

Was hätte man 1960 für einen Sharan bezahlt?

Andreas Frei

Diplomarbeit
Studiengang Bauingenieurwissenschaften

Februar 2005

IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Institute for Transport Planning and Systems

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Dank

Für die Unterstützung während der Durchführung meiner Diplomarbeit möchte ich mich besonders bei den folgenden Personen bedanken:

Herrn Professor K.W. Axhausen sowie Frau Nadine Schüssler für die Betreuung während der gesamten Diplomarbeit.

Herrn Gian Carle für die zur Verfügung gestellten Daten von Eurotax.

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung, Zielsetzung und Methodik	3
2	Traditionelle Preisindizes	5
2.1	Der Preisindex allgemein	5
2.2	Die <i>match-model</i> -Methoden	5
2.2.1	Dutôts und Carlis Indexformeln – bis 1875	5
2.2.2	Laspeyres' und Paasches Index	6
2.2.3	Fishers idealer Index	7
2.3	Traditionelle Qualitätsbereinigung	8
2.3.1	Grundlagen	8
2.3.2	Verkettung mittels überlappendem Zeitraum	8
2.3.3	Der direkte Vergleich zur Korrektur von Preisdifferenzen	10
3	Der Hedonische Preisindex	12
3.1	Grundlagen	12
3.1.1	Die hedonische Funktion	13
3.2	Verfahrensansätze zur Berechnung hedonischer Preisindizes	14
3.2.1	Direkte hedonische Indizes	15
3.2.2	Indirekte hedonische Indizes	17
3.3	Der hedonische Preisindex und Automobile	20
4	Hedonischer Preisindex der Personenwagen in der Schweiz	22
4.1	Vorgehen	22
4.2	Querschnittsanalyse	22
4.2.1	Beschreibung des Datensatzes	22
4.2.2	Zusammenhang zwischen Charakteristika und dem Preis von PW	24
4.2.3	Wahl der hedonischen Funktion	29
4.2.4	Ergebnisse und Interpretationen	30
4.3	Längsschnittanalyse	46

4.3.1	Beschreibung des Datensatzes.....	46
4.3.2	Spezifikation der hedonischen Funktion	61
4.3.3	Ergebnisse und Interpretationen	62
5	Schlussfolgerungen, Bewertung und Ausblick.....	80
6	Literatur.....	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Werte der Charakteristika mit Gewichtung nach Anzahl der Fahrzeuge	23
Tabelle 2	Klassen und Durchschnittswerte der Charakteristika	24
Tabelle 3	Korrelationen der Charakteristika mit dem Preis	25
Tabelle 4	Höchste Korrelationen der Charakteristika untereinander.....	27
Tabelle 5	Ausgewählte Charakteristika nach der Korrelationsanalyse	29
Tabelle 6	Statistische Güte der verschiedenen Funktionsformen	29
Tabelle 7	Doppel-logarithmisches Modell (Querschnitt).....	33
Tabelle 8	Monetarisierte Marken und Preispremiumindexwerte	37
Tabelle 9	Vergleich der Fahrzeugpreise von Fahrzeugen der selben Produktbasis ..	39
Tabelle 10	Lineares Modell (Querschnitt)	41
Tabelle 11	Vergleich der Resultate des doppelt-logarithmischen und linearen Modells I	44
Tabelle 12	Qualitative Charakteristika der PW im Längsschnittdatensatz	46
Tabelle 12	Entwicklung der Modellreihe „Volkswagen Käfer – Golf“	48
Tabelle 13	Entwicklung der Modellreihe „Volkswagen 1500 - Passat“	49
Tabelle 14	Entwicklung der Modellreihe „Opel Olympia - Rekord – Omega“	50
Tabelle 15	Entwicklung der Modellreihe „Opel Kadett - Astra“	51
Tabelle 16	Entwicklung der Modellreihe „Opel Kapitän – Senator“	52
Tabelle 17	Entwicklung der Modellreihe „Ford Taunus – Sierra –Mondeo“	53

Tabelle 18	Entwicklung der Modellreihe „Mercedes 170 V – C-Klasse“	54
Tabelle 19	Entwicklung der Modellreihe „BMW 501 – 2800 – 730“	55
Tabelle 20	Entwicklung der Modellreihe „Audi 80 – A4“	56
Tabelle 21	Entwicklung der Modellreihe „Audi 100 – A6“	57
Tabelle 22	Entwicklung der Modellreihe „Porsche 911“	58
Tabelle 23	Realer, hedonischer Preisindex (gepoolter Längsschnitt)	67
Tabelle 24	Vergleich der Teuerung des nominalen, hedonischen Index und des amtlichen Index	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Verkettung mittels überlappendem Zeitraum	9
Abbildung 2	Verfahrensansätze zur Berechnung hedonischer Preisindizes	15
Abbildung 3	Bedürfnisstruktur Nutzfahrzeugmarkt	21
Abbildung 4	Relevanz der Marke im Kaufentscheidungsprozess nach Branchen	28
Abbildung 5	Zeitliche Aufreihung der Regressionsparameter	31
Abbildung 6	Zusammenhang der monetarisierten Marken mit der Preispremiumakzeptanz nach Göttgens (2004)	38
Abbildung 7	Monetarisierter Wert der Fahrzeugklassen	40
Abbildung 8	Vergleich der Resultate des doppelt-logarithmischen und linearen Modells II	45

Abbildung 8	Prozentuelle Veränderungen der Charakteristika von 1946 bis 2004	59
Abbildung 9	Entwicklung der Leistung pro Kubikzentimeter Hubraum.....	60
Abbildung 10	Entwicklung des Verbrauchs pro PS Leistung	61
Abbildung 11	Herkömmliche Indizes und die Inflation (2000 = 100).....	63
Abbildung 12	Hedonischer Preisindex, Daten Jahr um Jahr gepoolt (2000 = 100)	64
Abbildung 13	Analyse der Regressionsparameter (Jahr um Jahr – Schätzungen).	65
Abbildung 14	Hedonischer Preisindex (gepoolter Längsschnitt) (2000 = 100)	69
Abbildung 15	Reallohnindex und hedonischer PW-Index (geppolter Längsschnitt) (2000 = 100).....	72
Abbildung 16	PW-Kaufkraftindex in der Schweiz (2000 = 100)	73
Abbildung 17	PW-Kaufkraftindex und Indexierter PW-Bestand in der Schweiz (2000 = 100).....	74
Abbildung 18	Hedonischer Preisindex von 1906 bis 2004 (2000 = 100)	78

Diplomarbeit Studiengang Bauingenieurwissenschaften

Was hätte man 1960 für einen Sharan bezahlt?

Andreas Frei
Friedackerstr. 21
8050 Zürich

Telefon: +41 79 641 81 33
freiandr@student.ethz.ch

Februar 2005

Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der Bestimmung eines hedonischen Preisindex für Personewagen in der Schweiz von 1947 bis 2004. Unter Anwendung regressionsanalytischer Techniken versucht die hedonische Funktion die Beziehung zwischen dem Produktpreis und einzelnen Qualitätscharakteristika zu modellieren. Dadurch kann eine Trennung von Qualitätseffekten und reinen Preiseffekten herbeigeführt werden, was schliesslich die Berechnung eines qualitätsbereinigten Preisindex ermöglicht. Als Qualitätscharakteristika wurden die Motorenleistung, die Fahrzeugfläche und weitere Dummyvariablen verwendet. Für die Schweiz beträgt der berechnete reale Preisrückgang der Personewagen von 1947 bis 2004 77.6%.

Schlagworte

Hedonischer Preisindex; PW; Automobil; Konsumentenpreisindex; ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)

Zitierungsvorschlag

Frei, A. (2005) Was hätte man 1960 für einen Sharan bezahlt?, *Diplomarbeit*, IVT ETH Zürich, Zürich.

1 Problemstellung, Zielsetzung und Methodik

Eines der wichtigsten Betätigungsfelder der amtlichen Statistik ist die Berechnung von Preisindizes. Bei der Berechnung der Konsumentenpreisindizes spielt der Anschaffungspreis eines neuen Personenwagens eine gewichtige Rolle. Im Gegensatz zu vielen anderen Gütern sind im Zeitverlauf bei solchen, die einem technischen Wandel unterworfen sind, neben Preis- auch Qualitätsveränderungen festzustellen. Einem starken technischen Wandel ist auch das Personenfahrzeug unterlegen. Preisindizes sollten aber nur eine *reine* Preisentwicklung widerspiegeln und somit Qualitätsveränderungen ausklammern.

Um Qualitätsveränderungen in die Preisindexberechnung zu integrieren, werden bisher sogenannte traditionelle Methoden verwendet. Diese stossen bei Gütern mit hohen technischen Veränderungsraten und kurzen Produktlebenszyklen jedoch an ihre Grenzen und verhindern eine zuverlässige Preismessung. Diese Problematik gewann an Brisanz, als der Boskin Report (Boskin, Dulberger, Gordon, Griliches und Jorgenson, 1996) zeigte, dass Fehler in der Berücksichtigung von Qualitätsveränderungen durch hohen technischen Fortschritt den Konsumentenpreisindex stark beeinflussen und somit zu Überschätzungen der Inflation führen.

Auch Personenwagen gehören zu den Produkten mit vergleichsweise kurzen Innovationszyklen. Für solche Güter wurde in jüngerer Zeit ein anderer, sehr viel versprechender Ansatz zur Berücksichtigung von Qualitäts- und Preisänderungen diskutiert: die hedonische Preisschätzung. Diese Methode geht von der Idee aus, dass ein heterogenes Gut nichts anderes ist als eine Kombination von einzelnen Produkteigenschaften. Dabei wird im Wesentlichen untersucht, wie die Preise und die qualitativen Eigenschaften jeder einzelnen homogenen Komponente auf den Preis des untersuchten Gutes in der betrachteten Periode wirken. Der methodische Ansatz dieser Preisanalysen besteht aus dem Aufstellen eines linearen ökonometrischen Modells, dessen Parameter durch Regression geschätzt werden.

In dieser Arbeit wird mittels hedonischer Preisschätzung die Preisentwicklung der Personwagen in der Schweiz untersucht. Die Ziele dieser Arbeit sind insbesondere:

- die Qualitätseigenschaften von Personenwagen zu definieren, welche für die Käufer entscheidungsrelevant sind und diese monetär zu bewerten,
- die *reine* Preisentwicklung der Personenwagen von 1947 an zu berechnen und
- den erhöhten Aufwand für die Datenbeschaffung zu bewerten.

Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden die theoretischen Grundlagen der Bildung von Preisindizes abgehandelt und dann im zweiten Teil angewandt.

Der erste Teil ist wiederum in zwei Teile untergliedert. Kapitel 2 untersucht die traditionellen Methoden zur Preisindexberechnung, während Kapitel 3 die hedonische Methode darstellt. Zunächst wird das Hauptaugenmerk auf die klassischen Berechnungsansätze geworfen, die so genannten *match-model*-Methoden. Weiter werden die traditionellen Qualitätsbereinigungsmethoden aufgeführt, wobei das Problem der Qualitätsbereinigung ein erstes Mal auftaucht und die Schwierigkeiten der traditionellen Qualitätsbereinigungsmethoden aufgezeigt werden. Dieser theoretische Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit sondern behandelt nur denjenigen Teil der Theorie, welcher für die Methode der hedonischen Preisindizes relevant ist. Danach wird die Theorie der hedonischen Preisberechnung dargestellt.

Im zweiten Teil werden anhand einer Querschnittsanalyse der Personenwagen die kaufrelevanten Qualitätseigenschaften ermittelt und in einer Längsschnittanalyse angewandt.

Zuletzt werden die in dieser Arbeit entstandenen Erfahrungen und Schlussfolgerungen im abschliessenden Kapitel zusammengefasst.

2 Traditionelle Preisindizes

2.1 Der Preisindex allgemein

Ein Preisindex drückt als Verhältniszahl den Wert eines bestimmten Gutes in Prozent eines anderen Wertes, dem Referenzwert desselben Gutes, aus. Beispielsweise beträgt der Preisindex 120 Punkte falls der momentane Preis für einen Kaffee 1.20 Schweizerfranken beträgt und der Referenzwert bei 1.00 Schweizerfranken liegt. Solch einfache Beispiele geben aber nur bedingt ein Überblick über die Komplexität von Preisindizes.

Die Komplexität bei der Bildung von Preisindizes wird verständlicher, wenn man versucht für verschiedene Objekte, wie z.B. unterschiedliche Autos, ein Vergleich vorzunehmen. Um diese verschiedenen Objekte zusammenzufassen und ein eindeutiges Resultat zu erhalten, werden verschiedene theoretische Ansätze verwendet.

2.2 Die *match-model*-Methoden

Die *match-model*-Methoden bezeichnen die klassischen Indexformeln, die darauf basieren, dass bei den verglichenen Objekten Menge, Art und Qualität gleich geblieben sind (Bastian, Lange und Schulze, 2004, 6). Dadurch wird sichergestellt, dass gleiches mit gleichem verglichen wird und sich der Index nur auf reine Preisveränderungen bezieht.

2.2.1 Dutôts und Carlis Indexformeln – bis 1875

Eine der ältesten Indexformeln ist von Dutôt (Balastèr, 1990, S.6):

$$I_D = \frac{\sum_{i=1}^n a_i p_{i1}}{\sum_{i=1}^n a_i p_{i0}} .$$

a_i bezeichnet die Menge des Gutes i und p_{i1} den Preis des i -ten Gutes zum Zeitpunkt 1 bezeichnet. p_{i0} bezeichnet den Preis des i -ten Gutes zur Berichtsperiode 0. Die Mengeneinheit a beträgt bei Dutôts Index normalerweise 1. Dieser Index gibt also das Verhältnis der Ausgaben

an, wenn zu beiden Zeitpunkten von jedem Gut genau ein Stück gekauft worden wäre. Das Problem liegt bei dieser Indexberechnung in der Gewichtung der einzelnen Güter, die durch die Wahl der Mengeneinheit bestimmt wird.

Die Indexformel nach Carlis umgeht das Problem der Festlegung der Mengeneinheiten. Sie misst die Teuerung anhand des mittleren Preisanstieges (Balastèr, 1990, S.6):

$$I_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{p_{i1}}{p_{i0}} .$$

Die Formel von Carlis ist ein Spezialfall der Formel von Dutôt, wenn $a_i = 1/p_{i0}$ gesetzt wird. Das Verhältnis der Preise ist in dieser Formel unabhängig von der Mengeneinheit. Carlis Formel bezeichnet die Ausgabenveränderung für jene Güter, die jeweils in der Basisperiode genau eine Währungseinheit gekostet haben. Kritisch an der Formel von Carlis ist, dass die Gleichverteilung der Ausgaben auf die Güter sich insofern auf den Index auswirkt, als dass der Miteinbezug vieler Güter mit besonders starker Teuerung, respektive besonders schwacher Teuerung, den Index stark verändert.

2.2.2 Laspeyres' und Paasches Index

Wie im Abschnitt 2.2.1 klar wurde, ist eine Index-Formel gesucht, die nicht auf die Zahl der unterschiedlichen Güter reagiert und die Annahme der gleichen Ausgabenanteile überwindet.

Diejenigen Indexformeln, die diese Voraussetzungen erfüllen, werden Indexformeln mit objektivierten Gewichten genannt.

Die gebräuchlichsten dieser Indexformeln sind die Formeln nach Laspeyres und Paasche.

Laspeyres' Index

Konstitutiv für Laspeyres' Index ist, dass als Gewichte die im Ausgangszeitpunkt der Indexberechnung umgesetzten Gütermengen dienen (Balastèr, 1990, S.7). Formal bedeutet das:

$$I_L = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} q_{i0}}{\sum_{i=1}^n p_{i0} q_{i0}} .$$

Mit dieser Formel kann eine präzise Aussage gemacht werden: der Mehrpreis eines in der Basisperiode erworbenen Güterbündels in der Beobachtungsperiode.

Paasches Index

Im Gegensatz zu Laspeyres' Index liegen dem Index von Paasche nicht die Mengen an Gütern der Basisperiode zugrunde sondern die Menge an Gütern der Beobachtungsperiode (Balastèr, 1990, S.10):

$$I_L = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} q_{it}}{\sum_{i=1}^n p_{i0} q_{it}} .$$

Nun stellt sich die Frage, inwiefern sich die Indexformeln von Laspeyres und Paasche unterscheiden. Aus der Sicht des nutzenmaximierenden Kunden werden bei gleich bleibendem Budget wohl diejenigen Waren bevorzugt, welche relativ zur gesamten Teuerung billiger geworden sind. Somit sollte der Laspeyres-Index immer einen gleichgrossen bis höheren Wert haben als der Paasche-Index. Nimmt man an, was sehr wahrscheinlich ist, dass es Güterbündel gibt, welche den gleichen Nutzen haben, wie das der Basisperiode, werden nur diejenigen Güterbündel gekauft, welche höchstens den Preis desjenigen aus der Basisperiode haben. Somit stellt der Laspeyres-Index eine obere Grenze für den Index dar und der Paasche-Index eine untere Grenze.

2.2.3 Fishers idealer Index

Wie im Abschnitt 2.2.2 gezeigt wurde, gibt es zwischen den beiden Indexformeln nach Laspeyres und Paasche fast immer eine Differenz. Fishers idealer Index basiert auf dieser Differenz. Er ist das geometrische Mittel der beiden Indizes (Balastèr, 1990, S.13):

$$I_F = \sqrt{\frac{\sum p_{i1} q_{i0} * \sum p_{i1} q_{i1}}{\sum p_{i0} q_{i0} * \sum p_{i0} q_{i1}}} .$$

Es kann gezeigt werden, dass unter Annahme einer quadratischer Nutzenfunktion nach Konjunktus-Byusheger Fishers idealer Index dem Lebenshaltungskostenindex genau entspricht (Balastèr, 1990, 14).

2.3 Traditionelle Qualitätsbereinigung

2.3.1 Grundlagen

Im Abschnitt 2.2 wurden Indizes vorgestellt, denen zwei Güterbündel zugrunde liegen, die sich in Menge, Art und Qualität nicht unterscheiden sollten. Mengen- und Artunterschiede wurden bereits diskutiert. Die Änderung in der Qualität eines Produktes wurde bei der bisherigen Theorie der Indizes aber nicht behandelt. Unter Qualitätsänderungen sollen hier alle Änderungen in der Beschaffenheit eines Gutes verstanden werden, die dessen Nutzen beeinflussen (Kunz, 1971, 24).

Der Faktor, der die Qualitätsänderung eines Gutes misst, wird g genannt. Dieser Faktor kann, je nachdem ob die Qualität steigt ($g \geq 1$), sinkt ($g \leq 1$) oder gleich bleibt ($g = 1$), einen Wert $g \geq 0$ annehmen. Beim Übergang auf eine neue Qualität muss also die Preisreihe der Basisperiode mit g multipliziert werden, um zwei vergleichbare Reihen zu erhalten.

Es gibt zwei klassische Methoden, um Qualitätsänderungen zu erfassen:

- die Verkettung mittels überlappendem Zeitraum und
- die Ankettung mit Hilfe eines Korrekturfaktors.

Diese Methoden sind zugleich Verfahren zur Bestimmung von g .

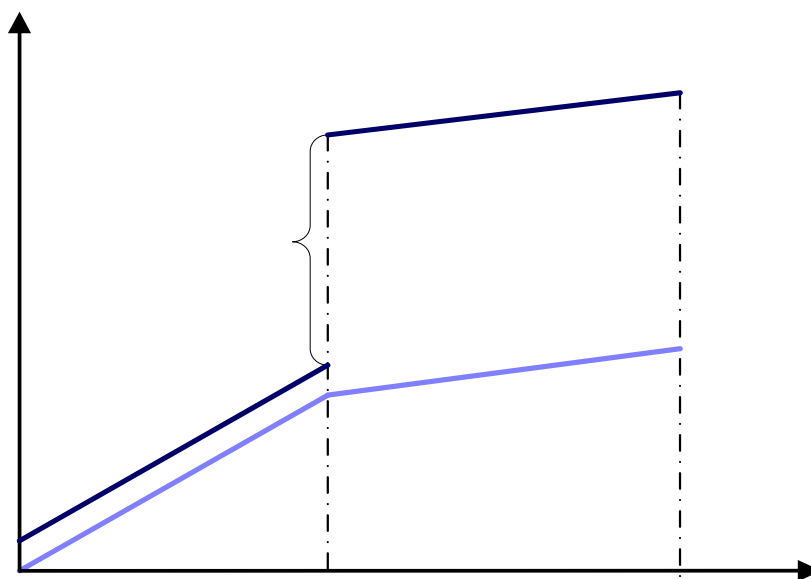
2.3.2 Verkettung mittels überlappendem Zeitraum

Wenn neben Produkten, die sich in der Qualität verändert haben (Produkt a), auch Produkte bestehen, die qualitativ gleich geblieben sind (Produkt b), dem Produkt a aber ähnlich sind, kommt das Verfahren der Verkettung mittels überlappendem Zeitraum in Betracht. Die Messreihe, der das Produkt a zugrunde gelegen hat, kann mit Hilfe der Preisentwicklung von b fortgeschrieben werden. Damit aber die Verknüpfung der beiden Produkte erfolgen kann, bedarf es zweier Voraussetzungen:

- Für beide Produkte müssen Preise vor der Qualitätsänderung von a vorhanden sein.
- Es muss unterstellt werden können, dass die Preisdifferenz von a zu b zum Zeitpunkt der veränderten Qualität von a in etwa dem Qualitätsunterschied entspricht.

Wenn beide dieser Voraussetzungen erfüllt sind, dann ist $g = p_t^b / p_t^a$. In Abbildung 1 ist das Vorgehen der Verkettung mittels überlappendem Zeitraum grafisch dargestellt.

Abbildung 1 Verkettung mittels überlappendem Zeitraum



Das Problem bei diesem Verfahren liegt darin, den richtigen Zeitraum zu finden, in dem der überlappende Zeitraum liegt. Wenn die Berechnung der Preisreihe des Produktes a zu früh unabhängig vom Produkt b erfolgt, hat das Produkt a unter Umständen noch zu geringe Marktbedeutung oder ist noch zu teuer und unterliegt somit später einem Preiszerfall.

Bei einer zu späten Umstellung auf eine unabhängige Preisreihe von Produkt a kann der Einfluss von Produkt b zu hoch sein, obwohl diese Produktvariante schon vom Markt verschwunden ist und somit schon einen Preiszerfall erlebt hat.

Die Verkettung mittels überlappendem Zeitraum hat bei einer falschen Wahl des Zeitfensters der Überlappung grosse Probleme wirklichkeitsgerechte Preisindizes zu produzieren. Zudem ist die Berechnung einer genauen Überlappung mit hohem Aufwand verbunden.

2.3.3 Der direkte Vergleich zur Korrektur von Preisdifferenzen

Wenn für verschiedene Qualitäten eines Gutes keine überlappenden Preisreihen vorhanden sind, können Korrekturfaktoren geschätzt werden. Der direkte Vergleich zur Korrektur von Preisdifferenzen vergleicht, wie sein Name impliziert, zwei Preisreihen direkt mit einander und passt die Basispreise an die Qualitätsveränderung durch Multiplikation mit dem zu schätzenden Korrekturfaktor g an.

Wenn bei technischen Artikeln Zubehörteile in das neue Modell serienmässig integriert werden und somit zum Preis des Produktes zugehörig sind ist die Schätzung von g relativ einfach. Da diese Zubehörteile einen eigenen Marktpreis besitzen, kann g ziemlich einfach geschätzt werden.

Schwieriger wird aber eine Schätzung von g , wenn Qualitätsänderungen die oben aufgeführten Bedingungen nicht erfüllen. Nimmt man z.B. an, dass bekannt ist, dass eine qualitative Änderung an einem Produkt auch einen nutzenstiftenden Charakter für den Kunden hat und dass sich dieses qualitative Merkmal um $x\%$ verändert. Um wie viel % ändert sich dann der nutzenstiftende Charakter des ganzen Gutes? Eine Regressionsanalyse drängt sich bei dieser Frage eigentlich auf, ist aber erst Bestandteil der hedonischen Preisindizes. Beim direkten Vergleich zur Korrektur von Preisdifferenzen versucht man, dieses Problem mit elementaren Berechnungsmethoden zu lösen. Eine Methode ist, mittels proportionalen Beziehungen eine solche Qualitätsveränderung und somit den Korrekturfaktor zu schätzen, wobei dies aber nur dann möglich ist, wenn das Produkt durch ein Merkmal, das alleine qualitätsbestimmend ist, dominiert wird. Eine andere Möglichkeit wäre, anhand der Herstellungskosten den Korrekturfaktor g zu schätzen. Diese Methode scheitert aber oft am Fehlen von Informationen seitens der Hersteller, die natürlich bestrebt sind, Preiserhöhungen möglichst auf Qualitätsveränderungen zurückführen zu können.

Die Bestimmung von g ist in diesem Verfahren ohnehin nicht genau definiert. Dies ist ein zentrales Problem der Qualitätskorrektur von Preisindizes. Bei praktisch allen Gütern sind über Jahre hinweg Qualitätsveränderungen festzustellen. Die erste Frage, die sich also stellt, ist, ab wann eine Qualitätsveränderung tatsächlich vorhanden ist. Umfasst dieser Begriff die geringste Änderung im Nutzwert eines Gutes oder gibt es gewisse Toleranzgrenzen, welche überschritten werden müssen, bevor von einer Qualitätsänderung gesprochen werden kann.

In der amtlichen Preisstatistik werden geringfügige Qualitätsveränderungen ($g \approx 0$) bei traditionellen Qualitätsbereinigungsmethoden nicht berücksichtigt. Gerechtfertigt wird dieses da-

durch, dass Qualitätsbereinigungen von Preisreihen immer auch mit Unsicherheiten verknüpft sind und daher eine Qualitätsbereinigung nur bei nicht geringfügigem Ausmass der Qualitätsveränderung vertretbar ist (Kunz, 1971, 27).

Die Frage nach dem nicht geringfügigen Ausmasses einer Qualitätsveränderung wurde bisher jedoch nicht beantwortet. Es sind aber Verfahren in praktischer Anwendung, mit denen versucht wird, dieses Problem zu lösen. In den USA besteht die Vorschrift, Qualitätsänderungen zu ignorieren, solange ein Gut der vom Bureau of Labour Statistics gegebenen Beschreibung entspricht (Kunz, 1971, 27).

Bei Nichtausschaltung von geringen Qualitätsveränderungen kann es über lange Zeitstrecken zu einer Kumulierung der Fehler kommen. Über lange Zeitdauern hinweg können so geringe Qualitätsveränderungen zu wesentlichen qualitativen Unterschieden führen. Diese machen sich vor allem bei Preisindizes für lange Zeiträume bemerkbar und lassen herkömmliche Verfahren zur Bildung von Preisindizes scheitern.

3 Der Hedonische Preisindex

3.1 Grundlagen

Neben den traditionellen Qualitätsbereinigungen wurde ein anderer, sehr viel versprechender Ansatz zur Berücksichtigung von Qualitätskorrekturen und Preisänderungen bereits zwischen den Weltkriegen vorgestellt: die hedonische Preisschätzung (Court, 1939).

Der hedonische Ansatz basiert auf der Annahme, dass sich ein Gut aus einem Bündel von einzelnen, nutzenstiftenden Charakteristika, den Qualitätscharakteristika, zusammensetzt. Die hedonische Funktion eines Gutes X wird durch seine Qualitätsmerkmale x_i beschrieben: $X = f(x_1, \dots, x_K)$. Ein hedonischer Preisindex wird als solcher bezeichnet, wenn er auf einer hedonischen Funktion beruht. Zwischen den Qualitätsmerkmalen und dem Preis dieses Gutes wird eine positive lineare Abhängigkeit unterstellt:

$$P_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^K \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i .$$

Die Zielgrösse P_i bezeichnet den Preis der i -ten Variante des betrachteten Gutes, β_0 ist eine Konstante, X_{ij} der Wert des j -ten Qualitätsmerkmals der i -ten Produktvariante, und die β_j 's sind deren Regressionsparameter. Der Wert der geschätzten Regressionsparameter gibt den Beitrag jedes Qualitätsmerkmals zur Zielgrösse, dem Produktpreis an. Die Zielgrösse kann durch die Qualitätsmerkmale und die dazugehörigen Regressionsparameter bis auf eine Abweichung ε_i beschrieben werden.

Durch die Schätzung der hedonischen Funktion mittels Regressionsanalyse können die Auswirkungen von Qualitätsveränderungen eines Gutes auf dessen Preis untersucht werden. Aus den Regressionsparametern lässt sich der implizite Preis der einzelnen Qualitätsmerkmale ableiten. Dadurch kann eine beobachtete Preisveränderung eines Gutes in qualitative Veränderungen und in reine Preiseffekte zerlegt werden. Mit dieser Zerlegung lässt sich ein qualitätsbereinigter hedonischer Preisindex berechnen.

3.1.1 Die hedonische Funktion

Die Wahl der hedonischen Funktion richtet sich vor allem nach praktischen Gesichtspunkten. Dabei spielt die Interpretierbarkeit der Ergebnisse eine sehr wichtige Rolle. In der Vergangenheit haben sich deshalb in hedonischen Studien vier verschiedene Ansätze für die hedonische Funktionen durchgesetzt (Brachinger, 2002, 3).

Die einfachste Annäherung ist die gewöhnliche **lineare Funktion**:

$$p = \beta_0 + \sum_{j=1}^K \beta_j x_j$$

mit den hedonischen Preisen $\frac{\partial p}{\partial x_j} = \beta_j$.

Der Regressionsparameter β_k stellt die marginale Veränderung des Preises auf Grund einer Veränderung der k-ten Charakteristik des Gutes dar.

Eine andere Annäherung wird durch eine **exponentielle Funktion** erreicht:

$$p = \beta_0 \prod_{j=1}^K \exp(\beta_j x_j)$$

oder

$$\ln p = \ln \beta_0 + \sum_{j=1}^K \beta_j x_j$$

mit den hedonischen Preisen $\frac{\partial p}{\partial x_j} = \beta_j p$.

In der exponentiellen Funktion kann der Regressionsparameter β_k als Wachstumsrate interpretiert werden. Der Parameter bezeichnet die Rate der Zunahme des Preises bei einem bestimmten Niveau, welches durch das Qualitätsmerkmal gegeben ist.

Die dritte Annäherung erfolgt durch eine **doppel-logarithmische Funktion**.

$$p = \beta_0 \prod_{j=1}^K x_j^{\beta_j}$$

oder

$$\ln p = \ln \beta_0 + \sum_{j=1}^K \beta_j \ln x_j$$

mit den hedonischen Preisen $\frac{\partial p}{\partial x_j} = \frac{\beta_j}{x_j} p$.

Der Regressionsparameter β_j ist in dieser hedonischen Funktion als eine partielle Elastizität zu interpretieren. β_j gibt an, um wie viel Prozent der Preis p sich bei einem gewissen Niveau verändert, wenn das k -te Qualitätsmerkmal sich um ein Prozent ändert.

Eine vierte und letzte Annäherung ist die **einfach-logarithmische** Funktion

$$p = \beta_0 + \sum_{j=1}^K \beta_j \ln x_j$$

mit den hedonischen Preisen $\frac{\partial p}{\partial x_j} = \frac{\beta_j}{x_j}$.

3.2 Verfahrensansätze zur Berechnung hedonischer Preisindizes

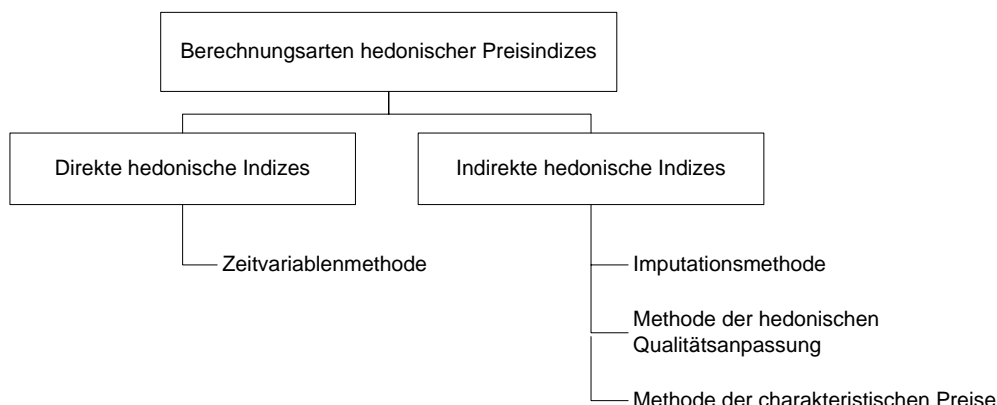
Bei hedonischen Methoden wird zwischen direkten hedonischen Indizes und indirekten hedonischen Indizes unterschieden (Triplett, 2001, III 2).

Die direkten hedonischen Indizes lassen sich direkt aus der hedonischen Funktion ermitteln.

Die indirekten hedonischen Indizes setzen sich aus traditionellen Methoden und der hedonischen Funktion zusammen. Güter, bei denen keine qualitativen Veränderungen zur Vorperiode festzustellen sind, fließen direkt in traditionelle Preisindexberechnungen ein. Bei Gütern, die im Laufe einer Periode starken qualitativen Veränderungen unterworfen oder nicht mehr auf dem Markt erhältlich sind, wird mit Hilfe der hedonischen Funktion ein qualitätsbereinigter Preis ermittelt, welcher dann in die Berechnung des traditionellen Preisindex einfließt.

Es lassen sich vier Verfahrensansätze zur Berechnung von hedonischen Preisindizes unterscheiden. Diese sind in Abbildung 2 aufgelistet (Triplett, 2001, III).

Abbildung 2 Verfahrensansätze zur Berechnung hedonischer Preisindizes



3.2.1 Direkte hedonische Indizes

Die Zeitvariablenmethode

Die Zeitvariablenmethode (*time-dummy-variable-method*) ist die am häufigsten verwendete Methode, um hedonische Preisindizes zu bestimmen (Triplett, 2001, III 8). Bei der Zeitvariablenmethode lassen sich Preisindizes direkt aus der Regressionsanalyse heraus bestimmen. Die Zeitvariablenmethode basiert auf einer gepoolten Schätzung von Querschnittsdaten, in die Preis-Qualitäts-Beobachtungen aus dem gesamten Beobachtungszeitraum eingehen. Das Pooling kann für zwei aufeinander folgende Perioden aber auch für mehrere Perioden erfolgen. Um mit dieser Methode einen Preisindex zu ermitteln, werden neben den Variablen der Produktcharakteristika (X_{ijt}) eine oder mehrere Zeit-Dummy-Variablen (Z_{it}) wie folgt in die Regression eingeführt:

$$\ln P_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^K \beta_j \ln X_{ijt} + \sum_{t=1}^{T-1} \delta_t Z_{it} + \varepsilon_{it} .$$

Die Zeit-Dummy-Variablen repräsentieren die Periode der Preiserhebung. Die erste Zeitvariable Z_{i1} nimmt den Wert 1 für jedes Gut i an, wenn dessen Preis in $t = 1$ erhoben wurde, ansonsten beträgt der Wert 0. Die Regression enthält keine Zeitdummy für die Periode 0, da diese die Basisperiode darstellt, von der aus die Preisänderungen untersucht werden sollen.

Bei Anwendung der Zeitvariablenmethode ergibt sich die qualitätsbereinigte Preisänderung aus der Gegenüberstellung der geschätzten hedonischen Funktionen der Basis- und Berichtsperiode. Zieht man beide Gleichungen voneinander ab, ergibt sich:

$$\ln \hat{P}_t - \ln \hat{P}_0 = \hat{\delta}_t.$$

Da die logarithmische Subtraktion auch wie folgt geschrieben werden kann

$$\ln\left(\frac{\hat{P}_t}{\hat{P}_0}\right) = \hat{\delta}_t,$$

ist der Koeffizient der Zeitvariable $\hat{\delta}_t$ in der Lage, das Verhältnis zwischen der Basis- und der Berichtsperiode bei Konstanz der Qualitätscharakteristika darzustellen. Er beinhaltet sämtliche Preisveränderungen, die nicht durch die Veränderung der Produktcharakteristika erklärt werden können und misst somit die durchschnittliche, reine Preisänderung innerhalb der beobachteten Periode. Im Fall einer, wie hier vorliegenden, doppel-logarithmischen hedonischen Funktion repräsentiert $\hat{\delta}_t$ die prozentuale Veränderung des Preises über die Zeit. Der hedonische Preisindex der Periode t relativ zur Periode 0 ergibt sich schliesslich aus dem Antilogarithmus des geschätzten Koeffizienten der Zeitvariablen:

$$I_{0t} = \exp(\hat{\delta}_t) = \left(\frac{\hat{P}_t}{\hat{P}_0}\right).$$

Neben der Möglichkeit, den Index direkt aus dem Koeffizienten der Zeitvariablen abzuleiten, liegt ein weiterer Vorteil dieser Methode in der maximalen Nutzung des Stichprobenumfangs. Da mit der Zeitvariablenmethode nur eine hedonische Funktion geschätzt werden muss, kann die Zeitvariablenmethode mit relativ geringem Aufwand gegenüber anderen hedonischen Methoden angewandt werden. Die Nachteile dieser Methode liegen vor allem darin, dass jedes Gut als gleichwertig behandelt wird. Diesem Nachteil kann aber mit gewichteten Daten entgegengewirkt werden. Ein weiterer Nachteil liegt darin, dass die Koeffizienten über den gepoolten Zeitraum konstant bleiben, was nicht der Wirklichkeit entsprechen muss. Jedoch ist beim Pooling der Daten für zwei direkt aufeinander folgende Perioden die Annahme von gleich bleibenden Koeffizienten vertretbar.

3.2.2 Indirekte hedonische Indizes

Bei den indirekten hedonischen Methoden wird der Preisindex nicht direkt aus der hedonischen Regressionsgleichung ermittelt. Auch wird für jede Periode eine separate hedonische Regressionsgleichung geschätzt.

Die Imputationsmethode

Die Imputationsmethode bedient sich der traditionellen *match-model*-Methode bei der Berechnung eines Preisindex. Diese Verfahren setzen voraus, dass der Warenkorb der Berichtsperiode mit dem Warenkorb der Basisperiode in folgenden Punkten übereinstimmt: Menge, Art und Qualität. Produkte, welche diese Bedingungen erfüllen, fließen direkt in die Berechnung nach der traditionellen Methode ein. Für die „verschwundenen“ und „neuen“ Güter wird ein imputierter Preis berechnet, mit dem sie in die Berechnung nach der traditionellen Methode einfließen.

Der imputierte Preis wird aufgrund der hedonischen Funktion der jeweiligen Periode berechnet. Die geschieht, indem die Preise der „verschwundenen“ oder der „neuen“ Güter durch deren Charakteristika und den Regressionsparameter der hedonischen Funktion geschätzt werden.

Eine „Paasche-Variante“ eines Imputationsindex kann folgendermassen dargestellt werden:

$$I_{0t}^{(Paasche)} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{ti} Q_{ti} + \sum_{i=N}^K P_{ti} Q_{ti}}{\sum_{i=1}^N P_{0i} Q_{ti} + \sum_{i=N}^K \hat{P}_{0i} Q_{ti}}$$

Die Preise für die Güter 1 bis N sind beispielsweise in der Basisperiode und in der Berichtsperiode bekannt. Die Preise N bis K müssen aber, da sie für die Basisperiode nicht bekannt sind, geschätzt werden, indem die Charakteristika dieser Güter in die hedonische Preisgleichung der Basisperiode eingesetzt werden.

Eine „Laspeyres-Variante“ würde folgendermassen aussehen:

$$I_{0t}^{(Laspeyres)} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{ti} Q_{0i} + \sum_{i=N}^K \hat{P}_{ti} Q_{0i}}{\sum_{i=1}^N P_{0i} Q_{ti} + \sum_{i=N}^K P_{0i} Q_{ti}}$$

Die Vorteile der Imputationsmethode gegenüber den traditionellen Preisindexberechnungsmethoden liegen vor allem darin, dass bei der Imputationsmethode sämtliche Preisbeobachtungen verwendet werden können. Die Nachteile bestehen im grossen Aufwand bei der praktischen Anwendung.

Die Methode der hedonischen Qualitätsanpassung

Wie die Imputationsmethode verwendet auch die Methode der hedonischen Qualitätsanpassung die konventionelle *match-model*-Methode. Preisbeobachtungen von Produkten, die in beiden Perioden vorhanden sind, fliessen ebenfalls direkt in die Indexberechnung nach der traditioneller Methode ein. Im Gegensatz zur Imputationsmethode, schätzt sie aber keine fehlenden Preise, sondern bereinigt beobachtete Preise.

Zur Bereinigung der beobachteten Preise werden die Merkmalsunterschiede der neuen und alten Produkte herangezogen. Durch die Regressionskoeffizienten der hedonischen Funktion lassen sich diese Unterschiede monetarisieren. Die monetarisierten Unterschiede werden von den beobachteten Preisen abgezogen, um einen qualitätsbereinigten Preis zu erhalten. Der qualitätsbereinigte Preis kann nun dem Preis der alten Variante gegenübergestellt werden. Die daraus resultierende Preisdifferenz beinhaltet dann nur noch den reinen Preisunterschied. Die Berechnung des Preisindex erfolgt schliesslich nach traditionellen Methoden.

Die Preisbereinigung lässt sich folgendermassen darstellen, falls sich das alte Produkte von dem neuen Produkt nur in einer Charakteristik unterscheidet: $\Delta X = X_t - X_0$. Der beobachtete Preis wird somit um $\Delta P_Q = \beta * \Delta X$ gemindert, um den qualitätsbereinigten Preis zu erhalten.

Mit der Methode der hedonischen Qualitätsanpassung werden die Preisveränderungen in Qualitätskomponenten (ΔP_Q) und eine reine Preiskomponenten (ΔP_r) aufgeteilt.

Die Vor- und Nachteile dieser Methode sind denen der Imputationsmethode sehr ähnlich. Kommt es bei einer grossen Anzahl von Produkten mit verschiedenen Qualitätscharakteristika zu Modellveränderungen zwischen Perioden, dann ist eine Bestimmung aller Veränderungen mit sehr grossem Aufwand verbunden.

Die Methode der charakteristischen Preise

Wie bereits erwähnt wurde, unterscheidet der hedonische Ansatz zwischen dem Preis der Qualität und dem Preis des Produktes. Die bisher erwähnten indirekten hedonischen Methoden basieren auf den Preisen des Produktes. Die Methode der charakteristischen Preise benutzt die Preise der Qualität, also, wie bereits der Name suggeriert, die „charakteristischen“ Preise.

Dazu werden zunächst die durchschnittlichen Werte der Qualitätscharakteristika berechnet, die in die Regressionsgleichung der jeweiligen Periode eingehen. Danach lässt sich ein dem Laspeyres-Typ ähnlicher Preisindex (basierend auf einer doppellogarithmischen Preisgleichung) wie folgt darstellen:

$$I_{0t}^{(Laspeyres)} = \frac{\exp(\hat{\beta}_{t0} + \sum_{j=1}^K \hat{\beta}_{tj} \ln \bar{X}_{0j})}{\exp(\hat{\beta}_{00} + \sum_{j=1}^K \hat{\beta}_{0j} \ln \bar{X}_{0j})}$$

Der Zähler des Preisindex berechnet den Wert eines Produktes mit typischen Charakteristika der Basisperiode zu „charakteristischen“ Preisen der Berichtsperiode. Daneben nimmt der Nenner die gleiche Bewertung zu „charakteristischen“ Preisen der Basisperiode vor. Für die Berichtsperiode wird also ein theoretischer Durchschnittspreis errechnet, der sich ergeben würde, wenn sich die durchschnittliche Qualität von der Basis- zur Berichtsperiode nicht verändert hätte. Prinzipiell ist dieses Vorgehen vergleichbar mit einer Imputation des in der Berichtsperiode nicht auffindbaren Preises des Durchschnittsproduktes der Basisperiode.

Dieser Index gibt an, um wieviel Prozent der Preis der konstruierten Durchschnittsqualität, bewertet zu Preisen der Berichtsperiode, allein infolge einer reinen Preissteigerung vom Durchschnittspreis der Basisperiode abweicht.

Die Paasche-Version dieses hedonischen Preisindex berechnet sich analog. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Charakteristika der Berichtsperiode ergibt sich

$$I_{0t}^{(Paasche)} = \frac{\exp(\hat{\beta}_{t0} + \sum_{j=1}^K \hat{\beta}_{tj} \ln \bar{X}_{tj})}{\exp(\hat{\beta}_{00} + \sum_{j=1}^K \hat{\beta}_{0j} \ln \bar{X}_{tj})}$$

Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass davon ausgegangen wird, dass die Kunden das jeweilige Gut wirklich nur als Bündel der jeweiligen Qualitätscharakteristika ansehen und es deshalb kaufen. Alle anderen Kaufgründe, die nicht in der hedonischen Funktion berücksichtigt werden, fließen somit nicht mit in den Index ein.

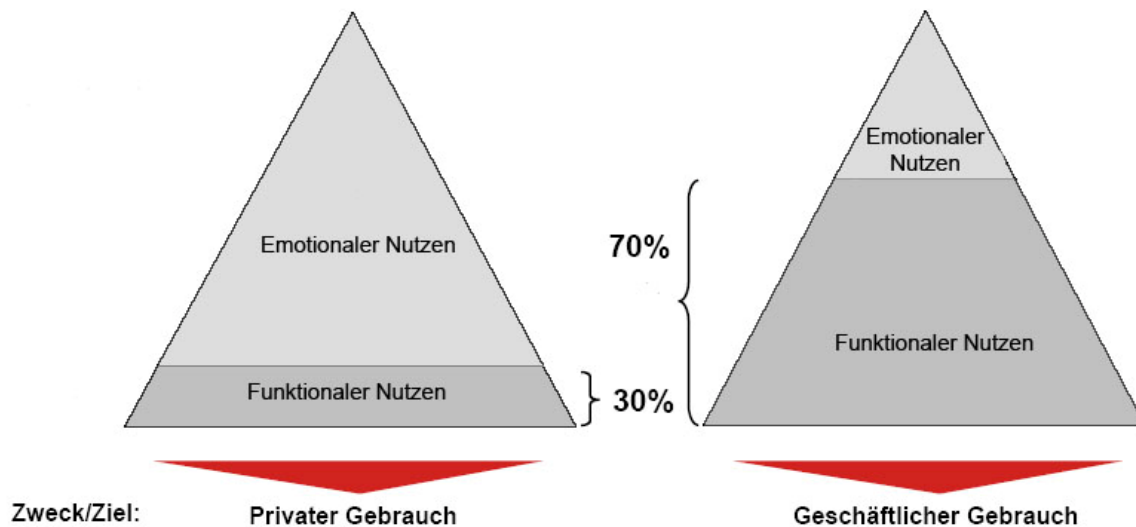
3.3 Der hedonische Preisindex und Automobile

Seit 1939, vergleiche Court (1939), werden in der Forschung hedonische Modelle zur Qualitätsbereinigung von Preisstatistiken auf Personenwagen (PW) angewandt. Da gerade bei PW kleinere Qualitätsveränderungen, die nicht mit direkten Vergleichen beziffert werden können, häufig stattfinden, stellt die Methode der hedonischen Preisindexberechnung hinsichtlich dieses Problems eine Lösung dar. Jedoch ist das Automobil eines der komplexesten Konsumgüter der heutigen Zeit. Diese Komplexität zeigt sich einerseits auf technischer, andererseits auf emotionaler Ebene.

Die technische Komplexität ergibt sich aus der Vielzahl von Elementen, aus denen ein PW besteht. So befinden sich in einem heutigen Fahrzeug Teile aus allen möglichen technischen Bereichen, angefangen bei hochtechnologischen mechanischen Fahrwerkskomponenten bis hin zur Elektronik. Diese Teile sind selbst einem starken technologischen Wandel und somit auch an einer qualitativen Veränderung unterworfen. Zudem besteht unter diesen Komponenten eine grosse qualitative Bandbreite. Da die Veränderungen der Komponenten eines Fahrzeuges selber wieder aus verschiedenen Qualitätscharakteristika bestehen, sind deren preisliche Veränderungen und Einflüsse auf den Preis eines PWs sehr schwierig zu messen.

Auf der emotionalen Ebene hat die Komplexität eines PWs auf hedonische Modelle insofern einen Einfluss, als dass der Begriff Nutzwert oder Qualitätsänderung rein ökonomisch und nicht im physikalisch-technischen Sinne zu verstehen ist. Bei der Ausschaltung von Qualitätsänderungen in Preisreihen werden aber sehr häufig die physikalisch-technischen Eigenschaften der betreffenden Güter benutzt. Dies ist im eigentlichen Sinne jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn sich die Käufer bei ihren Entscheidungen auch tatsächlich an diesen Eigenschaften orientieren. Den stark emotionalen Charakter eines PWs zeigt Abbildung 3 (Göttgens, 2004):

Abbildung 3 Bedürfnisstruktur Nutzfahrzeugmarkt



Quelle: Göttgens (2004) S.13

Nach der Studie von Göttgens überwiegt für den privaten Gebrauch der emotionale Nutzen denjenigen der funktionalen Leistungserbringung. Auf die Kaufentscheidung und somit auch den Preis eines Fahrzeuges haben qualitative Charakteristika folglich einen starken Einfluss. Form-, Raum-, Fahrgenuss, Marke und sozialer Status sind solche qualitative Charakteristika. Diese sind aber nur sehr schwer quantitativ fassbar.

In den meisten hedonischen Studien über PW, vergleiche Bode und van Dalen (2001), wird fast ausschliesslich auf die technische Seite der PW eingegangen. Durchgehend wird in fast allen Studien folgende Charakteristika zur Beschreibung des Preises eines PWs verwendet: die Motorenleistung sowie ein Mass für die Grösse eines PWs. Daneben werden weitere Dummy-Variablen für Ausstattungsmerkmale berücksichtigt.

Obwohl die hedonische Methode durch die Anwendung im Automobilbereich bekannt geworden ist, hat sie sich in der amtlichen Preisstatistik gerade hier nicht durchgesetzt. Denn das Eigenschaftsbündel, welches die Qualität eines Automobils ausmacht, ist zu komplex (BLS 2004, S. 29).

4 Hedonischer Preisindex der Personenwagen in der Schweiz

4.1 Vorgehen

Wie in Kapitel 3 erläutert, ist die hedonische Methode ein spezielles Verfahren der Qualitätsbereinigung, bei dem mittels Regressionsanalyse ein quantitativer Zusammenhang zwischen Verkaufspreisen und, in dieser Untersuchung, Qualitätscharakteristika von PW hergestellt wird. Das prinzipielle Vorgehen besteht aus zwei Schritten:

- Querschnittsanalyse: In der Querschnittsanalyse wird ein Zusammenhang zwischen den Qualitäts- und Preisunterschieden hergestellt.
- Längsschnittanalyse: Die Beobachtungen aus der Querschnittsanalyse werden auf die Längsschnittanalyse übertragen und ein hedonischer Preisindex wird berechnet.

Zuletzt werden Unterschiede des hedonischen zum herkömmlich qualitätsbereinigten Preisindex von PW diskutiert und dem erhöhten Aufwand für das hedonische Vorgehen zur Preisindexbildung gegenübergestellt.

4.2 Querschnittsanalyse

Die Querschnittsanalyse soll die Charakteristika der heutigen PW identifizieren, in Zusammenhang mit dem Preis setzen und dadurch den entscheidungsrelevanten Qualitätscharakteristika einen monetären Wert zuweisen. Dies wird durch eine Regressionsanalyse der Querschnittsdaten von in der Schweiz zwischen 1995 bis 2004 verkauften PW erreicht.

4.2.1 Beschreibung des Datensatzes

Informationen über Preise und technische Eigenschaften von Personenwagen werden in Europa von der Firma Eurotax gesammelt, verarbeitet und angeboten. Der Datensatz, der in dieser Arbeit verwendet wurde, enthält detaillierte Informationen über den Preis, den Verkaufszeitpunkt und die technische Eigenschaften von etwa 54'000 Personenfahrzeugtypen, die in der Schweiz in den Jahren 1995 bis anfangs 2004 verkauft wurden.

Zusätzlich wurden Pannenstatistiken des ADAC für die Jahre 1994 bis 2004 erfasst. Diese Statistik wird für die jeweils meist verkauften Autos pro Klasse geführt. Da dort Modelle, die vier bis sechs Jahre alt sind, geführt werden, sind dem Datensatz von Eurotax nur die Pannenstatistiken der Automodelle der Jahre 1995 bis 1997 beizufügen.

Diejenigen Charakteristika, welche nicht auf einer Kardinalskala aufgezeichnet werden können, wurden in Dummy-Variablen umgeformt.

Im Anhang A 1 sind alle verwendeten Charakteristika aufgelistet.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Charakteristika der Querschnittsdaten und deren Ausprägungen in der Schweiz. Der kombinierte Verbrauch setzt sich aus dem Verbrauch in der Stadt und auf dem Land zusammen.

Tabelle 1 Werte der Charakteristika mit Gewichtung nach Anzahl der Fahrzeuge

Charakteristik	Durchschnitt	Standart- abweichung	Min.	Max.
Preis [CHF]	40'057	26'640	9'000	659'800
Zylinderzahl [-]	4.5	1.044	0	12
Hubraum [ccm]	2'048	706	0	7'990
Leistung [kW]	98	40	11	450
Max. Geschwindigkeit [km/h]	196	26	45	340
Kombinierter Verbrauch [l/100 km]	8.2	2.3	0	26.6
Getriebeart Automat [%]	32	47	-	-
Zuverlässigkeit [Pannen/1'000 Autos/Jahr]	20.7	8.6	8.7	48.3
Treibstoffart Benzin [%]	71	45	-	-
Fahrzeuglänge [mm]	4'353	387	2'500	5'991
Fahrzeugbreite [mm]	1'736	70	1'395	2'068
Fahrzeughöhe [mm]	1'471	123	1'030	2'059

N = 54'378

Der Markt der Personenfahrzeuge weist sehr deutliche Unterschiede in den Charakteristika der PW auf. Die Minimal- und Maximalwerte geben Aufschluss über deren Bandbreite. Da auch Fahrzeuge mit Wankel- und Elektromotoren im Datensatz vorhanden sind, sind die Minimalwerte der Zylinderzahl, des Hubraums und des Verbrauchs Null.

Der Marktanteil der automatischen Getriebe beträgt laut dieser Stichprobe 32% und 71% der Fahrzeugtypen verwenden Benzin als Treibstoff.

Personenfahrzeuge werden in verschiedene Klassen eingeteilt. In Tabelle 2 sind diese Klassen zusammen mit den gewichteten Durchschnittswerten der verschiedenen Charakteristika dargestellt.

Tabelle 2 Klassen und Durchschnittswerte der Charakteristika

Fahrzeugklasse	Anteil [%]	Preis [CHF]	Verbrauch [l]	Leistung [kWh]	Hubraum [ccm]	V _{max.} [km/h]
1 Microklasse	2.13	15'857	6.0	44	1111	151
2 Kleinwagen	12.38	19'218	6.3	57	1382	170
3 Untere Mittelklasse	25.29	28'520	7.2	81	1756	188
4 Mittelklasse	29.79	41'814	8.3	106	2118	209
5 Obere Mittelklasse	9.43	58'046	9.6	132	2547	219
6 Luxusklasse	1.21	141'388	12.7	217	4270	244
7 Coupé / Sportwagen	2.00	74'483	10.3	159	2773	238
8 Kompaktvan / Minivan	8.31	38'394	8.6	94	2054	181
9 SUV / Geländewagen	5.58	55'213	11.3	123	2906	175
10 Cabriolet / Roadster	2.62	71'459	9.7	138	2488	218

N = 54'378

Die grosse Menge der Personenfahrzeuge gehört der unteren und normalen Mittelklasse an. Es sind bereits in dieser Tabelle Anzeichen von Abhängigkeiten der verschiedenen Charakteristika auszumachen. So steigen mit dem Preis auch die meisten anderen Charakteristika.

4.2.2 Zusammenhang zwischen Charakteristika und dem Preis von PW

Die Qualitätscharakteristika mit potentielltem Einfluss auf den Preis werden zuerst aufgrund ihrer Korrelation mit dem Preis vorselektioniert. Damit wird zugleich die Wahl der Charakteristika durch die jeweiligen Korrelationskoeffizienten gestützt. Die Korrelationen aller Variablen untereinander und mit dem Preis werden in einer Matrix dargestellt. Eine Analyse der Korrelationsmatrix der potentiellen Qualitätscharakteristika hat zudem den Vorteil, mögliche Multikollinearität frühzeitig zu erkennen und bei der Variablenwahl zu berücksichtigen, denn miteinander hoch korrelierte Qualitätscharakteristika können zu verzerrten Parameterschätzungen führen.

zungen führen (Gordon, 1990, 96). Die Korrelationsmatrix ist im Anhang A 2 ersichtlich. Sie wurde ohne die Marken-Dummies erstellt, um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen.

Die Korrelationskoeffizienten der Charakteristika mit dem Preis zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3 Korrelationen der Charakteristika mit dem Preis

Charakteristik	Korrelationskoeffizient
Preis	1.000
Fahrzeugklasse	0.435
Treibstoffart	0.008
Hubraum	0.806
Leistung	0.831
Max. Geschwindigkeit	0.623
Fahrzeughöhe	-0.001
Achsabstand	0.452
Fahrzeuglänge	0.521
Fahrzeugbreite	0.547
Kombinierter Verbrauch	0.624
CO ₂ -Emissionen	0.665
Geräuschpegel bei Vorbeifahrt	0.075
Zuverlässigkeit	0.000
Getriebeart	0.257
Zylinderzahl	0.717

N = 54'378

Die Korrelationskoeffizienten zeigen die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen der jeweiligen Charakteristik und dem Preis eines Autos und liegen zwischen -1 und 1. Ein positiver Wert deutet auf einen positiven linearen Zusammenhang hin, ein negativer Wert hingegen auf einen negativen linearen Zusammenhang. Der Betrag des Korrelationskoeffizienten ist umso grösser, je stärker der lineare Zusammenhang zwischen der Charakteristik und dem Preis ist. Null bedeutet, dass es keinen linearen Zusammenhang gibt und eins zeigt einen perfekten linearen Zusammenhang an. Die Korrelationskoeffizienten wurden nach Pearson be-

rechnet, ausser bei den ordinal skalierten Charakteristika Fahrzeugklasse und Zylinderzahl, bei denen das Spearman-Rho verwendet wurde.

Die Zuverlässigkeit zeigt überhaupt keine Korrelation mit dem Preis. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass besonders im Kleinwagensegment günstige Autos eine höhere Zuverlässigkeit als teurere Fahrzeuge aufweisen. Interessant ist dabei auch, dass die Zuverlässigkeitsstatistiken bei einigen Herstellern über längere Zeiträume ähnlich schlechte Resultate liefern. Dies deutet darauf hin, dass die Zuverlässigkeit von diesen Fahrzeugherstellern nicht als relevantes Entscheidungskriterium des Käufers eingestuft wird.

Auch die Art des Treibstoffes, der Geräuschpegel sowie die Fahrzeughöhe zeigen nur eine sehr schwache Korrelation mit dem Preis. Die schwache Korrelation der Fahrzeughöhe mit dem Preis ist nicht überraschend, da die Höhe von Fahrzeugen in bestimmten Klassen grösser ist, wie z.B. bei Geländewagen, und auch der Fahrzeugpreis dieser Klasse über dem durchschnittlichen Preis liegt, während sich das ganze in anderen Klassen, wie z.B. Sportwagen, genau umgekehrt verhält.

Die Korrelation der Getriebeart mit dem Preis ist schwach. Die Fahrzeugklasse, Achsabstand, Fahrzeuglänge und Fahrzeugbreite korrelieren mit dem Preis mittelmässig und Maximalgeschwindigkeit, Verbrauch und CO₂ korrelieren stark mit dem Preis.

Den grössten Einfluss auf den Preis haben die Charakteristika des Motors. Dies sind der Hubraum, die Leistung sowie die Zylinderzahl.

Um Multikollinearität möglichst zu vermeiden, sind in Tabelle 4 die höchsten Korrelationen der Charakteristika untereinander aufgelistet. Die Korrelationskoeffizienten mit einem Wert über 0.7 sind fett markiert.

Tabelle 4 Höchste Korrelationen der Charakteristika untereinander

	Hubraum	Leistung	V_{\max}	Achsabstand	Fahrzeuglänge	Fahrzeugbreite	Verbrauch	CO ₂	Zylinderzahl
Hubraum	1.000	0.877	0.620	0.531	0.610	0.639	0.721	0.777	0.854
Leistung	0.877	1.000	0.831	0.504	0.605	0.607	0.748	0.772	0.791
V_{\max}	0.620	0.831	1.000	0.453	0.578	0.456	0.506	0.511	0.791
Achsabstand	0.531	0.504	0.453	1.000	0.855	0.777	0.427	0.478	0.394
Fahrzeuglänge	0.610	0.605	0.578	0.855	1.000	0.802	0.505	0.564	0.444
Fahrzeugbreite	0.639	0.607	0.456	0.777	0.802	1.000	0.508	0.576	0.460
Verbrauch	0.721	0.748	0.506	0.427	0.505	0.508	1.000	0.978	0.668
CO ₂	0.777	0.772	0.511	0.478	0.564	0.576	0.978	1.000	0.695
Zylinderzahl	0.854	0.791	0.791	0.394	0.444	0.460	0.668	0.695	1.000

N = 54'378

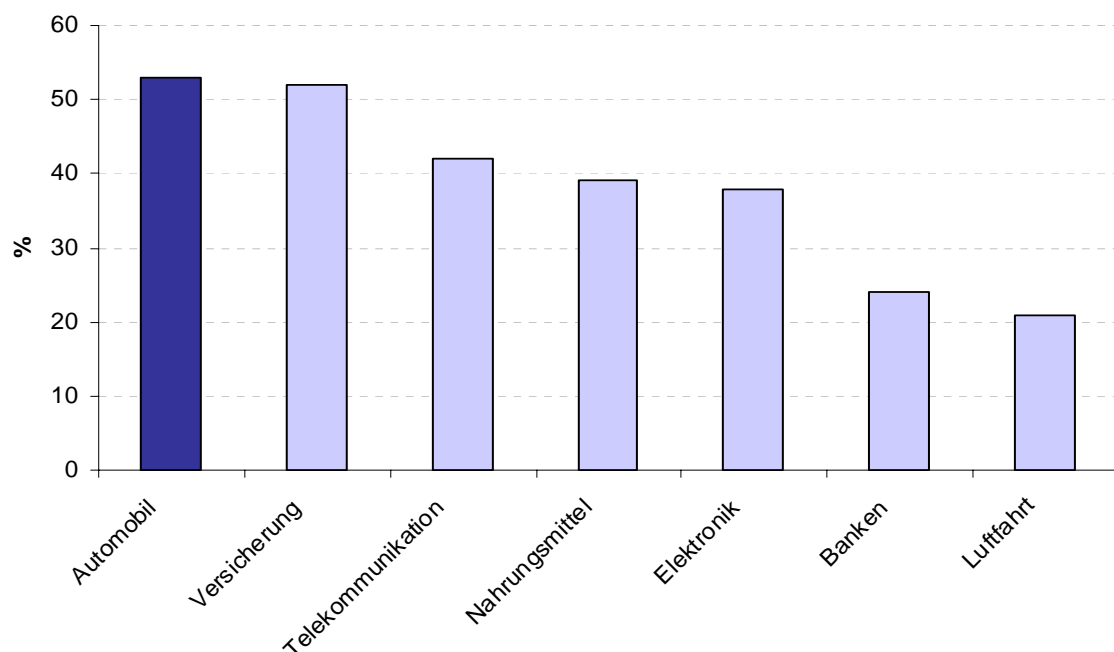
Die sehr starke Korrelation der Motorendaten Leistung, Hubraum, Maximalgeschwindigkeit und Zylinderzahl untereinander überrascht nicht. Da diese Charakteristika teilweise unterschiedliche Auswirkungen auf die Motorencharakteristik eines Autos haben und sich somit auch verschieden auf den Preis auswirken könnten, werden sie mit einer Faktoranalyse tiefergehend untersucht. Durch eine Faktoranalyse können Variablen aufgrund der Zusammenhänge untereinander aufgeteilt und in Faktoren zusammengefasst werden. Diese Faktoren, welche aus den Variablen zusammengesetzt sind, sind dann statistisch unabhängig von einander. Die stark korrelierenden Motorencharakteristika lassen sich aber nur in einen Faktor zerlegen und weisen somit nur einen statistisch unabhängigen Einfluss auf. Zum Zweck der Interpretierbarkeit wird daher nur eine Charakteristik beibehalten. Da die Leistung die höchste Korrelation mit dem Preis aufweist, wird diese Charakteristik verwendet.

Ebenfalls vorauszusehen war, dass die Motorendaten Hubraum und Leistung mit dem Verbrauch sowie den CO₂-Emissionen stark korrelieren. Der Verbrauch und die CO₂-Emissionen haben, ebenso wie die Charakteristika des Motors, einen starken positiven Einfluss auf den Preis. Da der Verbrauch und die CO₂-Emissionen nicht miteinbezogen wurden, um die Motorencharakteristik verfeinert zu beschreiben, sondern um eventuelle Einflüsse von Umweltfaktoren auf den Preis darzustellen, wird der Verbrauch und die CO₂-Emissionen als Charakteristik nicht weiter im Modell berücksichtigt.

Ein sehr starker Zusammenhang besteht zwischen den Charakteristika Achsabstand und Fahrzeuglänge. Beide beschreiben die Aussenmasse und somit das Platzangebot eines Autos. Da sie sich beide auf die Länge des Autos beziehen, wird auf Grund der niedrigeren Korrelation des Achsabstandes mit dem Preis die Charakteristik Achsabstand nicht mehr weiter verwendet. Ebenfalls bezieht sich die Fahrzeugbreite auf das Aussenmass eines Fahrzeuges. Da die Korrelation zwischen der Fahrzeuglänge und Breite auch in diesem Fall sehr stark ist, werden diese Charakteristika in das Flächenmass Fahrzeugfläche = Fahrzeugbreite * Fahrzeuglänge umgewandelt. Die lineare Korrelation mit dem Preis dieser neuen Charakteristik beträgt 0.562. Die sehr starke Korrelation mit dem Achsabstand bleibt bestehen.

Wie in Abschnitt 3.3 erwähnt, sind neben technischen Eigenschaften für den Konsumenten emotionale Faktoren entscheidend. Diese emotionale Komponente kann nur sehr schwer durch quantitative Charakteristika erfasst werden. Deshalb wird neben quantitativen auch eine qualitative Charakteristik, die Marke, miteinbezogen, welche Qualitätsunterschiede, die nicht über technischer Variablen gemessen werden können, darstellen soll. Die Wichtigkeit der Marke beim Kaufentscheidungsprozess ist in Abbildung 4 ersichtlich.

Abbildung 4 Relevanz der Marke im Kaufentscheidungsprozess nach Branchen



Quelle: Göttgens (2004) S.8

Die Marke als solches wird aufgrund der zunehmenden Produktkonvergenz in der Automobilindustrie immer mehr zu einem wichtigen Faktor zur Differenzierung für den Konsumenten, zumal Automodelle vermehrt auf identischen Plattformen aufgebaut sind. So basieren beispielsweise die VW Sharan, Seat Alhambra und Ford Galaxy auf derselben Plattform.

In Tabelle 5 sind die Charakteristika, die in der Querschnittsanalyse verwendet werden, zusammengefasst.

Tabelle 5 Ausgewählte Charakteristika nach der Korrelationsanalyse

Gruppe	Charakteristik
Allgemein	Preis
	Marke
	Fahrzeugklasse
Technisch	Getriebeart
	Treibstoffart
	Leistung
	Fahrzeugfläche

4.2.3 Wahl der hedonischen Funktion

Wie in Abschnitt 3.1.1 erläutert, gibt es verschiedene Typen von Funktionen, welche für die hedonische Preisbildung verwendet werden können. Die Wahl der Funktionsform orientiert sich an theoretischen Vorüberlegungen, wie sie in Abschnitt 3.1.1 aufgezeigt wurden, sowie an der statistischen Güte der ökonometrischen Schätzung. Diese wird anhand des Determinationskoeffizienten (R^2) und dem F-Test überprüft. In Tabelle 6 ist die statistische Güte der verschiedenen Funktionsformen zusammengefasst. Die berechneten Werte in Tabelle 6 basieren auf dem gesamten Datensatz der Querschnittsanalyse und beinhalten alle Charakteristika, die in Tabelle 5 aufgelistet sind.

Tabelle 6 Statistische Güte der verschiedenen Funktionsformen

	Lineare Funktion	Exponentielle Funktion	Doppel-logarithmische Funktion	Einfach-logarithmische Funktion
F	7'041.384	14'171.740	15'296.093	4'410.730
R^2	0.918	0.946	0.955	0.846

Die doppel-logarithmische Funktion hat den höchsten R^2 - und F-Wert und ist somit den anderen Funktionsformen überlegen. Die doppel-logarithmische Funktion ist ebenfalls die in der Theorie am häufigsten verwendete Funktion (Triplett, 2001, Kap. 3, S. 2). Für die relativ geringe Anzahl von Charakteristika scheint das Modell den Preis sehr gut zu beschreiben.

4.2.4 Ergebnisse und Interpretationen

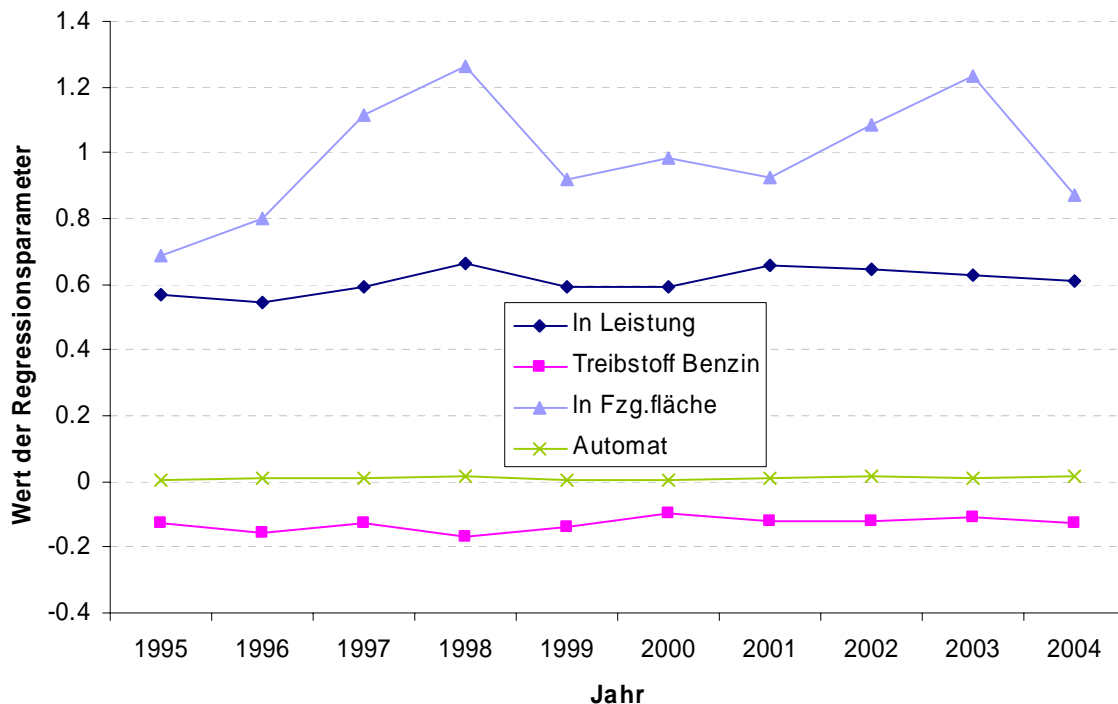
Regressionsschätzung der Querschnittsdaten

Aufgrund der Modellgüte wurde in Abschnitt 4.2.3 die doppel-logarithmische Funktionsform ausgewählt, um die Preiszusammensetzung von Autos möglichst gut abzubilden. Aufgrund der Korrelationsmatrix wurden einige Charakteristika bereits aus dem Modell gestrichen und die Fahrzeugfläche kam hinzu. Tabelle 5 enthält die Charakteristika mit denen die Regressionsschätzung der Querschnittsdaten im ersten Schritt erfolgt. Nichtsignifikante Charakteristika werden schrittweise aus dem Modell entfernt.

Die Schätzung der hedonischen Funktionen basiert auf der Methode der kleinsten Quadrate (KQ-Methode). Unter Voraussetzung der Annahmen des klassischen linearen Regressionsmodells führt die KQ-Methode zu effizienten, unverzerrten und konsistenten Schätzwerten für die Regressionskoeffizienten (Stahel, 2004, S. 16).

Da die Daten aus einem Zeitraum von 10 Jahren stammen, werden die Regressionsparameter der Qualitätscharakteristika über die Zeit betrachtet, um einen möglichen Zeittrend auszumachen. Wenn ein solcher Zeittrend nicht erkannt wird, können die Daten für die Jahre gepoolt werden, in denen die Regressionsparameter konstant bleiben. In Abbildung 5 sind die Regressionsparameter über die Zeit grafisch abgebildet.

Abbildung 5 Zeitliche Aufreihung der Regressionsparameter



Die Regressionsparameter, mit Ausnahme der Fahrzeugfläche, zeigen sich über die Zeit konstant. Ein zeitlicher Trend ist aber bei der Fahrzeugfläche nicht auszumachen. Das Variieren der Fahrzeugfläche ist vielmehr darauf zurückzuführen, dass die im Datensatz vorhandenen Automodelle nach Jahren nicht gut vergleichbar sind. So beinhaltet der Datensatz im Jahre 1998 beispielsweise keine SUVs. Da bei den Regressionsparametern der Charakteristika kein Zeittrend vorhanden ist, werden die gesamten Daten gepoolt analysiert.

Hedonisches Modell der Querschnittsanalyse

Das hedonische Modell wird unter Einbezug aller Variablen die in Tabelle 5 aufgeführt sind, geschätzt. Für die Interpretierbarkeit der Marken-Dummies wird die Marke Volkswagen zugrunde gelegt, da die Sie in allen Klassen vertreten ist und daher als Vergleichspunkt als Basismarke repräsentativ ist. Der Anteil der Marke Volkswagen in diesem Datensatz beträgt 13%, und der Durchschnittspreis aller Volkswagen liegt mit 35'908 CHF etwas unter dem Durchschnitt aller Fahrzeuge. Die den Fahrzeugklassen zugrunde liegende Klasse ist die Mit-

telklasse, deren Anteil im Datensatz 30% beträgt. Der Durchschnittspreis der Mittelklasse beträgt 41'814 CHF, was knapp über dem gesamten Durchschnittspreis liegt.

Die Ergebnisse der Regressionsschätzung der doppel-logarithmische Funktion sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7 Doppel-logarithmisches Modell (Querschnitt)

Charakteristik	β	Standardisiertes Beta	Signifikanz	Monetariert	N
Konstante	-8.493	-	0.000	-27'170 [CHF]	54'378
ln Leistung	0.625	0.508	0.000	254 [CHF/kW]	54'378
Treibstoff Benzin	-0.121	-0.118	0.000	-4'568 [CHF]	38'838
ln Fzg.fläche	1.025	0.282	0.000	5'420 [CHF/m ²]	54'378
Automat	0.012	0.012	0.000	489 [CHF]	17'553
Alfa Romeo	-0.079	-0.022	0.000	-3'059 [CHF]	937
Aston Martin	0.802	0.056	0.000	49'305 [CHF]	58
Audi	0.068	0.037	0.000	2'815 [CHF]	3'780
Alpina	0.330	0.028	0.000	15'689 [CHF]	83
Bentley	1.087	0.069	0.000	78'671 [CHF]	47
BMW	0.101	0.030	0.000	4'236 [CHF]	1'087
Cadillac	-0.141	-0.006	0.000	-5'271 [CHF]	22
Chevrolet	-0.125	-0.017	0.000	-4'723 [CHF]	215
Chrysler	-0.161	-0.033	0.000	-5'959 [CHF]	491
Citroen	-0.075	-0.025	0.000	-2'887 [CHF]	1'359
Daewoo	-0.314	-0.044	0.000	-10'788 [CHF]	235
Daihatsu	-0.070	-0.007	0.000	-2'710 [CHF]	125
Daimler	0.252	0.009	0.000	11'466 [CHF]	15
Ferrari	0.889	0.043	0.000	57'354 [CHF]	28
Fiat	-0.160	-0.069	0.000	-5'928 [CHF]	2'296
Ford	-0.148	-0.101	0.000	-5'527 [CHF]	6'163
Honda	-0.188	-0.039	0.000	-6'859 [CHF]	506
Hyundai	-0.307	-0.048	0.000	-10'590 [CHF]	291
Jaguar	0.152	0.017	0.000	6'566 [CHF]	141
Jeep	-0.043	-0.006	0.000	-1'686 [CHF]	261
Kia	-0.325	-0.039	0.000	-11'119 [CHF]	172
Lada	-0.748	-0.029	0.000	-21'090 [CHF]	18
Lamborghini	1.005	0.042	0.000	69'387 [CHF]	20
Lancia	-0.057	-0.011	0.000	-2'237 [CHF]	402

Tabelle 7 Doppel-logarithmisches Modell (Querschnitt) (Fortsetzung)

Charakteristik	β	Standardisiertes Beta	Signifikanz	Monetariert	N
Land Rover	0.019	0.003	0.006	753 [CHF]	253
Lexus	0.210	0.010	0.000	9'380 [CHF]	29
Lotus	0.393	0.019	0.000	19'257 [CHF]	27
Maserati	0.296	0.014	0.000	13'784 [CHF]	28
Mazda	-0.116	-0.024	0.000	-4'395 [CHF]	486
Mercedes	0.203	0.142	0.000	9'015 [CHF]	6'526
Mitsubishi	-0.081	-0.020	0.000	-3'107 [CHF]	736
MG	-0.064	-0.005	0.000	-2'486 [CHF]	76
Mini	-0.043	-0.003	0.003	-1'679 [CHF]	46
Micro Compact Car	0.405	0.044	0.000	19'987 [CHF]	137
Nissan	-0.133	-0.048	0.000	-4'985 [CHF]	1'557
Opel	-0.070	-0.049	0.000	-2'721 [CHF]	6'544
Peugeot	-0.095	-0.039	0.000	-3'631 [CHF]	2'098
Pontiac	-0.227	-0.007	0.000	-8'143 [CHF]	12
Porsche	0.576	0.093	0.000	31'223 [CHF]	303
Puch	0.458	0.018	0.000	23'280 [CHF]	19
Quattro	0.169	0.006	0.000	7'353 [CHF]	14
Renault	-0.098	-0.044	0.000	-3'741 [CHF]	2'467
Rolls Royce	1.209	0.051	0.000	94'182 [CHF]	21
Rover	-0.065	-0.011	0.000	-2'511 [CHF]	354
Saab	-0.003	-0.001	0.412	-120 [CHF]	883
Seat	-0.112	-0.043	0.000	-4'245 [CHF]	1'758
Skoda	-0.103	-0.025	0.000	-3'904 [CHF]	722
Subaru	-0.144	-0.028	0.000	-5'358 [CHF]	445
Suzuki	-0.178	-0.028	0.000	-6'538 [CHF]	290
Ssangyong	-0.215	-0.014	0.000	-7'758 [CHF]	51
Smart	0.268	0.027	0.000	12'296 [CHF]	119
Toyota	-0.046	-0.014	0.000	-1'782 [CHF]	1'236
Volvo	-0.040	-0.013	0.000	-1'570 [CHF]	1'205

Tabelle 7 Doppel-logarithmisches Modell (Querschnitt) (Fortsetzung)

Charakteristik	β	Standardisiertes Beta	Signifikanz	Monetariert	N
Microklasse	0.116	0.036	0.000	4'921 [CHF]	1'158
Kleinwagen	-0.015	-0.011	0.000	-593 [CHF]	6'732
Untere Mittelklasse	-0.039	-0.037	0.000	-1'545 [CHF]	13'752
Obere Mittelklasse	0.058	0.037	0.000	2'413 [CHF]	5'128
Luxusklasse	0.324	0.076	0.000	15'336 [CHF]	658
Coupé/Sportwagen	0.084	0.031	0.000	3'517 [CHF]	1'088
Van	0.050	0.030	0.000	2'064 [CHF]	4'519
SUV	0.171	0.085	0.000	7'491 [CHF]	3'034
Cabriolet/Roadster	0.225	0.077	0.000	10'114 [CHF]	1'425

Modellgüte Determinationskoeffizient (R^2): 0.955, N = 54'378, k = 77

Der Determinationskoeffizient (R^2) bezeichnet das Bestimmtheitsmass der Regressionsgleichung. Der Anteil der erklärbaren Streuung an der gesamten Streuung beträgt bei dieser Schätzung 93.9%. Trotz der relativ geringen Anzahl von erklärenden Variablen beschreiben die gewählten Charakteristika den Preis gut.

Um den Erklärungsgehalt der einzelnen Variablen miteinander vergleichen zu können, werden die Beta-Koeffizienten (standardisierte Koeffizienten) benutzt. Den grössten Einfluss auf den Preis hat die Leistung des Fahrzeuges, gefolgt von der Fahrzeugfläche.

Die Regressionskoeffizienten (β) sind im Gegensatz zu den Beta-Koeffizienten nicht standardisiert. Die Regressionskoeffizienten der doppellogarithmischen Spezifikation können, wie im Kapitel 3.1.1 bereits erläutert, als Elastizitäten interpretiert werden. Sie messen die prozentuale Preiserhöhung, die sich ceteris paribus bei einer Verbesserung des Qualitätsmerkmals um ein Prozent seines Ausgangswertes einstellen würde.

Aufgrund der Vorzeichen der nicht standardisierten Regressionskoeffizienten wird der positive oder negative Einfluss auf den Preis der Marke gegenüber der Marke VW angegeben.

Die Monetarisierung wurde folgendermassen berechnet: Da die β 's eine partielle Ableitung der logarithmierten Preise darstellen, siehe Abschnitt 3.1.1, kann über den Durchschnittspreis

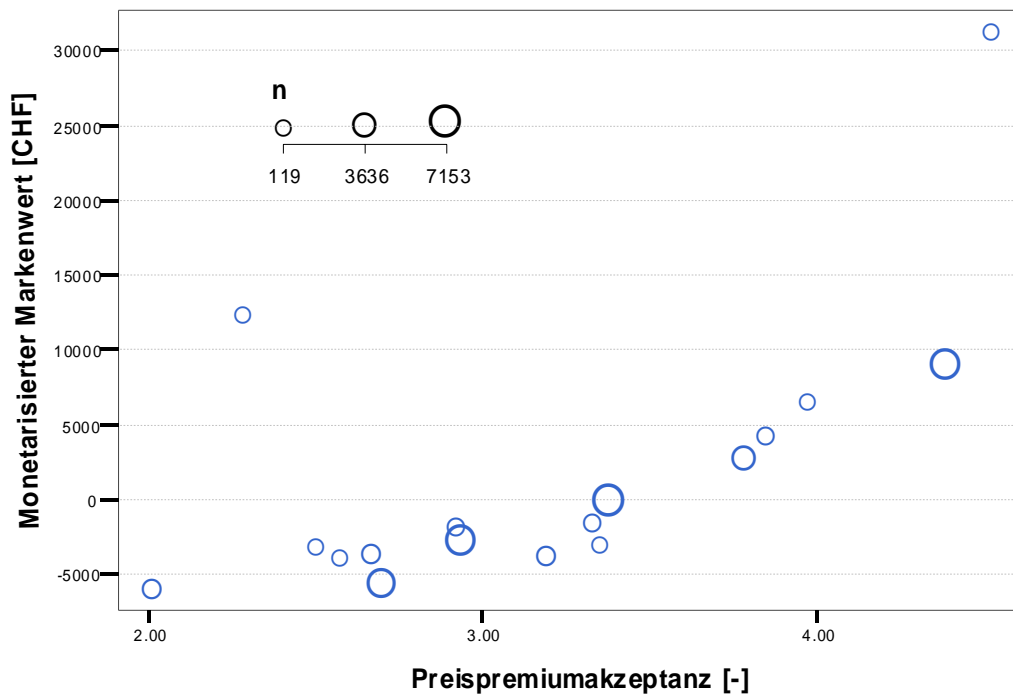
und den jeweiligen Durchschnitt der Charakteristik der marginale Preis der Charakteristik berechnet werden: $\beta_j * \frac{\bar{P}}{\bar{X}_j}$.

Die Monetarisierung der Marken zeigt den Mehrpreis, den die Konsumenten bei gleichen qualitativen Eigenschaften für einen PW gegenüber einem Volkswagen zu bezahlen bereit sind. Um die Ergebnisse zu untermauern werden die monetarisierten Markenwerte mit Indexwerten aufgrund der Preispremiumakzeptanz der Marken verglichen. Der Indexwert aufgrund der Preispremiumakzeptanz ergibt sich aus den markenspezifischen Leistungen bei den einzelnen *brand-equity-drivers* und deren markenspezifischen Einflussstärken auf die Preispremiumakzeptanz. Die Daten stammen aus Göttgens (2004). Die Vergleiche sind in Tabelle 8 und in Abbildung 6 zu sehen.

Tabelle 8 Monetarisierte Marken und Preispremiumindexwerte

Marke	Monetarisierte Markenwert	N	Preispremium- indexwert nach Göttgens (2004)
Porsche	31'222.59	303	4.52
Smart	12'295.85	119	2.28
Mercedes-Benz	9'014.71	6'526	4.39
Jaguar	6'566.07	141	3.97
BMW	4'235.53	1'087	3.85
Audi	2'814.75	3'780	3.78
VW	0	7'153	3.38
Volvo	-1569.86	1'205	3.33
Toyota	-1781.78	1'236	2.92
Opel	-2'721.40	6'544	2.94
Alfa Romeo	-3'059.40	937	3.35
Mitsubishi	-3106.56	736	2.50
Peugeot	-3'630.68	2'098	2.67
Renault	-3'741.49	2'467	3.19
Skoda	-3'903.84	722	2.57
Ford	-5'526.54	6'163	2.70
Fiat	-5'927.50	2'296	2.01

Abbildung 6 Zusammenhang der monetarisierten Marken mit der Preispremiumakzeptanz nach Göttgens (2004)



Mit Ausnahme des Ausreissers Smart (Punkt links oben) ist ein klarer Zusammenhang zwischen der Studie der Preispremiumakzeptanz und den in dieser Arbeit erhaltenen Resultate ersichtlich.

Interessant ist auch der Vergleich von Fahrzeugen bei identischer Produktbasis. Daher sind die Preise von VW Sharan, Seat Alhambra und Ford Galaxy und ihre monetarisierten Markenwerte in der Fahrzeugklasse Van in der Tabelle 24 zusammengefasst.

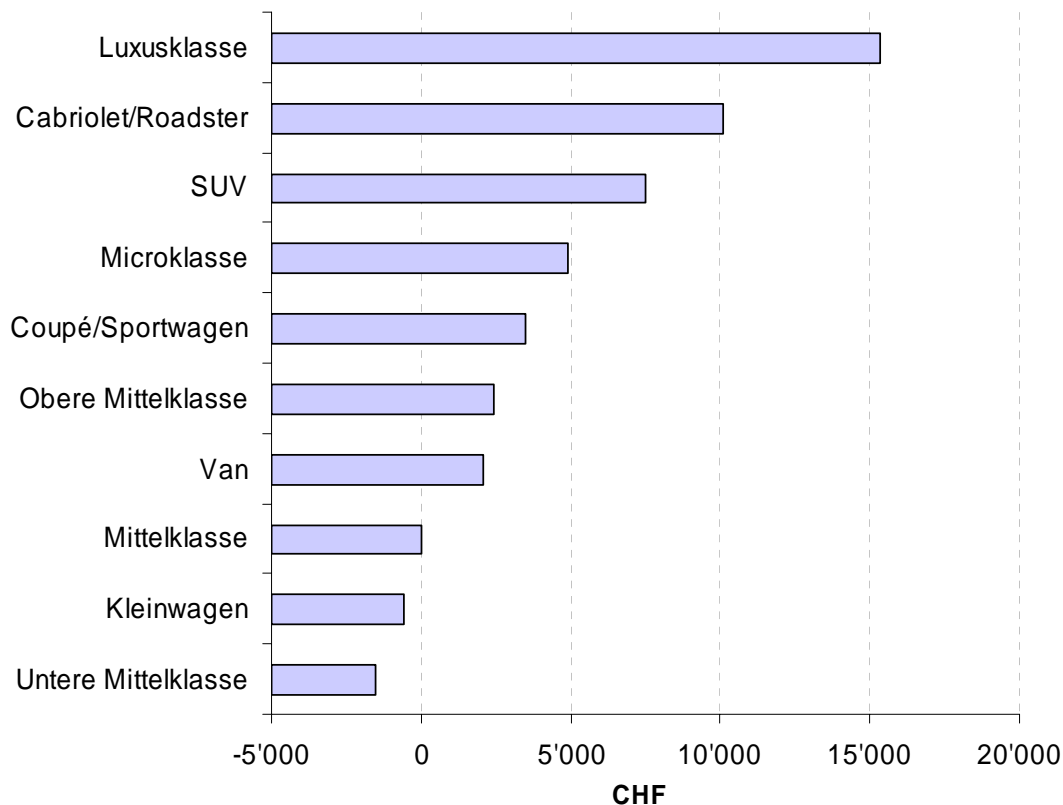
Tabelle 9 Vergleich der Fahrzeugpreise von Fahrzeugen der selben Produktbasis

	VW Sharan	Seat Alhambra	Ford Galaxy
Preis der Basisvariante [CHF]	38'925	36'885	36'150
Monetarisierter Marke in der Klasse Van [CHF]	0	-3'943	-4'192
Markenbereinigter Preis [CHF]	38'925	40'828	40'342
Anzahl verkaufte Einheiten [-]	28'977	6'814	21'110

Obwohl die Preise des VW Sharans deutlich höher sind als die des Seat Alhambra und des Ford Galaxy, werden deutlich mehr VW Sharans verkauft. Wenn die markenbereinigten Preise verglichen werden ist ersichtlich, dass durch den Markenmehrwert ein fast identisches Produkt zu einem teureren Preis besser verkauft werden kann, da der Markenmehrwert den teureren Preis überragt.

Die Fahrzeugklassen geben den Mehrpreis eines Fahrzeuges aufgrund der Zugehörigkeit zu seiner Klasse gegenüber der Mittelklasse an, den der Konsument bereit ist zu bezahlen. Abbildung 7 stellt den monetarisierten Wert der Fahrzeugklasse dar.

Abbildung 7 Monetarisierter Wert der Fahrzeugklassen



Auffallend ist der Mehrpreis, der für die Microklasse gegenüber der Mittelklasse bezahlt wird. Mögliche Gründe dafür liegen im Trend der Stadtautomobile, wie dem Smart, bei denen ein sehr geringer Platzbedarf, meist nur für zwei Personen, verbunden mit einer, aufgrund ihres tiefen Gewichts, geringen Motorleistung trotzdem mit einem hohen Standard an Qualität, im Gegensatz zu der klassischen Kleinwagenklasse, kombiniert werden. Ein gewichtiger Faktor bei den sonstigen Aufpreisen dürfte der Imagefaktor sein, der durch eine gewisse Klasse erreicht wird.

Neben dem doppelt-logarithmischen Modell wird zu Vergleichszwecken auch noch das lineare Modell geschätzt. Die Ergebnisse der Regressionsschätzung des linearen Modells zeigt Tabelle 10.

Tabelle 10 Lineares Modell (Querschnitt)

Charakteristik	β	Standardisiertes Beta	Signifikanz	Monetariert	N
Konstante	-35057.415	-	0.000	-35'057 [CHF]	54'378
Leistung	343.253	0.520	0.000	343 [CHF/kW]	54'378
Treibstoff Benzin	-5361.202	-0.091	0.000	-5'361 [CHF]	38'838
Fzg.fläche	0.005	0.188	0.000	5'429 [CHF/m ²]	54'378
Automat	523.352	0.009	0.000	523 [CHF]	17'553
Alfa Romeo	-4176.021	-0.020	0.000	-4'176 [CHF]	937
Aston Martin	101243.632	0.124	0.000	101'244 [CHF]	58
Audi	1813.996	0.017	0.000	1'814 [CHF]	3'780
Alpina	16086.964	0.024	0.000	16'087 [CHF]	83
Bentley	262578.118	0.290	0.000	262'578 [CHF]	47
BMW	2420.562	0.013	0.000	2'421 [CHF]	1'087
Cadillac	-21153.203	-0.016	0.000	-21'153 [CHF]	22
Chevrolet	-11540.143	-0.027	0.000	-11'540 [CHF]	215
Chrysler	-7885.933	-0.028	0.000	-7'886 [CHF]	491
Citroen	-1621.427	-0.010	0.000	-1'621 [CHF]	1'359
Daewoo	-7691.406	-0.019	0.000	-7'691 [CHF]	235
Daihatsu	-509.451	-0.001	0.464	-509 [CHF]	125
Daimler	17709.592	0.011	0.000	17'710 [CHF]	15
Ferrari	124030.304	0.106	0.000	124'030 [CHF]	28
Fiat	-3791.140	-0.029	0.000	-3'791 [CHF]	2'296
Ford	-4279.751	-0.051	0.000	-4'280 [CHF]	6'163
Honda	-4639.980	-0.017	0.000	-4'640 [CHF]	506
Hyundai	-6276.222	-0.017	0.000	-6'276 [CHF]	291
Jaguar	6076.893	0.012	0.000	6'077 [CHF]	141
Jeep	-2660.497	-0.007	0.000	-2'661 [CHF]	261
Kia	-9917.992	-0.021	0.000	-9'918 [CHF]	172
Lada	-17603.651	-0.012	0.000	-17'604 [CHF]	18
Lamborghini	171082.443	0.123	0.000	171'082 [CHF]	20
Lancia	-1752.640	-0.006	0.000	-1'753 [CHF]	402

Tabelle 10 Lineares Modell (Querschnitt) (Fortsetzung)

Charakteristik	β	Standardisiertes Beta	Signifikanz	Monetariert	N
Land Rover	4389.697	0.011	0.000	4'390 [CHF]	253
Lexus	9344.025	0.008	0.000	9'344 [CHF]	29
Lotus	17224.999	0.014	0.000	17'225 [CHF]	27
Maserati	10981.244	0.009	0.000	10'981 [CHF]	28
Mazda	-3303.385	-0.012	0.000	-3'303 [CHF]	486
Mercedes	10047.986	0.123	0.000	10'048 [CHF]	6'526
Mitsubishi	-1365.659	-0.006	0.000	-1'366 [CHF]	736
MG	-6018.156	-0.008	0.000	-6'018 [CHF]	76
Mini	-3609.682	-0.004	0.001	-3'610 [CHF]	46
Micro Compact Car	9428.960	0.018	0.000	9'429 [CHF]	137
Nissan	-3490.657	-0.022	0.000	-3'491 [CHF]	1'557
Opel	-2192.793	-0.027	0.000	-2'193 [CHF]	6'544
Peugeot	-3181.305	-0.023	0.000	-3'181 [CHF]	2'098
Pontiac	-16526.181	-0.009	0.000	-16'526 [CHF]	12
Porsche	44427.097	0.124	0.000	44'427 [CHF]	303
Puch	33460.595	0.023	0.000	33'461 [CHF]	19
Quattro	-2726.942	-0.002	0.184	-2'727 [CHF]	14
Renault	-3051.623	-0.024	0.000	-3'052 [CHF]	2'467
Rolls Royce	286561.116	0.211	0.000	286'561 [CHF]	21
Rover	-940.594	-0.003	0.026	-941 [CHF]	354
Saab	-1285.199	-0.006	0.000	-1'285 [CHF]	883
Seat	-4206.381	-0.028	0.000	-4'206 [CHF]	1'758
Skoda	-655.050	-0.003	0.029	-655 [CHF]	722
Subaru	-6948.252	-0.023	0.000	-6'948 [CHF]	445
Suzuki	-3798.033	-0.010	0.000	-3'798 [CHF]	290
Ssangyong	-11572.458	-0.013	0.000	-11'572 [CHF]	51
Smart	5740.575	0.010	0.000	5'741 [CHF]	119
Toyota	631.924	0.004	0.009	632 [CHF]	1'236
Volvo	-2372.203	-0.013	0.000	-2'372 [CHF]	1'205

Tabelle 10 Lineares Modell (Querschnitt) (Fortsetzung)

Charakteristik	β	Standardisiertes Beta	Signifikanz	Monetarisiert	N
Microklasse	14118.738	0.077	0.000	14'119 [CHF]	1'158
Kleinwagen	7853.247	0.097	0.000	7'853 [CHF]	6'732
Untere Mittelklasse	2203.480	0.036	0.000	2'203 [CHF]	13'752
Obere Mittelklasse	2370.632	0.026	0.000	2'371 [CHF]	5'128
Luxusklasse	27832.179	0.114	0.000	27'832 [CHF]	658
Coupé/ Sportwagen	4376.458	0.028	0.000	4'376 [CHF]	1'088
Van	3078.472	0.032	0.000	3'078 [CHF]	4'519
SUV	7435.982	0.064	0.000	7'436 [CHF]	3'034
Cabriolet/ Roadster	13803.528	0.083	0.000	13'804 [CHF]	1'425

Modellgüte Determinationskoeffizient (R^2): 0.918, N = 54'378, k = 77

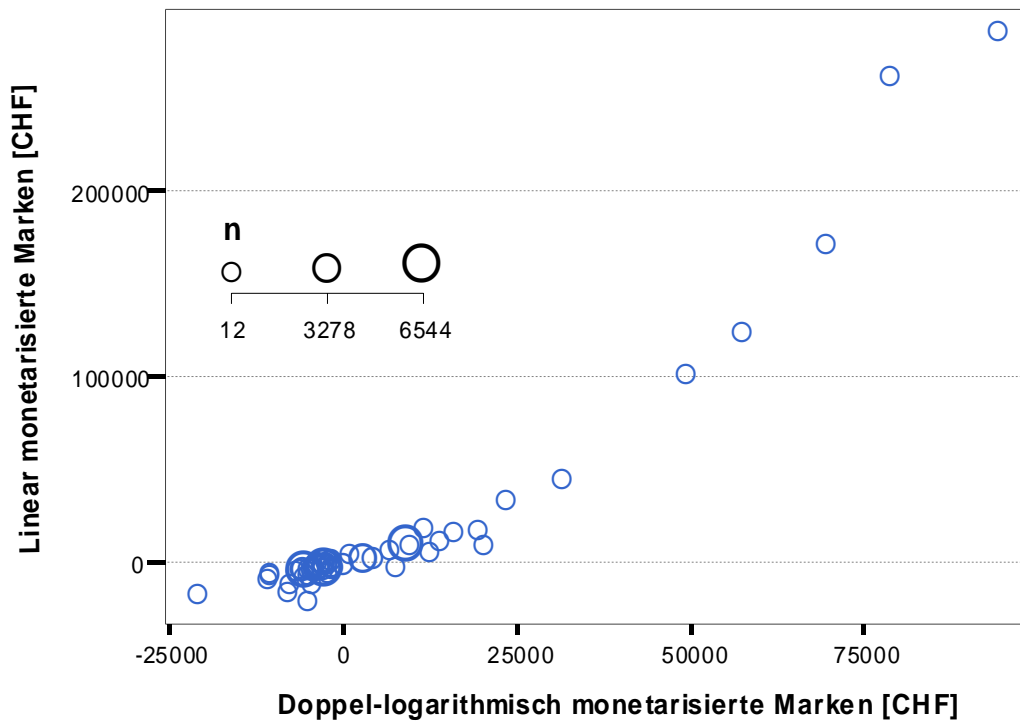
Um den Vergleich des linearen Modells mit dem doppel-logarithmischen Modell übersichtlich zu gestalten, sind in Abbildung 8 die monetarisierten Marken der beiden Modelle und in Tabelle 11 die monetarisierten Werte der restlichen Charakteristika einander gegenüber gestellt.

Tabelle 11 Vergleich der Resultate des doppelt-logarithmischen und linearen Modells I

Charakteristik		Doppel-logarithmische, monetarisierte Werte	Lineare, monetarisierte Werte	Differenz
Konstante	[CHF]	-27'170	-35'057	7'887
ln Leistung	[CHF/kW]	254	343	-89
Treibstoff Benzin	[CHF]	-4'568	-5'361	793
ln Fzg.fläche	[CHF/m ²]	5'420	5'429	-9
Automat	[CHF]	489	523	-34
Microklasse	[CHF]	4'921	14'119	-9'198
Kleinwagen	[CHF]	-593	7'853	-8'446
Untere Mittelklasse	[CHF]	-1'545	2'203	-3'748
Obere Mittelklasse	[CHF]	2'413	2'371	42
Luxusklasse	[CHF]	15'336	27'832	-12'496
Coupé/Sportwagen	[CHF]	3'517	4'376	-859
Van	[CHF]	2'064	3'078	-1'014
SUV	[CHF]	7'491	7'436	55
Cabriolet/Roadster	[CHF]	10'114	13'804	-3'690

Es sind keine klaren Unterschiede in den Modellen auszumachen, ausser bei den Fahrzeugklassen, wo die Kleinwagen und die untere Mittelklasse einen positiven Einfluss auf den Preis gegenüber der Mittelklasse haben. Zudem ist bei den Klassen die Differenz der beiden Resultate relativ hoch.

Abbildung 8 Vergleich der Resultate des doppelt-logarithmischen und linearen Modells II



Der Vergleich der monetarisierten Marken der beiden Modelle zeigt keine systematischen Abweichungen. Die Ergebnisse des linearen Modells bestätigen die Resultate des doppelt-logarithmischen Modells weitgehend.

4.3 Längsschnittanalyse

4.3.1 Beschreibung des Datensatzes

Der Datensatz für die Längsschnittanalyse besteht aus elf verschiedenen Modellreihen, welche möglichst durchgehend für den betrachteten Zeitraum von 1946 bis heute gebaut wurden. Damit wird sichergestellt, dass die zu vergleichenden Objekte in der Menge und Art übereinstimmen. Von den Automodellen wurden die in Tabelle 12 aufgelisteten Eigenschaften der PW, zusammengetragen.

Tabelle 12 Qualitative Charakteristika der PW im Längsschnittdatensatz

Gruppe	Charakteristik
Allgemein	Nominaler Preis
	Realer Preis
	Marke
	Jahr
	Modell
Technisch	Getriebeart
	Zylinderzahl
	Leistung
	Hubraum
	Länge
	Breite
	Höhe
	Gewicht
	Maximalgeschwindigkeit
Verbrauch	

Für den Datensatz wurden nur die Grundausstattungsvarianten berücksichtigt. Unter den Modellen sind wiederum verschiedene Varianten zu finden. Hier wurde versucht, jeweils möglichst konsistente Variantenreihen zu bilden. Das heisst, dass zum Beispiel der Nachfolger der 1.2 Liter Variante des jeweiligen Modells in der neuen Modellreihe wieder berücksichtigt wurde.

Tabelle 13 bis Tabelle 23 geben einen Überblick über die einzelnen Modellreihen. Die wichtigsten Änderungen innerhalb einer Modellreihe wurden chronologisch aufgelistet. Neben dem historischen Überblick über die Entwicklung der einzelnen Modelle entsteht so auch ein Überblick über die qualitativen Veränderungen, welche nicht explizit in das hedonische Modell einfließen. Diese werden jedoch nur angegeben, wenn sie der Serienausstattung zugehörig waren.

Da die in der Schweiz bezahlten Preise für die jeweiligen PW nicht alle ermittelt werden konnten, wurden die Preise, die in Deutschland bezahlt wurden, zu Hilfe genommen und mit dem damaligen Wechselkurs (Gärtner M., 2000) in Schweizerfranken umgerechnet. Die PW-Preise sind daher etwas tiefer als sie in Wirklichkeit waren. Da für den Preisindex aber das Verhältnis der durchschnittlichen Preise zwischen zwei Zeitabschnitten von Bedeutung ist und das Verhältnis bei multiplikativen Rechenoperationen nicht verändert wird, wurde diese Differenz nicht berücksichtigt.

Um mit den ausgewählten Modellreihen eine möglichst hohe Repräsentierbarkeit der Neuwagen zu erreichen, wurden die Modellreihen einerseits aufgrund möglichst hoher produzierten Stückzahlen ausgewählt und andererseits wurden Fahrzeuge aus möglichst allen Klassen miteinbezogen.

Tabelle 13 Entwicklung der Modellreihe „Volkswagen Käfer – Golf“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1946 - 1953	Standard-Modell	Der Käfer war eines der am häufigsten produzierten Autos seiner Zeit. 1946 spartanische Ausstattung und nur in grauer oder schwarzer Lackierung vorhanden
1954 -1964	1200 Standard-Modell	1954 Lackierung in verschiedenen Farben erhältlich 1962 mit hydraulischer Fussbremse
1964 - 1966	1200 A	1964 vollsynchronisiertes Vierganggetriebe und grössere Fenster 1965 während der Fahrt verstellbare Sitze
1966 - 1973	1300	1966 Sitzbezüge sind wahlweise aus Textil- oder Kunststoff erhältlich 1966 gleicher Schlüssel für Fahrertür und Zündschloss 1968 Warnblinkanlage
1973 - 1974	1200 L	1973 grössere Rückleuchten
1974 - 1983	Golf	Der VW Golf ist nicht der direkte Nachfolger des Käfers, wird aber in dieser Arbeit als solcher verwendet. Er wurde schlussendlich auch als solcher von der Firma VW behandelt. 1978 besserer Rammschutz 1979 Verringerung der Abgas-Schadstoffe 1981 Verbundglas-Frontscheibe, Halogenscheinwerfer und Servobremsen
1983 - 1990	Golf II	1983 zusätzlicher Raumgewinn und grösserer Tank 1987 geregelter Katalysator
1991 - 1997	Golf III	1991 vergrösserter Innen- und Kofferraum 1991 alle Modelle mit Einspritzmotoren 1997 ABS und Doppelairbags
1998 - 2003	Golf IV	1998 weitere Vergrösserung des Innenraums und verschiedene Details wie grössere Blinker etc. 1999 ESP
2003 - ?	Golf V	

Quelle: Schrader und Joachim (2001)

Tabelle 14 Entwicklung der Modellreihe „Volkswagen 1500 - Passat“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1961 - 1965	1500	Neben dem Käfer wurde der Typ 3 als zweites Modell von VW vorgestellt. Er war neben Käfer und Opel Kadett lange einer der am häufigsten produzierten PW.
1966 - 1973	1600	1967 Verbesserung der Sicherheit mit einer Sicherheits-Lenksäule und einer Zweikreis-Bremsanlage
1973 - 1980	Passat	Der VW Passat ist nicht der offizielle Nachfolger des 1500, der intern auch Typ 3 genannt wird. Von VW wird der Passat auch als Typ 32 und 33 bezeichnet. Er kann auch von der Motorengrösse und dem Zeitpunkt des Auftauchens auf dem Markt als Nachfolger des Typ 3 gehandelt werden. 1975 Vollschaumstoffsitze und präzisere Schaltung 1977 verbesserter Fahr- und Bedienkomfort
1980 - 1987	Passat II	1980 breiter und länger 1983 breitere Felgen 1985 Halogenscheinwerfer 1987 geregelter Katalysator
1988 - 1992	Passat III	1988 deutlich mehr Innenraum, Komfort und Bequemlichkeit
1993 - 1996	Passat IV	1993 Doppelairbags und ABS
1997 - 2005	Passat V	vollverzinkte Karosserie und teilt sich mit dem Audi A4 die Plattform

Quelle: Schrader und Joachim (2001)

Tabelle 15 Entwicklung der Modellreihe „Opel Olympia - Rekord – Omega“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1947 - 1952	Olympia	
1953 - 1957	Olympia Rekord	1953 sehr zuverlässig 1955 grösseres Heckfenster 1956 Zündanlass-Schalter 1957 Chromzierleisten
1958 - 1960	Olympia Rekord	1958 Panorama Front- und Heckscheiben und mehr Innenraum
1961 - 1962	Rekord	1961 die Panoramasscheiben wurden abgeschafft und die Sicherheit wurde verbessert
1963 - 1965	Rekord A	1963 wurde eine neue Karosserieform präsentiert
1966 - 1971	Rekord C	1966 grössere Aussenmasse
1972 - 1976	Rekord D	
1977 - 1981	Rekord E1	
1982 - 1985	Rekord E2	
1986 - 1993	Omega A	ersetzt den Opel Rekord 1986 komplett neues Fahrwerk, neue Karosserie und neue Motoren mit Leichtmetallzylinderköpfen 1986 Katalysator
1994 - 2004	Omega B	1994 Airbags 1998 dritte Bremsleuchte und Multifunktionslenkrad 1999 Klarglasscheinwerfer

Quelle: Schrader (2002a und b)

Tabelle 16 Entwicklung der Modellreihe „Opel Kadett - Astra“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1962 - 1964	Kadett A	komplett neues Automodell
1965 - 1972	Kadett B	1965 grössere Abmessungen 1967 Zweikreisbremsen
1973 - 1978	Kadett C	1975 Scheibenbremsen, heizbare Heckscheiben und Servobremsen
1979 - 1983	Kadett D	1980 Kopfstützen und Rückfahrscheinwerfer
1984 - 1991	Kadett E	1986 Katalysator
1992 - 1997	Astra F	1996 Airbags
1998 - 2004	Astra G	1998 grössere Abmessungen, vor allem im Innenraum, und völlig neues Fahrwerk

Quelle: Schrader (2002a und b)

Tabelle 17 Entwicklung der Modellreihe „Opel Kapitän – Senator“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1948 - 1953	Kapitän	Der Kapitän war bei seiner Einführung eines der hubraumstärksten Fahrzeuge auf dem Markt.
1954 - 1957	Kapitän	1954 komplett neues Modell, das nur den Motor des Vorgängers behielt
1958 - 1959	Kapitän P	1958 neue Karosserie, jedoch zu kleine Türen und zu niedriges Dach, was zur Ablösung nach nur einem Jahr führte
1959 - 1963	Kapitän P-LV	1959 grössere Karosserie
1964 - 1968	Kapitän A	1964 mit den Modellen Admiral und Diplomat präsentiert 1967 Sicherheitslenksäule und beheizbare Rückscheibe
1969 - 1970	Kapitän B	1969 neue Karosserieform und Fahrwerk 1970 Ende der Produktion des Kapitäns
1970 - 1977	Admiral L	1970 die Ausstattungsvarianten des Admirals wurden angepasst, um dem Kapitän einen Nachfolger zu geben 1972 Servolenkung
1978 - 1982	Senator A1	1978 die „grossen“ Modellreihen von Opel wurden nicht mehr als eigenständige Modelle geführt, sondern waren eine Ableitung des Opel Rekord
1983 - 1986	Senator A2	1985 Katalysator
1987 - 1990	Senator B	1990 Einstellung der Produktion der Oberklasse von Opel

Quelle: Schrader (2002a und b)

Tabelle 18 Entwicklung der Modellreihe „Ford Taunus – Sierra –Mondeo“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1948 - 1952	Taunus	war von der Verarbeitungsqualität, Solidität und Stabilität ein ausgezeichnetes Auto
1952 - 1962	Taunus 12M	1952 Selbsttragende Karosserie
1962 - 1966	Taunus 12M	1962 komplett neuer Wagen mit Vorderradantrieb
1966 - 1970	Taunus 12M	1966 neue Federung und Lenkung 1967 das Wort Taunus entfällt der Typenbezeichnung
1970 - 1975	Taunus GBTK	1970 komplett neues Modell und Nachfolger des 12M und 15M
1976 - 1982	Taunus GBTS	1976 überarbeitetes Fahrwerk und Karosserie 1979 Vollschaum- statt Federkernsitze
1983 - 1992	Sierra	1983 als vollständig neues Auto und als Nachfolger des Taunus wurde der Sierra vorgestellt 1984 Servolenkung 1988 Katalysator 1990 Modellpflege
1993 - 2000	Mondeo I	wurde als Weltauto vorgestellt, da für Europa, die USA, den mittleren Osten und Taiwan das gleiche Produkt verkauft wurde 1996 new Edge-Design
2000 - ?	Mondeo II	komplett überarbeiteter Wagen mit vollverzinkter Karosserie, mehr Innenraum, breiteren Türen, verbesserte Sicherheitsausstattung und neuem Fahrwerk

Quelle: Kuch (2003)

Tabelle 19 Entwicklung der Modellreihe „Mercedes 170 V – C-Klasse“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1946 - 1953	170 V	1950 grössere Bremsen, von aussen zugänglicher Kofferraum, Frontscheibe aus Verbundglas und weichere Federung 1952 durchgehende Stossstange
1953 - 1962	180	1962 selbsttragende Pontonkarosserie
1963 - 1965	190	1963 neuer Wagen, mit neuer Karosserie
1966 - 1967	200	
1968 - 1974	200	1968 eine neue Mercedes Generation mit den Typen 200 – 250 mit erhebliche Einbussen im Raumangebot
1975 - 1985	200	1975 besserer Komfort und Fahreigenschaften durch Vergrösserung des Radstandes
1986 - 1992	190	1986 aufwendige Technik wie Leichtbau oder Raumlener-Hinterachse machten den 190 sehr teuer 1986 Katalysator 1989 Airbag
1993 - 2001	C-Klasse	1993 nach rückgängigen Verkaufszahlen wurde die C-Klasse eingeführt, um ein jugendlicheres Auto anzubieten 1996 Sitzbelegungserkennung und neue Scheinwerfer 1997 Facelift, Regensensoren und Xenon-Scheinwerfer
2001 - ?	C-Klasse	2001 coupéhafte Seitenlinie, Doppelscheinwerfer und Blinker auf den Aussenspiegeln

Quelle: Rohde und Koch (2004) und Kittler (2002)

Tabelle 20 Entwicklung der Modellreihe „BMW 501 – 2800 – 730“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1952 - 1958	501	1952 von anfang an mit Radio serienmässig ausgestattet
1954 - 1960	502	1960 mehr Chrom, Nebelleuchten und Blinker
1961 - 1967	2600 L	1961 neben der neuen Typenbezeichnung waren keine grossen Änderungen auszumachen
1968 - 1977	2800	1968 komplett neue Limousine machte mit der härteren Federung einen sportlicheren Eindruck 1971 Sitzhöhen- und Lenksäulenverstellung, Kopfstützen
1977 - 1986	728	1977 als Nachfolger der grossen BMW Modelle präsentiert 1979 Motoren mit Einspritzung 1982 technische Modifikationen zur Verbrauchs- und Gewichtseinsparung 1984 ABS
1986 - 1994	730	1986 komplett überarbeiteter Wagen 1986 Katalysator
1994 - 2001	730	1994 neue Karosserieform und grösserer Innenraum
2001 - ?	730	2001 komplett neues Modell, das sich durch eine neue Formgebung und ein neues Bediensystem stark vom Vorgängermodell unterscheidet

Quelle: Schrader (2004)

Tabelle 21 Entwicklung der Modellreihe „Audi 80 – A4“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1966 - 1968	75	1966 Audi 75 kommt auf den Markt
1968 - 1971	80 L B1	1968 Audi 80 ersetzt den Audi 75
		1970 moderneres Heck und verdeckte Benzinkappe
1972 - 1978	80 GL B2	1972 völlig neuer Motor und Zweikreisbremsen
		1975 Vollschaumstoffsitze
		1976 stilistische Modifikationen, die das äussere Erscheinungsbild verändern
1978 - 1986	80 B3	1978 längerer Radstand und grössere Karosserie
		1984 Halogenscheinwerfer mit integrierten Blinkleuchten
1986 - 1994	80 B4	1986 überarbeitetes Erscheinungsbild und verbesserte Sicherheit
		1985 Katalysator
		1990 Vierventiltechnik
		1991 stark überarbeitetes Modell
		1993 Airbags
1994 - 2001	A4 B5	1994 der Nachfolger des Audi 80 wird A4 genannt
2001 - ?	A4 B6	

Quelle: Zeichner (1998)

Tabelle 22 Entwicklung der Modellreihe „Audi 100 – A6“

Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1968 - 1976	100 LS C1	wurde aufgrund fehlender Konkurrenz sehr gut verkauft
1976 - 1982	100 LS C2	1978 wurden Fünfzylinder-Motoren eingeführt 1981 Verbundglasfrontscheibe
1982 - 1990	100 LS C3	1982 neue Karosserieform, geräumigerer Innenraum sowie sehr grosser Kofferraum 1982 Einspritzmotor 1985 Katalysator 1988 Innenausstattung komplett überarbeitet
1990 - 1997	100 LS C4	1990 grösserer Innenraum und überarbeitete Karosserie 1993 Airbag 1994 neue Bezeichnung: A6
1997 -2004	A6 C5	1997 stilistisch vollkommen überarbeitet und vergrösserter Innenraum

Quelle: Zeichner (1998)

Tabelle 23 Entwicklung der Modellreihe „Porsche 911“

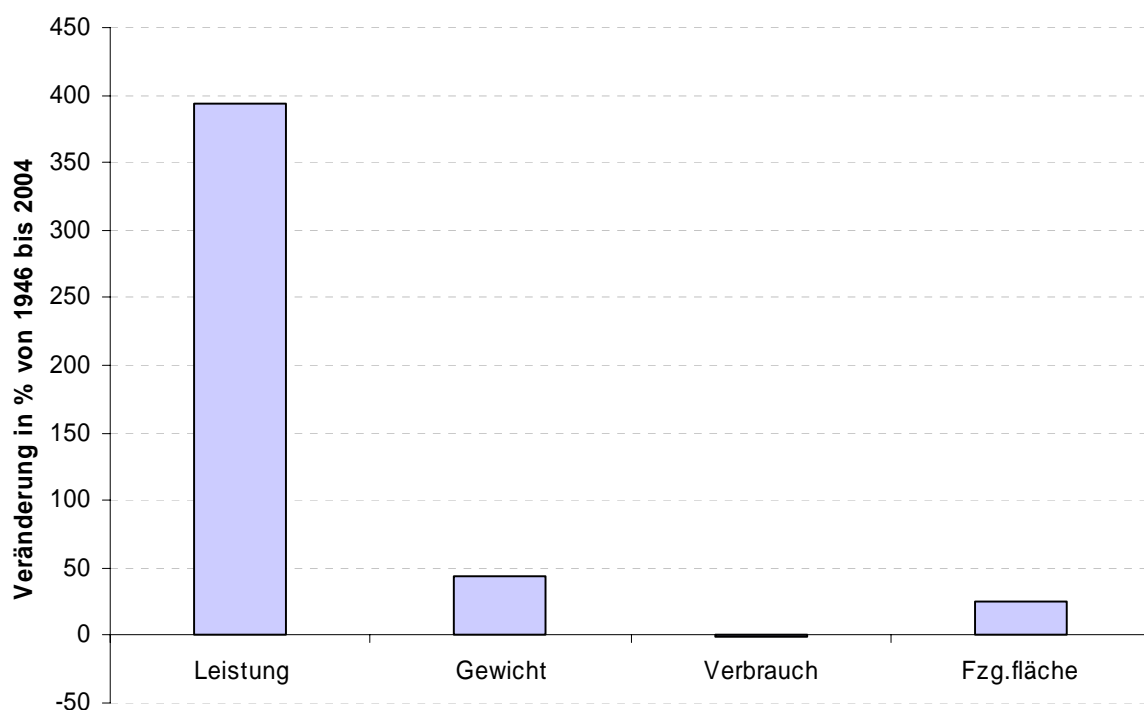
Produktion	Modell	Serienmässige Veränderungen / Beschreibung
1964 - 1973	911	zunächst wegen technischen Mängeln keine Begeisterung beim Publikum 1966 technisch ausgereift 1967 Zweikreisbremsen 1968 B-Serie mit Einspritzmotor und Motorengehäuse aus Magnesium 1969 C-Serie mit grösserem Motor 1970 D-Serie nur Detailänderungen 1971 E-Serie mit grösserem Motor 1972 F-Serie nur Detailänderungen
1973 - 1989	911	1973 G-Serie mit grösseren Motoren und rotes Leuchtband am Heck 1975 I-Serie mit feuerverzinkten Karosserieblechen 1977 K-Serie mit grösserem Motor 1985 Katalysator
1989 - 1993	911 Carrera 2	1989 vergrösserte Motoren und mehr Leistung 1991 Airbags
1993 - 1997	911 Carrera 2	1993 weitreichendes Facelifting und verbesserte Leistung der Bremsen, der Motoren und des Fahrverhaltens
1998 - 2004	911 Carrera 2	Einführung eines vollständig neuen Wagens, der sich sowohl optisch als auch von den Fahrleistungen her stark vom Vorgänger unterscheidet

Quelle: Schneider (2003)

Deskriptive Analyse der Querschnittsdaten

Die rasante Entwicklung der Automobilindustrie zeigt sich bei der Betrachtung der Produktionszyklen der einzelnen Modelle, die im Schnitt ca. 6 Jahren dauern. Die starken Entwicklungen der durchschnittlichen Charakteristika von PW sind in Abbildung 13 zu sehen.

Abbildung 9 Prozentuelle Veränderungen der Charakteristika von 1946 bis 2004

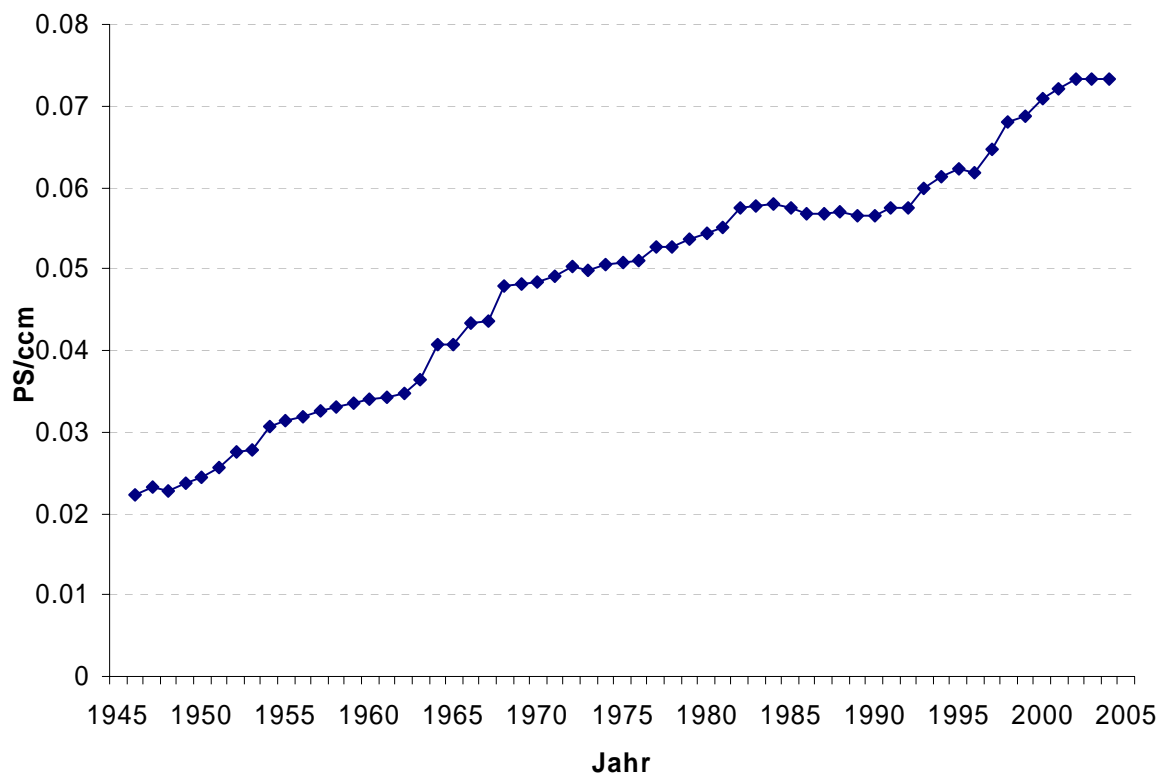


Während das durchschnittliche Gewicht und die Fahrzeugfläche nur schwach zugenommen haben oder, wie der Verbrauch, praktisch gleich geblieben sind, ist die Zunahme der Leistung sehr beachtlich. Die technische Entwicklung erfolgte bis heute dahingehend, dass der Verbrauch auf Kosten der Leistung gleichgehalten wurde. Die geringe Gewichtszunahme ist darauf zurückzuführen, dass ein grosser Teil des zusätzlichen Gewichts, verursacht durch technische Neuerungen, durch den Leichtbau kompensiert wurde. Die Entwicklung der Charakteristika spiegeln die Ergebnisse der Querschnittsanalyse insofern wider, als dass die Hersteller auf die Bedürfnisse der Kunden eingehen und somit die Entwicklung der Charakteristika kundenorientiert auslegen. Somit zeigt sich aber auch, dass der Verbrauch den Kunden nicht egal ist, aber im Verhältnis zu der Leistung eines PWs eine geringere Rolle spielt. Dies

ist darauf zurückzuführen, dass die Konsumenten nur einen kleinen Teil der externen Kosten der Fahrzeugnutzung tragen und deshalb auch nicht stark an solchen Verbesserungen interessiert sind.

Neben den Entwicklungen einzelner Charakteristika ist auch die Entwicklung der Leistung pro Kubikzentimeter Hubraum, siehe Abbildung 10, sowie der Verbrauch pro PS Leistung, siehe Abbildung 11, interessant.

Abbildung 10 Entwicklung der Leistung pro Kubikzentimeter Hubraum



Die Entwicklung der Leistung pro Kubikzentimeter Hubraum zeigt sich sehr stetig und wird nur in den 80er Jahren unterbrochen, als die Katalysatoren eingeführt wurden. Doch die Einführung der Katalysatoren konnte den Trend zu immer mehr Leistung nur kurzzeitig unterbrechen, denn Mitte der 90er Jahre setzte sich die Leistungssteigerung fort.

Abbildung 11 Entwicklung des Verbrauchs pro PS Leistung

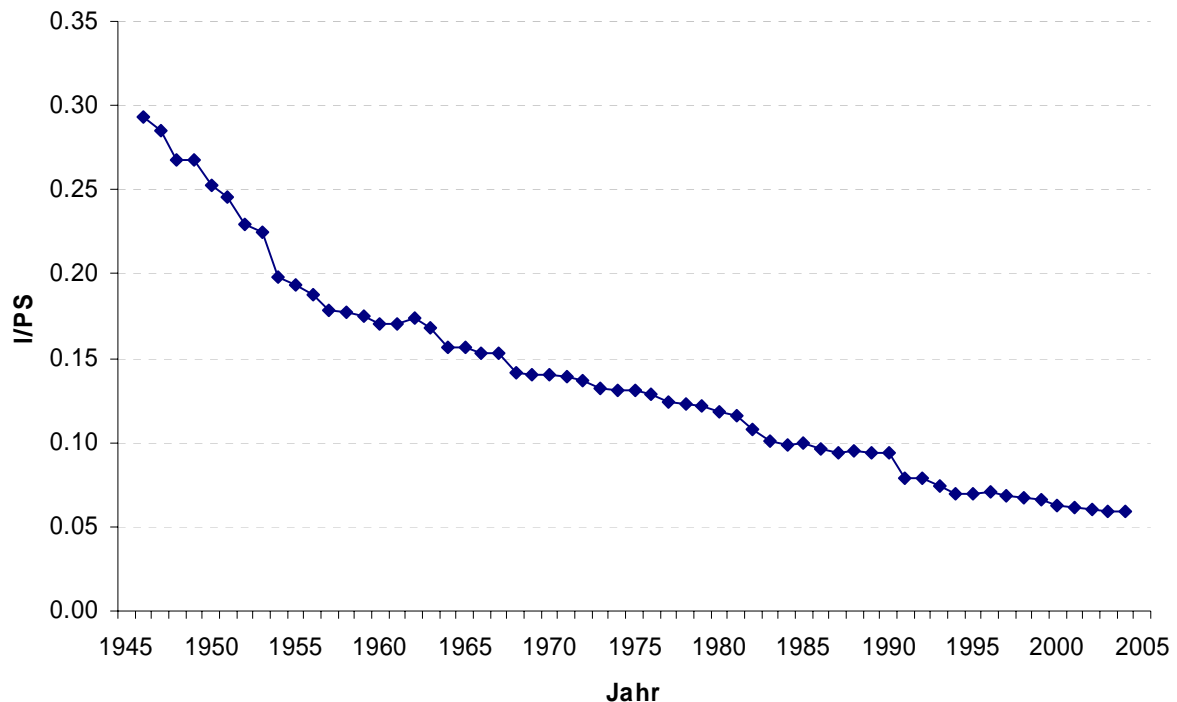


Abbildung 11 zeigt die Entwicklung des Verbrauchs bei gleich bleibender Leistung. Aus dieser Abbildung kann gelesen werden, dass bei gleich bleibender Leistung der Verbrauch von 1946 bis heute um ca. 80% verringert hätte werden können. Stattdessen hat sich der durchschnittliche Verbrauch aber praktisch nicht verändert. Die gesetzlichen Lenkungsmaßnahmen, deren Ziel eine Verbrauchsreduktion ist, scheinen aufgrund des hohen technischen Fortschritts der Autohersteller keine Wirkung zu zeigen. Wirksamere Massnahmen den Verbrauch zu senken, liegen wohl darin, die Konsumenten stärker an den externen Kosten zu beteiligen und somit ihr Interesse am Verbrauch zu stärken.

4.3.2 Spezifikation der hedonischen Funktion

Die Spezifikation der hedonischen Funktion beinhaltet einerseits die Festlegung der Qualitätscharakteristika und andererseits die Wahl der Funktionsform.

Festlegung der Qualitätscharakteristika

Die Festlegung der Qualitätscharakteristika richtet sich nach den Ergebnissen der Querschnittsanalyse. Es werden aber nicht alle Qualitätscharakteristika aus der Querschnittsanalyse benötigt, oder sie werden aufgrund der Datenmenge nicht berücksichtigt. Nicht benötigt werden die Qualitätscharakteristika der Benzin- und Getriebeart, da keine Dieselfahrzeuge und keine Fahrzeuge mit automatischem Getriebe im Datensatz berücksichtigt wurden. Weiter wird aufgrund der relativ kleinen Datenmenge auf die Markenzugehörigkeit verzichtet. Für die Längsschnittanalyse verbleiben die Qualitätscharakteristika Leistung und Fläche um den Preis des Autos zu beschreiben. Neben diesen Qualitätscharakteristika werden wichtige qualitative Veränderungen, die als einmaliges Ereignis betrachtet werden können und nicht mit der Leistung oder der Fahrzeugfläche korrelieren, als Dummy Variablen miteinbezogen. Der Katalysator und die Airbags wurden als solche qualitativen Veränderungen identifiziert.

Wahl der hedonischen Funktionsform

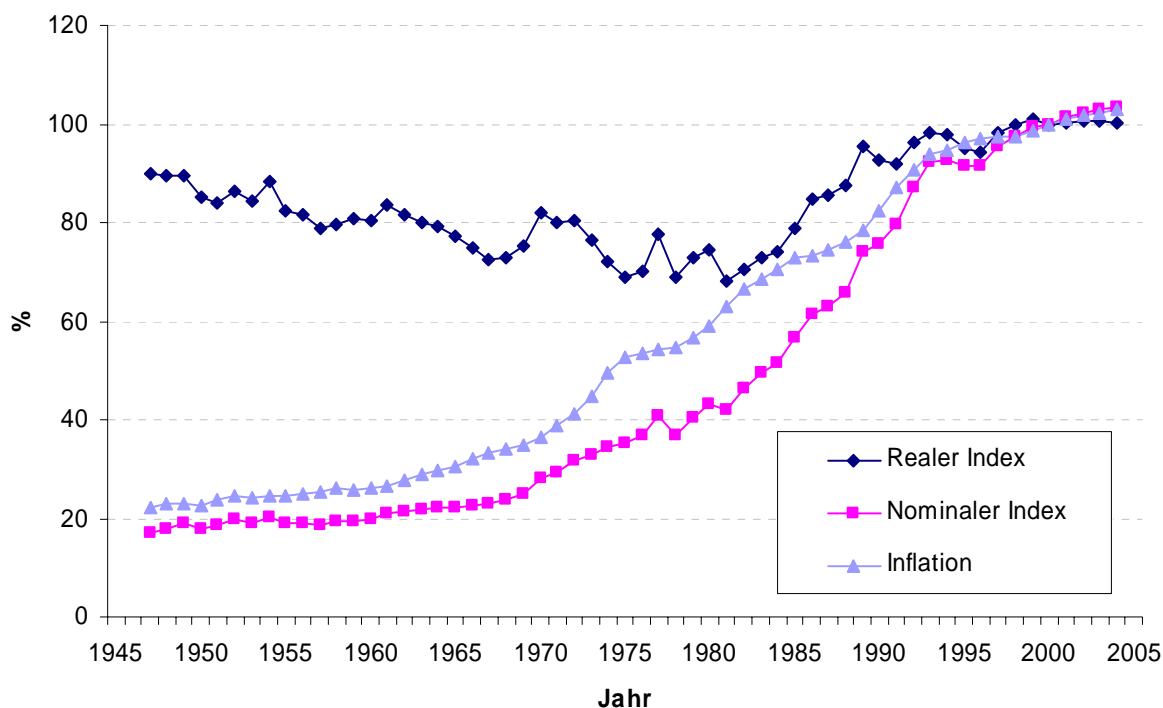
Die Funktionsform richtet sich, ebenso wie die Festlegung der Qualitätskriterien, nach den Ergebnissen der Querschnittsanalyse. Für das Modell wird aufgrund der Ergebnisse in Kapitel 4.2.3 eine doppelt-logarithmische Funktion gewählt.

4.3.3 Ergebnisse und Interpretationen

Der herkömmlich berechnete Preisindex

Neben dem hedonischen Preisindex wird mit den Längsschnittdaten auch ein herkömmlicher Preisindex berechnet. Um die Menge und Art gleich bleibend zu halten, wurden bei der Indexberechnung nur die Modelle miteinbezogen, die in beiden Perioden vorhanden sind. Bei Indizes unterscheidet man zudem zwischen nominalen und realen Indizes. Die realen Indizes beruhen im Gegensatz zu den nominalen auf inflationsbereinigten Preisen. In Abbildung 12 ist die herkömmliche Preisentwicklung der in dieser Arbeit verwendeten PW und die Inflation in der Schweiz (Bundesamt für Statistik, 2004) grafisch dargestellt. Die Ergebnisse sind in Tabellenform im Anhang A 3 zu finden.

Abbildung 12 Herkömmliche Indizes und die Inflation (2000 = 100)



Auffallend ist, dass der nominale Preisindex trotz der geringen Stichprobe sehr ähnlich verläuft wie die Inflation. Die Teuerung der PW war im Gegensatz zur gesamten Teuerung in der Schweiz von 1949 bis 1980 durchschnittlich tiefer. Ab 1980 verhält sich dies umgekehrt. Dies wird durch den realen Index angezeigt. Bis 1980 sind die PW-Preise gegenüber den Preisen aller Konsumgüter kumuliert um 25.74% günstiger geworden. Danach stiegen sie bis 2000 um 24.79% an.

Der hedonische Index

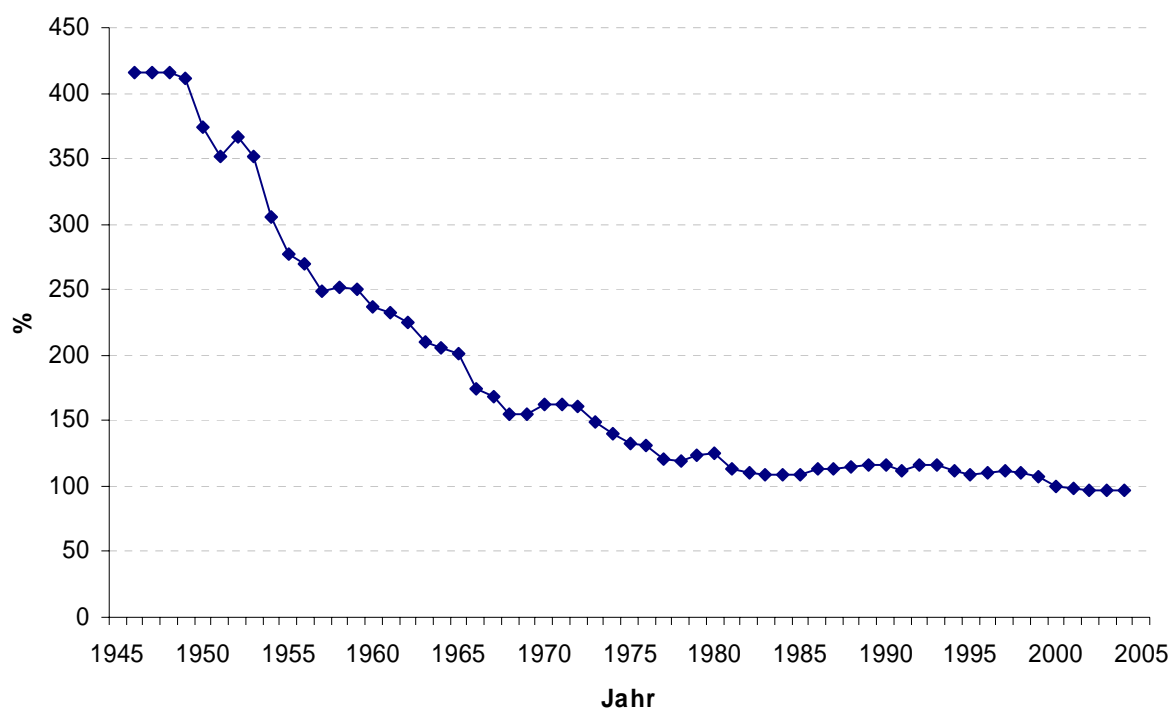
Der hedonische Index wird mit der Methode der Zeitvariablen berechnet, da die indirekten hedonischen Methoden nur sinnvoll sind, wenn aufgrund der Datenzusammensetzung ein Index nach Laspeyres oder Paasche berechnet werden soll. Die Daten, die in dieser Arbeit verwendet werden, bestehen aus zeitlich durchlaufenden Modellreihen. Daher ist eine Berechnung des Index nach Laspeyres oder Paasche nicht sinnvoll. Der Index wird mit realen Preisen berechnet, da die Inflation den PW-Markt trotz seiner Grösse beeinflusst. Alle Preise sind gegenüber dem Jahr 2000 inflationsbereinigt.

Für die Berechnung des hedonischen Index werden die Daten in einem ersten Schritt für die jeweils aufeinander folgenden Jahre gepoolt. Damit wird sichergestellt, dass Schwankungen in der Einflussstärke der Charakteristika über die Zeit in den Index einfließen.

Anhand eines Beispiels wird die Vorgehensweise zur Berechnung des Index verdeutlicht. Für die gepoolten Daten der Jahre 1975 und 1976 hat die Regressionsanalyse für die Dummyvariable des Jahres 1976 beispielsweise folgenden Betawert ergeben: -0.0097 . Der Antilogarithmus von -0.0097 ergibt: 0.9903 . 0.9903 stellt die Prozentuelle Veränderung der Preise für Automobile gegenüber dem Vorjahr dar. Das heisst, dass die Automobilpreise 1976 99.03% des Jahres 1975 betragen, in dieser Zeit also um 0.97% gesunken sind.

Die erhaltenen Resultate sind in Abbildung 13 dargestellt.

Abbildung 13 Hedonischer Preisindex, Daten Jahr um Jahr gepoolt (2000 = 100)

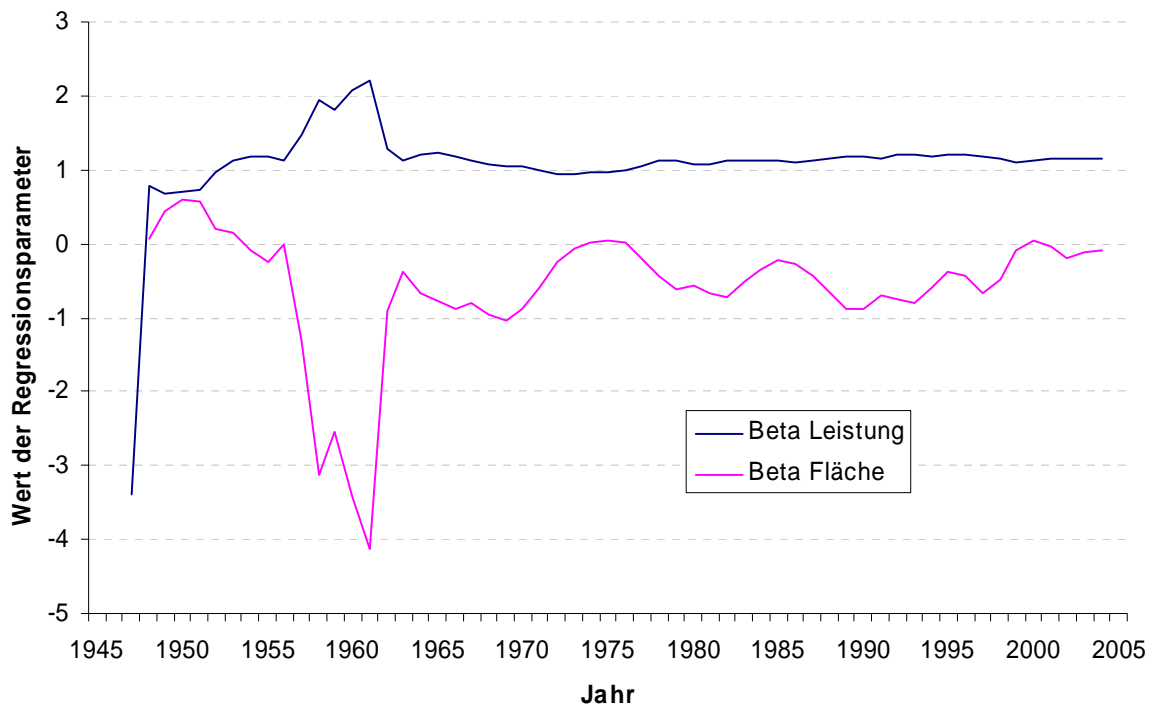


Der hedonische Index zu realen Preisen zeigt im Gegensatz zum herkömmlich berechneten Index einen klaren Rückgang der Preise.

Aufgrund der geringen Datenmenge bei Regressionsschätzungen mit den Jahr für Jahr gepoolten Daten wird eine Analyse der Regressionsparameter durchgeführt, um Zeiträume zu identi-

fizieren, in denen die Regressionsparameter konstant bleiben. Für diese Zeiträume werden die Daten neu gepoolt, um aussagekräftigere Resultate zu erhalten. Abbildung 14 zeigt die zeitliche Reihung der Regressionsparameter.

Abbildung 14 Analyse der Regressionsparameter (Jahr um Jahr – Schätzungen)



Der Regressionsparameter des natürlichen Logarithmus der Motorenleistung ist von 1963 an sehr konstant und zudem immer signifikant. Erstaunlich ist aber der Regressionsparameter des natürlichen Logarithmus der Fahrzeugfläche, der im Gegensatz zur Querschnittsanalyse fast durchgehend ein negatives Vorzeichen aufweist. Dies würde heissen, dass die Konsumenten für geringere Fahrzeugfläche eine höhere Zahlungsbereitschaft haben. Auch dieser Regressionsparameter bleibt ab 1963 in einem gewissen Bereich konstant, ist aber nur in 18 Fällen signifikant. Der negative Einfluss der Fahrzeugfläche könnte auf der fehlenden Vielfalt der Daten beruhen, da die Fahrzeugfläche vor allem zur Differenzierung zwischen den grossen und kleinen Fahrzeugklassen dient. Da aber Modelle aus der Klasse SUV fehlen und mit dem Porsche 911 ein teures Fahrzeug mit relativ kleiner Fahrzeugfläche im Datensatz vorhanden ist, ist der negative Einfluss der Fahrzeugfläche durchaus plausibel.

Für eine aussagekräftigere Schätzung wird der hedonische Index mit gepoolten Daten von 1963 bis 2004 noch einmal berechnet. Die Ergebnisse der von Jahr zu Jahr gepoolten Daten bis 1962 und die Ergebnisse der gepoolten Daten ab 1963 sind in Tabelle 24 ersichtlich, sowie in ausführlicherer Form im Anhang A 4.

Tabelle 24 Realer, hedonischer Preisindex (gepoolter Längsschnitt)

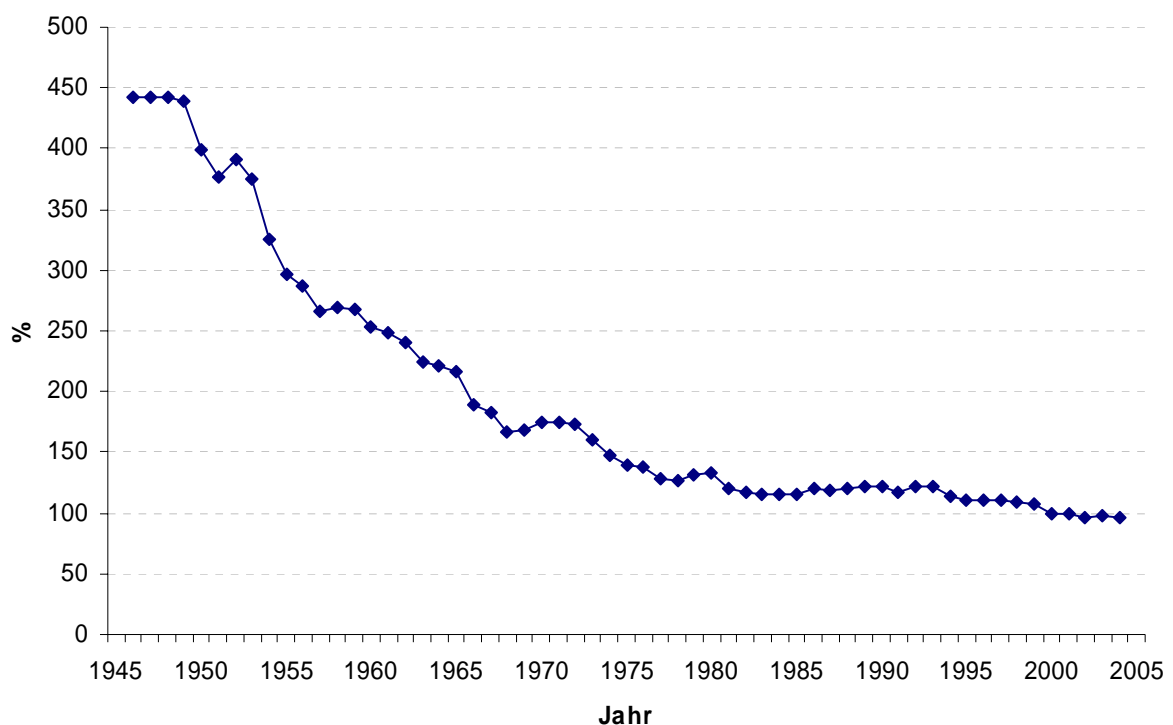
Jahr	Ø Preise [CHF]	Signifikanz der Zeitdummies	In % gegenüber Vorjahr	Hedonischer Index (2000 = 100)
1947	29'645.25	-	100.0	443.01
1948	36'243.80	0.302	100.0	443.01
1949	35'009.99	0.838	99.2	439.34
1950	33'282.20	0.027	91.0	399.63
1951	32'887.34	0.052	94.1	375.96
1952	39'425.23	0.551	104.0	391.08
1953	38'601.25	0.537	95.9	375.11
1954	40'385.74	0.106	86.9	325.89
1955	37'728.55	0.278	90.8	295.75
1956	37'245.92	0.733	97.1	287.17
1957	36'114.97	0.284	92.4	265.29
1958	36'332.18	0.635	101.5	269.23
1959	36'904.82	0.813	99.2	267.05
1960	36'809.62	0.221	94.7	252.79
1961	36'718.96	0.638	98.1	248.00
1962	34'045.59	0.623	96.6	239.69
1963	33'394.82	0.315	93.5	224.00
1964	38'824.84	0.837	98.9	221.52
1965	37'813.08	0.515	97.6	216.23
1966	35'731.15	0.002	87.8	189.75
1967	34'653.47	0.000	96.2	182.47
1968	34'667.53	0.000	91.8	167.46
1969	35'715.01	0.000	100.2	167.78
1970	37'554.21	0.000	104.2	174.89
1971	37'976.87	0.000	99.9	174.68
1972	38'256.77	0.000	98.9	172.77
1973	36'248.75	0.000	92.8	160.29
1974	34'127.96	0.000	92.5	148.20
1975	32'729.37	0.000	94.5	140.02

Tabelle 24 Realer, hedonischer Preisindex (gepoolter Längsschnitt) (Fortsetzung)

Jahr	Ø Preise [CHF]	Signifikanz der Zeitdummies	In % gegenüber Vorjahr	Hedonischer Index (2000 = 100)
1976	33'329.34	0.000	99.0	138.57
1977	33'046.52	0.000	92.4	128.06
1978	32'734.70	0.000	98.5	126.19
1979	34'674.54	0.000	104.2	131.52
1980	35'335.77	0.000	100.7	132.47
1981	32'284.95	0.000	90.4	119.82
1982	33'479.42	0.000	97.7	117.12
1983	34'674.25	0.000	98.8	115.68
1984	35'177.18	0.000	99.3	114.84
1985	37'386.65	0.000	100.6	115.56
1986	40'215.19	0.000	103.9	120.12
1987	40'521.89	0.000	98.8	118.62
1988	41'519.68	0.000	101.2	120.06
1989	43'647.58	0.000	100.9	121.16
1990	43'939.96	0.000	100.0	121.18
1991	42'625.04	0.000	96.6	117.12
1992	44'654.59	0.000	103.7	121.50
1993	45'727.21	0.000	99.7	121.13
1994	45'482.08	0.000	94.4	114.40
1995	44'234.54	0.000	96.3	110.11
1996	43'746.95	0.000	100.2	110.31
1997	45'578.98	0.000	99.9	110.23
1998	46'451.15	0.000	98.9	109.00
1999	46'871.60	0.000	98.2	107.00
2000	46'468.02	0.000	93.5	100.00
2001	46'615.59	0.000	98.7	98.68
2002	46'716.21	0.000	98.2	96.92
2003	46'753.74	0.000	100.1	96.99
2004	46'558.45	0.000	99.6	96.61

Die Zeitdummies für die von 1963 bis 2004 gepoolten Daten sind im Gegensatz zu der vorhergehenden Berechnung fast durchgehend signifikant. Die kumulierte Differenz zu den Ergebnissen der hedonischen Schätzung mit den Jahr für Jahr gepoolten Daten beträgt von 2000 bis 1948 27.56%. In Abbildung 15 ist der Preisindex aus den Berechnungen mit den gepoolten Daten von 1963 bis 2004 und den Jahr für Jahr gepoolten Daten von 1947 bis 1962 grafisch dargestellt.

Abbildung 15 Hedonischer Preisindex (gepoolter Längsschnitt) (2000 = 100)



Der Verlauf der realen, qualitätsbereinigten Preise der Personenwagen zeigt eine deutlich fallende Tendenz.

Die ersten drei betrachteten Jahre sind nicht aussagekräftig, da die Stichprobengröße der Daten zu diesem Zeitpunkt nur eins bis zwei Modelle umfasst. Danach ist jedoch ein deutlicher Preisrückgang zu beobachten, der bis 1970 anhält. Bis zu diesem Zeitpunkt haben sich die Konsumentenpreise um 60.66% gesenkt, was einem durchschnittlichen Preisrückgang von 2.76% per anno (p.a.) entspricht. Von 1970 bis 1985 betrug der Preisrückgang 32.62% oder 2.17% p.a.. Danach fielen die Preise um 0.62% p.a. bis 2004, also insgesamt um 11.78%.

In der Querschnittsanalyse hat sich gezeigt, dass die Motorenleistung die wichtigste Qualitätscharakteristik von PW ist. Die Innovation in diesem Bereich war über die Zeit sehr stetig. Es zeigen sich Parallelen in der Entwicklung der Motorenleistung und der Preise. Vor allem in der Zeit von den 80er Jahren bis Mitte der 90er, in der die Preise stagnierten, hat sich die Motorenleistung ebenfalls weniger stark entwickelt. Ab Mitte der 90er Jahre ist die Motorenleistung wieder stärker angestiegen, was sich auch bei den Preisen bemerkbar machte.

Neben den Produktinnovationen im PW-Bereich hat es aber auch noch Innovationen im Bereich der PW-Fertigung gegeben, die einen Einfluss auf die PW-Preise gehabt haben. Ein wirtschaftsgeschichtlicher Rückblick auf die Automobilindustrie, mit Fokus auf das Einsparungspotential durch Produktivitätssteigerung, hilft die Preisentwicklung besser zu verstehen.

Nach dem 2. Weltkrieg war ein Anstieg der Nachfrage dafür verantwortlich, dass die Produktion der Automobile stark gesteigert werden konnte. Sinkende Produktionskosten konnten in Europa und in den USA durch Skalenerträge realisiert werden. Bis 1970 war der grösste Teil der Massenmotorisierung abgeschlossen und ein Automobilwerk in Deutschland musste rund 250.000 Wagen pro Jahr produzieren, um in die Nähe des Stückkostenminimums zu gelangen (Flik, 2001, S. 204).

Ab Mitte der 60er Jahre betraten die Japaner den Automobilmarkt. Sie konnten gegenüber den Europäern und der USA die Kosten als Folge der technischen Veränderungen und den fortlaufenden Prozessoptimierungen auch nach der Massenmotorisierung weiter reduzieren (Fuss und Waverman, 1992, S. 134). Diese Prozessoptimierung, auch *lean production* genannt, wurde vor allem im Bereich der Fertigung erzielt. Ebenso war die Zahl der Montagefehler, die Kosten für die Unternehmen darstellen, in Japan wesentlich geringer als in Europa. Zudem war die Anzahl der Zulieferer in Japan deutlich tiefer als in Europa (Womack, Jones und Roos, 1992, S. 52.). Die Zahl der Zulieferer hat auf den Preis des Endproduktes insofern einen Einfluss, als dass je kleiner die Anzahl an Zulieferern ist, desto grösser die Preisverhandlungsspielräume sind, die wiederum zu günstigeren Einkaufspreisen führen.

1973 und 1974 war die grosse Ölkrise, welche auf die Automobilindustrie einen starken Einfluss ausübte. In Abbildung 9 ist in dieser Zeit auch ein Knick auszumachen.

Die *lean production* gewann anschliessend auch ausserhalb von Japan an Einfluss, was den weiteren Rückgang der Preise erklärt.

Ab Mitte der 80er Jahre blieben die Preise dann relativ konstant. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass in der hedonischen Berechnung der realen Preise die zunehmenden elektronischen Qualitätsveränderungen nicht erfasst wurden. Ein Rückgang der Preis wäre zudem zu erwarten, da ab den 90er Jahren weitere Bestrebungen zur Kostenreduktion vorhanden waren. Ein Beispiel dafür ist das *supply chain* Management, das eine ganzheitliche, gesamtwirtschaftliche Betrachtung einer Logistikkette vornimmt und beispielsweise durch Lagerzeitenreduktion mittels *just-in-time* Lieferungen Kosten einspart.

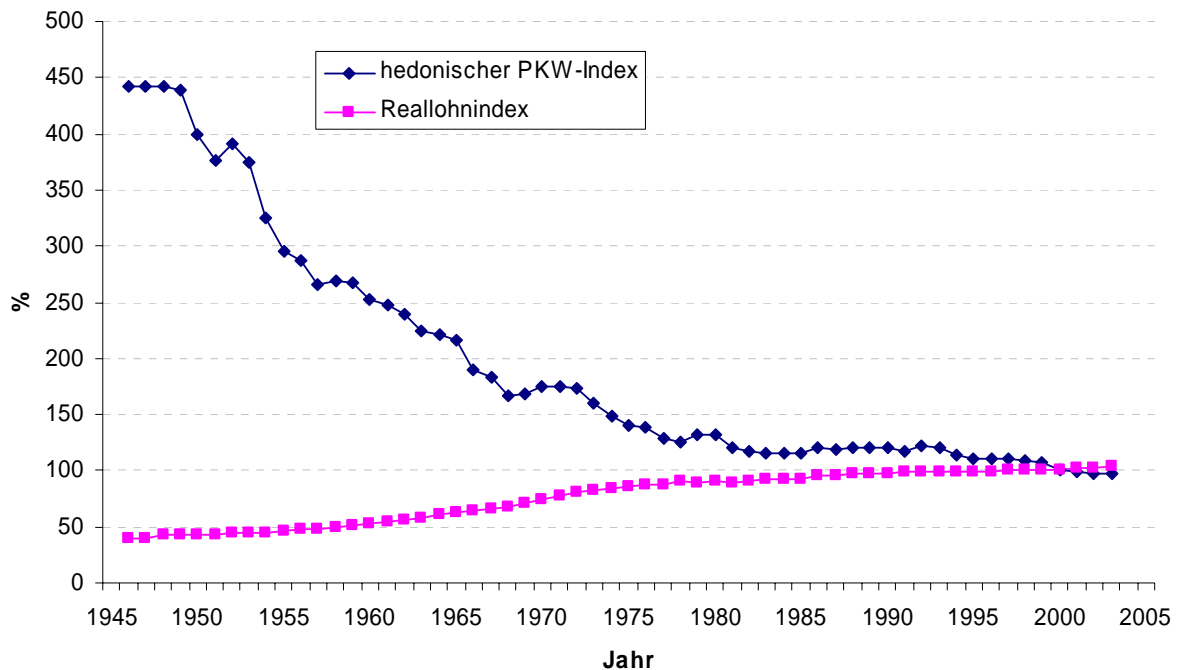
Auf den Rückgang der Preise Mitte der 90er Jahre hat zudem die Produktionsverlagerung in Länder mit tieferen Lohnkosten, vor allem in den Osten, einen Einfluss.

Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass neben kostensenkenden Entwicklungen auch Kostensteigerungen in der Automobilindustrie stattgefunden haben. So sind vor allem in letzter Zeit die Innovationszyklen immer kürzer geworden. Dies zeigt der Elektronikanteil am Wert, der bei den meisten Automarken heute zwischen 43 und 60 Prozent liegt (Schumacher, 2003, S. 2). Der typische Innovationszyklus dauert derzeit bei mechanischen Produkten und neuen Werkstoffen sieben bis zehn Jahre, bei Elektromechanik oder Bus-Systemen vier bis sechs Jahre, bei Software und Elektronik unter einem bis drei Jahren (Schumacher, 2003, S. 2). Durch die kürzer werdenden Innovationszyklen steigen aber auch die Forschungs- und Entwicklungskosten. Dies trägt sicherlich dazu bei, dass die Neigung des realen, hedonischen Preisindex seit den 80er Jahren abgenommen hat.

Der reale, hedonische Preisindex im Bezug zum Realeinkommenswachstum

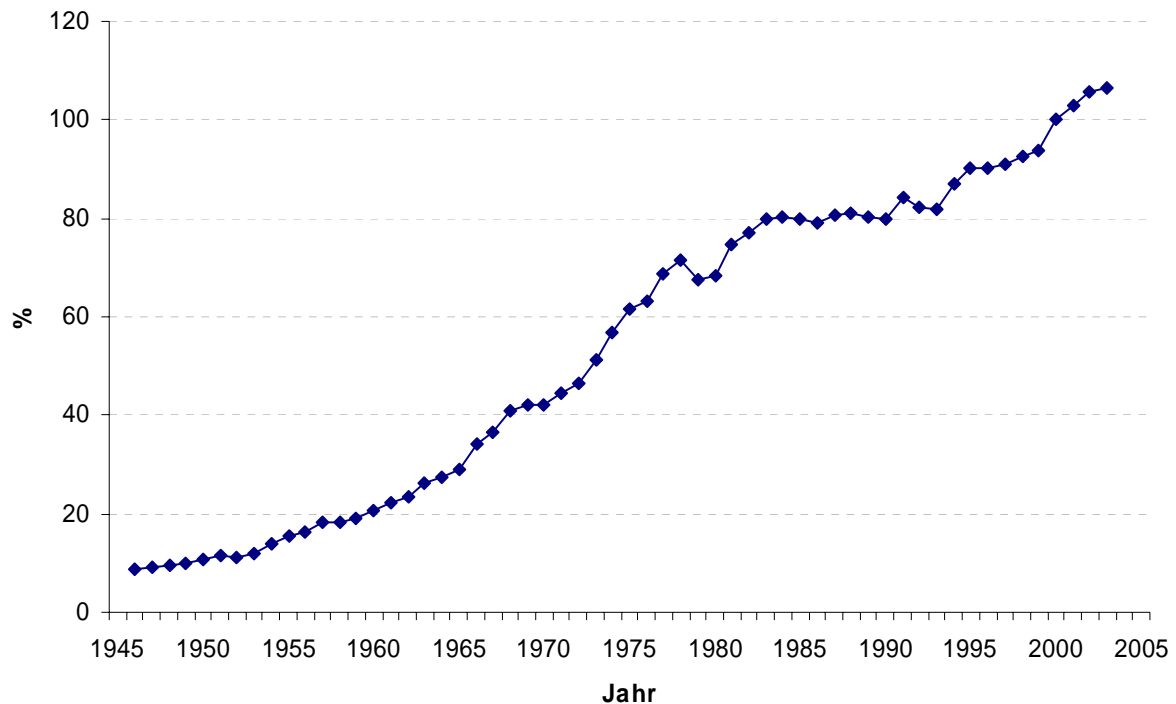
Durch den Vergleich der realen Preisentwicklung der Fahrzeuge in der Schweiz und dem Reallohn (Bundesamt für Statistik, 2003b) kann die Entwicklung der Kaufkraft für ein Fahrzeug ermittelt werden. Abbildung 16 zeigt den Reallohnindex und den hedonischen PW-Index.

Abbildung 16 Reallohnindex und hedonischer PW-Index (gepollter Längsschnitt)
(2000 = 100)



Der Verlauf der beiden Indizes zeigt, dass die Kaufkraft für PW stark angestiegen ist. In Abbildung 17 ist die Entwicklung der Kaufkraft für einen PW in der Schweiz explizit ersichtlich, indem das Verhältnis zwischen dem Index des realen Lohnes und dem des realen hedonischen PW-Index gebildet wurde: $\text{PW-Kaufkraft} = (\text{Indexwert Reallohn}) / (\text{Indexwert PW})$.

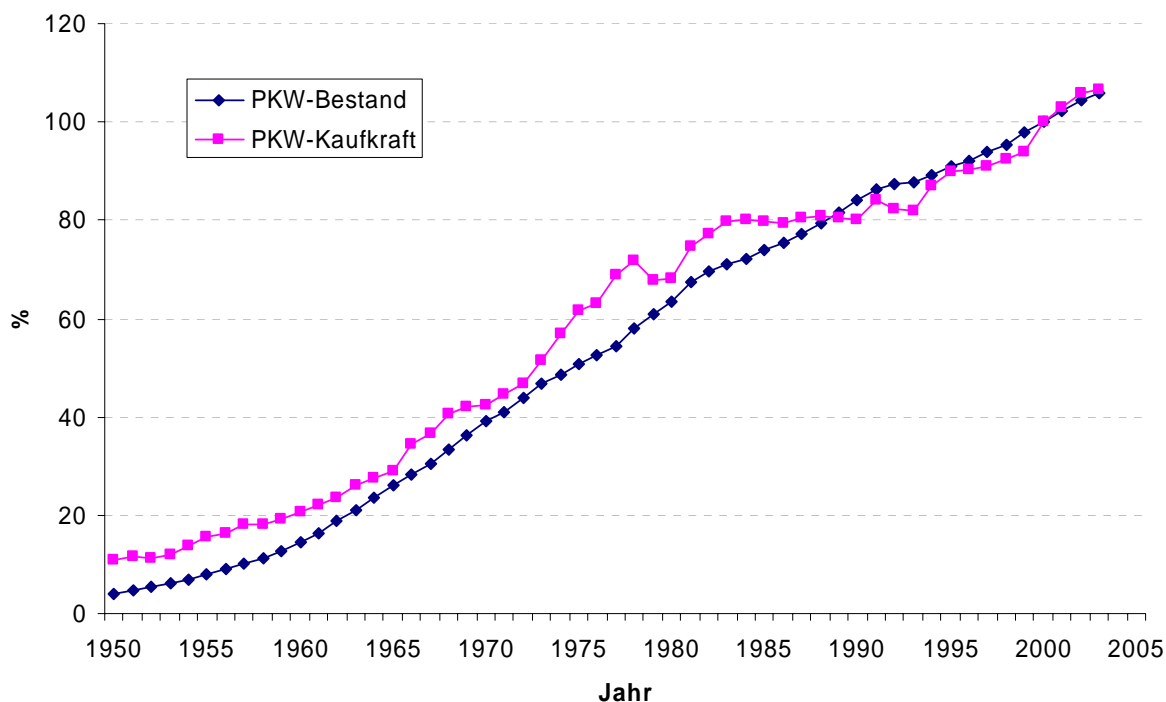
Abbildung 17 PW-Kaufkraftindex in der Schweiz (2000 = 100)



Die PW-Kaufkraftentwicklung anhand des hedonischen Preisindex steigt sehr stark an. Sie hat sich seit 1947 bis 2000 um 1133.8% erhöht. Der Verlauf der Kaufkraft ist sehr stark von der Preisentwicklung der PW abhängig. Erklärungen des historischen Verlaufs sind analog zur Entwicklung des hedonischen Index.

Interessant ist auch der Vergleich zwischen der Entwicklung des PW-Bestandes in der Schweiz (Bundesamt für Statistik, 2003a und b) und der der PW-Kaufkraft. In Abbildung 18 sind die historischen Verläufe der beiden indexierten Werte dargestellt. Der Anhang A 5 zeigt zudem die Zahlenwerte.

Abbildung 18 PW-Kaufkraftindex und Indexierter PW-Bestand in der Schweiz (2000 = 100)



Die Entwicklungen der beiden Grössen sind sich sehr ähnlich. Einerseits konnten durch Skalenerträge die Preise gesenkt werden, was auch auf eine umgekehrte Abhängigkeit schliessen lässt, und andererseits war irgendwann das Kostenoptimum an produzierten Fahrzeugen pro Produktionsstätte erreicht. Es ist aber ersichtlich, dass eine sehr starke Abhängigkeit zwischen diesen beiden Grössen herrscht. Die Korrelation der beiden Grössen liegt bei 0.993 und ist auf dem 1% Niveau signifikant.

Vergleich der hedonischen Ergebnisse mit dem Preisindex für PW des Bundesamtes für Statistik

Der Vergleich mit dem Preisindex des Bundesamts für Statistik (BFS) ist aufgrund der Datenverfügbarkeit nur im Zeitraum von 1982 bis 2000 möglich. Die Neuwagenpreise sind auch erst ab 1977 im Landesindex der Konsumentenpreise enthalten.

Der in den USA veröffentlichte Boskin Report (Boskin, Dulberger, Gordon, Griliches und Jorgenson, 1996) machte die Aussage, der US-Konsumentenpreisindex sei verzerrt und über-

schätze die wahre Teuerung jährlich um 1,1 Prozent. Die Hauptursache liege im über längere Zeit unveränderten Warenkorb und im Umstand, dass veränderte Konsumgewohnheiten, Qualitätsveränderungen sowie neue Produkte und Verkaufsstellen nicht ausreichend berücksichtigt würden.

Anhanden des nominalen, hedonischen Preisindex können die Verzerrungen des amtlichen Preisindex aufgrund der Qualitätsveränderungen abgeschätzt werden. Um die Auswirkung einer solchen möglichen Verzerrung auf den gesamten Konsumentenpreisindex zu bestimmen, ist dessen Warenkorbstruktur entscheidend. Der Verkehr hat im gesamten Warenkorb ein Gewicht von 9.37% und der Erwerb von neuen Automobilen 1.816% (Bundesamt für Statistik, 2000).

Das Bundesamt für Statistik wendet für die Qualitätsbereinigung die Methoden Verkettung mittels überlappenden Zeiträumen und direkte Vergleiche an. Wenn die Anwendung beider Qualitätsbereinigungsmethoden scheitert, gibt es zwei Möglichkeiten. Das neue Produkt wird als Ersatz des vorhergehenden angesehen, was zur Folge hat, dass die gesamte Preiserhöhung in die Teuerung eingeht. Oder das alte Produkt wird nicht ersetzt, was zur Folge hat, dass das neue Produkt ohne Teuerung als Basis für die fortlaufende Preisreihe eingesetzt wird.

In Tabelle 25 sind jahrweise die Teuerungen des realen, hedonischen Index und des amtlichen Index (Bundesamt für Statistik, 2000) dargestellt sowie die Differenz der beiden Indizes.

Tabelle 25 Vergleich der Teuerung des nominalen, hedonischen Index und des amtlichen Index

Jahr	Teuerung des nominalen, hedonischen Index [%]	Teuerung des Index des BFS [%]	Differenz [%]
1982	-	-	
1983	1.80	1.74	0.06
1984	2.23	2.40	-0.17
1985	4.17	2.57	1.60
1986	4.77	2.76	2.01
1987	0.22	2.10	-1.88
1988	3.16	2.12	1.04
1989	4.20	2.05	2.15
1990	5.69	3.21	2.48
1991	2.60	2.55	0.05
1992	8.13	3.25	4.88
1993	3.17	3.36	-0.19
1994	-4.81	1.65	-6.46
1995	-1.96	-1.00	-0.96
1996	1.05	-1.41	2.46
1997	0.35	-0.20	0.55
1998	-1.10	0.38	-1.48
1999	-0.95	1.30	-2.25
2000	-5.02	0.76	-5.78
			Ø = -0.11

Der Vergleich des amtlichen Index und des hedonischen Index zeigt, dass die Differenzen im Schnitt mit -0.12% sehr gering sind. Die Teuerung des amtlichen Index liegt im Schnitt etwas über derjenigen des hedonischen Index. Der Vergleich der beiden Indizes ist aber sehr schwierig, da in den hedonischen Index nur ein kleiner Teil der PW-Modelle des amtlichen Index einbezogen wird. Somit sind Unterschiede auch darauf zurückzuführen, dass einzelne Automodelle einer stärkeren Teuerung unterworfen sind als andere. Da der hedonische Index im Vergleich zum amtlichen auf relativ wenigen Daten beruht, machen sich einzelne Automodelle, die von der durchschnittlichen Teuerung abweichen, bemerkbar.

Brachinger, Schips und Stier (2000) halten in ihrer Expertise zur Relevanz des Boskin Reports für den schweizerischen Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) fest, dass die Verzerrung des Konsumentenpreisindex aufgrund der nicht berücksichtigten Qualitätsveränderung beim LIK vergleichsweise gering ausfallen und insgesamt nicht mehr als 0.2% ausmachen dürften.

Die Differenz zwischen den beiden Indizes liegt innerhalb der prognostizierten Grenzen, was die Glaubwürdigkeit des berechneten hedonischen Preisindex unterstützt.

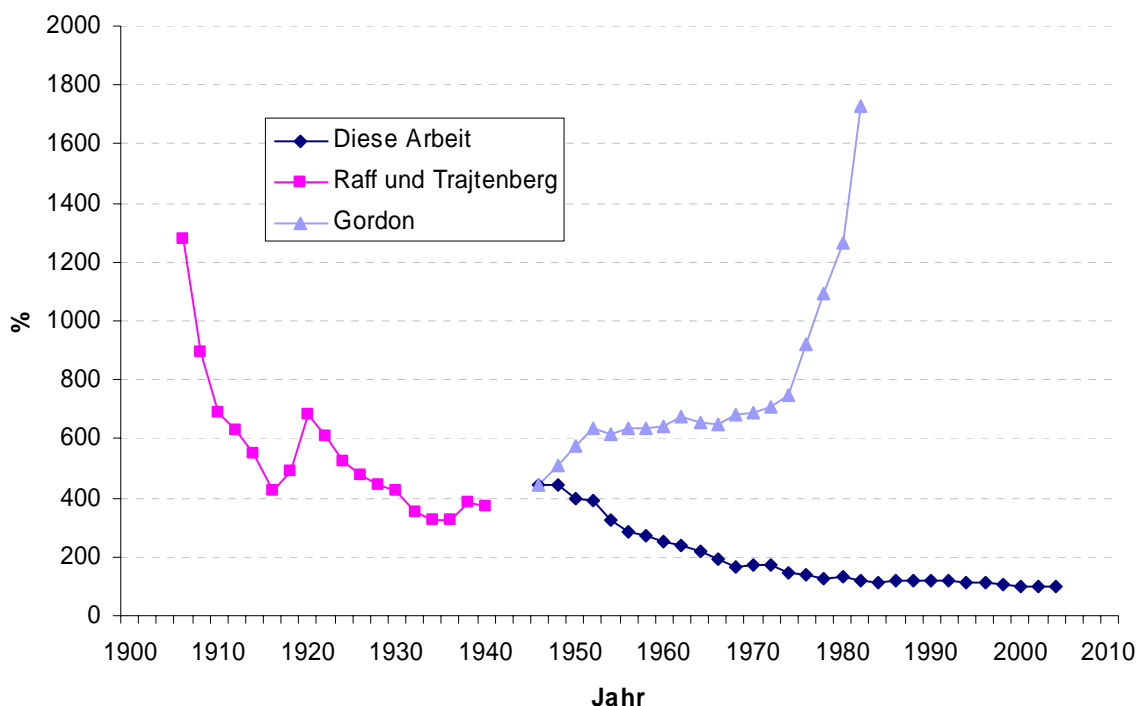
Die Berechnungsmethoden des BFS für den LIK scheinen die Qualitätsveränderung gut abzubilden. Jedoch ist mit relativ geringem Aufwand ein hedonischer Preisindex zu ermitteln, der zu dem des BFS keine grossen Abweichungen aufweist.

Neue Automobile haben im LIK eine Gewichtung von 1.816% (Bundesamt für Statistik, 2000). Bei einer durchschnittlich um 0.11% zu hohen Teuerung im PW-Bereich, würde dies zu einer um 0.002% zu hohen Inflation pro Jahr führen. Eine solche Rate pflanzt sich über die Zeit exponentiell fort. Somit wäre die kumulierte Überschätzung der Inflation im betrachteten Zeitraum von 18 Jahren 0.03%.

Hedonischer Preisindex mit angehängten Daten von 1906 bis 1940

Um den historischen Überblick der Automobilpreise des gesamten 20. Jahrhunderts zu erhalten, sind den Ergebnissen aus dieser Arbeit die Daten des hedonischen Preisindex von Raff und Trajtenberg (1995) angehängt worden. Einzig für die Zeit während des 2. Weltkrieges von 1941 bis 1947 sind keine Daten vorhanden. In Raff und Trajtenberg wurde dem Index von 1906 bis 1940 die hedonische Preisentwicklung aus Gordon (1990), die die Zeit von 1947 bis 1983 abdeckt, beigefügt. Diese Studien beziehen sich beide auf die PW-Preisentwicklung in den USA. Abbildung 19 zeigt diese drei Preisentwicklungen zusammengefügt.

Abbildung 19 Hedonischer Preisindex von 1906 bis 2004 (2000 = 100)



Die Preisindizes von Raff und Trajtenberg (1995) und Gordon (1990) sind inflationsbereinigt und beruhen auf den Qualitätscharakteristika Motorenleistung und Fahrzeuggrösse sowie weiteren Dummyvariablen. Die Zahlenwerte der Indizes sind in tabellarischer Form im Anhang A 6 zu finden.

Die starken Preisunterschiede werden in Raff und Trajtenberg (1995) vor allem auf die starke Inflation in den USA zurückgeführt.

Der starke Rückgang der Preise bis 1916 lässt darauf schliessen, dass zu dieser Zeit die grössten Innovationen im PW-Bereich realisiert werden konnten. 1920 war die grosse Depression in den USA, was den starken Preisschub zu dieser Zeit erklärt. Danach sanken die Preise etwas weniger stark.

Der Preisanstieg in Gordon (1990) ist sehr stark und ist vom Hintergrund der Ergebnisse dieser Arbeit nicht zu erklären. Gewisse Differenzen sind auf die unterschiedlichen Märkte der USA und der Schweiz zurückzuführen, da die Automobilindustrie der USA vom 2. Weltkrieg

gegenüber der europäischen vergleichsweise verschont blieb. Technischer Fortschritt musste in Europa gegenüber den USA nach dem Weltkrieg wettgemacht werden, was die sinkenden Preise gegenüber den steigenden in den USA in der Nachkriegszeit erklärt.

5 Schlussfolgerungen, Bewertung und Ausblick

Schlussfolgerung

In der Querschnittsanalyse haben sich als messbare Qualitätscharakteristika die Leistung, die Fahrzeugfläche, die Getriebeart, die Art des Treibstoffes, die Fahrzeugklasse sowie die Marke herauskristallisiert. Den stärksten Einfluss auf den Preis eines PWs hat die Motorenleistung.

Viele andere Qualitätscharakteristika, die dem Käufer ebenso als Entscheidungsgrundlage dienen, zeigen starke Kollinearität mit den vorher genannten Charakteristika, insbesondere mit der Motorenleistung. Wie stark deren Einfluss durch die miteinbezogenen Charakteristika auf den Preis ist, bleibt ungeklärt.

Der stark emotionale Charakter eines Automobils wurde mit der Fahrzeugmarke abgebildet. Die erhaltenen Resultate sind plausibel und stimmen mit Ergebnissen anderer Studien weitgehend überein.

In der Längsschnittanalyse wurde die reale, qualitätsbereinigte Preisentwicklung der PW in der Schweiz von 1947 bis 2004 betrachtet. Sie hat ergeben, dass sich die Preise für vergleichbare PW in der Schweiz rasant entwickelt haben. Über den gesamten Zeitraum betrachtet sind die PW um etwa 77.60% günstiger geworden. Dieser Preiszerfall wurde vor allem in den Jahren 1947 bis 1970 realisiert, in denen die Preise um 60.66% zurückgingen, was 2.76% p.a. ausmacht. Danach verlangsamte sich der Preiszerfall von 2.17% p.a. in der Zeit von 1970 bis 1985 auf 0.62% p.a. von 1985 bis 2004.

Dieser sich allmählich verlangsamende Preisrückgang ist einerseits darauf zurückzuführen, dass die Autoindustrie sich mit neuen Innovationen schwer tut, da die technischen Eigenschaften des PWs für seinen Gebrauch ausgereizt sind, andererseits sich auch der Fortschritt in der PW-Fertigung weniger stark entwickelt hat.

Anhanden des Vergleichs mit der realen Lohnentwicklung in der Schweiz wurde ein PW-Kaufkraftindex berechnet, der aufgrund der steigenden Reallöhne in der Schweiz eine stärkere Steigung aufweist als der hedonische PW-Preisindex. Die PW-Kaufkraft hat sich in der Schweiz seit 1947 um 1'133.8% erhöht. Diese Kaufkraftentwicklung hatte auch einen entscheidenden Anteil an der Entwicklung des PW-Bestandes in der Schweiz.

Der hedonische Index dieser Arbeit wurde mit dem amtlichen Preisindex der PW in der Schweiz, der herkömmlich bereinigt ist, in der Periode von 1982 bis 2000 verglichen. Gesamthaft wird eine geringe Abweichung der beiden Indizes festgestellt. Der hedonische Preisindex weist erwartungsgemäss eine durchschnittlich tiefere Teuerung auf. Eine Überschätzung der Inflation durch die herkömmliche Qualitätsbereinigung kann daher angenommen werden. Jedoch wäre ein historischer Vergleich der beiden Methoden interessanter, da gerade kleine, kontinuierliche Änderungen, wie sie in der Motorenleistungsentwicklung fortlaufend vorkommen, zu Fehlern in Preisindizes führen, die sich über längere Zeiträume kumulieren.

Bewertung

Die hedonischen Schätzungen in dieser Arbeit liefern fast immer statistisch signifikante Ergebnisse und Vergleiche mit anderen Studien belegen diese Ergebnisse zusätzlich. Obwohl der PW ein sehr komplexes Konsumgut ist, ist es mit wenigen Qualitätscharakteristika möglich, die Veränderungen der Qualitätseigenschaften von denen des Preises zu trennen.

Aufgrund dieser Resultate scheint die Anwendbarkeit der hedonischen Preisindizes auf den Markt der PW angebracht zu sein. Auch der Aufwand in der Datenbeschaffung ist aufgrund der starken Korrelation von Qualitätseigenschaften untereinander relativ gering. Jedoch lassen sie sich deshalb nicht abschliessend definieren. Die Unterschiede zu dem herkömmlich qualitätsbereinigten Index sind jedoch sehr klein. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass sich die Preise im verglichenen Zeitraum nur wenig verändert haben. Besonders in den Jahren zwischen 1945 bis 1970, als der PW-Markt noch sehr innovativ war, hätten die herkömmlichen Qualitätsbereinigungsmethoden wohl zu grösseren Verzerrungen in der Teuerung geführt.

In dieser Arbeit wurde auf die Gegenwart und vor allem auf die Vergangenheit der Automobilentwicklung und deren Preise eingegangen. Nun wird der Blick noch kurz in die Zukunft gerichtet und mögliche Szenarien der Weiterentwicklung des Automobils werden gezeigt.

Ausblick

Die Entwicklung der PW hat sich bisher vor allem auf die Leistungssteigerung konzentriert. Wie das allmähliche Stagnieren der Preise seit den 80er Jahren aber zeigt, ist die Grenze der nützlichen Leistungssteigerung für den Alltag erreicht. In anderen Qualitätscharakteristika, die sich in dieser Arbeit und in der Vergangenheit nur schwach gezeigt haben, liegt jedoch

noch ein grosses Steigerungspotential, das im Alltag für den Verbraucher von Nutzen wäre. Diese Qualitätscharakteristika sind in folgenden Bereichen zu finden:

- Sicherheit
- Elektronisierung/Telematik
- Umweltfreundlichkeit/Nachhaltigkeit

Da die Zunahme im PW-Bestand ungebremst weiter zu gehen scheint, siehe Abbildung 18, wird sich auch das Konfliktpotential im individuellen Strassenverkehr erhöhen. Die Erhöhung der Sicherheit für Fahrer und Insassen ist daher ein Bedürfnis der Konsumenten, das immer wichtiger werden dürfte. Die Realisierung einer erhöhten Sicherheit könnte mit Hilfe von Fahrer-Assistenzsystemen und Überwachungs-Technologien realisiert werden. Eine solche weitere Elektronisierung ist auch im Bereich der Problemlösung des immer stärker werdenden Verkehrs zu erwarten, in dem mittels Telematiksystemen der einzelne Benutzer im Strassenverkehr verstärkt gelenkt werden könnte.

Eine Forderung sowohl der Gesellschaft als auch der Politik ist das umweltfreundliche Autofahren. Wie Abbildung 11 gezeigt hat, wäre in der Vergangenheit eine starke Abnahme des Verbrauchs der PW möglich gewesen, die aufgrund der Motorenleistungssteigerung nicht realisiert wurde. Deswegen scheint im Bereich der Verbrauchssenkung, Schadstoffemissions-Reduzierung ein grosses Potential zu liegen, das durch Entwicklung alternativer Antriebsarten mit erneuerbaren Energien ermöglicht werden kann.

Zuletzt bleibt noch die Titelfrage, was hätte man 1960 für einen Sharan bezahlt, zu beantworten. Ein VW Sharan mit 2.0 Liter Ottomotor hat im Jahr 2000 38'925 CHF gekostet. Zu realen Preisen 1960 wäre der Sharan 252.79% teurer gewesen, was 98'399 CHF entspricht.

6 Literatur

- Balastèr, P. (1990) Konsumentenpreisindizes: Theorie und praktische Berechnung, *Berner Beiträge zur Nationalökonomie*, **Band 61**, Verlag Paul Haupt, Bern.
- Bastian, C., Y. Lange und P.M. Schulze (2004) Hedonische Preisindizes, Überblick und Anwendung auf Personalcomputer, *Arbeitspapier*, **25**, Institut für Statistik und Ökonometrie, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.
- Bureau of Labour Statistics (BLS) (2004), The Consumer Price Index, *BLS Handbook of Methods*, <http://www.bls.gov/opub/hom/pdf/homch17.pdf>, November 2004.
- Bode, B. und J. van Dalen (2001) Quality-corrected price indexes of new passenger cars in the Netherlands, 1990-1999, *Paper*, the Sixth Meeting of the International Working Group on Price Indices, 2.-6. April 2001 in Canberra, Australia, [http://www.abs.gov.au/websitedbs/D3110122.NSF/0/23fbf96c35026fc5ca256a180019165b/\\$FILE/Cars%20Netherlands%20-%20Bode,%20van%20Dalen.pdf](http://www.abs.gov.au/websitedbs/D3110122.NSF/0/23fbf96c35026fc5ca256a180019165b/$FILE/Cars%20Netherlands%20-%20Bode,%20van%20Dalen.pdf), November 2004.
- Boskin, M.J., E.R. Dulberger, R.J. Gordon, Z. Griliches und D. Jorgenson (1996) Toward a More Accurate Measure of the Cost of Living, *Final Report to the Senate Finance Committee from the Advisory Commission to Study the Consumer Price Index*, Washington, DC, <http://www.ssa.gov/history/reports/boskinrpt.html>, November 2004.
- Brachinger, H.W., B. Schips und W. Stier (2000) Expertise zur Relevanz des „Boskin-Reports“ für den schweizerischen Landesindex der Konsumentenpreise, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/lik/07.ContentPar.0005.DownloadFile.tmp/Expertise%20zur%20Relevanz%20des%20Boskin-Reports.pdf, Januar 2005.
- Brachinger, H. W. (2002) Statistical Theory of Hedonic Price Indices, *Working Paper* (to appear in: Brachinger, H. W., Diewert, E.: Hedonic Methods in Price Statistics: Theory and Practice. Springer, Heidelberg), <http://ideas.repec.org/p/fri/dgewps/wp0001.html>, November 2004.
- Bundesamt für Statistik (2000) Der neue Landesindex der Konsumentenpreise, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/lik/07.ContentPar.0002.DownloadFile.tmp/BFSaktuell%20LIK2000-d.pdf, Januar 2005.
- Bundesamt für Statistik (2003a) Bestand der Strassenfahrzeuge nach Fahrzeuggruppe 1910-2003, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/lexikon/bienvenue_login/blank/zugang_lexikon.Document.48969.html, Januar 2005.

- Bundesamt für Statistik (2003b) Entwicklung der Nominallöhne, der Konsumentenpreise und der Reallöhne, 1939-2003,
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/arbeitsloehne_erwerbseinkommen/blank/kennzahlen0/lohnentwicklung/nominal_und_real.ContentPar.0003.DownloadFile.tmp/D3421_npcr_d_f_03.pdf, Januar 2005.
- Bundesamt für Statistik (2004) Entwicklung der Konsumentenpreise, nach Art und Herkunft der Güter. Indizes und Veränderungsdaten zum Vorjahr,
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/lexikon/bienvenue_login/blank/zugang_lexikon.Document.20905.html, Januar 2005.
- Court, A.T. (1939) Hedonic Price Indexes with Automobile Examples, in: *The Dynamics of Automobile Demand*, 99-117, General Motors, Detroit.
- Flik, R. (2001) *Von Ford lernen? – Automobilbau und Motorisierung in Deutschland bis 1933*, Böhlau Verlag, Köln.
- Fuss, M A. und L. Waverman (1992) *Costs and Productivity in Automobile Production*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Fürst, G. (1971) Was ist Menge, was ist Preis?, Probleme der Deflationierung von Werten, *Allgemeines statistisches Archiv*, **Band 55**, 10-22, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- Gärtner M. (2000) eur macro data, *Macroeconomics resources for students*,
<http://www.fgn.unisg.ch/euromacro/macrodats/index.html>, Dezember 2004.
- Gordon, R.J. (1990) *The Measurement of Durable Goods Prices*, University of Chicago Press, Chicago.
- Göttgens, O. (2004) Die Macht der Auto-Marke – Die Bedeutung des Markenwertes in der Automobilindustrie, Vortrag präsentiert an der Konferenz „Trends und Marketingstrategien in der Automobilbranche“ des Euroforum, 13.–14. Juli 2004, Düsseldorf.
- Kittler, E. (2002) Mercedes-Benz Personenwagen Band 3 - seit 1975, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Konijn, P., D. Moch und J. van Dalen (2002) Searching for the European Hedonic Function for PC's, *Working Paper*, Paper presented at the IAOS Conference „Official Statistics and the New Economy“, 27.-29. August 2002, London,
http://www.statistics.gov.uk/iaoslondon2002/contributed_papers/downloads/IP_Konijn.pdf, November 2004.
- Hoffmann, J. (1998) Probleme der Inflationsmessung in Deutschland, *Diskussionspapier der Volkswirtschaftlichen Forschungsgruppe der Deutschen Bundesbank*,
http://www.bundesbank.de/download/volkswirtschaft/mba/1998/199805mba_inflatms.pdf, November 2004.

- Kuch, J. (2003) *Ford in Deutschland seit 1925*, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Kunz, D. (1971) Ausgewählte methodische und praktische Probleme des zeitlichen Preisvergleichs, *Allgemeines statistisches Archiv*, **Band 55**, 23-38, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- Mulligen van, P.H. (2001) Quality adjusted industry PPPs: the case of automobiles, *Paper*, Conference: Price Indices and the Measurement of Quality Changes, 25. – 26. April 2002 in Mannheim, Germany, http://www.zew.de/pdf/statistik/van_mulligen.pdf, November 2004.
- Raff, D.M.G. und M. Trajtenberg (1995) Quality-adjusted prices for the American automobile industry: 1906-1940, *Working Paper*, **5032**, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- Rohde, M. und D. Koch (2004) Mercedes-Benz Personenwagen Band 2 - 1945 bis 1975, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schneider, P. (2003) Porsche Renn- und Rennsportwagen seit 1948, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schrader, H. (2002a) Opel Band 1 - Personenwagen 1945-1987, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schrader, H. (2002b) Opel Band 2 - Personenwagen seit 1988, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schrader, H. (2004) BMW - Personenwagen seit 1952, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schrader, H. und K. Joachim (2001) VW Band 1 - Personenwagen seit 1945, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schrader, H. und K. Joachim (2002) VW Band 2 - Personenwagen seit 1945, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.
- Schumacher, U. (2003) Ein Essay über die Macht der Innovationszyklen, *Wirtschaft in Echtzeit*, http://www.changex.de/pdf/d_a00907.pdf, Januar 2005.
- Silver, M. und S. Heravi (2000), The Measurement of Quality-Adjusted Price Changes, *Paper*, NBER Conference on Scanner Data and Price Indexes, 15.–16. September 2000 in Arlington, Virginia, <http://www.ottawagroup.org/pdf/silver.pdf>, November 2004.
- Stahel, W. (2004) Lineare Regression, *Skript*, Nachdiplomkurs Statistik, Seminar für Statistik, ETHZ, Zürich.
- Triplett, J.E. (1989) Price and technology change in a capital good: A survey of research on computers, in: D.W. Jorgenson and R. Landau (Hrsg.) *Technology and Capital Formation*, 127-213, MIT Press, Cambridge.

- Triplett, J.E. (2001) *Handbook on Quality Adjustment of Price Indexes for Information and Communication Technology Products*, OECD, Paris.
- Vartia, Y. (1997) Quality differences and prices of new cars: Price per quality unit approach, *Study Group Paper*, University of Helsinki, Helsinki,
www.unece.org/stats/documents/1997/11/ac.49/2.e.pdf, November 2004.
- Womack, J.P., D.T. Jones und D. Roos (1992) *Die zweite Revolution in der Automobilindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie des Massachusetts Institute of Technology*, MIT Press, Cambridge.
- Zeichner, W. (1998) Audi Personenwagen seit 1965, Typen-Kompass, Motorbuch Verlag Pietsch, Stuttgart.

Anhänge

A 1

Qualitative Charakteristika der Fahrzeuge

Gruppe	Charakteristik	Name der Variable	Definition
Allgemein	Marke	Alfa Romeo	1 falls richtig
		Aston Martin	1 falls richtig
		Audi	1 falls richtig
		Alpina	1 falls richtig
		Bentley	1 falls richtig
		BMW	1 falls richtig
		Buick	1 falls richtig
		Cadillac	1 falls richtig
		Chevrolet	1 falls richtig
		Chrysler	1 falls richtig
		Citroen	1 falls richtig
		Caterham	1 falls richtig
		Daewoo	1 falls richtig
		Daihatsu	1 falls richtig
		Daimler	1 falls richtig
		Ferrari	1 falls richtig
		Fiat	1 falls richtig
		Ford	1 falls richtig
		Honda	1 falls richtig
		Hyundai	1 falls richtig
HS	1 falls richtig		
Hummer	1 falls richtig		
Jaguar	1 falls richtig		

Qualitative Charakteristika der Fahrzeuge

Gruppe	Charakteristik	Name der Variable	Definition
		Jeep	1 falls richtig
		Kia	1 falls richtig
		Lada	1 falls richtig
		Lamborghini	1 falls richtig
		Lancia	1 falls richtig
		Land Rover	1 falls richtig
		Lexus	1 falls richtig
		Lotus	1 falls richtig
		Maserati	1 falls richtig
		Mazda	1 falls richtig
		Mercedes	1 falls richtig
		Mitsubishi	1 falls richtig
		MG	1 falls richtig
		Mini	1 falls richtig
		Micro Compact Car	1 falls richtig
		Minelli	1 falls richtig
		Nissan	1 falls richtig
		Opel	1 falls richtig
		Peugeot	1 falls richtig
		Pontiac	1 falls richtig
		Porsche	1 falls richtig
		Puch	1 falls richtig
		Dangel	1 falls richtig
		Quattro	1 falls richtig
		Qvale	1 falls richtig
		Renault	1 falls richtig
		Rolls Royce	1 falls richtig
		Rover	1 falls richtig
		Renault-Sport	1 falls richtig

Qualitative Charakteristika der Fahrzeuge

Gruppe	Charakteristik	Name der Variable	Definition
		Saab	1 falls richtig
		Seat	1 falls richtig
		Skoda	1 falls richtig
		Subaru	1 falls richtig
		Suzuki	1 falls richtig
		Ssangyong	1 falls richtig
		Smart	1 falls richtig
		Toyota	1 falls richtig
		TVR	1 falls richtig
		Telco	1 falls richtig
		Tata	1 falls richtig
		Volvo	1 falls richtig
	Fahrzeugklasse	fkl_1	Microklasse
		fkl_2	Kleinwagen
		fkl_3	Untere Mittelklasse
		fkl_4	Mittelklasse
		fkl_5	Obere Mittelklasse
		fkl_6	Luxusklasse
		fkl_7	Coupé / Sportwagen
		fkl_8	Kompaktvan / Minivan
		fkl_9	SUV / Geländewagen
		fkl_10	Cabriolet / Roadster
	Zuverlässigkeit	zuverl	Pannen pro 1'000 Autos und Jahr
	Preis	preis	Schweizerfranken
	Getriebeart	auto	1 falls automatisches Getriebe 0 falls manuelles Getriebe
	Treibstoffart	treibst	1 falls Benzin 0 falls Diesel
Technisch	Hubraum	hubraum	Kubikzentimeter

Qualitative Charakteristika der Fahrzeuge

Gruppe	Charakteristik	Name der Variable	Definition
	Leistung	leistung	Kilowatt
	Zylinderzahl	dreizy	1 falls richtig
		vierzy	1 falls richtig
		fuenfzy	1 falls richtig
		sechszzy	1 falls richtig
		achtzy	1 falls richtig
		zehnzy	1 falls richtig
		zwölfzy	1 falls richtig
	Max. Geschwindigkeit	vmax	Kilometer pro Stunde
	Fahrzeughöhe	hoehe	Millimeter
	Achsabstand	achsabst	Millimeter
	Fahrzeuglänge	laenge	Millimeter
	Fahrzeugbreite	breite	Millimeter
	Kombinierter Verbrauch	verbrauc	Liter pro 100 km
	CO ₂ -Ausstoss	co2	Gramm pro Kilometer
	Geräuschpegel Fahrt	geraeusc	Dezibel bei Vorbeifahrt

A 2 Korrelationsmatrix

Korrelationsmatrix

	Preis	Fahrzeug- klasse	Treibstoff- art	Hubraum	Leistung	$V_{\max.}$	Fahrzeug- höhe	Achsabsta- nd	Fahrzeug- länge	Fahrzeug- breite	Verbrauch	CO ₂	Geräusch- pegel	Zuver- lässigkeit	Getriebe- art	Zylinder- zahl
Preis	1	0.435	0.008	0.806	0.831	0.623	-0.001	0.452	0.521	0.547	0.624	0.665	0.075	0.000	0.257	0.717
Fahrzeugklasse	0.435	1	-0.037	0.499	0.461	0.192	0.491	0.417	0.445	0.578	0.498	0.549	0.072	0.125	0.186	0.315
Treibstoffart	0.008	-0.037	1	-0.027	0.160	0.159	-0.167	-0.088	-0.089	-0.137	0.461	0.319	0.018	0.065	0.103	0.110
Hubraum	0.806	0.499	-0.027	1	0.877	0.620	0.143	0.531	0.610	0.639	0.721	0.777	0.087	0.046	0.321	0.854
Leistung	0.831	0.461	0.160	0.877	1	0.831	-0.038	0.504	0.605	0.607	0.748	0.772	0.092	0.059	0.301	0.791
$V_{\max.}$	0.623	0.192	0.159	0.620	0.831	1	-0.398	0.453	0.578	0.456	0.506	0.511	0.074	-0.018	0.145	0.591
Fahrzeughöhe	-0.001	0.491	-0.167	0.143	-0.038	-0.398	1	0.247	0.124	0.310	0.174	0.227	0.051	0.251	0.074	-0.015
Achsabstand	0.452	0.417	-0.088	0.531	0.504	0.453	0.247	1	0.855	0.777	0.427	0.478	-0.011	0.132	0.246	0.394
Fahrzeuglänge	0.521	0.445	-0.089	0.610	0.605	0.578	0.124	0.855	1	0.802	0.505	0.564	-0.005	0.059	0.271	0.444

Korrelationsmatrix

	Preis	Fahrzeug- klasse	Treibstoff- art	Hubraum	Leistung	$V_{max.}$	Fahrzeug- höhe	Achsabsta- nd	Fahrzeug- länge	Fahrzeug- breite	Verbrauch	CO ₂	Geräusch- pegel	Zuver- lässigkeit	Getriebe- art	Zylinder- zahl
Fahrzeugbreite	0.547	0.578	-0.137	0.639	0.607	0.456	0.310	0.777	0.802	1	0.508	0.576	0.010	0.142	0.249	0.460
Verbrauch	0.624	0.498	0.461	0.721	0.748	0.506	0.174	0.427	0.505	0.508	1	0.978	0.070	0.113	0.413	0.668
CO ₂	0.665	0.549	0.319	0.777	0.772	0.511	0.227	0.478	0.564	0.576	0.978	1	0.073	0.105	0.431	0.695
Geräuschpegel	0.075	0.072	0.018	0.087	0.092	0.074	0.051	-0.011	-0.005	0.010	0.070	0.073	1	0.069	0.431	0.047
Zuverlässigkeit	0.000	0.125	0.065	0.046	0.059	-0.018	0.251	0.132	0.059	0.142	0.113	0.105	-0.069	1	-0.015	0.087
Getriebeart	0.257	0.186	0.103	0.321	0.301	0.145	0.074	0.246	0.271	0.249	0.413	0.431	-0.127	-0.015	1	0.283
Zylinderzahl	0.717	0.315	0.110	0.854	0.791	0.591	-0.015	0.394	0.444	0.460	0.668	0.695	0.047	0.087	0.283	1

Korrelation nach Pearson, ausser bei den Charakteristika Fahrzeugklasse und Zylinderzahl, wo die Korrelation nach Spearman-Rho berechnet wurde.

A 3 Berechnungsergebnisse der herkömmlichen Indizes

Herkömmlicher, nominaler Index

Jahr	Ø Preis [CHF]	Ø Preis der gleichen Modelle [CHF]	N	Teuerung [%]	Preisindex (1946 = 100) [%]
1946	3'984.38	7'968.77	2	0.00	100.00
1947	5'563.14	7'968.77	3	0.00	100.00
1948	9'708.72	9'617.15	4	15.25	115.25
1949	7'517.71	7'450.47	5	-23.26	88.44
1950	7'021.03	-	5	-6.60	82.60
1951	7'309.80	-	5	4.12	86.00
1952	8'980.29	7'690.63	6	5.21	90.48
1953	8'733.21	-	6	-2.75	87.99
1954	9'199.50	-	6	5.33	92.68
1955	8'681.90	-	6	-5.62	87.47
1956	8'687.25	-	6	0.06	87.52
1957	8'593.62	-	6	-1.07	86.58
1958	8'816.34	-	6	2.59	88.82
1959	8'899.23	-	6	0.95	89.66
1960	8'991.37	-	6	1.04	90.59
1961	9'142.00	9'519.40	7	5.87	95.91
1962	8'860.05	9'342.77	8	2.19	98.01
1963	9'011.50	-	8	1.71	99.69
1964	10'817.53	9'190.88	9	1.99	101.67
1965	10'898.55	-	9	0.75	102.43

Herkömmlicher, nominaler Index

Jahr	Ø Preis [CHF]	Ø Preis der gleichen Modelle [CHF]	N	Teuerung [%]	Preisindex (1946 = 100) [%]
1966	10'822.29	11'098.63	10	1.85	104.32
1967	10'916.16	-	10	0.86	105.22
1968	11'197.16	11'277.47	11	3.31	108.70
1969	11'820.35	-	11	5.57	114.75
1970	13'377.10	-	11	13.18	129.87
1971	13'979.87	-	11	4.50	135.72
1972	15'078.06	-	11	7.85	146.38
1973	15'661.74	-	11	3.87	152.05
1974	16'332.99	-	11	4.28	158.56
1975	16'786.69	-	11	2.78	162.97
1976	17'393.58	-	11	3.61	168.86
1977	19'422.41	-	11	11.66	188.55
1978	17'483.06	-	11	-9.98	169.73
1979	19'244.62	-	11	10.07	186.83
1980	20'411.75	-	11	6.06	198.16
1981	19'958.73	-	11	-2.22	193.76
1982	21'934.25	-	11	9.90	212.94
1983	23'414.81	-	11	6.75	227.31
1984	24'461.36	-	11	4.47	237.47
1985	26'912.81	-	11	10.02	261.27
1986	29'179.46	-	11	8.42	283.28
1987	29'837.63	-	11	2.26	289.67
1988	31'158.10	-	11	4.43	302.49

Herkömmlicher, nominaler Index

Jahr	Ø Preis [CHF]	Ø Preis der gleichen Modelle [CHF]	N	Teuerung [%]	Preisindex (1946 = 100) [%]
1989	35'122.41	-	11	12.72	340.97
1990	35'978.93	35'215.48	11	2.44	349.29
1991	37'051.21	-	10	5.21	367.49
1992	40'457.96	-	10	9.19	401.28
1993	42'870.22	-	10	5.96	425.21
1994	42'979.94	-	10	0.26	426.30
1995	42'580.26	-	10	-0.93	422.33
1996	42'476.20	-	10	-0.24	421.30
1997	44'441.66	-	10	4.63	440.80
1998	45'301.13	-	10	1.93	449.32
1999	46'121.66	-	10	1.81	457.46
2000	46'468.02	-	10	0.75	460.90
2001	47'081.74	-	10	1.32	466.98
2002	47'466.48	-	10	0.82	470.80
2003	47'789.63	-	10	0.68	474.00
2004	47'970.73	-	10	0.38	475.80

A 4 Berechnungsergebnisse des hedonischen Index

Ergebnisse der Regressionsberechnungen für den hedonischen Index

Jahr	Beta Jahr	Sig.	Beta ln Leistung	Sig.	Beta ln Fzg.fläche	Sig.	Beta mit Airbag	Sig.	Beta mit Kat.	Sig.	R ²	N
1947	0.000	-	-3.381	-	-	-	-	-	-	-	1.000	5
1948	0.127	0.302	0.781	0.097	0.081	0.921	-	-	-	-	0.917	7
1949	-0.008	0.838	0.687	0.002	0.429	0.249	-	-	-	-	0.962	9
1950	-0.095	0.027	0.697	0.001	0.593	0.105	-	-	-	-	0.970	10
1951	-0.061	0.052	0.735	0.000	0.571	0.061	-	-	-	-	0.987	10
1952	0.039	0.551	0.973	0.004	0.196	0.762	-	-	-	-	0.944	11
1953	-0.042	0.537	1.122	0.004	0.148	0.848	-	-	-	-	0.946	12
1954	-0.141	0.106	1.183	0.003	-0.097	0.912	-	-	-	-	0.947	12
1955	-0.097	0.278	1.181	0.004	-0.237	0.819	-	-	-	-	0.935	12

Ergebnisse der Regressionsberechnungen für den hedonischen Index

Jahr	Beta Jahr	Sig.	Beta ln Leistung	Sig.	Beta ln Fzg.fläche	Sig.	Beta mit Airbag	Sig.	Beta mit Kat.	Sig.	R ²	N
1956	-0.029	0.733	1.121	0.007	-0.021	0.985	-	-	-	-	0.935	12
1957	-0.079	0.284	1.463	0.001	-1.296	0.248	-	-	-	-	0.957	12
1958	0.015	0.635	1.951	0.000	-3.124	0.000	-	-	-	-	0.992	12
1959	-0.008	0.813	1.811	0.000	-2.553	0.001	-	-	-	-	0.990	12
1960	-0.055	0.221	2.063	0.000	-3.404	0.001	-	-	-	-	0.985	12
1961	-0.019	0.638	2.205	0.000	-4.130	0.000	-	-	-	-	0.985	13
1962	-0.034	0.623	1.279	0.000	-0.898	0.235	-	-	-	-	0.940	15
1963	-0.068	0.315	1.132	0.000	-0.381	0.506	-	-	-	-	0.938	16
1964	-0.011	0.837	1.105	0.000	-0.504	0.000	0.052	0.005	0.135	0.083	0.954	439
1965	-0.035	0.515	Da die Daten von 1963 bis 2004 gepoolt sind, sind hier keine Beta-Werte der Regressionsparameter für die Qualitätscharakteristika aufgelistet.									
1966	-0.166	0.002										
1967	-0.205	0.000										

Ergebnisse der Regressionsberechnungen für den hedonischen Index

Jahr	Beta Jahr	Sig.	Beta ln Leistung	Sig.	Beta ln Fzg.fläche	Sig.	Beta mit Airbag	Sig.	Beta mit Kat.	Sig.	R ²	N
1968	-0.291	0.000										
1969	-0.289	0.000										
1970	-0.248	0.000										
1971	-0.249	0.000										
1972	-0.260	0.000										
1973	-0.335	0.000										
1974	-0.413	0.000										
1975	-0.470	0.000										
1976	-0.480	0.000										
1977	-0.559	0.000										
1978	-0.574	0.000										
1979	-0.533	0.000										

Ergebnisse der Regressionsberechnungen für den hedonischen Index

Jahr	Beta Jahr	Sig.	Beta ln Leistung	Sig.	Beta ln Fzg.fläche	Sig.	Beta mit Airbag	Sig.	Beta mit Kat.	Sig.	R ²	N
1980	-0.525	0.000										
1981	-0.626	0.000										
1982	-0.648	0.000										
1983	-0.661	0.000										
1984	-0.668	0.000										
1985	-0.662	0.000										
1986	-0.623	0.000										
1987	-0.636	0.000										
1988	-0.624	0.000										
1989	-0.615	0.000										
1990	-0.614	0.000										
1991	-0.648	0.000										

Ergebnisse der Regressionsberechnungen für den hedonischen Index

Jahr	Beta Jahr	Sig.	Beta ln Leistung	Sig.	Beta ln Fzg.fläche	Sig.	Beta mit Airbag	Sig.	Beta mit Kat.	Sig.	R ²	N
1992	-0.612	0.000										
1993	-0.615	0.000										
1994	-0.672	0.000										
1995	-0.710	0.000										
1996	-0.708	0.000										
1997	-0.709	0.000										
1998	-0.720	0.000										
1999	-0.739	0.000										
2000	-0.806	0.000										
2001	-0.820	0.000										
2002	-0.838	0.000										
2003	-0.837	0.000										

Ergebnisse der Regressionsberechnungen für den hedonischen Index

Jahr	Beta Jahr	Sig.	Beta ln Leistung	Sig.	Beta ln Fzg.fläche	Sig.	Beta mit Airbag	Sig.	Beta mit Kat.	Sig.	R ²	N
2004	-0.841	0.000										

A 5 Entwicklung des PW-Bestandes und der PW-Kaufkraft

PW-Bestand und PW-Kaufkraft in der Schweiz von 1950 bis 2004

Jahr	PW-Bestand [Fzg.]	Indexierter PW-Bestand [%]	PW-Kaufkraft [%]
1950	146'998	4.15	10.92
1951	172'357	4.86	11.47
1952	192'596	5.43	11.26
1953	216'550	6.11	11.96
1954	244'413	6.89	13.82
1955	279'517	7.88	15.57
1956	320'071	9.03	16.41
1957	360'687	10.17	18.15
1958	402'651	11.36	18.30
1959	449'971	12.69	19.11
1960	509'279	14.37	20.78
1961	579'014	16.33	22.07
1962	667'364	18.82	23.52
1963	748'038	21.10	26.07
1964	839'378	23.68	27.60
1965	919'000	25.92	29.15
1966	1'006'783	28.40	34.28
1967	1'081'386	30.50	36.47
1968	1'180'474	33.30	40.77
1969	1'282'889	36.19	42.20
1970	1'383'204	39.02	42.27

PW-Bestand und PW-Kaufkraft in der Schweiz von 1950 bis 2004

Jahr	PW-Bestand [Fzg.]	Indexierter PW-Bestand [%]	PW-Kaufkraft [%]
1971	1'458'197	41.13	44.60
1972	1'557'165	43.92	46.63
1973	1'651'817	46.59	51.42
1974	1'723'024	48.60	56.84
1975	1'794'255	50.61	61.66
1976	1'863'615	52.57	63.05
1977	1'932'824	54.52	68.77
1978	2'054'977	57.96	71.67
1979	2'154'274	60.77	67.74
1980	2'246'752	63.37	68.33
1981	2'394'455	67.54	74.79
1982	2'473'318	69.76	77.13
1983	2'520'610	71.10	79.88
1984	2'552'132	71.99	80.15
1985	2'617'164	73.82	79.80
1986	2'678'911	75.56	79.23
1987	2'732'720	77.08	80.56
1988	2'819'548	79.53	80.94
1989	2'895'842	81.68	80.36
1990	2'985'399	84.21	79.95
1991	3'057'800	86.25	84.21
1992	3'091'230	87.19	82.15
1993	3'109'524	87.71	81.82
1994	3'165'043	89.28	87.07

PW-Bestand und PW-Kaufkraft in der Schweiz von 1950 bis 2004

Jahr	PW-Bestand [Fzg.]	Indexierter PW-Bestand [%]	PW-Kaufkraft [%]
1995	3'229'169	91.08	90.01
1996	3'268'073	92.18	90.30
1997	3'323'421	93.74	90.90
1998	3'383'273	95.43	92.48
1999	3'467'275	97.80	93.74
2000	3'545'247	100.00	100.00
2001	3'629'713	102.38	102.86
2002	3'700'951	104.39	105.88
2003	3'753'890	105.89	106.65

A 6 Zusammengeführte Preisindizes von Raff und Trajtenberg (1995) und Gordon (1990)

Zusammengeführte Preisindizes von Raff und Trajtenberg (1995) und Gordon (1990)

Raff und Trajtenberg (1995)

Jahr	Teuerung [%]	Preisindex (2000 = 100) [%]
1906	-	893.68
1908	-22.86	689.41
1910	-8.70	629.41
1912	-12.17	552.81
1914	-23.56	422.58
1916	16.01	490.25
1918	39.06	681.75
1920	-10.30	611.53
1922	-13.99	526.00
1924	-9.47	476.21
1926	-6.70	444.29
1928	-4.02	426.41
1930	-17.96	349.81
1932	-7.66	323.00
1934	0.79	325.56
1936	18.43	385.56
1938	-4.64	367.69
1940	-22.86	893.68

Zusammengefügte Preisindizes von Raff und Trajtenberg (1995) und Gordon (1990)

Gordon (1990)

Jahr	Teuerung [%]	Preisindex (2000 = 100) [%]
1948	38.54	509.40
1950	12.78	574.51
1952	10.44	634.52
1954	-2.82	616.64
1956	2.90	634.52
1958	0.00	634.52
1960	1.21	642.18
1962	4.97	674.09
1964	-2.84	654.94
1966	-0.97	648.56
1968	5.12	681.75
1970	0.94	688.14
1972	3.15	709.84
1974	5.04	745.59
1976	23.29	919.22
1978	18.61	1090.29
1980	16.16	1266.48
1982	36.39	1727.36
