

86. Jahrgang – Heft 1 – 2015

ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFT

INHALT DES HEFTES:

- Produktivitäts- und Wachstumswirkungen von
Verkehrsinfrastrukturinvestitionen: Seite 1
Ein Überblick
Von Bernhard Wieland, Joachim Ragnitz, Dresden
- Theoretical Foundations Relevant for the Analysis of Hub
Airport Competition Seite 47
Von Annika Paul, Ottobrunn
- Die ökonomischen Risiken einer zu naiven Marktliberalisierung – der Fall des
deutschen Fernbusmarktes Seite 65
Von Christos Evangelinos, Bad Honnef, Michael Mittag, Berlin, Andy Obermeyer, Dresden

Manuskripte sind zu senden an die Herausgeber:

Prof. Dr. Bernhard Wieland
Institut für Wirtschaft und Verkehr,
Fakultät Verkehrswissenschaften an der Technischen Universität Dresden
01062 Dresden
Prof. Dr. Thorsten Beckers
Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP)
an der Technischen Universität Berlin
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin

Verlag – Herstellung – Vertrieb – Anzeigen:
Verkehrs-Verlag J. Fischer, Corneliusstraße 49, 40215 Düsseldorf
Telefon: (0211) 9 91 93-0, Telefax (0211) 6 80 15 44
www.verkehrsverlag-fischer.de
Einzelheft EUR 25,50 – Jahresabonnement EUR 71,00
zuzüglich MwSt und Versandkosten
Für Anzeigen gilt Preisliste Nr. 25 vom 1.1.2009
Erscheinungsweise: drei Hefte pro Jahr

Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Herausgeber

Prof. Dr. Bernhard Wieland (Technische Universität Dresden, federführender Herausgeber)
Prof. Dr. Thorsten Beckers (Technische Universität Berlin, federführender Herausgeber)
Prof. Dr. Herbert Baum (Universität zu Köln)
Prof. Dr. Karl-Hans Hartwig (Universität Münster)
Prof. Dr. Kay Mitusch (Karlsruher Institut für Technologie - KIT)
Prof. Dr. Kai Nagel (Technische Universität Berlin)

Schriftleitung

Prof. Dr. Bernhard Wieland (Technische Universität Dresden)
Prof. Dr. Thorsten Beckers (Technische Universität Berlin)
Dr. Christos Evangelinos (IUBH Internationale Hochschule Bad Honnef · Bonn)
Dr. Martin Winter (Technische Universität Berlin)

Herausgeberbeirat

Prof. Dr. Gerd Aberle (Universität Gießen)
Prof. Dr. Kay W. Axhausen (Eidgenössische Technische Hochschule - ETH, Zürich)
Prof. Dr. Johannes Bröcker (Universität zu Kiel)
Dr. Astrid Gühnemann (Institut for Transport Studies - ITS, Universität Leeds)
Dr. Hendrik Haßheider (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin)
Prof. Dr. Georg Hauger (Technische Universität Wien)
Prof. Dr. Christian von Hirschhausen (Technische Universität Berlin)
Prof. Dr. Christian Kirchner † (Humboldt-Universität zu Berlin)
Prof. Dr. Günter Knieps (Universität Freiburg)
Prof. Dr. Jürgen Kühling (Universität Regensburg)
Prof. Dr. Gernot Liedtke (Technische Universität Berlin/ DLR Berlin)
Dr. Heike Link (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung - DIW, Berlin)
Dr. Robert Malina (Universität Münster)
Prof. Dr. Hans-Martin Niemeier (Hochschule Bremen)
Prof. Dr. Werner Rothengatter (Karlsruher Institut für Technologie - KIT)
Prof. Dr. Bernhard Schlag (Technische Universität Dresden)

Produktivitäts- und Wachstumswirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen: Ein Überblick

VON BERNHARD WIELAND, JOACHIM RAGNITZ, DRESDEN¹

Der folgende Artikel entspricht überwiegend Kapitel 4 des Kurzgutachtens „Öffentliche Infrastrukturinvestitionen: Entwicklung, Bestimmungsfaktoren und Wachstumswirkungen“, das vom ifo-Institut, Niederlassung Dresden, im Jahr 2013 im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie erstellt wurde. Aufgrund der methodischen Eigenständigkeit dieses Gutachtenteils, seines konkreten Verkehrsbezugs und seiner verkehrspolitischen Aktualität wird er hier noch einmal gesondert veröffentlicht. Eine erste Fassung des Gutachtens wurde im Rahmen eines Expertenworkshops im Dezember 2013 im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie vorgestellt. Die kritischen Anmerkungen und Ergänzungsvorschläge der Experten wurden, soweit es der Umfang eines Artikels zuließ, im Folgenden berücksichtigt. Das gesamte Gutachten erscheint in Kürze als ifo-Dresden Studie.

1. Einleitung

In diesem Aufsatz werden die volkswirtschaftlichen Wachstumswirkungen öffentlicher Verkehrsinfrastrukturinvestitionen im Rahmen eines Literaturüberblicks behandelt. Als Ausgangspunkt der gesamten empirischen Literatur zu diesem Thema kann der sogenannte Productivity Slowdown in den USA in den 1970ern und frühen 1980ern angesehen werden. Dieses Phänomen, das zunächst auf die USA begrenzt schien, führte sehr bald weltweit zu einer intensiven Ursachenforschung für die in vielen hochindustrialisierten Ländern zu beobachtende Verlangsamung des gesamtwirtschaftlichen Wachstums. Unter den damals genannten Gründen befand sich neben (a) einer Überregulierung der Wirtschaft, (b) der Umstellung auf die neuen Informations- und Kommunikationstechnologien, (c) gestiegenen Energiepreisen oder (d) einem möglichen Wertewandel in der Gesellschaft auch (e) die Hypothese einer mangelnden Ausstattung mit Einrichtungen der „Kerninfrastruktur“ (Core-Infrastructure). Diese Hypothese schien zunächst durch die Arbeiten des NBER-Ökonomen David Aschauer (1989a, b, c) eine Bestätigung zu finden („Aschauer-Debatte“).

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Bernhard Wieland
Technische Universität Dresden
Institut für Wirtschaft & Verkehr
Chemnitz Straße 48
01187 Dresden
e-mail: bernhard.wieland@tu-dresden.de

Prof. Dr. Joachim Ragnitz
ifo Institut
Niederlassung Dresden
Einsteinstraße 9
01069 Dresden
e-mail: ragnitz@ifo.de

Aschauer ermittelte in seiner ersten Arbeit zum Thema eine makroökonomische Outputelastizität zwischen 0,38 und 0,56 für den Zeitraum der Jahre 1949 bis 1985. Mit anderen Worten: Die Zunahme des volkswirtschaftlichen Bestandes an Kerninfrastruktur (wie auch immer gemessen) um 1 % pro Jahr würde einen Zuwachs des volkswirtschaftlichen Outputs um 0,38 % bis 0,56 % pro Jahr bewirken. Übersetzt in Rentabilitätsziffern hätte dies alle im privaten Sektor zu erzielenden Investitionsrenditen weit in den Schatten gestellt. Der folgende Literaturüberblick zeigt indes, dass diese Ergebnisse durch nachfolgende Arbeiten deutlich nach unten korrigiert wurden, insbesondere für bereits höher entwickelte Industrieländer. Die heute als realistisch angesehenen Outputelastizitäten liegen für den Verkehrssektor eher im Bereich von 0,05 bis 0,06 (vgl. Melo et al., 2012). Damit schneiden Verkehrsinfrastrukturinvestitionen hinsichtlich ihrer Wachstumseffekte im volkswirtschaftlichen Vergleich eher moderat ab. Es erhebt sich allerdings die Frage, ob die Nachfolgestudien möglicherweise zu hoch aggregiert sind und ob eine stärkere Differenzierung nach Regionen und/oder der Einsatz anderer Methoden nicht zu höheren Produktivitätswerten führen würden. Diese Frage stellt sich insbesondere im Hinblick auf den Netzcharakter der Verkehrsinfrastruktur, die Beseitigung von Engpässen und die Berücksichtigung der sogenannten Wider Economic Benefits, die in den traditionellen Analysen zumeist nicht berücksichtigt werden.

2. Definition des Begriffs Wachstum

Die Begriffe Infrastruktur und Wachstum werden in der Wirtschaftswissenschaft nicht immer eindeutig gebraucht.

Wachstum hat in der Volkswirtschaftslehre zumeist die Bedeutung einer Zunahme des BIP, also der Summe aller in einer abgegrenzten Region in einem Jahr produzierten Güter und Dienstleistungen. Seit langem jedoch wird gefragt, ob in der amtlichen Statistik nicht wesentliche Kategorien von Gütern und Dienstleistungen unberücksichtigt bleiben (etwa die Hausarbeit), ob nicht die Schädigungen der Umwelt, Unfälle, Gesundheitsschäden, Verkürzung der Lebenszeit, und die entsprechenden „Reparaturmaßnahmen“ stärker zu berücksichtigen seien („grünes Bruttosozialprodukt“) oder ob nicht statt der rein materiellen Messung des Volkswohlstandes auch die Präferenzen der Bürger in Gestalt von Glücksindikatoren (happiness) eine Rolle spielen sollten. Von diesen alternativen Ansätzen soll hier abgesehen werden. Wachstum wird im Folgenden also stets im klassischen Sinn verstanden. Außerdem wird unter Output immer der Output des privaten Sektors verstanden. Im Prinzip wäre auch der Output des öffentlichen Sektors zu addieren. Dies ist jedoch schwierig, da öffentliche Dienstleistungen ganz überwiegend nicht auf Märkten gehandelt werden und sie deshalb schwierig (mit Preisen) zu bewerten sind.

Wachstum kann in einer Volkswirtschaft auf verschiedene Art und Weise entstehen – zum einen durch einen höheren Faktoreinsatz. Wenn also vereinfacht der Output Y einer Volkswirtschaft durch den Einsatz der beiden Produktionsfaktoren Kapital (K) und Arbeit (L) erzeugt wird:

$$Y = F(K, L),$$

dann kann eine Zunahme von Y im einfachsten Fall durch einen Mehreinsatz von K und/oder L zustande kommen. Y kann jedoch - zum anderen - auch dann zunehmen, wenn aus den Produktionsfaktoren bei gleichem mengenmäßigen Einsatz „mehr herausgeholt“ werden kann, z. B. aufgrund von technischem Fortschritt oder durch Kombination mit einem komplementären Faktor, wie Infrastruktur (G), der vom Staat bereitgestellt wird. K und L werden dann produktiver.

Grundsätzlich kann man drei Produktivitätseffekte von G unterscheiden (vgl. Pfähler et al., 1996):

(1) Direkter Grenzproduktivitätseffekt von G :

$$\frac{\partial Y}{\partial G} = F_G(K, L, G)$$

Der Grenzproduktivitätseffekt misst, um wie viel Einheiten sich das BIP erhöht, wenn das Infrastrukturkapital G um eine Einheit erhöht wird, also den Produktivitätseffekt einer Nettoinvestition von einer Einheit an G . Dabei werden alle anderen Produktionsfaktoren als konstant angenommen (Ceteris-Paribus-Annahme). Da der sich ergebende Wert von den verwendeten Maßeinheiten von Y und G abhängt, wird in empirischen Studien zumeist die Elastizität von Y bzgl. G verwendet, bei der alle Größen in Prozent angegeben werden:

$$\varepsilon_{YG} = Y_G \cdot \frac{G}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial G} \frac{G}{Y}$$

ε_{YG} gibt also an, um wieviel Prozent sich das BIP erhöht, wenn sich G um 1 % erhöht. Diese Größe steht seit Aschauer im Mittelpunkt des Interesses.

(2) Effekte auf die partielle Produktivität der privaten Faktoren:

Der Grenzproduktivitätseffekt ist ein direkter Effekt. Es gibt jedoch auch indirekte Effekte einer Zusatzinvestition in Infrastrukturkapital. Dazu gehören Effekte auf die Produktivität der Faktoren im privaten Sektor, die dann im nächsten Schritt ihrerseits auf die gesamtwirtschaftliche Produktivität durchschlagen. Die Grenzproduktivität des Faktors Kapital wird mit $\frac{\partial Y}{\partial K}$ bezeichnet. Der Wert gibt an, wie viele Einheiten an volkswirtschaftlichem Output Y eine zusätzliche Einheit an Kapital K generiert. Dann kann der Effekt einer zusätzlichen Investition in G auf die Grenzproduktivität folgendermaßen errechnet werden:

$$\frac{\partial \left(\frac{\partial Y}{\partial K} \right)}{\partial G} = F_{KG} (= F_{GK}).$$

Analog ergibt sich der Effekt auf die Grenzproduktivität des Faktors Arbeit.

Es ist nicht von vornherein klar, dass F_{KG} oder F_{LG} positiv sind, obwohl das meistens angenommen wird. Gilt $F_{KG}, F_{LG} > 0$, spricht man von (Grenzprodukts-) Komplementarität zwischen öffentlicher Infrastruktur und privatem Kapital (bzw. öffentlicher Infrastruktur und dem Faktor Arbeit), im anderen Fall von Substitutionalität. Es ist zu vermuten, dass in der Realität K und G Komplemente sind: Öffentliche Investitionen erhöhen die Grenzproduktivität des privaten Kapitals und rufen auf diese Weise private Kapitalbildung hervor. Bei L und G ist die Lage weniger klar. In mehreren der nachfolgend zu schildernden Studien werden diese Hypothesen ökonomisch getestet. Dabei stellt sich zumeist heraus, dass privates und öffentliches Kapital in der Tat Komplemente sind. Bei Arbeit und öffentlichem Kapital hingegen liegt oft eine Substitutionsbeziehung vor. Die Komplementarität ist deshalb von Bedeutung, weil sie der These entspricht, dass öffentliches Infrastrukturkapital eine „Zündungsfunktion“ für private Investitionen hat. Seitz und Licht (1995) haben die Frage der Komplementarität im Jahr 1995 in einer Studie für die deutschen Bundesländer untersucht und dabei nennenswerte positive Kreuzelastizitäten gefunden.

Die gerade geschilderten Maße sind partielle Produktivitätsmaße: Es wird jeweils nur ein Faktor (K oder L) betrachtet. Es stellt sich deshalb folgende Frage: Kann man auch ein Produktivitätsmaß entwickeln, das gewissermaßen die Produktivität beider Faktoren gemeinsam abbildet? Die Antwort besteht in dem Maß der sogenannten Totalen Faktorproduktivität.

(3) Totale Faktorproduktivität (TFP)

Ausgangspunkt für die Definition der Totalen Faktorproduktivität ist wieder eine makroökonomische Produktionsfunktion der Form

$$Y = A(t) \cdot F(K(t), L(t), G(t)),$$

wobei t ein Zeitindex ist und $K(t)$, $L(t)$ und $G(t)$ für den Bestand von K, L, G zum Zeitpunkt t steht. $A(t)$ ist ein Indikator für die technische Produktivität dieser Faktoren. Steigt A , steigt auch Y , auch wenn K und L mengenmäßig konstant bleiben. In vielen Studien wird A als Funktion von G modelliert:

$$Y = A(G(t)) \cdot F(K(t), L(t), G(t)).$$

Es wird häufig angenommen, dass eine bessere Infrastrukturausstattung die Totale Faktorproduktivität $A(G(t))$ erhöht. Dies war der Kern der einleitend dargestellten Aschauer-Debatte: Inwiefern war eine schlechte Infrastrukturausstattung in den USA verantwortlich für die Verlangsamung des Produktivitätsanstiegs in den 1970er Jahren? Man beachte aber, dass eine Zunahme der Totalen Faktorproduktivität nicht notwendigerweise zu einer Zunahme der Beschäftigung führen muss, zumindest nicht kurzfristig. Bleibt der Output Y konstant, kann eine Zunahme der Produktivität des Faktors Arbeit sogar zu einer verringerten Nachfrage nach diesem Faktor führen. Langfristig schlägt sich die gestiegene Produkti-

vität jedoch in sinkenden Preisen und damit gesteigerter Endnachfrage nieder. Aufgrund von Einkommenseffekten steigt auch die Arbeitsnachfrage in anderen Bereichen der Wirtschaft oder der Wirtschaft als Ganzes. Aus dem gleichen Grund muss Produktivitätswachstum kurzfristig nicht notwendigerweise zu einer Erhöhung des gesamtwirtschaftlichen Outputs führen.

Das einfachste Maß des Produktivitätseffektes von Infrastruktur ist der Grenzproduktivitätseffekt (1), der auch im Zentrum der meisten im Folgenden zu besprechenden empirischen Studien steht. Leider erfasst dieser jedoch nicht alle Effekte einer Infrastrukturinvestition. Es gibt, wie gesehen, zusätzliche Effekte, die indirekt über den Einfluss auf die Produktivität von K und L auf Y wirken. Sollen alle direkten und indirekten Effekte gleichzeitig eingefangen werden, wird der gesamte Produktivitätseffekt benötigt:

$$\frac{dY}{dG} = F_G + F_K \frac{dK}{dG} + F_L \frac{dL}{dG}.$$

Diesen Effekt kann man jedoch nur in Totalmodellen der gesamten Volkswirtschaft schätzen, wie sie etwa in Form von CGE-Modellen (Computable General Equilibrium; berechenbare Gleichgewichtsmodelle) zur Verfügung stehen. Die anderen bisher besprochenen Produktivitätsmaße können ohne ein solches Modell geschätzt werden und sind deshalb gebräuchlicher.

3. Modellierung des Zusammenhangs von Infrastrukturinvestitionen und Wirtschaftswachstum

Der überwiegende Teil makroökonomischer Studien über den Zusammenhang von Infrastrukturinvestitionen und Wirtschaftswachstum basiert auf der Schätzung einer makroökonomischen Produktions- bzw. Kostenfunktion oder, seit den späten 1990er Jahren, in zunehmendem Maße auf der Verwendung sogenannter vektorautoregressiver (VAR) Modelle. Daneben stehen zwei andere Ansätze. Zum einen gibt es eine Denkschule, die behauptet, dass die makroökonomischen Studien durch ihr hohes Aggregationsniveau wesentliche mikroökonomische Wirkungszusammenhänge „verschlucken“. Dies gilt insbesondere für den Netzcharakter wichtiger Infrastrukturen: Für die Wachstumswirkungen von Investitionen in Versorgungs- oder Verkehrsnetze kann es sehr darauf ankommen, in welchen Knoten bzw. auf welchen Kanten Ersatz- oder Erweiterungsinvestitionen vorgenommen (oder auch unterlassen) werden oder welchen Entwicklungsstand ein bestimmtes Netz schon erreicht hat. Bei Verkehrsnetzen spielt speziell auch noch der Begriff der Erreichbarkeit eine große Rolle. Für das Wachstum von Regionen kann es beispielsweise von entscheidender Bedeutung sein, ob durch eine Infrastrukturinvestition die Erreichbarkeit verbessert wird oder nicht. Eine zunehmende Zahl von Studien stellt deshalb diesen Begriff in den Vordergrund der Untersuchung.

Als eine Spielart dieser stärker mikroökonomisch-regionalökonomisch ausgerichteten Analysen werden hier auch solche Arbeiten eingeordnet, die einfache Regressionsanalysen

zwischen dem Niveau oder dem Wachstum der Wirtschaftsaktivität einer Region und der jeweiligen Infrastrukturausstattung oder der Erreichbarkeit betrachten. Diese Studien sind in Bezug auf wirtschaftspolitische Folgerungen schwer interpretierbar, da sie zumeist auf eine explizite Modellierung von Kausalketten verzichten. Ohne unterstellen zu wollen, dass Untersuchungen dieser Art in konkreten Einzelfällen nicht nützliche Erkenntnisse liefern können, wird auf Studien dieses Typs hier nicht näher eingegangen. (Wohl aber auf regionalökonomische Regressionsanalysen, die Kausalketten modellieren.)

Eine mikroökonomische Perspektive nimmt natürlich auch die Nutzen-Kosten-Analyse von Verkehrsprojekten ein, wie sie etwa im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung durchgeführt wird. Bei der Nutzen-Kosten-Analyse geht es indes weniger um Wachstums- und Produktivitätseffekte als um Wohlfahrtseffekte. Ferner stehen dabei nicht die ökonomischen Effekte von Investitionen in die Infrastruktur als Ganzes im Vordergrund, sondern die Wirkungen einzelner Projekte. Aus diesem Grund soll auch die Nutzen-Kosten-Analyse in dem nachfolgenden Überblick ausgeklammert werden.²

Schließlich sei noch eine weitere wichtige Denkschule erwähnt, die die Ansicht vertritt, dass sowohl die makro- als auch die mikroökonomischen Ansätze wesentliche Rückkopplungseffekte verschleiern und letztlich die falschen Erfolgsgrößen in den Mittelpunkt stellen. Während die makroökonomischen Ansätze zu hoch aggregiert seien, um die konkrete Wirkungsweise von Infrastrukturinvestitionen abzubilden, sei der mikroökonomische Ansatz wiederum zu partialanalytisch. Insbesondere sei es mit diesem Ansatz nicht möglich, Rückkopplungseffekte speziell der Finanzierung auf das Haushaltsverhalten und damit auf andere Sektoren und Märkte zu berücksichtigen. Diese Denkschule stellt deshalb sogenannte berechenbare allgemeine Gleichgewichtsmodelle (CGE) in den Vordergrund ihrer Analysen.³ CGE-Modelle liefern im Grunde generalisierte Nutzen-Kosten-Analysen, die nicht nur partialanalytisch die Wohlfahrtswirkungen isolierter Projekte betrachten, sondern die Rückwirkungen innerhalb der Volkswirtschaft insgesamt in Rechnung stellen. Sie nehmen also anstatt einer partialanalytischen eine totalanalytische Perspektive ein. Beurteilungsmaßstab sind ferner nicht die, zumeist in der politischen Diskussion im Vordergrund stehenden Erfolgsindikatoren, wie Wachstum, Produktivität oder Beschäftigung, sondern der aggregierte Nutzen der in der jeweiligen Volkswirtschaft vertretenen Haushalte. Im Gegensatz zu allen nachfolgend zu besprechenden Schätzungen ergibt sich die volkswirtschaftliche Rentabilität von Verkehrsinvestitionen demzufolge nicht aus dem Verhältnis von zusätzlichem BIP zu erbrachter Investition, sondern aus dem Verhältnis von zusätzlicher Wohlfahrt zu eingesetzter Investition. Insofern spielen hier die Präferenzen der betroffenen Bürger eine viel größere Rolle als in den nachfolgenden Ansätzen. In einem CGE-Modell wird nachgezeichnet, wie die Transportkostensenkungen, die durch Verkehrsinvestitionen möglich werden, sich in Preis- und Mengenänderungen in der jeweiligen Wirtschaft als Ganzes umsetzen und sich damit letztlich auch in Einkommens- und Nutzenveränderungen

² Vgl. dazu aber Lakshmanan (2011) und Bertenrath et al. (2006). In letzterem wird auch genauer auf die Bundesverkehrswegeplanung eingegangen.

³ Eine nähere Erklärung des grundsätzlichen Ansatzes der CGE-Modelle geben Lakshmanan und Anderson (2002). Eine theoretisch eingehende Übersicht geben Bröcker und Mercenier (2011).

der privaten Haushalte widerspiegeln. Die Summe dieser Nutzenveränderung, umgesetzt in einen monetären Index, wie etwa die kompensatorische oder äquivalente Variation, ist letztlich der relevante Bewertungsmaßstab. Dies ist zwar auch bei der traditionellen Nutzen-Kosten-Analyse der Fall, liefert dort aber nur unter ganz speziellen Voraussetzungen, insbesondere der Annahme der vollständigen Konkurrenz auf allen übrigen Märkten der Volkswirtschaft, korrekte Werte. Die Stärke der CGE-Modelle besteht darin, auch Marktunvollkommenheiten in einem Totalmodell abbilden zu können.

Als konkretes Beispiel einer CGE gestützten Analyse sei die Studie von Bröcker et al. (2010) genannt, in der die 22 prioritären Projekte des TENT-T Programms der EU einer Prüfung unterzogen wurden. Die entscheidende Frage war, ob diese Projekte genügend grenzüberschreitende Wohlfahrtseffekte (Spillover-Effekte) auslösen, um eine Involvement der EU zu rechtfertigen. Die Analyse zeigt, dass dies nur bei 12 Projekten der Fall ist. Aufgrund der analytischen Komplexität der CGE-Modelle ist die Anzahl solcher Studien allerdings bisher überschaubar und soll deshalb im nachfolgenden Literaturüberblick auch nicht weiter berücksichtigt werden. Wichtig war hier vor allem, den Ansatz darzustellen, der sich von den nachfolgend zu schildernden Ansätzen unterscheidet; nicht zuletzt darin, dass er Wohlfahrtseffekte in den Vordergrund stellt und nicht das makro- oder regionalökonomische Outputwachstum.

Mit der Verwendung von CGE-Modellen kommt man der Erfassung jener volkswirtschaftlichen Effekte von Verkehrsinvestitionen näher, die im 1999er Report des von der englischen Regierung eingesetzten SACTRA-Komitees als „Wider Economic Benefits“ bezeichnet werden. Das SACTRA-Komitee weist darauf hin, dass aufgrund von unvollständigem Wettbewerb, der Existenz von Externalitäten (wie etwa Verkehrsstaus) oder von Subventionen und Steuern die herkömmlichen Nutzen-Kosten-Analysen wichtige volkswirtschaftliche Wirkungen falsch einschätzen können. Sind beispielsweise die örtlichen Preise aufgrund von lokalen Monopolstellungen zu hoch, kann eine Verbesserung der Verkehrsanbindung zu mehr Wettbewerb und damit zu einem Wohlfahrtsgewinn führen. Werden, um ein weiteres Beispiel zu nennen, durch eine Maßnahme bereits bestehende positive Externalitäten noch verstärkt (z.B. Wissens-Spill-Overs), entstehen ökonomische Vorteile, die in den herkömmlichen Kosten-Nutzen-Analysen nicht berücksichtigt werden.⁴

Das SACTRA-Komitee identifiziert insgesamt acht Konstellationen, in denen derartige Vorteile entstehen können. Auf diese Weise können volkswirtschaftliche Wohlfahrtsgewinne zustande kommen, die in den tradierten Nutzen-Kosten-Analysen nicht enthalten sind – der Grund für die Bezeichnung als „Wider Economic Benefits“.

4. Die Aschauer-Debatte

Die sogenannte Aschauer-Debatte beschäftigt sich mit dem Einfluss von Infrastrukturinvestitionen auf volkswirtschaftliches Output- und Produktivitätswachstum. Wie im vorange-

⁴ Ein entsprechendes Modell entwickelt Bröcker (2013).

gangenen Abschnitt gesagt, rufen Investitionen in die Transportinfrastruktur neben Output- und Produktivitätswirkungen noch andere wichtige volkswirtschaftliche Effekte hervor. Investitionen in Verkehrsinfrastruktur senken die (generalisierten) Transportkosten und bauen damit physische Barrieren des Austausches von Gütern über lange Entfernungen ab. Dies ruft die bekannten ökonomischen Wirkungen der Marktintegration hervor, wie bessere Ausschöpfung von Skalenerträgen und Spezialisierungsvorteilen, Reduktion von Monopol- und Oligopolstellungen u. ä. Diese Effekte standen jedoch in der Aschauer-Debatte nicht im Vordergrund und sollen deshalb an dieser Stelle nicht explizit behandelt werden. Im Zentrum steht vielmehr der Gesichtspunkt, dass Verkehrsinfrastruktur als polyvalenter öffentlicher Input die Produktivität der Inputs im privaten Bereich steigert und damit auch die gesamtwirtschaftliche Produktivität. Es verdient hier vielleicht nochmal wiederholt zu werden, dass derartige Produktivitätseffekte nicht unbedingt mit Wachstumseffekten gleichzusetzen sind. Bei kurzfristiger Unterbeschäftigung muss eine Steigerung der Produktivität nicht unbedingt zu einer Steigerung des Outputs führen. Der gleiche Output kann nunmehr mit weniger Arbeitskräften erzeugt werden. Insofern müssen auch zusätzliche Infrastrukturinvestitionen (kurzfristig) nicht notwendigerweise zu einer Zunahme der Beschäftigung führen (wenn man von den Beschäftigungseffekten in der Bauphase absieht). Aufgrund der Orientierung an der langen Frist werden Wachstums- und Produktivitätseffekte jedoch im Folgenden synonym verwendet.

Es gibt zahlreiche umfassende Literaturüberblicke zur Aschauer-Debatte, die den Stand etwa bis zum Jahr 2007 abbilden. Herausgehoben seien: Romp und de Haan (2005, 2007), Afraz et al. (2006), Bertenrath et al. (2006) sowie der Artikel von Lakshmanan (2011), der speziell auf die Rolle der Verkehrsinfrastruktur eingeht. (Die anderen Überblicke haben stets die *gesamte* volkswirtschaftliche Infrastruktur im Blick.) Außerdem ist jüngst eine Meta-Analyse aller einschlägigen empirischen Studien erschienen, soweit sie sich auf den Produktionsfunktionsansatz beziehen (Melo et al., 2013). Eine frühere Meta-Analyse stammt von Bom und Lighthart (2008). Alle genannten Arbeiten enthalten tabellarische Übersichten der numerischen Ergebnisse. Die zugrundeliegenden Methoden, Untersuchungsgebiete und Arten des untersuchten öffentlichen Kapitalstocks werden etwas ausführlicher kommentiert in Afraz et al. (2006) und in Romp und De Haan (2007).

Die folgenden Abschnitte konzentrieren sich auf die Darstellung und Diskussion der methodischen Aspekte der Studien und wählen einige davon aus, die

- speziell für die Verkehrsinfrastruktur besonders relevant erscheinen,
- die als methodisch von besonderer Wichtigkeit und Zuverlässigkeit eingeschätzt werden, oder
- die besonders geeignet erscheinen, die Probleme der verwendeten Schätzansätze zu verdeutlichen.

Abschließend werden auch neuere Entwicklungen diskutiert, die in starkem Maße auf dem Erreichbarkeitsbegriff aufbauen und methodisch von der Data Envelopment Analysis (DEA) oder der Stochastic Frontier Analysis (SFA) Gebrauch machen. Zur Sprache kommt ferner als Beispiel für ein systemdynamisches Modell auch das ASTRA-Modell von Rothengatter.

4.1 Der Produktionsfunktionsansatz

Ausgangspunkt der Debatte um die Produktivitäts- und Wachstumswirkungen von Infrastrukturinvestitionen war, wie einleitend erwähnt, die Pionierarbeit von Aschauer (1989a). Da alle anderen Studien auf dieser Arbeit aufbauen oder auf sie zumindest Bezug nehmen, soll ihr Ansatz in Grundzügen kurz dargestellt werden.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist eine makroökonomische Produktionsfunktion der Form:

$$Y(t) = A(t) \cdot F(K(t), L(t), G(t)),$$

wobei die Symbole t für einen Zeitindex, $K(t)$ für den privaten Kapitalstock, $L(t)$ für den Faktor Arbeit, $G(t)$ für das Infrastrukturkapital und $A(t)$ für ein Produktivitätsmaß oder Maß für den technischen Fortschritt stehen. Produktionsfunktionen dieser Art werden in vielen makroökonomischen Arbeiten verwendet, allerdings zumeist ohne Einbeziehung der Variable G . Die Einbeziehung von G wirft jedoch mehrere nichttriviale Probleme auf, die für die Beurteilung der Aussagekraft der Wachstums- und Produktivitätsstudien von großer Bedeutung sind.

So ist es zunächst einmal erforderlich, den vorhandenen Bestand an Infrastruktur G institutionell sinnvoll abzugrenzen. Aschauer nimmt hier einen pragmatischen Standpunkt ein und definiert Infrastruktur als die Summe aller im öffentlichen Besitz befindlichen Kapitalgüter (unter Ausschluss des Militärs). Die meisten späteren Studien gehen ähnlich vor. Damit fällt aber der gesamte Infrastrukturbestand, der sich in privater Hoheit befindet, aus der Untersuchung heraus. Unterstellt man das üblicherweise angenommene Gesetz der abnehmenden Ertragszuwächse auch für Infrastrukturkapital, könnte schon aus diesem Grund die volkswirtschaftliche Rendite einer zusätzlichen Investition in Infrastruktur in Untersuchungen dieses Typs überschätzt werden.

Ein weiteres Problem der Einbeziehung von G in eine Produktionsfunktion des obigen Typs ist die Schwierigkeit, G ökonomisch sinnvoll zu messen. Wie aus der Kapitaltheorie bekannt, ist dies auch für einen privaten Kapitalstock eine große Schwierigkeit. Eine auf physischen Einheiten beruhende Messgröße ist nur unter ganz bestimmten theoretischen Voraussetzungen ökonomisch sinnvoll, da hier das Problem der Summierung von „Äpfeln und Birnen“ vorliegt. Dennoch verwenden einige sektorspezifische Studien Maßzahlen wie etwa die Anzahl der Telefonanschlüsse in einem Land (für die Telekommunikation) oder die Anzahl befestigter Straßenkilometer (im Verkehr). Für weniger disaggregierte Studien,

die z. B. nicht nur die Straßeninfrastruktur, sondern die Verkehrsinfrastruktur als Ganzes im Blick haben, scheinen jedoch solche Maßzahlen weniger geeignet.

Der naheliegende Ausweg, zur Messung von G Geldgrößen zu verwenden, wird zwar in den meisten Studien beschränkt, ist aber ebenfalls nicht unproblematisch, da eine korrekte Bestimmung des volkswirtschaftlichen Wertes von G eine Einigung darüber voraussetzt, was mithilfe von Verkehrsinfrastruktur eigentlich produziert wird. Der ökonomisch sinnvolle Wert von G wäre aus theoretischer Sicht der Barwert aller mithilfe von G erzeugten volkswirtschaftlichen Erträge (Ertragswertmethode). Dies aber wirft die schwer zu beantwortende Frage auf, welche „Dienste“ der Infrastruktur diesen volkswirtschaftlichen Erträgen zugrundeliegen und wie sie gemessen werden können. Es handelt sich um mehr als nur die Anzahl der bewegten Pkw oder Lkw bzw. der generierten Personen- oder Tonnenkilometer. Investitionen in Verkehrsinfrastruktur erzeugen sowohl Zeitersparnisse, eine verbesserte Erreichbarkeit, ein höheres Maß an Verkehrssicherheit, eine Verbesserung (oder Verschlechterung) der Umweltqualität, und anderes mehr. Diese Outputs der Verkehrsinfrastruktur sind im Allgemeinen analytisch schwer zu greifen.

Selbst wenn aber der Output von G klar zu definieren wäre, bliebe immer noch das Problem der monetären Bewertung. Im Allgemeinen werden die Dienste von Infrastrukturgütern nicht am Markt gehandelt. Zwar entschließt sich die Politik neuerdings in stärkerem Maße zur Erhebung von Infrastrukturnutzungsgebühren (z. B. Mauten, Trassenpreise, Start- und Landegebühren), in der überwiegenden Zahl der Fälle kommt das Preisinstrument aber noch nicht zum Einsatz. Auch die Infrastrukturgüter selbst werden nicht auf Märkten gehandelt. Dies hat zwei Konsequenzen: Zum einen gibt es keinen volkswirtschaftlich korrekten Wert für G , da ein solcher aus dem Wert der Infrastrukturdienste folgen würde. Zum anderen ist die klassische Grenzprodukttheorie nicht anwendbar, da es kein klar definiertes Grenzprodukt von G gibt (vgl. Romp und de Haan, 2005). Damit wird aber auch die Bestimmung der volkswirtschaftlichen Erträge einer Verkehrsinfrastrukturinvestition schwierig, bzw. es wird schwierig, die auf der Basis des Produktionsfunktionsansatzes erzielten Ergebnisse sinnvoll zu interpretieren. Einige Autoren halten diesen Einwand für so gravierend, dass sie die Verwendung einer Produktionsfunktion in dieser Art von Studien rundheraus ablehnen und anderen Ansätzen, wie etwa dem Kostenfunktionsansatz, den Vorzug geben.

Der pragmatische Ausweg aus diesen Schwierigkeiten des Produktionsfunktionsansatzes, der in den meisten Studien auch eingeschlagen wird, besteht darin, die genannten Probleme zu ignorieren und sich für G an den üblichen Aggregaten der VGR zu orientieren, also an der volkswirtschaftlichen Anlagevermögensrechnung, wie sie speziell im Verkehr für Deutschland etwa mithilfe des Perpetual Inventory Konzepts des DIW (LINK et al. 1999) oder der Synthetischen Methode von Prograns/TWW (2007) durchgeführt wird. Auch diese Verfahren sind jedoch nicht frei von Problemen. Das Perpetual Inventory Concept beispielsweise muss einerseits Annahmen über Lebensdauern und Abschreibungen treffen, die sich von Infrastruktur zu Infrastruktur stark unterscheiden können, andererseits fußt es auf einem Ausgangskapitalstock, der historisch teilweise weit zurückliegt und mithilfe langer

Zeitreihen von Zu- und Abgängen fortgeschrieben werden muss. Je weiter sich das Perpetual Inventory in die Vergangenheit erstreckt, desto unsicherer werden die ermittelten Werte des Anlagevermögens. Im Gegensatz dazu basiert die Synthetische Methode zwar auf einer aktuellen Bestandsaufnahme des Infrastrukturkapitalstocks, muss aber bei der Bewertung der Vermögensgegenstände teilweise von unsicheren Schätzungen oder stark fluktuierenden Preisen Gebrauch machen.

Aschauer bediente sich der offiziellen Statistik und nahm zusätzlich für die obige Produktionsfunktion F die verallgemeinerte Cobb-Douglas-Form an:

$$Y = AK^\alpha L^\beta G^\gamma.$$

Logarithmiert wird dies zu:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L + \gamma \ln G,$$

bzw.

$$y = a + \alpha k + \beta l + \gamma g.$$

Unter Hinzufügung eines stochastischen Störterms ε ergibt sich damit die lineare Schätzgleichung:

$$y_t = a + \alpha k_t + \beta l_t + \gamma g_t + \varepsilon_t.$$

Spätere Nachfolgestudien verwenden Paneldaten, sodass jede Variable in dieser Schätzgleichung noch einen zusätzlichen Index i erhält:

$$y_{it} = a_i + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \gamma g_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Der Index i bezieht sich hier auf die i -te Beobachtungseinheit (z. B. Land Nr. i , Region Nr. i oder Sektor Nr. i) und t ist wiederum ein Zeitindex. In späteren Studien wird die Schätzgleichung zum Teil noch um andere Variablen erweitert, z. B. einen Index der Kapazitätsauslastung (um konjunkturelle Schwankungen zu berücksichtigen). a_i bezeichnet einen für die Beobachtungseinheit Nr. i spezifischen, zeitlich invarianten Effekt.

Die Beliebtheit der Cobb-Douglas-Spezifikation rührt nicht zuletzt daher, dass der Parameter γ direkt als Outputelastizität des Infrastrukturkapitals interpretiert werden kann. Mit anderen Worten: Eine einprozentige Zunahme des Infrastrukturkapitalstocks in einer Periode steigert den volkswirtschaftlichen Output um γ Prozent. Der mathematische Ausdruck dieser Elastizität ist:

$$\gamma = \frac{\partial Y}{\partial G} \cdot \frac{G}{Y}.$$

Hierbei ist $\frac{\partial Y}{\partial G}$ die Grenzproduktivität des öffentlichen Kapitals. Einige Studien verwenden deshalb auch diese Größe als Maß der Rentabilität für eine zusätzliche Investition in Infrastrukturkapital.

Man kann nun zusätzliche Forderungen an die Parameter α , β und γ stellen. Häufig wird angenommen, dass der Teil der Produktionsfunktion, der den „privaten Teil“ der obigen Produktionsfunktion beschreibt (K, L), konstante Skalenerträge aufweist ($\alpha + \beta = 1$), durch das Hinzufügen der öffentlichen Infrastruktur aber zunehmende makroökonomische Skalenerträge entstehen ($\alpha + \beta + \gamma > 1$). Man könnte dies so interpretieren, dass die Unternehmen im privaten Sektor im Durchschnitt mit der optimalen Betriebsgröße produzieren, der Staat aber durch die Bereitstellung öffentlicher Inputs (der Infrastruktur), makroökonomisch gesehen, positive Skalenerträge auslöst. Eine andere Annahme ist die Kombination $\alpha + \beta < 1$ und $\alpha + \beta + \gamma = 1$. Dieser Fall könnte etwa bei Überlastung der privaten Produktionsfaktoren auftreten, darunter der privaten Infrastruktur. Dadurch, dass der Staat die Infrastruktur G bereitstellt, werden makroökonomisch konstante Größenvorteile möglich. Man kann ökonomisch testen, welche der beiden Annahmen über die Parameter α , β und γ für eine bestimmte Ökonomie konkret vorliegt.

Aschauer fand ein γ zwischen 0,38 und 0,56 für die Infrastruktur als Ganzes. Mit anderen Worten, eine Zunahme der Infrastrukturinvestitionen um 1 % bewirkt einen Zuwachs des BIP um 0,38 % bis 0,56 %. Damit war die These erhärtet, dass der Rückgang der Infrastrukturausgaben im Zeitraum der Jahre 1949 bis 1985 in den USA einen hohen Anteil der Abschwächung des Produktivitätswachstums erklären konnte. Den größten Einfluss hatte dabei der von ihm als „Kerninfrastruktur“ bezeichnete Bereich, also Verkehrs- und Telekommunikationsinfrastruktur, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung.⁵ Gramlich (1994) kritisiert in seiner Darstellung der Aschauer-Debatte, dass die von Aschauer gefundenen Werte eine unplausibel hohe Verzinsung des öffentlichen Kapitals implizieren. Verwende man die obige Elastizitätsformel für γ und setze aus der damaligen Statistik Werte für G und Y ein und unterstelle ferner den von Aschauer geschätzten oberen Wert $\gamma = 0,56$, so ergäben sich für das Grenzprodukt des öffentlichen Kapitalstocks, $\frac{\partial Y}{\partial G}$, Werte von über 100 %.⁶ Dies hätte die üblicherweise akzeptierten volkswirtschaftlichen Renditen des privaten Kapitals erheblich übertroffen und hätte auf einen massiven Investitionsbedarf im öffentlichen Sektor hingedeutet (Bom und Lighthart, 2008).

Diese Größenordnung der Schätzung Aschauers wurde in nachfolgenden Studien signifikant reduziert. Heute werden die Produktivitätselastizitäten in der EU eher in der Größenordnung von 0,1 bis 0,2 angesiedelt, für die Verkehrsinfrastruktur liegen sie im Durchschnitt noch deutlich darunter, nämlich durchschnittlich bei 0,05 bis 0,06.⁷ Bevor darauf

⁵ Dieser Begriff von Kerninfrastruktur weicht von dem in diesem Gutachten bereits erwähnten Begriff der Kerninfrastruktur ab. Er umfasst insbesondere nicht den Bereich der Bildung.

⁶ Gramlich (1994) setzt den Bruch G/Y für den von Aschauer betrachteten Zeitraum zwischen 0,4 und 0,5 an.

⁷ Für die öffentliche Infrastruktur als Ganzes siehe Afraz et al. (2006), für den Verkehr Melo et al. (2013). Bom und Lighthart (2008) geben in ihrer Metaanalyse einen leicht höheren Wert von 0,08 an.

näher eingegangen wird, soll die Kritik am vorgestellten Vorgehen dargestellt werden, wodurch auch die generelle Problematik dieser Art von Studien deutlich wird: Der wichtigste Kritikpunkt ist der, dass Ein-Gleichungs-Schätzungen dieser Art per definitionem kein vollständig spezifiziertes Modell der Volkswirtschaft enthalten. Als Folge bleiben notwendigerweise wichtige Kausalitäts- und Wechselwirkungen unberücksichtigt. Ein Beispiel bildet der Crowding-Out-Effekt, demzufolge öffentliche Investitionen private Investitionen verdrängen können. Crowding-Out entsteht u. a. durch die Erhöhung des Zinsniveaus, die durch die Kreditnachfrage der öffentlichen Hand hervorgerufen wird. Selbst wenn also Verkehrsinvestitionen positive Produktivitätseffekte haben, könnte der Crowding-Out-Effekt diesen Effekt wieder verringern oder sogar kompensieren. Weiterhin wird in den meisten Studien die Finanzierung, also die volkswirtschaftlichen Kosten der zusätzlichen Infrastrukturinvestitionen, vernachlässigt.

Besondere methodische Schwierigkeiten schafft das Problem der zweiseitigen oder umgekehrten Kausalität (reverse causality). Ist die Produktivität hoch, weil die Infrastrukturinvestitionen hoch sind, oder umgekehrt, sind die Infrastrukturinvestitionen hoch, weil Produktivität und Wachstum hoch sind? Infrastruktur mag Produktivitätseffekte haben, sie wird jedoch in hohem Maße aus Steuern finanziert, die ihrerseits aus den Einkommen der Bevölkerung stammen und damit wieder vom volkswirtschaftlichen Output abhängen. Wird die Möglichkeit dieser zweiseitigen Kausalität vernachlässigt, droht eine Überschätzung der Wachstums- und Produktivitätseffekte von Infrastrukturinvestitionen. Intuitiv gesprochen, würde zweiseitige Kausalität ja bedeuten, dass man statt nur einer Gleichung, welche die eine Kausalitätsrichtung abbildet, noch eine zweite Gleichung schätzen müsste, die die andere Kausalitätsrichtung beschreibt und damit den Effekt der ersten Gleichung quasi um den gegenläufigen Effekt korrigiert.

Im Allgemeinen wird üblicherweise versucht, Kausalitätsprobleme dieser Art ökonometrisch durch die Verwendung eines simultanen Gleichungsmodells und/oder der Verwendung von Instrumentalvariablen zu lösen (Thomas, 1997). Die Verwendung eines simultanen Gleichgewichtsmodells bedeutet, dass der reinen Produktionsfunktion mindestens eine weitere Gleichung hinzugefügt wird, die die Bestimmungsfaktoren der Infrastrukturinvestitionen näher beschreibt. Auf diese Weise erhält das zu schätzende Modell „mehr Struktur“. In der Nachfolge der ersten Aschauer-Studie hat sich gezeigt, dass diese Vorgehensweise die geschätzten Produktivitätseffekte im Fall der USA tatsächlich deutlich verringert (Charlotte und Schmitt, 1999).

Andere Möglichkeiten das Kausalitätsproblem zu lösen, bestehen in der Verwendung geeigneter, auf den Spezialfall zugeschnittener, inhaltlicher Tests. Ein gutes Beispiel dafür, speziell im Verkehrssektor, findet sich in einer Studie des US-amerikanischen Fernstraßensystems zwischen 1953 und 1989 (Fernald, 1999). Wenn Daten für genügend Sektoren vorliegen, kann verglichen werden, ob Verkehrsinfrastrukturinvestitionen in besonders transportintensiven Branchen einen höheren Produktivitätseffekt haben als in weniger transportintensiven. Sollte dies zutreffen, wäre dies ein Indiz dafür, dass die Kausalität überwiegend von der Verkehrsinfrastruktur zum Output läuft anstatt umgekehrt. Fernald

(1999) misst die Transportintensität einer Branche (in Bezug auf Straßennutzung) anhand der Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge und bestätigt die aufgestellte Testhypothese. Seine numerischen Werte der Produktivitätseffekte öffentlicher Verkehrsinfrastruktur sind für das Straßennetz der USA nach 1973 jedoch nur noch sehr gering.

Werden Produktivitätswirkungen in einzelnen Branchen untersucht (z.B. in verkehrsaffinen Industrien statt in der Volkswirtschaft als Ganzes), kann argumentiert werden, dass auch aus politökonomischen Gründen die Kausalität eher von der Infrastruktur zu den Produktivitätseffekten läuft als umgekehrt (Cohen und Morrison, 2003).⁸ Das ökonomische Gewicht einzelner Branchen sei zu gering, so das Argument, um politische Entscheidungen für oder gegen einen Infrastrukturausbau auszulösen. Dieses Argument ist jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Es könnte sein, dass kleine, gut organisierte Gruppen ihre Interessen effektiver und erfolgreicher durchsetzen können als große Gruppen, die eventuell nur zu sehr hohen Transaktionskosten in eine einheitliche Richtung organisiert werden können.

In den Arbeiten von Kemmerling und Stephan (2002, 2008) sowie Cadot et al. (1999) beispielsweise gibt es in der Tat politökonomische Einflüsse, die einen Zusammenhang zwischen Infrastrukturinvestitionen und Lobbying herstellen. Im Fall der Studie von Cadot et al. (1999) handelt es sich um das Lobbying französischer Regionen. Interessanterweise zeigt sich aber in diesem Fall, dass die Einbeziehung der politischen Einflussnahme die Ergebnisse einer einfachen Produktionsfunktionsschätzung mithilfe einer Kleinste-Quadrate-Schätzung (KQ) kaum verändert. Beide Schätzungen führen zu einem Wert für γ von rund 0,10. Kemmerling und Stephan (2002) berücksichtigen in einer Studie für 87 deutsche Städte mit Daten aus den 1980er Jahren ebenfalls politisches Lobbying. Sie erhalten eine Outputelastizität von 0,17.

Weitere Kritikpunkte am Produktionsfunktionsansatz beziehen sich auf die verwendete Cobb-Douglas-Spezifikation der Produktionsfunktion und auf ökonometrische Probleme. Hinsichtlich der Cobb-Douglas-Spezifikation ist zu bemerken, dass sie einerseits eine Substitutionselastizität von eins zwischen allen Inputfaktoren beinhaltet (Henderson und Quandt, 1971). Daraus lässt sich bereits rein mathematisch ableiten, dass eine Zunahme des öffentlichen Infrastrukturkapitalstocks die Grenzprodukte der beiden privaten Inputs, Kapital und Arbeit, erhöht (Afraz et al., 2006). Dies sollte jedoch nicht vorausgesetzt werden, sondern sich erst empirisch als Resultat der Schätzung ergeben. Zudem impliziert die Annahme der Cobb-Douglas-Form eine konstante Outputelastizität (γ), unabhängig vom bereits erreichten Outputniveau. Bei Schätzungen auf der Grundlage von Paneldaten bedeutet dies, dass strukturell sehr verschiedenartigen Ländern oder Regionen durch die Cobb-Douglas-Spezifikation das gleiche γ gewissermaßen „aufgezwungen“ wird.

Einige Studien ersetzen die Cobb-Douglas-Spezifikation deshalb durch flexiblere funktionale Formen, wie etwa die Translog-Funktion, die als eine Taylor-Approximation an die

⁸ Die Arbeit von Cohen und Morrison (2003) stellt eine Kostenfunktion, keine Produktionsfunktion, in den Mittelpunkt. Dieser Aspekt ist aber für das hier vorgetragene Argument nicht von Bedeutung.

wahre Produktionsfunktion aufgefasst werden kann.⁹ Die Translog-Funktion erfordert aber einerseits einen hohen Datenumfang, weil sie sehr viele Freiheitsgrade verbraucht; andererseits kämpfen Schätzungen, die sie verwenden, mit starken Multikollinearitätsproblemen, da sie neben den Schätzvariablen selber auch deren Produkte und Quadrate enthält.

Weitere ökonometrische Probleme ergeben sich, wenn die Schätzungen der Produktionsfunktion mithilfe von Zeitreihen durchgeführt werden und wenn einige der zu schätzenden Variablen statistisch „nichtstationär“ sind.¹⁰ Grob gesprochen handelt es sich bei nichtstationären Variablen um solche, die einem langfristigen Trend unterliegen. In diesem Fall kann eine naive Verwendung der üblichen ökonometrischen Schätzverfahren zu einer Scheinkorrelation (spurious correlation) zwischen den Variablen führen. Um dieses Problem zu umgehen, nutzen neuere Studien üblicherweise eine Schätzung in ersten Differenzen der Variablen. Viele nichtstationäre Variablen können durch diese Transformation in stationäre Variablen transformiert werden. So zeigt etwa das BIP in den meisten Industrieländern einen mehr oder weniger stetigen Aufwärtstrend, nicht jedoch die jährlichen Veränderungsrate. Wird in unserem Fall die Produktivitätsschätzung in ersten Differenzen durchgeführt, zeigt sich, dass in der Tat der Koeffizient γ drastisch sinkt. In einer frühen Arbeit von Tatom (1991) beispielsweise, die als Kritik der ersten Aschauer-Studie gedacht war, sinkt γ vom Wert 0,27 in einer Schätzung nach der Art von Aschauer auf einen Wert von 0,04, der zudem statistisch nicht signifikant ist. Tatom (1991) lehnt deshalb die Hypothese ab, dass Infrastrukturinvestitionen einen Effekt auf den volkswirtschaftlichen Output hätten. Andere Untersuchungen nach ihm haben dieses Nullergebnis nicht unbedingt bestätigt, kommen aber zu ähnlich niedrigen Größenordnungen. Sturm und de Haan (1995) konnten zeigen, dass eine Schätzung der Produktionsfunktion mit amerikanischen Daten nennenswerte Wachstumseffekte aufweist, dass aber beim Übergang zu ersten Differenzen kein statistisch signifikanter Wert mehr nachweisbar ist. Allerdings ist die Schätzung in ersten Differenzen nicht unumstritten. Es ist nämlich möglich, dass der damit geschätzte Variablenzusammenhang lediglich für die kurze Frist zutreffend ist, aber wenig über den langfristigen funktionalen Zusammenhang der absoluten Niveaus der betrachteten Variablen aussagt (Thomas, 1997). Dies ist aber gerade das hier interessierende Thema.

Ein weiteres bekanntes ökonometrisches Problem entsteht, wenn in der Schätzgleichung wesentliche Variablen nicht berücksichtigt werden (Fehlspezifikation, bzw. „omitted variable bias“). Tatom (1991) hat diesen Vorwurf gegenüber Aschauers erster Studie schon sehr früh erhoben und die Ansicht vertreten, dass eine Variable für die Energiekosten in die Schätzung aufgenommen werden sollte. Dabei übersah er allerdings, dass Preise eher in Kostenfunktionen gehören, nicht jedoch in eine Produktionsfunktion (Gramlich, 1994). Für weitere Einzelheiten zum Problem der Fehlspezifikation der Schätzgleichung und zu weiteren ökonometrischen Problemen, die bei der Schätzung einer makroökonomischen Produk-

⁹ Die Translog-Funktion verwenden z. B. Canning und Benathan (2000), Charlot und Schmitt (1999), Albaladejo und Mamatzakis (2004) sowie Everaert und Heylen (2004). Weitere Quellen finden sich in Compete (2006).

¹⁰ Für eine ausführliche Darstellung, siehe Tatom (1991). Zur Definition und Problematik nichtstationärer Zeitreihen, siehe z. B. Thomas (1997) oder jedes andere gute Lehrbuch der Ökonometrie.

tionsfunktion typischerweise auftauchen, sei auf die eingangs zitierten Übersichten von Romp und de Haan (2005) und Afraz et al. (2006) verwiesen.

Ein interessantes Schlaglicht auf die bisher besprochenen Studien werfen aus einem anderen Blickwinkel Arbeiten, die statt einer traditionellen deterministischen Produktionsfunktion die Schätzung einer stochastischen Produktionsgrenze (Stochastic Frontier) in den Mittelpunkt stellen, sogenannte SFA-Ansätze (Delorme et al., 1999). Der neue Aspekt dieser Ansätze liegt grob gesprochen in Folgendem: Die bisher besprochenen Arbeiten schätzen gewissermaßen eine durchschnittliche Produktionsfunktion auf Basis der beobachteten Variablenwerte. Dabei wird, wie in der mikroökonomischen Theorie üblich, die Abwesenheit von technischer Ineffizienz unterstellt. Der Stochastic-Frontier-Ansatz hingegen lässt die Möglichkeit von technischer Ineffizienz zu und bestimmt aus den Daten ökonometrisch die „best practice“ Produktionsfunktion. Daraus leitet der Ansatz etwaige Effizienzdefizite ab, die möglicherweise durch einen höheren Einsatz an öffentlicher Infrastruktur behoben werden könnten. Mit anderen Worten, der *potentielle* (anstatt des tatsächlichen) Output einer Volkswirtschaft oder einer Region könnte durch eine Verbesserung der öffentlichen Infrastruktur gesteigert werden. Dieser Aspekt ist hier insofern von Bedeutung, als dieser Zusammenhang möglicherweise in den empirischen Schätzungen zu einer Überschätzung des Einflusses der öffentlichen Infrastruktur auf das Outputwachstum führen könnte. Wenn der öffentliche Kapitalstock die technische Ineffizienz verringert, diese Verringerung aber den volkswirtschaftlichen Output erhöht, dann hat die Ausblendung der technischen Ineffizienz den Effekt, dass in den bisherigen Schätzergebnissen der Einfluss der öffentlichen Infrastruktur überschätzt wird (Delorme et al., 1999). Zur Vermeidung dieser Überschätzung sollte nach Meinung der den SFA-Ansatz vertretenden Autoren in den Produktionsfunktionsschätzungen explizit eine Variable für die technische (In-)Effizienz berücksichtigt werden. Dies gilt zumindest kurzfristig. Im langfristigen Gleichgewicht sollten Ineffizienzen abgebaut und deshalb beide Ansätze äquivalent sein (Bom und Ligthart, 2008). Eine Berücksichtigung der technischen Ineffizienz stellt jedoch einen Bruch mit der herkömmlichen mikroökonomischen Theorie dar, in der bereits bei der Aufstellung der Produktionsfunktion Effizienz vorausgesetzt wird. Die SFA wird häufig zusammen mit der sogenannten DEA behandelt, auf die weiter unten in diesem Abschnitt eingegangen wird.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass es speziell im Verkehrsbereich schwierig ist, den Output des öffentlichen Kapitalstocks G zu bestimmen und dass deshalb letztlich auch die ökonomische Faktornachfragetheorie nicht anwendbar sei. Der Grund liegt darin, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle weder für die Dienste der öffentlichen Infrastruktur noch für die entsprechenden Kapitalgüter Marktpreise existieren. Fernald (1999) hat, wie bereits erwähnt, versucht, diese Schwierigkeit zu überwinden, indem er anstelle des *Bestands* an Infrastrukturkapital die mit der Infrastruktur produzierten *Dienste* in das Zentrum der Betrachtung stellt. Die Outputeinheiten dieser Dienste sind definierbar und es existieren sehr häufig Marktpreise, sodass beide gerade genannten Probleme nicht auftreten. Auch dann, wenn die Verkehrsinfrastruktur nicht direkt bepreist wird (etwa durch eine Maut), müssen die Unternehmen doch für die mit ihr erbrachten Transportleistungen einen Marktpreis

entrichten. Fernald (1999) kann deshalb ohne die genannte Inkonsistenz für jede Branche folgende Produktionsfunktion aufstellen:

$$Q_i = U_i F_i(K_i, L_i, T_i(V_i, G)).$$

Hierbei ist Q_i der Output von Branche i , K_i und L_i ihr Kapital- bzw. Arbeitseinsatz und U_i ein Lageparameter, der den Stand des technischen Wissens angibt. T_i bezeichnet die von der Branche nachgefragten Transportleistungen, die von dem Bestand an Straßeninfrastruktur G und dem in der Branche verwendeten Fahrzeugpark V_i abhängt.

Mit diesem Ansatz lassen sich über den Zusammenhang von T_i und G auch die Produktivitätseffekte von Staus und von Netzwerkeffekten modellieren. Mehr Transportleistungen T_i , die mit einer festen Straßeninfrastruktur G erzeugt werden müssen, können zu Staus und damit zu Produktivitäts- und Wachstumsverlusten führen. Ebenso sind in der Aufbau- phase eines Transportnetzes die Netzwerkeffekte zumeist hoch. Sie nehmen aber in der Reifephase des Netzes deutlich ab, bis schließlich weitere Investitionen in zusätzliche Verbindungen kaum noch Produktivitätseffekte erzeugen. Fernald (1999) schätzt, dass vor der weitgehenden Fertigstellung des US-Highway-Netzes Anfang der 1970er Jahre zusätzliche Investitionen in die Straßeninfrastruktur einen Anteil von 1,4 % p. a. des Wirtschaftswachstums ausmachten, nach 1973 jedoch nur noch 0,4 %.¹¹ Ein ähnliches Ergebnis erzielten Nadiri und Mamaneus (1998) schon früher (Lakshmanan und Anderson, 2002). In einer aktuellen Studie von 2012 beobachten Jiwattanakupaisarn et al. (2012) für 48 benachbarte US-Bundesstaaten in der Periode zwischen 1984 und 2005 eine Outputelastizität von 0,0035 bis 0,0039. Die Infrastrukturvariable ist dabei die Dichte des Straßennetzes.

Ein weiteres, speziell für die Verkehrsinfrastruktur wichtiges, inhaltliches Problem besteht darin, dass die schlichte Ergänzung einer makroökonomischen Produktionsfunktion um ein Aggregat G nicht in der Lage ist, die räumlichen Dimensionen der Eigenschaften einer Verkehrsinfrastruktur einzufangen, insbesondere ihren Netzcharakter. De la Fuente und Vives (1997) versuchen, die räumliche Dimension von G zumindest zum Teil zu berücksichtigen, indem sie zunächst über einen Zwischenschritt den Effekt auf die Transportkosten modellieren. Sie unterstellen, dass der volkswirtschaftliche Output in einer Region i positiv von der Produktion von Zwischenprodukten Y_i und negativ von den Transportkosten C_i abhängt. Die Transportkosten C_i ihrerseits hängen vom regionalen öffentlichen Infrastrukturbestand G_i und der Landmasse der Region S_i ab, die als Näherungsvariable für die im Schnitt zurückzulegenden Entfernungen angesetzt wird. Diese Annahmen lassen sich in der folgenden regionalen Cobb-Douglas-Produktionsfunktion abbilden:

$$Q_i = A_i K_i^\alpha L_i^\beta H_i^\mu G_i^\gamma S_i^{1-\alpha-\beta-\gamma}$$

wobei K_i und L_i die zur Produktion der Zwischenprodukte verwendeten Inputs Kapital und Arbeit bezeichnen und H_i den Humankapitalbestand pro Kopf. De la Fuente und Vives

¹¹Es geht hier begrifflich um 1,4 % bzw. 0,4 % von x % Wachstum.

(1997) errechnen eine Outputelastizität der öffentlichen Infrastruktur von 0,21. Interessant ist der Vergleich mit der Outputelastizität von Schulbildung, die in dieser Studie 0,56 beträgt.

Die Bedeutsamkeit räumlicher Aspekte zeigt sich auch, wenn für die Schätzung anstatt Zeitreihendaten auf nationaler Ebene regionale Paneldaten verwendet werden, etwa mit Bundesstaaten (im Fall der USA) oder Regionen (wie häufig in Europa) als Beobachtungseinheiten. Die Ergebnisse für Nationen als Ganzes liegen oft höher als für Regionen, weil auf der nationalen Ebene Spillover-Effekte regionaler Investitionen in Infrastrukturkapital wirksam werden und auf die Schätzergebnisse durchschlagen.

Es ist hier nicht möglich, alle bisher durchgeführten Produktionsfunktionsstudien darzustellen. Eine tabellarische Übersicht findet sich in Romp und de Haan (2005), bei Afraz et al. (2006). Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Produktivitäts- und Wachstumseffekte von Infrastrukturinvestitionen in entwickelten Ländern deutlich geringer sind, als es in den ersten Untersuchungen zu diesem Thema ermittelt worden war. Einige Studien finden zwar immer noch γ -Werte von 0,30; in der Mehrzahl der Fälle liegen die Werte jedoch eher unter 0,15. Dabei geht es zumeist um die Kerninfrastruktur als Ganzes. Bei einem Fokus auf die Verkehrsinfrastruktur liegen die γ -Werte bei etwa 0,05. Es zeigt sich darüber hinaus, dass die Effekte je nach Art der betrachteten Infrastruktur, nach Ländern/Regionen und nach Branchen sehr stark differieren können. Dabei kann auch durchaus der Fall auftreten, dass einige Regionen auf Kosten der anderen profitieren. In hochentwickelten Ländern, wo die vorhandene Infrastruktur bereits gut ausgebaut ist, entfalten zusätzliche Investitionen nur noch verhältnismäßig geringe zusätzliche Produktivitäts- und Wachstumsimpulse. Dort kann aber natürlich das Problem der Überlastung auftreten. Hinzu kommt die bereits mehrfach erwähnte Tatsache, dass Infrastrukturinvestitionen stets in einem geeigneten institutionellen Umfeld erfolgen müssen. Die Weltbank spricht davon, dass Infrastrukturinvestitionen allein nicht ausreichen, um nachhaltig steigendes Wachstum zu erzeugen (World Bank, 1994).¹² Dies bestätigt die in der allgemeinen Literatur zur Infrastrukturpolitik immer wieder betonte Komplementarität zwischen materieller und immaterieller Infrastruktur (Jochimsen 1966).

Insgesamt hinterlassen die Produktionsfunktionsstudien hinsichtlich ihrer Aussagekraft ein zwiespältiges Bild. Dies bezieht sich nicht nur auf ihre methodischen Probleme, sondern vor allem auf die mangelnde Berücksichtigung des Netzcharakters wichtiger Teile der volkswirtschaftlichen Infrastruktur (etwa in der Energieversorgung, der Telekommunikation oder dem Verkehr). Insbesondere im Verkehr könnte die Produktivität der Infrastruktur entscheidend von der Kapazität und Funktionsfähigkeit der einzelnen Knoten und Kanten bestimmt werden. Die Instandsetzung oder Kapazitätserweiterung einer wichtigen Kante könnte die Produktivität des gesamten Netzes eventuell stärker erhöhen als eine globale Anhebung der Netzqualität durch Ersatz- oder Erweiterungsinvestitionen, die gleichmäßig

¹²„Infrastructure investment is not sufficient on its own to generate sustained increases in economic growth“ (World Bank, 1994)

auf alle Kanten und Knoten verteilt werden. Das gleiche könnte für die Beseitigung von Engpässen gelten. Investitionsstrategien, die gezielt auf solche punktuellen Produktivitätssteigerungen hinwirken, sind möglicherweise für die gegenwärtige Infrastrukturdebatte von hoher Bedeutung. Produktionsfunktionsstudien der geschilderten Art sind zu hoch aggregiert, um zur Entwicklung solcher Strategien viel beitragen zu können.

4.2 Kostenfunktionsschätzungen

Die gerade ausführlich geschilderten Probleme des Produktionsfunktionsansatzes haben mehrere Autoren veranlasst, statt einer Produktionsfunktion eine Kostenfunktion zur Basis ihrer Schätzungen zu machen. Allerdings ist die Anzahl der Studien, die eine Kostenfunktionsschätzung durchführen bis jetzt, geringer als die Anzahl der Produktionsfunktionsschätzungen.

Eine makroökonomische Kostenfunktion hat die Gestalt $C = C(Y, w, X)$, wobei Y den volkswirtschaftlichen Output, w einen Vektor oder Index von Faktorpreisen und X einen Vektor exogener Einflussgrößen bezeichnet, wie insbesondere den technischen Fortschritt. X wird sehr häufig summarisch in der Form eines Zeittrends modelliert. Y und w sind in diesem Ansatz endogene Größen.

Analog zum Vorgehen bei der Produktionsfunktion wird nun diese Funktion um den öffentlichen Infrastrukturbestand G erweitert, sodass die Funktion zu $C = C(Y, w, X, G)$ wird. Für die Nutzung von G wird kein Marktpreis entrichtet, da es vom Staat „frei“ zur Verfügung gestellt wird. Dies trifft natürlich nur dort zu, wo keine Infrastrukturnutzungsgebühren erhoben werden.¹³ Selbst wenn Infrastruktur „kostenlos“ zur Verfügung gestellt wird, muss ein repräsentatives Unternehmen aber immer noch entscheiden, *wie viel* es an Infrastrukturdiensten in Anspruch nehmen will. Diese Entscheidung wird es im Rahmen seines Gewinnmaximierungskalküls treffen. Deshalb verwenden einige Studien statt eines Kostenfunktionsansatzes einen Gewinnfunktionsansatz.¹⁴ Da Kostenminimierung und Gewinnmaximierung Verhaltensannahmen an die Unternehmen sind, laufen beide Ansätze in der Literatur häufig auch unter der Bezeichnung „behavioural approach“. Ferner geht es bei diesen Untersuchungen letztlich eher um Kostensenkungseffekte öffentlicher Infrastruktur als um makro- oder regionalökonomische Wachstumseffekte. Die empirische Messgröße, an der bei Kostenfunktionsstudien der Produktivitätseffekt von öffentlichem Infrastrukturalkapital festgemacht werden kann, ist die Kostenelastizität des Infrastruktureinsatzes, mathematisch gesehen also die Größe:

$$\varepsilon = \frac{\partial C}{\partial G} \cdot \frac{G}{C}$$

¹³ Natürlich wird die Verkehrsinfrastruktur niemals „frei“ zur Verfügung gestellt, selbst dann, wenn keine Nutzungsgebühren, etwa nach dem Muster der deutschen Lkw-Maut erhoben werden. Die Unternehmen sind über Steuern immer an der Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur beteiligt. Hier geht es darum, dass sie diesen Aspekt bei ihrer Nachfrageentscheidung nach Nutzung nicht berücksichtigen.

¹⁴ Afraz et al. (2006) zeigen, dass unter bestimmten Bedingungen die beiden Ansätze theoretisch äquivalent sind.

Sie gibt an, um wie viel Prozent sich die Kosten C (in der Volkswirtschaft insgesamt, in einer Region, in einer Branche, in einem Unternehmen) verringern, wenn der Infrastrukturbestand G um ein Prozent zunimmt und alle anderen Größen konstant bleiben. Sie fangen damit also den sich in Kostensenkungen umsetzenden Produktivitätseffekt einer Vergrößerung des Infrastrukturbestandes ein. Der Produktivitätseffekt kommt dadurch zustande, dass der gegebene Output Y bei einem höheren Infrastrukturbestand G mit einem geringeren Einsatz der privaten Inputs K und L produziert werden kann. Der Ausdruck:

$$p = -\frac{\partial C}{\partial G},$$

der sich bei bekannten C und G errechnen lässt, wird auch als Schattenpreis der öffentlichen Infrastruktur bezeichnet. Er gibt an, um wie viel Euro sich die Kosten im privaten Bereich verringern, wenn der öffentliche Infrastrukturbestand um 1 Euro erhöht wird. Ein positiver Wert von p bedeutet also, dass sich die Kosten im privaten Sektor verringern. Bei einer vollständigen Betrachtung der Effekte von Infrastrukturinvestitionen wäre dieser Wert allerdings mit den der Gesellschaft entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten zu vergleichen. Dieser Schritt unterbleibt aber in den meisten Studien.

Unter den Vorteilen des Kostenfunktionsansatzes, die in der Literatur genannt werden, sind die zwei folgenden hervorzuheben. Erstens ist man bei der Wahl der funktionalen Form für C freier. Im Gegensatz zum Produktionsfunktionsansatz, bei dem die Cobb-Douglas-Form vorherrscht, greifen beim Kostenfunktionsansatz nur wenige Studien auf diese funktionale Spezifikation zurück. Zum Einsatz kommen die Translog-Funktion, quadratische Funktionen und die Leontief-Funktion. Oben wurde gesagt, dass sich zwar auch im Fall des Produktionsfunktionsansatzes andere, flexiblere Formen, wie die Translog-Funktion, im Prinzip anbieten würden, dass diese aber mit dem Problem der Multikollinearität zu kämpfen haben. Dieses Problem ist bei der Schätzung einer Translog-Kostenfunktion geringer, da hier von einem Satz der Mikroökonomie (Shephards Lemma) Gebrauch gemacht werden kann, der es erlaubt, neben der zu schätzenden Kostenfunktion ein System von Zusatzgleichungen aufzustellen (die sogenannten Kostenanteilsleichungen), welche die Schätzparameter der Kostenfunktion durch weitere Bedingungen einschränken. Insgesamt wird also beim Kostenfunktionsansatz nicht nur die Kostenfunktion alleine geschätzt, sondern ein ganzes Gleichungssystem (Kostenfunktion plus Kostenanteilsleichungen). Damit werden die angesprochenen Multikollinearitätsprobleme erheblich verringert.

Diesem unzweifelhaften ökonomischen Vorteil steht jedoch ein Nachteil grundsätzlicher Art gegenüber. Die Verwendung der Kostenanteilsleichungen kommt einer starken Vermehrung der Theorielastigkeit der Schätzung gleich. Anstatt die Daten für sich selbst sprechen zu lassen, wird von vornherein die Gültigkeit gewisser Annahmen aus der mikroökonomischen Produktionstheorie unterstellt, welche die Ableitung der Kostenanteilsleichungen ermöglichen. Es ist zumindest diskussionsfähig, ob die Schätzung von Kostenfunktionen damit weniger restriktiv ist als die Schätzung einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion. Hinzu kommt, dass die größere Flexibilität der Schätzfunktion durch

höhere Anforderungen an die Menge der zur Verfügung stehenden Daten erkaufte werden muss. Die Translog-Funktion erfordert größere Datenmengen, da durch das Hinzukommen quadratischer und multiplikativer Terme sehr viel mehr Parameter zu schätzen sind als beispielsweise die drei Parameter bei der beschriebenen Cobb-Douglas-Funktion. Dahingegen und mit dem vorhergehenden Punkt unmittelbar zusammenhängend, können bei der Schätzung einer Kostenfunktion weniger restriktive Annahmen bezüglich der Produktionstechnologie der Unternehmen getroffen werden. Bei der Wahl einer hinreichend flexiblen funktionalen Form der Kostenfunktion können insbesondere restriktive Annahmen über die Substitutionalität der Inputs entfallen. Oben wurde gesagt, dass die Wahl einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion automatisch eine Substitutionselastizität von eins impliziert. Diese Einschränkung kann hier vermieden werden. Im Gegenteil, es kann die wichtige Frage geklärt werden, ob öffentliche Infrastruktur und private Inputs, insbesondere privates Kapital in einem substitutiven oder komplementären Verhältnis stehen – eine infrastrukturpolitisch bedeutende Frage.

Eine vollständige und detaillierte Zusammenstellung der mit Kostenfunktionsschätzungen erzielten Ergebnisse in tabellarischer Form findet sich in der bereits zitierten Arbeit von Afraz et al. (2006). Die Werte sind durchweg sehr niedrig (häufig im Bereich von 0,2), bisweilen sogar negativ, was auf ein substitutives Verhältnis zwischen Infrastrukturkapital und privatem Kapital oder signifikante Crowding-Out-Effekte hindeuten würde. Allerdings handelt es sich häufig um Paneldatenschätzungen mit sehr heterogenen Ländern oder Regionen.

4.3 Vektorautoregressive Schätzmodelle

In Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wurde als wesentliches Problem der bisher vorliegenden empirischen Studien das Kausalitätsproblem identifiziert. Ist die Produktivität hoch, weil die Infrastrukturinvestitionen hoch sind, oder umgekehrt, sind die Infrastrukturinvestitionen hoch, weil Produktivität und Wachstum hoch sind? Als Lösung dieser zentralen Schwierigkeit wurden einerseits inhaltliche Überlegungen angeboten (Fernald, 1999), andererseits ökonometrische Techniken, wie die Verwendung simultaner Gleichungsmodelle oder die Verwendung von Instrumentalvariablen. Seit Ende der 1990er Jahre wird in zunehmendem Maße von einer anderen ökonometrischen Technik Gebrauch gemacht, den vektorautoregressiven (VAR) Schätzmodellen.¹⁵ Diese Modelle verzichten darauf, explizite Kausalitätsketten zwischen den Modellvariablen zu postulieren. In diesem Sinn verzichten sie auch auf eine Fundierung ihrer Schätzgleichungen in der ökonomischen Theorie. Die Daten „sollen für sich selbst sprechen“. In einem VAR-Modell werden alle Variablen gleichzeitig bestimmt, ohne dass irgendwelche a-priori-Annahmen über Kausalitätsbeziehungen zwischen ihnen getroffen werden. In den herkömmlichen Produktions- und Kostenfunktionsschätzungen dagegen wird beispielsweise stets eine einseitige Kausalitätsrichtung von den Variablen Kapital, Arbeit und Infrastruktur hin zur Variable Output unterstellt. VAR-Modelle erlegen den Variablen keine

¹⁵Für eine Lehrbuchdarstellung der VAR-Methodik, siehe z. B. Pindyck und Rubinfeld (1998).

solche a-priori-Einschränkung auf; sie lassen vielmehr zu, dass es auch Rückkopplungseffekte von der Outputvariable zu den Inputvariablen geben kann. In einem VAR-Mehrgleichungsansatz wird jede endogene Variable sowohl als Funktion ihrer Vergangenheitswerte als auch der Vergangenheitswerte der anderen Variablen modelliert. Auf diese Weise kann ermittelt werden, ob es Rückkopplungseffekte von den Variablen des Privatsektors (inklusive des Outputs) zum Infrastrukturkapital gibt. Tatsächlich weisen mehrere Studien solche Effekte nach. Ferner sind VAR-Modelle auch mit indirekten Kausalitätsbeziehungen zwischen den Variablen vereinbar, z. B. mit den bereits erwähnten Effekten von Infrastrukturinvestitionen auf die Produktivität der Produktionsfaktoren im privaten Sektor oder mit Crowding-Out-Effekten, bei denen private durch öffentliche Investitionen verdrängt werden.¹⁶

In einem VAR-Modell müssen nur zwei Arten von Festlegungen getroffen werden: Zum einen müssen die zu berücksichtigenden Variablen spezifiziert werden. Diese Festlegung greift, wie bereits erwähnt, nicht auf die ökonomische Theorie zurück, sondern hängt lediglich von der Frage ab, zwischen welchen Variablen eine Interaktion untersucht werden soll. Konsequenterweise wird dabei auch kein Unterschied mehr zwischen exogenen und endogenen Variablen gemacht, sondern alle Variablen als endogen unterstellt. Zum anderen muss die maximale Anzahl der zeitlichen Verzögerungen (lags) festgelegt werden, die benötigt wird, um die Wirkung der ausgewählten Variablen aufeinander komplett einzufangen zu können (Pindyck und Rubinfeld, 1998).

Als Folge dieses Ansatzes haben die Outputelastizitäten, die in VAR-Modellen ermittelt werden, begrifflich eine etwas andere Interpretation als diejenigen, die dem Produktionsfunktionsansatz entsprechen. Wie oben erwähnt, geben die Outputelastizitäten der Produktionsfunktionsschätzungen an, um wie viel Prozent der Output einer Volkswirtschaft, einer Region oder einer Branche steigt, wenn das Infrastrukturkapital um 1 % erhöht wird. Dabei werden die privaten Inputs konstant gehalten und Rückkopplungseffekte ausgeschlossen. Demgegenüber lassen VAR-Modelle eine dynamische Interaktion zwischen den Modellvariablen zu, einschließlich Rückkopplungseffekten.

Die große Flexibilität der VAR-Modelle hat jedoch den Preis, dass ihre Ergebnisse, gerade aufgrund des Verzichts der Spezifikation von Kausalitätsbeziehungen, nur sehr eingeschränkt zur praktischen Wirtschaftspolitik verwendet werden können. Einer VAR-Schätzung kann keine „strukturalistische Interpretation“ gegeben werden. Also ist es auch nicht möglich, eindeutig die Stellschrauben zu identifizieren, mit deren Hilfe Wachstumswirkungen erzeugt werden können. Ein weiterer Nachteil der VAR-Modelle ist ihr sehr hoher Datenbedarf.

Eine Übersicht über die empirischen Resultate von VAR-Schätzungen findet sich in Afraz et al. (2006) und in Kamps (2004). Eine Vielzahl von Studien bezieht sich auf die Wachstumswirkungen von öffentlicher Infrastruktur generell, speziell in den USA. Diejenigen

¹⁶Bei Crowding-In-Effekten würden umgekehrt private Investitionen durch öffentliche angeregt.

Arbeiten, die sich explizit mit Verkehrsinvestitionen beschäftigen, konzentrieren sich überwiegend auf regionale Effekte. Insgesamt ergeben sich durchweg positive Wachstumswirkungen von Infrastrukturinvestitionen. Kamps (2004) kritisiert, dass kaum eine der Studien statistische Verlässlichkeitsmaße angibt, weshalb nicht entschieden werden kann, ob die geschätzten Effekte statistisch signifikant von null verschieden sind. Kamps (2004) selbst gibt in seiner eigenen VAR-Studie von 22 OECD-Ländern im Zeitraum 1960-2001 Konfidenzintervalle (überwiegend auf dem 68 %-Level) an. Er ermittelt in 12 der untersuchten Länder einen signifikant positiven Effekt von Infrastrukturinvestitionen (public capital), in 9 keinen signifikant von null verschiedenen Wert und in einem Land (Japan) sogar einen signifikant negativen Wert. Kamps (2004) findet außerdem Hinweise auf umgekehrte Kausalität, sodass also in der wirtschaftspolitischen Interpretation öffentliches Infrastrukturkapital als eine endogene Größe anzusehen ist. Dies stimmt auch mit der historischen Evidenz überein, derzufolge beispielsweise in den OECD-Ländern Haushaltsdefizite häufig mit nachlassender Investitionstätigkeit des öffentlichen Sektors einhergingen. Die von Kamps (2004) gefundenen signifikant positiven Elastizitätswerte liegen zwischen 0,01 (Irland) und 1,77 (Griechenland). Dies deutet darauf hin, dass nationale Besonderheiten eine große Rolle spielen.

Interessanterweise kehrt Kamps in einer späteren Studie (Kamps, 2005) wieder zum Produktionsfunktionsansatz zurück mit der Begründung, dass dieser Ansatz der einfachste und in der Literatur am häufigsten verwendete sei. Mit einem von ihm neu konstruierten Datensatz des öffentlichen Kapitalstocks von 22 OECD-Staaten im Zeitraum der Jahre 1960 bis 2001 schätzt er Outputelastizitäten von durchschnittlich 0,22. Für Deutschland liegt der Wert bei 0,028.

In einer mit portugiesischen Daten durchgeführten VAR-Studie wird näher auf die Effekte von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur eingegangen.¹⁷ Pereira und Andraz (2005) ermitteln für solche Investitionen eine Outputelastizität von 0,18, wobei Investitionen in Seehäfen die höchste Rendite aufwiesen, gefolgt von Fernstraßen, Kommunalstraßen, Flughäfen und Schieneninfrastruktur. Weitere Werte für die öffentliche Telekommunikations- und Verkehrsinfrastruktur Spaniens finden sich in drei Studien von Pereira und Roca-Sagales (1999, 2001, 2003). Der Artikel aus dem Jahr 1999 ist auch deshalb interessant, weil er die Wachstumseffekte sowohl landesweit als auch für die einzelnen Regionen Spaniens im betrachteten Zeitraum ermittelt. Bei einer VAR-Schätzung für Spanien insgesamt ergab sich eine Outputelastizität von 0,38. Auf Ebene der Regionen waren die Ergebnisse, je nach Entwicklungsstand, jedoch sehr unterschiedlich. Überraschenderweise waren sie für die am weitesten entwickelten Regionen am höchsten, im Gegensatz zu den oben ermittelten Ergebnissen von Fernald (1999) und anderen Studien für die USA. Eine Erklärung könnte darin liegen, dass eben doch auch in Ländern mit bereits hochentwickelten Verkehrs- und Telekommunikationsnetzen *einzelne* neue Zusatzverbindungen, die die Qualität und Konnektivität der Netze verbessern, hohe Produktivitätseffekte auslösen können.

¹⁷Dieser Absatz fußt stark auf Afraz et al. (2006).

Die Studie aus dem Jahr 2001 differenziert nach Wirtschaftssektoren. Während die Landwirtschaft durch Infrastrukturinvestitionen sogar negativ betroffen ist, weisen Bau, Produzierendes Gewerbe und Dienstleistungen positive Effekte auf (in dieser Reihenfolge). Die Outputelastizitäten betragen für die drei zuletzt genannten Sektoren jeweils 1,23, 0,81 und 0,37 und erscheinen damit verhältnismäßig hoch. Die Arbeit aus dem Jahr 2003 untersucht Spillover-Effekte, die von den Infrastrukturinvestitionen (Verkehr und Telekommunikation) in einer Region auf andere Regionen ausgehen. Die Outputelastizität für Spanien insgesamt wird in einer VAR-Schätzung mit 0,52 errechnet. Die analogen regionalen Effekte zusammengerechnet erklären davon jedoch nur 44 %. Wird aber für jede Region das öffentliche Infrastrukturalter in den anderen Regionen in die Schätzung einbezogen, ergeben sich annähernd die Effekte des Modells für Spanien insgesamt. Daraus wird ersichtlich, dass die Netzwerkeffekte von Kommunikations- und Verkehrsinfrastrukturinvestitionen offenbar erheblich sind. Schätzungen, die solche Spillover-Effekte vernachlässigen, werden mit hoher Wahrscheinlichkeit zu niedrige Wachstums- und Produktivitätseffekte aufweisen. Afraz et al. (2006) merken an, dass für die drei genannten Studien keine Konfidenzintervalle angegeben werden. Insgesamt erscheinen die Werte der drei Studien relativ hoch. Aber auch in der oben erwähnten Produktionsfunktionsschätzung von Kamps (2005) liegt die Outputelastizität für Spanien insgesamt bei 0,38 und damit eher am oberen Ende.

Das RWI (2010) hat im Jahr 2010 in einer Studie für das BMF den Einfluss von Infrastrukturinvestitionen auf das Wirtschaftswachstum mithilfe eines VAR-Ansatzes untersucht. Da nur Daten aus der Periode der Jahre 1970 bis 2007 in die Analyse einbezogen werden konnten, machten sich die bereits benannten hohen Datenanforderungen der VAR-Modelle in der Weise bemerkbar, dass nur vier Variablen in das Modell aufgenommen werden konnten, nämlich das Bruttoanlagevermögen für Verkehrsinfrastruktur, die privaten Bruttoanlageinvestitionen, das BIP und das Arbeitsvolumen. Es zeigte sich, dass eine Ausweitung der Verkehrsinfrastruktur positive Wachstumseffekte hat, jedoch in ungläubwürdiger Höhe. Nach der Schätzung des RWI erbringt eine zusätzliche Investition in Verkehrsinfrastruktur in Höhe von 1 Mrd. Euro im Jahr der Investition schon 8,2 Mrd. Euro, nach drei Jahren 38,3 Mrd. Euro und nach zehn Jahren 119 Mrd. Euro (RWI, 2010). Der Grund für diese hohen Werte liegt nach Einschätzung des RWI vermutlich in der Tat an der geringen Variablenzahl: „So ist zu erwarten, dass die hier genutzten Variablen einiges an Effekten „mit abgreifen“, die eigentlich anderen Determinanten des Wirtschaftswachstums zugeordnet werden müssen, es also zu einer deutlichen Verzerrung der Ergebnisse kommt.“ Die Verfasser weisen allerdings darauf hin, dass der geschätzte Effekt der durchschnittliche Effekt in dem ganzen betrachteten Zeitraum ist. Da sie gleichzeitig einen über die Zeit fallenden Trend der Outputelastizität finden, „sollte die Elastizität von heutigen Verkehrsinfrastrukturinvestitionen auf jeden Fall niedriger als 0,06 sein.“

Um größere Klarheit hinsichtlich seiner Ergebnisse zu erzielen, führt das RWI im anschließenden Kapitel seiner Studie noch eine Paneldatenschätzung mit den Daten der 16 Bundesländer durch. Dort ergeben sich eine kurzfristige Outputelastizität von 0,03 und ein entsprechender langfristiger Wert von 0,04 bis 0,08 (RWI, 2010).

5. Verkehrsinfrastruktur und räumliche Entwicklung¹⁸

Wenn von Wachstumswirkungen der Verkehrsinfrastruktur gesprochen wird, kommt zu- meist auch die räumliche Verteilung der Wachstumseffekte zur Sprache. Sehr häufig wird übersehen, dass eine Verringerung der Transportkosten und/oder eine bessere infrastrukturu- relle Anbindung einem Gebiet oder einer Region nicht unbedingt in positiver Weise zu- gutekommen muss. Schon in der herkömmlichen Regionalökonomik galt es als konventio- nelle Weisheit, dass eine Straße grundsätzlich zwei Richtungen hat: eine, die zur Region hinführt und eine andere, die davon wegführt. Wird angenommen, dass der Endpreis eines Gutes beim Kunden überwiegend aus den beiden Kostenkomponenten Transportkosten und Produktionskosten besteht, dann kann eine Verbesserung der Anbindung einer Region dazu führen, dass andere Regionen kostengünstiger liefern können und somit das eigene Angebot der Region verdrängt wird. Dies wird vor allem dann wahrscheinlich, wenn die anderen Regionen in stärkerem Maße von Größenvorteilen (economies of scale) Gebrauch machen können als die eigene Region. Hatte die schlechtere Verkehrsanbindung bisher wie eine Art Schutzzoll gewirkt, der Kostennachteile der eigenen Region kompensiert hatte, fällt diese Barriere gegen die Wettbewerbsvorteile der anderen Regionen nunmehr weg. Im Extremfall wird damit eine Negativspirale in Gang gesetzt, die bis zur industriellen Entleerung der eigenen Region führen kann.

Überlegungen dieser Art stehen im Zentrum der sogenannten „Neuen Ökonomischen Geo- graphie“ von Krugman (1991).¹⁹ Der grundlegend neue Gedanke dieser Forschungsrichtung besteht darin, dass im Gegensatz zur traditionellen Raumwirtschaftslehre und der klassi- schen Außenhandelstheorie die räumliche Verteilung von Wirtschaftsaktivitäten nicht mehr unter Rückgriff auf geographische Unterschiede oder unterschiedliche Faktorausstattung der Regionen erklärt wird, sondern rein aus kosten- und nachfragestrukturellen Gegeben- heiten abgeleitet wird, wobei vor allem auch Transportkosten eine entscheidende Rolle spielen.

Die Ergebnisse der Neuen Ökonomischen Geographie steuern, insbesondere was Investiti- onen in die Verkehrsinfrastruktur betrifft, einen wichtigen ergänzenden Gesichtspunkt bei. Im Folgenden wird deshalb eine nichtformale Einführung in den zentralen Gedankengang dieses Ansatzes gegeben. Da die Ergebnisse der Neuen Ökonomischen Geographie sehr stark durch den verhältnismäßig aufwendigen mathematischen Apparat dieser Theorie geprägt werden, muss diese Darstellung notwendigerweise elementar bleiben.

Archetypus aller Modelle der Neuen Ökonomischen Geographie ist das sogenannte „Core- Periphery-Modell“ von Krugman (1991). Das wirtschaftliche Geschehen in diesem Modell erfolgt auf einer homogenen geographischen Fläche. Es gibt also keinerlei natürliche

¹⁸Der folgende Abschnitt basiert in starkem Maße auf Wieland (2007).

¹⁹Standarddarstellungen dieser Theorien finden sich außer bei Krugman (1991) auch bei Fujita et al. (1999). Einen einfacheren, gut lesbaren Überblick gibt Roos (2003). Ein aktuelles deutschsprachiges Lehrbuch ist Bröcker und Fritsch (2012).

Standortunterschiede, die sich in irgendeiner Weise für eine Region in wirtschaftliche Wettbewerbsvorteile umsetzen ließen. In den meisten Darstellungen wird diese homogene Fläche in zwei Regionen A und B unterteilt, in denen prinzipiell zwei Arten von Gütern produzierbar sind: (1) Industriegüter („manufactured goods“, in einer breiten Anzahl von Varianten) und (2) ein „Agrargut“ (das hier stellvertretend für den gesamten Output des Agrarsektors steht). Die Industriegüter werden durch eine Vielzahl kleiner Unternehmen hergestellt, die in Wettbewerb zueinander stehen und geringfügig differenzierte Produkte anbieten. Bei den Industriegütern herrscht also die Marktform der monopolistischen Konkurrenz. Im Agrarsektor hingegen werden homogene Güter erzeugt, hier herrscht die Marktform der vollständigen Konkurrenz. Vereinfachend wird angenommen, dass in beiden Sektoren der Volkswirtschaft nur ein Produktionsfaktor zum Einsatz kommt, nämlich Arbeit. Dieser Faktor ist im Industriegütersektor mobil (er kann zwischen den beiden Regionen wandern), nicht aber im Agrarsektor. Die Konsumenten sind, was die Industriegüter betrifft, durch eine Präferenz für Vielfalt charakterisiert, d. h. sie nehmen die Vielzahl der angebotenen Produktvarianten auch tatsächlich an (sie haben sogenannte Dixit-Stiglitz-Präferenzen).

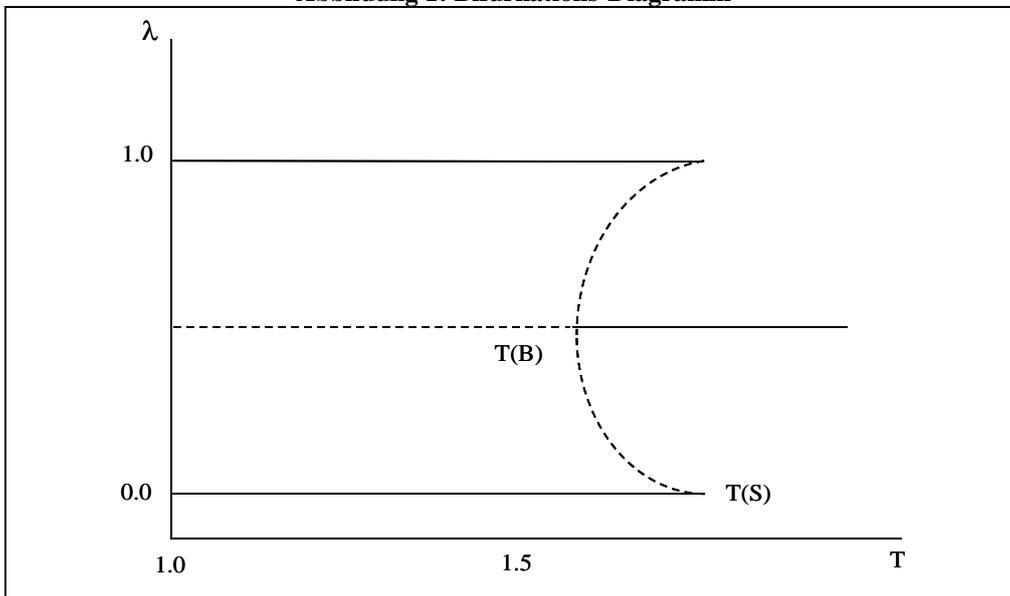
Es wird nun unterstellt, dass jede Variante eines Industriegutes zur Gänze jeweils nur an einem einzigen Standort gefertigt wird, also entweder in Region A oder in Region B (nicht zum Teil in A und zum Teil in B). Ursächlich dafür sind Größenvorteile in der Produktion. Dies bedeutet, dass auf Dauer im Wettbewerb nur ein Unternehmen am Markt überleben kann, welches dieses Gut herstellt. Das überlebende Unternehmen ist dann nur noch der Substitutionskonkurrenz durch Unternehmen ausgesetzt, die ähnliche Produktvarianten des betreffenden Industriegutes produzieren. Die Transportkosten, denen im Modell eine tragende Rolle zukommt, werden als fixer Transportkostensatz modelliert.

Unter diesen Modellannahmen kann es nun zu sich selbst verstärkenden Rückkopplungseffekten kommen, die unter bestimmten Parameterkonstellationen des Modells zur Ballung der Industriegüterproduktion in einer der beiden Regionen oder im günstigen Fall zu einer Gleichverteilung führen. Wird beispielsweise durch ein zufälliges exogenes Ereignis die Nachfrage etwa in A angeregt, so sinken dort die Stückkosten der Produktion, da nunmehr eine größere Menge produziert werden kann. Als Folge sinkt der Preis und damit, wenn mehrere Güter von der Nachfragesteigerung betroffen sind, der Index der Lebenshaltungskosten in A, wodurch der Reallohn einer typischen Arbeitskraft in A steigt. Dies führt dazu, dass Arbeitskräfte von B nach A abwandern. Dadurch vergrößert sich der Absatzmarkt für die in A angesiedelten Unternehmen und das Arbeitskräftepotential in A. Beide Effekte wirken sich positiv auf die Gewinne der Unternehmen in A aus und es kommt zur Standortverlagerung von Unternehmen aus B nach A. Aufgrund dieses Agglomerationseffektes müssen nunmehr weniger Güter nach A transportiert werden, wodurch die Preise in A noch weiter fallen und mehr und mehr Arbeitskräfte aus B nach A übersiedeln, usw. Setzt sich dieser Effekt immer weiter fort, wird schließlich die gesamte Industriegüterproduktion in A stattfinden und Region B auf die reine Produktion von Agrargütern reduziert. B wird „deindustrialisiert“.

Um eine größere Realitätsnähe zu erreichen, wurde das Grundmodell der Neuen ökonomischen Geographie in der Folge in verschiedenster Weise angereichert (vgl. die bereits zitierten Quellen Fujita et al. (1999), Roos (2003) und als kritische Übersicht Neary (2001)).

Für die Thematik dieses Artikels ist entscheidend, dass in allen diesen Modellen den Transportkosten und damit der Verkehrsinfrastruktur eine entscheidende Rolle für die letztendliche Verteilung der Wirtschaftsaktivität zukommt. Dies wird in der folgenden „Tomahawk-Bifurkation“ deutlich (vgl. Abbildung 1):

Abbildung 1: Bifurkations-Diagramm



Quelle: Wieland 2007

Die Größe T auf der Abszisse steht hier für die Höhe der Transportkosten, λ auf der Ordinate für den Anteil an Industriearbeitskräften in Region A. 1,0 bedeutet also, dass sich alle Industriearbeiter und damit die gesamte Produktion des Industriegütersektors in Region A befindet. 0,0 besagt, dass A deindustrialisiert ist. Die durchgezogenen Linien bezeichnen stabile volkswirtschaftliche Gleichgewichte (Arbeitskräfteverteilungen). Jeder Punkt auf diesen Linien entspricht einem bestimmten volkswirtschaftlichen Gleichgewicht, das zu einem bestimmten Transportkostenniveau T gehört. „Stabil“ bedeutet hier, dass eine kleine Störung eines solchen Gleichgewichts immer wieder zu ihm zurückführen wird. Die gestrichelten Linien hingegen sind der geometrische Ort von instabilen Gleichgewichten. Eine kleine Störung durch ein exogenes Ereignis führt hier immer weiter von dem ursprünglichen Gleichgewicht weg. Im Gegensatz zu den traditionellen Modellen der Neoklassik gibt es also in den Modellen der Neuen Ökonomischen Geographie das Phänomen der Pfadabhängigkeit. („History matters“, wie Krugman (1991) betont).

Zur Interpretation der Graphik bewegt man sich am besten von rechts nach links. Bei hohen Transportkosten (mangelnde Infrastruktur, geringe Erreichbarkeit) gibt es zunächst nur ein stabiles Gleichgewicht, nämlich die gleichgewichtige Aufteilung zwischen beiden Regionen. Hier wirken die hohen Transportkosten wie ein Schutzzoll. Sinken nun die Transportkosten, kommen instabile Gleichgewichte hinzu.²⁰ Links von dem gekrümmten Bogen wird die gleichgewichtige Aufteilung instabil. So führt beispielsweise beim T -Parameterwert 1,5 („mittlere“ Transportkosten) eine kleine Störung dieses Gleichgewichts dazu, dass sich die Volkswirtschaft von dieser Aufteilung immer weiter weg auf eines der beiden stabilen Gleichgewichte mit einer industrialisierten und einer desindustrialisierten Region bewegt.

Diese rudimentäre Darstellung möge im Rahmen dieses Überblicksartikels genügen, um die Grundgedankengänge der Neuen Ökonomischen Geographie darzustellen. Nachfolgend seien noch einige Kritikpunkte, insbesondere im Hinblick auf die infrastrukturpolitische Verwertbarkeit der Theorie, aufgeführt.

Zunächst einmal ist es aufgrund des hohen mathematischen Komplexitätsgrades der Theorie und der stilisierten Annahmen der Modelle bisher sehr schwierig, sie auf konkrete wirtschaftspolitische Fragestellungen anzuwenden.²¹ Die zentralen theoretischen Modellergebnisse sind in voller Allgemeinheit bisher nur mithilfe von Computersimulationen abgeleitet worden. Die obige Tomahawk-Bifurkation beispielsweise ist das Ergebnis einer solchen Simulationsrechnung. Geschlossene analytische Lösungen eines solchen Modells sind bisher nur unter einschränkenden Annahmen erzielt worden, beispielsweise der Annahme, dass der mobile Teil der Arbeitskräfte nur in den Unternehmensbereichen beschäftigt ist, in denen substantielle Fixkosten existieren (vgl. Pflüger (2004, 2007) für weitere Verweise). Ungeachtet dessen ist mittlerweile aber eine Vielzahl von empirischen Studien zu Einzelfragen vorgelegt worden. Empirische Untersuchungen zu den Wirkungen von Infrastrukturinvestitionen scheinen hingegen noch verhältnismäßig rar.

Diskussionswürdig ist ferner die Frage, ob in der Neuen Ökonomischen Geographie nicht die Rolle der Transportkosten für die ökonomische Entwicklung weit überschätzt wird. Diese Frage ist vor allem für die empirische Anwendung von entscheidender Bedeutung, da hier notwendigerweise von der Modellannahme der homogenen geographischen Fläche abgegangen werden muss. Hält man sich vor Augen, dass heutzutage die Transportkosten in den meisten Fällen weniger als 10 % des Endpreises ausmachen (Button, 1993), ist es möglich, dass die in der Realität gegebenen Standortvorteile (z.B. Sprachvorteile, Humankapital, Rohstoffvorkommen) die Transportkosten deutlich überlagern. Eventuell sind die Modelle der Neuen Ökonomischen Geographie eher auf historische Prozesse anzuwenden, in denen die Senkung der Transportkosten drastisch war, wie etwa der wirtschaftlichen Entwicklung nach der Erfindung der Eisenbahn. Einige Vertreter der Neuen Ökonomischen Geographie sind außerdem der Auffassung, dass die Größe T in einem allgemeineren Sinn

²⁰ Auch die Punkte auf dem gestrichelten, nach innen gekrümmten Bogen sind Gleichgewichte.

²¹ „Applied NEG (New Economic Geography, die Verf.) is still in its infancy, [...], and very few studies have actually succeeded in testing NEG theoretical predictions in their structural, and not simply reduced, form.“ (Lafourcade und Thisse, 2011).

zu verstehen sei, in dem sie nicht nur Transportkosten, sondern ganz allgemein „Handelskosten“ umfasse.²²

Im regionalpolitischen Raum könnte die Versuchung groß sein, die Neue Ökonomische Geographie im Sinne einer aktivistischen Investitionspolitik zu interpretieren. So könnte aus dem obigen Bifurkations-Diagramm (vgl. Abbildung 1) der Gedanke abgeleitet werden, dass es etwa beim T -Wert von 1,5 für Region A vorteilhaft sein könnte, das 50:50-Gleichgewicht durch eine aktivistische Regionalpolitik (zu der auch verstärkte Infrastrukturinvestitionen gehören könnten) in die Richtung eines (dann sogar auch noch stabilen) 100:0-Gleichgewichtes zu eigenen Gunsten umzulenken. Die Vertreter der Neuen Ökonomischen Geographie sehen diese Interpretation ihrer Theorie ganz überwiegend skeptisch. Zum einen bestehe die Gefahr eines Subventionswettkampfs mit ungewissen Erfolgsaussichten. Zum anderen seien die Modelle und vor allem die bisher erzielten empirischen Ergebnisse noch nicht hinreichend robust, um solche weitreichenden politischen Implikationen daraus abzuleiten.²³ Hinzu kommt, dass a priori auch nicht klar ist, welche Region sich auf welche Art von Produktion spezialisiert, wenn Verkehrsinfrastrukturen zwischen zwei Regionen ausgebaut werden.

6. Regional- und mikroökonomische Studien

Vereinzelt wurden oben bereits Studien geschildert, die sich auf einzelne Regionen, einzelne Sektoren oder einzelne Verkehrsträger (insbesondere die Straße) bezogen. Studien dieser Art wurden aber nur insoweit aufgegriffen, als sie sich in einen der drei grundsätzlichen Schätzansätze (Produktionsfunktionsansatz, Kostenfunktionsansatz, VAR-Schätzung) einordnen ließen. Es gibt jedoch eine Fülle von Untersuchungen, die auch von unkonventionelleren Ansätzen Gebrauch machen und die sich ebenfalls auf kleinteiligere Aggregate wie Regionen, Kommunen, bestimmte Branchen, Unternehmen oder Verkehrsträger beziehen. Dabei geht es häufig nicht um die reinen Outputwirkungen zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturen, sondern um die Standortwahl von Unternehmen, um Firmengründungen, um Zuzug von Arbeitskräften, Agglomerationseffekte, Beschäftigungseffekte, Erreichbarkeit von Regionen, Kommunen und Arbeitsplätzen, Siedlungsstrukturen, Handelsströme oder komplementäre Investitionen in privates Kapital.²⁴

Ein ausführlicher Überblick über diese Art von Studien müsste in einem gesonderten Artikel erfolgen. Hinzu kommt, dass die positiven Wirkungen, die von zusätzlichen Infrastrukturinvestitionen in einer Region (oder einem Sektor) A ausgelöst werden, durch negative Wirkungen in Region (oder Sektor) B wieder kompensiert werden können. So zeigen beispielsweise die gerade ansatzweise geschilderten Modelle der Neuen Ökonomischen Geo-

²²Zu diesem Themenkomplex des Verhältnisses von Transportkosten und Neuer Ökonomischer Geographie vgl. Lafourcade und Thisse (2011), die auch auf die bahnbrechenden Arbeiten von Hummels zur empirischen Bestimmung von Transportkosten Bezug nehmen. (Vgl. z.B. Hummels 2007)

²³Für eine weiterführende Diskussion der wirtschaftspolitischen Implikationen sei auf Roos (2003) verwiesen.

²⁴Ein Beispiel für eine Fallstudie, die sich auf einen einzigen Verkehrsträger und ein einzelnes Projekt bezieht, ist beispielsweise die Arbeit von Komar und Ragnitz (2002) zur A 72 Chemnitz-Leipzig.

graphie, dass Verbesserungen der Transportinfrastruktur zwischen zwei Regionen dazu führen können, dass sich alle industriellen Aktivitäten in einer der beiden Regionen konzentrieren, wohingegen die andere Region auf die Landwirtschaft reduziert wird (vgl. Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die gesamtwirtschaftlichen Folgen solcher selektiven Interventionen sind also unklar. Allerdings können die gerade genannten Studien auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht einen wichtigen Aspekt beleuchten: Wenn schon in Verkehrsinfrastruktur investiert werden soll, so sollte dies zumindest dort geschehen, wo die Grenzerträge solcher Investitionen am höchsten sind. Diesbezüglich können nach Regionen, Sektoren oder Verkehrsträgern aufgeschlüsselte Studien durchaus wertvolle Anhaltspunkte geben.

Zur Verdeutlichung des Ansatzes sei hier zumindest eine sehr bekannte Arbeit von Biehl (1991) in Grundsätzen skizziert. Biehl (1991) stellt analog zu dem oben schon geschilderten Vorgehen eine Produktionsfunktion in den Mittelpunkt seiner Analyse, diesmal aber nicht auf gesamtwirtschaftlicher, sondern auf regionaler Ebene (NUTS II). Anstatt der schon bekannten Faktoren K , L und G tauchen jetzt aber andere bzw. zusätzliche Größen auf, die für das für eine Region erreichbare Produktionspotential von Bedeutung sind. Biehl (1991) geht es also nicht um den *tatsächlich realisierten* Output in einer Periode, sondern vielmehr um den *potentiell* realisierbaren. Der Autor formuliert die These, dass eine bessere regionale Ausstattung mit Infrastruktur ein höheres BIP und eine höhere Beschäftigung zur Folge hat, bezieht diese Aussage aber nur auf das Produktionspotential: „The values *actually realised* may differ, as there can be other factors that influence the rate of utilisation of infrastructure capacities“ (Biehl, 1991, Hervorhebung im Original).

Die Potentialfaktoren in der Produktionsfunktion sind bei BIEHL nicht – wie in manchen ähnlich gelagerten Studien – nach Plausibilität ausgewählt, sondern aus eigenen grundlegenden Überlegungen zum Charakter von Infrastruktur abgeleitet: „Infrastructure, location, agglomeration and sectoral structure are considered to be the four main determinants of the development potential of a region“ (Biehl, 1991).²⁵

Dementsprechend stellt Biehl (1991) eine „Quasi-Produktionsfunktion“,

$$RDP = f(I, L, A, S),$$

auf, in der I ein Index für die Infrastrukturausstattung einer Region, L ein Index für die Lagegunst (location), A ein Index für das Ausmaß der Agglomeration (agglomeration) und S ein Index der Wirtschaftsstruktur (sectoral structure) einer Region ist.²⁶ Der Index für Infrastrukturausstattung ist ein Aggregat, das sich auf vier Teilbereiche bezieht:

- Verkehr (Straßen, Eisenbahnen, Wasserwege, Flughäfen, Häfen)

²⁵ Auf die Darstellung der Gründe, die Biehl (1991) zu dieser Auswahl der Potentialfaktoren führen, sei hier aus Platzgründen verzichtet und auf die Originalarbeit verwiesen.

²⁶ Der Begriff Quasi-Produktionsfunktion rührt daher, dass neben oder anstatt der klassischen Produktionsfaktoren, wie Arbeit und Kapital, räumliche Potentialfaktoren, wie etwa I , L , A , und S , einbezogen werden.

- Telekommunikation (Telefone, Telexanschlüsse)
- Energieversorgung (Elektrizitätsnetze, Kraftwerke, Ölpipelines, Ölraffinerien, Gasnetze)
- Bildung (Universitätsausbildung, Berufsausbildung).

Alle Größen werden in physischen Einheiten gemessen, nicht in monetären. Die Lagegunst wird analog zu graphentheoretischen Maßzahlen als Summe der Distanz einer Region zu allen anderen Regionen abgebildet. Agglomeration wird als Bevölkerungs- bzw. Beschäftigungsdichte der Region (z. B. Beschäftigte pro km²) bestimmt. Die Wirtschaftsstruktur wird als prozentualer Anteil von Industrie und Dienstleistungen am gesamten BIP oder der Gesamtbeschäftigung einer Region gemessen. Mithilfe dieser Variablen schätzt Biehl im nächsten Schritt eine Cobb-Douglas-Quasi-Produktionsfunktion und kann dann ebenso wie in den bisher besprochenen Produktionsfunktionen Outputelastizitäten bezüglich jedes Potentialfaktors und des Infrastrukturindex ermitteln. Hinsichtlich der Infrastrukturausstattung kommt Biehl auf eine Elastizität von 0,19 und liegt damit in einer ähnlichen Größenordnung wie die makroökonomischen Studien. Möglicherweise ist der Wert aber zu niedrig, da er keine Spillover-Effekte berücksichtigt. Irritierend erscheint zunächst der Outputelastizitätswert bezüglich der Lagegunst, der -0,44 beträgt. Bei der Interpretation des negativen Vorzeichens dieser Größe ist aber zu beachten, dass gemäß Konstruktion der Messgröße die bessere Lagegunst mit niedrigeren Messwerten verbunden ist. Mit anderen Worten, eine Verbesserung der Lagegunst um 1 % erhöht den regionalen Output um 0,4 %.

An der Studie von Biehl (1991) wird bereits deutlich, dass die Einbeziehung einer Erreichbarkeitsvariable, wie der Lagegunst, möglicherweise ein vielversprechender Ansatz ist, sofern er wirtschaftstheoretisch hinreichend begründet werden kann. Es wird damit der oben mehrfach geäußerten Kritik zumindest ein Stück weit entgegengekommen, dass die herkömmlichen Produktions- und Kostenfunktionsschätzungen den Netzcharakter vieler Infrastrukturbereiche nicht ausreichend berücksichtigen und damit falsche Politikempfehlungen nahelegen können. Investitionen in Verkehrsinfrastruktur nützen nur dann etwas, wenn sie die Wirkungskette von Verkehr zu wirtschaftlicher Aktivität wirklich beeinflussen. Indikatoren wie Erreichbarkeit sind ein erster Schritt, um die Allokation von Investitionsmitteln sinnvoll, d. h. wirkungsvoll, zu leiten.²⁷ Diese Art von Studien hat das Potential, einen bedeutenden Beitrag zur Engpassanalyse zu leisten – ein Vorteil, den die oben besprochenen makroökonomischen Ansätze nur sehr eingeschränkt haben.

Speziell für Deutschland untersucht Blum (1982) mit einem ähnlichen methodischen Ansatz wie Biehl (1991) die regionalen Wachstumseffekte von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen. In seiner Produktionsfunktion vom Typ Cobb-Douglas tauchen allerdings etwas andere Variablen auf als bei Biehl (1991). Er untersucht 325 Kreise und kreisfreie Städte in

²⁷Mittlerweile beziehen auch andere Studien die Erreichbarkeitsvariable mit ein. Ein Überblick findet sich in Wegener (2011).

den Alten Ländern und regressiert den Output dieser Einheiten auf die Variablen Agglomeration, regionale Leistungsfähigkeit der Verkehrsnetze, ausgewiesene Gewerbeflächen (in km²), regionales Erholungspotential (gemessen in verfügbaren Hotelbetten), Naturbelastenheit („natural environment“, bestimmt als Anteil von Agrar-, Forst- und Wasserflächen an der Gesamtfläche) und die Hierarchiestruktur der regionalen Kommunen (Anzahl der Oberzentren, Regierungsbezirkssitze, Sitz einer Landes- oder Bundeshauptstadt). Die zuletzt genannte Variable soll das Einkommenspotential der einzelnen Typen von Kommunen abbilden. Blums Studie weist einen hohen Einfluss der Verkehrsinfrastruktur nach, vor allem der Straße (0,11 für Autobahnen und Bundesstraßen, 0,32 für alle anderen Straßen), weniger für Wasserwege und so gut wie keinen Effekt für die Schiene, die keinen statistisch signifikant von null verschiedenen Koeffizienten aufweist. Bei der Interpretation der Werte für die Straße ist darauf hinzuweisen, dass diese Werte nicht mit denjenigen der obigen Produktionsfunktionsschätzungen vergleichbar sind, da sie auf einer gänzlich anderen Methodik beruhen. Ähnliche Untersuchungen dieses Stils wurden von Cutanda und Paricio (1994) sowie Johansson (1996) durchgeführt.

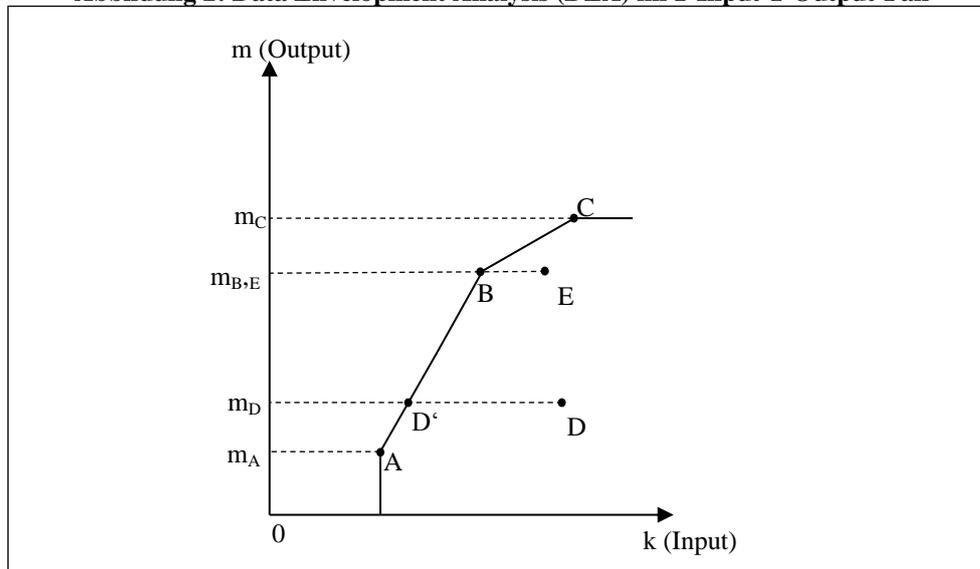
In den Kontext der Regionalen Produktionsfunktionsmodelle in der Tradition von Biehl (1991) gehören auch Meso-Ökonomische Modelle etwa vom Typ des an der Universität Karlsruhe entwickelten ASTRA-Modells (Assessment of Transport Strategies, Rothengatter, 2002). Das ASTRA-Modell ist ein systemdynamisches Modell, welches das gesamte EU27+2-Gebiet umfasst und aus 9 Untermodulen besteht, die entsprechend dem systemdynamischen Grundansatz durch Rückkopplungsschleifen miteinander verbunden sind: Ein Bevölkerungsmodul, ein makroökonomisches Modul, ein regionalökonomisches Modul, ein Außenhandelsmodul, ein Infrastrukturmodul, ein Verkehrsmodul, ein Umweltmodul, ein Fahrzeugflottenmodul und ein Wohlfahrtsmodul. Das makroökonomische Modul modelliert die Angebots- und Nachfrageseite einer Region und enthält ein Input-Output-Modell, das die Verflechtung von 25 Branchen umfasst, sowie ein Modell des Arbeitsmarktes und des Staates. Diese 25 Branchen sind auch Grundlage für zwei Handelsmodelle, in denen inner- und außereuropäischer Handel abgebildet wird. Diese beiden Modelle werden auch zur Vorhersage von Verkehrsflüssen im Gütertransport genutzt. Das Fahrzeugflottenmodul basiert auf einem diskreten Wahlmodell, das die Wahl der Fahrzeugtechnologie und der Fahrzeuggröße in Abhängigkeit der Fahrzeugeigenschaften und soziodemographischer Charakteristika des Fahrers prognostiziert.

Der Zusammenhang zu den gerade geschilderten Quasi-Produktionsfunktionsstudien ergibt sich aus der Tatsache, dass das Angebot einer Region als potentieller Output einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion modelliert wird, die als Variablen das Arbeitsangebot, den Kapitalstock, die Ausstattung einer Region mit natürlichen Ressourcen, die Totale Faktorproduktivität (als Maß des technischen Fortschritts und in Abhängigkeit von privatwirtschaftlichen Investitionen), Reisezeitersparnisse im Güterverkehr und die Arbeitsproduktivität enthält. Das ASTRA-Modell wurde in verschiedenen Forschungsprojekten in Deutschland und Italien und auf der EU-Ebene eingesetzt. Es ist weder ein reines makroökonomisches noch ein reines mikro- bzw. regionalökonomisches Modell, sondern stellt gewissermaßen die Verbindung zwischen beiden Aggregationsebenen her.

Bei allen Studien, die Erreichbarkeit als Variable in die Produktionsfunktion aufnehmen, stellt sich die Frage, ob diese Variable nicht mit anderen Variablen korreliert ist und so womöglich eine Doppelzählung beinhaltet. Viele Erreichbarkeitsindikatoren beruhen nämlich darauf, dass sie messen, wie viel an „ökonomischem Potential“ von einem bestimmten Ort aus in einer bestimmten Zeit oder zu bestimmten Kosten erreichbar ist. Im Gegensatz zum normalen Sprachgebrauch wird hier Erreichbarkeit nicht als passive Erreichbarkeit („Wie gut kann ich Dresden von anderen Orten aus erreichen?“) aufgefasst, sondern vielmehr im Sinn von aktiver Erreichbarkeit („Wie viel an Wirtschaftspotential kann von Dresden aus erreicht werden?“). Das Wirtschaftspotential wird aber zumeist in BIP-Größen oder Bevölkerung gemessen. Insofern sind hier ökonomische Probleme wie Scheinkorrelation oder umgekehrte Kausalität nicht auszuschließen.

Der Begriff der Erreichbarkeit spielt auch in Benchmarking-Studien eine Rolle, bei denen Regionen hinsichtlich ihrer Effizienz beim Einsatz von Verkehrsinfrastruktur verglichen werden. Diese Studien, die zunehmend an Popularität gewinnen, basieren teils auf der sogenannten Data Envelopment Analysis (DEA) und teils auf der SFA (vgl. Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Beide Methodiken sind schon in einer Fülle von Studien, etwa beim Vergleich von öffentlichen Unternehmen, wie Krankenhäusern, Verkehrsunternehmen, Schulen u. a. angewandt worden. Um das Vorgehen zu illustrieren, soll hier speziell für die DEA beispielhaft auf die Studie von Sarafoglou et al. (2006) für Schweden eingegangen werden. Die Autoren haben das Ziel, den Einfluss der Verkehrsinfrastrukturausstattung einer Region auf die Arbeitsproduktivität zu untersuchen. Sie setzen dazu zwei Verfahren ein. Zum einen eine Produktionsfunktionsschätzung, vergleichbar den gerade geschilderten Ansätzen von Biehl (1991) oder Blum (1982), auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, zum anderen die DEA.

Die DEA beruht ganz allgemein darauf, dass Input- und Outputmaße zueinander in Beziehung gesetzt werden. Am einfachsten lässt sich der Kerngedanke des Vorgehens an einer Produktion darstellen, die nur einen Output mithilfe eines einzigen Inputs erzeugt. Die folgende Abbildung 2 zeigt verschiedene Unternehmen, die durch unterschiedliche Input-Output-Kombinationen gekennzeichnet sind.

Abbildung 2: Data Envelopment Analysis (DEA) im 1-Input-1-Output-Fall

Quelle: nach Coelli et al. (2005), Darstellung des ifo Instituts.

Jeder der eingezeichneten Punkte A bis E entspricht einer bestimmten empirischen Beobachtung. Mithilfe des aus dem Operations Research stammenden Verfahrens der linearen Programmierung wird zu diesen Beobachtungswerten nun die eingezeichnete obere Umhüllende (der effiziente Rand) bestimmt. Diese Kurve beschreibt gewissermaßen die effiziente Produktionsfunktion, die von den effizientesten Beobachtungseinheiten in der Stichprobe generiert wird. Der horizontale Abstand der übrigen Beobachtungseinheiten von dieser Effizienzgrenze liefert ein Maß für deren relative Ineffizienz.²⁸

Analog lässt sich nun für Regionen vorgehen, wobei hier natürlich nicht nur ein einziger Input berücksichtigt wird, sondern eine Vielzahl. In der Studie von Sarafogou et al. (2006) werden die Inputs in folgende 5 Kategorien eingeteilt: 1) qualifizierte Arbeit, 2) lokale und intraregionale Verkehrsnetze, 3) interregionale Verkehrsnetze, 4) Kapitalintensität in einer Region und 5) industrieller Output einer Region. Die Outputvariable in der Untersuchung ist die Arbeitsproduktivität. Die unter 2) und 3) aufgeführten Inputvariablen werden nochmals feiner untergliedert. Bei 2) wird explizit ein Erreichbarkeitsmaß berücksichtigt (road accessibility).

Es zeigt sich, dass die 24 untersuchten Regionen in ihren Effizienzwerten stark unterschiedlich sind. Im Einzelnen beobachten die Verfasser der Studie, dass stark industrialisierte

²⁸Die exakte Vorgehensweise des DEA-Verfahrens wird in einer Vielzahl von Lehrbüchern geschildert. Die klassische Referenz ist Coelli et al. (2005).

Regionen hohe, die Metropolregionen hingegen sehr niedrige und die wenig besiedelten Regionen des Nordens wiederum hohe Effizienzwerte aufweisen. Die Autoren halten sich mit investitionspolitischen Folgerungen aus ihrer Untersuchung zwar zurück. Die Ergebnisse könnten aber so interpretiert werden, dass in den industrialisierten und nördlichen Regionen in der Vergangenheit das richtige Maß an Verkehrsinvestitionen getätigt wurde, dass aber die Metropolregionen möglicherweise durch Überlastung gekennzeichnet sind und dass deshalb dort verstärkt investiert werden sollte. Die Studie wirft aber auch mehrere methodische Fragen auf, sodass voreilige Schlussfolgerungen fehl am Platz sind. Dennoch verdeutlicht die Arbeit, wie die Methode funktioniert und welche Art von Schlussfolgerungen erwartet werden können. Es handelt sich um einen vielversprechenden Forschungsansatz, der möglicherweise auch zu internationalen Ländervergleichen eingesetzt werden könnte.

Hervorzuheben ist allerdings ein gewichtiger Unterschied zu den oben geschilderten Studien im Kontext der Aschauer-Debatte. Die erzielten Ergebnisse sind, wie bei jeder Benchmarking-Betrachtung, immer relativ zu den in der Stichprobe einbezogenen Beobachtungen zu sehen. Die ermittelten Effizienzwerte sind relativ zu den besten in der Stichprobe vertretenen Einheiten zu interpretieren, nicht absolut.

Eng verwandt mit dem Produktionsfunktionsansatz ist die bereits oben erwähnte SFA (Stochastic Frontier Analysis). Dieser Ansatz beruht darauf, dass an die Stelle einer traditionellen Schätzung einer Produktionsfunktion, die gewissermaßen eine Mittelung der beobachteten Variablenwerte darstellt, die Schätzung eines effizienten Randes tritt, sehr ähnlich wie bei der gerade beschriebenen DEA. Im Gegensatz zur DEA, die eine sogenannte parameterfreie Schätzung darstellt, ist die SFA jedoch ein parametrischer Ansatz. Mit anderen Worten: Die DEA unterstellt keine funktionale Form für die Ermittlung des effizienten Randes, die SFA hingegen schon. Zumeist wird eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion oder eine Translog-Funktion unterstellt. Analysen dieser Art können für eine Volkswirtschaft als Ganzes, eine Region oder auch einzelne Branchen durchgeführt werden. Zudem wird die Möglichkeit stochastischer Einflüsse eingeräumt.

Als Beispiel sei eine Arbeit von Delorme et al. (1999) genannt, in der eine Untersuchung für die Volkswirtschaft der gesamten USA in der Periode der Jahre 1948 bis 1987 angestellt wird. Die Autoren schätzen zunächst eine (durchschnittliche) Cobb-Douglas-Produktionsfunktion der traditionellen Art mit konstanten Skalenerträgen unter Einschluss der öffentlichen Infrastruktur G und erhalten eine Outputelastizität für den öffentlichen Kapitalbestand als Ganzes von 0,27, die in etwa im üblichen Bereich liegt. In einem zweiten Schritt wird sodann mithilfe der Schätzung einer stochastischen Effizienzgrenze gezeigt, dass eine negative Korrelation zwischen der technischen Ineffizienz und der öffentlichen Infrastruktur besteht. Investitionen in den öffentlichen Kapitalstock verringern also die technische Ineffizienz im privaten Sektor. Das wiederum bedeutet, dass eine Produktionsfunktionsschätzung, die technische Ineffizienz unberücksichtigt lässt, zu systematischen Fehlern führt. Wenn der öffentliche Kapitalstock die technische Ineffizienz verringert, diese Verringerung aber den volkswirtschaftlichen Output erhöht, dann hat die Ausblendung der

technischen Ineffizienz den Effekt, dass in den Schätzergebnissen der Einfluss der öffentlichen Infrastruktur überschätzt wird (Delorme et al., 1999). In Übereinstimmung damit finden Delorme et al. (1999) dass der direkte Effekt öffentlicher Infrastruktur auf den Output nicht signifikant von null verschieden ist, wenn die technische Ineffizienz explizit berücksichtigt wird. Infrastrukturinvestitionen wirken nach Auffassung der Autoren somit eher indirekt, indem sie im privaten Sektor die technische Ineffizienz abbauen. Die Verfasser generalisieren ihr Resultat dahingehend, dass Investitionen überhaupt keinen direkten Einfluss auf den volkswirtschaftlichen Output haben – eine sicherlich diskussionsfähige Aussage. Für Deutschland gibt es nach Wissen der Verfasser bisher keine veröffentlichte SFA-Studie dieser Art. Arbeiten dazu werden aber an der Universität Münster durchgeführt und sind in Vorträgen schon vorgestellt worden (Allroggen et al., 2013). Hier wird neben der Verringerung der technischen Ineffizienz darauf abgestellt, dass zusätzliche Infrastrukturinvestitionen auch die gesamte Effizienzgrenze nach oben verschieben könnten und damit Wachstumspotential für Regionen oder Volkswirtschaften schaffen könnten. Ob dieses Potential dann auch ausgenutzt wird, ist eine andere Frage. Im Rahmen der Debatte um das sogenannte „balanced growth“ wurden Fragen dieser Art schon in den 1950er Jahren diskutiert (Hirschman, 1958).

7. Neue Wachstumstheorie

Im Rahmen eines Artikels über Produktivitäts- und Wachstumswirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen mag es überraschend erscheinen, dass die Neue Wachstumstheorie erst am Schluss zur Sprache kommt. Nach Ansicht und Kenntnisstand der Verfasser ist jedoch die Aussagekraft dieser Theorie – ähnlich wie im Fall der Neuen Ökonomischen Geographie - vorerst noch begrenzt. Die Modelle der Neuen Wachstumstheorie sind mathematisch sehr komplex und empirisch schwer anwendbar. Hinzukommt, dass es, wie schon in der herkömmlichen Wachstumstheorie, auch in der Neuen Wachstumstheorie bisher nicht so richtig gelingen will, dem spezifischen Charakter der Verkehrsinfrastruktur als Netz gerecht zu werden.

Die Modelle der Neuen Wachstumstheorie berücksichtigen öffentliche Infrastruktur zumeist auf zwei Weisen. Im ersten Ansatz wird in die makroökonomische Produktionsfunktion, die dem jeweiligen Modell zugrundeliegt, neben den klassischen Inputs Arbeit und Kapital das öffentliche Kapital („public capital“) als weiterer Input aufgenommen (zusammen mit einer Finanzierungsrestriktion für den Staat). Im zweiten Ansatz wirkt das öffentliche Kapital direkt auf die Variable des technischen Fortschritts, die Totale Faktorproduktivität (vgl. Abschnitt 2).

Archetypus der ersten Modellvariante ist ein im Jahr 1990 entwickeltes Modell von Barro (1990), in dem das öffentliche Kapital im Sinne eines klassischen öffentlichen Gutes, also insbesondere ohne Rivalität im Konsum, eingeht. In späteren Modellen werden Konsumrivalität und Stau ergänzt (z.B. Barro und Sala-i-Martin, 1992; Ott und Turnovsky, 2005) und damit wesentliche Elemente der Verkehrsinfrastruktur berücksichtigt. Auch damit kann jedoch nicht der spezifische Netzcharakter abgebildet werden, vor allem nicht die Bedeu-

tung einzelner Knoten und Kanten eines Verkehrsnetzes für die Produktivitäts- und Wachstumswirkungen einer bestimmten Volkswirtschaft. Ebenso können Erreichbarkeitswirkungen mit dieser Modellierung nicht erfasst werden.

Diesem Nachteil steht allerdings als Vorteil gegenüber, dass es in einigen Modellen der Neuen Wachstumstheorie möglich ist, einen volkswirtschaftlich optimalen Bestand an Infrastrukturkapital zu bestimmen. Eines der Hauptprobleme der politischen Diskussion ist, dass in der Praxis eine derartige Messgröße für den „optimalen“ Modernitätsgrad oder „optimalen“ Bestand an Infrastruktur fehlt. Im Rahmen der Wachstumstheorie ist es jedoch möglich, optimale Wachstumspfade abzuleiten, aus denen wiederum auf den in jeder Periode optimalen Kapitalbestand geschlossen werden kann. Damit kann man z.B. auch Aussagen über das „richtige“ Verhältnis von Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen ableiten. Als Beispiel sei hier eine Studie von Kalaitzidakis und Kalyvitis (2005) angeführt. Die beiden Autoren entwickeln zunächst ein theoretisches Modell der endogenen Wachstumstheorie und führen dann darauf aufbauend eine empirische Schätzung mithilfe eines kanadischen Datensatzes durch. Die zentrale Idee des theoretischen Modells besteht darin, den volkswirtschaftlichen Kapitalstock in einen öffentlichen und einen privaten Anteil aufzuteilen, mit einer konstanten Abschreibungsrate für den privaten und einer endogen bestimmten variablen Abschreibungsrate für den öffentlichen Kapitalstock. Die Abschreibungsrate für den öffentlichen Kapitalstock ist eine Funktion des Verhältnisses von Ersatzinvestitionen zum gesamtwirtschaftlichen Output. Finanziert werden beide Arten von Investitionen über eine Steuer auf den im privaten Sektor erzeugten Output. Mit diesen Annahmen, lässt sich ableiten, dass die langfristige Wachstumsrate der Volkswirtschaft entscheidend von dem Mischungsverhältnis zwischen Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen abhängt. Eine Reallokation kann die volkswirtschaftliche Wachstumsrate unter Umständen erhöhen. Die empirische Schätzung bestätigt dieses Resultat. Interessanterweise kommen die Autoren zu dem Schluss, dass im Fall Kanadas eine Umschichtung von den Ersatzinvestitionen zu den Erweiterungsinvestitionen die Wachstumsrate erhöhen würde. Offenbar sind dieser relevanten und vielversprechenden Studie bisher nur wenige weitere empirisch orientierte Arbeiten gefolgt.

Die zweite Modellvariante der Neuen Wachstumstheorie modelliert den Einfluss der Infrastruktur nicht über die Inputs in der makroökonomischen Produktionsfunktion, sondern über den Einfluss auf die Totale Faktorproduktivität. Wie in Abschnitt 2 schon beschrieben gibt in der gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion

$$Y = A(t)F(K(t), L(t)),$$

der Lageparameter $A(t)$ das technische Niveau einer Volkswirtschaft bzw. die in einer Volkswirtschaft erreichte Produktivität der Produktionsfaktoren K und L (die sogenannte Totale Faktorproduktivität) wieder. Dieser Parameter kann als von der Ausstattung mit Infrastruktur abhängig aufgefasst werden:

$$A(t) = A(G(t)),$$

wobei G den Bestand an Infrastrukturkapital bezeichnet, A entspricht hier der gesamtwirtschaftlichen Produktivität. Zumeist wird die funktionale Form von A so angenommen, dass A in G steigt. Unter geeigneten weiteren Modellannahmen führt dies dazu, dass die jeweilige Volkswirtschaft nicht mehr durch abnehmende Grenzerträge der Produktionsfaktoren gekennzeichnet ist, wie im neoklassischen Wachstumsmodell à la Solow und Swan, sondern durch konstante oder sogar zunehmende Grenzerträge. Dies bedeutet wiederum, dass durch zusätzliche Investitionen in Infrastruktur permanent steigende Wachstumsraten möglich werden, wohingegen dies im neoklassischen Wachstumsmodell nur vorübergehend möglich ist. Dort konvergieren die Wachstumsraten aller makroökonomischen Variablen immer wieder gegen ihre Steady-State Werte. Deshalb wird auf verschiedene Weise versucht, die mikroökonomischen Wirkungsmechanismen genauer zu modellieren, die ausgehend von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur zu einem höheren Produktivitätsniveau führen. In der Literatur werden Phänomene, wie reduzierte Reisekosten und zunehmende Arbeitsteilung (zwischen Unternehmen und Regionen), einbezogen. Im Modell von Schiffbauer (2005), das sich in erster Linie auf die Telekommunikationsinfrastruktur konzentriert, senken Investitionen in Infrastruktur Koordinations- und Transportkosten für Zwischenprodukte. Dadurch nimmt die Nachfrage nach Zwischenprodukten zu und FuE-Aktivitäten zur Erzeugung weiterer Zwischenprodukte werden angeregt. Dies wiederum erhöht die Totale Faktorproduktivität und damit das volkswirtschaftliche Wachstum. Einen anderen Weg schlägt Bröcker (2013) ein, dessen Modell darauf beruht, dass Transportkostensenkungen bereits bestehende Wissens-Spill-Overs noch weiter verstärken. Auch Modelle dieses Typs scheinen jedoch noch zu stilisiert, um konkrete Handlungsempfehlungen hinsichtlich detaillierter Investitionsstrategien ableiten zu können.

Afraz et al. 2006 kalibrieren ein Modell der Neuen Wachstumstheorie im Stil von Barro und Sala-i-Martin (1992, 2003) für das EU-15 Gebiet, um empirische Aussagen zu gewinnen. In diesem Modell wird Stau als eine Funktion des Verhältnisses von Output Y zum Infrastrukturbestand G aufgefasst. Die makroökonomische Produktionsfunktion wird damit zu

$$Y(t) = A(t)K(t)f\left(\frac{G(t)}{Y(t)}\right),$$

mit $f' > 0$ und $f'' < 0$, wobei A wiederum die Totale Faktorproduktivität und K das eingesetzte Kapital bezeichnen. Eine Zunahme von G erhöht zwar den volkswirtschaftlichen Output, führt aber zu einem erhöhten Stauniveau und damit in der nächsten Periode wieder zu einem geringeren Output. Dieser muss durch eine Erhöhung von G kompensiert werden. Damit hängt der Output aber letztlich von sich selbst ab (wie bereits die obige Formel verdeutlicht). Dies verkompliziert die numerische Simulation eines solchen Modells. Die Simulationen zeigen deshalb eine hohe Schwankungsbreite der ermittelten Wachstumsraten.²⁹

²⁹Ein weiteres Beispiel für die Einbeziehung von Stau liefert das Wachstumsmodell von Montolio und Solé-Ollé (2009) für spanische Regionen auf der NUTS III Ebene.

Eine alternative Betrachtungsweise der Wirkung von Infrastrukturinvestitionen unter Berücksichtigung von Staus ist, diese als eine Verbesserung der Erreichbarkeit aufzufassen. Dies erfolgt beispielsweise in regionalökonomischen Studien, nach dem oben schon in Umrissen dargestellten Typus, in denen die Wachstums- oder Produktivitätskennziffern einer Region durch Erreichbarkeitsmaße erklärt werden (siehe z. B. Hartgen und Fields, 2009 und Prud'homme und Lee (1999) für Städte bzw. urbane Aggregationsräume). Die Aufarbeitung dieser Literatur muss einer künftigen Arbeit vorbehalten bleiben.

8. Zusammenschau der Ergebnisse

Wenngleich die zusammengetragenen Studien teilweise zu recht unterschiedlichen Ergebnissen und Aussagen gelangen, so lassen sich doch einige zentrale Erkenntnisse extrahieren, die fast allen Studien gemein sind. Diese sollen in verdichteter Form kurz dargestellt werden:

Im Durchschnitt sind die Wachstumseffekte zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturinvestitionen verhältnismäßig gering. Die Outputelastizitäten liegen im Mittel bei 0,05 bis 0,06.³⁰ Mit anderen Worten, eine Zusatzinvestition in die Verkehrsinfrastruktur von 10 % des bestehenden Kapitalstocks erzeugt ein BIP-Wachstum von 0,5 % bis 0,6 %. Hinter diesem Ergebnis verbergen sich allerdings eine Vielfalt unterschiedlicher theoretischer Ansätze, unterschiedlicher Schätzmethoden, unterschiedlicher Datensätze (Zeitreihen, Querschnittsdaten, Paneldaten), unterschiedlicher geographischer Gebiete (Länder, Regionen) und unterschiedlicher Sektoren. Bei Produktionsfunktionsansätzen liegen die Outputelastizitäten im Allgemeinen höher als bei Kostenfunktionsschätzungen. Auch können die Outputelastizitäten für einzelne Branchen durchaus höher liegen als 0,05 bis 0,06. Im Allgemeinen sind sie für Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (0,082) höher als für die Volkswirtschaft insgesamt und höher als in den Dienstleistungsbranchen. Die Wachstumseffekte variieren dabei von Verkehrsträger zu Verkehrsträger. Investitionen in die Straße haben höhere Wachstumseffekte als Investitionen in die Schiene oder in Flughäfen. Dieses Ergebnis wird allerdings sehr stark durch die speziellen Transportverhältnisse in den USA bestimmt, in denen der Lkw-Transport eine dominierende Rolle spielt. Die Outputelastizitäten sind für die USA generell höher als für europäische Länder. Die langfristigen Outputelastizitäten sind in der Regel höher als die kurzfristigen, und die Elastizitätswerte sind auf nationaler Ebene höher als auf regionaler Ebene. Der Grund besteht darin, dass bei Studien auf Regionalebene häufig die Netzwerkexternalitäten und Spillover-Effekte vernachlässigt werden, die von der einen Region auf die anderen ausgeübt werden.

Auch stellen nur sehr wenige Studien den Produktivitätsgewinnen die volkswirtschaftlichen Kosten der Zusatzinvestitionen gegenüber. Daraus, dass die Wachstums- und Produktivitätsgewinne positiv sind, folgt noch nicht, dass sich die Investitionen lohnen. Dies gilt vor allem auch, wenn die erzielbaren volkswirtschaftlichen Renditen mit den Renditen in anderen Infrastrukturbereichen verglichen werden.

³⁰Für die öffentliche Infrastruktur insgesamt geht man heute von Werten zwischen 0,1 bis 0,2 aus.

Hinsichtlich der Politikimplikationen bleibt das Bild unklar. Alle genannten Studien beziehen nur materielle Kenngrößen ein (wie Outputwachstum, Kostensenkungen, volkswirtschaftliche Renditen). Nur sehr wenige Studien berücksichtigen Wohlfahrtsmaße (z. B. Analysen, die auf den eingangs erwähnten CGE-Modellen beruhen). Investitionsentscheidungen sollten jedoch auch die Bürgerpräferenzen berücksichtigen. Dies geschieht traditionellerweise in Nutzen-Kosten-Analysen (etwa der Bundesverkehrswegeplanung), die jedoch den Nachteil haben, lediglich eine partialanalytische Perspektive einzunehmen und Rückkopplungen auf die Volkswirtschaft als Ganzes auszublenden.

9. Danksagung

Die Autoren danken Alexander Eck und Christian Thater für kritische Kommentare und redaktionelle Hilfe.

10. Quellen

- Afraz, N., Aquilina, M. Lilico, A. (2006), Impact of transport infrastructure on economic growth, Annex 6 to Final Report of COMPETE Analysis of the contribution of transport policies of the competitiveness of the EU economy and comparison with the United States. Funded by European Commission-DG TREN, Karlsruhe, Germany.
- Albala-Bertrand, J.M. und Mamatzakis, E.C. (2004), The Impact of Public Infrastructure on the Productivity of the Chilean Economy, *Review of Development Studies*, 8, S. 266-278.
- Allroggen, F., Scheffler, R. und Malina, R. (2013), The Impact of Transport on Regional Production Frontiers and Regional Efficiency, Vortrag auf der Jahreskonferenz der International Transportation Economics Association.
- Aschauer, D. (1989a), Does public capital crowd out private capital?, *Journal of Monetary Economics*, S. 171-188.
- Aschauer, D. (1989b), Is public expenditure productive?, *Journal of Monetary Economics*, S. 177-200.
- Aschauer, D. (1989c), Public investments and productivity growth in the Group of Seven, *Economic Perspectives*, S. 17-25.
- Barro, R.J. (1990), Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth, *Journal of Political Economy*, 98, S. 103-125.

- Barro, R.J. und Sala-I-Martin, X. (1992), Public Finance in Models of Economic Growth, *Review of Economic Studies*, 59, 4, S. 645-661.
- Barro, R.J. und Sala-I-Martin, X. (2003), *Economic Growth*, 2nd. Edition, MIT Press, Cambridge.
- Bertenrath, R., Thöne, M., und Walter, C. (2006), Wachstumswirksamkeit von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen in Deutschland, Forschungsauftrag 13/04 des Bundesministeriums der Finanzen, *FiFo Berichte*, Nr. 7, Mai 2006.
- Biehl, D. (1991), The role of infrastructure in regional development, in: R. Vickerman (Hrsg.), *Infrastructure and Regional Development*, London, 1991, S. 9-35.
- Blum, U. (1982), Effects of transportation investments on regional growth: A theoretical and empirical investigation, *Twenty First Congress of the Regional Science association, Papers of the Regional Science association*, Vol. 49, S. 167-184.
- Bom, P.D. und Ligthart, J.E. (2008), How Productive is Public Capital? A Meta-Analysis, *CESifo Working Paper Series*, Nr. 2206.
- Bröcker, J. und M. Fritsch (2012), *Ökonomische Geographie*, München.
- Bröcker, J. und J. Mercenier (2011), General equilibrium models for transportation economics, in: A. De Palma, R. Indsey, E. Quinet, R. Vickerman (Hrsg.), *A Handbook of Transportation Economics*, Cheltenham.
- Bröcker, J., Korzhenevych, A. und Schürmann, C. (2010), Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 44, S. 795-811.
- Bröcker J. (2013), Wider economic benefits from communication-cost reductions: an endogenous growth approach, *Environment and Planning B: Planning and Design* 40(6): 971 – 986.
- Button, K. (2010), *Transport Economics*, 3rd Edition, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Cadot, O., Roller, L.-H. und Stephan, A. (1999), A political economy model of infrastructure allocation: an empirical assessment, *CEPR Discussion paper*, Nr. 2336.
- Canning, D. und Bennathan, E. (2000), The social rate of return on infrastructure investments, *Policy Research Working Paper Series*, Nr. 2390, The World Bank.

- Charlot, S. und Schmitt, B. (1999), Public Infrastructure and Economic Growth in France's Regions, Working Paper, Wien.
- Coelli, T.J., Rao, D., O'Connell, C. und Battese, G. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2. Auflage, Berlin.
- Cohen, J. und Morrison, C. (2003), *Public infrastructure investment, inter-state spillovers, and manufacturing costs*, Mimeo.
- COMPETE - Schade, W., Doll, C. Maibach, M., Peter, M., Crespo, F., Carvalho, D., Caido, G., Conti, M., Lilico, A. und Afraz, N. (2006), *COMPETE Final Report: Analysis of the contribution of transport policies to the competitiveness of the EU economy and comparison with the United States*, Funded by European Commission – DG TREN, Karlsruhe, Germany.
- Cutanda, T.A. und Paricio, T.J. (1994), Infrastructure and regional economic growth: The Spanish case, *Regional studies: Journal of the Regional Studies Association*, Vol. 28, S. 69-77.
- De La Fuente, A. und Vives, X. (1997), Infrastructure and Education as Instruments of Regional Policy: Evidence from Spain, *Economic Policy*, Vol. 10, No. 20, April 1995, 13-51.
- Delorme, C., Thompson, H. und Warren, R. (1999), Public Infrastructure and Private Productivity: A Stochastic-Frontier Approach, *Journal of Macroeconomics*, Vol. 21, S. 563-576.
- Fernald, J.G. (1999), Roads to Prosperity? Assessing the Link between Public Capital and Productivity, *American Economic Review*, Vol. 89, S. 619-638.
- Fujita, M., Krugman P. und Venables, A.J. (1999), *The Spatial Economy, Cities, Regions, and International Trade*, MIT Press, Cambridge.
- Gramlich, E.M. (1994), Infrastructure Investment: A Review Essay, *Journal of Economic Literature*, Vol. 32, S. 1176-1196.
- Hartgen, D.T. und Fields, G.M. (2009), Gridlock and Growth: The Effect of Traffic Congestion on Regional Economic Performance, *Policy Study Nr. 371*, Reason Foundation.
- Henderson, J. und Quandt, R. (1971), *Microeconomic theory – A mathematical approach*, 2. Auflage, McGraw-Hill Book Company, Düsseldorf, S. 206-253.

- Hirschman, A.O. (1958), *The Strategy of Economic Development*, New Haven.
- Hummels, D. (2007), International Transportation Costs and Trade in the Second Era of Globalization, *Journal of Economic Perspectives*, 21(3), S.131-154.
- Jiwattanakulpaisarn, P., Noland, R. und Graham, D. (2012), Marginal Productivity of Expanding Highway Capacity, *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, Vol. 46, S. 333-347.
- Jochimsen, R. (1966), *Theorie der Infrastruktur: Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung*, Tübingen.
- Kalaitzidakis, P. und Kalyvitis, S. (2005), „New“ Public Investment and/or Public Capital Maintenance for Growth? The Canadian Experience, *Economic Inquiry*, Western Economic Association International, Vol. 43, S. 586-600.
- Kamps, C. (2004), New estimates of Government net capital stocks for 22 OECD countries 1960-2001, *IMF Working papers*, Nr. 67.
- Kamps, C. (2005), Is there a lack of public capital in the European Union?, *EIB Papers*, 1/2005, European Investment Bank, Economics Department.
- Kemmerling, A. und Stephan, A. (2002), The Contribution of Local Public Infrastructure to Private Productivity and Its Political Economy: Evidence from a Panel of Large German Cities, *Public Choice*, 113, S. 403-424.
- Kemmerling, A. und Stephan, A. (2008), The politico-economic determinants and productivity effects of regional transport investment in Europe, *EIB-Papers 7/2008*, European Investment Bank, Economics Department.
- Komar, W. und Ragnitz, J. (2002), Effekte eines beschleunigten Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur in Deutschland – Das Beispiel der A 72 Chemnitz-Leipzig, *Wirtschaft im Wandel, Zeitschrift des Instituts für Wirtschaftsforschung (IWH) Halle*, Nr. 12/2002, S. 360-365.
- Lafourcarde, M. und Thisse, J. (2011), New economic geography: the role of transport costs, in: A. De Palma, R. Indsey, E. Quinet, R. Vickerman (Hrsg.), *A Handbook of Transport Economics*, Cheltenham.
- Lakshmanan, T.R. (2011), The broader economic consequences of transport infrastructure investments, *Journal of Transport Geography*, Vol. 19, Ausgabe 1, S. 1-12.

- Lakshmanan, T.R. und Anderson, W.P. (2002), Transportation Infrastructure, Freight Services Sector and Economic Growth, A White paper prepared for the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Center for Transportation Studies, Boston University.
- Link, H., Dodgson, J.S., Maibach, M. UND Herry, M. (1999), *The Costs of Road Infrastructure and Congestion in Europe*, Heidelberg-New York.
- Melo, P., Graham, D. und Brage-Ardao, R. (2013), The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 43, S. 695-706.
- Montolio D. und Solé-Ollé, A. (2009), Road investment and regional productivity growth: the effects of vehicle intensity and congestion, *Papers in Regional Science*, Vol. 88 (1), S. 99-118.
- Nadiri, M.I. und Mamuneas, T. (1998), The effects of public infrastructure and R&D capital on the cost structure and performance of the U.S. manufacturing industries, *The Review of Economic and Statistics*, Vol. 76, S. 22-37.
- Neary, J.P. (2001), Of Hype and Hyperbolas: Introducing the New Economic Geography, *Journal of Economic Literature*, 39, S. 536-561.
- Ott, I. und Turnovsky, S.J. (2005), Excludable and Non-Excludable Public Goods: Consequences for Economic Growth, *Cesifo Working Paper*, Nr. 1423, München.
- Pereira, A.M. und Andraz, J. (2005), Public Investment in Transportation Infrastructure and Economic Performance in Portugal, *Review of Development Economics*, Vol. 9, S. 177-196.
- Pereira, A.M. und Roca-Sagales, O. (1999), Public capital formation and regional development in Spain, *Review of Development Economics*, Vol. 3, S. 281-294.
- Pereira, A.M. und Roca-Sagales, O. (2001), Infrastructures and private sector performance in Spain, *Journal of policy Modeling*, 23, S. 371-384.
- Pereira, A.M. und Roca-Sagales, O. (2003), Spillover effects of public capital formation: evidence from the Spanish regions, *Journal of Urban Economics*, 53, S. 238-256.
- Pfähler, W., Hofmann, U. und Bonte, W. (1996), Does extra public infrastructure capital matter?, *Finanzarchiv*, Vol. 53, S. 68-112.

- Pflüger, M. (2004), A Simple, Analytically Solvable, Chamberlinian Agglomeration Model, *Regional Science and Urban Economics*, 34, S. 565-573.
- Pflüger, M. (2007), Die Neue Ökonomische Geographie: Ein Überblick, Manuskript, Universität Passau, DIW Berlin, 2007.
- Pindyck, R.S. und Rubinfeld, D.L. (1998), *Econometric Models and Economic Forecasts*, 4. Auflage, Boston.
- PROGTRANS UND IWW-Karlsruhe (2007), Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstrassen in Deutschland, Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- Prud'homme, R. und Lee, C.W. (1999), Size, Sprawl, Speed and the Efficiency of Cities, *Urban Studies*, Vol. 36, S. 1849-1858.
- Romp, W. und de Haan, J. (2005), Public Capital and economic growth: A Critical Survey, *EIB Papers*, 2/2005, European Investment Bank, Economics Department.
- Romp, W. und de Haan, J. (2007), Public Capital and economic growth: a critical survey, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 8, S. 6-52.
- Roos, M. (2003), Internationale Integration und die Neue Ökonomische Geographie, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 4(1), S. 107-121.
- Rothengatter, W. (2002), Integration der Nutzen-Kosten-Analyse in ein System-Dynamik-Modell zur Bewertung verkehrspolitischer Strategien, in: G. Hauger (Hrsg), *Perspektiven der Verkehrssystemplanung: Festschrift für Peter Cerwenka*, S.353-368, IVS Schriften 14, Wien.
- RWI (2010), Verkehrsinfrastrukturinvestitionen – Wachstumsaspekte im Rahmen einer gestaltenden Finanzpolitik, Endbericht, Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen, Januar 2010.
- SACTRA (1999), Transport and the Economy, Department of the Environment, Transport and the Regions, Published by the Stationary Office, The Publications Center, London.
- Sarafoglou, N., Andersson, A., Holmberg, I. und Ohlsson, O. (2006), Spatial Infrastructure and Productivity in Sweden, *Yugoslav Journal of Operations Research*, Vol. 16, S. 67-83.

- Schiffbauer, M. (2007), Calling for Innovations – Infrastructure and Sources of Growth, *DYNREG Working Papers*, 18/2007, Bonn Graduate School of Economics.
- Seitz, H. (1994), A dual economic analysis of the benefits of the public road network, *The Annals of Regional Science*, Band 27, S. 223-239.
- Seitz, H. und Licht, G. (1995), The impact of public infrastructure capital on regional manufacturing costs, *Regional Studies*, Vol. 29, S. 231-241.
- Sturm, J.E. und De Haan, J. (1995), Is public expenditure really productive? New evidence for the US and the Netherlands, *Economic Modelling*, Vol. 12, S. 60-72.
- Tatom, J.A. (1991), Public capital and private sector performance, Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Thomas, R.L. (1997), *Modern Econometrics: An Introduction*, Harlow, United Kingdom.
- Wegener, M. (2011), Transport in models of economic development, in: A. De Palma, R. Indsey, E. Quinet, R. Vickerman (Hrsg.), *A Handbook of Transportation Economics*, Cheltenham.
- Wieland, B. (2007), Infrastruktur, in: O. Schöller, W. Canzler, A. Knie (Hrsg.), *Handbuch Verkehrspolitik*, S. 376-404.
- World Bank (1994), Annual Report.

Theoretical Foundations Relevant for the Analysis of Hub Airport Competition

VON ANNIKA PAUL, OTTOBRUNN¹

1. Introduction

The discussion about the existence and level of airport competition is ongoing and controversial. A study by the IATA (2013) states that “[c]ompetitive forces alone cannot be relied upon to ensure a fair outcome for consumers and other airport users” and that hence a detailed analysis is required as to the level and effects of competition between airports. Thelle et al. (2012), on the contrary, highlight that “[...] airports of all sizes are often subject to many competitive constraints and that the cumulative impact of these is likely to be significant in many cases”. Yet, both studies agree with respect to having a detailed case-by-case analysis for the airports under consideration. In regard to this discussion, the following paper addresses those aspects which play an important role in the analysis of airport competition. The studies discussed here do not cover the entire range of research conducted in the specific fields but outline main approaches and findings relevant for this review.

The review in this paper starts with a short overview of the discussion regarding airport market power and potential competitive constraints (section 2). It highlights factors which are relevant in the passenger and airline decision making process when deciding on the use of an airport (section 3). In addition to that, a particular focus is placed on the characteristics of airline hub-and-spoke networks since network carriers play an essential role in evaluating the level of competition between hub airports (section 4). The vertical relationship between airports and airlines also influences the level of competitive constraint. Section 5 therefore focuses on the synergy potential and incentives for these stakeholders to engage in some form of cooperation. The economic impact of airline networks or airports engaging in some form of competition is outlined in section 6. Section 7 concludes the paper.

Anschrift der Verfasserin:

Annika Paul, M.Sc.
Bauhaus Luftfahrt e. V.
Ökonomie und Verkehr
Willy-Messerschmitt-Straße 1
85521 Ottobrunn
e-mail: annika.paul@bauhaus-luftfahrt.net

2. Airports: (natural) monopolies versus a competitive industry

“However, infrastructure industries – including airports [...] – often contain firms with natural monopoly characteristics where, due to large fixed capital requirements, provision of the service by more than one firm can be less efficient.” (IATA, 2007)

Baumol et al. (1982) (p.17) state that “an industry is said to be a natural monopoly if, over the entire range of outputs, the firm’s cost function is subadditive”. Traditionally, airport infrastructure has been considered as a monopolistic bottleneck since there are economies of scale as well as high sunk cost associated with the provision of runways and terminals. It requires high investment in order to build the infrastructure which cannot be recouped easily once the airport is no longer used for its original purposes. In the single product case, the case of subadditivity may hold in the airport industry. However, an airport is a multi-product firm, which adds a high level of complexity to the determination of the cost function and the examination of subadditivity. Some studies estimate airport cost functions in order to analyze airport efficiency. Martin-Cejas (2002), for example, analyzes the productive efficiency of Spanish airports and estimates a translog joint cost function. The results suggest that airport inefficiencies stem from non-optimal size and that medium-sized airports have a lower level of inefficiency. Oum et al. (2008) apply a stochastic frontier approach to assess the impact of airport ownership on its cost efficiency. Labor, purchased goods, materials and services, number of runways, and the size of passenger terminals are used as input variables. Output measures include number of passengers, freight volume, air traffic movements, and revenues from non-aviation services. The results imply that government-owned airports are the least cost efficient ones.

The existence of a natural monopoly does not necessarily imply that the firm may exploit its market power (Braeutigam, 1989). It is possible that competition for the market may constrain this power. Airport market power may also stem from a locational monopoly, i.e. building a new airport in a nearby geographical location is often constrained by land scarcity or political restrictions (Niemeier, 2009). An ongoing discussion within the airport industry therefore concerns the extent of market power an individual airport may exhibit. In this regard, multiple authors outline a range of factors and developments that can constrain airport market power sufficiently to, for example, abolish or minimize the use of ex-ante economic regulation. A first constraint, as mentioned above, may be the threat of new airport entry which in turn can take a share of the airline-passenger market from existing airports. The threat of substitutes furthermore denotes the case where airports face competition from other transport modes such as high-speed rail, usually constrained to short-haul traffic (Thelle et al., 2012; Graham, 2010; Starkie, 2002; Oum and Fu, 2008).

Airport market power can also be limited by the power airlines exert in terms of potentially switching operations to other airports that offer better conditions. This countervailing power depends on the airline’s traffic share and position at the airport (Button, 2010). Starkie (2012) and Thelle et al. (2012) argue that nowadays there are more airlines which can potentially switch operations in case terms and conditions at the respective airport do not

match their expectations. Starkie (2012) discusses airlines' increased buyer power which results from the establishment of the European single aviation market and other developments such as the pervasion of the internet. Airlines operating a point-to-point network such as low-cost carriers (LCC) can relocate their relatively mobile aircraft assets across European airports and reduce lock-in effects with airports accordingly (Button, 2010; Graham, 2010; Thelle et al., 2012; Starkie, 2002). Carriers operating hub-and-spoke networks, however, cannot switch their operations easily due to the inherent network structure and the associated investment and costs.

Airports may compete for traffic shares, certain passenger groups or traffic types (Tretheway and Kincaid, 2010; Morrell, 2010). Airports within the same urban region or those with overlapping catchment areas compete for origin-destination traffic. Within these regional markets passengers may be indifferent regarding airport choice. Thelle et al. (2012) highlight the increased amount of airports now available for passengers within certain regions. Furthermore, airports may specialize in attracting particular airline business models or passenger groups such as low cost carrier or business passengers (Tretheway and Kincaid, 2010). Hub airports, for example, may compete for transfer traffic (Morrell, 2010). There is also competition for services within an airport, e.g. between terminals or between airport retail and high street retail shops (Morrell, 2010). In regard to the different business areas at an airport, Starkie (2002) raises the argument whether the complementarity between aviation and non-aviation revenues restricts an airport's incentive to abuse its market power. That would mean that an airport operator would, for example, set lower charges on the aeronautical side since the additional demand attracted by this will generate ancillary revenues on the non-aviation side, e.g. airport parking, shops, restaurants, or real estate (Starkie, 2002; Gillen, 2009). Concerning the competition for passengers and airlines, the following section gives an overview of those factors that influence these stakeholders' airport choice.

3. Airline and passenger choice factors

Airlines and passengers determine an airport's attractiveness by various factors. Hess and Polak (2010) outline three different studies concerned with passengers' airport choice factors. The studies use either revealed or stated preference data and show that originating passengers favor short journey times to their airport of departure. Morrell (2010) states that passengers place high importance on the frequency of transport services as well as the associated cost (see also Matsumoto et al., 2009). However, airport choice factors have to be distinguished by passenger type. A long-haul passenger may accept a much higher travel time to the airport than a passenger traveling short-haul. A way to determine the relevance of different factors is to employ a passenger utility function which includes multiple variables. Harvey (1987) differentiates by business and leisure passengers in the San Francisco Bay Area. Here, the former place high negative utility on airports with no direct flight connections, which is not even offset by superior airport access time. Passengers also do not derive additional benefits from more than nine flights per day to a specific destination.

Matsumoto et al. (2009) cite decision making factors such as comfort aspects or airline loyalty. Malina (2010) and Strobach (2010) also highlight a range of variables which cause passengers to favor a particular airport: the quality of airport access, ticket price, flight availability and frequency, or type of aircraft and aircraft size available. A recent study by Jung and Yoo (2014) investigates passenger choice for air or high-speed rail travel on the short-haul route between Seoul and Gimpo-Busan. The results of the multinomial and nested logit models indicate that ticket price, access as well as overall journey time significantly affect passenger choice and that business passengers are more sensitive to access time changes than leisure travelers.

Pels et al. (2001) and Pels et al. (2003) conduct case studies of airport choice in the San Francisco Bay area with particular regard to passenger preferences. The authors apply (nested) logit models to test for the significance of various passenger decision-making variables. They find that access time to the airport is very important in defining an airport's attractiveness (Pels et al., 2003). Suzuki (2007) extends the model by Pels et al. (2001) by a two-step approach. In the model it is assumed that passengers make their airport and airline choice jointly and then consider a choice set instead of all available alternatives. The airport choice depends on the proximity to a passenger's home and whether the airport has been used before. The airline choice is determined by the level of ticket prices, the frequency of services offered as well as loyalty programs such as frequent flyer programs. Also placing a focus on the metropolitan airport region of San Francisco is Ishii et al. (2009). However, this study specifically focuses on the San Francisco Los Angeles route and finds that both leisure and business passengers' choice is affected by available flight frequency and that business passengers place high importance on punctuality. In addition, the results suggest that the hub premium a network carrier earns at its node airport also results from this carrier offering more frequencies within the region than competing airlines.

An overview of different passenger and airline choice factors is given in Table 1.

Table 1: Passenger and airline decision making factors

Passengers	Airlines
Duration and quality of airport access	Customer preferences
Frequency of transport services	Size of relevant market
Ticket price	Nature of local economy
Flight availability	Geographical location
Comfort aspects	Airport infrastructure and facilities
Airline loyalty	Available capacity
Type of aircraft and aircraft size	Airport charging structure

Source: Own depiction

Airlines strongly consider customer preferences when making the decision at which airport to locate their operations (Starkie, 2010). In addition to this, Huston and Butler (1991)

highlight the size of the relevant market, the nature of the local economy defined by established industries and business centers, as well as demographic aspects such as population prone to travel, or income of relevant groups. The geographical location also plays an important role in terms of proximity to the markets served by the airline (Martin and Roman, 2004). Since network carriers intend to derive the benefits from hub-and-spoke operations, coordination of schedules is a crucial factor. In order to realize this in an efficient way, runway and terminal structures have to be designed accordingly and offer sufficient capacities (Dennis, 1994). Congestion and delays may cause airline services to be less attractive and hence less competitive. Available spare capacity and the possibility to expand existing infrastructure may therefore exhibit a competitive advantage for an airport (Starkie, 2010).

4. Hub-and-spoke network characteristics

Airlines derive benefits by structuring their operations in a hub-and-spoke (HS) network as opposed to a fully connected or point-to-point network. Carriers operating this type of network have the potential to realize economies of scale. Since traffic from multiple spokes is bundled in the node, airlines are able to obtain higher load factors on their aircraft (Kahn, 1993; Dennis, 1994). Instead of operating a high amount of point-to-point connections as is the case in a fully connected network, traffic concentrates on a small number of spokes and in the node (Hansen and Kanafani, 1989). As a result, average costs per flight are declining (Huston and Butler, 1993). Another positive effect of traffic bundling is the possibility to employ larger aircraft on certain routes (Hansen and Kanafani, 1989; Kahn, 1993; Dennis, 1994). In addition to this, Caves and Christensen (1984) examine the concept of economies of density with regard to specific U.S. airline markets where trunk and local carriers operate. The authors find that the level of traffic density within a given network accounts for differences in airlines' cost. Economies of scale and density differ since the former consider an extension of the network whereas economies of density depict unit costs within a given network (Caves and Christensen, 1984). Furthermore, Brueckner and Spiller (1991) assume that airlines are multi-product firms with cost complementarities which enable them to obtain economies of scope with HS network operations. This is achieved by being able to offer different products, i.e. types of flights, from a single node (Huston and Butler, 1993). Within the HS network the addition of a new destination increases the number of available city-pairs by a multiple factor.

Other benefits gained from HS network operations are an airline's competitive advantage due to being able to offer high service frequencies, lower cost at high quality and multiple destinations for airline passengers (Dennis, 1994). However, this view is opposed by analytical findings that the fares for O&D (origin and destination) passengers in a HS network are higher than those in a fully connected network (Brueckner and Zhang, 2001). The findings suggest that this is due to the fact that the high flight frequency offered by airlines in a HS network induces departure times being closer to passengers' preferred times and hence airlines are able to levy higher prices. Dennis (1994) also supports that network carriers benefit from their position in a HS network by gaining more control over available capaci-

ties and prices. These carriers can use internal cross-subsidies to maintain non-profitable routes in order to attract more passengers. Furthermore, network airlines' scale and scope economies outlined above may discourage other carriers to enter the market on certain routes since they will not be able to compete with existing prices and services (Dennis 1994).

Table 2: Hub-and-spoke versus point-to-point networks

Network	Passengers	Airlines
Hub-and-spoke	+ Increasing number of available city pairs	+ Economies of scale and density
	+ High service frequencies	+ Spatial and temporal concentration of flights
	– Potentially longer travel times	+ Traffic bundling, higher load factors
	– Potentially higher fares	+ Employment of larger aircraft
Point-to-point	+ Shorter travel times	– Potential of negative network effects
	– Low level of interconnected flights	+ Focus on high volume routes
		+ Incentives for new entrants
		– Unprofitable flights if insufficient demand

Source: Own depiction

Brueckner and Spiller (1991) and Zhang (1996) investigate the so called negative network effect (negative externalities) apparent in HS networks. Basically, competition on a particular route may have positive effects within this city pair but may cause negative effects on other routes within the hub-and-spoke network. Brueckner and Spiller (1991) state that the entry of competitors on a previously monopolistic market results in lower fares for passengers. However, some passengers now switch to the competitor on the affected spokes which leads to reduced traffic volume for the incumbent. Due to economies of density, the incumbent's passengers therefore face higher marginal cost, i.e. higher fares, on these routes which might be offset by the lower fares in the competitive market. The positive effects such as fare reduction do not occur in monopolistic markets within the hub-and-spoke network. These markets do, however, experience the negative effects on the spokes induced by competition in a different market. Zhang (1996) elaborates further that this particular effect occurs when increasing returns to traffic density are strong and that a carrier has to balance its profits, i.e. assess the profits gained from entering a market versus the losses incurred in the network market.

Since in a hub-and-spoke network the network carrier and its respective hub are closely linked and exhibit a high level of dependency, the following section outlines potential synergies and benefits between these stakeholders as well as types of interaction they can engage in.

5. Airport-airline relationship

In regard to vertical or horizontal foreclosure within an industry, Rey and Tirole (2007) define the concept of foreclosure and provide a good review as well as extension to the existing foreclosure literature. They establish a theoretical framework with which to assess the benefits and costs of market foreclosure. This occurs if the owner of a bottleneck, e.g. airport infrastructure, restricts access to its facilities for competitive firms on the downstream market, e.g. airlines, in order to increase its profits. Another option can be to engage in exclusive deals with specific downstream firms. This section starts with an outline of selected studies that investigate the effects of vertical foreclosure or integration between upstream and downstream markets in general and continues with an application to airport-airline relationships.

Comanor and Frech (1985) investigate exclusive dealing and the resulting anticompetitive effects in an industry. In the model, the authors assume that the incumbent on the upstream market may engage in some form of exclusive dealing in order to deter the entry of a new manufacturer. The analysis of low-pricing and high-pricing strategies shows that the incumbent profits regardless of the selected strategy. The decision of the downstream player depends on the consumers' brand preference for the incumbent's product. If this preference is strong, the downstream producer engages in exclusive dealing only if the incumbent opts for the high-price strategy. However, the low-price strategy is more likely to occur since more consumers will buy the incumbent's product. In this case, no exclusive dealing occurs. Comanor and Frech (1985) highlight that the credible threat of the incumbent to engage in vertical integration may already deter an entrant's strategy.

Salinger (1988) analyzes the effects of a vertical merger in the case of oligopolistic market structures on both the upstream and downstream market. The results imply that vertical mergers have both positive and negative welfare effects by removing the double marginalization effect and increasing the price of the intermediate good, respectively. Diverging from this is the model by Ordober et al. (1990). Here, successive duopolies with two firms in both the upstream and the downstream market are assumed and there are no market imperfections such as double marginalization. The model focuses on whether vertical foreclosure can be applied by a firm in order to increase its market share towards its rival. The authors analyze how measures such as counterstrategies of the non-integrated firms or a bidding process for the merger influence the incentives for vertical foreclosure. In the analytical model, the firms engage in Bertrand competition and they offer homogeneous input on the upstream market, have differentiated products downstream and equal market shares on their respective market. The authors find that for vertical foreclosure to be successful the gain acquired by the unintegrated upstream firm has to be larger than the loss incurred by the unintegrated downstream firm. Furthermore, social welfare decreases since there are no efficiency gains to be accrued by the merger due to the lack of previous double marginalization. A similar analytical approach is taken by Chen (2001). Here, prices are also considered as strategic complements and hence competitors on the downstream market engage in

Bertrand competition. Chen (2001) finds that there is a collusive effect and an efficiency effect going along with vertical integration. The former denotes the case of market foreclosure and the latter the gain in social welfare to be achieved by vertical integration. The analysis shows that the collusive effect prevails if the downstream firms are close substitutes.

There are different forms of vertical relations between an airport and an airline (Oum and Fu, 2008). First, airlines may obtain a so called signatory status. Basically, the airline commits to using the airport to a certain degree and to provide part of the financing of operations. In return, it obtains a share of control over certain areas at the airport such as relevant infrastructure projects, slot allocation, or facility usage. Long-term usage contracts depict another option which can often be found between airports and their respective low cost carrier. Furthermore, in some cases airlines acquire direct control over certain airport facilities or services by investing financially and earning respective revenues from airport functions. Resulting from this type of cooperation, both the airline and the airport derive benefits such as risk sharing, ensuring investments and generating (additional) revenues. The positive demand externalities of the airline-airport relationship are hence intended to be internalized (Oum and Fu, 2008).

Fu and Zhang (2010) examine the effects on consumer surplus as well as social welfare if the airport and one or multiple airlines engage in concession revenue sharing. The model considers three different airline market structures, namely a monopoly airline as well as a symmetric and an asymmetric airline oligopoly. The airport is non-congested and acts as an input monopoly. Within this setting, the airport operator offers the involved airlines to participate in the sharing of concession revenues which the airlines can accept or reject (stage one of the game). In the second step, airlines engage in Cournot competition and the subgame perfect Nash equilibrium is determined. The findings of the model show that there may be an increase in social welfare due to the internalization of demand complementarities on the concession revenue side and the elimination of double marginalization. In the monopoly case, both airline and airport profits increase as do consumer surplus and social welfare. If the airport engages in revenue sharing with symmetric airlines in an oligopoly, the airport's profit as well as social welfare increase. On the contrary, if the airport has an exclusive deal with only one airline, the latter increases its output at the extent of its competitors (Fu and Zhang, 2010). The analysis also reveals that the airport operator has an incentive to exert influence on the downstream airline market, i.e. it can thus attain additional surplus apart from aviation service charges in the form of fixed payments by the airline. An asymmetric airline duopoly sets incentives for the dominant carrier and the airport to commit to revenue sharing. In this particular case, the position of the dominant airline is further strengthened which has negative effects on competition. Overall, positive effects of revenue sharing include an increase in consumer surplus and social welfare whereas on the negative side increased airline market power and an airport's incentive to raise aeronautical charges have to be noted (as opposed to Starkie, 2002). The authors outline potential future extensions of their model by integrating airport competition, airport congestion, capacity investment, and the cost of regulation.

Barbot (2009) analyzes the incentives for vertical collusion between an airline and an airport by considering a three-stage game. The airlines engage in Bertrand competition in a spatial setting which leads to the airport's derived demand function. According to that, the airports set the level of aeronautical fares and in turn both parties decide whether they engage in collusion. If there are market and quality asymmetries the applied model shows that there will not be any collusion. However, in the case of market asymmetry and airline vertical differentiation, the conditions are suitable for collusion between the airport and the airline. Integration of a parameter accounting for the airport's concession revenue does not yield any significant changes to the findings. Barbot (2009) therefore concludes that this aspect does not make a difference with respect to the collusion decision.

Barbot (2011) extends the analysis of Barbot (2009) by investigating the effects of various types of possible vertical relations. Within the analysis, Barbot (2011) models different types of vertical integration between an airport and an airline assuming that there is a monopolist on the upstream market and imperfect competition on the downstream market. The three types of arrangements include joint profit maximization, airline's operative participation in the upstream market (e.g. terminal provision), and price discrimination in favor of the dominant airline. In the first two cases the author finds anti-competitive behavior with regard to the downstream market whereas price discrimination does not lead to market foreclosure. If the airport and airline jointly maximize profits or if there is price discrimination, consumer surplus as well as welfare will increase due to the prevention of double marginalization. The underlying assumption for this is linearity of demand in the downstream market. In case the dominant airline engages in the upstream market, Barbot (2011) finds that there will be a decrease in both consumer surplus and welfare which can only be avoided if this interaction leads to an increase in efficiency of the operated facilities. The same findings result if Cournot competition in the downstream market is assumed. The author also outlines regulatory implications resulting from the findings of the analysis.

D'Alfonso and Nastasi (2012) take up the three arrangements discussed in Barbot (2011) and add competition in both the upstream and downstream market. The authors analyze the incentives for airlines and airports, and the incentives for social welfare, consumer surplus as well as pro-competitiveness. Assumptions of the model are that airports do not compete for airlines but for passengers via airlines. In terms of airline market structure in the model, D'Alfonso and Nastasi (2012) assume that there is a leader at each facility which engages in Stackelberg competition with its followers. Among themselves, both the leaders and the followers engage in Cournot competition. Further assumptions include a spatial competition model of an infinite linear city with each airport having spare capacity available and no congestion. The findings suggest that vertical collusion and an airline's participation in the upstream market are anti-competitive. However, the incentives for the players to engage in price discrimination are rather small compared to the incentives for collusion. This finding is slightly different to Barbot (2009) since D'Alfonso and Nastasi (2012) assume that the market is not fully covered. They outline that regulatory considerations may address the arising tradeoff between airline competitiveness and welfare as well as the fact how incen-

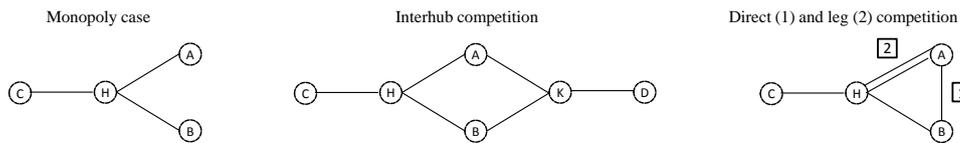
tives have to be designed for the implementation of agreements that maximize social welfare.

The outline of the research within the field of vertical interaction between airlines and airports is complemented in the following section by an outline of the effects of competition between airline networks and/or the respective (hub) airports.

6. Effects of airline network and airline competition

The welfare and distributional effects which might arise due to competition in airline hub-and-spoke networks are analyzed by, inter alia, Brueckner and Spiller (1991). In the study, the authors use the monopoly setting as basis against which to compare the outcome of competition between different hubs offering the same transfer connection (interhub competition), competition between a transfer and a direct connection as well as the competition that might occur on one of the legs of the transfer connection (see Figure 1).

Figure 1: Different types of airline network and airport competition



Source: Brueckner and Spiller, 1991

The authors find that a hub-and-spoke network structure is optimal for an airline due to economies of density. Assuming symmetric demand across routes, Brueckner and Spiller (1991) derive the outcome for the monopolist profit maximization problem. In order to compare this outcome to cases involving different forms of competition, marginal revenue and marginal cost functions are assumed to be linear as well as of increasing returns. The monopoly airline operates via a hub and offers no direct connections between the points connected by this node. In the case of interhub competition, another airline serves the same points (cities) via a different hub. The passenger hence has the choice between two different routes connecting the same city pair. The rivaling airlines engage in Cournot competition on the routes connecting the city pair AB and set monopoly prices on the other routes. Compared to that, direct competition means that an airline offers a direct connection between points A and B and leg competition denotes competition on the route between the hub and one of the nodes. With direct competition the welfare effects strongly depend on the level of increasing returns as well as demand whereas leg competition leads to higher traffic volume and lower fares on the affected leg and the reverse effect on the monopoly routes. The overall analysis shows that competition may have negative effects outside of the market where it takes place and that it is important to consider the level of increasing returns (Brueckner and Spiller, 1991). Brueckner et al. (1992) and Brueckner et al. (1994) apply the developed model and results in order to test different empirical hypotheses. They

find that network characteristics influence respective fares (Brueckner et al., 1992) and that consolidation in operations produces welfare effects which are able to offset negative effects from decreased competition (Brueckner et al., 1994).

Finding the optimal hub-and-spoke network from an airline point of view is the research focus in the paper by Adler and Berechman (2001). The authors' approach includes the generation of a network and consecutively connecting the different hubs via either minimization of distance or of total legs traveled. For the model development it is assumed that the relevant network configuration for an airline is determined by the profit maximizing objective. This model is applied to data of the Western European air transport system. In their findings, Adler and Berechman (2001) show that the preferable network for an airline consists of an international hub and an intra-European, secondary hub. Furthermore, they highlight that the airports in question are impacted by the airlines' decisions in regard to their pricing policies or strategic capacity planning. Adler (2005) extends the analysis of Adler and Berechmann (2001) by considering competition between hub-and-spoke networks and how this influences an airline's optimal network choice. A multinomial logit model is applied to determine airlines' market shares, an operations research based program is used to solve the airlines' objective function of profit maximization, and a game theoretic approach enables to depict the competitive situation with multiple airlines. These choose their network first and consecutively maximize profits given the other airlines' decisions. In the application of this model to the Western European aviation market, the author finds that a single, monopolistic subgame perfect equilibrium exists with British Airways as the monopolist running a hub-and-spoke network with London Heathrow (LHR) and Zurich Airport (ZRH) as their primary and secondary hubs. Conducting a so called doubled-demand sensitivity analysis shows that there is sufficient demand to support two profitable airline networks.

Adler and Smilowitz (2007) also apply a game theoretic approach, this time to analyze airlines' choice of networks considering the potential of mergers and alliances and the effects of a competitive operating environment. Within the model, different network configurations under various merger or alliance scenarios are considered and each tested for the respective profitability. The framework developed in this paper yields insight into the effects of airlines' mergers and alliances on social welfare and the aviation system in total.

Flores-Fillol (2009) investigates the airline network structure under competition in an unregulated environment. Welfare implications are assessed by analyzing different scenarios in an equilibrium analysis. The author applies a duopoly model of schedule competition and looks at fully connected (FC) and hub-and-spoke (HS) networks and which conditions have to be fulfilled in order for symmetric or asymmetric equilibria to arise. The findings reveal that in the presence of low transport cost airlines opt for a HS network structure and with high transport cost for a FC network. HS networks are characterized by different effects which entail opposing impacts: the demand effect, i.e. higher flight frequencies than in a FC network, the cost-saving effect resulting from economies of density, and the cost-per-passenger effect. The latter effect depicts the situation in which the airline has to pay the

cost per passenger twice since it does not serve particular markets directly but via its hub. Therefore, in case the transport costs are very high, the airline will incur high costs which can eventually not be offset by the former two effects and hence aim for a FC network. Furthermore, the author states that asymmetries may arise, i.e. there might be airlines establishing FC networks and others relying on HS networks, without previously having introduced asymmetry in the model. Interesting aspects for future research in this regard hence include the explicit introduction of asymmetries in the model, the consideration of congested hub airports as well the introduction of oligopolistic structures in the airline market (Flores-Fillol, 2009).

Basso (2007) and Basso and Zhang (2007) develop a model illustrating the vertical structure and competition of congestible facilities and the resulting effects on prices and capacities. Within Basso (2007) it is assumed that airports are input providers whose demand is a function of airport charges, capacities, and airline market structure. To determine optimal prices and capacity decisions it is therefore not only necessary to have information on the airport's cost and demand function but also on the respective airline market. Considering different airport objective functions, i.e. welfare and profit maximization, shows that prices are higher and traffic levels are lower in a profit-maximizing setting which leads to an oversupply of capacity Basso (2007). Other cases considered in this paper are the joint profit maximization of an airport and an airline as well as the case of two independent profit-maximizing airports. The first case may help to avoid so called vertical double marginalization whereas the second one addresses horizontal double marginalization which occurs when airports' outputs are considered complements.

Basso and Zhang (2007) also employ a model which incorporates two rival congestible facilities (airports in a multi-airport region) which are input providers for the downstream market (airline operators) and hence the final consumers (passengers). The competing airports choose prices and capacities for the input they provide for the downstream market. Subsequently, the airports' respective carriers compete and the final consumers select one of the facilities. The results from competition in terms of welfare are compared with the single airport case. The facilities' decisions and the resulting service levels for users depend on the nature of the game. In a closed loop game (decisions on prices and capacities are made sequentially) as in DeBorger and Van Dender (2006) the duopolists offer a lower service quality than the monopolist. In a situation where capacity and pricing decisions are made at the same time, the service level under a duopolist regime is the same as in a monopolist setting (Basso and Zhang, 2007).

The analysis by Allroggen and Malina (2010) also looks at the existence and extent of market power with regard to hub airports. The cases of joint and independent profit maximization of an airport and an airline are considered. Assumptions of the analytical model are duopolistic Bertrand competition for transfer passengers on the downstream market and a monopolistic upstream market. Both airlines and airports are considered to be profit maximizers and both exhibit symmetric cost structures. An airport's non-aeronautical revenues are not considered in the model. Due to the competition on the airline market, the authors

find that the market power of hub airports is limited and that there are incentives for joint profit maximization of the different players. In this particular case, individual profits for both the airport operator and the respective airline are maximized. The theoretical model suggests that independent profit maximization causes a negative impact on social welfare. Considering the benefits of the strategic vertical relationship, the paper proposes to consider asymmetric regulation for hub airports, i.e. restrain regulatory measures restrains to areas other than the transfer passenger market.

The strategic interaction between airports on different continents and the resulting effects on prices and capacities are examined in Benoot et al. (2012). The analysis considers the role of airport regulation and its impact on airline markets. The authors assume in their analytical model that there are two airports on different continents with each having a regulator determining the charging structure. The airlines are non-atomistic consumers of the congestible facilities as in DeBorger et al. (2007). The airports act as Stackelberg leaders regarding the airline market by determining capacities in a Cournot game and subsequently setting airport charges. Due to the complementary nature of these airports, i.e. considering them as successive monopolies (Benoot et al., 2012), the problem of horizontal double marginalization occurs which leads to welfare losses (see also Basso and Zhang, 2007). Important findings of this analysis state that strategic airport pricing and capacity choices by the regulators on the different continents lead to these welfare losses. Furthermore, the losses exceed the negative impacts resulting from imperfect competition on the international airport market. The paper therefore suggests that a reduction in the number of monopolist regulators can induce an increase in overall welfare (Benoot et al., 2012).

7. Conclusion

The paper reviewed the literature, including different theoretical models, that is relevant for the analysis of airport competition. There is a variety of factors that potentially impose competitive constraints on an airport's market power. One of these is the passengers' or the airlines' decision to select a particular airport. Their reasons are manifold and the importance placed on the individual aspects differs by customer groups. A detailed analysis of an airport's specific target group helps to adjust supplied products and services accordingly. A specific focus within the review is placed on hub-and-spoke networks since network carriers and their respective hub airport(s) face a high level of dependency. The network carrier has to invest a lot of effort to switch operations to another airport since it requires sufficient capacities as well as slots within a certain time period to optimize its (transfer) schedules. A high share of aircraft movements and passengers frequenting the airport stem from the operations of the network carrier. The airport operator therefore relies on the continuation of network carrier operations. The review of models in regard to vertical cooperation between airports and airlines shows the potential for synergies between these two stakeholders. Cooperation may hence be beneficial for both by strengthening the competitive position in the market. In order to analyze the welfare and distributional effects of competition several models are outlined. These approaches can be used both by regulators

and airport operators to assess the level and impact of competition and they also offer a valuable application for further research.

8. References

- Adler, N. and Berechman, J. (2001), Evaluating optimal multi-hub networks in a deregulated aviation market with an application to Western Europe, *Transportation Research Part A*, 35, 373–390.
- Adler, N. (2005), Hub-spoke network choice under competition with an application to Western Europe, *Transportation Science*, 39 (1), 58–72.
- Adler, N. and Smilowitz, K. (2007), Hub-and-spoke network alliances and mergers: Price-location competition in the airline industry, *Transportation Research Part B: Methodological*, 41 (1), 394–409.
- Allroggen, F. and Malina, R. (2010), *Market power of hub airports: The role of lock-in effects and downstream competition*, Technical Report 15, Münster, Institut für Verkehrswissenschaft, Diskussionspapier.
- Barbot, C.M. (2009), “Airport and airlines competition: Incentives for vertical collusion”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.43, No.10, pp.952-965, 2009.
- Barbot, C.M. (2011), Vertical contracts between airports and airlines, *Journal of Transport Economics and Policy*, 45 (2), 277-302.
- Basso, L.J. (2007), *Airport deregulation: Effects on pricing and capacity*, Available from: <http://ssrn.com/abstract=849584>.
- Baumol, W.J., Panzar, J.C. and Willig, R.D. (1982), *Contestable markets and the theory of industry structure*, Harcourt Brace Jovanovich.
- Benoot, W., Brueckner, J.K. and Proost, S. (2012), *Intercontinental airport competition*, Available from: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2035334.
- Braeutigam, R.R. (1989), Optimal policies for natural monopolies, *Handbook of Industrial Organization*, 2, 1289-1346.
- Brueckner, J.K. and Spiller, P.T. (1991), Competition and mergers in airline networks, *International Journal of Industrial Organization*, 9, 323-342.
- Brueckner, J.K., Dyer, N.J. and P.T. Spiller (1992), Fare determination in airline hub-and-spoke networks, *The RAND Journal of Economics*, 23 (3), 379–415.

- Brueckner, J.K. and Spiller, P.T. (1994), Economics of traffic density in the deregulated airline industry, *Journal of Law and Economics*, 37 (2), 309–333.
- Brueckner, J.K. and Zhang, Y. (2001), A model of scheduling in airline networks, *Journal of Transport Economics and Policy*, 35 (2), 195-222.
- Button, K. (2010), Countervailing power to airport monopolies, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.5, 59-75, Ashgate Publishing Ltd.
- Caves, D. and Christensen, L. (1984), Economics of density vs. economies of scale: Why trunk and local service airline costs differ, *The RAND Journal of Economics*, 15 (4), 471-489.
- Chen, Y. (2001), On vertical mergers and their competitive effects, *The RAND Journal of Economics*, 32 (4), 667-685.
- Comanor, W. and H. Frech (1985), The competitive effects of vertical agreements, *The American Economic Review*, 75 (3), 539-546.
- D'Alfonso, T. and Nastasi, A. (2012), Vertical relations in the air transport industry: A facility-rivalry game, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48, 993-1008.
- De Borger B. and Van Dender, K. (2006), Prices, capacities and service levels in a congestible Bertrand duopoly, *Journal of Urban Economics*, 60, 264-283.
- De Borger, B., Dunkerley, F. and Proost, S. (2007), Strategic investment and pricing decisions in a congested transport corridor, *Journal of Urban Economics*, 62, 294–316.
- Dennis, N. (1994), Airline hub operations in Europe, *Journal of Transport Geography*, 2 (4), 219-233.
- Flores-Fillol, R. (2009), Airline competition and network structure, *Transportation Research Part B*, 43, 966–983.
- Froehlich, K., Mueller, J., Nemeth, A., Niemeier, H.-M., Njoya, E.T., and Paskin, R. (2011), Vertical structure of air transport: Problems for competition and regulation, Conference contribution.
- Forsyth, P. (2006), Airport Competition: Regulatory Issues and Policy Implications, in: D. Lee (ed.), *Advances in Airline Economics*, 1, Elsevier B.V.

- Forsyth, P. (2010), Airport competition: A perspective and synthesis, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier, (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.26, 428-436, Ashgate Publishing Ltd.
- Forsyth, P., Niemeier, H.-M., and Wolf, H. (2010), Airport alliances and multi-airport companies: Implications for airport competition, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller, and H.-M. Niemeier (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch. 20, 229–352, Ashgate Publishing Limited.
- Fu, X. and Zhang, A. (2010), Effects of airport concession revenue sharing on airline competition and social welfare, *Journal of Transport Economics and Policy*, 44, 119-138.
- Gillen, D. (2009), The Evolution of the Airport Business: Governance, Regulation and Two-Sided Platforms, Paper prepared for the Martin Kunz Lecture, Hamburg Aviation Conference, Germany, February 11-13, 2009.
- Hansen, M. and Kanafani, A. (1989), International airline hubbing in a competitive environment, *Transportation Planning and Technology*, 13, 3-18.
- Harvey, G. (1987), Airport choice in a multiple airport region, *Transportation Research Part A*, 21A (6), 439-449.
- Hess, S. and Polak, J.W. (2010), Airport choice behaviour: Findings from three separate studies, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier, (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.12, 177-196, Ashgate Publishing Ltd.
- Huston, J.H. and Butler, R.V. (1991), The location of airline hubs, *Southern Economic Journal*, 57 (4), 975-981.
- Huston, J.H. and Butler, R.V. (1993), Airline hubs in the single European market: A benchmark analysis, *Review of Industrial Organization*, 8, 407-417.
- IATA (2007), Economic Regulation, *IATA Economics Briefing No. 6*, February 2007.
- IATA (2013), Airport Competition, *IATA Economics Briefing No. 11*.
- Ishii, J., Jun, S. and Van Dender K. (2009), Air travel choices in multi-airport markets, *Journal of Urban Economics*, 65, 216-227.
- Jung, S. and Yoo, K. (2014), Passenger airline choice behavior for domestic short-haul travel in South Korea, *Journal of Air Transport Management*, 38, 43-47.

- Kahn, A.E.. (1993), The competitive consequences of hub dominance: A case study, *Review of Industrial Organization*, 8, 381–405.
- Malina, R. (2010), Competition in the German airport market: An empirical investigation, P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, 14, 239-260, Ashgate Publishing Ltd.
- Martin, J.C. and Roman, C. (2004), “Analyzing competition for hub location in intercontinental aviation markets”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.40, No.2, pp.135-150, 2004.
- Martin-Cejas, R.R. (2002), An approximation to the productive efficiency of the Spanish airports network through a deterministic cost frontier, *Journal of Air Transport Management*, 8, 233-238.
- Matsumoto, H., Burghouwt, G., de Wit, J., and Veldhuis, J. (2009), Air network performance and hub competitive position: Evaluation of primary airports in East and Southeast Asia, *Journal of Airport Management*, 3 (4), 384–400.
- Morrell, P. (2010), Airport competition and network access: a European perspective, P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier, (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.2, 10-25, Ashgate Publishing Ltd.
- Niemeier, H.-M. (2009), Regulation of Large Airports: Status Quo and Options for Reform, *International Transport Forum, Discussion Paper No. 2009-10*, May 2010, OECD/ITF.
- Ordober, J., Saloner, G. and Salop, S. (1990), Equilibrium vertical foreclosure, *American Economic Review*, 80 (1), 127-142.
- Oum, T.H. and Fu, X. (2008), Impacts of airports on airline competition: Focus on airport performance and airport-airline vertical relations, *Discussion Paper 2008-17, Joint Transport Research Centre - OECD International Transport Forum*, Available from:
<http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP200817.pdf>.
- Oum, T.H., Yan, J. and Yu, C. (2008), Ownership forms matter for airport efficiency: A stochastic frontier investigation of worldwide airports, *Journal of Urban Economics*, 64, 422-435.
- Pels, E., Nijkamp, P. and Rietveld, P. (2001), Airport and airline choice in a multiple airport region: An empirical analysis for the San Francisco Bay area, *Regional Studies*, 35 (1), 1–9.

- Pels, E., Nijkamp, P. and Rietveld, P. (2003), Access to and competition between airports: A case study for the San Francisco Bay area, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37 (1), 71–83, 2003.
- Rey, P. and Tirole, J. (2007), A primer on foreclosure, *Handbook of Industrial Organization*, 3, 2145-2220.
- Salinger, M.A. (1988), Vertical mergers and market foreclosure, *Quarterly Journal of Economics*, 103 (2), 345-356.
- Starkie, D. (2001), Reforming UK Airport Regulation, *Journal of Transport Economics and Policy*, 35, Part 1, 119-135.
- Starkie, D. (2002), Airport regulation and competition, *Journal of Air Transport Management*, 8 (1), 63-72.
- Starkie, D. (2010), The airport industry in a competitive environment: A United Kingdom perspective, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.17, 292-309, Ashgate Publishing Ltd.
- Strobach, D. (2010), Competition among airports and overlapping catchment areas: An application to the state of Baden-Württemberg, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller and H.-M. Niemeier (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.15, 261-276, Ashgate Publishing Ltd.
- Suzuki, Y. (2007), Modeling and testing the “two-step” decision process of travelers in airport and airline choices, *Transportation Research Part E*, 43, 1-20.
- Thelle, M.H., Petersen, T.T. and Harhoff, F. (2012), *Airport competition in Europe, Technical Report June 2012*, Copenhagen Economics, 2012.
- Tretheway, M. and Kincaid, I. (2010), *Competition between airports: Occurrence and strategy*, in: P. Forsyth, D. Gillen, J. Müller, and H.-M. Niemeier (eds.), *Airport Competition - The European Experience*, Ch.9, 119-136, Ashgate Publishing Ltd.
- Wolf, H. (2003), *Privatisierung im Flughafensektor – Eine ordnungspolitische Analyse*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Zhang, A. (1996), An analysis of fortress hubs in airline networks, *Journal of Transport Economics and Policy*, September, 293–307.

Die ökonomischen Risiken einer zu naiven Marktliberalisierung – der Fall des deutschen Fernbusmarktes

VON CHRISTOS EVANGELINOS, BAD HONNEF, MICHAEL MITTAG, BERLIN,
ANDY OBERMEYER, DRESDEN¹

1. Historie, Beweggründe und mögliche Risiken der Liberalisierung

Als einer der letzten deutschen Verkehrsmärkte wurde der Fernlinienbusmarkt im Januar 2013 weitgehend liberalisiert.

Dieser Schritt kam nicht überraschend, insbesondere dann nicht, wenn man nicht nur den Fernbusverkehr, sondern auch weitere Transportmodi sowohl auf deutscher als auch auf europäischer Ebene betrachtet. Bereits 1992 wurde mit der Verordnung (EWG) 684/92 die Kabotagefreiheit im internationalen Busverkehr verankert. Mit der Bahnreform 1994, welche einen diskriminierungsfreien Zugang zur deutschen Schieneninfrastruktur gewährleisten soll, und mit der Erteilung eines EU-weiten Kabotagerechts für Fluggesellschaften mit Sitz in der Europäischen Union 1997 wurden zwei wichtige Verkehrsmärkte geöffnet. Im Jahr 1998 wurden die Marktzutrittsbeschränkungen im Straßengüterfernverkehr aufgehoben (Aberle 2003, S. 44; 62; 123) und seit 2007 herrscht Kabotagefreiheit für Güterverkehre auf der Schiene. Im Januar 2010 wurde die Kabotage auch im Schienenpersonenverkehr uneingeschränkt zugelassen (BMVBS 2013). Ausschreibungen für Verkehrsleistungen im SPNV und die damit verbundene Öffnung des ÖPNV-Marktes sind ein weiteres Beispiel für Liberalisierungsbestrebungen im Verkehr. Einzig der nationale Fernlinienbusmarkt unterlag bis zum 1. Januar 2013 einer starken Regulierung. Im Zuge der Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes wurde dieser Markt nahezu vollständig dereguliert.

Im Wesentlichen umfasst die Marktöffnung Änderungen des §42a PBefG. Darin werden Fernbusverkehre generell genehmigt, jedoch muss eine Mindestentfernung zwischen den Haltestellen von 50 Kilometern oder einer Stunde Reisezeit mit dem SPNV gegeben sein. Ausnahmen sind möglich, beispielsweise wenn das bestehende Nahverkehrsangebot unzureichend ist oder der bisherige Verkehr nur unerheblich beeinträchtigt wird. Weitere Ein-

Anschriften der Verfasser:

Dr. rer. pol. Christos Evangelinos

International University of Applied Sciences Bad Honnef Bonn
Mülheimer Straße 38
53604 Bad Honnef
e-mail: c.evangelinos@uibh.de

Michael Mittag, M.Sc.

MFB MeinFernbus GmbH
Karl-Liebknecht-Straße 29
10178 Berlin
e-mail: michael.mittag@meinfemibus.de

Dipl. Verk.-wirtsch

Andy Obermeyer
Technische Universität Dresden
Institut für Wirtschaft & Verkehr
Chemnitz Straße 48
01187 Dresden
e-mail: andy.obermeyer@tu-dresden.de

schränkungen sind nicht vorgesehen, womit es ausdrücklich keinen Konkurrenzschutz² gibt. Zwar muss bei der Liniengenehmigung die Genehmigungsbehörde dem Fahrplan zustimmen, anschließende Fahrplanänderungen sowie die Tarife können aber vom Unternehmen frei gewählt werden und müssen bei der Behörde lediglich angezeigt werden (KCW 2012, S. 57ff.). Mit einer Betriebspflicht von nur drei Monaten kann ein Hit-and-Run-Entry eines Mitbewerbers nicht ausgeschlossen werden. Nur mit dem in §14 PBefG geregelten Anhörungsverfahren haben betroffene Kommunen bzw. das Land oder andere Behörden Eingriffsmöglichkeiten.

Schon vor der Umsetzung des neuen Personenbeförderungsgesetzes gab es in Deutschland zahlreiche neue Fernbusverbindungen, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass die Restriktionen des vorherigen PBefG anders gewichtet und ausgelegt wurden: das Bundesverwaltungsgericht entschied im Jahr 2010, dass ein deutlich günstigerer Bustarif im Vergleich zum Bahntarif ausreichend sein kann, um eine Linie zu genehmigen (BVerwG 2010). Das Argument der Beeinträchtigung öffentlicher Verkehrsinteressen, mit dem die Deutsche Bahn über Jahrzehnte Einspruch gegen beantragte Busverkehre einlegen und diese somit verhindern konnte, wurde als weniger ausschlaggebend eingestuft. Aufgrund dieser Auslegung des PBefG konnten vor allem neue, innovative Anbieter ihren Busbetrieb aufnehmen bzw. ausbauen.

Die Effekte der Marktöffnung werden im Allgemeinen als positiv beurteilt. Die Einführung von Wettbewerb, sowohl innerhalb des Bussektors als auch intermodal zwischen Fernbus und Eisenbahn, führt zu sinkenden Preisen und folglich zu einer höheren Konsumentenwohlfahrt sowie auch zu mehr Innovation und einer kostengünstigeren Erstellung von Fernverkehrsleistungen.

Die Liberalisierung dieses Marktes ist neben normativ-ökonomischen Beweggründen auch auf politökonomische Überlegungen zurückzuführen. Maertens (2012, S. 555) führt diesbezüglich an, dass einerseits keine haltbaren Gründe für eine Regulierung des Fernbusmarktes vorhanden waren und andererseits die Opposition der Marktöffnung in den letzten Jahren sukzessiv an argumentativem Gewicht einbüßte, sodass die noch vorhandene Regulierung obsolet war.

An dieser Stelle setzen wir mit diesem Beitrag an und betrachten die Liberalisierung des Fernbusmarktes sowohl aus normativ-ökonomischer als auch aus politökonomischer Perspektive.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die von der Deutschen Bahn oft angeführte Gefahr der ruinösen Konkurrenz (DB 2010, S. 23/29). Zwar scheint es auf den ersten Blick, dass die Bedingungen der ruinösen Konkurrenz im Fernverkehr nicht vorlägen³, die Möglichkeit

² §13 Abs. 2 Nr. 2 und 3 PBefG gilt nicht für den Fernverkehr.

³ Zu den Bedingungen der ruinösen Konkurrenz vgl. Van Suntum (1986, S. 61ff.). Fernbusse sind keine langlebigen Produktionsanlagen wie etwa Binnenschiffe. Die Kosten des Erwerbs eines Busses können nicht als versunkene Kosten angesehen werden. Zudem erscheint die Unteilbarkeitsbedingung aufgrund der relativ kleinen

von Marktinstabilitäten ist aber dennoch nicht auszuschließen. Aus diesem Grund diskutiert dieser Beitrag die Möglichkeit der Entstehung von Instabilitäten im Fernverkehrsmarkt. An dieser Stelle unterscheiden wir zwischen Instabilitäten innerhalb des Busmarktes und Instabilitäten in der intermodalen Beziehung zwischen Bus und Bahn.

Im Hinblick auf die intermodale Beziehung zwischen Eisenbahn und Fernbus wird in Abschnitt zwei die Fragestellung der Marktzutrittsresistenz der Eisenbahn aufgegriffen. Insbesondere hinsichtlich der Überlebensfähigkeit eher schwach ausgelasteter IC-Verbindungen des Randnetzes scheint diese Frage von besonderer Relevanz zu sein. Hier spielen insbesondere politökonomische Argumente eine entscheidende Rolle, denn die Eisenbahn wird von vielen als ein „öffentliches Gut“⁴ angesehen. Eine mögliche Einstellung von Bahnverbindungen wird dementsprechend von Kommunalpolitikern und lokaler Bevölkerung als ein nicht hinnehmbarer Verlust angesehen. Genau hier können durch die Liberalisierung des Fernbusmarktes Wohlfahrtsverluste entstehen. Anhand eines Mode-Choice-Modells wird das Marktpotential der Eisenbahn sowohl für das Haupt- als auch für das Randnetz für 3.120 Verbindungen in Deutschland ermittelt. Anschließend werden Überlegungen hinsichtlich der daraus resultierenden Gewinnmargen dargelegt und mögliche Reaktionen der Eisenbahn aufgezeigt.

Abschnitt drei diskutiert im Ansatz die Möglichkeit der Entstehung von Instabilitäten innerhalb des Fernbusmarktes. Als Beispiel dafür werden oft die in Großbritannien nach der Liberalisierung dieses Sektors beobachteten Buskriege angeführt, bei denen diese Diskussion bereits intensiv geführt wurde. Auf der Ebene von einzelnen Strecken konkurrieren Busunternehmen sowohl im Preis als auch im Fahrplan. Unter Zugrundelegung des Hotelling Modells (D'Aspremont et al., 1979) kann es deswegen zu instabilen Marktgleichgewichten kommen. Busunternehmen konkurrieren aber auch auf der Netzebene. Wenn also eine Mindestnetzabdeckung erforderlich ist, um im Markt langfristig erfolgreich agieren zu können, kann es unter Umständen direkt mit dem Marktzutritt zu einem leeren Kern kommen, welcher als eine Sonderform von Instabilität betrachtet wird. Dieser Teil der Diskussion basiert auf bereits aus anderen Sektoren gewonnenen Erkenntnissen der Literatur und überprüft die Anwendbarkeit der Bedingungen des leeren Kerns auf den Fernbusmarkt.

Abschnitt vier fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen.

2. Die Liberalisierung des Fernbusmarktes und die Marktzutrittsresistenz der Eisenbahn

Das Hauptargument, welches über lange Zeit die Liberalisierung des Fernbusmarktes verhindert hat, war die Befürchtung, dass das Fernverkehrsangebot der Eisenbahn nicht aufrecht zu erhalten sei. Besondere Sorge besteht hierbei um das sogenannte Randnetz, womit

Transportgefäße nicht erfüllt. Weiterhin ist nicht zu erkennen, dass die Nachfrage nach Fernverkehrsleistungen schlecht prognostizierbar ist.

⁴ Hierbei ist nicht die Definition des öffentlichen Gutes im ökonomischen Sinne gemeint.

vor allem langsamere und mit geringer Frequenz Fernverkehrsverbindungen gemeint sind. Das Argument der Stabilität des Eisenbahnangebots wird deswegen in diesem Abschnitt näher beleuchtet. Dabei bedienen wir uns der Argumentation, welche von Faulhaber (1975) formuliert wurde. Diese Frage ist deshalb relevant, weil zwischen Eisenbahn und Fernbus intermodaler Wettbewerb herrscht. Insofern haben regulatorische Fragestellungen für den Fernbus eine unmittelbare Auswirkung auf die allokativen Effizienz der Eisenbahn und vice versa (Button und Nijkamp 1998, S. 14).

Aus diesem Grund stellt sich bei der Marktöffnung des Fernbusmarktes zunächst die grundsätzliche Frage, ob der intermodale Wettbewerb trotz möglicher Unvollkommenheiten funktionieren kann.

Eine mögliche Unvollkommenheit könnten Subadditivitäten der Bedienung des gesamten Fernverkehrsnetzes darstellen. Es kann allerdings für die Eisenbahn als realistisch angesehen werden, dass die Bedienung von ausschließlich Hauptstrecken niedrigere Durchschnittskosten verursacht als die gemeinsame Bedienung von Haupt- und Nebenstrecken. Ist in einer solchen Konstellation der Markt bestreitbar, so kann es dazu kommen, dass Wettbewerber mit einem Teilangebot des Monopolisten niedrigere Durchschnittskosten realisieren können und dementsprechend die Nachfrage an sich ziehen. Dies würde dann zwei mögliche Auswirkungen haben. Erstens kann eine Quersubventionierung seitens des Monopolisten zwischen Haupt- und Randnetz nicht mehr aufrecht erhalten werden und zweitens ist die Bedienung des Randnetzes aufgrund der Mindestgrößen der Transportgefäße (ganze Züge) nicht mehr gewährleistet (vgl. z. B. Panzar und Willig 1977).

Im hier geschilderten Problem der Marktzutrittsresistenz könnte die Eisenbahn durch adäquate Preissetzung reagieren, die den Fernbussen wenig Raum für Gewinne bieten und dementsprechend einen Marktzutritt erschweren würde. Angenommen, dass diesbezüglich die theoretischen Bedingungen der Marktzutrittsresistenz zuträfen⁵, könnten solche Preise eine Ramsey-Struktur aufweisen (Baumol et al. 1977). Diese würde u. a. einen höheren Preiszuschlag auf die Grenzkosten für Verbindungen des Hauptnetzes (ICE-Verbindungen) und einen niedrigeren für Verbindungen des Randnetzes beinhalten.⁶ Ohne an dieser Stelle auf die Überprüfung dieser Bedingungen eingehen zu müssen, scheinen Ramsey Preise aufgrund politischer und medialer Zwänge seitens der Eisenbahnverkehrsunternehmen nicht implementierbar zu sein. Matthes (2004) zeigt diesbezüglich, dass die etwa sechs Monate nach der Einführung des PEP-Preissystems der Bahn (Ende 2002) erfolgte Korrektur auf den durch Medien und Politik ausgeübten Druck zurückzuführen ist. Insofern kann konstatiert werden, dass die politische Einflussnahme eine stärker nachfrageorientierte Preisdifferenzierung im Eisenbahnsektor verhindert. Somit kann die Marktöffnung des Fernbusverkehrs die oben geschilderte Situation hervorbringen, in der Teilangebote der Fernbuslinien zu positiven Gewinnen führen. Für die Eisenbahn bedeutet dies, dass

⁵ Hiermit ist das sogenannte „weak invisible hand“ Theorem gemeint. Für eine Diskussion der Marktzutrittsresistenz vgl. z. B. Baumol et al. (1977) bzw. Sharkey (1981).

⁶ Zwar zahlen gegenwärtig Passagiere für ICE-Verbindungen einen sog. ICE-Aufschlag, dieser scheint jedoch eher mit Unterschieden in den Grenzkosten als mit einer nachfrageelastizitätsbasierten Preissetzung begründbar.

Quersubventionierungen zwischen dem Haupt- und dem Randnetz nicht mehr aufrechterhalten werden können. Allerdings ist das Randnetz für die Eisenbahn ebenso wichtig, da es in einigen Fällen als Zubringer für das Hauptnetz fungiert. Es existieren also einerseits produktionstheoretische Verbundvorteile und andererseits Nachfragekomplementaritäten zwischen Haupt- und Randverbindungen. Deswegen scheinen die Effekte des Wettbewerbs auf die Marktanteile für die Eisenbahn sowohl beim Haupt- als auch beim Randnetz besonders interessant zu sein.

2.1 Kosten und Einnahmen im Fernverkehrssektor

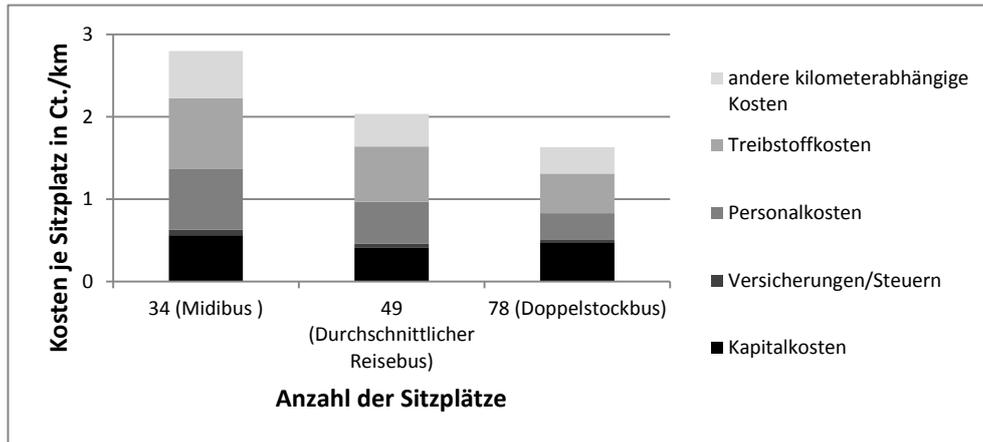
Um diesem Gedanken gerecht zu werden, werden im Folgenden die Kosten und Einnahmen pro Passagier und Kilometer sowohl für den Bus- als auch den Eisenbahnsektor approximiert. Dazu verwenden wir eine aktualisierte und leicht modifizierte Fassung der in Breimeier (2013) angestellten Vollkostenrechnung.⁷ Anschließend können Aussagen hinsichtlich der Gewinnsituation der Eisenbahn für die Teilmärkte Haupt- und Randnetz getroffen werden. In einem weiteren Schritt werden dann die Effekte des Wettbewerbs auf die Marktanteile von Bus, Bahn und Pkw untersucht. Die Kosten je Sitzplatz für die verschiedenen Bustypen werden in Abbildung 1 dargestellt.⁸

⁷ Zur Methodik der Kostenkalkulation vgl. Breimeier (2013). Gemeinkosten (Marketing, Verwaltung und Vertrieb) wurden so-wohl für den Fernbus als auch für die Eisenbahn nicht berücksichtigt. Ausgehend von den Berechnungen aus Breimeier (2013) wurden die Energiepreise aktualisiert und weitere kleinere Kostenpositionen in die Kalkulation hinzugefügt (insbesondere Versicherungen). Außerdem wurden in der Berechnung mehrere Bustypen verwendet. Die Darstellungen für den Fernbus basieren auf einer durchschnittlichen Laufleistung von 300.000 Km p.a.

In dieser Berechnung wird von einer Unterscheidung zwischen fixen und variablen Kosten abgesehen. Sicherlich kann derartige Vollkostenrechnung auch kritisch angesehen werden. Sehr kurzfristig sind große Kostenblöcke, wie z.B. Kapitalkosten oder Versicherungen, fix und spielen deswegen eine untergeordnete Rolle in der Preissetzung. Die Änderung der Frist jedoch über einen überschaubaren Zeitraum, verbunden mit der Entscheidung der Fernverkehrsunternehmen (sowohl Bahn als auch Bus) über das zu bedienende Netz macht fast alle Kosten in dieser Kalkulation variabel. Nichtsdestotrotz sind wir an dieser Stelle eher bestrebt, Aussagen hinsichtlich der Gewinnsituation der Unternehmen zu gewinnen.

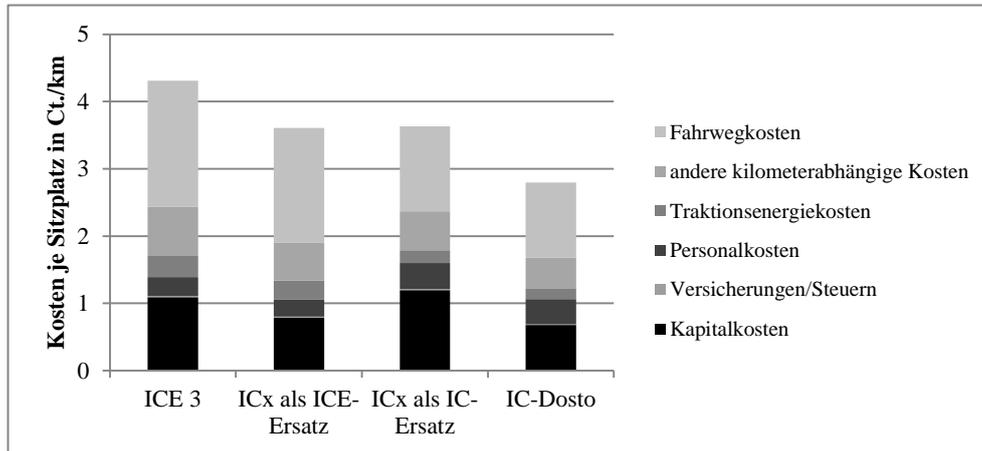
⁸ Vergleichbare Ergebnisse liefern auch Bim et al. (2010, S. 51ff.).

Abbildung 1: Kosten des Fernbusses je Sitzplatz in Ct./km für verschiedene Bustypen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Breimeier (2013)

Für die Eisenbahn kann eine vergleichbare Kalkulation für die Kosten je Sitzplatz aufgestellt werden. Je nach Zugkategorie und Einsatzzweck ergeben sich unterschiedliche Kosten je Sitzplatz und Kilometer.

Abbildung 2: Kosten der Eisenbahn je Sitzplatz in Ct./km für verschiedene Zugtypen

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Breimeier (2013)⁹

In Abbildung 2 werden die Kosten des aktuellen Hochgeschwindigkeitszuges ICE 3 sowie der zukünftigen Fernverkehrszüge ICx und IC-Dosto (Doppelstockzug) miteinander verglichen. Erwartungsgemäß weist der Eisenbahnverkehr hohe Kapitalkosten, jedoch geringe Personalkosten pro Sitzplatz auf. Bemerkenswert ist, dass die Fahrwegkosten (hauptsächlich Trassen- und Stationspreise) den größten Kostenblock darstellen.¹⁰

Beim Vergleich der Durchschnittskosten der Eisenbahn in Abbildung 2 mit den Durchschnittskosten der Fernbusse in Abbildung 1 wird ersichtlich, dass der Bus im Vorteil gegenüber der Bahn ist. Liegen die Kosten des Zuges inklusive der Trassenpreise zwischen 2,8 und 4,3 Ct pro Sitzplatzkilometer, so ergeben sich für den Bus Kosten zwischen 1,6 und 2 Ct pro Kilometer und Sitzplatz (Doppelstockbus mit 78 Sitzplätzen bzw. Reisebus mit 49 Sitzplätzen). Daraus folgt, dass die Eisenbahn die höheren Kosten (und dementsprechend die höheren Preise für die Passagiere) mit einer geringeren Reisezeit als die Fernbusse kompensieren müsste, wenn sie ihre Marktposition beibehalten möchte.¹¹ Genau das kann aber für das Randnetz bezweifelt werden.

Im nächsten Schritt unterteilen wir das Fernverkehrsangebot der Eisenbahn in zwei Gruppen:

⁹ Für die Berechnung wurden fixe und variable Kosten ermittelt. Alle Werte wurden zur vereinfachten Darstellung auf einen Kilometer normiert. Der ICx soll sowohl die älteren ICEs als auch die IC-Wagen ablösen. Je nach Einsatzzweck ergeben sich somit zwei Werte für den ICx.

¹⁰ Dies bestätigt auch die Ergebnisse in Matthews et al. (2008, S. 38), wo von einem Kostenanteil von ca. 30 % gesprochen wird.

¹¹ Bekannterweise berücksichtigen Passagiere vorwiegend die Kriterien Reisezeit und Reisekosten bei ihrer Verkehrsmittelwahlentscheidung.

- Hauptnetz: ICE-Anbindung, mindestens im 2-h-Takt
- Randnetz: restliche direkte und indirekte Verbindungen

Des Weiteren ermitteln wir auf Basis von Standardpreisen die Reisekosten der Fahrgäste für alle Relationen zwischen den 80 betrachteten Großstädten in Deutschland. Die durchschnittlichen Reisekosten je Kilometer wurden für das Hauptnetz (durchschnittlich 0,24 Euro/km) und für alle restlichen Relationen (durchschnittlich 0,22 Euro/km) durch Preisabfragen (Nettopreise) ermittelt. Weiterhin wurden folgende Annahmen getroffen: Für das Hauptnetz wurde eine Auslastung von 60% unterstellt. Mit der Annahme einer unterdurchschnittlichen Auslastung von 20 % wurde für das Randnetz der dort vorliegenden, schlechteren Anbindung Rechnung getragen.¹² Die Zusammenführung der Einnahmen und Kosten in Tabelle 1 zeigt, dass im Randnetz im Mittel nur minimale Gewinne erwirtschaftet werden können. Unter Berücksichtigung der Unsicherheit und Annahmen bei der Ermittlung der Kosten entstehen womöglich sogar Verluste.

Tabelle 1: Gewinne im Fernverkehr der Bahn pro Passagier und Kilometer

	Randnetz		Hauptnetz	
	ICx (IC-Ersatz)	IC-Dosto	ICE 3	ICx (ICE-Ersatz)
Nettoeinnahmen (pro Passagier)	18,5 Ct/km	18,5 Ct/km	20,0 Ct/km	20,0 Ct/km
Kosten bei 20% bzw. 60% Auslastung (pro Passagier)	-18 Ct/km	-14 Ct/km	-7,0 Ct/km	-6,0 Ct/km
Gewinn (pro Passagier)	0,5 Ct/km	4,5 Ct/km	13,0 Ct/km	14,0 Ct/km

Quelle: Eigene Berechnungen

Die hohen Gewinne von circa 13 bis 14 Ct je Kilometer aus dem Hauptnetz könnten in einer Situation ohne Wettbewerb genutzt werden, um die drohenden Verluste aus dem Randnetz auszugleichen.

Nicht außer Acht zu lassen sind die geringeren durchschnittlichen Fahrpreise der Fernbusse pro Kilometer. Damit ergeben sich bei einer marktüblichen Auslastung von 60 % und nach Abzug der Mehrwertsteuer, Gewinne pro Kilometer im einstelligen Centbereich (vgl. Tabelle 2). Zur Diskussion kann an dieser Stelle die Auslastung von 60% gestellt werden, da dieser Wert aus Zeiten stammt, zu denen das Reisen mit dem Bus vor allem in Form von Gelegenheitsverkehren stattfand. Gerade auf wettbewerbsintensiven Strecken ist es möglich, dass die Auslastung geringer ausfällt.

¹²Die hier aufgestellten Annahmen ergeben in Summe die reelle SPFV-Auslastung von 46,8 % (vgl. Breimeier 2013).

Tabelle 2: Gewinne im Fernbussektor

	durchschnittlicher Reisebus	Doppelstockbus
Nettoeinnahmen (pro Passagier)	9,2 Ct/km	9,2 Ct/km
Kosten bei 60% Auslastung (pro Passagier)	-3,4 Ct/km	-2,7 Ct/km
Gewinn (pro Passagier)	5,8 Ct/km	6,5 Ct/km

Quelle: Eigene Berechnungen

Entscheidend bei der Betrachtung des Fernbusses ist, dass aufgrund der Fahrzeuggrößen anders als im Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) wesentlich weniger Passagiere benötigt werden, um Profite zu erwirtschaften. Erkennbar wird dies, wenn man die Kosten nicht pro Sitzplatz, sondern pro Fahrzeug betrachtet: der Fernbus kommt in der Kalkulation auf Werte von 0,98 bis 1,25 Euro/km, die Bahn je nach Zugtyp auf Werte zwischen 13,11 und 17,89 Euro/km.

Wie oben festgestellt, ergibt sich bei einer Auslastung für das Randnetz der Bahn von 20 % oder weniger ein Profitabilitätsproblem. Es stellt sich also die Frage, welcher Auslastungsgrad sich im Zuge der Liberalisierung des Fernbusmarktes auf dem Randnetz der Eisenbahn einstellen wird.

2.2 Der Effekt der Liberalisierung des Fernbusmarktes auf den Modal-Split Anteil der Eisenbahn

Aussagen darüber lassen sich im Prinzip gewinnen, wenn man über Informationen bezüglich der Nachfrage bzw. der Aufteilung der Verkehrsströme auf die unterschiedlichen Verkehrsmittel (Modal-Split) verfügt. In der ökonomischen Modellierung der Verkehrsnachfrage haben sich diesbezüglich in den letzten Jahrzehnten Modelle der diskreten Wahlscheidung etabliert. Allerdings erfordert die Aufstellung bzw. Schätzung eines solchen Modells für den Fernverkehr die Erstellung einer hinreichend großen Stichprobe für alle ca. 3.120 in diesem Beitrag betrachteten Verbindungen, was mit einem erheblichen Ressourcenaufwand verbunden wäre. Im Rahmen dieser Arbeit wird mit der Anpassung eines bereits geschätzten Modells ein deutlich effizienterer Ansatz gewählt, um belastbare Aussagen über den Modal-Split unter Berücksichtigung der Alternative Fernbus zu gewinnen. Modelle für den Fernverkehr in Deutschland wurden bereits von Mandel et al. (1994, 1997) aufgestellt und geschätzt. Angesichts der Tatsache, dass beide Untersuchungen Verkehrsdaten von 1979-1980 verwenden, können die Erkenntnisse dieser Studien für den vorliegenden Fall jedoch nicht verwendet werden. Aus diesem Grund greifen wir auf ein von Evangelinos und Schütze (2013) präsentiertes Modell zurück, welches allerdings den Nachteil hat, dass es für den Regionalverkehr entwickelt wurde. Nichtsdestotrotz sind wir der Auffassung, dass die Verwendung dieses Modells die Präferenzen eines repräsentativen Passagiers gut approximieren kann.

Grundsätzlich gilt bei diskreten Wahlmodellen, dass ein Individuum t aus einer Menge von Alternativen J diejenige Alternative i auswählt, bei der es den höchsten individuellen Nut-

zen U erhält. Die dazugehörige indirekte Nutzenfunktion wird dabei in eine deterministische (V) und eine stochastische (ε) Komponente unterteilt:

$$U_{it} = V_{it} + \varepsilon_{it}$$

Die deterministische Komponente enthält dabei alle vom Modellierer berücksichtigten Einflussgrößen auf die Entscheidung des Individuums, während der stochastische Teil die übrigen den Nutzen beeinflussenden Elemente abfangen soll. Die Annahme über die Verteilung von ε ergibt die konkrete Form der Auswahlwahrscheinlichkeit für eine bestimmte Alternative i . Dabei ergibt sich die am häufigsten verwendete Logit-Wahrscheinlichkeit aus der Annahme identischer, voneinander unabhängiger und extremwertverteilter Fehlerterme:

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(V_j)}$$

Die einfachste Form der Spezifikation der indirekten Nutzenfunktion stellt die lineare Verknüpfung der mit den entsprechenden Parametern gewichteten Variablen Reisezeit und Reisekosten dar:

$$V_i = ASC_i + \beta_{Zeit} \cdot Zeit_i + \beta_{Kosten} \cdot Kosten_i$$

wobei ASC_i die sogenannte alternativspezifische Konstante darstellt. Diese spiegelt den Nutzenbonus bzw. -malus einer Alternative gegenüber der vom Modellierer festgelegten Referenz wieder. Sie umfasst u. a. nicht explizit modellierte, aber mit der Alternative direkt verbundene Eigenschaften (z. B. Bequemlichkeit oder Frequenz) sowie im Durchschnitt in der Gruppe der Verkehrsteilnehmer vorhandene Neigungen bezüglich einer bestimmten Alternative, die bewirken können, dass selbst bei einer deutlichen Änderung von Reisezeiten oder -kosten die Personen ihre Verkehrsmittelwahl nur geringfügig verändern. Hierin spiegelt sich auch das Phänomen des habitualisierten Verkehrsverhaltens wider.

Eine eingängigere und leicht zu interpretierende Darstellung der indirekten Nutzenfunktion ergibt sich durch Division dieser durch den Reisekostenparameter. Das Ergebnis dieser Rechenoperation entspricht den generalisierten Reisekosten GC .¹³

$$GC_i = MASC_i + 13,41 \cdot Zeit_i + Kosten_i$$

¹³Mit generalisierten Kosten wird vor allem im Bereich der Verkehrsplanung gearbeitet. Zu beachten ist, dass die generalisierten Kosten nicht ohne weiteres in der oben dargestellten Formel für die Auswahlwahrscheinlichkeit verwendet werden dürfen, denn durch die Division mit dem Kostenparameter wurde letztlich – bei Einbeziehung des gesamten Nutzens – auch die Skalierung der stochastischen Komponente verändert. In Modellen der Verkehrsplanung findet sich deshalb häufig einen Skalierungsparameter in der Formel für die Auswahlwahrscheinlichkeit wieder (Skalierungsparameter der Gumbel-Verteilung). Die Darstellung der generalisierten Kosten im vorliegenden Beitrag dient somit nur dem besseren Verständnis.

wobei $MASC_i$ die in Euro ausgedrückte Basisnutzendifferenz der Alternative i relativ zur Alternative Kfz (festgelegter Referenzmodus) darstellt. Die verwendeten Zahlenwerte stammen aus Evangelinos & Schütze (2013, S.57).

Aus dieser Darstellung ist der monetäre Wert der Reisezeit (-einsparung) von 13,41 (€/h) erkennbar. Aus Beiträgen von Small (2012, S. 5) oder Small und Verhoef (2007, S. 52-53) geht hervor, dass der Zeitwert im Durchschnitt ca. die Hälfte des im jeweiligen Land vorherrschenden Bruttolohnsatzes beträgt. Für Deutschland ergäbe sich nach dieser Regel ein Zeitwert von ca. 11,30 €/h (Obermeyer und Evangelinos 2013). Der aus Evangelinos & Schütze (2013) hervorgehende Zeitwert weist mit 13,41 €/h eine ähnliche Größenordnung auf, was uns in der Auffassung bestärkt, dass die Verwendung dieses Modells die Präferenzen eines repräsentativen Passagiers relativ gut approximieren kann. Zwar könnte angenommen werden, dass im Fernverkehr aufgrund der längeren Distanzen ein höherer Zeitwert vorherrscht, allerdings sind die empirischen Befunde hierzu widersprüchlich (Kato 2006). Unter Berücksichtigung der aktuellen Datenverfügbarkeit und vorliegenden empirischen Ergebnisse erachten wir unsere Vorgehensweise trotz möglicher Kritikpunkte als eine praktikable Herangehensweise, um indikative modellbasierte Aussagen hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl abzuleiten.¹⁴

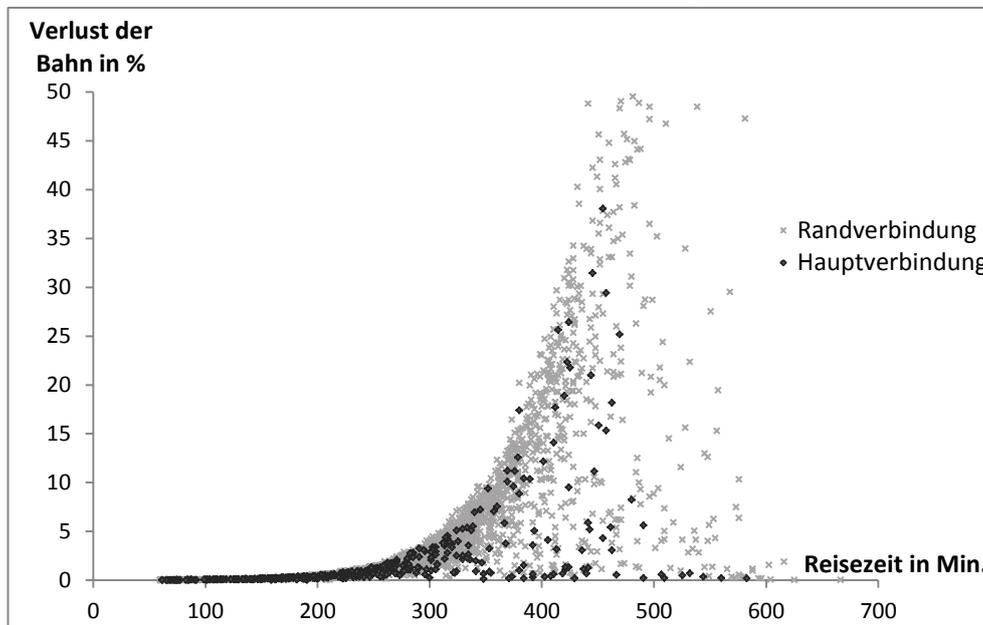
Um letztlich den Modal Split der einzelnen Verkehrsmittel sowohl für das Rand- als auch für das Hauptnetz prognostizieren zu können, ist es erforderlich, einen adäquaten Wert der alternativspezifischen Konstante zu bestimmen. Dazu nutzen wir Erkenntnisse aus der Literatur, die einen Marktanteil der Fernbusse nach der Marktöffnung von ca. drei Prozent bis über 20 Prozent prognostizieren. Zudem zeigen von Hirschhausen et al. (2008, S. 9ff.), dass ein Anteil des Fernbusses am Modal Split von etwa fünf Prozent als realistisch und international üblich bezeichnet werden kann. Basierend darauf haben wir die ASC_i so kalibriert, dass der resultierende Anteil des Fernbusses am Modal Split fünf Prozent über alle Verbindungen beträgt. Der kalibrierte Parameter beträgt – ausgedrückt in Geldeinheiten ($MASC_i$) – 51,40 €.¹⁵ Diese Herangehensweise kann als konservativ und „Best Case“-Szenario für die Eisenbahn angesehen werden. Noch höhere Anteile für den Fernbus wären für die hier untersuchte Thematik der Marktzutrittsresistenz der Eisenbahn nicht unbedingt dienlich, denn es ist plausibel anzunehmen, dass bei steigenden Fernbusanteilen die Marktzutrittsresistenz der Eisenbahn nicht gegeben ist.

¹⁴Auch die sich aus diesem Modell ergebende durchschnittliche Preiselastizität der Alternative Eisenbahn von -0.3 scheint dies zu bestätigen. Mandel et al. (1997, S. 110) berichten von Elastizitäten für den Eisenbahnfernverkehr in Deutschland in Höhe von -0.12 bis -0.38. Auch im internationalen Kontext können die hier verwendeten Elastizitäten als realistisch angesehen werden. Litman (2008) berichtet in seinem Übersichtsartikel Elastizitäten von -0.21 bis -1.20. Ebenso werden in Oum et al. (1990) entsprechenden Elastizitäten in Höhe von -0.3 bis -1.18 zusammengefasst.

¹⁵Sensitivitätsanalysen zeigen, dass eine Variation der Höhe der alternativspezifischen Konstante in einer sinnvollen Spanne die Kernaussagen dieses Beitrags nicht ändert. Von einer Darstellung der Sensitivitätsanalysen sehen wir jedoch aus Platzgründen ab. Sie können aber auf Anfrage von den Autoren bereitgestellt werden, wie auch der gesamte Datenbestand der Untersuchung.

Um schließlich den Modal Split ohne und mit Berücksichtigung der Alternative Fernbus ermitteln zu können, wurden in das kalibrierte Modell die von uns ermittelten Reisezeiten und Reisekosten der Nutzer auf den 3.120 Städtepaaren genutzt. Die Reisezeit und Reisekosten für die Eisenbahn und den Fernbus entstammen Internetabfragen, während für den Pkw die Kosten auf Basis von Angaben des ADAC (2013) für einen Mittelklassewagen und die Reisezeiten mittels Routenplaner ermittelt wurden. Die Ergebnisse haben wir nach Haupt- und Nebenverbindungen kategorisiert und letztlich die Verluste der Eisenbahn im Modal Split (Prozentpunkte) nach der Marköffnung im Vergleich zur Situation ohne Fernbus ermittelt. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

Abbildung 3: Verbindungsspezifische Modal-Split Verluste (Prozentpunkte) der Eisenbahn durch die Liberalisierung



Quelle: Eigene Berechnungen

Aus Abbildung 3 gehen zwei zentrale Erkenntnisse hervor. Erstens halten sich die Verluste der Eisenbahn bis zu einer Reisezeit von etwa 200 Minuten in Grenzen, unabhängig von der Art der Verbindung (Haupt- oder Randnetz). Darüber hinaus lässt sich jedoch eine eindeutige Tendenz beobachten. Bei steigender Reisezeit steigen auch die Verluste der Eisenbahn. Für Verbindungen des Randnetzes sind diese aber sehr viel höher als für die Hauptverbindungen (mit Ausnahme weniger Ausreißer), die weiterhin auf einem konstant niedrigen Niveau liegen.

Somit kann von (leicht) sinkenden Gewinnen (trotz möglicher Kapazitätsanpassungen) auf den Hauptrelationen ausgegangen werden. Damit sinkt auch der Gesamtbetrag, mit dem Nebenstrecken subventioniert werden könnten.¹⁶

Für Strecken des Randnetzes zeigen unsere Ergebnisse, dass die Verluste der Eisenbahn bei höheren Reisezeiten wesentlich höher ausfallen als für Strecken des Hauptnetzes. Gegeben der bereits gezeigten sehr niedrigen Gewinnmargen für diese Strecken, ist der Verlust von Verkehrsanteilen und der damit verbundene Rückgang der Auslastung als besonders kritisch einzuschätzen. Unabhängig davon, ob der Eisenbahnbetreiber seine Preissetzung der der Buswettbewerber anpasst oder nicht, wäre die Folge, dass einige dieser Strecken nur noch unter Inkaufnahme von Verlusten aufrechterhalten werden könnten. Die Ertragslage des Gesamtsystems SPFV wird also einerseits von der Anzahl der betroffenen Nebenstrecken und andererseits von der Höhe der realisierten Gewinne auf den Hauptstrecken abhängen. Da aber, wie bereits angesprochen, die Gewinne voraussichtlich auch auf den Hauptverbindungen sinken werden, stellt sich für die Eisenbahn die Frage der Finanzierung defizitärer Nebenstrecken.

Unter üblichen Wettbewerbsbedingungen müssten solche Verbindungen eingestellt werden. Allerdings ist es aufgrund der eingangs angemerkten Nachfragekomplementaritäten sehr unwahrscheinlich, dass das Eisenbahnverkehrsunternehmen *alle* betreffenden Verbindungen einstellt.¹⁷ Würde dies umgesetzt, gingen womöglich auch die Einnahmen aus einem nicht vernachlässigbaren Nachfragesegment der Hauptstrecken– Reisende, die die Nebenstrecke als Zubringer für den Hauptlauf nutzen – verloren.

Genau dieser Sachverhalt kann das Eisenbahnverkehrsunternehmen dazu motivieren, zusätzliche Finanzierungsquellen zu suchen. Eine Möglichkeit besteht in der verstärkten Kooperation mit den ÖPNV-Aufgabenträgern. Insbesondere die Einbindung von Randstrecken des Fernverkehrs in den Taktfahrplan des ÖPNV mag eine denkbare zusätzliche Finanzierungsquelle aus Sicht der Eisenbahnverkehrsunternehmen darstellen. Es existieren mindestens zwei Gründe, die eine solche Kooperation zwischen ÖPNV-Aufgabenträgern und dem Bahnbetreiber begünstigen. Erstens ist aus normativer Sicht die Möglichkeit der Nutzung dieser Verbindungen von ÖPNV-Fahrgästen mit einem höheren qualitativen Angebot und dementsprechend mit einem höheren Nutzen für diese Fahrgäste verbunden. Dies kann von den ÖPNV-Aufgabenträgern nicht ignoriert werden, zumal sie auch nach Auffassung der

¹⁶Für das Jahr 2014 berichten einige Medien für die DB Fernverkehr von Mindereinnahmen in Höhe von ca. 120 Mio. € und berufen sich dabei auf inoffizielle eigene Angaben der DB. Für die darauffolgenden Jahre könnte dieser Betrag sogar auf über 600 Mio. € anwachsen.

¹⁷Empirisch lässt sich beobachten, dass die DB einige Verbindungen mit eigenen Bussen ersetzt, z.B. Nürnberg-Prag oder Berlin-Breslau. Allerdings kann aber auch beobachtet werden, dass auf anderen Strecken mit intensivem Busaufkommen die Bahn mit neuen Verbindungen und niedrigen Preisen zusätzlich in den Markt eintritt, z.B. Studi-Spar-Ticket in Baden-Württemberg oder die IRE Verbindung Hamburg-Berlin. Insofern kann konstatiert werden, dass zwar einige Eisenbahnverbindungen eingestellt bzw. durch eigene Busse ersetzt werden, das hier geschilderte Problem aber weiterhin existiert.

Autoren bestrebt sind, langfristig höhere Passagierzahlen zu realisieren.¹⁸ Zweitens erzeugt aus positiv-theoretischer Sicht die Möglichkeit der Einstellung von Verbindungen ein nicht vernachlässigbares Drohpotential gegen lokale Politiker. Die alljährlich zu beobachtende mediale Aufregung und die darauffolgenden öffentlichen Stellungnahmen lokaler Politiker zum jährlichen Fahrplanwechsel der Deutschen Bahn ist nur ein solches Beispiel.¹⁹ Interessanterweise hat die Deutsche Bahn Ende 2014 auf Preisanpassungen für zwei Jahre verzichtet. Dieser Aspekt ist auch mit der weit verbreiteten Ansicht der Eisenbahn als ein „öffentliches Gut“ zur Sicherstellung von Mobilität und Gleichheit im Raum verbunden. Auch die inoffiziell diskutierte Einflussnahme lokaler Politiker in Planstrecken für ICE, mit dem Ziel der ICE-Bedienung der eigenen Stadt, kann hier angeführt werden.

Unter diesen Rahmenbedingungen ist es nicht unwahrscheinlich, dass viele defizitäre Strecken des Fernverkehrs in den Taktfahrplan des ÖPNV eingebunden werden und damit aus öffentlichen Mitteln kofinanziert werden. Genau hierdurch kann aber ein Wohlfahrtsverlust entstehen, dessen Höhe derzeit nicht beziffert werden kann. Langfristig kann er sich erstens in steigenden Regionalisierungsmitteln und zweitens in steigenden ÖPNV-Tarifen.

Für eine derartige Entwicklung gibt es bereits erste Anzeichen. In Niedersachsen wird seit Dezember 2013 ein solches Konzept umgesetzt: Regional- und Fernverkehrszüge bilden auf der Achse Bremen – Nordseeküste einen Stundentakt, wobei beide Zugkategorien mit Nahverkehrstickets genutzt werden können (Steinke 2011). Ähnliches gilt auch für die Strecke Stuttgart – Bodensee in Baden-Württemberg (Newstix 2013). Ab 2017 plant die Deutsche Bahn, dank finanzieller Unterstützung des Bundeslandes, im Fernverkehr einen Zweistundentakt mit Anerkennung der Nahverkehrstickets, obwohl lange Zeit sogar eine komplette Einstellung des Fernverkehrs diskutiert wurde.

3. Wettbewerb innerhalb des Fernlinienbusmarktes

3.1 Instabilitäten auf einzelnen Verbindungen

Die Diskussion der intermodalen Stabilität des Fernverkehrsmarktes veranlasst auch zur Frage der Stabilität innerhalb des Fernbusmarktes. Instabile Marktgleichgewichte im Busmarkt werden oft mit der Hotelling-Instabilität in Verbindung gebracht (Mackie et al. 1995): wenn also Busunternehmen beispielsweise ihre Abfahrtszeiten und Preise selbst wählen dürfen, können sich Situationen einstellen, bei denen kein stabiles Gleichgewicht

¹⁸Die Zielstellung der Outputmaximierung ist aus normativen Gesichtspunkten in Zeiten des Wachstums (Baumol 1962) oder wenn Unternehmen einen Mindestgewinn beabsichtigen (Simon 1959) durchaus vertretbar. Hinzu kommen positiv-theoretische Überlegungen, die mit der Sicherung der Existenz der Verkehrsverbände assoziiert sind.

¹⁹Als konkretes Beispiel dazu kann die Berichterstattung zum Thema Erreichbarkeit vor zwei Jahren genannt werden. Printmedien versahen die Ergebnisse einer Erreichbarkeitsstudie der Technischen Universität Dresden mit dem Titel „Deutsche Bahn lässt den Osten hängen“, was seinerseits zu einer prompten Reaktion lokaler Politiker geführt hat.

mit sich ständig ändernden Preisen und Fahrplänen entsteht.²⁰ Dies kann Unternehmen im Extremfall sogar zu wettbewerbswidrigem Verhalten veranlassen. Solche Phänomene wurden auch im britischen Bussektor beobachtet. Sie umfassen einerseits fahrplanmäßige Strategien, wie z.B. head running (Foster und Golay 1986), aber auch Preisstrategien, wie z.B. die Nulltarife von Stagecoach in Darlington (Bochum 1998, S. 45) oder Nicht-Preisstrategien, wie z.B. das Angebot höherer Löhne und dementsprechend die Übernahme eines größeren Anteils von Busfahrern durch Stagecoach im selben Fall.

Aus diesem Grund kommt eine Reihe von Autoren (Banister et al. 1998; Mackie et al. 1995; van Reeve und Janssen 2006) zu dem Schluss, dass der Busmarkt in seiner Gesamtheit (verbunden mit der Existenz von Fahrplänen) durch inhärente Instabilitäten gekennzeichnet ist. Gleichzeitig stellen sie jedoch fest, dass dieses Problem besonders in den Nahverkehrsmärkten evident ist bzw. die Wahrscheinlichkeit zur Entstehung instabiler Märkte eng mit Elementen der nicht-fahrplanbezogenen, wahrgenommenen Qualität verbunden ist. Da die Passagiere im Fernverkehr sensibler auf Qualitätsunterschiede reagieren als im Nahverkehr, ist die Wahrscheinlichkeit zur Entstehung von Instabilitäten im Fernverkehr geringer als im Nahverkehr. Nichtsdestoweniger wird die ökonomische Konsequenz von Instabilitäten von einigen Autoren angezweifelt. Czerny und Mitusch (2005, S. 6f.) z.B. argumentieren, dass Preisinstabilität nicht notwendigerweise zu einem Zusammenbruch der Märkte führen muss. Aufgrund der Tatsache jedoch, dass im Busverkehr der Wettbewerb sowohl in den Preisen als auch in den Abfahrts- und Ankunftszeiten stattfindet, können bei Präsenz von Instabilitäten signifikante Wohlfahrtsverluste entstehen, die hauptsächlich mit einem nachhaltigen Vertrauensverlust der Passagiere verbunden sind und dementsprechend mit einem langfristigen Rückgang der Nachfrage. In der Tat wird dies im britischen Fall beobachtet. Sowohl Banister et al. (1998, S. 171) als auch Mackie et al. (1995, S. 243) stellen in Zusammenhang mit der Deregulierung des Bussektors in Großbritannien einen außerordentlichen Rückgang der Nachfrage fest und führen ihn auf eine instabile und dementsprechend für die Passagiere unzuverlässige Leistungsqualität zurück.

Für den deutschen Fernbusmarkt ist deswegen das eingangs beschriebene Beförderungsverbot unterhalb von 50 Kilometer Reisedistanz respektive eine Stunde Fahrzeit im Schienenpersonennahverkehr ein eher hemmender Faktor für die Entstehung von Instabilitäten. Denn dadurch wird der Marktzutritt im Nahverkehr beschränkt, wo die Instabilität wahrscheinlicher wäre.

Eine weitere Lehre aus dem britischen Busmarkt ist die starke Marktkonzentration, die insbesondere im Fernverkehrsmarkt zu beobachten ist. Van Reeve und Janssen (2006, S. 138) führen für diese Entwicklung folgendes Argument an, welches eng mit der Vermeidung von Instabilitäten in Verbindung steht. Die Entwicklung von Fahrplänen scheint wenig Potenzial für die Betreiber zu haben, sich von den Wettbewerbern zu differenzieren, da Abfahrts- und Ankunftszeiten von den Wettbewerbern leicht zu kopieren sind. Das Element jedoch, welches eine hinreichende Produktdifferenzierung erlaubt, ist die Unternehmens-

²⁰Für eine formale Herleitung vgl. D'Aspremont et al. (1979).

größe. Die Bereitstellung eines großen Bediennetzes erlaubt den Betreibern ihr Angebot besser auf bestimmte Passagiergruppen abzustimmen und wirkt daher gegen die Entstehung von instabilen Märkten.²¹

3.2 Der leere Kern

Genau diese Notwendigkeit der Bedienung eines Mindestnetzes führen allerdings Button und Nijkamp (1998) als einen Hauptgrund für die Entstehung eines leeren Kerns an. Insofern ist es möglich, durch die Unternehmensstrategie eine Mindestnetzabdeckung bereit zu stellen, sodass Instabilitäten auf einzelnen Strecken vermieden werden. Es kann aber dadurch auch zu einer Sonderform von instabilen Märkten kommen.

Der leere Kern stellt genau diese Sonderform von Instabilität dar und wurde bereits in den Transportsektoren Seeschiff- und Luftfahrt intensiv diskutiert. Demnach kann es insofern zu instabilen Marktgleichgewichten kommen, als dass je nach Konstellation (Existenz von versunkenen Kosten oder nicht), permanente Marktein- und -austritte stattfinden. Im langfristigen Ergebnis werden im Markt insgesamt keine Gewinne realisiert (Telser, 1996 S. 86).²² Dieser Frage gehen wir im Folgenden nach. Wir diskutieren aus praktischer Sicht die Bedingungen des leeren Kerns für den Fernbusmarkt.

Ohne an dieser Stelle explizit auf die theoretischen Hintergründe des leeren Kerns einzugehen, kann das Konzept des Kerns der kooperativen Spieltheorie (Gillies 1959; Scarf und Debreu 1963) zugeordnet werden. Der Kern eines Spiels beschreibt die Menge aller möglichen Koalitionen von Spielern, die von keiner anderen Koalition dominiert werden. Ein Kern bildet deswegen ein stabiles Gleichgewicht, da sich keiner der Koalitionäre verbessern kann, indem er die Koalition verlässt. Ist also eine Koalition in der Lage, hohe Auszahlungen für ihre Mitglieder zu garantieren, so ist die Bildung eines Kerns wahrscheinlich und es werden ökonomische Gewinne realisiert. Ist jedoch der Kern leer, so existiert für jedes Koalitionsmitglied ein Anreiz, die Koalition zu verlassen. Insofern kommt es zu keinem stabilen Marktgleichgewicht. Es scheint, dass Netzindustrien besonders anfällig für das Vorhandensein eines leeren Kerns sind (Telser 1994, 1996; Button und Nijkamp 1998). Im Transportwesen wurde der leere Kern im Zusammenhang mit Luftfahrt und Seeschiffahrt intensiv diskutiert (Sjostrom 1989, 1993; Button 1996, 2003).

Zu beachten ist jedoch, dass aus theoretischer Sicht die Anwendbarkeit und Eignung des leeren Kerns für Netzindustrien nicht ganz eindeutig beantwortet werden kann. Insbesondere sollte das darin enthaltene Hauptelement des Zusammenschlusses von Koalitionen zwischen Konsumenten und Produzenten aus industrieökonomischer Sicht kritisch hinterfragt werden. Zudem bleibt in diesem Konzept auch die Markteffizienz unklar. Ähnlich wie in der Argumentation von Czerny und Mitusch (2005, S. 6f.) formuliert auch Telser (1996, S.

²¹Tendenzen zur Vergrößerung des Bediennetzes lassen sich auch im deutschen Fernbussektor beobachten; etwa durch die Fusion von MeinFernbus und FlixBus Anfang 2015.

²²Einzelne Unternehmen können jedoch Gewinne erwirtschaften.

100f.) Bedingungen, deren Vorhandensein trotz der Existenz des leeren Kerns ein effizientes Marktergebnis zur Folge hat. Nichtsdestotrotz führt Button (2003) die mangelnde Profitabilität von Fluggesellschaften (insbesondere das Unvermögen der Luftfahrtindustrie, langfristig ihre Kapitalkosten zu decken) auf die Problematik des leeren Kerns zurück. Wie jedoch Telser (1996, S. 86) anmerkt, kann die daraus resultierende Nettowohlfahrt immer noch positiv sein, wenn die Konsumenten sehr stark vom Konsum des Gutes profitieren.

Somit stellen wir fest, dass die theoretischen Hintergründe des leeren Kerns im Transportwesen (noch) ungeklärt sind und in zukünftigen Forschungsarbeiten angesprochen werden müssten. Trotz dieser Unklarheiten setzen wir unsere Analyse fort, um erstens auf mögliche Zukunftsrisiken der Liberalisierung des Fernbussektors hinzuweisen und zweitens das bereits international diskutierte Thema instabiler Transportmärkte in den deutschsprachigen Raum zu übertragen.

Ein Beispiel aus dem Transportwesen soll zunächst den Sachverhalt veranschaulichen. Angenommen, eine Verbindung zwischen zwei Städten wird durch zwei Unternehmen mit je einem Bus und einer Busfahrt pro Tag bedient, wobei eine Bedienpflicht besteht.²³ Sämtliche Kostenanteile, die sonst variabel sind, werden dadurch zu Fixkosten, da sie unabhängig von der Passagierzahl anfallen. Zudem kann die Kapazität nur in diskreten Sprüngen ausgeweitet werden. Dies bedeutet, dass bei einer Ausweitung der Kapazität je nach Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge diskrete Angebotskurven entstehen. Diese Situation ist in Abbildung 4 dargestellt, wobei q der Output und p der Preis ist. S_1 , S_2 und S_3 sind die erwähnten Angebotskurven.²⁴ Die bereitgestellte Kapazität (q_0 , $2q_0$, $3q_0$) korrespondiert zum Output bei den minimalen Durchschnittskosten von c . Zum Marktpreis von c ist ein Unternehmen indifferent zwischen Bereitstellung seiner Kapazität und Verlassen des Marktes. Die im Markt befindlichen Busunternehmen 1 und 2 können mit der existierenden Nachfrage übernormale Gewinne erwirtschaften (Schnittpunkt von S_2 und D). Genau das stellt den Anziehungsfaktor für andere Unternehmen dar, diesen Markt zu betreten. Angenommen, es existieren keine versunkenen Kosten²⁵, dann kann es zu einer neuen Situation kommen, in der sich ein Preis unterhalb der minimalen Durchschnittskosten (c) einstellen müsste. Im Ergebnis muss ein Unternehmen den Markt verlassen (nicht notwendigerweise das ineffizientere der drei Unternehmen), wodurch sich für die verbleibenden Unternehmen wieder die ursprüngliche Situation mit übernormalen Gewinnen einstellt. In letzter Konsequenz würde

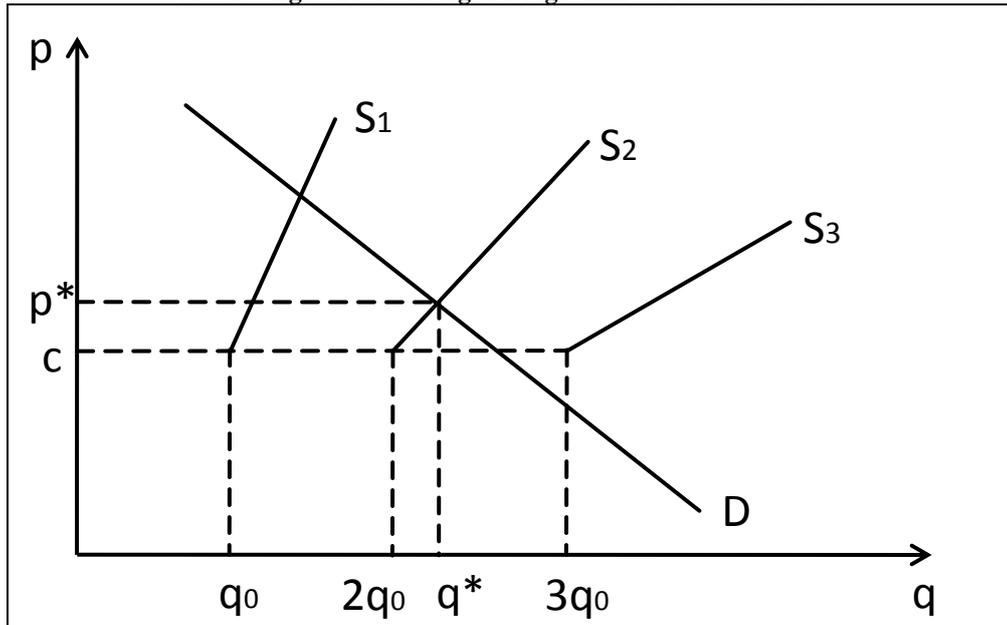
²³Die Bedienpflicht muss nicht notwendigerweise eine regulatorische Anforderung darstellen. Durch die Veröffentlichung von Fahrplänen legen sich die Unternehmen bei den Passagieren verbindlich fest, die Beförderung in den vorgegebenen Zeiten durchzuführen. Dies kommt einer Bedienpflicht gleich.

²⁴Dies ist der jeweilige ansteigende Ast U-förmiger Durchschnittskostenkurven.

²⁵Die Berücksichtigung von versunkenen Kosten ändert nicht die Hauptaussage dieses Modells, obgleich sie die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des leeren Kerns reduziert, da sich das instabile Gleichgewicht erst nach einem signifikanten Nachfragerückgang einstellen kann.

dies den nächsten Marktzutritt zur Folge haben. Insofern kann es zu keinem stabilen Marktgleichgewicht kommen.²⁶

Abbildung 4: Preis-Mengen Diagramm bei leerem Kern



Quelle: Sjöstrom (1989), S. 1164

Sjöstrom (1989, 1993) fasst die theoretischen Bedingungen, die das Auftreten eines leeren Kerns begünstigen bzw. unwahrscheinlicher machen, zusammen.²⁷ Im Folgenden präsentieren wir diese Bedingungen und diskutieren deren Existenz für den Fall des deutschen Fernbusmarktes.

- a) *Je homogener die Unternehmen, desto wahrscheinlicher das Auftreten des leeren Kerns*

Dies könnte auch im Fernbusmarkt zutreffen, denn die Produkte der unterschiedlichen Anbieter sind sehr ähnlich. Da die Busse meist von Partnerunternehmen gestellt werden, haben sie keine spezielle Sonderausstattung bzw. sind frühere Alleinstellungsmerkmale,

²⁶Die aus dem leeren Kern resultierenden Absprachen zwischen den Marktakteuren führen teilweise dazu, dass den Unternehmen eine Kartellbildung nachgesagt wird. Jedoch kann ein Kartell vom leeren Kern mit Hilfe der Bedingungen von Sjöstrom (1989) klar unterschieden werden.

²⁷An dieser Stelle sehen wir von einer theoretischen Darstellung der Bedingungen des leeren Kerns ab. Eine vertiefte theoretische Diskussion der Eignung des leeren Kerns für den Fernbusmarkt sowie eine gesamtheoretische Analyse des leeren Kerns würden den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Dieser Beitrag nimmt lediglich die Bedingungen aus Sjöstrom (1989) als gegeben und testet deren Existenz im deutschen Fernbusmarkt.

wie zum Beispiel kostenfreies Internet im Bus, mittlerweile bei fast allen Anbietern zu finden. Aufgrund der gesetzlich vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf Autobahnen können Reisezeitvorteile nur mit weniger Zwischenhalten oder Halteplätzen am Stadtrand generiert werden.

Weiterhin ist zu beobachten, dass einige Fernbusanbieter bewusst nur einen Bustyp für ihre Fahrzeugflotte wählen. Es werden bei allen Anbietern vor allem lange Busse bzw. Doppelstockbusse mit einer möglichst großen Anzahl an Sitzplätzen eingesetzt, um so geringe Kosten je Sitzplatzkilometer zu realisieren. Abbildung 1 unterstreicht den Trend zu möglichst großen Bussen anhand einer entsprechenden Vollkostenkalkulation.

In Abbildung 1 wurden bereits die *Economies of Vehicle Size* ersichtlich. Die Sitzplatzkosten pro Kilometer bei einem Standardbus mit 49 Sitzplätzen liegen bei circa 2 Ct/km. Für einen Doppelstockbus mit einer höheren Kapazität von 78 Passagieren sinken demnach die Durchschnittskosten deutlich auf 1,6 Ct/km. Der Einsatz kleinerer Busse hingegen (sogenannte Midibusse mit 34 Sitzen), verursacht mit mehr als 2,50 Ct/km wesentlich höhere Durchschnittskosten. Insofern lässt sich der Trend zu hohen Kapazitäten und dementsprechend zu einheitlichen Flotten aus Kostengründen rechtfertigen.

b) *Ein leerer Kern kann eher bei einer preisunelastischen Nachfrage vorkommen*

Dies scheint allerdings im Fall der Fernbusse nicht vorzuliegen. Hier ist eher von preiselastischen Konsumenten auszugehen. Zum einen stellen Vertreter der Industrie fest, dass ein nicht zu vernachlässigender Teil der Nachfrage induzierter Verkehr (v.a. Freizeitfahrten) ist, der ohne die Existenz von Fernbusverkehren in geringerem Umfang stattfinden würden. Zum anderen existieren zahlreiche Alternativen, wie z.B. Eisenbahn, Mitfahrzentrale oder PKW.

c) *Je größer die Kapazität eines Unternehmens relativ zur Marktnachfrage, desto wahrscheinlicher die Entstehung eines leeren Kerns*

Ein Argument in Zusammenhang mit oligopolistischen Marktstrukturen wird von Button (2003, S. 8-9) angeführt, jedoch nicht auf der Ebene der Transportgefäße, sondern auf der Netzebene. Demnach ist für ein Unternehmen eine Mindestgröße erforderlich (in unserem Fall eine Mindestnetzabdeckung), bei der ein Marktzugang erfolgreich sein kann (d. h. es werden dadurch Gewinne erwirtschaftet). Ist gleichzeitig der Marktzugang frei, so kann es zu einem leeren Kern kommen. Bei solchen Markteintritten werden zwar die minimalen Durchschnittskosten erreicht, jedoch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass dadurch Überkapazitäten gebildet werden. Wenn also in einer solchen Konstellation ein neuer Anbieter mit einer Mindestkapazität den Markt betritt, kann ein leerer Kern entstehen.

Im Fernbusmarkt ist zu beobachten, dass der Markt derzeit von wenigen großen Unternehmen dominiert wird. Neben dem im Markt etablierten Unternehmen Berlin Linien Bus (mit Beteiligung der Deutschen Bahn) haben mit MeinFernbus und Flixbus (seit Januar 2015 fusioniert) auch Start-Ups den Markteintritt gewagt. Mit city2city hat auch der internationa-

le Verkehrskonzern National Express Fernbusverkehre in Deutschland angeboten, jedoch im Oktober 2014 den Markt wieder verlassen. Neuster Marktteilnehmer ist das Gemeinschaftsunternehmen ADAC Postbus der Deutschen Post und des ADAC (mittlerweile hat sich ADAC aus der Kooperation zurückgezogen). Wie in Eisenkopf und Burgdorf (2010, S. 17) angemerkt, ist zu erwarten, dass sich ähnlich wie in Großbritannien, Schweden oder Spanien oligopolistische Marktstrukturen ausbilden. Genau diese oligopolistische Marktstruktur würde das Auftreten des leeren Kerns begünstigen.

Zudem gibt es ein weiteres Element, welches eine solche Konstellation begünstigen kann. Ähnlich wie bei anderen Transportbereichen, bei denen Fahrpläne eine große Bedeutung für die Nachfrage spielen, legen sich Busunternehmen durch ihren Fahrplan verbindlich bei den potenziellen Passagieren fest, eine bestimmte Verbindung mit einer bestimmten Frequenz anzubieten. Diese verbindliche Festlegung kann Überkapazitäten verursachen. Der massive Markteintritt des ADAC Postbusses ähnelt darüber hinaus der oben beschriebenen Situation der erforderlichen Mindestgröße für ein erfolgreiches Marktbestehen, wobei die Bildung von Überkapazitäten nicht ausgeschlossen werden kann.

d) Absprachen bzw. ein leerer Kern sind in Zeiten einer Rezession wahrscheinlicher

Offensichtlich befindet sich der Fernbusmarkt derzeit nicht in einer Phase der Rezession. Es werden regelmäßig neue Strecken angeboten, Frequenzen erhöht oder Markteintritte vollzogen. Der erste Austritt eines großen Wettbewerbers könnte als Anzeichen der Konsolidierung angesehen werden. Deshalb kann dieses Kriterium nicht abschließend bewertet werden. Es bleibt abzuwarten, welche Entwicklungen sich einstellen, wenn der Fernbusmarkt die Phase der Reife erreicht. Zu diesem Zeitpunkt können Rezessionen nicht mehr ausgeschlossen werden. Zudem kann an dieser Stelle auch keine gesicherte Aussage hinsichtlich Existenz bzw. Höhe von versunkenen Kosten in der Industrie getroffen werden. Die Kosten für Werbung können wegen der vorrangigen Nutzung neuer Medien eher als gering angesehen werden. Allein die Kosten des Fahrplans könnten eine signifikante Höhe erreichen.

e) Starke Schwankungen der Kosten und der Nachfrage begünstigen die Entstehung eines leeren Kerns

Die Begründung hierzu ist ähnlich wie beim vorangegangenen Kriterium. Schwankende Kosten sind nur teilweise ein Problem der Fernbusunternehmen, da insbesondere Dachmarken (z.B. Flixbus/Meinfernbus oder Postbus) Verträge mit ausführenden Fuhrunternehmen über mehrere Monate abschließen. Die Personalkosten sind aufgrund der geltenden Vorschriften zu Lenk- und Ruhezeiten gut abschätzbar und unterliegen kaum Veränderungen. Schwankende Kosten spielen zudem wegen der sich herausbildenden einheitlichen Busflotte eine untergeordnete Rolle. Die Nachfrage hingegen unterliegt saisonalen Schwankungen.

f) Ein leerer Kern ist wahrscheinlicher, je weniger administrative Restriktionen des Marktzutritts vorhanden sind

Mit dem neuen PBefG und der damit einhergehenden Liberalisierung des Fernbusmarktes gibt es nahezu keine Marktzutrittsbeschränkungen mehr. Neben den bereits genannten Restriktionen zum Schutz des staatlich subventionierten Schienenpersonennahverkehrs gibt es keine weiteren Einschränkungen.

Die Bedingungen des leeren Kerns und die Prüfung ihrer Gültigkeit für den Fernbusmarkt sind in der nachfolgenden Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Kriterien des leeren Kerns und ihre Existenz im Fernbusmarkt

Bedingung für einen leeren Kern	Vom Fernbusmarkt erfüllt?
Homogenes Angebot	Ja
Unelastische Nachfrage	Nein
Geringe Anzahl an Unternehmen im Markt	Teilweise
Industrie in Rezession	Nein
Schwankende Kosten/Nachfrage	Ja
Keine administrative Restriktionen des Marktzutritts	Ja

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Button (1996)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass einige der in diesem Beitrag besprochenen Bedingungen für den leeren Kern im Busmarkt vorhanden zu sein scheinen. Allerdings kann dessen Existenz nicht abschließend bestätigt bzw. abgelehnt werden. Insofern halten wir fest, dass der leere Kern eine mögliche Entwicklung für den Fernbusmarkt darstellt, die unter Umständen zu Wohlfahrtsverlusten führen könnte. Eine belastbare Überprüfung dieser Entwicklung kann jedoch erst durchgeführt werden, wenn der Markt eine Sättigung erreicht hat und genügend Daten für eine ökonometrische Untersuchung vorhanden sind. Jedoch zeigen die neuesten Entwicklungen im Marktgeschehen, dass ein leerer Kern nicht auszuschließen ist. Die anhaltende Berichtserstattung über einen möglichen Marktaustritt von ADAC Postbus, der Marktaustritt von city2city und die Insolvenz von PublicExpress im Herbst 2014 sowie gleichzeitig Berichte über einen möglichen Markteintritt von Stagecoach (vertreten durch die Marken „Megabus“ in UK und den USA sowie „Polskibus“ in Polen) können an dieser Stelle angeführt werden.

4. Zusammenfassung

Dieser Beitrag widmet sich der Marktöffnung des Fernbusverkehrs und der damit verbundenen ökonomischen Risiken. Der erste Teil beschäftigte sich mit der Marktzutrittsresistenz der Eisenbahn nach der Marktöffnung. Unsere empirische Analyse hat gezeigt, dass die Verluste der Eisenbahn im Modal Split im Randnetz deutlich höher ausfallen als auf Hauptverbindungen. Wir haben zudem gezeigt, dass diese Verbindungen bereits jetzt nur bedingt kostendeckend betrieben werden können. Dieser Tatbestand in Verbindung mit politökonomischen Überlegungen führt zu dem Schluss, dass einige dieser Verbindungen in Zukunft auch mit öffentlichen Mitteln subventioniert werden könnten. Die Höhe des dadurch entstehenden Wohlfahrtsverlustes wird hauptsächlich von der Anzahl dieser Verbindungen abhängen und könnte in Extremfällen sogar (mit zusätzlicher Berücksichtigung

der Wohlfahrtsverluste der Besteuerung) den Wohlfahrtsgewinn, der aufgrund der sinkenden Preisen im Fernbusmarkt entsteht, übersteigen.

Der zweite Teil befasste sich mit einer Sonderform der ruinösen Konkurrenz, dem leeren Kern. Wir diskutierten die Bedingungen für das Auftreten des leeren Kerns im Fernbusmarkt. Im Ergebnis stellen wir fest, dass nicht alle Bedingungen des leeren Kerns im vollen Umfang für den Fernbusmarkt zutreffen. Dies bedeutet seinerseits, dass das Auftreten des leeren Kerns eine mögliche Entwicklung darstellt.

Der Zweck dieses Beitrags ist es, mögliche Probleme der Liberalisierung im Fernlinienbusmarkt aufzuzeigen; verkehrspolitische Alternativen bzw. Handlungsempfehlungen werden an dieser Stelle nicht diskutiert. Eine für die Zukunft verbleibende Aufgabe besteht deshalb darin, Politikmaßnahmen auszuarbeiten, die zur Lösung bzw. Kontrolle der hier angesprochenen Probleme geeignet sind.

5. Danksagung

Die Autoren möchten sich an dieser Stelle bei Herrn Ronny Püschel und bei zwei anonymen Gutachtern bedanken, deren Anmerkungen und Hinweise den Beitrag substantiell verbessert haben.

6. Abstract

This paper deals with economic risks of the liberalization of the German intercity bus market. In particular, on the one hand we analyze the impact of bus liberalization on the economic sustainability of railways and on the other hand we discuss potential market instabilities (especially the empty core) within the bus sector. We show that due to the liberalization of the intercity bus market several railway connections of the secondary network can no longer be operated profitably. Under certain conditions this could lead to welfare losses. In addition, we find no conclusive evidence on the existence or non-existence of an empty core.

7. Quellen

Aberle, G. (2003), *Transportwirtschaft*, 4. Auflage, Oldenbourg Verlag, München.

ADAC (2013), ADAC Autokosten,
<http://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokosten/autokostenrechner/default.aspx> (Zugriff am 4. April 2013).

Banister, D., Berechman, J. und de Rus, G. (1992), Competitive regimes within the European bus industry: Theory and practice, *Transportation Research Part A*, 26A (2), 167-178.

- Baumol, W.J., Bailey E.E. und Willig, R.D. (1977), Weak Invisible Hand Theorems on the Sustainability of Multiproduct Natural Monopoly, *The American Economic Review*, 67 (3), 350-365.
- Baumol, W.J. (1962), On the Theory of the Expansion of the Firm, *The American Economic Review*, 52 (5), 1078-1087.
- Ben-Akiva, M.E. und Lerman, S.R. (1985), *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel demand*, MIT Press, Cambridge/London.
- Birn, K. et al. (2010), Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege, URL: <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/59400/publicationFile/30928/schlussbericht-schienen-de.pdf> (Zugriff am 18. Juni 2013).
- BMVBS (2013), Europäische Eisenbahnpolitik, URL: http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrstraeger/Schiene/EuropaeischeEisenbahnpolitik/europaeische-eisenbahnpolitik_node.html (Zugriff am 30. Mai 2013).
- Bochum, U. (1998), Von Buskriegen und fallenden Preisen, *Mitbestimmung*, 1+2/98, 44-46.
- Breimeier, R. (2013), Der Fernlinien-Omnibus – die kostengünstige Alternative zur Eisenbahn?, *Eisenbahn-Revue International*, 1/2013, 41-48.
- Button, K. (1996), Liberalising European Aviation – Is There An Empty Core Problem? *Journal of Transport Economics and Policy*, 275-290.
- Button, K. (2003), Does the theory of the „core“ explain why airlines fail to cover their long-run costs of capital?, *Journal of Air Transport Management*, 9, 5-14.
- Button, K. und Nijkamp, P. (1998), Economic stability in network industries, *Transportation Research E*, 34 (1), 13-24.
- BVerwG, Urteil vom 24.06.2010, AZ: 3 C 14.09, VGH 2 UE 922/07, URL: www.bverwg.de/entscheidungen/pdf/240610U3C14.09.0.pdf (Zugriff am 19. Dezember 2013).
- Czerny, A.I. und Mitusch, K. (2005), Cooperation and competition in the cargo liner shipping industry, Diskussionspapier Nr. 2005/3, Technische Universität Berlin.
- D'Aspremont, C., Gabszewicz, J.J. und Thisse, J.-F. (1979), On Hotelling's Stability in Competition, *Econometrica*, 47 (5), 1145-1150.

- Deutsche Bahn (2010), Wettbewerbsbericht. URL:
https://www.deutschebahn.com/file/2187408/data/wettbewerbsbericht__2010.pdf
(Zugriff am 30. November 2013) .
- Eisenkopf, A. und Burgdorf, C. (2010), Liberalisierung des Buslinienfernverkehrs in Deutschland. Wettbewerb, Marktentwicklung und Regulierungsrahmen, Studie im Auftrag des VDA, September 2010, Friedrichshafen.
- Evangelinos, C. und Schütze, M. (2013), Zur Frage des Nutzens von Verkehrsverbänden: Eine empirische Analyse im Gebiet des MDV, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 84 (1), 50-68.
- Faulhaber, G.R. (1975), Cross-Subsidization: Pricing in Public Enterprises, *The American Economic Review*, 65 (5), 966-977.
- Foster, C. und Golay, J. (1986), Some Curious Old Practices and their Relevance to Equilibrium in Bus Transportation, *Journal of Transport Economics and Policy*, 20, 191-216.
- Gillies, D.B. (1959), Solutions to general non-zero-sum games, in: A.W. Tucker, R.D. Luce (Hrsg.), *Contributions to the theory of games*, Vol. IV, Annals of Math Studies Nr. 40, Princeton Univ. Press, Princeton New Jersey, 47-85.
- Kato, H. (2006), Nonlinearity of the utility function and the value of travel time savings: empirical analysis of interregional travel mode choice of Japan, Proceedings of European Transport Conference 2006, Strasbourg.
- KCW (2012), Synoptischer Überblick über die Neuregelungen im Personenbeförderungsrecht, URL:http://www.kcw-online.de/typo3conf/ext/naw_securedl/secure.php?u=0&file=fileadmin/docs/Sonstige/2012-1102__Synopse_PBefG_2013_KCW_01.pdf&t=1351948802&hash=e34b65317bbafb04e1f8dfbc44830215 (Zugriff am 18.12.2012).
- Litman, T. (2008), Transportation elasticities – How prices and other factors affect travel behavior, Victoria Transport Policy Institute.
- Mackie, P., Preston, J. und Nash, C. (1995), Bus deregulation: ten years on, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 15 (3), 229-251.
- Maertens, S. (2012), Buslinienfernverkehr in Deutschland – effiziente Ausgestaltung einer Liberalisierung, *Wirtschaftsdienst*, 8, 554-562.

- Mandel, B., Gaudry, M. und Rothengatter, W. (1994), Linear or nonlinear utility functions in logit models? The impact on German high-speed rail demand forecasts, *Transportation Research Part B*, 28B (2), 91-101.
- Mandel, B., Gaudry, M. und Rothengatter, W. (1997), A disaggregate Box-Cox Logit mode choice model of intercity passenger travel in Germany and its implications for high-speed rail demand forecasts, *The Annals of Regional Science*, 31, 99-120.
- Matthes, A. (2004), *Die Durchsetzbarkeit preisdiskriminierender Maßnahmen im Schienenpersonenverkehr – Eine theoretische und empirische Analyse anhand der Preispolitik der DB AG*, Diplomarbeit, Technische Universität Dresden.
- Matthews, B., Wieland, B., Evangelinos, C., Quinet, E., Meunier, D., Johnson, D., Menaz, B. (2008), User Reactions on Differentiated Charges in the Rail Sector. Deliverable 7.2. DIFFERENT - User Reaction and Efficient Differentiation of Charges and Tolls: Leeds, Paris, Dresden.
- Newstix (2013): Gäubahn-Konzept: IC-Halt auch in Böblingen, <http://www.newstix.de/?session=8560fe22fbc3b8367f258ff448eb5d46&site=actual&startentry=10&entmsg=true&mid=21328> (Zugriff am 6. August 2013).
- Obermeyer, A. und Evangelinos, C. (2013), Die Theorie der Zeitallokation und die empirische Reisezeitbewertung, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 85 (1), 56-81.
- Oum, T., Waters II, W.G. und Yong, J.S. (1990), A Survey of recent Estimates of Price Elasticities of Demand for Transport, World Bank Working Paper 359.
- Panzar, J.C. und Willig, R.D. (1977), Free Entry and the Sustainability of Natural Monopoly, *The Bell Journal of Economics*, 8 (1), 1-22.
- Scarf, H.E. und Debreu, G. (1963), A Limit Theorem on the Core of an Economy, *International Economic Review*, 4, 235-246.
- Sharkey, W.W. (1981), Existence of Sustainable Prices for Natural Monopoly Outputs, *The Bell Journal of Economics*, 12 (1), 144-154.
- Simon, H. (1959), Theories of decision making in economics and behavioral science, *The American Economic Review*, 49, 253-283.
- Sjostrom, W. (1989), Collusion in Ocean Shipping: A Test of Monopoly and Empty Core Models, *Journal of Political Economy*, 97 (5), 1160-1179.
- Small, K.A. (2012), Valuation of travel time, *Economics of Transportation*, 1, 2-14.

- Small, K.A. und Verhoef, E.T. (2007), *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, London.
- Steinke, S. (2011), Zwischen Bremen und Nordseeküste gilt bald der Nahverkehrstarif im Fernverkehr, <http://www.zughalt.de/2011/08/zwischen-bremen-und-nordseekueste-gilt-bald-der-nahverkehrstarif-im-fernverkehr/> (Zugriff am 6. Juni 2013).
- Telser, G.L. (1996), Competition and the Core, *Journal of Political Economy*, 104 (1), 85-107.
- Telser, G.L. (1994), The Usefulness of the Core Theory in Economics, *Journal of Economic Perspectives*, 8 (2), 151-164.
- Train, K. (2009), *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, 2. Aufl., Cambridge.
- Van Reeve, P. und Janssen, M.C.W. (2006), Stable Service Patterns in Scheduled Transport Competition, *Journal of Transport Economics and Policy*, 40 (1), 135-160.
- Van Sundert, U. (1986), *Verkehrspolitik*, Vahlen, München.
- Von Hirschhausen, C., Walter, M., Haunerland, F. und Moll, R. (2008), Das Potenzial des Fernbusverkehrs in Deutschland, *Transport Economic Working Papers*, WP-TR-15, Dezember 2008, Dresden.