesamtschadens aus dieser Studie *ausgeschlossen*:

- Schäden aus *Lärm anderer Quellen* als derjenigen der Strassenfahrzeuge. Die vorläufige Konzentration innerhalb des Verkehrslärms auf den Strassenverkehr ist als erste Priorität für die gesamthaft bedeutendste Lärmquelle zu verstehen.
- Kosten für realisierte *Lärmvermeidungs-Massnahmen*, einschliesslich Lärmdämpfung, wie beispielsweise Lärmschutzwände, Lärmschutzfenster, Kapselungen von Lärmquellen. Die wirtschaftlichen Kosten solcher Massnahmen sind im allgemeinen gut bekannt, und sie bedürfen keiner Monetarisierung, da sie direkt in Geldeinheiten anfallen.
- Lärmschäden an *Tieren, Pflanzen und nicht-lebenden Objekten*. Über Lärmschäden bei Tieren ist bisher zu wenig bekannt, und Lärmschäden an Pflanzen und an nicht-lebenden Objekten sind nicht zu erwarten. Allerdings können bei Gebäuden als nicht-lebenden Objekten lärmbedingte Wertminderungen entstehen, die in dieser Studie behandelt werden. Aber es handelt sich dabei nicht um lärmbedingte Schäden an der Bausubstanz, sondern Folgen aus der lärmbedingten Minderung des gesundheitlichen Wohlbefindens der Gebäudebenutzer.
- *Interne Lärmschäden*, die beim Lärmverursacher einschliesslich seiner Arbeitnehmer selbst anfallen, insbesondere auch beim Führer und bei Benützern des lärmverursachenden Fahrzeuges.

Die lärmbedingten Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit sind nach WHO (BERGLUND et al. 2000: 20–30) insbesondere die folgenden:

- Hörorganschäden
- Kommunikationsstörungen
- Schlafstörungen
- Kardiovaskuläre und physiologische Effekte
- Psychische Störungen

Dabei sind Hörorganschäden und psychische Störungen innerhalb des Schallpegelbereichs des Strassenverkehrslärms nicht zu erwarten; sie fallen allenfalls in Betracht bei höher liegenden Schallpegeln des Arbeitsplatzlärms und des akustischen Freizeitvergnügens (BERGLUND et al. 2000: 23, 29). Die drei übrigen vorgenannten Fälle von lärmbedingten Gesundheitsstörungen wurden in (MÜLLER-WENK 2002) behandelt und sind auch Gegenstand der vorliegenden Studie, wobei allerdings die lärmbedingten kardiovaskulären Effekte nur am Rand behandelt sind.

Aus diesen Gesundheitsschäden ergeben sich Folgeschäden: Minderwerte von Liegenschaften auf belärmten Flächen, Minderleistungen Lärmgeschädigter im Arbeitsprozess (BERGLUND et al. 2000: 30), medizinische Kosten für die Beeinflussung des Gesundheitszustandes von Lärmgeschädigten. Diese Folgekosten können nicht einfach zu den Kosten der Gesundheitsbeeinträchtigungen addiert werden, vielmehr muss geprüft werden, wo Doppelzählungen auftreten würden.

Eine Übersicht über die verschiedenen Komponenten des Schadens dürfte nützlich sein. In Anlehnung an HOFSTETTER & HAMMIT (2002) können die im Zusammenhang mit externen Gesundheitsschäden durch Strassenverkehrs-Lärm stehenden Schadenarten wie folgt gruppiert werden (Tab. 1):

Tabelle 1: Übersicht über externe Komponenten des Schadens an Humangesundheit aus Strassenverkehrslärm (direkte Schäden und Folgewirkungen). Diese Übersicht gilt grundsätzlich für alle vorstehend genannten Fälle von Gesundheitsbeeinträchtigungen (Hörorganschäden, Kommunikationsstörungen ...).

Komponente des Schadens	1) Vom Lärmbelasteten oder seinen Haushaltspartnern getragen	2) Von Dritten getragen (Staat, Risikogemeinschaften, Arbeitgeber)
A) Verlust an körperlicher Integrität «an sich» (intrinsisch)	A1) Geldäquivalent des Integritätsverlusts, soweit nicht durch gewährte Entschädigung abgedeckt	A2) Zahlung von Entschädigung für Integritätsverlust
B) Medizinischer Aufwand zur Begrenzung (Akutbehandlung) und Stabilhaltung des Integritätsverlusts	B1) Eigene Zahlungen des Lärmbelasteten für Arzt, Arznei, Laboruntersuchungen, Spitalaufenthalt, Apparate, Prothesen	B2) Entsprechende Zahlungen durch Krankenkassen, Versicherungen, Staat
C) Nicht-medizinischer Aufwand zur Begrenzung oder Stabilhaltung des Integritätsverlusts	C1) Eigene Zahlungen für Ohrpfropfen, Schall-Reduktion innerhalb des Wohn-/ Arbeitsbereichs, oder für temporäre Ortsveränderung	C2) Entsprechende Zahlungen durch Krankenkassen, Versicherungen, Staat
D) Aufwand für Massnahmen im privaten Bereich zur Substitution von fehlender körperlicher Integrität	D1) Zahlungen des Lärmbelasteten für Pflege und Haushaltshilfe, unbezahlte Mehrleistungen von Haushaltspartnern	D2) Entsprechende Zahlungen durch Krankenkassen, Versicherungen, Staat
E) Im Falle von erwerbstätigen Personen: Minderleistung im Erwerbsbereich	E1) Ganzer oder teilweiser Wegfall Arbeitslohn, abzüglich allfällige Erwerbssersatzeinkommen	E2) Zahlung von Erwerbssersatzleistungen, Schaden bei Arbeitgeber im Fall von Minderleistung ohne Lohnkürzung
F) Wertverlust bei lärmbelasteten Liegenschaften	F1) Erzielte Mietzinsreduktionen als Schadensminderung beim Lärmbelasteten; Kaufpreisabschläge	F2) Gewährte Mietzinsreduktionen als Schadenstransfer zum Liegenschafts-Eigentümer, Abzug bei Verkaufspreisen

Diskussion von Tabelle 1:

- Die Übersicht von Tabelle 1 enthält nur die Kosten für Schäden aus *nicht-vermiedenem* Lärm, hier definiert als Lärm, der bis zum Wohn- oder Arbeitsbereich des Lärmbelasteten vordringt. Will man die gesamten externen (d.h. nicht beim Lärmverursacher anfallenden) Lärmkosten erfassen, so wären zusätzlich zu den Positionen von Tabelle 1 noch die Kosten für Massnahmen zur Lärmdämpfung auf dem Ausbreitungsweg zwischen dem Lärmverursacher und dem Lärmbelasteten (Lärmschutzwände, Lärmschutzfenster, Baubeschränkungen zur Abstands-erhöhung etc) einzubeziehen. Neben diesen externen Lärmkosten gibt es auch noch die internen, d.h. beim Lärmverursacher anfallenden Lärmkosten, wie Lärmminderungskosten am Fahrzeug, Zeitverlustkosten wegen lärmbedingten Geschwindigkeitsreduktionen, Beeinträchtigungen der Fahrzeugbenützer durch

Lärm des eigenen Fahrzeugs; diese sind aber nicht Gegenstand der vorliegenden, auf externe Lärmwirkungen beschränkten Studie.

- Der intrinsische Schaden A beinhaltet den Verlust an körperlicher Integrität «an sich» als Ausdruck einer lärmbedingten Gesundheits-Beeinträchtigung. Es geht hier um die Frage, in welchem Ausmass die beim Betroffenen noch verfügbaren Körperfunktionen reduziert sind gegenüber dem Zustand der vollen Gesundheit. Ein hochgradiger Verlust von Körperfunktionen kann zu Erwerbsausfall und Pflegebedarf führen; solche von der sozialen Situation abhängige Folgeschäden sind indessen im Integritätsschaden A *nicht eingeschlossen* und werden hier vielmehr unter E und D aufgeführt. Der Schaden A kann auf der physischen Ebene in der Dimension DALY (Disability Adjusted Life Years) ausgedrückt werden, in die nebst der Beeinträchtigungs-Dauer die Schwere der Beeinträchtigung (Disability Weight DW) einfließt (MÜLLER-WENK 2002, S47 ff.). Es ist ein zentrales Ziel dieser Studie, das Geldäquivalent solcher in DALY-Einheiten ausgedrückter Schäden mittels geeigneter Monetarisierungsmethoden zu ermitteln und damit die lärmbedingten Integritäts-Schäden auch in Geldeinheiten auszudrücken
- Im vorliegenden Zusammenhang ist wichtig, wer für die Kosten eines Schadens aufkommt. Gemäss Tabelle 1 ist dies entweder der vom Lärm Betroffene zusammen mit den in seinem Haushalt lebenden, eine wirtschaftliche Einheit bildenden Personen, oder es sind Dritte, beispielsweise der Staat, der Arbeitgeber oder Risikogemeinschaften im Bereich der Sozial- oder Privatversicherung. Der Integritätsschaden A fällt zunächst beim Betroffenen an (A1); falls aber dem Betroffenen zulasten von Staat oder Versicherungen eine Entschädigung für den Integritätsverlust zugesprochen würde (A2), so käme dies einer Senkung des netto beim Betroffenen verbleibenden Schadens A1 gleich. Soweit Strassenverkehrslärm die Ursache eines Integritätsverlusts ist, fällt allerdings bisher der Integritätsschaden vollumfänglich beim Betroffenen an, also unter Schadenskomponente A1. Denkbar wäre eine Reduktion des beim Betroffenen anfallenden Integritätsschadens durch Zahlungen der Lärmverursacher; dieser Fall kommt bisher in der Praxis nicht vor.
- Wenn ein Lärmbetroffener einen körperlichen Integritätsverlust erleidet, so kann eine medizinische Betreuung nötig sein zur Vermeidung weitergehender Integritätsverluste: Es ist denkbar, dass sich Personen mit lärmbedingten Schlafstörungen periodisch ärztlich untersuchen lassen und allenfalls Medikamente einnehmen, um weitergehende gesundheitliche Folgen des gestörten Schlafes (die im disability weight für Schlafstörung *nicht* enthalten sind) zu vermeiden. Der Ressourcenverbrauch für medizinische Leistungen B ist ein zusätzlich zu A kommender Schaden, der entweder vom Lärmbetroffenen (B1) oder von den Sozialversicherungen (B2) getragen wird. Wichtig ist der Hinweis, dass es hier um Massnahmen zur Stabilisierung des in A ausgedrückten Gesundheitszustandes geht, und nicht um allfällige Massnahmen zur Wiedererlangung einer vollen körperlichen Integrität. Denkbar sind neben medizinischen Massnahmen auch entsprechende Vorkehren C ausserhalb des medizinischen Bereichs: Ein Lärmbetroffener könnte seinen Schlafraum mit stark schall-absorbierenden Materialien ausstatten, oder er könnte jedes Wochenende dem Lärm ausweichen durch

Reise in ein ruhig gelegenes Ferienhäuschen, worauf dann die Schadenskomponente A bei ihm kleiner wird als bei einem Betroffenen ohne solche Abwehrmassnahmen.

- Ist der Integritätsverlust A hochgradig, ist es möglich, dass die in bestimmten Körperfunktionen behinderte Person Pflege und Betreuung benötigt (D). Dieser Fall ist etwa in Betracht zu ziehen, wenn eine Person verkehrslärmbedingt einen Herzinfarkt erleidet und in der Folge invalid wird. Die durch Strassenverkehrslärm ausgelösten Gesundheitsstörungen sind aber zur Hauptsache so niederschwellig, dass Schadenskomponente D vergleichsweise unbedeutend ist. Wichtig ist der Hinweis, dass die Kosten einer allfälligen Betreuung bei der Bemessung des Integritätsverlusts in DALY-Einheiten nicht inbegriffen sind.
- Als Folge eines Integritätsverlusts A kann die Arbeitsleistung des Betroffenen mengenmässig oder qualitätsmässig sinken. Dies gilt für alle Menschen, hat aber vor allem bei Erwerbstätigen Bedeutung. Sinkt die Leistung einer zuhause mit Verkehrslärm belasteten Erwerbsperson am Arbeitsplatz, so dürfte dies in der Regel vom Arbeitgeber unbemerkt bleiben und demzufolge keine Lohnreduktion zur Folge haben. Dies bedeutet, dass ein allfälliger Schaden aus Leistungsabfall beim Arbeitgeber anfällt (E2). Anders sähe es aus bei Invalidität aus verkehrslärmbedingtem Herzinfarkt, bei der ein Arbeitslohn-Verlust tatsächlich zu erwarten ist (E1), welcher den Lärmbetroffenen zusätzlich zu seinem Integritätsverlust A1 belastet, sofern nicht durch die Versicherungen ein Lohnersatz geleistet wird. Ergänzend sei beigefügt, dass eine Leistungsverminderung am Arbeitsplatz auch durch den Lärmpegel am Arbeitsplatz bewirkt sein kann; in diesem Fall ist aber im allgemeinen die hauptsächliche Lärmquelle betriebsintern, sodass nicht der hier zu behandelnde externe Lärmschaden vorliegt.
- Lärmbelastete Gebäude und Grundstücke weisen nachweisbar tiefere Kauf- und Mietpreise auf. Wie schon erwähnt ist dies nicht auf lärmbedingte Beschädigungen des Objekts, sondern auf einen lärmbedingt geringeren Gebrauchswert zurückzuführen. Dieser Schaden (F) ist demzufolge nicht direkt durch den Lärm verursacht, sondern indirekt über eine Wirkungskette, die von der Lärmemission über die tatsächliche oder erwartete Beeinträchtigung des Wohlbefindens der im lärmbelasteten Gebäude sich aufhaltenden Menschen bis zur Preisbildung im Wohnungsmarkt führt. Werden Mietpreise verkehrslärmbedingt herabgesetzt, so kommt dies einem Schadenstransfer vom lärmbelasteten Bewohner zum Hauseigentümer gleich (F2); dieser Schadenstransfer wäre vollständig, wenn die Mietzinsreduktion gleich hoch wie die Summe $A1 + B1 + C1 + D1 + E1$ über alle Arten von lärmbedingten Beeinträchtigungen des menschlichen Wohlbefindens wäre.
- Wichtig ist die Erkenntnis, dass zur Ermittlung des gesamten externen Schadens aus Verkehrslärm die Wertreduktionen bei Liegenschaften F sicher nicht einfach zu den Schäden $A+B+C+D+E$ addiert werden dürfen, denn dies würde entsprechend den vorstehenden Feststellungen zu einer Doppelzählung führen. Doppelzählungen würden sich auch ergeben, wenn zur Ermittlung des gesamten externen Schadens die Schadenskomponenten $A+B+C+D+E$ addiert werden, falls nicht sichersteht, dass bei der Ermittlung des Integritätsverlusts A die Bedingung des Nichteinschlusses der Schadenskomponenten B, C, D und E wirklich erfüllt

ist. Man darf allerdings erwarten, dass diese Doppelzählung jedenfalls ein unbedeutendes Ausmass annähme bei Integritätsverlusten von vergleichsweise geringer Schwere, wie sie gemäss (MÜLLER-WENK 2002) als Folge des Strassenverkehrslärms im wesentlichen auftreten.

- Monetarisiert man Fälle von lärmbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen auf Basis von Äusserungen (stated preference) oder Marktverhalten (revealed preference) der Lärmbelasteten, so können diese monetarisierten Schäden logischerweise nur diejenigen Schadenskomponenten beinhalten, für welche der Lärmbelastete oder seine Haushaltspartner selbst aufkommen, und sich dessen auch einigermaßen bewusst sind. Das bedeutet, dass das Monetarisierungsergebnis allfällige von anderer Seite bezahlte Schäden (A2 bis F2) nicht enthält.

3.2 Wirkungsketten bei Umweltschäden und Ansatzpunkte für Monetarisierung von Umweltschäden

Für Umweltschäden (und damit im speziellen Schäden des Strassenverkehrslärms an menschlicher Gesundheit) ist es charakteristisch, dass die Schäden nicht dann und dort eintreten, wo die schädigende Wirkung stattfand. Zwischen Schadensursache und Schaden liegt vielmehr eine Kette mit Ursache-Wirkungs-Gliedern. Bei Strassenverkehrslärm kann die über Gesundheitsschäden führende Wirkungskette wie folgt beschrieben werden:

- Fahrende Motorfahrzeuge produzieren Motoren-, Reifen- und andere Schallemissionen.
- Aufgrund von Verkehrs-Menge/-Mix ergibt sich ein mittlerer Schallpegel auf den Strassenachsen.
- Durch Ausbreitung dieses Schalls resultiert ein Schallpegel an den Gebäude-Aussenwänden.
- Aufgrund der Bauweise der Gebäude ergibt sich der Schallpegel im Wohn- und Arbeitsraum.
- Menschen in lärmbelasteten Räumen erleiden einen gesundheitlichen Integritätschaden.
- Bei den in ihrer Gesundheit beeinträchtigten Menschen fallen wirtschaftliche Schäden an, weil sie gesundheitliche Hilfe in Anspruch nehmen müssen und geringere Arbeitsleistungen erbringen können.
- Anteile dieser Schäden werden von Lärmbelasteten via Sozialversicherungen oder via Märkte an Dritte (Krankenkasse, Arbeitgeber, Wohnungsvermieter) weitergegeben.

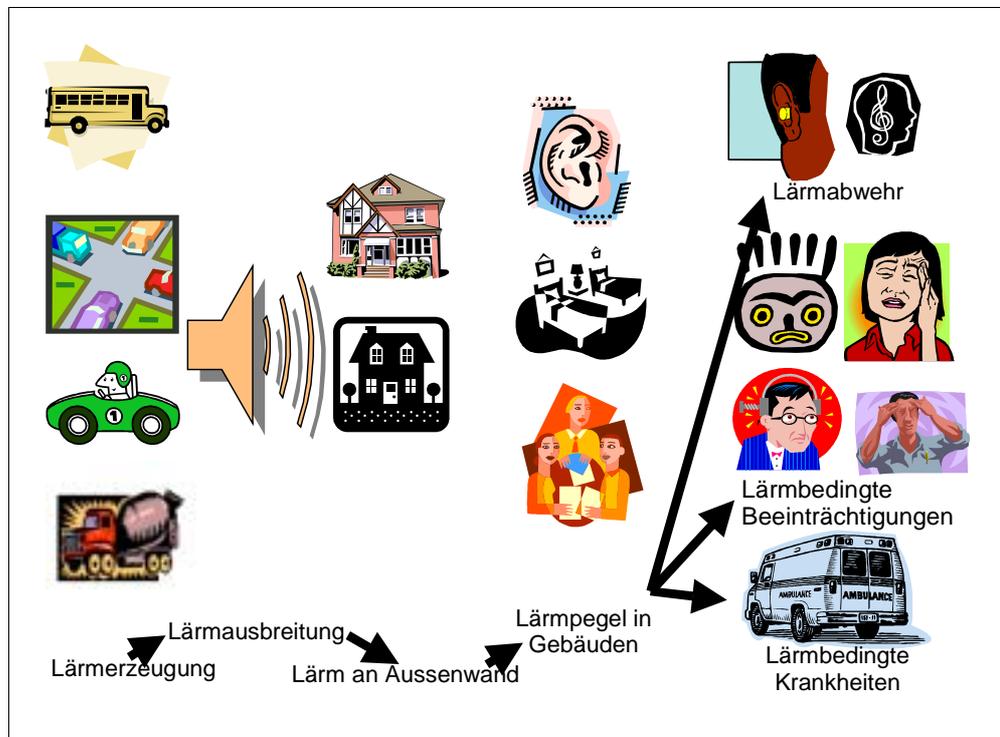


Abb. 1: Wirkungskette von Gesundheitsschäden aus Strassenlärm.

Eine Monetarisierung von Umweltschäden setzt nicht voraus, dass man die verursachende Wirkungskette kennt und beschreibt, denn man kann Geldäquivalente von festgestellten Schäden auch ermitteln, ohne deren Verursachung zu kennen. Aber die Erstellung von Wirkungsketten vor der Ermittlung von Schäden und ihrer Geldäquivalente ist aus folgenden Gründen wünschbar:

- Die Erstellung von Wirkungsketten deckt die Mechanismen der Schadensverursachung auf und klärt die Beziehungen zwischen den vorkommenden Schadensarten auf. Die Wirkungskette ist ein Instrument zur Verhinderung von Doppelzählungen und Lücken bei der Erfassung von Schäden. In diesem Sinne ist die Wirkungskette eine wichtige Ergänzung der Auflistung der Schadenskomponenten von Tabelle 1.
- Die Analyse der Wirkungskette erleichtert es, neben beobachtbaren auch zu erwartende Schäden zu erkennen und zu quantifizieren
- Gleichzeitig zeigt die Wirkungskette auch die verschiedenen Stufen, auf denen die Schäden definiert, erfasst und monetarisiert werden könnten, und sie liefert Anhaltspunkte für die Wahl der hierfür geeignetsten Stufe.
- Umweltschäden sollten nicht nur in ihrer Höhe bestimmt, sondern auch dem einzelnen Verursacher zurechenbar sein, um das Verursacherprinzip anwendbar zu machen. Andernfalls kann die Ermittlung und Monetarisierung von Umweltschäden höchstens zur Entschädigung der Betroffenen verwendet werden. Die Wirkungskette ist die Grundlage für eine ursachengerechte Zurechnung von Schäden auf ihre Verursacher.

- Angaben über Schäden haben stärkere Überzeugungskraft im politischen Raum, wenn sie auf klar dargestellten Wirkungsketten beruhen. Eine Monetarisierung von Umweltschäden rein mit statistischen Verfahren ohne ausreichende Analyse der Verursachungsmechanismen hat geringere Überzeugungskraft und ist zudem wissenschaftlich anfechtbar.

Aus diesen Gründen ist für die Evaluation von Schäden an der menschlichen Gesundheit infolge Strassenverkehrslärm in einem ersten Schritt eine quantifizierte Wirkungskette aufgebaut worden, beginnend mit der einzelnen Fahrt eines Motorfahrzeugs auf dem nationalen Strassennetz, und vorerst endend bei Art, Anzahl und Schwere-Gewichtung der vom entsprechenden Fahrzeuginlärm ausgelösten Gesundheits-Beeinträchtigungen (MÜLLER-WENK 2002). Hier wird nun als zweiter Schritt geprüft, wie diese Gesundheitsschäden im Bedarfsfall auch noch in Geldeinheiten ausgedrückt werden könnten. Diese in Geld ausgedrückten Schäden lassen sich dann via Wirkungskette rückwärtslaufend den einzelnen Fahrleistungen von Motorfahrzeugen auf dem schweizerischen Strassennetz zuschlagen.

Auf welcher Stufe der Wirkungskette sollte nun im Falle der Beeinträchtigung menschlichen Wohlbefindens durch Strassenverkehrslärm versucht werden, den Umweltschaden in Geldäquivalenten auszudrücken? Gestützt auf die Wirkungskette können folgende Überlegungen zum Ansatzpunkt von Monetarisierungen angestellt werden:

- Natürlich ist es vorteilhaft, unmittelbar jene Grössen auf der Wirkungskette zu monetarisieren, deren Geldäquivalent im konkreten Falle gerade gesucht ist. Benötigt man z.B. den intrinsischen Wert (A in Tab. 1) von strassenverkehrslärmbedingten Schlafstörungen, so sucht man das Geldäquivalent für einen Schlafstörungsfall und multipliziert diesen mit der Anzahl Fälle gemäss Wirkungskette. Dieses Vorgehen kann aber daran scheitern, dass die existierenden Monetarisierungsmethoden (vgl. Abb. 2) an dieser Stelle schlecht anwendbar sind, weil weder Zahlenmaterial für eine Analyse realisierter Markttransaktionen vorhanden ist noch ein hypothetischer Markt formuliert werden kann, der für Befragungsteilnehmer einigermaßen verstehbar ist.
- Wählt man infolgedessen für die Monetarisierung eine Grösse, die auf der Wirkungskette *nach* oder *vor* der gesuchten Grösse liegt, so stellt sich das Problem der Umrechnung des gefundenen Geldäquivalents auf die gesuchte Grösse. Hat man z.B. ermittelt, wieviel Geld den Betroffenen eine Senkung der Fahrzeugmenge pro Stunde einer Strasse wert ist, oder welchen Mietpreiszuschlag die Betroffenen für eine lärmärmere Wohnung zahlen, so erhält man das Geldäquivalent für Schlafstörungen durch Umrechnungen entlang der Wirkungskette, wobei zusätzlich zu beachten ist, welche Schadenskomponenten gemäss Tabelle 1 betroffen sind.
- Angesichts des grossen Aufwands für zusätzliche Monetarisierungsstudien sucht man in der Praxis Resultate von schon vorhandenen Monetarisierungsstudien zu verwerten. Dann ist besonders darauf zu achten, dass die vorstehend genannten Umrechnungen korrekt vorgenommen werden.

3.3 Typologie und Begriffsklärung für Monetarisierungsmethoden

Da die Namen für Monetarisierungsmethoden und die Einordnung der Methoden in der Literatur nicht einheitlich gehandhabt werden, stellt Abbildung 2 die hier verwendeten Methoden in Anlehnung an PEARCE & HOWARTH (2000) dar. Diese Methoden sind geeignet, um sogenannte Schadenskosten zu bestimmen. Eine andere Familie von Methoden würde die Vermeidungskosten abschätzen. Dort würden also die Kosten für emissions- und immissionsseitige Massnahmen zur Verhinderung von Schäden oder die (volkswirtschaftlichen) Kosten von global steuernden Massnahmen bestimmt. Wie in Kapitel 2.2 diskutiert, können die Schadenskosten dazu verwendet werden, die Höhe der volkswirtschaftlich sinnvollen Ausgaben zur Vermeidung der Schäden festzulegen. Deshalb werden die Vermeidungskosten hier nicht weiter betrachtet.

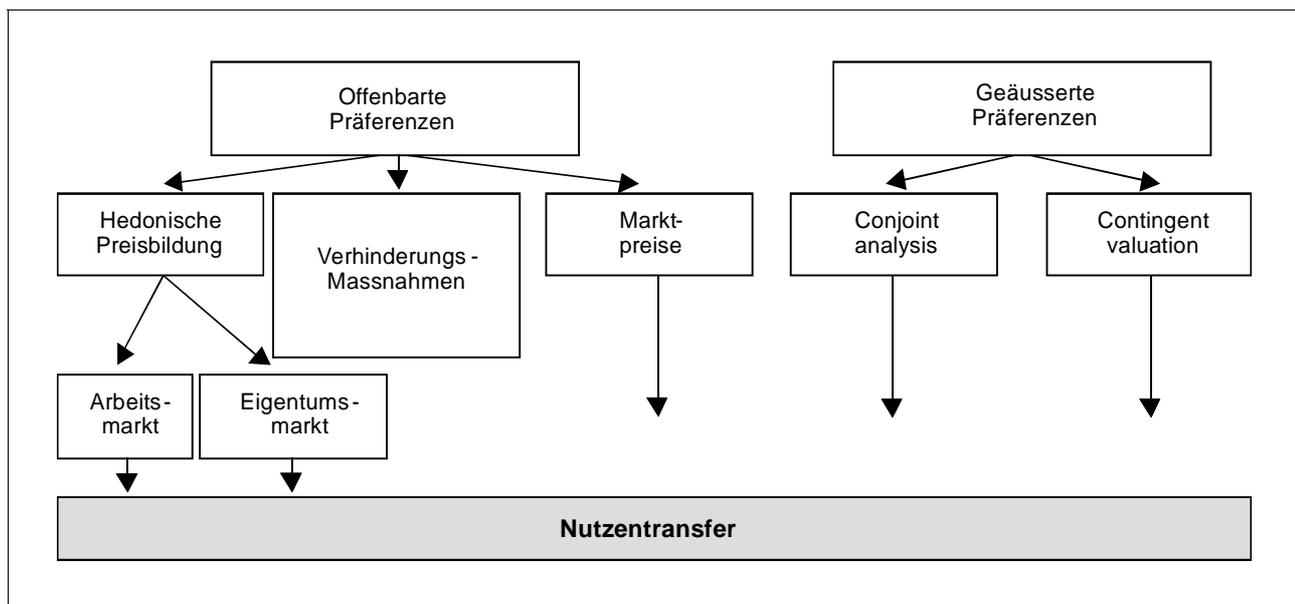


Abb. 2: Typologie der Monetarisierungsmethoden für Schadenskosten, Struktur nach PEARCE & HOWARTH (2000).

Im Rahmen dieser Arbeit sind vor allem drei Methoden aus Abbildung 2 von Bedeutung: Hedonische Preisbildung, contingent valuation und conjoint analysis. Bei Hedonischer Preisbildung werden tatsächlich durchgeführte Markttransaktionen darauf hin analysiert, welcher Anteil des zustande gekommenen Preises einem interessierenden einzelnen Element aus dem Eigenschaftenbündel des gehandelten Guts zugeordnet werden kann, also z.B. der Lärmbelastung einer Liegenschaft, oder die Bereitschaft eines Arbeitnehmers, ein arbeitsplatzbedingt erhöhtes Gesundheitsrisiko zu tragen. Bei contingent valuation werden Personen aufgefordert, sich einen hypothetischen Markt für ein Gut vorzustellen (z.B. Schutz gegen eine Erkrankung)

und dann zu sagen, was sie für dieses Gut bezahlen würden, falls es käuflich wäre. Conjoint analysis unterscheidet sich von contingent valuation darin, dass die teilnehmenden Personen nicht gefragt werden, wie viel Geld ihnen ein bestimmtes hypothetisches Gut wert wäre, sondern man präsentiert ihnen verschiedene hypothetische Güter mit unterschiedlichen Eigenschafts-Profilen (z.B. Wohnungen mit unterschiedlichen Eigenschaften) und fragt sie dann nach der Rangreihenfolge ihrer Bevorzugung. Aus diesen Aussagen sucht man abzuleiten, welchen Geldwert die Befragten einer bestimmten einzelnen Eigenschaft implizit zugeordnet haben.

Eine weitere Unterscheidung wird bei Monetarisierungsmethoden zwischen der Zahlungsbereitschaft (willingness to pay, WTP) und der Bereitschaft, eine Kompensation anzunehmen (willingness to accept, WTA) gemacht, wobei sich gemäss Tabelle 2 vier Typen unterscheiden lassen. PEARCE & HOWARTH (2000) gehen davon aus, dass die Eigentumsmarkt-, Marktpreis-, und Verhinderungsmassnahmenmethoden typischerweise WTP-Ansätze sind, die Arbeitsmarktmethode typischerweise ein WTA-Ansatz, während die beiden Methoden im Bereich der geäußerten Präferenzen (conjoint analysis und contingent analysis) je nach Frageform WTP oder WTA-Ansätze darstellen. Wie in Kapitel 4.4 diskutiert, findet man erhebliche Unterschiede in den gefundenen Werten für die vier untenstehenden Fälle. Es ist deshalb wichtig, diese Einteilung bei der Diskussion der Resultate im Auge zu haben, siehe Kapitel 5.7.

Tabelle 2: Vier Haupttypen von Frageformen.

	Angebotsverbesserung	Angebotsverschlechterung
Zahlungsbereitschaft (WTP)	1) Maximale Zahlungsbereitschaft für Verbesserung	2) Maximale Zahlungsbereitschaft, um Verschlechterung zu verhindern
Bereitschaft, Kompensation anzunehmen (WTA)	3) Minimaler Kompensationsbetrag, um auf Verbesserung zu verzichten	4) Minimaler Kompensationsbetrag, um Verschlechterung zu akzeptieren

3.4 Verfügbare Ergebnisse von Monetarisierungsstudien

Bevor auf vorliegende Monetarisierungsstudien eingetreten wird, ist zu überlegen, welche Fälle solcher Studien vom Objekt der Monetarisierung her hier von Interesse sind.

3.4.1 Mögliche Zugänge zur Problemlösung im Überblick

Aus der Sicht dieser Studie stehen für die Bestimmung von Geldäquivalenten von lärmbedingten Gesundheitsschäden und deren Folgeschäden Ergebnisse einer Anzahl von durchgeführten Monetarisierungen zur Verfügung. Diese verfügbaren Studien sind in folgende Gruppen einzuordnen:

- Bestimmung der Minderung von Einfamilienhaus-Preisen oder Wohnungs-Mietzinsen abhängig vom Schallpegel des Strassenverkehrs an der Gebäude-Aussenwand. Das Ergebnis wird meistens ausgedrückt in % Preisreduktion pro zusätzlichem dB(A) oberhalb eines Schwellenwerts. Dieses Ergebnis wird errechnet mithilfe multipler Regression auf Basis einer ausreichenden Zahl von tatsächlichen Markt-Transaktionen (hedonic pricing). Gewisse Studien ermitteln die gleiche Information auch mittels Befragung (contingent valuation) einer Stichprobe von Personen. Aus den Daten über lärmbedingte Minderwerte von lärmbelasteten Wohneinheiten kann man versuchen, Geldäquivalente für die lärmbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen der Gebäudebewohner abzuleiten.
- Bestimmung des Geldäquivalents für das Nichteintreten der einzelnen Arten von Gesundheitsbeeinträchtigungen, wie sie als Wirkung von Verkehrslärmbelastungen vorkommen, nämlich Schlafstörungen, Kommunikationsstörungen und kardiovaskuläre Effekte (vgl. Kapitel 3.1). Verfügbare Monetarisierungs-Ergebnisse können für die vorliegende Studie auch dann verwendbar sein, wenn in diesen zwar eine lärmrelevante Beeinträchtigungsart behandelt wird, diese Beeinträchtigung aber im Rahmen der entsprechenden Monetarisierungsstudie durch eine andere Ursache hervorgerufen war. Dieser Fall liegt vor bei Herzinfarkten: Herzinfarkte gelten als mögliche Folgewirkung von hohen Lärmbelastungen, und es gibt Studien, welche die Zahlungsbereitschaft für die Vermeidung von Herzinfarkten ermittelt haben, denen allerdings andere Ursachen zu Grunde lagen. Das Ergebnis solcher Studien wird ausgedrückt in Geldeinheiten pro vermiedenem Fall einer Gesundheitsbeeinträchtigung von bestimmter Schwere und Dauer. Der Geldwert wird typischerweise abgeleitet aus Befragungen von Personen (contingent valuation), in denen diese direkt oder indirekt aussagen, wie viel Geldeinheiten ihnen die Verhinderung des Eintretens der Gesundheitsbeeinträchtigung oder der Verminderung der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens wert wäre. Leider sind bisher gar keine Monetarisierungsstudien für die häufigsten Gesundheitsbeeinträchtigungen aus Strassenverkehrslärm, die Schlafstörung und die Kommunikationsstörung verfügbar. Für diese Fälle könnte in Betracht gezogen werden, Ergebnisse aus Monetarisierungsstudien für ähnlich schwerwiegende Gesundheitsbeeinträchtigungen anderer Art zu verwenden, unter Anpassung der angegebenen Zahlungsbereitschaften nach Massgabe der Schwere der Gesundheitsbeeinträchtigung.

Die Ausführungen von Kapiteln 5.3 bis 5.6 zeigen, dass noch weitere Zugangswege zur Lösung des Problems der Bestimmung von Geld-Äquivalenten für verkehrslärmbedingte Gesundheitsbeeinträchtigungen möglich und praktisch durchführbar sind. Nachstehend sollen indessen verfügbare Monetarisierungsstudien diskutiert werden, welche für die vorgenannten zwei Zugangswege von Nutzen sein könnten.

3.4.2 Lärmbedingte Minderung von Mieten und Preisen für Wohneinheiten

Die Minderung von Liegenschaftspreisen oder Mietzinsen abhängig vom Schallpegel des Strassenverkehrs ist schon in einer grossen Zahl von empirischen Studien

untersucht worden. Eine Zusammenstellung dieser Studien kann gefunden werden in (WEINBERGER 1991: 114) oder (SOMMER et al. 2000: 53). Angesichts der Probleme der Übertragbarkeit von Resultaten empirischer sozialwissenschaftlicher Studien aus anderen Kulturkreisen und zeitlich zurückliegenden Zeitpunkten soll hier die Aufmerksamkeit auf neuere Untersuchungen in schweizerischen oder bundesdeutschen Verhältnissen konzentriert werden.

- SOMMER et al. (2000) haben die tatsächlichen Kaufpreise einer Teilmenge von 380 Einfamilienhäusern aus der Gesamtheit der zwischen 1995 und 1999 im Kanton Zürich verkauften Einfamilienhäuser mittels multipler Regression (Methode der hedonischen Preisbildung, vgl. Abb. 2) im Hinblick auf die Bedeutung des Einflussfaktors Strassenverkehrslärm untersucht. Als Ergebnis resultierte, dass die Kaufpreise bei Zunahme des Strassenverkehrslärms um 1 dB(A) TAGS linear um 0.66% abnehmen, mit 0.23% als unterer und 1.03% als oberer Grenze des 95%-Vertrauensintervalls. Diese lineare Abhängigkeit des Kaufpreises vom an der Fassaden-Aussenseite gemessenen Strassenverkehrslärm gilt nicht für tiefe Schallpegel unterhalb von 45–50 dB TAGS, da bei diesen kaum mehr hörbaren Schallpegeln eine Unabhängigkeit des Hauspreises vom Schallpegel angenommen werden muss. Es ist hier nicht ganz klar, ab bei der Kodierung für die Regressionsanalyse der pro Verkaufsobjekt angegebene Lärmpegel um einen Sockelwert reduziert wurde, um eine einigermaßen lineare Abhängigkeit von Lärm und Preis erwarten zu können. In SOMMER et al. (2000: 51–53) wird die ermittelte Lärmpegel-Abhängigkeit der Zürcher Einfamilienhauspreise mit derjenigen von Liegenschaftspreisen und Mietzinsen aus anderen schweizerischen und internationalen Studien verglichen und darauf gestützt empfohlen, für die ganze Schweiz mit einem Mittelwert von 0.91% pro dB(A) TAGS Strassenverkehrslärm für die Preisabhängigkeit für Liegenschaften oder Wohnungsmieten zu rechnen (SOMMER et al. 2000: 55). In der Untersuchung von Sommer wurde zusätzlich zur Analyse von Einfamilienhauspreisen auch eine Analyse der Lärmabhängigkeit des Mietzinses von Wohnungen in der Stadt Zürich vorgenommen (SOMMER et al. 2000: 30ff). Dabei konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Mietzinshöhe und Lärmbelastung festgestellt werden. Daraus schliessen die Autoren allerdings nicht, Mietzinse seien unabhängig von der Lärmbelastung, sondern sie nehmen an, dass die verwendeten Daten über die Mietpreise und deren mögliche Bestimmungsfaktoren von ungenügender Qualität gewesen seien.
- ITEN (1990) hat tatsächliche Mietpreise, Preisniveau 1986, einer Teilmenge von 195 Wohnungen in der Stadt Zürich ebenfalls mittels multipler Regression untersucht (hedonische Preisbildung) und dabei insbesondere die preisbildende Bedeutung des Lärmpegels aus Strassenverkehrslärm an der Gebäudefassade ermittelt. Die vorliegenden Daten führen zum Schluss, dass die Mietpreise bei Zunahme um 1 dB(A) TAGS um 0.8–0.9% abnehmen, wobei dieser Faktor pegelabhängig ist und in ITEN (1990: 101) differenzierter dargestellt ist. Dieses in der vorstehenden Empfehlung von Sommer mitberücksichtigte Resultat ist ziemlich ähnlich mit dem Resultat der eigenen Regressionsanalyse von SOMMER et al. (2000), obschon die beiden Studien stark abweichen in der Wahl der erklärenden Variablen und in der Form der gewählten Regressionsgleichung

(SOMMER et al. 2000: 20; ITEN 1990: 97). In der Studie von Iten ist die Lärmabhängigkeit der Mietpreise parallel zur hedonischen Preisbildung auch auf Basis von strukturierten mündlichen Mieterbefragungen (conjoint analysis, stated preference) durchgeführt worden. Dabei war die Kernfrage an die Mieter der gleichen 195 Wohnungen, in welcher Reihenfolge sie eine Wohnung von gleicher Art an verschiedenen hypothetischen Wohnlagen bevorzugen würden. Eines der 5 Attribute der Wohnlagen war die in drei Ausprägungen (ruhig, mittellaut, laut) festgelegte Lärmbelastung; diese war also sehr grob und für die Befragten nicht eindeutig interpretierbar abgestuft. Durch statistische Verfahren wurde die «implizite Preisfunktion» sowie die individuelle, vom Lärmpegel und Einkommen abhängige Zahlungsbereitschaft für weniger Lärm ermittelt. Beachtenswert ist, dass die individuelle Zahlungsbereitschaft für 20 dB weniger Lärm im Vergleich zwischen beiden Ermittlungsmethoden (conjoint analysis, hedonic regression) keine entscheidenden Unterschiede (entscheidend im Sinne von 1 Grössenordnung oder mehr) zeigt (ITEN 1990: 120).

- BARANZINI & RAMIREZ (2002) haben tatsächliche Mietpreise, Preisniveau im Mittel von 1993–2000, von 11'661 Mietwohnungen im Kanton Genf ebenfalls mittels multipler Regression untersucht und dabei insbesondere die preisbildende Bedeutung des Beurteilungs-Lärmpegels L_r aus allen Lärmquellen an der Gebäudefassade ermittelt, wobei unter diesen Quellen der Strassenverkehrslärm trotz des Flughafens weitgehend dominiert haben dürfte. Abweichend von den vorgenannten Studien wurde nicht vom Mittelungspegel TAGS ausgegangen, sondern vom Mittelwert der Mittelungspegel TAGS und NACHTS, was im Vergleich zu den vorwiegend verwendeten Mittelungspegeln TAGS ein um rund 5 dB tieferes berechnetes Lärmniveau führt. Trotzdem ist das in der Studie angeführte mittlere Lärmniveau an der Aussenwand der Genfer Wohnungen mit $L_r=60.6$ dB(A) ungewöhnlich hoch. Man würde erwarten, dass der prozentuale Mietzinsabschlag pro zusätzliches dB Lärm dementsprechend höher sei als bei vergleichbaren Studien. Erstaunlicherweise resultiert aus der multiplen Regression jedoch ein Mietpreisabschlag von nur 0.1% pro zusätzliches Dezibel, also erheblich weniger als in den anderen Studien. Die von Baranzini hierzu vorgebrachte Erklärung «... results not directly comparable, since in particular the measure of noise differs» ist nach dem Vorstehenden nicht überzeugend. Ferner ist überraschend, dass bei einer separaten Analyse je für die Wohnungen mit freien Mietpreisen und die Wohnungen mit behördlich gebundenen Mietpreisen die ersteren nur 0.087% Preisabschlag pro zusätzliches dB, die letzteren aber 0.44% Preisabschlag pro zusätzliches dB ergeben. Man würde eher erwarten, dass die gebundenen (und damit im allgemeinen relativ tiefen) Mietpreise eine relativ geringe Abhängigkeit vom Lärmpegel aufweisen, weil sie den Mietern selbst bei erhöhtem Lärm immer noch preislich attraktiv erscheinen dürften. Wir versehen daher die Ergebnisse von Baranzini vorläufig mit einem Fragezeichen.
- Analysen tatsächlicher Mietpreise mithilfe von multipler Regression wurden in der Schweiz gemäss (SOMMER et al. 2000) ausserdem noch durchgeführt durch Pommerehne für die Stadt Basel und durch Soguel für die Stadt Neuenburg; wir diskutieren diese beiden Arbeiten hier nicht im Detail. Aus diesen zwei oft zi-

tierten und verwendeten Studien ergeben sich Mietzinsabschläge pro zusätzliches dB von 1.26% respektive 0.91% des Mietzinses.

- WEINBERGER et al (1991) haben im Jahr 1989 die Zahlungsbereitschaft der bundesdeutschen Bevölkerung für eine ruhigere Wohnung untersucht. Mithilfe einer sehr sorgfältig aufgebauten schriftlichen Befragung (contingent valuation) mit einer Stichprobe von 6057 Haushalten in (West-)Deutschland, konnten 3281 auswertbare Antworten gewonnen werden. Aufgrund von Lärmkatastern konnten die Ist-Mittelungspegel der Wohnungen dieser Haushalte in die Datenbasis der Untersuchung übernommen werden, und es wurde sichergestellt, dass in der geschichteten Stichprobe die Verteilung der Lärmbelastung gleich war wie in der Gesamtheit der bundesdeutschen Haushalte. Die Zahlungsbereitschaft wurde direkt abgefragt mit der zentralen Frage: «Stellen Sie sich bitte vor, Sie hätten die Möglichkeit, in einer ruhigen Nachbarstrasse Ihrer Wohngegend zu leben, ohne dass sich sonst etwas an Ihrer Wohnsituation ändert. Um wieviel dürften die monatlichen Wohnkosten maximal steigen, damit Sie diese ruhige Wohnung Ihrer jetzigen gerade noch vorziehen, a) wenn dort nahezu kein Lärm zu hören ist? b) wenn dort wenig Lärm zu hören ist?». Für die Analyse der Befragungsergebnisse wurde «nahezu kein Lärm» als Mittelungspegel TAGS von 40 dB(A) interpretiert, und «wenig Lärm» als 55 dB(A); die Angemessenheit dieser Annahme konnte aufgrund der Befragungsergebnisse nachträglich grob überprüft werden. Die Planung der Studie war sorgfältig darauf hin angelegt, mithilfe von Kontrollen die Schranken der Verfälschung der Ergebnisse als Folge von falscher Interpretation der Nichtantworten, von falsch verstandenen Fragen, oder von absichtlich falschen Antworten abschätzen und notfalls berichtigen zu können. Als zentrales Ergebnis der Studie darf die individuelle (pro Person des Haushalts berechnete) mittlere monatliche Zahlungsbereitschaft in DM (Inflationsstand 1989) für «nahezu keinen» Strassenverkehrslärm (40 dB TAGS an der Fassaden-Aussenseite) betrachtet werden. Diese über alle Einkommensklassen gemittelte Zahlungsbereitschaft zeigte sich klar abhängig vom jahres-gemittelten Ist-Schallpegel L TAGS bei der von den Befragten tatsächlich bewohnten Wohneinheit: Sie beträgt in linearer Approximation $1.97 \cdot L - 82.56$ [DM von 1989] (WEINBERGER et al 1991: 182/183). Das heisst, dass die Befragten die Bereitschaft zum Ausdruck gebracht haben, im Vergleich zu ihrer derzeit bewohnten Wohnung pro 1 dB(A) weniger Lärm tagsüber an der Fassaden-Aussenseite rund 2 DM mehr Miete pro Bewohner und Monat zu zahlen. Hinter diesem mittleren Wert verbirgt sich eine gewisse Abhängigkeit der Zahlungsbereitschaft vom Haushalteinkommen nach Abzug von Steuern und Sozialversicherung, wobei gemäss den Zahlen der Studie die Zahlungsbereitschaft stark unterproportional zum Haushalteinkommen anwächst (WEINBERGER et al. 1991: 172). Im Gegensatz zu den weiter oben genannten Studien wird in der Studie Weinberger ausgesagt, wie viel DM pro Monat und Person die Leute maximal auszugeben bereit wären für 1 dB(A) weniger Lärm als bei ihrer derzeitigen Wohnung, und nicht, wie viel Prozent Mietzins sie pro Schallpegelsenkung um 1 dB(A) zusätzlich dafür ausgeben oder auszugeben bereit sind. Eine Umrechnung prozentualer Mietzinszuschläge in Absolutwerte DM/Monat wird zu Vergleichszwecken in WEINBERGER et al (1991: 168, 111ff) vorgenommen: Dabei entspricht einem

Mietzinszuschlag von 0.5% pro dB ein Absolutwert von +0.95 DM pro Monat und dB, während einem Mietzinszuschlag von 1.26% pro dB ein Absolutwert von +2.40 DM pro Monat und dB entspricht. Die vorgenannten Prozentsätze von 0.5 und 1.26 sind tiefe und hohe Werte aus einer Vielzahl bestehender Studien über Zahlungsbereitschaft pro -1 dB bei Wohnungsmieten und bei analog zu diesen behandelten Einfamilienhaus-Käufen. Die Zahlungsbereitschaft gemäss Weinberger von rund 2 DM pro Monat, Person und -1 dB kann dementsprechend interpretiert werden als Bereitschaft von Haushalten, für eine um 1 dB weniger laute Wohnung 1.05% mehr Miete zu bezahlen.

Hedonic pricing und contingent valuation messen nicht die gleiche Zahlungsbereitschaft: Bei hedonic pricing wird herauszufinden gesucht, wieviel Geldeinheiten pro 1 dB weniger Lärm die Käufer/Mieter tatsächlich bezahlten, während bei contingent valuation ausgesagt wird, wieviel die Befragten pro 1 dB weniger Lärm *maximal* zahlen würden. Da aber im Falle von Häusern und Wohnungen (im Gegensatz zu den üblichen Konsumgütern) der Preis pro individuellem Transaktionsfall individuell verhandelt wird und der Verkäufer sich möglichst nahe an die Null-Konsumentenrente herantastet, besteht Anlass zur Vermutung, dass bei Häusern und Wohnungen die tatsächliche und die maximale Zahlungsbereitschaft besonders nahe beieinanderliegen. Die Ergebnisse der verschiedenen Monetarisierungsstudien scheinen zu bestätigen, dass unter gegenwärtigen schweizerischen Verhältnissen sowohl die tatsächliche wie auch die maximale Zahlungsbereitschaft für einen um 1 dB tieferen Dauerschallpegel in der Gegend von 1% des gesamten Kaufpreises/Mietzinses liegt.

Ferner sei hier wiederholt, dass Studien über den Minderwert von lärmbelasteten Wohneinheiten die Schadenskomponente F2 in Tabelle 1 beinhalten; wir gehen hier und im Kapitel 5 von der Vermutung aus, dass diese Schadenskomponente F2 in erster Näherung der Summe der von den Bewohnern getragenen Schadenskomponenten A1 bis E1 entspricht, in der Meinung, der Markt übertrage diese bei den Bewohnern anfallenden Schadenskosten weitestgehend an die Anbieter von Wohnraum. Denkbar wäre aber auch, dass das Geldäquivalent für die bei den Bewohnern anfallenden lärmbedingten Gesundheitsschäden wesentlich höher wäre als dies im tatsächlichen Minderpreis der lärmigen Wohnung zum Ausdruck kommt, z.B. wenn solche Wohnungen eine besonders hohe Belegungsdichte mit komfort-ungewohnten Bewohnern aufweisen.

3.4.3 Geld-Äquivalent für das Nichteintreten der einzelnen Fälle von strassenlärm-bedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen

Eine sehr grosse Zahl von Studien auf Basis von contingent valuation oder conjoint analysis befasst sich mit der Monetarisierung von Gesundheitsbeeinträchtigungen, wobei es aber fast immer um andere Fälle als die hier gemäss der Aufstellung in Kapitel 3.1 zu behandelnden Schlafstörungen, Kommunikationsstörungen und kardiovaskularen Effekte geht. Zu Schlafstörung oder Kommunikationsstörung konnten überhaupt keine vorhandenen Monetarisierungsstudien ausfindig gemacht werden; im Gegensatz dazu gibt es Resultate zu kardiovaskularen Effekten. Im

unserem Zusammenhang ist vor allem eine neuere schweizerische Studie zu nennen, in welcher die sozialen Kosten des Tabakkonsums in der Schweiz beziffert worden sind.

VITALE et al. (1998) haben im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit eine Untersuchung durchgeführt, in der sie die gesamten sozialen Kosten für 6 Krankheiten ermittelten, die in erheblichem Mass vom Tabakrauchen mitverursacht sind (Lungenkrebs, Hirnschlag, tödlicher Herzinfarkt, nichttödlicher Herzinfarkt, Angina Pectoris, chronische Bronchitis). Diese «gesamten sozialen Kosten» umfassen unter anderem auch den hier interessierenden intrinsischen Wert der verloren gegangenen Gesundheit. Vitale et al. haben das entsprechende Geldäquivalent für Lungenkrebs, tödlichen Herzinfarkt und chronische Bronchitis im Jahr 1998 mittels contingent valuation aufgrund der Befragung einer geschichteten Stichprobe mit 757 auswertbaren Fragebogen-Antworten ermittelt. Dabei hatten die Befragten unter Bezugnahme auf das ihnen präsentierte Krankheitsbild anzugeben, wie viele CHF sie aus eigenen Mitteln für ein hypothetisches Medikament zu bezahlen gewillt wären, das für die Dauer von 12 Monaten das Erkrankungsrisiko vom gegenwärtig in der Schweiz feststellbaren Eintrittsrisiko auf nur noch 5% dieses Risikos senken würde. Die Auswertung mithilfe einer Regression ergab als Hauptresultat eine mittlere maximale Zahlungsbereitschaft für die Reduktion des Eintrittsrisikos um 100'000/100'000 während eines Jahres von 512'500 CHF für Lungenkrebs, von 236'000 CHF für tödlichen Herzinfarkt, und von 38'500 CHF für chronische Bronchitis [CHF zum Stand 1998] (VITALE et al. 1998: 82–87). In Kapitel 5.2.3 werden die Resultate dieser Studien noch weiter analysiert und diskutiert.

Der Klarheit halber sei wiederholt, dass sowohl die hier behandelten Zahlungsbereitschafts-Studien als auch die Ermittlungsmethoden von DALY-Werten sich ganz klar auf den intrinsischen Wert von Gesundheit beziehen, also das Feld A von Tabelle 1 betreffen. Für die Schadenskomponenten gemäss Feldern B, C und D von Tabelle 1, die in der Praxis im wesentlichen als Geldbeträge erfasst werden können, sind keine Monetarisierungen oder Masseinheiten wie DALY oder QALY erforderlich; die entsprechenden Behandlungs- und Pflege-Kosten können aus den üblichen Gesundheitskosten-Statistiken ermittelt werden. Bei VITALE et al. (1998) sind diese Kosten, *coûts directs* genannt, summarisch berechnet worden (VITALE et al. 1998: 100–102). Der ökonomische Wert der infolge Krankheit und vorzeitigem Tod verlorenen Arbeitskapazitäten (Feld E von Tab. 1) ist für die vom Tabakrauchen ausgelösten Krankheitstypen ausführlich dargestellt in (VITALE et al. 1998: 25–60).

4 Methodische, ethische und praktische Grundfragen bei der Monetarisierung von verkehrslärmbedingten Gesundheitsschäden

4.1 Unterschiede zwischen Gesundheitsskalen und monetärer Gesundheitsbewertung

Im Hinblick auf die Monetarisierung von Gesundheitsschäden, deren Dauer und Schwere in DALY ausgedrückt ist, sollen hier wichtige Unterschiede dargestellt werden zwischen den Health Adjusted Life Years HALY (in diese Kategorie fallen die hier im Vordergrund stehenden Disability Adjusted Life Years DALY, aber auch die im Gesundheitswesen oft verwendeten Quality Adjusted Life Years QALY) und den Methoden für monetäre Gesundheitsbewertung. Bei letzteren stehen im folgenden die Methoden zur Ermittlung von Willingness To Pay WTP auf Basis von stated preferences im Vordergrund, wobei aber punktweise auch auf andere Monetarisierungsmethoden eingegangen wird.

4.1.1 Health-Adjusted Life Years (HALYs)

Wir gehen hier nur auf zwei der am häufigsten verwendeten Gesundheitsskalen ein. Eine Übersicht über weitere Skalen geben z.B. HOFSTETTER & HAMMITT (2002). HALYs transformieren beliebige Krankheiten, Gesundheitsbeeinträchtigungen und vorzeitige Todesfälle in ein Lebensjahr-Äquivalent. Abbildung 3 stellt dabei den Unterschied zwischen den Indikatoren DALY und QALY dar. QALY messen die tatsächliche Gesundheit integriert über die Lebenszeit, während DALY den Gesundheitsverlust relative zu perfekter Gesundheit und Referenzlebensdauer misst. DALYs sind somit im Prinzip komplementär zu den QALYs.

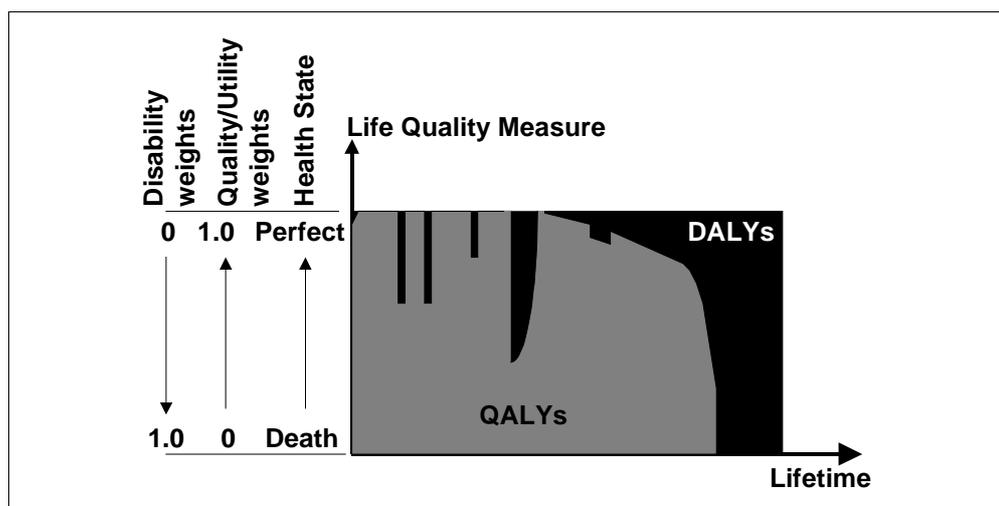


Abb. 3:
Graphische Illustration eines hypothetischen Gesundheitsprofils eines vorzeitig verstorbenen Individuums, sowie der Bedeutung der beiden Indikatoren QALY (graue Fläche) und DALY (schwarze Fläche).

Die einfachste Form der QALY kann wie folgt beschrieben werden:

$$QALY = \sum \text{Diskontierung} * (H(Q) * \Delta t) [a] \quad (1)$$

wobei Q der als konstant angenommene Gesundheitszustand während der Zeitperiode Δt darstellt. $H(Q)$ ist dabei die Wertefunktion der Gesundheitsqualität und wird «quality weight» genannt. Wie die Gleichung zeigt, werden die QALYs üblicherweise auch diskontiert, um den Zeitpräferenzen von Individuen oder der Gesellschaft Rechnung zu tragen. Variationen des Ansatzes und die theoretische Fundierung sind in PLISKIN et al. (1980) und HAMMITT (2002) zu finden.

DALYs sind demgegenüber die Summe von infolge vorzeitigen Todes verlorenen Lebensjahren (Years of Life Lost YLL) und von gelebten Jahren, die um den Schweregrad einer allfälligen Gesundheitsbeeinträchtigung korrigiert wurden (Years Lived with Disability YLD). Diese Jahre können diskontiert und altersgewichtet sein:

$$\begin{aligned} \text{DALY} &= \Sigma \text{Diskontierung} * \text{Altersgewichtung} * (\text{YLL} + \text{YLD}) \quad [a] \quad (2) \\ &= \Sigma \text{Diskontierung} * \text{Altersgewichtung} * \\ &\quad (\text{SEYLL} + \text{disability weight} * \text{Beeinträchtigungsdauer}) \end{aligned}$$

Für YLL und YLD kann eine kontinuierliche Diskontierungsfunktion der Form e^{-rt} verwendet werden, wobei r die Diskontrate und t die Zeitdifferenz zum Referenzzeitpunkt darstellt. Die Altersgewichtung kann berücksichtigen, dass die Gesellschaft Lebensjahre nicht unabhängig vom Alter gleichgewichtet. Die durch vorzeitigen Tod verlorenen Lebensjahre YLL werden aufgrund von Standard-Lebenserwartungen mit sogenannten Standard Expected Years of Life Lost SEYLL berechnet. Für YLD wird, analog zu den QALY, das disability weight DW (Beeinträchtigungsgewicht) mit der Beeinträchtigungsdauer multipliziert. Entsprechende Formeln wurden für kontinuierliche (MURRAY & LOPEZ 1996: 64ff) und diskrete (ELBASHA 2000) Altersschritte entwickelt. MURRAY & LOPEZ (1996) sehen dabei vor, die Altersgewichtung und Diskontierung fallspezifisch wegzulassen.

In erster Näherung sind QALYs und DALYs Komplemente, wobei die Beeinträchtigungsgewichte jeweils komplementär sind (disability weight \approx 1- quality weight); indessen sind folgende Abweichungen zu erwähnen:

- Die Methoden, um die Beeinträchtigungsgewichte zu berechnen, variieren⁶.
- Die Referenz für die DALYs sind vollkommen gesunde Menschen, die dann plötzlich im erwarteten Standardalter sterben. QALYs berücksichtigen dagegen typische altersbedingte Gesundheitsbeeinträchtigungen und die tatsächliche Lebensdauer.
- Nur bei den DALYs gibt es einen Vorschlag für die Altersgewichtung, QALY werden nie altersgewichtet.

⁶ Die quality weights für QALY werden oft durch die sogenannte «time trade off» Methode oder den «standard gamble» bestimmt, die disability weights für die DALYs werden dagegen mit der «person trade-off method» bestimmt (siehe Hofstetter & Hammit 2001).

4.1.2 Monetarisierung durch Willingness to Pay (WTP)

Vereinfacht lässt sich WTP wie folgt formalisieren:

$$WTP(t) = V(\Delta Q, \Delta t) \quad [\$] \quad (3)$$

wobei V die Wertfunktion für die Gesundheitszustandsänderung ΔQ während des Zeitintervalls Δt darstellt. Damit ist WTP die Substitutionsrate zwischen Gesundheit und Geld; sie kann z.B. besagen, dass es einer Person 1000\$ wert wäre, 3 Wochen lang gesund statt grippebedingt bettlägrig zu sein (für Details zu WTP für Verringerung von Todesfallrisiken siehe HAMMITT 2000).

Willingness to Pay (WTP) ist in der Wohlfahrtsökonomie eingebettet, und die resultierenden Wertverluste durch Gesundheitsbeeinträchtigungen haben deshalb monetäre Einheiten, die idealerweise kompatibel sind mit monetären Einheiten von Markttransaktionen. Bei WTP wird hingegen keine Annahme über die Art, wie die Zeit in die Schätzung einfließt, gemacht.

4.1.3 Unterschiede zwischen HALYs und WTP

Der augenfälligste Unterschied zwischen HALYs und WTP ist sicherlich die Masseneinheit. WTP wird in *monetären Einheiten* ausgedrückt und muss auf eine Währung (und zur Berücksichtigung der Inflation auf ein Referenzjahr) bezogen werden, HALYs werden demgegenüber in *gesundheits-gewichteten Jahren* ausgedrückt.

Entsprechend der ökonomischen Theorie ist zu erwarten, dass für ein bestimmtes Gut die WTP einer Person von deren finanziellen Verhältnissen (Einkommen, Vermögen, Kreditwürdigkeit) abhängt. Wenn in Monetarisierungsstudien die WTP für ein bestimmtes Gut erfragt wird, so wird in der Praxis vorwiegend angenommen, dass der geäußerte WTP-Wert (stated preference) *abhängig vom verfügbaren Jahreseinkommen* der befragten Person sei. HALYs berücksichtigen die Schwere einer gesundheitlichen Beeinträchtigung dagegen grundsätzlich *unabhängig von Armut und Reichtum* der betroffenen Personen. Für einen bestimmten Fall von Gesundheitsbeeinträchtigung ist daher zu vermuten, dass das Verhältnis WTP/HALY für verschiedene sozio-ökonomische Gruppen nicht konstant ist, sondern von deren materiellem Wohlstand abhängt.

Gleichungen (1) und (2) zeigen die *Zeitproportionalität* der HALYs auf: Eine 5 Jahre lang anhaltende Blindheit ergibt den 5-fachen DALY-Wert einer 1 Jahr dauernden Blindheit, mit dem Vorbehalt einer allfälligen Diskontierung und Altersabhängigkeit. Dies könnte von den Betroffenen anders empfunden werden, falls sie sich bei einer lang andauernden Krankheit mit der Zeit auf diese eingestellt haben und sie nicht mehr als so schlimm empfinden, oder falls sie umgekehrt kurzdauernde Krankheiten als überschaubar und demzufolge eher geringfügig ansehen. Nun werden allerdings WTP-Ermittlungen mittels contingent valuation oder conjoint analysis im allgemeinen durch Befragung von gesunden, also nicht-betroffenen Personen vorgenommen. Aber auch bei der Bewertung durch Gesunde besteht die Vermutung, dass der WTP-Wert *unterproportional zur Krankheitsdauer*

ansteigt: So werden Werte proportional zum Logarithmus der Zeit festgestellt (JOHNSON et al. 2000), oder Werte proportional zur Quadratwurzel der Zeit (MADDISON 2000). Deshalb geht die Literatur vorwiegend davon aus, dass HALYs lediglich für chronische Gesundheitsbeeinträchtigungen eine akzeptable Approximation der Realität liefern und für akute Zustände nicht direkt verwendet werden sollen⁷. Wir lassen hier offen, ob «in Wirklichkeit» der intrinsische Gesundheitsschaden proportional oder unterproportional zur Zeitdauer der Krankheit ansteige, sondern stellen lediglich den Unterschied zwischen HALY und WTP in Bezug auf diesen Aspekt fest.

Während bei den HALYs entweder *keine Altersabhängigkeit* (QALY und DALY(0,X)) oder eine fixe Altersabhängigkeit des Schadens angenommen wird (DALY(1,X)), werden bei den WTP keine solche Annahmen fest eingebaut⁸. Da aber in WTP-Studien bei der Befragung das Alter der Umfrageteilnehmer meistens erfragt und in der Regressionsrechnung als unabhängige Variable einbezogen wird, können WTP-Werte *grundsätzlich als altersabhängig* erkannt werden. In der Praxis sind jedoch aus den vorhandenen empirischen Studien schwerlich allgemeine Gesetzmässigkeiten für die Art und Weise der Altersabhängigkeit von WTP-Werten zu erkennen.

Die Methoden zur Bestimmung der disability und quality weights für HALYs vergleichen den zu bewertenden Gesundheitszustand entweder mit dem Todesfallrisiko (standard gamble method), mit einer veränderter Lebenserwartung (time trade-off method) oder mit einer veränderten Zahl Überlebender (person trade-off method) (siehe HOFSTETTER & HAMMITT 2001). Es gibt auch Methoden, die mittels Interpolation den Vergleich mit anderen nicht tödlichen Gesundheitsbeeinträchtigungen benützen (wie dies auch in MÜLLER-WENK (2002) für Schlaf- und Kommunikationsstörungen gemacht wurde). Typisch für HALYs bleibt jedoch, dass eine *Normalisierung auf Lebensjahre* stattfindet, respektive verlorene Lebensjahre und krankheitsbedingte Lebensqualitäreinbussen addiert werden. Bei WTP-Methoden werden krankheitsbedingte Lebensqualitäreinbussen nicht mit Todesfallrisiken oder Todesfällen verglichen, sondern mit dem *Grenznutzen von verfügbarem Einkommen*. Die Referenz sind also Güter und Dienstleistungen, die bei Änderung des verfügbaren Einkommens gerade noch oder nicht mehr gekauft werden. Die Bestimmung von WTP für verringerte Todesfallrisiken und zusätzliche Lebensjahre wird in Kapitel 5.4 diskutiert.

Beschränkt auf den Rahmen der vorliegenden Arbeit kann gesagt werden, dass zwischen QALYs und DALYs wenig Unterschiede bestehen und die Komplementarität $DALY=1-QALY$ weitgehend gegeben ist. Die beschriebenen fundamentalen

⁷ Es wird zwar akzeptiert, dass die Annäherung auch für chronische Leiden die empirischen Ergebnisse nicht stützt, die Abweichung wird jedoch als gering eingeschätzt. Das Problem kann zudem entschärft werden, indem z.B. eintägige, einmonatige und mehrjährige Rückenleiden als separate Leiden betrachtet werden.

⁸ Für die Bewertung von Mortalität wurde in der Vergangenheit oft eine altersunabhängige WTP eingesetzt, siehe auch Kapitel 4.2.

Unterschiede zwischen HALYs und WTP führen demgegenüber aber dazu, dass eine allgemein gültige Umrechnung von QALY-Werten auf WTP-Werte nicht praktikierbar ist. So finden z.B. BALA et al. (1998) keine signifikante Korrelation zwischen DALYs und WTP-Werten für verschiedene Individuen (die Studie untersuchte allerdings akute Zustände im Zusammenhang mit Gürtelrose).

Dies bedeutet insbesondere, dass es wenig aussichtsreich wäre, anhand einzelner Krankheitsfälle mit bekanntem DALY und bekanntem WTP eine Regressionslinie zu finden, anhand derer dann auch alle übrigen Krankheitsfälle von der einen Ebene auf die andere umgerechnet werden könnten. Wenn jedoch verschiedenartige Gesundheitsschäden gleich lang andauern und die Altersgruppen in gleicher Weise betreffen, so schwindet die Bedeutung der hier diskutierten strukturellen Unterschiede zwischen WTP und QALY. Für das Vorgehen im Kapitel 5 heisst dies unter anderem, dass eine Bestimmung des Geldäquivalents für lärmbedingte Gesundheitsstörungen dadurch erfolgen kann, dass WTP-Werte aus vorhandenen Studien von anderen Gesundheitsstörungen übernommen und via das Verhältnis der disability weights auf die lärmbedingte Gesundheitsstörung umgerechnet werden können, insoweit Krankheitsdauer und Altersabhängigkeit vergleichbar sind. Die Brauchbarkeit dieses Lösungsweg wird weiter verbessert, wenn die beteiligten Gesundheitsstörungen von ähnlicher Schwere sind, d.h. ähnlich grosse disability weights haben.

Detailliertere Ausführungen zu den Unterschieden zwischen HALYs und WTP finden sich bei HAMMIT (2002).

4.1.4 Wohlfahrtsmaximierung und DALYs

Wenn es um die Verringerung der Gesundheitsschäden durch Lärm geht, oder um Umwelt- und Gesundheitsschutzmassnahmen im allgemeinen, dann besteht das Ziel, die soziale Wohlfahrt zu optimieren. Der neo-klassische Ansatz geht davon aus, dass sich die soziale Wohlfahrtsfunktion als Aggregat der individuellen Präferenzen ergibt. Es wird angenommen, dass Individuen am besten wüssten, was gut für sie ist (Konsumentensouveränität); dass Individuen fähig seien, zwischen Entscheidungsalternativen rational auszuwählen (Nutzenmaximierer); dass nur die Resultate von Handlungen/Entscheiden zählen (Konsequenzalismus) und dass einzig die Nutzenhöhe als Entscheidungskriterium bei der Bewertung einflüsse (Wohlfahrtsmaximierung).

Diese vier Grundannahmen sind in einfachen und bekannten Situation zwar meist hilfreiche Approximationen: Für die schwer direkt wahrnehmbaren Ursache-Wirkungspfade mit hypothetischen Entscheidungssituationen im Zusammenhang mit den hier interessierenden Gesundheitsbeeinträchtigungen, die den Individuen im allgemeinen fremd sind, dürften sie problematischer sein. In der Praxis der willingness-to-pay Studien tritt daher oft zutage, dass obige Annahmen für viele Befragungsteilnehmer nicht zutreffen.

In der Originalmethode von MURRAY & LOPEZ (1996) werden die disability weights für die Berechnung der DALYs mit der sogenannten person trade-off method durch Gesundheitsexperten bestimmt. Es wird dort beispielsweise gefragt, wie hoch y sein muss, damit Handlungsalternative (1) identisch zu (2) ist, wobei (1) das Leben von 1000 gesunden Menschen um ein Jahr verlängert, während (2) das Leben von y Menschen, die im Gesundheitszustand i sind, verlängert. Die Befragten entscheiden also nicht, was für sie selber am besten ist, sondern was für Dritte optimal ist. Dies sind altruistische Präferenzen. Da rund die Hälfte aller Einwohner der Schweiz vom Lärm belastet sind und es hier nicht primär um kurzfristige Massnahmen im Lärminderungsbereich geht, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Inkonsistenz zwischen DALYs und klassischer Ökonomie nur theoretische Relevanz hat. So folgern HOFSTETTER & HAMMITT (2001), dass die Unterschiede zwischen altruistischen und individualistischen Präferenzen klein sind. Die konkrete Fragestellung im Lärmbereich ist gegenüber Kurzfristinteressen eher unsensibel, und Lärmschäden betreffen eine grosse Bevölkerungsgruppe. Ausserdem wurde in MÜLLER-WENK (2002) nicht die person trade-off method (PTO) benutzt, sondern zwischen bereits bekannten disability weights interpoliert, die mit PTO bestimmt worden waren.

Wir folgern deshalb, dass die von den marktwirtschaftlich geprägten Ökonomen kritisierten altruistischen Elemente im DALY-Konzept für den hier vorliegenden Fall keine praktische Relevanz haben. Weiter gilt die geforderte Konsumentensouveränität ohnehin nur mit grossem Vorbehalt als Grundannahme, womit dieses Argument zuwenig stichhaltig wird, um Expertenurteile auszuschliessen.

4.2 Die Altersabhängigkeit des Werts verlorener Lebensjahre

Da in Kapitel 5.4 das Geldäquivalent eines statistischen Lebens resp. verlorenen Lebensjahres quantifiziert und damit der Wert eines DALY abgeschätzt wird, soll hier die weiter oben schon angeführte Altersabhängigkeit des Wertes von DALYs respektive verlorenen Lebensjahren noch detaillierter behandelt werden.

Untenstehende Abbildung 4 zeigt vier verschiedene Ansätze zur Festlegung des monetären oder nichtmonetären Wertes eines statistischen Menschenlebens (Value of Statistical Life VSL) in Abhängigkeit des Alters. Die beiden *vollen* Linien stellen Ansätze der *nichtmonetären* Bewertung dar; entsprechend sind die Werte auf der vertikalen Achse gemäss *Skala rechts* in Years of Life Lost YLL angegeben. Demgegenüber stellen die beiden *unterbrochenen* Linien Ansätze der *monetären* Bewertung dar, deren Werte auf der vertikalen Achse gemäss *Skala links* in 1000\$ angegeben sind. Angenommen wird zunächst, dass der Wert des statistischen Menschenlebens in allen Fällen abhängig vom Lebensalter im Zeitpunkt eines allfälligen vorzeitigen Todes sei; dieses Lebensalter ist auf der gemeinsamen horizontalen Achse in Jahren angegeben.

Für den Fall der *nichtmonetären* Bewertung verlorener Lebensjahre zeigt die dickere der beiden vollen Linien die ungewichtete Anzahl der verlorenen Lebensjahre bei

einem Tod im Alter X ; diese Linie ist nichts anderes als die Kurve der Lebenserwartung einer Referenzpopulation⁹. Als Variante davon beinhaltet die dünnere der beiden vollen Linien zusätzlich eine Altersgewichtung, gemäss der die Lebensjahre in den «produktiven» Jahren zwischen 15 und 60 als höherwertig betrachtet werden als die Lebensjahre im Kindes- und Seniorenalter. Dabei ist die im Rahmen des DALY-Konzepts verwendbare Altersgewichtung gemäss MURRAY & LOPEZ (1996) eingezeichnet; man erkennt in Abbildung 4, dass diese eine relativ kleine Veränderung gegenüber der dickeren Linie ohne Altersgewichtung bewirkt. Einen ersten Fall *monetärer* Bewertung zeigt die horizontale strichgepunktete Linie am oberen Rand von Abbildung 4. Sie repräsentiert den Wert von 4.8 Mio \$, der gemäss U.S. EPA (1999) für den Verlust eines Menschenlebens eingesetzt wurde, wobei dieser Wert als unabhängig von der statistischen Rest-Lebenserwartung im Todeszeitpunkt angenommen ist. Demgegenüber zeigt die gepunktete Linie eine monetäre Bewertung von verlorenen Lebensjahren aufgrund eines Konsummodells (SHEPARD et al. 1984; NG 1992), bei dem der \$-Wert des Lebensjahrverlusts bei einem Kind oder bei einem Achtzigjährigen gering ist, während er beim Sechzigjährigen bis gegen 3,5 Mio \$ ansteigt. Verschiedene Konsummodelle unterscheiden sich vor allem darin, ob Geldausleihe möglich ist, wie hoch die angenommene Nutzendiskontrate im Vergleich zum Anlagezinssatz ist, und ob es überlebende Angehörige gibt (HAMMITT 2000). Die Resultate solcher theoretischer Konsummodelle – die zugegebenermassen sehr vereinfacht sind sowie perfekte Märkte und «rationale» Akteure voraussetzen – sind überraschend ähnlich zu den wenigen empirischen Studien, die auf Befragungen basieren (JOHANNESSON et al. 1997a; CARTHY et al. 1999).

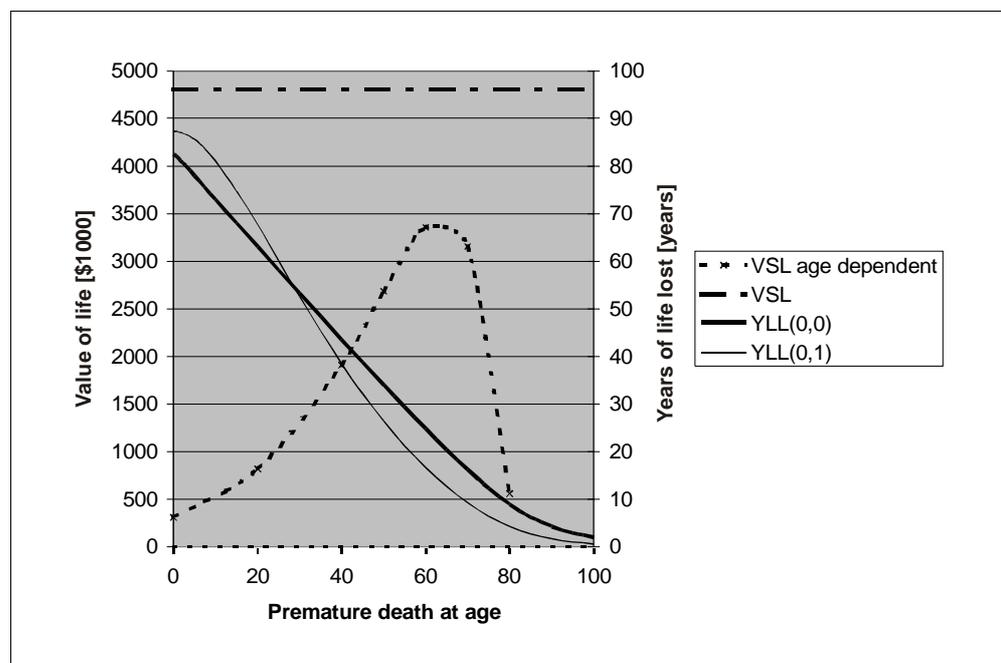


Abb. 4:
4 Varianten für die
Bewertung verlorener
Lebensjahre bei vorzeiti-
gem Tod (HOFSTETTER &
HAMMITT 2002).

⁹ Hier sind dies japanische Frauen, die gemäss Murray & Lopez (1996) weltweit die höchste Lebenserwartung aufweisen und daher für die Erfassung der globalen Gesundheitsbelastungen als Referenz ausgewählt wurden.

Die meisten Studien, die den Wert eines statistischen Lebens (value of statistical life VSL) monetär berechnet haben, benutzten revealed preference Ansätze (siehe Kapitel 5.4), und innerhalb dieser Ansätze vor allem wage-risk Studien. Bei diesen wird beobachtet, wieviel mehr Lohn Arbeitende an Arbeitsstellen mit höheren Unfallrisiken beziehen, gegenüber sonst vergleichbaren Stellen mit tieferen Risiken. Die beste Schätzung aus solchen Studien (inklusive wenigen Zahlungsbereitschaftsstudien) gemäss U.S. EPA war (in 1990\$) 4.8 Millionen USD (USEPA 1999a). Für die Schweiz haben BARANZINI & FERRO LUZI (2001) eine empirische Studie mit zwei grossen Stichproben von 8034 (Schweizerische Arbeitskräfteerhebung 1995) respektive 22'888 (Schweizerische Lohnstrukturhebung 1994) Arbeitenden durchgeführt. Die beiden resultierenden Mittelwerte pro verlorenes Leben waren dabei 9.4 respektive 12.9 Millionen CHF. Als Verfeinerung wurden das Alter sowie die verbleibenden Lebensjahre der Arbeitenden als Variablen eingeführt. Tabelle 3 zeigt dabei die Resultate jener Modellvariante, welche die verbleibenden Lebensjahre ohne Zeitdiskontierung verwendet (Kolonnen 3 bis 5); das Modell mit Benutzung allein des Alters ist in Kolonnen 6 bis 8 dargestellt. Im ersten Modell folgen die resultierenden Werte definitionsgemäss der angenommenen Restlebensdauer mit einem Wert pro statistisch verlorenem Lebensjahr von einheitlich 0.34 Millionen CHF. Im zweiten Modell zeigt sich dagegen, dass der Wert eines statistischen Lebens mit dem Alter stärker abfällt als die Lebenserwartung; ohne Diskontierung resultieren Werte pro verlorenes Lebensjahr von 0.38 bis 0.23 Millionen CHF. Der in Abbildung 4 gezeigte steile Abfall der inversen U-Funktion (punktierte Linie) ist somit bei den Daten von Baranzini & Ferro Luzi nicht erst ab Alter 60, sondern bereits vor Alter 35 zu beobachten.

Tabelle 3: Lohnrisikostudie aus 2 Schweizer Datensätzen, mit Modellen für altersabhängige Werte des statistischen Lebens VSL (in Mio CHF 1995), mit Restlebensdauer resp. Alter als unabhängigen Modellvariablen (BARANZINI & FERRO LUZI 2001).

Alter	a				20a	35a	50a
Restlebensdauer	a	60a	45a	30a	60a	45a	30a
Schweizerische Arbeitskräfteerhebung 1995	Mio CHF	15.46	11.59	7.73	17	10.67	4.33
Schweizerische Lohnstrukturhebung 1994	Mio CHF	22.49	16.87	11.25	24.54	16.24	7.95
Gewichtetes Mittel	Mio CHF	20.66	15.50	10.34	22.58	14.79	7.01
pro Jahr (ohne Diskontierung)	Mio CHF/a	0.34	0.34	0.34	0.38	0.33	0.23

TELSER (2002) und TELSER & ZWEIFEL (2002) berichten von einer Schweizer WTP-Studie mit 500 Rentnern, bei der die Zahlungsbereitschaft für einen Hüftschutz zur Verhinderung von Schenkelhalsfrakturen ermittelt wurde, wobei die Methode der conjoint analysis verwendet wurde. Tabelle 4 stellt eine Auswertung nach Alter der Befragungsteilnehmer dar. Auch hier zeigt sich eine Altersabhängig-

keit, die auf eine stärkere Abnahme als diejenige der Restlebensdauer hinweist (abnehmende Werte pro Lebensjahr). Da die Studie nicht auf diese Auswertungsart ausgerichtet war und die untersuchten Subjekte zudem den Tragkomfort des hypothetischen Hüftschutzes als dominierend beurteilt hatten, dürfen diese Zahlen von Tabelle 4 nicht als Abschätzung von VSL angesehen werden, sondern lediglich als Hinweis auf die Altersabhängigkeit des einem Lebensjahr zugemessenen Werts.

Tabelle 4: Altersabhängige Werte für ein statistisches Leben VSL (in Mio CHF 1999) aus TELSER (2002) und eigene Umrechnung in Werte für verlorene Lebensjahre.

Alter	A	70–75	76–85	86+
VSL	Mio CHF	2.9	0.8	0.37
Geschätzte Restlebensdauer	a	13	8	4
VSL pro Jahr, ohne Diskontierung	Mio CHF/a	0.22	0.10	0.09

Die vorliegenden Daten deuten darauf hin, dass der monetäre Wert von 1 DALY an sich altersabhängig ist, wobei der Wert im Kindesalter und in der zweiten Lebenshälfte tiefer als im mittleren Lebensalter ist. Indessen kann jedoch im hier relevanten Fall der Bewohner von Wohneinheiten mit erhöhtem Strassenlärmpegel in der Schweiz angenommen werden, dass deren Altersverteilung ungefähr dem demographischen Durchschnitt entspricht; für die vorliegende Studie darf deshalb ein altersunabhängiger Durchschnittswert für Geldäquivalente von DALYs ermittelt werden. Dieser Wert kann dann aber nicht direkt auf andere Erkrankungen ausserhalb des Verkehrslärbereichs übertragen werden.

4.3 Zeitdiskontierung

Mit der Zeitdiskontierung will man dem Umstand Rechnung tragen, dass das gleiche Gut bei Verfügbarkeit heute oder 10 Jahre später im allgemeinen nicht als gleichwertig beurteilt wird. Eine Mehrzahl von Individuen zieht es vor, ein Gut sofort statt erst später zur Verfügung zu haben. Für diese Bevorzugung kurzfristiger Verfügbarkeit werden meist folgende drei Gründe genannt: Kurzsichtigkeit (oder reine Zeitpräferenz), die Unsicherheit, ob aufgrund der latenten Sterbewahrscheinlichkeit die Zukunft überhaupt erlebt wird, und der abnehmende Marginalnutzen des Gutes. Wie HOFSTETTER & HAMMITT (2001) aufzeigen, sind diese drei Gründe im Gesundheitsbereich und bei einer gesellschaftlichen Sichtweise nicht geeignet, eine entsprechende Zeitdiskontierung zu begründen.

Zeitdiskontierung im Gesundheitsbereich spielt jedoch trotzdem eine Rolle auf Grund des Opportunitätskostenarguments (WEINSTEIN et al. 1977, KEELER and CRETIN 1983, GOLD et al. 1996). Auf den Gesundheitsbereich angewandt bedeutet dieses Argument, dass ohne Diskontierung des Guts «Gesundheit» gesundheitsfördernde Massnahmen ständig auf später verlegt würden, solange das Geld zu einem

positiven Realzinssatz investiert und damit vermehrt werden kann, worauf dann später mehr Massnahmen zur Gesundheitsförderung finanziert werden können. Ein solches unerwünschtes Hinausschieben würde rechnerisch erst dann nicht mehr als vorteilhaft ausgewiesen, wenn künftige Gesundheit zum Grenzertrag alternativer Investitionen diskontiert wird (WEINSTEIN et al. 1977), oder wenn entsprechend dem Vorschlag von GOLD et al. (1996) die gesellschaftliche Diskontrate¹⁰ eingesetzt wird. HOFSTETTER & HAMMITT (2002) folgern für den Gesundheitsbereich, dass diese gesellschaftliche Diskontrate nur dann anzuwenden sei, wenn auch berücksichtigt wird, dass der Wert eines HALY oder eines VSL mit der Zeit zunimmt.

Im Kapitel 5 dieser Studie wird in den verschiedenen Ansätzen stets das Geldäquivalent in CHF eines DALY für das Jahr 2000 bestimmt; eine Diskontierung zur Vergleichbarmachung der Resultate erübrigt sich deshalb. Einzig bei der Umrechnung von VSL in Werte eines verlorenen Lebensjahres müssen Annahmen über die Diskontierung gemacht werden.

4.4 Erlangen von Gesundheits-Zuwachs oder Dulden von Gesundheits-Rückgang

Menschen tendieren dazu, die momentanen Lebensumstände als Referenzgrösse zu nehmen, wenn es darum geht, Veränderungen zu beurteilen. Dabei scheint es, dass der Nicht-Verschlechterung der bestehenden Qualitäts-, Gesundheits- oder Einkommensverhältnisse ein höherer Wert beigemessen wird als der Verbesserung derselben über den bestehenden Zustand hinaus. Vor diesem Hintergrund können für Lärmpegelveränderungen und deren Gesundheitsfolgen folgende Fälle unterschieden werden:

- Es besteht die Aussicht, dass Gesundheitsschäden gegenüber dem Istzustand reduziert werden können als Folge von Lärmbekämpfungsmassnahmen, die zu einer Verminderung der Immissionspegel führen. Dann kann nach dem Wert dieser Gesundheitsverbesserung gefragt werden. Oder man kann fragen, was für eine Kompensation nötig wäre, um den Negativ-Wert eines Verzichts auf diese Gesundheitsverbesserung auszugleichen.
- Es besteht die Aussicht, dass Gesundheitsschäden ansteigen als Folge eines erhöhten Schallpegels, verursacht durch Zusatzverkehr oder Zusatzemissionen. Dann kann man nach der Kompensation fragen, die nötig wäre, um den Negativ-Wert dieser erwarteten Gesundheitsverschlechterung auszugleichen. Oder man kann fragen, was der Wert einer Verhinderung dieser Gesundheitsverschlechterung wäre.

Versucht man bei den vorgenannten vier Fragestellungen den Wertzuwachs respektive die Kompensation für die Wertreduktion in Geldeinheiten auszudrücken, so kommt man auf die Zahlungsbereitschaften WTP und die Bereitschaften, Kompensation anzunehmen WTA, die schon in Tabelle 2 (Kapitel 3.3) dargestellt worden

¹⁰ Wobei die reale Rate, also die um die Inflation (im Gesundheitsbereich) korrigierte Rate eingesetzt werden sollte.

sind. Werden Methoden der contingent valuation zur Ermittlung der Geldbeträge eingesetzt, so geschieht dies vorwiegend für die Felder 1 und 4 von Tabelle 2, das heisst, WTP-Studien fragen nach dem Geldäquivalent für den Wert einer Verbesserung, und WTA-Studien fragen nach einem Geldäquivalent für die Kompensation einer Verschlechterung.

Im Hinblick auf die obenerwähnte Eigenschaft von Menschen, den Wert von Verbesserungen weniger stark zu gewichten als den Negativ-Wert von Verschlechterungen, ergibt sich die Vermutung, dass WTA-Geldbeträge in der Tendenz höher sind als WTP-Geldbeträge für vergleichbare Veränderungen. In der Tat finden O'BRIEN et al. (2002) in einem Review publizierter Studien WTA/WTP Verhältnisse von 3.2 bis 89.4 im Umweltbereich (n=7), 1.9 bis 6.4 im Gesundheitswesen (n=2), 1.1 bis 3.6 in Sicherheitsstudien (n=4) und 1.3 bis 2.6 in anderen experimentellen Studien (n=7).

Neben diesem Besitzwahrungseffekt wird auch das Argument angeführt, dass bei WTA-Studien häufig Messfehler entstehen, weil WTA-Fragen verglichen mit WTP-Fragen noch in gesteigertem Mass hypothetisch sind, da z.B. unklar bleibt, wer für die ermittelten Beträge aufkommen muss, und da bei WTA-Fragesituationen oft kein gleichwertiges Substitut zur Verfügung steht. WTA-Geldbeträge können auch deshalb höher sein als WTP-Geldbeträge, weil bei WTP-Studien die von Teilnehmern genannten Zahlungsbereitschaften als ungültig ausgeschieden werden, wenn sie im Vergleich zu deren Einkommen und Vermögen zu hoch erscheinen, während bei WTA diese Beschränkung wegfällt¹¹. Für weitere Ursachen höherer WTA-Beträge siehe MITCHELL & CARSON (1989).

Angesichts der Diskrepanz von Geldäquivalenten aus WTP- oder WTA-Studien und dem Umstand, dass ein Teil dieser Unterschiede vom Besitzwahrungseffekt herrührt, schlagen O'BRIEN et al. (2002) vor, dass bei Kosteneffizienzstudien im Gesundheitsbereich mit zwei Grenzwerten operiert werden soll. Der Wert eines gewonnenen QALY wäre dann z.B. \$50'000 und jener eines verlorenen QALY z.B. \$100'000.

Neben WTP- und WTA-Studien, die auf Befragungen basieren, werden in Kapitel 5 dieser Arbeit für die Bestimmung des Geldäquivalents der Lärmschäden auch Daten von realen Markttransaktionen, nämlich dem Wohnungs-, Arbeits-, Gesundheits- und Kosmetikmarkt verwendet. Dabei können die gefundenen Mietabschläge für belärmte Wohnungen und die Risikozuschläge für riskantere Berufstätigkeiten nicht eindeutig einem Gewinn oder Verlust von Gesundheit zugeordnet werden, da die Regressionsrechnung nicht aufdeckt, dass sich gewisse Akteure für höheren Lärm

¹¹ Es kann nun argumentiert werden, dass es für Umweltgüter (im Gegensatz zu Konsumgütern) keine Rolle spielen darf, wie viel frei verfügbares Einkommen ein befragtes Individuum zur Verfügung hat. Somit wäre WTA die angemessenere Befragungsvariante. Wenn jedoch unklar bleibt, woher die genannte Kompensationssumme kommt und wie diese anderen Konsum verhindert, besteht die Gefahr, dass die von den Befragten genannten Beträge nicht dem realen Gegenwert von Geld entsprechen, sodass diese Aussagen nicht mit tatsächlichen Transaktionen verglichen werden können.

(respektive höhere Arbeitsplatzrisiken) durch tiefere Mieten (respektive höhere Saläre) kompensieren lassen, während andere Akteure wiederum mehr Geld ausgeben für ruhigen Wohnraum oder weniger Salär akzeptieren für Risikoreduktion. In diesen Fällen ist somit keine eindeutige Zuordnung in die 4 Felder von Tabelle 2 möglich.

Aufgrund der grossen vorgefundenen Unterschiede bei den Ergebnissen von Studien mit contingent valuation wird in Kapitel 5.7 lediglich eine Unterscheidung der beiden Fälle «Gewinn von DALYs und Verlust von DALYs» gemacht.

4.5 Ethische Aspekte von contingent valuation CV als Methode für Bewertung von Umweltgütern oder von Gesundheit

Contingent valuation als Methode, die durch Befragen einer Stichprobe von Personen herausfinden will, wieviel Geld ein bestimmtes, zunächst einmal nicht real verfügbares Gut diesen Personen wert wäre, entstammt dem Bereich der Marktforschung. Dort geht es darum, zuhanden einer gewinnorientierten Unternehmung schon vor der Fertigstellung eines neuen Produkts herauszufinden, was die Marktteilnehmer für dieses mit einem bestimmten Eigenschaftenbündel ausgestattete Gut wohl bezahlen würden, falls es auf den Markt käme. Damit verbessern die CV-Ergebnisse die Grundlagen für eine unternehmensinterne Planung der Verkaufspreise und Absatzmengen des künftigen Produkts.

Es ist begrüssenswert, dass etwa seit 1970 versucht worden ist, das Instrument contingent valuation auch einzusetzen, um bei Umweltgütern wie Luftqualität, Gewässerqualität, Ruhe, Biodiversität, etc., oder auch beim teilweise von Qualitätszustand der Umweltgüter abhängigen Gut «Gesundheit», die Höhe der in Geldeinheiten ausgedrückten Wertschätzung durch die Bevölkerung zu erfragen. Dabei wurde die Methodik von contingent valuation im allgemeinen unverändert übernommen und nicht dem Umstand angepasst, dass es bei einer Bewertung der vorgenannten Güter um etwas grundsätzlich anderes geht als bei der Bewertung üblicher kommerzieller Güter wie Kaugummi, Waschpulver und Autos. Es treten daher beim Einsatz von contingent valuation im hier interessierenden Kontext von Lärmbelastung und Gesundheitsbeeinträchtigungen einige Probleme ethischer Art auf:

- Nichtberücksichtigung der Protestierer: Wer der Meinung ist, Gesundheit oder Ruhe, respektive die Beeinträchtigung der Gesundheit oder das Ertragen von Lärm könne nicht angemessen in Geldeinheiten ausgedrückt werden, wird zu einer Protesthandlung neigen, wenn er als Befragter an einer CV-Studie mitwirken soll. Diese Verweigerung kann sich ausdrücken in einer Nicht-Beantwortung der Fragebogen-Fragen, oder in der Nennung von extremen Geldwerten in der zentralen Frage nach der Zahlungsbereitschaft. Solche Meinungsäusserungen werden in der Praxis der CV-Studien üblicherweise als «unbrauchbar» ausgeschieden und kommen im zentralen Ergebnis der Studie nicht mehr zum Ausdruck. Aus ethischer Sicht ist es problematisch, dass in CV-Studien die Meinungen der monetarisierungswilligen Personen stärker zum Ausdruck kommen als die Meinungen der monetarisierungskritischen Personen.

- Beschränkte Berücksichtigung der Armen: Bei CV/WTP-Studien gilt, dass die sogenannte Budget-Restriktion zu berücksichtigen ist: Wenn jemand als Geldäquivalent für gute Gesundheit oder gute Umweltqualität einen Betrag angibt, der im Vergleich zu seinen finanziellen Verhältnissen «zu hoch» ist, so wird diese Meinung als «unbrauchbar» erklärt und für die statistische Auswertung nicht mitberücksichtigt. Die erklärte *Zahlungswilligkeit* für das hypothetische Gut wird also ignoriert, sofern sie nicht von einer realen *Zahlungsfähigkeit* begleitet ist. Dies ist plausibel bei Marktstudien für ein Gut wie Kaugummi, aber ethisch problematisch bei Umweltgütern und der von ihnen ausgehenden Gefährdung von Gesundheit.
- Teilweise Nicht-Berücksichtigung von Personen mit geringerem abstraktem Denkvermögen: Die im Rahmen von CV-Studien befragten Personen werden bezüglich ihrer Fähigkeit zu abstraktem Denken stark beansprucht, wenn sie die vorgelegten Informationen zum hypothetischen Markt zur Kenntnis nehmen und bei der Beantwortung der gestellten Fragen ständig im Auge behalten sollen. Wenn man die entsprechenden Informationen an die Befragten etwa mit den Aufgabestellungen zur PISA-Studie (PISA 2002) vergleicht, so kommt man leicht zum Schluss, dass die Mehrheit der Befragten die bei CV-Studien typischerweise dargebotene Information zum hypothetischen Markt nicht ausreichend absorbieren konnte. Es gehört nun aber zu einer schulgemässen Durchführung von CV-Studien, den sogenannten «hypothetic bias» zu reduzieren, indem mittels Kontrollfragen im Fragebogen diejenigen Teilnehmer identifiziert werden, welche die dargebotene Information nicht verstanden haben. Soweit auch eine allfällige Nach-Belehrung nichts bringt, werden die Zahlungsbereitschaften der entsprechenden Teilnehmer als «unbrauchbar» eliminiert und für die statistische Auswertung ausser Acht gelassen. Allerdings ist die Kontrollspanne der «Prüfungsfragen» in der Praxis so beschränkt, dass ein Nichtverstehen des hypothetischen Markts durch die Befragungsteilnehmer nur in beschränktem Umfang entdeckt werden dürfte. Trotzdem liegt ein ethisches Problem insofern vor, als in den CV-Studien durch die Ausscheidung der «Nichtversther» die Meinung von Personen mit überdurchschnittlichem abstraktem Denkvermögen stärker zum Ausdruck kommt als die Meinung schwächerer Mitbürger.
- Die Frage der Berücksichtigung der Meinungen direkt Betroffener: In CV-Studien wird die Auswahl der befragten Personen im allgemeinen so getroffen, dass die Gruppe der Befragten möglichst repräsentativ ist für die Gesamtbevölkerung des betrachteten geographischen Raums. Das heisst, dass typischerweise der Anteil der besonders von einem Krankheitsrisiko oder einer Umweltverschlechterung Betroffenen klein ist und in der resultierenden durchschnittlichen Zahlungsbereitschaft nur in geringem Mass zum Ausdruck kommt. Dies ist zwar durchaus vertretbar. Aber es ist immerhin bemerkenswert, dass im Gegensatz dazu bei der Festlegung von Grenzwerten in der Umweltschutzgesetzgebung die Schutzinteressen der besonders Gefährdeten (Schwangere, Alte, etc.) besonders beachtet werden (vergleiche hierzu Artikel 13.2 des schweizerischen Bundesgesetzes über den Umweltschutz). Da in der politischen Praxis die Monetarisierung von Umweltschäden und Erkrankungsrisiken zur Schaffung von marktwirtschaftlichen Anreizen verwendet wird, welche von einzelnen Gruppierungen als

wünschenswerte Alternative zu den «starren» Immissions-Grenzwerten propagiert werden, stellt sich hier das ethische Problem, wessen Werte bei der Bewertung von Umweltschädigungen und Krankheitsrisiken zum Ausdruck kommen sollen: Sollen es wie bei CV die Werte eines repräsentativen Bevölkerungsdurchschnitts sein, oder sollen wie bei der Grenzwertfestlegung die Werte der besonders Betroffenen besonders berücksichtigt werden?

Betrachtet man im Lichte der vorstehend aufgeworfenen ethischen Probleme das Vorgehen bei der Festlegung von disability weights DW im Rahmen des DALY-Konzepts (MURRAY & LOPEZ 1996; STOUTHARD et al. 1997), so kommt man zum Schluss, dass bei der Ermittlung von disability weights keinerlei methoden-bedingte Hintanstellung der Gesichtspunkte der Monetarisierungs-Skeptiker, der Armen, der intellektuell Schwächeren und der direkt Betroffenen vorliegt, im Gegensatz zur Praxis der Monetarisierung mit contingent valuation. Das bedeutet nicht, dass die Anwendung von CV-Methoden ausserhalb der kommerziellen Marktforschung aus ethischen Gründen rundweg abzulehnen wäre, und dass für die Wertsetzung im Gesundheitsbereich zum vorneherein HALY-Systeme zu bevorzugen wären: Bei ethischen Fragen gibt es nicht «richtig» und «falsch». Postuliert werden muss hingegen als Minimum, dass bei der Publikation und Verwendung von CV-Ergebnissen explizit auf die implizierten Werturteile und ethisch relevanten Entscheide hingewiesen wird. Es ist inakzeptabel, diese hinter der Wissenschaftlichkeit der Studien zu verstecken.

4.6 Weitere Aspekte des Nutzentransfers

PEARCE (2000) nennt neben den vorstehend diskutierten Themen eine Reihe weiterer Kontextfaktoren, die berücksichtigt werden sollten, wenn man Geldäquivalente von Nutzen oder Schäden aus einer bestimmten Monetarisierungsstudie in einen zeitlich, räumlich oder sachlich anderen Kontext übernehmen will («Nutzentransfer»). Ob und wie diese weiteren Faktoren im konkreten Einzelfall berücksichtigt werden müssen, wird in Kapitel 5 für die einzelnen gewählten Transferansätze diskutiert. An dieser Stelle soll lediglich beachtet werden, welche Bedingungen für die Zulässigkeit eines Nutzentransfers der Kontext der lärmbedingten Gesundheitsstörungen generell stellt.

Art und Grösse des Gutes Darunter wird unter anderem verstanden, ob es sich um gleiche oder ähnliche Krankheiten handelt, ob die Zeitdauer der Krankheiten vergleichbar ist und ob die Ursache vergleichbar ist bezüglich Selbstbestimmung oder Fremdbestimmung aus Sicht des Betroffenen. Bei den hier zu bewertenden Kommunikations- und Schlafstörungen handelt es sich um andauernde Störungen von leichtem Schweregrad ohne erwiesene vorzeitige Todesfolge. Die Ursache ist extern gegeben und somit nicht unter eigener Kontrolle der Betroffenen; allerdings können diese in beschränkter Masse durch bauliche Massnahmen oder durch Umzug die Lage selber beeinflussen. Solche Beeinflussungs-Massnahmen stehen allerdings nicht allen sozioökonomischen Bevölkerungsgruppen zur Verfügung. HOFSTETTER & NORRIS

(2003) und ROWLATT (1998) finden als Median bisheriger Untersuchungen einen Faktor von zwei für die Höherbewertung von unfreiwilligen und unkontrollierbaren Ereignissen, wobei aber andere Autoren auch Faktoren 10 oder 100 anführen.

**Risikoreduktion
versus Dauer**

Bei lärmbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen geht es nicht um ein Risiko mit (geringer) Eintrittswahrscheinlichkeit, sondern um andauernde Zustände für eine grosse Zahl von Bewohnern. Studien, die den Wert von Risikoreduktion bestimmen, können daher nicht direkt übertragen werden. Es werden hier keine Korrekturfaktoren vorgeschlagen, sondern es wird lediglich festgehalten, dass dies zwei verschiedene Güter sind, was Unterschiede bei den gefundenen monetären Werten miterklären kann.

Gesundheitszustand

Ob das WTP kranker Personen niedriger, gleich oder höher als jenes gesunder Personen ist, ist gemäss PEARCE (2000) unklar. Gewisse Untersuchungen kommen zum Schluss, dass die gleiche Krankheit von Betroffenen als weniger schwerwiegend eingeschätzt wird als von nicht Betroffenen (e.g. DE WIT et al. 2000); dies steht allerdings nicht im Gegensatz zur Annahme, dass Betroffene für eine Gesundheitsverbesserung mehr bezahlen würden, falls diese medizinisch wirklich machbar wäre. Da die in dieser Studie verwendeten disability weights durch Experten geschätzt wurden und die Abhängigkeit des WTP vom Krankheitszustand als unklar gilt, muss dieser Aspekt hier nicht weiter verfolgt werden.

Geschlecht

Es ist unklar, ob bei der Nennung von WTP-Geldbeträgen signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede bestehen. Bei Studien nach der Methode contingent valuation, wo Frauen oft höhere WTP zeigen, muss beachtet werden, dass die Risikoreduktion bei diesen oft auch kleiner ist (siehe Kapitel 5.2.3). Bei den wage-risk Studien, wo Männer oft höhere WTA zeigen, muss beachtet werden, ob bei Frauen allenfalls zusätzliche Variablen, wie Teilzeitarbeit, zuwenig berücksichtigt werden. Da Männer und Frauen in gleichem Masse von Lärmstörungen betroffen sind, unterscheiden wir hier nicht nach Geschlecht.

Betroffene Dritte

Verschiedene Studien (siehe PEARCE 2000) zeigen, dass die geäusserte Zahlungsbereitschaft WTP für eine Vermeidung des eigenen Todes eher kleiner ist als jene für die Vermeidung des Todes von Familienmitgliedern oder Befreundeten. Würden alle Verwandten und Bekannten berücksichtigt, so könnte sich sogar ein erheblich höheres altruistisches WTP ergeben als das individualistische WTP. Für die Methode, die den statistischen Wert eines Lebens auf DALYs umrechnet (Kap. 4.4), könnte dieser Aspekt relevant werden. Auf eine Quantifizierung wird hier jedoch verzichtet.

Zusammenfassend zeigen die hier und im ganzen Kapitel 4 diskutierten Aspekte, dass für die Übertragung von monetären Werten nicht nur der Art der Krankheit und ihres Schweregrades Rechnung getragen werden muss, sondern dass überdies die Charakteristika der betroffenen Personen (Alter, Gesundheitszustand, verfügbares Einkommen), der Kontext (Gesundheitszuwachs oder -verlust, andere betroffene Personen, Freiwilligkeit) und die angewandten Methoden eine wichtige Rolle spielen. Da der Stand des Wissens für solche Transfers beschränkt ist, ja zum Teil

nicht einmal das Vorzeichen mit Sicherheit bekannt ist, müssen die in den folgenden Kapiteln vorgenommenen Übertragungen von Geldäquivalenten aus verfügbaren Untersuchungsergebnissen auf die hier interessierenden verkehrslärmbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen als grobe Abschätzungen verstanden werden. Nur Primärstudien für die einzelnen lärmbedingten Krankheiten könnten präzisere Geldäquivalente erbringen.

5 Vorschlag für Monetarisierung von strassenlärmbedingter Schlaf- und Kommunikationsstörung für die Schweiz

Hier sollen nun die in Kapitel 3.4.1 genannten Zugänge zur Lösung des Problems einer Monetarisierung der strassenlärmbedingten Gesundheitsstörungen besprochen und im Licht der Erkenntnisse von Kapitel 4 beurteilt werden. Daraus soll eine beste Abschätzung als Vorschlag für diese Monetarisierung entwickelt werden.

5.1 Berechnung via Lärmabhängigkeit des Mietzinses

Aus Kapitel 3.4.2 dieser Studie kann entnommen werden, dass in schweizerischen oder Schweiz-ähnlichen Verhältnissen die Marktpreise für Wohneinheiten (Käufe oder Mieten von Wohnungen oder Häusern) signifikant abhängig vom strassenlärmbedingten Dauerschallpegel an der Gebäude-Aussenwand sind. Der Marktpreisabschlag liegt pro zusätzlichem dB(A) im Bereich von 0.6 bis 1.2%, oder grob gesprochen bei 1%. Obschon zu vermuten ist, dass der prozentuale Preisabschlag pro dB mit steigendem Schallpegel überproportional zunimmt, erscheint die lineare Approximation innerhalb eines begrenzten Bereichs der Dauerschallpegel vertretbar. Als praktische Obergrenze dieses Gültigkeitsbereichs kann 75 dB(A) genommen werden, weil im Sektor Strassenlärm dieser Pegel in den wenigsten Fällen überschritten wird (vgl. MÜLLER-WENK 2002: 29). Eine Untergrenze des Gültigkeitsbereichs muss jedenfalls dort angenommen werden, wo eine weitere Schallpegelsenkung nach aller Erfahrung nicht mehr als Qualitätsverbesserung für eine Wohnlage empfunden wird: Dieser Punkt kann nicht wesentlich unterhalb von 50 dB(A) TAGS liegen, was dem Planungswert TAGS für Zonen der höchsten Empfindlichkeitsstufe I gemäss schweizerischer Lärmschutzgesetzgebung entspricht (Lärmschutzverordnung Anh. 3 und Art.43). Ein Schallpegel von 50 dB(A) entspricht ungefähr einem leisen Sprechen und hat auch bei Aufenthalt im Freien gemäss WHO Guidelines nur noch «moderate annoyance» zur Folge (BERGLUND et al 2000: 45). Allerdings wird bei WEINBERGER (1991: 182) eine Zahlungsbereitschaft für weniger Lärm sogar bis etwa 40–45 dB(A) TAGS hinunter festgestellt.

Welcher Grund liegt hinter dem empirisch beobachteten Preisabschlag für lärmbelastete Wohneinheiten? Da das Objekt physisch durch den Lärm nicht beschädigt wird, kann der Preisabschlag nur begründet sein in den lärmbedingt verschlechterten Gebrauchseigenschaften aus der Sicht der Gebäudebewohner. Entweder wirken diese Bewohner bei der Markttransaktion selbst mit (Abschluss eines Mietvertrags oder Kauf eines selbstbewohnten Hauses), oder die mutmassliche Beurteilung durch die Bewohner wird von den Teilnehmern der Markttransaktion im Auge behalten (Kauf eines Mietshauses).

Man kann davon ausgehen, dass aus der Sicht des Gebäudebewohners die strassenlärmbedingte Verschlechterung der Gebrauchseigenschaft der Wohneinheit darin zum Ausdruck kommt, dass er eine Beeinträchtigung des gesundheitlichen Wohlbefindens feststellt oder befürchtet: Der Lärm kann nachts zu einer Beeinträchtigung des Schlafs führen, während er tagsüber Störungen der Kommunikation und der Kontemplation zur Folge hat. Dies ist allgemein bekannt. Demgegenüber sind die

weiteren gesundheitlichen Wirkungen des Lärms gemäss WHO Guidelines, wie sie zu Beginn von Kapitel 3.1 angeführt worden sind, weniger bekannt: Es ist demzufolge nicht anzunehmen, dass der Mieter oder Käufer beim Aushandeln der Vertragsbedingungen an die Möglichkeit von lärmbedingten Herzinfarkten oder psychischen Störungen denkt, oder an die Möglichkeit von Produktivitätseinbussen zulasten seines Arbeitgebers. Das bedeutet, dass als Ursache für die im Markt beobachtbaren Preisabschläge bei lärmexponierten Wohnbauten vor allem die Schadenskomponente A1 aus Tabelle 1 in Frage kommt, und zwar für Schlafstörungen und Kommunikationsstörungen.

Offen bleibt freilich die Frage, ob der von den Bewohnern wahrgenommene oder befürchtete intrinsische Schaden aus Schlaf- und Kommunikationsstörungen genau dem lärmbedingten Preisabschlag für die Wohneinheit entspricht. Dies ist sicher in Frage gestellt, wenn der Markt nicht funktioniert, beispielsweise wegen fehlender Information, ungenügendem Angebot oder staatlicher Regulierung. Wir gehen hier einmal von der Annahme aus, dass der Preisabschlag von rund 1% des Kauf- oder Mietpreises pro 1 dB dem Minder-Gebrauchswert aus der Sicht der Gebäudebewohner ungefähr entspricht. Diese Annahme wird gestützt durch den in Kapitel 3.4.2 beschriebenen Umstand, dass der genannte Preisabschlag von rund 1% pro dB sowohl aus Mietzinsanalysen (hedonische Preisbildung) als auch aus CV-Studien hervorgeht.

Da nun eine Aussage über den Wertverlust von Wohneinheiten pro zusätzliches dB (zusätzlich gegenüber einem gerade noch nicht-wertmindernden dB-Schwellenwert von 45–50 dB) des Dauerschallpegels an der Gebäude-Aussenwand verfügbar ist, so kann anhand der Aufteilung der schweizerischen Wohneinheiten auf die Strassenlärm-Pegel sowie der absoluten Preishöhe der Wohneinheiten der strassenlärmbedingte Wertverlust aller Wohneinheiten in der Schweiz berechnet werden. Daraus kann man auch bestimmen, wie hoch der marginale Wertverlust aller Wohneinheiten ist, wenn der Dauerschallpegel auf dem ganzen Strassennetz um 1 micro-dB ansteigt. Dieser Wertverlust kann in Bezug gesetzt werden zum charakteristischen Mix an Verkehrsleistungen in Fahrzeug-Kilometern TAGS und NACHTS der Strassenfahrzeuge Kategorie 1 (PW etc.) und Kategorie 2 (LKW etc) in der Schweiz. Für diesen charakteristischen Verkehrsmix kann nach MÜLLER-WENK (2002) einerseits der Gesundheitsschaden in der Dimension DALY/Jahr errechnet werden, andererseits aber auch die marginale Erhöhung des Dauerschallpegels in micro-dB über das gesamte Strassennetz der Schweiz. Aus der Verknüpfung dieser Ergebnisse lässt sich das CHF-Äquivalent von 1 DALY ermitteln, und die weitere Multiplikation mit den disability weights für Schlafstörung und Kommunikationsstörung führt zum Geldäquivalent in CHF von 1 Fall Schlafstörung während eines Jahres oder 1 Fall Kommunikationsstörung während eines Jahres.

Die entsprechende Berechnung für die Schweiz im Jahr 1995 ergibt sich wie folgt:

- Aufgrund der in MÜLLER-WENK (2002, Box 6 S. 29) dargestellten Daten ergibt sich, dass die TAGS oberhalb von 50 dB(A) mit Strassenverkehrslärm belasteten Wohneinheiten (total 1'900'000 Wohneinheiten auf die Schweiz hochgerechnet)

im gewichteten Durchschnitt einen um 7,5 dB höheren Pegel aufweisen als der Schwellenwert 50 dB, unterhalb dessen der Wohneinheitspreis als nicht mehr lärmabhängig angenommen werden kann. Wir nehmen vereinfachend an, es handle sich hier ausschliesslich um Mietwohnungen und nicht um Eigentumswohnungen oder selbstbewohnte Häuser. Gemäss Statistischem Lexikon der Schweiz (STATL 2002) betrug im Jahr 1996 der Monatsmietzins ohne Nebenkosten, über die ganze Schweiz und alle Wohnungsgrössen gemittelt, 1036 CHF, oder 12'432 CHF pro Jahr. Da bei dieser Erhebung der Ist-Mietzinsen die lärmbedingten Mietzinsreduktionen natürlich schon inbegriffen sind, wäre der Durchschnitts-Mietzins vor Lärmabzug für die belärmten Wohnungen etwas höher, falls man diese im übrigen als vergleichbar zur Gesamtheit der Wohnungen ansieht. Nimmt man an, dass die tagsüber oberhalb von 50 dB mit Strassenlärm belasteten Wohnungen (etwa die Hälfte der schweizerischen Gesamtwohnungszahl) lärmbedingt etwa 7,5 dB mal 1% billiger sind als die Gesamtheit der Wohnungen, sonst aber vergleichbar mit der Gesamtheit, so beträgt der mittlere Jahresmietzins der Wohnungen vor Lärmabzug etwa $12'432/0.9625 = 12'916$ CHF. Wir nehmen aufgrund der publizierten Monetarisierungsstudien einen linearen Mietzins-Abschlag von 1% pro 1 dB oberhalb der Schwelle 50 dB an. Beträgt also der Mietzinsabschlag pro 1 dB 1% des Jahresmietzinses von 12'916 CHF, und weisen die 1'900'000 Wohnungen oberhalb 50 dB (tags) im gewichteten Mittel zusätzliche 7,5 dB Strassenverkehrslärm auf, so errechnet sich der Mindermietzins Schweiz wegen Strassenverkehrslärm zu $12'916 * 7,5\% * 1'900'000 = 1'840$ Mio CHF. Dieser Betrag ist merklich höher als der Mietzinsabschlag pro 1993 von 874.4 Mio Fr, welcher in NEUENSCHWANDER & SOMMER (1998: 91) für die ganze Schweiz ermittelt wurde. Es ist aber zu beachten, dass diese Gesamtsumme stark von der Höhe des Schwellenpegels abhängig ist und damit angesichts des Ermessensspielraums bei der Ansetzung des Schwellenpegels nur mit grosser Unsicherheit zu bestimmen ist.

- Verursacher dieses errechneten Mietzinsabschlages sind die geleisteten Fahrzeug-km der Kategorien 1(PW etc.) und 2 (LKW etc.), und zwar sowohl die NACHTS (22 bis 6 Uhr) als auch die TAGS (6 bis 22 Uhr) gefahrenen Fahrzeug-Kilometer. Dies gilt ungeachtet der Tatsache, dass die Lärm-Monetarisierungsstudien auf Basis des Mietzinses vielfach nur den tagsüber geltenden Schallpegel explizit einbeziehen. Im Sinne einer marginalen Betrachtungsweise kann gesagt werden, dass das «oberste» micro-dB an Strassenverkehrslärm für die ganze Schweiz einen Mietzinsabschlag von $12'916 * 0.000001\% * 1'900'000 = 245.4$ CHF auslöst. (Bei einem Erhöhen des Schwellenpegels für die lärmbedingte Mietzinsabhängigkeit von 50 auf 55 dB würde dieser Betrag nach gleicher Berechnungsart auf 136 CHF sinken; umgekehrt würde bei einem Absenken des Schwellenpegels von 50 auf 43 dB dieser Betrag auf 387 CHF angehoben).
- Beim bestehenden Verkehrsmix kann gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung Anhang 3 angenommen werden, dass sich 1000 Fahrzeug-Kilometer auf dem Schweizerischen Strassennetz ungefähr wie folgt aufteilen: 835 km Fahrzeug-Kategorie 1 TAGS, 68 km Kategorie 1 NACHTS, 93 km Kategorie 2 TAGS, 4 km Kategorie 2 NACHTS. Für diesen Mix von Fahrzeug-Kilometern

ergibt sich durch Ausmultiplizieren mit den Faktoren nach MÜLLER-WENK (2002, Box 5 S.27) eine rechnerische Erhöhung des Jahresmittelungspegels über das ganze Schweizer Strassennetz wie folgt:

Pegelerhöhung in micro-dB TAGS
 $= 0.835 \cdot 0.050 + 0.093 \cdot 0.50 = 0.08825$ micro-dB

Pegelerhöhung in micro-dB NACHTS
 $= 0.068 \cdot 0.86 + 0.004 \cdot 8.4 = 0.09208$ micro-dB

Diese gesamtschweizerische Erhöhung des jahresgemittelten Schallpegels beträgt also TAGS und NACHTS etwa 0.09 micro-dB, und dieser Schallpegelerhöhung ist rechnerisch ein Jahres-Mietzinsabschlag von $0.09 \cdot 245.4$ CHF zuzuordnen, also 22.09 CHF pro Jahr.

- Weiter kann man nun auch den vom vorgenannten Mix an Fahrzeug-Kilometern verursachten Gesundheitsschaden in Form von tagzeitlichen Kommunikationsstörungen und nächtlichen Schlafstörungen ermitteln; im Vergleich dazu wäre die Höhe des Gesundheitsschadens in Form von lärmbedingten Herzinfarkten unbedeutend und kann hier weggelassen werden (MÜLLER-WENK 2002: 52). Der Gesundheitsschaden beträgt demnach:
 $= 0.835 \cdot 0.00013 + 0.093 \cdot 0.0013 + 0.068 \cdot 0.0027 + 0.004 \cdot 0.026 = 0.0005170$ DALY
- Nachdem nun ein Gesundheitsschaden von 0.0005170 DALY einen Mietzinsabschlag von 22.09 CHF pro Jahr auslöst, können gestützt auf die disability weights von Schlafstörung und Kommunikationsstörung (MÜLLER-WENK 2002: **Box 14**) die Geldäquivalente für diese Gesundheitsstörungen bestimmt werden:

Tabelle 5: Geldäquivalente für Schlaf- und Kommunikationsstörungen aus Mietzins-Analysen Teuerungsstand 1996.

Art der Gesundheitsstörung	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF
Schlafstörung während 1 Jahr:	$0.055 / 0.0005170 \cdot 22.09$ CHF	2350
Kommunikationsstörung während 1 Jahr	$0.033 / 0.0005170 \cdot 22.09$ CHF	1410
Das Geldäquivalent von 1 DALY beträgt:	$1 / 0.0005170 \cdot 22.09$ CHF	42'727

Dieses Ergebnis bedeutet, dass die Absenz von verkehrslärm-bedingter Schlafstörung während eines Jahres mit einem Geld-Äquivalent von 2350 CHF bewertet wird (Kommunikationsstörung mit 1410 CHF), wenn man von der Annahme ausgeht, dass ein Mietzinsabschlag von 1% pro 1 dB Lärmpegelerhöhung bei Wohnungen oberhalb des Schwellenpegels von 50 dB TAGS genau den von den Bewohnern befürchteten oder erlittenen Gesundheitsschäden in Form von nächtlicher Schlafstörung und tagzeitlicher Kommunikationsstörung entspreche. Die Geldwerte beziehen sich auf den Inflationsstand 1996.

Zur Interpretation dieser Ergebnisse ist zu beachten

- Die vorstehenden Zahlen basieren auf der Annahme, dass die lärmbedingte Preisabhängigkeit für Wohneinheiten vom Schwellenpegel 50 dB an aufwärts

gegeben ist, wodurch in der Schweiz 1.9 Mio Wohneinheiten bei einer Pegelerhöhung einem Preisabschlag ausgesetzt sind. Würde man demgegenüber annehmen, erst ab Schwellenpegel 55 dB (Planungswert für normale Wohnzonen in der Schweiz) existiere die lärmbedingte Preisabhängigkeit, so wären noch 1.1 Mio Wohneinheiten betroffen, und die vorstehend errechneten Geldäquivalente würden rund auf die Hälfte reduziert. Ginge man umgekehrt so weit, dass man entsprechend der Zahlungsbereitschaftskurve von WEINBERGER (1991: 182) schon ab Ist-Schallpegeln von 43 dB TAGS eine ansteigende Zahlungsbereitschaft der Mieter für weniger Lärm annähme, so würden die vorstehend errechneten Geldäquivalente um etwa 50% ansteigen. Es gibt aber gute Gründe, einen Schwellenpegel von 50 dB TAGS als am angemessensten zu betrachten, und in den Schwellenpegeln von 55 dB TAGS und 43 dB TAGS obere und untere Extremwerte zu sehen.

- Wir beurteilen die Resultate aufgrund des angewandten Berechnungsgangs als ziemlich vertrauenswürdig. Die Höhe des Preisabschlages pro dB zusätzlichem Lärm ist relativ gut abgesichert, weil sie sowohl durch hedonische Preisbildung wie auch contingent valuation gestützt wird, sodass die Unzulänglichkeiten der beiden Methoden im konkreten Fall etwas an Bedeutung verlieren. Die Verwendung gesamtschweizerischer Durchschnittsmieten für die spezielle Gruppe der lärmbelasteten Wohneinheiten ist nicht unbedenklich; der dadurch entstehende Fehler dürfte sich aber in vertretbarem Rahmen halten, weil lärmbelastete Wohnlagen häufig auch zentrale Wohnlagen sind, bei denen einem lärmbedingten Minderwert ein Verkehrsgunst-bedingter Mehrwert entgegensteht. Es gibt daher keinen ausreichenden Grund zur Annahme, die Durchschnittsmiete der Wohneinheiten mit Schallpegel oberhalb 50 dB sei erheblich tiefer als die Durchschnittsmiete aller Wohneinheiten. Anlass zu Skepsis bieten könnte der hier durchgeführte Übergang von den lärmbedingten Mietzinsabschlägen pro 1000 km Strassenverkehrsmix zu den Fallzahlen und DALY-Werten von Kommunikations- und Schlafstörung. Man kann fragen, ob die Leute wirklich gerade diese zwei Arten gesundheitlicher Beeinträchtigung vor Augen haben, wenn sie einem Mietvertrag zustimmen oder Auskünfte an Befrager geben. Wir vertreten hier die Meinung, dass die Leute natürlich den WHO-Katalog der Lärmwirkungen auf die Gesundheit nicht kennen und den Lärm eher als ärgerlich und lästig («annoyance») empfinden, und nicht als krankheitsverursachend. Aber aus all den Äusserungen der Lärmbetroffenen ergibt sich eben doch, dass die Folgen der Lärmbelastung sich auf wahrgenommene Störungen oder Belästigungen beim Schlafen, Telefonieren, Musikhören, Plaudern, beim konzentrierten Nachdenken und beim entspannten Nachsinnen – und nicht auf etwas anderes beziehen. Das Zusammenfassen dieser Erscheinungen unter den auch medizinisch einigermassen fassbaren Begriffen Schlafstörung und Kommunikationsstörung erscheint daher als ein vertretbares Vorgehen.
- Die errechneten Geldäquivalente für verkehrslärmbedingte Schlaf- und Kommunikationsstörung verstehen sich als marginale Kosten bei kleinen Erhöhungen der Schallpegel über die Ist-Pegelwerte von 1995 hinaus. Es ist zu beachten, dass Lärmerzeugung und Lärmwirkungen eine erhebliche Nicht-Linearität aufweisen: Ginge man von einem Null-Verkehr aus, so würden die ersten 1000

Fahrzeugkilometer zwar Lärm erzeugen, aber noch gar keine Gesundheitsschäden und kein von Null verschiedenes Geldäquivalent für diese. Wenn der Verkehr nach 1995 weiter zunimmt, so steigen zwar die Schallpegel unterproportional, aber dies führt wohl kaum zu geringeren Geldäquivalenten pro Fall, weil bei den heute erreichten Schallpegeln die gesundheitlichen Schadwirkungen in der Tendenz mehr als proportional zuzunehmen beginnen.

- Zu beachten ist, dass die vorstehenden Berechnungen lediglich das Geldäquivalent derjenigen Schadens-Positionen (vgl. Tab. 1) darstellen, die bei den lärmbeeinträchtigten Bewohnern selbst anfallen und empfunden werden. Dies ist in erster Linie der intrinsische Wert des lärmbedingt reduzierten gesundheitlichen Wohlbefindens (Integritätsverlust, Zelle A1). Nicht inbegriffen sind die Kosten allfällig reduzierter Arbeitsleistung als Folgewirkung von Schlafstörungen von unselbständig Erwerbstätigen, da diese Minderleistungen im allgemeinen wohl nicht zu Lohnverlusten führen und daher zulasten des Arbeitgebers gehen (Zelle E2). Mit Bezug auf Tabelle 1 kann weiter davon ausgegangen werden, dass der Wertverlust lärmbeeinträchtigter Liegenschaften (Zelle F2) die Übertragung des in Geld ausgedrückten Gesundheitsschadens an den Gebäudeeigentümer darstellt und damit nicht zusätzlich zu diesem Gesundheitsschaden zu berücksichtigen ist. Die übrigen Positionen von Tabelle 1 können bei Schlaf- und Kommunikationsstörung in erster Näherung als Null angenommen werden.
- Wenn in obenstehender Tabelle ein Geldäquivalent für 1 DALY angegeben wird, so heisst das nicht, dass man damit unter Benützung der WHO-Tabellen für disability weights das Geldäquivalent für beliebige Gesundheitsbeeinträchtigungen im Dreisatz ausrechnen könnte. Es sei hier an die strukturellen Unterschiede zwischen der HALY-Ebene und der WTP-Ebene erinnert, die in Kapitel 4 behandelt worden sind.

5.2 Berechnung via Transfer aus Monetarisierungsstudien für Krankheiten nach Methoden von stated preference

Für die hier angestrebte Bestimmung von Geldäquivalenten von strassenlärmbedingten Schlaf- und Kommunikationsstörungen wäre ideal, wenn Studien vorhanden wären, die genau diese Fälle von Gesundheitsstörungen für das Gebiet der Schweiz in neuerer Zeit untersucht hätten. Wie in Kapitel 3.4.3 ausgeführt, liegt an sich dieser Fall vor in Form der Studie (VITALE et al. 1998), in der das Geldäquivalent für tödlichen und nichttödlichen Herzinfarkt zu 236'000 CHF und 218'100 CHF (Wert 1995) bestimmt wurde. Aber einerseits ist der Herzinfarkt bedeutungsmässig eine Randerscheinung bei den strassenlärmbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen, und andererseits bestehen Vorbehalte zur den Ergebnissen dieser Studie, sodass dieser Weg nicht weiter beschritten wird.

Als Alternative wird hier die Möglichkeit behandelt, die gesuchten Geldäquivalente für Schlaf- und Kommunikationsstörungen zu finden durch einen Transfer ausgehend von Geldäquivalenten für andere Krankheiten aus vorhandenen Monetarisierungsstudien, die möglicherweise zudem in anderen Ländern und zu anderen

Zeiten durchgeführt wurden. «Transfer» bedeutet, dass das gesuchte Geldäquivalent nach Massgabe von Schwere und Dauer der beiden involvierten Krankheiten umzurechnen ist, unter Berücksichtigung allfälliger sozioökonomischer Unterschiede zwischen den Ländern und Zeiten. Am ehesten gelingt ein solcher Transfer, wenn neuere Studien benützt werden können, die für schweizerische Verhältnisse das Geldäquivalent bestimmen für chronische Krankheitszustände, die in ihrer Schwere und Art nicht allzu verschieden sind von Schlaf- und Kommunikationsstörungen. Nach einem Hinweis auf zwei besonders prominente ausländische Studien wird daher hier auf einige schweizerische Studien eingegangen.

5.2.1 Die Metastudie von Pearce

PEARCE (2000) gibt in einer für die EU-Kommission erstellten autoritativen Metastudie einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Monetarisierungsstudien zu Krankheits- und Todesfallrisiken im europäischen Raum. Die fundamentale, seitens der EU-Kommission gestellte Frage lautet (PEARCE 2000: 5): «The Commission wishes to know if it is valid to adopt a ‘common’ set of monetary values for health effects in EU-15 and Accession countries, or if there is a default value that can be varied according to geographical context. This is a question about the validity of the ‘transfer method’ or ‘Benefits Transfer’ (BT)». Zu dieser wichtigen Frage wird folgende Antwort gegeben (PEARCE 2000: 10): «... It may be that values are transferable but ... much more information is required before meta-analyses can explain the variation in WTP across studies A possible exception is some forms of morbidity where there may be adequate information for valid transfer». Es gibt also, nach dem Urteil von Pearce, keine allgemein gültigen, von einem Fall auf andere Fälle übertragbaren Geldäquivalente für Todesfallrisiken, während die Lage bei einigen Krankheitsrisiken etwas günstiger beurteilt wird. Als Beispiele für generell im Europäischen Raum anwendbare Geldäquivalente werden in PEARCE (2000: 14) folgende Zahlungsbereitschaften für den intrinsischen Wert der Krankheitsvermeidung gegeben:

- | | |
|--|-------|
| • Hospital admission for treatment of respiratory disease | 490 € |
| • Emergency room visit for relief from respiratory illness | 253 € |
| • 3 days spent in bed with respiratory illness | 155 € |
| • One day with persistent cough | 43 € |
| • One day with itchy, watering eyes | 56 € |
| • One day of work lost due to stomach disease | 56 € |

Bei diesen Krankheitsfällen bestehen Monetarisierungsstudien aus verschiedenen europäischen Ländern, und deren kritischer Vergleich durch Pearce ergab relativ geringe Abweichungen, sodass eine europäische Allgemeingültigkeit postuliert werden konnte. Es handelt sich durchwegs um leichtere Erkrankungen von kurzer Dauer, sodass man fragen muss, wie die Beträge lauten würden für ein ganzes Jahr lang anhaltende chronische Zustände. Wenn Zeitproportionalität der Zahlungsbereitschaft anzunehmen wäre, so ergäbe sich aufgrund des Falls «3 days spent in bed with respiratory illness» eine approximative Zahlungsbereitschaft von 27'000 CHF für ein Jahr Bettlägrigkeit mit relativ leichter Erkrankung. Aber es gibt keine genü-

genden Anhaltspunkte, um eine Zeitproportionalität der Zahlungsbereitschaft zu vermuten (PEARCE 2000: 17). Hingegen zitiert PEARCE (2000: 16), ohne weitere Kommentierung eine Gleichung von Maddison

$$\ln(\text{WTP}) = 1.76 - 4.80 \cdot \ln(\text{QWB}) + 0.49 \cdot \ln(\text{DAYS})$$

Diese Gleichung nimmt in Anspruch, allgemein gültige WTP Werte in € zu ermitteln aufgrund der unabhängigen Variablen QWB (Quality of Well Being, von 0 = Tod bis 1 = volle Gesundheit) und DAYS (Dauer der Krankheit in Tagen). Zu beachten ist hier die Ähnlichkeit von QWB und disability weight des DALY-Systems als Mass für die Schwere der Krankheit, sowie die deutliche Abnahme der WTP pro Krankheitstag bei zunehmender Krankheitsdauer. Es ergibt sich aus der Gleichung von Maddison, dass das WTP für eine Dauer 365 Tage einer Krankheit nur noch das 11.4-fache der gleichen Krankheit von 3 Tagen Dauer betragen würde; das ergäbe für den Fall «3 days spent in bed with respiratory illness» auf Jahresbasis eine Zahlungsbereitschaft von nur noch rund 2500 CHF statt der oben berechneten 27'000 CHF. Um diesem Problem aus dem Weg zu gehen, ist es jedenfalls zweckmässig, WTP Transfers auf Krankheiten mit gleicher Dauer zu konzentrieren. Dies bedeutet allerdings, dass die vorstehenden, nach Pearce europaweit anwendbaren WTP Werte hier nicht weiter zur Verwendung geeignet sind.

5.2.2 Untersuchungen von Viscusi über chronische Bronchitis

VISCUSI et al. (1991) ermittelten auf Basis von Befragungen (stated preference) die persönliche Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit einer lebenslang anhaltenden chronischen Bronchitis. Etwas vor 1990 wurden in einer Stadt mit einer für USA-Verhältnisse als repräsentativ geltenden Bevölkerungsstruktur an einer Kreuzung in einem Shopping-Mall Quartier 389 Passanten dafür gewonnen, an einen Computer zu sitzen und auf Basis eines interaktiven Programmes Informationen entgegenzunehmen und Fragen zu beantworten. Sie hatten sich vorzustellen, dass sie ihren Wohnort wählen könnten zwischen zwei Gegenden A und B, die sich durch verschieden hohe Eintrittswahrscheinlichkeiten für chronische Bronchitis sowie durch verschieden hohe Lebenskostenniveaux unterschieden. Sie mussten dann dem Computer eingeben, welche Gegend sie bevorzugten, worauf der Computer schrittweise die Differenz der Lebenskostenniveaux zwischen A und B veränderte, bis die Versuchspersonen Gleichwertigkeit zwischen Lebenskostenerhöhung und Bronchitis-Risikosenkung signalisierten. Ergänzend zu dieser Abwägung zwischen Geld und Krankheitsrisiko mussten die Versuchspersonen auch zwischen Risiko für Bronchitis und Risiko für tödlichen Autounfall abwägen, weil nach Erkenntnissen von Viscusi die Befragten leichter zwei Gesundheitsrisiken vergleichen können, als den bei CV-Studien üblicherweise geforderten Vergleich zwischen Gesundheitsrisiko und Geld vorzunehmen. Aus der Publikation ergibt sich, dass rund ein Viertel der teilnehmenden 389 Personen Antworten eingab, aus denen explizit zu erkennen war, dass sie die Sache nicht begriffen hatten oder lediglich eine Spielerei durchführten. Das lässt vermuten, dass auch bei den übrigen $\frac{3}{4}$ der Teilnehmer Versager und Spieler verborgen sind. Die

von Viscusi gewählte Methode, die Testpersonen durch einen Computer statt durch eine Person zu «interviewen», vermeidet zwar jede unzulässige Beeinflussung der Testpersonen durch den Befrager, ermöglicht es aber auch nicht, die Teilnehmer für ernsthaftes Mitmachen zu gewinnen und ungeeignete Testpersonen wirksam auszuscheiden.

Aus den Ergebnissen der Viscusi-Studie sind hier 2 Punkte von Interesse: Erstens ist (auf Basis von Medianwerten der Teilnehmerantworten) das Geldäquivalent für die Vermeidung des tödlichen Autounfalls etwa 3 Mal so hoch wie dasjenige für die Vermeidung des Eintritts von lebenslanger chronischer Bronchitis, wobei allerdings 20% der Teilnehmer angaben, den Unfalltod als weniger schlimm zu halten als den Eintritt von chronischer Bronchitis. Dies zeigt die grosse Streuung der gegebenen Antworten. Zweitens ist den Befragten die Vermeidung des Eintritts von lebenslanger chronischer Bronchitis 457'000 USD (Median) wert. Klarer ausgedrückt: 1000 im Median liegende Personen hätten während eines Jahres zusätzliche wohnortabhängige Lebenskosten von je 457 USD in Kauf genommen, um während dieses Jahres eine mit Wahrscheinlichkeit von 1/1000 eintretende Diagnose von lebenslanger chronischer Bronchitis vermeiden zu können. Je nach Berechnungsvariante gibt es aber auch stark abweichende \$-Beträge. «Lebenslange chronische Bronchitis» ist auf dem Hintergrund des Durchschnittsalters von 33 Jahren der Befragten zu sehen, für welches gemäss Sterbetabellen noch eine Restlebenserwartung von rund 40 Jahren gilt. Dividiert man die 457'000 USD durch die zu erwartenden rund 40 Bronchitis-Jahre, so ergibt sich ein Geldäquivalent von rund 10'000 USD (Wert ca 1990) für die Vermeidung von 1 Jahr mit Chronischer Bronchitis.

Wichtig ist hier VISCUSI'S Übergang von «money-risk-tradeoff» zum «risk-risk-tradeoff». Viscusi verlangt von den Testpersonen das Abwägen zwischen zwei Risiken; dabei geht er davon aus, dass den Amerikanern das eine Risiko, nämlich die Perspektive eines Unfalltods beim Autofahren, aus dem täglichen Leben einigermaßen vertraut ist, sodass dieser Fall sich als Vergleichsgrundlage für die anderen Gesundheitsbeeinträchtigungen eignet. Viscusi kommt zu dieser Lösung, weil er den «money-risk-tradeoff» der üblichen CV-Studien als fragwürdig ansieht. Die Kritik von VISCUSI an der Methode von contingent valuation wird besonders deutlich ausgedrückt in VISCUSI (1995: 172–174): Das Abwägen von Gesundheitsrisiko gegen Geld in den üblichen CV-Studien bringt gemäss VISCUSI vor allem deshalb keine verlässlichen Resultate,

- weil Geld und Gesundheitsrisiko zwei inkommensurable Grössen sind, deren Abwägen den Befragten prinzipiell Mühe bereitet, insbesondere weil sie als Folge des hohen Versicherungsgrades im Gesundheitssektor besonders wenig vertraut sind mit dem Zusammenhang von Geldausgabe und Krankheitsvermeidung,
- weil die Befragten die ihnen präsentierten kleinen Wahrscheinlichkeiten gar nicht in Kenntnis zu nehmen vermögen, was dann bedingt durch die nachfolgende rechnerische Verarbeitung der gegebenen Antworten zu massiven Verzerrungen der ermittelten WTP-Werte führt. Diese WTP-Werte sagen dann nicht mehr aus, was den Befragten die Vermeidung einer bestimmten Krankheit wert ist,

- sondern viel eher, wie hoch die im Fragebogen angegebenen, aber von den Teilnehmern nicht in Kenntnis genommenen Wahrscheinlichkeiten angesetzt waren,
- weil die Verwendung von Geldeinheiten als Mass für Gesundheit von manchen Leuten als moralisch verletzend empfunden wird.

Diese Kritik von Viscusi ist nicht zuletzt deshalb beachtenswert, weil Viscusi aufgrund seiner Mitwirkung in einer grösseren Zahl von CV-Studien über eine umfassende Erfahrungsbasis auf diesem Gebiete verfügt (vgl. VISCUSI 1993).

5.2.3 Neuere schweizerische Monetarisierungsstudien chronischer Krankheiten

Ungeachtet der vorstehenden Kritik von Viscusi, die von den Autoren dieser Studie weitgehend unterstützt wird, sollen nachstehend aus der grossen Zahl vorhandener CV-Studien für chronische Krankheiten einige neuere Arbeiten herausgegriffen werden, denen schweizerische Verhältnisse zugrundeliegen.

Drei methodisch gleichartige CV-Studien, die an der Universität Neuenburg ausgeführt wurden, sind hier von besonderem Interesse, da sie die Schweiz betreffen, kürzlich durchgeführt wurden, und so angelegt waren, dass explizit lediglich die intrinsischen Kosten (Feld A1 in Tab. 1) erfragt wurden (PRIEZ & JEANRENAUD 1999, JEANRENAUD & PRIEZ 2001, VITALE et al. 1998). Die zusammenfassende Publikation (VITALE et al. 1998) beinhaltet auch Ergebnisse der anderen beiden Publikationen; auf sie ist hier schon in Kapitel 3.4.3 eingegangen worden.

In allen diesen Studien wurde die Zahlungsbereitschaft erfragt für hypothetische Impfungen, welche während eines Jahres die Eintrittswahrscheinlichkeit der Krankheit für die befragte Person gegenüber der statistisch bekannten Wahrscheinlichkeit um 95% absenken würden. Die Krankheiten wurden den (gesunden) Befragten auf einem Blatt A4 kurz beschrieben, und es wurde ihnen die statistische Information bekannt gegeben, wie viele Personen zurzeit pro 100'000 Einwohner pro Jahr neu an den vorgestellten Krankheiten erkranken, mit einer Zusatzinformation über die erhöhte Eintrittswahrscheinlichkeit bei Rauchern. Die Arbeiten wurden im Auftrag des Schweizerischen Bundesamtes für Gesundheit ausgeführt. Tabelle 6 fasst einige Eckdaten dieser Studien zusammen, wobei die in den Studien ebenfalls behandelten Krankheiten Angina Pectoris, Hirnschlag und nicht-tödlicher Herzinfarkt nicht angeführt sind, weil bei ihnen die WTP abgeleitet wurde aus derjenigen der in Tabelle 6 genannten Krankheiten.

Tabelle 6: Intrinsische Kosten eines DALYs ermittelt aufgrund von 3 Schweizer CV-Studien.
Teuerungsstand 1998.

Krankheit	chronische Bronchitis	Herzinfarkt mit Todesfolge	Lungenkrebs
Quelle	PRIEZ & JEANRENAUD 1999	VITALE et al. 1998	JEANRENAUD & PRIEZ 2001
Charakteristika der Krankheit	Schwierigkeiten beim Atmen, tägliches Husten, schleimiger und eitriger Auswurf, Gewichtsverlust und Schwäche während mindestens 3 Monaten pro Jahr. Gehäuftes Auftreten ab 45a. Dauer: 24a für Frauen, 20a für Männer	Unmittelbarer oder innert weniger Stunden erfolgender Tod durch Herzinfarkt (ischaemic heart disease due to acute myocardial infarction). Inzidenzalter über 40	Schmerz, Müdigkeit, Gewichtsverlust, (Blut-)Husten, Depression, typisches Inzidenzalter über 40, Überlebenszeit 1–3 Jahre (Mittel 1.5 Jahre)
DALYs pro Fall	6.82	10	16.1
Erklärung der hier vorgenommenen DALY-Berechnung	disability weight = 0.31 aus de HOLLANDER et al. (1999) als gewichtetes Mittel mal 22 Jahre Dauer.	Aufgrund von Daten in MÜLLER-WENK (2002) gehen pro Fall ca. 10 Lebensjahre verloren.	aus HOFSTETTER (1998: 255), davon 15.8 von YLL
Zahl verwendeter Fragebögen	508 (von 757 zuverlässigen von 858 Interviews), da extrem hohe Angaben und Fragebögen, wo 0 CHF WTP angegeben wurde, obschon klar war, dass Individuen etwas zur Risikoreduktion tun wollen, ausgeschlossen wurden	475 (von 757 zuverlässigen von 858 Interviews), da extrem hohe Angaben und Fragebögen, wo 0 CHF WTP angegeben wurde, obschon klar war, dass Individuen etwas zur Risikoreduktion tun wollen, ausgeschlossen wurden	541 (von 757 zuverlässigen von 858 Interviews), da extrem hohe Angaben und Fragebögen, wo 0 CHF WTP angegeben wurde, obschon klar war, dass Individuen etwas zur Risikoreduktion tun wollen, ausgeschlossen wurden
Median MWTP pro Fall (in 1998 CHF)	13'000		208'700–317'700
Mean MWTP pro Fall (in 1998 CHF)	38'500	236'000	512'500–600'000
Median CHF1998 pro DALY	1'900		13'000–19'700
Mean CHF 1998 pro DALY	5'600	23'600	31'800–37'300

Bemerkenswert ist, dass demnach die Teilnehmer dem ein Jahr lang andauernden Schutz vor «Ausbruch» von Lungenkrebs einen erheblich höheren Wert beimessen als dem entsprechenden Schutz vor sofortigem Herztod; sie fürchten sich also weniger vor einem raschen Tod als vor dem unausweichlichen langsamen Sterben. Plausibel ist, dass den Teilnehmern die Verschonung während einem Jahr vor dem «Ausbruch» einer in der Folge 20–24 Jahre lang andauernden chronischen Bronchitis mit CHF 38'500 deutlich weniger wert erschien als die Verschonung vor den beiden anderen Krankheitsfällen; allerdings ist diese Tieferbewertung von chronischer Bronchitis im Vergleich zu Lungenkrebs durchaus nicht proportional zu der in der Befragung ebenfalls ermittelten subjektiven Einschätzung der «Schwere» der betreffenden Krankheiten (VITALE et al. 1998, Tab. 5.14).

Es überrascht nicht, dass die drei Studien gemäss unterster Zeile von Tabelle 6 deutlich verschiedene Werte in CHF/DALY ergaben, obwohl man pro DALY eigentlich etwa gleich hohe CHF-Werte erwarten würde, allerdings vorbehaltlich der in Kapitel 4.1 genannten strukturellen Unterschiede von WTP und DALY.

Die in den drei Studien ermittelten WTP-Werte sind mit grosser Vorsicht aufzunehmen, weil die befragten Personen wohl überfordert worden sind mit den gestellten Fragen:

- Die Fragesituation musste von den Befragten als eher unrealistisch empfunden worden sein, da es eine Impfungsprävention nur für Infektionskrankheiten gibt, und da die bekanntlich geringen Kosten von Impfungen bei Infektionskrankheiten in keinem Zusammenhang stehen mit dem intrinsischen Wert der vermiedenen Krankheit. Für die gesunden Befragten war es auch anspruchsvoll, die präsentierten Krankheitsbeschreibungen richtig zu verstehen.
- Das sehr kleine Inzidenzrisiko, also das statistische Risiko, neu von einer Krankheit befallen zu werden (Grössenordnung 100 Neuerkrankungen pro Jahr auf 100'000 Personen), die impfungsbedingte 95% Reduktion dieses Risikos, und die verschiedenen involvierten Zeiträume (Wirkungsdauer der Impfung 1 Jahr, unterschiedliche Dauer der Krankheiten und der verlorenen Lebensjahre) dürfte die kognitiven Fähigkeiten der meisten Befragten überfordert haben.

Die unzulängliche Wahrnehmung des kleinen Risikos durch die Befragten kann überprüft werden, indem die Abhängigkeit der WTP von der Risikoreduktion für die Fälle von Tabelle 6 untersucht wird.

Geht man von der Annahme aus, dass die Befragten die ihnen vorgelegte Risikoreduktion gar nicht wirklich erfasst und berücksichtigt haben, so kann geprüft werden, ob die von den Befragten durchschnittlich genannten Zahlungsbereitschaften («Impfungswert») direkt proportional zur Dauer/Schwere der Krankheit sind, und damit nicht abhängig von der ihnen vorgelegten Risikoreduktion für diese Krankheit.

Die Zahlen von Tabelle 7 bestätigen die Annahme, dass die Befragten das Risiko-Problem nicht verstanden haben dürften. Die drittoberste Zeile gibt die Risikoreduktion an, welche als Folge der hypothetischen Impfung genannt wurde: Kleine Risikoreduktion bei Lungenkrebs, viel grössere dagegen bei Bronchitis. Die zweitunterste Zeile «Impfungs-Wert» gibt an, wie viel CHF die Befragten im Mittel zu zahlen bereit waren für die Impfung, welche diese Risikoreduktion für das Eintreten der betreffenden Krankheit während 1 Jahr bewirken würde. Die Dauer und Schwere der betreffenden Krankheit ist durch die Zahl der DALY-Einheiten der drittuntersten Zeile charakterisiert. Auf der untersten Zeile von Tabelle 7 ist für jede Krankheit der «Impfungs-Wert» durch die in DALY ausgedrückte Schwere/Dauer der Krankheit dividiert. Man sieht, dass die drei Zahlen der untersten Zeile ungefähr gleich gross sind. Das bedeutet aber nichts anderes, als dass die Befragten bei der Nennung ihrer Zahlungsbereitschaft für die Impfung (=Impfungs-Wert) es unterlassen haben, auch noch daran zu denken, dass die Impfung bei Lungenkrebs

eine geringe, bei Herzinfarkt eine mittlere, und bei Bronchitis eine grosse Risikoreduktion zu bewirken versprach. Sonst hätten ihnen die Impfungen gegen Bronchitis und Herzinfarkt mehr wert sein müssen als die Impfung gegen Lungenkrebs! Hätten die Interviewten die ihnen vorgelegten Risikoreduktionen verstanden, so sollte nicht der Impfungs-Wert, sondern der Impfungs-Wert dividiert durch die erzielte Risikoreduktion (Zeile 3), für die verschiedenen Krankheiten ungefähr proportional sein zu deren DALY-Beträgen (Zeile 5).

Tabelle 7: Vergleich verschiedener Kenngrössen aus VITALE et al. (1998) und Tabelle 18.

	Lungenkrebs	Bronchitis	Herzinfarkt
Risikoreduktion Mann	0.000078	0.000256	0.000085
Risikoreduktion Frau	0.000016	0.000190	0.000056
Risikoreduktion gemittelt	0.000047	0.000223	0.0000705
Mean WTP für Krankheit	512'500	38'500	236'000
DALY (Tab. 6)	16.1	6.82	10.0
Impfungs-Wert	24.09	8.59	16.64
Impfungs-Wert/DALY	1.50	1.26	1.66

Da bei contingent valuation das Geldäquivalent WTP für den Nichteintritt einer Krankheit nach der Gleichung:

$$\text{WTP} = \text{Zahlungsbereitschaft der Befragten für die risikomindernde Massnahme} / \text{Risikominderung}$$

berechnet wird, wird dieses resultierende WTP für die Krankheit massiv grösser, wenn die Risikominderung sehr klein ist. Sind die von den Befragten genannten Zahlungsbereitschaften für die Impfung, dividiert durch Schwere/Dauer der Krankheit, für verschiedene Krankheiten etwa gleich hoch (wie in Tab. 7 unterste Zeile), so ergibt sich, dass das aus der contingent valuation resultierende WTP für Nichteintritt der Krankheit etwa umgekehrt proportional wird zur Risikoreduktion. Diese Risikoreduktion ist nun aber eine willkürliche Annahme im Rahmen der Versuchsanordnung der contingent valuation, und sie dürfte das WTP für den Nichteintritt der Krankheit keinesfalls beeinflussen.

In der Fachliteratur ist dieser Effekt wohlbekannt und wird ‚insensitivity to scope‘ genannt, d.h., die erhaltenen Antworten berücksichtigen die Höhe der Risikoreduktion nicht (z.B. MITCHELL & CARSON 1989, und wie schon erwähnt VISCUSI 1995: 174). Die interviewten Personen berücksichtigen also durchaus die Schwere der verschiedenen Krankheiten, nicht aber die unterschiedlichen und sehr tiefen Eintrittswahrscheinlichkeiten. Verschiedene Versuche, die Eintrittswahrscheinlichkeiten non-verbal, zum Beispiel in Form von Grafiken zu kommunizieren, lassen

bessere Resultate erhoffen, können den Effekt aber nicht vollständig verhindern (HAMMITT 2000b).

Aufgrund dieser Probleme der hypothetischen Befragung in CV-Studien werden die Resultate aus den drei in Tabelle 6 angeführten Arbeiten in Kapitel 5.7 nicht zu den besten Abschätzungen gezählt. Trotzdem werden der Vollständigkeit halber in Tabelle 16 Geldäquivalente für Kommunikationsstörung und Schlafstörung angeführt, die sich aus dem Nutzentransfer von Bronchitis (mean 5600 CHF 1998 per DALY in Tabelle 6) und dem Nutzentransfer von Lungenkrebs (mean 37'300 CHF 1998 per DALY in Tabelle 6) durch Multiplikation mit den disability weights DW für Kommunikationsstörung 0.033 und Schlafstörung 0.055 ergeben.

Weiter soll hier noch auf eine neuere schweizerische CV-Studie von SCHWAB & SOGUEL (1995) eingegangen werden, in der die intrinsischen Kosten von Gesundheitsschäden aus Verkehrsunfällen ermittelt wurden. Diese Arbeit ist in Bezug auf die angewandte Methode gleichartig wie die Studien von Jeanrenaud, Priez und Vitale, und die vorstehenden kritischen Bemerkungen gelten auch für sie. Die Studie ist von besonderer Bedeutung, weil die darin ermittelten intrinsischen Kosten von Tod und Verletzung aus Verkehrsunfällen in die periodisch vom schweizerischen Bundesamt für Raumentwicklung publizierten externen Kosten des Strassenverkehrs einfließen und demzufolge mit den intrinsischen Gesundheitskosten des Strassenlärms addiert werden.

Im Rahmen der CV-Studie von SCHWAB & SOGUEL (1995) wurde nach Durchführung eines Pretests im Jahr 1994 eine nach Geschlecht, Alter und Sozialgruppe geschichtete Stichprobe von rund 500 Personen aus den schweizerischen Kantonen Neuenburg, Fribourg und Jura durch Interviewer nach ihren Zahlungsbereitschaften für eine hypothetische Einrichtung befragt, welche während eines Jahres das tatsächliche Risiko, Opfer (alternativ: Angehöriger eines Opfers) eines Verkehrsunfalls zu werden, auf 50% reduzieren würde. Den Befragten wurden 6 Kategorien von Gesundheitsfolgen des Unfalls präsentiert:

- DEC Sofortiger Tod,
- PER Nach wochenlangem Spitalaufenthalt lebenslang andauernde Hirnverletzung,
- PAR Nach wochenlangem Spitalaufenthalt lebenslange mittelschwere Invalidität,
- LEG Nach wochenlangem Spitalaufenthalt lebenslange leichte Invalidität,
- NSE Nach kurzem Spitalaufenthalt 1 Jahr dauernde und dann verschwindende Beeinträchtigung,
- NHO Ohne Spitalaufenthalt leichte Beeinträchtigung nur während einiger Wochen.

Abgesehen von der Hirnverletzung wurden keine Verletzungsarten explizit genannt, sondern die Befragungsteilnehmer erhielten die Unfallfolgen lediglich in der oben angeführten Art unspezifisch dargestellt. Als Ist-Risiko für diese Unfallfolgen wurden pro Unfallfolge die Jahreshäufigkeiten des Wohnortkantons der Befragten

genannt. Die Zahlungsbereitschaft war entweder aus der Sicht des Opfers oder der Sicht eines Angehörigen des Opfers zu nennen, wobei von jedem Teilnehmer die Zahlungsbereitschaften für 2 aus den 6 Unfallfolgen erfragt wurden, sowie zusätzlich eine relative Gewichtung aller 6 Unfallfolgen mittels Positionierung auf einem Massstab (visuelle Analogskala). Die Beschränkung auf 2 Zahlungsbereitschaften erfolgte, um eine unhaltbare Beanspruchung der Teilnehmer zu vermeiden.

Aufgrund der statistischen Analyse wurden gemäss Tabelle 8 Geldäquivalente für den intrinsischen Wert der Vermeidung der 6 Unfallfolgen ermittelt (Medianwerte in CHF von 1994):

Tabelle 8: Medianwerte der WTP in CHF von 1994 für die Vermeidung von Unfallfolgen (SCHWAB & SOGUEL 1995: 99).

Unfallfolge	DEC	PER	PAR	LEG	NSE	NHO
Wert in CHF 1994 aus Sicht Opfer	1'696'790	1'732'092	1'044'938	316'756	117'878	6'788
Wert in CHF 1994 aus Sicht Angehörige	2'047'274	2'089'185	1'273'773	397'367	152'382	11'239

Aussergewöhnlich ist, dass Schwab & Soguel den Verlust von Leben und Gesundheit nicht nur in der üblichen Sicht des Opfers betrachten, sondern auch aus der Sicht der Angehörigen. In Anlehnung an die weiter oben behandelten Studien wird indessen in dieser Arbeit die Aufmerksamkeit auf die intrinsischen Kosten aus Sicht des Opfers konzentriert, wobei die nichttödlichen Unfallfolgen im Vordergrund stehen. Berücksichtigt man das mittlere Alter von 43 Jahren der befragten Personen (SCHWAB & SOGUEL 1995: 101), so ergibt sich, dass die lebenslangen körperlichen Beeinträchtigungen von PER, PAR und LEG sich auf eine Rest-Lebenserwartung von rund 35 Jahren beziehen, während die Beeinträchtigung NSE sich auf 1 Jahr bezieht. Sofort erkennt man, dass der pro Jahr der anhaltenden Beeinträchtigung gerechnete WTP-Wert bei NSE extrem hoch ist im Vergleich zu den Beeinträchtigungen PER, PAR und LEG, die den Befragten als schwerwiegender und darüber hinaus lebenslang anhaltend beschrieben wurden. Man kann vermuten, dass die Befragungsteilnehmer bei der Nennung ihrer Zahlungsbereitschaft der Dauer der Beeinträchtigung ungenügend Rechnung getragen haben. Bei der separaten Frage nach der relativen Schwere (gravité) der Beeinträchtigungen legten sie sich nämlich auf Medianwerte von 95 (DEC), 100 (PER), 85 (PAR), 60 (LEG), 40 (NSE), und 15 (NHO) fest (SCHWAB & SOGUEL 1995: 78). Wenn nun aber das Nichteintreten der nach 1 Jahr verschwindenden leichten Beeinträchtigung NSE den Befragten 117'000 Franken wert sein soll, dann ist es nicht glaubhaft, dass den im Mittel 43-jährigen Befragten das Nichteintreten der anderthalb Mal so schweren und etwa fünfunddreissig Jahre lang zu ertragenden Beeinträchtigung LEG «nur» 316'000 Franken wert sein soll. Die Befragten waren wohl überfordert, wenn sie bei Fixierung ihrer Zahlungsbereitschaft in Frage 7 des Fragebogens nebst Schwere und Zeitdauer der zu beurteilenden Gesundheitsbeeinträchtigung auch noch 7 weitere

wichtige, vom Interviewer vorgetragene Punkte sich zu vergegenwärtigen hatten (vgl. SCHWAB & SOGUEL 1995: 152/153). Obschon die Studie von Schwab & Soguel mit bewunderungswürdiger Sorgfalt und Kompetenz durchgeführt wurde, sind die Resultate gezeichnet von der grundsätzlichen Problematik aller CV-Studien, die von den Befragten ein Vorstellungsvermögen für den hypothetischen Markt verlangen, das die Möglichkeiten des überwiegenden Teils der Bevölkerung übersteigt. Diese Beschränkung lässt sich nicht dadurch aufheben, dass der Interviewer die Zahl der Erklärungen und Hinweise vergrössert und vergrössert.

Aufgrund dieser Probleme der hypothetischen Befragung in CV-Studien werden die Resultate von Schwab & Christe am Schluss von Kapitel 5 nicht zu den besten Abschätzungen gezählt. Immerhin sei darauf hingewiesen, dass die 1 Jahr andauernde leichte Beeinträchtigung NSE zu einem Geldäquivalent pro 1 DALY von 40/95 mal 117'878 Franken, also rund 50'000 CHF pro DALY führen würde, wenn man die von Schwab & Christe ermittelten Werte für die relative Schwere von DEC (95) und NSE (40) zu einer Approximation des disability weights von NSE verwendet. Diese 50'000 CHF sind zu vergleichen mit den 42'727 CHF pro DALY aus Mietzinsstudien (Tab. 5), was nicht schlecht zusammenpasst. Solche Vergleiche sind aber auch für die anderen gesundheitlichen Unfallfolgen zu machen, wenn man in der offiziellen Berechnung der externen Kosten der Strassenunfälle in der Schweiz die intrinsischen Unfallkosten gemäss Berechnungsmethode Schwab & Christe zu den Lärmkosten addiert, die mit Mietzinsanalysen ermittelt wurden.

5.3 Berechnung via Grenzwerte aus der Medizin

Wie in Kapitel 2.3 erwähnt, wird in stark regulierten Gesundheitssystemen die Kosteneffizienz von Behandlungsmethoden und (neuen) Medikamenten in Geldeinheiten/QALY berechnet und dann mit gerade noch akzeptierbaren Grenzwerten verglichen.

In Kanada besteht eine Tendenz, Medikamente und Behandlungen, die weniger als Can\$ 50'000/QALY kosten, als kostengünstig, im Bereich Can\$ 50'000–100'000/QALY als akzeptabel, im Bereich Can\$ 100'000–150'000/QALY als teuer aber in Einzelfällen akzeptabel, und im Bereich über Can\$ 150'000 als inakzeptabel teuer zu betrachten. Es muss dabei jedoch beachtet werden, dass solche Werte nicht offiziell publiziert werden. HAMMITT (2000) schreibt, dass Behandlungen und Medikamente, die USD 50'000–100'000/QALY nicht überschreiten, in den USA vielerorts als kosteneffizient und damit einsetzwürdig gelten. In der internationalen Literatur wird oft USD 50'000/QALY als Grenzwert für akzeptable Behandlungen genannt. In England und Irland werden diese Werte in Landeswährungen umgerechnet und der Teuerung angepasst¹². AZIMI & WELCH (1998) haben 65 Artikel,

¹². «If the cost is over £36'000 per QALY, the Health Departments [in UK] will not withdraw the drug, but the manufactures will have to adjust their price to ensure the cost remains below the threshold.» (www.smj.org.uk/0202/beta_interferon.htm) oder «A therapeutic intervention with an ICER (the incremental cost effectiveness ratio) less than \$50'000/QALY is frequently considered cost effective [in

die zwischen 1990–1996 publiziert wurden, identifiziert, die medizinische Interventionen auf ihre Kosteneffizienz untersucht haben und diese Kosten pro QALY oder Lebensjahr ausgewiesen haben, was den Wert der Empfehlung zur Einführung relativiert. Bei denjenigen Studien, welche die untersuchte medizinische Intervention aus wirtschaftlicher Sicht empfohlen haben, lag die Kosteneffizienz zwischen USD 400 und USD 166'000 pro gewonnenes QALY, wobei von den zehn Studien mit Kosten über USD 61'500/QALY oder Lebensjahr neun Studien eine erhaltene Unterstützung aus der Industrie offengelegt haben. Jene Artikel, welche die untersuchte Intervention wegen mangelnder Kosteneffizienz nicht empfehlen, haben Kosten von USD 61'500 bis USD 11'600'000/QALY oder Lebensjahr gefunden.

Für die Schweiz sind uns keine vergleichbaren Faustregeln für die ökonomische Zulässigkeit von Therapien bekannt. F. Gurtner vom Bundesamt für Sozialversicherung antwortet auf unsere Anfrage, dass es in der Schweiz keine absoluten sondern nur relative Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit von Therapien gebe. Dies bedeutet, dass im Fall der Nichtverfügbarkeit kostengünstigerer Therapien auch sehr viel teurere Leistungen als z.B. CHF 50'000 pro QALY vom Sozialversicherungssystem zu übernehmen sind. GURTNER & ZÜLLIG (2001) liefern hierfür drei Gründe:

1. ein Kostengrenzwert pro QALY benachteilige Alte und sei problematisch wegen Mängeln bei der Bestimmung der quality weights;
2. ein solcher Kostengrenzwert bei der Sozialversicherung würde im Effekt zu einer unerwünschten Zweiklassenmedizin führen;
3. wegen der dezentralen Organisation des Schweizer Gesundheitswesens würden solche Kostengrenzwerte vermutlich nicht zu mehr Versorgungsgerechtigkeit führen.

Demgegenüber erwähnen NORDMANN et al. (2000), ein Team von Schweizer Mediziner, als wirtschaftlichen Grenzwert für Therapien, gestützt auf AZIMI & WELCH (1998), einen Bereich von USD 61'500 bis USD 166'000/QALY oder Lebensjahr. Da diese Werte in der Schweiz keinen gesellschaftlichen Wertsetzungsprozess¹³ durchlaufen haben, sondern wissenschaftlichen Studien entstammen, erscheinen uns diese als schweizerische Grenzwerte ungenügend fundiert.

Würde man indessen mangels schweizerischer Grenzwerte anglo-amerikanische Verhältnisse direkt auf die Schweiz übertragen (dies ist aufgrund kultureller Unterschiede eine schwerwiegende Annahme), so würde dies nach HAMMITT (2000) bedeuten, dass Therapien, die weniger als CHF 75'000 bis CHF 150'000 pro gewonnenes QALY kosten, als kosteneffizient gelten könnten. Tabelle 9 zeigt nun die aus diesen Kostengrenzwerten hervorgehenden Geldäquivalente für Gesundheits-

Ireland]... The cost effectiveness threshold for the National Institute of Clinical Excellence (NICE) in the UK is estimated in the region of ST£32'000.

http://www.imj.ie/news_detail.php?nNewsId=2368&nVollId=92

¹³ F. GURTNER, Bundesamt für Sozialversicherung, könnte sich vorstellen, dass Publizisten, also Foren zufällig ausgewählter Bürger solche Wertsetzungsprozesse vornehmen sollen.

verbesserungen im Anwendungsfall Lärm, wenn angenommen wird, dass ein verlorrenes QALY gerade einem DALY entspricht.

Tabelle 9: Kostengrenzwerte aus dem anglo-amerikanischen Raum nach HAMMITT (2000), angewandt auf lärmbedingte Gesundheitsstörungen. Teuerungsstand 2000.

Endpunkt	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF
1 DALY	Ungefähr 1 QALY gleichgesetzt	75'000–150'000
Schlafstörung während 1 Jahr	0.055 * 1 DALY	4'125–8'250
Kommunikationsstörung während 1 Jahr	0.033 * 1 DALY	2'475–4'950

Es ist dabei zu beachten, dass sich diese Kostengrenzwerte auf medizinische Therapien beziehen, die einen schlechten Gesundheitszustand verbessern. Es ist davon auszugehen, dass eine finanzielle Kompensation für die Inkaufnahme eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes höher liegen würde (siehe Kapitel 4.4).

Da die Art und Weise der Ermittlung der vorgenannten Kostengrenzwerte keineswegs transparent ist, kann man nicht ausschliessen, dass diese nicht nur den intrinsischen Wert verbesserter Gesundheit (Feld A1 von Tab. 1) berücksichtigen, sondern zusätzlich insbesondere auch die durch den Therapieerfolg wiedergewonnene Leistung im Erwerbsbereich (Felder E1 und E2): Es ist plausibel, dass bei der Meinungsbildung über gesellschaftlich gerade noch tragbare Kosten einer Therapie zusätzlich zum intrinsischen Wert der durch die Therapie verbesserten Gesundheit auch noch daran gedacht wird, dass die betroffene Person im Heilungsfall wieder eine Erwerbstätigkeit ausüben könnte und infolgedessen Invaliden- oder Hinterlassenen-Renten eingespart würden. Es erscheint daher sinnvoll, an den Zahlen von Tabelle 9 eine gewisse Korrektur vorzunehmen, um andere Schadenskomponenten als A1 auszuschliessen. Nimmt man als Grobschätzung an, dass bei der Hälfte der Fälle der Therapieerfolg zu einer Wiederaufnahme der Erwerbstätigkeit führen würde und dass dann ein durchschnittliches Jahreseinkommen von CHF 60'000 (Teuerungsstand Jahr 2000) erzielt würde, das beim Verlust von 1 QALY vollständig wegfiel, so macht dies CHF 30'000 oder 20–40% des Geldbetrages in Tabelle 9 aus.

Wird nun der Kostengrenzwert für 1 mit einer Therapie gewonnenes DALY aus Tabelle 9 um den dort angenommenen Wiedergewinn der Arbeitsleistung im Erwerbsbereich verringert, so verbleibt ein reduziertes Geldäquivalent von CHF 45'000 bis CHF 120'000 pro QALY für den als Folge der Therapie verschwindenden Integritätsschaden (Feld A1 von Tab. 1). Dies wäre dann die Zahlungsbereitschaft WTP der Gesellschaft für den intrinsischen Wert der verbesserten Gesundheit einer Person. (siehe Tab. 10).

Tabelle 10: Erste Näherung für WTP-Werte für die Beseitigung von lärmbedingten Gesundheitsstörungen, abgeleitet aus Kostengrenzwerten im anglo-amerikanischen Raum. Das Geldäquivalent bezieht sich auf den intrinsischen Wert von Gesundheit. Teuerungsstand 2000.

Endpunkt	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF
1 DALY	Ungefähr 1 QALY gleichgesetzt	45'000–120'000
Schlafstörung während 1 Jahr	$0.055 * 1 \text{ DALY}$	2'475–6'600
Kommunikationsstörung während 1 Jahr	$0.033 * 1 \text{ DALY}$	1'485–3'960

Folgende Punkte bleiben zu beachten, wenn Werte aus Tabelle 10 verwendet werden sollen:

- Die Werte wurden direkt aus anglo-amerikanischen Verhältnissen übertragen und basieren auch dort auf einem lediglich impliziten gesellschaftlichen Konsens. In der Schweiz gibt es mindestens aus Sicht des Bundesamtes für Gesundheit keine Kostengrenzwerte für medizinische Therapien.
- Die vorgenommene Korrektur für die vermutlich in den anglo-amerikanischen Kostengrenzwerten enthaltenen Schadenskomponenten ausserhalb von A1 ist sehr grob.

5.4 Berechnung via Value of Statistical Life

Wie in Kapitel 4 bereits angedeutet, ist es möglich, ausgehend vom Wert eines statistischen Lebens (value of statistical life, VSL) auf den Wert eines statistischen Lebensjahres zu schliessen. Hier gehen wir näher auf die Ermittlung von VSL-Werten ein, und fassen einige Resultate und Probleme für VSL zusammen.

Die meisten Studien zur Ermittlung von VSL-Werten benützen ökonomische Methoden, um den Zusammenhang zwischen Lohnhöhe und in Kauf genommenen erhöhten Arbeitsplatzrisiken von allen anderen Variablen der Lohnhöhe losgelöst zu bestimmen (wage risk studies). Andere Studien basieren auf dem Käuferverhalten bei Kauf von Autos (MOUNT et al. 2000) oder von Sicherheitseinrichtungen wie Airbags, wobei bestimmt wird, wie viel Geld das verminderte Unfallrisiko den Käufern anscheinend wert ist. Es wird hier also anhand des tatsächlichen Marktverhaltens von Arbeitern oder Konsumenten versucht, den Wert einer Risikoveränderung abzuleiten (hedonische Preisbildung). Der offensichtliche Vorteil solcher Methoden ist das Wegfallen der bei CV-Methoden vorkommenden hypothetischen Fragestellungen, deren Problematik weiter oben schon ausreichend beschrieben worden ist. Andererseits basieren die Methoden der hedonischen Preisbildung auf gewagten Annahmen: Es wird den Marktakteuren unterstellt, dass sie die Mortalitätsrisiken ihrer Entscheidungsalternativen nicht nur kennen sondern auch verstehen, dass zum Mortalitätsrisiko hoch korrelierte Variablen wie Verletzungsrisiken keine Rolle spielen, und dass diejenigen Akteure welche höhere Risiken akzeptie-

ren, weder überdurchschnittlich risikosuchend noch überdurchschnittlich gewandt und demzufolge weniger vom Risiko betroffen sind¹⁴. Die aus den Studien resultierenden Werte gelten dann auch oft nur für eine Teilmenge der Bevölkerung, wie z.B. Lohnempfänger, Autokäufer etc. und sind schwer übertragbar auf andere Gruppen.

Bei den wage risk Studien werden Arbeitsplatzrisiken, Lohnniveau und verschiedene Variablen, die den Arbeitsplatz und die Arbeitnehmenden beschreiben, berücksichtigt. In einem vereinfachten hypothetischen Beispiel nehmen wir an, dass 1000 Arbeitende für eine Arbeit A mit einem arbeitsbedingten Sterberisiko von 1 Promille pro Jahr ein Gehalt von je CHF 70'000 pro Jahr erhalten. Für eine abgesehen vom Sterberisiko gleiche Arbeit B erhalten 1000 Arbeitende Jahresgehälter von lediglich je CHF 60'000. Das arbeitsbedingte Sterberisiko liegt bei B aber tiefer, nämlich bei 0 Promille. Die 1000 Arbeitenden in Job A erhalten somit via Lohn eine Risikoprämie von je CHF 10'000 pro Jahr oder total 10 Mio CHF. Da der Risikounterschied ein Promille beträgt, erleidet durchschnittlich 1 Mitarbeiter mehr pro Jahr einen Todesfall in Job A, verglichen zur Gruppe der Arbeiter in Job B. Die Risikoprämie von 10 Mio CHF bezieht sich also gerade auf einen vorzeitigen Todesfall. Weil dieser Todesfall aus 1000 individuellen Todesfallrisiken von 1 Promille pro Jahr resultiert, sagt man, dass in diesem Beispiel der Wert eines *statistischen* Lebens 10 Mio CHF beträgt.

Da in Industrieländern und noch stärker in Ländern mit hohem Anteil des Dienstleistungssektors sowohl die Arbeitsplatzrisiken insgesamt gesenkt wurden als auch die Risikounterschiede für vergleichbare Arbeiten klein geworden sind, führen bereits kleine Risikozuschläge im Lohn zu hohen statistischen Werten des Lebens. Da sich die Arbeiter ihrer Arbeitsplatzrisiken oft nicht bewusst sind, andere Beschwerlichkeiten der betreffenden Arbeit nicht immer erfassbar sind und die Arbeitsmärkte keinesfalls freie Märkte darstellen (Gewerkschaften, Arbeitslosigkeit, Transaktionskosten der Arbeitnehmenden bei Jobwechsel und Umzug etc.), haften den wage risk Berechnungen grosse Unsicherheiten an.

Die meisten Studien ermitteln nicht direkt den Wert eines Lebens VSL oder eines verlorenen Lebensjahres VOLY, sondern den Wert von Mortalitätsrisikoveränderungen. Wie Tabelle 11 zeigt, liegen die in Meta-Analysen zusammengestellten Werte für VSL erstaunlich nahe zusammen, meist innerhalb einer Grössenordnung. Würden allerdings alle Markttransaktionen und die durch Gesetze implizierten Kosten berücksichtigt, so würde die Bandbreite, wie TENGS et al. (1995) zeigen, zwischen <0 USD bis mehr als 20 Milliarden USD pro Lebensjahr variieren.

¹⁴ Dies wird als sogenannter healthy worker effect bezeichnet. Krankheits- und in diesem Falle unfallanfällige Arbeiter verlassen die gefährlichen Jobs, tragen aber zu den in der Statistik erfassten Risiken bei, die gesunden und «geschickten» Arbeiter bleiben im Job und bestimmen im wesentlichen das Lohnniveau.

Tabelle 11: Übersicht über Meta-Analysen.

Metastudien	Typ	VSL	Bezugsjahr
VAN DEN BERGH et al. 1997	10 USA und 1 UK wage-risk Studien	USD 3.86 Mio (beste Schätzung)	
DESVOUSGES et al. 1998	28 wage-risk und 1 CV Studie, alle USA	USD 3.6 Mio [0.4–6.8 USD Mio]	
DAY 1999	16 wage risk Studien (10 USA, 2 Canada, 4 UK)	USD 5.63 Mio (beste Schätzung)	
U.S. EPA 1999	21 wage-risk und 5 CV-Studien	USD 4.8 Mio (1.56–8.04 Mio = ± 1 SD)	1990 USD
EXTERNE (1999)		USD 3.031 Mio	1990 USD
MILLER 1990	34 safety market, 3 CV und 2 andere Märkte, alle USA	USD 3.472 Mio	1995 USD
Eigene Berechnungen basierend auf MILLER 2000	3 europäische wage-risk Studien	USD 3.226 Mio	1995 USD
Eigene Berechnungen basierend auf MILLER 2000	11 europäische CV Studien	USD 3.490 Mio	1995 USD
PEARCE & HOWARTH 2000	WTA (wage risk)	USA: £ 2.9–4.6 Mio UK: £ 2.4–2.9 Mio	£1997
PEARCE & HOWARTH 2000	WTP (CV, CRM)	USA: £ 1.2–2.2 Mio UK: £ 3.3–5.3 Mio	£1997
PEARCE & HOWARTH 2000	WTP (market)	USA: £ 0.9–1.0 UK: £ 0.5–2.8	£1997

Eine grosszügige Interpretation von Tabelle 11 ergibt, dass die Unterschiede sowohl zwischen Studien aus den USA und Europa als auch zwischen wage risk und contingent valuation klein sind. Eine genauere Betrachtung zeigt, dass in den Studien, die PEARCE & HOWARTH (2000) einbezogen haben, die CV/wage-risk Verhältnisse für Studien aus dem UK grösser als eins sind, während dieses Verhältnis für die Studien aus den USA unter eins liegt. Auch bei unseren eigenen Berechnungen basierend auf MILLER (2000) liegen für die europäischen Studien die contingent valuation Werte leicht höher als die wage risk Werte. Dies scheint allerdings ein Artefakt aus der Auswahl von Studien zu sein: Würde nämlich die in Kapitel 4.2 genannte schweizerische Studie von BARANZINI & FERRO LUZI (2001) ebenfalls einbezogen, so würde sich das Verhältnis umkehren.

Ohne Detailanalyse aller Primärstudien gehen wir hier aufgrund von Tabelle 11 davon aus, dass ein robuster mittlerer Wert für ein VSL bei 4 Mio USD 1990 liegt, was 5.27 Mio USD 2000 oder 8.9 Mio CHF (Teuerungsstand 2000) entspricht. Dabei stellt sich die Frage, ob in diesem VSL-Wert nebst dem intrinsischen Wert gesunder Lebensjahre (Feld A1 von Tab. 1) auch andere Schadenskomponenten enthalten sein könnten, insbesondere der infolge vorzeitigem Tod verlorene Er-

werbslohn E1. Hierzu kann die Überlegung gemacht werden, dass jedenfalls bei den in der Zusammenstellung von Tabelle 11 vorherrschenden wage risk Studien ein Erwerbsausfall infolge berufsbedingtem vorzeitigem Tod bei der Lohnfindung keine Rolle gespielt haben dürfte, da in den betreffenden Ländern Lohnersatzzahlungen nach berufsbedingtem vorzeitigem Tod weitgehend üblich sind. Wenn man schon annimmt, in der relativen Lohnhöhe komme das erhöhte Sterberisiko bestimmter Berufstätigkeiten zum Ausdruck, so kann dabei also nur die Abneigung der Arbeiter gegen vorzeitigen Tod im Spiel sein, und nicht der in einem solchen Fall eintretende finanzielle Übergang vom Arbeitslohn zur Hinterbliebenenrente.

Gesucht ist nun hier aber nicht das Geldäquivalent für ein statistisches Leben VSL, sondern das Geldäquivalent für ein (statistisches) *Lebensjahr* (Value Of Life Year VOLY). Wollte man aus den Studien von Tabelle 11 verlässlich herausfinden, was für einen Wert die betreffenden Markt- oder Befragungsteilnehmer einem gewonnenen oder aufs Spiel gesetzten künftigen Lebensjahr beimessen, so wären Informationen über das Alter dieser Teilnehmer erforderlich, sowie Näheres zur Frage, ob sie sich ihrer Lebenserwartung im Zeitpunkt der Markttransaktion oder Befragung bewusst waren, und ob sie den Wert ihrer weiter in der Zukunft liegenden Lebensjahre gleich/höher/tiefer gewichteten als den Wert ihres unmittelbar bevorstehenden Lebensjahres.

Die verfügbaren Studien sind diesbezüglich nicht aufschlussreich, was auch Pearce feststellt (PEARCE 2000: 29). In dieser etwas unbefriedigenden Situation gehen wir von der groben Annahme aus, dass die VSL-Werte von Tabelle 11 für eine mittlere Restlebenserwartung von 40 Jahren gelten, was im Falle der wage risk Studien ein vernünftiger Durchschnittswert für entwickelte Länder ist, während bei den Käufern von gefahrenmindernden Gütern die mittlere Restlebenserwartung etwas tiefer sein dürfte. Ferner nehmen wir an, dass die Menschen den intrinsischen Wert künftiger gesunder Lebensjahre gleich oder leicht tiefer einsetzen als den intrinsischen Wert des unmittelbar bevorstehenden gesunden Lebensjahres. Die entsprechende Diskontierung künftiger Lebensjahre nehmen wir in zwei Varianten vor: Einerseits Diskontsatz 0%, d.h. Wert künftiger Lebensjahre gleich wie heute, und andererseits 1% Abdiskontierung künftiger Jahre, in Anlehnung an PEARCE (2000). Daraus resultiert, ausgehend vom weiter oben festgelegten VSL-Schätzwert von 8.9 Mio CHF und einer Restlebenserwartung von 40 Jahren, für das Geld-äquivalent eines statistischen verlorenen Lebensjahres VOLY ein Betrag von 222'500 CHF des Jahres 2000 bei Diskontsatz 0%, und von 271'000 CHF des Jahres 2000 bei Diskontsatz 1%. Bei Diskontsatz 0% können die 8.9 Mio CHF einfach durch die 40 verlorenen Lebensjahre dividiert werden; bei Diskontsatz 1% wird das Ergebnis in CHF pro VOLY etwas höher, weil die weit in der Zukunft liegenden verlorenen Lebensjahre nur reduziert in den Divisor eingehen. Die VOLY-Geldäquivalente gelten für 1 DALY, woraus sich auch die übrigen Werte von Tabelle 12 ergeben.

Tabelle 12: Geldäquivalent für lärmbedingte Gesundheitsstörungen, abgeleitet aus Wert eines statistischen Lebensjahres (VOLY) ohne Altergewichtung, mit Diskontsatz 0% (unterer CHF-Wert) oder 1% (oberer CHF-Wert). Teuerungsstand 2000.

Endpunkt	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF 2000
1 DALY	Ungefähr 1 VOLY entsprechend	222'500–271'000
Schlafstörung während 1 Jahr	$0.055 * 1 \text{ DALY}$	12'200–14'900
Kommunikationsstörung während 1 Jahr	$0.033 * 1 \text{ DALY}$	7'300–8'900

Eine Altersgewichtung, z.B. nach JONES-LEE et al. (1999), würde an dieser Berechnung nichts ändern, da dort für 40-Jährige eine Altergewichtung von gerade eins gilt.

Die in Tabelle 12 verwendeten Diskontsätze für künftiger Lebensjahre stellen nicht die untere und obere Schranke möglicher Fälle dar. Verschiedene Autoren wenden höhere Diskontsätze an (z.B. 3%), was dazu führt, dass bei gegebenem VSL der Wert eines gegenwärtigen VOLY deutlich höher zu liegen kommt. HUBBELL (2002) rechnet z.B. mit 284'000 USD 1999 per VOLY (=496'000 CHF 2000), ausgehend von einem VSL von 6.1 Mio USD 1999. MARKANDYA (1998) geht von einem VSL von 4 Mio USD aus und berechnet VOLY für Diskontsätze 3% und 11%, was rund 200'000 USD resp. 415'000 USD entspricht. EC (1999) geht von einem VSL von 2.2 Mio EURO 1990 aus und benützt als Median einen Diskontsatz von 4%, was einen Wert pro VOLY von 110'000 EURO 1990 ergibt. Auf der anderen Seite ist zu beachten, dass auch Diskontsätze unter 0% möglich sind.

Die Ergebnisse in Tabelle 12, die auf VSL-Werten der internationalen Literatur gemäss Tabelle 11 beruhen, sollen nun noch mit Ergebnissen neuerer schweizerischer Untersuchungen verglichen werden, um deren Anwendbarkeit für schweizerische Verhältnisse zu überprüfen. Die in Kapitel 4.2 schon erwähnte wage risk Studie über schweizerische Arbeitnehmer (BARANZINI & FERRO LUZI 2001) ermittelt gemäss Tabelle 3 bei Diskontsatz 0% Geldäquivalente von rund 300'000 CHF 1995 per VOLY für 40ig-Jährige (BARANZINI & FERRO LUZI 2001). Dieser Wert liegt rund 40% höher als der Wert für Diskontsatz 0% aus Tabelle 12.

Ferner resultieren auch VSL- und VOLY-Beträge aus der CV-Studie von SCHWAB & SOGUEL (1995) aus der französischen Schweiz, die im Hinblick auf die nicht-tödlichen Unfallfolgen des Strassenverkehrs schon in Kapitel 5.2 diskutiert wurde. Gemäss Tabelle 8 besteht gemäss Schwab & Soguel für den tödlichen Unfall DEC eine Zahlungsbereitschaft aus Sicht des Opfers von CHF 1'696'790 (Medianwert). Aus diesem VSL-Wert lässt sich das Geldäquivalent für das gegenwärtige VOLY auf 48'500 CHF (Inflationsstand 1994) errechnen, wenn eine Diskontierung 0% und eine statistische Rest-Lebenserwartung von 35 Jahren der im mittleren Alter von 43 Jahren Verstorbenen zugrundegelegt wird; bei einer Abdiskontierung künftiger

Lebensjahre mit 3% stiege dieser Betrag auf 79'000 CHF an. Die zur Studie von SCHWAB & SOGUEL (1995) gemachten kritischen Bemerkungen gelten natürlich auch hier: Insbesondere ist hier unsere Vermutung wichtig, dass die Teilnehmer dieser contingent valuation Studie die *Dauer* der gesundheitlichen Folgen des hypothetischen Unfallereignis ungenügend Rechnung getragen haben und damit der Zahl der mit Invalidität zu lebenden Jahre und der Zahl der wegen Tod verlorenen Jahre im Vergleich zu den akuten Unfallfolgen zu wenig Beachtung schenkten. Die im Vergleich zu Tabelle 12 tiefen VOLY-Werte von SCHWAB & SOGUEL (1995) sind in diesem Lichte plausibel.

Damit kann man weder aufgrund der Ergebnisse von BARANZINI & FERRO LUZI (2001) noch aufgrund der Ergebnisse von SCHWAB & SOGUEL (1995) die Zahlen von Tabelle 12 grundsätzlich in Frage stellen.

Angesichts der Unsicherheit in Bezug auf den Satz für die Abdiskontierung künftiger Lebensjahre kann zur Beurteilung von Tabelle 12 noch der Hinweis von Interesse sein, dass bei Annahme eines hohen Diskontsatzes von 4% das Geldäquivalent für 1 DALY bis auf 450'000 CHF ansteigen würde.

5.5 Berechnung via tatsächlich bezahlte Kosten von kosmetischen Eingriffen

Die in den vorstehenden Kapiteln 5.1 bis 5.4 zutagegetretenen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Geldäquivalente für 1 DALY für Schlafstörung und für Kommunikationsstörung sind vor allem auf Probleme der verwendeten Monetarisierungsmethoden hedonic pricing, wage risk analysis, contingent valuation und conjoint analysis zurückzuführen. In dieser Situation wächst das Interesse für Antworten auf die Frage, was die Menschen nun *wirklich* bezahlen für die Vermeidung einer bevorstehenden oder die Beseitigung einer bestehenden Gesundheitsstörung. Da im Bereich der medizinischen Versorgung in der Schweiz die Bezahlung der Therapiekosten nur zum geringen Teil zulasten des Patienten geht und damit dessen Ausgabeverhalten nur beschränkte Aussagen über den zugemessenen intrinsischen Wert von Gesundheit erlaubt, sind solche Teilbereiche der medizinischen Versorgung von Interesse, wo die Sozialversicherungen nicht zahlen und demnach der Patient selbst für die Kosten aufkommt. Ein derartiger Bereich ist der Einsatz medizinischer Therapien zu kosmetischen Zwecken, in Fällen, wo das Wohlbefinden von Menschen nicht infolge schlechtem Funktionieren körperlicher Organe, sondern infolge einer abnormen äusseren Erscheinung gestört ist.

Ist das Aussehen eines Menschen ausserhalb eines von der sozialen Umgebung als 'normal' und 'ansprechend' empfundenen Rahmens, so fühlt sich diese Person exponiert und isoliert. Dies kann zu einer erheblichen Störung des Wohlbefindens führen, die im Sinne eines weitgefassten Gesundheitsbegriffs ebenso sehr als Krankheit aufgefasst werden muss wie die «eigentlichen» körperlichen und geistigen Krankheiten. Nichtsdestoweniger werden die entsprechenden Behandlungskosten von den Sozialversicherungssystemen in der Regel nicht bezahlt.

Ausgangslage ist hier, dass im Rahmen der Ermittlungen von disability weights DW nach MURRAY & LOPEZ (1996: 39) für den «Schönheitsfehler» Vitiligo on face ein DW von 0.02 ermittelt worden ist. Vitiligo on face ist ein pigmentloser, weisser Hautbezirk im Gesicht, der bei Murray & Lopez definiert ist als «the individual has 10% of the face afflicted, and this condition is evident at a distance». Ein solcher weisslicher Fleck im Gesicht ist ein Gesundheitszustand, der die physischen Funktionen der betroffenen Person nicht beeinträchtigt und auch keine körperlichen Schmerzen verursacht, also im landläufigen Sinn keine Krankheit ist. Demgegenüber ist die soziale Funktion der Person betroffen, weil das fleckige Gesicht von der sozialen Umwelt der Person als Anomalie empfunden wird und zu einer Ausgrenzung führt, welche die betroffene Person dauernd belastet¹⁵. Im Sinne des WHO-Gesundheitsbegriffs ist die betroffene Person nicht mehr vollkommen gesund, denn die soziale Funktion ist aus körperlichen Gründen beeinträchtigt. Konsequenterweise wurde bei Murray & Lopez für diesen Zustand ein disability weight bestimmt.

Es wäre für die vorliegende Studie interessant zu wissen, wieviel Geld von Betroffenen selbst ausgegeben wird, um die im Gesicht auftretende Vitiligo zum Verschwinden zu bringen, das heisst, diese für die soziale Umgebung der betroffenen Person unauffällig zu machen. Da das DW der verkehrslärmbedingten Schlafstörung (=0.055) knapp dreimal so hoch ist wie dasjenige von Vitiligo on face, könnte dann die tatsächliche Zahlungsbereitschaft von Vitiligo-Betroffenen, multipliziert mit dem Faktor 2.75, einen Hinweis geben über die mutmassliche Zahlungsbereitschaft von Schlafstörungs-Betroffenen für eine Beseitigung dieser Schlafstörung.

Gemäss Aussage schweizerischer Dermatologen gibt es keine zum Ziel führende Therapie zur Heilung von Vitiligo. Nichtsdestoweniger werden Medikamente kommerziell vermarktet, so beispielsweise das auf die befallene Haut aufzutragende Medikament Novitil (<http://www.dermabest.com>). Aufgrund unserer Rückfrage an die Anbieterfirma Dermabest Inc. in Toronto/Canada ergeben sich folgende Informationen:

- Typischerweise zeigen sich nach 6 Monaten Novitil-Anwendung substanzielle Verbesserungen oder eine vollständige Wirkung. Ausgegangen wird hier von einer im übrigen gesunden Person mit mittelmässig bräunendem Hauttyp, die sich in mittlerem Ausmass der Sonnenstrahlung aussetzt.
- Die Unsichtbarmachung einer vorhandenen, stationären Vitiligo-Hautstelle im Umfang von 15 cm² erfordert den Einsatz von 125 ml Novitil pro 2 Monate.
- Eine mittels Einsatz von Novitil einmal erreichte Unsichtbarmachung einer von Vitiligo befallenen Hautstelle ist von dauernder Natur. Es ist aber damit nicht ausgeschlossen, dass an anderen Stellen der Haut neue Depigmentationen auftreten.
- 125 ml Novitil kosten im November 2002 USD 79.95 inkl. Porto und Verpackung.

¹⁵ Vitiligo und die Heilungsmöglichkeiten sind beschrieben in <http://www.niams.nih.gov/hi/topics/vitiligo/vitiligo.htm>.

Wenn wir aufgrund der vorstehenden Daten annehmen, dass die Besteller von Novitil glauben, durch eine Anwendung dieses Medikaments während 12 Monaten einen Vitiligofleck von 15 cm² während für den Rest des Lebens unsichtbar machen zu können, so ergibt sich folgende Rechnung für die Zahlungsbereitschaft zu einer Beseitigung dieser Vitiligo (und damit des intrinsischen Wert für Absenz von Vitiligo):

Zahlungsbereitschaft für Beseitigung Vitiligo = $12 \cdot 0.5 \cdot 79.95 = 480 \$ = 700 \text{ CHF}$

Wenn man sich vergegenwärtigt, dass mit dem Medikament eine Beseitigung von Vitiligo für die ganze Rest-Lebenserwartung versprochen wird, ergibt sich für Menschen mit einer Restlebenserwartung von 40 bis 60 Jahren eine Zahlungsbereitschaft pro Jahr Vitiligo-Absenz von 10 bis 20 CHF. Das ist wenig für die Beseitigung einer Gesundheitsbeeinträchtigung mit disability weight 0.02, und das würde auch zu einem unrealistisch kleinen Geldäquivalent für die Absenz von Schlafstörung (DW 0.055) und Kommunikationsstörung (DW 0.033) führen.

Daraus ist zu folgern, dass die Herstellerfirma das Heilmittel in Unkenntnis der wahren maximalen Zahlungsbereitschaft der Vitiligo-Patienten viel zu billig verkauft, oder dass die meisten Patienten nicht glauben, mit dem Heilmittel in der angepriesenen Weise und ohne Nebenwirkungen geheilt zu werden, sodass der Hersteller nur mit dem tiefen Preis den von ihm benötigten Umsatz erzielt. Der für die Novitil-Therapie bezahlte Preis gibt also keinen brauchbaren Rückschluss auf den intrinsischen Wert der Absenz von Vitiligo während eines Jahres.

Zu kosmetischen Therapien im Bereich des Gesichts sind indessen repräsentativere Informationen verfügbar über die von den Betroffenen selbst bezahlten Kosten für Eingriffe im, insbesondere vonseiten der ASAPS American Society for Aesthetic Plastic Surgery (<http://www.surgery.org>). In den USA häufig ausgeführte Eingriffe im Gesichtsbereich sind z.B.:

- Veränderung von störenden Gesichts-Konturen durch Injektion von Rinder-Collagen. Dieser ambulant vorgenommene Eingriff wurde laut ASAPS im Jahr 2001 in den USA 1'098'000 Mal durchgeführt, muss zwecks anhaltender Wirkung alle 3-6 Monate wiederholt werden, und kostet (Stand 2001) pro Behandlung im USA-Mittel USD 350 Arzthonorar, plus Nebenkosten für Operationsraum, Anästhesie, Tests, Medikamente, etc.
- Veränderung einer störenden Nasenform durch operativen Eingriff (Rhinoplastie). Dieser ambulant oder halbstationär (Entlassung am Abend des Operationstages) vorgenommene Eingriff wurde laut ASAPS im Jahr 2001 in den USA 177'000 Mal vorgenommen, und kostet (Stand 2001) im USA-Mittel USD 3745, plus vorgenannte Nebenkosten. Solche Eingriffe werden vor allem bei jungen Erwachsenen vorgenommen (47% Altersklasse 28–35 Jahre, 23% Altersklasse 35–50 Jahre), und ihre Wirkung ist bleibend für die jeweilige Restlebenserwartung von etwa 40 Jahren.
- Liften von herabhängenden oberen Augenlidern. Dieser Eingriff wurde laut ASAPS im Jahr 2001 in den USA 246'338 Mal vorgenommen, und kostet (Stand

2001) im USA-Mittel USD 2510, plus vorgenannte Nebenkosten. Solche Eingriffe werden vor allem bei älteren Erwachsenen vorgenommen, und ihre Wirkung ist bleibend für die jeweilige Rest-Lebenserwartung von etwa 20 Jahren.

Die vorstehenden medizinischen Eingriffe betreffen nicht die Beseitigung von Vitiligo on face, aber sie betreffen Veränderungen des Aussehens, deren Effekt für die betroffene Person mit der Beseitigung von Vitiligo vergleichbar ist. Es ist eine Ermessenssache, wie schwer man eine zu grosse oder krumme Nase, oder eine unschön verfaltete Gesichtshaut gewichten soll in Relation zu Vitiligo mit einer 10% der Gesichtsfläche umfassenden Depigmentierung. Geht man versuchsweise einmal von der Annahme aus, die vom Betroffenen empfundene Schwere sei in diesen 3 Fällen gleich hoch (unbekanntes DW sei also wie Vitiligo = 0.02), so kann man zu folgender groben Abschätzung des Geldäquivalents in CHF für die Absenz von Vitiligo kommen:

- Rechnet man für die Nebenkosten 200% des Chirurgenhonorars, so kostet pro Wirkungsjahr gerechnet die Collagen-Behandlung $2 \cdot 350\$ \cdot (100+200)\%$, oder 2100 USD, was in CHF des Jahres 2001 rund 3000 CHF ausmacht. Bei der Nasenkorrektur sind es $(1/40) \cdot 3745\$ \cdot (100+200)$, oder 280 USD, was in CHF des Jahres 2001 rund 420 CHF ausmacht. Beim Liften der Augenlider sind es $(1/20) \cdot 2510\$ \cdot (100+200)\%$, oder rund 380\$, was in CHF des Jahres 2001 rund 550 CHF ausmacht.
- Angesichts der hohen Zahl von jährlichen Behandlungsfällen in den USA kann man annehmen, dass aus Sicht der meisten Betroffenen der intrinsische Wert eines faltenlosen Gesichts oder einer unauffälligen Nase mindestens so gross ist wie die vorstehend genannten Preise, sonst würde die in der Statistik ausgewiesene hohe Zahl an Behandlungen nicht zustandekommen. Andererseits könnte dieser intrinsische Wert aber höher sein als der bezahlte Preis, weil vielleicht die maximale Zahlungsbereitschaft eines erheblichen Teils der Nachfrager höher ist als der geforderte Marktpreis, oder weil vielleicht der intrinsische Wert der Gesundheitsverbesserung in der maximalen Zahlungsbereitschaft der Patienten gar nicht genügend zum Ausdruck kommt. Hierzu nehmen wir an, dass die Geschäftstüchtigkeit der amerikanischen Schönheits-Chirurgen genug gut entwickelt ist, um sich mit den geforderten Preisen in den Bereich der maximalen Zahlungsbereitschaft einer Mehrheit der Betroffenen heranzutasten. Andererseits haben wir aufgrund der weiter oben diskutierten Erfahrungen mit contingent valuation Anlass zur Vermutung, dass die Betroffenen den Wert von Gesundheitsverbesserungen für noch weit entfernte künftige Lebensjahre nicht ausreichend in ihrer maximalen Zahlungsbereitschaft zum Ausdruck bringen. In dieser Hinsicht auffällig ist der vergleichsweise tiefe Marktpreis der Nasenkorrektur und der Lidliftung, wenn er pro Jahr der Rest-Lebenserwartung ermittelt wird. Es fällt schwer, anzunehmen, dass die Betroffenen einer schlecht proportionierten Nase oder schlaffen Augenlidern einen zehnmal geringeren Negativwert zuzumessen als einer faltigen Gesichtshaut. Plausibler ist die Annahme, dass den Betroffenen die vielen künftigen Lebensjahre ohne verunstaltende Nasenform oder Augenlider zu wenig bewusst werden. Diese Problematik besteht im Falle der Collagen-Injection nicht, da die Therapie ja nur eine Anzahl Monate lang

wirksam bleibt und dann wiederholt werden muss. Wir gehen daher davon aus, dass der Marktpreis von 2 Collagen-Injections pro Jahr am ehesten dem intrinsischen Wert eines nicht-hässlichen Gesichts für die Dauer eines Jahres entspricht, weil dieser Preis im Bereich der mittleren Maximal-Zahlungsbereitschaft des Marktes liegen dürfte, und weil diese Maximal-Zahlungsbereitschaft den intrinsischen Wert der Gesundheitsverbesserung gut wiedergibt, denn es müssen von der betroffenen Person keine Zukunftsjahre eskomptiert werden. Unter diesen Voraussetzungen setzen wir das Geldäquivalent für ein «nicht-hässliches» Gesicht während eines Jahres auf rund 3000 CHF (Teuerungsstand 2001).

- Es bleibt die Frage, ob das disability weight DW eines zerfalteten Gesichts vor einer Collagen-Injection die gleiche Höhe 0.02 wie das DW eines von Vitiligo gezeichneten Gesichtes aufweisen sollte. Hierzu geben die Tabellen von MURRAY & LOPEZ (1996) keine Auskunft. Wir nehmen hier als grobe Näherung an, dass die zerfaltete Gesichtshaut von der betroffenen Person als eher weniger belastend empfunden wird als ein Gesicht mit Vitiligo-Fleck, sodass für den ersten Fall tentativ ein DW von 0.01 bis 0.02 eingesetzt wird.

Daraus kann dann weiter geschlossen werden, dass der intrinsische Wert der Abwesenheit von verkehrslärmbedingter Schlafstörung, unter Berücksichtigung eines DW-Verhältnisses von 0.055/0.02, etwa 8000 CHF pro Jahr betragen könnte, und bei Annahme eines DW-Verhältnisses von 0.055/0.01 das Doppelte. Gefühlsmässig empfindet man diesen Wert als eher hoch: Es wäre doch eine beträchtliche Summe, wenn eine Person 700–1300 Franken pro Monat ausgäbe, damit sie ruhig schlafen kann. Ein Grund für dieses als hoch empfundene Geldäquivalent könnte gesucht werden in der Vermutung, dass Menschen für die Beseitigung von Mängeln an ihrer äusseren Erscheinung bereit sind, besonders viel Geld auszugeben.

Tabelle 13: Geldäquivalente für Gesundheitsstörungen abgeleitet aus der Zahlung für kosmetische Eingriffe. Teuerungsstand 2001.

Art der Gesundheitsstörung	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF
Schlafstörung während 1 Jahr:	$0.055/(0.01-0.02) * 3000 \text{ CHF}$	8000–16'000 CHF
Kommunikationsstörung während 1 Jahr:	$0.033/(0.01-0.02) * 3000 \text{ CHF}$	5000–10'000 CHF
Das Geldäquivalent von 1 DALY beträgt:	$1/(0.01-0.02) * 3000 \text{ CHF}$	150'000–300'000 CHF

5.6 Berechnung via tatsächlich bezahlte Kosten für medizinische Therapien

Wechselt man vom medizinischen Grenzgebiet der kosmetischen Behandlungen zu den 'normalen' medizinischen Therapien für die Heilung oder Vermeidung von Krankheiten im engeren Sinne, so besteht das Problem, dass die Betroffenen im allgemeinen nicht selbst bezahlen, weil die Kosten von den Sozialversicherungssy-

stemen übernommen werden. Davon gibt es (im Falle der schweizerischen Verhältnisse) immerhin zwei Gruppen von Ausnahmen: Die Kosten für präventive Impfungen sowie für zahnärztliche Behandlungen werden in der Regel nicht von den Krankenkassen übernommen, und bei allen kassenpflichtigen Behandlungen gilt zulasten der Patienten ein Selbstbehalt im Wahlbereich von etwa 400 bis 1500 Franken pro Jahr, und darüber hinaus eine Eigenbeteiligung von 10% der medizinischen Kosten. Gibt es hier Fälle, die aufschlussreich sind für die Bestimmung des intrinsischen Werts von Gesundheitszuständen?

5.6.1 Impfung zur Grippe-Prävention

Die jeweils im Herbst vorgenommene Grippe-Präventionsimpfung ist für gesunde Erwachsene bis Alter 65 Jahre mit der Aussicht verbunden, im folgenden Winter mit einer Wahrscheinlichkeit 68 bis 90% frei von Grippe-artiger Erkrankung (ILI Influenza-like illness) zu bleiben (BAG 2002: 10). Die zu erwartende Zahl von ILI Fällen pro Winter in der Schweizer Bevölkerung wird auf 100'000 bis 300'000 geschätzt, das heisst 1500 bis 4500 Fälle pro 100'000 Personen, wobei dieses Risiko approximativ für 15–65 Jährige gilt, während das Risiko bei Kindern grösser und bei über 65 Jährigen kleiner ist (BAG 2002: 4/5). Im Fall des Ausbruchs von ILI ist mit hohem Fieber während etwa 3 Tagen zu rechnen, gefolgt von einer Rekonvaleszenz von 1–2 Wochen; Komplikationen mit Spital-Einlieferung oder Tod sind bei gesunden Erwachsenen von 15 bis 65 Jahren nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit zu erwarten (BAG 2002: 5), so dass sie für den Impfscheid dieser Gruppe von geringem Belang sein dürften. Die Broschüre BAG (2002) ist an die schweizerische Ärzteschaft verteilt worden und dürfte die Grundlage sein für Informationen der Ärzte an Personen, die sich für Risikosituation und Schwere von ILS vor ihrem Entscheid über die Vornahme einer Impfung interessieren. Die für den folgenden Winter wirksame Grippe-Impfung kostet im Herbst 2002 etwa 25 Franken und ist von den unter 65 Jährigen im allgemeinen selbst zu bezahlen.

Wir nehmen versuchsweise einmal an, dass die eine Grippeimpfung in Betracht ziehenden gesunden Erwachsenen von 15–65 Jahren ihren Entscheid für oder gegen die Grippe-Impfung hauptsächlich in Berücksichtigung der selbstbezahlten Impfkosten (25 CHF) und des intrinsischen Werts der Verschonung vor komplikationsloser ILI trafen, und dass sie davon ausgingen, im Falle einer Impfung anstelle einer Eintretenswahrscheinlichkeit im folgenden Winter von 1500–4500 pro 100'000 nur noch eine Eintretenswahrscheinlichkeit von 32–10% der vorstehenden Zahlen erwarten zu müssen. Dann würden die für Impfung optierenden Personen eine Reduktion der ILI-Ausbruchswahrscheinlichkeit im nächsten Winter von 1020–4050 per 100'000 als mindestens gleichwertig zu einer Geldausgabe von 25 CHF ansehen. Nach der üblichen Berechnungsweise würden diese Personen damit zum Ausdruck bringen, dass die Vermeidung eines mit Wahrscheinlichkeit =1 zu erwartenden Eintritts von ILS ihnen mindestens einen Betrag von $CHF\ 25 \cdot 100'000 / (1020 - 4050)$ wert wäre, oder CHF 617–2450. Gemäss (STOUTHARD 1997, Appendix Table A.1, diagnostic group 31), ist das disability weight DW einer zweiwöchigen Influenza-Episode gleich 0.16 während dieser 2 Wochen, was unter der nicht

ganz problemlosen Annahme der Zeitproportionalität ein DW von 0.006 auf Jahresbasis ergibt.

Damit ergibt sich ein DW-Verhältnis von $0.055/0.006 = 9.2$ zwischen einer ein Jahr lang andauernden lärmbedingten Schlafstörung und einer auf das Jahr umgerechneten komplikationslosen zweiwöchigen Influenza-Episode. Mit diesem DW-Verhältnis umgerechnet resultiert ein Geld-Äquivalent für die Vermeidung von Schlafstörung während eines Jahrs im Bereich von CHF 5676–22'540. Diese Beträge erhöhen sich linear, insoweit man annimmt, dass die Grippe-Impfung den Geimpften auch mehr als die tatsächlich bezahlten CHF 25 wert gewesen wäre. Man kann sich nämlich durchaus vorstellen, dass die an einer Grippe-Impfung interessierten Personen auch das Mehrfache der CHF 25 bezahlen würden; dies umso mehr, als in der Praxis kaum jemand auf die Impfung verzichtet, nachdem deren Preis bekannt gegeben worden ist.

Wie weiter oben schon ausgeführt, kann man dieser Berechnungsmethode für den intrinsischen Wert der Absenz von lärmbedingter Schlafstörung entgegenhalten, dass die Impfwilligen ihren Entscheid gar nicht auf Basis finanzieller Erwägungen fällen. Weiter ist anzunehmen, analog zur Kritik an den CV-Studien in Kapitel 5.2.3, dass die Impfwilligen zudem die Angaben über Erkrankungswahrscheinlichkeiten in den meisten Fällen nicht wirklich zur Kenntnis nehmen und rational verarbeiten. Ungeachtet dessen empfindet man hier die errechneten 617–2450 CHF als intrinsischen Wert der Vermeidung einer zweiwöchigen Grippe-Erkrankung nicht als absurd.

Tabelle 14: Geldäquivalente für Gesundheitsstörungen abgeleitet aus Zahlung bei Grippeimpfung. Teuerungsstand 2002.

Art der Gesundheitsstörung	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF
Schlafstörung während 1 Jahr:	$0.055/0.006 * (617-2450)$ CHF	Bereich 5000–22'000 CHF
Kommunikationsstörung während 1 Jahr:	$0.033/0.006 * (617-2450)$ CHF	Bereich 3000–13'000 CHF
Das Geldäquivalent von 1 DALY beträgt:	$1/0.006 * (617-2450)$ CHF	Bereich 100'000–400'000 CHF

5.6.2 Therapie gegen Obstruktives Schlaf-Apnoe-Syndrom (OSAS)

Bei Personen mit Obstruktivem Schlaf-Apnoe-Syndrom (OSAS) tritt während des Schlafes fünf bis über vierzig Mal pro Stunde ein mindestens 10 Sekunden langer Atmungsunterbruch ein, der durch einen momentanen Kollaps des Atemwegs im Kehlkopfbereich verursacht ist. Als Folge leidet die Qualität des Schlafs, und die Betroffenen sind am andern Tag müde und einschlafgefährdet (ZINGG 2002). Da nach den Atmungsunterbrüchen sehr starke Schnarchlaute auftreten, treten zusätzlich bei allfälligen Schlafpartnern von OSAS-Patienten Schlafstörungen auf, die aufgrund ihrer akustischen Ursache vergleichbar sind mit strassenlärmbedingten

Schlafstörungen (MCARDLE et al. 2001). OSAS kann zuverlässig verhindert werden, indem die Patienten während des nächtlichen Schlafes über eine Gesichtsmaske an ein Gerät angeschlossen sind, welches durch Aufrechterhaltung eines Druckes im Atemweg ein Kollabieren verhindert (nasal Continuous Positive Airway Pressure nCPAP). Das Gerät wird dem Patienten im Wirkungsbereich des Kantonsspitals St.Gallen auf Basis eines Mietvertrags abgegeben, wobei im Jahr 2002 die Miete pro Tag rund 5 CHF kostet, zuzüglich einmaliger Erstininstallationskosten von 722 CHF und einer Jahrespauschale für technische Betreuung von 74 CHF. Die Mieten werden vierteljährlich mit der Krankenversicherung des Patienten abgerechnet; der Patient erhält mit dem nCPAP-Therapieangebot den Hinweis, dass die Kostenfolge für ihn selbst (Selbstbehalt, den er an die Krankenversicherung bezahlen muss) im Monat rund 20 CHF beträgt.

Entscheidet sich ein Patient in Kenntnis dieser Kostenfolge für die Benutzung des Geräts, so bringt er zum Ausdruck, dass ihm der Übergang von der Wahrscheinlichkeit 1 auf die Wahrscheinlichkeit 0 des laufenden Auftretens seiner OSAS-Schlafstörung, verbunden mit dem Übergang von der Wahrscheinlichkeit 0 auf die Wahrscheinlichkeit 1 der zu ertragenden Geräte-Unannehmlichkeit, im Jahr mindestens 240 CHF wert ist. Entgegen dem, was ein Aussenstehender vermuten könnte, scheint die Unannehmlichkeit des Tragens der Maske mit Verbindungsschlauch zum Gerät im Vergleich zum Nutzen der Therapie nicht ins Gewicht zu fallen, verzichten doch nur einige Prozent der Patienten aus diesem Grund auf die Weiterführung des Geräteeinsatzes (ZINGG 2002: 61).

Wenn man sich zunächst einmal auf OSAS-Patienten ohne Schlafpartner beschränkt, so kann man trotz unterschiedlicher Ursache die OSAS-Schlafstörung mit der strassenlärmbedingten Schlafstörung vergleichen. Setzt man das disability weight DW der OSAS-Schlafstörung als erste Näherung einmal gleich hoch ein wie dasjenige der lärmbedingten Schlafstörung, d.h. mit 0.055, so gilt auch für diese letztere ein Geld-Äquivalent von mindestens 240 CHF pro Jahr.

Tabelle 15: Geldäquivalente für Gesundheitsstörungen, abgeleitet aus Zahlung für nCPAP-Therapie. Teuerungsstand 2002.

Art der Gesundheitsstörung	Berechnung	Geld-Äquivalent in CHF
Schlafstörung während 1 Jahr:	$0.055/0.055 * 240 \text{ CHF}$	Mindestens 240 CHF
Kommunikationsstörung während 1 Jahr:	$0.033/0.055 * 240 \text{ CHF}$	Mindestens 150 CHF
Das Geldäquivalent von 1 DALY beträgt:	$1/0.055 * 240 \text{ CHF}$	Mindestens 4400 CHF

Man geht wohl nicht zu weit, wenn man einen intrinsischen Wert von 240 CHF für die Vermeidung von Schlafstörung während eines Jahrs als unrealistisch tief qualifiziert. Das kann nur bedeuten, dass den betroffenen Patienten das Therapiegerät deutlich mehr wert ist, als sie dafür laufend zu bezahlen haben. Nachdem die Krankenversicherung den überwiegenden Teil der tatsächlich anfallenden Kosten der

Therapie übernimmt, nämlich 90% minus ein allfällig unter die Jahresfranchise fallender Anteil, wäre es auch sehr bedenklich, wenn die nCPAP-Therapie den Patienten nur den kleinen Kostenanteil wert wäre, den sie selbst bezahlen. Einem verantwortungsbewussten OSAS-Patienten müsste die Vermeidung von Schlafstörung mittels nCPAP demzufolge mindestens das Zehnfache der oben resultierenden 240 CHF pro Jahr wert sein.

Angesichts der engen Verwandtschaft zwischen strassenlärmbedingter Schlafstörung, OSAS-bedingter Schlafstörung, und schnarchlaut-bedingter Schlafstörung des OSAS-Schlafpartners erscheint es interessant, im Rahmen einer Anschlussstudie die maximale Zahlungsbereitschaft für die nCPAP Therapie bei den Betroffenen zu erfragen. Im Gegensatz zu den bei CV-Studien befragten Personen, die Schwierigkeiten haben, den hypothetischen Markt und seine Wahrscheinlichkeiten zu verstehen, würden die OSAS-Betroffenen sehr wohl verstehen, um was es geht, und sie haben auch einen realen Bezug zum Bezahlen (siehe Kapitel 7).

5.7 Beste Abschätzung aus den präsentierten Berechnungen

Als Ziel dieses Kapitels soll nun eine beste Schätzung für die intrinsischen Kosten von Schlaf- und Kommunikationsstörungen ermittelt werden. Dass diese nicht einfach dem arithmetischen Mittel der in den vorstehenden Kapiteln gefundenen Werte entsprechen kann, ergibt sich aus den schon gemachten Kommentaren. Tabelle 16 erlaubt nun einen kompakten Überblick über die Ergebnisse der präsentierten Monetarisierungsansätze, wobei zusätzlich noch dargestellt ist, ob sich die gefundenen Werte auf einen Gewinn oder Verlust an Gesundheit (G/V) beziehen, welche Felder aus Abbildung 3 abgedeckt sind, und unter welchen kritischen Annahmen die Zahlen gewonnen wurden. Die Zahlen sind aus den Ergebnissen der Kapitel 5.1 bis 5.6 zusammengetragen, wobei nötigenfalls eine Korrektur zur Anpassung an den Stand 2000 der CHF-Teuerung vorgenommen wurde, unter Verwendung des Schweizerischen Mietpreisindex respektive Konsumentenpreisindex.

Tabelle 16: Zusammenstellung der Abschätzungen von Kapitel 5.1 bis 5.6, ausgedrückt in CHF des Jahres 2000 (# bedeutet, dass eine eindeutige Zuordnung nicht möglich ist, da beide Fälle vorkommen, z.B. gewisse Mieter sind bereit mehr zu bezahlen für ruhige Wohnung, und andere akzeptieren höheren Lärm und lassen sich via tieferen Mietpreis kompensieren).

Methode	Kommunikationsstörung CHF(2000)/ Jahr	Schlafstörung CHF(2000)/ Jahr	Gewinn (G) Verlust (V)	Abgedeckte Felder aus Tab. 1	Kritische Annahmen	Herkunft Zahlen
Analyse Lärmabhängigkeit Mietzins (hedonic pricing)	1450	2410	V/G (#)	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • perfekter Markt, also kein Wohnungsmangel, keine Umzugskosten und unbeschränkte Beweglichkeit der Immobilie • Bewohner sind sich lärmbedingter Störungen bewusst • marginale Kosten 	Tab. 5, hochgerechnet mit Mietzinsteuern ab 1996
Nutzentransfer von kosmetischen Eingriffen (market costs)	5000–10'000	8000–16'000	G	A1	<ul style="list-style-type: none"> • Rinder-Collagen-Behandlungspreis entspricht gerade marginaler Zahlungsbereitschaft • disability weight störender Gesichtskonturen = 0.01 –0.02 	Tab. 13
Nutzentransfer von Grippeimpfung (averting behaviour)	3000–13'000	5000–22'000	Vermeiden von V	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • jene die Impfen haben Durchschnittsrisiko und kennen dieses • Impfkosten = marginaler Nutzen 	Tab. 14
Nutzentransfer von Gerät gegen OSAS (market costs)	>150	>240	G	A1+ E1	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstkosten = marginaler Nutzen • Unannehmlichkeit spielt keine Rolle 	Tab. 15
Nutzentransfer von Bronchitis (contingent valuation)	190	310	Vermeiden von V	A1	<ul style="list-style-type: none"> • hypothetische Fragestellung wurde verstanden und ernst genommen • marginale Zahlungsbereitschaft 	Tab. 6 letzte Zeile, mal DW, mit Teuerung ab 1998
Nutzentransfer von Lungenkrebs (contingent valuation)	1260	2090	Vermeiden von V	A1	<ul style="list-style-type: none"> • hypothetische Fragestellung wurde verstanden und ernst genommen • marginale Zahlungsbereitschaft 	Tab. 6 letzte Zeile, mal DW, mit Teuerung ab 1998
Nutzentransfer von Mortalitätsrisiko/Wert eines statistischen Lebensjahres (wage risk, contingent valuation)	7300–8900	12'200–14'900	V/G (#)	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderungen der Mortalitätsrisiken werden verstanden • Veränderung des Mortalitätsrisikos entspricht Lebenszeitveränderung • VSL = 8.9 Mio CHF, Diskontrate 0% bis 1% • Umrechnung auf tiefe disability weights ist zulässig 	Tab. 12
Medizinische Grenzwertkosten (averting behavior)	2475–4950	4125–8250	G	A1+ D1+ E1+E2	<ul style="list-style-type: none"> • angloamerik. Grenzwerte sind auf CH übertragbar • Grenzwerte entsprechen der gesellschaftlichen Präferenz 	Tab. 9
Medizinische Grenzwertkosten nach Elimination Leistungsdifferenz im Erwerbsbereich (averting behavior)	1485–3960	2475–6600	G	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • angloamerik. Grenzwerte sind auf CH übertragbar • Grenzwerte entsprechen der gesellschaftlichen Präferenz • Korrektur für Gewinn/Verlust - Framing und Salärkosten sei akzeptabel 	Tab. 10

Aufgrund der Würdigung der kritischen Annahmen in Tabelle 16 und aus den nachstehenden Gründen werden nur die vier in fetten Zahlen dargestellten Abschätzungen weiterverwendet: Bei der Grippeimpfung dürfte den «Käufern» ihr tatsächliches Risiko unbekannt sein und der Impfungspreis nicht der maximalen Zahlungsbereitschaft entsprechen. Beim Gerät gegen OSAS bilden die bisher vorhandenen Daten lediglich eine unterste Abschätzung und sind daher wenig hilfreich. Der Nutzentransfer aus den CV-Studien für Bronchitis und Lungenkrebs erscheint als nicht empfehlenswert aufgrund der Vorbehalte zu den entsprechenden Primärstudien. Und schliesslich wird jene Version der medizinischen Grenzwertkosten nicht weiter betrachtet, welche mutmasslich die wegen Krankheit/Tod entgangenen Erwerbslöhne oder Ersatzzahlungen beinhaltet.

Die auf diese Weise ausgewählten Abschätzungen sind in Tabelle 17 noch einmal dargestellt.

Tabelle 17: Beste Abschätzungen für Geldäquivalente strassenverkehrsbedingter Gesundheitsschäden (intrinsicischer Wert des Verlusts an körperlicher Integrität). Teuerungsstand 2000.

Methode	Kommunikationsstörung CHF(2000)/Jahr	Schlafstörung CHF(2000)/Jahr	Abgedeckte Felder Tab. 1	Kritische Annahmen	Origin of data
Analyse Lärmabhängigkeit Mietzins (hedonic pricing)	1450	2410	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • perfekter Markt, also kein Wohnungsmangel, keine Umzugskosten und unbeschränkte Beweglichkeit der Immobilie • Bewohner sind sich lärmbedingter Störungen bewusst • marginale Kosten 	Tab. 5, hochgerechnet mit Mietzinssteuerung ab 1996
Nutzentransfer von kosmetischen Eingriffen (market costs)	5000–10'000	8000–16'000	A1	<ul style="list-style-type: none"> • Rinder-Collagen-Behandlungspreis entspricht gerade marginaler Zahlungsbereitschaft • disability weight störender Gesichtskonturen = 0.01 bis 0.02 	Tab. 13
Nutzentransfer von Mortalitätsrisiko/Wert eines statistischen Lebensjahres (wage risk, contingent valuation)	7300–8900	12'200–14'900	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderungen der Mortalitätsrisiken werden verstanden • Veränderung des Mortalitätsrisikos entspricht Lebenszeitveränderung • VSL = 8.9 Mio CHF, Diskontrate 0% bis 1% • Umrechnung auf tiefe disability weights ist zulässig 	Tab. 12
Medizinische Grenzwertkosten nach Elimination Leistungsdifferenz im Erwerbsbereich (averting behavior)	1485–3960	2475–6600	Vor allem A1	<ul style="list-style-type: none"> • anglo-amerik. Grenzwerte sind auf CH übertragbar • Grenzwerte entsprechen der gesellschaftlichen Präferenz • Korrektur für Gewinn/Verlust-Framing und Salärkosten sei akzeptabel 	Tab. 10

Tabelle 17 zeigt, dass die höchsten der als «beste Schätzungen» ausgewählten Geldäquivalente etwa das Siebenfache der tiefsten «besten Schätzungen» ausmachen. Es erscheint gegenwärtig als unmöglich, die vor allem in der Problematik der «kritischen Annahmen» liegenden Schwächen der jeweiligen Monetarisierungsmethoden so gegeneinander abzuwägen, dass aus den vier «besten Schätzungen» eine zuverlässigste Bestschätzung herausgegriffen werden könnte. Der Vergleich zeigt immerhin die interessante Feststellung, dass die Vielzahl von Mietzinsstudien zu deutlich tieferen Geldäquivalenten für Schlaf- und Kommunikationsstörung führt, verglichen mit der ebenfalls sehr grossen Zahl von VSL-Studien.

Wir verzichten darauf, aus den ausgewählten Schätzungen von Tabelle 17 arithmetische Mittelwerte zu berechnen. Wir beschränken uns vielmehr darauf, auf Basis der gesamten Information von Tabelle 17 für die beiden betrachteten Gesundheitsstörungen je einen tiefen und einen hohen Schätzwert der Geldäquivalente in gerundeter Form zu bilden (Teuerungsstand CHF des Jahres 2000):

Kommunikationsstörung pro Jahr:	tief 1500 CHF	hoch 9000 CHF
Schlafstörung pro Jahr:	tief 2500 CHF	hoch 15'000 CHF

Wichtig ist der Hinweis, dass die vorstehenden Geldäquivalente vor allem auf Untersuchungen basieren, bei denen der Geldwert für einen *Gewinn an Gesundheit* ermittelt wurde. Zurückkommend auf die wichtige Unterscheidung in Tabelle 2 sind diese Geldäquivalente als *Maximale Zahlungsbereitschaft der schweizerischen Gesellschaft für Gesundheits-Verbesserungen, und damit für Lärmpegel-Senkungen*, zu verstehen. Benötigt man demgegenüber Geldäquivalente für die übrigen Fälle gemäss Tabelle 2, insbesondere also für die Kompensation von zu erduldenen Gesundheits-Verschlechterungen, respektive *Lärmpegel-Erhöhungen*, so ist gemäss den Ausführungen von Kapitel 4.4 zu erwarten, dass die vorstehenden *Schätzwerte höher* angesetzt werden müssten. Wir verzichten derzeit auf eine quantitative Aussage über diese Erhöhungen.

In Kapitel 6 werden diese Ansätze auf die Resultate der Modellrechnungen aus MÜLLER-WENK (2002) angewandt, um die resultierenden Integritätsschäden infolge lärmbedingter Kommunikations- und Schlafstörungen des Strassenverkehrs pro Fahrzeugkilometer zu berechnen.

6 Strassenlärmbedingte Gesundheitsschäden pro Fahrzeugkilometer in monetarisierter Form

Je nach Fragestellung kann es nun interessieren, wie hoch die monetarisierten vom Strassenverkehrslärm verursachten Gesundheitsschäden pro zusätzlichem Fahrzeugkilometer sind. Hierzu verwenden wir die Modellrechnungen aus MÜLLER-WENK (2002). Diese Modellrechnungen beinhalten eine Ausbreitungs- und Expositionsanalyse und eine Wirkungsanalyse, die jeweils für zwei Fahrzeugkategorien (PW, LKW) und zwei Tageszeitbereiche (TAGS, NACHTS) durchgeführt wurden und als Hauptwirkungen Schlaf- und Kommunikationsstörungen ausweisen. Die Schadensanalyse in MÜLLER-WENK (2002) basiert auf der Gesundheitsskala «Disability Adjusted Life Years (DALYs)». Nachstehend wird nun mit den Daten aus Kapitel 5.7 analog eine monetäre Schadensanalyse durchgeführt, wobei auch hier lediglich lärmbedingte Schlaf- und Kommunikationsstörungen betrachtet werden.

Tabelle 18: Monetarisierung der Schlaf- und Kommunikationsstörungen in Rappen = 0.01 CHF (Teuerungsstand Jahr 2000) pro Fahrzeugkilometer, Fälle von Schlaf und Kommunikationsstörungen aus MÜLLER-WENK (2002: Box 11).

	Kategorie Personenwagen, Lieferwagen, leichte Motorräder		Kategorie Lastwagen, Busse, Traktoren, schwere Motorräder	
	Tiefe Schätzung	Hohe Schätzung	Tiefe Schätzung	Hohe Schätzung
Zusätzliche Kommunikationsstörungen pro 1000 Fahrzeug-km TAGS	0.0038	0.0038	0.038	0.038
Zusätzliche Schlafstörungen pro 1000 Fahrzeug-km NACHTS	0.049	0.049	0.48	0.48
Integritätsschäden durch zusätzliche Kommunikationsstörungen in Rappen pro Fahrzeug-km TAGS (6–22 Uhr)	0.57	3.4	5.7	34.2
Integritätsschäden durch zusätzliche Schlafstörungen in Rappen pro Fahrzeug-km NACHTS (22–6 Uhr)	12.2	73.5	120	720

Die Anzahl Störungsfälle in den oberen beiden Zahlenreihen von Tabelle 18 sind aus MÜLLER-WENK (2002: Box 11) entnommen. Die unteren beiden Zahlenreihen ergeben sich durch Multiplikation der Anzahl Störungsfälle mit den unteren Schätzwerten von 1500 CHF für Kommunikationsstörung und 2500 CHF für Schlafstörung, respektive den oberen Schätzwerten von 9000 CHF und 15'000 CHF.

Die Diskussion von Tabelle 18 erfolgt nachstehend auf Basis der tiefen Schätzung; für die hohe Schätzung ergeben sich analoge Überlegungen. Für Personenwagen die tagsüber gefahren werden, liegen die Lärmkosten nach Tabelle 18 bei 0.6 Rappen pro Fahrzeug-km, wobei sie nachts auf 12 Rappen pro km ansteigen. Damit liegen nachts die Lärmkosten sehr hoch verglichen mit typischen Betriebskosten von 50–70 Rappen pro km. Zu beachten ist allerdings, dass gemäss Anhang 3 Ziffer 33 der schweizerischen Lärmschutzverordnung anzunehmen ist, dass Personenwagen im Mittel 92.5% ihrer Streckenleistung im Zeitraum TAGS zurücklegen, sodass die

gewichteten Lärmkosten für Tag und Nacht 1.44 Rappen/km ausmachen; nur diese können mit den Betriebskosten verglichen werden. In Erinnerung zu rufen ist auch noch, dass die Lärmkosten von Tabelle 18 nicht mittlere, sondern marginale Lärmkosten sind, für Verkehrsmengenveränderungen in der Nähe der heutigen jährlichen Verkehrsmengen.

Für Kategorie LKW betragen die Lärmkosten rund das Zehnfache der Personenwagen, also tagsüber 5.7 Rappen pro Fahrzeugkilometer TAGS, und 120 Rappen pro Fahrzeugkilometer NACHTS. Hier finden 96% der Streckenleistung TAGS statt, sodass die gewichteten Lärmkosten für Tag und Nacht auf 10.3 Rappen pro km zu liegen kommen.

Diese Zahlen können mit den entsprechenden Ergebnissen des Nationalen Forschungsprogramms «Verkehr und Umwelt» NFP 41 verglichen werden (MAIBACH et al. 1999; MAIBACH et al. 1999a). Für Jahr 1995 ergeben sich gemäss MAIBACH et al. (1999a: A-15) Lärmkosten von 1.03 Rappen/km für die Kategorie 1 (Personenwagen, Lieferwagen und Mofa), während für Kategorie 2 (Schwere Nutzfahrzeuge Busse, Motorräder) 10.34 Rappen/km angegeben werden. Diese Zahlen liegen nahe bei den gewichteten Lärmkosten für Tag- und Nachtbetrieb aus Tabelle 18, wenn man die tiefen Schätzwerte übernimmt. Diese Übereinstimmung ist auf den ersten Blick nicht überraschend, weil sowohl die Zahlen von Maibach et al. als auch die Werte «tief» von Tabelle 18 auf Studien über die Lärmabhängigkeit des Preises von Wohneinheiten basieren. Auf den zweiten Blick ist dann die Übereinstimmung allerdings weniger selbstverständlich:

Aus MAIBACH (1999a: A14,A15) ergibt sich, dass mittlere Lärmkosten pro km ermittelt werden, indem die errechneten Lärm-Minderwerte der schweizerischen Wohnungen von 971 Mio CHF auf die jährlichen Fahrleistungen aufgeteilt werden; dabei wird im Gegensatz zu Kapitel 5.1 unserer Studie ein Liegenschaftsminderwert erst ab 55 dB(A) angenommen, sodass mit 971 Mio CHF ein unseres Erachtens deutlich zu kleiner Gesamtbetrag der Lärmkosten resultiert. Im Kapitel 5.1 dieser Studie werden nicht mittlere Lärmkosten, sondern marginale Lärmkosten für Veränderungen der Verkehrsmengen gegenüber Stand 1995 ermittelt.

Ein zweiter wichtiger Unterschied zwischen Maibach et al. und den Berechnungen unserer Studie besteht darin, dass Maibach et al. für den Zusammenhang zwischen Wohneinheiten-Preisen und Lärm auf hedonic pricing abstützen, wo die mittlere Maximum-Zahlungsbereitschaft der Mieter/Käufer der Wohneinheiten nicht zum Ausdruck kommt; damit bleibt auch offen, wieviel Geld den Mietern/Käufern die Lärmfreiheit von Wohneinheiten «wirklich» wert ist. Demgegenüber wurden in Kapitel 5.1 unserer Studie die Ergebnisse der CV-Studie von WEINBERGER et al (1991) massgeblich mitberücksichtigt, sodass die entscheidende Information über die mittlere Maximum-Zahlungsbereitschaft eingearbeitet ist.

Ungeachtet dieser wichtigen Unterschiede kann man feststellen, dass die Lärmkosten pro Fahrzeugkilometer gemäss Maibach et al. und diejenigen nach Tabelle 18

«tief» sich mindestens nicht widersprechen, was landläufigerweise als Bestätigung der Richtigkeit aufgefasst wird.

Hingegen bewegen sich die Lärmkosten «hoch» aus Tabelle 18 etwa auf dem Sechsfachen der Zahlen von Maibach et al. Falls sich also unsere oberen Abschätzungen als die «wahren» Lärmkosten erweisen sollten, würde dies bedeuten, dass die bisher auf Kauf- und Mietpreisanalysen von Wohneinheiten basierenden Untersuchungen die strassenverkehrsbedingten Lärmkosten deutlich unterschätzt hätten. Dies würde weiter Anlass geben zur Vermutung, dass im Rahmen der schweizerischen Untersuchungen über externe Kosten des Strassenverkehrs die Lärmkosten zu tief eingesetzt sein könnten im Vergleich zu anderen Kosten, bei denen die Monetarisierung mit anderen Verfahren als hedonic pricing auf Basis von Wohneinheitskosten erzielt worden ist.

7 Weiteres Vorgehen

Die in Kapitel 5.7 zum Ausdruck kommende Bandbreite von Zahlungsbereitschaften für die Vermeidung von Schlaf- und Kommunikationsstörungen, und die daraus resultierenden Bandbreiten der Integritätsschäden pro Fahrzeugkilometer in Kapitel 6, sind für die Politikunterstützung respektive für die Rechtfertigung von Massnahmen nur begrenzt nützlich.

Es wird deshalb geprüft, eine eigene Primärstudie in Zusammenarbeit mit der Schlafklinik des Kantonsspitals St. Gallen durchzuführen. Diese Studie hätte zum Ziel, die in Kapitel 5.6.2 angegebenen Informationen zur Zahlungsbereitschaft von Patienten mit Obstruktivem Schlaf-Apnoe-Syndrom (OSAS) für die Kosten einer nCPAP Therapie zu vertiefen. Interessant ist die Entscheidungssituation des OSAS-Patienten, weil hier folgende Schwierigkeiten *nicht* auftreten, welche typisch sind für die üblichen Probleme beim Einsatz von stated preference Methoden zur Bestimmung des intrinsischen Werts der Absenz gesundheitlicher Beeinträchtigungen:

- Die Zustände «Gesundheits-Beeinträchtigung» und «Elimination dieser Gesundheits-Beeinträchtigung» sind dem befragten Patienten bestens bekannt, sodass der Befragte sich nicht in hypothetische Krankheitszustände hineinversetzen muss.
- Es sind keine Wahrscheinlichkeiten im Spiel ausser 1 und 0, sodass die für den Befragten schwierige Beurteilung kleiner Wahrscheinlichkeitsdifferenzen entfällt.
- Die angebotene Therapiemöglichkeit ist bei zustimmendem Entscheid des Patienten konkret realisierbar, und die Bereitschaft zur Mitwirkung an der Studie wird nicht durch einen rein hypothetischen Therapievorschlag beeinträchtigt.
- Es gibt einen realen Startpunkt für den Prozess der Annäherung an die maximale Zahlungsbereitschaft des Patienten, nämlich der tatsächlich zu bezahlende Preis. Dieser Preis fällt in Quartalsraten an und ist vom befragten Patienten relativ leicht in den Kontext seiner monatlichen Einnahmen und Ausgaben zu bringen.
- Durch die periodischen Zahlungen des befragten Patienten wird die in Frage stehende Gesundheitsbeeinträchtigung für *dieselbe* Periode beseitigt. Der befragte Patient braucht sich also nicht mit der schwierigen Frage zu befassen, was ihm eine während seiner ganzen Restlebensdauer anhaltende Beseitigung der Krankheit wert wäre.
- Der Übergang vom Geldäquivalent der Schlafstörung des OSAS-Patienten zum Geldäquivalent der Schlafstörung lärmbelästigter Strassenanwohner ist gut begründbar und machbar, da trotz unterschiedlicher Verursachung die Krankheitssymptome sehr ähnlich sind und demzufolge auch die disability weights ähnlich oder gleich hoch sein dürften. Noch höher wird die Kongruenz, wenn auch noch die schnarchlaut-bedingte Schlafstörung des Schlafpartners des OSAS-Patienten in die Untersuchung einbezogen wird.

Deshalb wird ins Auge gefasst, eine kombinierte Studie unter Verwendung von market price/ contingent valuation durchzuführen, die tatsächlich betroffene Schlafstörungopfer und tatsächlich erhältliche Geräte benützt. Wir gehen davon aus, dass eine solche Studie den in Kap. 4.7 festgestellten weiten Variationsbereich einschränken wird.

Falls die Erwartungen an eine solche Studie erfüllt werden, könnte in analoger Art für Kommunikationsstörungen ein Anwendungsbeispiel gesucht werden, das wenn möglich ebenfalls die vorgenannten Vorteile aufweist. Hörgeräte könnten in diesem Zusammenhang als mögliches Anwendungsbeispiel untersucht werden.

8 Literatur

- AZIMI NA., WELCH HG. (1998). *The effectiveness of cost-effectiveness analysis in containing costs*. Journal of General Internal Medicine 13(10)664–669.
- BALA MV., WOOD LL., ZARKAN GA., NORTON EC., GAFNI A., O'BRIEN B. (1998). *Valuing Outcomes in health care: a comparison of willingness to pay and quality-adjusted life-years*. J Clin Epidemiol 51 (8) 667–676.
- BANFI S., DOLL C., MAIBACH M., ROTHENGATTER W., SCHENKEL PH., SIEBER N., ZUBER J. (2000). *External costs of transport; accident, environmental and congestion costs in Western Europe*. International Union of Railways (UIC), Paris.
- BARANZINI A., FERRO LUZZI G. (2001). *The economic value of risks to life: evidence from the Swiss Labour Market*. Schweiz. Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, 137(2) 149–170.
- BARANZINI A., RAMIREZ J.V. (2002). *Valuing the Impact of Noise on Rents – An Application of The Hedonic Approach to Geneva*. Working paper series Nr. 02.01, Dept of Economics, University of Geneva.
- BERGLUND B. et al. (2000). *Guidelines for Community Noise*. World Health Organization, Geneva.
- BUNDESAMT FÜR GESUNDHEIT (BAG) (2002). *Grippeprävention – Informationen für Fachpersonen im Gesundheitswesen*. Bern.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2002). *Umwelt Schweiz 2002 – Statistiken und Analysen*. Neuchâtel 2002.
- CARTHY T., CHILTON S., COVEY J. HOPKINS L., JONES-LEE M., LOOMES G., PIDGEON N. & SPENCER A. (1999). *On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation*. part 2-The CV/SG «Chained» Approach. Journal of Risk and Uncertainty, 17, 187–213.
- DASGUPTA P., MARGLIN S. & SEN A. (1972). *Guidelines for Project Evaluation*. UNIDO, Vienna («The UNIDO Guidelines»).
- DAY B. (1999). *A meta-analysis of wage-risk estimates of the value of statistical life*. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London, London.
- DE HOLLANDER AEM., MELSE JM., LEBRTE E. & KRAMERS PGN. (1999). *An aggregate public health indicator to represent the impact of multiple environmental exposures*. Epidemiology, 10, 606–617.
- DE WIT GA., BUSSCHBACH JJV. & DE CHARRO FTH. (2000). *Sensitivity and perspective in the valuation of health status: Whose values count?* Health Economics, 9, 109–126.
- DESVOUSGES W., JOHNSON F.R. & BANZAF HS. (1998). *Environmental Policy Analysis with Limited Information: Principles and Applications of the Transfer Method*. Cheltenham: Edward Elgar.
- DOLAN P., EDLIN R. (2002). *Is it really possible to build a bridge between cost-benefit analysis and cost-effectiveness analysis?* Journal of Health Economics, 21, 827–843.
- ELBASHA EH. (2000). *Discrete time representation of the formula for calculating DALYs*. Health Economics, 9, 353–365.
- EUROPEAN COMMISSION (1999). *Economic Evaluation of a Directive on national Emission ceilings for Certain Atmospheric Pollutants*. Part B: Benefit Analysis, Brussels 1999.
- EXTERNE (1999). *Externalities of Energy*. Volume 7: Methodology 1998 Update, Brussels.
- GOLD MR., SIEGEL JE., RUSSELL LB. & WEINSTEIN MC. (EDS). (1996). *Cost Effectiveness in Health Medicine*. New York, NY: Oxford University Press.
- GRAHAM JD. & VAUPEL JW. (1981). *Value of Life: What difference does it make?* Risk Analysis, 1 (1), 89–95.

- GRAHAM JD. (1982). *Some explanations for disparities in lifesaving investments*. Policy Studies Review, 1 (4), 692–704.
- GURTNER F. & ZÜLLIG M. (2001). *Rationieren: nein, Prioritäten setzen: ja – Stellungnahme*. Forum Managed Care, 06/2001.
- HAMMITT JK. (2002). *QALY versus WTP*. Risk Analysis, 5, 985–1002.
- HAMMITT JK. (2000b). *Valuing mortality risk: Theory and Practice*. Environ. Sci. & Techno, 34 (8), 1396–1400.
- HAMMITT JK. (2000a). *Evaluating Contingent Valuation of Environmental Health Risks: The proportionality test*. Association of Environmental and Resource Economists Newsletter, 20 (1), 14–19.
- HOFSTETTER P. & HAMMITT JK. (2001). *Human Health Metrics for Environmental Decision Support Tools: Lessons from Health Economics and Decision Analysis*. EPA-report EPA/600/R/01/104
<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/Pubs/600R01104/>.
- HOFSTETTER P. & NORRIS G. (2003). *Why and how should we assess occupational health impacts in integrated product policy?* Accepted for publication in Environmental Science & Technology.
- HOFSTETTER P., HAMMITT J.K. (2002). *Selecting Human health Metrics for Environmental Decision Support Tools*. Risk Analysis, 22(5), 965–984.
- HOFSTETTER, P. (1998). *Perspectives in Life Cycle Impact Assessment; A structured approach to combine models of the technosphere, ecosphere, and valuesphere*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- HUBBELL B. (2002). *QALY's in Analyses of Air Pollution Regulations*. Office of Air Quality Planning and Standards, Presented at Economic Valuation of Health for Environmental Policy: Assessing Alternative Approaches, University of Central Florida, Sponsored by the U.S. Environmental Protection Agency, March 18–19, 2002.
- ITEN R. (1990). *Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität*, Winterthur.
- JEANRENAUD CL., PRIEZ F. (1999). *Valuing intangible costs of lung cancer*, Working Papers Université de Neuchatel, www.unine.ch/irer.
- JEANRENAUD CL., PRIEZ F., VANNOTTI M. (2001). *Valuing the intangible costs of cirrhosis of the liver – a two step procedure*. Schweiz. Zeitschrift f Volkswirtschaft und Statistik 137 (1), 87–102.
- JOHANNESSON M. & JOHANSSON P-O. (1997). *Quality of life and the WTP for an increased life expectancy at an advanced age*. Journal of Public Economics, 65, 219–228.
- JOHNSON RF. et al. (2000). *Willingness to pay for improved respiratory and cardiovascular health – a multiple-format stated-preference approach*. Health Economics 9, 295–317.
- JONES-LEE MW. et al. in UK. DEPARTMENT OF HEALTH, (1999). *Economic Appraisal of the Health Effects of Air Pollution*. EAHEAP, London.
- KEELER EB. & CRETIN S. (1983). *Discounting of life-saving and other nonmonetary effects*. Management Science 29, 300–306.
- MADDISON D. (2000). *Valuing the morbidity effects of air pollution*. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London, London (zitiert in Pearce (2000)).
- MAIBACH M., SCHREYER CH., BANFI S., ITEN R., de HAAN P. (1999). *Faire und effiziente Preise im Verkehr; Ansätze für eine verursachergerechte Verkehrspolitik in der Schweiz*. Verkehr und Umwelt, Wechselwirkungen Schweiz-Europa, NFP 41, Bericht D3, EDMZ, Bern.

- MAIBACH M., SCHREYER Ch., BANFI S., ITEN R., de HAAN P. (1999a). *Anhänge zu Bericht D3 «Faire und effiziente Preise im Verkehr»*. Verkehr und Umwelt, Wechselwirkungen Schweiz-Europa, NFP 41, Materialienband M5, EDMZ, Bern.
- MARKANDYA A. (1998). *The valuation of health impacts in developing countries*. Planejamento e Políticas Públicas 18, 119–153.
- MCARDLE N., KINGSHOTT R., ENGLEMAN HM., MACKAY TW., DOUGLAS NJ. (2001). *Partners of patients with sleep apnoea/hypopnoea syndrome – effect of CPAP treatment on sleep quality and quality of life*. Thorax 2001; 56, 513–518.
- MILLER TR. (1990). *The plausible range for the value of life – red Herrings among the Mackerel*. Journal of Forensic Economics, 3, 17–40.
- MILLER TR. (2000). *Variations between countries in values of statistical life*. Journal of Transport Economics and Policy, 34(2)169–188.
- MITCHELL RC., CARSON RT. (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Resources for the Future: Washington, DC.
- MOUNT T., WENG W., SCHULZE W. (2000). *Automobile safety and the value of statistical life in the family; Valuing reduced risk for children, adults and the elderly*. Report prepared for U.S. EPA.
- MÜLLER-WENK R. (2002). *Zurechnung von lärmbedingten Gesundheitsschäden auf den Strassenverkehr*. SRU Nr. 339, BUWAL Bern.
- MURRAY CJL. & LOPEZ AD. (Eds.). (1996). *The Global Burden of Disease*. Volume I of Global Burden of Disease and Injury Series, WHO/ Harvard School of Public Health/ World Bank. Boston, MA: Harvard University Press.
- NEUENSCHWANDER R. & SOMMER H. (2002). *Externalitäten im Verkehr – Methodische Grundlagen*. Februar 1998, UVEK Bern.
- NG Y.-K. (1992). *The older the more valuable: Divergence between utility and dollar values of life as one ages*. Journal of Economics, 55 (1), 1–16.
- NORDMANN P., SCHAFFNER A., DAZZI H. (2000). *Kosten und Nutzen in der Behandlung der akuten myelischen Leukämie*. Schweiz Med Wochenschau 130: 1994–2000.
- O'BRIEN BJ., GERTSEN K., WILLAN AR., FAULKNER LA. (2002). *Is there a kink in consumers' threshold value for cost-effectiveness in health care?* Health Economics 11: 175–180.
- OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET (OMB). (1996). *Economic analysis of federal regulations under executive order 12866*. Washington, DC: Executive Office of the President.
- PEARCE D. (2000). *Valuing Risks to Life and Health – Towards Consistent Transfer Estimates in the European Union and Accession States*. Paper prepared for the European Commission (DG XI) Workshop on Valuing Mortality and Valuing Morbidity, November 13, 2000 Brussels, Revised, December 2000, http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/others/david_pearce_paper.pdf.
- PEARCE DW. & HOWARTH A. (2000). *Cost Benefit Analysis and Policy Responses*. RIVM-Report 481505020, http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/priority_study/methodology.pdf.
- PISA (2002). *PISA-Beispielaufgaben*. <http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/beispielaufgaben.html>.
- PLISKIN JS., SHEPARD DS. & WEINSTEIN MC. (1980). *Utility functions for life years and health status*. Operational Research, 28 (1), 206–224.
- PRIEZ F. & JEANRENAUD CL. (1999). *Human Costs of Chronic Bronchitis in Switzerland*. Working Papers University of Neuchâtel, www.unine.ch/irer.
- ROWLATT P., SPACKMAN M., JONES S., JONES LEE M. & LOOMES G. (1998). *Valuation of deaths from air pollution*. NERA and CASPAR for UK Department of the Environment, London (zitiert in Pearce (2000)).

- SCHWAB CHRISTE NG. & SOGUEL NC. (1995). *Le prix de la souffrance et du chagrin*. IRER Universität de Neuchâtel, CH.
- SCHWAB CHRISTE NG. & SOGUEL NC. (1996). *The pain of road-accident victims and the bereavement of their relatives: A Contingent-Valuation Experiment*. Journal of Risk and Uncertainty, 13: 277–291.
- SHEPARD DS. & ZECKHAUSER RJ. (1984). *Survival versus consumption*. Management Science, 30(4), 423–439.
- SOMMER H. et al. (2000). *Externe Lärmkosten des Verkehrs – Hedonic Pricing Analyse*. Arbeitspapier (Vorstudie II) im Auftrag des Dienstes für Gesamtverkehrsfragen im Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern 6.
- SQUIRE L & VAN DER TAK H. (1975). *Economic Analysis of Projects*. John Hopkins University Press, Baltimore («The World Bank Guidelines»).
- STATISTISCHES LEXIKON DER SCHWEIZ (2002). Internet www.jahrbuch-stat.ch/bfsfiles/D-JE9.3.5.3.xls.
- STOUTHARD M. et al.(1997). *Disability Weights for Diseases in The Netherlands*. Rotterdam.
- TELSEER H. & ZWEIFEL P. (2002). *Measuring willingness-to-pay for risk reduction: an application of conjoint analysis*. Health Economics, 11: 129–139.
- TELSEER H. (2002). *Nutzenmessung im Gesundheitswesen; Die Methode der Discrete-Choice-Experimente*. Dissertation Universität Zürich, Verlag Dr. Kovac, Hamburg.
- TENG S TO., ADAMS ME., PLISKIN JS., SAFRAN DG., SIEGEL JE., WEINSTEIN MC. & GRAHAM JD. (1995). *Five-hundred life-saving interventions and their cost-effectiveness*. Risk Analysis, 15 (3), 369–89.
- TVERSKY A & KAHNEMAN D. (2002). *Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty*. Journal of Risk and Uncertainty, 5 (1992), 297–323.
- U.S. EPA (1999). *The benefits and costs of the clean air act 1990 to 2010*. EPA-410-R-99-001, http://www.epa.gov/oar/sect812/1990-2010/ch_aph.pdf.
- VAN DEN BERGH J., BUTTON K., NIJKAMP P. & PEPPING G. (1997). *Meta-analysis in Environmental Economics*. Kluwer, Dordrecht.
- VISCUSI, WK. WA MAGAT & HUBER J. (1991). *Pricing Environmental Health Risks: Survey Assessment of Risk-Risk and Risk-Dollar Trade-Offs for Chronic Bronchitis*. J. Environmental Economics and Management, 21, 32–51.
- VISCUSI, WK (1993). *The Value of Risks to Life and Health*. J of Economic Literature Vol. XXXI (December 1993) pp. 1912–1946.
- VISCUSI, WK (1995). *The Automobile Risk metric for Valuing Health Risks*. In: Schwab Christe N.G., Soguel N.: Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life. Kluwer, Dordrecht.
- VITALE S., PRIEZ F. & JEANRENAUD C. (1998). *Le coût social de la consommation de tabac en Suisse*. Institut de recherches économiques et régionales (IRER) Université de Neuchâtel, Suisse.
- WEINBERGER M., THOMASSEN H.G. & WILLEKE R. (1991). *Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland*. Bericht 9/91 des Umwelt-Bundesamtes, Berlin.
- WEINSTEIN MC. & STASON WB. (1977). *Foundation of cost-effectiveness analysis for health and medical practices*. New England Journal of Medicine, 296(31), 716–721.
- WHO (2002). *The World Health Report 2002*. World Health Organization, Geneva 2002, <http://www.who.int/whr/en>.
- ZINGG K.(2002). *Compliance with nasal continuous positive airway pressure in patients with obstructive sleep apnea syndrome*. Dissertation Medizinische Universitätsklinik A, Basel.