

Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken

Ausgearbeitet durch

Prof. Dr. P. Zweifel und Y. Schneider,
Sozialökonomisches Institut der Universität Zürich

in Zusammenarbeit mit
Prof. Dr. M. Filippini
Centre for Energy Policy and Economics ETH Zürich

Mit Koreferaten von
Prof. S. Borner, Universität Basel
Dr. S. Hirschberg, PSI

Im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Mai 2002

Auftraggeber:

Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen des Bundesamtes für Energie; www.ewg-bfe.ch

Auftragnehmer:

Sozialökonomisches Institut der Universität Zürich, Hottingerstr. 10, 8032 Zürich

Autoren:

Prof. Dr. Peter Zweifel
Yves Schneider

in Zusammenarbeit mit
Prof. Dr. M. Filippini CEPE

Koreferate

Prof. S. Borner, Universität Basel
Dr. S. Hirschberg, PSI

Begleitgruppe:

R. Meier, Programmleiter Energiewirtschaftliche Grundlagen
S. Borner, Universität Basel
S. Hirschberg, PSI
W. Bühlmann, Bundesamt für Energie
P. Previdoli, Bundesamt für Energie
M. Engheben, Bundesamt für Energie

2002

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: Bundesamt für Energie

Vorwort des Bundesamtes für Energie

Das Forschungsprojekt „Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken“ entstand im Anschluss an das Projekt „Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos – zu welchen Bedingungen?“. Es ist ein Diskussionsbeitrag zu einer wichtigen wissenschaftlichen Fragestellung.

Bis heute wurde die angewandte Methode noch nie auf die Frage der Internalisierung zugrundeliegende von Nuklearrisiken angewendet. Aufgrund der intensiven Diskussion in der Begleitgruppe zur Methode und zu den Annahmen haben Prof. Dr. S. Borner (Universität Basel) und Dr. S. Hirschberg (PSI) ein Koreferat verfasst. Dieser Beitrag wird gemeinsam mit der Studie Zweifel / Schneider veröffentlicht.

Die Unsicherheit der Ergebnisse u.a. aufgrund der wissenschaftlichen Novität, sowie das Koreferat zeigen, dass viele Fragen noch offen sind. Die Frage der Höhe der Deckungssumme für Nuklearrisiken wird weiterhin eine durch die Politik zu lösende Frage bleiben.

Préface de l'Office fédéral de l'énergie

Le projet de recherche consacré à la disposition marginale à payer pour une internalisation accrue du risque lié aux centrales nucléaires fait suite au projet évaluant le coût d'une amélioration de la couverture du risque nucléaire. Il enrichit au passage le débat sur une question scientifique importante.

La méthode employée par les auteurs n'avait jamais encore servi au calcul de l'internalisation des coûts des risques nucléaires. Le débat animé au sein du groupe de suivi quant au choix de la méthode et des hypothèses a conduit Messieurs S. Borner (Université de Bâle) et S. Hirschberg (IPS) à réaliser un rapport complémentaire, publié en même temps que l'étude Zweifel / Schneider.

Les incertitudes affectant les résultats, en raison notamment de leur nouveauté sur le plan scientifique, et les rapports complémentaires montrent que de nombreuses questions restent ouvertes. Ainsi, il appartiendra au monde politique de déterminer le montant de la couverture pour les risques nucléaires.

Übersicht

Bericht „Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken“

Prof. Dr. P. Zweifel und Y. Schneider, Sozialökonomisches Institut der Universität Zürich

in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. M. Filippini, Centre for Energy Policy and Economics ETH Zürich

Koreferat

Prof. S. Borner, Universität Basel

Koreferat

Dr. S. Hirschberg, PSI

Stellungnahme der Autoren zur den Koreferaten

Prof. Dr. P. Zweifel
Prof. Dr. M. Filippini
Y. Schneider



Sozialökonomisches Institut
Universität Zürich

cepe

Centre for Energy Policy and Economics
ETH Zürich

Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken

Peter Zweifel, Yves Schneider
in Zusammenarbeit mit
Massimo Filippini (CEPE)

März 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Zielsetzung der Studie	7
1.2	Zwei grundsätzliche Abgrenzungen	7
1.3	Häufigkeit und Umfang der betrachteten Schäden	9
1.4	Massnahmen zur Risikoreduktion	10
2	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft mittels “Stated Choice”	11
3	Design des Experiments	15
3.1	Grundsätzliche Festlegungen	15
3.2	Voruntersuchungen	16
3.2.1	Telebus-Erhebung	17
3.2.2	Pretest 1	17
3.2.3	Pretest 2	18
3.3	Design der Haupterhebung	18
3.3.1	Szenarien und Ausprägungen der Produkteigenschaften	18
3.3.2	Nicht berücksichtigte Produkteigenschaften	20
3.4	Deskriptive Statistik	22
3.4.1	Repräsentativität und mögliche Selektionseffekte	23
3.4.2	Grundhaltung und Risikoeinschätzung	24
3.4.3	Verständnisprobleme und Wertung von Eigenschaften	26
4	Wahl eines Entscheidkriteriums	29
5	Ökonometrische Auswertung	31
5.1	Datenbasis	31
5.2	Vorgehen	31
5.3	Die erklärenden Variablen	31
5.3.1	Die sozioökonomischen Variablen	33
5.4	Ergebnisse der Schätzung	34
5.4.1	Allgemeine Interpretation	34
5.4.2	Berechnung der MZB für finanzielle Sicherheit	36
5.4.3	Standardfehler der MZB	40
5.5	Vergleich Kernenergie und Talsperren	43
6	Reliabilität und Validität der Stated Choice-Methode	46

6.1	Definitionen und Bezug zur Studie	46
6.2	Out-of-sample Test	48
7	Zusammenfassung	49
A	Schätzergebnisse für verschiedene Einkommenskategorien	52
B	Befragung	55
B.1	Ergebnisse Telebus	55
B.2	Im Experiment verwendete Szenarien	56
B.3	Fragebogen der Haupterhebung	58

Tabellenverzeichnis

1	Ausprägungen der Eigenschaften.	19
2	Deskriptive Statistik - sozioökonomische Merkmale.	23
3	Deskriptive Statistik - Einkommensverteilung.	24
4	Deskriptive Statistik - Schulabschluss.	24
5	Deskriptive Statistik - Strom und Risiko.	25
6	Gründe wieso grundsätzlich gegen KKW, auch wenn keine Abfallproblematik bestünde.	25
7	Deskriptive Statistik - Verständnis und Wertung von Eigenschaften.	26
8	Relevante Eigenschaften bei freier Wahl des Stroms (ohne vorgegebene Antwortkategorien).	27
9	Deskriptive Statistik - Wichtigste Eigenschaft von Strom.	28
10	Übersicht über die Variablenbezeichnungen.	33
11	Schätzung der Nutzenfunktion ohne Berücksichtigung von Einkommensunterschieden.	35
12	MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 1 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).	38
13	MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 100 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).	38
14	MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).	38
15	MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit <i>hoher</i> Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).	39
16	Charakterisierung von Kernkraftwerken bzw. Stauanlagen anhand der zur Verfügung stehenden Eigenschaften.	44
17	Schätzung aufgrund der Teilstichprobe mit hohem Einkommen.	52
18	Schätzung aufgrund der Teilstichprobe mit niedrigem Einkommen.	53
19	Schätzung aufgrund der Teilstichprobe ohne Einkommensangabe.	54

Abbildungsverzeichnis

1	Abwägen zwischen Produkteigenschaften.	13
2	Bestimmung der MZB für Versicherungsdeckung.	14
3	Beispiel eines Auswahl-Szenarios.	16
4	Die kognitive Überlastung der Befragten nimmt mit steigendem Detaillierungsgrad in der Beschreibung der Stromszenarios zu.	21
5	MZB in Rp./kWh je nach Einkommenskategorie einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Stromkosten von 1'000 Franken pro Jahr, Abfall=1, Ausfall=0.	40
6	Dichte der MZB in Rp./kWh. Maximalschaden von 200 Mrd., Abfall=1, Ausfall=0 und Deckung=0.5%.	41
7	MZB in Rp./kWh inkl. Vertrauensintervalle einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Stromkosten von 1'000 Franken pro Jahr, Abfall=1, Ausfall=0.	42
8	MZB in Rp./kWh mit 95%-Vertrauensintervall einer 44jährigen Frau mit <i>hoher</i> Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Stromkosten von 1'000 Franken pro Jahr, Abfall=1, Ausfall=0.	43

Management Summary

Die nukleare Erzeugung von Strom hat unbestreitbare Vorteile; gerade in der dicht besiedelten Schweiz fällt aber die Tatsache als Nachteil ins Gewicht, dass es mit minimaler Wahrscheinlichkeit zu einem schweren Unfall in einem Kernkraftwerk kommen kann. Die Konsequenzen eines solchen Unfalls betragen viele Milliarden Franken (soweit sie in Geld beziffert werden können). Sie werden aus der Optik der Betroffenen dadurch gemildert, dass die obligatorische Haftpflichtversicherung der Kernkraftwerke mindestens zum Teil für die verursachten Schäden aufkommen würde. Durch eine Ausdehnung der vorgeschriebenen Deckung (1 Mrd. Franken Anfang 2002) könnte der Bevölkerung zumindest mehr finanzielle Sicherheit geboten werden; doch die erhöhten Versicherungsprämien würden auf den Strompreis überwältigt und die Kilowattstunde (kWh) verteuern.

Die vorliegende Untersuchung setzt sich zum Ziel herauszufinden, wieviel die schweizerischen Stimmbürger zusätzlich über den Strompreis für eine erhöhte finanzielle Sicherheit bei einem schweren nuklearen Unfall zu zahlen bereit sind. Aufschlüsse über diese sog. marginale Zahlungsbereitschaft (MZB) sind für den Gesetzgeber in doppelter Hinsicht von grosser Bedeutung. Solange die MZB einer Mehrheit der Stimmbürger den Aufschlag auf den Strompreis übersteigt, hat ein Gesetzesvorschlag, der eine Ausdehnung der vorgeschriebenen Deckung vorsieht, an der Urne Aussicht auf Erfolg. Zudem darf man sich von einer Massnahme, die mehr Vorteile (gemessen an der MZB) als Nachteile (gemessen am erhöhten Strompreis) mit sich bringt, einen Beitrag zur Effizienz der schweizerischen Wirtschaft insgesamt versprechen.

Für die Ermittlung der marginalen Zahlungsbereitschaft kommt ein neues Verfahren ("Stated Choice") zur Anwendung. Dabei wird ein Produkt durch eine Reihe von Eigenschaften mit Einschluss seines Preises beschrieben. Die Teilnehmer an einer Befragung geben dann jeweils an, ob sie wechselnden Produktvarianten gegenüber einer bestehenden Alternative den Vorzug geben oder nicht. Aus einer Vielzahl solcher Wahlhandlungen lässt sich die MZB einer bestimmten Produkteigenschaft eruieren.

Das "Stated Choice"-Verfahren wurde wie folgt auf die hier gegebene Fragestellung übertragen. Zunächst diente eine telefonische Erhebung zur Festlegung der relevanten Eigenschaften des Produkts "elektrischer Strom". Als wichtig erwiesen sich der Preis bzw. die Stromkosten, die Häufigkeit von Stromausfällen, die Existenz von ungelösten Problemen bei der Abfallentsorgung, das Schadensausmass bei einem Unfall sowie der Anteil des Schadens,

der durch eine Haftpflichtversicherung gedeckt wird. In zwei kleineren Pretests wurden die Produktausprägungen festgelegt (z.B. Strompreiszuschläge von 0, 10%, 30% und 60%), die nicht notwendig realistisch sind, sondern eine genügende Häufigkeit von abgelehnten Alternativen gewährleisten sollen.

Die Haupterhebung erfolgte im September 2001 mit knapp 400 Interviews; 28% der Teilnehmer bekundete Schwierigkeiten mit den Fragen, was angesichts der Komplexität der Materie als günstiger Wert gelten darf. Mehr als 4000 auswertbare Wahlhandlungen liegen vor, also Aussagen vom Typ "Ziehe den Status quo vor" oder "Ziehe die alternative Stromsorte vor". Die ökonomische Analyse dieser Aussagen lässt sich in drei zentrale Punkte zusammenfassen.

1. Die grosse Mehrheit der Befragten ist bereit, Eigenschaften von Strom gegeneinander abzuwägen, auch wenn 73% zunächst angegeben hatten, es gebe für sie eine wichtigste Eigenschaft (mehrheitlich Freiheit von Abfallproblemen), was man als Ablehnung interpretieren könnte, an dieser Eigenschaft Abstriche zu machen.
2. Die geschätzte Wahrscheinlichkeit, der alternativen Stromsorte den Vorzug zu geben, nimmt ab mit erhöhter Häufigkeit von Ausfällen, der Existenz ungelöster Abfallprobleme und den Stromkosten und steigt mit der Versicherungsdeckung (der Einfluss des maximal möglichen Schadens ist erst ab 80 Mrd. Franken negativ). Damit haben die fünf Produkteigenschaften praktisch durchwegs die theoretisch plausiblen Auswirkungen.
3. Die marginale Zahlungsbereitschaft (MZB) für mehr finanzielle Sicherheit durch erhöhte Versicherungsdeckung über den geltenden Betrag von 1 Mrd. Franken hinaus ist eindeutig von Null verschieden; mehr als die Hälfte der Befragten ist bereit, 0.12 Rp./kWh und mehr dafür zu bezahlen. Die MZB sinkt jedoch mit zunehmender Versicherungsdeckung ab und erreicht noch vor der vollen Deckung den Nullwert.

Die MZB hat noch andere, theoretisch plausible Eigenschaften; so liegt sie klar höher bei Befragten, welche die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls höher einschätzen als die Experten. Der Wert von 0.12 Rp./kWh lässt sich schliesslich den in einer früheren Studie (Zweifel und Umbricht 2002) geschätzten Kosten für zusätzliche Versicherungsdeckung gegenüberstellen. Diese Kosten liegen bei 0.017 Rp./kWh, solange die Versicherungsdeckung 4 Mrd. Franken

nicht übersteigt; danach könnten sie rasch zunehmen, weil die Versicherer das Insolvenzrisiko in zunehmendem Masse einkalkulieren müssen. Die Differenz zwischen der MZB und den Zusatzkosten fällt so deutlich aus, dass eine Erhöhung der Versicherungsdeckung auf 4 Mrd. Franken von der Mehrheit der Stimmbürger akzeptiert würde. Abgesehen von den bei diesem Untersuchungsgegenstand unvermeidlichen Unsicherheiten bezüglich beider Schätzwerte lässt sich die Möglichkeit nicht von der Hand weisen, dass andere Alternativen zur Internalisierung energiebezogener Risiken ein noch günstigeres Nutzen–Kosten Verhältnis aufweisen und damit einen grösseren Beitrag zur Effizienz der Gesamtwirtschaft leisten würden, als die hier untersuchte Ausdehnung der Deckung in der nuklearen Haftpflichtversicherung.

Management Summary (sommaire de l'étude Zweifel)

La production nucléaire d'électricité présente des avantages indiscutables. Le revers de la médaille, dans un pays aussi densément peuplé que la Suisse, c'est le risque, quoique minime, de voir se produire un accident très grave. Les conséquences représenteraient un montant faramineux en milliards de francs (à supposer qu'on puisse les chiffrer). Toutefois, le fait que l'assurance obligatoire en responsabilité civile (assurance RC) des centrales nucléaires paierait, en partie tout au moins, les dommages survenus, en réduit l'impact négatif au yeux des personnes concernées. A ce propos, une extension de la couverture prescrite (1 milliard de francs au début de 2002) accroîtrait la sécurité financière de la population; en contrepartie, l'augmentation des primes d'assurance serait répercutée sur le prix du courant et renchérirait le kilowattheure (kWh).

La présente étude vise à déterminer le montant supplémentaire que les citoyens suisses seraient prêts à payer pour disposer d'une sécurité financière accrue en cas d'accident nucléaire majeur. La disposition marginale à payer (DMP) des Suisses intéresse le législateur à un double titre. Si la DMP d'une majorité de citoyens dépasse la majoration du prix du courant, une proposition de loi prévoyant une extension de la couverture prescrite aurait des chances d'aboutir en votation populaire. En outre, on peut globalement attendre d'une mesure dont les avantages (exprimés par la DMP) l'emporteraient sur les inconvénients (mesurables au renchérissement du courant) un gain en efficacité de l'économie suisse.

Une nouvelle procédure ("stated choice") a servi à déterminer la DMP. Elle consiste à décrire un produit par diverses qualités intrinsèques, y compris son prix. Les participants à l'enquête indiquent à chaque fois s'ils préféreraient ou non telle ou telle variante du produit connu. L'agrégation de nombreuses opérations de choix permet d'établir la DMP d'une caractéristique spécifique au produit.

La méthode "stated choice" a été utilisée dans la présente enquête de la façon suivante. Un sondage téléphonique a d'abord permis de déterminer les qualités pertinentes du produit courant électrique. Les éléments retenus comme importants sont le prix et les coûts du courant, la fréquence des pannes, l'existence de problèmes non résolus dans l'évacuation des déchets, l'ampleur des dommages en cas d'accident ainsi que la part du dommage

couvert par une assurance RC. Deux tests préalables à petite échelle ont alors servi à fixer les traits significatifs du produit (p. ex. majorations des prix du courant de 0, 10%, 30% et 60%), lesquels, sans être forcément réalistes, doivent dégager avec suffisamment de netteté les alternatives rejetées.

Le relevé principal, effectué en septembre 2001, comportait près de 400 interviews; 28% des participants ont déclaré que les questions présentaient des difficultés pour eux, un pourcentage réjouissant au vu de la grande complexité du thème. Plus de 4000 opérations de choix évaluables ont été recueillies – des affirmations du type «préfère le statu quo» ou «préfère le type de courant alternatif». Leur analyse économétrique a conduit à dégager les trois points suivants:

1. Une grande majorité des enquêtés seraient prêts à peser le pour et le contre des qualités proposées, même si 73% ont d'abord signalé qu'une qualité (généralement l'absence de problèmes au niveau des déchets) était primordiale à leurs yeux. D'où l'interprétation qu'il ne faudrait rien retrancher sur ce plan.
2. La probabilité estimée de voir préférer le type de courant alternatif décroît en fonction de l'augmentation des pannes, de l'existence de problèmes non résolus quant aux déchets et du renchérissement du courant, et augmente dès lors que la couverture d'assurance est améliorée (l'acceptation est à son maximum à 80 milliards de francs de dommages et décroît au-delà de ce montant). Ainsi, les cinq qualités du produit recourent pratiquement toutes les effets théoriquement plausibles.
3. La DMP offrant une sécurité financière supérieure à celle qu'offre le montant actuel d'un milliard de francs est nettement supérieure à zéro. Plus de la moitié des enquêtés seraient prêts à déboursier 0,12 ct./kWh ou davantage à cet effet. La DMP est inversement proportionnelle à l'étendue de la couverture d'assurance et correspond à zéro, lorsque la couverture est complète.

La DMP possède encore d'autres caractéristiques théoriquement plausibles. Ainsi, elle est nettement supérieure parmi les enquêtés surestimant la probabilité d'un accident par rapport aux experts. La valeur de 0,12 ct./kWh doit enfin être rapprochée de l'estimation des coûts supplémentaires pour une meilleure couverture d'assurance figurant dans une étude antérieure (Zweifel et Umbricht 2002). Ces coûts sont de l'ordre de 0,017 ct./kWh, tant que la

couverture d'assurance n'excède pas quatre milliards de francs. Au-delà de ce montant, ils risquent d'augmenter rapidement, étant donné que les assureurs devraient davantage intégrer le risque d'insolvabilité. L'écart entre la DMP et les coûts supplémentaires apparaît tellement net qu'une hausse à 4 milliards de francs de la couverture d'assurance devrait convaincre une majorité de l'électorat. Indépendamment des incertitudes intrinsèques à l'objet étudié, s'agissant des deux valeurs estimées, on ne peut exclure que d'autres alternatives visant à internaliser les risques propres à l'énergie présentent un meilleur rapport coût-avantage et constituent à ce titre un gain en efficacité plus élevé pour l'économie que l'extension de la couverture de l'assurance RC examinée dans cette étude.

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung der Studie

Die schweizerischen Stimmbürgerinnen und Stimmbürger werden sich möglicherweise in der näheren Zukunft entscheiden müssen, unter welchen Bedingungen Strom in ihrem Lande nuklear erzeugt werden darf. Bei vielen sind die Meinungen gemacht. Andere werden versuchen, die Vor- und Nachteile der nuklearen Option gegeneinander abzuwägen. Auf der Seite der Nachteile wird immer wieder die Tatsache genannt, dass es mit minimaler Wahrscheinlichkeit zu einem Unfall in einem Kernkraftwerk kommen kann, dessen Konsequenzen (soweit sie in Geld gemessen werden können) viele Milliarden Franken betragen würden.

Die vorliegende Studie versucht herauszufinden, wie wichtig den Stimmbürgerinnen und Stimmbürgern eine Minderung der finanziellen Konsequenzen eines schweren nuklearen Unfalles ist. Eine Minderung wäre durch die Ausweitung der obligatorischen Haftpflichtversicherung der Betreiber von Kernkraftwerken zu bewerkstelligen. Die derzeitige Deckung von 1 Mrd. Franken (davon 700 Mio. Franken durch private Versicherer) dürfte für die Kompensation der Betroffenen nicht ausreichen. Jede Ausweitung der Deckung würde jedoch den Strompreis verteuern. Die zu beantwortende Frage dieser Studie ist deshalb diejenige nach der sogenannten marginalen Zahlungsbereitschaft: Wie gross darf der Zuschlag auf den Strompreis maximal sein, wenn dafür ein höherer Anteil an den Schäden dank Haftpflichtversicherung kompensiert werden könnte? Es geht demnach letztlich um die Bewertung von Risiken, die mit der nuklearen Erzeugung von Strom verbunden sind.

1.2 Zwei grundsätzliche Abgrenzungen

Im Folgenden gelten durchweg zwei grundsätzliche Abgrenzungen, die einer Erklärung bedürfen. Die eine betrifft das betrachtete Risiko. Bei der Herstellung von Nuklearenergie werden nicht weniger als zehn Schritte mit ihren Risiken unterschieden: Entdeckung, Abbau, Transport, Verarbeitung (Anreicherung u.ä.), Transport, Kraftwerk, Transport zur Wiederaufbereitungsanlage, Wiederaufbereitung, Verarbeitung des Abfalles, Abfallentsorgung (siehe Hirschberg, Spiekerman und Dones (1998)). Andere Rohstoffe weisen ähnliche Energiegewinnungsketten auf. Jeder dieser Verarbeitungsschritte birgt Risiken für Mensch und Umwelt in sich, und die Energieproduktion durch

einheimische Kraftwerke ist nicht notwendigerweise der risikoreichste Schritt (so werden beispielsweise beim Kohleabbau viel mehr Todesfälle verzeichnet als bei der Energieproduktion mittels Kohle).

Die vorliegende Studie befasst sich aber ausschliesslich mit den Risiken bei der Produktion von Kernenergie in der Schweiz und berücksichtigt dabei nur den möglichen finanziellen Schaden, der von einem Kernkraftwerksunfall (KKW-Unfall) verursacht werden kann. Deshalb ist, falls nicht anders vermerkt, im folgenden unter "Schaden" immer ein finanzieller Schaden zu verstehen.

Die zweite grundsätzliche Abgrenzung betrifft die betrachteten Instrumente, welche zur Eindämmung der Risiken nuklearer Energieproduktion eingesetzt werden. Zur Auswahl stehen die staatliche Regulierung und das durch Private durchgesetzte Haftpflichtrecht. In der Schweiz werden beide Instrumente in Kombination eingesetzt. Einerseits ist die Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK) damit beauftragt, die Einhaltung von Sicherheitsstandards zu überprüfen. Andererseits verfügt die Schweiz seit 1983 über ein Kernenergiehaftpflichtgesetz (KHG). Im Zentrum steht hier das Haftpflichtrecht und seine Ergänzung, die Haftpflichtversicherung.

Shavell (1984) legt die Vor- und Nachteile einer Haftpflichtregelung bzw. der Regulierungsalternative dar und kommt zum Schluss, dass eine Kombination beider Instrumente wahrscheinlich optimal ist. Ein Grund dafür, dass die Haftpflichtregelung an Grenzen stösst, ist die "limited-liability" und "judgement proof" Problematik. Da die Forderungen aus einem Kraftwerksunfall die Vermögenswerte der Kraftwerksbetreiber übersteigen können, die gesetzlich verankerte uneingeschränkte Haftung bei Kernkraftwerksunfällen faktisch durch die Konkursgesetzgebung beschränkt ist und der Anreiz zum freiwilligen Abschluss einer Haftpflichtversicherung aus verschiedenen Gründen schwach ist, wird ein Kernkraftwerksbetreiber unter Umständen einem richterlichen Beschluss über Entschädigungszahlungen nicht Folge leisten können.

Shavell (1986) untersucht deshalb die Möglichkeit, diese Problematik mittels einer *obligatorischen* Haftpflichtversicherung zu umgehen. Er kommt zum Schluss, dass eine solche Lösung dann effizient ist, wenn der Versicherer die Präventionsanstrengungen der Kraftwerksbetreiber beobachten und die Prämien entsprechend gestalten kann.

1.3 Häufigkeit und Umfang der betrachteten Schäden

Die Gefahr eines Unfalls in einem schweizerischen Kernkraftwerk (KKW) besteht in der möglicherweise freigesetzten Radioaktivität. Dabei haben kleinere Unfälle keinen Einfluss auf die Umgebung eines KKW, sondern werden durch die Sicherheitsvorkehrungen abgeschirmt (solche Kernschmelz-Unfälle treten 10^{-5} mal pro Jahr und Kraftwerk auf). Anders bei einem sogenannten GAU, dem grössten anzunehmenden Unfall. Ein solcher Unfall ist für den Kernkraftwerkspark der Schweiz extrem unwahrscheinlich (alle 100'000 bis 10 Mio. Reaktorjahre ein Unfall). Diese Abschätzung beruht auf probabilistischer Analysen (siehe Hirschberg et al. (1998)), denn es gibt praktisch keine Erfahrungswerte, da kaum grosse Unfälle bei Kernkraftwerken beobachtet wurden. Dennoch kann ein solcher Unfall nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Zur Unsicherheit bezüglich der Eintrittswahrscheinlichkeit eines GAU kommt noch die Unsicherheit bezüglich des Umfangs des möglichen Schadens. Ein GAU könnte zur Folge haben, dass innerhalb des Kernkraftwerkes und in einem Umkreis von wenigen Kilometern um das Kernkraftwerk rasch gravierende Gesundheitsprobleme auftreten, die tödlich verlaufen können. Erfolgt die Alarmierung der Bevölkerung jedoch genügend früh und gezielt, werden im Allgemeinen verhältnismässig wenig Todesfälle erwartet. Ausserhalb des erwähnten Umkreises von wenigen Kilometern treten kaum akute Gesundheitsprobleme auf. Spätfolgen eines Unglücks (z.B. Krebs) wiederum können sich über eine Distanz von mehreren hundert Kilometern ergeben. Zudem können ganze Landstriche verstrahlt werden und Teile davon bleiben möglicherweise jahrelang unbewohnbar. Dadurch wird die land-, fisch- und forstwirtschaftliche Nutzung eingeschränkt. Das genaue Ausmass einer solchen Verstrahlung ist sehr stark von der Witterung abhängig.

Am Kernkraftwerk entsteht ein Sachschaden in Milliardenhöhe. Der Gesamtschaden hingegen ist beträchtlich höher und kann mehrere hundert Milliarden Franken betragen. Sein Umfang lässt sich nur schwer abschätzen. Diese Sachverhalte finden im Fragebogen, welcher den Teilnehmern eines gedanklichen Experimentes vorgelegt wurden, in gedrängter Form ihren Niederschlag (vgl. Abschnitt 3 und Anhang B.3).

1.4 Massnahmen zur Risikoreduktion

Ein GAU hat auch andere (z.B. gesundheitliche) Auswirkungen als reine Vermögensverluste. Deshalb würden die Betroffenen auch im Falle einer vollständigen Kompensation der Vermögensverluste immer noch geschädigt, und die von den Kraftwerksbetreibern geleisteten Präventionsanstrengungen, die einen Unfall weniger wahrscheinlich oder weniger schwerwiegend machen, sind von zentralem Interesse. Eine obligatorische Haftpflichtversicherung sollte die nötigen Anreize setzen, dass von Seiten der Kraftwerksbetreiber die optimalen Präventionsmassnahmen getroffen werden. Unter der Bedingung, dass die Präventionsmassnahmen durch die Versicherer beobachtbar sind, kann grundsätzlich durch geeignete Abstufung der Prämien und der Versicherungsdeckung das optimale Ausmass an Präventionsmassnahmen induziert werden (Kunreuther 2000).

Man könnte vermuten, dass in der Schweiz aufgrund der hohen Sicherheitsstandards bereits ein Optimum (oder ein über das Optimum hinausreichendes Niveau) an Prävention erreicht ist, so dass eine Veränderung in der Höhe der obligatorischen Haftpflichtversicherung keine Auswirkungen auf die Präventionsanstrengungen hätte. Die Bestimmung und Quantifizierung der in diesem Zusammenhang relevanten Anreizwirkungen geht jedoch über die Zielsetzungen dieser Studie hinaus.

Deshalb werden die möglichen Auswirkungen einer erhöhten Versicherungsdeckung auf die präventiven Anstrengungen der KKW-Betreiber im Begleittext zum Fragebogen nicht thematisiert.

2 Ermittlung der Zahlungsbereitschaft mittels “Stated Choice”

Für Güter und Leistungen, die auf Märkten gehandelt werden, stellt sich das Problem der Messung der Zahlungsbereitschaft nicht. Indem jemand den Kaufpreis bezahlt, offenbart er, dass seine Zahlungsbereitschaft mindestens so gross ist wie der Kaufpreis. Die Sicherheit von Anlagen zur nuklearen Energieproduktion wird auf absehbare Zeit nicht auf Märkten gehandelt (in ferner Zukunft könnte sie verbrieft werden z.B. als Obligation, die im Katastrophenfall fällig würde). Es existieren auch keine individuell abgeschlossenen Versicherungen gegen das Nuklearrisiko, die einen Rückschluss auf die Zahlungsbereitschaft für nukleare Sicherheit erlauben würden.

Als Ersatz für die fehlenden Daten setzt sich zunehmend der “Stated Choice” (deutsch etwa: “geäusserte Wahl”)–Ansatz durch. Dabei handelt es sich einerseits um eine Befragung, andererseits aber auch um ein gedankliches Experiment. Denn die Befragten werden gebeten, zwischen hypothetischen Alternativen abzuwägen und ihre Wahl bekannt zu geben. Aus diesem Grunde ist im Folgenden vielfach von einem Experiment die Rede, auch wenn die Tätigkeit der Teilnehmer nicht über die Beantwortung von Fragen hinaus geht.

Im vorliegenden Zusammenhang besteht der “Stated Choice”–Ansatz darin, Situationen zu schildern, denen Haushalte auf einem offenen Strommarkt begegnen würden. Sie müssen aus verschiedenen Stromangeboten eine Stromsorte wählen. Dabei werden sie die Eigenschaften des einzelnen Stromproduktes und dessen Preis gegeneinander abwägen und eine Entscheidung treffen. Aus einer Mehrzahl solcher Entscheidungen lässt sich schliesslich eruieren, wieviel Einkommen in Form eines erhöhten Strompreises die befragten Personen bereit sind aufzugeben, um im Schadenfall in den Genuss höherer Haftpflichtdeckung zu kommen. Das Ermitteln dieser *marginalen Zahlungsbereitschaft* (MZB) für finanzielle Sicherheit ist das Ziel dieser Studie.

Frühere Versuche, die Zahlungsbereitschaft für nicht auf dem Markt gehandelte Güter zu messen, basieren auf dem “Contingent Valuation” (deutsch etwa: “bedingte Bewertung”)–Ansatz (siehe dazu u.a. Mitchell (1989) und Hausman (1993)). Im vorliegenden Zusammenhang müssten die Befragten angeben, wieviele Rappen je kWh Strom ihnen die erhöhte finanzielle Sicherheit im Schadenfalle maximal Wert wäre, die sich durch einen Ausbau der Haftpflichtversicherung erreichen lässt. Die Schwierigkeit dieser direkten Vor-

gehensweise besteht darin, dass sich im täglichen Leben kaum jemand eine solche Frage stellt. Vielmehr prüft man die Eigenschaften eines Artikels sowie seinen Preis und kauft ihn (die geäußerte Wahl würde lauten "akzeptiert") oder lässt ihn liegen ("abgelehnt"). Auch Volksabstimmungen entsprechen nicht dem "Contingent Valuation" sondern dem "Stated Choice"-Vorgehen: Die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger erhalten Gelegenheit, zwischen Alternativen mit unterschiedlichen Attributen (darunter die Steuerbelastung als Preis) abzuwägen und ihre Entscheidung mit "Ja" oder "Nein" kund zu tun.

Die theoretischen Grundsteine zu "Stated Choice" wurden durch Lancaster (1971) gelegt. Er führte die Idee ein, dass Individuen nicht direkt aus den konsumierten Gütern, sondern aus den einzelnen Eigenschaften dieser Güter Nutzen ziehen. Diese Idee wurde in zahlreichen sogenannten hedonischen Regressionen verwendet. Das klassische Beispiel dazu ist die Nachfrage nach Fahrzeugen. Der Käufer erwirbt nicht in erster Linie das Fahrzeug, sondern "Geschwindigkeit", "Komfort", "Leistung", "Laderaum", "Sicherheit" (Airbag) usw. Indem auf dem Markt beobachtete Kaufentscheidungen herangezogen werden, lassen sich mittels dem hedonischen Ansatz die impliziten Preise der verschiedenen Eigenschaften schätzen. Die Preise werden als implizit bezeichnet, um sie von den auf dem Markt beobachteten Preisen für Fahrzeuge zu unterscheiden.

Die vorliegende Studie wendet dieses Vorgehen nicht auf Marktdaten, sondern nur auf durch ein gezieltes Experiment *generierte Daten* an. Das Abwägen zwischen zwei Produkteigenschaften lässt sich anhand der Abbildung 1 veranschaulichen. Im Hintergrund steht die Annahme, die Individuen verfolgten die Maximierung ihres Nutzens (über die Form der Nutzenfunktion vgl. die Ausführungen in Abschnitt 4). Dieser hänge positiv von der Deckung des Schadens eines nuklearen Unfalles (in % der Schadenssumme) und negativ von der mittleren Zahl der Stromausfälle ab (zur Relevanz der Eigenschaften vgl. Abschnitt 3.2.3). Der Pfeil zeigt in Richtung höherer Nutzenwerte. Der Status quo sei durch die Kombination A gegeben (1% Versicherungsdeckung, 2 Stromausfälle/Jahr). Die sog. Indifferenzkurve zeigt nun jene Kombinationen an, die von Befragten als subjektiv gleichwertig eingestuft werden. Punkt B beispielsweise besagt, dass das befragte Individuum eine leicht erhöhte Zahl von Stromausfällen in Kauf nehmen würde, wenn dafür die Versicherungsdeckung auf 2 % angehoben würde. Umgekehrt könnte man sagen, die Zahl der Stromausfälle darf maximal um einen kleinen Bruchteil zunehmen, damit das Individuum die neue Kombination B mit erhöhter Versicherungsdeckung

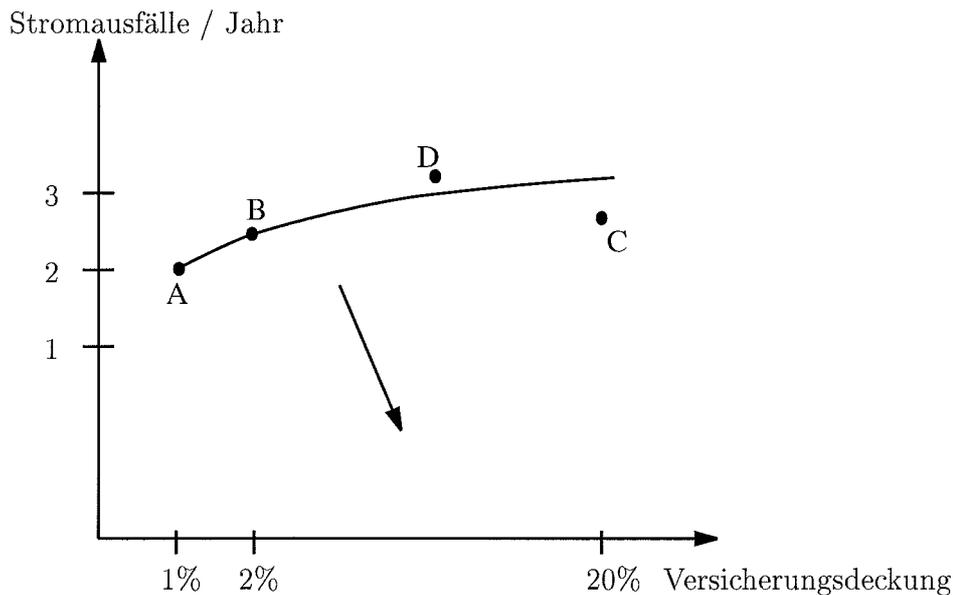


Abbildung 1: Abwägen zwischen Produkteigenschaften.

gerade noch als gleichwertig einstuft bzw. sich als indifferent erklärt. Das damit verbundene Opfer an Versorgungssicherheit stellt eine "reale" (nicht in Geld ausgedrückte) marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Versicherungsdeckung dar.

Im Zuge des Experimentes werden den Teilnehmern zusätzliche Kombinationen vorgelegt, beispielsweise C. Wird C akzeptiert, so muss die Indifferenzkurve oberhalb von C verlaufen. Wird sodann D abgelehnt, muss sie unterhalb von D verlaufen. Auf diese Weise gelingt es, die Indifferenzkurve näherungsweise zu bestimmen.

Die marginale Zahlungsbereitschaft in Geld (MZB) lässt sich analog abschätzen, indem man den Zuschlag zum Strompreis als eine Produkteigenschaft einführt. Von den übrigen Eigenschaften sei die Versicherungsdeckung herausgegriffen (vgl. Abbildung 2). Die Ausgangssituation sei Kombination A mit keinem Zuschlag zum Strompreis, dafür 1% Versicherungsdeckung. Die indifferente Kombination B gibt an, welchen Zuschlag das befragte Individuum gerade noch in Kauf nehmen würde, wenn die Versicherungsdeckung 2% statt 1% beträgt. Die Steigung der Indifferenzkurve zeigt somit die in

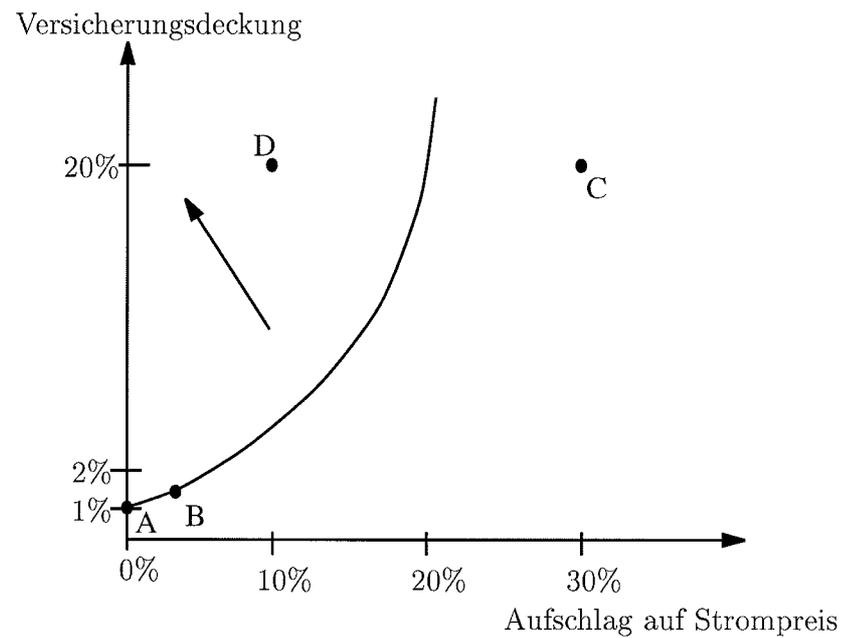


Abbildung 2: Bestimmung der MZB für Versicherungsdeckung.

Geld gemessene MZB für zusätzliche finanzielle Sicherheit an. Mit der Alternative C (abgelehnt) und D (akzeptiert) kann man sodann beginnen, die Indifferenzkurve einzumitteln.

3 Design des Experiments

3.1 Grundsätzliche Festlegungen

Experimente erlauben es, die Entscheidungssituation exakt zu schildern und zu kontrollieren. Eine grosse und bekannte Schwierigkeit besteht aber darin, dass die Personen, die an einem solchen Experiment teilnehmen, die Konsequenzen ihrer Entscheidungen nicht tragen müssen. Hinzu kommt, dass die Situationen in welche sie in solchen Experimenten gestellt werden, hypothetischer Natur und oft ungewohnt sind. Andererseits bietet ein Experiment häufig die einzige Möglichkeit, mehr über die Präferenzen und die Zahlungsbereitschaften zu erfahren, und man würde ansonsten gar keine Informationen erhalten, würde kein Experiment durchgeführt. Abschnitt 6 beschäftigt sich eingehender mit der Zuverlässigkeit und Validität von Aussagen, die durch Experimente gewonnen wurden.

Im vorliegenden Zusammenhang stellen sich zum Design des Experimentes die folgenden Fragen. Welche Produkteigenschaften sollen berücksichtigt werden? Welche Ausprägungen sollen diese Eigenschaften annehmen? Wie stark sollen die Ausprägungen variieren? Welche Form der Nutzenfunktion soll anschliessend geschätzt werden können? Antworten auf diese Fragen findet man in einer umfangreichen Literatur (siehe u.a. Louviere, Hensher und Swait (2000) und für technischere Ausführungen Hedayat, Sloane und Stufken (1999)).

Zu Beginn gilt es die relevanten Eigenschaften des Stroms herauszukristallisieren. Dabei muss man sich auf einige wenige Eigenschaften beschränken, da ansonsten die kognitiven Fähigkeiten der befragten Personen überstrapaziert werden. Die Auswahl der Eigenschaften wurde hauptsächlich mittels einer Telebus-Befragung getroffen (siehe Abschnitt 3.2). Davon ausgehend wurden verschiedene Ausprägungen für die einzelnen Eigenschaften definiert und in einem ersten Pretest geprüft. Beispielsweise variiert die Versicherungsdeckung zwischen 1%, 20%, 50% und 100% der Schadensumme. Um das Interview nicht zu sehr zu verlängern, dürfen nicht beliebig viele Ausprägungen im Experiment verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass Anzahl und Spezifikation der Ausprägungen die Schätzmöglichkeiten beeinflussen. So wird je nach Design ausgeschlossen, dass gewisse Einflussfaktoren isoliert geschätzt werden können.

Zuletzt muss noch festgelegt werden, wie die den Befragten zur Auswahl gestellten Situationen ausgestaltet sein sollen, d.h. welche alternativen

Stromsorten einander gegenüber gestellt werden und wie die Eigenschaften variiert werden sollen. Hier empfiehlt es sich, stets ein sogenanntes Status quo-Szenario beizubehalten, dem jeweils ein anderes Szenario gegenübergestellt wird. Die Verwendung eines Status quo-Szenario und die Beschränkung auf jeweils nur eine Alternative senken nicht nur die kognitive Belastung der Befragten, sondern vereinfachen auch die Schätzung der Zahlungsbereitschaft.

3.2 Voruntersuchungen

Entscheid Nr. 4209		
	Strom von Hersteller A	Strom von Hersteller B
Preis	Die Kilowattstunde kostet gleichviel wie heute	Die Kilowattstunde ist 60% teurer als heute
Stromausfall	Pro Jahr kommt es durchschnittlich zu 2 Stromausfällen	Pro Jahr kommt es durchschnittlich zu 2 Stromausfällen
Abfall	Es gibt ungelöste Probleme bei der Abfallentsorgung	Es gibt keine Probleme bei der Abfallentsorgung
Schadens- ausmass	Bei einem grossen Unfall können Kosten in der Höhe von maximal 200 Milliarden Franken anfallen (Dies entspricht durchschnittlich 70'000 Franken pro Haushalt)	Bei einem grossen Unfall können Kosten in der Höhe von maximal 100 Millionen Franken anfallen (Dies entspricht durchschnittlich 35 Franken pro Haushalt)
Versicherungs- deckung	Davon sind 1% versichert	Davon sind 100% versichert
Ihre Wahl	<input type="checkbox"/> Stromsorte A	<input type="checkbox"/> Stromsorte B
	<input type="checkbox"/> kann mich nicht entscheiden	

Abbildung 3: Beispiel eines Auswahl-Szenarios.

Um das Design zu bestimmen, wurden im Vorfeld der eigentlichen Er-

hebung drei Voruntersuchungen durchgeführt: Eine Telebus-Erhebung und zwei Pretests.

3.2.1 Telebus-Erhebung

Die Telebus-Erhebung diente der Bestimmung der relevanten Eigenschaften von Strom. In telefonischen Interviews wurden im Frühjahr 2001 500 Personen nach der Bedeutung von 15 verschiedenen Stromeigenschaften befragt. Sie hatten Gelegenheit, jeder Eigenschaft eine Zahl zwischen 1 (unwichtig) und 10 (sehr wichtig) zuzuordnen. Die detaillierten Ergebnisse können Anhang B.1 entnommen werden.

Aufgrund dieser Befragung wurden folgende Eigenschaften in den Fragebogen aufgenommen:

- langfristig sichere Abfallentsorgung
- Grösse der Gefahrenzone
- Versorgungssicherheit (wenige Tage ohne Strom)
- Finanzielle Entschädigung der Betroffenen bei einem Unfall
- Durchschnittlicher Preis pro kWh.

3.2.2 Pretest 1

Im ersten Pretest wurden 6 Personen befragt, um die Brauchbarkeit des Fragebogens zu überprüfen. Die Befragten hatten keine Verständnisschwierigkeiten und konnten die ihnen vorgelegten 14 Stromwahl-Szenarien ohne grosse Probleme verarbeiten. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Versicherungsdeckung als relativ unwichtig erachtet wurde.

Zudem erweisen sich einige Fragen als überflüssig, und es machten sich gewisse erhebungstechnische Mängel bemerkbar (Gestaltung des Fragebogens, Hilfsmittel der Interviewer). Die wichtigsten inhaltlichen Erkenntnisse waren die folgenden:

- Die Spannweite der Eigenschaft "Zuschlag zum Strompreis" musste vergrössert werden, um eine genügende Häufigkeit abgelehnter Szenarien herbeizuführen. Wie das Beispiel in Abbildung 2 zeigt, braucht es Ablehnungen, um die Indifferenzkurve (und damit die MZB für eine Produkteigenschaft) näherungsweise zu bestimmen.

- Die mit einem Kraftwerkunfall verbundenen Schäden mussten nicht nur auf gesamtwirtschaftlicher Ebene, sondern auch auf individueller Ebene deutlicher gemacht werden.

3.2.3 Pretest 2

Es wurde mit 20 Personen ein zweiter Pretest durchgeführt, um die vorgenommenen Änderungen auf ihre Tauglichkeit für die Hauptbefragung zu prüfen. Zusätzlich wurde das Interview mit einem sogenannten “Debriefing-Fragebogen” ergänzt, um gezielt das Erhebungsinstrument zu testen.

Nebst der Verwendung eines anderen Designs ergaben sich für die Hauptbefragung folgende Änderungen:

- Die Preiszuschläge von 0%, 30% und 60% wurden durch einen Preiszuschlag von 10% ergänzt.
- Die Stromausfall-Eigenschaft wurde geändert, so dass nicht die Anzahl Tage ohne Strom, sondern die Anzahl Stromausfälle angegeben wurden.
- Die Erhebung sozioökonomischer Eigenschaften am Anschluss an das Experiment wurde noch umfassender gestaltet.

Die Befragten hatten wiederum die Bedeutung der aufgeführten Strom-Eigenschaften anzugeben. Die Abfallproblematik belegte erneut den ersten Rang, gefolgt von den Eigenschaften “Versicherungsdeckung” und “Zuschlag zum Strompreis”.

Die Antworten erwiesen sich zu einem grösseren Teil als konsistent (wo überprüfbar). Die befragten Personen waren durchaus bereit, Eigenschaften gegeneinander abzuwägen. Nur in seltenen Fällen äusserten sie lexikographische Präferenzen (absoluter Vorrang eines Produktattributes), obwohl einige angaben, bei ihren Entscheidungen nur eine Eigenschaft berücksichtigt zu haben. Eine detailliertere Auswertung der Ergebnisse des zweiten Pretests ist im zweiten Zwischenbericht zuhanden der Begleitgruppe des BFE zu finden.

3.3 Design der Haupterhebung

3.3.1 Szenarien und Ausprägungen der Produkteigenschaften

Der für die Haupterhebung verwendete Fragebogen ist in Anhang B.3 abgedruckt. Die Abbildung 3 enthält ein Beispiel eines Auswahlzenarios. Auf der

linken Seite erscheint das stets gleichbleibende Status quo-Szenario (Strom von Hersteller A). In diesem Fall unterscheidet sich das Alternativszenario in allen Produktattributen mit Ausnahme der Häufigkeit von Stromausfällen.

Die Tabelle 1 vermittelt eine Übersicht über die in der Haupterhebung verwendeten Ausprägungen der fünf Eigenschaften, welche die Stromsorten umschreiben.

	Ausprägungen	Einheit	Status Quo
Preis	0, 10, 30, 60	%	0
Ausfall	2, 14	Anz. / Jahr	2
Abfall	ungelöste Probleme, keine ungelösten Probleme	–	ungel. Probleme
Schaden (individuell)	0.1, 10, 100, 200 (35, 3'500, 35'000, 70'000)	Mrd. CHF (CHF/HH)	200 (70'000)
Deckung	1, 20, 50, 100	%	1

Tabelle 1: Ausprägungen der Eigenschaften.

“Preis” gibt an, um wieviel Prozent sich der Strompreis im Gegensatz zum aktuellen Strompreis der befragten Person verändert. Mit den am Anschluss an das Experiment gemachten Angaben über die individuelle Höhe der Stromrechnung und über die frankenmässigen Vorstellungen bezüglich einer 30%igen Strompreiserhöhung, konnte auf das absolute Stromkosten-Niveau (in Franken pro Jahr) der jeweiligen Alternative geschlossen werden. Diese Transformation ist nötig, weil die jeweiligen Stromkosten das Einkommensopfer angeben, das die Betroffenen zu Gunsten einer erhöhten Versicherungsdeckung zu erbringen bereit sind. Entsprechend werden in der ökonomischen Auswertung (Abschnitt 5) die Stromkosten und nicht der Strompreis verwendet.

Die Eigenschaft “Ausfall” gibt an, ob bei der Alternative mit vielen jährlichen Stromausfällen (konkret 14 pro Jahr, codiert als 1) oder mit wenigen jährlichen Stromausfällen (konkret 2 pro Jahr codiert als 0) zu rechnen ist. Sie bildet die Eigenschaft Versorgungssicherheit ab.

Die Variable “Abfall” steht für die Abfallproblematik, die in beiden Pretests als bedeutende Eigenschaft von Strom gewertet wird. Auch sie nimmt lediglich zwei qualitative Ausprägungen an, codiert als 0 und 1. Entweder gibt es ungelöste Abfallprobleme (=1) oder es gibt keine ungelösten Abfallprobleme (=0).

Die Eigenschaft "Schaden" beschreibt die Grösse eines möglichen Unfalls. Sie ist so zu verstehen, dass das zur Herstellung der beschriebenen Stromsorte notwendige Kraftwerk höchstens einen Schaden von beispielsweise 100 Mrd. Franken anrichten kann. Obwohl mit einer einzigen Zahl nicht das gesamte Schadensbild beschrieben werden kann, so ist doch zu vermuten, dass sie für die befragten Personen als Indikator für das reale Schadensbild interpretiert wird. Im Begleittext zum Experiment wurde den Befragten in wenigen Sätzen ein mögliches Schadensbild geschildert.

Die konkreten Ausprägungen der Dimension "maximaler Schaden" brauchen nicht mit publizierten Schätzungen des potentiellen Schadens von KKW-Unfällen übereinzustimmen. Die Variable muss lediglich die Funktion als Indikator eines möglichen Schadensausmasses (oder Katastrophenausmasses) gut erfüllen.

Die Dimension "Deckung" wird in Prozent ausgedrückt und gibt an, welcher Anteil des maximal möglichen Schadens durch eine Versicherung gedeckt ist.

Das Abfragen sämtlicher möglicher Szenarien würde das Interview erheblich verlängern und teilweise redundante Information generieren. Zur Bestimmung der nicht-redundanten Szenarien diene das von Hardin und Sloane entwickelte Programm "Gosset" (Hardin und Sloane (1993)). Dabei wurde vorgegeben, dass Einflüsse erster und zweiter Ordnung, d.h. lineare, quadratische und Interaktionsterme der Eigenschaften, auf die Wahlentscheidung schätzbar sein sollen. Die Software unterschied auf Grund der gewählten Eigenschaften und Ausprägungen (siehe Tabelle 1) insgesamt 42 zu überprüfende Stromsorten (Diese Stromsorten sind im Anhang B.2 aufgeführt). Jeder befragten Person wurden aus diesen 42 zur Verfügung stehenden Szenarien, 14 zufällig ausgewählte jeweils paarweise mit dem Status quo-Szenario zur Auswahl gestellt.

3.3.2 Nicht berücksichtigte Produkteigenschaften

Zwei potentiell wichtige Produktattribute fehlen in der Tabelle 1. Zum einen ist dies die Art des Kraftwerkes, d.h. der zur Stromproduktion verwendete Rohstoff stellt keine Stromeigenschaft dar. Dies ist durch die Überlegung zu begründen, dass für Konsumententscheidungen nicht die Art des Produktionsprozesses massgebend ist, sondern die Eigenschaften des Fertigproduktes. In der Telebus-Befragung wird der verwendete Rohstoff weniger wichtig eingestuft als beispielsweise die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen beim

üblichen Betrieb des Kraftwerkes oder die Grösse des potentiellen Gefahrenbereichs eines Unfalles.

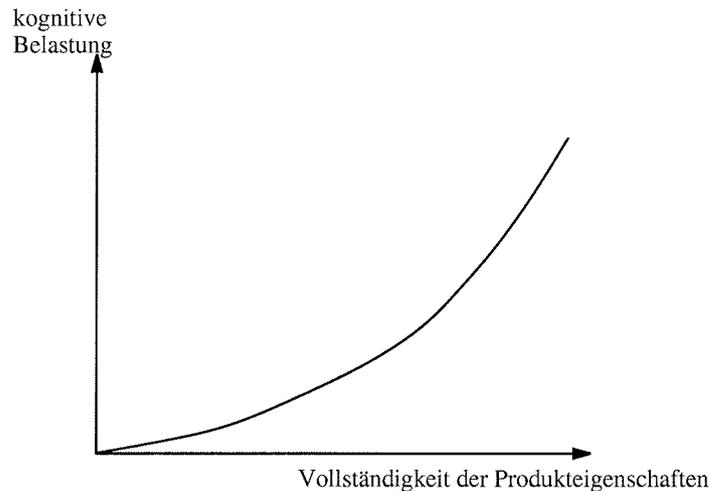


Abbildung 4: Die kognitive Überlastung der Befragten nimmt mit steigendem Detaillierungsgrad in der Beschreibung der Stromszenarien zu.

Die zweite fehlende Produkteigenschaft ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens des maximalen Schadens. Wie in Abbildung 4 schematisch dargestellt, sieht man sich bei Stated Choice-Experimenten jedoch mit einem fundamentalen Tradeoff konfrontiert. Je vollständiger das Produkt beschrieben wird, desto höher ist die kognitive Belastung der befragten Personen und desto eher werden diese überfordert. Gerade das Denken in minimalen Wahrscheinlichkeiten trägt jedoch zur kognitiven Belastung erheblich bei (Starmer 2000).

Man könnte zwar argumentieren, dass der Erwartungswert des Vermögens nach einem Unfall vom Produkt aus Schadensausmass und Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens abhängt. Eine Veränderung des finanziellen Schadens hätte somit die gleiche Auswirkung wie eine Veränderung der Eintrittswahrscheinlichkeit, die damit nicht als eigenständige Produkteigenschaft berücksichtigt werden müsste. Ein Kraftwerksunfall vermindert jedoch den Nutzen der Betroffenen nicht nur über Vermögenseffekte. Die Wahrscheinlichkeitsdimension hat in diesem Fall eine qualitativ andere Eigenschaft als das maximal mögliche Schadensausmass, denn die Reduktion dieser Nicht-

Vermögenseffekte kann nur über die Reduktion der Unfallwahrscheinlichkeit und nicht über die Reduktion des (finanziellen) Schadensausmasses erreicht werden.

In den Schätzgleichungen der ökonometrischen Auswertung fehlt somit eine grundsätzlich relevante erklärende Variable, und es stellt sich die Frage nach den Auswirkungen. Zunächst ist die statistische Anpassung schlechter, d.h. es gelingt in geringerem Masse, die beobachteten Wahlhandlungen mit den verfügbaren erklärenden Variablen in Verbindung zu bringen. Sodann besteht die Gefahr, dass die Koeffizienten (und damit die Stärke der Zusammenhänge) verzerrt geschätzt werden. Diese Gefahr besteht dann nicht, wenn die ausgeschlossene Variable unabhängig von den in der Gleichung aufgenommenen erklärenden Variablen ist (Greene 1997, S. 334). Die Bedingung im vorliegenden Zusammenhang lautet, dass die befragten Personen unter einem niedrigen Schadensausmass nicht gleichzeitig eine niedrige Schadenswahrscheinlichkeit verstehen.

Um die Erfüllung dieser Bedingung zu unterstützen, wurde im Vorspann des Experimentes die von Experten geschätzte Unfallwahrscheinlichkeit erwähnt und andererseits die subjektive Unfallwahrscheinlichkeit der Befragten relativ zur Expertenschätzung erfragt. Damit dürfte die Unfallwahrscheinlichkeit als eine feste Grösse etabliert worden sein. Zudem stellt eine Abweichung der subjektiven von der "offiziellen" Wahrscheinlichkeit ebenfalls eine Variation dar, die ein Stück weit als Ersatz für die im Experiment nicht vorgenommenen Variationen dienen kann. Damit wird eine gegebene Verzerrung reduziert. Zudem kann bei der ökonometrischen Auswertung untersucht werden, ob die unterschiedliche Wahrnehmung der Unfallwahrscheinlichkeit eine Auswirkung auf die marginale Zahlungsbereitschaft für mehr finanzielle Sicherheit hat (was zu erwarten ist und sich auch beobachten lässt, vgl. Tabelle 11 in Abschnitt 5).

3.4 Deskriptive Statistik

Die Hauptbefragung lieferte rd. 400 Interviews aus der deutschsprachigen Schweiz und wurde im September und Oktober 2001 von der Firma IHA-GfM durchgeführt. Die Befragung fand nach der telefonischen Rekrutierung als persönliches Interview statt. Befragt wurden nur stimmberechtigte Bürger, d.h. das Mindestalter betrug 18 Jahre.

3.4.1 Repräsentativität und mögliche Selektionseffekte

Die in Tabelle 2 aufgeführten sozioökonomischen Merkmale geben keinen Anlass zur Vermutung, dass es zu wesentlichen Über- oder Untervertretung von Bevölkerungsgruppen kam. So beträgt die Frauenquote der schweizerischen Wohnbevölkerung 51% (Spalte CH) und in der Stichprobe 50% (Spalte Mittelwert der Tabelle 2). Unterrepräsentiert sind dagegen nicht erwerbstätige Personen, überrepräsentiert sind Selbstständigerwerbende und Wohnungseigentümer. Doch diese Merkmale tragen (mit der Ausnahme der Wohnungseigentümer) nicht in statistisch signifikanter Weise zur Erklärung der Wahlhandlungen bei (vgl. 5. Abschnitt).

Schliesslich stimmen die zweimal gemachten Angaben zur Höhe der Stromrechnung (wichtig für die Umrechnung der Strompreiszuschläge in Frankenbeträge, bzw. Rp./kWh) recht genau überein.

	CH	Mittelw.	Beob.
Anzahl Interviews		391	
weiblich	51.1%	50.00%	390
Eigentümer (Whg/Haus)	21.4%	35.00%	389
Durchschnittsalter	39	43.7	391
nicht erwerbstätig	34.4%	17%	390
angestellt	55.4%	57%	390
selbstständig	10.2%	17%	390
Höhe Stromrechnung (f4)	810	928	363
Höhe Stromrechnung (f21)	810	938	365

Tabelle 2: Deskriptive Statistik - sozioökonomische Merkmale.

Aus Tabelle 3 wird ersichtlich, dass knapp die Hälfte der befragten Personen keine Angaben zu ihrem Einkommen machten. Da die Nachfrage nach finanzieller Sicherheit (wie diejenige nach den meisten Gütern) positiv vom Einkommen abhängt, fehlt in einem wesentlichen Teil der Stichprobe eine relevante erklärende Variable. Aber auch die Neigung der Befragten, keine Angaben zum Einkommen zu machen, könnte mit dem Einkommen variieren. Dieser Selektionseffekt könnte die Teilstichprobe mit den Einkommensangaben nicht repräsentativ machen und bedeutet deshalb eine besonders schwerwiegende Verzerrungsgefahr. Um ihr Ausmass zu prüfen, bietet sich folgender Test an.

Das Ausbildungsniveau korreliert stark mit dem Einkommen. Falls nun

	Anteil	Beob.
bis 1999	3.3%	389
2000 bis 3999	9.0%	389
4000 bis 5999	20.1%	389
6000 bis 7999	9.5%	389
8000 bis 8999	3.6%	389
9000 bis 9999	3.1%	389
mehr als 10000	5.9%	389
keine Angaben	45.5%	389

Tabelle 3: Deskriptive Statistik - Einkommensverteilung.

	mit Angabe des Eink.		ohne Angabe des Eink.	
	Anteil	Beob.	Anteil	Beob.
Primarschule	3%	212	6%	177
Anlehre	6%	212	3%	177
Berufslehre	62%	212	63%	177
Vollzeitberufsschule	6%	212	6%	177
Diplommittelschule	4%	212	3%	177
Matura	4%	212	4%	177
höhere Fachschule	7%	212	7%	177
Hochschule	4%	212	3%	177
weiss nicht	4%	212	4%	177

Tabelle 4: Deskriptive Statistik - Schulabschluss.

jene Teilnehmer, die zu ihrem Einkommen keine Angaben machten, systematisch höhere oder niedrigere Einkommen erzielen als die auskunftsbereiten Teilnehmer, müsste ich dies in einer veränderten Häufigkeit der Schulabschlüsse niederschlagen. Eine solche Abweichung ist jedoch in Tabelle 4 nicht zu erkennen. Die Verzerrungsgefahr müsste sich demnach in Grenzen halten, was durch die Ähnlichkeit der auf Teilstichproben beruhenden ökonomischen Schätzungen untermauert wird (vgl. Anhang A)

3.4.2 Grundhaltung und Risikoeinschätzung

Tabelle 5 enthält Informationen zur Grundhaltung gegenüber der Kernenergie. Rd. 41% der befragten Personen sind grundsätzlich gegen die Kernener-

	Mittelw.	Beob.
Es ist wichtig, wie Strom produziert wird	73%	391
Bezahle Stromrechnung selbst	87%	391
Grundsätzlich gegen Kernenergie	41%	391
Auch falls keine Abfallprobleme	46%	161
Wahrscheinlichkeit KKW-Unfall	2 ^a	380
Identisch mit Expertenschätzung	24%	380
Wahrscheinlichkeit Staudamm-Unfall	0.7 ^a	382
Identisch mit Expertenschätzung	40%	382

^a Höhereinschätzung der Wahrscheinlichkeit gegenüber Experten in Zehnerpotenzen.

Tabelle 5: Deskriptive Statistik - Strom und Risiko.

gie, 46% davon, d.h. 19% der Stichprobe, auch wenn die Abfallproblematik gelöst wäre. Als Gründe für diese Haltung wird zu 51% in dieser Teilstichprobe das grosse Risiko bei der Produktion von Nuklearenergie genannt (vgl. Tabelle 6). 17% verstanden die Frage nicht richtig oder waren nicht bereit von der hypothetischen Situation auszugehen, dass es keine Probleme mit der Entsorgung der Abfälle gäbe. Bei 10% (6 Personen) der Fälle war die Antwort widersprüchlich und damit nicht interpretierbar.

	Anteil	Beob.
Risiko/Unfall	50.8%	63
Utopisch, dass Abfallproblem gelöst	17.5%	63
Umwelt	6.3%	63
Gefahr durch Terror / Krieg	6.3%	63
anderes	6.3%	63
Alternativenergie ist zu verwenden	3.2%	63
Antworten nicht interpretierbar	9.5%	63

Tabelle 6: Gründe wieso grundsätzlich gegen KKW, auch wenn keine Abfallproblematik bestünde.

Wendet man sich wieder Tabelle 5 zu, so zeigt sich, dass die Befragten das Risiko von Unfällen bei der Energieerzeugung im Durchschnitt überschätzen. Ein grosser Unfall eines Kernkraftwerks in der Schweiz wird von den Befragten 100 mal (10^2) wahrscheinlicher eingestuft als von Experten. Die Wahr-

scheinlichkeit eines Staudammbruches hingegen wird von den Befragten nur ca. 5 mal ($10^{0.7}$) wahrscheinlicher eingestuft als von den Experten. Entsprechend kommen 40% der Befragten im Fall des Staudammbruches zu einer Risikoeinschätzung, die mit derjenigen der Experten übereinstimmt, gegenüber nur 24% im Fall eines KKW-Unglückes.

	Mittelw	StdAbw.	Beob.
Schwierigkeiten mit Fragen	28.0%		389
30% Preiszuschlag? Fr/Jahr	307.9	298.4	264
30% Preiszuschlag? Rp/kWh	18.8	15.1	102
Es gab eine wichtigste Eigenschaft	72.5%		387
Zusätzliche wichtige Eigenschaften	26%		289

Tabelle 7: Deskriptive Statistik - Verständnis und Wertung von Eigenschaften.

3.4.3 Verständnisprobleme und Wertung von Eigenschaften

Tabelle 7 enthält Angaben über das Verständnis des Interviews. Immerhin 28% der Befragten bekundeten Schwierigkeiten damit, was jedoch angesichts der Komplexität des Themas als günstiges Ergebnis zu werten ist. Ermutigend ist auch die Beobachtung, dass sich die Befragten durchschnittlich 308 Franken pro Jahr als Folge eines 30%igen Strompreiszuschlags vorstellten. Dies ist konsistent mit den von ihnen geschätzten jährlichen Stromkosten in der Höhe von durchschnittlich rd. 940 Franken. Eine grosse Zahl der Befragten hatte allerdings Mühe, einen Zuschlag von 30% zum Strompreis in Rappen/kWh zu beziffern. Der durchschnittlich angegebene Betrag von 19 Rappen ist denn auch eindeutig zu hoch, was auf eine Überschätzung des Arbeitspreises schliessen lässt.

Allerdings ist weniger von Bedeutung, ob die Personen ihre Stromkosten und Strompreise wirklich korrekt in Erinnerung haben. Wichtig für die Auswertung ist vielmehr, dass die Frankenbeträge bekannt sind, von denen die Befragten im Stated Choice-Experiment ausgingen.

Zu Beginn des Interviews wurden die Teilnehmer danach befragt, welche Stromeigenschaften sie besonders berücksichtigen würden, falls sie den Strom "wie jedes andere Gut" frei wählen könnten. Dabei wurden keine Antwortkategorien vorgegeben. Die genannten Eigenschaften sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Während in der Telebus-Erhebung mit vorgegebenen Antwortkategorien die "langfristig sichere Abfallentsorgung" an erster Stelle gestanden

hatte (vgl. Abschnitt 3.2.1), beschränkt sich der Anteil der entsprechenden Nennungen auf ganze 1.5% (falls man die Antworten in der Rubrik "umweltfreundlich/ökologisch" hinzunimmt, ergibt sich ein Anteil von 25%). Deutlich an erster Stelle mit 42% steht dagegen der Preis.

	Anteil	Beob.
Preis	42.2%	391
umweltfreundlich, ökologisch	23.5%	391
erneuerbare/alternative Energie	7.7%	391
weiss nicht oder ungenaue Antwort	7.9%	391
kein Atomstrom	4.6%	391
Produktionsart	4.1%	391
Herkunft des Stromes	3.1%	391
Wasserkraft	3.1%	391
Versorgungssicherheit	2.0%	391
Entsorgung der Abfälle	1.5%	391
Schadensausmass/Risiko	0.3%	391

Tabelle 8: Relevante Eigenschaften bei freier Wahl des Stroms (ohne vorgegebene Antwortkategorien).

Im Verlauf des Interviews wurden dann Informationen über die Umwelt Risiken der verschiedenen Stromsorten vermittelt.

Im Anschluss an die Stated Choice Fragen hatten die Interviewten Gelegenheit anzugeben, ob es für sie bei den Entscheidungen eine Eigenschaft gab, die generell die wichtigste war. Nicht weniger als 72% beantworteten diese Frage mit "ja" (vgl. Tabelle 7). Die Existenz einer wichtigsten Eigenschaft könnte bedeuten, dass lexikographische Präferenzen vorliegen, d.h. die betreffenden Individuen sind nicht bereit, bei dieser Eigenschaft Abstriche zu Gunsten anderer Eigenschaften zu machen.

Für über 50% dieser grossen Teilstichprobe gilt die Entsorgung der Abfälle als die wichtigste Eigenschaft (vgl. Tabelle 9). Dieser Wert liegt mit rd. 37% (72% von 51.7%) weit höher als er aufgrund der ursprünglichen, unbeeinflussten Nennungen zu erwarten gewesen wäre (maximal 25% gemäss Tabelle 8). Die Stated Choice-Experimente bestätigen ihn aber insofern, als die 284 in der Tabelle 9 enthaltenen Individuen in 85% aller Fälle Szenarien bevorzugten, in denen es keine ungelösten Abfallprobleme gab (über die gesamte Stichprobe betrachtet beträgt der Anteil 61%).

	Mittelwert	Beob.
Entsorgung der Abfälle	51.7%	284
Strompreis	30.3%	284
Schadensausmass	6.7%	284
Anzahl Stromausfälle	6.0%	284
Versicherter Schaden	5.3%	284

Tabelle 9: Deskriptive Statistik - Wichtigste Eigenschaft von Strom.

Dennoch halten sich die möglichen Probleme mit lexikographischen Präferenzen in engen Grenzen. Die in Abschnitt 5 präsentierten ökonomischen Auswertungen zeigen, dass sämtliche fünf Produkteigenschaften in mindestens einer Form (linear, quadratisch, in Interaktion mit anderen Eigenschaften) statistisch signifikant zur Erklärung der Wahlhandlungen beitragen. Dies gilt auch dann, wenn die Stichprobe auf diejenige Personen eingeschränkt wird, die eine Eigenschaft als besonders wichtig nannten und deshalb am ehesten lexikographische Präferenzen vermuten lassen. Offenbar sind die meisten Personen bereit, Eigenschaften des Gutes "Strom" gegeneinander abzuwägen (so wie in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt), auch wenn sie von sich behaupten, keine solchen Abwägungen zuzulassen. Diese Erkenntnis wäre bei einer konventionellen Befragung, welche lediglich die Bedeutung der einzelnen Produkteigenschaften je für sich genommen erfasst, nicht möglich gewesen. Die Stated Choice-Experimente dagegen bringen die Eigenschaften in einen Zusammenhang und zeigen auf, wie sie die Befragten gegeneinander abwägen. Sie dürften insofern das tatsächliche Verhalten der Menschen besser erfassen als konventionelle Befragungen.

4 Wahl eines Entscheidkriteriums

Es gibt verschiedene Theorien darüber, wie wirtschaftliche Akteure in Situationen mit Risiko entscheiden. Die bekannteste unter ihnen ist die Erwartungsnutzentheorie (siehe Mas-Colell, Whinston und Green (1995, Kap. 6)). Eng damit verwandt ist das Mean-Variance-Kriterium. Eine bekannte Alternative stellt schliesslich die Rank Dependent Utility dar.

Alle diese Theorien schränken die Form der Nutzenfunktion, die ihrerseits die Rangeinstufung risikobehafteter Alternativen festlegt, ein. Gerade im Umgang mit sehr kleinen Wahrscheinlichkeiten ist aber keine der führenden Alternativen in der Lage, menschliches Verhalten widerspruchsfrei zu erklären (Starmer 2000).

Deshalb bietet sich als Lösung an, die Nutzenfunktion als beliebige Taylor-Approximation zweiter Ordnung in den Produkteigenschaften zu spezifizieren. Dieses nicht streng an einer bestimmten Theorie orientierte Vorgehen lässt sich auch deshalb rechtfertigen, weil diese Studie nicht zum Ziel hat, verschiedene Theorien zu testen, sondern individuelle Entscheide vorauszusagen. In Übereinstimmung mit dem üblichen Vorgehen beeinflussen die sozioökonomischen Eigenschaften nur den Grenznutzen des Einkommens, nicht aber die subjektive Bewertung der Stromeigenschaften (Johnson und Desvousges 1997). Es wird somit für das Individuum i und die Stromsorte j das Modell

$$U_{ij} = X_j\beta + \gamma_1 z_i \cdot (m_i - P_{ij}) + \gamma_2 z_i \cdot (m_i - P_{ij})^2$$

unterstellt, wobei X_j sämtliche linearen, quadratischen und Kreuzterme der Stromeigenschaften enthält, P_{ij} für die Stromkosten steht und z_i den Vektor mit den sozioökonomischen Variablen darstellt. β , γ_1 und γ_2 sind die zu schätzenden Koeffizienten.

Gemäss der Random-Utility Formulierung von McFadden (2001) (vgl. auch Hanemann und Kanninen (1996)) ermittelt die befragte Person den Nutzen des linken und rechten Szenarios und wählt diejenige Variante mit dem höheren Nutzen. Werden mit "A" die Eigenschaften des Status-quo Szenarios, also des linken Szenarios bezeichnet, so wählt die befragte Person i das alternative Szenario "B" (rechts) aus der Auswahlmenge j , falls

$$(X_{B_j} - X_{A_j})\beta + \gamma_1 z_i (P_{iB_j} - P_{iA_j}) + \gamma_2 z_i (P_{iB_j}^2 - P_{iA_j}^2) - 2\gamma_2 z_i m_i (P_{iB_j} - P_{iA_j}) + \epsilon_{ij} + \eta_i > 0$$

Weil jedoch knapp die Hälfte der befragten Personen keine Angaben zu ihrem Einkommen machten, wird in der ökonometrischen Schätzung der Term

in m_i vernachlässigt. Dafür werden Schätzungen mit Teilstichproben (hohe Einkommen, niedrige Einkommen, keine Einkommensangaben) durchgeführt. Der Entscheid y_{ij} (=1, falls Wahl von Stromsorte B) ist entsprechend gegeben durch

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{falls} \\ (X_{B_j} - X_{A_j})\beta + \gamma_1 z_i(P_{iB_j} - P_{iA_j}) + \gamma_2 z_i(P_{iB_j}^2 - P_{iA_j}^2) + \epsilon_{ij} + \eta_i > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Durch die Wahl einer Random-Effects-Spezifikation wird zusätzlich berücksichtigt, dass unbeobachtete individuenspezifische (sozioökonomische) Effekte die Wahl beeinflussen können (η_i).

Die Steigung der Indifferenzkurve (\hat{U} konstant) repräsentiert die Bereitschaft des Konsumenten, verschiedene Attribute (X) gegen Einkommen bzw. Versorgung mit anderen Konsumgütern (geht mit P zurück) einzutauschen.

Aus den Eigenschaften X wird im Folgenden die Versicherungsdeckung COV herausgegriffen. Die Steigung der Indifferenzkurve im entsprechenden $\{P, COV\}$ - Teilraum lässt sich ermitteln aus

$$d\hat{U} = \frac{\partial \hat{U}}{\partial P} dP + \frac{\partial \hat{U}}{\partial COV} dCOV = 0$$

so dass

$$\left. \frac{dP}{dCOV} \right|_{d\hat{U}=0} = - \frac{\partial \hat{U} / \partial COV}{\partial \hat{U} / \partial P} =: GRS(COV, P)$$

Die Steigung der Indifferenzkurve ist demnach gegeben durch das Verhältnis der Ableitungen des Nutzens nach den relevanten Argumenten. Sie gibt an, wieviele Einheiten P der Konsument bereit ist zusätzlich zu akzeptieren, um eine Einheit COV mehr zu erhalten und wird Grenzrate der Substitution (GRS) genannt.

Aus der Tatsache, dass für die Schätzung die Stromkosten (und nicht der Preis) verwendet werden folgt, dass der Grenznutzen der Stromkosten bis auf das Vorzeichen dem Grenznutzen des Einkommens entspricht. Die Verwendung der Stromkosten anstelle des Preises bedingt allerdings, dass das Individuum nicht in Rechnung stellt, dass es bei einer Veränderung des Strompreises die konsumierte Menge anpassen wird. Angesichts niedriger geschätzter Werte für die Preiselastizität der Stromnachfrage lässt sich diese Vereinfachung rechtfertigen (Bonomo, Filippini und Zweifel 1998).

5 Ökonometrische Auswertung

5.1 Datenbasis

Das Experiment lieferte insgesamt 5'474 ($= 391 \cdot 14$) beobachtete Entscheidungen. Die Befragten konnten bei jeder Entscheidung zwischen zwei Stromsorten wählen, entweder "Stromsorte A" oder "Stromsorte B". Falls sie sich nicht entscheiden konnten, bestand die Möglichkeit "kann mich nicht entscheiden" zu wählen. Damit wurde verhindert, dass die Befragten zufällig Szenarien wählten, weil sie indifferent oder überfordert waren. Es wurde insgesamt 819 mal (15%) keine Entscheidung getroffen, d.h. für die Schätzung stehen 4'655 Beobachtungen zur Verfügung. Davon wurden 90% ($= 4'154$) effektiv verwendet; die restlichen 10% stehen für die Prüfung der Prognosefähigkeit des Modells zur Verfügung (siehe Abschnitt 6). In insgesamt 36% (1'694) aller Fälle wurde der Status quo gewählt, in den restlichen Fällen die alternative Stromsorte.

5.2 Vorgehen

Damit die MZB für finanzielle Sicherheit berechnet werden kann, muss in einem ersten Schritt die Nutzenfunktion geschätzt werden, anhand derer die befragten Personen ihre Entscheidungen treffen. Da die Form dieser Funktion unbekannt ist, wird eine Taylor-Approximation zweiter Ordnung geschätzt (siehe Abschnitt 4). Als unabhängige Variablen dienen die Stromeigenschaften (Schaden, Deckung, Abfall, Ausfall), die Stromkosten und einige sozioökonomische Variablen (subjektive Unfallwahrscheinlichkeit, Alter, Geschlecht und Bildung).

Die Koeffizienten dieser Nutzenfunktion werden mittels einem Random-Effects Probit-Modell geschätzt. Die abhängige Variable ist die Wahrscheinlichkeit, dass das "rechte Szenario" (d.h. das alternative Szenario) gewählt wurde. Mittels des Maximum Likelihood-Verfahrens werden die Koeffizienten der Nutzenfunktion so gewählt, dass die Wahrscheinlichkeit maximal ist, die beobachteten Entscheidungen mittels der gewählten Spezifikation zu erhalten.

5.3 Die erklärenden Variablen

Die Tabelle 10 gibt einen Überblick über die verwendeten erklärenden Variablen und die verwendeten Abkürzungen. Die Produkteigenschaften wur-

den bereits in Abschnitt 3.3 detailliert erläutert. Sämtliche Produkteigenschaften erscheinen sowohl in linearer als auch quadratischer Form, und alle möglichen Interaktionsterme werden berücksichtigt, um eine Taylor-Approximation zweiten Grades abzubilden. Es ist zu beachten, dass die Dummy-Variablen "Ausfall" und "Abfall" nur linear erscheinen können, weil sich ihre quadrierte Form mit Werten (0,1) von der linearen Form mit Werten (0,1) nicht unterscheidet.

Bezeichnung	Definition	Mittelwert	Std.Abw.
ABF	Abfall	-0.476	0.500
AUS	Ausfall	0.479	0.500
DAM	Schaden	-128.310	81.277
COV	Deckung	42.880	37.560
P	Stromkosten	260.398	376.655
DAM2	Schaden ²	-28256.030	16336.960
COV2	Deckung ²	3334.892	4058.592
P2	Stromkosten ²	1019087.000	51089767.000
AUSP	Ausfall·Stromkosten	580.458	981.833
ABFP	Abfall·Stromkosten	-316.995	843.406
DAMP	Schaden·Stromkosten	-104770.800	140571.300
COVP	Deckung·Stromkosten	52876.310	77898.460
DAMCOV	Schaden·Deckung	3217.482	5738.957
DAMABF	Schaden·Abfall	-169.752	62.457
DAMAUS	Schaden·Ausfall	34.709	63.833
COVABF	Deckung·Abfall	20.738	33.267
COVAUS	Deckung·Ausfall	22.633	35.385
WH	Unfallw'keit hoch ^a	0.704	0.456
WHP	WH·Stromkosten	181.472	347.793
WHP2	WH·Stromkosten ²	746116.400	4946851.000
EDM	mittlere Ausbildung ^b	0.825	0.380

Fortsetzung...

Bezeichnung	Definition	Mittelwert	Std.Abw.
EDH	höhere Ausbildung ^c	0.079	0.267
EDMP	EDM·Stromkosten	206.751	300.625
EDMP2	EDM·Stromkosten ²	645225.400	2252081.000
EDHP	EDH·Stromkosten	35.281	259.240
EDHP2	EDH·Stromkosten ²	334052.200	4635214.000
AGE	Alter	43.706	13.912
AGEP	AGE·Stromkosten	11492.580	17600.630
AGEP2	AGE·Stromkosten ²	4.54e+07	2.32e+08
GEN	Geschlecht ^d	0.504	0.500
GENP	GEN·Stromkosten	136.013	325.082
GENP2	GEN·Stromkosten ²	604057.200	4691084.000
C	Konstante	1.000	0.000

^{a)} Dummy = 1, falls hohe subj. Unfallwahrscheinlichkeit

^{b)} Berufsschule, Matura, höhere Fachausbildung Meisterdiplom

^{c)} Fachhochschule, Hochschule

^{d)} 0 = weiblich, 1 = männlich

Tabelle 10: Übersicht über die Variablenbezeichnungen.

Das geschätzte Modell unterstellt, dass die befragte Person den Nutzen des linken und rechten Szenarios ermittelt, diese einander gegenüberstellt und diejenige Variante mit dem höheren Nutzen wählt. Die zur Schätzung verwendeten Variablen sind somit die Differenzen aus Szenario B und Szenario A, d.h. COV ist beispielsweise definiert durch $COV = \text{Versicherungsdeckung in Szenario B} - \text{Versicherungsdeckung in Szenario A}$.

5.3.1 Die sozioökonomischen Variablen

Nebst den Produkteigenschaften werden vier sozioökonomische Variablen berücksichtigt, allerdings grundsätzlich nur in Form von Interaktionen mit den Produkteigenschaften. Denn die Entscheidung einer gegebenen Person für oder wider eine Stromsorte kann nur durch die Unterschiede in den Eigenschaften der zur Auswahl stehenden Stromsorten erklärt werden, während ihre sozioökonomischen Eigenschaften von einem Entscheid zum nächsten die gleichen bleiben. Aus der Menge der möglichen Interaktionsterme werden jedoch nur jene mit den Stromkosten berücksichtigt. Da mit den Stromkosten

das für andere Zwecke verfügbare Einkommen variiert, kann man so die MZB von den sozioökonomischen Eigenschaften der Individuen abhängig machen. Interaktionen mit den übrigen Produkteigenschaften wären an sich denkbar, würden jedoch die Zahl der erklärenden Variablen massiv erhöhen.

Subjektive Unfallwahrscheinlichkeit Die Befragten gaben an, wie sie die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles relativ zu den Expertenschätzungen einstufen. Aus diesen Angaben wurde die Dummy-Variable WH erstellt, die den Wert 1 annimmt, falls die befragte Person die Wahrscheinlichkeit mehr als 5 mal höher einstuft als die Experten. Ansonsten nimmt WH den Wert 0 an. Insgesamt schätzen rd. 70% aller Personen die Unfallwahrscheinlichkeit höher ein als die Experten.

Bildung, Alter und Geschlecht Die befragten Personen wurden in drei Bildungskategorien eingeteilt: niedrige, mittlere und hohe Bildung. Diese Kategorien werden durch zwei Dummy-Variablen repräsentiert. EDM (mittlere Ausbildung) nimmt den Wert eins an, falls das Individuum eine Berufsschule, Matura, höhere Fachausbildung, ein Meisterdiplom oder vergleichbare Ausbildung hat. EDH (höhere Ausbildung) nimmt den Wert eins an, falls das Individuum eine Fachhochschule, eine Hochschule oder eine ähnliche Ausbildung abgeschlossen hat. Sind weder EDM noch EDH auf eins gesetzt, so hat das Individuum eine niedrige Ausbildung abgeschlossen (keine Berufslehre).

5.4 Ergebnisse der Schätzung

5.4.1 Allgemeine Interpretation

Die geschätzten Koeffizienten der approximierten Nutzenfunktion sind in Tabelle 11 aufgeführt. Bei dieser Schätzung fehlt das Einkommen als erklärende Variable; dafür steht die Stichprobe in vollem Umfang zur Verfügung. Die Schätzresultate der drei Teilstichproben "hohe Einkommen", "niedrige Einkommen" und "keine Einkommensangabe" sind in Anhang A enthalten.

Zunächst ist festzuhalten, dass die Vorzeichen der signifikanten Koeffizienten den Erwartungen entsprechen. Die Versicherungsdeckung (COV) hat positiven Einfluss auf den Nutzen, wobei sich dieser Effekt mit zunehmender Deckung abschwächt (negatives Vorzeichen von COV²). Die Stromkosten (P) haben negativen Einfluss auf den Nutzen. Diese Aussage gilt im relevanten Wertebereich, obschon P2 ein positives Vorzeichen hat. Denn die

	df/dx ^a	Koeffizient	SE	z
AUS	-.08049871	-.2205927 *	.1192424	-1.850
ABF	.25848292	-.6598493 **	.1186114	-5.563
DAM	.00082439	.0021668	.0016999	1.275
COV	.00618963	.0162685 **	.0033763	4.818
P	-.00358838	-.0094315 **	.0015073	-6.257
DAM2	-.0000103	-.0000271 **	8.09e-06	-3.348
COV2	-.00003345	-.0000879 **	.0000281	-3.124
P2	8.114e-07	2.13e-06 **	5.13e-07	4.157
AUSP	-.00001751	-.000046	.0000639	-0.720
ABFP	-.0000125	-.0000329	.0000586	-0.561
DAMP	-3.366e-07	-8.85e-07 **	3.91e-07	-2.264
COVP	-7.092e-07	-1.86e-06 **	7.45e-07	-2.503
DAMCOV	.00001356	.0000357 **	.0000107	3.321
DAMABF	.00045898	.0012064	.0007812	1.544
DAMAUS	-.00013523	-.0003554	.000725	-0.490
COVABF	.00052263	.0013737	.0015513	0.886
COVAUS	-.00137768	-.003621 **	.0016469	-2.199
WHP	.00027532	.0007236 **	.0003355	2.157
WHP2	-6.745e-08	-1.77e-07 **	5.58e-08	-3.178
EDMP	.0023652	.0062166 **	.0013788	4.509
EDMP2	-6.464e-07	-1.70e-06 **	4.93e-07	-3.448
EDHP	.00314532	.008267 **	.0014456	5.719
EDHP2	-7.836e-07	-2.06e-06 **	4.97e-07	-4.147
AGEP	2.621e-06	6.89e-06	.0000118	0.586
AGEP2	-1.855e-09	-4.88e-09 *	2.58e-09	-1.887
GENP	-.00063002	-.0016559 **	.0004084	-4.055
GENP2	1.530e-07	4.02e-07 **	9.55e-08	4.212
Konstante	.08343199	.2192885 *	.1326647	1.653

*(**): Statistisch signifikant auf 10%(5%) Niveau.

$\rho = 0.5643335$

$\sigma_u = 1.1398127$

4'119 Beobachtungen (375 Individuen)

Log likelihood: -1948.9473

Log likelihood (nur Konstante): -2337.5593

a) Wahrscheinlichkeitsdifferential relativ zum Status quo.

Tabelle 11: Schätzung der Nutzenfunktion ohne Berücksichtigung von Einkommensunterschieden.

Interaktionsterme mit den vier sozioökonomischen Variablen weisen fast alle das erwartete negative Vorzeichen auf (WHP2, EDMP2, EDHP2, AGEP2). Sie tragen deshalb zur Verstärkung des negativen Zusammenhangs zwischen

Nutzen und Stromkosten bei. Es fällt insbesondere auf, dass der Dummy für hohes Bildungsniveau (EDH) einen bedeutenden Einfluss auf den Grenznutzen der Stromkosten bzw. des Einkommens hat.

Die Höhe des Maximalschadens (DAM) scheint auf den ersten Blick nutzensteigernd zu wirken, doch der negative Koeffizient von DAM2 bewirkt, dass spätestens jenseits von 80 Mrd. Franken zum Status quo der Effekt umschlägt.

Es fällt sofort auf, dass die Abfall-Eigenschaft eine hohe Bedeutung hat. In der zweiten Spalte von Tabelle 11 ist das Wahrscheinlichkeitsdifferential gegenüber dem Status quo für eine Person mit den durchschnittlichen Stichproben-Eigenschaften ausgewiesen. Der Wert für Abfall (ABF) von 0.26 besagt beispielsweise, dass für eine durchschnittliche Person die Wahrscheinlichkeit um 26 Prozentpunkte zunimmt, dass sie ein Szenario ohne ungelöste Abfallprobleme (ABF=0) gegenüber einem Szenario mit ungelösten Abfallproblemen vorzieht. Die Ausfall-Eigenschaft (AUS) ist demgegenüber weniger einflussreich, hat aber immerhin zur Folge, dass die Wahrscheinlichkeit eine Stromsorte mit geringerer Versorgungssicherheit (AUS=1) um rd. 8.8 Prozentpunkte weniger wahrscheinlich gewählt wird.

Es ist aber zu beachten, dass die stetigen Variablen nicht unbedeutender sein müssen als die Dummy-Variablen, obwohl deren Wahrscheinlichkeitsdifferential kleiner ist. Würde beispielsweise die Deckung um 10 Prozentpunkte erhöht, so hätte dies eine Erhöhung der Wahlwahrscheinlichkeit um 6 Prozentpunkte zur Folge.

5.4.2 Berechnung der MZB für finanzielle Sicherheit

Die marginale Zahlungsbereitschaft für Versicherungsdeckung ist gegeben durch

$$MZB = \frac{\partial \hat{U} / \partial COV}{\partial \hat{U} / \partial P}$$

Die geschätzte Nutzenfunktion aus Tabelle 11 wird einerseits nach der Deckung (COV) und andererseits nach den Stromkosten (P) abgeleitet. Das für andere Konsumzwecke verfügbare Einkommen wird durch zusätzliche Stromkosten reduziert. Deshalb zeigt der Quotient zwischen dem Grenznutzen aus Deckung (Zähler) und dem Grenznutzen der Stromkosten, die Bereitschaft für eine zusätzliche Einheit Versicherungsdeckung Einkommen zu opfern, also die gesuchte MZB für zusätzliche finanzielle Sicherheit. Der Ausdruck für

den Grenznutzen des Einkommens ist so umfangreich, dass hier auf die Wiedergabe der Formel für die MZB verzichtet wird.

Die MZB soll letztlich in einem Preiszuschlag, also in Rp./kWh, ausgedrückt werden. Dies bedingt, dass sie durch die Strommenge (errechnet als Quotient aus Stromausgaben und durchschnittlichem Endverbraucherpreis des Jahres 1999 von 16.2 Rp./kWh) dividiert wird.

$$MZB[Rp/kWh] := \frac{MZB[Fr/Jahr] \cdot 100}{\text{Stromausgaben}/0.162}$$

Die marginale Zahlungsbereitschaft hängt von den Eigenschaftsausprägungen, sowie von den sozioökonomischen Charakteristiken ab. Damit effektiv Zahlen berechnet werden können, müssen diesen Parametern Werte zugeordnet werden.

Die Tabellen 12 bis 14 geben verschiedene Werte für die marginale Zahlungsbereitschaft an. Diese MZB entsprechen der Median-Person der Stichprobe, d.h. einer 44-jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung (Berufsschule, Matura, höhere Fachausbildung, Meisterdiplom oder ähnliches). Die Frau überschätzt die Unfallwahrscheinlichkeit im Vergleich zu den Experten.

Alle drei Tabellen zeigen, dass die MZB für zusätzliche Versicherungsdeckung abnimmt, wenn von einer erhöhten Deckung ausgegangen wird. Dies ist aus theoretischen Überlegungen zu erwarten (Chambers und Quiggin 2000). Spätestens bei einer Deckung von 100% strebt zudem die MZB gegen Null oder wird sogar leicht negativ. Auch dieses Ergebnis ist sinnvoll, denn spätestens wenn 100% finanzielle Sicherheit erreicht ist, lohnen sich zusätzliche Anstrengungen in diese Richtung nicht mehr. Aus dem Vergleich der Tabellen 12 bis 14 geht zudem hervor, dass die MZB mit dem Maximalschaden systematisch zunimmt. Auch dies stimmt mit allgemeinen theoretischen Voraussagen über risikoaverse Individuen überein (Chambers und Quiggin 2000, Kap. 3).

Der Einfluss der subjektiven Unfallwahrscheinlichkeit kann anhand der Dummy-Variablen WH betrachtet werden. Wie bereits Tabelle 11 zeigt ist für Personen, welche die Wahrscheinlichkeit überschätzen, *ceteris paribus* ein stärker abnehmender Grenznutzen des Einkommens ersichtlich (negatives Vorzeichen von $WHP2^1$). Diese Personen werden sich entsprechend durch eine höhere MZB auszeichnen (vgl. Formel für MZB weiter oben). So weist die

¹Die Konkavität der Nutzenfunktion bezüglich des Preises P bleibt bei Spiegelung zu $-P$ und damit dem Einkommen erhalten.

Deckung	Stromausgaben						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
0	0.2055	0.1517	0.1194	0.0979	0.0825	0.0709	0.0619
20	0.1592	0.1168	0.0913	0.0743	0.0621	0.0530	0.0459
40	0.1143	0.0830	0.0641	0.0515	0.0425	0.0357	0.0304
60	0.0710	0.0503	0.0378	0.0295	0.0235	0.0190	0.0155
80	0.0290	0.0186	0.0124	0.0082	0.0052	0.0029	0.0011
100	-0.0116	-0.0120	-0.0122	-0.0124	-0.0126	-0.0128	-0.0129

Tabelle 12: MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 1 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).

Deckung	Stromausgaben						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
0	0.2397	0.1777	0.1404	0.1155	0.0978	0.0844	0.0740
20	0.1946	0.1436	0.1130	0.0926	0.0780	0.0670	0.0585
40	0.1509	0.1107	0.0865	0.0704	0.0588	0.0502	0.0434
60	0.1085	0.0787	0.0608	0.0489	0.0403	0.0339	0.0288
80	0.0675	0.0478	0.0360	0.0280	0.0224	0.0181	0.0147
100	0.0277	0.0178	0.0119	0.0079	0.0050	0.0028	0.0011

Tabelle 13: MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 100 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).

Deckung	Stromausgaben						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
0	0.2717	0.2019	0.1600	0.1320	0.1120	0.0970	0.0853
20	0.2277	0.1687	0.1333	0.1097	0.0928	0.0801	0.0702
40	0.1851	0.1366	0.1074	0.0880	0.0741	0.0637	0.0555
60	0.1438	0.1054	0.0824	0.0670	0.0560	0.0478	0.0413
80	0.1037	0.0752	0.0581	0.0467	0.0385	0.0323	0.0275
100	0.0647	0.0459	0.0345	0.0269	0.0215	0.0174	0.0142

Tabelle 14: MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).

Median-Person der Stichprobe eine um rd. 0.02 Rappen tiefere MZB für die Werte in Tabelle 13 (100 Mrd. Schaden) aus, falls sie die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles nicht überschätzt.

Deckung	Stromausgaben						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
0	0.8410	0.5161	0.3473	0.2485	0.1856	0.1433	0.1134
20	0.6560	0.4047	0.2730	0.1954	0.1459	0.1124	0.0888
40	0.4902	0.3030	0.2043	0.1459	0.1085	0.0832	0.0654
60	0.3406	0.2099	0.1406	0.0996	0.0734	0.0556	0.0431
80	0.2051	0.1242	0.0815	0.0562	0.0402	0.0294	0.0218
100	0.0817	0.0452	0.0264	0.0155	0.0088	0.0045	0.0016

Tabelle 15: MZB in Rp/kWh einer 44jährigen Frau mit *hoher* Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Ausfall=0 und Abfall=1 (Deckung in % und Stromausgaben in Fr./Jahr).

Einen bedeutenden Einfluss auf die MZB weist das Bildungsniveau auf. So zeigt Tabelle 15, dass eine soweit gleichartige Person mehr als das Doppelte bereit ist zu bezahlen, falls sie einen hohen statt einen mittleren Schulabschluss hat.

Unterschiede im Einkommen wirken sich ebenfalls markant auf die MZB aus. In Abbildung 5 sind die marginalen Zahlungsbereitschaften für die drei Kategorien "gesamte Stichprobe", "hohe Einkommen" und "niedrige Einkommen" dargestellt. Der Verlauf der MZB für die niedrigen Einkommen stimmt mit dem Verlauf der MZB derjenigen Personen überein, die keine Einkommensangaben machten (nicht abgebildet). Die MZB für hohe Einkommen liegt bei niedrigem Deckungsgrad rd. dreimal höher als die MZB für niedrige Einkommen.

Auch dieser Unterschied ist theoretisch zu erwarten, handelt es sich doch bei finanzieller Sicherheit um ein Gut, das bei höheren Einkommen vermehrt nachgefragt wird. So nehmen die Ausgaben für Versicherung mit zunehmendem Einkommen zu (Zweifel und Eisen 2000, Kap. 1).

Einen geringeren, aber gleichwohl deutlichen Effekt hat die Variable GEN (Geschlecht). Männer haben generell tiefere marginale Zahlungsbereitschaften als Frauen.

Um einen Gesamteindruck von der MZB der befragten Personen zu gewinnen, wurde für jede Person mit ihren spezifischen sozioökonomischen Ausprägungen die MZB für erhöhte Deckung berechnet. Ausgegangen wurde von

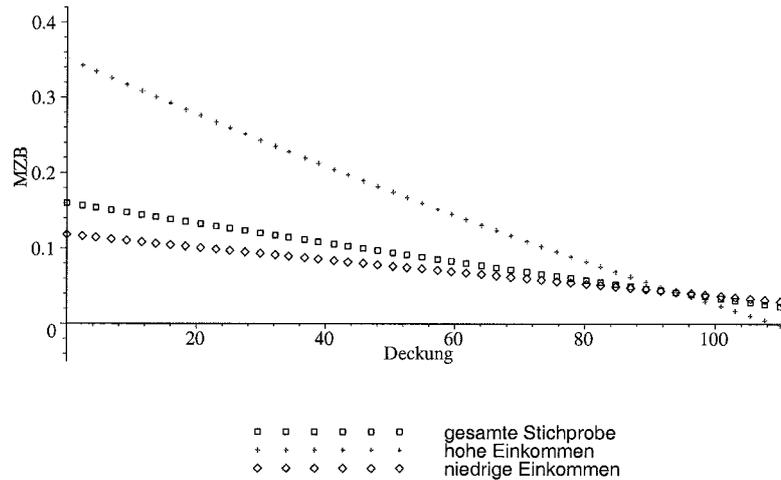


Abbildung 5: MZB in Rp./kWh je nach Einkommenskategorie einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Stromkosten von 1'000 Franken pro Jahr, Abfall=1, Ausfall=0.

einer Stromsorte, welche hohe Versorgungssicherheit gewährleistet (AUS=0), bei der noch ungelöste Probleme bei der Abfallentsorgung vorhanden sind (ABF=1), und die bei einem Unfall maximal 200 Mrd. Franken Schaden anrichten kann, wovon nur 0.5% durch eine Versicherung gedeckt ist.

Die so errechneten Werte sind in der Dichtefunktion in Abbildung 6 zusammengefasst. Die mittlere MZB beträgt rd. 0.19 Rp./kWh, der Median bei 0.12 Rp./kWh. Der Medianwert ist mit Blick auf zukünftige Volksabstimmungen von besonderem Interesse, weil er angibt, wo eine Minderheit zur Mehrheit wird. Im vorliegenden Zusammenhang könnte man sagen, dass eine Ausdehnung der nuklearen Haftpflichtversicherung über 1 Mrd. Franken hinaus (=0.5% des Maximalschadens von 200 Mrd) eine Mehrheit finden müsste, sofern sie den Strompreis um nicht mehr als 0.12 Rp./kWh ansteigen lässt. Doch noch ist nicht klar, ob dieser Wert von 0.12 Rp./kWh wirklich von Null verschieden ist. Dieser Frage ist der nächste Abschnitt gewidmet.

5.4.3 Standardfehler der MZB

Die in der Tabelle 11 ausgewiesenen Koeffizienten sind Zufallszahlen, die sich durch ihren Mittelwert und Standardfehler charakterisieren lassen. Da die marginale Zahlungsbereitschaft durch den Quotienten zweier Grenznut-

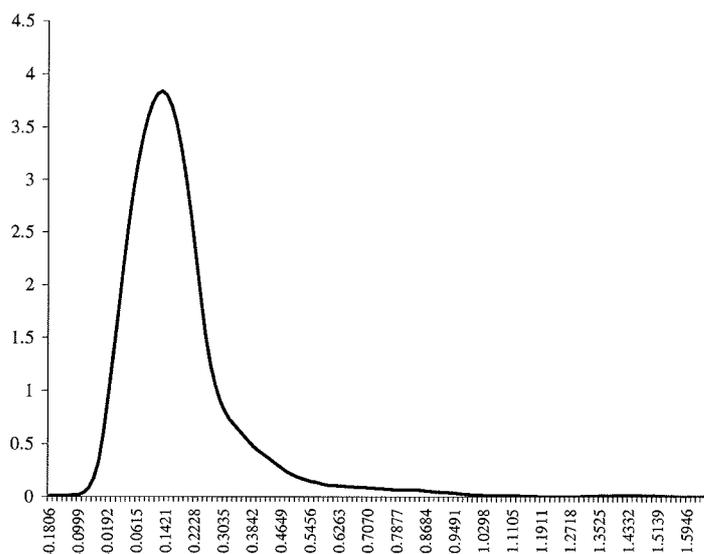


Abbildung 6: Dichte der MZB in Rp./kWh. Maximalschaden von 200 Mrd., Abfall=1, Ausfall=0 und Deckung=0.5%.

zen gegeben ist, gehen mehrere dieser Koeffizienten nichtlinear in die Formel für die MZB ein. Es gibt verschiedene Verfahren, die zur Berechnung der Vertrauensintervallen (die den Bereich angeben, innerhalb dessen mit einer Wahrscheinlichkeit von $x\%$ der wahre MZB-Wert liegt, wobei im Folgenden x stets auf 95% gesetzt wird) herangezogen werden können (zu Einzelheiten siehe Telser (2002)). Namentlich sind dies die Delta-Methode, das Verfahren von Fieller und Bootstrapping. Die Ergebnisse können dabei beträchtlich variieren. Telser (2002) zufolge zeigen Monte Carlo-Simulationen, dass die Delta-Methode möglicherweise zu kleine Schätzungen der Standardabweichungen liefert als die anderen Verfahren und somit eine zu hohe Genauigkeit vortäuschen könnte. Das Verfahren von Fieller kann im vorliegenden Fall nicht angewandt werden, da es sich nur eignet, um den Standardfehler eines Quotienten zweier Koeffizienten zu berechnen. Die in dieser Studie berechneten marginalen Zahlungsbereitschaften basieren jedoch auf komplizierteren Formeln.

Es kommen damit nur die Delta-Methode und Bootstrapping in Frage. Da Bootstrapping sehr rechen- und somit zeitintensiv ist, wird die Delta-Methode verwendet, auch wenn sie tendenziell zu kleine Standardabweichun-

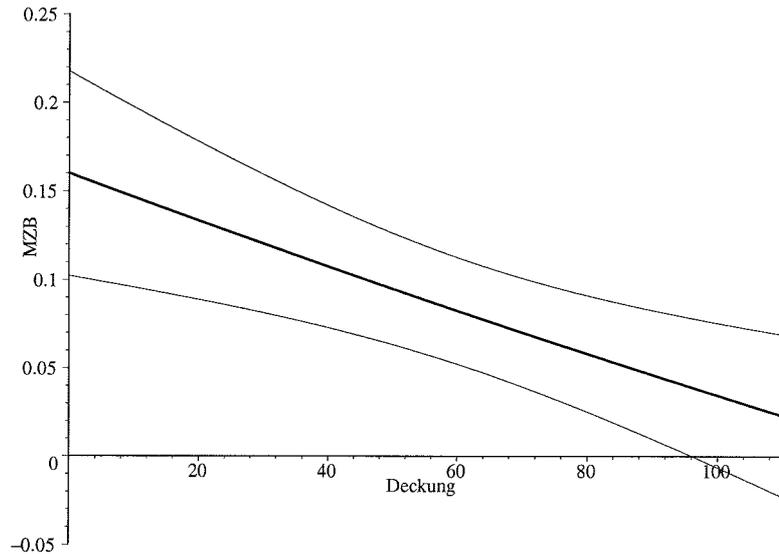


Abbildung 7: MWB in Rp./kWh inkl. Vertrauensintervalle einer 44jährigen Frau mit mittlerer Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Stromkosten von 1'000 Franken pro Jahr, Abfall=1, Ausfall=0.

gen ausweist. Die so berechneten Standardabweichungen vermitteln dennoch einen Eindruck von der Unschärfe der berechneten MWB-Werte.

Die berechnete Standardabweichung ist, wie die MWB selbst, eine Funktion der Produkteigenschaften und sozioökonomischen Charakteristika. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 7 die MWB eines Median-Individuums aus der Stichprobe mit dem dazugehörigen 95%-Vertrauensintervall abgebildet. Das Median-Individuum hat folgende sozioökonomische Eigenschaften: Es ist weiblich, 44-jährig, hat eine mittlere Ausbildung genossen und überschätzt die Unfallwahrscheinlichkeit.

Abbildung 7 zeigt, dass sich die am Ende des vorangehenden Abschnittes ausgewiesene Median-MWB von 0.12 Rp./kWh für zusätzliche Versicherungsdeckung über 1 Mrd. Franken hinaus (=0.5% von 200 Mrd. Franken) statistisch eindeutig von Null unterscheiden, lässt. Je höher die bereits erreichte Versicherungsdeckung, desto niedriger fällt allerdings die MWB aus.

Ab einem Deckungsgrad von rd. 95% ist die MWB nicht mehr signifikant von Null verschieden. Spätestens bei einem Deckungsgrad von 100% müsste die MWB Null sein, weil ja die vollkommene finanzielle Sicherheit bereits erreicht ist. Dabei fällt ins Gewicht, dass dieser Verlauf der Kurve in keiner

Weise durch das Experiment vorgegeben war. Deshalb kann dieses Ergebnis als ein Zeichen für die Validität der Untersuchung gewertet werden.

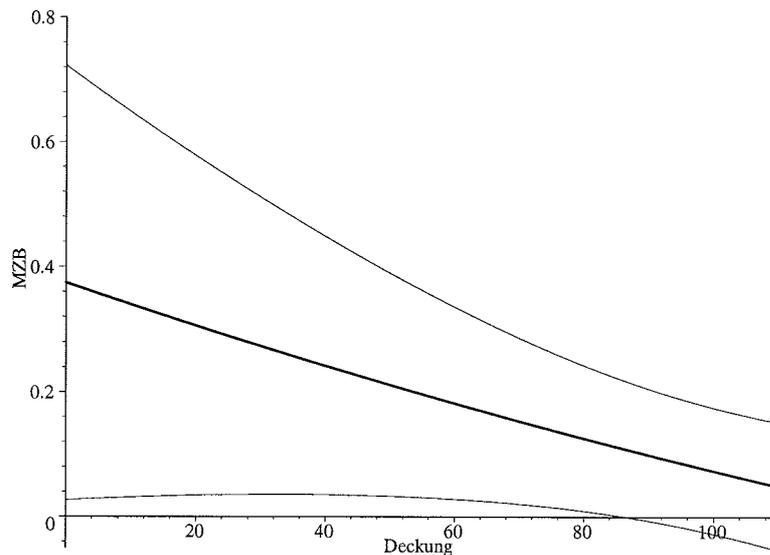


Abbildung 8: MZB in Rp./kWh mit 95%-Vertrauensintervall einer 44jährigen Frau mit *hoher* Ausbildung. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird überschätzt. Maximalschaden von 200 Mrd., Stromkosten von 1'000 Franken pro Jahr, Abfall=1, Ausfall=0.

Im vorangehenden Abschnitt wurde erwähnt, dass die MZB für Personen mit hohem Bildungsabschluss bedeutend höher ausfällt als für Personen mit mittlerem oder niedrigem Bildungsniveau. Dieser Unterschied erweist sich allerdings als statistisch nichtsignifikant, denn das Vertrauensintervall der MZB von Personen mit Median-Charakteristika aber hohem Bildungsabschluss fällt sehr breit aus (siehe Abbildung 8). Dies hat damit zu tun, dass die Stichprobe nur sehr wenige Beobachtungen von Frauen mit hoher Ausbildung enthält.

5.5 Vergleich Kernenergie und Talsperren

Die Risiken bei der Energieerzeugung in der Schweiz beschränken sich nicht auf die Kernkraftwerke. Die Talsperren bergen ebenfalls ein grosses Schadenspotential, welches auch nur mit einer sehr kleinen Wahrscheinlichkeit realisiert wird. Die Wahrscheinlichkeit eines Talsperren-Bruches ist nach heutigen Erkenntnissen aber um Faktoren höher als die Wahrscheinlichkeit eines

Eigenschaft	KKW	Stauanlage
Ausfall	0 (tief)	0 (tief)
Abfall	1 (ungelöste Probleme)	0 (keine ungelösten Probleme)
Schaden	200 Mrd.	100 Mrd.
Deckung	0.5%	0%
Stromausgaben	1'000 Fr./Jahr	1'000 Fr./Jahr

Tabelle 16: Charakterisierung von Kernkraftwerken bzw. Stauanlagen anhand der zur Verfügung stehenden Eigenschaften.

KKW-Unfalles.

Es ist deshalb naheliegend auch für die Talsperren eine obligatorische Haftpflichtversicherung zu fordern. Es sind dementsprechende politische Vorstösse in Bearbeitung. Insbesondere wird die Ausgestaltung eines Bundesgesetzes über Stauanlagen diskutiert, wobei in diesem Gesetz wahrscheinlich keine weitergehenden Haftungsbestimmungen festgelegt werden, sondern vorerst nur die strikte Kausalhaftung der Betreibergesellschaften vorgeschrieben wird (Detailliertere Ausführungen bezüglich der Haftpflicht sind im Rahmen der Revision und Vereinheitlichung des Haftpflichtrechts zu erwarten).

Der hier verwendete, auf Produkteigenschaften aufbauende Stated Choice-Ansatz hat nun den Vorteil, dass er eine Abschätzung der MZB für finanzielle Sicherheit beliebiger Stromsorten erlaubt. Die grundlegende Bedingung dafür besteht darin, dass die fünf Eigenschaften (Ausfall bis Preis bzw. Stromausgaben) die Stromsorte genügend beschreiben. Ist sie erfüllt, geht es noch darum, die Eigenschaftsausprägungen der Stromsorte "Stauanlage" im Vergleich zur Stromsorte "KKW" realistisch festzulegen.

Dies erfolgt in Tabelle 16, indem sich die beiden Alternativen in Bezug auf die Häufigkeit von Ausfällen und Stromausgaben nicht unterscheiden sollen. Hingegen gibt es bei der Stauanlage keine Abfallproblematik, und der Maximalschaden im Unglücksfall wird mit 100 Mrd. Franken nur halb so gross wie beim KKW angenommen. Dafür gibt es im Falle der Stauanlage keine finanzielle Sicherheit, während im Falle eines KKW 0.5% des Maximalschadens (also 1 Mrd. Franken) gedeckt sind.

Ausgehend von diesen Werten betragen die marginalen Zahlungsbereitschaften für eine erhöhte Versicherungs-Deckung von Kernkraftunfällen 0.19 Rp./kWh (Standardfehler 0.012) und für Stauanlageunfälle 0.17 Rp./kWh (Standardfehler 0.011). Die beiden MZB lassen sich damit statistisch voneinander nicht unterscheiden; beide liegen aber deutlich über Null.

Da ein grosser Talsperren-Unfall wahrscheinlicher ist als ein Kernkraftwerk-Unfall (durchschnittlich rund 10^{-5} Unfälle pro Damm und Jahr), und die Zahl der Talsperren (ca. 200) diejenige der Kernkraftwerke (5) in der Schweiz bei weitem übersteigt, würde man vermuten, dass die MZB für erhöhte finanzielle Deckung bei Talsperren höher ausfällt als bei Kernkraftwerken. Im Experiment wurde jedoch wie bereits erwähnt die Unfallwahrscheinlichkeit nicht als Produkteigenschaft berücksichtigt. Dies bedeutet, dass bei der Berechnung der MZB für Stauanlagen von derselben Unfallwahrscheinlichkeit ausgegangen wird, wie bei der MZB für Kernkraftwerke. Umgekehrt hat ein plötzlicher Talsperrenbruch zwar schwere unmittelbare Konsequenzen, weist dafür aber weniger gravierende Langzeitschäden auf. Dies könnte sich in einer geringeren MZB für finanzielle Sicherheit in Zusammenhang mit Stauanlagen niederschlagen. Diese Überlegungen deuten darauf hin, dass die Werte der MZB bezüglich Stauanlagen und Kernkraftwerken sich nicht notwendig unterscheiden müssen.

6 Reliabilität und Validität der Stated Choice-Methode

6.1 Definitionen und Bezug zur Studie

Generell überzeugt der Ansatz der Stated Choice-Methode, da Entscheidungssituationen "simuliert" werden. Die Methode versucht eine hypothetische Situation möglichst nahe an reale Entscheidungssituationen heranzubringen.

Im vorangehenden Abschnitt wurden die Schätzergebnisse dargestellt. Die Glaubwürdigkeit dieser Ergebnisse hängt jedoch von der Reliabilität (Zuverlässigkeit) und Validität der verwendeten Methode ab. Die Zuverlässigkeit gibt an, ob die verwendete Untersuchungsmethode bei mehrmaliger Wiederholung dieselben Ergebnisse liefert. Im Zusammenhang mit dem verwendeten Random Utility - Modell gibt die Varianz des Störterms $\epsilon_{ij} + \eta_i$ (vgl. Abschnitt 4) Auskunft über die Zuverlässigkeit. Eine geringe Varianz spricht für eine hohe Zuverlässigkeit, weil dann bei gegebenen Werten der erklärenden Variablen, die Wahlhandlungen präzise vorausgesagt werden können.

Die Validität hingegen gibt Auskunft darüber, ob auch das gemessen wird, wofür man sich interessiert. Im vorliegenden Zusammenhang betrifft dies die Frage, ob die marginale Zahlungsbereitschaft (MZB) für finanzielle Sicherheit die Bewertung von Risiken der nuklearen Energieproduktion erfasst. Möglicherweise bildet die MZB (auch) andere theoretische Konstrukte ab, oder es gibt validere Indikatoren zur Bewertung dieser Risiken. Es ist aber die latente Risikobewertung, die das Verhalten steuert, also beispielsweise dazu führt, dass die Stimmbürger einen Gesetzesvorschlag akzeptieren oder ablehnen, der die Bedingungen zukünftiger nuklearer Energieproduktion regelt.

Die beiden Kriterien können kurz wie folgt zusammengefasst werden (siehe Singleton und Straits (1999)): Reliabilität untersucht die Stabilität oder Konsistenz einer operationalisierten Definition (hier: MZB), Validität untersucht den "goodness of fit" zwischen der operationalisierten Definition und dem Konzept, das sie messen soll (hier: Bewertung nuklearer Risiken).

Es ist leichter, eine Studie auf ihre Reliabilität zu prüfen als auf ihre Validität. Wie bereits erwähnt, ist die Varianz des Störterms ein Maß für die Reliabilität. Zusätzliche Testmöglichkeiten ergeben sich wenn man untersucht, ob die Ergebnisse davon abhängen, welcher Interviewer die Befragung durchgeführt hat oder ob die Befragung dieselben Ergebnisse liefert, wenn sie später nochmals durchgeführt wird. Eine solche Wiederholung ist für

die vorliegende Studie nicht vorgesehen. Als Ersatz wird das ökonometrisch geschätzte Entscheidungsmodell an den bisher nicht verwendeten Beobachtungen getestet (Abschnitt 6.2).

Eine Messung der Validität hingegen entzieht sich unseren Möglichkeiten. Die MZB für Risikoreduktion bildet zwar aus wirtschaftstheoretischer Sicht den Indikator der Wahl. Sie bezieht sich aber nur auf das finanzielle Risiko, während andere Dimensionen des Risikos nuklearer Energieproduktion ausgeblendet werden. Die Erhebung alternativer Indikatoren mittels zusätzlicher Befragungen kam aus finanziellen Gründen nicht in Frage. Es können höchstens Vergleiche mit anderen Studie gemacht werden, die dasselbe Konzept mittels anderer Indikatoren zu messen versuchen.

In der Literatur werden viele verschiedene Aspekte von Validität untersucht, wie z.B. "face validity" (deutsch etwa: Sachverhaltsvalidität), Inhalts-Validität, Kriteriums-Validität und Voraussage-Validität. Diese Teilaspekte sind entweder von geringem Wert (die "face validity" ist von jeder Untersuchung zu erwarten) oder lassen sich im vorliegenden Zusammenhang nicht umsetzen. Diese Validitätskriterien verlangen die Überprüfung der erhaltenen Ergebnisse durch zusätzliche Erhebungen oder an der tatsächlichen Realisation der prognostizierten Variablen. Ersteres ist aus finanziellen Gründen nicht möglich, letzteres deshalb nicht, weil es zum Umfang der nuklearen Haftpflichtversicherung zu einer Volksabstimmung kommen müsste, bei welcher Gelegenheit das Abstimmungsverhalten der Teilnehmer am Experiment zu beobachten wäre. Daher verbleiben ein theoretisch solides Fundament mit überprüfbareren Voraussagen (Konzeptvalidität) und der Vergleich mit anderen Studien (Konvergenzvalidität bzw. Kreuzvalidität) als einzige Validitätskriterien übrig.

Immerhin gibt es Forschungsfelder, in denen die Stated Choice – Methode bereits seit längerem angewandt wird und in denen die so gewonnenen Voraussagen überprüfbar sind. Die Verkehrsökonomik ist ein klassisches Beispiel hierzu. Hier wird der Methode eine gute Voraussage-Validität zugesprochen. Mehrere aktuelle Studien zeigen auf, dass die Stated Choice - Methode Konvergenzvalidität hat, indem sie Resultate liefert, die mit jenen einer hedonischen Preisfunktion gut übereinstimmen (siehe Gégax und Stanley (1997), sowie Louvière, Meyer, Bunch und et al. (1999) und Haener, Boxall und Adamowicz (2000)). Detailliertere Ausführungen zur Validität von Stated Choice – Experimenten sind in Telser (2002) zu finden.

6.2 Out-of-sample Test

Mit einem out-of-sample Test kann die Zuverlässigkeit des geschätzten Nutzenmodells getestet werden. Dazu wird das geschätzte Modell verwendet, um Entscheide vorauszusagen, die mit den tatsächlich beobachteten Entscheiden des bisher nicht analysierten Teils der Stichprobe verglichen werden können.

Anhand des Modelles aus Tabelle 11 werden die Wahrscheinlichkeiten berechnet, dass die Individuen der Reserve-Stichprobe das rechte Szenario wählen. Beträgt die Wahrscheinlichkeit mehr als 50%, so wird angenommen, dass sie sich tatsächlich auch für das rechte Szenario B entscheiden würden. Die in dieser Weise simulierten Entscheide werden mit den tatsächlich beobachteten verglichen. Es stellt sich heraus, dass rd. 70% aller Entscheide richtig prognostiziert wurden.

Diese Zahl muss nun verglichen werden mit der Anteil Entscheide, die durch einen Zufallsprozess richtig gewählt würden. Innerhalb der für die Schätzung verwendeten Stichprobe wurde in rd. 63% aller Fälle Szenario B gewählt. Würde eine Reihe mit Zufallszahlen generiert, welche mit einer Wahrscheinlichkeit von 63% angeben, dass B gewählt wird und mit einer Wahrscheinlichkeit von 37%, dass A gewählt wird, so würde in rd. 53% aller Fälle zufällig die tatsächlich beobachtete Wahl getroffen. Dieser Wert setzt sich zusammen aus der Wahrscheinlichkeit, dass der Zufallsprozess das Szenario B vorhersagt und tatsächlich das rechte Szenario gewählt wurde (0.63^2) und der Wahrscheinlichkeit, dass der Zufallsprozess das Szenario A vorhersagt und tatsächlich das Szenario A gewählt wurde (0.37^2).

Das Modell erlaubt also, zusätzlich 17% ($70\% - 53\%$) der Entscheide richtig vorauszusagen im Vergleich zu einem Zufallsmechanismus. Dieser Prognoseerfolg spricht für eine beträchtliche Reliabilität des verwendeten Stated Choice-Ansatzes.

7 Zusammenfassung

Der Messung der Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken kommt gerade in der Schweiz eine erhebliche Bedeutung zu. Denn so sehr eine gesetzliche Ausweitung der Haftpflichtversicherung der Kernkraftwerksbetreiber ein populäres Anliegen sein dürfte, stösst sie im Parlament und an der Urne doch auf Grenzen, weil die höheren Versicherungsprämien zu einem Zuschlag zum Strompreis führen werden.

Die vorliegende Studie versucht deshalb herauszufinden, wieviel den schweizerischen Stimmbürgerinnen und Stimmbürgern eine Erhöhung der finanziellen Sicherheit durch zusätzliche Kompensationszahlungen durch die Versicherung im Durchschnitt wert ist. Sie bedient sich dabei des ökonomisch begründeten Indikators der marginalen Zahlungsbereitschaft für Risikoreduktion.

Die Umsetzung erfolgte mittels des Stated Choice-Ansatzes, der von den Befragten lediglich die Aussage verlangt, ob sie Strom mit einer veränderten Kombination von Eigenschaften dem Status quo vorziehen würden. Aufgrund eines Pretests gehören vermutlich der Preis, die Häufigkeit von Stromausfällen, die Abfallproblematik, das Schadensausmass im Falle eines Unglücks sowie das Ausmass der Versicherungsdeckung zu den relevanten Eigenschaften. In der ökonometrischen Analyse der in der Hauptbefragung geäusserten Präferenzen erwiesen sich diese Eigenschaften tatsächlich als statistisch signifikant. Deshalb ist es möglich, eine durchschnittliche marginale Zahlungsbereitschaft für einen zusätzlichen Prozentpunkt Kompensation eines angenommenen maximalen Schadens von 200 Mrd. Franken zu bestimmen, der bei 0.19 Rappen/kWh liegt. Für eine mögliche zukünftige Volksabstimmung ist der Medianwert, wo aus einer Minderheit eine Mehrheit wird, von grosser Bedeutung. Dieser Wert liegt niedriger, bei 0.12 Rp./kWh.

Angesichts der Tatsache, dass es sich hier um die weltweit erste Anwendung des Stated Choice-Ansatzes auf die Bewertung des Risikos nuklearer Energieproduktion handeln dürfte, stellt die Klarheit dieses Ergebnisses einen grossen Erfolg dar. Dazu kommt, dass gewisse theoretisch plausible Voraussetzungen bestätigt werden. So nimmt die marginale Zahlungsbereitschaft für finanzielle Sicherheit mit dem bereits kompensierten Anteil des Schadens ab, und nimmt mit der Höhe des maximalen Schadens zu.

In einer früheren Untersuchung wurde eine log-logistische Dichtefunktion für nukleare Schäden kalibriert. Danach dürfte eine Erhöhung der in der Haftpflichtversicherung vorgeschriebenen Deckung von zur Zeit 1 Mrd. Fran-

ken auf 4 Mrd. Franken zu einem Strompreiszuschlag von nicht mehr als 0.011 Rp./kWh führen (Zweifel und Umbricht 2002, Tabelle 4.16). Jenseits dieses Betrags dürften die Versicherer vermehrt das Risiko eines Bankrotts im Schadensfall einkalkulieren, was die Kosten rasch anheben würde. Im Bereich von rd. 4 Mrd. Franken übersteigt die marginale Zahlungsbereitschaft die marginalen Kosten jedoch klar, so dass eine Vervierfachung der zur Zeit gültigen Deckung eine sog. potentielle Pareto-Verbesserung bedeuten könnte. Das heisst, die Individuen mit überdurchschnittlicher Zahlungsbereitschaft wären grundsätzlich in der Lage, jene mit unterdurchschnittlicher Zahlungsbereitschaft für die Mehrkosten des Stroms zu kompensieren.

Obwohl die Erhöhung der Versicherungsdeckung auf 4 Mrd. einer Vervierfachung der heutigen Deckung entspricht, handelt es sich aber immer noch um bescheidene Beträge im Angesicht der gesamthaft möglichen Schäden. Eine entsprechend höhere Zahlungsbereitschaft ist denn auch bei einer nicht mehr marginalen Erhöhung der Deckung zu erwarten. So beträgt die Zahlungsbereitschaft einer Median-Person der Stichprobe für eine Erhöhung der Deckung um 100 Mrd. (von 0.5% auf 50% des Schadens) rund 6 Rp./kWh.

Sämtliche Aussagen beruhen auf einer Partialbetrachtung, die nicht berücksichtigt, dass eine Verteuerung des nuklear erzeugten Stroms andere Energieträger begünstigen könnte, die ebenfalls externe Kosten verursachen. Sie ist zudem mit einer Reihe von Unsicherheiten behaftet. Auf der Kostenseite kann namentlich die Wahl des Verteilungsgesetzes kritisiert werden. Auf der Nutzenseite ist einzuräumen, dass kein Gedankenexperiment Gewähr dafür geben kann, dass die Teilnehmer die geschilderten Strompreiszuschläge ernst nehmen. Bei der effektiven Entscheidung an der Urne könnten sie im Gegenteil davon ausgehen, dass bei einem grossen Unfall die öffentliche Hand einspringen würde. Als Einschränkung ist schliesslich der Umstand zu nennen, dass sich die Untersuchung auf den Aspekt der finanziellen Sicherheit bezieht und denjenigen der Wahrscheinlichkeit eines grossen Unfalls ausblendet. Insgesamt liefert aber das vorgestellte "Stated Choice"-Experiment Argumente zugunsten einer deutlichen Ausdehnung der obligatorischen Haftpflichtversicherung nicht nur gegen nukleare Risiken, sondern auch gegen Risiken von Stauanlagen. Damit könnte auch ein Beitrag zur Effizienz der schweizerischen Gesamtwirtschaft verbunden sein; allerdings bleibt die Frage offen, ob es Internalisierungsalternativen gibt, welche für die aufgewendeten Mittel ein noch günstigeres Verhältnis zwischen marginaler Zahlungsbereitschaft und Zusatzkosten aufweisen.



A Schätzergebnisse für verschiedene Einkommenskategorien

	df/dx	Koeffizient	SE	z
AUS	-.06519501	-.3154581	.2662646	-1.185
ABF	.3939491	-1.128517 **	.2630372	-4.290
DAM	.00067931	.0027805	.0038364	0.725
COV	.00688373	.0281758 **	.0078213	3.602
P	-.00322584	-.0132037	.0128435	-1.028
DAM2	-9.945e-06	-.0000407 **	.0000195	-2.091
COV2	-.00004297	-.0001759 **	.0000644	-2.730
P2	6.584e-07	2.69e-06	4.71e-06	0.572
AUSP	-.00001646	-.0000674	.0001018	-0.662
ABFP	.00002533	.0001037	.0000813	1.275
DAMP	-1.194e-07	-4.89e-07	5.83e-07	-0.839
COVP	-7.531e-07	-3.08e-06 **	1.09e-06	-2.818
DAMCOV	.00001659	.0000679 **	.0000248	2.738
DAMABF	.00054922	.002248	.0018578	1.210
DAMAUS	-.00027946	-.0011438	.0017342	-0.660
COVABF	-.00005278	-.000216	.0036981	-0.058
COVAUS	-.00067944	-.002781	.0042413	-0.656
WHP	.00026345	.0010783	.0008092	1.333
WHP2	-5.025e-08	-2.06e-07	1.32e-07	-1.560
EDMP	.00247279	.0101214	.0129025	0.784
EDMP2	-5.795e-07	-2.37e-06	4.72e-06	-0.502
EDHP	.00281199	.0115098	.0129568	0.888
EDHP2	-6.182e-07	-2.53e-06	4.73e-06	-0.535
AGEP	1.323e-06	5.42e-06	.000038	0.142
AGEP2	-6.634e-10	-2.72e-09	8.23e-09	-0.330
GENP	-.00035958	-.0014718 *	.0008951	-1.644
GENP2	6.399e-08	2.62e-07	1.84e-07	1.424
Konstante	.0493342	0.201930	.3295859	0.613

*(**): Statistisch signifikant auf 10%(5%) Niveau.

$\rho = .7052943$

$\sigma_u = 1.547002$

971 Beobachtungen (84 Individuen)

Log likelihood: -400.26516

Tabelle 17: Schätzung aufgrund der Teilstichprobe mit hohem Einkommen.

	<i>df/dx</i>	Koeffizient	SE	z
AUS	-.03850156	-.1618013	.2608441	-0.620
ABF	.16654068	-.5266668 **	.2560579	-2.057
DAM	-.00003932	-.0001527	.0031976	-0.048
COV	.00397409	.0154333 **	.0064536	2.391
P	-.00566845	-.0220133 **	.003423	-6.431
DAM2	-5.144e-06	-.00002	.0000145	-1.376
COV2	-.0000181	-.0000703	.0000516	-1.363
P2	1.622e-06	6.30e-06 **	1.21e-06	5.225
AUSP	-.00004195	-.0001629	.0002004	-0.813
ABFP	-.00004215	-.0001637	.0001924	-0.851
DAMP	-3.499e-07	-1.36e-06	1.23e-06	-1.108
COVP	-4.055e-07	-1.57e-06	2.53e-06	-0.623
DAMCOV	9.349e-06	.0000363 *	.0000193	1.885
DAMABF	.00045512	.0017674	.0014295	1.236
DAMAUS	.0003178	.0012342	.0013169	0.937
COVABF	-.00001244	-.0000483	.0027471	-0.018
COVAUS	-.00099842	-.0038774	.0029653	-1.308
WHP	.00084203	.00327 **	.0016463	1.986
WHP2	-2.388e-07	-9.27e-07	5.82e-07	-1.593
EDMP	.00248086	.0096344 **	.0021535	4.474
EDMP2	-7.341e-07	-2.85e-06 **	8.33e-07	-3.423
EDHP	.00270878	.0105195	.0066227	1.588
EDHP2	-4.574e-07	-1.78e-06	2.99e-06	-0.595
AGEP	.00003344	.0001299	.0000504	2.574
AGEP2	-1.201e-08	-4.66e-08 **	1.92e-08	-2.424
GENP	-.00065507	-.0025439 *	.0014301	-1.779
GENP2	2.155e-07	8.37e-07	5.55e-07	1.509
Konstante	.05334093	.2071487	.2349578	0.882

***): Statistisch signifikant auf 10%(5%) Niveau.

$\rho = .5815251$

$\sigma_u = 1.178826$

1367 Beobachtungen (123 Individuen)

Log likelihood: -614.27575

Tabelle 18: Schätzung aufgrund der Teilstichprobe mit niedrigen Einkommen.

	df/dx	Koeffizient	SE	z
AUS	-.02543825	-.1378522	.2069285	-0.666
ABF	.05863587	-.4844652 **	.2095293	-2.312
DAM	.00104104	.006163 **	.0026761	2.303
COV	.00248308	.0147 **	.0052124	2.820
P	-.0003626	-.0021466	.0028376	-0.756
DAM2	-5.996e-06	-.0000355 **	.0000121	-2.933
COV2	-.00001563	-.0000925 **	.0000417	-2.216
P2	4.072e-08	2.41e-07	1.00e-06	0.241
AUSP	-.0000102	-.0000604	.0001378	-0.438
ABFP	-.00002663	-.0001577	.0001395	-1.130
DAMP	-3.921e-07	-2.32e-06 **	9.10e-07	-2.552
COVP	5.916e-08	3.50e-07	1.71e-06	0.205
DAMCOV	4.712e-06	.0000279 *	.0000162	1.719
DAMABF	.00009687	.0005735	.001149	0.499
DAMAUS	-.00019516	-.0011554	.0010682	-1.082
COVABF	.00050101	.002966	.0022997	1.290
COVAUS	-.00090367	-.0053498 **	.002451	-2.183
WHP	-.0002292	-.0013569	.0013698	-0.991
WHP2	9.631e-08	5.70e-07	5.02e-07	1.137
EDMP	-.00029952	-.0017732	.0020589	-0.861
EDMP2	8.241e-08	4.88e-07	7.50e-07	0.650
EDHP	.00005268	.0003119	.0021726	0.144
EDHP2	-8.758e-09	-5.19e-08	7.45e-07	-0.070
AGEP	-3.727e-07	-2.21e-06	.0000383	-0.058
AGEP2	-4.323e-10	-2.56e-09	1.39e-08	-0.185
GENP	.00013858	.0008204	.0011442	0.717
GENP2	-9.829e-08	-5.82e-07	3.99e-07	-1.458
Konstante	.04922513	.2914156	.2032756	1.434

*(**): Statistisch signifikant auf 10%(5%) Niveau.

$\rho = .4646337$

$\sigma_u = .9316008$

1'768 Beobachtungen (167 Individuen)

Log likelihood: -869.7863

Tabelle 19: Schätzung aufgrund der Teilstichprobe ohne Einkommensangabe.

B Befragung

B.1 Ergebnisse Telebus

Eigenschaft	Mittelwert	Streuung
Herkunft des Stroms, also ob er aus dem Inland oder Ausland kommt	6.69	3.27
Durchschnittlicher Preis pro kWh	7.69	2.32
Sicherheit des Kraftwerkes, mit welchem der Strom hergestellt wird	9.45	1.31
Verwendeter Rohstoff zur Herstellung des Stromes (Wasser, Öl, Sonne, Kernspaltung, Kohle, Wind, Gas...)	8.59	2.15
Gesundheitliche Auswirkungen durch den Betrieb auf die Menschen in der Umgebung des Kraftwerkes	8.69	2.2
Versorgungssicherheit, also die Sicherheit, dass der Strom jederzeit ohne Unterbruch verfügbar ist	8.68	1.78
Finanzielle Entschädigung der geschädigten Bevölkerung bei einem Kraftwerks-Unfall durch die Haftpflichtversicherung des Kraftwerkes	8.78	1.96
Auswirkungen der Produktionsanlage auf die Gewässer (z.B. Restwasser oder Kühlwasser)	8.73	1.93
Auswirkung der Produktionsanlage auf das Landschaftsbild	7.77	2.41
Flächenbedarf des Kraftwerkes	6.72	2.46
Beitrag des Kraftwerkes zur Klimaerwärmung (Treibhausgase, CO ₂)	8.19	2.39
Langfristig sichere Abfallentsorgung	9.26	1.59
Grösse des Bereichs, in dem bei einem Unfall die Anwohner mit Sach- und Gesundheitsschäden rechnen müssen	8.91	1.94
Wohnort innerhalb oder ausserhalb des Gefahrenbereichs des Kraftwerkes	7.87	2.76
Dauer, bis der Schaden nach einem Kraftwerks-Unfall wieder behoben ist	8.9	1.92

B.2 Im Experiment verwendete Szenarien

Nr.	Preis	Ausfall	Abfall	Schaden	Deckung
0	0	0	1	200	1
1	60	0	0	0.1	50
2	60	0	1	0.1	50
3	60	0	0	0.1	100
4	10	1	0	200	50
5	30	0	0	0.1	1
6	10	0	0	100	20
7	0	0	1	10	20
8	0	0	1	200	20
9	30	0	1	10	20
10	0	1	0	0.1	20
11	0	1	0	10	100
12	30	0	0	200	50
13	60	1	0	10	100
14	10	0	1	100	1
15	60	1	0	100	20
16	0	1	1	0.1	50
17	0	1	1	0.1	1
18	60	0	1	200	1
19	30	1	1	10	50
20	60	1	0	100	50
21	30	0	0	200	50
22	10	1	1	200	100
23	0	0	0	0.1	100
24	10	0	1	10	100

Nr.	Preis	Ausfall	Abfall	Schaden	Deckung
25	0	1	1	0.1	50
26	60	1	1	100	100
27	0	0	1	10	1
28	60	0	1	0.1	100
29	0	0	0	10	1
30	60	1	1	100	20
31	30	1	1	100	100
32	10	0	0	200	100
33	0	0	1	200	50
34	60	1	1	0.1	1
35	0	1	1	10	20
36	60	0	0	100	1
37	10	1	0	100	1
38	60	0	1	0.1	50
39	60	0	1	0.1	20
40	60	1	0	10	1
41	10	1	0	200	100
42	0	1	0	200	20

B.3 Fragebogen der Haupterhebung

IDP: _____

Befragung zum Thema Stromkonsum

Guten Tag!

Danke, dass Sie sich bereit erklärt haben, an unserer Umfrage teilzunehmen.

Das Sozialökonomische Institut der Universität Zürich führt gemeinsam mit IPSO eine Befragung zum Thema „Stromkonsum“ im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) durch.

Dieser Fragebogen enthält auch Informationen für Sie. Diese Stellen sind grau hinterlegt.

1. Ist es Ihnen wichtig, wie der Strom produziert wird, den Sie konsumieren?

- wichtig
 unwichtig

2. Bezahlen Sie die Stromrechnung selbst?

- ja
 nein

3. Falls Sie den Strom frei wählen könnten wie jedes andere Produkt, auf was würden Sie bei Ihrer Wahl besonders achten?

.....

4. Wie hoch schätzen Sie Ihre jährlichen Stromkosten ein?

..... Fr. pro Jahr

5. Haben Sie grundsätzlich etwas gegen die Kernenergie?

- ja
 nein

6. FALLS ja: Würden Sie der Verwendung von Kernenergie zustimmen, wenn es keine Probleme mit der Entsorgung von Abfällen geben würde?

- ja
 nein

Ev.

Begründung:.....

Pro und Contra Kernenergie

Heute werden oft folgende Vorteile der Kernenergie genannt:

- produziert viel Strom
- keine Umweltverschmutzung
- geringes Unfallrisiko im Vergleich zu anderen Energiequellen

Als Nachteile werden genannt:

- Verschandelung des Landschaftsbildes
- Entsorgung der radioaktiven Abfälle
- Langzeitwirkung von Schäden (radioaktive Verstrahlung)

Schäden bei Kraftwerks-Unfällen

Kraftwerke können im Falle eines Unfalles grossen Schaden anrichten.

Bei einem schweren Unfall in einem **Kernkraftwerk (KKW)** müssen grosse Bevölkerungsteile evakuiert werden. In der nahen Umgebung des KKW's kann es zu akuten Erkrankungen und Tod kommen. Im Allgemeinen werden aber nur sehr wenige Todesfälle erwartet. Die Spätfolgen eines Unfalles können über eine grosse Distanz auftreten: ganze Landstriche können verstrahlt werden und Teile davon während Jahren unbewohnbar bleiben.

Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Unfalles ist sehr gering.

Etwas häufiger werden Staudammbrüche erwartet. Aber auch diese Wahrscheinlichkeit ist gering.

Ein **plötzlicher Staudammbruch** führt zu einer gewaltigen Flutwelle. Für die Betroffenen kommt jede Alarmierung zu spät, und Tausende von Menschen können den Tod finden. Meistens besteht aber genügend Zeit zur Alarmierung der Bevölkerung, und der grösste Teil der bedrohten Personen kann rechtzeitig evakuiert werden. Direkt bedroht sind allgemein nur Personen, die sich flussabwärts des Staudammes aufhalten. Die meisten Schäden sind ein Jahr nach dem Unfall behoben. Die Erholung der Natur kann aber mehrere Jahre dauern. Die Schäden an Natur und Bevölkerung sind in jedem Fall massiv.

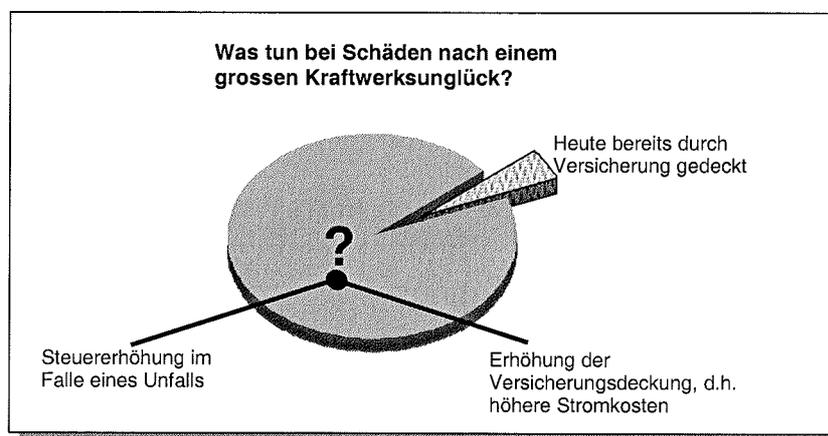
Die Betreiber von Kernkraftwerken sind bereits heute gezwungen eine Versicherung abzuschliessen, die bei einem Unfall zahlt. Diese Versicherung deckt aber nur einen Teil des möglichen Schadens.

Wer für den Rest des Schadens aufzukommen hat ist offen und würde im Bundesparlament in Bern entschieden. Es ist also nicht sichergestellt, ob die Betroffenen vollumfänglich entschädigt würden. Der ungedeckte Rest des Schadens kann durchaus grösser sein als die jährlichen Steuereinnahmen der Schweiz.

Um die Entschädigung der Betroffenen besser zu gewährleisten, könnte man die **Versicherungsdeckung** über gesetzliche Vorschriften erhöhen. Dadurch würde ein grösserer Teil des möglichen Schadens durch die Versicherung der Kraftwerke gedeckt. Dies hätte den Vorteil, dass die Geschädigten einen **besseren finanziellen**

Schutz erhalten. Zusätzlich könnte dies für die Kraftwerksbetreiber ein Anreiz sein, noch stärker in die Sicherheit ihrer Kraftwerke zu investieren.

Eine Erhöhung der Versicherungsdeckung hätte aber auch zur Folge, dass die Kraftwerke höhere Kosten haben, was zu **höheren Strompreisen** für die Konsumenten führen würde.



7. Falls die Versicherungsdeckung nicht 100% beträgt (heute ist sie kleiner als 5%), dann werden allfällige Schäden bei einem Kraftwerksunglück vermutlich über Steuergelder finanziert (Die entstehende zusätzliche Belastung kann sich wie zuvor erwähnt auf mehr als die Steuereinnahmen eines Jahres von Bund und Kantonen belaufen.)

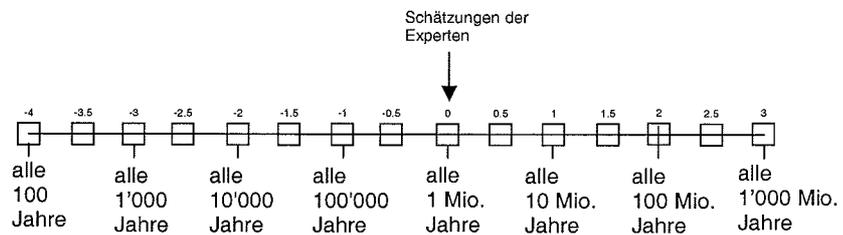
Welche Form der Finanzierung würden Sie bevorzugen?

- Versicherung
- Steuern

8. Grosse **Kernkraftwerksunfälle** sind sehr selten. Wissenschaftliche Schätzungen zeigen, dass zwischen zwei grossen Unfällen in der Schweiz im Durchschnitt 1 Mio. Jahre vergehen. Und was meinen Sie?

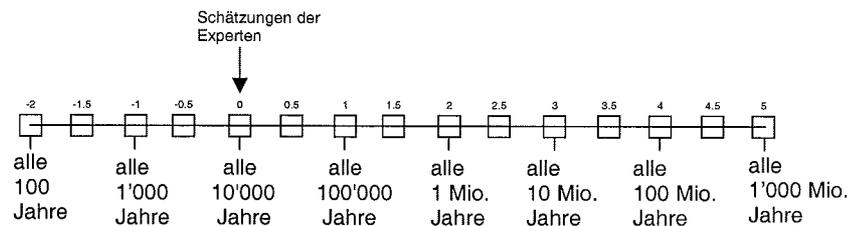
Auf der folgenden Skala ist die Schätzung von Experten eingetragen. Zeichnen Sie ein, welcher Punkt **Ihrer Meinung** nach richtig ist. Falls Sie mit den Experten einig sind, so kreuzen Sie den Punkt der Expertenschätzung an.

INT: FRAGEBOGEN ÜBERGEBEN



9. Auch **Staudammbrüche** sind sehr selten. Wissenschaftliche Schätzungen zeigen hier, dass zwischen zwei grossen Unfällen in der Schweiz im Durchschnitt 10'000 Jahre vergehen. Und was meinen Sie?

Auf der folgenden Skala ist die Schätzung von Experten eingetragen. Zeichnen Sie ein, welcher Punkt **Ihrer Meinung** nach richtig ist. Falls Sie mit den Experten einig sind, so kreuzen Sie den Punkt der Expertenschätzung an.



Stromverbrauch

Sie erhalten jetzt einige Informationen zu Stromverbrauch und Strompreis.

Die Stromrechnung setzt sich aus einem fixen Betrag pro Jahr (durchschnittlich ca.

180 Franken) und einem Betrag pro verbrauchte Kilowattstunde (kWh) zusammen.

Der Preis pro kWh variiert je nach Tages- und Jahreszeit. Durchschnittlich beträgt er etwa 22 Rappen pro kWh.

Der Stromverbrauch eines Haushaltes hängt unter anderem von der Anzahl Zimmer, der Wohnungsfläche und der Art der Warmwassererzeugung ab (Der Stromverbrauch ist bedeutend höher, wenn das Wasser mit Strom erwärmt wird). Ein „Durchschnittshaushalt“ verbraucht etwa 3'500 kWh pro Jahr.

Kosten

Wenn wir damit rechnen, dass ein Haushalt 3'500 kWh Strom pro Jahr verbraucht

und die Kilowattstunde 22 Rappen kostet, so ergeben sich daraus jährliche

Stromkosten von 770 Franken zuzüglich des fixen Betrages von ca. 180 Franken,

total also ca. **950 Franken pro Haushalt und Jahr.**

Wahl des Stromes

Stellen Sie sich vor, Sie könnten den Strom, den Sie in Ihrem Haushalt selbst verbrauchen, frei wählen, wie jedes andere alltägliche Produkt. Ein zentraler Faktor beim Strom ist die Art der Produktion. Viele Eigenschaften des Stroms stehen in Zusammenhang mit dem Hersteller, d.h. dem Kraftwerk und seiner Sicherheit. Wir werden Ihnen im folgenden verschiedene Stromsorten zur Auswahl geben, wobei Sie sich jeweils für eine der beiden entscheiden müssen. Bevor wir beginnen, erläutern wir Ihnen aber noch die einzelnen Eigenschaften mit denen wir die Stromsorten beschreiben.

BEISPIEL		
	Strom von Hersteller A	Strom von Hersteller B
Preis	Die Kilowattstunde kostet gleichviel wie heute	Die Kilowattstunde kostet gleichviel wie heute
Stromausfall	Pro Jahr kommt es durchschnittlich zu 2 Stromausfällen	Pro Jahr kommt es durchschnittlich zu 2 Stromausfällen
Abfall	Es gibt ungelöste Probleme bei der Abfallentsorgung	Es gibt keine Probleme bei der Abfallentsorgung
Schadensausmass	Bei einem grossen Unfall können Kosten in der Höhe von maximal 200 Milliarden Franken anfallen (Dies entspricht durchschnittlich 70'000 Franken pro Haushalt)	Bei einem grossen Unfall können Kosten in der Höhe von maximal 100 Millionen Franken anfallen (Dies entspricht durchschnittlich 35 Franken pro Haushalt)
Versicherungsdeckung	Davon sind 1% versichert	Davon sind 100% versichert
Ihre Wahl	<input type="checkbox"/> Stromsorte A	<input type="checkbox"/> Stromsorte B
	<input type="checkbox"/> Ich habe mich nicht entschieden	

Strompreis

In den folgenden Fragen geben wir die durchschnittliche Veränderung des Strompreises pro Kilowattstunde an.

Z.B.: „30% teurer als heute“

(Dies entspricht bei einer jährlichen Stromrechnung von 950 Franken einem Zuschlag von 285 Franken.)

Stromausfälle

Strom wird laufend produziert und in die Haushalte verteilt. Je nach Verfügbarkeit der Rohstoffe und je nach Zuverlässigkeit des Kraftwerkes kann es zu Angebotsverknappungen oder technischen Störungen kommen. Dies kann zur Folge haben, dass der Strom zeitweise ausfällt.

In der Schweiz sind Stromausfälle selten und meistens durch Umwelteinflüsse (z.B. Sturm Lothar) oder Wartungsarbeiten bedingt.

Wir geben die Stromausfälle als die **durchschnittliche** Anzahl Stromausfälle pro Jahr an.

Z.B.: „2 Stromausfälle pro Jahr“

Entsorgung von Abfällen

Bei der Stromproduktion können Abfälle anfallen. Je nach Kraftwerk können diese mehr oder weniger gefährlich sein. Die Entsorgung der Abfälle ist also mit kleineren oder grösseren Problemen und Risiken verbunden. Dies gilt besonders für die Entsorgung von Abfällen aus der Kernenergieproduktion. Diese Probleme sind noch nicht gelöst.

Wir unterscheiden bei den Abfällen zwei Möglichkeiten:

„keine Schwierigkeiten bei der Entsorgung“

„ungelöste Probleme bei der Entsorgung“

Höhe des Schadens

Bei jedem Kraftwerk kann es zu Unfällen kommen. Grosse Unfälle sind wie bereits erwähnt sehr selten. Die Grösse des Schadens kann nicht genau berechnet werden, hängt aber stark von der Art des Kraftwerkes ab.

Z.B.: „Bei einem grossen Unfall können Kosten in der Höhe von **maximal 200 Milliarden Franken** anfallen (Dies entspricht durchschnittlich 70'000 Franken pro Haushalt).“

Versicherter Schaden

Die Kraftwerksbetreiber müssen ihre Anlage von Gesetzes wegen gegen Schäden versichern, die sie verursachen. Die Zahlungen an geschädigte Personen können je nach Vorschrift unterschiedlich hoch sein.

Z.B.: „1% der finanziellen Schäden sind versichert.“

Verlauf der Befragung

Es werden Ihnen nun immer paarweise Karten vorgelegt. Auf jeder Karte sehen Sie zwei Angebote. Wählen Sie bitte von den beiden Angeboten dasjenige aus, das Sie bevorzugen.

Beachten Sie, dass Sie keine anderen Wahlmöglichkeiten haben. Es ist wichtig, dass Sie sich immer die Frage stellen, „Wenn es **nur diese beiden** Möglichkeiten gibt, welche wähle ich?“

INTERVIEWER/IN:
Karten vorlegen

Entscheid-Nr.	Entscheid		
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)
	° <input type="checkbox"/> A (links)	7 <input type="checkbox"/> indiff	1 <input type="checkbox"/> B (rechts)

10. Hat Ihnen das Beantworten der Fragen Schwierigkeiten bereitet?

- ja
 nein

11. Welchen Geldbetrag haben Sie sich unter einer 30% Strompreiserhöhung vorgestellt?

- ¹ Rp / kWh
oder
² Fr. / Jahr

12. Gibt es eine Eigenschaft, die für Sie allgemein die wichtigste gewesen ist?

- ja
 nein

Falls ja, welche? (nur eine Nennung)

- Strompreis
 Anzahl Stromausfälle
 Entsorgung der Abfälle
 Schadensausmass
 Versicherter Schaden

13. Gibt es andere Eigenschaften, die in der Befragung nicht erwähnt wurden, für sie aber wichtig sind

- ja
 nein

Falls ja, welche?

.....

14. Geschlecht?

- m
 w

-
15. Wie alt sind Sie?
.....
-
16. Sind Sie Mieter oder Eigentümer Ihrer Wohnung?
 Mieter
 Eigentümer
-
17. Wie lautet die Postleitzahl (PLZ) der Gemeinde ihres Wohnsitzes?

PLZ:

Ort:
-
18. Sind Sie von einem Kraftwerksbetrieb angestellt?
 ja
 nein
-
19. Sind Sie von einem Kernkraftwerksbetrieb angestellt?
 ja
 nein
-
20. Sind Sie selbstständig erwerbend oder angestellt?
 selbstständig
 angestellt
 nicht erwerbstätig
-
21. Wie hoch schätzen Sie Ihre jährlichen Stromkosten ein?

..... Fr. pro Jahr

22. Welches ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

- ¹ Primarschule
- ² Anlehre
- ³ Berufslehre
- ⁴ Vollzeitberufsschule (z.B. Handelsschule)
- ⁵ Diplommittelschule oder andere allgemein bildende Schulen
- ⁶ Matura oder Primarlehrerseminar
- ⁷ höhere Fach- oder Berufsausbildung mit Meisterdiplom (eidg. Fachausweis, höhere Fachprüfung)
- ⁸ höhere Fachschule (HTL, HWV, Hotelfachschule, etc.)
- ⁹ Hochschule (Universität, ETH)
- ¹⁰ weiss nicht

23. Wie hoch ist Ihr monatliches Bruttoeinkommen bezogen auf ihre Hauptbeschäftigung, inkl. allfälliger 13. Monatslohn und andere vertraglich festgelegte Zulagen? Falls Sie keine Vollzeitstelle innehaben, rechnen sie ihren Lohn bitte in den eines Beschäftigungsgrades von 100% um.

- ¹ 0 – 1'999 Franken/Monat
- ² 2'000 – 3'999 Franken/Monat
- ³ 4'000 – 5'999 Franken/Monat
- ⁴ 6'000 – 7'999 Franken/Monat
- ⁵ 8'000 – 8'999 Franken/Monat
- ⁶ 9'000 – 9'999 Franken/Monat
- ⁷ mehr als 10'000 Franken/Monat
- ⁸ keine Angaben

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe.

Literatur

- Bonomo, S., M. Filippini und P. Zweifel (1998). Neue Aufschlüsse über die Elektrizitätsnachfrage der schweizerischen Haushalte. *Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 134:415–430.
- Chambers, R. G. und J. Quiggin (2000). *Uncertainty, Production, Choice and Agency*. Cambridge University Press.
- Gegax, D. und L. Stanley (1997). Validating Conjoint and Hedonic Preference Measures: Evidence from Valuing Reductions in Risk. *Quarterly Journal of Business and Economics*, 36:31–54.
- Greene, W. H. (1997). *Econometric Analysis*. Prentice-Hall International.
- Haener, M., P. Boxall und W. Adamowicz (2000). Modeling Recreation Site Choice: Do Hypothetical Choices Reflect Actual Behavior? *Working Paper Staff Paper 00-01, Departement of Rural Economy, University of Alberta, Edmonton, Canada*, 49:1–15.
- Hanemann, W. M. und B. Kanninen (1996). The Statistical Analysis of Discrete-Response CV Data. *Working Paper*, 798.
- Hardin, R. H. und N. J. A. Sloane (1993). A New Approach to the Construction of Optimal Designs. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 37:339–369.
- Hausman, J. (1993). *Contingent Valuation - A Critical Assessment*. North Holland.
- Hedayat, A., N. Sloane und J. Stufken (1999). *Orthogonal Arrays - Theory and Applications*. Springer.
- Hirschberg, S., G. Spiekerman und R. Dones (1998). *Severe Accidents in the Energy Sector*. Paul Scherrer Insitut Ber. 98-16.
- Johnson, R. F. und W. H. Desvousges (1997). Estimating Stated Preferences with Rated-Pair Data: Environmental, Health, and Employment Effects of Energy Programs. *Journal of Environmental Economics and Management*, 34:79–99.

- Kunreuther, H. (2000). Linking Insurance and Mitigation to Manage Natural Disaster Risk. In G. Dionne, Hg., *Handbook of Insurance*. Kluwer Academic Publishers.
- Lancaster, K. (1971). *Consumer Demand - A new Approach*. Columbia University Press.
- Louviere, J., R. Meyer, D. Bunch und et al. (1999). Combining Sources of Preference Data for Modeling Complex Decision Processes. *Marketing Letters*, 10:205–217.
- Louviere, J. J., D. A. Hensher und J. D. Swait (2000). *Stated Choice Methods - Analysis and Applications*. Cambridge University Press.
- Mas-Colell, A., M. D. Whinston und J. R. Green (1995). *Microeconomics Theory*. Oxford University Press.
- McFadden, D. (2001). Economic Choices. *American Economic Review*, 91:351–378.
- Mitchell, R. C. (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Resources for the Future.
- Shavell, S. (1984). A model of the optimal use of liability and safety regulation. *Rand Journal of Economics*, 15:271–280.
- (1986). The Judgement Proof Problem. *International Review of Law and Economics*, 6:45–58.
- Singleton, R. A. J. und B. C. Straits (1999). *Approaches to Social Research, 3rd edition*. Oxford University Press.
- Starmer, C. (2000). Developments in Non-Expected Utility Theory: The Hunt for a Descriptive Theory of Choice under Risk. *Journal of Economic Literature*, 38:332–382.
- Telser, H. (2002). *Discrete Choice Experimente als Methode zur Präferenzmessung im Gesundheitswesen*. Dissertation Universität Zürich.
- Zweifel, P. und R. Eisen (2000). *Versicherungsökonomie*. Springer Verlag.

Zweifel, P. und R. D. Umbricht (2002). Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos zu welchen Bedingungen? *Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie (im Druck)*.

Kommentar zur Studie Zweifel/Schneider

Die nukleare Stromerzeugung kämpft seit geraumer Zeit mit Akzeptanzproblemen. Zentral dafür sind die stark divergierenden Bewertungen der damit verbundenen Risiken¹ aufgrund ihrer unterschiedlichen Wahrnehmung in verschiedenen Teilen der Bevölkerung. Dies gilt insbesondere für sog. Restrisiken, die von hypothetischen, - d.h. rein theoretisch denkbaren, aber vernünftigerweise vernachlässigbaren - Schwerstunfällen mit Freisetzung von Radioaktivität in die Umgebung ausgehen. Dieser auch als GAU bezeichnete Katastrophenfall wird allein mit Blick auf den erwarteten hohen Schaden vielerorts als inakzeptabel angesehen, obwohl ein solches GAU-Ereignis wegen seiner extrem geringen Eintretenswahrscheinlichkeit - in der Grössenordnung von 10^{-7} bis 10^{-9} - im Bereich anderer akzeptierter Risiken oder meist sogar weit darunterliegt. Die erwähnte Wahrscheinlichkeit heisst nichts anderes, als dass bei einem KKW der westlichen Bauart mit einem GAU alle 10 – 1000 Millionen Jahren gerechnet werden kann. Dies sind für die menschliche Planung und die politische Verantwortung unvorstellbare (und daher irrelevante) Zeiträume.

Eine Möglichkeit die Akzeptanz der nuklearen Stromerzeugung zu erhöhen besteht darin, die Bevölkerung besser gegen die finanziellen Risiken eines Kraftwerkunfalls zu versichern. Die Zweifel/Schneider Studie versucht deshalb, die optimale Höhe der Haftpflichtversicherung bzw. die marginale Zahlungsbereitschaft für eine zusätzliche obligatorische Versicherungsdeckung der Bevölkerung zu erfragen.

Einmal abgesehen von der grundsätzlichen Problematik von derartigen quasi-experimentellen Methoden² ist die Studie Zweifel/Schneider „technisch-handwerklich“ auf hohem wissenschaftlichen Niveau. Sie verfehlt das anvisierte Ziel jedoch trotzdem, weil sie von einer ökonomisch falschen Fragestellung ausgeht und damit wirtschaftspolitisch irrelevant ist. Der Grund dafür ist, dass die Erhebung der marginalen Zahlungsbereitschaft für die Versicherung privater Vermögensschäden keine wirtschaftspolitisch sinnvolle Information liefert. Die Gründe für dieses recht harte Urteil sind die folgenden:

¹ Das Risiko im Sinne des erwarteten Schadens eines Unfalls ist das Produkt aus dem erwarteten Schadensausmass in monetären Einheiten und seiner Eintretenswahrscheinlichkeit definiert.

² Welchen Anreiz haben die Befragten, die Wahrheit zu sagen bzw. zuzugeben, dass sie die Fragen nicht verstehen?

1. Versicherungsdeckung von finanziellen Vermögenseinbussen sind irrelevant.

Die Z&S Studie ermittelt nicht die marginale Zahlungsbereitschaft für die Reduktion des Risikos eines Schadensfalls, sondern die marginale Zahlungsbereitschaft für die Versicherungsdeckung für private finanzielle Schäden (direkte Vermögensschäden).

Diese Fragestellung an sich muss bereits als höchst problematisch eingestuft werden, weil die versicherten finanziellen Schäden im Bereich zwischen 0 und 200 Mia. Fr. nicht den erwarteten Nutzenverlust abdeckt (siehe Abbildung 1). Aus ökonomischer Sicht lassen sich nämlich grundsätzlich vier Schadenskategorien unterscheiden.

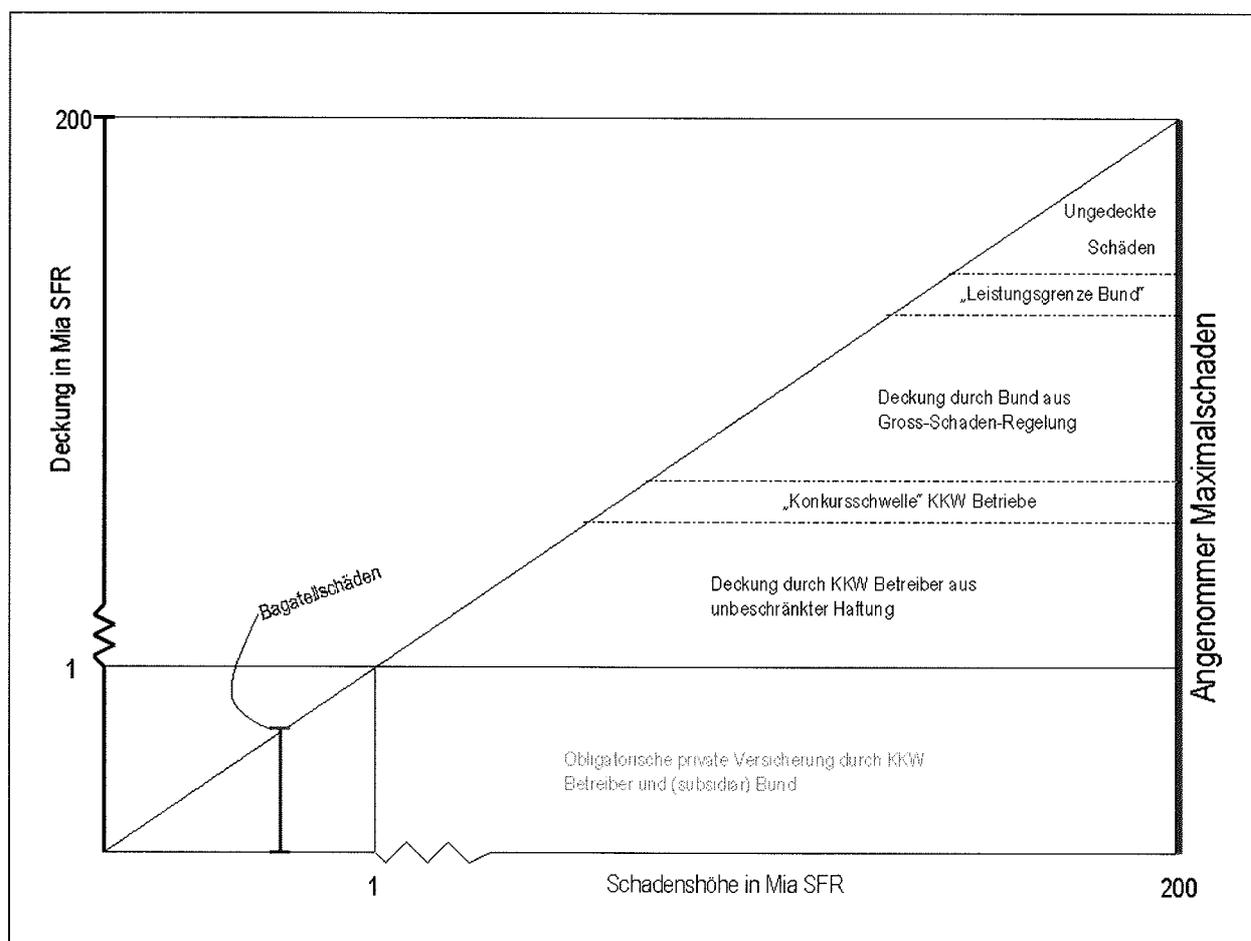


Abbildung 1: Schadenskategorien

Kategorien von Schäden

Die erste Kategorie betrifft Schäden bis zu einer Milliarde Fr., die von Bund und Betreibern obligatorisch privat versichert sind. Die zweite erstreckt sich über ein Schadenband zwischen 1 Mia Fr und der Konkurschwelle, bei der die rechtlich unbegrenzte Haftung der Betreiber faktisch aussetzt. Die dritte Kategorie beginnt bei dieser Schwelle und umfasst die Deckung durch den Bund aufgrund der sog. *Grossschadensregelung*. Irgendwo hätte natürlich auch diese

staatliche Garantie eine faktische Obergrenze. Deshalb bleibt als vierte Kategorie ein ungedecktes Schadenpotential.

Kleinere Störfälle mit „Bagatellschaden“-Charakter können durch die erste Schutzschicht relativ problemlos aufgefangen werden. Demgegenüber ist jedoch davon auszugehen, dass gerade bei schweren Unfällen sofort auch die zweite und dritte Kategorie von Schäden auftreten würden. In diesem Fall würde die Bundeshaftung auf der dritten Ebene im angenommenen maximalen Schadensfall von 200 Milliarden Franken die Versicherungssumme von 1 (aber auch von 4 Milliarden Fr.) völlig in den Schatten stellen. Doch es erhebt sich wiederum die Frage, wie realistisch ein solches Szenario bei Kernkraftwerken westlicher Bauart und Sicherheitsphilosophie überhaupt ist. Aus der Betriebserfahrung der letzten 40 Jahre dürften wohl keine entsprechenden Hinweise abzuleiten sein.

Es ist offensichtlich schwierig, den gesamten Nutzenverlust der Bevölkerung durch einen GAU zu eruieren. Durch die Beschränkung auf die finanziellen Schäden erinnert die Z&S Studie daher ein wenig an den Mann, der seinen verlorenen Schlüssel unter der Strassenlaterne sucht, nur weil es dort hell ist. Wenn für die risikoaverse Bevölkerung die Nicht-Vermögensschäden massgebend sind, dann reduziert sich der Zusammenhang zwischen Zahlungsbereitschaft und Versicherungsdeckung von Vermögenseinbussen auf einen absoluten Nebenschauplatz. Der erste Vorwurf lautet somit: Die Studie ist wenig bis kaum relevant für das, was die Menschen wirklich bewegt. Wenn ganze Landstriche für lange Zeit unbewohnbar würden, interessiert es mich wenig, ob mein Auto und meine Fensterscheiben versichert waren!

2. Kaum positive Rückkoppelung

Sagt also die marginale Zahlungsbereitschaft für eine Versicherungsdeckung der finanziellen Schäden wenig oder gar nichts über die Risikoaversion der Bevölkerung aus, so besteht in der Kernenergieproduktion auch kaum eine positive Rückkoppelung von höherer Versicherung zu besseren Sicherheitsstandards. Dies wäre dann der Fall, wenn die Versicherungsprämien „risikogerecht“ variieren würden. Dem steht jedoch häufig der sogenannte „Moral Hazard“ gegenüber: *Weil ein Schaden versichert ist, reduziert man die Vorbeugungsanstrengungen.* Für Kernkraftwerke ist beides nicht relevant. Die Sicherheit von Kernkraftwerken ist sowohl aus regulatorischen Gründen als auch aus Gründen des wirtschaftlichen Eigeninteresses der Betreiber ohnehin in der Nähe des technischen Maximums. Die Höhe der Versicherung hat keine nennenswerte Auswirkung auf die Sicherheit (analog zu Staudämmen, Erdbeben etc.). Es ist im Gegenteil so, dass die bei Kernkraftwerken zur Vermeidung von Schäden an Menschen und Umwelt vorsorglich eingesetzten Mittel um das Tausend- bis Millionenfache höher sind als bei anderen Gefahrenquellen. Im Energiesektor ist das deshalb von besonderer Bedeutung, weil

andere Technologien beim Abbau, Transport und den Emissionen eine ganze Serie von Gefahrenherden bilden. Bei der Kernkraft werden die Risiken systematisch überschätzt, weil einerseits das Gefährdungspotential geballt erscheint und andererseits die meisten Menschen Wahrscheinlichkeiten zwischen 10 Millionen und einer Milliarde Jahre nicht sinnvoll verarbeiten können.

3. Sicherheit ist ein öffentliches Gut

Die Fragen in der Z&S Studie (z.B. der Fragebogen auf Seite 14) suggerieren, dass die Wahl der Stromsorte durch ein Individuum einen Einfluss auf dessen Sicherheit hat. Dies ist offensichtlich irreführend, denn anders als z.B. bei der Wahl zwischen verschiedenen Transportmitteln (A wählt die SBB, B das Velo, C fährt mit dem Mofa, E geht zu Fuss) kann der einzelne erstens nicht zwischen verschiedenen Stromsorten wählen (eine entsprechende Steckdose für sich einrichten), und zweitens würde sich sein Risiko auch nicht reduzieren, wenn er das könnte. *Alle* Stromkonsumenten konsumieren *denselben* Strommix, und alle tragen auch völlig unabhängig von Ihrem Stromkonsum *dasselbe* Risiko – sogar jemand, der gar keinen Strom verbraucht!

Der Befragung ist daher irreführend. Der richtige Ansatz wäre, das Individuum vor eine hypothetische Abstimmungssituation zu stellen: „Stellen Sie sich vor, dass Sie am nächsten Sonntag über den Ausstieg aus der Kernenergie abstimmen können: Welche Wahl treffen Sie?“ Dabei müsste klar gemacht werden, dass selbst wenn das Land sich für angeblich „sichereren“ Strom entscheidet, seine Sicherheit weiterhin von der Stromproduktion im übrigen Europa abhängt. Es ist daher offensichtlich, dass es keinen Sinn macht, bei der Befragung die Wahrscheinlichkeiten eines Unfalls (oder gar eines GAU) auszublenden. Der Verzicht auf Atomstrom in der Schweiz würde die Wahrscheinlichkeit eines GAU in Europa nur minimal reduzieren und sicher nicht eliminieren. Die Reduktion der Wahrscheinlichkeit eines GAU müsste den Individuen als Expertenmeinung vorgelegt werden.

4. Wir sind bereits 100% versichert!

Damit komme ich bereits zum nächsten Punkt. Wir haben in der Schweiz implizit und explizit (Grossschadensregelung gemäss KHG) bereits für alle vernünftigerweise anzunehmenden Unfälle eine praktisch 100% Deckung des finanziellen Schadens. Die Versicherung hat den Namen "Schweizerische Eidgenossenschaft". Es ist nämlich unzweifelhaft, dass der Bund nach

einem grösseren Unfall sofort aktiv würde. Den Zweifler möchte ich kurz an die finanzielle Intervention des Bundes beim Swissair Debakel erinnern oder an das Bergdorf Gondo.

Der Fragebogen 4209 auf Seite 14 stellt die Probanden damit vor eine falsche Entscheidung. Beim Hersteller A müsste bei der Versicherungsdeckung die folgende Angabe stehen: „*Davon sind implizit 100% durch den Bund, die Kantone und die Glückskette versichert.*“ Zusätzlich müsste die folgende Angabe gemacht werden: „*Nach einem Unfall kommt es zu einer Steuererhöhung über mehrere Jahre, welche sich in etwa am finanziellen Schaden orientiert.*“ Die relevante Frage ist deshalb, *wer* einen finanziellen Schaden übernimmt: der **Stromkonsument** oder der **Steuerzahler**?

Selbst wenn die zu erwartenden volkswirtschaftlichen Effizienzgewinne klein sind, wäre es aus ökonomischer Sicht richtig, wenn der Stromverbraucher – über eine *Erhöhung der Versicherungsdeckung* oder eine *Lenkungsabgabe* - diese Kosten übernimmt. Diese müsste aber konsequenterweise - sogar europaweit - auch auf andere Produktionsarten mit externalisierten Risiken angewandt werden. In der Schweiz besteht bereits jetzt zwischen den Kernkraftwerken einerseits und den Stauwerken und fossilen Kraftwerken andererseits eine gewisse Wettbewerbsverzerrung. Es unterliegen zwar alle drei einer summenmässig unbegrenzten Haftpflicht, aber nur die Kernkraftwerke und die Stauwerke, - letztere aber bereits in geringerem Masse, - sind gezwungen einen Teil dieser Haftpflicht durch den Abschluss einer Versicherung zu decken. Ob eine solche Zusatzbelastung des Stroms aus Kernenergie volkswirtschaftlich effizient wäre oder eben nicht, lässt sich nur aus einem Vergleich der externen Kosten aller zur Diskussion stehenden Energietechnologien ermitteln.³ Dies war nicht die Aufgabe von Z&S, ist aber bei der Wertung ihrer Ergebnisse zu berücksichtigen. Von der Zahlungsbereitschaft für die Versicherung privater Vermögensschäden kann und darf m.E nicht auf die volkswirtschaftliche Effizienz geschlossen werden.

5. Wo bleiben die Unfallwahrscheinlichkeiten?

Eine weitere Schwäche der Untersuchung ist, dass sie die Unfallwahrscheinlichkeiten nicht berücksichtigt. Ich glaube nicht, dass dies nur ein Problem für die statistische Auswertung ist, wie die Autoren auf Seite 20 bemerken. Auch lässt sich dies nicht durch die ex-ante Eruierung der subjektiv vermuteten Unfallwahrscheinlichkeit korrigieren. Der Kern des Problems ist, dass der Fragebogen Entscheidungen abfragt, welche für das Problem nicht relevant sind.

³ Die Antwort kann sich dabei nicht nur auf die Ergebnisse internationaler wissenschaftlicher Untersuchungen abstützen, sondern insbesondere auch auf diejenigen der speziell für die Schweiz relevanten neueren Studie „Ganzheitliche Bewertung von Energiesystemen (GaBe)“ des PSI in Villigen.

Die ökonomisch richtige Grösse ist der erwartete finanzielle Schaden. Der Fragebogen suggeriert jedoch, dass das Individuum zwischen zwei Szenarien zu entscheiden hat: einen Unfall mit 200 Milliarden Franken Schaden wobei 1% versichert ist und einem Unfall mit 100 Millionen Franken Schaden wobei 100% versichert ist. Dies ist eine unglückliche und irreleitende Fragestellung.

Die Autoren versuchen die fehlenden Unfallwahrscheinlichkeiten noch mit der kognitiven Belastung der Befragten zu begründen. Wäre es da nicht besser gewesen, die relativ unwichtige Dimension „Ausfall“ durch die Dimension „Unfallwahrscheinlichkeit“ zu ersetzen? Noch besser wäre es gewesen, die Dimension „Schaden“ durch die Dimension „erwarteter Schaden“ zu ersetzen.

Schlussfolgerung

Auch wenn ich die Untersuchung von Zweifel/Schneider für die politische Diskussion wichtig und für die Wissenschaft innovativ finde und selbst die Meinung teilen kann, dass eine massvolle Erhöhung der Versicherungsdeckung im Prinzip eine richtige Massnahme darstellt, so ist deren Effizienz allerdings mehr als zweifelhaft. Man könnte zwar so restliche, negative Externalitäten der Kernkraft korrigieren, aber es sollte dann auch geklärt werden, ob die dadurch im Wettbewerb bevorzugten Alternativen nicht noch mehr Externalitäten produzieren. So betrachtet, setzt die Zweifel/Schneider Studie am falschen Ort an. Eine Erhöhung der Versicherungsdeckung erhöht nicht die finanzielle Sicherheit der Bevölkerung, da diese bereits durch die private Versicherung (Betreiber und Bund) bzw. die Vermögenshaftung (Betreiber) und die Grossschadensregelung (Bund) gegeben ist. Eine Erhöhung der marginalen Zahlungsbereitschaft ist damit irrelevant. Ein Blick zurück auf Abbildung 1 macht dies augenfällig: Die Verschiebung zwischen der obligatorischen Versicherungsgrenze und der faktischen Obergrenze der unbeschränkten Haftung der Betreiber internalisiert keine externen Kosten, weil die Betreiber auch ohne Versicherungszwang entsprechende implizite Kosten für die unbeschränkte Haftung tragen (z.B. in Form von Rückstellungen oder Risikoprämien bei der Kapitalbeschaffung). Eine Internalisierung findet eigentlich erst jenseits der „Konkursschwelle“ statt.

Für die Internalisierung von Risiken, deren Schäden nicht versicherbar sind, wäre die korrekte Remedur eine *Lenkungsabgabe* auf den Nuklearstrom (analog zur CO²-Abgabe auf fossil befeuerten GuD-Werken). Diese müsste aber konsequenterweise auch auf andere Energietechnologien mit externalisierten Risiken angewandt werden.

Für das als extrem klein eingestufte Restrisiko von Schadensfällen wie ein GAU oder ein Dambruch gibt es bislang keine Marktlösung -und wird es nie eine geben: Zum einen, weil die

versicherungstechnischen Grundlagen fehlen und zum anderen, weil der Staat diese Funktionen faktisch wahrnimmt. Wenn alle anderen Externalitäten nach Expertenmeinungen durch entsprechende Preisaufschläge korrekt internalisiert sind, aber eine Mehrheit der Bevölkerung dennoch das über die gesamte Deckungssumme hinausgehende Restrisiko nicht tragen will, dann ist eine Volksabstimmung über den Ausstieg der einzige richtige Ansatz: Denn entweder betreiben wir Kernkraftwerke, und dann ist, wie überall, ein Restrisiko vorhanden! Wollen wir dieses es nicht (mehr) auf uns nehmen, dann schalten wir die Kernkraftwerke ab und tragen die damit verbundenen sehr hohen volkswirtschaftlichen Kosten inkl. aller der Risiken, die aus dem Einsatz der Ersatzenergien resultieren. Eine *risikolose* Energieversorgung gibt es nicht. Dies wissen zweifellos auch die Autoren. Da ihre Empfehlung, die obligatorische Versicherung auf ca. 4 Mia. Anzuheben, weder an der technischen noch finanziellen Sicherheit wirklich etwas ändert, bleibt sie ökonomisch betrachtet unfundiert, ganz abgesehen von den (inhärenten) methodischen Schwächen. Obwohl wissenschaftlich durchaus interessant, gibt die vorliegende Studie für die Politik auf dem aktuellen Hintergrund wenig her. Ausser, dass dank der Arbeit von Zweifel/Schneider die gesamte Risikoproblematik viel klarere Konturen bekommen hat. Der Kommentator hat sehr viel gelernt.

14. 5. 2002

**Korreferat zur Studie „Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken“
von Prof. Dr. Peter Zweifel und Yves Schneider (Sozialökonomisches Institut Universität Zürich) in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Massimo Filippini (CEPE)**

**Dr. Ing. Stefan Hirschberg
Ganzheitliche Systemanalysen
Paul Scherrer Institut**

Background

The present review has been carried out on request from the Swiss Federal Office of Energy. The reviewer has been a member of an Advisory Group for this project and a number of comments made by the reviewer in the course of the study were considered and implemented.

The review addresses the following issues:

- Methodology used and its implementation
- Robustness of the results and their interpretation
- Conclusions and their political relevance

The central aspect, emphasized in the present review, is to put in perspective the nuclear externalities in general and those associated with the hypothetical severe nuclear accidents in particular. This is done with view to the significance and degree of internalization of other externalities in the energy sector. The review addresses the relevant issues on a quite detailed level. Those not interested in details are advised to access directly the last part of the present paper, i.e. "Conclusions".

In summary, this review argues that the conclusion of the authors concerning the basis for the suggested extension of the nuclear insurance is questionable. This by no means diminishes the merits of the analytical work carried out by Zweifel and Schneider (2002).

Summary of work performed

The authors address the question of the marginal willingness to pay (marginale Zahlungsbereitschaft; MZB) for increased internalization of risks associated with nuclear power plant operation. Specifically, one aspect is addressed, i.e. the willingness to support the extension of the compulsory insurance beyond the maximum level of compensation, currently in Switzerland at one billion CHF. A preceding study by Zweifel and Umbrecht (2002) established that an extension of the

maximum level of compensation to 4 billion CHF leads to additional insurance policy costs of 0.017 Rp./kWh.

The authors formulate the policy relevance of the current study as follows:

“Aufschlüsse über diese sog. Marginale Zahlungsbereitschaft (MZB) sind für den Gesetzgeber in doppelter Hinsicht von grosser Bedeutung. Solange die MZB einer Mehrheit der Stimmbürger den Aufschlag auf den Strompreis übersteigt, hat ein Gesetzesvorschlag, der eine Ausdehnung der vorgeschriebenen Deckung vorsieht, an der Urne Aussicht auf Erfolg. Zudem darf man sich von einer Massnahme, die mehr Vorteile (gemessen an der MZB) als Nachteile (gemessen am erhöhten Strompreis) mit sich bringt, einen Beitrag zur Effizienz der schweizerischen Wirtschaft insgesamt versprechen.”

The study employed the “Stated Choice” (SC) approach (in literature also referred to as “Choice Experiments” (CS) or “Stated Preference” (SP) or “Conjoint Analysis” (CA)), and formulated a number of alternative electricity supply options characterized by specific features (cost, frequency of interrupted supply, wastes, extent of maximum damage due to accidents, insured damages). Pre-testing was used to identify problems and improve the survey instrument. Finally, the alternatives were evaluated pair-wise by nearly 400 selected persons.

Based on the econometric analysis, the central result of the study is that more than half of the participants in this experiment are willing to pay 0.12 Rp./kWh for an extension of the insurance coverage. This is clearly above the earlier cited costs of the extension of the compensation level to four billion CHF and serves as the fundament for formulating a policy recommendation (see also citation above which “sets the scene” for the conclusion below):

“Die Differenz zwischen der MBZ und den Zusatzkosten fällt so deutlich aus, dass eine Erhöhung der Versicherungsdeckung auf 4 Mrd. Franken von der Mehrheit der Stimmbürger akzeptiert würde.”

Methodology

The “Stated Choice” approach is not exactly a “new” method. It evolved as market-research tool for evaluating consumer behavior and predicting sales of new products, starting from early eighties. From early nineties SC has been applied in a number of studies, primarily aiming at elicitation of a value from subjects for reducing health risks (e.g. Krupnick and Cropper, 1992). The study by Zweifel and Schneider is the first attempt known to the reviewer to apply the method to the nuclear insurance issue.

There is no market in which nuclear risks, health effects of pollution or environmental amenities are traded. Thus, economists must employ non-market valuation methods to infer individuals’ willingness to pay (WTP) for avoiding or reducing risks. Most studies have been conducted using contingent valuation (CV) methods.

The CV method employs surveys to ask subjects their value for avoiding or reducing specific risks. CV method was employed in all recent major studies of externalities associated with electricity supply systems. This includes the EU studies of the ExternE Program, conducted during ten years and involving 50 cases of national implementation (European Commission, 1998), the corresponding US study which contributed strongly to the establishment of the ExternE methodology (ORNL&RfF, 1994), and the China Energy Technology Program of the Alliance of Global Sustainability and ABB (Hirschberg et al., 2002a). CV was also used in EU's project on externalities in transportation (European Commission, 2000) and is also currently used in the extension of ExternE, i.e. in the NewExt project which among other goals aims at establishing a better basis for the value of year of life lost (YOLL) in EU.

The SC approach, on the other hand, is a preference-elicitation method that recognizes that commodities have value because of their attributes. It is assumed that people have preferences for different levels of these attributes and are willing to make tradeoffs among them. By including a monetary cost, these tradeoffs can be expressed in dollar terms.

The reviewer considers SC as (one) of the state-of-the-art valuation methods. Thus, there have been good reasons for employing it in the study by Zweifel and Schneider (2002). The authors consider SC to be superior to CV. However, they do not discuss the relative advantages and disadvantages of these two approaches, which in view of the dominance of CV in the major externality studies could be expected.

There is a wide literature and a very lively academic debate dealing with pros and cons of CV and SC approaches. The issue here is not to aggregate their characteristics in order to come to the conclusion that one approach wins the race since both methods potentially could give useful information when making decisions (Kriström, 1999).

Among the specific advantages of SC is that the process of explicitly trading of attributes through a series of related judgments encourages subject introspection. SC data also allow analysts to devise internal consistency checks because subjects provide answers to many questions. Thus, the analysts may systematically evaluate whether a subject's pattern of answers is plausible.

On the other hand, SC tasks are cognitively highly challenging to subjects, particularly if they are unfamiliar with some of the attributes. The experimental design may become very complex, as willingness to pay for a certain attribute is frequently not independent of the level of other attributes. Kriström (1999) points out that the economists aim at providing monetary measures of welfare change. Such measures have meaning so far one can tie them to underlying utility theory. This link is clear in the case of CV but he questions whether this is possible in the case of SC.

Finally, SC like CV elicits expressed preferences under hypothetical conditions. Subjects do not have to make a real money commitment as they would in a real market situation. Thus, they give a hypothetical answer to a hypothetical question.

On top of it also the issue to be focused on in the present study, i.e. severe nuclear accidents, is in the Swiss environment highly hypothetical. This is much different from the issue of air pollution which is here and now and which dominates the externality estimates in the above-mentioned major studies.

Implementation and Robustness of Results

The authors are to be complimented for a systematic and ambitious implementation of the SC approach. Throughout the project they have made a major effort to address emerging issues and to examine the plausibility and implications of a number of assumptions. It is in the nature of this type of study that design of the survey is critical and the interviews cannot be repeated based on a modified design as the costs would be prohibitive. As a boundary condition, there was a desire to limit the number of attributes in order to keep the survey at a reasonable level of complexity and avoid an overload on the part of the subjects.

As mentioned by the authors "the probability dimension" was not used as one of the attributes since it was considered too demanding from the cognitive point of view. However, the subjects were oriented before responding to the survey about the frequencies of hypothetical severe accidents associated with the Swiss nuclear power plants and hydropower dams. Not explicitly including these frequencies as an attribute for the alternatives was discussed and agreed on with the Advisory Group. The authors discuss this issue in the report. Nevertheless, the consequences of this exclusion for the results of the study are in the opinion of the reviewer difficult to judge.

The second major excluded attribute is "the fuel/energy carrier used for electricity generation". The argument used by the authors is that it is not the type of the process that counts but the characteristics of the product. However, some of the most relevant of these characteristics, such as Greenhouse Gas (GHG) emissions or health and environmental impacts of normal operation, have not been included among the attributes of the survey.

As stated by Scarpa (2000) the credibility commanded in the policy arena by estimates of welfare change, from hypothetical choices in CE (i.e. SC) or CV studies, ultimately depends on the degree of confidence that the policy-maker has that these choices are good approximations to the real ones¹. In the opinion of the reviewer the choices presented to the subjects by exclusion of the GHG emission and air pollution attributes do not satisfy this criterion and/or the subjects were not clearly aware what

¹ Scarpa (2000) also adds: "By this measure there are at least two reasons why serious referendum CV studies might command more credibility than CE. The first is related to the general consistency of referendum CV with markets for public goods and the low cost of introspection that respondents are expected to perform viz a viz other value-elicitation formats. The second has to do with the complexity of assumptions required to derive welfare estimates. Referendum CV can rely on the availability of a wide range of robust estimators from the parameters of the underlying utility function." This comment is related to the earlier discussion on the methodology and underlines the differences of opinion among researchers on the relative merits of the two approaches. This is, however, of no relevance for the issue of representative choices being presented to the subjects, discussed here.

these choices imply. First, on a liberalized market the consumer will be able to choose a product based on its price and other features important for him or her. If nuclear energy becomes more expensive, for example due to increased insurance policy costs, then if price is important for a particular consumer (it is for most of them), then a realistic choice would be natural gas or possibly coal (hydro is mostly more expensive and there is no potential for hydro expansion to substitute for nuclear). The two fossil options are associated with moderate to high GHG emissions and pollution damages. As such features are not among the attributes, most of the subjects have been hardly aware what are the likely consequences, would their decisions be implemented.

It is interesting to note that the authors come to the conclusion that MZB for increased internalization of the accident risks associated with hydropower is almost identical to those estimated for nuclear energy. This is a somewhat surprising result and question arises whether the hypothetical nature of the question asked, of the answers and in particular of the topic being addressed, could be a reason strongly contributing to this outcome. This is just an unsupported hypothesis; in order to test it a broader investigation would be required. It is a pity that the findings concerning hydropower are not mentioned in the Executive Summary and in the final conclusions.

Low probability-high consequence accidents

Current insurance situation

The authors correctly note that the limitation of the compensation level to one billion CHF, in case of (extremely) low probability nuclear accident leading to very high consequences exceeding this level, is a non-internalized (though hypothetical) externality. The current Swiss national legislation requires in an international comparison the second highest level of insured compensation (after USA). Furthermore, if applicable, the owner of the plant is obliged to pay the compensation beyond the insured level, based on all assets in his possession.

Generally, there are substantial gaps between the total economic effects and the compensation to be provided. The most important gaps refer to the amounts of compensation, on the one hand, and to the types of compensation to which affected parties are entitled, on the other. Calculation of the economic effects of nuclear accidents is based on a prospective approach making use of probabilistic methodologies. The approach looks at the consequences for groups of people. Compensation, on the other hand, is based upon national legal regimes which have been established for the purpose of enabling victims to receive monetary compensation for personal injury and property damage suffered as a result of an accident. This necessitates proof of causation, which in the nuclear case should be rather straightforward what regards property (e.g. land contamination) but is very complex what concerns health effects. Most latent cancers, which are expected to dominate health effects caused by a severe nuclear accident (since early fatalities will be practically negligible), would not be distinguished from the natural incidence of fatal cancers whose number in turn is overwhelmingly larger.

Very high damages could be potentially caused by hydropower accidents. Damages of the order of 20 billion CHF as a result of a hypothetical dam break in Switzerland are cited by Lafitte (1996). These monetary estimates seem to cover only the direct economic damages and consequently do not consider monetary values for loss of life. Currently, there is no general legal requirement in Switzerland on dam insurance covering possible accident consequences. However, such insurance is compulsory for dams in Wallis and Graubünden, up to the level of 200 million CHF. Other dams are not subject of such requirements. Needless to say there are no corresponding legal requirements for fossil plants.

Severe accidents in the energy sector in comparative perspective

The issue of severe accidents is not unique for nuclear energy, though it is frequently associated with nuclear power plants. Table 1 below provides a list of ten worst accidents in the energy sector worldwide in the period 1969-1996, within the damage category "immediate fatalities". "Latent fatal and non-fatal cancers", particularly relevant for the Chernobyl accident, constitute a separate category not shown in the table.

Table 1 Ten energy-related severe accidents with the highest number of immediate fatalities in the period 1969-1996 (Hirschberg et al., 1998 and 2002b).

Energy carrier	Date	Country	Energy chain stage	Fatalities
Hydro	August 1975	China	Power Plant	26'000
Oil	20.12.87	Philippines	Transport to Refinery	3'000
Oil	01.11.82	Afghanistan	Regional Distribution	2'700
Hydro	11.08.79	India	Power Plant	2'500
Hydro	27.08.93	China	Power Plant	1'250
Hydro	18.09.80	India	Power Plant	1'000
LPG	04.06.89	Russia	Long Distance Transport	600
Oil	02.11.94	Egypt	Regional Distribution	580

Oil	25.02.84	Brazil	Regional Distribution	508
Oil	29.06.95	South Korea	Regional Distribution	500

Risks associated with major accidents in the electricity sector are a much-debated issue. The comparison of different energy chains can be based on normalized indicators combining consequences (e.g. fatalities) and product (electricity in GW_eyear). Table 2 shows the number of severe accidents involving fatalities and the estimated number of immediate fatalities per unit of energy produced. Significant differences exist between the aggregated, normalized damage rates assessed for the various energy carriers. One should, however, keep in mind that from the absolute point of view the fatality rates are in the case of fossil sources small when compared to the corresponding rates associated with the health impacts of normal operation. On the world-wide basis the highest immediate fatality rates due to severe accidents apply to hydro followed by oil, coal, natural gas and nuclear. The rates are for all considered energy carriers higher for the non-OECD countries than for OECD countries. In the case of hydro and nuclear the difference is in fact dramatic. Thus, for OECD countries the performance of hydro in this context is comparable to nuclear.

Table 2 Severe accidents and immediate fatality rate indicators for major energy chains ((Hirschberg et al., 1998).

Energy Chain	Number of severe accidents world-wide 1969 - 1996	Number of immediate fatalities [per GW_eyear]		
		World-wide	OECD	Non-OECD
Coal	187	$3.4 \cdot 10^{-1}$	$1.4 \cdot 10^{-1}$	$5.1 \cdot 10^{-1}$
Oil	334	$4.2 \cdot 10^{-1}$	$3.9 \cdot 10^{-1}$	$4.6 \cdot 10^{-1}$
Natural Gas	86	$8.5 \cdot 10^{-2}$	$6.6 \cdot 10^{-2}$	$1.1 \cdot 10^{-1}$
Nuclear	1	$8.4 \cdot 10^{-3}$	0	$5.3 \cdot 10^{-2}$
Hydro	9	$8.8 \cdot 10^{-1}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	2.2

With respect to latent fatalities, particularly relevant for the nuclear chain, the Chernobyl-specific results are in view of the drastic differences in design, operation and emergency procedures not applicable to OECD countries. Given lack of statistical data, results of state-of-the-art Probabilistic Safety Assessments (PSAs) for representative western plants may be used as the reference values (they are typically in the range 0.01 - 0.1 latent fatalities per GW_eyear).

The frequency-consequence curves (Fig. 1) for the various energy chains implicitly reflect the above ranking but provide also such information as the observed or predicted chain-specific maximum extent of damages. This perspective on severe

accidents may lead to different system rankings, depending on the individual risk aversion. The curves for coal, oil, natural gas, LPG and hydro chains are based on historical accidents world-wide in the period 1969-1996 and show immediate fatalities. For the nuclear chain the immediate fatalities are represented by one point (Chernobyl) and latent fatalities by a range of values for the same accident. The results for the Swiss nuclear power plant Mühleberg originate from the plant-specific Probabilistic Safety Assessment (PSA) and reflect latent fatalities. It cannot be excluded that application of PSA to energy chains other than nuclear could lead to identification of scenarios with higher consequences than the ones reflected through operational experience. Also for solar Photovoltaic relatively large accidents might happen in connection with the production of solar cells as well as in transportation or storage of substantial quantities of toxic chemical substance used in such production. For wind plants the potential for severe accidents is small and limited to missiles from plant operation.

The Chinese hydro accident, which resulted in 26'000 fatalities, is not represented in the figure below, as it was identified last year following release of previously censored information. Economic consequences of energy-related accidents are elaborated in (Hirschberg et al., 1998).

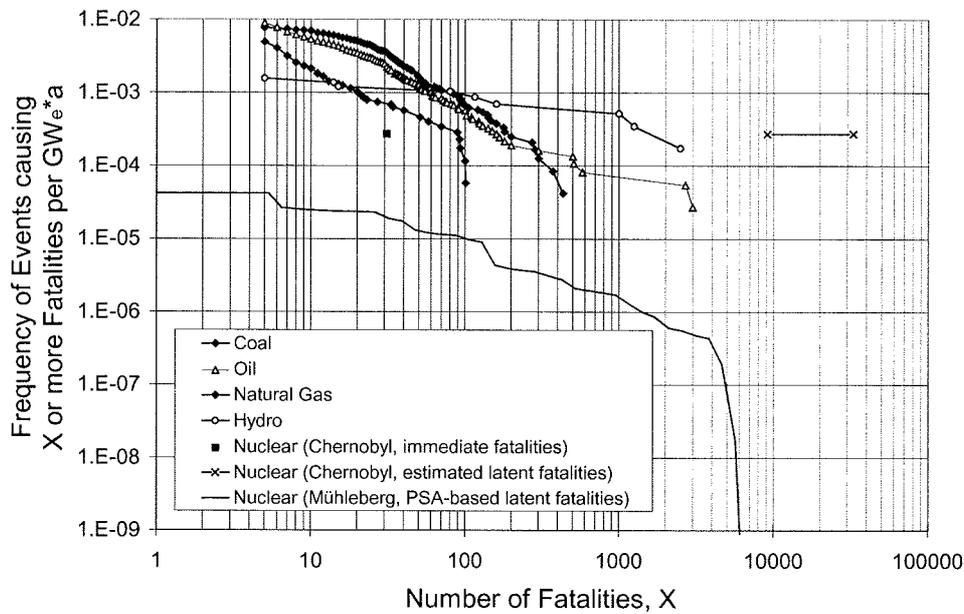


Fig. 1 Frequency-consequence curves for full energy chains worldwide (Hirschberg et al., 1998); $\text{GW}_e \cdot \text{a} = \text{GW}_e \cdot \text{year}$.

In view of the results shown above internalization of accident-related externalities is not an issue exclusively connected to nuclear power. In fact, the expectation values for major severe accident indicators are lowest for nuclear. On the other hand, based on historical experience only hydro has comparable maximum number of fatalities. Furthermore, long-term land contamination associated with the most severe nuclear accidents is a specific consequence of potential accidents when the current generation of nuclear power plants is considered.

External Costs of Nuclear and other Energy Chains

In this section it is shown that the estimated external costs of nuclear power are low both in absolute sense as well as in comparison to other major energy chains. Furthermore, the degree of internalization of nuclear externalities is high in comparison to fossil energy carriers.

Current estimates of external costs of nuclear power

All recent state-of-the-art studies employing the impact pathway approach (e.g. ExternE, US studies, PSI work) show that the quantified external costs of the nuclear energy chain are among the lowest, i.e. at comparable level with hydro and wind energy.

In relative terms the most important impacts from the nuclear chain are (in order of relative significance):

- Long-term impacts of C-14 from reprocessing (if done)
- Long-term impacts of Rn-222 from closed mill tailings
- Occupational health
- Reactor accidents

Most of these contributions practically disappear would the future impacts be discounted, even if a very low discount rate were used. From the point of view of absolute significance of these contributions there is no good reason to further minimize them. They are dominant because in the end something has to dominate at a level, which from the numerical point of view can be almost regarded as noise. The impacts affecting the public are primarily not from the power plant but rather from other parts of the chain. The contribution of C-14 can be technically eliminated as it has been done in Sellafield. The contributions from Rn-222 from mill tailings have been strongly overestimated (according to a report from Uranium Institute by a factor of 150), since neither implemented protection measures nor the (very low) population density close to the sites were considered. The contribution of severe accidents for reference plants with good safety standards is minimal.

Recent studies of external costs associated with severe reactor accidents, carried out in Switzerland and elsewhere, were examined and compared with own approach (Hirschberg, 1998). All recent analyses (which as opposed to several older ones do not use Chernobyl as the (incorrect) reference for the consequence assessment), show results below 0.1 US cents per kWh, unless risk aversion is included. The frequency-consequence curves for the Mühleberg plant are presented in Fig. 2; the consequences are expressed in terms of monetary damages. The Mühleberg costs, including health effects were estimated at 0.0012 US cents/kWh (mean), 0.0001 cents/kWh (5th percentile) and 0.0038 cents/kWh (95th percentile). These estimates reflect the extremely low probabilities associated with nuclear accidents having very severe consequences. Though some of the cost elements are disputable, also under pessimistic assumptions the expected external costs would remain at a rather insignificant level.

Degree of internalization

Nuclear shows high degree of internalization of occupational health effects. Also decommissioning and waste treatment are internalized in the price of nuclear electricity. Currently, on average 1.35 Rp./kWh is charged to cover the waste-related costs, i.e. the highest charge worldwide. This is considered necessary in view of the small size of the Swiss nuclear program. The charge corresponds to typically 25% or more of the production price. While there are some uncertainties with regard to the real costs once the conceptual solutions are to be implemented, the uncertainties in quantification of many non-nuclear externalities (such as GHG damage costs) are frequently much larger. Also decommissioning costs of the five operating units are covered by a separate fund of about 2 billion CHF.

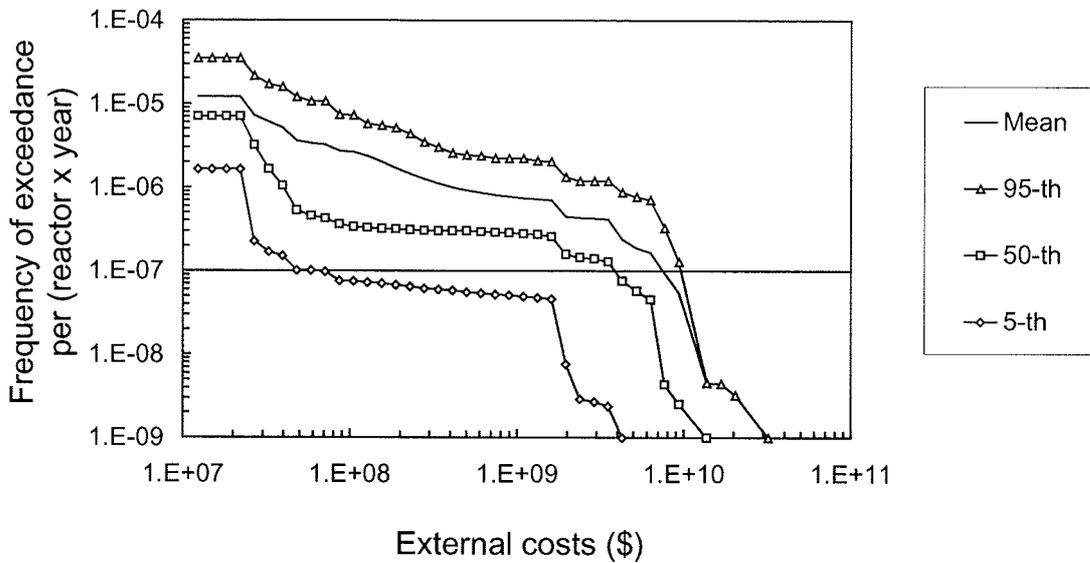


Fig. 2 Mühleberg-specific frequency of exceedance of external costs of severe accidents with radiation-induced health effects excluded [Hirschberg and Cazzoli, 1994]. The mean can be regarded as the main reference, while the 95-th percentile can be interpreted as a bounding value. The costs associated with health effects were also quantified and included in the final estimate of external costs.

There is no doubt that a significant part of nuclear costs are related to safety. As a consequence, the expectation value for damages due to hypothetical severe accidents is very low. Safety considerations in some cases contributed to escalation of the overall costs, particularly when the corresponding design changes were requested during plant construction. The extensive and frequently costly post TMI and post Chernobyl backfitting was necessary (also from the point of view of protecting the investments) to bring down the core damage frequencies (CDF) to acceptably low levels. For the two oldest Swiss plants this meant a factor of 10 - 20 reduction of CDF. The level of ambition in the Swiss backfitting is much beyond what was typically done in most other countries.

Non-environmental nuclear externalities (mostly not internalized)

Security of supply. Including this aspect in the analysis works to the advantage of nuclear, having in mind the political stability in regions rich in uranium resources and easiness of storing fresh fuel for a long time.

R&D costs. Nuclear R&D costs covered by the public were initially quite high (89 Rp./kWh in 1969). Current costs are focused on safety and wastes and are at a low level (0.0037 Rp./kWh in 1999). The corresponding costs for solar PV are: 385 CHF/kWh in 1985 and 3.93 CHF/kWh in 1999.

Resource depletion. This is a very important component, central for the discussion on sustainability. Quantifying the corresponding external costs would work strongly in favor of nuclear, particularly when not only fuel but also material consumption is considered. Furthermore, as opposed to fossil fuels, there are no essential alternative civil uses of uranium.

Issues related to acceptability of nuclear energy

Based on the state-of-the-art full scope external cost assessment, the environmental external costs of nuclear energy are low. At the same time the general public acceptance remains to be an issue. The two central issues are the possibility of extremely low probability severe accidents with extreme consequences (risk aversion), and the necessity to safely confine radioactive wastes during extremely long period of time. The first mentioned issue is in principle not unique for nuclear energy (though the character of some of the consequences is), but the public opinion or parts of it think it is nuclear-specific. Some attempts were made to factor risk aversion into the estimates of external costs. The range of these factors is very broad. Though estimates that are based on the proper interpretation of PSA-studies are significant, their inclusion in any case does not change the ranking of nuclear when total (internal plus external) costs are compared. The basis for aversion factors is disputable and the public is rather heterogeneous in this respect.

The contribution of wastes to external costs of nuclear is negligible. This results from very low doses to the public in the far future, also under quite unfavorable assumptions. The public worries about wastes though in this case risk aversion should not be relevant since as opposed to nuclear power plant severe accident issue, the consequences of accidents that can be postulated for a repository are rather limited. The central issue is the necessity of confining wastes during extremely long time, which is considered by parts of the public a burden for future generations and partially beyond absolute control.

In the external cost approach the two issues above do not come to the surface to the extent they deserve. As an alternative evaluation method multi-criteria decision analysis (MCDA) has been applied (Hirschberg et al., 2000 and 2001). It allows combining the knowledge about environmental and economic system performance with preferences, thus allowing more explicit consideration of social aspects. The purpose is not to provide a definite ranking of systems but rather to investigate sensitivity to various preference patterns manifested in the public debate and identify the most robust solutions.

Comparison of external costs of energy chains

Table 3 provides a survey of external costs results obtained in various countries of the EU (European Commission, 1998). The results were obtained using the state-of-the-art "impact pathway approach", covering all relevant stages of energy chains and all major pollutant emissions to air. With respect to the estimates of the very uncertain impacts of global warming two models were used (FUND of IVM Amsterdam and

Open Framework of ECU Oxford). The considered impacts of global warming include: health, agriculture, water supply, sea level rise, ecosystems and biodiversity, and extreme weather events.

The range of values obtained for the various countries and technologies is likely to also bound the Swiss case. For Biomass (not included in the table but of interest for Switzerland), typical values are in the range 16 - 36 mEURO/kWh, with the global warming component in the range 0 - 5.0 mEURO/kWh. For hydro power the estimates concern large dams. Damage costs associated with run-of-river plants are considered as practically negligible. For solar Photovoltaic (not represented in the table), the German result is 0.6 - 9.4 mEURO/kWh, with the global warming component in the range 0 - 8.1 mECU/kWh. Most of the nuclear results contain an in relative terms high contribution (about 60% of the total) associated with radon from uranium mill tailings; latest results for this particular contributor, based on a detailed analysis, point to the fact that it has been strongly overestimated in ExternE studies.

Table 3 Damage cost estimates for various energy chains in different European countries (mEURO/kWh). Apart from total damage costs also the global warming phenomenon contribution is showed; the latter within the parentheses (European Commission, 1998).

Country	Coal	Lignite	Oil	Natural Gas	Hydro	Wind	Nuclear
Austria	-	-	-	11-26 (9-23)	-(0.6-8)	-	-
Belgium	37-63 (18-46)	-	-	11-22 (7-19)	-	-	4-4.2 (0.1-0.2)
Germany	30-55 (16-41)	35-65 (19-49)	51-78 (17-43)	12-23 (7-19)	-	0.47-0.67	4.7-5.2 (0.3-0.9)
Denmark	-	-	-	15-30 (10-25)	-	0.9-1.3	-
Spain	48-77 (18-47)	-	-	11-22 (7-19)	-	1.8-1.9	-
Finland	20-44 (16-40)	-	-	-	-	-	-
France	69-99 (20-50)	-	84-109 (16-40)	19-31 (8-20)	6	-	2.5
Greece	-	45-82 (25-63)	24-45 (14-36)	7-13 (4-9)	5.1	2.3-2.5	0.079, 0.047
Ireland	59-84 (17-43)	-	-	-	-	-	-
Italy	-	-	34-56 (14-35)	15-27 (8-20)	3.4	-	-
Netherlands	28-56 (18-45)	-	-	9-21 (7-19)	-	-	7.3
Norway	-	-	-	8-19 (7-19)	2.3	0.5-1.1	-
Portugal	42-67 (16-40)	-	-	8-21 (8-20)	0.2-0.5	-	-
Sweden	18-42 (15-39)	-	-	-	0.04-7.2	-	-
United Kingdom	42-67 (16-41)	-	29-47 (12-30)	11-22 (7-19)	-	1.3-1.5	-

Table 4 and Fig. 3 put together the Swiss-specific internal costs and the external costs of the preceding table. (Hirschberg and Jakob, 1999). Ranges provided for the production costs reflect the actual differences between plants operating now in Switzerland². For coal and gas plants the expected direct costs would the plant be built in Switzerland today are used. The ranges for external costs are valid for current, mostly modern technologies in EU under consideration of various conditions (location, meteorology, population density). The intervals are expected to bound also the Swiss conditions. Consequently, for the purpose of establishing whether the full accounting for external costs can change the relative economic competitiveness of

² These data were published in 1999 and reflect the situation in 1997. Since that time both nuclear and partially hydro production costs have been reduced, in some cases significantly.

the various means to produce electricity, the results can be considered as representative for Switzerland.

Table 4 Summary of internal and external costs of electricity production (Hirschberg and Jakob, 1999)

Energy Carrier	Production Price (Rp/kWh)	External Cost (excluding global warming) (Rp/kWh)	Global Warming Cost Range (Rp/kWh)	Total Environmental External Cost (Rp/kWh)	Full Cost (Rp/kWh)
Hard Coal	5.7 - 7.4	0.5 - 7.8	2.6 - 8.0	3.1 - 15.8	8.8 - 23.2
Oil	5.0 - 7.2	1.6 - 10.9	1.9 - 6.9	3.5 - 17.8	8.5 - 25.0
Natural Gas	5.0 - 6.9	0.2 - 1.8	0.6 - 3.7	0.8 - 5.5	5.8 - 12.4
Nuclear Power	5.2 - 8.1	0.2 - 1.2	0.0 - 0.1	0.2 - 1.3	5.4 - 9.4
Hydro Power					
- run-of-river	3.0 - 8.0	n.a. (small)	n.a. (negligible)	n.a. (small)	3.0 - 8.5
- large dams	4.0 - 12.0	0.0 - 1.2	negligible	0.0 - 1.2	4.0 - 13.2
Wind	20.0 - 50.0	0.1 - 0.4	0.0 - 0.2	0.1 - 0.6	20.1 - 50.6
Biomass	7.0 - 25.0	2.5 - 5.0	0.0 - 0.8	2.5 - 5.8	9.5 - 30.8
Solar Photovoltaic	70.0 - 140.0	0.1 - 0.2	0.0 - 1.3	0.1 - 1.5	70.1 - 141.5

The future electricity supply systems (time horizon about 20 years) were later also studied by PSI with respect to external costs due to health and environmental impacts. The results were obtained for one specific location in Switzerland thus avoiding the issue of site-dependence which may obscure comparisons. The "impact pathway" approach was further enhanced by implementing a stronger link with the detailed LCA-inventories (Hirschberg et al., 2000; 2001). These results are not directly comparable with the ones shown for the current systems since they are based on a new set of dose-response functions for air pollutants. Furthermore, new results also crediting benefits have been reported for global warming damages and recommended for use in external cost assessments. These changes reduce the estimated damage costs for fossil systems. The numerical results, in terms of total (internal and external) costs are shown in Figure 4. For internal costs learning was credited, particularly for "new" renewables (Gantner et al., 2001). The estimated external costs are relatively low since the analyzed systems have generally a superior environmental performance in comparison with technologies typical for the current situation. They remain, however, significant in the case of fossil systems, which implies that consideration of avoided pollution damages when switching to CO₂-free systems is important also for advanced systems. For the future systems, due to the strong reduction in emissions of air pollutants from fossil power plants the relative

advantage of nuclear energy as compared with fossil plants is somewhat reduced but the ranking based on total costs is robust.

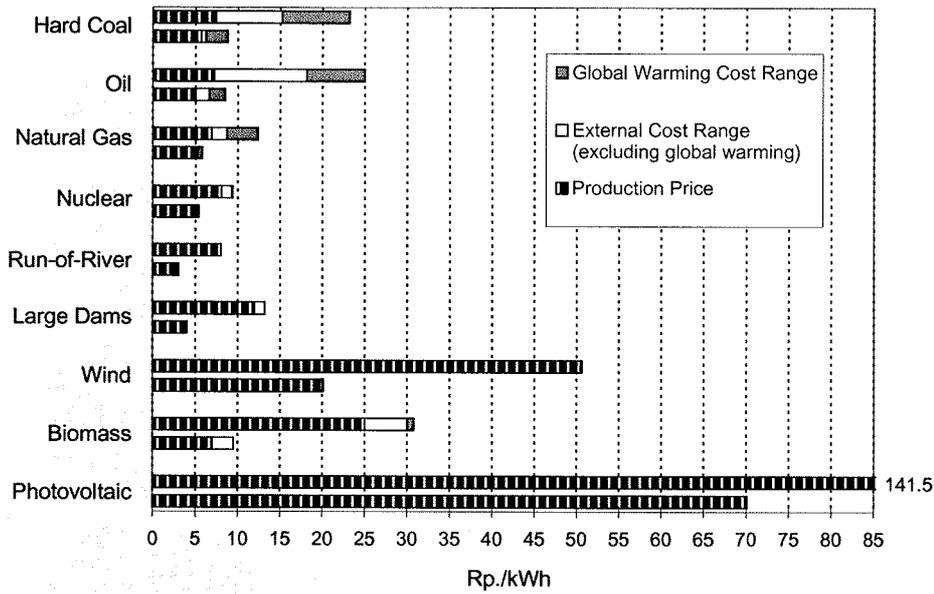


Fig. 3 Internal and external (environmental) costs of electricity production. For each energy carrier two cases are shown - one representing the lower range of values and the other representing the upper range (Hirschberg and Jakob, 1999).

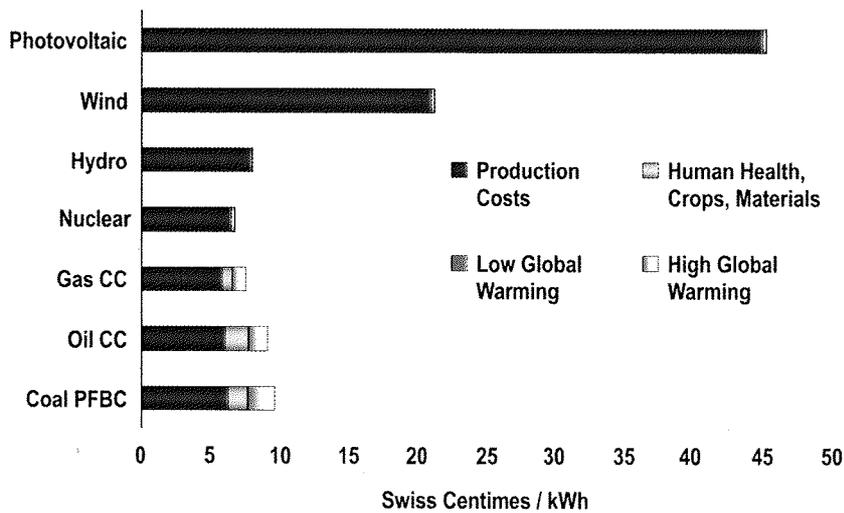


Fig. 4 Total costs of future systems under Swiss- specific conditions (Hirschberg et al., 2000&2001).

Both for current and future systems the external costs of nuclear energy are low. The contribution of severe accidents to these costs is practically negligible and smaller for nuclear than for the other major energy chains. This does not change the fact that severe accidents and waste issues remain controversial. The proposed increased

internalization of the liability component for nuclear is a cosmetic change which turns the attention away from where it should be in the context of externalities, i.e. on fossil energy chains.

Conclusions

1. The basic methodology used in the study by Zweifel and Schneider (2002) reflects the state-of-the-art. Since alternative approaches to estimate MZB are available and have been used in major externality studies, a discussion addressing also the weaknesses of the approach employed by them would be in place. All valuation methods aiming at estimation of MZB for reducing risks suffer from a common weakness - they provide a hypothetical answer to a hypothetical question. Whether the subjects really would be willing to put the money on the table when it comes to it, is another matter. In this particular case, as opposed to the issue of air pollution which is here and now and is well understood by the subjects, also the risks to be reduced are hypothetical and much more difficult to grasp.
2. The authors are to be commended for the thoroughness and high level of ambition in the implementation. Rejection of the policy recommendations based on the results of this study by no means diminishes the merits of the analytical work carried out by the authors. Some scope reductions were made in order to keep the effort on a level compatible with the available resources and avoid increase of complexity. Thus, probability (or frequency) of severe accidents as well as the specific fuel used have not been included as one of the basic attributes of the alternatives considered. Not including the probabilities was discussed and agreed on with the Advisory Group, considering the fact that orientation about the associated probabilities was provided in the introduction to the survey. The second mentioned exclusion is considered by the reviewer as potentially serious. The credibility of the results of the valuation ultimately depends on the degree of confidence the policy-maker has that the alternatives he may consider are good approximations to the real ones. In the opinion of the reviewer the consequence of not being explicit about what is the fuel/energy carrier used for generating electricity is that the choices presented to the subjects do not satisfy this criterion and/or the subjects were not clearly aware what these choices imply. First, on a liberalized market the consumer will be able to choose a product, considering its price and other features important for him or her. If nuclear energy becomes more expensive, for example due to increased insurance policy costs, and if price is important for this particular consumer (it is for most), a realistic choice for him/her would be natural gas or possibly coal (hydro is mostly more expensive and there is no potential for expansion to substitute for nuclear). These options are associated with moderate to high GHG emissions and pollution damages. As such features are not among the attributes, most of the subjects have been hardly aware what are the likely consequences, would their decisions be implemented. Apart from the inherent methodological limitations (beyond the influence of the authors), this issue puts in question the robustness of the results.

3. This review demonstrates that nuclear external costs are small both in absolute sense as well as in relation to external costs associated with other energy chains. Furthermore, the most important nuclear externalities have been internalized. Low external costs do not necessarily guarantee high level of social acceptance as some aspects important in this context are not directly addressed by externality estimates and are more readily handled by use of alternative approaches such as multi-criteria decision analysis.
4. The issue of severe accidents is not unique for nuclear power. In fact, the expectation values for major severe accident indicators are lowest for nuclear. On the other hand, based on historical experience only hydro has comparable maximum number of fatalities; long-term land contamination associated with most severe nuclear accidents is, however, a specific feature of these accidents. The estimates of external costs of nuclear severe accidents, based on state-of-the-art methods result in very small contributions. Accident liability is partially internalized for the nuclear energy in accordance with the existing legislation, while for hydro there is no general (state) insurance requirement. Is mandatory in two cantons at a much lower level than the current one for nuclear. No such requirements exist for fossil plants. The associated non-internalized externality is in the nuclear case, as also shown in the studies by Zweifel and Umbricht (2002), and Zweifel and Schneider (2002), quite insignificant. According to these results, given an extension of the insured compensation level to four billion CHF, (hypothetical) external costs corresponding to about 25 million CHF per year would be internalized at a cost of about 4 million CHF per year. This is to be compared with the total external costs in the Swiss energy and transport sector, estimated at 11 to 16 billion CHF per year (INFRAS/ECOCEPT/PROGNOS, 1996). Thus, the issue concerns internalization of an externality, which constitutes at most about 0.2% of the total external cost in the energy and transport sectors (Much Ado about Nothing?). This is a manifestation of the fact that most other major energy chains and the transport sector exhibit a significantly lower level of internalization than nuclear energy.
5. Extending insured compensation level according to the proposal means relatively small additional costs but would charge nuclear in a discriminatory manner. It would not help renewables as their economic competitiveness does not change as a result but would on a principle level favor fossil sources, thus contradicting the goals of the Swiss climate policy and security of supply priorities.
6. Since one randomly selected, quite insignificant externality has been studied as a candidate for internalization while the big ones remain to be ignored, the reviewer disagrees with the conclusion that as a result the efficiency of the Swiss economy would increase. It is recommended to focus future analyses on externalities, which according to a large number of international studies are significant and real rather than hypothetical.

References

European Commission (1998): ExternE – Externalities of Energy. ExternE Final Report, Brussels, 1998.

European Commission (2000): ExternE Core/ Transport. Final Report, No. JOS3CT-97-0015, Brussels, 2000.

Gantner, U., Jakob, M. and Hirschberg, S.: Perspectives on the Future Electricity and Heat Supply in Switzerland Ecological and Economic Analysis (in German). PSI Report No.01-12, Paul Scherrer Institut, Würenlingen and Villigen, Switzerland, 2001.

Hirschberg, S., Burgherr, P., Spiekerman, G., Cazzoli, E., Vitazek, J. and Cheng, L. (2002a): Comparative Assessment of Severe Accidents in the Chinese Energy Sector. PSI Report, to be published, Paul Scherrer Institute, Würenlingen and Villigen, Switzerland.

Hirschberg, S. and Cazzoli, E. (1994): Contribution of Severe Accidents to External Costs of Nuclear Power. ENS Topical Meeting on PSA/PRA and Severe Accidents '94, 17-20 April 1994, Ljubljana, Slovenia.

Hirschberg, S., Dones, R., and Gantner, U. (2000&2001): Use of External Cost Assessment and Multi-criteria Decision Analysis for Comparative Evaluation of Options for Electricity Supply. In Kondo, S. and Furuta, K. (Eds.), Proceedings of the 5th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM5), 27 November - 1 December 2000, Osaka, Japan (2000) 289-296. An extended version of this paper, containing the latest results based on new dose-response functions and on the recently updated CO₂ damage estimates, was published 2001 in PSI Annual Report 2000 – Annex IV.

Hirschberg, S., Gantner, U., Heck, T., Lu, Y. Spadaro, J. V., Krewitt, W., Trukenmüller, A. and Zhao, Y. (2002b): Environmental Impact and External Cost Assessment. PSI Report, to be published, Paul Scherrer Institute, Würenlingen and Villigen, Switzerland.

Hirschberg, S. and Jakob, M. (1999): Cost Structure of the Swiss Electricity Generation under Consideration of External Costs. SAE Seminar "Strompreise zwischen Markt und Kosten: Führt der freie Strommarkt zum Kostenwahrheit?", 11 June 1999, Bern.

Hirschberg, S., Spiekerman, G. and Dones, R. (1998): Severe Accidents in the Energy Sector. PSI Report No. 98-16, Würenlingen and Villigen, Switzerland, November 1998.

Krström, B. (1999): Notes on Valuation Methods. Department of Resource Economics, Swedish University of Agricultural Sciences, Umea, Sweden,

Krupnick, A. and Cropper, M. L. (1992): The Effects of Information on Health Risk Valuations. Journal of Risk and Uncertainty 5:29–48.

Lafitte, R. (1996), Classes of Risk for Dams. The International Journal on Hydropower & Dams, Issue Six.

ORNL&RfF (1994): Estimating Fuel Cycle Externalities: Analytical Methods and Issues. Report No. 2, prepared by Oak Ridge National Laboratory and Resources for the Future. Washington D.C.: McGraw-Hill/Utility Data Institute, 1994.

Scarpa, R. (2000), Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland: Comment. *Journal of Agricultural Economics* 51(1).

Zweifel, P. und Schneider, Y. in Zusammenarbeit mit M. Filippini (CEPE) (2002): Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken. Sozialökonomisches Institut Universität Zürich, Centre for Energy Policy and Economics ETH Zürich, März 2002.

Zweifel, P. und Umbricht, R. (2002): Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos – zu welchen Bedingungen? Sozialökonomisches Institut Universität Zürich, 2002.

Stellungnahme zum Kommentar von Herrn Prof. S. Borner

Die Grundkritik lässt sich zusammenfassen in der Aussage des Kommentars: „Sie (die Studie) verfehlt das anvisierte Ziel jedoch trotzdem, weil sie von einer ökonomisch falschen Fragestellung ausgeht und damit wirtschaftspolitisch irrelevant ist“ (S. 1 des Kommentars). Als Ziel der Studie wird unterstellt, „... die Akzeptanz der nuklearen Stromerzeugung zu erhöhen...“ (nochmals S. 1). Doch das tatsächliche Ziel der Untersuchung ist bescheidener, nämlich abzuklären, ob eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken mittels eines Ausbaus der vorgeschriebenen Haftpflichtversicherung der Bevölkerung wichtig genug ist, dass sie bereit wäre, den damit verbundenen Strompreisaufschlag zu bezahlen. Aus dieser Diskrepanz erklären sich im Wesentlichen die vorgebrachten Kritikpunkte.

1. Versicherungsdeckung von finanziellen Vermögenseinbussen sei irrelevant: Auf der Ebene der Modellbildung wird hier suggeriert, die im Bericht zugrunde gelegte Nutzenfunktion sei zustandsunabhängig. Dies trifft jedoch nicht zu, sondern es wurde absichtlich eine allgemeine sog. Random-Utility-Formulierung gewählt. Diese lässt zu, dass zusätzliches Vermögen (dank ausgebauter Haftpflichtversicherung) im Schadenzustand einen ganz andern (höheren) Nutzen hat als im schadenfreien Zustand. Gerade im Schadenzustand ist es wertvoll, die Kosten für die Evakuierung, die Suche nach einem neuen Arbeitsplatz usw. erstattet zu erhalten! Die Zustandsabhängigkeit begründet somit eine Zahlungsbereitschaft für Versicherungsschutz. Auf der Ebene der Untersuchungsergebnisse deutet die Auswertung der Befragung darauf hin, dass für den Ausbau der Haftpflichtversicherung tatsächlich Zahlungsbereitschaft besteht. Damit hat die Versicherungsdeckung für die Befragten offenbar doch Relevanz.

2. Kaum positive Rückkoppelung (von der Versicherungsdeckung auf die präventiven Anstrengungen der Betreiber): Mit der Ablösung der vom Bund bereit gestellten Versicherungsdeckung durch eine (ausgebaute) private dürften die Chancen steigen, dass es zu einer risikogerechten Tarifierung mit Anreizen zu (auch neuen Arten der) Prävention kommen wird. Wegen der absoluten Seltenheit von Grossschäden ist jedoch dieser Zusammenhang (glücklicherweise) nicht nachweisbar und fand deshalb – nach Absprache mit der damaligen Begleitgruppe, der Prof. Borner nicht angehörte – nicht Eingang in die Untersuchung.

3. Sicherheit ist ein öffentliches Gut: Dies trifft zunächst zu, d.h. der einzelne Konsument kann durch seine individuelle Entscheidung den Strommix und damit die generelle Sicherheit (in der Befragung: das Schadenausmass) nicht beeinflussen. Die Wahl der Haftpflichtdeckung eröffnet ihm jedoch eine individuelle Einflussmöglichkeit, deren Bedeutung vom Schadenausmass abhängt. Und schliesslich gehen die Schätzungen der Experten bezüglich des Ausmasses von Grossschäden weit auseinander, so dass der einzelne Konsument subjektiv durchaus mit verschiedenen möglichen Stromsorten konfrontiert ist. Diese Entscheidungssituation war nachzuzeichnen, denn auch wenn Abstimmungen kollektive Entscheidungen sind, stellen sie letztlich die Summe individueller Entscheidungen dar, und diese Entscheidungen werden in der Untersuchung simuliert.

4. Wir sind bereits 100% versichert!: Ob dies bei einem nuklearen Grossunfall so wie beim Bergdorf Gondo dank Intervention von Bund und Glückskette wirklich zutrifft, sei dahin gestellt. Die nachgewiesene positive Zahlungsbereitschaft für einen Ausbau der Haftpflichtversicherung lässt jedenfalls darauf schliessen, dass die Befragten nicht damit rechnet, mit Sicherheit zu 100% für finanzielle Schäden kompensiert zu werden.

5. Wo bleiben die Unfallwahrscheinlichkeiten?: Auch intelligente Personen verwickeln sich bei Veränderungen von Wahrscheinlichkeiten bekannter Weise rasch in Widersprüche. Zudem liess die Informationslage nicht zu, den Zusammenhang mit der Haftpflichtversicherung herzustellen (vgl. Punkt 2). Dieser – unbestritten wichtige – Aspekt fand deshalb in Absprache mit der damaligen Begleitgruppe nicht Eingang in die Untersuchung.

Die aufgeworfenen Kritikpunkte von Prof. Borner sind sehr verdankenswert, denn sie zeigen zwei Dinge beinahe schlaglichtartig auf: Zum einen muss man damit rechnen, dass manche Leser der Studie Erwartungen (namentlich zur Akzeptanz von Nuklearstrom) hegen werden, die enttäuscht werden müssen, und zum andern bieten auch Absprachen mit einer Begleitgruppe in Bezug auf nötige Abgrenzungen der Untersuchung nicht notwendig Gewähr für einen späteren Konsens.

Stellungnahme zum Korreferat von Herrn Dr. Stefan Hirschberg

Die wichtigsten Kritikpunkte des Korreferats sind die folgenden.

1. Methodology: Das „Stated Choice (SC)“ - Vorgehen werde gegenüber dem „Contingent Valuation (CV - Vorgehen ohne Weiteres bevorzugt, obschon SC nicht in der ökonomischen Theorie verankert sei. Tatsächlich wird die Wahl von SC nur kurz begründet. SC hat aus der Sicht der Autoren den entscheidenden Vorteil, dass die tägliche Erfahrung gut abgebildet wird: Man steht im Laden und muss zwischen Produktvarianten mit unterschiedlichen Ausprägungen von Attributen (darunter dem Preis) wählen. CV hingegen verlangt Antwort auf die Frage: Was wären Sie bereit, für ein Produkt maximal zu bezahlen? Diese Frage stellt man sich weder beim täglichen Einkauf noch bei einer Abstimmung an der Urne.

Was die theoretische Verankerung betrifft, so geht sie bereits aus der kurzen Herleitung der Marginalen Zahlungsbereitschaft im Bericht hervor: Statt den Nutzen von Güterquantitäten abhängig zu machen, wird er im Rahmen der sog. Neuen Nachfragetheorie von Güterattributen abhängig gemacht.

Beide Aspekte hätten jedoch durchaus eine ausführlichere Diskussion verdient.

2. Implementation and Robustness of Results: Wichtige Produktattribute, namentlich die Unfallwahrscheinlichkeit und die Belastung mit Treibhausgasen, seien nicht berücksichtigt worden. Der Umgang gerade mit minimalen Wahrscheinlichkeiten fällt auch intelligenten Personen sehr schwer; deshalb wurde die Wahrscheinlichkeitsdimension nach Absprache mit der Begleitgruppe nur in die Szenariobeschreibung aufgenommen. Ebenso fiel ein Entscheid, das Szenario auf den Raum der Schweiz einzuschränken, dies auch angesichts der Tatsache, dass im ersten Pretest die Unterscheidung „Erzeugung im Inland/im Ausland“ nicht zu den relevanten Attributen gehörte. Zugegebenermassen hätte dieses Ergebnis anders ausfallen können, wenn man auf die Tatsache aufmerksam gemacht hätte, dass importierter Strom teilweise fossil (d.h. mit Emission von Treibhausgasen) produziert wird. Zu bedenken ist allerdings, dass die Aufnahme zusätzlicher Attribute in die Szenarien die Befragung progressiv erschwert hätte. Deren Auswahl erfolgte zudem nicht willkürlich, sondern orientierte sich am Pretest (subjektive Bedeutung).

3. Low probability-high consequence accidents: Dieser Abschnitt scheint keine weiteren Kritikpunkte an der Studie zu enthalten. Die präsentierte Information ist sehr relevant und umfassend; es liegt in der Natur einer Befragung, dass sie nur in extrem geraffter Form in die Szenariobeschreibung Eingang finden konnte. Immerhin wurde das Schadenpotenzial von Stauanlagen (der relevanten Alternative für die Stromerzeugung im Raum der Schweiz, vgl. die Abgrenzung in Punkt 2) in der Szenariobeschreibung nicht herunter gespielt, sondern durchaus im Sinne der Fig. 1 des Korreferats geschildert.

4. External Costs of Nuclear and Other Energy Chains: Der Korreferent ruft dem Leser in kompetenter Weise in Erinnerung, dass die Ergebnisse der Studie nicht isoliert zu betrachten, sondern in den Zusammenhang mit den Externalitäten des gesamten Energiesektors zu stellen sind. Idealer Weise wäre für jeden Energieträger und für jedes Internalisierungsinstrument die Nutzen und Kosten zusätzlicher Internalisierungsanstrengungen einander gegenüberzustellen. So lange die Rangfolge der Nutzen-Kosten-Verhältnisse nicht etabliert ist, hat die in einer Studie getroffene Auswahl stets etwas Willkürliches. Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit der Internalisierung des KKW-Risikos, weil sich der Gesetzgeber mit dem Gedanken trägt, die vorgeschriebene Haftpflichtdeckung für KKW-Betreiber auszudehnen. Dabei erlaubt der vom Korreferenten angesprochene hohe Internalisierungsgrad der KKW-Risiken noch kein Urteil über die Wünschbarkeit zusätzlicher Internalisierungsanstrengungen – sie könnten durch ein besonders günstiges Nutzen-Kosten-Verhältnis gerechtfertigt sein. Der zusätzliche Nutzen wird in dieser Studie mit Hilfe der Marginalen Zahlungsbereitschaft (MZB) für die Kombination „Nuklearstrom, Internalisierung mit Haftpflichtdeckung“ erstmals beziffert, und das Nutzen-

Kosten-Verhältnis erweist sich als günstig. Vielleicht wäre es für andere Kombinationen von Energieträgern und Internalisierungsinstrumenten noch günstiger. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass in die MZB wesentlich die Risikoaversion der Individuen eingeht, die möglicherweise bei den externen Kosten von z.B. Kohle und Erdöl weniger ausgeprägt ist. Die Abklärung dieser Frage wäre zugegebenermassen eine Reihe zusätzlicher Untersuchungen wert, um die oben angesprochene Rangfolge zu ergänzen.

Das grosse Verdienst dieses Korreferats besteht darin, dem Leser immer wieder und überzeugend in Erinnerung zu rufen, dass sich die vorliegende Studie auf die Messung der Zahlungsbereitschaft für die Internalisierung der Risiken eines Energieträgers mit einem bestimmten Instrument (der Haftpflichtversicherung) beschränkt, so dass für eine abschliessende Politikempfehlung bis auf Weiteres die Vergleichsstandards fehlen (müssen).

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: Bundesamt für Energie