

M. Filippini, R. Maggi, J. Mägerle

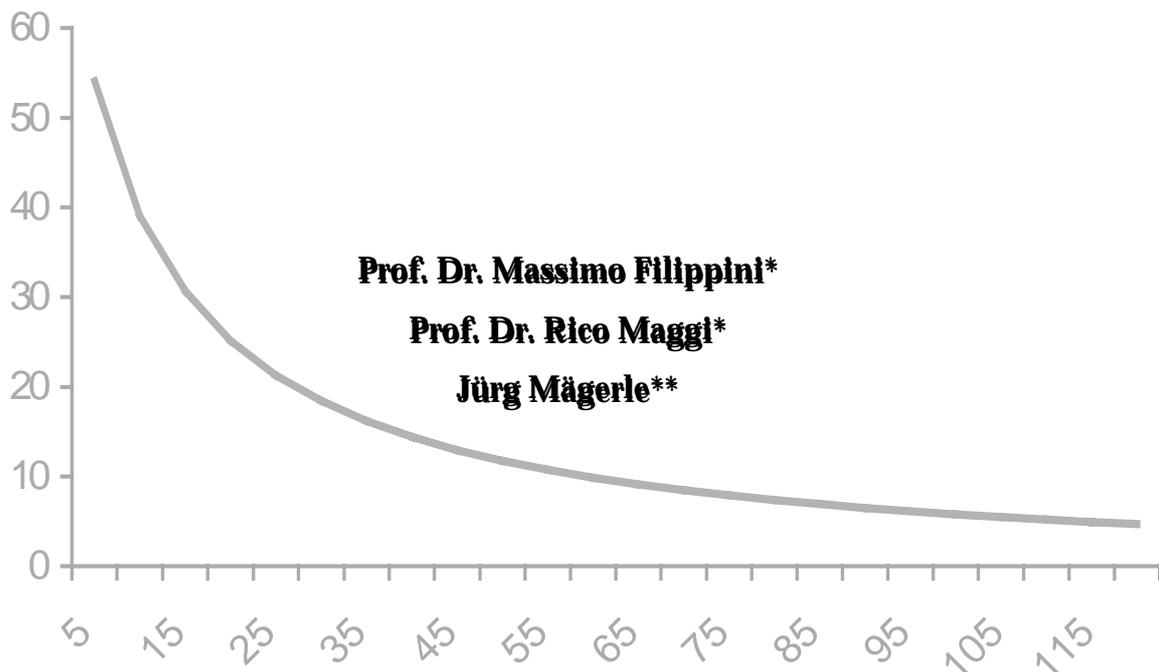
Skalenerträge und optimale
Betriebsgrösse bei den schweizerischen
Privatbahnen

Quaderno n. 99-07

Decanato della Facoltà di Scienze economiche

Via Ospedale, 13 CH-6900 Lugano. Tel. 091 912 46 09 / 08. Fax 091 912 46 29

**SKALENERTRÄGE UND OPTIMALE BETRIEBSGRÖSSE
BEI DEN SCHWEIZERISCHEN PRIVATBAHNEN
(1990-1995)[#]**



Prof. Dr. Massimo Filippini*

Prof. Dr. Rico Maggi*

Jürg Mägerle**

*

MecoP
Università della Svizzera italiana
Via Ospedale 13, 6900 Lugano

**

Sozialökonomisches Seminar
Universität Zürich
Blümlisalpstrasse 10, 8006 Zürich

[#] Bei der hier präsentierten Forschung handelt es sich um eine Vorstudie im Auftrag der SBB. Wir danken den Herren P. Füglistaller und G. Oswald für die fruchtbare Zusammenarbeit. Die in diesem Papier enthaltenen Folgerungen drücken die Meinung der Autoren aus.

Zusammenfassung: In dieser Studie haben wir die Kostenstruktur der schweizerischen Regionalbahnen analysiert, um die Skalenerträge und Skaleneffizienz dieser Unternehmen zu messen. Die Modellspezifikation hat die Zerlegung des Konzeptes der Skalenerträge in drei Aspekte und damit die Identifizierung von ‚economies of density‘, ‚economies of network size‘ und ‚economies of scale‘ ermöglicht. Wir haben eine Translogkostenfunktion mit Daten für 43 Regionalbahnen für die Jahre 1990-1995 geschätzt. Die Resultate zeigen, dass die Kostenstruktur der kleinen, mittleren und grossen Regionalbahnen durch das Vorhandensein von ‚economies of density‘, and ‚economies of network size‘ charakterisiert ist. Die kleinen und die mittleren Bahnen sind auch durch das Vorhandensein von ‚economies of scale‘ charakterisiert. Aus diesem Grund kann man behaupten, dass die Mehrheit der Regionalbahnen keine optimale Betriebsgrösse aufweist. Diese Resultate bestätigen die empirische Befunde von Filippini (1991).

Abstract: The purpose of this study is to analyse the cost structure of the Swiss Private Railways in order to assess economies of scale and density and the desirability of a merger policy in the regional railway sector. A translog cost function was estimated using panel data for a sample of 43 regional railways over the period 1990-1995. The results indicate the existence of economies of density for most output levels and the existence of economies of scale only for small and medium-sized railways. The empirical evidence suggests that the majority of the railways analysed do not operate at an optimal size. Therefore, the consolidation of small railways whose lines are adjacent is likely to reduce costs. These results confirm the empirical findings by Filippini (1991).

1 Einführung

Die Liberalisierung des öffentlichen Verkehrs in der Schweiz (Neuordnung Regionalverkehr, Bahnreform) stellt Regulierer und Bahnen vor neue Aufgaben und Probleme. Mit der Vergabe von einzelnen Märkten im Wettbewerbsverfahren (Regionalverkehr) oder der Zulassung einer Bahn auf das Netz anderer (Bahnreform) benötigen alle Beteiligten mehr Information über ihre Kostenstrukturen. Das Ziel dieser Studie ist deshalb der Nachweis diverser Formen von Skalenerträgen, zwecks Beantwortung der Frage nach der optimalen Betriebsgrösse. Aufgrund der empirischen Ergebnisse können Folgerungen bezüglich der zukünftigen Gestaltung des ÖV Systems - optimale Anzahl Bahnen, Ausschreibungsprozedur, System der Infrastrukturbenützungsentgelte- gezogen werden.

Die Struktur dieses Papiers ist die folgende: Im nächsten Abschnitt wird das Konzept der Kostenfunktion näher erläutert und die hier verwendete translogarithmische Form eingeführt. Abschnitt 3 diskutiert die diversen Formen von Skaleneffekten. Es wird zwischen Dichte-, Netz- und Gesamtgrösseneffekten unterschieden. Auf die Definition und Beschreibung der Variablen (Abschnitt 4), folgt im Abschnitt 5 die Präsentation der Schätzergebnisse. Abschnitt 6 enthält eine ausführliche Diskussion der vorgefundenen Skaleneffizienz. Das Papier schliesst mit den Schlussfolgerungen und politischen Implikationen im Abschnitt 7.

2 Die Kostenfunktion

Diese Studie bedient sich des Instrumentariums der ökonometrischen Schätzung von Kostenfunktionen. Zur Schätzung von Kosten- und Produktionsfunktion im Bahnverkehr gibt es eine grosse Zahl empirischer Studien (siehe z.B. Gathon und Perleman 1987, Windle 1988, Gathon 1989, Filippini 1991). Die Schätzung einer Kostenfunktion erlaubt die Identifizierung von Grössenvorteilen in der Produktion (Skalenerträgen). Somit kann untersucht werden, ob die auf dem regulierten Markt vorhandenen Bahnunternehmen die optimale Grösse haben. Nun

hat die Grösse aber zumindest zwei wichtige Aspekte: die Menge des Outputs und die Grösse des Netzes. Die Zerlegung der Skalenerträge in diese zwei Aspekte und damit die Identifizierung von ‚economies of density‘, ‚economies of network size‘ und ‚economies of scale‘ ist ein zentraler Teil dieser Studie.¹ Um die Kostenstrukturen der Bahnen zu analysieren bedarf es dieser Unterscheidung deshalb, weil auf gleichen Netzen unterschiedliche Outputs bzw. auf unterschiedlichen Netzen gleich grosse Outputs erbracht werden können. Die ‚economies of density‘ stellen dabei die Beziehung zwischen den Totalkosten und dem Output bei konstantem Netz in den Vordergrund während die ‚economies of network size‘ die Beziehung zwischen den Totalkosten und der Netzgrösse bei konstantem Output angeben. Bei den ‚economies of scale‘ werden beide Effekte berücksichtigt, d.h. es wird die Kostenabhängigkeit einer Veränderung der Betriebsgrösse bei der bestehenden Intensität (Output zu Netzlänge) betrachtet. Im folgenden werden die empirischen Resultate der wichtigsten Schätzung dargestellt, und es wird auf die Resultate alternativer Spezifikationen hingewiesen.

Für die schweizerische Bahnen haben wir die folgende Totalkostenfunktion spezifiziert:

$$C = F(Q, Net, Pl, Pe, Pk, d, t) \tag{1}$$

wobei C die Totalkosten sind, und Pl , Pe , und Pk die Preise für Arbeit Energie und Kapital verkörpern. Die Variable t versucht den technischen Fortschritt über die Zeit zu erfassen, welcher sich in einer erhöhten Produktivität und damit in einer zeitbezogenen Verschiebung der Kostenfunktion niederschlagen sollte. Die Dummyvariable d soll dann den allfälligen Einfluss der Spurbreiten messen. Die Variable Net verkörpert die Netzlänge und wird als Output-Charakteristik angesehen. Q misst den effektiven Output in geleisteten Wagenkilometern. Diese Formulierung eines Kostenmodells ermöglicht, dass eine Änderung aller Inputs sich entweder in einer Änderung der Outputs und/oder in einer Änderung von Net niederschlägt.

¹ vgl. Caves, Chistensen, Tretheway und Windle (1985)

Folgende Annahmen über die Kostenfunktion werden getroffen. Sie ist homogen vom Grade 1, konkav und monoton steigend in den Faktorpreisen. Im Unterschied zu Filippini (1991) beruhte die Berechnung des Kapitalpreises in dieser ersten Schätzung auf einer viel einfacheren Methodik, da seine Bestimmung auf einer mikroökonomischen Basis sich als sehr aufwendig und zeitraubend erweist. Dieser Umstand könnte zu einem späteren Zeitpunkt aber durchaus behoben werden. Aufgrund der Datenlage mussten ausserdem 5 Bahnen aus dem von Filippini (1991) benutzten Sample gestrichen werden². Dieser Umstand sollte aber die Qualität der Resultate nicht signifikant beeinflussen.

Die Spezifikation des Modells als Translogfunktion wurde gewählt, um eine möglichst wenig funktional restringierte Form zu finden. Die Kostenfunktion und ihre Kostenanteilsgleichungen wurden nach Zellner's (1962) Methode der 'seemingly unrelated regression' (SURE) geschätzt.

Die Translogfunktion erlaubt nun die in (1) dargestellte allgemeine Funktion durch die folgende Totalkostenfunktion zu approximieren³:

$$\begin{aligned} \ln C = & \beta_1 + \beta_2 \ln Q + \beta_3 \ln Pl + \beta_4 \ln Pk + \beta_5 \ln Pe + \beta_6 \ln Net + \beta_7 \frac{(\ln Q)^2}{2} + \beta_8 \frac{(\ln Pl)^2}{2} + \\ & \beta_9 \frac{(\ln Pk)^2}{2} + \beta_{10} \frac{(\ln Pe)^2}{2} + \beta_{11} \frac{(\ln Net)^2}{2} + \beta_{12} \ln Q \ln Pl + \beta_{13} \ln Q \ln Pk + \beta_{14} \ln Q \ln Pe + (2) \\ & \beta_{15} \ln Q \ln Net + \beta_{16} \ln Pl \ln Pk + \beta_{17} \ln Pl \ln Pe + \beta_{18} \ln Pl \ln Net + \beta_{19} \ln Pk \ln Pe + \\ & \beta_{20} \ln Pk \ln Net + \beta_{21} \ln Pe \ln Net + \beta_{22} t + \beta_{23} d \end{aligned}$$

Gemäss Shepard's Lemma resultieren aus den partiellen Ableitungen dieser Kostenfunktion nach den Faktorpreisen die Kostenanteile der jeweiligen Faktoren⁴.

² Eine Liste der zur Schätzung herangezogenen Daten befindet sich im Anhang.

³ Eine Translogfunktion erfordert die Approximation der zugrundeliegenden Kostenfunktion in einem Punkt, in unserem Fall dem Medianwert bezüglich aller Variablen. Somit sind alle unabhängigen Variablen auf ihren Medianwert normalisiert.

⁴ Siehe Chambers 1988

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Pl} = s_l = \beta_3 + \beta_8 \ln Pl + \beta_{12} \ln Q + \beta_{16} \ln Pk + \beta_{17} \ln Pe + \beta_{18} \ln Net$$

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Pk} = s_{kl} = \beta_4 + \beta_9 \ln Pk + \beta_{13} \ln Q + \beta_{16} \ln Pl + \beta_{19} \ln Pe + \beta_{20} \ln Net \quad (3)$$

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln PE} = s_e = \beta_5 + \beta_{10} \ln Pe + \beta_{14} \ln Q + \beta_{17} \ln Pl + \beta_{19} \ln Pk + \beta_{21} \ln Net$$

Die Effizienz der Schätzung kann eben über die Hinzunahme dieser Kostenanteile verbessert werden. Daraus resultiert ein Mehrgleichungsmodell welches simultan und mit SURE geschätzt werden kann. Es gilt dabei zu beachten, dass die Gleichungen der Kostenanteile sich auf eins addieren. Das heisst die dritte Gleichung kann als Linearkombination der beiden ersten ausgedrückt werden, was zur Folge hätte, dass die Regularität der Matrix der Störterme nicht mehr gewährleistet wäre, da diese nun nicht mehr den vollen Rang aufweist. Um dies zu vermeiden, werden somit nur zwei der drei Gleichungen zur Schätzung des Modells verwendet.

Die lineare Homogenität in den Faktorpreisen wird durch folgende Bedingungen erreicht:

3 'economies of density, network size and scale'

Die 'economies of density' (ED) sind definiert als Kehrwert der proportionalen Zunahme der Totalkosten, die bei konstanter Netzgrösse und danderen Eigenschaften sowie konstanten Inputpreisen aus einer proportionalen Zunahme des Outputs resultieren. Sie entsprechen dem reziproken Wert der Kostenelastizität in bezug auf den Output (Caves Christensen und Swanson 1980):

$$ED = \frac{1}{\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q}} \quad (4)$$

Nimmt ED einen Wert von grösser als eins an, so kann von 'economies of density' ausgegangen werden 'diseconomies of density' bestehen, wenn das Gegenteil der Fall ist ($ED < 1$). Bei $ED = 1$ sind diese konstant. Liegen 'economies of density' vor, nehmen die Durchschnittskosten einer Bahngesellschaft mit zunehmendem Output ab, d.h. die Durchschnittskosten sinken, wenn mehr Fahrten produziert und oder längere Züge auf dem bestehenden Streckennetz verkehren würden. Die Produktion ist in einem solchen Fall (abgesehen von der Nachfrage) zu wenig intensiv, d.h. die gegebenen Kapazitäten bezüglich Overhead, Rollmaterial, Personal etc. würden bei der gegebenen Netzgrösse nur bei einer intensiveren Produktion optimal genutzt⁵. Es ist bei diesem Argument strategisch nicht unerheblich, wie das Netz erfasst wird (Netzlänge oder ein Indikator für die Struktur des Netzes).

Die 'economies of network size' (EN) können analog wie folgt berechnet werden:

$$EN = \frac{1}{\frac{\partial C}{\partial N} \frac{N}{C}} \quad (5)$$

Es handelt sich dabei um die Frage, wie sich die Kosten prozentual verändern bei einer einprozentigen Erhöhung der Netzgrösse unter konstanthalten des Outputs und aller anderen Faktoren. Erreicht diese Grösse einen Wert von absolut grösser eins, so bedeutet dies, dass mit dem vorhandenen Rollmaterial, Personal usw. ein grösseres Netz bewirtschaftet werden sollte, um bei konstantem Output die Durchschnittskosten zu senken. Dies entspricht einer Verringerung der Produktionsintensität auf einem grösseren Netz.

Von 'economies of scale' (ES) wird gesprochen, wenn nicht nur der Output sondern auch die Netzvariable eine Änderung durch sich verändernde Inputs erfährt. Es ergibt sich somit ein Indikator der, falls grösser als 1, nicht ausgenutzte Grössenvorteile bei der gegenwärtigen Produktionsintensität aufdecken würde. In

⁵ Eine Figur zur Illustration befindet sich im Anhang.

diesem Fall definieren sich die 'economies of scale' als proportionale Zunahme der Totalkosten bei einer proportionalen Zunahme des Outputs und der Netzlänge unter Konstanthalten aller anderen Faktoren:

$$ES = \frac{1}{\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln N}} \quad (6)$$

Auch hier liegen 'economies of scale' vor, wenn ESTC grösser als eins ist und ebenso entsprechen ESTC von kleiner eins 'diseconomies' of scale'.

4 Definition der Variablen

Die empirische Analyse verwendet die Daten von 43 Privatbahnen. Aufgrund fehlender Daten mussten 14 Bahnen aus dem Originaldatensatz des Bundesamtes für Statistik vernachlässigt werden. Die Stichprobe besteht dabei aus zwei grossen und mehreren kleineren Privatbahnen. Die durchschnittliche Netzlänge (Eigentumslänge am Jahresende) beträgt 40.8 km wobei der Medianwert dieser Variablen auf 23.54 km zu liegen kommt. Der durchschnittliche Output beträgt dabei 3.76 Millionen Wagenkilometer pro Jahr mit einem Medianwert von 0.86 Millionen Wagenkilometern pro Jahr. Die meisten dieser kleinen Privatbahnen weisen zudem ausserordentlich einfache Netzstrukturen auf.

Für die Schätzung der Totalkostenfunktion wurden Panel-Daten der Jahre 1990-1995 verwendet. Die Daten stammen aus den offiziellen Publikationen des Bundesamtes für Statistik über den öffentlichen Verkehr.

Die Totalkostenvariable wurde durch den Totalaufwand direkt aus der offiziellen Buchhaltung der Bahnen approximiert. Eine bessere Alternative wären die Gesamtausgaben inklusive den Opportunitätskosten des eingesetzten Kapitals wobei letztere Grösse wie schon erwähnt nur unter erheblichem Rechenaufwand bestimmt werden kann, da dazu u.a. die Investitionen mindestens der vergangenen 20 Jahre erfasst und auf die Gegenwart abdiskontiert werden müssten. Der Output ist definiert als Summe der Wagenkilometer für Güter und Personenverkehr. Diese Grösse wurde bewusst gewählt im Gegensatz zu den meisten anderen Studien, welche die Summe aus Personen- und Tonnenkilometer betrachten, da die Grösse rein angebotsorientiert ist, während die Summe aus Personen- und Tonnenkilometer

mehr oder weniger durch Nachfrageeinflüsse 'verschmutzt' ist. Die Schätzung einer Kostenfunktion, welche sich nur auf das Angebot stützt, ist aus ökonomischer Sicht auf jeden Fall vorzuziehen. Gerade in der Schweiz wo sich die Bahnen mit einer bundesbehördlichen Regulierung der Betriebspflicht konfrontiert sehen, welche die Bahnen zwingt auch in Zeiten niedriger Nachfrage eine Leistung zu erbringen stellen die Wagenkilometer einen sinnvolleren Kostenindikator dar als die Personenkilometer.⁶ Es könnte nun argumentiert werden, dass ein zusätzlicher Personenkilometer nur Grenzkosten in der Nähe von Null verursacht und somit nicht direkt auf die Kosten der Bahn einwirkt. Da dies aber nicht gesichert ist - Reinigung, Unterhalt, Reparatur evtl. Personal - können bei gleichem Angebot aber mehr Passagieren höhere Kosten verursachen, wurde in der zweiten Variante der unten präsentierten Kostenschätzung die Auslastung der Bahnen (Pkm/Wkm) in die Gleichung mit einbezogen.

Die Preise für Energie und Arbeit wurden als pro Kopf Arbeitskosten pro Jahr bzw. Kosten pro Kilowattstunde und Jahr aus den Statistiken entnommen. Der Preis des Produktionsfaktors Kapital wurde als Quotient von Residualkosten (Totalkosten minus Arbeits- und Energiekosten) und Kapitalstock berechnet. Als Indikator für den Kapitalstock haben wir, im Gegensatz zu Filippini (1991), als Approximation den gesamten Wert einer Bahn, wie er in der Bilanz erscheint, verwendet. Wie schon erwähnt würde eine mikroökonomisch fundierte Kapitalstockberechnung einen beträchtlichen Mehraufwand erfordern, der im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. Für die Netzvariable wurde in diesem ersten Schritt lediglich die Eigentumslänge des Netzes verwendet. Die Hinzunahme eines Dispersionsindex um die Bahnstruktur adäquater abzubilden dürfte zusätzliche Informationen ergeben. Die momentan zur Verfügung stehende Variable deckt aber zu wenig Bahnen ab, um ein signifikantes Resultate zu geben. Die Argumente bezüglich der Netzstruktur stützen sich deshalb auf frühere Ergebnisse von Filippini/Maggi (1992) ab. Alternativ zur Streckenlänge wurde als weitere Outputcharakteristik ein Modell mit der Anzahl bedienter Haltestellen gewählt. Die Ergebnisse ergaben allerdings keine neuen Informationen und werden deshalb nicht dargestellt (Netzlänge und Haltestellendichte sind offensichtlich stark korreliert). Da

⁶ vgl auch Gathon und Perleman (1987)

die Argumentation sich stark auf Dichtenaspekte konzentriert, und die Dichte sowohl von der Anzahl Züge (Fahrplan), als auch von der Länge der Züge abhängt, wurde die Zuglänge (Wkm/Zkm) als Variable in eine andere Variante des Modells aufgenommen.

Tabelle 1 enthält die deskriptive Statistik zu den einzelnen Variablen. Dies soll einen Anhaltspunkt für die Grössenordnungen liefern.

Tabelle 1: Deskriptive Statistik

Variable	Masse	Medianwert	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max
Totalkosten	CHF	8'270'000	26'746'337	49'094'339	2'076'000	277'747'000
Wagenkilometer	1000 km	860	3'766	9'004	39	50'608
Preis d. Kapitals	Verhältnis ⁷	92	1'787	27'011	46	433'975
Preis d. Arbeit	CHF	79'473	79'163	7757.60	56'784	97'365
Energiepreis	CHF/kwh	-.14	-.14	0.02	-.07	-.22
Netzlänge	m	23'544	40'803	58'241	3'898	376'997

In Tabelle 1 fällt auf, dass, ausser für den Arbeitspreis und den Energiepreis, der Mittelwert signifikant grösser ist als der dazugehörige Medianwert. Daraus kann gefolgert werden, dass die kleinen Bahnen überproportional vertreten sind. Dies könnte dazu führen, dass die Resultate der Schätzungen und Simulationen für grössere Bahnen mit einer erhöhten Ungenauigkeit behaftet sein könnten.

5 Schätzergebnisse

In Tabelle 2 finden sich die Schätzergebnisse der Spezifikation in Analogie zu Filippini (1991). Dabei finden nur die Koeffizienten der ersten Ordnung - als Kostenelastizitäten interpretierbar - Eingang. Die vollständigen Schätzergebnisse wurden in den Anhang verlegt. Die Koeffizienten 2. Ordnung dürfen für die Interpretation der Kostenelastizitäten im Approximationspunkt vernachlässigt werden, da sowohl die Kosten wie auch die abhängigen Variablen normiert und logarithmiert wurden.

⁷ Kapitalkosten zu Kapitalstock

Tabelle 2: Schätzergebnisse für das Standardmodell (Koeffizienten erster Ordnung)

	Koeffizienten (t-Werte)
Wagenkilometer (Q)	0.556 (22.16)
Arbeitspreis (Pl)	0.518 (97.41)
Kapitalpreis (Pk)	0.443 (84.64)
Netzlänge (Net)	0.286 (7.56)
Shiftvariable (T)	-0.017 (2.4)
Dummyvariable (d)	-0.037 (1.26)

Die Ergebnisse sind bis auf die Dummyvariable signifikant und weisen das zu erwartende Vorzeichen auf⁸. Der korrigierte R² Wert (0.93) fällt zufriedenstellend aus.

Beim Medianwert entsprechen die Kostenelastizitäten der Faktorpreise den Kostenanteilen. Aufgrund der Daten beträgt der Anteil des Faktors Arbeit an den Gesamtkosten der Privatbahnen etwa 52%. Der Kapitalanteil beträgt etwa 44% und die restlichen 4% werden durch den Energieverbrauch absorbiert⁹. Die Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus der Untersuchung Filippini (1991) mit den Werten 50%, 45%, 5% kann als zufriedenstellend angesehen werden.

Es besteht erwartungsgemäss ein positiver Zusammenhang zwischen der Netzlänge und den Kosten. Die entsprechende Kostenelastizität beträgt 0.29 und ist damit etwas höher als in der Studie Filippini (1991) von 0.19.

⁸ Ein Grund für das unbefriedigende Ergebnis der Dummyvariable dürfte darin zu suchen sein, dass eine saubere Trennung aufgrund der Bahnen welche beide Charakteristika aufweisen nicht möglich war.

⁹ Es darf dabei nicht vergessen werden, dass die Kapitalpreisvariable, wie weiter oben erwähnt, sehr rudimentär spezifiziert wurde und deshalb Verzerrungen der Ergebnisse möglich wären.

Die Shiftvariable t für die Zeit misst die konstante jährliche Veränderungsrate des neutralen technischen Fortschrittes. Im Gegensatz zu Filippini (1991) ist dieser Parameter knapp signifikant. Das (negative) Vorzeichen des Parameters widerspricht den Erwartungen, wobei dessen Wert von -0.02 ausserordentlich klein ist. Die Dummyvariable für die Spurweite (1 für Schmalspur) ist nicht signifikant von Null verschieden. Im Gegensatz zu Filippini (1991) kann somit die These, dass Schmalspurbahnen, bei welchen es sich v.a. um Bergbahnen handelt, teurer produzieren, nicht gestützt werden.

Im folgenden werden die Resultate dieser Spezifikation und einiger Varianten davon diskutiert. Ein Modell mit Haltestellen als Netzindikator wurde verworfen, da es dabei zu erheblichen Interpretationsschwierigkeiten gekommen ist. Der Grund dürfte in der Korrelation dieser Variablen mit anderen Erklärenden zu suchen sein. Anders ist es wohl kaum zu erklären, dass gemäss Modell, Bahnen mit mehr Haltestellen tiefere Durchschnittskosten aufweisen.

Die Schätzung eines Modells mit Personenkilometern als Output erachteten wir letztendlich als nicht sinnvoll. Dies vor allem deshalb, weil mit Einbezug dieser Grösse auch die Nachfrageseite ins Modell eingeht, was zu Identifikationsproblemen führt. Die Aussage, dass die Durchschnittskosten pro zusätzlich zurückgelegten Personenkilometer sinken, wäre zudem nicht sehr aussagekräftig.

6 Skaleneffizienz der Schweizerischen Privatbahnen

Die Skaleneffizienz, wie sie im folgenden diskutiert wird, gibt für die drei Dimensionen Dichte, Netzgrösse und Gesamtgrösse an, inwiefern ein Unternehmen mit einer (sub)optimalen Betriebsgrösse produziert. Das insgesamt optimale Produktionsniveau bei gegebener Dichte ist jenes, welches eine Kostenelastizität von 1 aufweist Frisch (1965). Die folgende Effizienzanalyse unterscheidet nun zwischen diesen 'economies of scale', sowie den 'economies of density' und den 'economies of network size'.

In Tabelle 3 finden sich die Resultate für kleine, mittlere und grössere Privatbahnen. Als Unterscheidungsmerkmal dienen Output und Netzlänge¹⁰. Kleinere Bahnen produzieren im Durchschnitt 540'000 Wagenkilometer (Wkm) auf einem Netz von 13.8 km, mittlere Bahnen 860'000 Wkm. bei einer Netzlänge von 23.5 km und grosse Bahnen 2'896'000 Wkm. bei 46.7 km. Netzlänge.

Tabelle 3: Grössenvorteile (Standardmodell)

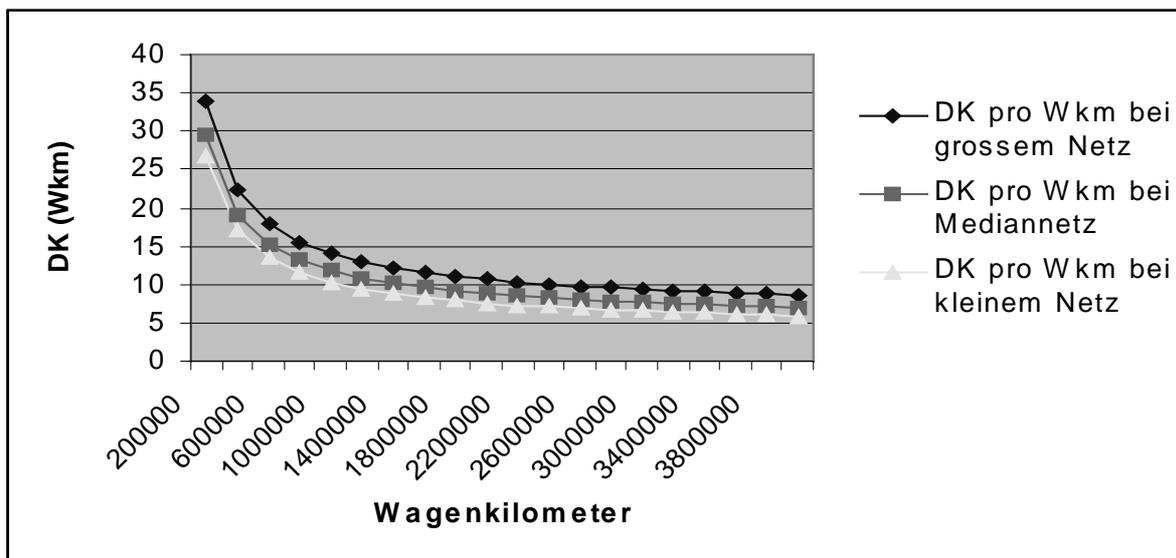
Abh. Variable:	kleine	mittlere	grössere
Wagenkilometer			
economies of density	1.7	1.8	1.5
economies of network size	3.9	3.4	4.2
economies of scale	1.2	1.2	1.1

Generell zeigt Tabelle 3, dass Werte von grösser eins erreicht werden. M.a.W. produzieren die schweizerischen Bahnen in einem suboptimalen Bereich. Im Falle der 'economies of scale' kann von mehr oder weniger konstanten Skalenerträgen gesprochen werden. Dies bedeutet allerdings lediglich, dass bei der gegebenen und suboptimalen Dichte (gegebenes Verhältnis von Output und Netz) die Durchschnittskosten nicht mehr wesentlich gesenkt werden können. Konstante Skalenerträge wären aber nur relevant, wenn auch dieses Verhältnis, d.h. die Dichte optimal ist. Wir konzentrieren uns deshalb in der folgenden Diskussion auf die 'economies of density' und die 'economies of network size'. Die 'economies of density' sind für alle Betriebsgrössen ungefähr gleich. Es ist also nicht so, dass grössere Bahnen bezüglich der Gesamtgrösse viel besser dastehen, und damit von einer Intensivierung der Produktion auf dem bestehenden Netz deutlich weniger profitieren können. Alle Privatbahnen nützen ihre Ressourcen auf dem gegebenen Netz schlecht, d.h sie produzieren mit einer zu geringen Dichte. Eine bessere Ausnützung würde somit zu 'economies of density' führen. Das Problem hierbei ist

¹⁰ Die Definitionen von kleinen (unterstes Quartil), mittleren (Medianbahn) und grossen (oberstes Quartil) Bahnen beziehen sich auf fiktive Bahne bezüglich Netzlänge und Output.

jedoch, dass Privatbahnen einer oft nur geringen Nachfrage gegenüberstehen, und heute schon zu relativ hohen Fahrplandichten gezwungen sind, was dazu führt, dass eine Intensivierung des Verkehrs wohl nicht als optimale Strategie betrachtet werden kann. In der folgenden Figur ist der Verlauf der hypothetischen Durchschnittskosten der Medianbahn im Vergleich zu kleinen und grossen Bahnen dargestellt, wie er sich bei einer Variation des Outputs bei Konstanthaltung aller anderen Faktoren ergeben würde. Die obigen Dichteerträge zeigen sich hier an den fallenden Durchschnittskosten. Ihre Grösse hängt davon ab, wie steil die jeweilige Durchschnittskostenkurve beim entsprechenden Output (0.5 Mio auf der untersten, 0.86 Mio auf der mittleren und 2.9 Mio auf der obersten Kurve) ist.

Figur 1: Durchschnittskosten pro Wagenkilometer

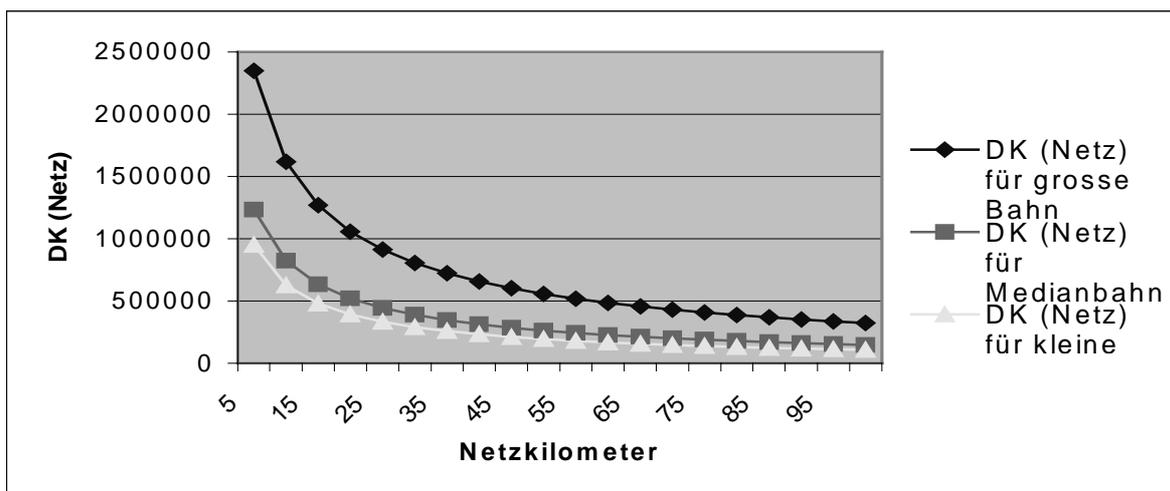


Weitaus schwerer scheinen aber nun die berechneten Elastizitäten der sogenannten ‚economies of network size‘ zu wiegen. Es handelt sich dabei um die Fragestellung, wie sich die Kosten prozentual verändern bei einer einprozentigen Erhöhung der Netzgrösse unter konstanthalten des Outputs und der anderen Kostenfaktoren. Erreicht diese Grösse einen Wert von absolut grösser eins, so bedeutet dies, dass das fest vorgegebene Rollmaterial, Personal usw. ein grösseres Netz bewirtschaften sollte. Da die Interpretation ceteris paribus geschieht, gilt sie für einen gegebenen Output (hier in Wagenkilometern gemessen). Eine Ausweitung des

Netzes bei konstanten Wagenkilometern bedeutet, dass entweder die Frequenz der Züge (Fahrplandichte) verringert oder aber die Züge verkürzt werden.

Diese ‚economies of network size‘ spielen in absoluten Werten eine grössere Rolle als die restlichen Kennzahlen. Dies deutet darauf hin, dass das bestehende Rollmaterial auf zu kleinen Netzen genutzt wird. D.h. die Bahnen könnten noch bedeutende Kostenvorteile realisieren, wenn sie den heutigen Output auf einem grösseren Netz produzieren würden. Dies gilt für grössere Bahnen etwas mehr als für kleinere. Die ‚economies of network size‘ zielen wie die ‚economies of density‘ aber indirekt auf eine intensiviere Nutzung des Rollmaterials ab. Hier läuft der Effekt über einer Vergrösserung der Netzlänge bei konstantem Output. D.h. dieselbe Anzahl Wagenkilometer könnte auf einem grösseren Netz billiger produziert werden, was entweder auf eine Ausdünnung der Fahrpläne oder aber schon viel eher auf eine Verkürzung der Züge schliessen lässt, womit die Einsatzzeiten der Wagen steigen würde. Dieser Effekt überwiegt den Effekt der ‚economies of density‘ und somit wäre wohl eine Politik der kurzen Zugskompositionen auf einem vergrösserten Netz angezeigt. Die Bedeutung dieses Effekts kann auch mit dem Verlauf der hypothetischen Durchschnittskostenfunktion der Medianbahn im Vergleich mit kleinen und grossen Bahnen illustriert werden.

Figur 2: Durchschnittskosten pro Netzkilometer



Die Produktion des gegenwärtigen Outputs von 860'000 Wkm auf einem grösseren als dem aktuellen Netz würde, vor allem bei den grösseren Bahnen (obere Kurve) eine bedeutende Senkung der Durchschnittskosten erlauben. Bei gegenwärtig 23.5 km Netzlänge bei der Medianbahn fallen die Durchschnittskosten (mittlere Kurve) noch sehr stark. Eine Produktion desselben Outputs auf einem doppelt so grossen Netz würde die Durchschnittskosten ungefähr halbieren. Im Vergleich der zwei Figuren sieht man auch sehr gut, dass, ausgehend von der Medianbahn, die Strategie Netzausweitung erfolgsversprechender erscheint. Dies dürfte unter Berücksichtigung der Nachfrageseite noch mehr gelten, erlaubt doch die zweite Strategie z.B. die Zusammenlegung zweier Märkte (eine Bahn bietet z.B. nach einer Fusion auf dem Netz von vorher zwei Bahnen nur noch mit dem eigenen Rollmaterial an), während die erste einer Ausweitung des Angebots auf dem bestehenden Markt entspricht. M.a.W. setzten alle Bahnen zusammen zu viele Ressourcen ein um die gegebene Leistung zu erstellen, d.h. das gleiche Angebot könnte mit weniger Rollmaterial produziert werden.

Die Strategie der kürzeren Zugkompositionen auf einem grösseren Netz drängt sich um so mehr auf, wenn man die selben Daten mit Zugskilometern als Outputgrösse schätzt. Wie aus Tabelle 4 ersichtlich, sind auch hier die ‚economies of network size‘ grösser als die ‚economies of density‘. Sie sind zudem bei den kleineren und mittleren Bahnen etwas geringer als bei den grösseren. Auch bei Betrachtung der Zugskilometer empfiehlt sich also primär eine Strategie der Betreibung eines grösseren Netzes rein aus Kostengründen eher, als eine Intensivierung des Verkehrs. Dies gilt auf jeden Fall für grosse Bahnen, bei denen die Dichte der Züge auf ihrem bestehenden Netz sogar schon zu hoch ist. Die ‚economies of network size‘ sind bezüglich der Zugskilometer geringer als bezüglich der Wagenkilometer. Mit anderen Worten die potentiellen Kosteneinsparungen sind bei konstanter Zuglänge geringer als bei variabler. Dies lässt wieder darauf schliessen, dass die Zuglänge eine wesentlichere Rolle spielt als die Fahrplandichte.

Tabelle 4: Grössenvorteile (Zugskilometer als Output)

Abh. Variable:	kleine	mittlere	grössere
Zugskilometer			

economies of density	1.4	1.6	0.9
economies of network size	2.8	2.5	3.0
economies of scale	0.9	1.0	0.7

Die Skalenerträge sind eher kleiner als eins. Bei der bestehenden Dichte, was die Zugskilometer betrifft, ist also eine Vergrößerung der Betriebe nicht oportun.

Um die Strategien bezüglich Intensität (Zuglänge oder Zugsdichte) zu unterscheiden, wurde eine zweite Modellvariante geschätzt, welche auch die Zuglänge als erklärende Variable enthält. Zudem sollte der Kosteneffekt der Besetzung der Züge mit Passagieren kontrolliert werden. Die Schätzergebnisse sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Schätzergebnisse mit Zuglänge und Zugsbesetzung

	Koeffizienten (t-Werte)
Wagenkilometer (Q)	0.435 (12.04)
Arbeitspreis (Pl)	0.517 (101.36)
Kapitalpreis (Pk)	0.445 (88.27)
Netzlänge (Net)	0.362 (10.37)
Zuglänge (Zugl)	0.196 (3.05)
Zugsbesetzung (Ausl)	0.232 (6.50)
Shiftvariable (t)	-0.016 (2.77)
Dummyvariable (d)	0.000 (0.01)

Die Resultate der ersten Variante werden bestätigt. Zudem zeigen die Elastizitäten der zwei neuen Variablen, dass sowohl eine stärkere Besetzung der Züge, wie auch längere Züge (bei gleichen Wagenkilometern) höhere Kosten verursachen. Dabei sind die Elastizitäten deutlich kleiner als 1, d.h. auch hier sind die Durchschnittskosten sinkend.

Der positive Kosteneffekt der Zugsbesetzung weist darauf hin, dass leere Züge, bei konstantem Output (Wagenkilometer), billiger sind als volle. Passagiere verursachen Kosten. Allerdings ist die Elastizität deutlich kleiner als 1, d.h., es wäre auf jeden Fall sinnvoll, die Züge voll auszulasten.

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich, sind die Grösseneffekte insgesamt ähnlich wie beim Modell mit Zugskilometern als abhängiger Variable.

Tabelle 6: Grössenvorteile (erweitertes Modell)

Abh. Variable: Wagenkilometer	kleine	mittlere	grössere
economies of density	1.9	2.3	1.1
economies of network size	2.8	2.8	2.9
economies of scale	1.2	1.3	0.8

Die Dichteeffekte sind für die kleineren und mittleren Bahnen ähnlich wie im Standardmodell. Die grösseren Bahnen haben dagegen eine optimale Dichte auf dem bestehenden Netz, wenn man die Zuggrösse konstant lässt. Dies heisst mit anderen Worten, dass über eine Verdichtung des Fahrplans keine erwünschten Kosteneffekte mehr zu erzielen sind. Die ‚economies of network size‘ sind für alle drei Grössenklassen aber besonders für die grösseren Bahnen geringer als bei variabler Zuglänge. Da bei konstanter Zuglänge die Dichte nur über die Anzahl Züge erhöht werden kann, bedeuten die deutlich tieferen ‚economies of network size‘ entsprechend, dass bei konstanter Zuglänge und konstantem Output der Betrieb eines grösseren Netzes mit kürzeren Zügen kostenmässig günstiger wäre als eine Strategie der Fahrplanausdünnung. Dies gilt in besonderem Masse für die grösseren Bahnen. Die obigen Resultate werden also bestätigt.

7 Schlussfolgerungen und politische Implikationen

Die Untersuchung hat sich mit der Analyse der Skaleneffizienz schweizerischer Privatbahnen befasst, wobei das Schwergewicht auf der Untersuchung Grössenvorteile lag.

Wie schon Filippini (1991) folgerte, kann als eine Ursache der finanziellen Lage der Privatbahnen deren suboptimale Betriebsgrösse aufgeführt werden. Es könnten durch Reorganisation der Produktion in grösseren regionalen Einheiten dank dem Ausnutzen der ‚economies of density‘ und der ‚economies of network size‘ Kostenersparnisse erzielt werden, was zu einer Verbesserung der finanziellen Situation der Bahnen führen sollte. Diese Hypothese konnte bei einer neuerlichen empirischen Untersuchung für den Zeitraum 1990 - 1995 nicht verworfen werden.

Betrachten wir die erhaltenen Ergebnisse im Überblick, so zeigt sich, dass die Skalenerträge im Durchschnitt über die drei Grössenklassen und die drei geschätzten Modellvarianten gleich 1 also konstant sind. Am tiefsten sind sie erwartungsgemäss bei den grösseren Bahnen. Wir folgern:

Bei der gegebenen Dichte ist die Unternehmensgrösse der Privatbahnen optimal. Eine Ausweitung der Operationen bei gegebener Dichte ist keine erfolgsversprechende Strategie, Zusammenlegung von Bahnen ohne Änderung der Betriebsdichte bringen keine wesentlichen Kosteneinsparungen.

Die Dichteerträge liegen im Durchschnitt der Bahnen und Modellvarianten über 1. Auch diese sind am tiefsten (praktisch konstant) bei den grösseren Bahnen. Wir folgern:

Bei den kleineren und mittleren Privatbahnen würde sich eine Verdichtung des Betriebs auf dem gegebenen Netz in begrenztem Umfang lohnen. Eine Fahrplanverdichtung oder das Führen längerer Züge auf dem (kleinen) Netz könnte die Durchschnittskosten der kleinen und mittleren Bahnen senken. Für die grösseren Bahnen ist dies keine Option. Da der Markt (Nachfrage) gerade der kleinen Bahnen beschränkt ist, scheint uns die Strategie der Verdichtung auf dem bestehenden Netz nur beschränkt opportun.

Die ‚economies of network size‘ sind über alle Bahnen und Schätzung hoch. Sie sind zudem bei den grossen Bahnen am bedeutendsten. Wir folgern:

Alle und vor allem die grossen Bahnen können von einer Ausweitung des Netzes bei konstantem Output und damit verringerter Dichte profitieren. Das Führen kürzerer Züge oder die Ausdünnung des Fahrplans auf einem grösseren Netz würde

zu bedeutenden Senkungen der Durchschnittskosten führen. Die Strategie der Netzausdehnung bei entsprechender Ausdünnung der Operationen (keine Ausweitung des Outputs) erscheint uns die interessanteste Strategie.

Da die Veränderung des Verhältnisses von Output und Netz zwecks Ausnutzung von Grössenvorteilen kritisch ist, interessiert die Art der Veränderung dieses Verhältnisses. Sowohl bei einer Verdichtungs- wie bei einer Netzausweitungstrategie kann entweder über die Anzahl Züge (Fahrplandichte) oder über die Länge der Züge operiert werden. Da die Netzausweitungstrategie bedeutendere Kosteneffekte verspricht und zudem hinsichtlich der Nachfragesituation auch interessanter erscheint (Absetzen eines gegebenen Outputs auf einem grösseren Netz), konzentrieren wir uns auf diese Strategie. Die ‚economies of network size‘ sind bei grösseren Bahnen am höchsten. Zudem sind sie bedeutender bei variabler Zuglänge als bei konstanter (bei grösseren Bahnen doppelt so gross, bei kleineren und mittleren Bahnen etwa 30% grösser). Wir folgern:

Die Strategie einer Ausdehnung der Tätigkeit auf grössere Netze bei gegebenem Output sollte schwergewichtig über eine Verkürzung der Züge (intensivere Nutzung des Rollmaterials) erfolgen. Eine Fahrplanausdünnung ist insbesondere bei den grösseren Bahnen nicht angezeigt. Bei den kleineren Bahnen scheinen die beiden Optionen eher gleichwertig. Inwieweit die Nachfrage die entsprechende höhere Belegung der Züge honorieren würde bzw. eine parallele Verbesserung der Dienstleistungen angebracht wäre, ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

Die Schlussfolgerungen bezüglich Empfehlungen für die zukünftige Gestaltung des regionalen ÖV Systems, welche sich aufgrund unserer Untersuchungen machen lassen sind auf Grund ihrer geringen Präsenz in der

Stichprobe für zukünftige, grössere Regionalbahnen beschränkt. Wir können aber auf jeden Fall empfehlen:

Die Anzahl der Bahnen im schweizerischen Regionalverkehr sollte reduziert werden. Auch ohne die Netzstruktur in Betracht zu ziehen lässt sich sagen, dass eine Ausschreibungsverfahren solche Integrationsprozesse möglichst begünstigen, und damit nicht linien-, sondern regionenweise erfolgen sollte.

Die Schätzungen der Kostenfunktion der Privatbahnen haben ergeben, dass die Grenzkosten des Netzes von der Grösse des Netzes und dem Output abhängen. Da die Grenzkosten der geschätzten Funktionsform nicht konstant sind empfehlen wir:

Die Infrastrukturbenutzungsgelte sollten schon aufgrund des Grenzkostenverlaufs variabel sein. Dies wird bei Einbezug der Nachfrageseite (Auslastung der Netze, elastizitätsbezogene Deckungsbeiträge) verstärkt gelten. Eine Homogenisierung der Gebühren führt zu Ineffizienzen, weil sie bezüglich der erwünschten Ausdehnung der Bahnbetriebe falsche Anreize setzen würde, etwa falls sie im Durchschnitt der Grenzkosten angesetzt würden.

Weitergehende Forschung zur hier behandelten Problematik müsste sich um eine Verbesserung der Variablenberechnung (insbesondere Kapitalpreis) und den Einbezug der SBB Regionalverkehrsdaten bemühen. Dies würde die Aussagekraft der Schätzung im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung bedeutend verbessern. Eine Konsolidierung der Schätzung mit grösseren Bahnen (SBB Regionallinien) würde es auch erlauben, Grenzkosten des Netzes in einem Bereich zu schätzen, welcher für die zukünftige Festsetzung der Benutzungsgebühren relevant ist.

Anhang

Die Ergebnisse der geschätzten Koeffizienten

	Modell I
	Koeffizienten (t-Werte)
β_1	16.21 (432.65)
β_2	0.56 (22.16)
β_3	0.52 (97.41)
β_4	0.44 (84.64)
β_6	0.29 (7.56)
β_7	0.06 (1.47)
β_8	-0.02 (3.93)
β_9	-0.04 (10.08)
β_{11}	-0.11 (0.96)
β_{12}	-0.00 (0.08)
β_{13}	-0.01 (0.94)
β_{15}	0.04 (0.57)
β_{16}	0.05 (11.92)
β_{18}	0.05 (4.08)
β_{20}	-0.04 (3.59)
β_{22}	-0.02 (2.41)
β_{23}	-0.04 (1.27)
R^2	0.93

Die für die Schätzung herangezogenen Bahnen

Nyon - St-Cergue - Morez
Bière - Apples - Morges .
Lausanne - Echallens - Bercher
Orbe - Chavornay
Yverdon - Ste-Croix
Chemin d. fer régional du Val-de-Travers
Ch. d. f. des montagnes neuchâtelaises
Chemins de fer du Jura
Chemins de fer fribourgeois
Chemins de fer électriques veveysans
Montreux - Oberland bernois
Aigle - Leysin
Aigle - Sépey - Diablerets
Aigle - Ollon - Monthey - Champéry
Bex - Villars - Bretaye
Martigny - Châtelard
Martigny - Orsières
Bern - Lötschberg - Simplon
Berner Oberland-Bahnen
Brig - Visp - Zermatt
Furka - Oberalp
Sensetalbahn
Biel - Täuffelen - Ins
Solothurn - Moutier
Regionalverkehr Bern - Solothurn
Solothurn - Niederbipp
Emmental - Burgdorf - Thun
Vereinigte Huttwil-Bahnen
Oberaargau - Jura-Bahnen .
Wynental- und Suhrentalbahnhof

Wohlen – Meisterschwanden
Bremgarten – Dietikon
Luzern - Stans - Engelberg
Lugano - Ponte Tresa
Sihltal - Zürich – Uetliberg ¹¹
Forchbahn
Südostbahn
Frauenfeld – Wil
Mittel-Thurgau-Bahn
Bodensee – Toggenburg
Trogenerbahn
Rorschach – Heiden
Rhätische Bahn

¹¹ Bei Schätzungen mit Zugskilometern wegen fehlender Angaben nicht berücksichtigt

Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Statistik**, "Der öffentliche Verkehr 1990-1995." *Les transports publics en 1990-1995*. Bern.
- Caves D.W., Christensen L.R. and Swanson J.A. (1980)**, „Productivity in U.S. Railroads“, 1951-1974, In: Bell Journal of economics. Vol. 11, S166 ff.
- Caves D.W., Chistensen L.R., Tretheway M.W. und Windle R.J. (1985)**, „Network effects and the measurement of economies of scale and density for U.S. railroads“, in Doughtey A.F., Analytical Studies in transport economics, Cambridge, Cambridge University Press.
- Chambers R.G. (1988)**, „Applied Production Analysis“, Cambridge, Cambridge University Press.
- Filippini M. (1991)**, „La struttura dei costi delle ferrovie private svizzere secondo la teoria del duale: implicazioni per una politica delle fusioni“. Zurich
- Filippini M., Maggi R., (1991)**, „Efficiency in the case of the Swiss Private Railways, Paper persented to the congress of CIRIEC Liège, Belgium
- Filippini M. (1992)**, „Die Kostenstruktur der Schweizerischen Privatbahnen: Implikationen für eine Fusionspolitik“, Jahrbuch der Schweizerischen Verkehrswirtschaft 1991/1992, St. Gallen 1992.
- Gathon H.-J. et Perleman S. (1987)**, „Fonction de Cout multiproduit, productivité totale des facteurs et performance dans les Chemins de Fer: une Comparaison international“, Working Papers, Nr. 7, CIRIEC Université de Liège.
- Gathon H.-J. (1989)**, „Etude comparative des performances des Sociétés de Chemin de Fer, in Annals of public and cooperative economics, Vol. 60, S. 43 ff.
- Oum Tae Hoon, W.G. Waters II (1997)**, Recent developments in cost function research in transportation. In: de Rus G, Ch. Nash (eds.): Recent Developments in Transport Economics. Ashgate (Aldershot); pp.33-73
- Windle R.J. (1988)**, „Transit policy and the cost structure of urban bus transportation“, in Dogson J.S. e Tophan N., Bus deregulation and privatisatio, Brookfield USA, Aveburey.

Zellner A. (1962), „An efficient method of estimationg seemingly unrelated regression and tests for aggregation bias“, in Journal of American statistical association, Vol 57, S. 348 ff.

QUADERNI DELLA FACOLTÀ

*I quaderni sono richiedibili (nell'edizione a stampa) alla Biblioteca universitaria di Lugano
via Ospedale 13 CH 6900 Lugano*

tel. +41 91 9124675 ; fax +41 91 9124647 ; e-mail: biblioteca@lu.unisi.ch

La versione elettronica (file PDF) è disponibile all'URL:

http://www.lu.unisi.ch/biblioteca/Pubblicazioni/f_pubblicazioni.htm

*The working papers (printed version) may be obtained by contacting the Biblioteca
universitaria di Lugano*

via Ospedale 13 CH 6900 Lugano

tel. +41 91 9124675 ; fax +41 91 9124647 ; e-mail: biblioteca@lu.unisi.ch

The electronic version (PDF files) is available at URL:

http://www.lu.unisi.ch/biblioteca/Pubblicazioni/f_pubblicazioni.htm

Quaderno n. 98-01

P. Balestra, *Efficient (and parsimonious) estimation of structural dynamic error component models*

Quaderno n. 99-01

M. Filippini, *Cost and scale efficiency in the nursing home sector : evidence from Switzerland*

Quaderno n. 99-02

L. Bernardi, *I sistemi tributari di oggi : da dove vengono e dove vanno*

Quaderno n. 99-03

L.L. Pasinetti, *Economic theory and technical progress*

Quaderno n. 99-04

G. Barone-Adesi, *VaR without correlations for portfolios of derivative securities*

Quaderno n. 99-05

G. Barone-Adesi, *Incomplete information and the closed-end fund discount*

Quaderno n. 99-06

G. Barone-Adesi, W. Allegretto, E. Dinenis, G. Sorwar, *Valuation of derivatives based on CKLS interest rate models*

Quaderno n. 99-07

M.Filippini, R.Maggi, J.Mägerle, *Skalenerträge und optimale Betriebsgrösse bei den schweizerische Privatbahnen*