

ZEIT UND GELD

Wie beeinflussen Zeit und Kosten
die Verkehrsmittelwahl
von Zupendelnden in die Stadt Zürich?



Universität Zürich



Daten • Analysen
Statistik
Stadt Zürich



Präsidialdepartement der Stadt Zürich
Statistik Stadt Zürich

Inhaltsverzeichnis

Wie beeinflussen Zeit und Kosten die Verkehrsmittelwahl von Zupendelnden in die Stadt Zürich?

Zusammenfassung	1
1 Einführung	2
1.1 Ziel der Studie	2
1.2 An wen richtet sich die Studie?	3
1.2.1 Politik und Verkehrsbetriebe im allgemeinen	3
1.2.2 Stadt Zürich als Agglomerationszentrum	3
2 Methodik: Datendesktopion und multinominales logistisches Modell	3
3 Daten	4
3.1 Population und Stichprobe	4
3.2 Berechnung der monetären Kosten des Pendelns	5
3.3 Berechnung der Zeitkosten des Pendelns	5
4 Deskriptive Analyse des Pendelverhaltens	6
4.1 Verkehrsmittelwahl und sozio-ökonomische Merkmale	6
4.2 Pendelzeit und Pendelkosten	8
5 Schätzresultate	9
5.1 Koeffizienten, Schätz- und t-Werte	9
5.2 Interpretation der Schätzergebnisse	10
5.3 Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelzeit	12
5.4 Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelkosten	13
5.5 Kommentar und mögliche Implikationen für die Politik	14
6 Schlussbemerkungen	15
Literatur	15
Quellen	15
Verzeichnis der Tabellen und Grafiken	17

Impressum

Autoren Prof. Dr. Rainer Winkelmann und lic. oec publ. Oliver Bachmann
Sozialökonomisches Institut der Universität Zürich

Herausgeber Statistik Stadt Zürich

Auskunft Simon Villiger, Telefon 01 250 48 24

Vertrieb Statistik Stadt Zürich
Napfgasse 6
8001 Zürich
Telefon 01 250 48 00

E-Mail statistik@stat.stzh.ch

Internet www.statistik-stadt-zuerich.info

Preis Fr. 10.–

Copyright Statistik Stadt Zürich, Zürich 2004
Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung –
unter Quellenangabe gestattet

ISSN 1660-6981
Dezember 2004

Wie beeinflussen Zeit und Kosten die Verkehrsmittelwahl von Zupendelnden in die Stadt Zürich?

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht, wie stark Pendeldauer und Pendelkosten die Verkehrsmittelwahl von Pendlerinnen und Pendlern beeinflussen. Zu diesem Zweck wird ein multinomiales logistisches Modell für die drei Hauptverkehrsmittel Zug, Bus/Tram und Auto geschätzt. Anhand der geschätzten Koeffizienten werden Nachfrageelastizitäten bezüglich Pendelzeit und Pendelkosten berechnet. Die präsentierten Schätzungen basieren auf Daten der eidgenössischen Volkszählung 2000. Untersucht werden Zupendelnde aus dem Kanton Zürich in die Stadt Zürich.

Die Koeffizienten von Pendelzeit, quadrierter Pendelzeit und Pendelkosten sind statistisch hochsignifikant (auf dem 1-Prozent-Signifikanzniveau). Die Schätzergebnisse implizieren, dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person ein bestimmtes Verkehrsmittel wählt, sinkt, wenn die Pendelzeit oder die Pendelkosten steigen.

Die geschätzten Zeitelastizitäten sind (in Absolutwerten) rund dreimal höher als die geschätzten Kostenelastizitäten. Das bedeutet, dass die Verkehrsmittelnachfrage von Pendelnden stärker auf Zeit- als auf Preisanreize reagiert. Sinkt (steigt) die Reisezeit für ein Verkehrsmittel um 1 Prozent, steigt (sinkt) die Nachfrage nach diesem Verkehrsmittel prozentual mehr an, als wenn der Fahrpreis um 1 Prozent sinkt (steigt).

Die Schätzergebnisse dieser Studie können dazu dienen, die Auswirkungen verkehrspolitischer Massnahmen zukünftig auf exakte Weise zu prognostizieren. Rückwirkend betrachtet bestätigen sie die Verkehrsmittelentwicklung der letzten Jahrzehnte. Der Ausbau des Zürcher S-Bahnnetzes, der sich insgesamt in schnelleren Reisezeiten niederschlug, hat dazu beigetragen, dass der ÖV-Anteil im Raum Zürich gegen den gesamtschweizerischen Trend konstant geblieben ist.

Die vorliegende Studie wurde von Prof. Dr. Rainer Winkelmann und lic. oec. publ. Oliver Bachmann vom Sozialökonomischen Institut der Universität Zürich im Auftrag von Statistik Stadt Zürich verfasst.

1 Einführung

Die Daten der eidgenössischen Volkszählung werden immer wieder verwendet, um die Verkehrsmittelwahl von Pendlerinnen und Pendlern in der Schweiz zu studieren. Die Eidgenössische Volkszählung eignet sich besonders für Bestandesaufnahmen, da Angaben über das Pendelverhalten aller Erwerbstätigen vorhanden sind. Insbesondere zwei Studien, die auf den Pendelverkehr im Grossraum Zürich eingehen, sollen an dieser Stelle erwähnt werden. Die Arbeit von Frick et al.¹ stellte gesamtschweizerisch eine dominante Stellung des Privatverkehrs fest. 58 Prozent der Pendlerinnen und Pendlern nahmen im Jahr 2000 das Auto oder das Motorrad. Der öffentliche Verkehr (ÖV) wurde von gut einem Viertel aller Pendelnden genutzt. Gemäss den Autoren bildet der Raum Zürich jedoch eine Ausnahme, nicht zuletzt wegen des gut ausgebauten S-Bahnnetzes. Zahlreiche Investitionen haben laut Studie dazu geführt, dass der ÖV seine Stellung zu halten vermochte. Eine von *Statistik Stadt Zürich* veröffentlichte Studie über die Entwicklung des Pendelverkehrs von den Agglomerationsgemeinden in die Stadt Zürich

1.1 Ziel der Studie

Die vorliegende Studie möchte diese Lücke schliessen und untersucht, wie stark insbesondere die Verkehrsmittelattribute *Pendelzeit* und *Pendelkosten* die individuelle Verkehrsmittelwahl beeinflussen. Pendelnde wählen gemäss der ökonomischen Theorie der Nutzenmaximierung grundsätzlich dasjenige Verkehrsmittel, das ihnen am meisten Vorteile bringt. Ihr Verhalten reagiert deshalb auf Anreize in Form von relativen Fahrzeit- und Fahrpreisveränderungen. Steigt beispielsweise die Pendeldauer für Automobilisten infolge von Verkehrsüberlastungen und Staus, steigt ein Teil der Pendelnden auf andere Verkehrsmittel um. Steigt der Preis von Bahntickets, nimmt die Nachfrage nach dem Zug ab. Die Frage ist deshalb nicht primär, ob die Pendelzeit und die Pendelkosten die individuelle Verkehrsmittelentscheidung

kommt zu einem ähnlichen Schluss.² Gemäss Studie hat die Zahl der Bahn-Zupendlerinnen und -Zupendler aus der Agglomeration in die Stadt Zürich im Jahr 2000 erstmals die entsprechende PW-Nutzerzahl übertroffen.

Als Fazit beider Studien lässt sich feststellen, dass einerseits die Dominanz des Privatverkehrs gesamtschweizerisch eher zunimmt, andererseits der ÖV (insbesondere die Bahn) in der Zürcher Agglomeration Marktanteile dazugewinnt. Die Ergebnisse sind eine Bestandesaufnahme, wie sich der Pendelverkehr in den letzten Jahren entwickelt hat, geben jedoch nur unzureichend Antworten darauf, welche Faktoren die Entwicklung begünstigt haben. In den vergangenen Jahrzehnten wurden zahlreiche Versuche unternommen, den Verkehr und insbesondere den Pendelverkehr zu lenken. Der Ausbau des Zürcher S-Bahnnetzes ist vor diesem Hintergrund zu sehen. Um den Verkehr effizient lenken zu können, braucht es Informationen zu den für die Verkehrsmittelwahl relevanten Faktoren.

beeinflussen, sondern wie stark sie dies tun. Die vorliegende Studie versucht, den Einfluss dieser beiden Attribute zu quantifizieren, d.h. Schätzwerte zu liefern, um wie viel sich die Nachfrage nach einem bestimmten Verkehrsmittel verändert, wenn sich eines der beiden Attribute verändert.

Die Studie liefert zudem Erkenntnisse, welche anderen (nicht ökonomischen) Faktoren die Verkehrsmittelwahl mitbestimmen. Die individuelle Verkehrsmittelwahl ist geprägt von persönlichen Präferenzen und Restriktionen. Dem wird Rechnung getragen, indem soziodemographische (Geschlecht, Alter, Zivilstand, Arbeitspensum etc.) und geographische (Entfernung zwischen dem Haus des/der Pendelnden und dem nächsten Bahnhof) Merkmale mit einbezogen werden.

¹ Vgl. Frick, Roman et al. (2004).

² Vgl. Statistik Stadt Zürich (2004).

1.2 An wen richtet sich die Studie?

1.2.1 Politik und Verkehrsbetriebe im allgemeinen

Pendelzeit und Pendelkosten können von der Politik und von Verkehrsbetrieben «gesteuert» werden. Deshalb können die Resultate für Entscheidungsträger/-innen in beiden Bereichen von Interesse sein. Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur (Strassenbau, Ausbau des ÖV) werden häufig getätigt, um die Fahrzeiten zu reduzieren. Bevor jedoch in Infrastrukturprojekte investiert wird, möchte man gerne wissen, welchen Einfluss Pendelzeitverkürzungen auf die Verkehrsentwicklung haben. Eine Antwort auf diese Frage kann entscheidend sein, um ein effizientes Investitionsniveau zu finden. Möchte die Politik mit der Höhe

der Treibstoffsteuern den Privatverkehr lenken, braucht es ebenfalls Informationen, wie Autopendelnde darauf reagieren.

Diese beiden Beispiele zeigen deutlich, wie wichtig Informationen über das Pendelverhalten für eine gezielte Verkehrspolitik sind. Auch Verkehrsbetriebe können von den Ergebnissen dieser Studie profitieren. Sie benötigen Kenntnisse, wie sich ihre Preispolitik auf das Verhalten der Pendelnden auswirkt. Betriebswirtschaftliche Fehler können ein Unternehmen teuer zu stehen kommen.

1.2.2 Stadt Zürich als Agglomerationszentrum

Die steigenden Zahlen von Pendelnden sind für wirtschaftliche Zentren wie die Stadt Zürich eine Herausforderung. Vor allem der wachsende Autopendelverkehr kann ein Problem darstellen. Autopendeln verursacht negative Externalitäten wie Luft- und Lärmbelastungen oder Verkehrsstaus. Luft- und Lärmbelastung mindern die Lebensqualität der betroffenen Bevölkerung, und Staus verursachen Kosten in Form von unproduktiv ge-

nutzter Zeit. Für den Standort Zürich wird es in Zukunft entscheidend sein, mit effizienten Verkehrslösungen auf diese Herausforderungen zu reagieren. Dies bedingt aber auch, dass die Pendelströme der Zupendelnden effektiv «gelenkt» werden. Die Schätzungen dieser Studie liefern Hinweise, wie Zupendelnde aus dem Kanton in die Stadt Zürich auf Zeit- und Preisanreize reagieren.

2 Methodik: Datendeskription und multinominales logistisches Modell

Die vorliegende Studie wendet zwei verschiedene Ansätze an, um die Einflussfaktoren der Verkehrsmittelwahl zu eruieren: *Datendeskription* und *Schätzung eines multinominalen logistischen Modells*.

Die Datendeskription dient dazu, Fakten und Zusammenhänge darzulegen. Sie ist jedoch nicht in der Lage, kausale Zusammenhänge nachzuweisen. Die individuelle Verkehrsmittelwahl wird deshalb in der ökonomischen Literatur anhand qualitativer Entscheidungsmodelle untersucht. Mit deren Hilfe wird analysiert, wie Einzelpersonen, Haushalte, Firmen oder andere Entscheidungsträger zwischen Alternativen wählen, die eine Qualität und kein Ausmass widerspiegeln. Die Verkehrsmittelwahl ist ein typisches Beispiel einer qualitativen Wahl. Zur Alternative stehen nicht Mengen (man wählt nicht ein halbes Auto

oder dreieinhalb Züge), sondern Zug, Bus, Auto, Bus und Zug, usw. Die Untersuchung der Verkehrsmittelwahl gehört deshalb auch zu den traditionellen Anwendungen in diesem Forschungsbereich.³

Qualitative Entscheidungsmodelle spezifizieren, wie die Verkehrsmittelwahl der Pendlerinnen und Pendler von verschiedenen Faktoren abhängt. Der Einfluss der einzelnen Faktoren wird dann mit Hilfe von Daten geschätzt. In der aktuellen Literatur wird eine Vielzahl von unterschiedlichen qualitativen Entscheidungsmodellen verwendet. Logistische Modelle sind am weitesten verbreitet, da sie zuverlässige Voraussagen liefern und relativ einfach zu schätzen sind. Aufbauend auf den Schätzergebnissen werden Nachfrageelastizitäten bezüglich Pendelzeit und Pendelkosten berechnet.

³ Vgl. u. a. McFadden (1974), Hensher (1986), Bhat (1998).

Diese Nachfrageelastizitäten ermöglichen direkte Aussagen über Nachfrageveränderungen, wenn sich die Pendelzeit oder die Pendelkosten um einen gewissen Faktor verändern. Es wird ein multinominales logistisches Modell für die drei

Hauptverkehrsmittel Zug, Bus/Tram und Auto geschätzt.⁴ Elastizitäten sind insofern nützlich, als sie einfach zu interpretieren und auf Musterbeispiele anwendbar sind.

3 Daten

3.1 Population und Stichprobe

Die im folgenden präsentierten Schätzungen des multinominalen logistischen Modells basieren auf Daten der Eidgenössischen Volkszählung 2000. Da es in der Studie um die Verkehrsmittelwahl von Pendlerinnen und Pendlern geht, gilt es zunächst einmal, die relevante Gruppe von Pendelnden zu identifizieren. Die hier untersuchte Pendelbewegung ist die aus dem Kanton Zürich in die Stadt Zürich. Diese kann in den Daten der Volkszählung ermittelt werden, da sowohl die Adresse des Arbeitsortes als auch die Adresse des Wohnortes erhoben werden. Unter den gemäss VZ 2000 701'995 erwerbstätigen Einwohnerinnen und Einwohnern des Kantons Zürich befanden sich 127'053 Zupendelnde in die Stadt Zürich.

Weiterhin enthält die Volkszählung Informationen zur Verkehrsmittelwahl für den Weg zum Arbeitsplatz. Die Tabelle T1 zeigt die Verteilung der benutzten Hauptverkehrsmittel, wie es die Volkszählung definiert. Demnach waren von den 127'053 Zupendelnden 54.3 Prozent mit dem Zug oder Bus/Tram unterwegs. Der Anteil ist um 14.5 Prozentpunkte höher als der Anteil der PW-Benützer/-innen. Die restlichen Anteile entfallen auf Fussgänger/-innen, andere Verkehrsmittel, oder die Angaben fehlen. Der ÖV-Anteil bei den zupendelnden Personen aus dem Kanton Zürich in die Stadt Zürich ist gesamtschweizerisch gesehen überdurchschnittlich hoch.

T1: Hauptverkehrsmittel von Zupendelnden aus dem Kanton in die Stadt Zürich, 2000

	absolut	in %
zu Fuss	310	0.2
Zug	60 007	47.2
Tram, Bus	9 005	7.1
PW	50 541	39.8
andere Verkehrsmittel (Werkbus, andere ÖV, Velo, Motorrad, ...)	2 729	2.1
keine Angabe	4 461	3.5
Total	127 053	100.0

Quelle: Bundesamt für Statistik

Grundsätzlich könnte sich die folgende Analyse also auf diese 127'053 Beobachtungen beziehen. Allerdings führen sach- und datenbezogene Erwägungen zu einer deutlichen Reduzierung der letztlich untersuchten Teilstichprobe. Wie aus Tabelle T1 ersichtlich, sind die drei wichtigsten Kategorien die Verkehrsmittel Bahn, Bus/Tram und Auto. Die

anderen drei Kategorien der zu Fuss Gehenden, der Pendelnden mit sonstigen Verkehrsmitteln sowie derjenigen mit fehlenden Angaben machen zusammen nur 5.8 Prozent der Beobachtungen aus und werden im Folgenden nicht betrachtet. Damit reduziert sich die relevante Grundgesamtheit auf insgesamt 119'553 Zupendelnde.

⁴ Alternativ wurde auch ein gemischtes multinominales logistisches Modell geschätzt, das auf weniger restriktiven Annahmen beruht als das multinominale logistische Modell. Die Ergebnisse beider Modelle sind nahezu identisch. Deshalb wird auf die Verwendung des formal anspruchsvolleren gemischten multinominalen logistischen Modells verzichtet. Für eine Einführung in qualitative Entscheidungsmodelle vgl. Train (2003).

Weiterhin sollte soweit wie möglich sichergestellt werden, dass die betrachteten Personen überhaupt objektiv die Wahl zwischen den drei Alternativen haben. Dies schliesst *a priori* Pendelnde unter 18 Jahren aus, da sie keinen Führerschein besitzen können. Bei den über 18-Jährigen besteht zwar auch keine konkrete Information darüber, ob sie einen Führerschein besitzen oder Zugang zu einem Auto haben. Jedoch kann man von diesem Aspekt abstrahieren, da grundsätzlich jede Person, die mit dem PW pendeln möchte, zumindest mittelfristig in der Lage ist, einen Führerschein und Zugang zu einem PW zu erwerben.

Ein weitere Reduktion ergibt sich aus der in den nächsten Abschnitten beschriebenen Notwendigkeit, die Zeit- und Geldkosten des Pendelns endogen aus den Daten zu bestimmen. Hierzu ist es notwendig, die genauen geografischen Koordinaten von Wohn- und Arbeitsplatz zu kennen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist diese Information nur für eine Zufallsstichprobe der Pendler/-innen vorhanden. Zudem ist es für die Schätzung des Modelles erforderlich, dass aus jeder betrachteten Wohngemeinde zumindest eine Beobachtung für jedes der drei Verkehrsmittel vorliegt. Beide Restriktionen sollten die Aussagekraft nicht

3.2 Berechnung der monetären Kosten des Pendelns

Welches die geeignete Methode zur Berechnung der Geldkosten des Pendelns ist, hängt davon ab, welches Verkehrsmittel betrachtet wird. Bei den Zug- und Bus/Tramfahrten werden die Kosten einfach durch eine Zonentabelle und Fahrpreisliste des Zürcher Verkehrsverbands (ZVV) ermittelt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Pendlerin oder der Pendler das jeweils günstigste Angebot wählt (etwa: Monatskarte) und zudem in der zweiten Klasse fährt. Die Geldkosten einer Autofahrt werden aufgrund der Distanz (Luftlinie)

3.3 Berechnung der Zeitkosten des Pendelns

Ausgangspunkt der Zeitberechnung ist die Frage in der Volkszählung nach der Dauer des Arbeitsweges (in Minuten). Naturgemäss ist diese Zeitangabe daher nur für das effektiv genutzte Verkehrsmittel vorhanden. Für die Schätzungen werden die entsprechenden Zeitangaben auch für die

wesentlich tangieren, da die Selektion zufällig ist und die Resultate daher repräsentativ bleiben und nicht systematisch verzerrt werden. Zudem ist die Stichprobe auch gross genug ist, um die gesuchten Effekte mit hinreichender Präzision zu schätzen.⁵

Ein weiteres Problem besteht in der Abgrenzung der Verkehrsmittel. Ein knappes Drittel aller Pendlerinnen und Pendler benützen mehrere Verkehrsmittel auf ihrem Arbeitsweg. Eine ausreichend exakte Berechnung der Pendelkosten ist dann praktisch unmöglich⁶. Daher werden bei der folgende Analyse nur diesbezüglich «eindeutige Fälle» verwendet. Hierbei wird es zu einer Unterschätzung des Anteiles der ÖV-Pendelnden kommen, da diese Gruppe bei den nicht eindeutigen Fällen überrepräsentiert ist. Während die Anteile selber dann bedingt auf die Tatsache, dass nur ein Verkehrsmittel verwendet wurde, interpretiert werden müssen, lassen sich die Schätzergebnisse für die Kosteneffekte dennoch auf alle Pendelnden übertragen, da hier keine Verzerrungen auftreten sollten. Nach allen beschriebenen Selektionen besteht die endgültige Stichprobengrösse dann aus 16'860 Beobachtungen.

zwischen Wohnort und Arbeitsort geschätzt. Hierzu werden die Koordinaten des Wohnortes und des Arbeitsortes benötigt, die zur Zeit für knapp zwei Drittel aller Pendler/-innen vorliegen. Um die Distanzangaben in Geldbeträge umzuwandeln, werden Kilometer-Kostenschätzungen des *Touring Club Schweiz (TCS)* verwendet. Diese Schätzungen beruhen auf einer Vollkostenkalkulation und schliessen alle Unterhaltskosten sowie Abschreibungen mit ein.

nicht genutzten Verkehrsmittel benötigt. Diese werden durch die Medianzeit⁷ für ein bestimmtes Verkehrsmittel auf einer bestimmten Strecke ergänzt. Fährt beispielsweise eine Pendlerin oder ein Pendler mit dem Auto von Kloten nach Zürich

⁵ Bei rund 17'000 Beobachtungen kann man auch davon ausgehen, dass die bei den Hypothesentests verwendete asymptotische Normalverteilung der verwendeten Maximum-Likelihood Schätzfunktion eine hinreichend genaue Näherung der wahren Schätzverteilung liefert.

⁶ In spezifischen Verkehrsbefragungen werden Pendelnde deshalb befragt, wie lange sie mit dem einzelnen Verkehrsmittel unterwegs sind und wie hoch die jeweiligen Kosten sind.

⁷ Der Median teilt eine Verteilung in zwei Hälften von je 50 Prozent. Er ist ein Lagemass, ähnlich dem arithmetischen Mittel (Mittelwert). Der Vorteil des Medians besteht darin, dass er unempfindlich gegenüber Ausreissern ist.

Kreis 1, so ist nur die Autofahrzeit in den Volkszählungsdaten angegeben. Für die Angabe der Zug- und Bus/Tramreisezeit dieser Person wird die

Medianzeit der übrigen Pendelnden, die mit dem entsprechenden Verkehrsmittel von Kloten nach Zürich Kreis 1 reisen, eingesetzt.

4 Deskriptive Analyse des Pendelverhaltens

4.1 Verkehrsmittelwahl und sozio-ökonomische Merkmale

Die Tabelle T2 zeigt die relativen Häufigkeiten der drei Verkehrsmittel Zug, Bus/Tram und Auto für alle Pendelnden nach verschiedenen Merkmalen. Wie interpretiert man diese Tabelle? Betrachtet sei das Merkmal Geschlecht: Die betrachtete Pendlerpopulation besteht zu 42.8 Prozent aus Frauen und zu 57.2 Prozent aus Männern. Von den Pendlerinnen benutzen 56.5 Prozent den Zug, 7.6 Prozent den Bus/das Tram und 35.9 Prozent das Auto, bei den Pendlern lauten die entsprechenden

Werte 44.0, 4.1 und 51.9 Prozent. Die Angaben zu bedingten relativen Häufigkeiten (im Beispiel bedingt auf das jeweilige Geschlecht) lassen Aussagen zu, ob ein Zusammenhang zwischen der Verkehrsmittelwahl und dem betrachteten Merkmal besteht. Beim Merkmal Geschlecht scheint dies der Fall zu sein: Frauen wählen mit grosser Mehrheit den ÖV, während über die Hälfte der Männer das Auto wählt.

T2: Bedingte relative Häufigkeiten von Bahn, Bus/Tram und Auto, 2000

		Anteil in Population	Verkehrsmittelanteile nach Merkmal bedingt		
			Zug	Bus/Tram	Auto
Pendelnde Total (ab 18 Jahre)		100%	49.4%	5.6%	45.0%
Nach Merkmal					
Geschlecht	Frauen	42.8%	56.5%	7.6%	35.9%
	Männer	57.2%	44.0%	4.1%	51.9%
Herkunft	Ausland	17.1%	44.4%	8.5%	47.1%
	Schweiz	82.9%	50.4%	5.0%	44.6%
Zivilstatus	unverheiratet	45.5%	54.6%	5.9%	39.5%
	verheiratet	54.5%	45.1%	5.3%	49.6%
Kinder	keine	51.1%	54.5%	5.8%	39.7%
	mindestens ein Kind	48.9%	43.7%	5.2%	51.1%
Alter	bis 39 Jahre	47.8%	43.3%	5.3%	51.4%
	40 Jahre und älter	52.2%	54.9%	5.9%	39.2%
Ausbildungsniveau	Sekundarstufe I	11.9%	51.5%	9.8%	38.7%
	Sekundarstufe II	55.1%	49.8%	5.2%	45.0%
	Tertiärstufe	33.0%	48.1%	4.4%	47.5%
Arbeitspensum	Teilzeit	41.0%	54.0%	6.6%	39.4%
	Vollzeit	59.0%	46.0%	4.8%	49.2%

Quelle: Bundesamt für Statistik

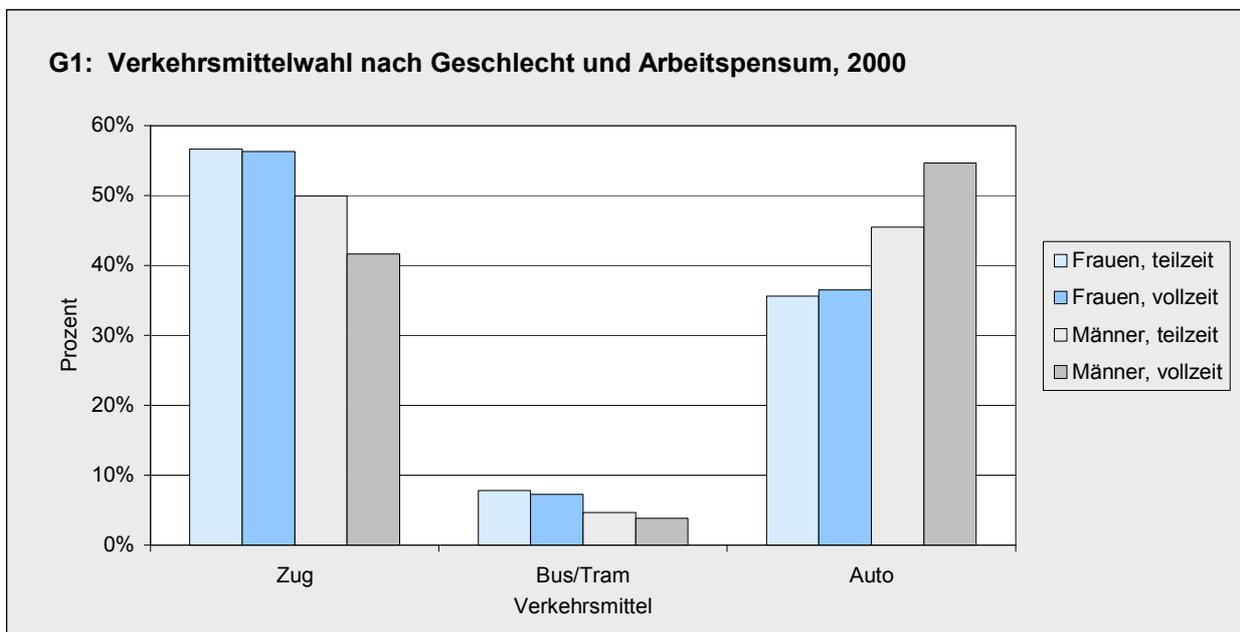
Das Bildungsniveau dient in dieser Studie als Ersatz für das individuelle Einkommen, das im Datensatz der Volkszählung fehlt.⁸ Aus den Daten wird deutlich, dass durchschnittlich und gut Ausgebildete eher mit dem Auto zur Arbeit fahren als Pendelnde mit tieferer Ausbildung. Eine mögliche Erklärung ist bei den Zeitkosten zu finden, die, wie wir später sehen werden, beim ÖV typischerweise höher sind als beim PW. Diese höheren Zeitkosten könnten insbesondere bei Pendelnden mit hohem Ausbildungsniveau mehr zu Buch schlagen als bei solchen mit niedrigerem Ausbildungsniveau und in der Folge dazu führen, dass in dieser Gruppe der ÖV teilweise durch den flexibleren Privatverkehr ersetzt wird. Zudem ist das Automobil für die Pendelnden teurer, so dass überdurchschnittlich viele Pendelnde mit weniger guter Ausbildung (die im Durchschnitt auch weniger verdienen) die relativ zum Auto billigeren Verkehrsmittel Bahn und Bus/Tram benutzen.

Die meisten soziodemographischen Variablen scheinen einen nennenswerten Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl zu haben, vor allem bezüglich Zug- und PW-Nutzung. Eine Ausnahme besteht bei der Unterscheidung nach Herkunft. Die Verkehrsmittelwahl von Schweizer/-innen und Ausländer/-innen variiert wenig. Dies ist insofern über-

raschend, als häufig argumentiert wird, dass hohe Nutzungszahlen des ÖV typisch schweizerisch seien.

Noch ein Wort zu den häufig verwendeten Begriffen *scheinen* und *offensichtlich*. Man muss bei deskriptiven Betrachtungen vorsichtig sein, ein abschliessendes Urteil über die Richtung der Kausalität abzugeben. Die Datendeskription gibt nur einen ersten Überblick der Zusammenhänge. Dazu zwei Beispiele:

1. Aus der Tabelle T2 ist abzulesen, dass Teilzeitarbeitende eher Zug fahren als Vollzeitarbeitende. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass Teilzeitarbeit bei Frauen sehr beliebt ist. Aus der Tabelle ist nicht ersichtlich, ob das Merkmal Arbeitspensum oder das Merkmal Geschlecht (oder beide Merkmale) für den höheren Bahnanteil von Teilzeitarbeitenden verantwortlich ist. Diese Unschärfe kann teilweise behoben werden, indem man auf mehrere Merkmale untersucht. In Grafik G1 wird die Verkehrsmittelwahl auf die Merkmale Geschlecht und Arbeitspensum bezogen. Es zeigt sich, dass bei Frauen die Arbeitszeit kaum Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl hat, während Vollzeit arbeitende Männer viel häufiger das Auto wählen.

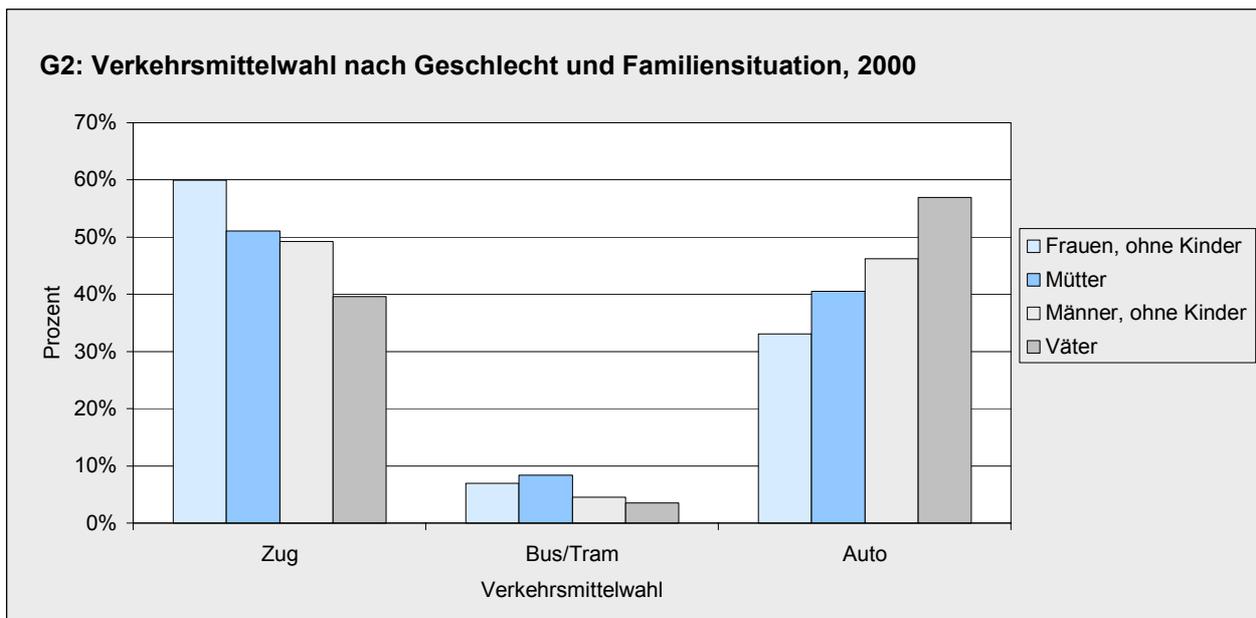


⁸ Sekundarstufe I: Obligatorische Schule, Diplommittelschule oder Berufsvorbereitende Schule. Sekundarstufe II: Berufslernlehre, Vollzeit-Berufsschule, Maturitätsschule, Lehrerseminar.

Tertiärstufe: Höhere Fach- und Berufsausbildung, Höhere Fachschule, Fachhochschule, Universität, Hochschule.

2. Gemäss Tabelle T2 fördern Kinder die PW-Nutzung. Die Frage ist nun, ob dies sowohl für Väter als auch für Mütter gilt. Es könnte jedoch auch sein, dass die erhöhte Auto- und reduzierte Bahnnutzung von Eltern dadurch zustande kommt, dass viele Mütter nicht arbeiten (und die vielen Bahnpendlerinnen folglich zu

Hause bleiben). Die Frage ist nun, ob die Verkehrsmittelwahl von Frauen und Männern davon abhängt, ob sie Kinder haben. Grafik G2 stellt deshalb beide Merkmale (Geschlecht und Kinder) dar. Man sieht, dass sowohl Frauen als auch Männer eher zum Auto greifen, wenn sie Kinder haben.



Diese Art der Darstellung kann für viele Merkmale angewendet werden. Aufschlussreicher ist jedoch die Verwendung eines Regressionsmodells wie das multinominale logistische Modell, in dem der

Einfluss von Merkmalen auf die Verkehrsmittelwahl *ceteris paribus*⁹ geschätzt wird, das heisst unter der Annahme, dass die anderen Faktoren konstant sind.

4.2 Pendelzeit und Pendelkosten

In Tabelle T3 werden selektierte Kennzahlen der Verteilungen der Attribute Pendelzeit und Pendelkosten getrennt für die drei Verkehrsmittel Zug, Tram/Bus beziehungsweise PW dargestellt. Die Fahrzeit ist hierbei gemessen in Minuten pro einfachem Weg. Die Fahrkosten werden gemessen in Franken für eine einfache Fahrt vom Wohn- zum Arbeitsort. Die Angaben beruhen auf den tatsächlich gewählten Transportmitteln. Es zeigt sich, dass die durchschnittlichen Fahrzeiten (arithmetische Mittel) für Automobilisten deutlich unter

denen des ÖV liegen. Der Grund hierfür ist nicht, wie man zunächst vermuten könnte, dass der PW eher für kürzere und der ÖV eher für längere Pendeldistanzen verwendet wird. Separate Berechnungen zeigen, dass die durchschnittliche Reisedauer für Automobilisten etwa 3, für Zugreisende 4 und für Bus/Tramnutzer über 6 Minuten pro Kilometer beträgt. Die Reisezeit pro gefahrener Kilometer ist daher für das Auto mit Abstand am kürzesten.

⁹ *Ceteris paribus* bedeutet, dass alles andere konstant/gleich bleibt. Der Koeffizient misst den Einfluss eines Attributs oder Merkmals unter der Annahme, dass alle anderen Attribute und Merkmale gleich/konstant bleiben.

T3: Verteilung von Pendelzeiten und Pendelkosten, 2000

		Total	Zug	Bus	Auto
Fahrzeit	Arithmetisches Mittel	31.6	37.4	32.4	25.7
	Standard-Abweichung	12.3	12.3	11.2	9.3
	Modus	30.0	30.0	30.0	30.0
	Median	30.0	30.0	30.0	25.0
Fahrkosten	Arithmetisches Mittel	4.0	2.4	2.4	5.7
	Standard-Abweichung	2.7	1.1	1.1	2.9
	Modus	1.8	1.8	1.8	4.0
	Median	3.0	1.8	1.8	5.1

Quellen: Bundesamt für Statistik und Touring Club der Schweiz

Dieses Ergebnis unterstützt die Argumentation zum ausbildungsspezifischen Pendelverhalten im Zusammenhang mit Tabelle T2. Besser Ausgebildete nutzen eher das flexiblere und schnellere Auto und schlechter Ausgebildete eher den ÖV, der deutlich langsamer ist. Der Modus¹⁰ für alle drei Verkehrsmittel liegt bei 30 Minuten. Der Median beträgt 30 Minuten für Zug und Bus, aber nur 25 Minuten für das Auto. Diese runden Werte ergeben sich, da die Antworten bei den «runden» Werten klumpen und insbesondere Fünferschritte gewählt werden.

Bei einem Vergleich der geschätzten Fahrkosten zeigt sich, dass der Automobilverkehr mehr als doppelt so teuer ist wie der ÖV. Die erhöhte Flexibilität und die schnelleren Reisezeiten haben also ihren Preis. Man muss jedoch beachten, dass der Datensatz keine Angaben darüber enthält, ob jemand ein Auto besitzt und wie hoch die wahren individuellen Nutzungskosten sind. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass alle Pendelnde dasselbe durchschnittliche Auto mit denselben durchschnittlichen Kilometer-Kosten (TCS-Berechnungen) fahren.

5 Schätzergebnisse

Das Kapitel besteht aus vier Schwerpunkten. In Kapitel 5.1 werden die verwendeten Begriffe erläutert. In Kapitel 5.2 werden die Schätzergebnisse des multinominalen logistischen Modells präsentiert. Aus den Ergebnissen werden dann die Elasti-

zitäten der Verkehrsmittelnachfrage bezüglich Pendelzeit und Pendelkosten berechnet und in den Kapiteln 5.3 und 5.4 dargestellt. Ein Kommentar mit möglichen politischen Implikationen bildet den Abschluss (5.5).

5.1 Koeffizienten, Schätz- und t-Werte

Mit Hilfe des multinominalen logistischen Modells wird untersucht, ob und wie stark die Wahrscheinlichkeit, dass eine pendelnde Person ein bestimmtes Verkehrsmittel wählt, von der Fahrzeit, der quadrierten Fahrzeit, den Fahrkosten, soziodemographischen Merkmalen der Person, der Distanz zum nächsten öffentlichen Verkehrsmittel und verkehrsmittelspezifischen Konstanten¹¹ abhängt. Der Einfluss dieser Attribute und Merkmale wird mittels Koeffizienten (auch Parameter genannt) quantifiziert.

An einem Koeffizienten interessiert der Wert und die Richtung (Vorzeichen). Wenn der Wert Null ist, hat ein Attribut oder Merkmal keinen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl. Wenn er nicht Null ist, zeigt das Vorzeichen des Koeffizienten, in welche Richtung das Attribut oder Merkmal die Verkehrsmittelwahl beeinflusst. Da die wahren Koeffizienten nicht bekannt sind, werden sie auf Basis der Volkszählungsdaten geschätzt.

¹⁰ Der Modus ist der am häufigsten auftretende Wert.

¹¹ In einem Modell mit sozioökonomischen Variablen können die verkehrsmittelspezifischen Konstanten nicht unabhängig von den individuellen Merkmalen interpretiert werden. Daher werden diese im Folgenden nicht weiter kommentiert.

In Tabelle T4 findet man die Schätzwerte der Koeffizienten und die dazugehörigen t-Werte der Teststatistik für die Hypothese, dass der zugehörige Wert gleich Null ist. Wie man unschwer erkennen kann, ist kein geschätzter Koeffizient exakt Null. Dies bedeutet aber nicht, dass er es nicht sein könnte. Man kennt nur den Schätzwert, der auf der verwendeten Stichprobe basiert.¹² Der t-Wert der Teststatistik liefert ein objektives Kriterium, das Wahrscheinlichkeitsaussagen ermöglicht, ob ein Koeffizient von Null verschieden ist. In der Statistik ist ein Koeffizient dann signifikant von Null verschieden, wenn die

unter der Hypothese generierte Schätzstatistik «sehr unwahrscheinlich» ist, was im Rahmen der Überschreitungswahrscheinlichkeit («p-Wert») gemessen wird. Ist die Überschreitungswahrscheinlichkeit kleiner als ein festgelegtes Signifikanzniveau (z.B. 10%, 5% oder 1%), dann wird die Hypothese verworfen und der Parameter ist signifikant von Null verschieden. In der Tabelle bedeutet ein Stern ein Signifikanzniveau von 10, zwei Sterne von 5 und drei Sterne von 1 Prozent. Als Faustformel gilt, dass ein Koeffizient statistisch signifikant auf dem 5-Prozent-Niveau ist, wenn der t-Wert grösser als 2 oder kleiner als -2 ist.

5.2 Interpretation der Schätzergebnisse

Pendelzeit: Der geschätzte Koeffizient der Pendelzeit beträgt -0.185 , der t-Wert -26.82 ¹³. Das Schätzergebnis ist damit statistisch hoch signifikant (auf dem 1%-Signifikanzniveau). In diesem Fall sollte man den Koeffizienten nicht isoliert betrachten, da auch der Einfluss der quadrierten Pendelzeit geschätzt wird. Der positive Schätzwert (0.0028) impliziert, dass mit zunehmender Pendeldauer der negative Gesamteinfluss der Pendelzeit nachlässt und ab einer gewissen Pendeldauer gar positiv¹⁴ wird. Im Regelfall (bei kürzeren Pendelzeiten) ist es jedoch so, dass die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Verkehrsmittelwahl *ceteris paribus* sinkt (steigt), wenn die Pendelzeit steigt (sinkt). Wenn sich also beispielsweise die Reisezeit für PW-Pendelnde als Folge von täglichen Staus verlängert, nimmt die Wahrscheinlichkeit ab, dass Pendelnde das Auto benutzen. Viele werden weiterhin mit dem Auto zur Arbeit fahren, einige jedoch werden das Verkehrsmittel wechseln. Dieses Schätzergebnis ist zu erwarten. Man kann aus den zwei Koeffizienten von -0.185 und 0.0028 jedoch nicht direkt abschätzen, wie viele beim Auto bleiben und wie viele das Verkehrsmittel wechseln werden, wenn sich beispielsweise die Pendelzeit beim Auto um 10 Prozent erhöht und die Pendelzeiten der anderen beiden Alternativen konstant bleiben. Um solche Aussagen treffen zu können, werden aus den Ergebnissen Elastizitäten berechnet. Diese werden weiter unten eingehend diskutiert.

Pendelkosten: Die Kosten wirken erwartungsgemäss negativ (Schätzwert: -0.079) auf die Ver-

kehrsmittelwahl, und der Koeffizient ist hoch signifikant (1-Prozent-Signifikanzniveau). Steigen beispielsweise die Bahnticketpreise an, sinkt *ceteris paribus* die Bahnnachfrage und steigt *ceteris paribus* die Nachfrage nach Bus/Tram und Automobil. Bei den Pendelkosten wurde kein quadratischer Term eingeführt, da sich dieser in einer Vorschätzung als unbedeutsam erwies.

Soziodemographische Merkmale: Die geschätzten Koeffizienten der soziodemographischen Merkmale werden paarweise für Zug und Bus/Tram aufgeführt. Die Interpretation ist anspruchsvoll, da relativ zur Automobilwahl argumentiert werden muss.

Der Schätzwert für das Merkmal Alter (Zug) beträgt -0.031 . Mit jedem zusätzlichen Altersjahr nimmt *ceteris paribus* die Wahrscheinlichkeit ab, dass jemand Zug fährt (relativ zum Auto). Der Koeffizient ist signifikant von Null verschieden auf dem 1-Prozent-Signifikanzniveau (t-Wert: -15). Wie schon zuvor ist eine direkte Interpretation des Werts -0.031 nicht möglich. Mit dem Alter nimmt die Wahrscheinlichkeit für das Bus/Tramfahren (Schätzwert: 0.004) eher zu (relativ zum Auto), wobei der Koeffizient für Bus/Tram statistisch nicht signifikant von Null verschieden ist (der t-Wert ist 1.15). Die Arbeitszeit hat einen negativen Einfluss auf die ÖV-Nutzung (Schätzwert für Zug: -0.032 , für Bus/Tram: -0.040): Jede zusätzliche Stunde Wochenarbeitszeit reduziert *ceteris paribus* die Wahrscheinlichkeit der Bahn- und Bus/Tram-Nutzung signifikant (1-Prozent-Signifikanzniveau).

¹² Die verwendeten Daten der eidgenössischen Volkszählung sind eine Stichprobe aus einer Gesamtpopulation.

¹³ Der t-Wert hat immer das Vorzeichen des Schätzwerts. Ist der Schätzwert negativ, ist also auch der t-Wert negativ. Das hat aber keine qualitative Bedeutung.

¹⁴ Für Zugfahrende können zusätzliche Reiseminuten durchaus vorteilhaft sein. Dauert die Zugfahrt genügend lange, kann die Zeit zum Arbeiten genutzt werden.

Verglichen mit der Verkehrsmittelwahl von Pendelnden mit niedriger Ausbildung wählen Pendelnde mit durchschnittlicher und hoher Ausbildung *ceteris paribus* weniger die Bahn und den Bus/das Tram (1 Prozent-Signifikanzniveau). Ob jemand Ausländer/-in oder Schweizer/-in ist, wirkt sich *ceteris paribus* nicht signifikant auf die Zug-, jedoch signifikant negativ auf die Bus-/Tram-Nutzungswahrscheinlichkeit aus (1 Prozent-Signifikanzniveau). Dieses Resultat widerspricht der Beobachtung aus Tabelle T2, dass Ausländer/-innen überdurchschnittlich häufig mit dem Bus/Tram fahren. Wie ist das zu erklären? Es wurde in Kapitel 4 schon angedeutet, dass man bei der Interpretation von deskriptiven Analysen vorsichtig sein muss. Die hohe Bus-/Tram-Nachfrage von Ausländerinnen und Ausländern (Tabelle T2) könnte auch darauf zurückzuführen sein, dass viele Ausländerinnen und Ausländer ein eher tiefes Ausbildungsniveau aufweisen (und Pendelnde mit tiefer Ausbildung fahren häufiger Bus/Tram). Anhand dieses Beispiels wird der Vorteil eines Regressionsmodells deutlich, das den kausalen Zusammenhang zwischen dem Merkmal Herkunft und der Verkehrsmittelwahl aufzeigt. Die Schätzergebnisse implizieren, dass Ausländer *ceteris paribus* weniger wahrscheinlich den Bus bzw. das Tram relativ zum Auto wählen als dies bei Schweizer/-innen der Fall ist.

Weitere Ergebnisse der Schätzung sind folgende: Männer haben *ceteris paribus* eine signifikant (1-Prozent-Signifikanzniveau) stärkere Präferenz

für das Auto als Frauen. Heirat fördert *ceteris paribus* das Bahn- und Bus/Trampendeln (10-Prozent-, respektive 1 Prozent-Signifikanzniveau), während die Zugnutzung *ceteris paribus* signifikant verringert wird, wenn jemand Kinder hat (10-Prozent-Signifikanzniveau).

Distanzen in Kilometer. Je näher Pendelnde beim Bahnhof wohnen oder arbeiten, desto eher fahren sie *ceteris paribus* Zug (beide Koeffizienten signifikant auf dem 1 Prozent-Signifikanzniveau). Hier stellt sich natürlich die Frage der Kausalität: Fährt jemand eher Zug, weil er/sie beim Bahnhof wohnt/arbeitet, oder wohnt/arbeitet jemand in der Nähe eines Bahnhofs, weil er/sie eher Zug fährt. Diese Frage kann anhand dieser Modellspezifikation nicht beantwortet werden. Es ist anzunehmen, dass ein Selektionsprozess stattfindet. Personen, die beabsichtigen, mit dem Zug zu pendeln, werden tendenziell eher in der Nähe eines Bahnhofs wohnen und/oder arbeiten. Dasselbe gilt für die Nähe zu einer Bus/Tramhaltestelle. Je näher Pendelnde an der nächsten Bus/Tramhaltestelle wohnen, desto eher nehmen sie *ceteris paribus* den Bus/das Tram (10-Prozent-Signifikanzniveau). Dasselbe gilt für Pendelnde, die nahe an einer Bus/Tramstation arbeiten (1-Prozent-Signifikanzniveau). In diesem Sinne sind alle in dieser Untersuchung geschätzten Effekte als kurz- und mittelfristig zu interpretieren. Die Wohn- und Arbeitsorte werden als gegeben betrachtet und Anpassungsmöglichkeiten daher vernachlässigt.

T4: Schätzergebnisse des logistischen Modells

	Geschätzter Koeffizient	t-Wert	Signifikanz
Verkehrsmittelspezifische Konstanten			
Konstante Zug	4.600	33.84	***
Konstante Bus/Tram	-0.794	-3.46	***
Pendelzeit	-0.185	-26.82	***
Quadrierte Pendelzeit	0.0028	30.62	***
Pendelkosten	-0.079	-9.15	***
Soziodemographische Merkmale			
Alter (Zug)	-0.031	-15	***
Alter (Bus/Tram)	0.004	1.15	
Arbeitsstunden pro Woche (Zug)	-0.032	-15.01	***
Arbeitsstunden pro Woche (Bus/Tram)	-0.040	-11.13	***
Mann (Zug)	-0.622	-13.41	***
Mann (Bus/Tram)	-0.650	-7.24	***
Ausländer (Zug)	0.070	1.26	
Ausländer (Bus/Tram)	-0.444	-3.51	***
verheiratet (Zug)	0.094	1.89	*
verheiratet (Bus/Tram)	0.256	2.71	***
Kinder (Zug)	-0.089	-1.68	*
Kinder (Bus/Tram)	0.072	0.72	
Durchschnittliches Ausbildungsniveau (Zug)	-0.360	-4.99	***
Durchschnittliches Ausbildungsniveau (Bus/Tram)	-0.406	-3.14	***
Hohes Ausbildungsniveau (Zug)	-0.357	-4.66	***
Hohes Ausbildungsniveau (Bus/Tram)	-0.505	-3.55	***
Distanzen in Km			
Haus-Bahnhof (Zug)	-1.684	-45.29	***
Bahnhof-Arbeitsplatz (Zug)	-0.374	-9.63	***
Haus-Bus/Tramhaltestelle (Bus/Tram)	-0.237	-1.65	*
Bus/Tramhaltestelle-Arbeitsplatz (Bus/Tram)	-0.212	-3.3	***
<i>Anzahl Beobachtungen</i>		16 860	
<i>Log-Likelihood Wert</i>		-14 303.32	
<i>Pseudo R2</i>		0.35	

*Signifikant 10%-Niveau

**Signifikant 5%-Niveau

***Signifikant 1%-Niveau

5.3 Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelzeit

Aus den Schätzergebnissen in der Tabelle T4 kann der Einfluss von Pendelzeit und Pendelkosten auf die Wahlwahrscheinlichkeit nicht direkt abgelesen werden. Die Schätzwerte können nur untereinander verglichen werden. Um konkrete Aussagen über die Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl zu treffen, werden Elastizitäten berechnet.

Die Eigenelastizität eines Verkehrsmittels gibt Auskunft, um wie viel Prozent die Nachfrage nach dem Verkehrsmittel – d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Verkehrsmittel gewählt wird – sinkt (steigt), wenn die Reisezeit des Verkehrsmittels um 1 Prozent steigt (sinkt). Aus den Werten der Kreuzelastizitäten erfährt man, wie sich eine Erhöhung (Senkung) der Reisezeit eines Verkehrsmittels um 1 Prozent auf die Nachfrage nach den beiden anderen Verkehrsmitteln auswirkt.

In der Tabelle T5 sind die geschätzten Elastizitäten der Verkehrsmittelnachfrage bezüglich Pendelzeit aufgeführt (drei Elastizitäten für je drei Verkehrsmittel).¹⁵ Auf der Diagonalen (die drei Werte mit Minuszeichen) stehen die Eigenelastizitäten, die restlichen sechs Elastizitäten sind die Kreuzelastizitäten (mit positiven Vorzeichen).

Betrachtet seien zunächst die Elastizitäten für Zugpendelnde. Diese weisen aus, was passiert, wenn sich die Bahnreisezeit um 1 Prozent verändert. Die Werte in der Tabelle lauten -0.27 und zweimal 0.24. Sinkt (steigt) die Bahnreisezeit um 1 Prozent, steigt (sinkt) die Nachfrage nach Zugreisen um 0.27 Prozent und sinkt (steigt) die Nachfrage nach Automobilpendeln und Bus/Trampendeln um je 0.24 Prozent. Die Elastizitäten für Bus/Trampendelnde lauten: -0.48, zweimal 0.03. Nehmen wir an, dass die Bus/Tramreisezeit

um 10 Prozent sinkt. Dann steigt die Nachfrage nach Bus/Tramfahren um 4.8 Prozent (10 mal 0.48 Prozent), während die Nachfrage nach Bahn und Auto um je 0.3 Prozent (10 mal 0.03 Prozent) sinkt. Die Werte der Automobilelastizitäten sind -0.59 und je 0.53. Die Resultate implizieren, dass eine Erhöhung der Autoreisezeit (z. B. wegen täglichen Staus) um 10 Prozent die Automobilnachfrage um 5.9 Prozent (10 mal 0.59 Prozent) verringert und die Zug- und Bus/Tramnachfrage um je 5.3 Prozent (10 mal 0.53 Prozent) erhöht.

Die Kreuzelastizitäten für die Zug- und Automobilnachfrage sind massiv höher als die Kreuzelastizitäten der Bus/Tramnachfrage. Das hat damit zu tun, dass der Anteil der Zug- und Autofahrenden in der Population sehr hoch und der Bus/Tramfahreranteil sehr tief ist.

T5: Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelzeit

Wirkung in Prozent auf	1% Änderung der Reisezeit von		
	Zug	Bus/Tram	Auto
Zug	-0.27	0.03	0.53
Bus /Tram	0.24	-0.48	0.53
Auto	0.24	0.03	-0.59

5.4 Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelkosten

Die geschätzten Elastizitäten der Pendelnachfrage bezüglich Pendelkosten in Tabelle T6 lassen sich auf dieselbe Weise interpretieren. Die Elastizitäten der Bahnnachfrage lauten -0.08 (Eigenelastizität) und zweimal 0.07 (Kreuzelastizitäten). Steigt der Ticketpreis um 10 Prozent, sinkt die Anzahl der Zugfahrenden um 0.8 Prozent (10 mal 0.08 Prozent). Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach Bus/Tram- und Autopendeln um je 0.7 Prozent (10 mal

0.07 Prozent). Für die Bus-/Tram-Nachfrage gilt, dass eine Ticketpreiserhöhung um 10 Prozent die Nachfrage um 1.3 Prozent sinken lässt und das Bahn- und Autopendeln um je 0.1 Prozent zunehmen. Mit jedem Prozent, das die Automobilkosten steigen, sinkt die Autonachfrage um 0.21 Prozent und steigen im Gegenzug Bahn- und Bus/Tramnutzung um je 0.19 Prozent.

T6: Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelkosten

Wirkung in Prozent auf	1% Änderung der Reisekosten von		
	Zug	Bus/Tram	Auto
Zug	-0.08	0.01	0.19
Bus /Tram	0.07	-0.13	0.19
Auto	0.07	0.01	-0.21

¹⁵ Die Elastizitäten hängen von den soziodemographischen Merkmalen des Pendlers ab. Hier und im folgenden werden sie für einen «typischen» Pendler berechnet, bei dem alle Merkmale dem beobachteten Median der jeweiligen Merkmalsverteilung entsprechen.

5.5 Kommentar und mögliche Implikationen für die Politik

Die Ergebnisse der Studie können für die Verkehrspolitik im Raum Zürich und für Entscheidungsträger in Verkehrsbetrieben von Nutzen sein. An dieser Stelle wird kurz dargelegt, welche Schlüsse man aus der Studie ziehen kann und welche nicht.

1. Diese Studie liefert konkrete Werte, wie stark Pendelzeit und Pendelkosten die Verkehrsmittelwahl beeinflussen. Solche Schätzwerte können zukünftig dazu dienen, die Auswirkungen verkehrspolitischer Massnahmen exakter zu prognostizieren.
2. Die dargelegten Elastizitäten basieren auf Daten von Zupendelnden aus dem Kanton Zürich in die Stadt Zürich. Da der Anteil der ÖV-Nutzer in der Zupendlerpopulation überdurchschnittlich hoch ist, lassen sich die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf andere Pendlerpopulationen (beispielsweise auf alle Pendelnden in der Schweiz) übertragen.
3. Es fällt auf, dass die Kostenelastizitäten deutlich tiefer sind als die Zeitelastizitäten. Heisst das nun, dass die Nachfrage nach einem bestimmten Verkehrsmittel eher auf Reisezeit- als auf Preisveränderungen reagiert? Nur bedingt: Die Elastizitäten werden für eine durchschnittliche Person berechnet. Die Verkehrsmittelnachfrage von durchschnittlichen Pendelnden reagiert eher auf Zeit- als auf Preisreize. Die Nachfrage nach Verkehrsmitteln reagiert nur dann eher auf Zeit- als auf Preisveränderungen, wenn die Population aus vielen durchschnittlichen Personen besteht.
4. Die Zürcher S-Bahn ist ein gutes Beispiel dafür, dass in den letzten Jahren hauptsächlich auf Reisezeitverkürzungen und schnellere

Verbindungen im ÖV gesetzt wurde. Mit dem Ergebnis, dass der Anteil der ÖV-Pendelnden im Kanton Zürich in etwa konstant geblieben ist, obwohl die Ticketpreise in den letzten Jahren viel stärker angestiegen sind als beispielsweise die Automobilkosten. Die Ergebnisse der Studie werden durch die Praxiserfahrungen bestätigt: Zeit scheint im Pendelverkehr tatsächlich wichtiger zu sein als Geld.

5. Der Benzinpreis ist laufend Schwankungen unterworfen. Er macht jedoch nur knapp 15 Prozent der gesamten Automobilkosten aus.¹⁶ Steigt oder fällt der Ölpreis, sind kurzfristig nur geringfügige Schwankungen der Automobilmachfrage zu erwarten. Langfristig liefert die Studie keine präzisen Prognosen. Das Problem besteht darin, dass die Ergebnisse nur marginale Aussagen zulassen, d.h. die geschätzten Ergebnisse gelten nur im Bereich von relativ kleinen Kostenveränderungen (höchstens 10-15 Prozent).
6. Zur Verlagerung des Strassenverkehrs auf umweltschonendere Verkehrsmittel ist eine Steuer auf Treibstoff im Gespräch. In Deutschland wird eine solche Steuer bereits erhoben («Ökosteuer»). Solche Steuererhöhungen werden meistens über einen längeren Zeitraum eingeführt und haben langfristig eine starke Erhöhung des Treibstoffpreises zur Folge. Auch hier gilt wieder dasselbe Argument wie in Punkt 5: Steigen die Automobilkosten langfristig stark an, liefern die marginalen Ergebnisse der Studie keine zuverlässigen Voraussagen, wie sich das Pendelverhalten bezüglich dem motorisierten Individualverkehr entwickeln wird.

¹⁶ Diese Zahl beruht auf einer Schätzung des Touring Club Schweiz.

6 Schlussbemerkungen

Die vorliegende Studie legt dar, wie Verkehrsforschung methodisch angegangen werden kann. Die Verwendung formaler Modelle ermöglicht nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Aussagen. Die Studie liefert *konkrete Werte*, wie sich die Verkehrsmittelnachfrage verändert, wenn sich die Faktoren Pendelzeit und Pendelkosten ändern. Solche quantitative Aussagen sind wichtig für die Beurteilung verkehrspolitischer und betrieblicher Massnahmen und für Voraussagen, wie sich der Verkehr in Zukunft entwickeln wird.

Die Qualität der Resultate beruht stark auf dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial. Um zuverlässige Aussagen machen zu können, sind hauptsächlich umfangreiche Dateninformationen nötig. Im Datensatz der eidgenössischen Volkszählung finden sich eine Vielzahl von soziodemographischen Merkmalen der Pendelnden, die eine Analyse des Pendelverhaltens erleichtern. Die Daten

wurden jedoch nicht spezifisch für die Verkehrsmittelforschung erhoben. Es wurde schon darauf hingewiesen, dass gewisse Angaben aus externen Datenquellen ergänzt werden mussten und dabei teilweise vereinfachende Annahmen getroffen wurden. Dementsprechend müssen die Resultate mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden.

In dieser Studie wurde ausschliesslich das Verkehrsverhalten von Zupendelnden in die Stadt Zürich untersucht. Während eine Extrapolation der Ergebnisse auf alle Pendelnden im Kanton Zürich sicherlich unproblematisch ist, muss bezüglich anderer Wirtschaftsräume der Schweiz beachtet werden, dass das ÖV Netz in Zürich einen aussergewöhnlich hohen Ausbaustand aufweist und sich daraus andere Verhaltensmuster ergeben können, die eine direkte Übertragung der Ergebnisse problematisch machen.

Prof. Dr. Rainer Winkelmann
lic. oec. publ. Oliver Bachmann
Sozialökonomisches Institut der Universität Zürich

Literatur

Bhat, Chandra R. (1998): Accomodating Variations in Responsiveness to Level-of-Service Measures in Travel Mode Choice Modeling. In: Transportation Research A, Vol. 32, No. 7, pp. 495-507.

Frick, Roman et al. (2004): Pendlermobilität in der Schweiz. Neuenburg, 2004.

Hensher, David (1986): Simultanous Estimation of Hierarchical Logit Mode Choice Models. Working Paper No. 24, MacQuarie University, School of Economic and Financial Studies

McFadden, Daniel (1974): The Measurement of Urban Travel Demand. In: Journal of Public Economics, 3, pp. 303-328.

Statistik Stadt Zürich (2004): Die Pendlermobilität der Erwerbstätigen in der Agglomeration Zürich: Entwicklungen von 1970 bis 2000. In: Statistik Stadt Zürich, Analysen 1/2004.

Train, Kenneth (2003): Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press. Cambridge.

Quellen

Bundesamt für Statistik (BFS), eidg. Volkszählung 2000
Zürcher Verkehrsverbund (ZVV), Fahrplan und Tarife 2000
Touring Club Schweiz (TCS), Kilometerkosten 2000

Verzeichnis der Tabellen und Grafiken

Tabellen

T1:	Hauptverkehrsmittel von Zupendelnden aus dem Kanton in die Stadt Zürich, 2000	4
T2:	Bedingte relative Häufigkeiten von Bahn, Bus/Tram und Auto, 2000	6
T3:	Verteilung von Pendelzeiten und Pendelkosten, 2000	9
T4:	Schätzergebnisse des logistischen Modells	12
T5:	Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelzeit	13
T6:	Geschätzte Elastizitäten bezüglich Pendelkosten	13

Grafiken

G1:	Verkehrsmittelwahl nach Geschlecht und Arbeitspensum, 2000	7
G2:	Verkehrsmittelwahl nach Geschlecht und Familiensituation, 2000	8